

# 무기온 시설재배 감귤에서 계절초기 목화진딧물 개체군의 정착경로에 관한 연구

김태옥 · 권순화 · 박정훈 · 오성오 · 현승용 · 김동순<sup>1\*</sup>

제주대학교 생명자원과학대학 식물환경전공, SARI, <sup>1</sup>제주대학교 아열대농업생명과학연구소

## The Colonizing Routes of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) to Mandarin Citrus Trees Grown in a Non-heating Plastic-film House During the Early Season

Tae Ok Kim, Soon Hwa Kwon, Jeong Hoon Park, Sung Oh Oh, Seung Young Hyun and Doog-Soon Kim\*

Major of Plant Resources Science and Environment, College of Agriculture & Life Sciences, SARI, Jeju National University, Jeju 690-756, South Korea

<sup>1</sup>The Research Institute for Subtropical Agriculture and Biotechnology, Jeju National University

**ABSTRACT:** The cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) infests citrus orchards, causing sooty mold damage to the fruits. This study was conducted to investigate the colonizing route of *A. gossypii* in citrus orchards in a non-heating plastic-film house during the early season. The overwintering eggs of the aphids are frequently found on summer shoots of the citrus trees. The eggs were mostly those of *Aphis citricola*, without any *A. gossypii* when hatched. The colonization of citrus trees by alate *A. gossypii* in non-heating plastic-film houses was mainly observed twice, with advanced flight in late April and delayed flight in late May. The delayed flight was synchronized with the timing of the emergence of alate *A. gossypii* from the fundatrix generation in the holocyclic life cycle. During advanced flight in closed citrus orchards, alate *A. gossypii* were caught in yellow water traps installed in the fields, and the populations were found to originate from the surviving populations of the anholocyclic life cycle. Consequently, we concluded that citrus tree colonization with *A. gossypii* occurred during the advanced flight of the anholocyclic and the delayed flight of the holocyclic life cycle.

**Key words:** *Aphis gossypii*, Citrus, Winter host, Summer host, Host alteration, Colonizing route

**초 록:** 목화진딧물(*Aphis gossypii* Glover) (Hemiptera: Aphididae)은 감귤에서 그을음병을 유발하여 감귤 과실에 경제적으로 피해를 주는 해충이다. 본 연구는 무기온 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 확실하지는 않으나 월동잡초에서 잔존하고 있던 불완전세대 개체군으로 추정되었다. 결과적으로 무기온 하우스 감귤에서 목화진딧물의 정착은 불완전생활형의 조기비산과 완전생활형의 지연비산으로 일어난다는 것이 확인되었다.

**검색어:** 목화진딧물, 감귤, 월동기주, 여름기주, 기주교대, 정착경로

목화진딧물(*Aphis gossypii* Glover) (Hemiptera: Aphididae)은 세계적으로 널리 분포하고 기주 범위가 광범위하여 박과(멜

론, 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 완전생활

\*Corresponding author: Dongsoonkim@jejunu.ac.kr

Received July 25, 2015; Revised August 18, 2015

Accepted August 18, 2015

형(holocyclic)과 그렇지 않은 불완전생활형으로(anholocyclic)로 구분할 수 있다(Dixon, 1987; Leather, 1992). 대부분의 진딧물류는 기주특이성을 갖지만 목화진딧물은 다양한 환경에서 발생하는 광식성해충이며, 75종의 바이러스를 매개할 뿐만 아니라 식물체를 흡즙하여 그을음병 유발하고, 결국 식물의 생장 저해로 인한 수확량 감소 등의 피해를 주고 있다. 우리나라에서는 약 130종 이상의 목화진딧물 기주식물이 기록되어 있다(Kim, 2008). 그리고 목화진딧물은 약제에 대한 저항성을 쉽게 획득하고 농약살포에 따른 천적의 감소로 인하여 목화진딧물의 피해가 증가하고 있다(Blackman and Eastop, 2000; Herron et al., 2001.). 최근에는 네오니코티노이드계 살충제에 대한 저항성이 보고되고 있다(Wang et al., 2007).

