



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

제주 감귤에 발생하는 밀빠진벌레과 종 다양성
및 애넓적밀빠진벌레 개체군 동태

Species Diversity of Sap Beetles (Nitidulidae: Coleoptera) and Population
Dynamics of *Epuraea domina* in Jeju Citrus Orchards



濟州大學校 大學院

農學科

張容碩

2011年 2月

제주 감귤에 발생하는 밀빠진벌레과 종 다양성

및 애넓적밀빠진벌레 개체군 동태

Species Diversity of Sap Beetles (Nitidulidae: Coleoptera) and Population

Dynamics of *Epuraea domina* in Jeju Citrus Orchards

指導教授 金 桐 淳

張 容 碩

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함.

2010年 12月

張容碩의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (甲)

委 員 _____ (甲)

委 員 _____ (甲)

濟州大學校 大學院

2011年 2月

목 차

TABLES 목록	iii
FIGURES 목록	iv
ABSTRACT	1
I. 서 론	4
II. 연 구 사	6
III. 재 료 및 방 법	11
1. 낙과감귤에 발생하는 밀빠진벌레과 종 다양성	11
1-1 낙과감귤 표본채취	11
1-2 분류동정	11
1-3 자료분석	11
2. 감귤원 및 주변 산지생태계에서 애넓적밀빠진벌레 생활환	13
2-1 감귤 꽃 개화정도에 따른 성충 발생량	13
2-2 성충 산란시기	13
2-3 연간 발육단계별 발생동태	15
2-4 감귤원 및 인접 산지에서 성충 발생밀도 변화	15
IV. 결 과	17
1. 낙과감귤에 발생하는 밀빠진벌레과 종 다양성	17
2. 감귤원 및 주변 산지생태계에서 애넓적밀빠진벌레 생활환	26
2-1 감귤 꽃 개화정도에 따른 성충 발생량	26
2-2 성충 산란시기	26
2-3 연간 발육단계별 발생동태	26
2-4 감귤원 및 인접 산지에서 성충 발생밀도 변화	27

V. 고찰	35
1. 낙과감굴에 발생하는 밑빠진벌레과 종 다양성	35
2. 감굴원 및 주변 산지생태계에서 애넛적밑빠진벌레 생활환	35
VI. 적 요	40
인용문헌	42



LIST OF TABLES

Table 1. Total number of other insects except Nitidulidae collected on fallen citrus fruits during the period of June 2009 to November 2010.	22
Table 2 Lists of Nitidulidae species that have been known as agricultural pests in North America.	36



LIST OF FIGURES

Fig. 1.	Total number of adult sap beetles found on fallen citrus fruits during the period of June 2009 to May 2010	20
Fig. 2.	Seasonal abundance of 8 species of Nitidulidae found on fallen citrus fruits, Jeju.	21
Fig. 3.	Nitidulidae species collected on fallen citrus fruits in Jeju.	23
Fig. 4.	Seasonal changes of species richness, diversity and evenness indices of Nitidulidae on fallen fruits in a citrus orchard, Jeju. The vertical bars on the figures indicate standard errors.	24
Fig. 5.	Dendrogram of the clustering for 8 species of Nitidulidae found on fallen citrus fruits in terms of the temporal coexistence among species. The original data were obtained from June 2009 to May 2010 in a citrus orchard, Jeju and subjected to square root transformation to increase the normality before analysis.	25

- Fig. 6. The number of *E. domina* found in citrus flowers according to the aging of flowers. The means followed by same letters on the vertical bars (SE) are not significantly different by Tukey test ($P=0.05$). A = Before petals unfold, B = Petals unfolded slightly, C = Petals unfolded half, D = Petals unfolded completely, E = 1 to 2 petals fallen, and F = After petal fall. 28
- Fig. 7. The effects of temperature and photoperiod on the oviposition of *E. domina*. The means followed same letters on the vertical bars (standard errors) are not significantly different by Tukey test ($p=0.05$). 29
- Fig. 8. Oviposition curves of *E. domina* at two constant temperatures. The vertical bars on the figures indicate standard errors. Unknown aged five *E. domina* adults were reared on a piece of citrus fruit in a acryl cage (dia. 9cm, depth 5cm) filled half with soil. 30
- Fig. 9. Seasonal abundances of *E. domina* each stage in a citrus orchard. Adult popultion was obtain on 10 fallen citrus fruits, and larvae and pupae were based on 10 soil samples of 30×30cm by a depth of 5cm every sampling date. 31
- Fig. 10. Late season activity of *E. domina* adults in citrus orchard and mountainous habitat in a citrus grove in 2010, Jeju. Ten-citrus fruit bait was used to trap *E. domina* adults at each habitat. The vertical bars on the figures indicate standard errors. 32

Fig. 11. Adopted life Cycle, winter breeding, and seasonal migration of *E. domina* in a citrus grove in Jeju. 33

Fig. 12. GIS map for the citrus grove where the population dynamics of *E. domina* were studied in Seogwipo-city, Jeju. Mountainous habitat, Chik Orum (a) 130m, (b) 190m, and (c) 260m on sea level) and Experimental citrus block at Citrus Research station, NIHHS (d) 195m on sea level). 34



ABSTRACT

Epuraea domina Reitter (Coleoptera: Nitidulidae) has been known as a pollinator in citrus orchards. This insect is attracted to citrus flowers and feeds nectar and pollen in flowers. During pollination activity, the appendages such as legs cause a scratch on the ovary of citrus flower, and it develops later to a corky scar on citrus fruits at harvest resulting in deterioration in the fruit quality. This study was conducted to investigate the diversity of Nitidulidae species occurring on fallen citrus fruits and the year round life cycle of *E. domina* in a citrus grove. The obtained results were as followings:

1. The insect species belongs to Nitidulidae were surveyed in experimental citrus blocks at Citrus research station, NHHIS (Harae-ri, Seogwipo-city) as well as in commercial citrus orchards. In the survey, two undescribed species (*Stelidota multiiguttat* and *Carpophilus hemipterus*) in Korea were found with including six species Nitidulidae (*Haptoncus ocellaris*, *Epuraea domina*, *Lsiodactylus pictus*, *Carpophilus acutangulus*, *Epuraea parilis* and *Carpophilus marginellus*), which have been previously recorded in Korea. Among them *E. domina* was found on fallen citrus fruits during the winter season without being found during the summer season in citrus orchards, while other species were frequently observed during citrus growing seasons in the summer.

2. The number of *E. domina* attracted to citrus flowers was significantly different according to the aging state of flowers. *E. domina* adults were frequently found between half-unfolded stage of petal and 1 to 2 petal fall stage in the aging state of citrus flowers.

3. After *E. domina* adults were found in flowers during citrus blooming,

they were not observed in possible refuges within citrus orchards during the summer such as soil, plant debris, leaf litters, rough barks on the trees, rocks or logs, rock wall fence. And then *E. domina* adults began to be seen again in citrus orchards in early October, the harvest season for very early varieties.

4. *E. domina* adults deposited eggs in the soil near fallen citrus fruits with increasing in early December, and peak oviposition activity in late January followed by decreasing sharply after February. The oviposition activity was reduced when minimum air temperatures fell below 0°C, with recovering again when the temperatures increased above 0°C.

5. The hatch larvae fed in/on fallen citrus fruits during the winter and developed to pupae in the soil in mid to late April. Finally, the pupae emerged to new adults in mid to late May, citrus blooming season.

6. The populations of *E. domina* adults monitored by a citrus fruit bait were changed dramatically between citrus orchards and mountainous habitats in late season in a citrus grove. Significant numbers of *E. domina* adults were caught in fruit baits installed in mountainous habitats in late September, while few adults were attracted in fruit baits in citrus orchard at that time. More *E. domina* adults were collected in fruit baits in mountainous habitats (the foot area at 130m; the middle area at 190m; the top area top area at 260m in altitude) than in fruit baits in citrus orchard (altitude 195m) till late October. After early November, however, continuous higher density occurred in citrus orchard as well as in mountainous foot area where the altitude was comparable to that of the citrus orchard.

7. Judging from the present results, the year round life cycle of *E. domina* in a citrus grove with ecologically diverse contexture of citrus orchards and mountainous habitats could be summarized as follows: *E. domina* adults that spent the summer in mountainous habits migrated back to citrus orchards in late autumn to lay eggs during the winter. The hatched

larvae fed fallen citrus fruits during the winter to develop pupae in the soil in mid to late April. The pupae emerged to new adults in mid to late May to feed the pollens and nectar in citrus blooming season; followed by leaving citrus to migrate again to mountainous habitats in the summer.

8. Consequently, the characteristic life cycle of *E. domina* was considered the result of evolutionary adaptation to the seasonal availability of food resources to increase their survival chance, since they could use stable citrus food sources and avoid from their potential natural enemies in the winter.

Key Words: *Epuraea domina*, Citrus, Life cycle, Seasonal migration, Food resources availability



I. 서 론

제주도를 대표하는 감귤은 오래전부터 재배 및 생산되어 왔으며 제주 감귤의 주종을 이루는 품종은 온주밀감(*Citrus unshiu* Marc.)이며 1968년 이후부터 본격적으로 재배되었다. 이후 노지감귤 재배면적이 점차 확대됨과 동시에 1990년대 이후부터는 비닐하우스를 이용한 시설재배가 본격화되면서 감귤재배 생산량은 국내 과수 생산량의 24.9%를 차지하는 중요한 과수가 되었다. 생산하는 감귤은 대부분 만다린 생산량에서는 매년 600천톤 내외를 생산하고 있다. 이 양은 전세계 감귤 생산량의 0.6%이고, 만다린은 3%에 해당하는 생산량으로서 감귤은 우리나라에서 가장 중요한 과수이면서 세계적인 작물이라 하겠다.

제주도 감귤원에 발생하여 피해를 주고 있는 해충의 종류는 곤충류 69종과 그 외 5종 등 총 9목(Order), 31과(Family), 74종(Species)이 보고되었으며 주요 해충으로는 귤굴나방(*Phyllocnistis citrella*), 조팝나무진딧물(*Aphis citricola*), 꿀응애(*Panonychus citri*), 목화진딧물(*Aphis gossypii*), 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*) 등이고 딱정벌레목은 5과 7종이 보고되었으며 2차 해충으로 알려져 있는 밀빠진벌레류(*Epuraea* spp.)는 감귤해충으로 기록된 바는 없으나 개화기에 꽃에 발생하여 자방을 갉아먹거나 발톱에 의해 상처를 주는 등의 피해를 주기 때문에 방제가 필요한 것으로 보고되었고 1997년과 1998년 가장 피해가 심했던 해충은 딱정벌레로 피해과율이 9.2%, 비상품과과율 비율이 2.1%로 가장 높은 것으로 나타났다(김 등, 2000).

농촌진흥청 제주농업시험장에서 밀빠진벌레를 개화시기에 가지당 50~100마리를 접종하여 피해 정도 조사를 실험한 결과 피해과율이 평균 62.1%로 나타났다(농진청 제주농업시험장, 2003). 이러한 결과는 애넓적밀빠진벌레 피해가 감귤 상품성에 직접적인 영향을 미쳐 개화시기에 밀도가 증가 했을 때 농가에 막대한 피해를 줄 수 있는 가능성을 보여준다.

국내에서는 밀빠진벌레과 중 애넓적밀빠진벌레(*Epuraea domina* Reitter)가 감귤 주요해충으로 부각되고 있다. 그러나 현재까지 이들에 대해 자세한 연구가

이루어 지지 않는 실정이다. 외국의 경우 밀빠진벌레과에 의한 피해가 매년 발생하고 있으며 피해 식물 또한 감귤류뿐만 아니라 딸기, 옥수수 등 여러 작물에서 나타나고 있다. 이는 국내에서도 밀빠진벌레과의 농작물 피해가 여러 곳에서 발생할 수 있음을 보여주고 있다. 특히 애넓적밀빠진벌레는 유기합성농약을 이용한 화학적 방제에 의존함으로써 약제저항성 증가와 과다 농약 사용으로 인한 부작용이 우려된다. 또한 애넓적밀빠진벌레가 발생하면 개화기 꽃으로 유인되어 자방을 갉아먹거나 발톱에 의해 상처를 내고 난 후 화학적 방제가 이루어짐으로써 이 성충에 대한 예방적 약제 방제 효과가 떨어지며 효율적인 약제 방제가 어려운 상황이다.

따라서 본 연구는 낙과부패과실에 연중 발생하는 밀빠진벌레과의 종 다양성 조사를 통한 종 분류·동정 및 발생 시기를 구명하고 감귤해충인 애넓적밀빠진벌레의 생활사 구명을 통한 감귤방화해충으로서의 종합적 방제 방법 연구에 기초 자료로 활용하고자 수행하였다.

II. 연구사

밀빠진벌레과는 풍뎅리아목(Polyphaga) 머리대장상과(Cucujoidea)에 속하며 전 세계에 172속 2,800여종이 분포한다. 가까운 일본에는 160종이 기록되어 있으며 국내에는 23속 66종이 보고되었다. 이들은 썩은 유기물과 버섯 등을 먹고 사는 대표적인 무리들이다. 몇몇 종은 꽃에서 살아가기도 하지만 주로 부패한 과실, 식물의 즙이 있는 곳, 버섯 등에 서식한다(Parsons, 1943).

대부분 밀빠진벌레과 해충은 식물의 즙액을 섭취하기 때문에 상처가 생긴 식물체 부위에 서식한다. 하지만 밀빠진벌레과의 서식처는 매우 다양하다(Parsons, 1943). 밀빠진벌레과는 꽃, 과실, 수액, 곰팡이, 부패되어 발효되고 있는 식물조직 또는 동물사체 등을 섭식하는 다양한 서식처에서 발견되고 있다(Parsons, 1943). 많은 종의 밀빠진벌레과가 존재하지만 일부 종만이 재배작물과 저장물의 해충으로 알려져 있다.

밀빠진벌레과는 흔히 중요하지 않은 해충으로 취급되고 있으나 다발생하는 경우 경제적 피해를 야기할 수 있으며, 기타 곰팡이를 매개하는 경우도 있는 것으로 알려져 있다(Dowd, 1991).

밀빠진벌레과에 속하는 애넓적밀빠진벌레(*Epuraea domina* Reitter)는 약 2~3mm 정도의 크기로 황갈색의 작은 딱정벌레로서 감귤의 중요한 해충 중 하나이다. 애넓적밀빠진벌레는 감귤나무에 개화기 때 성충이 꽃에 날아와 꿀을 섭취하는데, 이때 자방의 표면을 발톱으로 긁어서 상처를 입히며 그 상처는 쿨크화 증상으로 발전되어 감귤의 상품성을 크게 떨어뜨린다. 해충의 밀도가 높을 경우 직접 꽃씨방과 암술머리(주두)를 갉아먹기도 한다. 상처는 착색 전에는 회백색이며 착색 후에는 흑갈색으로 변한다.

