

최 종
연구보고서

유용 화분매개곤충을 이용한 시설재배지
내에서의 계획수정에 관한 연구

Artificial Pollination Using Effective
Pollinators in the Green Houses

세부과제명 :

1. 유용 화분매개곤충의 선발
2. 시설딸기에 대한 화분매개곤충의 계획수정
3. 시설토마토에 대한 화분매개곤충의 계획수정
4. 국내 토종뒤영벌(호박벌)의 개발

주관연구기관

충남대학교 농업과학연구소

농 립 부

제 출 문

림부 장관 귀하

본 보고서를 “유용 화분매개곤충을 이용한 시설재배지 내에서의 계획
정에 관한 연구”의 최종 보고서로 제출합니다.

1998. 1. 26.

주관연구기관명 : 충남대학교 농과대학

총괄 연구 책임자 : 장 영 덕 (충남대학교 농과대학)

제1세부과제 책임자 : 장 영 덕 (충남대학교 농과대학)
연구 원 : 박 상 구 (충남대학교 농과대학)
연구 원 : 황 진 원 (충남대학교 농과대학)

제2세부과제 책임자 : 장 영 덕 (충남대학교 농과대학)
연구 원 : 마 영 일 (잠사곤충연구소)
연구 원 : 이 만 영 (잠사곤충연구소)
연구 원 : 김 태 일 (딸기시험장)
연구 원 : 정 석 기 (딸기시험장)

제3세부과제 책임자 : 장 영 덕 (충남대학교 농과대학)
연구 원 : 마 영 일 (잠사곤충연구소)
연구 원 : 박 인 회 (토마토시험장)

제4세부과제 책임자 : 마 영 일 (잠사곤충연구소)
연구 원 : 장 영 덕 (충남대학교 농과대학)
연구 원 : 이 만 영 (잠사곤충연구소)

요 약 문

I. 제 목

유용 화분매개 곤충을 이용한 시설재배지 내에서의 계획수정에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

작물재배환경의 변화에 따라 화분매개곤충의 필요성은 매년 증가되고 있는데 특히, 시설재배작물의 경우 안정적인 결실을 위해서는 화분매개곤충의 지속적인 공급이 반드시 요구되고 있는 실정이다. 국내에서 화분매개곤충을 이용한 대표적인 시설재배작물로는 딸기와 토마토로서 이곳 시설재배농업인의 환경친화적 농업의 인식제고와 재배기술의 향상에 따라 유용자원 곤충이용기술도 발달하여 딸기와 토마토 뿐만아니라 다른 작물에도 이용도 계속 증가하고 있는 추세이다.

시설딸기의 경우 재배면적이 1992년 4,213ha에서 1996년 6,236ha로 67.8%나 증가하였으며, 1980년대 중반 처음 봉군이 투입된 이래 현재 정확히 발표된 자료는 없으나 약 5만여 군이 이용되는 것으로 추정하고 있다.

전량 수입에 의존하여 화분매개시키는 시설토마토의 경우도 1992년 재배면적이 2,423ha에서 1996년 3,828ha로 63.3%증가되었으며, 이에 따른 서양뒤영벌의 수입은 1994년 약 7천만원, 1996년에는 약 7억원으로 매년 기하급수적으로 증가함에 따라 외화의 유출도 계속 늘어나고 있는 실정이다.

앞으로 2000년대의 화분매개곤충 시장규모는 현 시설작물의 증가추세로 볼 때 딸기의 서양종꿀벌의 이용은 매년 약 10만 봉군이 필요할 것으로 예상되어 약 120억원 규모의 시장이 될 것으로 예상되며, 토마토의 경우 서

양뒤영벌의 시장규모는 매년 최소 150억원의 규모로서 도합 화분매개에 사용되는 예산은 약 270억원의 시장이 될 것으로 전망된다.

한편, 외국으로부터 패키지별로 수입되는 꿀벌은 상당량이 시설내 투입되거나 시설 투입벌의 망실로 인한 부분을 보충하는데 이용되고 있으며 서양뒤영벌은 네덜란드로부터 전량 수입에 의존하고 있으며, 따라서 꿀벌과 뒤영벌의 수입으로 인한 외화손실은 해마다 증가하여 향후 5년후에는 약 100억원이 소요될 것으로 추정된다. 그러나 국내에서의 화분매개를 이용한 계획수정에 관한 연구는 극히 미미한 실정으로서 꿀벌의 시설내 방화효율성 향상 및 사양관리기술확립과 국내 토종화분매개벌의 개발은 막대한 외화의 절약은 물론 농업생태계 관리 및 보호측면에서 매우 중요하고도 시급한 과제이다.

III. 연구개발내용 및 범위

1. 유용 화분매개곤충의 선발 (제1 세부과제)

가. 현 황

국내에 분포하는 화분매개곤충의 체계적인 연구는 거의 없는 실정임.

나. 연구내용 및 범위

- 1) 과수류 및 채소류의 개화기에 방화하는 곤충을 탐색하여 유용화분매개 곤충의 종류를 조사하였다.
- 2) 시설 화분매개곤충으로서 수입 뒤영벌을 대체시킬수 있는 국내 토종 뒤영벌류를 집중 채집하여 분류·동정하였다.

2. 시설딸기에 있어서 화분매개효과 (제2 세부과제)

가. 현 황

- 1) 거의 대부분의 농가가 서양종꿀벌(*Apis mellifera*)를 이용하고 있으며, 극히 일부분이 동양종꿀벌(*Apis cerana*), 즉 토종벌을 이용하고 있음.
- 2) 시설재배단지인 논산을 중심으로 현지조사 결과 화분매개용으로 서양종꿀벌을 사용하여 약 30%이상의 소득증대를 얻고 있었다.
- 3) 대다수의 농민들은 화분매개에 사용한 벌들을 재생시키지 못하고 거의 일회용으로 소모하고 있었다.
- 4) 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*), 즉 수입뒤영벌은 전혀 사용치 않음.

나. 연구의 내용 및 범위

- 1) 서양종꿀벌, 동양종꿀벌, 서양뒤영벌 등 3종의 벌을 이용하여 주요 재배품종인 여봉, 수홍, 보교조생 등 3개의 품종별로 단동 및 연동하우스에 각각 화분매개활동 및 방화특성, 화분매개효과 등을 조사하였다.
- 2) 시설하우스에 사용되는 film의 종류에 따른 서양종꿀벌의 일주활동을 비교·조사하였다.
- 3) 현재 가장 많이 재배되고 있는 딸기 품종인 여봉을 비롯한 수홍, 보교조생 등 주요 품종에 대하여 방화곤충별로 방화행동, 방화시간, 일주활동 등을 조사하여 차이점을 구명하였다.
- 4) 딸기 품종간에 암술수, 수술수, 꽃잎수, 꽃받침 등 화기의 구조적 특성을 비교하여 벌의 방화특성과의 관련성을 조사하였다.
- 5) 벌방사구와 무방사구간의 과실의 생산성 및 품질효과를 주로 기형과율, 화방무게, 과실착색정도 등을 조사하여 벌의 방화력 즉 화분매개

효과를 측정하였다.

- 6) 서양종꿀벌이 시설딸기에서 유리한 점을 봉군특성측면에서 구명하였다.
- 7) 시설재배용 투입 벌통을 시설재배자들이 관리하기 쉽도록 기존 벌통의 구조에 대하여 재검토하였다.
- 8) 사용된 꿀벌의 재생 사용기술(61page, 9page 참조)

3. 시설 토마토에 있어서 화분매개효과 (제3세부과제)

가. 현 황

- 1) 전농가들이 수입뒤영벌에 의존함.
- 2) 꿀벌은 뒤영벌에 비하여 방화력이 낮아 농민들이 사용하지 않고 있음.
- 3) 수입뒤영벌이 국내정착시 생태계에 미칠 가능성은 없을까?
- 4) 보다 안정된 유용한 국내토종뒤영벌의 개발이 시급히 요구됨.

나. 연구의 내용 및 범위

- 1) 토마토꽃의 화기특성을 화기구조, 화밀생성, 개약시기 등을 조사하였다.
- 2) 현재 시설토마토에는 화분매개 곤충으로 서양뒤영벌만을 사용하고 있어 다른 시설작물에 폭넓게 이용되고 있는 서양종 꿀벌과 방화시간, 꽃간이동시간, 일정 주수에 오는 벌의수 등 방화특성을 구명하였다.
- 3) 시설토마토의 착과율 향상을 위해 현재 많이 사용되고 있는 호르몬 처리방법과 화분매개곤충과의 방화력을 주로 착과율, 상품과율, 종자 결실수등을 조사하여 차이점을 구명하였다.
- 4) 국내 토종뒤영벌과 서양뒤영벌간의 방화특성을 방화행동적인 측면에서 비교·검토하였다.

4. 국내 토종뒤영벌(호박벌)의 개발 (제4세부과제)

가. 현 황

- 1) 단지 종의 분포만 조사되었을 뿐이며 생리·생태에 관한 연구는 전혀 없음.
- 2) 시설토마토단지에 네덜란드산 서양뒤영벌 수입은 계속 증가 ('96년 약 6억원 소요).
- 3) 1993년도부터 수입하여 방사된 뒤영벌중 일부 이탈된 것들이 국내의 어느 지역에 정착되었을 가능성과 정착후에 국내 자연생태계에 미칠 영향이 어떻게 나타날 것인가? 매우 궁금하고도 조심스럽다.

나. 연구개발내용 및 범위

- 1) 토착뒤영벌 여왕벌이 활동을 개시하는 시기와 채집이 용이한 밀원 식물을 조사하였고, 채집장소로서 집단서식지를 구명하였다.
- 2) 채집월동뒤영벌의 실내사육을 위하여 사육실 온도, 습도, 광 등의 기상요인과 먹이원으로서 화분, 당액, 수분 등의 조건을 확립하였다.
- 3) 뒤영벌의 실내사육시 여왕벌, 일벌, 수벌 등의 발육관계를 경쟁점, 전환점, 봉군망실시기 등으로 조사하여 봉군규모, 망실시기 등과 비교하였다.
- 4) 우수 봉군으로 새여왕벌을 생산할 수 있는 조건을 조사하였다.
- 5) 연중실내사육의 관건인 처녀여왕벌의 교미 및 교미여왕벌의 산란유도를 위한 조건을 구명하였다.
- 6) 2세대 여왕벌의 산란율, 봉군형성을 등의 발육관계를 일벌을 중심으로 조사하여 우수여왕벌 계통을 선발하는데 이용하였다.
- 7) 연중실내사육시의 문제점, 대량생산시 표준규격벌통, 보급시 서양뒤영벌과의 가격경쟁력 등을 검토하였다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발결과

가. 유용 화분매개곤충의 선발 (제1 세부과제)

- 1) 국내에 분포하는 유용 화분매개곤충인 꿀벌류, 뒤영벌류, 가위벌류, 등애류 등이었으며 총 31종중 뒤영벌류에 속하는 종은 8종이었다.
- 2) 이중 비교적 채집이 용이한 호박벌(*Bombus ignitus*)을 선발하여 실내 대량사육을 시도하였다.

나. 시설딸기에 있어서 화분매개효과 (제2 세부과제)

- 1) 시설별로 벌의 방화활동에는 유의차가 없었으며 주로 기상요인과 밀접한 관계가 있었으며, 특히 온도상승에 따른 환기가 주요인이었다.
- 2) 일주활동은 오전 11시에서 오후 3시 사이에 주로 왕성하였다.
- 3) 방화시간, 방화행동, 방문회수 등의 방화특성을 조사한 결과 딸기품종간, 벌의 종류에 따라서 차이가 있었으며 이중 서양종꿀벌은 딸기 화기구조에 적합한 수정활동을 하여 가장 효율적 화분매개곤충으로 밝혀졌다.
- 4) 딸기품종간의 화기구조에서는 여봉품종이 수홍, 보교조생보다 암술수가 약 100개가 적었으며 수술도 적었으며 고른 발육을 위해서는 많은 수의 암술이 있는 것이 기형과방지에 유리하리라 추정된다.
- 5) 벌방사구와 무방사구간의 기형과율은 약 40~60%의 차이가 있었으며, 과실착색에도 큰 유의차가 있었다.
- 6) 서양종꿀벌이 딸기에 가장 많이 요구되고 효과를 인정받는 이유로서 3종의 벌중 개체수가 가장 많고(서양종 약 10,000마리, 동양종 약 5,000마리, 서양뒤영벌 약 300마리), 생존기간이 길며(약 180일), 딸기

생장 및 개화시기와 기간 등이 봉군의 활동기간과 일치한다는 사실을 알 수 있었으며, 반면에 가격은 서양뒤영벌이 가장 비싼 조건이었다.