2013년 기준 우리나라 만감류 재배면적은 1926.6ha에 달하고 있으며, 그 중에서 시설 만감류 재배면적은 1,835ha를 차지하고 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 감로배설로 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 발아하여 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 발생

양상을 다양한 기주식물에서 조사하였으며, 시설하우스 감귤에서 목화진딧물의 초기발생이 어떻게 시작되는지 구명하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 계절초기 목화진딧물이 무기온 하우스 감귤로 정착 가능한 이동경로 가설

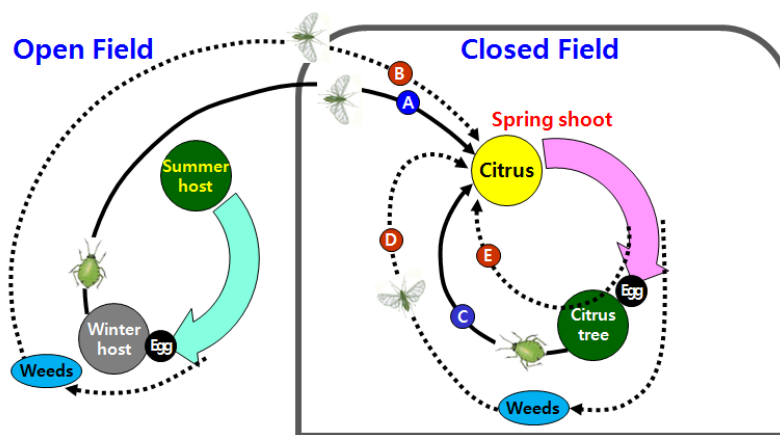
목화진딧물은 완전생활형과 불완전생활형을 동시에 갖고 있는 종임을 고려하여 Fig. 1과 같이 정착경로를 가정하였다. 완전생활형 상태로 생활사가 진행되는 경우는 목본성 기주식물에 낳은 월동알에서 다음해 부화한 간모가 증식하여 감귤 신초(봄순)로 정착하는 것을 생각할 수 있다(A or C in Fig. 1). 불완전생활형 상태로 겨울을 나는 경우는 감귤나무에서 잔존하여 다음해 새로 발생하는 봄순으로 정착하는 경우(E in Fig. 1)와 잡초 기주에서 잔존한 개체군이 봄순으로 이동하는 경우를 생각할 수 있다(B or D in Fig. 1).

이와 같이 총 5가지의 정착경로를 가정하고, 어느 경로가 우세한지 증명하기 위하여 일련의 조사실험을 실시하였다.

### 무기온 하우스 감귤에서 월동기 진딧물 발생조사

#### 조사과원

본 조사는 제주특별자치도 서귀포시 2개 과원(위미리, 신흥리)과 제주시 2개 과원(영평동, 영평하동) 등 총 4개 과원에서 진행되었다. 위미과원(0.33 ha)은 30년생 청견(*Citrus hybrid*



**Fig. 1.** Possible colonizing routes of *A. gossypii* in Mandarin citrus trees grown in non-heating plastic-film houses during the early season. A = Alate populations of fundatrix generations originating from overwintered eggs on the winter host; B, D, or E = Alate populations originating from anholocyclic generations on weeds or citrus trees during winter; C = Alate populations of fundatrix generations originating from overwintered eggs on citrus trees.

‘Kiyomi’), 신흥이 과원(0.12 ha)은 황금향(*C. hybrid* ‘Ehime Kashi 28 gou’), 영평동 과원(0.33 ha)은 천혜향(*C. hybrid* ‘Setoka’), 영평하동 과원(0.33 ha)은 레드향(*C. hybrid* ‘Knpei’)이 재식(4 × 4m)된 비닐하우스 형태의 시설에서 조사되었다.

#### 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 과원 당 10주씩 4개 과원에서 총 40주를 선정하여 주당 1년생 가지 5개를 선택하여 조사하였으며, 가지 끝으로부터 1-25번째는 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.

#### 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 15회에 걸쳐 현장에서 루페(10~16 배율)를 이용하여 관찰하였다.

#### 월동 잡초에서 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).

위 4개 과원에서의 잡초에 발생하고 있는 진딧물류를 조사하였다. 초종별 10주를 임의로 선택하여 원예용 모종삽으로 채취하여 비닐주머니(50 × 40 cm)에 넣은 후 실험실로 옮겨서 냉장고에 보관하면서 조사하였다. 실체현미경(Nikon SMZ 745T) 50배 배율에서 진딧물 동정을 하였으며, 2014년 12월 30일부터 2015년 4월 7일까지 2주 간격으로 총 8차례 조사 하였다.