국내에서는 아직까지 애넓적밀빠진벌레 뿐만 아니라 밀빠진벌레과에 속한 곤충들은 식물해충의 측면에서 연구한 결과가 거의 없는 실정이다. 다만, 농촌진흥청 제주농업시험장에서는 감귤 꽃을 가해하는 해충(방화해충)의 방제 실험에서 감귤개화기에 꽃이나 자방을 가해하는 방화 해충은 주요해충과는 달리 평소에는

발생량이 미미하여 피해가 적으나 기상 등의 환경요인에 따라 돌발적으로 대량 발생하여 피해를 주며, 1998년과 1999년 해충 우점 종으로 총채벌레와 밀빠진벌레를 꼽았다(김과 김, 1999). 농촌진흥청 제주농업시험장과 제주감귤농업협동조합에서 과거 2002년 12월에 발간한 ‘감귤 병해충의 진단과 방제’ 책자에서 형태와 피해시기, 피해형태, 발생생태 그리고 방제 방법에 대해 간단히 서술하고 있는 정도이다. 그러나 이 해충의 생태적 발생에 관한 기초자료와 감귤 개화시기 꽃으로 유인되는 이유는 아직 밝혀지지 않았다. 방제방법 또한 화학적 방제 외에는 친환경적 방제법에 대한 연구는 진행되고 있지 않다.

국의 밀빠진벌레과에 관한 보고는 2500여종이 있으며 그중 반 정도는 국제종으로 전 세계에 분포하고 있으며 그중 6속이 북미에 고유종이고 21개 속이 플로리다에 분포하고 있다고 보고되었다. 딸기에 피해를 주는 밀빠진벌레과로는 9종이 보고되었으며, 수분 매개 곤충으로 이용되는 종도 9종으로 보고되었다.

밀빠진벌레과는 해충이기도 하지만 일부 종은 열대과실인 아페모야의 꽃가루를 매개하기 때문에 중요한 화분매개 곤충으로 이용되고 있다. 밀빠진벌레과 *Corpophilus* 속 페로몬과 먹이의 향기 물질을 혼합하여 처리시 밀빠진벌레를 효과적으로 유인하여 아페모야의 수분 성공률을 높임으로써 수량을 증가시킬 수 있다고 보고되었다(Pena 등, 1999).

밀빠진벌레과는 대부분 분류군이 1차적으로 부식성 및 균식성이면서 넓은 범위의 섭식습성을 갖고 있는 것으로 알려졌다(Parsons, 1943). 농업해충으로 중요한 dusky sap beetle, corn sap beetles(*Corpophilus spp.*), strawberry sap beetle(*S. geminata*) 및 picnic beetle(*G. quadrisignatus*) 같은 종은 플로리다에서 해당 종 기주식물의 재배증가와 함께 발생량의 증가를 보였다. *E. luteolus*는 플로리다에서 건과실의 해충이나 동부 Hillsborough 지역에서는 밀빠진벌레과 중 딸기의 우점해충으로 보고되었다(Potter, 1995). 이들 해충 종은 일반적으로 다익어 부패되고 있는 과실 및 기타 식물체를 먹이로 생활한다. 밀빠진벌레과의 기주범위는 나무(수목) 그리고 복숭아, 무화과, 블루베리, 라스베리, 딸기 등과 같은 작은 과실들, 파인애플, 멜론, 식용 옥수수, 사료용 옥수수, 말린 과실 등을 포함한다. 하지만 이들 밀빠진벌레과는 상기의 기주식물에서만 서식이 제한되는 것이 아니다.

Carpophilus spp., *G. quadrisignatus* 및 *S. geminata* 등은 직접적 또는 간접적 피해를 모두 유발할 수 있다고 보고되었다(Luckmann, 1963 ; Dowd, 2000). 일차적으로 옥수수에 큰담배나방류(corn earworm)가 상처를 낸 부분이 밀빠진벌레의 침입통로가 된다. 피해부위에서 발산되는 휘발성 물질과 담배나방류 냄새는 밀빠진벌레에 대한 강한 유인제 역할을 한다고 알려졌다. Dowd(2000)는 두 품종(형질전환 Bt 옥수수 및 비형질전환 옥수수)에서 피해와 밀빠진벌레 유충 및 성충의 유인정도를 비교하는 실험을 통해 dusky sap beetles이 옥수수에 직접적인 피해를 줄 수 있다는 것을 보여주었다. 오하이오주에서는 strawberry sap beetle이 완숙 또는 익기 직전의 딸기나 부패되는 딸기를 뚫고 들어가거나 포장에서 과실 부분을 가해한다. 플로리다에서는 *E. luteolus*는 명백히 부패되고 있는 과실을 섭식하였다고 연구·보고되었다(Potter, 1995). 이 연구에서는 딸기 생산에 밀빠진벌레가 경제적인 손실을 유발하고 있다는 것을 제시하지 못하였다. 딸기에서 *E. luteolus*의 존재는 직접적 피해보다는 성충 및 유충으로 인한 오염이 더 많은 문제가 될 것이다.

밀빠진벌레는 딸기 및 옥수수에 곰팡이(진균)가 생산하는 독소의 매개자가 될 수 있다고 보고되었다(Dowd & Nelson, 1994). Maize sap beetle은 *Aspergillus*, *Penicillium* 그리고 *Fusarium* 속을 포함한 독소생산 곰팡이 매개자로 잘 적응한 것으로 나타나 있다. 밀빠진벌레 성충은 수확 후 방치된 옥수수 잔재물을 먹고 산다. 이 잔재물에는 흔히 식물체뿐만 아니라 인간 및 동물에 해로운 독소를 생산하는 *Aspergillus*나 *Fusarium* 포자가 부착되어 있다. 또한 밀빠진벌레과는 산림에서 목재 부패(wood rot)를 유발하는 식물병원균의 매개자로도 알려져 있다 (Peng and Williams 1991). 밀빠진벌레 중 dusky sap beetle(*C. lugubris*) 및 *Glischrochilus* 속에 속한 몇몇 종은 단풍나무 시들음병(*oak wilt*, *Ceratocystis fagacearum*)의 중요한 매개자로 취급되고 있다.

밀빠진벌레과의 생태적 특성은 다소 짧은 유충기간과 비교적 긴 성충기간이 특징적이다. 이런 요인으로 밀빠진벌레는 극단적으로 상이한 종류의 먹이에 적응하고 생존하는 것이 가능하다. 온대지역에서는 대부분 종이 통나무 밑에서 겨울잠을 보낸다. 열대지역에서는 먹이조건이 허락되면 연중 수세대 경과할 수 있다. 밀빠진벌레과 생태는 미국 일리노이와 오하이오에서 연구된 주요 해충인

Carpophilus spp., *G. quadrisignatus* 및 *S. geminata* 등이 알려져 있다.

Carpophilus 속 다른 종의 생태는 비슷하나 특히 *C. lugubris*에 대하여 자세히 연구되었다. 일리노이에서 *C. lugubris*는 가을철 매우 활동적이고 성충태로 토양 또는 나무 밑부분 또는 그루터기 부분 은신처에서 월동하는 것으로 조사되었다(Sanford & Luckman, 1963). 월동성충은 4월에서 5월 상순 활동을 시작하고 나무의 상처 또는 부패하는 식물체로 몰려든다. 월동세대 성충은 토양 내 또는 토양표면 옥수수 열매 같은 부패되는 식물체 또는 근처에 산란한다. 유충은 부화 시 이용할 수 있는 모든 식물질을 먹이로 하며 토양에서 번데기가 된다. 월동성충과 1세대 성충은 6월 수염이 나오기 직전 상태의 조식채배 사탕수수로 이동한다. 성충은 옥수수 수염과 꽃가루를 먹으며, 잎겨드랑이 주변에 뭉쳐진 꽃가루 등에 산란한다. 또한 성충은 담배나방 일종(*Helicoverpa zea*)의 가해로 생긴 상처에서 나오는 식물회발성 물질 또는 다른 곤충에 유인된다. 성충은 나방 배설물, 나방 피해부위, 심지어 깎부기에 산란을 선호하는 것으로 알려져 있다.

*C. lugubris*는 사탕수수의 우점종이다. 알은 24°C에서 2-5일 내에 부화하며, 유충기간 14일 동안 3령을 거친다. 다 자란 유충은 지면으로 떨어져서 토양 속에서 고치(토와)를 짓고 번데기로 된다. 여름철에는 알에서 성충까지 28-30일이 걸린다. 7월부터 11월까지의 모든 발육단계를 옥수수와 사탕수수 포장 그리고 부패하는 과실 및 채소 특히 멜론에서 볼 수 있다. 최고밀도는 작물수확 4일전 나타난다. 밀도가 높은 경우는 상처 또는 성숙과 관계없이 모든 옥수수에 산란하는 것으로 알려져 있다. *C. lugubris* 성충 수명과 산란수는 개체에 따라 다양하다. 암컷 수명은 평균 115.2일이고 암컷은 101.3일(74~147d)이다(Sanford, 1963). 평균 산란수는 99.5개로 조사되었다(범위 33~304개). 연간 발생세대수는 일리노이에서는 3-4세대 오하이오에서는 2세대로 보고되었다(Dowd & Nelson, 1994). 서적에 따라 발생세대수는 차이가 있는데, 이는 온도조건, 고도, 먹이조건, 트랩의 종류, 기타 세대 간 중복 혼동 등에 기인하는 것으로 보인다.

G. quadrisignatus(picnic beetle)는 일리노이에서 성충으로 월동한다. 월동처는 *C. lugubris*와 유사하며, 월동성충은 늦겨울 또는 이른 봄 따뜻한 날 활동을 시작한다. 성충은 알을 대부분 5월에 산란하며, 평생 총 400개까지 낳을 수 있다. 알은 부패하는 식물체 자체보다는 근처에 놓으며, 식물체가 토양에 묻혀 있거나

접촉하여 습기가 유지될 때 산란 및 유충먹이로 적당하다. 새로운 성충은 6월 토양을 떠나 익고 있거나 상처 난 딸기, 나무 상처, 옥수수로 이동한다. 성충은 오랫동안 생존하고 6월 하순경에는 다양한 발육단계 및 월동세대 성충 그리고 새로운 세대 성충이 혼재하여 토양에서 발견된다.

*G. quadrisignatus*는 상처받지 않은 옥수수수염과 꽃가루를 가하여 1차적으로 상처를 유발하는 것으로 관찰되었고, 이 상처에 *C. lugubris*이 침입하고 산란을 유발한다. 또한 *G. quadrisignatus*는 유럽조명나방(European corn borer)의 피해를 받은 옥수수 줄기가 있는 포장으로 유인된다. 일본잎벌레 피해를 받은 옥수수 포장에서는 이들이 2차 침입종이 된다. 오하이오에서는 수확 후 땅에 떨어진 옥수수에서 발생하는 것을 포함하여 2세대가 발생하는 것으로 알려졌다(Dowd and Nelson, 1994).

S. geminata(Strawberry sap beetle)는 매년 봄 월동처에서 작물지대로 이주한다. 봄철 이주활동에서 온도가 가장 중요한 역할을 한다(Weiss, 1979). 1세대 성충은 딸기에서 완료된다. Dowd와 Nelson(1994)은 딸기 생육기 끝 무렵 라즈베리와 옥수수 포장에서 조기 이주활동을 하는 성충 최성기를 조사하였는데 이들 작물이 월동처로 이용되는 것으로 추정하며 이 종은 딸기에서 월동하지 않는다고 보고하였다. 그러나, 플로리다에서는 딸기에서 흔히 *Lobiopa insularis*가 발견되며 기타 비록 다른 종이지만 여러 종의 밑빠진벌레가 소발생하고 있다고 하였다(Price, 2004).

Okumura와 Savage(Potter, 1995)는 *E. luteolus*가 보다 빠른 유충 발육기간을 가지고 있고 11일 만에 성숙한 유충으로 된다고 보고하였다.

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 낙과감귤에 발생하는 밀빠진벌레과 종 다양성

1-1 낙과감귤 표본채취

낙과 감귤에 발생하는 밀빠진벌레과 종 다양성 및 연간 발생동태를 조사하기 위하여 2009년 6월부터 2010년 12월까지 제주특별자치도 서귀포시 남원읍 하례리 국립원예특작과학원 감귤시험장 시험포장 및 서귀포농업기술센터 시험포장에서 낙과된 감귤을 채취하였다. 2009년에는 월 1~3회 낙과감귤 5~10개를 시기별 채취하였고, 2010년 3월부터는 월 3~4회 낙과감귤 10개를 채취하였다. 채취 시기마다 상처가 생겨 부패가 진행되어 성충이 과실 표면에 발생한 감귤을 선택하였다. 채취한 감귤은 한 개씩 비닐팩(25×30cm)에 담아 실험실로 가져온 다음 과실 내외부에 부착되어 있는 곤충을 모두 수거하여 70% 알코올을 채운 유리병(20ml)에 분류 동정할 때까지 보관하였다. 또한 각 과실의 중량을 측정하였다. 더불어 부정기적으로 제주시 및 서귀포시에 위치한 감귤원에서 낙과된 감귤을 채취하여 밀빠진벌레과 발생종을 위와 같은 방법으로 조사하였다. 또한 채취한 과실에 발생한 밀빠진벌레과외 다른 종들도 과실에서 분리하여 70% 알코올에 보관하면서 분류하였다.

1-2 분류동정

실험실에서 정리한 밀빠진벌레류 및 기타 종에 대한 분류는 대전대학교 곤충학실험실 및 서울대학교 곤충분류학실험실에서 분류·동정하였다. 이를 바탕으로 최종 원색곤충대도감 II(Nakane *et al.*, 1973), 원색일본갑충도감 III(Kulosawa *et al.*, 1985), 한국곤충명집(정호권, 1994)을 참고하여 최종 동정하였다.