- 7) 화분매개에 사용한 벌의 재생사용방법에 있어서 가장 중요한 요인으로서 벌통내의 저밀량보다는 화분의 충분한 공급으로 어린 새끼벌을 지속적으로 유지, 사육시켜 봉군의 원활한 유지가 가능하다는 사실을 밝혀냄으로서 지속적인 재생사용이 가능하게 되었다.
- 8) 기존의 양봉농가에서 사용하고 있는 소비 10매들이 벌통보다는 5매들이 중형벌통 또는 그보다 작은 3매들이 벌통을 사용하여 봉군을 왕성하게 키워 작물, 하우스의 크기 등 사용목적에 따라 보다 간편하게 벌통을 제작 사용하였다.
- 9) 현재 동계 딸기재배시에 월동한 봉군을 투입해온 것이 일반적이며 앞으로 초축성 딸기재배하우스에도 투입할 수 있도록 월동전 투입용 봉군사양관리기술도 확립하였다.

다. 시설 토마토에 있어서 화분매개효과 (제3 세부과제)

- 1) 시설토마토꽃에서는 화밀이 거의 생성되지 않고 있음을 확인함에 따라 화분매개효과가 낮아짐을 알 수 있었다.
- 2) 서양종꿀벌과 서양뒤영벌의 방화력을 비교·조사한 결과 서양뒤영벌이 약 25%의 높은 착과율을 보였다.
- 3) 뒤영벌은 토마토꽃의 구조와 화분매개에 적합한 기능을 가지고 있는데 이는, 즉 몸체의 크기가 큼에 따라 화분매개시 꽃의 진동을 크게하여 보다 높은 수정효과를 나타냄을 알 수 있었다.
- 4) 화분매개활동후 과실의 무게, 크기, 종자생산수 등을 비교한 결과 서양종꿀벌보다 서양뒤영벌이 약 10%정도 양호한 것으로 나타났다.

- 5) 국내토종뒤영벌(호박벌)을 소규모 간이식으로 방화활동을 조사한 결과 수입뒤영벌과 차이가 없었다.

라. 국내 토종뒤영벌(호박벌)의 개발 (제4 세부과제)

- 1) 국내토종뒤영벌(호박벌)의 서식지는 진달래와 철쭉꽃이 만개하는 시기에 땅속에서 월동후 집단으로 발생하여 방화활동을 하였다.
- 2) 야외에서 채집된 호박벌을 실내에서 정착시켜 누대사육에 성공하였으며 사육용기(상자), 먹이원으로서 신선한 천연화분, 당액 (50%), 수분 등의 급여조건을 구명하였다.
- 3) 실내 사육온도는 27~29℃, 습도 60%, 암상태 등이 최적조건이었으며 어린 유충시기와 성충시기에 따라 다소 차이가 있었다.
- 4) 봉군의 사육은 34×22×18 cm 의 나무상자를 사용하여 대량사육의 핵심기술인 야외채집여왕벌로부터 제 2세대 여왕벌을 상자당 최고 100마리의 여왕벌을 생산할 수 있었다.
- 5) 원활한 교미를 위하여 야외 자연환경을 만들어준 결과 약 50%의 교미 성공율을 나타내었으며 교미후에 충분한 화분공급을 통하여 산란율을 높일 수 있었다.
- 6) 2세대 여왕벌의 산란율은 약 45%정도였으며, 봉군형성율은 약 80% 정도였으며 일벌우화 봉군율은 약 70%로 나타났다.
- 7) 현재 적정봉군유지를 하여 일벌과 수벌의 우화출현시기와 개체수조절로 우량봉군을 육성중이다.
- 8) 수년간 누대사육시에 나타나는 활력감퇴로 인한 밀도감소요인 해소방안, 대량 사육시의 질병발생여부와 조건 등을 계속 조사중임
- 9) 선진국과 같이 소비자들로부터 요구시에 제공할 수 있는 표준규격화된 상품화 공정기술을 검토중임

- 10) 수입뒤영벌과 국내 토착뒤영벌(호박벌)의 대량 생산 및 보급시에 경쟁력을 비교, 검토중임

2. 활용에 대한 건의

- 가) 시설딸기의 화분매개시에 서양종꿀벌이 방화력 및 가격경쟁력 등 모든 면에서 다른 매개곤충보다 우위를 차지하고 있었으나 1회용으로 인한 봉군망실을 보충하기 위한 재사용 기술이 가능해짐에 따라 꿀벌만을 안정적으로 생산·보급시킬 수 있는 여왕벌 대량증식기술을 지닌 기업체의 설립이 시급히 요구됨.
- 나) 현재 국내 호박벌을 가지고 간이방법에 의해서 토마토에 대한 방화 행동, 방화시간 등의 방화특성을 조사한 결과 수입뒤영벌과 별차이가 없는 것으로 조사되었으나, 내년 봄철에 표준규모시설에서 최종 비교·검토하여 수량과 품질면에서 재검토할 계획임.
- 다) 현시점에서 수입뒤영벌과 비교해볼 때 대량생산성은 오히려 좋은 편이며 아직 값싸고 실용·상용화 포장단위 상자개발을 거쳐 2년 이내에 농민에게 실용화하여 보급할 가능성이 있을 것으로 사료됨.

SUMMARY

I. Resarch Title

Artificial Pollination Using Effective Pollinators in the Green House

II. Goal and Significance

The change of farming situation leads to annually increase the requirement of pollinators and especially pollinators are essentially required for the stable cropping in the green house. Domestically strawberry and tomato cultivated in the green house are good examples for the practical use of pollinators. Furthermore farmers, who are engaged in green house culture, are declined understand how much environmental agriculture farming is significant and understand how much the utilization of pollinators is worthy to be considered for better cropping. Consequently it is prospective that utilization of pollinators is expanded in near future. Furthermore it is also expected that development of technology in crop cultivation and in insect utilization will lead to other crops in near future.

As for the case of strawberry the use of honeybee as pollinators was firstly introduced into green house crop in the middle of 1980's and the number of hives for the practical use amounted to about more than 50,000 hives. Its cultivating area was steadily increased from 4,213ha of 1992 to 6,236ha of 1996 equivalent to 67.7% increase. In case of tomato

cultivated in the green house the total cultivating area has been also expanded from 2,423ha of 1992 to 3,828ha of 1996 with 63.3% increase. Pollination for tomato is presently relied on *Bombus terrestris* which has totally imported from the foreign countries. The import of bumble bee amounts to 700 million won in 1996 from 70 million won in 1994, resulting in US dollar loss. Supposed that the present situation for the requirement of pollinator on the basis of crop diversification and of increasing cultivation area of green house is incessantly proceeded. It is expected that the requirement of honeybee for strawberry will be 100,000 hives equivalent to 12 billion won and of bumblebee for tomato will be upto 30,000 hives equivalent to 15 billion won, totally amounting to about 27 billion won in the year of 2000.

The considerable amount of honeybee imported on package basis has been used for green house directly or for substitute as much as loss of honeybee had been used for green house in the previous year. Bumblebee is totally imported from the foreign countries; Netherlands, Belgium and etc. Consequently Korean currency required for import of honeybee and bumblebee is altogether estimated to 10 billion won in the next five years. However unfortunately a very few studies on the utilization of pollinators for artificial pollination are available. In these regards the related technologies for utilization of not only honeybee but other native pollinators should be developed in terms of pollinating efficiency and scientific management of hive in the green house. In addition from the aspects of dollar defense and eco-system in agriculture it is very significant that development of the native pollinators is urgent.

III. Contents and categories

1. Selection of the domestical promising pollinators (The first sub-subject)

A. Present status

A very few studies on the related subjects are available.

B. Contents and categories

- 1) The promising pollinators were surveyed through investigation of insects visiting fruit trees and vegetables at blooming season.
- 2) The native bumblebees were intensively collected throughout a the country, taxonomically assorted and identified.

2. Effect of pollination on strawberry in the green house (The second sub-subject)

A. Present status

- 1) The majority of farmers made use of western honeybee species(*A. mellifera*) as pollinator and the minority only utilize an oriental honeybee species(*A. cerana*).
- 2) The field survey of Nonsan area said over 30% of farmer's income was made by use of honebee as pollinator
- 3) The majority of farmers limited to one time use of honeybee hive for pollination and could not recycle it.

- 4) The farmers, who cultivated strawberry in the green house, never utilized the imported bumblebees(*B. terrestris*).

B. Contents and categories

- 1) Three pollinators of honeybee(*A. mellifera* and *A. cerana*) and bombus species(*B. terrestris*) were surveyed from the aspects of behaviour, characteristics and efficiency in pollination on the popular three strawberry species, Yeobong, Suhong and Bogyojosaeng cultivated in the various green house(singlet, doublet and glass).
- 2) The diurnal activity of honeybee(*A. mellifera*) were surveyed in the various vinyl film of the green house.
- 3) The varietal different response of each pollinator to the popular strawberry species was investigated on the basis of behaviour, visiting time over flower and diurnal activity.
- 4) The relationships between the morphological features of the different varieties of flowers(number of stamens, number of pistils, number of sepals and petals) and pollination characteristics of honeybee(*A. mellifera*).
- 5) Pollination effect of honeybee(*A. mellifera*) was measured on the basis of percentage of abnormal shaped fruit, weight of fruit and color of fruit between without honeybee plot and with honeybee plot.
- 6) Advantages for use of honeybee(*A. mellifera*) on strawberry in the green house were studied from the aspect of the ecological characteristics of hive.

- 7) The structure of hive was outlined for easy management and recycling of hive.
- 8) The systematic recycling of hive was studied(see p61 and p9).

3. Effect of pollination on tomato in the green house(The third sub-subject)

A. Present status

- 1) The majority of farmers utilized imported bumblebee(*B. terrestris*).
- 2) Honeybee is not popularly used by farmers because it is low capability of pollination for tomato as pollinator.
- 3) There is a high potentiality to disturb eco-system by introduction of alien species of bumblebee(*B. terrestris*).
- 4) Development of a native bumblebee is urgent for a substitute against import of alien bumblebee.

B. Content and categories

- 1) The organ of flower were investigated on the basis of floral structure, nectar and anther.
- 2) The potentiality of bumblebee(*B. terrestris*) and honeybee(*A. mellifera*) was compared on the basis of visiting time, number of visiting insects to one flower.
- 3) A comparative effect of pollination between by hormone application and pollinator was studied on the basis of percentage of fruit setting, percentage of top grade fruit and seed productivity.

- 4) A capability of a native bumblebee(*B. ignitus*) was compared with imported bumblebee(*B. terrestris*) from the aspect of pollinating behaviour.

4. Development of a native bumblebee(*B. ignitus*) (The fourth sub-subject)

A. Present status

- 1) Distribution of a native bumblebees(Bombini, Hymenoptera) only has been surveyed and no physiologican and ecological studies have been made so far.
- 2) Import of alien bumblebee(*B. terrestris*) has steadily been increased(about 600 million won).
- 3) There is a high possibility that bumblebee(*B. terrestris*) imported from 1994 has been settled. It is very highly apprehensive how much it will affect eco-system domestically.

B. Content and categories

- 1) The foraging season and the foraging plants have been surveyed. The collective inhabiting region was investigated as well.
- 2) The optimum rearing conditions and methods have been found out; such as temperature, humidity, light, pollen source, sugar source, water and etc.
- 3) Colony development has been investigated on the basis of the competitive point, switching point and colony size.

- 4) New queen production system has been established.
- 5) The optimum conditions for mating and egg-laying of new queen have been studied and a year-round indoor rearing system has been established.
- 6) A selection criteria for breeding of a promising line was determined, using percentage of colony settlement and percentage of colony size over 80 workers.
- 7) The indoor mass rearing system has been studied; size of rearing box, rearing scale, feeding system and etc.

IV. Results and recommendations

1. Results

A. Selection of a promising pollinators (The first sub-subject)

- 1) Pollinators domestically distributed were Apini, Bombini, Megachilini and Syrphini and numbered totally to 31 species, out of them 8 species were Bombini.
- 2) It was found that species, which is comparatively acclimatized to indoor artificial rearing system, were *B. ignitus* and the mass indoor rearing of this species was attempted.

