



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 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

무가온 시설재배 만감류에서
목화진딧물 개체군의 정착경로에
관한 연구

The colonizing routes of *Aphis gossypii* (Hemiptera:
Aphididae) to Mandarin citrus trees grown in a
non-heating plastic-film house in the early season

濟州大學校 大學院

農學科

金泰沃

2016年 8月

무가온 시설재배 만감류에서
목화진딧물 개체군의 정착경로에
관한 연구




指導教授 金 桐 淳

金 泰 沃

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함

2016年 8月

金泰沃의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 한 해 누 
委 員 김 등 순 
委 員 김 주 성 

濟州大學校 大學院

2016年 8月

목 차

List of Tables	iii
List of Figures	iv
ABSTRACT	vi
I. 서 론	1
II. 연구사	2
III. 재료 및 방법	5
1. 계절초기 목화진딧물이 무가온 하우스 감귤로 정착 가능한 이동경로 가 설	5
2. 무가온 하우스 감귤에서 월동기 진딧물 발생조사	7
2-1. 조사과원	7
2-2. 감귤나무에서 월동알 조사	7
2-3. 감귤나무에서 진딧물 발생조사	8
2-4. 월동잡초에서 진딧물 조사	8
2-5. 잡초에서 진딧물 발생소장조사	9
2-6. 시설내부 황색수반조사	9
3. 계절초기 목본성 기주 및 야외 식물에서 진딧물 발생조사	9
3-1. 계절초기 목본성 기주식물에서 발생조사	9
3-2. 야외 잡초 및 목본성 식물에서 진딧물 발생 조사	10
4. 야외 황색수반에 유살된 목화진딧물 발생경향	11

IV. 결 과	12
1. 하우스 감귤에서 진딧물 월동알 발생양상	12
2. 무가온 하우스 감귤나무와 잡초에서 진딧물 발생조사	15
2-1. 감귤나무와 황색수반의 진딧물 발생경향	15
2-2. 잡초에서 진딧물 발생경향	17
3. 계절초기 목본성 기주 및 야외식물에서 진딧물 발생경향	19
3-1. 목본성 월동기주식물에서 발생	19
3-2. 야외 잡초 및 목본성 식물에서 진딧물 발생	22
4. 야외 황색수반에 유살된 목화진딧물 발생경향	25
V. 고 찰	26
VI. 적 요	30
인용문헌	31

LIST OF TABLES

Table 1. The number of overwintering eggs (Mean \pm SE) of aphid and their species found on Mandarin citrus trees in non-heating plastic-film house	13
Table 2. Population density of overwintering eggs of aphid species according to the type of shoots and position of buds on Mandarin citrus trees in non-heating plastic-film house	14
Table 3. Aphid species and their morphs found on wild herbage and woody plants	23
Table 4. Aphid species and their morphs found on wild herbage and woody plants	24

LIST OF FIGURES

- Fig. 1. Assumption for possible colonizing routes of *A. gossypii* to Mandarin citrus trees grown in non-heating plastic-film house in the early season. A: Alate populations of fundatrix generations originated from overwintered eggs on winter host, B, D or E: Alate populations produced from anholocyclic generations on weeds or citrus trees during winter, C: Alate populations of fundatrix generations originated from overwintered eggs on citrus trees.6
- Fig. 2. Population density of *A. gossypii* on Mandarin citrus trees during the winter and alate aphids caught in yellow water trap in non-heating plastic-film house. Nymph* = Last instar nymphs with wing pad; A = Yeongpyeong-dong, B = Yeongpyeongha-dong, C = Sinheung-ri, and D = Wimi-ri.16
- Fig. 3. Changes of aphid population density (no. aphids per 10 plants) on weeds in a Mandarin citrus orchard of non-heating plastic-film house. A = *Aphis gossypii* on weed species *Bidens frondosa* (미국가막사리), B = *Aulacorthum solani* on *Capsella bursa* (냉이), C = *Aphis fabae* on *Solanum nigrum* (까마중) and D = *Aphis sumire* on *Viola mandshurica* (제비꽃).18
- Fig. 4. Changes in the population density of *A. gossypii* on woody winter host plants in early season. FD = Initial number of fundatrix; Nymph* = Last instar nymphs with wing pad; A = *H. syriacus* (Yeongpyeong-dong), B = *H. syriacus* (Odeung-dong), C = *H. syriacus* (Yeon-dong), D = *H. mutabilis* (Yeongpyeong-dong), and E = *H. mutabilis* (Seonheul-ri).20

Fig. 5. Comparison of colony size produced by *A. gossypii* according to different host plants and morphs in early season. The bars on the plots indicate standard error. The mean with same letters on the same date are not significantly different by Tukey test at $P = 0.05$.
..... 21

Fig. 6. The number of alate *A. gossypii* caught in yellow water trap installed at different altitude. 25

ABSTRACT

The cotton aphid, *Aphis gossypii* Glove (Hemiptera: Aphididae) is a severe pest in citrus orchards causing sooty mold damage on fruits. This study was conducted to investigate the colonizing route of *A. gossypii* into citrus orchards under non-heating plastic-film house in the early season. The overwintering eggs of aphids were frequently found on summer shoots of citrus trees with locating more between 6th to 10th bud from shoot terminal. The eggs were mostly *A. citricola* without those of *A. gossypii* when hatched. The colonization of alate *A. gossypii* to citrus trees in non-heating plastic-film house was observed mainly two times with advanced flight in late April and delayed flight in late May. The delayed flight was synchronized with the emergence timing of alate *A. gossypii* from fundatrix generation in holocyclic life cycle. During the advanced flight in closed citrus orchards, alate *A. gossypii* were caught in yellow water traps installed in the fields, which populations were estimated as originating from the survival populations of anholocyclic life cycle on weeds. Consequently, it was confirmed that the colonization of *A. gossypii* to citrus trees occurred by the advanced flight of anholocyclic and delayed flight of holocyclic life cycle. Also, we found that fundatrix of *A. gossypii* has much higher reproductive ability than alate females on overwintering host plants.

Judging from the present study, the effective management of *A. gossypii* can be achieved by the population monitoring two times in protective cultivation of late harvesting citrus in early season. Thus, forecasting-based sprays in late April and late May may provide economically reasonable control against *A. gossypii*, with reducing the usage of insecticides.

I. 서론

목화진딧물(*Aphis gossypii* Glover) (Hemiptera: Aphididae)은 세계적으로 널리 분포하고 기주 범위가 광범위하여 박과(멜론, 수박, 호박), 아욱과(목화, 무궁화), 가지과(고추, 토마토, 가지), 운향과(감귤, 과수) 등에 피해를 일으키는 주요 해충이다(Blackman and Eastop, 2000; Ebert and Cartwright, 1997). 진딧물의 생활사는 매우 복잡하지만 생식방법을 기준으로 유성세대인 암컷과 수컷이 나타나 알의 발육단계를 갖는 완전생활형(holocyclic)과 그렇지 않은 불완전생활형으로(anholocyclic)로 구분할 수 있다(Dixon, 1987; Leather, 1992).

우리나라 만감류 재배면적은 2013년 1,926.6ha, 2014년 2,034ha로 늘어났으며, 그 중에서 시설 만감류 재배면적은 2013년 1,835ha, 2014년 1,937ha로 점점 만감류 재배면적이 늘어나고 있다(제주도 농정과 내부자료). 최근 감귤재배에서 목화진딧물 발생이 점차 증가하고 있는데(Kim et al., 2000; Song, 2013), 특히 시설(비가림 재배) 만감류 재배에서 흡즙을 통하여 잎의 기형을 일으킬 뿐만 아니라 감로 배설로 그을음병을 유발하므로 중요한 방제대상으로 취급되고 있다(Song, 2013). 하지만, 지금까지 감귤을 포함한 과수에서 진딧물에 관한 연구는 노지재배를 중심으로 주로 생육기 발생량 또는 발생소장 조사에 치중해 있었다(Jeon et al., 2000; Kim et al., 2000). 그러나 하우스 시설감귤은 노지감귤보다 일찍 받아하여 생육을 시작하기 때문에 목화진딧물의 연간 생활사와 연계하여 발생양상이 노지감귤과는 다르게 나타날 것으로 보여 합리적인 방제체계 수립을 위해서는 상세한 발생생태의 이해가 필요하다.

따라서 본 연구는 월동기부터 봄철까지 목화진딧물의 발생양상을 다양한 기주식물에서 조사하였으며, 시설하우스 감귤에서 목화진딧물의 초기발생이 어떻게 시작되는지 구명하고자 수행하였다.

II. 연구사

진딧물은 약 2억 8천만년전 석탄기(Carboniferous Era)시대부터 출현하여 현재까지 있으며(Heie, 1967) 전 세계적으로 약 4,700여 종의 진딧물이 보고되고 있다(Remaudiere and Remaudiere, 1997).

목화진딧물(*Aphis gossypii* Glover) (Hemiptera: Aphididae)은 노린재목(Hemiptera) 진딧물과(Aphididae)에 속하며 온대, 열대 및 아열대를 걸쳐서 전 세계적으로 광범위하게 분포하여 문제가 되며, 기주범위가 넓은 다식성(polyphagous) 해충으로서 농업에서는 과수와 채소에 경제적으로 피해를 주며, 박과(멜론, 수박, 호박), 아욱과(목화, 무궁화), 가지과(고추, 토마토, 가지), 운향과(감귤, 과수) 등에 피해를 일으키는 주요 해충이다(Blackman and Eastop, 2006; Ebert and Cartwright, 1997)..

목화진딧물 생활사는 매우 복잡하며 생식방법을 기준으로 유성세대인 암컷과 수컷이 나타나 알의 발육단계를 갖는 완전생활형(holocyclic)과 그렇지 않은 불완전생활형으로(anholocyclic)로 구분할 수 있다(Dixon, 1987; Leather, 1992). 완전생활형 같은 경우에는 단위생식(parthenogenesis)을 계속하다가 가을이 되면 특정한 환경조건에 영향을 받아서 유성형이 발생을 하여 1차 기주(primary host)로 이동하여 알을 낳으며 1차 기주에서 알로 부화한 간모(fundatrix)는 일정기간 동안 단위생식과정을 계속하며 개체수를 늘려가다가 유시형이 발생하여 2차 기주(secondary host)로 이동을 한다. 예를 들면 야외 잡초나 재배작물인 고추, 가지, 오이, 토마토 등에서 유시형으로 날아가서 가을이 되기 이전까지는 계속적인 단위생식을 하다가 그 이후 특정한 환경조건에 영향을 받아서 산란암컷모(gynopara)와 수컷(male)을 낳으며, 산란암컷모는 일차기주로 이동하여 산란암컷(ovipara)을 낳으며, 성충이 된 산란암컷은 수컷과 교미 한 후 일차기주에서 월동 알을 낳는다(Kwon, 2015). 유성형의 유도는 일장과 온도에 의해서 유도된다고 보고 되었다(Marcovitch, 1924; Lees, 1963; Kwon, 2015).