4개 과원 중에서 미국가막사리(*Bidens frondosa*)에서 발생된 목화진딧물(*Aphis gossypii*)의 발생소장을 조사하였다. 목

화진딧물이 발생한 미국가막사리를 대상으로 10주를 선정하여 줄기부분에 색깔테이프를 이용하여 표기해 놓고 1~10까지 번호를 부여하여 조사하였다. 2015년 1월 6일부터 4월 14일까지 1주일 간격으로 조사하였다. 현장에서 루페(10~16배율)를 이용하여 직접 동정 하였으며, 약충, 무시형 성충, 유시형 성충으로 구분하여 기록하였다.

#### 황색수반 조사

하우스 감귤 과원 내에서 월동기와 계절초기 진딧물 유시형 성충의 비산시기를 파악하기 위하여 과원 당 황색수반(30 × 20 × 15 cm)을 2개씩 4개 과원에 총 8개를 설치하고 7일 간격으로 조사하였다. 현장에서 정밀표준망체(Testing sieve 200 um)를 이용하여 표본을 수거한 후 실험실에서 실체현미경(50배)을 이용하여 목화진딧물을 동정하였다. 2014년 12월 16일부터 2015년 5월 26일까지 1주일 간격으로 총 23회 조사하였다.

#### 계절초기 목본성 기주 및 야외 식물에서 진딧물 발생 조사

##### 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).

목화진딧물의 대표적 기주식물인 무궁화(*Hibiscus syriacus*)와 부용화(*H. mutabilis*)를 대상으로 조사하였다. 무궁화는 5개 지역에서 조사되었으며 지역별로 10주를 선정하여 나무당 5가지를 선택하여 주당 20잎을 조사하였다. 부용화는 2개 지역에서 조사되었고 조사방법은 무궁화와 같은 방법으로 하였다. 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, 평균 간 비교는 5% 유의수준에서 Tukey 검정을 실시하였다.

##### 야외 잡초 및 목본성 식물에서 진딧물 발생 조사

목화진딧물 불완전생활형 개체군이 야외의 초본성 기주식물에서 잔존하여 감귤 봄순으로 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 주당 5가지 각 10잎을 조사하였다. 발견된 진딧물은 간모, 약충, 무시형 성충, 유시형 진한기 약충, 유시형 성충으로 구분하여 기록하였다.

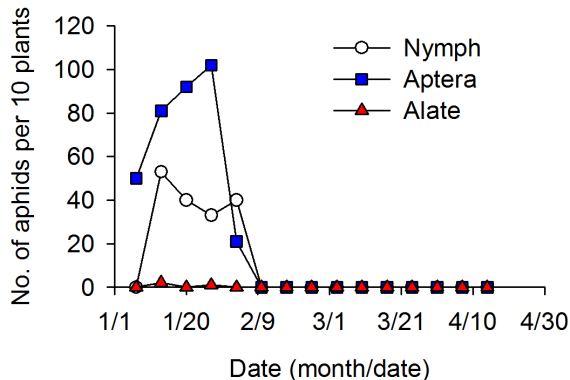
### 야외 황색수반 조사

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

## 결과

### 무가온 하우스 감귤에서의 진딧물 월동알 발생

무가온 하우스 감귤에서의 진딧물 월동알 발생정도는 Table 1과 같았다. 신흥리, 영평동, 영평동 3개 과원에서는 월동알이 확인되었으나 위미리 과원에서는 확인되지 않았다. 봄철 월



**Fig. 3.** Changes in the population density of *A. gossypii* (number of aphids per 10 plants) on weed species *Bidens frondosa* in a Mandarin citrus orchard in a non-heating plastic-film house.

**Table 1.** The number of overwintering eggs (mean ± SE) of aphid and its species found on Mandarin citrus trees in non-heating plastic-film houses

Investigated site	Overwintering eggs per 100 buds	Species <sup>1</sup>
Wimi-ri	0.0	<sup>2</sup>
Sinheung-ri	4.9 ± 2.30	<i>A. citricola</i>
Yeongpyeongha-dong	2.4 ± 1.38	<i>A. citricola</i>
Yeongpyeong-dong	4.5 ± 2.52	<i>A. citricola</i>

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

<sup>1</sup>The species was identified when hatched in the spring.