B. Effect of pollination in the green house (The second sub-subject)

- 1) No statistical significance in honeybee (*A. mellifera*) foraging activities

was found with the various green house. It was found that micro-climate factors were closely related to their foraging activities and especially ventilation was more influential with a rise of temperature in the green house.

- 2) The diurnal activities of honeybee in the green house was more active between 11:00 a.m. and 3:00 p.m.
- 3) The foraging activities on the various species of pollinators(Hymenoptera) and strawberries were different. It was found that honeybee(*A. mellifera*) was utmost efficient pollinator for strawberry because it was evolutionarily adopted to the morphological structure of strawberry flower.
- 4) Number of stigmas of Yeobong was less than Suhong and Bogyojosaein by 100 stigmas. More number of stigmas was presumably advantageous for uniform development of fruit.
- 5) Honeybee release plot produced less number of abnormal shaped fruit than honeybee free plot by 40 to 60%.
- 6) Honeybee(*A. mellifera*) was most popular among three pollinators because its colony size was largest(about 10,000 workers for honeybee, *A. mellifera*; 5,000 workers for *A. cerana*; 300 workers for *B. ignitus*) and its life span was longest(about 180 days) and its foraging was coincident with growing and blooming season of strawberry. In addition *B. terrestris* was most expensive.
- 7) It was also found that recycling of hive was possible by supplying sufficiently and steadily pollen because pollen was more important for sustaining a normal colony size than honey reserved in hive.

- 8) A medium size hive within 5 comb or a small size hive with 3 comb were more convenient and advantageous than the existing hive with 10 comb to meet demand.
- 9) Honeybee which is duly under hibernation is generally utilized as pollinator for strawberry in the green house but technologies related to forcing culture of strawberry in the green house has been established by introduction of honeybee colony prior to hibernation.

C. Effect of pollination on tomato in the green house (The 3rd sub-subject)

- 1) It was found that tomato produced nectar as much as it is ignored and honeybee(*A. mellifera*) ignored foraging it.
- 2) Bumblebee(*B. terrestris*) was compared with honeybee from the aspect of foraging activity against tomato and percentage of fruit was higher by 30% with bumblebee(*B. terrestris*) than with honeybee(*A. mellifera*).
- 3) Bumblebee(*B. terrestris*) was more efficiency in foraging than honeybee (*A. mellifera*) because bumblebee was bigger, more hairy and more vibrating on flower.
- 4) Weight of fruit was heavier, size of fruit was bigger and number of seeds was more with bumblebee(*B. terrestris*) than honeybee (*A. mellifera*). Consequently as a whole about 10% productivity was increased.
- 5) There was no difference in foraging activity between native bumblebee (*B. ignitus*) and imported bumblebee (*B. terrestris*).

D. Development of a native bumblebee(*B. ignitus*) (The fourth sub-subject)

- 1) A native bumblebee(*B. ignitus*) was found in the area where an azalea and a rhododendron was growing in blooming season after hibernation.
- 2) Bumblebee(*B. ignitus*) collected from the field was successfully settled for indoor artificial rearing and maintained in a successive generation. The indoor rearing system has been established to determine rearing tools and feeding methods.
- 3) It was found that the optimum rearing temperature and humidity were in the range of 27°C to 29°C and 60% under dark condition but there was some differences in rearing conditions between larval stage and adult stage.
- 4) As a result a promising breeding lines which produced over 100 workers of colony size per hive in a successive generation were obtained, using rearing box made of wooden and sized as 34×22 ×18cm.
- 5) Over 50% of mating percentage was attained in the field and percentage of egg laying was raised by supplying a sufficient fresh pollen.
- 6) Egg laying percentage for queen of the second generation marked about 45%, the total percentage of colony from the second generation reached about 80% and among them percentage of large colony over 80 workers was about 70%.
- 7) The breeding lines have been established on the basis of adult

emergence and colony size. A continuous selection is continuously under way.

- 8) Simultaneously the breeding lines are generation to generation investigated on the basis of liability due to a gene recession and resistance to pathogens.
- 9) Studies on standardization of bumblebee for practical use is under way to meet demand from user.
- 10) A mass rearing system and a supplying system of a native bumblebee(*B. ignitus*) are under study and a competitiveness of a native bumblebee(*B. ignitus*) against imported bumblebee(*B. terrestris*) is under investigation as well.

2. Recommendations

- A. In case of strawberry honeybee(*A. mellifera*) is more effective over other pollinators in terms of foraging acitivity and price and establishment of recycling system possibly leads to a stable supply of honeybee. To meet demand it is urgent to raise supplier on a commercial basis.
- B. The foraging acitivity of a native bumblebee(*B. ignitus*) was tentatively compared with imported bumblebee(*B. terrestris*) in terms of behaviour, staying time and foraging characteristics. As a result there was no difference between them and will be reexamined in terms of yielding and quality next year, using a standard size of the green house.

C. In a conclusion it is conceivably possible to provide bumblebee to user at a cheaper price and on a commercial base in two years after development of a standard package because a massive rearing system has been already developed.

Contents

Chapter One	Introduction	33
Section one	Goal and catagories	33
Chapter Two	A selection of a promising pollinators	35
Section one	Introduction	35
Section two	Materials and methods	36
A.	Taxonomy and identification of pollinators	36
B.	A preliminary survey and assessment of pollinators in the green house	37
Section three	Results and Discussions	37
A.	Field collection and selection of pollinators	37
B.	A preliminary survey and assessment of pollinators in the green house	41
1)	Inquiry survey on utilization of honeybee for strawberry in the green house	41
2)	The role of pollinators on strawberry and tomato in the green house	43

Section four Summary -----	46
References -----	48
Chapter Three Artificial pollination on strawberry in the green house by pollinators -----	51
Section one Introduction -----	51
Section two Materials and methods -----	53
A. Effect of pollinators on the various species of strawberry ----	53
1) Effect of pollinators on yielding of fruit -----	53
2) Diurnal activity of pollinators in the green house -----	54
3) Foraging activity of pollinators -----	54
B. Effect of honeybee(<i>A. mellifera</i>) on strawberry in the green house -----	54
1) Diurnal activity of honeybee(<i>A. mellifera</i>) in the various green house -----	54
2) Yielding of fruit between with honeybee plot and without honeybee plot -----	54
3) Characteristics of colony in the green house -----	55
C. Development of technologies for maintaining of colony size --	55

Section three Results and discussions	55
1. Effect of pollinators on strawberry in the green house	55
A. Effect of honeybee(<i>A. mellifera</i>)	55
1) Yielding of fruit	55
2) Diurnal activity in the green house	58
3) Characteristics of pollinator in the green house	60
B. Effect of honeybee(<i>A. cerana</i>)	64
1) Yielding of fruit	64
2) Diurnal activity in the green house	66
3) Characteristics of pollinator in the green house	68
C. Effect of Bumblebee(<i>B. terrestris</i>)	71
1) Yielding of fruit	71
2) Diurnal activity in the green house	73
3) Characteristics of pollinator in the green house	75
2. Effect of honeybee on strawberry in the various green house -	78
A. Diurnal activity of honeybee in the various green house --	78
B. Yielding of fruit in honeybee release and honeybee free plot ---	80
C. Characteristics of colony in the green house	81
3. Development of technologies for maintaining of colony in	

the green house -----	82
A. Technologies related to mainataning of colony -----	82
B. Structure of hive -----	84
Section four Summary -----	85
References -----	88
Chapter Four Artificial pollination on tomato in the green house by pollinators -----	93
Section one Introduction -----	93
Section two Materials and methods -----	95
1. Yielding of fruit in the green house -----	95
2. Characteristics of pollinators in the green house -----	95
Section three Results and discussions -----	95
1. Effect of pollination by bumblebee(<i>B. terrestris</i>) -----	95
A. Yielding of fruit -----	95
B. Characteristics of pollinator in the green house -----	97
2. Effect of pollination by honeybee(<i>A. mellifera</i>) -----	99

A. Yielding of fruit	99
B. Characteristics of pollinator in the green house	100
Section four Summary	103
References	105
Chapter Five Development of a native bumblebee(<i>B. ignitus</i>)	108
Section one Introduction	108
Section two Materials and methods	109
1. A selection of a native bumblebee(<i>B. ignitus</i>) and indoor rearing	109
2. A year-round rearing of a native bumblebee(<i>B. ignitus</i>)	110
3. Deveopment of a mass rearing system for a commercial base supply	110
Section three Results and discussions	110
1. A selection of a native bumblebee for indoor rearing	110
A. A collection of a native bumblebee over the country	110
B. Percentage of colony settlement indoor after field collection	---

-----	113
2. A year-rearing system of a native bumblebee(<i>B. ignitus</i>) ---	116
A. Production of new queen -----	116
B. Mating of bumblebeee(<i>B. ignitus</i>) -----	118
C. Egg laying of bumblebee(<i>B. ignitus</i>) -----	121
3. Development of technologies related to mass production for a commercial base supply -----	123
A. Development of substitute food -----	123
B. Standardization of hive -----	124
Section four Summary -----	124
References -----	127

목 차

제 1 장 서 론	33
제 1 절 연구개발의 목적과 범위	33
제 2 장 유용 화분매개곤충의 선발	35
제 1 절 서 론	35
제 2 절 재료 및 방법	36
1. 화분매개곤충의 분류 및 동정	36
2. 시설재배지내 화분매개 곤충의 사전조사 평가	37
제 3 절 결과 및 고찰	37
1. 화분매개곤충의 채집 및 선발	37
2. 시설재배지내 유용화분매개곤충의 사전조사 평가	41
가. 시설딸기재배지에서의 꿀벌이용 설문조사	41
나. 시설딸기와 시설토마토의 화분매개곤충의 역할	43
제 4 절 적 요	46
참 고 문 헌	48
제 3 장 시설딸기에 대한 화분매개곤충의 계획수정	51
제 1 절 서 론	51
제 2 절 재료 및 방법	53
1. 시설 딸기품종에 따른 방화곤충별 화분매개효과	53
가. 화분매개곤충별 과실생산 향상효과	53
나. 화분매개곤충별 시설내 일주활동	54
다. 화분매개곤충별 방화특성	54

2. 시설 딸기내 서양종꿀벌의 화분매개효과 -----	54
가. 시설 종류에 따른 서양종꿀벌의 일주활동 -----	54
나. 방화 차단일별 과실생산효과 -----	54
다. 시설내 봉군의 특성 -----	55
3. 시설내 사용된 봉군의 활력유지를 위한 기술개발 -----	55
제 3 절 결과 및 고찰 -----	55
1. 시설 딸기품종에 따른 방화곤충별 화분매개효과 -----	55
가. 서양종꿀벌(<i>Apis mellifera</i>)의 화분매개효과 -----	55
1) 과실생산 향상효과 -----	55
2) 시설내 일주활동 -----	58
3) 시설내 방화특성 -----	60
나. 동양종꿀벌(<i>Apis cerana</i>)의 화분매개효과 -----	64
1) 과실생산 향상효과 -----	64
2) 시설내 일주활동 -----	66
3) 시설내 방화특성 -----	68
다. 서양뒤영벌(<i>Bombus terrestris</i>)의 화분매개 효과 -----	71
1) 과실생산 향상효과 -----	71
2) 시설내 일주활동 -----	73
3) 시설내 방화특성 -----	75
2. 시설딸기내 서양종꿀벌의 화분매개효과 -----	78
가. 시설종류에 따른 서양종꿀벌의 일주활동 -----	78
나. 방화 차단일별 과실생산효과 -----	80
다. 시설내 봉군의 특성 -----	81
3. 시설내 봉군의 활성유지를 위한 기술개발 -----	82
가. 봉군의 사양관리 기술 -----	82