불완전생활형 같은 경우에는 계속적으로 단위생식을 하면서 기주를 옮겨가면서 약충과 성충형태로 월동을 하며, 하지만 -5°C 이하에서는 대부분 사망 한다고 보

고 되었다(Griffith and Wratten, 1979).

또 기주식물 활용에 방안에 따른 기주전환종(heteroecious)과 비기주전환종(autoecious)으로 구분할 수가 있다(Blackman and Eastop, 2006).

기주전환종은 1차 기주 목본류에서 알로 월동 및 생활을 하다가 여름이 되면 2차 기주 초본류로 이동을 하여 생활을 하다가 가을이 되면 다시 1차 기주로 돌아와 유성세대를 거쳐서 알을 낳아서 다시 월동을 하는 생활형태가 있고, 비기주전환종은 1차 기주 목본류와 2차 기주 초본류의 이동이 없이 한 기주에서만 생활을 한다고 보고 되었다(Shim *et al.*, 1979).

목화진딧물은 일반적으로 온대지역에서는 불량한 환경을 극복하기 위해서 알로 월동을 하며, 갓 낳은 알은 노란색이지만 곧 밝은 검정색으로 변하며 주로 개오동나무와 장미에 산란을 하여 알로 월동한다고 보고되어 있다(Capinera, 2000). 우리나라에서는 무궁화, 부용화, 목화, 접시꽃, 석류 등에 알로 월동하여 4월 중순부터 부화를 시작해서 4월 하순에서 5월 상순에 부화를 끝낸다고 보고 되었다(Shim *et al.*, 1979). Shim *et al.*은 약충이 3회 탈피하여 성충이 된다고 보고하였다(Shim *et al.*, 1979). 하지만 Akey and Buter은 약충을 4단계로 나누워서 1령, 2령, 3령, 4령의 단계가 있다고 주장하였으며, 27℃에서 5일, 10℃에서 24.6일 약충에 발육기간이 걸렸다(Akey and Buter 1989). 성충의 크기는 무시형 진딧물이 1~2mm이고 유시형은 1.1~1.7mm이며 녹색, 흰색, 노랑색이 있지만 일반적으로 녹색이 가장 대표적이다(Shim *et al.*, 1979).

세계적으로는 700여종의 이상의 식물을 가해하며 Florida에서만 60여 종을 가해한다고 보고되었다(Capinera, 2000). 우리나라에서는 약 130종 이상의 목화진딧물 기주식물이 기록되어 있다(Kim, 2008). 목화진딧물은 식물 새순 부위에 집단으로서식을 하면서 식물체를 흡즙하여 1차적으로 가해를 함으로써 식물의 변색 및 생육의 저해가 일어나며, 2차적으로 약 45종의 바이러스를 매개를 한다(Paik, 1972). 또한 식물체를 흡즙하여 배설한 감로는 식물체에 광합성을 방해하며, 감로로 인하여 그을음 병을 유발하기도 하며, 잎이나 과실을 수확하는 작물에 상품성을 저하 시킨다(Lee, 2006).

진딧물 같은 경우에는 세대 발육기간이 짧아서 1년에 여러 세대가 발생하여 번식력이 높은 반면에 화학약제에 대한 저항성도 획득할 뿐만 아니라 기후변화에

따라서도 민감하게 나타난다고 알려져 있다(Frazier et al., 2006). 그리고 목화진딧물은 약제에 대한 저항성을 쉽게 획득하고 농약살포에 따른 천적의 감소로 인하여 목화진딧물의 피해가 증가하고 있다(Blackman and Eastop, 2000; Herron et al., 2001). 세계적으로 목화진딧물의 약제 저항성이 나타나고 있으며, 미국(Hollingsworth et al., 1994), 유럽(Foster et al., 2007), 아시아(Ahmad and Arif, 2008), 아프리카(Nibouche et al., 2002) 등 많은 보고가 전해지고 있다. 목화진딧물의 약제저항성이 처음 보고된 것은 1928년 하이드로시안산(hydrocyanic acid)의 방제실패 사례이었다(Boyce, 1928). 이후 유기인계(Sun et al., 1970), 카바메이트계(Khodzhaev et al., 1985), 피레스로이드계(Guilin et al., 1997), 근래에는 네오니코티노이드계 살충제에 대한 저항성이 보고되고 있다(Wang et al., 2007). 이러한 약제저항성의 출현은 오랜 기간 사용 및 연용에 따라 발생한다(Satio et al., 1995). 약제저항성은 모계유전 된다는 보고도 있다(Lee et al., 2010). 목화진딧물의 약제 저항성 계통은 외형적 차이가 없으며, 내부 작용기작을 통하여 약제를 무독화 시키거나 약제의 작용기작을 무모화 시킨다고 한다(Li et al., 2012). 최근 감귤재배에서도 목화진딧물 발생이 점차 증가하고 있으며(Kim et al., 2000; Song, 2013), 특히 시설(비가림 재배) 만감류 재배에서 흡즙을 통하여 잎의 기형을 일으킬 뿐만 아니라 만감류 같은 경우에는 과실생산에 있어서 중요한 잎에 감로 배설로 2차적으로 그을음병을 유발하므로 중요한 방제대상으로 취급되고 있다(Song, 2013). 하지만, 지금까지 감귤을 포함한 과수에서 진딧물에 관한 연구는 노지재배를 중심으로 주로 생육기 발생량 또는 발생소장 조사에 치중해 있었다(Jeon et al., 2000; Kim et al., 2000). 그러나 하우스 시설감귤은 노지감귤보다 일찍 받아하여 생육을 시작하기 때문에 목화진딧물의 연간 생활사와 연계하여 발생양상이 노지감귤과는 다르게 나타날 것으로 보여 합리적인 방제체계 수립을 위해서는 상세한 발생생태의 이해가 필요하다고 생각하여 본 연구를 시작하게 되었다.

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 계절초기 목화진딧물이 무가온 하우스 감귤로 정착 가능한 이동경로 가설

목화진딧물은 완전생활형과 불완전생활형을 동시에 갖고 있는 종으로 이를 감안하여 Fig. 1과 같이 정착경로를 가정하였다. 완전생활형 상태로 생활사가 진행되는 경우는 목본성 기주식물에 낳은 월동알에서 다음해 부화한 간모가 증식하여 감귤 신초(봄순)로 정착하는 것을 생각할 수 있다(A or C in Fig. 1). 불완전생활형 상태로 겨울을 나는 경우는 감귤나무에서 잔존하여 다음해 새로 발생하는 봄순으로 정착하는 경우(E in Fig. 1)와 잡초 기주에서 잔존한 개체군이 봄순으로 이동하는 경우를 생각할 수 있다(B or D in Fig. 1).

이와 같이 총 5가지의 정착경로를 가정하고, 어느 경로가 우세한지 증명하기 위하여 일련의 조사실험을 실시하였다. 목화진딧물에 중점을 두고, 감귤에 발생하는 조팝나무진딧물과 복숭아혹진딧물도 같이 조사하였으며, 잡초 등 야생기주식물에 대해서 발견된 진딧물 종을 모두 기록하였다.

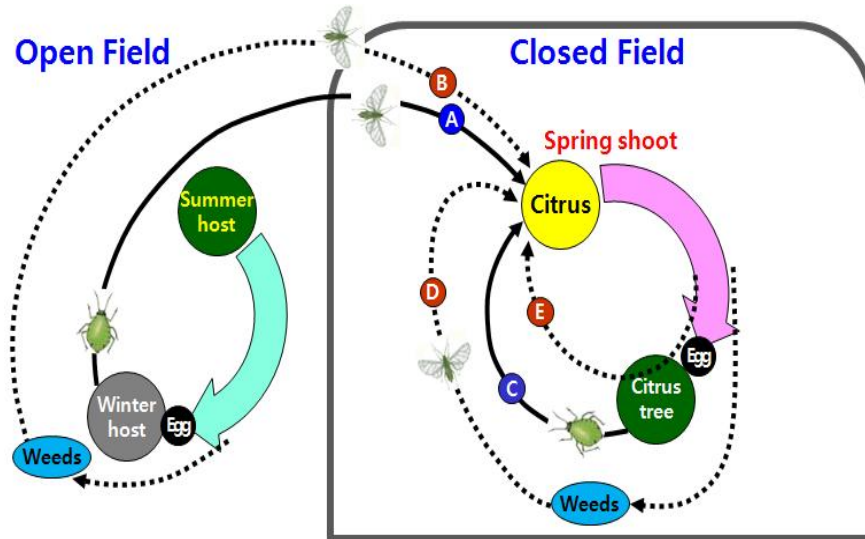


Fig. 1. Assumption for possible colonizing routes of *A. gossypii* to Mandarin citrus trees grown in non-heating plastic-film house in the early season. A: Alate populations of fundatrix generations originated from overwintered eggs on winter host, B, D or E: Alate populations produced from anholocyclic generations on weeds or citrus trees during winter, C: Alate populations of fundatrix generations originated from overwintered eggs on citrus trees.

2. 무가온 하우스 감귤에서 월동기 진딧물 발생조사

2-1. 조사과원

본 조사는 제주특별자치도 서귀포시 2개 과원(위미리, 신흥리)과 제주시 2개 과원(영평동, 영평하동) 총 4개 과원에서 진행 되었다. 위미리(4061번지) 과원은 0.33ha 비닐 하우스 형태로 청견(*Citrus hybrid* 'Kiyomi') 30년생이 재식(4 x 4m)되어 있었다. 신흥리(746번지) 과원은 0.12ha 비닐하우스로 황금향(*C. hybrid* 'Ehime Kashi 28 gou') 3년생을 재배(4 x 4m)하고 있었다. 영평동(2470-5번지) 과원은 천혜향(*C. hybrid* 'Setoka') 재배의 0.33ha 비닐 하우스로 3년생 나무로 구성(4 x 4m)되어 있었다. 영평하동(823번지) 과원은 레드향(*C. hybrid* 'Knpei') 6년생 재배(4 x 4m) 비닐 하우스로 0.33 ha의 면적이었다.