1-3 자료분석

1) 종다양도 지수

조사 자료를 이용 종다양성지수(species diversity indices)를 계산하였다. 종

풍부도(species richness)는 Menhinick(1964)가 제시한 지수를 이용하였는데, 이 지수는 표본크기에 독립적이어서 군집간 종의 많고 적음을 상호 비교할 수 있는 장점이 있다. 종다양도(species diversity)는 Shannon(1949)과 Hill(1973)이 제시한 방법으로 계산하였다. Shannon 지수(H')는 한 표본(군집집단)에서 어떠한 개체를 임의로 추출하여 그 개체가 어떤 종에 속할 것인가를 예상하는 경우에 나타나는 불확실성 정도를 표현하는 것으로, 오로지 한 종만이 있는 표본에서는 100% 예상 가능하므로 0의 지수값을 보이고 종수가 증가할수록 큰 지수값을 보이는 특성이 있다. Hill 지수(N_1)는 어떤 군집내에서 우점을 점하고 있는 종들의 수를 나타내는 것으로, 몇 종류가 쉽게 발견되는가를 표시한다. 또한 종균등도(species evenness)는 한 종의 우점도가 커질수록 0값에 접근하고, 한 군집내에서 각 종들의 개체수가 비슷할 때 최대값을 보이는 특징이 있는 Hill(1973)의 식(E_5)을 이용하여 구하였다. 각 종다양도 지수들이 계산 방법은 아래와 같다.

o 종풍부도(R_2)

$$R_2 = S/\sqrt{n} ; S \text{ 종 종수, } n \text{ 종 개체수}$$

o 종다양도

$$\text{Shannon 지수}(H') \quad H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i ;$$

S 종 종수, P_i 전체 개체수 중 i 번째 종의 비율

$$\text{Hill 지수}(N_1) \quad N_1 = e^{H'} ; H' \text{ Shannon 지수}$$

o 종균등도(E_5)

$$E_5 = [(1/\lambda) - 1]/(e^{H'} - 1) ; H' \text{ Shannon 지수, } \lambda = \sum_{i=1}^s P_i^2$$

2) 군집분석

밀빠진벌레과 8종에 대하여 생활사의 유사성을 토대로 집단으로 분류하기

위하여 다변량 분석방법인 군집분석(cluster analysis) 기법을 적용하였다. 분석 목적을 위하여 각 종을 객체로 하고 발생 시기를 측정 변수로 취급하였다. 군집 분석은 자료의 정규성을 높이기 위하여 원자료를 제곱근으로 변환시킨 후 SAS PROC CLUSTER(Method=Complete)를 이용하여 분석하였다(SAS Institute, 1999).

2. 감귤원 및 주변 산지 서식처에서 애넓적밑빠진벌레 생활환

2-1 감귤 꽃 개화정도에 따른 성충 발생량

감귤 개화정도에 따른 애넓적밑빠진벌레 유인정도를 조사하기 위하여 2009년 5월 19일 제주시 연동 감귤과원에서 오전 7시부터 오후 7시까지 12시간 동안 꽃에 발생된 성충수를 조사하였다. 감귤 개화정도에 유인정도를 구명하기 위하여 감귤 꽃봉오리 형성 단계부터 낙화단계까지 개화단계를 5단계로 구분하여 조사하였다. 즉 1단계는 꽃봉오리 형성기, 2단계 꽃봉오리 전개 초기, 3단계 꽃봉오리 1/2 전개기, 4단계 만개기, 5단계 꽃잎 2~3개 낙화기, 6단계 낙화후 등으로 구분하였다. 개화단계에 따라 총 30개 꽃을 임의로 선정하여 여기에 발생된 성충수를 조사하였다.

2-2 성충 산란시기

1) 봄 개체군의 산란실험

2009년과 2010년 감귤개화기 꽃에 발생된 성충(봄 개체군)을 채집하여 여름철 산란여부를 조사하였다. 2009년의 경우에는 5월 감귤 개화기 서귀포지역 감귤원에서 채집한 약 120마리의 성충을 이용하여 실내 항온조건에서 산란여부를 확인하였다($25\pm 1^{\circ}\text{C}$, RH : 40~70%, 16L:8D). 산란실험은 투명한 대형 플라스틱 병(직경 15cm, 높이 20cm) 안에 소형 서식처를 조성하고 실시하였다. 즉 조직 배양에 이용되는 유리병(직경 8cm, 높이 7cm)에 흙을 채우고 여과지(직경 90mm)로 덮은 다음, 그 위에 감귤조각을 올려놓았다. 따라서 애넓적밑빠진벌레 성충은 토양 및 감귤조각을 산란처 또는 먹이로 이용할 수 있었다. 플라스틱 병에는 애넓적밑빠진벌레 성충의 활동을 돕고 은신처로 이용할 수 있도록 약 2cm 깊이로 버미큘라이트(질석)를 깔았고, 수분을 공급하기 위하여 솜 심지를 설치한 물병

(20ml)을 넣어주었다. 또한 공기 유통을 원활히 해주기 위하여 플라스틱 병 뚜껑에 망사를 설치하였다.

감귤조각 먹이는 주 1~2회 교환해주었으며 그 때마다 감귤조각 및 토양을 조사하여 산란 및 유충 발생여부를 확인하였다. 또한 조사 시기 마다 토양이 마르지 않도록 적당한 양의 수분을 공급하였다.

2010년에는 야외에 산란케이지를 설치하고 감귤 개화기 감귤 꽃에서 채집한 성충의 산란 여부를 조사하였다. 제주대학교 실험농장 내 잡목으로 그늘진 장소에 아크릴로 제작한 상자(가로 40cm, 세로 50cm, 높이 60cm) 두 개를 설치하여 산란실험에 이용하였다. 공기유통을 위하여 아크릴 상자 양쪽측면에는 20x20cm의 망사를 설치하였다. 아크릴 상자에 약 5cm 깊이로 흙을 채우고 상자 당 채집한 성충 200여 마리를 접종하였다. 먹이로 감귤 4~5개를 제공하였으며 부패가 심한 경우 새로운 감귤로 교환하였다. 주 1회 토양 및 감귤을 조사하여 알 및 유충의 발생을 확인하였다.

3) 가을 개체군의 산란실험

2009년 10월 중하순 서귀포 지역 감귤원에서 채집한 애넓적밀빠진벌레 성충을 산란실험에 이용하였다. 야외 포장조건에서의 산란실험은 제주대학교 실험농장에 아크릴 상자(40x50x60cm) 3개를 설치하고, 애넓적밀빠진벌레 성충 각 100마리를 접종(12월 4일)하여 실시하였다. 아크릴 상자 양 측면에는 20x20cm의 망사를 설치하였고, 위 부분 면은 작업을 편리하게 하기 위하여 망사자루를 설치하였다. 아크릴 상자에 흙을 20cm 높이로 채우고 그 높이만큼 설치장소 지면의 바닥을 파내고 아크릴 상자를 설치하였다. 각 아크릴 상자 안에는 산란처 및 먹이로 제공하기 위하여 흙을 가득 채우고 감귤을 올려놓은 페트리디쉬(직경 10cm, 높이 1.5cm) 6개를 설치하였다. 산란수는 약 1주일 간격으로 아크릴 상자 당 3개의 페트리디쉬를 수거하여 10~40x배 해부현미경을 이용 조사하였고, 수거된 페트리디쉬는 새로운 토양 및 과실로 교환하였다. 산란수 조사는 성충이 대부분 사망하는 2010년 4월 중순까지 실시하였다.

또한 실내에서 온도 및 광 길이가 애넓적밀빠진벌레 산란에 미치는 영향을 조사하였다. 야외 실험에서 외부 온도가 하강하고 광 길이가 짧아지는 시기에 산란을 시작하였으므로 저온인 12℃와 상대적으로 고온인 25℃에서 산란정도를 비

교하였고, 12℃에서는 광 조건을 달리하여(16L:8D와 10L:14D) 산란수를 비교하였다. 산란수 조사는 곤충사육 케이지(직경 10cm, 높이 4cm)에 2cm 깊이로 흙을 채우고, 여과지로 덮은 다음 감귤 조각을 올려놓고 암수 5쌍을 접종하여 처리별 5반복으로 실시하였다(접종 12월 5일). 주 2회 토양에 산란된 알 수를 해부현미경(10~40x) 하에서 성충이 모두 죽을 때까지 조사하였다.

2-3 연간 발육단계별 발생동태

1) 여름철 감귤원내 서식처 조사

서귀포시 감귤시험장 및 서귀포농업기술센터 시험포장에서 2008년 및 2009년 7, 8월 감귤원 울타리를 비롯한 내부에서 잠재적인 애넓적밀빠진벌레 은신처를 조사하였다. 부정기적으로 감귤나무 및 삼나무 방풍수의 껍질 밑, 낙엽층, 토양, 돌 틈 및 아래, 돌담 울타리 주변 등 애넓적밀빠진벌레 성충이 은신할 수 있는 장소로 의심되는 곳을 조사하였다.

2) 낙과 감귤에 발생한 성충 조사

낙과된 감귤에서 애넓적밀빠진벌레의 연간 발생동태는 앞에서 조사된 자료(제 1장 1절)를 이용하여 분석하였다.

3) 토양표본 조사

서귀포시 감귤시험장 시험포장에서 2009년 10월부터 2010년 5월까지 토양을 채취하여 번데기 및 성충 발생밀도를 조사하였다. 포장에서 30x30cm 넓이, 5cm 깊이로 조사 시기 마다 10개씩 토양 표본을 채취하였다. 채취한 토양은 비닐봉지(25x30cm)에 한 개씩 담아 수거하였으며, 실험실에서 번데기 및 성충을 실체 현미경(Nikon SMZ 645)을 이용하여 조사하였다.

2-4 감귤원 및 인접 산지에서 성충 발생밀도 변화

앞선 실험에서 애넓적밀빠진벌레 성충은 여름기간 동안 과원내 토양 등 잠재적 서식처에서 발견되지 않았다. 그리고 개화기 후 감귤원에서 사라졌다가 늦가을 감귤 수확기 다시 감귤원에서 나타났기 때문에 과원 밖에서 서식할 것으로 추정되어 과원주변 서식처를 조사하였다. 따라서 서귀포시 토평동 일대 감귤원 지대(Fig. 12)에 위치하고 있는 산지인 칩오름(해발고도 267.2m)에서 고도별 애

넓적밑빠진벌레 성충을 조사하였다.

2010년 9월 중순부터 칙오름 저지대(130m), 중지대(190m), 고지대(260m)에 성충 유인용으로 과실(citrus bait trap=감귤미끼)을 각각 10개 씩 설치하였다. 미끼용 감귤은 감귤시험장 및 서귀포농업기술센터 시험포장에서 채집한 것을 이용하였다. 미끼 감귤은 토양 접촉부분 양쪽으로 직경 1.5cm로 상처를 내어 부패를 유발시켜서 성충이 과실 안으로 유인될 수 있도록 한 다음 지면을 정리하고 일렬로 1.5m 간격으로 설치하였다. 설치한 감귤미끼는 1~2주에 한 번씩 수거하여 실험실에서 유인된 성충수를 조사하였다. 감귤미끼 수거 때 마다 새로운 감귤미끼를 다시 설치하였다. 동일한 시기에 감귤원에서 애넓적밑빠진벌레 성충 발생조사 자료는 앞에서 조사된 자료(제 1장 1절)를 이용하여 비교하였다.

또한 산지에서 성충의 은신처를 확인하기 위하여 감귤미끼를 설치한 주변에서 낙엽층(30×30cm)과 토양층(30×30×2cm)을 수거하여 비닐봉지(25×30cm)에 담아 실험실에서 실제 현미경(Nikon SMZ645)으로 조사하였다.

IV. 결과

1. 낙과감굴에 발생하는 밑빠진벌레과 종 다양성

1) 주요발생 종의 특성

2009년 6월부터 2010년 5월까지 낙과감굴에 발생한 밑빠진벌레과를 조사하여 분류·동정한 결과 8종으로 동정되었으며, 이중 2종은 국내 미기록 종으로 동정되었다. 이들 8종의 발생량을 비교한 결과 검정무늬밑빠진벌레(*Haptoncus ocularis*(Fairmaire)), 애넓적밑빠진벌레(*Epuraea domina* Reitter), 갈색무늬밑빠진벌레(*Lsiodactylus pictus* (MacLeay)), 굽은가슴넓적밑빠진벌레(*Carpophilus acutangulus* Reitter) 순으로 우점하였고 호리납작밑빠진벌레(*Epuraea parilis* Reitter), 삼각복판밑빠진벌레(*Carpophilus marginellus* Fabricius), *Stelidota multiguttat* Reitter(국내 미기록종), *Carpophilus hemipterus* Linnaeus(국내 미기록종) 순으로 소량 발생하였다(Fig 1). 또한 밑빠진벌레과 8종 이외에 기타 곤충류도 6종이 조사되었다(Table 1). 밑빠진벌레과 8종의 연간 발생에서 애넓적밑빠진벌레만 겨울에 다량 발생하는 것으로 나타났으며 나머지 7종은 초여름부터 초겨울까지 발생하였다. 즉 애넓적밑빠진벌레 성충은 감굴 개화기 이후 여름철에는 낙과 감굴에서 발견되지 않았으며, 늦가을 극조생 수확기인 10월경부터 낙과감굴에서 다시 발생하기 시작하였다. 그 후 11월 하순 발생밀도가 급격히 증가하여 2월 중순까지 높은 밀도를 유지하다가 2월 하순에는 감소하기 시작하였다.

조사된 밑빠진벌레과 8종의 형태적 특징을 기술하면 다음과 같았다.

검정무늬밑빠진벌레(*Haptoncus ocularis* (Fairmaire)) 몸길이 2.5mm 내외. 황적갈색. 등면의 색은 변화가 있으나 통상 가슴등판 중앙은 세로로 검고 윗날개 중앙 양쪽에 둥근 무늬, 날개 끝에 가로무늬가 있어 검다. 머리는 평평하고 작은 점각을 지니며 앞가슴 등면, 윗날개는 다소 굽힌 자국 모양의 점각이 있어 옅은 색의 털을 장식하고 약한 가로 주름이 있다. 혼슈, 시코쿠, 큐슈, 대만, 동남아시아, 아프리카, 마다가스카르 등지에 분포한다.

애넓적밑빠진벌레(*Epuraea domina* Reitter) 몸길이 3.5mm 내외. 농황갈색~농갈색으로 머리 앞부분과 촉각병부, 앞가슴 양측, 윗날개 연부, 다리 등은 다소 옅다. 등면의 털은 담황색으로 점각은 두흉부에서는 뾰뾰하고, 가슴 등판에서는 과립 모양으로 줄지어 있는 가로줄무늬를 형성하며, 윗날개에서는 성글고 조

금 듬성듬성하다. 윗날개 끝은 넓고 둥글다. 수컷 가운데다리 경절 끝은 안쪽으로 돌출되어 있다. 몸길이에 비해 변이가 있다. 감귤원에 많으며 혼슈, 시코쿠, 큐슈에 분포한다.