나. 벌통의 구조조정 -----	84
제 4 절 적 요 -----	85
참 고 문 헌 -----	88
제 4 장 시설토마토에 대한 화분매개곤충의 계획수정 ---	93
제 1 절 서 론 -----	93
제 2 절 재료 및 방법 -----	95
1. 시설토마토내 과실생산 향상효과 -----	95
2. 시설토마토내 방화특성 -----	95
제 3 절 결과 및 고찰 -----	95
1. 서양뒤영벌(<i>B. terrestris</i>)의 화분매개효과 -----	95
가. 과실생산 향상효과 -----	95
나. 시설내 방화특성 -----	97
2. 서양종꿀벌(<i>A. mellifera</i>)의 화분매개효과 -----	99
가. 과실생산 향상효과 -----	99
나. 시설내 방화특성 -----	100
제 4 절 적 요 -----	103
참 고 문 헌 -----	105
제 5 장 국내 토종뒤영벌(호박벌, <i>B. ignitus</i>)의 개발 --	108
-----	108
제 1 절 서 론 -----	108
제 2 절 재료 및 방법 -----	109
1. 토착뒤영벌(호박벌)의 선발 및 실내정착 -----	109

2. 호박벌(<i>B. ignitus</i>)의 실내 연중 사육기술 -----	110
3. 농가보급을 위한 대량생산체제시의 기술개발 -----	110
제 3 절 결과 및 고찰 -----	110
1. 실내정착 뒤영벌의 선발 -----	110
가. 지역별 뒤영벌의 채집 -----	110
나. 채집뒤영벌의 실내 봉군형성을 -----	113
2. 호박벌(<i>B. ignitus</i>)의 실내 연중 사육기술 -----	116
가. 여왕벌 생산 -----	116
나. 호박벌의 교미 -----	118
다. 호박벌의 산란유도 -----	121
3. 농가보급을 위한 대량생산체제시의 기술개발 -----	123
가. 저비용 고품질의 대체먹이원의 개발 -----	123
나. 상품화를 위한 벌통의 규격화 -----	124
제 4 절 적 요 -----	124
참 고 문 헌 -----	127

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적과 범위

작물재배환경의 변화에 따라 화분매개곤충의 필요성은 매년 증가되고 있는데 특히, 시설재배작물의 경우 안정적인 결실을 위해서는 화분매개곤충의 지속적인 공급이 반드시 요구되고 있는 실정이다. 국내에서 화분매개곤충을 이용한 대표적인 시설재배작물로는 딸기와 토마토로서 이곳 시설재배 농업인의 환경친화적 농업의 인식제고와 재배기술의 향상에 따라 유용자원 곤충이용기술도 발달하여 딸기와 토마토 뿐만아니라 다른 작물에도 이용도 계속 증가하고 있는 추세이다.

시설딸기의 경우 재배면적이 1992년 4,213ha에서 1996년 6,236ha로 67.8%나 증가하였으며, 1980년대 중반 처음 봉군이 투입된 이래 현재 정확히 발표된 자료는 없으나 약 5만여군이 이용되는 것으로 추정하고 있는데 이는 전체 서양종 사양군의 약 13%에 해당한다. 금액으로는 약 60억 원에 달한다.

전량 수입에 의존하여 화분매개시키는 시설토마토의 경우도 1992년 재배면적이 2,423ha에서 1996년 3,828ha로 63.3%증가되었으며, 이에 따른 서양뒤영벌의 수입은 1994년 약 7천만원, 1996년에는 약 7억원으로 매년 기하급수적으로 증가함에 따라 외화의 유출도 계속 늘어나고 있는 실정이다.

앞으로 2000년대의 화분매개곤충 시장규모는 현 시설작물의 증가추세로 볼 때 딸기의 서양종꿀벌의 이용은 매년 약 10만 봉군이 필요할 것으로 예상되어 약 120억원 규모의 시장이 될 것으로 예상되며, 토마토의 경우 서양 뒤영벌의 시장규모는 매년 최소 150억원의 규모로서 도합 화분매개에 사용되는 예산은 약 270억원의 시장이 될 것으로 전망된다.

한편, 외국으로부터 패키지별로 수입되는 꿀벌은 상당량이 시설내 투입되거나 시설 투입벌의 망실로 인한 부분을 보충하는데 이용되고 있으며 서양뒤영벌은 네덜란드로부터 전량 수입에 의존하고 있으며, 따라서 꿀벌과 뒤영벌의 수입으로 인한 외화손실은 해마다 증가하여 향후 5년후에는 약 100억원이 소요될 것으로 추정된다. 그러나 국내에서의 화분매개를 이용한 계획수정에 관한 연구는 극히 미미한 실정으로서 꿀벌의 시설내 방화 효율성 향상 및 사양관리기술확립과 국내 토종화분매개벌의 개발은 막대한 외화의 절약은 물론 농업생태계 보호측면에서 매우 중요하고도 시급한 과제이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라에서 가장 대표적인 시설재배 작물인 딸기와 토마토를 대상으로하여 계획적이고 체계적으로 방화곤충을 사용하여 최대한 수량 및 품질을 향상시킬 뿐만 아니라 작물별로 가장 유효한 화분매개곤충을 지속적이고도 안정적으로 저렴하게 농민들에게 공급할 수 있는 대량상품 생산체계와 기술을 개발코저 하였다.

제 2 장 유용 화분매개곤충의 선발

제 1 절 서 론

현대 농업은 세계의 모든지역에서 변화해가고 있으며 화분매개에 의한 계획생산 농업과 지구생물학적 생산성에서 중요한 역할을 하고 있으나 실제로는 농업계획에서 소홀히 다루어 지고 있는 실정이다(Kevan, 1991, 1993). 농작물의 종자나 과실을 생산하려면 꽃의 수정이 이루어져야 하며 타화수정뿐만아니라 자화수정시에도 타화수정이 되면 수정율, 결실율, 과실의 품질향상 등의 효과가 있다(Baker & Hurd, 1968). 이러한 농업생산성 향상 및 화분매개효율성 증진을 위해서는 화분을 이동시키는 동물행동학적인 면의 곤충과 식물자체가 화분매개를 요구하는 식물해부학적인 면의 화기구조 등 두가지 요인의 조화가 필요하게 된다(Kevan, 1983).

농작물경작에서 절대적으로 필요한 화분매개곤충은 환경오염, 경지정리, 경작규모의 대단위화, 유기합성농약의 과다사용 등으로 인하여 급격히 감소되고 있다(Johansen, 1977). 반면 화분매개를 필요로하는 과수류와 채소류의 생산은 매년 꾸준히 증가하고 있으며, 특히 시설재배는 1960년대 후반 비닐농법의 도입 즉 백색혁명이 시작되면서 딸기, 토마토, 오이, 참외, 고추, 수박 등 과채류 뿐만아니라 포도, 복숭아, 감 등 과수류까지도 포함하는 작물의 다양화와 함께 재배면적이 증가하는 추세에 있다.

시설재배는 폐쇄된 특정 환경내에서의 작물생산기술로서 특히 겨울철 시설재배지는 야외 자연상태에서 활동하는 화분매개곤충의 활동이 없기 때문에 과일이 고르게 발육하지 못하고 기형과가 되어 생산량감소의 주원인이 되고 있다. 화분매개 곤충의 이용에 의한 과실수량 증대 및 품질향상효과를 많은 연구자들에 의해 보고되어 오고 있으며(Bosch & Blas, 1994; Matin & McGregor, 1973; Robinson, 1979), 미국에서 꿀벌에 의한

계획수정은 미국의 삶을 번영케하는 관건이라 인식하여 농업상 중대한 과제로 채택되어 활발한 연구가 진행되고 있으며(Torchio, 1990), 화분매개 효과는 연간 약 200억달러로 추산하고 있다(Morse et al., 1991).

화분매개 이용 시설재배작물의 다양화와 꿀벌 및 뒤영벌이외의 화분매개곤충의 다양화는 고에너지 투입에서 저에너지 투입으로 농업의 변화와 함께 앞으로의 농업생산성에서 중요한 역할을 할 것이다(Verma & Partap, 1993).

국내에서는 1980년대 중반부터 화분매개곤충에 대한 중요성이 인식되면서 과수원에서의 방화곤충상 조사가 있었으며(우 등, 1986; 홍 등, 1989), 원예와 축산분야의 꿀벌이용 중요성 및 대체 화분매개자 개발을 강조한 바 있다(이, 1993; 최, 1986)

국내 시설재배면적은 '92년 28,972ha에서 '96년 45,815ha 로 63%로 증가하였으며 화분매개를 이용하는 작물로는 딸기, 토마토, 메론 등에 꿀벌 및 뒤영벌을 이용하고 있다. 최근들어 오이, 참외, 수박, 고추 등의 시설내에서도 꿀벌을 이용하여 과실수량 및 품질향상을 도모하고 있다.

현재 국내적으로 화분매개곤충 개발의 당면과제는 꿀벌의 각종 시설작물에의 활용성, 서양뒤영벌의 수입대체를 위한 국내토착 뒤영벌의 개발, 각 화기구조의 기능에 적용된 목적화분매개 곤충의 개발등이며 이를 위해서는 야외에 서식하고 있는 방화곤충으로부터 유망 유용화분매개곤충을 지속적으로 탐색하고 선발하여 실내에 정착, 대량증식시켜 상품화하는 것이다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 화분매개곤충의 분류 · 동정

1995년 4월부터 6월까지 대전 및 충남지역의 채소류 포장과 과수원 등에서 화기에 비래하는 곤충을 포충망을 이용 채집하였으며, 일부는 사진 및 비디오로 촬영한 후 분류 동정하였다. 채집장소는 주로 산간부에 인접한 포장을 선정하여 방화활동이 활발한 오전 11시에서 오후 3시사이에 채집하였다.

2. 시설채배지내 유용화분매개곤충의 사전조사 평가

시설딸기의 주산지인 논산지역의 농가를 대상으로 미리작성한 설문지를 이용하여 화분매개곤충의 이용현황을 조사하였으며 현장조사를 병행하여 실시한 후 작목별로 이용되고 있는 화분매개곤충을 사전 조사 평가하였다.

제 3 절 결 과 및 고 찰

1. 화분매개곤충의 채집 및 선발

채소류 및 과수류에서 채집한 주요 화분매개곤충은 별목에서 3과 11속 18종을 채집하였으며(표 2.1), 파리목에서는 2과 7속 9종을 채집하였다(표 2.2). 별목에서는 대부분 꿀벌과에서 14종이 채집되었으며 주요종으로는 머리빨가위벌(*Osmia cornifrons*), 어리호박벌(*Xylocopa appendiculata*), 호박벌(*Bombus ignitus*), 서양종꿀벌(*Apis mellifera*), 동양종꿀벌(*Apis cerana*) 등이었다. 파리목에서의 주요종은 수염치레꽃등에(*Chrysotoxum festivum*)와 배짧은꽃등에(*Eristalis cerealis*) 등이다.

이중에서 현재 시설채소류 및 과수류에서 화분매개용으로 널리 이용되고 있는 곤충으로는 서양종꿀벌과 머리빨가위벌 2종이며, 동양종꿀벌과 배짧은꽃등에 2종은 부분적으로 이용되고 있다. 호박벌은 실내정착율 및 분균형성율이 높아 현재 유망화분매개곤충으로 개발중에 있다.