2-2. 감귤나무에서 월동알 조사

하우스 감귤나무에서 목화진딧물이 완전생활형으로 번식하는지 보기 위하여 완전생활형의 유성세대에서 만 나타나는 월동알의 발생을 조사하였다(C in Fig. 1). 감귤나무에 산란된 진딧물 알 수는 4개 과원에서 1주 당 임의로 5개의 1년생 가지(shoot, 순 즉 도장지)를 선택하고, 과원당 총 10주에서 조사하였으며, 가지 끝으로부터 1-25번째 눈 사이에서 루페(PEAK ZOOM LUPE 816, Nikon, Japan)를 이용하여 10~16배) 관찰하였다 알 상태로 진딧물의 종을 구분할 수 없었으므로 봄철 부화기에 나타난 간모와 후세대의 형태적 특징을 기준으로 동정하였다.

또한 순의 종류별과 눈의 위치별 산란 선호성이 있는지 알아보기 위하여 영평동 과원에서 더 세밀한 조사를 실시하였다. 감귤순(신초)은 여름순(Summer Shoot), 가을순(Fall shoot), 가을순이 난 여름순(Summer shoot with fall shoot)로 구분하였다. 순에서 눈의 위치는 순 끝에서부터 1-5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25 등 5개 구간으로 나누었으며, 50주에서 100개 순을 무작위로 채취하여 조사하였다(2015년 1월 27일). 조사시 루페를 이용하여 10~16배 배율로 관찰하였다.

순의 종류 및 눈의 위치에 따른 알 수는 이원분류 분산분석(Two way ANOVA)을 통하여 유의성을 비교하였으며, 평균간 비교는 5% 유의수준에서 Tukey 검정을 실시하였다.

2-3. 감귤나무에서 진딧물 발생조사

하우스 감귤에서 월동기 완전생활형으로 전환하지 않은 불완전생활형 세대 목화진딧물 발생의 확인(E in Fig. 1) 및 봄철 초기 정착생태를 이해하기 위하여 감귤나무에 발생하는 목화진딧물을 조사하였다.

과원 당 조사시기 마다 임의로 감귤나무 10주를 선택하고 주당 5가지(1년생 도장지 또는 봄순)를 무작위로 선정하였다. 발생된 진딧물은 약충(nymph), 무시형 성충(aptera), 유시형 전환기 약충(nymph with wing pad), 유시형 성충(alate)으로 구분하여 기록하였다. 진딧물의 종은 외부 형태적 특징으로 동정하였다(Kim, 2008). 조사는 2015년 1월 6일부터 5월 19일까지 실시하였으며, 총 15회 현장에서 루페를 이용하여 10~16 배율로 관찰하였다.

2-4. 월동잡초에서 진딧물 조사

하우스 감귤 과원 내 잡초에서 잔존한 불완전생활형 목화진딧물이 다음해 봄철 감귤 봄순의 정착 개체군을 형성할 수 있는지 보기 위하여 잡초에 발생하는 진딧물을 조사하였다(D in Fig. 1).

월동기 감귤 하우스 내부 잡초에 발생하는 진딧물의 다양성을 조사하기 위하여 위 4개 과원에서 잡초에 발생하고 있는 진딧물류를 조사하였다. 초종별 10주를 임의로 선택하여 원예용 모종삽으로 채취하여 비닐주머니(50 x 40 cm)에 넣은 후 실험실로 옮겨서 냉장고에 보관하면서 진딧물을 조사하였다. 실체현미경(Nikon SMZ 745T) 50배 배율에서 진딧물 동정을 하였으며, 2014년 12월30일부터 2015년 4월 7일까지 2주 간격으로 총 8차례 조사를 하였다.

2-5. 잡초에서 진딧물 발생소장조사

4개 과원 중에서 월동기 잡초에서 지속적으로 발생하고 있는 진딧물의 발생소장을 조사하였다. 조사에 포함된 대상은 미국가막사리(*Bidens frondosa*)에서 목화진딧물(*Aphis gossypii*), 제비꽃(*Viola mandshurica*)에서 제비꽃진딧물(*Aphis sumire*), 냉이(*Capsella bursa*)에서 싸리수염진딧물(*Aulacorthum solani*), 까마중(*Solanum nigrum*)에서 참두진딧물(*Aphis fabae*) 등 이었다. 초종별로 10주를 조사하였으며, 줄기부분에 색깔테이프를 이용하여 표기해 놓고 1~10까지 번호를 부여하여 조사하였다. 2015년 1월 6일부터 4월 14일까지 1주일 간격으로 조사하였다. 현장에서 루페를 이용하여 10~16배로 직접 동정 하였으며, 약충, 무시형 성충, 유시형 성충으로 구분하여 기록하였다.

2-6. 시설내부 황색수반조사

하우스 감귤 과원 내에서 월동기와 계절초기 진딧물 유시형 성충의 비산시기를 파악하기 위하여 4개 과원에 황색수반(30 x 20 x 15 cm)을 2개씩 설치하고 7일 간격으로 조사하였다. 현장에서 정밀표준망체(Testing sieve 200um)를 이용하여 표본을 수거한 후 실험실에서 실체현미경을 이용(50배)하여 동정하였다. 2014년 12월 16일부터 2015년 5월 26일까지 1주일 간격으로 총 23회 조사하였다.

3. 계절초기 목본성 기주 및 야외 식물에서 진딧물 발생조사

3-1. 계절초기 목본성 기주식물에서 발생조사

목본성 월동기주에서 발생한 목화진딧물이 감귤원으로 비산할 수 있는 시기를 보기 위하여 목본성 기주식물에서 월동알이 부화하여 유시형 성충이 출현하는

시기까지 발생상황을 조사하였다(A in Fig. 1).

대표적 목본성 기주식물인 무궁화(*Hibiscus syriacus*)에서는 5개 지역(제주시 영평동, 오등동, 연동, 노형동, 이도 2동)에서 실시하였다. 지역마다 10 나무를 조사하였고 나무 당 5가지를 선택하고 각 20잎을 조사하였다. 부용화(*Hibiscus mutabilis*)에서는 2개 지역(제주시 영평동, 선흘리)에서 무궁화에서 조사방법과 같은 방법으로 실시하였다. 간모, 약충, 무시형 성충, 유시형 전환기 약충, 유시형 성충으로 구분하여 2015년 4월 4일부터 5월 16일 1주일 간격으로 조사하였다.

무궁화에서는 두 조사지점에서 목화진딧물이 발생되지 않았기 때문에 분석에서 제외 하였으며, 조사 자료 중에서 간모 1마리가 형성한 콜로니를 분리하여 기주식물에 따른 번식능력을 분산분석(ANOVA)을 통하여 유의성을 분석하였으며, 평균간 비교는 5% 유의수준에서 Tukey 검정을 실시하였다.

3-2. 야외 잡초 및 목본성 식물에서 진딧물 발생 조사

목화진딧물 불완전생활형 개체군이 야외의 초본성 기주식물에서 잔존하여 감귤 밭순으로 이동할 수 있는지 보기 위하여(B in Fig. 1) 감귤에서 처음 유시형 목화진딧물이 발생되었던 직후인 2015년 4월 26일에서 5월 16일 사이에 잡초상에서 발견되는 진딧물을 조사하였다.

제주특별자치도 제주시 영평동 지역에서 감귤과수원 주변, 특히 겨울철 목화진딧물이 발생될 수 있는 시설채소 하우스 주변을 포함시켰으며(제주시 아라동 일대), 또한 서귀포시 대정면 시설 딸기재배 하우스 지역에서도 조사를 실시하였다. 목화진딧물의 기주식물로 알려진 잡초 총 60종이 포함되었으며, 원예용 모종삽을 이용하여 채취하고 그 자리에서 루페를 이용하여 조사하였다. 기타 잡초 주변에 있는 목본성 식물 34종도 조사를 하였는데, 10나무를 선택하고 주 당 5가지 각 10잎을 조사하였다. 발견된 진딧물은 간모, 약충, 무시형 성충, 유시형 전환기 약충, 유시형 성충으로 구분하여 기록하였다.

2015년 초기비산을 설명할 수 있는 유시형의 출현을 확인하지 못하였기 때문에 2016년 영평동 과원에서 잡초상 발생한 목화진딧물을 추가로 조사하였다.

4. 야외 황색수반에 유살된 목화진딧물 발생경향

야외에서 목화진딧물의 계절초기 비산시기를 파악하기 위하여 황색 수반트랩을 설치하여 조사하였다. 제주도 한라산을 중심으로 50, 200, 370, 550, 700m 고지별로 황색수반(30 x 40 x 10cm)을 2개씩 설치하였으며(원예특작과학원 온난화대응 농업연구소 고도별 포장), 7일 간격으로 진딧물 유시형 성충을 조사하였다. 황색 수반에 유인된 진딧물은 위 과일 황색수반 수거와 같은 방법으로 수거하고 조사하였다. 조사자료 중 2015년 3월 19일부터 5월 28일 기간 유살된 유시형 목화진딧물을 분석에 사용하였다.

IV. 결 과

1. 하우스 감귤에서 진딧물 월동알 발생양상

조사 대상 과원에서 진딧물 월동알 발생정도는 Table 1과 같았다. 위미리 과원에서는 월동알이 발견되지 않았으며 다른 과원에서는 발생이 확인되었다. 봄철 월동알 부화기 감귤 봄순에 발생한 간모세대 진딧물은 조팝나무진딧물만 발견되었으며 목화진딧물 또는 복숭아혹진딧물은 발견되지 않았다(Table 1, Fig. 2).

무가온 하우스 감귤 과원에서 진딧물 월동알 밀도는 순의 종류 및 눈의 위치에 따라 유의하게 달랐다(Table 2: $F = 55.9$; $df = 14, 135$; $P < 0.0001$). 순의 종류에 따라서는 여름순과 가을순에 비하여 가을순이 난 여름순에서 유의하게 많았다($F = 282.78$; $df = 2, 135$; $P < 0.0001$). 눈의 위치에 따라서는 1-15번 위치에서 16번 이상의 눈보다 산란수가 유의하게 많았다($F = 20.25$; $df = 4, 135$; $P < 0.0001$). 또한 월동알의 밀도는 순의 종류와 눈의 위치 간 상호작용 효과가 있었다($F = 17.01$; $df = 8, 135$; $P < 0.0001$).