갈색무늬밑빠진벌레(*Lsiodactylus pictus* (MacLeay)) 몸길이 7.5mm 내외. 농갈~암갈색으로 촉각(안테나) 병부, 퇴절, 부절, 앞가슴 양옆 등은 약간 옅은 색이다. 윗날개도 옅은 색이며 어두운 무늬가 산재되어 있다. 머리는 거칠고 뾰뾰하게 점각된 오목한 곳이 있고, 가슴 등판은 밀집한 가로줄무늬 모양의 점각이 있고, 윗날개는 넓고 얇은 가느다란 홈으로 두 점각열을 가지며, 간실에는 1열의 점각을 갖는다. 점각에는 잔털이 있으며 혼슈, 시코쿠, 큐슈, 대만, 인도차이나, 인도 등지에 분포한다.

호리납작밑빠진벌레(*Epuraea parilis* Reitter) 2.4-3.7mm. 안테나의 구간을 제외하고 황갈색이나, 춘기에 출현하는 개체는 체간부가 흑갈색으로 윗날개 뒤쪽 반에 옅은 색의 둥근 무늬가 생긴다. 등면에 뾰뾰한 주름 모양의 점각이 나 있고 이 사이의 틈은 매끄럽고 윤택이 난다. 꽃이나 과실로 온다. 분포지역은 홋카이도, 혼슈, 시코쿠, 큐슈, 야쿠시마, 한반도에 분포한다.

삼각복판밑빠진벌레(*Carpophilus marginellus* Fabricius) 몸길이 3mm 내외. 갈색 광택이 있다. 앞가슴 등판, 배 등판 노출부는 약간 어두운 색. 등면은 황색 털을 꾸미는 점각이 꽤 조밀하게 나 있다. 등면 가운데 기절 후연의 가느다란 선은 안쪽으로부터 나와 비스듬하게 뒤로 연장된 후 배판 측연의 중앙에 이른다. 가운데 가슴판은 가운데 부분에 세로로 융선이 있다. 저장곡식에 있으며 혼슈, 시코쿠, 큐슈, 중국, 인도, 마다가스카르, 북미, 아프리카 등지에 분포한다.

국내 미기록종(*Stelidota multiguttat* Reitter) 2.3-3.2mm. 앞가슴 등판, 윗날개 모두 측연은 폭이 넓고 눌러 있다. 윗날개에는 미단모를 수반한 점각이 있고 열 사이에는 다소 일어선 털을 지닌 미소 점각이 열을 지어 있다. 낙엽 밑에 많고 부패과실에 모여든다. 혼슈, 시코쿠, 큐슈, 사도, 이즈 제도, 쓰시마, 류큐, 대만, 말레이시아 제도, 인도차이나, 스리랑카, 인도, 네팔 등지에 분포한다.

국내 미기록종(*Carpophilus hemipterus* Linnaeus) 몸길이 3mm 내외. 암갈색으로 입부분, 안테나, 다리는 (황갈)황적색이고 윗날개는 (황)담황갈색으로 굴곡진 어두운 색의 띠무늬를 앞쪽에 가지고 있으며, 등면의 점각은 꽤 밀집하여

잔털을 꾸미고 윗날개는 미세 인각으로 약간 광택이 떨어진다. 홑카이도, 혼슈, 시코쿠, 큐슈등 세계각지에 분포한다.

2) 밀빠진벌레과 종 다양성지수 변동

낙과감굴에 발생된 밀빠진벌레과 8종에 대한 시기별 종다양도 관련 지수의 변동은 그림 3과 같았다. 총 종수는 겨울철에 낮게 나타났으며 5월부터 11월까지 대략 6종 정도가 발견되었다. 종풍부도는 4월에 가장 높았고 1월 및 2월에 낮았다. Shannon 지수는 12월과 1월 '0'값을 보였고 봄부터 가을까지 생육기에는 1.0에 근접하였다. Hill 지수는 겨울철 12월부터 2월까지 낮았고 생육기에는 2.5 부근에서 변동하였다. 종균등도는 겨울철인 12월과 1월에 '0'값을 나타냈고 생육기에는 0.8 정도 값을 보였다.

3) 생활사 유사성에 대한 군락분석

낙과감굴에 발생된 밀빠진벌레과 8종의 발생시기의 유사성을 기준으로 군락 분석을 실시한 결과 그림 4와 같이 유사도 거리 0.5 수준에서 4개 집단으로 분리되었다. 전체적으로 보았을 때 애넓적밀빠진벌레는 단일 독립집단으로 구분되었다.

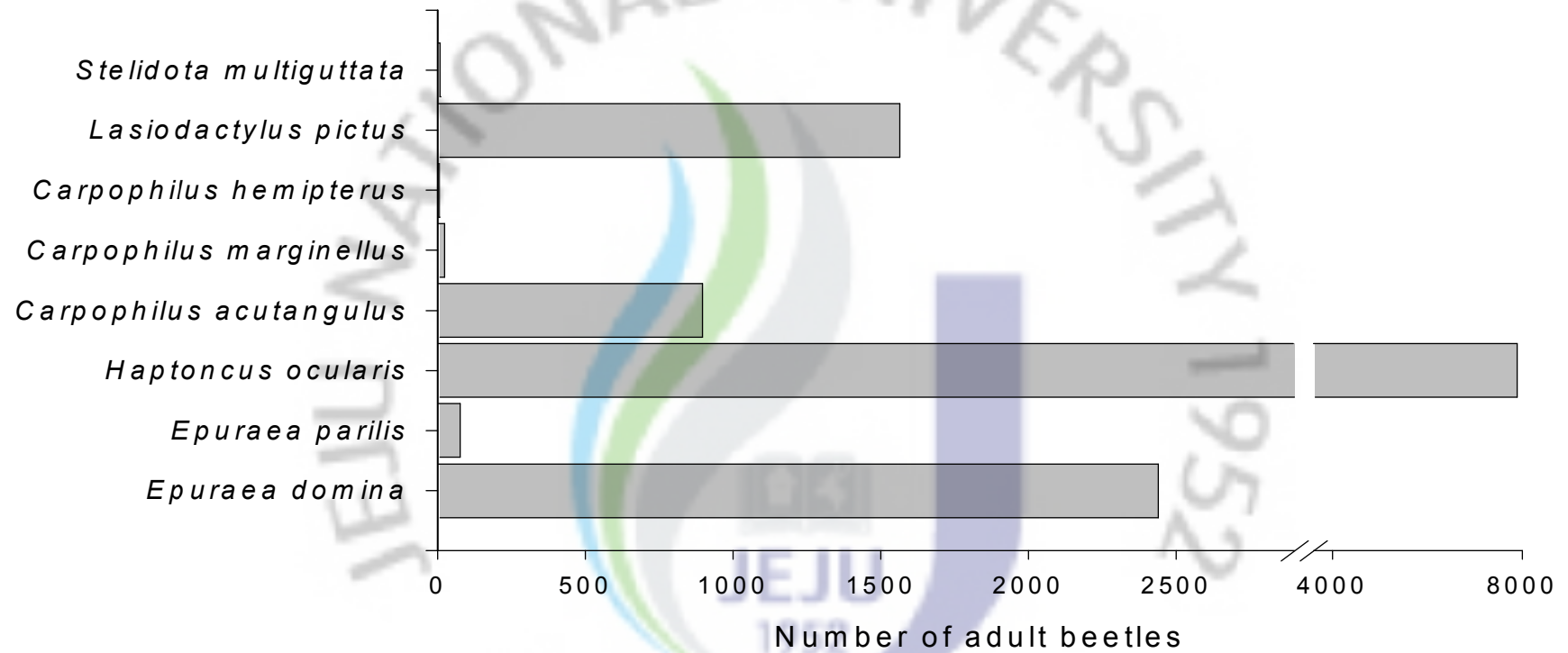


Fig. 1. Total number of adults beetles recovered from fallen citrus fruits during the period of June 2009 to May 2010.

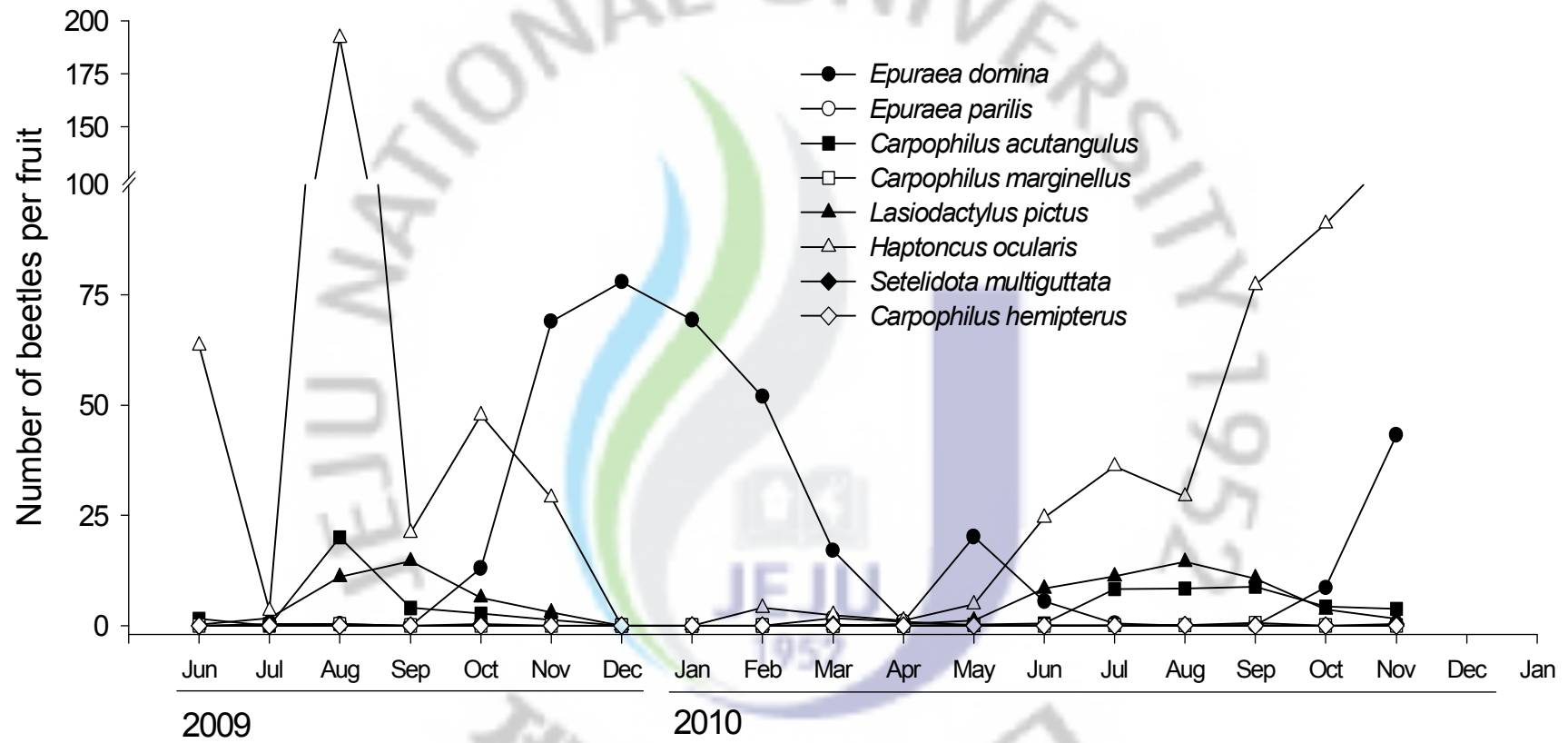


Fig. 2. Seasonal abundance of 8 species of Nitidulidae found on fallen citrus fruits, Jeju.

Table 1. Total number of other insects except Nitidulidae found on fallen citrus fruits during the period of June 2009 to May 2010.

Species	2009					2010						Total			
	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8		9	10	11
Cryptophagidae						7	11	14	1	13		1		6	53
Curculionidae				3	35			2				2	7	25	74
Staphylinidae	1	1	8		6	5	12	9	29	45	46	54	125	115	456
Forficulidae				6	1						3	11	5	1	27
Chrysomelidae					2				1		2	1	8	2	16
Carabidae			8	52	2	1			1			2			64



Epuraea domina Reitter



Epuraea parilis Reitter



Epuraea(Haptoncus) ocularis
(Fairmaire)



Carpophilus actangulus Reitter



Lasiodactylus pictus (MacLeay)



Carpophilus marginellus
Fabricius



Stelidota multiiguttata Reitter



Carpophilus hemipterus
Linnaeus

Fig. 3. Nitidulidae species collected from fallen citrus fruits in Jeju.

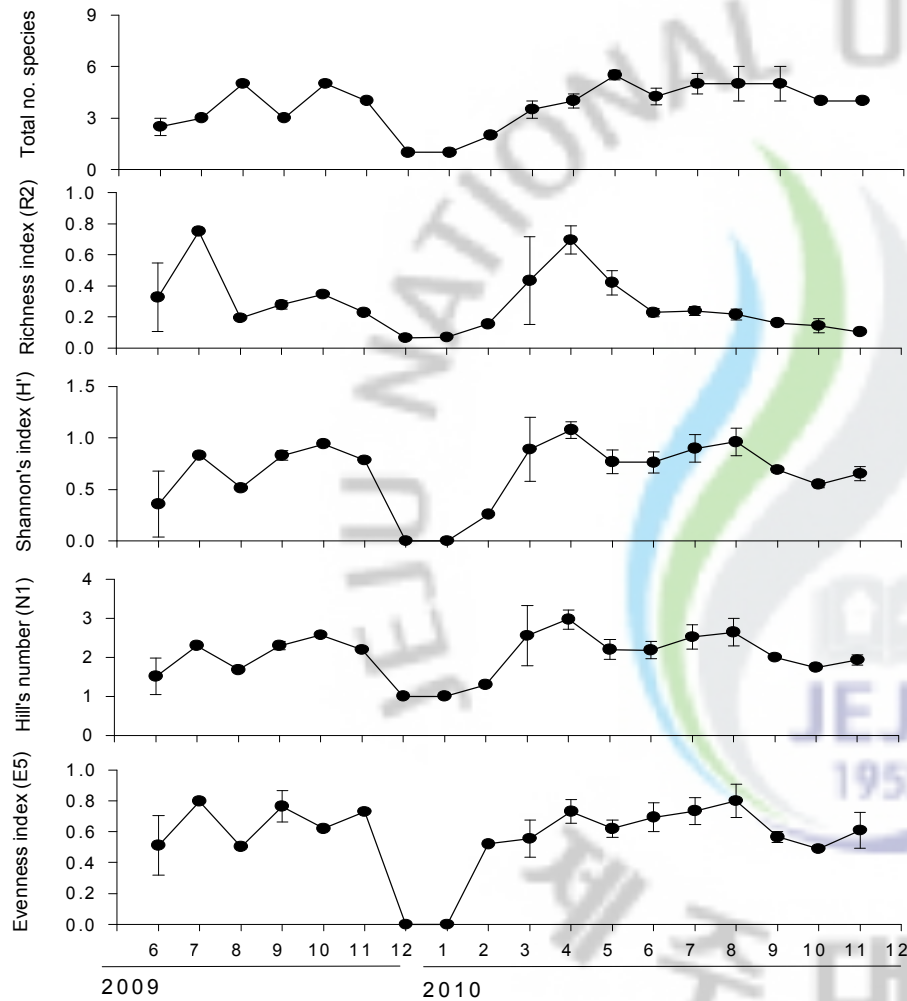


Fig. 4. Seasonal changes of species richness, diversity and evenness indices of Nitidulidae on fallen fruits in a citrus orchard, Jeju. The vertical bars on the figures indicate standard errors.