<sup>2</sup>No available data.

동알이 부화된 후 진딧물 종을 동정한 결과 모두 조팝나무진딧물이었으며, 목화진딧물은 발견되지 않았다.

### 감귤나무와 황색수반의 목화진딧물 발생경향

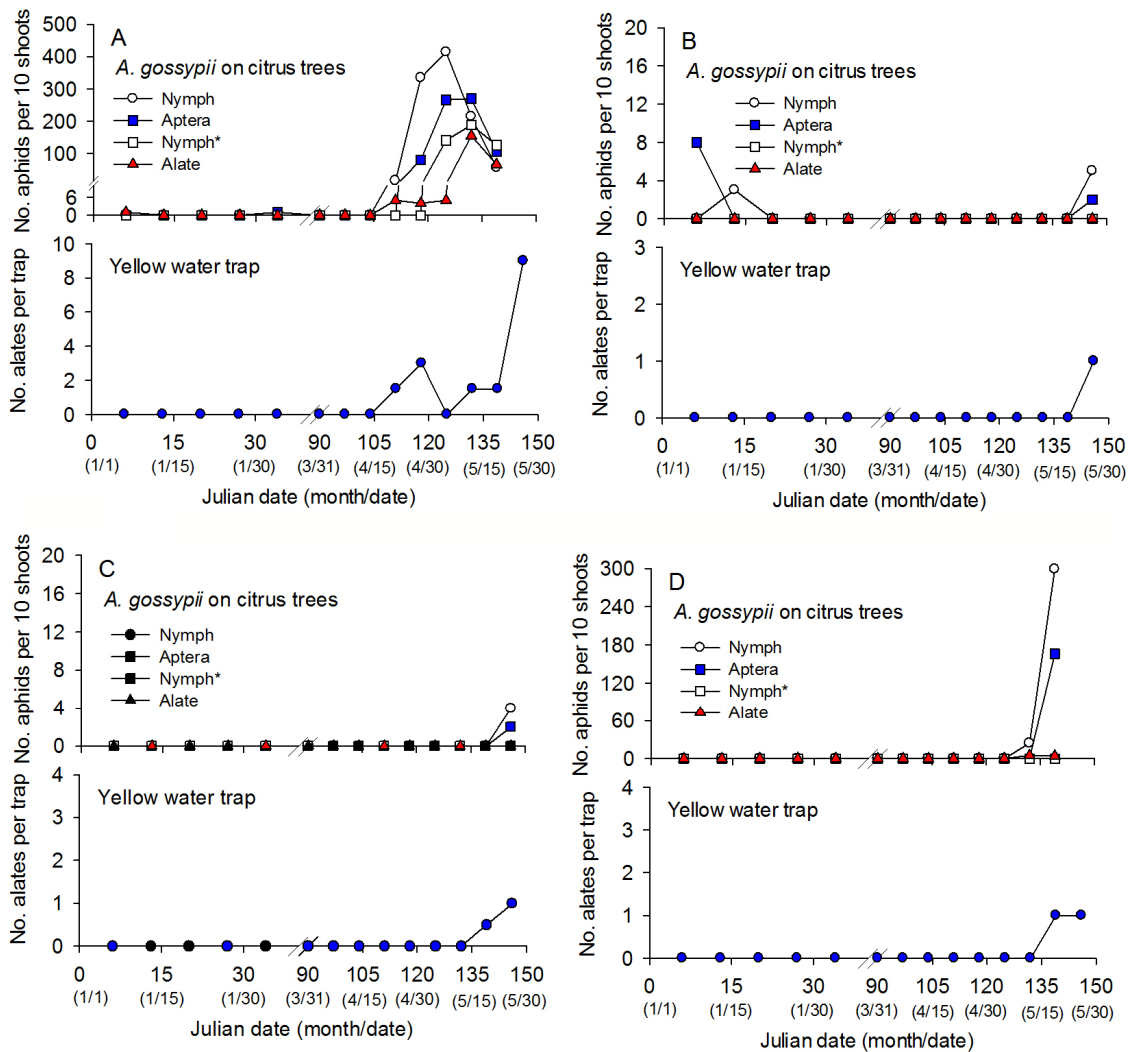
감귤나무에 발생된 목화진딧물과 황색수반에 유살된 목화진딧물 유시충의 발생경향은 Fig. 2와 같았다. 조사과원 모두 감귤나무에서 1월 중순부터 4월 중순 사이에는 목화진딧물이 발견되지 않았다. 영평동 과원(Fig. 2A)에서 2015년 1월 6일과 13일 목화진딧물 약충, 무시충과 유시충 등이 발견되었으나, 그 후 4월 21일 유시형 성충이 발견될 때까지 목화진딧물이 전혀 발견되지 않았다. 감귤나무에 유시형 목화진딧물이 발생되었던 시기에 과원 내 황색수반에서도 목화진딧물 유시형 성충이 유살되었다. 과원내 황색수반에서 목화진딧물의 유살량은 5월 하순부터 급격하게 증가하였다.