Table 1. The number of overwintering eggs (Mean \pm SE) of aphid and their species found on Mandarin citrus trees in non-heating plastic-film house

Variable	Citrus orchards			
	Wimi-ri	Sinheung-ri	Yeongpyeongha-dong	Yeongpyeong-dong
Overwintering eggs per 100 buds	0.0	4.9 \pm 2.30	2.4 \pm 1.38	4.5 \pm 2.52
Species ¹	- ²	<i>A. citricola</i>	<i>A. citricola</i>	<i>A. citricola</i>

This survey was conducted between January 6 and 27 in 2015.

¹ The species was identified when hatched in the spring.

² No available data.

Table 2. Population density of overwintering eggs of aphid species according to the type of shoots and position of buds on Mandarin citrus trees in non-heating plastic-film house

Type of shoot	Position of bud ^a					Mean
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	
Summer shoot	0.00	0.18	0.20	0.06	0.00	0.09B ^c
Fall shoot	0.00	0.04	0.10	0.07	0.08	0.06B
Summer shoot with fall shoot	3.00	3.57	1.14	0.33	0.33	1.67A
Mean	1.00ab ^b	1.26a	0.48ab	0.15b	0.14c	

^a Bud number from the terminal bud on shoot.

^b The means with same low case letters in row are not significantly different by Tukey test at $P = 0.05$.

^c The means with same upper case letters in column are not significantly different by Tukey test at $P = 0.05$.

2. 무가온 하우스 감귤나무와 잡초에서 진딧물 발생조사

2-1. 감귤나무와 황색수반의 진딧물 발생경향

감귤나무에 발생된 목화진딧물과 황색수반에 유살된 진딧물류의 발생경향은 Fig. 2와 같았다. 조사과원 모두 감귤나무에서 1월 중순부터 4월 중순 사이에는 목화진딧물이 발견되지 않았다. 영평동 과원(Fig. 2A)에서 2015년 1월 6일과 13일 목화진딧물 약충, 무시충과 유시충 등이 발견되었으나, 그 후 4월 21일 유시형 성충이 발견될 때까지 목화진딧물이 전혀 발견되지 않았다. 감귤나무에 유시형 목화진딧물이 발생되었던 시기에 과원 내 황색수반에서도 목화진딧물 유시형 성충이 유살되었다. 과원내 황색수반에서 목화진딧물의 유살량은 5월 하순부터 급격하게 증가하였다. 기타 조팝나무진딧물 유살량은 5월 중순부터 증가하였고, 복숭아혹진딧물의 유살은 4월 하순에서 5월 중순 관측되었다. 이 과원 감귤나무에서 목화진딧물은 간모없이 유시형 성충이 나타나서 발생하기 시작하여 5월 상순 발생최성기를 보였고, 5월 중순에는 감귤나무에서 증식된 새로운 유시형 성충의 발생이 증가하였다.

나머지 3개 과원에서는 5월 중순을 지나 5월 하순부터 황색수반에서 목화진딧물 유살이 관측되었는데, 이때부터 감귤나무에서도 목화진딧물이 발견되었다. 황색수반에 복숭아혹진딧물과 조팝나무진딧물의 발생은 영평동 과원과 유사한 경향을 보였는데, 다만 신흥리과원(Fig. 2 C)에서는 4월에 복숭아혹진딧물이 주로 유살되었다.

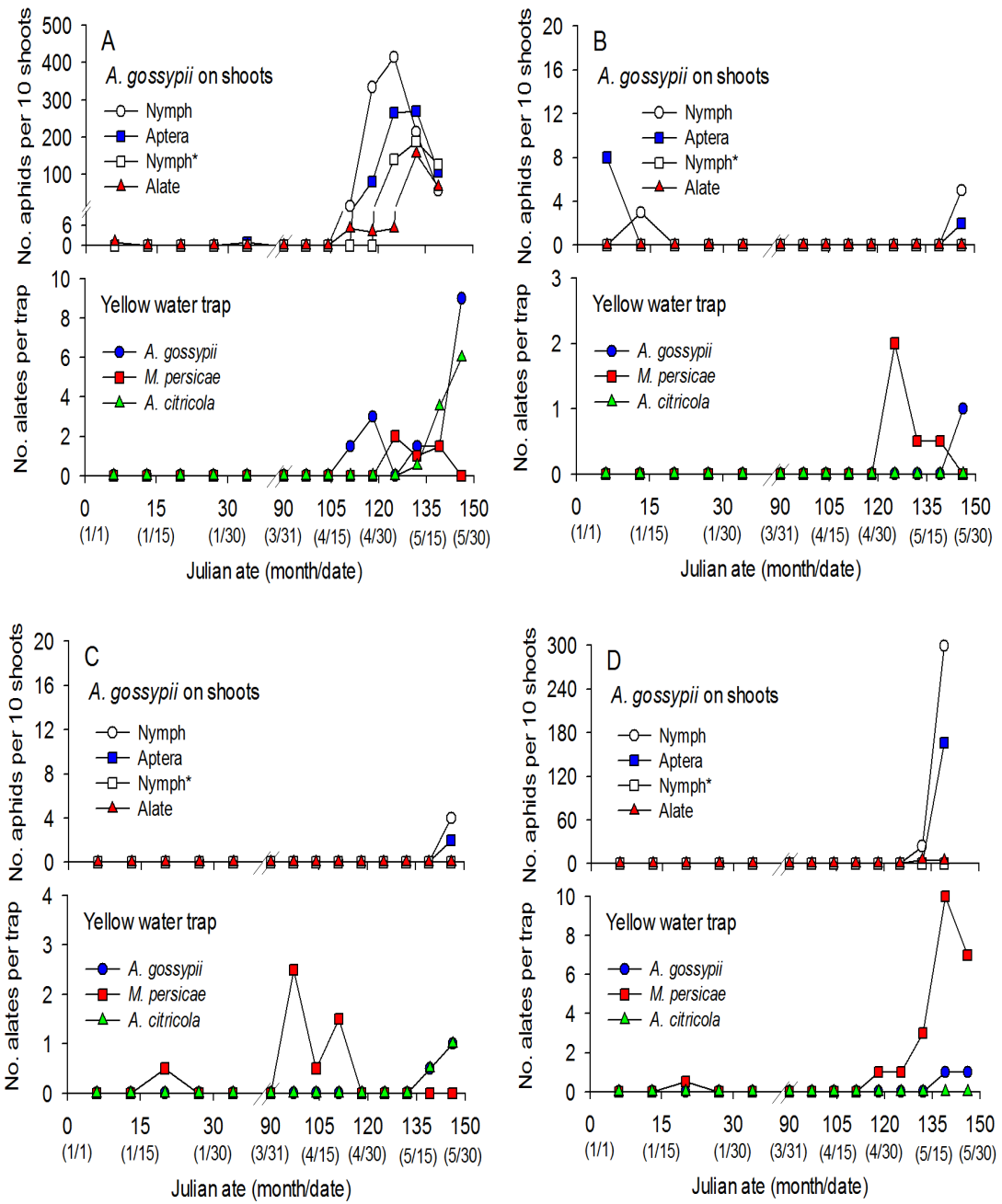


Fig. 2. Population density of *A. gossypii* on Mandarin citrus trees during the winter and alate aphids caught in yellow water trap in non-heating plastic-film house. Nymph* = Last instar nymphs with wing pad; A = Yeongpyeong-dong, B = Yeongpyeongha-dong, C = Sinheung-ri, and D = Wimi-ri.

2-2. 잡초에서 진딧물 발생경향

과원내 월동잡초에서 발견된 진딧물은 제비꽃(*Viola mandshurica*)에서 제비꽃진딧물(*Aphis sumire*), 냉이(*Capsella bursa*)에서 싸리수염진딧물(*Aulacorthum solani*), 까마중(*Solanum nigrum*)에서 잠두진딧물(*Aphis fabae*), 미국가막사리(*Bidens frondosa*)에서 목화진딧물(*Aphis gossypii*) 등 이었다(Fig. 3). 기타 조사에 포함된 방가지뚱, 깨풀, 광대나물, 별꽃, 갈퀴덩굴, 뿌리뱅이, 황새냉이, 망초, 점나도나물, 새포아풀, 팽이밥 등 잡초에서는 진딧물이 발견되지 않았다.

미국가막사리에서 발생되었던 목화진딧물(Fig. 3A)은 1월 하순 저온으로 미국가막사리가 고사함에 따라 2월 중순 이후에는 발견되지 않았다. 또한 발생이 중단된 직전 시기에 유시형 성충의 발생이 없었다. 냉이에서 관찰된 싸리수염진딧물은 2월 하순부터 약충과 무시충의 발생이 시작되었으며, 3월 하순에 유시충이 출현하였다. 그 후에는 더 이상 발생이 없었다(Fig. 3B). 까마중에서 잠두진딧물은 1월부터 4월 중순까지 지속적으로 발생하였다. 유시충은 3월 중순 나타났다. 또한 3월 하순부터는 무시충의 발생이 급격히 증가하였다(Fig. 3C). 제비꽃에서 발생한 제비꽃진딧물은 1월에 발생이 많았고, 유시충은 겨울 동안 지속적으로 발생하였다(Fig. 3D).