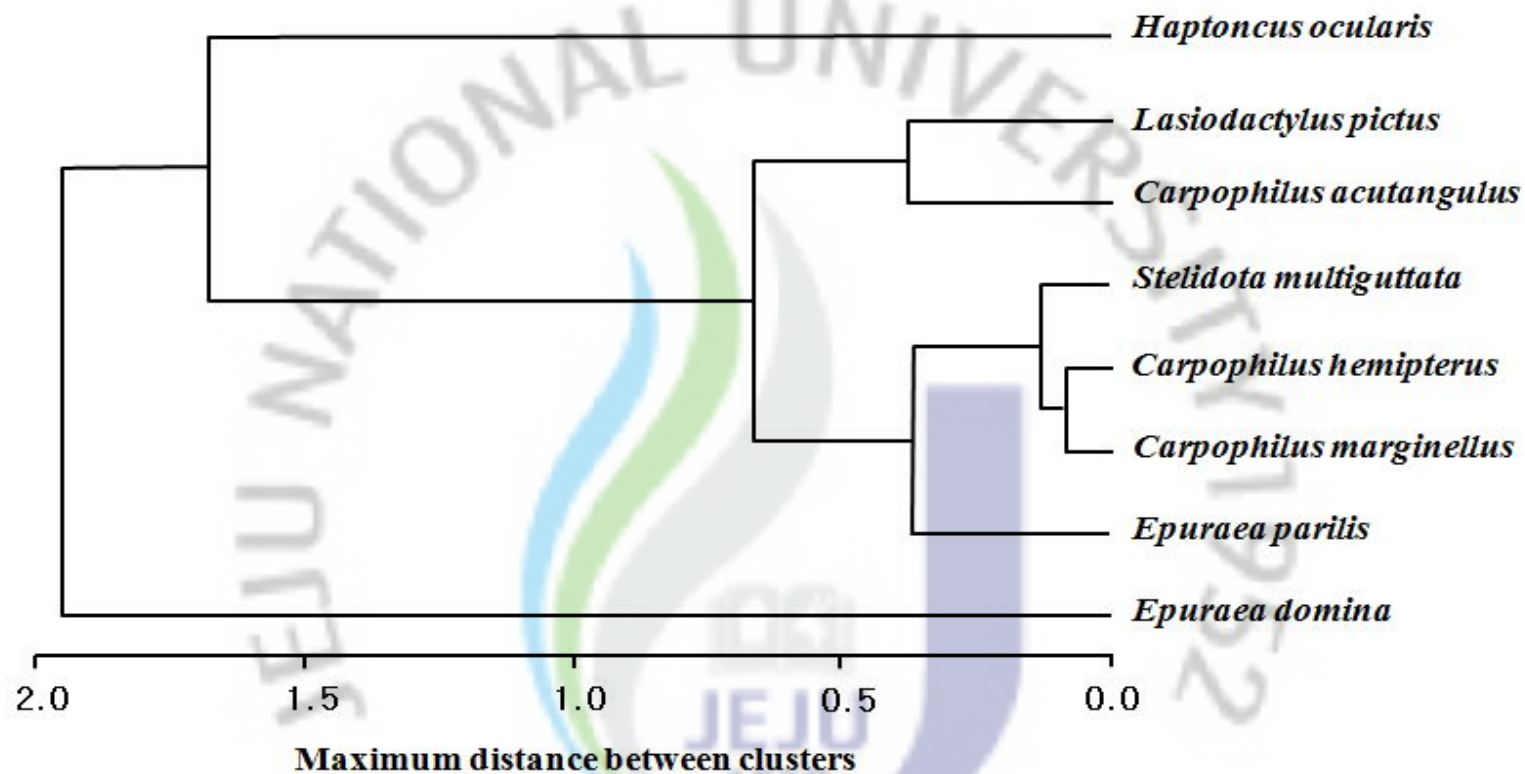


Fig. 5. Dendrogram of the clustering for 8 species of Nitidulidae found on fallen citrus fruits in terms of the temporal coexistence among species. The original data were obtained from June 2009 to May 2010 in a citrus orchard, Jeju and subjected to square root transformation to increase the normality.

2. 감귤원 및 주변 산지생태계에서 애넓적밀빠진벌레 생활환

2-1 감귤 꽃 개화정도에 따른 성충 발생량

감귤 개화 진행단계를 총 6단계로 구분한 경우 단계별 성충 발생량은 통계적으로 유의하게 차이가 있었다($F=52.45$; $df=37$; $P < 0.0001$). 성충이 꽃에 발생하는 단계는 개화가 1/2이상 진행된 C단계에서부터 잎이 2~3개 낙화한 E단계까지였고, 그중 만개한 D단계 때가 가장 많이 발생하였다.

2-2 성충 산란시기

감귤 개화기 채집(2009년 5월 중하순)하여 실내 조건($25 \pm 2^\circ\text{C}$, 16L:8D)에서 산란여부를 조사한 결과 6월부터 여름철을 비롯하여 9월 말까지 산란이 발견되지 않았다. 이후에는 실내 사육중인 콜로니를 다른 목적의 실험에 이용하였기 때문에 산란여부를 확인하지 못하였다.

또한 2010년 감귤 개화기 성충을 채집하여 야외조건에 처리하여 산란여부를 조사한 결과 7월 중순까지 산란이 발견되지 않았다. 야외에 산란 처리한 애넓적밀빠진벌레는 장마철 다습조건으로 인하여 백강균으로 보이는 곰팡이에 감염되어 모두 사망하였기 때문에 그 후 산란여부를 확인할 수 없었다.

일장 및 온도효과 산란실험에서는 기대와는 달리 저온 조건인 12°C 보다는 상대적온도인 25°C 에서 산란수가 많았으며, 저온조건에서 광 길이 차이는 산란량에 영향이 없었다($F=9.55$; $df=12$; $P < 0.001$). 애넓적밀빠진벌레는 겨울에 산란하는 생리적 특성을 가지고 있지만 산란유형은 여름철에 번식하는 일반 곤충의 특성과 같은 것으로 나타났다.

극조생 감귤 수확기인 늦가을에 나타난 성충을 채집하여 포장에 산란 처리한 결과 12월부터 산란을 확인할 수 있었으며 1월 하순 산란최성기를 보였다. 그 후 산란량이 감소하여 3월 하순에는 산란이 종료되었다. 겨울철 산란시기에 산란수가 적었던 시기의 온도를 대조한 결과 0°C 이하로 일 최저기온이 떨어지는 시기와 일치하였다.

2-3 연간 발육단계별 발생동태

여름철 감귤원 내에서 밀빠진벌레 성충 은신처로 의심되는 낙엽 및 토양층,

감굴나무 및 방풍수인 삼나무 껍질 밑, 돌 틈 및 아래, 돌담 틈 등을 조사한 결과 성충은 발견되지 않았다.

앞에서 언급한 바와 같이 낙과 과실에서 애넓적밀빠진벌레 성충은 겨울철 발견되었으며 유충도 같이 발견되었다(자료 미제시). 토양표본에서 번데기 발생은 3월 하순부터 보이기 시작하여 4월 중하순 최성기를 보였다. 또한 번데기에서 갓 우화하여 토양에 있는 것으로 판단되는 새로운 세대 성충은 4월 하순부터 증가하기 시작하여 감굴 개화기 발생 최성기를 나타냈다.

2-4 감굴원 및 인접 산지에서 성충 발생밀도 변화

앞선 실험에서 감굴 낙화 후 여름철 애넓적밀빠진벌레 성충이 감굴원 내에서 발견되지 않고 수확기에 다시 감굴원에서 나타났다. 따라서 애넓적밀빠진벌레는 개화시기 이후 감굴과원에서 다른 장소로 이동하는 것으로 판단되며 감굴원 주변 산지 서식처에서 성충의 발생동태를 조사한 결과 그림 10과 같았다. 감굴원에서는 낙과감굴에 10월 중순까지 성충이 발견되지 않았으나 산지 서식처에서는 9월 하순부터 감굴미끼에 성충이 발생되기 시작하였다. 산지 서식처에서 성충 발생은 10월 하순까지는 감굴원에 설치한 감굴미끼에서 보다 높았다. 그 후 11월 상순에는 감굴원에서 성충밀도가 증가하여 산지 서식처에서 밀도와 큰 차이가 없었다. 다만 산지 서식처 저지대에서 성충밀도가 가장 높았다. 11월 중순부터는 산지 서식처 중지대 및 고지대에서 성충 발생밀도가 급격히 감소하여 감굴원 밀도보다 훨씬 낮았다. 또한 산지 저지대 성충밀도도 감소하여 감굴원 성충 밀도와 차이가 없었다.

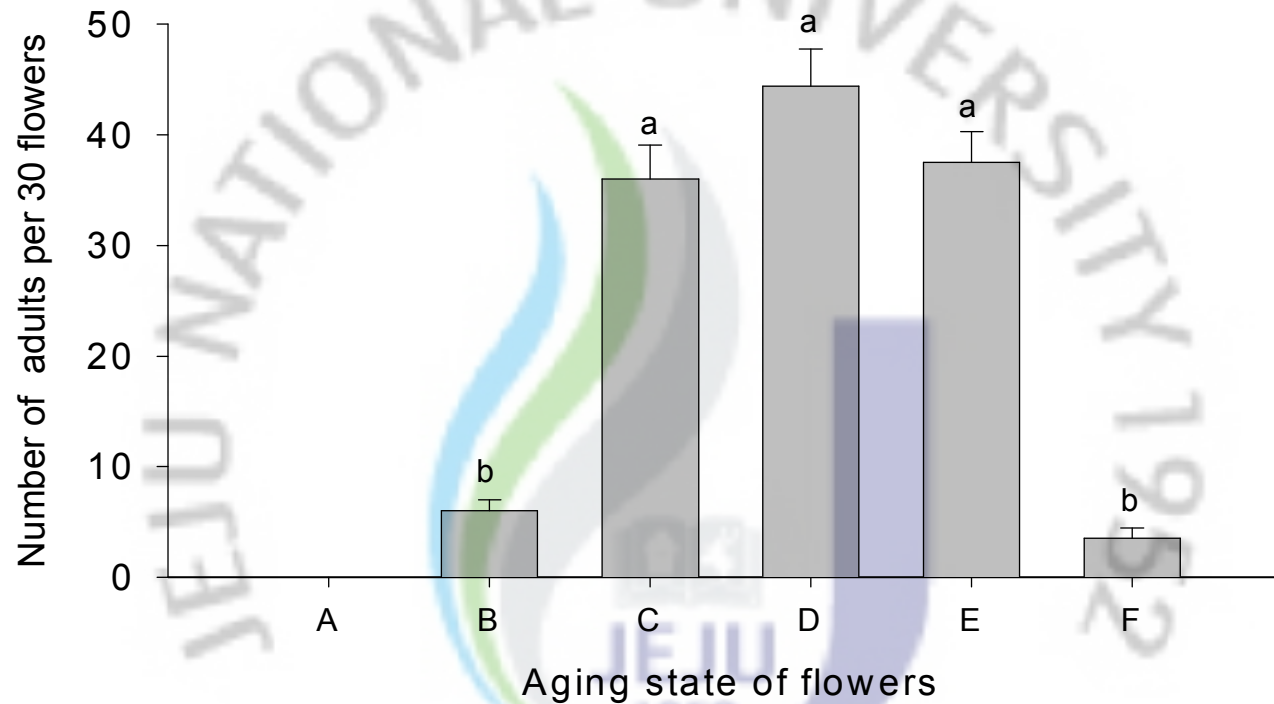


Fig. 6. The number of *E. domina* found in citrus flowers according to the aging of flowers. The means followed by same letters on the vertical bars (SE) are not significantly different by Tukey test ($P=0.05$). A = Before petals unfold, B = Petals unfolded slightly, C = Petals unfolded half, D = Petals unfolded completely, E = 1 to 2 petals fallen, and F = After petal fall.

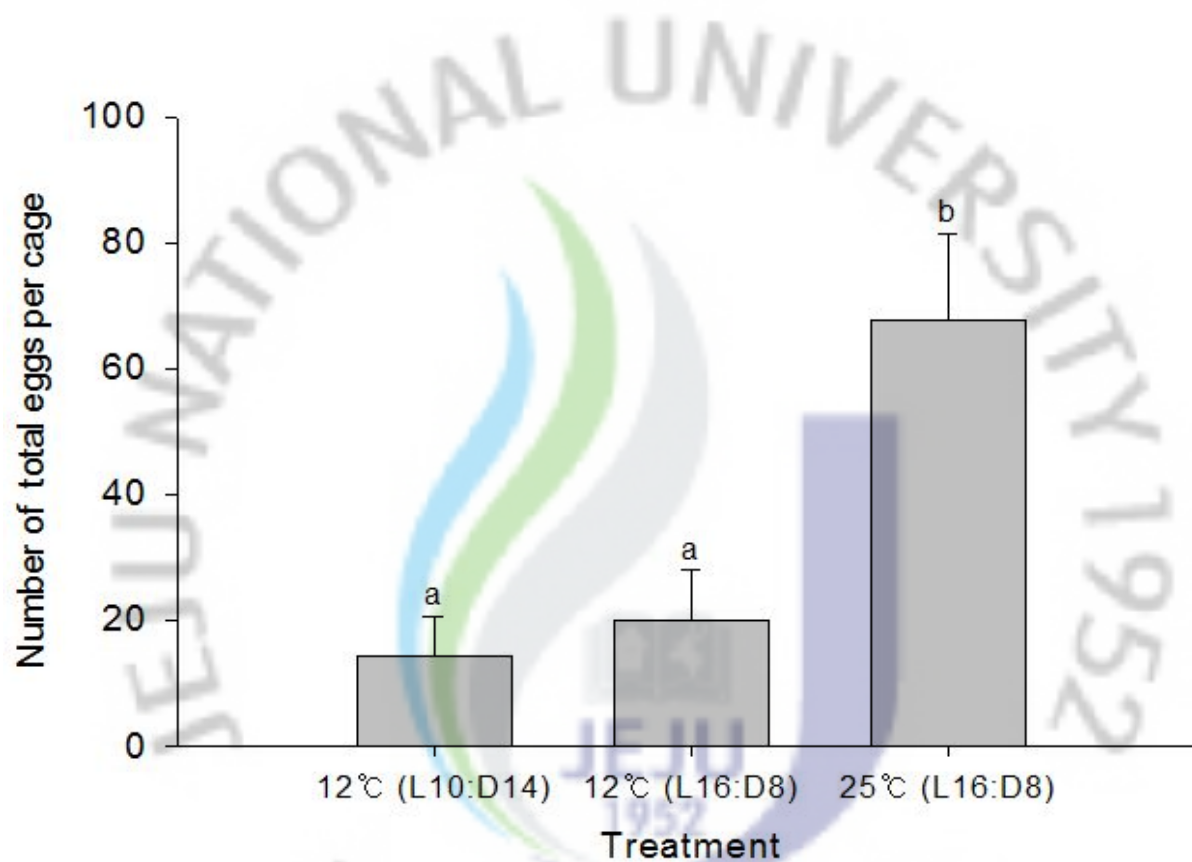


Fig. 7. The effects of temperature and photoperiod on the oviposition of *E. domina*. The means followed same letters on the vertical bars (standard errors) are not significantly different by Tukey test ($p=0.05$).