나머지 3개 과원에서는 5월 중순을 지나 5월 하순부터 황색수반에서 목화진딧물 유살이 관측되었는데, 이때부터 감귤나무에서도 목화진딧물이 발견되었다(Fig. 2B, C and D).

### 시설 내 잡초에서의 진딧물 발생경향

과원내 월동잡초에서 목화진딧물의 발생을 알아보기 위하여 2014년 12월 30일부터 2015년 4월 7일까지 시설 감귤원 내부에 자생하는 제비꽃, 냉이, 까마중, 미국가막살이, 방가지똥, 깨풀, 광대나물, 벌꽃, 갈퀴덩굴, 뿌리뱅이, 황새냉이, 망초, 점나도나물, 새포아풀, 팽이밥 등 잡초를 조사한 결과 미국가막살이(*Bidens frondosa*)에서 만 목화진딧물이 발생되었다.

미국가막살이에서 발생되었던 목화진딧물(Fig. 3)은 1월 하순 저온으로 미국가막살이가 고사함에 따라 2월 중순 이후에는 발견되지 않았다. 또한 발생이 중단된 직전 시기에 유시형 성충의 발생이 없었다.



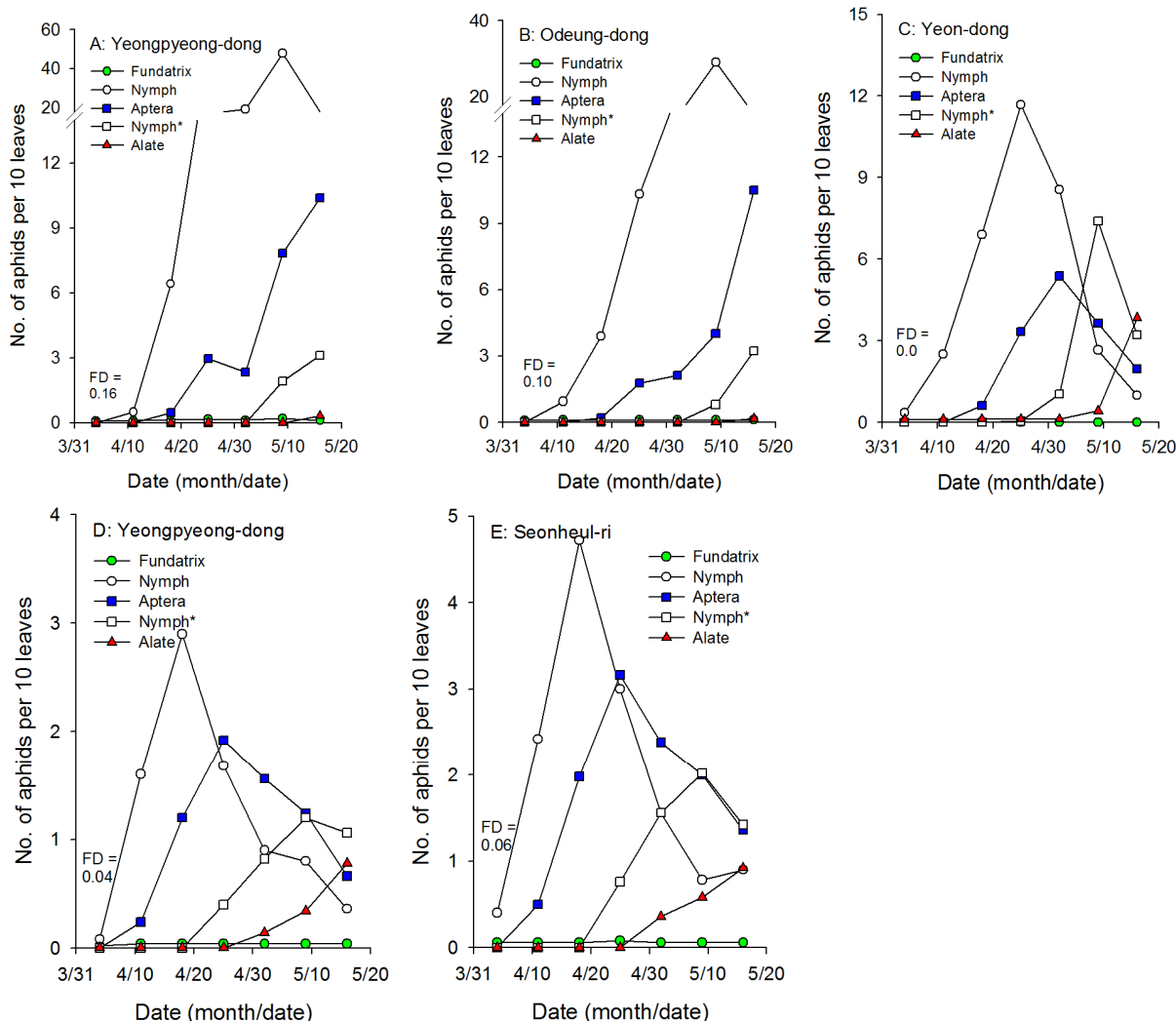
**Fig. 2.** The population density of *A. gossypii* on Mandarin citrus trees and in a yellow water trap during winter season in a non-heating plastic-film house. Nymph\* = last-instar nymphs with a wing pad; A = Yeongpyeong-dong, B = Yeongpyeongha-dong, C = Sinheung-ri, and D = Wimi-ri.