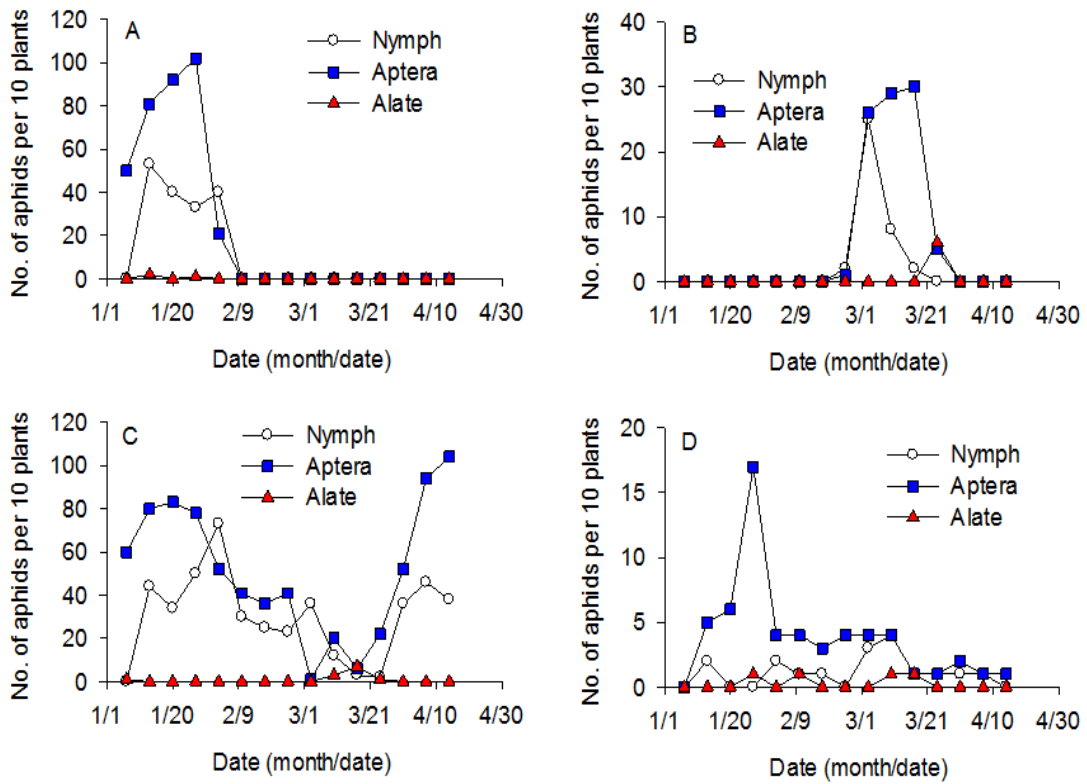


Fig. 3. Changes of aphid population density (no. aphids per 10 plants) on weeds in a Mandarin citrus orchard of non-heating plastic-film house. A = *Aphis gossypii* on weed species *Bidens frondosa* (미국가막사리), B = *Aulacorthum solani* on *Capsella bursa* (냉이), C = *Aphis fabae* on *Solanum nigrum* (까마중) and D = *Aphis sumire* on *Viola mandshurica* (제비꽃).

3. 계절초기 목본성 기주 및 야외식물에서 진딧물 발생경향

3-1. 목본성 월동기주식물에서 발생

계절초기 목화진딧물 월동기주식물인 무궁화와 부용화에서 목화진딧물 발생상황은 Fig. 4와 같았다. 무궁화 조사지점 중 2군데에서는 진딧물이 발견되지 않았으며, 목화진딧물이 발생된 3지점 중 연동에서는 간모없이 4월 상순 유지형 성충을 기원으로 발생이 시작되었다(Fig. 4C). 날개돌기가 생긴 약충이 5월 상순 증가하였으며 그 후 5월 중순 유지형 성충이 증가하기 시작하였다. 무궁화에서 간모를 기원으로 발생을 시작(4월 상순)한 경우(Fig. 4A and B)는 5월 상중순 발생최성기를 보였고, 5월 중순부터 날개돌기가 생긴 약충(유시형 전환기 약충)이 출현하였으며, 유지성충의 출현은 약간 지연되었다.

부용화에서는 두 곳 모두 4월 상순 간모를 기원으로 목화진딧물이 발생을 시작하였다(Fig. 4D and E). 대체로 4월 하순 발생 최성기를 보였고, 5월 상순부터 유지형 성충이 발생을 시작하여 5월 하순에는 무궁화에서 보다 상대적으로 많이 증가하였다.

무궁화와 부용화에서 간모 또는 유지충으로 형성된 콜로니 크기의 변화를 비교한 결과 Fig. 5와 같았다. 무궁화 간모세대 콜로니는 초기에는 부용화 간모세대와 무궁화 유지충 세대 보다 콜로니 크기가 작았으나 5월부터는 급격하게 콜로니 크기가 증가하였다. 부용화 간모세대 콜로니는 초기에는 높았으나 크게 증가하지 못하였다. 무궁화 유지충 세대 콜로니도 크게 증가하지 못하였다.

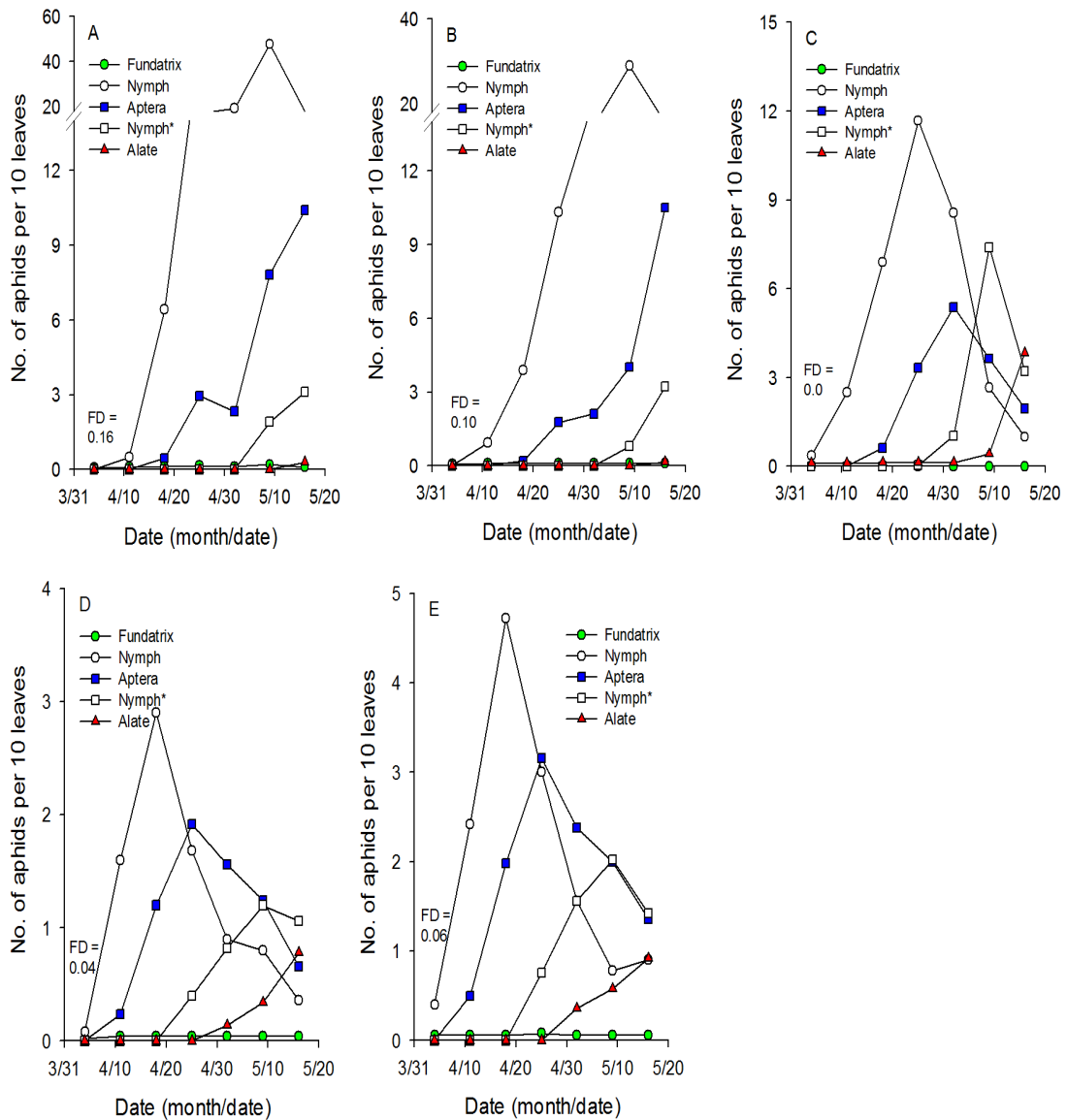


Fig. 4. Changes in the population density of *A. gossypii* on woody winter host plants in early season. FD = Initial number of fundatrix; Nymph* = Last instar nymphs with wing pad; A = *H. syriacus* (Yeongpyeong-dong), B = *H. syriacus* (Odeung-dong), C = *H. syriacus* (Yeon-dong), D = *H. mutabilis* (Yeongpyeong-dong), and E = *H. mutabilis* (Seonheul-ri).

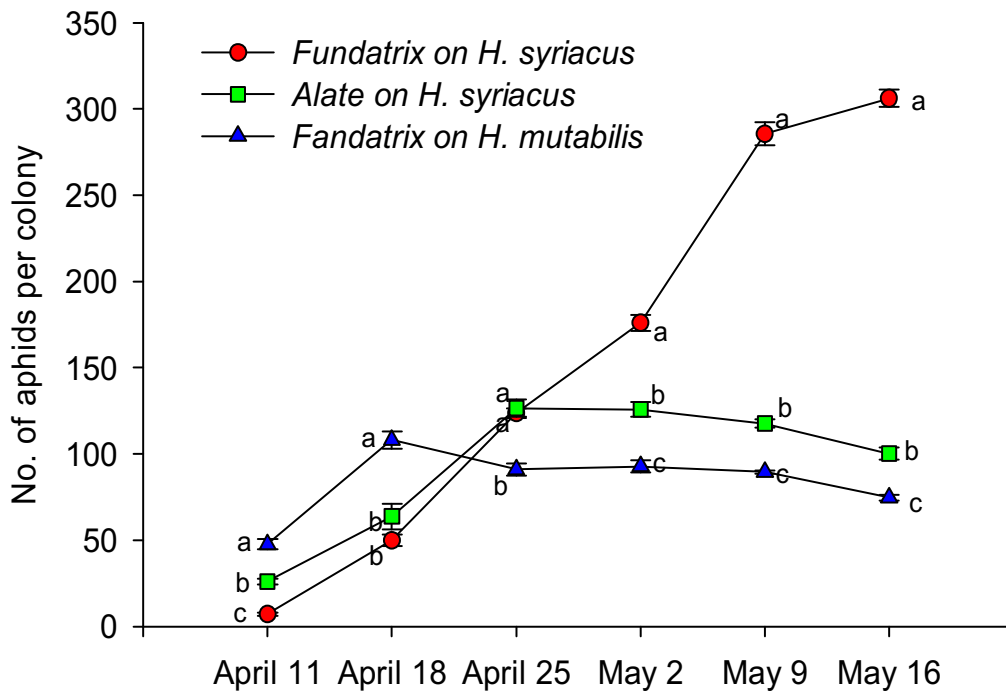


Fig. 5. Comparison of colony size produced by *A. gossypii* according to different host plants and morphs in early season. The bars on the plots indicate standard error. The mean with same letters on the same date are not significantly different by Tukey test at $P = 0.05$.