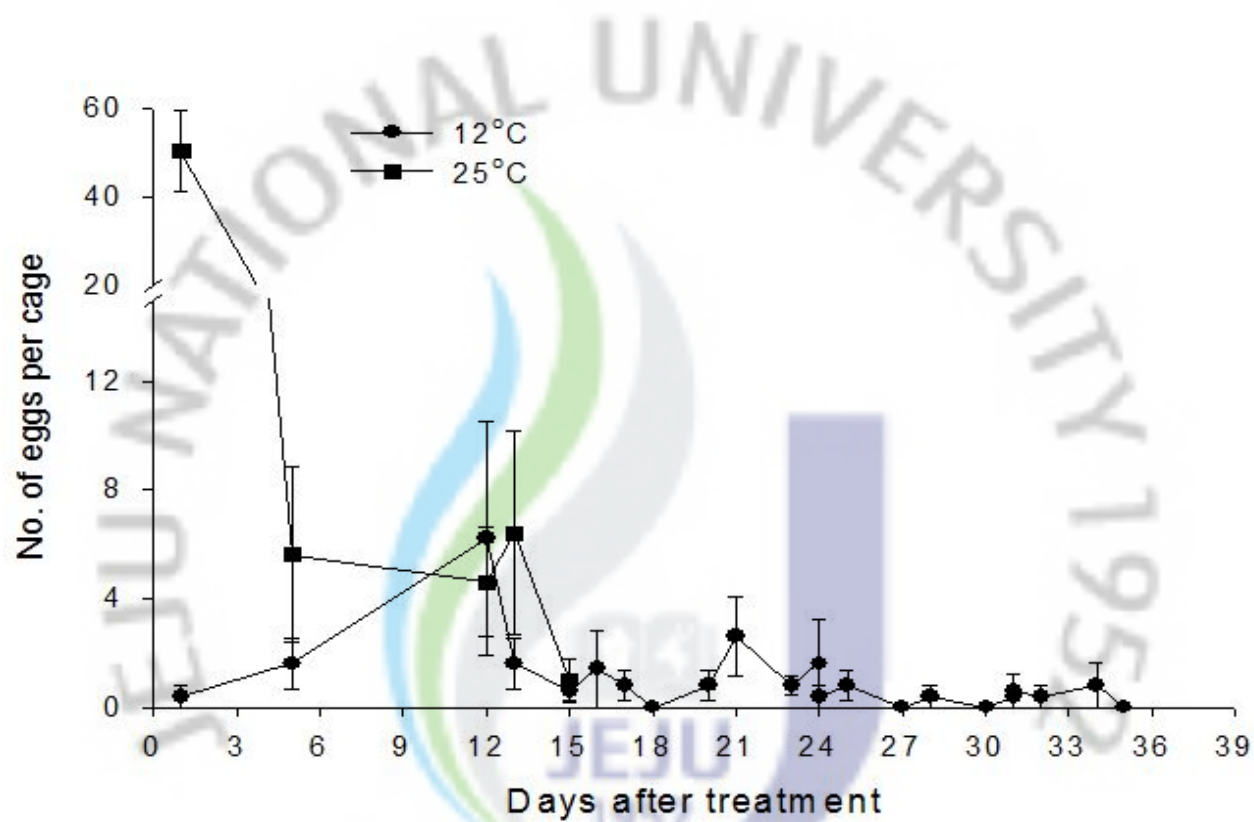


Fig. 8. Oviposition curves of *E. domina* at two constant temperatures. The vertical bars on the figures indicate standard errors. Unknown aged Five *E. domina* adults were reared on a piece of citrus fruit in a acryl cage (dia. 9cm, depth 5cm) filled half with soil.

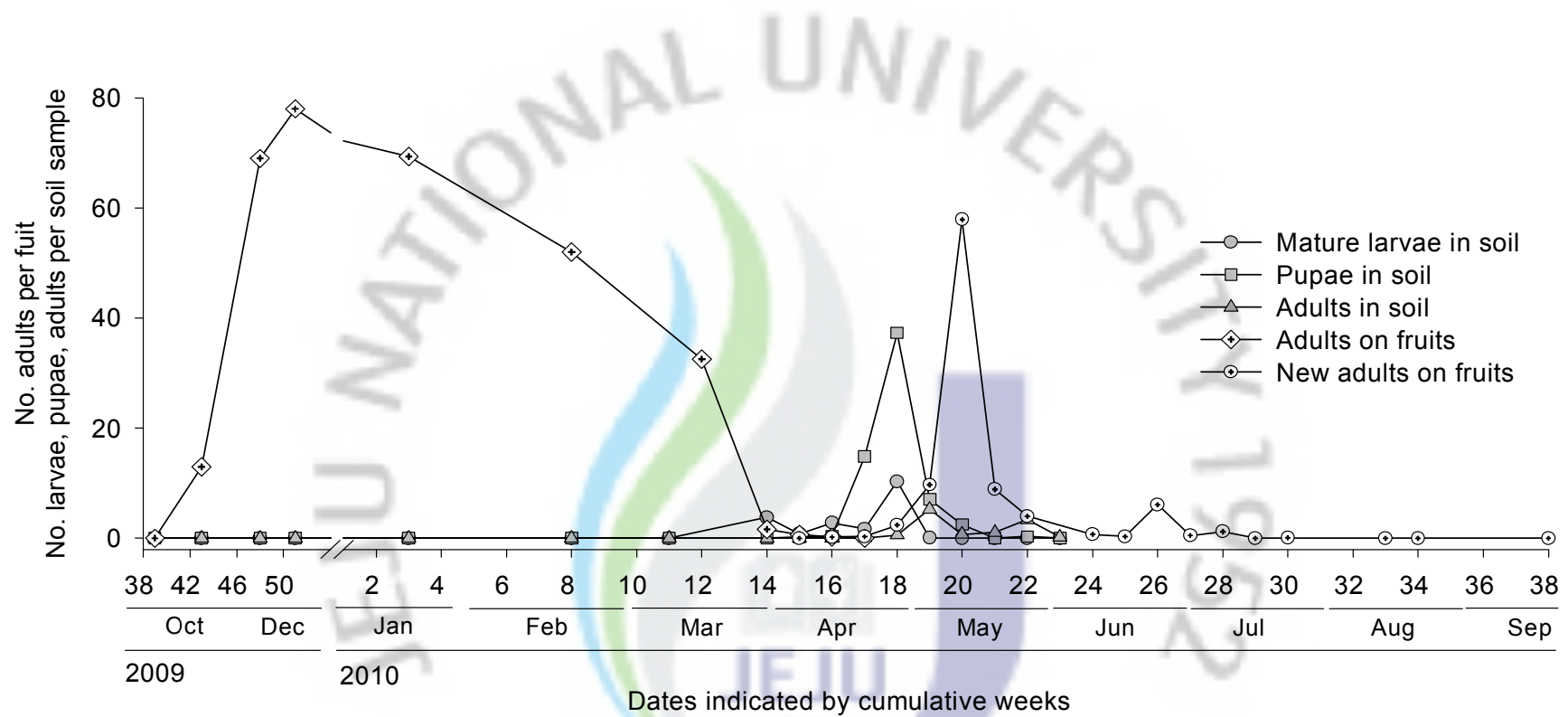


Fig. 9. Seasonal abundances of *E. domina* each stage in a citrus orchard. Adult population was obtained on 10 fallen citrus fruits, and larvae and pupae were based on 10 soil samples of 30×30cm by a depth of 5cm every sampling date.

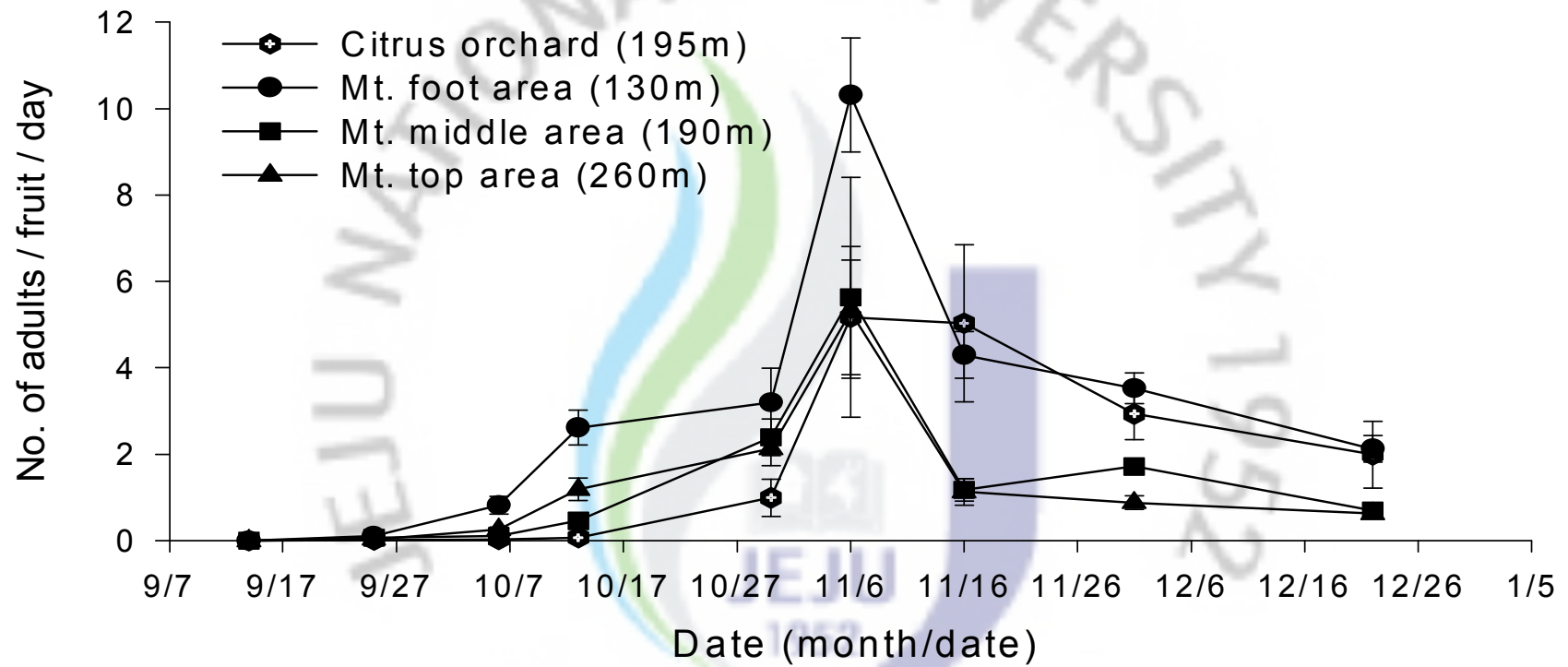


Fig. 10. Late season activity of *E. domina* adults in citrus orchard and mountainous habitat in a citrus grove in 2010, Jeju. Ten-citrus fruit bait was used to trap *E. domina* adults at each habitat. The vertical bars on the figures indicate standard errors.

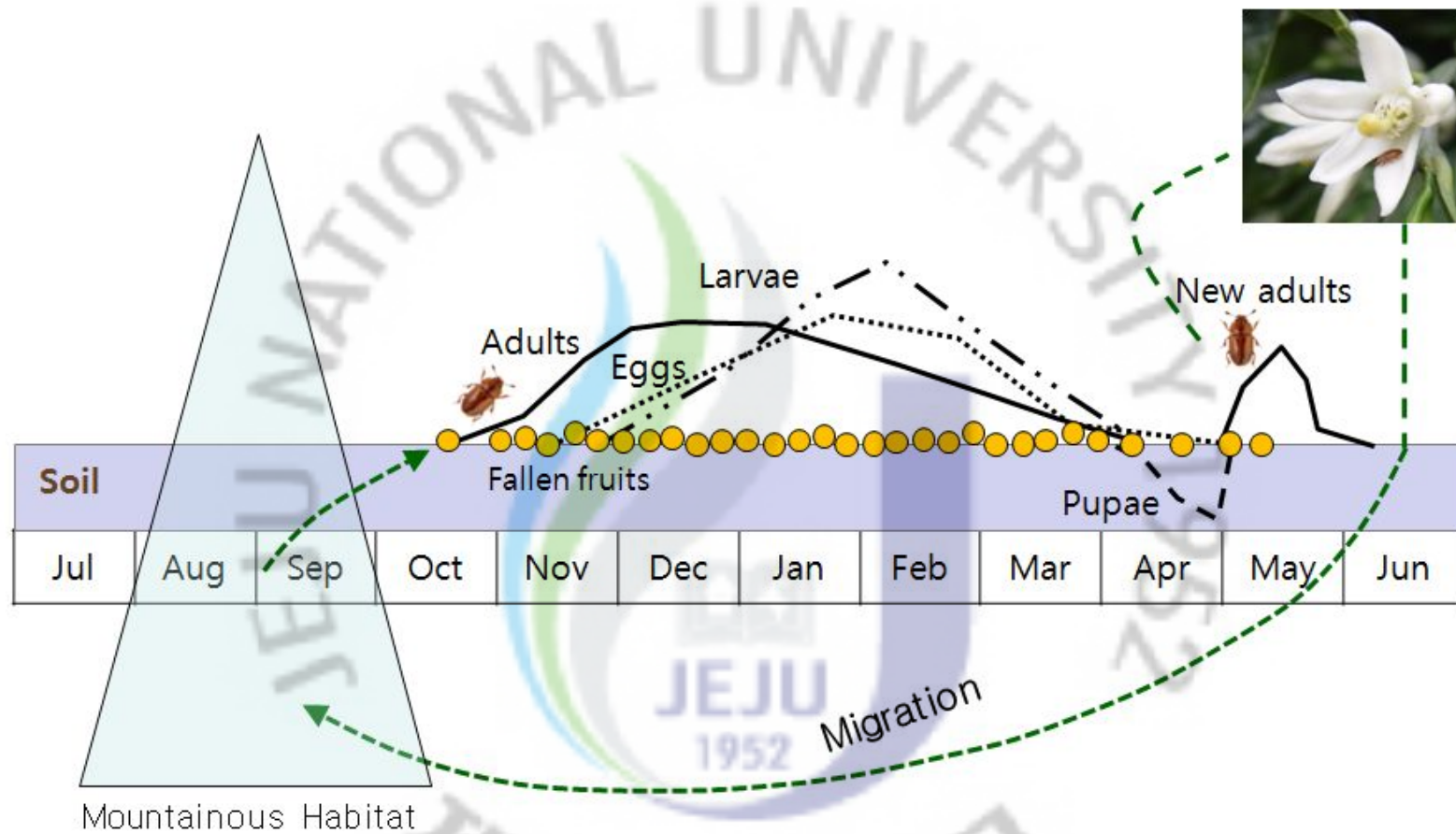


Fig. 11. Adopted life Cycle, winter breeding, and seasonal migration of *E. domina* in a citrus grove in Jeju.