### 시설 외부 식생의 목본성 월동기주식물에서 목화진딧물 발생

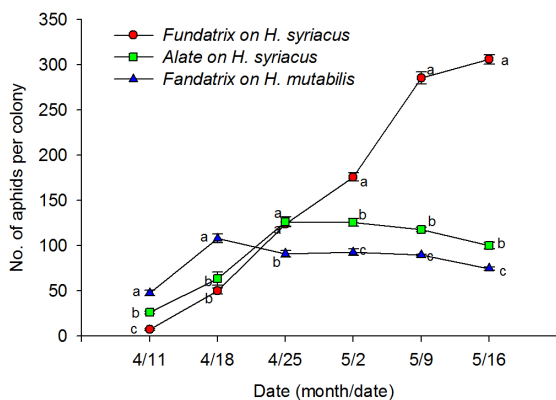
계절초기 목화진딧물 월동기주식물인 무궁화와 부용화에서 목화진딧물 발생상황은 Fig. 4와 같았다. 총 5군데의 무궁화 조사지점 중 2군데에서는 진딧물이 발견되지 않았으며, 목화진딧물이 발생된 3지점 중 연동에서는 간모없이 4월 상순 유시형 성충을 기원으로 발생이 시작되었다(Fig. 4C). 날개돌기가 생긴 약충이 5월 상순 증가하였으며 그 후 5월 중순 유시형 성충이 증가하기 시작하였다. 무궁화에서 간모를 기원으로 발생을 시작(4월 상순)한 경우(Fig. 4A and B)는 5월 상순 발생최성기를 보였고, 5월 중순부터 날개돌기가 생긴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

부용화에서는 두 곳 모두 4월 상순 간모를 기원으로 목화진딧물이 발생을 시작하였다(Fig. 4D and E). 대체로 4월 하순 발생 최성기(무시성충 및 약충)를 보였고, 5월 상순부터 유시형 성충이 발생을 시작하여 5월 하순에는 무궁화에서 보다 상대적으로 발생량이 많았다.

무궁화에서 간모 또는 유시성충으로 형성된 콜로니와 부용화에서 간모로 시작된 콜로니 크기의 변화를 비교한 결과 Fig. 5와 같았다. 무궁화 간모세대 콜로니는 초기에는 부용화 간모세대와 무궁화 유시성충 세대 보다 콜로니 크기가 작았으나 5월부터는 급격하게 콜로니 크기가 증가하였다. 부용화 간모세대 콜로니는 초기에는 높았으나 크게 증가하지 못하였다. 무궁화 유시성충 세대 콜로니도 크게 증가하지 못하였다.