별목에서 가장 흔하게 채집된 종으로는 서양종꿀벌(*A. mellifera*)로서

Table 2.1. Major hymenopterous pollinators visting honey plants at Chungnam area in 1995

Scientific name	Korean name
Hymenoptera	벌 목
Mutillidae	개미벌과
<i>Trogaspidia pustulata</i> Smith	밀분홍개미벌
Vespidae	말벌과
Vespiniae	말벌아과
<i>Vespa simillima simillima</i> Smith	털보말벌
<i>Vespula flaviceps lewisii</i> Cameron	땅 벌
Polistinae	쌍살벌아과
<i>Polistes mandarinus</i> Saussure de Geer	어리별쌍살벌
Apidae	꿀벌과
Megachilinae	가위벌아과
<i>Megachile humilis</i> Smith	어리장미가위벌
<i>Osmia cornifrons</i> Radoszkowsky	머리뿔가위벌
<i>Osmia excavata</i> Alfkan	흰줄뿔가위벌
Anthophorinae	칭줄벌아과
<i>Amegilla florea</i> Smith	흰줄벌
<i>Tetralonia nipponensis</i> Perez	일본애수염줄벌
Apinae	꿀벌아과
Xylocopini	어리호박벌족
<i>Xylocopa appendiculata circumvolans</i> Smith	어리호박벌
Bombini	뒤영벌족
<i>Bombus anachoreta</i> Skorikov	애뒤영벌
<i>Bombus ardens ardens</i> Smith	좁뒤영벌
<i>Bombus hypocrita sapporoensis</i> Cockerell	삼포로뒤영벌
<i>Bombus ignitus</i> Smith	호박벌
<i>Bombus opulentus</i> Smith	참뒤영벌
<i>Bombus pseudobaicalensis</i> Vogt	담색뒤영벌
Apini	꿀벌족
<i>Apis cerana</i> Fabricius	동양종꿀벌
<i>Apis mellifera</i> Linne	서양종꿀벌

Table 2.2. Major dipterous pollinators visiting on honey plants at Chungnam area in 1995

Scientific name	Korean name
Diptera	파리목
Syrphidae	꽃등에과
Syrphinae	꽃등에아과
Syrphini	꽃등에족
<i>Asarkina formosae</i> Bezzi	타이완 꽃등에
<i>Metasyrophius nitenz</i>	물결납작꽃등에
<i>Syrphus torvus</i> Osten-Sacken	털좀넓적꽃등에
Paragini	고려꽃등에족
<i>Paragus quadrifasciatus</i> Meigen	네줄박이좀꽃등에
Chrysotoxini	수염치레꽃등에족
<i>Chrysotoxum coreanum</i> Shiraki	한국수염치레꽃등에
<i>Chrysotoxum festivum</i> Linne	수염치레꽃등에
Milesiinae	알락긴꽃등에과
Volucellini	대모꽃등에족
<i>Volucella nigricans</i> Coquillett	검정대모꽃등에
Eristalini	진꽃등에족
<i>Eristalis cerealis</i> Fabricius	배짧은꽃등에
<i>Eristalis tenax</i> Linne	꽃등에

작목 및 지역에 관련없이 모두 채집되었다. 채집개체수 또한 가장 많이 채집되었다. 채집뒤영벌종 호박벌(*B. ignitus*), 좀뒤영벌 (*B. ardens*), 어리호박벌(*X. appendiculata*) 등은 실내에서 사육을 시도하였다.

과리목에서 흔하게 발견된 종은 배짚은꽃등에(*E. cerealis*)와 물결납작꽃등에(*Metasyrophius nitenz*)이며 현재 배짚은꽃등에는 일본에서 사과원의 화분매개원으로 개발된 종이며, 국내에도 '92년도부터 경북지방 사과원을 중심으로 활용되고 있는 종이다.

우 등(1986)은 방화곤충조사에서 과수류의 방화곤충은 벌목 17과 33종 과리목 15과 30종이었으며 도시근교의 과수원이 방화곤충의 수 및 종수가 현저히 적었으며 딸기에서는 방화곤충의 68%가 과리목곤충이었으며 꽃등에와 애꽃벌류가 우점종이라 하였으며, 홍 등(1989)은 과수원에 비례하는 방화곤충의 조사에서 꿀벌이 50.2% 꽃등에가 33.1%로 대부분을 차지한다고 보고한 바 있다.

한편, 캐나다에서 딸기재배지역의 방화곤충으로서 벌목과 과리목 32종을 채집하였으며 이중 대부분이 꿀벌류, 꽃등에류, 애꽃벌류 등이라고 하였으며 (de Oliveira, 1991), 인도의 농작물에 대한 방화곤충의 조사에서 벌목과 과리목의 12과 18종을 분류하였고, 동양종꿀벌과 서양종꿀벌이 우점종이라고 하였으며 작물별조사에서 가지과 작물에서는 *Xylocopa valga*, *Bombus asiaticus*, *B. albopleuralis*, *B. simillimus* 등이 중요한 방화곤충이었고, 과실수와 십자과식물에서는 꼬마꿀벌의 *Halictus sp.* *Lasioglossum sp.* 가 중요한 방화곤충으로 당근에서는 꽃등에과, 집파리과, 개미과 등이 효율적인 방화곤충이라 보고 하고 있다(Abrol, 1989).

최근 산업화 도시화에 따른 환경오염 및 농작물재배농업의 발달로 인한 농약, 비료사용의 증가로 인하여 화분매개곤충이 급감함에 따라 과실생산에 많은 감소를 초래하고 있다(Johansen, 1977). 또한 시설재배 면적의 증가와 시설재배작목의 다양화로 화분매개곤충에 대한 요구도는 해마다 증가하고 있다는 것을 감안할 때 앞으로 국내 자연생태계내에서 화분매개 곤충의 보호는 생물다양성과 연관되어 보호되어야 할 것이며, 다양한 작목의 화분매개곤충 요

구도에 부응하기 위한 목적에 따라 보다 다양한 화분매개곤충의 개발이 시급히 요망된다.

2. 시설재배지내 유용화분매개곤충의 사전조사 평가

가. 시설 딸기재배지에서의 꿀벌이용 설문조사

시설딸기재배농가에 대한 설문조사결과 꿀벌을 이용한 과실의 생산효과는 30%의 증수효과가 54.2%로 가장 높았으며, 그 다음으로 20%가 8.5% 순이었다. 봉군사용의 문제점으로는 봉군감소가 34.3%, 관리의 어려움 31.5%, 비활동성 17.1% 순으로 나타났다(표 2.3).

Table 2.3. Response of the grower to foraging activity honeybee on strawberry in green house

Response(%)	Frequency(%)	Problems	Frequency
0	0	No-activity	17.1
10	2.0		
20	8.5	Population decreasing	34.3
30	54.2	Management difficulty	31.5
40	2.9		
50	2.9	Chemical imply difficulty	8.6
50<	2.9		
No-response	5.7	No-response	8.5

벌통구입에 대한 조사에서는 구입가격이 12만원과 10만원이 모두 31.4%로 가장 높게 나타났으며, 11만원 17.1%, 13만원 14.3% 등으로

나타나 대부분 10만원에서 12만원에 거래되고 있었으며, 가격에 대한 만족도는 적당하다가 48.6%, 높다가 42.9%로 나타났다(표 2.4).

Table 2.4. Responses of the growers for purchasing value of honeybee colony case of strawberry cultivated in greenhouse

Value (1,000won)	Frequency(%)	Response	Frequency(%)
90	2.9	Cheap	8.5
100	31.4	Middle	48.6
110	17.1	Higher	42.9
120	31.4	Much-higher	0
130	14.3	No-response	0
130<	2.9		
No-response	0		

이상의 결과로 보아 시설딸기 재배농업인 대부분은 화분매개곤충의 효율성 및 필요성을 인식하고 있으며 봉군관리의 어려움과 구입가격이 약간 비싸다는 반응을 보였다.

한편, 안 등(1989)은 시설딸기 청취조사에서 조사농가의 벌통이용율은 100%, 통당임대료는 30,000-40,000원, 구입비는 60,000-70,000이며 85.7%의 농가가 벌통투입효과를 인정하고 있었다고 보고하고 있다.

시설딸기재배농업인의 봉군관리에 대한 어려움은 꿀벌생물학에 대한 이해부족 및 사양관리기술의 부족에 기인하는 것으로 앞으로의 시설딸기에서 꿀벌의 이용은 현행 판매제도에서 벗어나 임대차에 의한 관리내지는 화분매개 전담 계약제도의 도입이 필요하리라 생각된다. 화분매개는 식물해

부확적인면과 동물행동학적인면의 조화가 필요한 것으로 식물재배적 측면의 재배농업인과 동물사양적 측면의 양봉전문인이 서로의 역할을 충실히 분담할 때 과실생산성 및 품질향상을 최적조건에서 유지할 수 있으며 농가 경영수지 증대에 이바지 할 수 있을 것이다.

나. 시설딸기와 시설토마토의 화분매개곤충 역할

현재 시설딸기재배농업인들이 대부분 사용하고 있는 화분매개곤충은 서양종꿀벌(*Apis mellifera*)이며, 구입가격은 4매 착봉소비 기준으로 강군과 약군에 따라 8만원에서 12만원까지 거래되고 있었다. 일부 농가에서는 동양종꿀벌(*A. cerana*)을 이용하고 있었는데(그림 2.1), 이는 가격이 5만원에서 7만원으로 서양종꿀벌보다 가격면에서 저렴하기 때문이며 일부는 서양종꿀벌이 활동하지 않는 낮은 온도에서의 활동과 흐린 날씨와 늦은

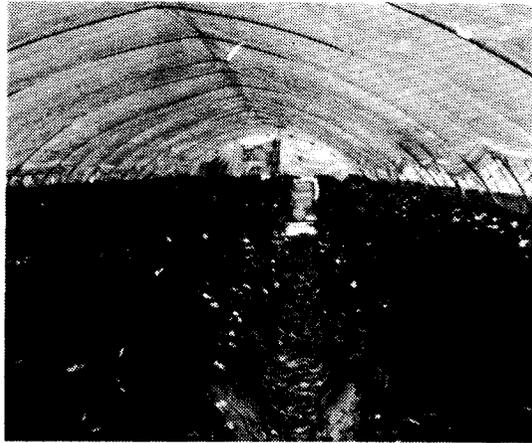


Fig. 2.1. *Apis cerana* for pollination on in greenhouse strawberry

시간까지의 비행활동 때문이라고 말하고 있으나 전체적으로 화분매개효율은 떨어진다고 주장하고 있다(표 2.5).

따라서 서양종꿀벌과 동양종꿀벌간의 화분매개효율에 대한 차이를 정확히 구명할 필요가 있으며 이를 토대로 화기구조와 매개곤충간의 상호관련성을 과실착과, 기형여부, 무게 등에 대한 정밀실험이 요구되며, 비교적 가격이 저렴한 동양종꿀벌의 기능에 맞는 시설재배작물을 탐색할 필요가 있다고 여겨진다.

시설딸기재배지내에서 서양종꿀벌의 이용은 딸기재배작형과 꿀벌봉군수명이 일치한다는 점과 딸기 화기구조에 꿀벌의 방화행동이 암술수정을 효과적으로 해준다는 점 등의 재배기간중 1회투입으로인한 저가격 및 효율적인 과실수정 등의 장점으로 지속적으로 이용되어질 것이다.

Table 2.5. Pollinators for strawberry in greenhouse

Pollinator	Value per colony (won)	Activity
Honeybee		
<i>Apis mellifera</i>	90,000~120,000	+++
<i>Apis cerana</i>	50,000~70,000	+
Bumblebee		
<i>Bombus terrestris</i>	140,000~180,000	+
Solitarybee		
<i>Osmia cornifrons</i>	-	+
Hoverflies		
<i>Eristalis cerealis</i>	-	+

시설토마토재배의 경우에는 꽃의 수정을 위해 대부분의 재배농업인은 호르몬제를 처리하여 수분을 행하여 왔으며 '94년 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*)이 수입되면서 이의 사용농가가 급속히 확산되고 있다(그림 2.2). 일부 시설토마토재배 농업인중 화분매개 이해도가 있는 농가의 경우 서양뒤영벌이 수입되기전에 꿀벌을 사용한 경험이 있으며 일부 농가는 호르몬처리와 병행하여 사용하고 있었다. 상품화 뒤영벌의 국내 수입은 계속해서 증가할 것이며 국내 사용 농가수도 급속히 증가할 것으로 추정된다.

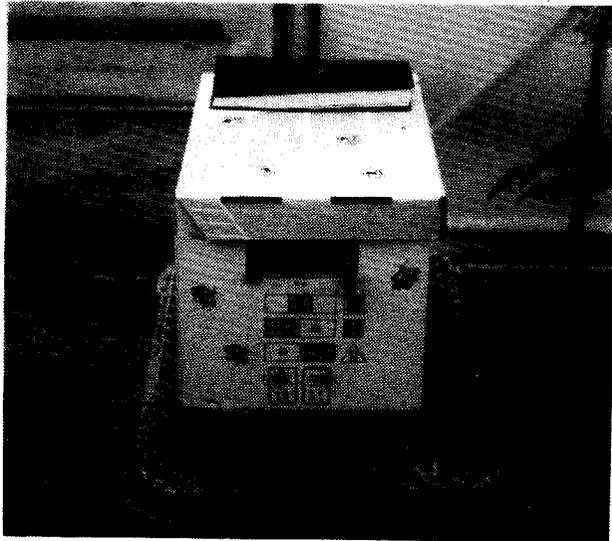


Fig. 2.2. Imported bumblebee for pollination of tomato in greenhouse tomato

전량 수입에 의존하는 서양뒤영벌은 시설토마토재배농가에 있어 커다란 경제적 부담을 주고 있으며(표 2.6), 이는 우수한 방화능력으로 인한 과실수량 및 품질향상효과를 인정하면서도 봉군수명이 약 일개월반으로 재배기간에 비해 매우 짧아 여러번 투입해야 하는 가격적인 면이 있기 때문에 아직까지도 대부분의 농가에서는 호르몬처리와 병행하여 사용하고 있었다.