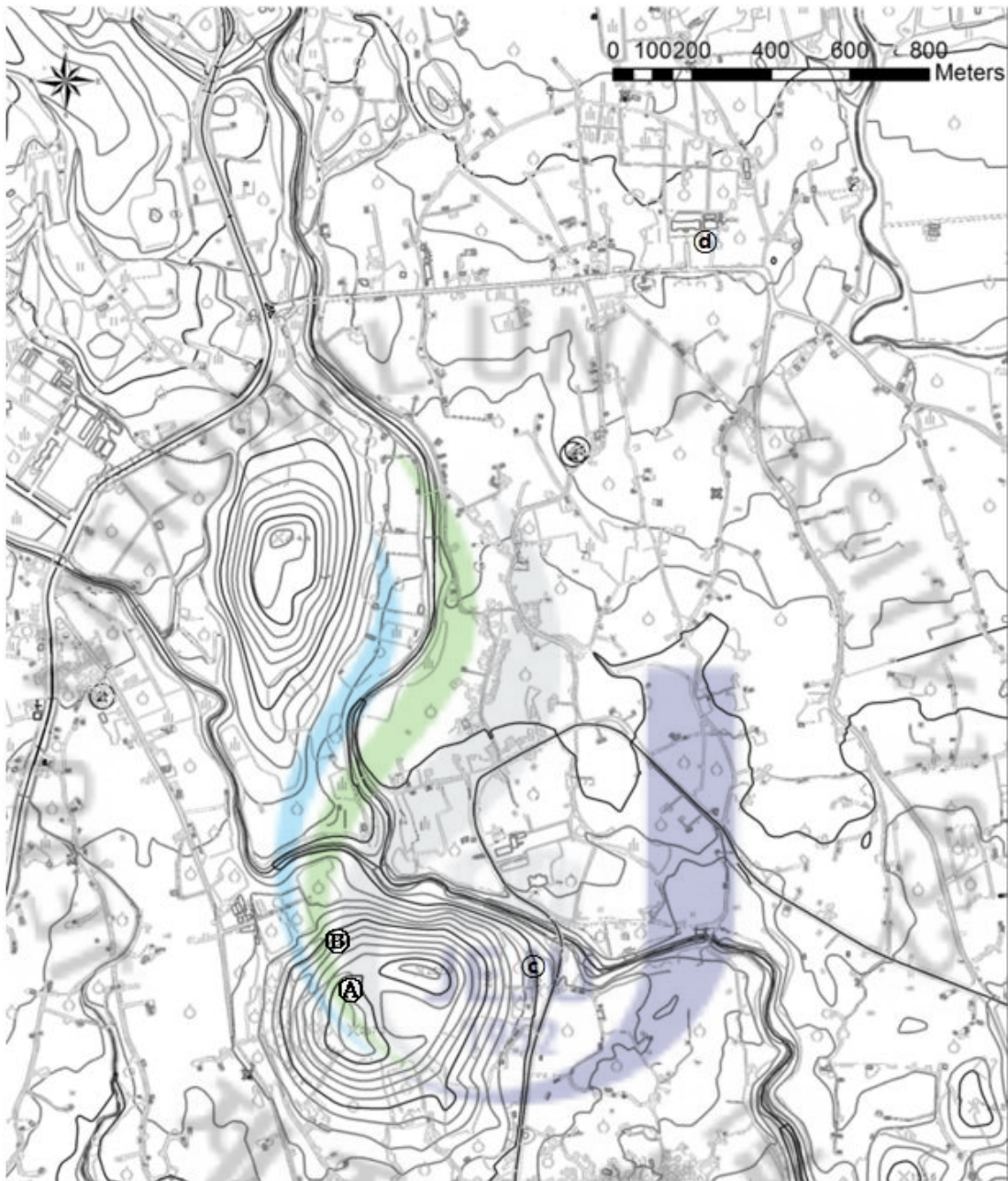


Fig. 12. GIS map for the citrus grove where the population dynamics of *E. domina* were studied in Seogwipo-city, Jeju. Mountainous habitat, Chik Orum ((a) 130m, (b) 190m, and (c) 260m on sea level) and Experimental citrus block at Citrus Research station, NIHHS ((d) 195m on sea level).

V. 고찰

1. 낙과감귤에 발생하는 밀빠진벌레과 종 다양성

미국 플로리다 주에서는 재배작물과 저장물에 발생하는 밀빠진벌레과 10종을 보고하였으며, 농업해충으로 *Carpophilus lugubris* (dusky sap beetle), *C. dimidiatus* (corn sap beetles), *Stelidota geminata* (strawberry sap beetle) 및 *Glischrochilus quadrisignatus* (picnic beetle) 등이 해당 종의 기주식물 재배증가와 함께 발생량이 증가하고 있다고 보고하였다(Myers, 2001). 또한 플로리다 딸기 작물에서 9종의 밀빠진벌레 해충이 보고되었다(Potter, 1995). 열대작물인 아메모야에서는 수분 매개용으로 밀빠진벌레를 활용하고 있으며, 가장 중요한 수분 매개종은 *Carpophilus mutilatus*이고 *C. fumatus* 및 *Haptoncus luteolus*도 부분적으로 활용되고 있다(Peña & Crane, 2006). 북미지역에서 농업해충으로 기록된 밀빠진벌레과 중에서 딸기 및 인과류, 블루베리, 과채류 토마토 등 작물에 농업적으로 중요한 *S. geminate* 및 *G. quadrisignatus* 등은 제주 낙과감귤에서 발견되지 않았으나, 딸기나 마른 과실을 가해하는 *Carpophilus hemipterus*이 낙과된 감귤에서 발견되었다(Table 2). 아직은 발생량이 매우 낮은 상태이나 최근 제주에서 딸기 재배가 증가하고 있기 때문에 향후 중요한 딸기 해충으로 변화될 수 있을 것인지 검토가 필요할 것이다. 또한 낙과감귤에 발생된 다른 밀빠진벌레 종이 기상 및 재배 환경의 변화에 따라 해충화 될 수 있을지 평가하는 작업도 흥미로울 것이다.

2. 감귤원 및 주변 산지생태계에서 애넓적밀빠진벌레 생활환

근충 개체군 생활사의 근본적 측면은 생물 및 무생물적 요인의 계절적 변동과 관련하여 발육시기, 생식활동, 휴면, 이주의 시기를 결정하는 적응의 결과라 할 수 있는데(Tauber & Tauber, 1981), 애넓적밀빠진벌레의 특이한 생활사도 감귤 먹이자원의 계절적 이용 가능성에 대한 적응의 결과로 판단된다. 즉 애넓적밀빠진벌레의 주 먹이자원으로 이용되는 감귤은 늦가을 극조생 수확기부터 증가하

Table 2. Lists of Nitidulidae species that have been known as agricultural pests in North America

Scientific name	Host plant	Remarks
<i>Carpophilus dimidiatus</i> (F.)	Corn	
<i>Carpophilus freemani</i> Dobson	Strawberries	
<i>Carpophilus fumatus</i> Boheman	Strawberries, <i>Annona</i> spp.	
<i>Carpophilus hemipterus</i> (L.)	Strawberries, driedfruit	*
<i>Carpophilus humeralis</i> (F.)	Strawberries	
<i>Carpophilus lugubris</i> Murray	Corn, sweet corn	
<i>Carpophilus mutilatus</i> Erichson	Strawberries, <i>Annona</i> spp.	
<i>Colopterus insularis</i> (Castelnau)	Strawberries	
<i>Eपुरaea (Haptoncus) luteolus</i> (Erichson)	driedfruit	
<i>Glischrochilus quadrisignatus</i> (Say)	driedfruit, tomato, apple, peach, raspberry	
<i>Haptoncus luteolus</i>	<i>Annona</i> spp.	
<i>Stelidota ferruginea</i> Reitter	Strawberries	
<i>Stelidota geminate</i> (Say)	Strawberries, apple, peach, cherry, blueberry, raspberry, Melon	

* Species found on fallen citrus fruits in this study.

여 겨울을 거쳐 다음해 늦봄까지 존재하고, 기온이 증가하는 초여름부터는 낙과된 감귤이 급격히 부패되기 때문에 먹이자원으로 이용하기 어렵다. 반면, 겨울철에는 낙과된 감귤의 부패가 빨리 진행되지 않기 때문에 안정적인 먹이자원이 된다. 여름철에 애넓적밀빠진벌레가 감귤원을 떠나는 이유는 가용할 수 있는 먹이 자원의 부족으로 해석된다. 물론 애넓적밀빠진벌레가 감귤외의 다른 먹이자원을 이용할 수 있는지는 향후 검토가 필요하다.

온대지역에 분포하는 밀빠진벌레과 대부분 종은 통나무 밀과 같은 은신처에서 월동하는 것으로 알려져 있다(Myers, 2001). 하지만, 딸기에 피해를 주는 밀빠진벌레과 해충인 *Stelidota geminata*는 주로 경작지 주변 산림지역 토양에서 월동한다(Loughner *et al.*, 2007). 특히, 이 해충은 딸기 재배시기에는 딸기를 먹이로 번식하고 여름철에는 대체기주로 블루베리 등 여름철에 열리는 과실에서 서식하다가 월동에 들어가기 때문에 딸기 포장에서는 월동성충이 발견되지 않는다고 보고하였다. 이렇게 이 해충은 딸기와 대체기주의 분포, 수목지대 및 비경작지역 등 농장주변 경관이 시공간적으로 먹이자원 및 서식처를 제공함으로써 연간 생활사를 완성한다(Blackmer & Phelan, 1995; Loughner *et al.*, 2007). 애넓적밀빠진벌레도 연간 생활사를 완성하기 위해서는 여름철을 보내기 위한 대체 서식처가 필요한 것으로 보인다.

과원주변 산지 서식처로 이동한 애넓적밀빠진벌레가 그 곳에서 번식활동을 하는지 아니면 하면에 들어가는지 본 연구에서 검토하지는 못하였다. 다만, 산지에 설치한 감귤미끼에 애넓적밀빠진벌레 성충이 9월 하순부터 유인되기 시작하여 그 후 유인수가 증가하고 있는 점은 여름철 비활동 상태(하면으로 추정)의 성충이 늦가을부터 서서히 활동을 재개했기 때문으로 해석된다. 감귤미끼에 유인된 성충수가 11월 상순부터는 산지 저지대 및 감귤원에서 높게 유지되고 있는 반면 산지 중지대 및 고지대에서는 급격히 감소하고 있다는 점은 하면상태의 애넓적밀빠진벌레 성충이 고지대에서 저지대 및 감귤원으로 계속 이동하고 있다는 것을 반영하고 있는 것으로 보인다. 또한 감귤개화기 채집한 성충을 대상으로 여름철 산란실험에서 봄 개체군은 산란을 하지 않았고 군서하는 행동을 보였으므로 최소한 여름철에는 적극적으로 번식하지 않는다는 점은 분명해 보인다.

하면하는 잎벌레 *P. chrysocephala*는 온도, 광길이, 상대습도, 먹이 조건 등이

하면의 종료에 영향을 미치지 않는 유전적으로 고정된 양식의 하면을 하는 것으로 알려져 있다(Såringer, 1984). 애넛적밀빠진벌레가 여름철 어떠한 형태의 환경 적응 특정을 보이는지는 정확히 구명하기 위하여서 향후 계획된 실험이 필요할 것이다.

거의 대부분 곤충 종을 비롯한 동물은 기주식물의 생육기간인 봄부터 시작하여 여름철을 거쳐 가을철까지의 기간 동안 번식기를 갖는다(Scott, 1996). 하지만 애넛적밀빠진벌레는 여름철이 아닌 겨울철에 번식기를 보였다. 작물해충 중에는 아주 드물게 겨울에 번식하는 종이 알려져 있다. 자나방 일종인 *Operophtera brumata*은 11월 하순 번데기에서 성충이 우화하여 겨울철인 1월까지 알을 낳고, 그 알은 다음해 봄철 부화한다(Childs *et al.*, 2007). 이런 생활사의 선택은 조류 포식자 및 이른 강설에 대한 적응전략으로 해석되고 있다(Peterson & Nilssen, 1988). 애넛적밀빠진벌레와 비슷한 생활사를 갖고 있는 해충으로 겨울유체에 발생하는 잎벌레 일종인 *Psylliodes chrysocephala*가 있는데, 이 종은 여름철 하면하고 늦여름 활동을 재개하여 유채포장으로 침입하여 유채 주변 토양에 알을 낳는다(Bonnemaison & Jourdeuil, 1954). 부화된 알은 유채 줄기 및 엽병을 뚫고 들어가 겨울동안 발육하다가 토양에서 번데기로 되어 늦봄 새로운 성충이 출현한다. 생물의 번식기에 따라 겨울번식자(cold breeder), 여름번식자(warm breeder), 그리고 연중번식자(continuous breeder) 등으로 구분할 수 있는데(Scott, 1996) 애넛적밀빠진벌레는 겨울번식자로 인정된다. 물론 겨울 번식자라 할지라도 겨울 내내 번식이 가능한 것은 아닌 것으로 여겨지며, 겨울번식자로 알려진 잎벌레 일종 *P. chrysocephala*는 겨울철 0°C 이하로 온도가 떨어지면 산란을 중지하는 것으로 알려져 있다(Anonymous, 2010). 본 연구에서 애넛적밀빠진벌레도 최저기온이 0°C 이하로 떨어졌을 때 산란이 억제되는 특징을 보였다.