3-2. 야외 잡초 및 목본성 식물에서 진딧물 발생

무가온 하우스 감귤나무에서 유시형 목화진딧물이 발견된 직후 야외 잡초 및 목본성 식물에서 발견된 진딧물 종은 Table 3와 같았다(4월 26~5월 2일 조사). 2015년 조사결과 목화진딧물은 주름잎, 냉이, 광대나물 등에서 발견되었는데 유시형 성충은 발견되지 않았으며, 대부분 약충 또는 무시형 성충 상태로 있었다. 유시형 성충으로 변환하기 위한 날개 돌기가 생긴 약충의 발생이 시작되고 있었다. 2016년 주름잎, 냉이, 광대나물 재조사(4월 15일) 유시형이 발견되어 시설내에 발생하는 초기 유시형이 불완전생활형 개체임을 증명하였다(Table 4).

조사된 초본성 식물 중 장딸기, 별꽃, 질경이, 달의장풀, 장대여뀌, 하늘타리, 들묵새, 큰방가지뚱, 방가지뚱, 큰개불알풀, 미국자리공, 뱀딸기, 황새냉이, 갯무, 석류풀, 수선화, 팽이밥, 개망초, 토끼풀, 송악, 민들레, 서양금혼초, 바랭이, 모시풀, 개보리, 고사리, 쑥, 제비꽃, 금창초, 땃대풀, 새포아풀, 뚝새풀, 선피막이, 개미자리, 개쑥갓, 자주괴불주머니, 창포, 상추, 수영, 양하, 미나리, 쪽파, 까마중, 파, 뿌리뱅이, 완두, 딸기, 개양귀비, 칩등과 목본성 식물인 딱총나무, 산딸기, 찔레, 단풍나무, 벚나무, 조팝나무, 동백나무, 감나무, 계피나무, 예덕나무, 오갈피나무, 매실나무, 두릅나무, 뽕나무, 능소화, 사철나무, 철쭉, 팔손이, 후박나무, 삼나무, 생달나무, 녹나무, 블루베리, 인동초, 청미래덩굴, 비파, 장미, 탕자나무, 치자나무, 개나리, 자귀나무, 멀구슬나무, 삼동나무 등에서는 목화진딧물이 발견되지 않았다.

Table 3. Aphid species and their morphs found on wild herbage and woody plants

Plant species surveyed	Aphid species found	Aphid morph				
		Fundatri x	Nymph	Nymph* ¹	Aptera	Alate
Herbage plant						
<i>Mazus pumilus</i> (주름잎)	<i>Aphis gossypii</i> (목화진딧물)	0	1.25	0.2	0.45	0
<i>Capsella burapastoris</i> (냉이)	<i>Aphis gossypii</i> (목화진딧물)	0	4.8	0	1	0
<i>Lamium amplexicaule</i> (광대나물)	<i>Aphis gossypii</i> (목화진딧물)	0	0.9	0.05	0.4	0
<i>Oenothera odorata</i> (달맞이꽃)	<i>Aphis oenothera</i> (달맞이꽃진딧물)	0	2.2	0.8	2.75	0.6
<i>Cerastium holosteoides</i> (점나도나물)	<i>Acyrtosiphon pisum</i> (완두수염진딧물)	0	2.35	0	0.35	0
<i>Vicia angustifolia</i> (살갈퀴)	<i>Acyrtosiphon pisum</i> (완두수염진딧물)	0	6.4	0	3.55	0.05
<i>Erigeron canadensis</i> (망초)	<i>Uroleucon erigeronens</i> (망초수염진딧물)	0	0.7	0	0.2	0.15
<i>Rumex coreanus</i> (소루쟁이)	<i>Aphis rumicis</i> (소루쟁이진딧물)	0	10.25	0	30.05	0
<i>Galium spurium</i> (갈퀴덩굴)	<i>Aulacorthum solani</i> (싸리수염진딧물)	0	5.45	0	0.45	0
<i>Solanum tuberosum</i> (감자)	<i>Aulacorthum solani</i> (싸리수염진딧물)	0	1.7	0	0.4	0.05
<i>Chrysanthemum morifolium</i> (국화)	<i>Macrosiphoniella sanborni</i> (국화꼬마수염진딧물)	0	2.9	0	3.3	0
<i>Brassica napus</i> (유채)	<i>Brevicoryne brassicae</i> (양배추가루진딧물)	0	4.35	0	7.7	0
<i>Brassica campestris</i> (배추)	<i>Myzus persicae</i> (복숭아혹진딧물)	0	0.9	0	0.25	0.2
Woody plant						
<i>Sambucus williamsii</i> (딱총나무)	<i>Aphis sambuci</i> (딱총나무진딧물)	0	9.4	1.4	32.3	0.9
<i>Rubus crataegifolius</i> (산딸기)	<i>Aphis ichigo</i> (딸기진딧물)	0	13.9	0	47.4	0
<i>Rosa multiflora Thunb</i> (찔레)	<i>Sitobion ibarae</i> (찔레수염진딧물)	0	11.5	0	49.5	0.2
<i>Acer palmatum</i> (단풍나무)	<i>Myzus persicae</i> (복숭아혹진딧물)	0	3.9	0	0.7	0
<i>Prunus serrulata</i> (벚나무)	<i>Tuberocephalus sakurae</i> (벚잎혹진딧물)	0	4.4	2.2	11.5	0.8
<i>Spiraea prunifolia</i> (조팝나무)	Unrecorded species	0	4.8	0	14.3	0

This survey was conducted between April 26 and May 2 in 2015.

¹Last instar nymphs with wing pad.

Table 4. Aphid species and their morphs found on wild herbage and woody plants in 2016

Plant species surveyed	Aphid species found	Aphid morph				
		Fundatrix	Nymph	Nymph* ¹	Aptera	Alate
Herbage plant						
<i>Mazus pumilus</i> (주름잎)	<i>Aphis gossypii</i> (목화진딧물)	0	1.25	1	0.7	0.8
<i>Capsella burapastoris</i> (냉이)	<i>Aphis gossypii</i> (목화진딧물)	0	3.05	1.4	0.7	0.65
<i>Lamium amplexicaule</i> (광대나물)	<i>Aphis gossypii</i> (목화진딧물)	0	0.95	0.7	0.6	0.55

This survey was conducted between April 15 in 2016.

¹Last instar nymphs with wing pad.

4. 야외 황색수반에 유살된 목화진딧물 발생경향

고도별 황색수반 트랩에 유살된 목화진딧물의 비산량은 Fig. 6과 같았다. 고도에 상관없이 5월 상순부터 비산량이 증가하기 시작하였으며, 특히 50m 지점에서는 급격히 증가하였다. 또한 이에 앞서 적은 수이기는 하지만 3월에도 비산이 관측되었으며, 저고도인 50m 지점에서는 4월 중순 지속적으로 비산이 관측되었다.

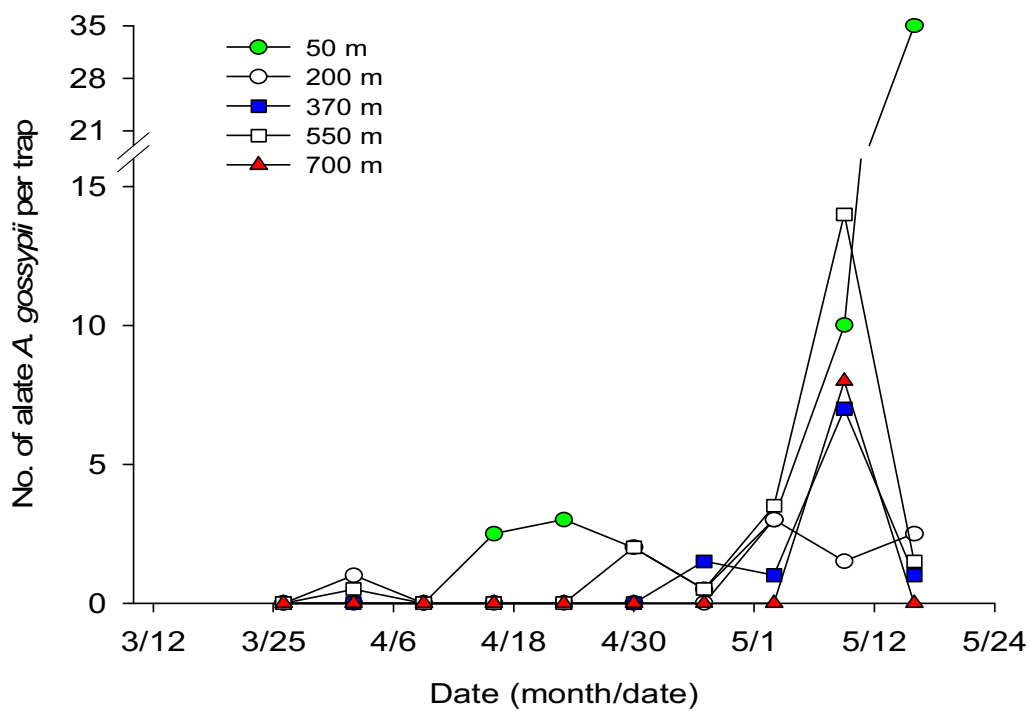


Fig. 6. The number of alate *A. gossypii* caught in yellow water trap installed at different altitude.

V. 고 찰

본 연구에서는 목화진딧물이 완전생활형과 불완전생활형 생활사의 형태로 어떻게 다음해 발생으로 연결되는지 무가온 하우스 재배 감귤을 중심으로 상세히 보여주었다. 아직까지 농작물의 진딧물 해충에 대하여 기주전환과 관련된 월동기와 계절초기 연구자료가 부족한 실정이기 때문에 본 자료는 진딧물류의 계절초기 생태를 이해하는 데 큰 도움이 될 것이다.

무가온 하우스 감귤나무에서 목화진딧물 월동알은 발견되지 않았다. 뒤에서 다시 언급하겠지만 완전생활형 목화진딧물 비기주전환 계통의 존재는 희박한 것으로 보인다. 발견된 월동알은 봄철 확인결과 조팝나무진딧물이었으며, 일본에서는 감귤에 정착한 비기주전환 개체군과 조팝나무를 매개로 한 기주전환 개체군을 서로 다른 계통으로 취급하고 있다(Komazaki, 1986). 조팝나무진딧물 월동알은 가을순이 나 있는 여름순에서 많이 발견되었는데 이것은 가을철 늦게까지 남아 있던 개체군이 바로 밑에 있는 여름순으로 이동하여 산란을 했기 때문으로 추정된다. 눈의 위치에 따라서도 산란 선호성이 있었는데 본 자료만 가지고는 그 원인을 추정하기 곤란하고, 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다.