재배농업의 발달 및 생물적 인자에 의한 안정적 과실생산에 대한 인식 제고로 뒤영벌의 수요는 급격히 증가할 것으로 전망된다. 따라서 국내에 서식하고 있는 뒤영벌에 대한 탐색 및 우수방화력을 가진 개발가능종을 선발하여 대량생산 및 상품화하여야 한다.

Table 2.6. Foraging activity of pollinators used on tomato in greenhouse

Pollinator	Value per colony (won)	Activity
Honeybee		
<i>Apis mellifera</i>	80,000~120,000	+
Bumblebee		
<i>Bombus terrestris</i>	140,000~180,000	+++

제 4 절 적 요

국내에 분포하는 유용화분매개곤충을 채소재배지와 과수원에서 채집하였으며 시설딸기와 시설토마토에 투입되고 있는 화분매개곤충의 이용현

황을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 주요 유용화분매개 곤충은 벌목에서 서양종꿀벌(*Apis mellifera*)과 호박벌(*Bombus ignitus*)을 포함한 3과 6속 18종을 채집하였고, 파리목에서는 배짚은꽃등에(*Eristalis cerealis*)를 포함하여 2과 7속 9종을 채집하였다.

2. 시설딸기재배지내에서의 화분매개 이용현황에 대한 조사에서는 화분매개곤충을 이용하여 30%의 증수효과를 보았다는 반응이 54.2%로 가장 높게 나타났다.

3. 화분매개용 서양종꿀벌의 사용상 문제점으로는 봉군개체군 감소와 관리의 어려움이 각각 34.3%와 31.5%로 나타났다.

4. 시설딸기재배지내에서 서양종꿀벌의 구입은 10만원과 12만원이 모두 31.4%로 나타났으며 가격의 만족도는 적당하다와 비싼편이다가 각각 48.6%와 42.9%로 조사되었다.

5. 시설딸기재배에서 주로 이용되는 화분매개곤충은 대부분이 서양종꿀벌(*A. mellifera*)이었으며, 시설토마토에서는 전량 수입되는 서양뒤영벌(*B. terrestris*)이었다.

참 고 문 헌

- Abrol, D. P. 1989. Studies on a abundance, diversity, behaviour and importance of native pollinators for crop production. Kor. J. Apicul. 4:25-40.
- Baker, H.G. and P. D. Hurd. 1968. Intrafloral ecology. Ann. Rev. Entomol. 13 : 385~414.
- Bosch, J. and M. Blas. 1994. Foraging behaviour and pollinating efficiency of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* on Almond (Hymenoptuera, Megachilidae and Apidae). Appl. Entomol. Zool. 29(1) : 1~9.
- 최승윤. 1986. 한국양봉산업의 10대 과제와 전략. 한국양봉학회지 1(2) : 1~18
- de Oliveira, D. and L. Savoie. 1991. Pollinators of cultivated strawberry in Qubec. Acta Horticulturae 288 : 420-424.
- 홍기정, 이승환, 최귀문. 1989. 과수원에 비래하는 방화곤충의 종류. 한국양봉학회지 4(2) : 16~24.
- Johansen, C. A. 1977. Pesticides and pollinators. Ann. Rev. Entomol. 22 : 177~192.
- Kevan, P. G. and H. G. Baker. 1983. Insects as flower visitors and pollinators. Ann. Rev. Entomol. 28 : 407~453.

Kevan, P. G. 1991. Pollination : Keystone process in sustainable global productivity. *Acta Horticulturae* 288 : 103~110.

Kevan, P. G. 1993. Pollination in modern agriculture : Changing practices, new and hybrid crops. In *Asia Honey Bees and Bdd Mites*. Ed. Connor, L. C. Wicwas Prers. Connecticut, USA. pp 704.

이형래. 1993. 원예와 축산에서 방화곤충의 역할. *한국양봉학회지* 8(2) : 183~185

Morse, R. A., W. S. Robinson and R. Nowogrodzki. 1991. Pollination in the United States. *Apimondia* 32 : 162~163.

Martin, E. C. and S. E. McGregor. 1973. Changing trends in insect pollination of commercial crops. *Ann. Rev. Entomol.* 18 : 207~226.

Robinson, W. S. 1979. Effect of apple cultivar on foraging behaviour and pollen transfer by honey bees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104 : 596~598.

Torchio, P. F. 1990. Diversification of pollination strategies for U. S. crops. *Environ. Entomol.* 19 : 1649~1656.

Verma, L. R. and U. Partap. 1993. The Asian hive bee, *Apis cerana* as a pollinator in vegetable seed production 4-8.

우건석, 추호열, 최광열. 1986. 생태 및 이용에 관한 연구. 한국양봉학회지
1(1) : 54~61.

제 3장 시설딸기에 대한 화분매개곤충의 계획수정

제 1 절 서 론

화분매개는 많은 농작물에서 종자와 과실생산의 첫단계로서 대부분의 작물들은 화분매개를 위하여 곤충에 매우 의존적이다 라고 하였는데(Free, 1970; McGregor, 1976; Pesson & Louverx, 1984), 그중에서도 딸기의 결실은 곤충의 절대적인 화분매개에 의해 이루어는 작물이라고 할 수 있다.

현재 전세계적으로 재배되고 있는 딸기(*Fragaria X ananassa*)는 비교적 저온성작물로서 다른 과일이 출하되기 어려운 겨울철에 생산되며 국내의 딸기 생산량은 세계 7위 생산국이다. 딸기는 자가수분도 하지만 충매화에 의한 타가수분의 효과가 더욱 크기 때문에 시설재배시에는 반드시 화분매개곤충으로 서양종꿀벌을 시설내에 반입시켜 수분을 향상시키고 있는 실정이다.

딸기 작형은 축성, 반축성, 노지, 억제재배 등으로 나눌 수 있는데 노지딸기재배시나 반축성재배시 고온상승을 방지키위해 하우스를 개방하는 늦은 봄철에는 자연에 존재하는 곤충들이 들어와 방화하여 화분을 매개하기 때문에 기형과 발생은 크게 문제되지 않는다. 그러나 저온기의 밀폐된 하우스내에는 화분매개곤충이 존재하지 않기 때문에 수분이 어렵게 된다. 최근들어 대부분 축성재배를 하고 있으며 일부 농가에서는 첫 수확을 한달 정도 앞당기는 초축성재배로 전환되고 있는데(강, 1996), 이러한 폐쇄된 딸기 재배작형의 환경변화에서 화분매개곤충의 요구를 더욱 증가시키고 있으며 재배방법의 개선에 따라 기존의 호르몬 처리보다도는 생물적인자에 의한 화분매개로 과실의 양적, 질적 향상은 물론 노동력 절감까지 가져오

고 있다.

딸기의 최대생산량과 과실의 크기는 화분매개곤충의 적절하고도 활동적인 조건하에서 결정되는데(McGregor, 1976). 꿀벌(*Apis mellifera* 와 *Apis cerana*)은 전세계를 통하여 농업분야에서 뚜렷하고도 가장 가치 있는 곤충화분매개자이다. 이는 작물의 가장 효율적인 화분매개자이기 때 문뿐만아니라 이들의 생리, 생태학적 생물학이 잘알려져 있고, 사양관리할 수 있으며, 많은 개체수를 이용할 수 있고, 광범위한 식물의 꽃을 채밀하 며, 자원(특히 화밀과 화분채취)을 위해 즉각적으로 환경을 탐색할 수 있 는 효율성을 가진다는 등의 특성 때문이다(Kevan, 1993). 꿀벌은 과실의 형태나 크기, 생산량 등의 경제성 등과 매우 밀접한 관계가 있는 화분매개 체인 것으로 밝혀졌다(Sevensson, 1991). 또한 꿀벌의 화분매개 기능향 상을 위해 합성페로몬을 이용한 꿀벌유인제를 개발하여 방화효율을 높이 는 데 이용하고 있다(Currie et al., 1992a, 1992b ; DeGrandi-Hoffman et al., 1987).

전세계 딸기생산량의 약 30%를 점유하고 있는 미국과 유럽의 노지재 배에서 꿀벌을 이용한 화분매개효과에 대한 많은 보고가 있으며(Brgnara & Vincent, 1988; Chagnon et al., 1989, 1993; Connor & Martin, 1973; de Oliveria & Savoie, 1991; Moore, 1969; Svensson, 1991; Taksdal & Sorum, 1971), 유럽을 중심으로한 딸기를 포함한 꿀 벌의 시설재배내에서의 화분매개효율에 대한 연구가 오래전부터 보고되고 있고(de Ruijter, 1991 ; Free & Racey, 1966, 1968 ; Moffett, 1985), 일본의 경우 시설재배면적의 약 10%를 차지하는 시설딸기에 꿀벌 의 이용은 60년대 후반부터 꾸준한 연구가 이루어졌으며(Anonymous, 1985; Katayama, 1987; Kizagawa, 1985; Sasaki, 1984; Shimotori, 1981; Tsujikawa, 1981; Yamada, 1981;), 국내에서는

70년대 후반에 꿀벌이 투입되기 시작하여 80년대 후반에 화분매개에 대한 일부 연구(김, 1994; 안 등, 1988; 안 등, 1989, 1994)가 있을 뿐 체계적인 연구는 미흡한 실정이다.

일본의 시설딸기 재배작형은 초축성재배가 주류를 이루고 있으며 이에 따른 화분매개용 꿀벌의 수요는 해마다 늘어나 94년 전체봉군 약 35만군 중 화분매개는 216,301군이며 이중 딸기에는 112,741봉군이 투입되는 것으로 보고되고 있다. 국내의 경우에는 정확히 얼마의 봉군이 화분매개용으로 이용되고 있는지에 대한 보고자료는 없으며 다만 약 5만여군이 이용되고 있는 것으로 추정하고 있어 전체 서양종꿀벌 중 약 15%정도를 차지한다.

현재 시설딸기에서 가장 많이 이용되고 있는 화분매개곤충은 서양종꿀벌(*A. mellifera*)이며 일부 농가에서 동양종꿀벌(*A. cerana*)과 머리빨가위벌(*Osmia cornifrons*)을 이용하는 것으로 알려져 있다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 시설 딸기품종에 따른 방화곤충별 화분매개효과

가. 화분매개곤충별 과실품질 향상효과

연동시설내 삼중비닐을 이용하여 3개동(각동의 면적 120m²)으로 나누어 양액재배(야마자키액 주 3회관주)되는 보교조생, 수홍, 여봉품종 등에 대하여 2월 21일부터 3월 10일까지 현재 화분매개용으로 시판되고 있는 서양종꿀벌, 동양종꿀벌, 서양뒤영벌 등을 투입한 후 4월 4일 수확하여 기형과율, 착색정도, 무게 등을 조사하였다.

재배정식기는 96년 10월 17일 이었으며 벌통투입시 개화된 화방은 모두 제거하였고 벌차단구는 시판원에용 백색방충망을 이용하여 2조정식묘 50

주를 1처리구로 하였으며 대조구와 각품종에 대하여 교호로 처리하였다.

서양종꿀벌은 4매착봉소비가 든 월동용스티로폼벌통, 동양종꿀벌은 4단소비의 월동처리된 벌통, 서양뒤영벌은 수입통관 후 3일된 벌을 이용하였다.

나. 화분매개곤충별 시설내 일주활동

서양종꿀벌, 동양종꿀벌, 서양뒤영벌 각각에 대하여 2월 21일부터 3월 1일까지 오전 9시부터 오후 5시까지 매시 10분간 벌통 소문 출입벌수를 조사하였으며 조사시 화밀 수집벌과 화분수집벌로 나누어 각각 계수하였다.

다. 화분매개곤충별 방화특성

일주활동조사기간중 공시된 벌에 대하여 오전 9시부터 오후 5시까지 매시 10분간 딸기 공시품종 각 20주에 방화하는 벌수를 조사하였으며 2월 24일부터 3월 2일까지 오후 1시와 2시에 매시 3분간 방화벌수를 기록하였으며, 품종별로 개화일별 꽃에 머무는 시간을 조사하였다.