마지막으로 생태적으로 다양한 감귤재배지대에서 애넛적밀빠진벌레의 연간 생활사를 정리하면 그림 11과 같이 제시할 수 있겠다. 늦가을 극조생 감귤 수확기부터 겨울 기간 내내 감귤원에 발생하여 낙과부패과실을 섭식하고 겨울을 지내며, 그 기간에 과원 내 낙과감귤 주위 토양내에 산란한다. 알에서 부화한 유충은 성충과 함께 낙과부패과실을 섭식하며 겨울기간 동안 발육하며, 유충형태로 겨울을 지낸 후 초봄인 3월 및 4월에 토양내로 들어가 번데기가 된다. 개화 직전

까지 번데기과정을 거쳐 우화된 성충은 개화기에 꽃으로 유인되어 꿀과 꽃가루를 섭식하고 근처 산지로 이동하여 여름철을 보내며 여름철을 산지에서 보낸 성충은 가을부터 활동하기 시작하며 늦가을 극조생감귤 수확기부터 다시 과원으로 이동하여 섭식하고 산란하는 생활사를 가지고 있다.



적 요

애넓적밑빠진벌레(*Epuraea domina* Reitter)는 딱정벌레목(Coleoptera) 밑빠진벌레과(Nitidulidae) 속하는 곤충으로 감귤에서는 개화기 성충이 꽃에 모여 꽃잎과 암술을 먹고 자방에 상처를 내어 과실의 표면에 굵은 자국의 콜크화 피해를 유발하는 해충으로 알려져 있다. 본 연구는 낙과 감귤에 발생하는 애넓적밑빠진벌레과 종 다양성 및 애넓적밑빠진벌레의 연중 생활사를 구명하고자 수행되었으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 서귀포 하례리 감귤시험장(원예특작과학원)을 중심으로 농가 감귤원에서 낙과감귤에 발생하는 밑빠진벌레과 조사결과 *Stelidota multiiguttat*, *Carpophilus hemipterus* 등 2종의 국내 미기록종을 비롯한 검정무늬밑빠진벌레(*Haptoncus ocellaris*), 애넓적밑빠진벌레(*Epuraea domina*), 갈색무늬밑빠진벌레(*Lsiodactylus pictus*), 굵은가슴넓적밑빠진벌레(*Carpophilus acutangulus*), 호리납작밑빠진벌레(*Epuraea parilis*), 삼각복판밑빠진벌레(*Carpophilus marginellus*) 등 8종이 발견되었다. 이 중 애넓적밑빠진벌레는 여름철에는 발견되지 않았고 겨울철 기간 동안 발견되었으며 나머지 종은 감귤생육기인 봄철부터 여름철을 거쳐 가을철 중에 발생되었다.

2. 애넓적밑빠진벌레는 감귤개화기 꽃잎 전개 정도에 따라 꽃으로 유인밀도가 달랐으며 꽃잎이 1/2이상 전개되는 시기부터 2~3엽 낙화기에 꽃에서 가장 많이 발견되었다.

3. 애넓적밑빠진벌레 성충은 감귤 개화기 꽃에서 발생 후 여름철에는 감귤원 내 잠재적 은신처인 토양 및 낙엽층, 감귤나무 및 방풍수 삼남무 등 껍질 밑, 돌틈 및 밑, 돌담 울타리 등에서 발견되지 않았으며, 극조생 감귤 수확이 시작되는 늦가을 10월 상순경부터 다시 감귤원에서 보이기 시작하였다.

4. 애넓적밑빠진벌레는 낙과감귤 주변 토양에 알을 낳았으며, 12월 상순부터 산란수가 증가하여 1월 하순경 발생최성기를 보였고 3월부터는 산란수가 급격히 감소하였다. 겨울철 산란시기 중에 최저 대기온도가 0℃ 이하로 떨어졌을 때는

산란수가 감소하였다.

5. 알에서 부화유충은 낙과된 감귤을 먹이로 겨울동안 발육하였으며 4월 중하순 토양에서 번데기로 되었고, 감귤개화기인 5월 중하순 새로운 성충으로 우화하였다.

6. 과원주변 산지 서식처에 감귤미끼를 설치하여 애넓적밑빠진벌레의 발생 및 활동을 조사한 결과 감귤원에서 발생이 확인되지 않았던 9월 하순에 산지 서식처에서는 유의미한 발생밀도가 관측되었다. 10월 하순까지는 감귤원(해발고도: 감귤시험장 195m)보다 산지 서식처(해발고도: 저지대 130m, 중지대 190m, 고지대 260m)에서 더 많은 성충이 감귤미끼에 유인되었고 11월 중순부터는 역전되어 감귤원 및 산지 저지대에서 높은 발생밀도를 지속적으로 보였다.

7. 본 연구결과를 종합적으로 판단할 때 생태적으로 다양한 감귤재배지대에 서 애넓적밑빠진벌레의 연간 생활환을 다음과 같이 정리할 수 있겠다. 감귤원 주변 산지 서식처에서 여름철을 보낸 애넓적밑빠진벌레 성충은 감귤수확기가 시작되는 늦가을 감귤원으로 이동하여 알을 낳고, 부화유충은 낙과감귤을 먹이로 겨울기간 발육하여 4월 중하순 토양에서 번데기로 된다. 번데기에서 우화한 새로운 성충은 감귤 개화기인 5월 중하순 나타나며, 꽃으로 이동하여 섭식하다가 감귤원을 떠나 여름 은신처로 이동한다.

8. 결론적으로 애넓적밑빠진벌레의 특이한 생활사는 겨울철에 주 먹이자원인 감귤을 안정적으로 이용할 수 있기 때문에 감귤 먹이자원의 계절적 이용 가능성에 대한 진화적 적응의 결과로 해석된다.

검색어: 애넓적밑빠진벌레, 감귤, 생활사, 계절적 이주, 먹이자원 가용성

Key Words: *Epuraea domina*, Citrus, Life cycle, Seasonal migration, Food resources availability

인 용 문 헌

- Anonymous. 2010. Cabbage stem flea beetle. INRA, France (Accessed October, 2010 at (<http://www.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/6psychr.htm>)).
- Blackmer, J.L. and P.L. Phelan. 1995. Ecological analyses of Nitidulidae: seasonal occurrence, host choice and habitat preference. J. Appl. Entomol. 119: 321-329.
- Bonnemaison, L. and P. Jourdeuil. 1954. L'altise d'hiver du colza (*Psylliodes chrysocephala* L.). Annales des Epiphytes 5: 345 - 524.
- Childs, R.D., D.C. Swanson and J. Elkinton. 2007. The Winter Moth. UMass Extension (Accessed December, 2010 at http://www.umassgreeninfo.org/fact_sheets/defoliators/wm_overview_07.pdf).
- Dowd, P.F. and C.M. Weber. 1991. A labor saving method for rearing a corn sap beetle, *Carpophilus freemani* Dobson (Coleoptera: Nitidulidae), on pinto bean-based diet. J. Agroc. Entomol. 8:149-153.
- Dowd, P.F. and Nelson T.C. 1994. Seasonal variation of sap beetle (Coleoptera: Nitidulidae) populations in central Illinois cornfield-oak woodland habitat and potential influence of weather patterns. Environ. Entomol. 23: 1215-1223.
- Dowd, P.F. 2000. Dusky sap beetle (Coleoptera: Nitidulidae) and other kernel damaging insects in Bt and non-Bt sweet corn in Illinois. Journal of Econ. Entomol. 93: 1714-1720.

- Hill, M.O. 1973. Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology* 54: 427-432.
- Loughner, R.L., G.M. Loeb, K. Demchak and S. Schloemann. 2007. Evaluation of strawberry sap beetle (Coleoptera: Nitidulidae) use of habitats surrounding strawberry plantings as food resources and overwintering Sites. *Environ. Entomol.* 36: 1059-1065.
- Luckmann, W.H. 1963. Observations on the biology and control of *Glischrochilus quadrisignatus*. *Journal of Econ. Entomol.* 56: 681-686.
- Menhinick, E.F. 1964. A comparison of some species individuals diversity applied to samples of field insects. *Ecology* 45: 859~861.
- Myers, L. 2004. sap beetles of Florida. University of Florida, Publication No. EENY-256.
- Parsons, C.T. 1943. A. revision of Nearctic Nitidulidae (Coleoptera). *Bull. Comp. Zool.* 92: 121-248.
- Peña, J.E. and J.H. Crane. 2006. Insect/Mite Management in *Annona* spp.1 IFAS, University of Florida. Publication No. ENY-834 (IG166).
- Pena, J.E., A. Castineiras, R. Bartelt and R. Duncan. 1999. Effect of pheromone bait stations for sap beetles (Coleoptera: Nitidulidae) on *Annona* spp. fruit set. *Flo. Entomol.* 83: 475-480.
- Peng, C., Williams R.N. 1991. Influence of food on development, survival, fecundity, longevity and sex ratio of *Glischrochilus quadrisignatus*

(Coleoptera: Nitidulidae). Environ. Entomol. 20: 205-210.

Peterson, N.A. and A.C. Nilssen. 1988. Late autumn eclosion in the winter moth *Operophtera brumata*: compromise of selective forces in life-cycle timing. Ecol. Entomol. 23: 417 - 426.

Potter, M.A. 1995. The Nitidulidae (Coleoptera) associated with strawberry in eastern Hillsborough County, Florida. MSc. Thesis, University of Florida. 98 pp.

Price, J.F. (2004). Adult and larval large sap beetle (picnic beetle, nitidulid), *Lobiopa insularis*. <http://strawberry.ifas.ufl.edu/entomology/damaging1full.htm> (10 August 2004).

Sanford, J.W. and W.H. Luckman 1963. Observations on the biology and control of the dusky sap beetle in Illinois. Proceedings North Central Branch Entomological Society of America 18: 39-43.

Såringer, Gy. 1984. Summer diapause of cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephala* L. (Col., Chrysomelidae). Zeit. Angew. Entomol. 98: 50-54.

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

Scott, T.A. 1996. Concise encyclopedia biology (English edition). DeGruyter, New York. 1297pp.

Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. University Illinois Press, Urbana, IL.

Tauber, C.A. and M.J. Tauber. 1981. Insect Seasonal Cycles: Genetics and

Evolution. Annu. Rev. Eco. Syst. 12: 281-308.

Weiss, M.J., Williams RN. 1980. Some host parasite relationships of *Microtonus nitidulidis*. Ann. Entomol. Soc. Am. 73: 323-326.

김동환, 김광식. 1999. 꽃을 가해하는 해충의 발생종류 및 피해에 관한 연구, 농진청 제주농업시험연구보고. p. 340-361.

김동환, 권혁모, 김광식. 2000. 감귤해충의 최근 발생 동향. 한국응용곤충학회지 39(4):267-274.

김동환, 현재욱, 이성찬, 임한철. 2003. 감귤해충 발생생태 및 방제법 연구보고서, 농촌진흥청 제주농업시험장. p. 365-366.

농촌진흥청 제주농업시험장, 제주감귤농업협동조합. 2002. 감귤 병해충의 진단과 방제. p. 139-140.

정호권. 1994. 한국곤충명집, 건국대학교출판부. p.166-167.

黒澤良彦, 久松定成, 在在治寛之. 1985(昭和 60年). 原色日本甲虫図鑑(Ⅲ), HOIKUSHA (保育社). p.175-197.

中根猛彦, 大林一夫, 野村 鎮, 黒澤良彦. 1973(昭和 48年). 原色甲虫大図鑑 [第2巻], HOKURYU-KAN PUBLISHING CO., LTD. p.189-195.

감사의 글

문득 2년전 대학원 입학할 때 설레임과 열정에 가득했던 제 모습이 아련히 떠오릅니다. 지난 기간 크고 작은 어려움이 많았지만 고비마다 잘 될 수 있도록 도와주신 여러분들께 진심으로 감사의 마음을 드립니다.

항상 부족한 제자를 인내로 지켜봐주시고 세심한 배려로 이끌어주신 김동순 지도교수님께 깊이 감사드립니다. 부족한 점이 많은 연구내용을 끝까지 정성껏 검토해주시고 조언해주신 강영길 교수님, 송창길 교수님, 현해남 교수님, 전용철 교수님께도 진심으로 감사드립니다.

이번 연구는 감귤수출연구사업단 과제연구비로 수행되었으며, 연구를 수행하는데 필요한 시험포장과 아낌없는 지원과 격려를 해주신 감귤수출연구사업단 현해남 단장님, 농진청 제주감귤시험장 현재욱 연구관님, 제주도농업기술원 송정흡 박사님, 서귀포농업기술센터 이중석 소장님, 정대천 계장님께 진심으로 감사드립니다.

많은 관심과 조언으로 이 논문을 완성하는데 도와주신 농진청 난지농업연구소 최경산 연구사님, 학과조교 송진영·하영삼 선생님, 늘 옆에서 지켜봐주고 조언해주시는 김찬우 박사님, 삼성에버랜드잔디연구소 장공만 연구원님 그리고 이번 연구에 있어 가장 많이 고생한 사랑하는 강성혁, 김수빈, 송상현, 양지순 후배님과 논문을 작성하는데 옆에서 많은 도움을 준 양경식, 이영돈, 양진영, 현승용 선배님, 황록연 연구사님을 포함한 곤충생태학실험실 식구들, 감귤사랑동호회 회장님을 비롯한 회원님께 깊은 감사드립니다.

오랜 세월동안 많은 어려움 속에서도 자식들 잘되기를 학수고대하며 기도하시는 아버지님, 어머니님, 학업 중에 사위를 믿고 결혼을 허락해주신 장인어른, 장모님, 늘 곁에서 응원해주는 누이 내외와 해인, 희문 조카님들, 막내 동생, 처가 형님 내외, 처재 내외, 막내 처재와 진의, 수영, 수아 조카님들에게 미안하고 고마움을 따름입니다. 마지막으로 늘 바쁘다는 핑계로 남편으로서 아빠로서 잘해주지 못했지만 늘 응원해주는 세상에서 제일 사랑하는 아내 성지와 딸 혜원에게 미안함과 고마움을 전합니다.