**Fig. 4.** Changes in the population density of *A. gossypii* on woody winter host plants during the early season. FD = initial number of fundatrix; nymph\* = last instar nymphs with a wing pad; A ~ C: *Hibiscus syriacus*, B ~ E: *H. syriacus*.



**Fig. 5.** Comparison of the colony size produced by *A. gossypii*, according to different host plants and morphs during the early season. The bars on the plots represent standard error. The mean colony sizes on the same days indicated by the same letters are not significantly different as ascertained by Tukey's test at  $P=0.05$ .

### 시설 외부 식생의 잡초 및 목본성 식물에서 목화진딧물 발생

시설내부에서 발생된 목화진딧물의 기원을 찾기 위하여 무가온 하우스 감귤나무에서 유시형 목화진딧물이 발견된 직후 조사한 야생 기주식물에서 목화진딧물이 발견된 식물은 Table 2와 같았다(4월 26~5월 2일 조사). 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.

조사된 초본성 식물 중 달맞이꽃, 접나도나물, 살갈퀴, 망초, 소루쟁이, 갈퀴덩굴, 감자, 국화, 유채, 배추, 장팔기, 별꽃, 질경이, 달의장풀, 장대여뀌, 하늘타리, 들묵새, 큰방가지똥, 방가지

**Table 2.** Morphs of *A. gossypii* found on wild host plants in the field

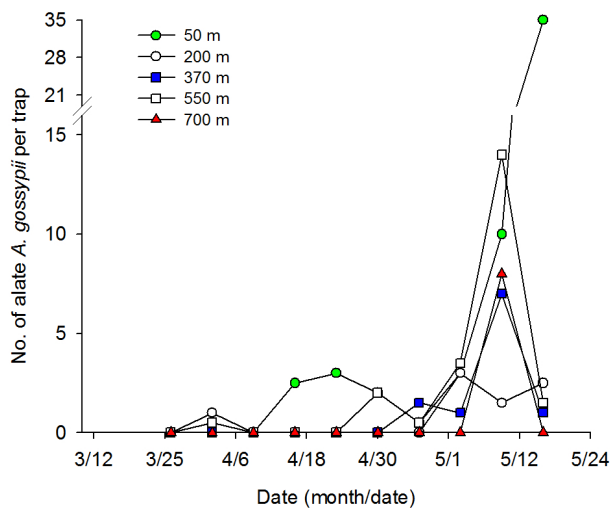
Plant species surveyed	Aphid morph				
	Fundatrix	Nymph	Nymph* <sup>1</sup>	Aptera	Alate
<i>Mazus pumilus</i> (주름잎)	0	1.25	0.2	0.45	0
<i>Capsella burapastoris</i> (냉이)	0	4.8	0	1	0
<i>Lamium amplexicaule</i> (광대나물)	0	0.9	0.05	0.4	0

This survey was conducted between April 26 and May 2 in 2015.  
<sup>1</sup>Last instar nymphs with wing pad.

뽕, 큰개불알풀, 미국자리공, 뱀딸기, 황새냉이, 갯무, 석류풀, 수선화, 팽이밥, 개망초, 토끼풀, 송악, 민들레, 서양금혼초, 바랭이, 모시풀, 개보리, 고사리, 쑥, 제비꽃, 금창초, 땃대풀, 새포아풀, 독새풀, 선피막이, 개미자리, 개쑥갓, 자주괴불주머니, 창포, 상추, 수영, 양하, 미나리, 쪽파, 까마중, 파, 뿌리뱅이, 완두, 딸기, 개양귀비, 칩등과 목본성 식물인 딱총나무, 산딸기, 짚레, 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.

**시설 외부에서 황색수반에 유살된 목화진딧물 유시충 발생 경향**

고도별 황색수반 트랩에 유살된 목화진딧물의 비산량은 Fig. 6과 같았다. 고도에 상관없이 5월 상순부터 비산량이 증가



**Fig. 6.** The number of alate *A. gossypii* caught in a yellow water trap installed at different altitudes on Hallasan Mountain in Jeju.