2. 시설 딸기내 서양종꿀벌의 화분매개효과

가. 시설 종류에 따른 서양종꿀벌의 일주활동

시설딸기 여봉품종이 재배되고 있는 유리온실, 연동, 단동시설내에서 오전 9시부터 오후 5시까지 꿀벌 소문 출입벌수를 매시 10분간 조사하였다. 각 시설의 재배면적은 유리온실 1030㎡ 연동 1320㎡ 단동 220㎡이 있으며 유리온실은 양액재배하였고, 연동과 단동은 토양재배하였다.

나. 방화 차단일별 과실생산효과

단동시설내 3조 정식으로 양액재배(야마자키액 주 3회 관주)되는 여봉 품종에 대하여 방충망을 사용 2일교대차단, 4일교대차단, 6일교대차단, 완전차단, 대조구 등으로 나누어 상품과를 조사하였다. 각 처리구는 10m'로 난괴법 3반복으로 15처리구로 하였다. 각 처리구의 생육특성으로 초장, 엽병장, 엽장, 엽폭, 근부길이 등을 조사하였다. 화분매개용 꿀벌은 4매 착봉 소비의 월동용스치로폼벌통을 사용하였으며 1월 17일 봉군을 투입하였고 3월 25일 회수하였다

다. 시설내 봉군의 특성

시설내 투입되는 화분매개용 서양종꿀벌의 월별 활동특성은 96년 11월 27일 투입된 벌통을 대상으로 매월 10일에 벌통의 무게를 계량하였고, 착봉소비수, 봉군 개체수, 여왕벌 산란정도, 저밀량 등을 육안조사하였고, 병해충발생 여부는 육안 및 해부현미경하에서 검경하였다.

3. 시설내 사용된 봉군의 재생활성유지를 위한 기술개발

시설내 사용되고 있는 서양종꿀벌의 벌통을 시설내의 폐쇄된 환경에 맞는 벌통을 지금까지의 벌의 시설내 방화특성 및 봉군특성을 분석하여 새로운 사양관리체계와 벌통을 고안하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 시설 딸기품종에 따른 방화곤충별 화분매개효과
- 가. 서양종꿀벌(*Apis mellifera*)의 화분매개효과
 - 1) 과실생산 향상효과

서양종꿀벌에 의한 시설딸기 생산량 증수효과는 1번과가 수확되었을 시의 화방무게는 여봉품종의 경우 차단구는 14.4g이었던 반면 대조구는 61.9g으로 나타났으며 수홍품종은 차단구와 대조구가 각각 22.4g, 48.7g 이었고, 보교조생품종은 각각 27.1g, 36.4g으로 조사되었다(표 3.1). 세가지품종중 여봉품종에서 차이가 가장 컸으며, 보교조생이 가장 낮은 것으로 나타났다. 이는 품종간의 과실 특성에 의한 차이라 여겨지는데 다른 품종보다 화분량이 적다는 점과 암술의 활력 즉 임성이 낮은 점 등의 복합적인 원인에 기인하는 것으로 보인다(강, 1996). 그러므로 현재 농가에서 가장 많이 재배되고 있는 품종인 여봉의 경우 화분매개곤충이 절대적으로 필요한 것으로 사료된다.

Table 3.1. Fruit weight of strawberry pollinated by *A. mellifera*

Variety	Weight of fruit cluster(g)	
	Screening	Control
Nyogo	14.4	61.9
Suhong	22.4	48.7
Hokowase	27.1	36.4

또한 1번과 수확시의 과실의 무게, 숙기정도, 기형과율에 대한 조사결과는 그림 1과 표 2에 나타난바와 같이 1번과에서 여봉품종의 경우 차단구와 방사구가 각각 2.0g, 30.5g, 수홍품종에서는 각각 8.8g, 28.6g, 보교



Fig. 3.1. Comparison of fruits between with honeybee(upper) and without honeybee(lower).

보교조생품종은 각각 7.3g, 19.7g 등으로 나타났다. 숙기정도에 있어서는 여봉품종의 경우만 차단구 9.0%, 방사구 100.0%로 많은 차이를 나타내었으나 수홍품종과 보교조생품종의 경우는 약간의 차이를 나타내었다. 2번과, 3번과, 4번과 등에서도 같은 경향을 보였으나 특히 여봉품종의 경우에 1번과의 경우 발육정지현상을 보여 다른 품종에 비해 화분매개의 요구도가 매우 높은 것으로 나타났다.

Connor & Martin (1973) 은 딸기품종간의 과실형성의 차이점을 암술과 수술의 형태적차이에 의한 것이라 하였으며, Jacobs (1987) 등은 딸기품종간에 벌방문의 차이가 있었으며 기형과율에도 차이가 있음을 보고한 바 있다. Dag(1994) 는 시설딸기에서 서양종꿀벌에 의한 방사구와 무방사

구간의 과실생산량비교에서 30%이상 증수효과가 있었으며 전체과실수는 8%이상 높았고 기형과율은 32-13% 줄었다고 보고하고 있다.

현재 시설딸기 재배지내에서 축성용 재배품종으로 널리 이용되고 있는 여봉품종의 경우에는 화분매개곤충의 이용이 반드시 요구된다 하겠다.

Table 3.2. Effects of fruit production on strawberry pollinated by *Apis mellifera*

Fruit	Division	Nyoho		Suhong		Hokowase	
		Screening	Control	Screening	Control	Screening	Control
1st fruit	Weight(g)	2.0	30.5	8.8	28.6	7.3	19.7
	Ripening(%)	9.0	100.0	24.0	33.0	6.7	17.0
	Malform(%)	100	0	85	0	87	0
2nd fruit	Weight	2.2	16.1	4.8	10.3	7.4	8.9
	Ripining	5.0	64.1	4.5	22.0	18.0	13.5
	Malform	100	0	65	0	95	0
3rd fruit	Weight	1.7	10.6	2.3	6.4	3.3	5.3
	Ripening	5.5	37.7	0	0	19.0	18.0
	Malform	95	0	70	0	75	1
4th fruit	Weight	2.0	4.3	1.0	1.8	1.8	2.4
	Ripening	2.0	13.5	0	0	28.2	12.1
	Malform	90	0	85	0	0	0

2) 시설내 일주활동

연동하우스 망실조건하에서 서양종 꿀벌의 일주활동은 표 3.3에서 나

Table 3.3. Diurnal activity of *Apis mellifera* on strawberry in greenhouse

Time	21. Feb.			24. Feb.			27. Feb.			1. Mar.		
	Out	In		Out	In		Out	In		Out	In	
		Nectar	Pollen		Nectar	Pollen		Nectar	Pollen		Nectar	Pollen
09:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00	6	4	1	9	8	1	9	5	2	11	9	4
11:00	21	16	3	16	16	3	23	18	10	21	27	4
12:00	46	41	5	23	21	1	25	27	10	25	27	2
13:00	40	40	3	41	34	7	37	33	3	22	20	3
14:00	35	28	0	50	41	12	45	45	10	58	48	3
15:00	26	37	5	35	35	8	70	80	13	58	48	8
16:00	11	8	0	30	30	7	45	40	5	33	32	3
Total	185	174	17	204	185	39	254	248	53	228	211	27
		10 : 20			10 : 10			10 : 10			10 : 10	
		16 : 40			16 : 40			17 : 10			17 : 05	

타난 바와 같이 오전 10시 10분경 전후에 출소하여 오후 4시 30분 전후로 귀소하는 것으로 나타났으며 화분채집보다는 화밀채집이 많은 것으로 조사되었다. 시간별 출소에서는 2월 21일에는 오전 12시부터 오후 2시 사이에 최대치를 이루고 있으며, 2월 24일에는 오후 1시부터 오후 3시 사이에 최대치로 나타났고 2월 27일 이후는 오전 11시부터 오후 4시까지 많은 활동을 보였고 특히 오후 2시에서 오후 3시에 걸쳐 최대치로 조사되었다.

3) 시설내 방화특성

서양종꿀벌의 여봉, 수봉, 보교조생 등 세품종에 대한 시간대별 화기 방문벌수를 조사한 결과 표 3.4에서 보는 바와같이 전체적으로 여봉품종과

Table 3.4. Number of *A. mellifera* visited to strawberry in greenhouse

Time	Nyoho	Suhong	Hokowase
09 : 00	-	-	-
10 : 00	2	0	1
11 : 00	1	0	1
12 : 00	4	5	3
13 : 00	6	5	3
14 : 00	8	5	5
15 : 00	5	1	6
16 : 00	1	0	1
17 : 00	-	-	-
Total	27	16	19

* Obsevation of 20 flower clusters per 10 min.

보교조생품종에서 각각 27, 29두로 수홍품종 16두보다 많은 것으로 나타났다. 시간대별 조사에서는 오전 12시와 오후 3시까지 많은 방문활동을 보였다.

오후 1시와 2시에 있어 날자별 화기에 온 벌의 수는 오후 1시에 여봉품종의 경우 30두, 수홍품종 25두, 보교조생품종 23두 였으며, 오후 2시에는 여봉품종 30두, 수홍품종 22두, 보교조생품종 22두로 나타났다(표 3.5). 서양종꿀벌은 세품종중 여봉을 가장 선호하는 것으로 나타났다.

Table 3.5. Number of *Apis mellifera* visited to strawberry in greenhouse

Date	13 : 00			14 : 00		
	Nyoho	Suhong	Hokowase	Nyoho	Suhong	Hokowase
24 Feb.	8	5	6	7	6	8
25 Feb.	2	2	-	2	1	-
27 Feb.	8	9	6	6	4	3
1 Mar.	10	6	5	11	8	7
2 Mar.	2	4	3	4	3	4
Total	30	25	23	30	22	22

* Obsevation of 20 flower clusters per 3 min.

딸기꽃 개화후 일별 서양종꿀벌의 방화활동은 개화후 5-7일째까지 되었으며 꽃에서의 잔류방화 활동시간은 개화 1일에 여봉품종의 경우 18-22초였으며 수홍품종과 보교조생품종은 각각 11-23초, 15-35 초로 나타났다(표 3.6). 개화일이 지남에 따라 방화시간은 점차적으로 감소하였으며

Table 3.6. Foraging time of *Apis mellifera* on the various varieties of strawberry in greenhouse

Date	Variety	Foraging time after flowering(sec)						
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th
24 Feb.	Nyoho	18	14	13	10	8	9	0
	Suhong	11	13	10	9	7	9	0
	Hokowase	15	14	9	10	8	7	0
25 Feb.	Nyoho	10	8	0	7	6	0	0
	Suhong	9	8	8	6	5	0	0
	Hokowase	8	7	0	5	0	0	0
27 Feb.	Nyoho	19	18	15	13	10	8	6
	Suhong	17	15	13	10	9	8	6
	Hokowase	20	18	15	13	10	8	7
1 Mar.	Nyoho	22	15	12	10	8	0	0
	Suhong	23	18	15	14	12	0	0
	Hokowase	18	15	12	10	9	0	0
2 Mar.	Nyoho	18	15	13	8	7	0	0
	Suhong	22	15	10	8	7	0	0
	Hokowase	35	30	20	15	10	0	0

* 20 fruits observed

개화 7일후에는 화기방문이 거의 없었으며 다만 2월 27일 출소한 벌들이 개화후 7일째의 화기를 방문하였을 뿐이다.

딸기의 일반적 개화생리를 살펴보면 꽃은 암술, 수술을 갖춘 완전화로써 수술은 20-25개가 형성되며, 암술은 다른꽃의 한개와는 달리 100-400개로 형성되어 있다. 화분이 터져나오는 개약은 보통 개화후 맑은날이면 당일 또는 그 다음날내에 대부분 이루어진다. 개약시기는 낮동안이며 오전 11-12시경이 최고로 된다. 화분발아능력은 개화 하루전부터 발아능력을 갖게 되어 개화당일 크게 증가하여 개화 다음날 가장 높고 4-5일후에는 거의 상실하게 된다. 암술의 수정능력은 개화 전일부터 개화후 10일까지는 거의 완전하게 유지된다(강, 1996). 그러므로 꿀벌에 의한 적합한 화분매개는 개화후 1-3일에 이루어지는 것이 가장 바람직하다고 사료된다.