결과를 종합하여 판단해 볼 때 무가온 하우스 감귤재배에서 목화진딧물의 발생은 크게 두 차례 유사형 성충의 정착(유입)으로 시작될 수 있다고 해석된다. 첫 번째 유사형 성충의 유입은 4월 하순(4월 21일) 관찰되었는데(영평동 1개 과원, Fig. 2A), 이 기원은 완전생활형의 간모세대에서 연유되지 않았다는 것이 확실하다. 즉 월동알에서 부화한 완전생활형 간모세대에서 유사형 성충의 발생은 5월 상순에 시작되었으며 5월 하순에 되어야 우세하였고(Fig. 4), 이 경로는 두 번째 유사형 성충의 유입을 설명할 수 있다(A in Fig. 1)

첫 번째의 조기비산(advanced flight)은 야외 황색수반 트랩에서 관측된 4월 비산량과 일치하고(Fig. 6), 또한 과원 내부에 설치한 황색수반에서도 확인되었다. 완전생활형에서 유사형 성충이 발생되기 훨씬 이전 발생되었기 때문에 불완전생활형 개체군에서 유래한 것으로 추정된다(B and D in Fig. 1). 이 개체군의 존재는 감귤나무에서는 발견되지 않았으며(E in Fig. 1), 과원내외 잡초상에서 관

찰된 개체군으로 추정되지만(Fig. 3, Table 3) 확실하지는 않다. 목화진딧물은 하우스 감귤원 내 존재하는 많은 초본성 기주식물 중에서 미국가막사리에서 발견되었는데, 이 개체군도 겨울철 추위로 미국가막사리가 소멸함에 따라 같이 사라졌다. 이들은 주변에 있었던 목화진딧물의 대표적인 기주식물로 알려진 냉이, 제비꽃, 까마중 등으로 옮겨와 번식하지도 않았다(유시형 발생 미약). 2015년 과원 외부 야외 잡초에서는 4월 하순 주름잎, 냉이, 광대나물 등에서 목화진딧물이 발견되었는데 이 개체군이 조기비산의 기원이라고 판단하기는 어려워서 2016년 재조사를 실시하였다. 그 이유는 이 때 유시형 성충의 발생이 확인되지 않았고, 대부분 약충 또는 무시형 성충으로 구성되어 있어서 오히려 황색수반에서 관측되었던 조기비산 유시형 성충이 잡초에 정착하여 콜로니를 형성한 것으로 해석되기 때문이다(Table 3). 2016년 재조사 결과 주름잎, 냉이, 광대나물에서 유시형이 발생되어 초기 시설내에서 발생하는 유시형은 야외 잡초에서 조기 비산한 불안전생활형이라고 판단하였다(Tabl 4).

두 번째의 지연비산(delayed flight)은 완전생활형 간모세대에서 주로 기원하였으며, 보통 목본성 월동기주에서 몇 세대 경과 후 유시형 성충이 발생되기 때문에(Stary, 1988) 늦게 나타난 것으로 판단된다(Fig. 4). 이 경로는 현재까지 잘 알려진 목화진딧물이 월동기주에서 여름기주식물로 이동하는 일반적인 비산경로라고 할 수 있다(Shim et al. 1979). 본 연구결과는 이 지연비산의 시기도 월동기주의 종류에 따라 달라질 수 있다는 사실을 보여주었다. 즉 무궁화에 발생한 간모세대보다는 부용화의 간모세대에서 적어도 10여일 빨리 유시형 성충이 발생되었다. 또한 콜로니 증식능력도 두 기주식물에서 매우 차이가 났다(Fig. 5). 간모의 증식능력이 같다면 기주식물의 영양적 가치가 콜로니 크기를 결정할 것이고, 목화진딧물 입장에서 볼 때 부용화의 영양적 가치가 무궁화보다 낮다면 일찍 유시형 성충이 발생되어 콜로니 크기가 더 이상 증가하지 않았을 것이다. 무궁화에서는 더 많은 간모세대 수가 가능하여 콜로니 크기가 크게 증가하고 좀 더 늦게 유시형 성충이 발생하는 것으로 추정된다.

무궁화에서는 간모세대 없이 조기비산 유시형 성충이 정착하여 콜로니를 형성하는 목화진딧물의 역이주 현상도 본 연구에서 확인되었다. 일반적으로 간모는 증식능력을 높이는 쪽으로 적응하고 유시성충은 분산능력을 높이는 쪽으로 적응

하기 때문에 간모의 증식능력이 유시형 성충보다 높은 것으로 알려져 있는데 (Taylor, 1975; Takada, 1984), 본 연구에서도 무궁화 간모세대 콜로니가 유시성충 콜로니보다 훨씬 크게 증가하였다.

본 연구에서 목화진딧물의 비기주전환 완전생활형 생활사는 확인되지 않았다 (B in Fig. 1). 늦가을 감귤나무에서 발견된 진딧물 월동알은 조팝나무진딧물 알로 확인되었고, 감귤에서는 목화진딧물 간모세대가 발견되지 않았다. 목화진딧물은 광주기와 온도에 따라 유성세대로 전환되어 완전생활형의 생활사를 완성한다 (Marcovitch, 1924; Lees, 1963). 기주비전환 진딧물 중의 경우는 산성형충 (sexupara)이 출현하여 산란형 어미(ovipara)와 수컷을 낳아 월동알을 생산하게 된다(Lees, 1963). 하지만, 기주전환 중의 생활사에서는 산자형(gynopara)과 수컷 (male)을 낳는 개체가 출현한 후, 산자형은 목본성 기주식물로 이주하여 산란형 어미를 낳으며 늦게 출현하여 이주하는 수컷과 교미하여 월동알을 낳는다 (Marcovitch, 1924; Lees, 1963). 중국에서 산란성 암컷과 수컷을 생산하는 유성형 목화진딧물(즉 비기주전환 완전생활형)을 보고하기는 하였으나(Gong and Zhang, 2001), 증명되지 않았으며, 아직까지 이 분야에서 공식적으로 인정되지는 않았다.

감귤에서 목화진딧물의 발생은 1973~1978 조사(Moon et al., 1978)에서는 기록되지 않았으나 1996~1998 조사(Kim et al., 2000)에서는 ‘다발생’ 해충으로 취급되었고, 2009~2013 조사(Song, 2013)에서도 다발생 해충으로 나타났다. 어쨌든 1990년 후반 이래 감귤원에서 목화진딧물의 발생에 유리한 환경이 조성된 것은 틀림없는 것으로 보인다. 그 중 하나는 불완전생활형 조기비산 개체군의 발생을 조장하는 환경조건일수도 있다. 지연비산 목화진딧물 개체군은 감귤나무에 이미 정착한 조팝나무진딧물과 심한 경쟁을 하게 되지만, 조기비산 개체군은 감귤 봄순 발생초기 자원을 선점할 수 있다. 일반적으로 따뜻한 겨울은 불완전생활형이 진딧물 개체군에 유리하기 때문에 지구온난화 현상과 관련이 있는지도 모른다. 정말로 따뜻한 겨울이 목화진딧물 불완전생활형의 발생을 촉진하여 다발생으로 변화되도록 할 수 있는지 향후 실증실험을 통하여 검정해 볼 필요가 있다.

본 연구결과는 감귤원에서 목화진딧물의 방제전략 수립에 유용하게 활용될 수 있다. 특히 만감류 하우스 가온재배의 경우 보통 조기가온(3월 상순)을 시작하기

때문에 목화진딧물 조기비산시기와 신초(봄순) 발생시기가 일치할 수 있다. 재배적으로 봄순을 일찍 경화시키면 지연비산 시기의 피해를 피할 수 있을 것이다. 아직까지 감귤에서 계절초기 목화진딧물의 발생과 관련된 생태자료가 없기 때문에 본 결과는 초기 방제전략 수립에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

VI. 적 요

목화진딧물(*Aphis gossypii* Glover) (Hemiptera: Aphididae)은 감귤에서 그을음 병을 유발하여 감귤 과실에 경제적으로 피해를 주는 해충이다. 본 연구는 무가운 하우스 감귤에서 계절초기 목화진딧물이 어떠한 경로를 거쳐서 감귤나무에 정착하는지 구명하기 위하여 수행하였다. 감귤나무에서 진딧물 월동알 조사결과 가을순이 난 여름순에서 많이 발견되었는데 월동알은 대부분 조팝나무진딧물이었으며, 목화진딧물 월동알은 발견되지 않았다. 봄순에 정착하는 목화진딧물 유시형 성충은 크게 4월 하순(조기비산)과 5월 하순(지연비산)에 두 차례 관측되었다. 지연비산은 완전생활형 간모세대에서 유시형이 출현하는 시기와 일치하였다. 조기비산 시기에 황색수반트랩에서도 목화진딧물 유시형 성충이 유살되었는데 월동잡초에서 잔존하고 있던 불완전세대 개체군으로 추정되었다. 결과적으로 무가운 하우스 감귤에서 목화진딧물의 정착은 불완전생활형의 조기비산과 완전생활형의 지연비산으로 일어난다는 것이 확인되었다. 기타 목화진딧물 월동기주에서 간모세대의 번식력이 유시충 세대보다 훨씬 높았다.

본 연구결과를 통하여 계절초기 만감류 재배에서 목화진딧물 방제는 두 번의 예찰을 통하여 달성할 수 있을 것으로 판단된다. 첫 번째 4월 하순 비산과 두 번째 5월 상순 비산 시기 예찰방제로써 이를 통하여 무분별한 농약 사용을 줄이고 경제적으로도 효율적으로 목화진딧물을 방제 할 수 있을 것으로 판단이 된다.

인 용 문 헌

Ahmad, M., M.I. Arif. 2008. Susceptibility of Pakistani populations of cotton aphid *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) to endosulfan, organophosphorus and carbamate insecticides. *Crop Prot.* 27: 523-531.

Akey, D.H. and G.D. Butler Jr. 1989. Developmental rates and fecundity of apterous *Aphis gossypii* on seedlings of *Gossypium hirsutum*. *Southwestern Entomologist.* 14: 295 ~299.

Blackman, R.L., Eastop, V.F., 2000. *Aphids on the world's crops: An identification and information guide*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Chichester, UK. 476 pp.