하기 시작하였으며, 특히 50 m 지점에서는 급격히 증가하였다. 또한 이에 앞서 적은 수이기는 하지만 3월에도 비산이 관측되었으며, 저고도인 50 m 지점에서는 4월 중순 지속적으로 비산이 관측되었다.

**고찰**

무가온 하우스 감귤나무에서 목화진딧물 월동알은 발견되지 않았다. 뒤에서 다시 언급하겠지만 완전생활형 목화진딧물 비기주전환 계통의 존재는 희박한 것으로 보인다. 발견된 월동알은 조팝나무진딧물이었으며, 일본에서는 감귤에 정착한 비기주전환 개체군과 조팝나무를 매개로 한 기주전환 개체군을 서로 다른 계통으로 취급하고 있다(Komazaki, 1986).

무가온 하우스 감귤재배에서 목화진딧물의 발생은 크게 두 차례 유시형 성충의 정착(유입)으로 시작될 수 있다고 해석된다. 첫 번째 유시형 성충의 유입은 4월 하순(4월 21일)에 관찰되었는데(Fig. 2A), 이 기원은 완전생활형의 간모세대에서 연유되지 않았다는 것이 확실하다. 즉 월동알에서 부화한 완전생활형 간모세대에서 유시형 성충의 발생은 5월 상순에 시작되었으며 5월 하순에 되어야 우세하였고(Fig. 4), 이 경로는 두 번째 유시형 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 유시형 성충이 발생되기 훨씬 이전에 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 관찰된 개체군으로 추정되지만 확실하지는 않다. 목화진딧물은 하우스 감귤원 내에 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 않

았다. 시설 외부 야외 잡초에서는 4월 하순 주름잎, 냉이, 광대 나물 등에서 목화진딧물이 발견되었는데(Table 2), 이 개체군이 조기비산의 기원이라고 판단하기는 어렵다. 그 이유는 이 시기에 감귤나무에서는 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. 본 연구의 조사 자료로 조기비산 개체군이 어디로부터 발생하였는지 판단하기는 어려우며, 향후 이를 뒷받침하기 위한 추가적인 연구가 필요하다. 한 가지 가능성은 겨울기간 온실재배 채소작물에서 번식한 개체군이 될 수 있겠으나, 본 연구에서 축성재배 딸기 및 주변 잡초에서 광범위하게 실시한 조사노력의 범위 내에서는 발견되지 않았다.

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 불 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 적응하기 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 목화진딧물이 아닌 조팝나무진딧물 알로 확인되었고, 감귤에서는 목화진딧물 간모세대가 발견되지 않았다. 목화진딧물은 광주기와 온도에 따라 유성세대로 전환되어

완전생활형의 생활사를 완성한다(Marcovitch, 1924; Lees, 1963). 비기주전환 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 인정 되지는 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. 본 연구의 고도별 목화진딧물 유살량에서 높은 고도(700 m)에 비하여 저고도(50 m)에서 조기비산이 많았다는 것은 온도의 효과를 간접적으로 보여주고 있다고 생각된다. 정말로 따뜻한 겨울이 목화진딧물 불완전생활형의 발생을 촉진하여 다발생으로 변화되도록 할 수 있는지 향후 실증실험을 통하여 검증해 볼 필요가 있다.

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. 즉, 감귤원에서 목화진딧물의 방제전략 수립에 본 연구 결과는 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.



## Acknowledgments

This study was carried out with the partial support of National Institute of Horticultural & Herbal Science (NIHHS) and the Agenda Project (PJ00996202), RDA, Republic of Korea. We are grateful to Sustainable Agriculture Research Institute (SARI) in Jeju National University for providing the experimental facilities.

## Literature Cited

- 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.
- 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.
- Gong, P., Zhang, X., 2001. The inducement of temperature and photoperiod to produce sexuales of *Aphis gossypii* Glover. Acta Phytopylacica Sin. 28, 318-324.
- 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.
- 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 (Homoptera: Aphididae) in the Korean peninsula, with discussion of their phylogenetic relationships based on molecular markers and morphology. Seoul National University, Seoul, Korea, 319 pp.
- 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.
- Leather, S.R., 1992. Aspects of aphid overwintering (Homoptera: Aphidinea: Aphididae). Entomol. Gen. 17, 101-113.
- 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.
- 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).
- 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).
- Stary, P., 1988. Aphididae, 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.