Blackman, R.L. and V.F. Eastop., 2006. *Aphids of the World's Herbaceous Plants and Shrubs—an identification and information guide*. John Wiley, Inc.: New York, NY

Boyce, A.M. 1928. Studies on the resistance of certain insects to hydrocyanic acid. *J. Econ. Entomol.* 21: 715-720.

Capinera, J.L., 2000. [www. Creatures. Ifas.ufl.edu/veg/aphid/ melon_aphid. htm.](http://www.Creatures.Ifas.ufl.edu/veg/aphid/melon_aphid.htm)

Dixon, A.F.G., 1987. Evolution and adaptive significance of cyclical parthenogenesis in: Minks, A.K., Harrewijn, P. (Eds.), *Aphids: their biology, natural enemies and control*, Vol. 2A. Elsevier, Amsterdam, pp. 289-297.

Ebert, T.A., Cartwright, B., 1997. Biology and ecology of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Southwest. Entomol.* 22, 116-153.

Foster, S.P., G. Devine, A.L. Devonshire. 2007. Insecticide resistance, in aphids as crop pests, ed. by van Emden, H. and R. Harrington. CAB International, Wallingford, UK, pp. 261-285.

Frazier, M.R., Huey, R.B., Berrigan, D., 2006. Thermodynamics constrains the evolution of insect population growth rates: "Warmer is better". *Am. Nat.* 168, 512-520.

Gong, P., Zhang, X., 2001. The inducement of temperature and photoperiod to produce sexuales of *Aphis gossypii* Glover. *Acta Phytophylacica Sin.* 28, 318-324.

Griffith, E. and Wratten, S.D., 1979. Intra- and inter-specific differences in cereal aphid low-temperature tolerance. *Entomologia experimentalis et applicata*, 26, 161-167.

Guilin, C., L. Runzxi, H. Mingjiang, X. Kefu, J. Shiju. 1997. Comparison of the cotton aphid resistance level between Xinjiang and Shandong populations. *Resist.*

Herron, G.A., Powis, K., Rophail, J., 2001. Insecticide resistance in *Aphis gossypii* Glover (Homoptera:Aphididae), a serious threat to Australian cotton. *Aust. J. Entomol.* 40, 85-89.

Heie, O.E., 1967. Studies on fossil aphids(Homoptera: Aphidoidea), especially in the Copenhagen collection of fossils in Baltic amber. *Spolia Zoologica.*

Musei Hauniensis 26, 1-274

Hollingsworth, R.G., B.E. Tabashnik, D.E. Ullman, M.W. Johnson, R. Messing. 1994. Resistance of *Aphisgossypii* (Homoptera: Aphididae) to insecticides in Hawaii: spatial patterns and relation to insecticide use. *J. Econ. Entomol.* 87: 293-300.

Jeon H.Y., Kim, D.S., Cho, M.R., Yiem, M.S., Chang, Y.D., 2000. Recent status of major fruit tree pest occurrences in Korea. *J. Korean Soc. hort. Sci.* 41, 607-612.

Kim, D.-H., Kwon, H.M., Kim, K.-S., 2000. Current status of the occurrence of the insect pests in the citrus orchard in Cheju island. *Korean J. Appl. Entomol.* 39, 267-274 (in Korean with English abstract).

Kim, H.J., 2008. A systematic of the tribe Aphidini (Hemiptera:Aphididae) in the Korean peninsula, with discussion of their phylogenetic relationships based on molecular markers and morphology. Seoul National University, Seoul, Korea, 319 pp.

Khodzhaev, S.T., S.A. Roslavl'tseva, E. Abdulaev, M.N. Sobchak. 1985. Resistance of the cotton aphid to insecticides. *Zaschita Rastenii* 12: 30.

Komazaki, S., 1986. The inheritance of eggs hatching time of the spirea aphid, *Aphis citricola* Van Der Goot (Homoptera, Aphididae) on the two winter hosts. *Kontyu* 54, 48-53.

Kwon, S-H., 2015. A Forecasting model for the occurrence of sexualmorphs in cotton aphid in relation to temperature and photoperiod. Jeju National

University. Master Thesis. 46 pp.

Leather, S.R., 1992. Aspects of aphid overwintering (Homoptera: Aphidinea: Aphididae). *Entomol. Gen.* 17, 101-113.

Lee, J.-H., 2006. Temperature-dependent development and its model of the greenbug, *Schizaphis graminum* (Rondani) (Homoptera:Aphididae). Chonbuk National University. Master Thesis. 46 pp.

Lee, K.R., H.N. Koo, C.M. Yoon and G.H. Kim. 2010. Cross Resistance and Point Mutation of the Mitochondrial Cytochrome b of Bifenazate Resistant Two-spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae*. *Journal of pesticide Science.* 14: 247-254.

Lees, A.D., 1963. The role of photoperiod and temperature in the determination of parthenogenetic and sexual forms in the aphid *megoura viciae* Buckton. *J. Insect Physiol.* 9, 153-164

Li, J., Q. Wang, L. Zhang and X. Gao. 2012. Characterization of imidacloprid resistance in the housefly *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology.* 102: 109-114.

Marcovitch, S., 1924. The migration of the Aphididae and the appearance of the sexual forms as affected by the relative length of daily light exposure. *J. Agric. Res.* 27, 513-533.

Moon, D.Y., Kim, H.S., Kim, C. S., Park, S.C., Lee, S.C., Lippold, P.C., Catling, H.D., 1978. Studies on the integrated control of citrus pests, in:

Annual Research Report for 1978, Cheju Agricultural Station, RDA. pp. 259-301 (in Korean with title translated into English by the authors).

Nibouche, S., J. Beyo, T. Brévault. 2002. Negative cross insensitivity in a dimethoate resistant strain of cotton aphid *Aphis gossypii* Glover in Northern Cameroon. *Resist. Pest. Manag.* 12: 25-26.

Paik, W.H., 1972. *Illustrated Flora and Fauna of Korea Vol. 13(Insecta V)*. Ministry of Education. pp. 751.

Remaudiere, G. and Remaudiere, M., 1997. *Catalogue des Aphididae du Monde*. INRA, Paris, 473 pp.

Saito, T., H. Hama and K. Suzuki. 1995. Insecticide resistance in clones of the cotton aphids, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae), and synergistic effect of esterase and mixed-function oxidase inhibitors. *Japanese Journal of Applied Entomology Zoology*. 39: 151-158.

Shim, J.Y., Park, J.S., Paik, W.H., 1979. Studies on the life history of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera). *Korean J. Pl. Prot.* 18, 85-88.

Song, J.H., 2013. Studies on the pattern of change for crop pests with global warming. Annual Research Report for 2013, Jeju Special Self-Governing Province Agricultural Research and Extension Services. 29 pp. (in Korean with title translated into English by the authors).

Sun. Y., G. Feng, J. Yuan, K. Gong. 1970. Biochemical mechanism of resistance of cotton aphids to organophosphorus insecticides. *Acta Entomol. Sin.* 30: 13-20.

Sтары, P., 1988. Aphidiidae, in: Minks, A.K., Harrewijn, P. (Eds.). Aphids: their biology, natural enemies and control. Vol. B. Elsevier, Amsterdam. pp. 171-184.

Taylor, L.R., 1975. Longevity, fecundity and size; control of reproductive potential in a polymorphic migrant, *Aphis fabae* Scop. J. Anim. Ecol. 44, 135-163.

Takada, h., 1984. Ovariole number and fecundity in fundatrices of *Myzus persicae* (Sulzer) Jpn. J. Appl. Ent. Zool. 28, 250-253 (in Japanese with English summary).

Wang, K.Y., Guo, Q.L., Xia, X.M., Wang, H.Y., Liu, T.X., 2007. Resistance of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) to selected insecticides on cotton from five cotton production regions in Shandong, China J. Pestic. Sci. 32, 372-378.

감사의 글

이 논문이 완성되기까지 부족한 점이 많은 저를 제자로 받아주시고 아낌없는 지도와 격려로 이끌어주신 존경하는 김동순 지도교수님께 깊이 감사드립니다.

앞으로 좀 더 노력해서 발전하는 모습을 보여드리도록 하겠습니다.

부족한 점이 많은 논문을 심사해 주시고 밤 늦게까지 검토해주신 현해남 교수님, 김주성교수님께도 깊이 감사드립니다. 그리고 학부시절부터 농학에 많은 가르침을 주신 강영길 명예교수님, 송창길교수님, 전용철교수님께도 진심으로 감사드립니다.

대학원 생활하는 동안 격려와 응원을 해주신 제주도농업기술원 송정흡 연구관님, 현동희 지도사님, 오명협 지도사님 농과대학 선배 양철준 연구사님, 현도경 지도사님, 한영규 지도사님, 차진우 지도사님, 김도훈 지도사님, 이상중 지도사님, 대학동기 박재신, 송민아, 송희 제주도청 박형주, 온난화대응농업연구센터 최경산 연구사님, 안정준 연구사님, 제주시농협 양용창 조합장님, 고동환 선생님, 제주농어촌공사 김동규 선생님, 제주대학교 김찬우 박사님, 곤충생태학 실험실의 현승용 선생님, 김정수 선생님, 신용균 선생님, 장용석 선생님, 김용근 선생님, 한라산연구소 김경범 선생님, 이영돈 선생님, 이수영 선생님, 종다양성 연구소 양경식 선생님, 감귤연구소 황록연 연구사님, 친환경연구센터 하영삼 선생님, 양진영 선생님, 야생동물 구조관리센터 민동원 선생님 그리고 가장 가까이에서 많은 도움을 준 권순화 선배님, 김수빈 선배님, 박정훈 선배님, 오성오, 고경훈, 고명수 후배들 특별히 고맙고 감사드립니다. 또 오랜기간 저를 응원해 주신 농학과 조교 이종훈 조교선생님, 이희선 조교선생님, (전)이충선 조교선생님 (전)고우리 조교선생님, 제주천지 송진영 대표님, 한얼사이언스 성영훈 선배님, 바이엘크롭사이언스 고희철 선배님, 한국삼공 전승범 선배님, 한남농약종묘사 고성원 선배님 제주산삼코리아 최석호 선배님 그리고 고등학교 친구들께도 이 자리를 비롯하여 감사에 글을 남깁니다.

농학에 길을 처음 발딛게 해주주시고 아들이하는 일에 믿고 응원해주시는 부모님께 마음 깊이 감사하며 이 논문을 바칩니다.