서양종꿀벌의 시설딸기에서의 방화행동을 조사한 결과 그림 3.2에서



Fig. 3.2. Pollination of *A. mellifera* on strawberry in greenhouse

딸기 꽃은 화탁이 반타원형으로 서양종꿀벌은 화탁에 앉아 빙빙돌아가면서 화밀 혹은 화분을 채집하며 특히 체형이 화탁의 크기와 비슷한 크기로 화분이 수백개의 암술에 골고루 묻도록 해주는 적응성을 보이는 것으로 추정된다.

농작물의 광범위한 화분매개자인 서양종꿀벌은 시설딸기에서도 꽃의 구조와 기능에 적응된 매개자로서 과실의 생산성 향상에 크게 기여하는 것으로 밝혀졌다.

나. 동양종꿀벌 (*Apis cerana*)의 화분매개효과

1) 과실생산 향상효과

동양종꿀벌에 의한 시설딸기의 생산량 증수효과는 1번과가 수확되었을 당시의 화방무게는 여봉품종의 경우 차단구는 24.5g이었던 반면 대조구는 64.9g으로 나타났으며 수홍품종은 차단구와 대조구가 각각 27.1g, 41.8g이었고, 보교조생품종은 각각 22.6g, 32.8g으로 조사되었다(표 3.7). 세 품

Table 3.7. Fruit weight of strawberry pollinated by *A. cerana*

Variety	Weight of fruit cluster(g)	
	Screening	Control
Nyoho	24.5	64.6
Suhong	27.1	41.8
Hokowase	22.6	32.8

종중 여봉품종의 차이가 가장 높았으며, 보교조생품종이 가장 낮은 것으로 나타났다. 이는 서양종꿀벌의 화분매개효과와 같은 경향으로 품종간 과실 특성에 의한 차이라 여겨지며 현재 농가에서 가장 많이 재배되고 있는 품종인 여봉의 경우 화분매개곤충이 절대적으로 필요한 것으로 사료된다.

또한 1번과 수확시의 과실의 무게, 숙기정도, 기형과율에 대한 조사결과는 표 3.8에 나타난바와 같이 1번과에서 여봉품종의 경우 차단구와 방사

Table 3.8. Effects of fruit production of the different varieties of strawberry by *A. cerana*

Fruit	Treatment	Nyoho		Suhong		Hokowase	
		Screening	Control	Screening	Control	Screening	Control
1st fruit	Weight(g)	3.5	29.7	11.6	26.2	7.9	18.6
	Ripening(%)	28	99	42	99	23	98
	Malform(%)	95	0	75	2	80	45
2nd fruit	Weight	4.0	16.0	6.9	8.8	5.4	9.5
	Ripening	38	80	19	38	52	48
	Malform	95	0	60	12	70	11
3rd fruit	Weight	2.9	17.7	3.5	5.6	5.9	5.2
	Ripening	17	30	8	18	43	38
	Malform	90	0	55	26	90	13
4th fruit	Weight	5.1	4.2	1.8	2.5	2.0	1.9
	Ripening	93	13	0	0	12	9
	Malform	70	0	75	14	70	0

* 20 fruits observed

구는 각각 3.5g, 29.7g으로 수홍품종에서는 각각 11.6g, 26.2g으로 비교조생품종은 각각 7.9g, 18.6g으로 나타났다. 숙기정도에 있어서는 여봉품종의 경우 차단구와 방사구가 각각 2.0%, 100.0%으로 많은 차이를 나타내었으나 수홍품종과 비교조생품종의 경우는 약간의 차이를 나타내었다. 기형과율에 있어서는 여봉품종의 경우 차단구와 방사구에서 각각 70-95%, 0%, 수홍품종은 55-75%, 2-26%, 비교조생품종은 70-90%, 0-45% 등으로 나타났다. 2번과, 3번과, 4번과 등에서도 같은 경향을 보였으나 여봉품종의 경우에 다른 품종에 비해 화분매개의 요구도가 높은 것으로 나타났다. 또한 방사구에서 여봉품종에 대한 기형과율은 0%이었으나 수홍품종에서는 1번과에서 4번과까지 각각 1, 12, 26, 14%로 나타났으며, 비교조생품종에서는 1번과에서 3번까지 각각 45, 11, 13%로 조사되었다.

서양종꿀벌에서와는 달리 동양종꿀벌의 수홍과 비교조생 품종에서 방사구에서의 기형과율 발생은 과실 일부분에 대한 기형으로써 앞으로 정밀 시험이 요구되지만 현 결과에서 볼 때 서양종꿀벌보다 방화력이 떨어진다고 사료된다.

2) 시설내 일주활동

동양종꿀벌의 일주활동은 표 3.9에서 나타난 바와 같이 오전 10시 10분경 전후에 출소하여 오후 17시를 전후로 귀소하는 것으로 나타났으며 화분채집보다는 화밀채집이 많은 것으로 조사되었다. 시간대별 출소에서는 2월 21일에는 오후 1시부터 오후 3시 사이에 최대치를 이루고 있으며, 2월 24일에는 오전 12시와 오후 4시사이에 최대치로 나타났고 2월 27일과 3월 1일에는 오전 11시부터 오후 4시까지 많은 활동을 보였고 특히 오후 2시에서 오후 3시에 걸쳐 최대치로 조사되었다.

Table 3.9. Diurnal activity of *Apis cerana* on strawberry in greenhouse

Time	21. Feb.			24. Feb.			27. Feb.			1. Mar.		
	Out	In		Out	In		Out	In		Out	In	
		Nectar	Pollen		Nectar	Pollen		Nectar	Pollen		Nectar	Pollen
09:00	0	0	0	0	0	0	5	4	1	0	0	0
10:00	11	8	1	11	6	4	15	12	3	13	8	2
11:00	23	18	5	23	21	3	28	24	4	18	8	2
12:00	33	26	4	40	36	3	29	28	3	22	18	3
13:00	44	38	8	45	42	5	34	32	2	30	29	4
14:00	43	38	7	49	43	13	38	38	4	60	55	5
15:00	48	40	3	48	43	11	25	23	5	45	38	7
16:00	18	15	3	42	38	8	30	30	7	33	33	3
17:00	0	0	0	0	0	0	13	3	3	4	4	1
Total	220	83	31	258	229	47	217	194	32	225	193	27
		10 : 10			10 : 30			09 : 30			10 : 45	
		16 : 40			16 : 40			17 : 10			17 : 05	

3) 시설내 방화특성

동양종꿀벌의 여봉, 수홍, 보교조생 등 세 품종에 대한 시간대별 화기 방문별수를 보면 전체적으로 여봉품종과 보교조생품종에서 각각 27, 29두로 수홍품종 16두보다 많은 것으로 나타났다. 시간별 조사에서는 오전 12시와 오후 3시까지 가장 많은 방화활동을 하였다(표 3.10).

Table 3.10. Number of *A. cerana* visited to strawberry in greenhouse

Time	Nyoho	Suhong	Hokowase
09 : 00	-	-	-
10 : 00	2	1	2
11 : 00	2	3	1
12 : 00	3	5	5
13 : 00	4	6	5
14 : 00	4	7	10
15 : 00	3	3	5
16 : 00	1	2	3
17 : 00	-	-	-
Total	19	27	31

* Observation of 20 flowers per 10 min.

오후 1시와 2시에 있어 날자별 화기에 날아 온 벌의 수는 오후 1시에 여봉품종의 경우 30두, 수홍품종 25두, 보교조생품종 23두 였으며, 오후 2시에는 여봉품종 30두, 수홍품종 22두, 보교조생품종 22두로 나타났다 (표 3.11). 이와같은 결과로 보아 동양종꿀벌은 세품종중 여봉을 가장 선호하는 것을 알 수 있었다.

Table 3.11. Number of *Apis cerana* visited to strawberry in greenhouse

Date	13 : 00			14 : 00		
	Nyoho	Suhong	Hokowase	Nyoho	Suhong	Hokowase
24 Feb.	6	4	8	8	7	10
25 Feb.	3	2	3	2	2	3
27 Feb.	8	7	6	5	4	3
1 Mar.	8	5	7	7	4	5
2 Mar.	5	3	4	5	3	3
Total	30	21	28	27	20	24

* Obsevation of 20 flowers per 3 min.

딸기꽃에서 동양종꿀벌의 잔류방화 활동시간은 개화 1일에 여봉품종의 경우 10-18초 였으며 수홍품종과 보교조생품종은 각각 10-17초, 12-18초로 나타났다(표 3.12).

딸기화기에서 동양종꿀벌의 방화행동은 꽃에 완전히 앉지 않고 움직임

이 서양종꿀벌보다 적었으며 회전시 불규칙적으로 하였다(그림 3.3). 이러한 행동은 딸기꽃에서 서양종꿀벌보다 다소 기능적이지 못하다는 것을 알 수 있었다.

딸기꽃 개화후 일별 동양종꿀벌의 방화활동은 표 3.12에서 보는 바와

Table 3.12. Foraging time of the *Apis cerana* on the various varieties of strawberry

Date	Variety	Foraging time after flowering(sec)						
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th
24 Feb.	Nyoho	10	9	9	8	6	7	0
	Suhong	10	9	8	7	6	5	0
	Hokowase	18	16	15	10	8	7	0
25 Feb.	Nyoho	10	8	7	0	0	0	0
	Suhong	11	9	8	0	0	0	0
	Hokowase	12	10	9	0	0	0	0
27 Feb.	Nyoho	18	17	15	14	13	10	8
	Suhong	17	16	13	10	9	8	7
	Hokowase	15	14	10	8	7	6	5
1 Mar.	Nyoho	13	10	9	8	10	0	0
	Suhong	12	8	9	8	7	0	0
	Hokowase	14	10	9	8	7	0	0
2 Mar.	Nyoho	15	14	12	10	8	0	0
	Suhong	12	9	10	7	5	4	0
	Hokowase	15	13	9	7	6	0	0

같이 개화후 5-7일째까지 되었으며 꽃에서의 잔류방화 활동시간은 개화 1일에 여봉품종의 경우 10-18초 였으며 수홍품종과 보교조생품종은 각각 10-17초, 12-18초로 나타났다. 개화일이 지남에 따라 방화시간은 점차적으로 감소하였으며 개화 7일후에는 화기방문이 거의 없었으며 다만 2월 27일 출소한 벌들이 개화후 7일째의 화기를 방문하였을 뿐이다.



Fig. 3.3. Pollination of *A. cerana* on strawberry in greenhouse

다. 서양뒤영벌 (*Bombus terrestris*)의 화분매개효과

1) 과실생산 향상효과

서양뒤영벌에 의한 시설딸기 생산량 증수효과는 1번과가 수확되었을 당시의 화방무게는 여봉품종의 경우 차단구는 15.7g이었던 반면 대조구는 75.2g으로 나타났으며 수홍품종은 차단구와 대조구가 각각 35.0g, 53.0g 이었고, 보교조생품종은 각각 24.1g, 38.3g으로 조사되었다(표 3.13). 세

품종중 여봉품종에서 가장 차이가 높았으며, 비교조생품종이 가장 낮은 것으로 나타났다. 이는 품종간의 과실 특성에 의한 차이라 여겨지며 앞장에서 기술한 서양종꿀벌과 동양종꿀벌의 경우와 마찬가지로 현재 농가에서 가장 많이 재배되고 있는 품종인 여봉의 경우 화분매개곤충이 절대적으로 필요한 것으로 사료된다.

Table 3.13. Fruit weight of strawberry pollinated by *B. terrestris*

Variety	Weight of fruit cluster(g)	
	Screening	Control
Nyogo	15.7	75.2
Suhong	35.0	53.0
Hokowase	24.1	38.3

또한 1번과 수확시의 과실의 무게, 숙기정도, 기형과율에 대한 조사결과 표 3.14에 나타난 바와 같이 1번과에서 여봉품종의 경우 차단구와 방사구에서 각각 4.4g, 29.1g, 수홍품종에서는 7.7g, 34.2g, 비교조생품종은 7.7g, 19.2g 등으로 나타났다. 숙기정도에 있어서는 여봉품종의 경우만 차단구와 방사구에서 각각 2.0%, 100.0% 로 많은 차이를 나타내었으나 수홍품종과 비교조생품종의 경우는 약간의 차이를 나타내었다. 2번과, 3번과, 4번과 등에서도 같은 경향을 보였으나 여봉품종의 경우에 다른 품종에 비해 화분매개의 요구도가 높은 것으로 나타났다.

Table 3.14. Effects of fruit production of the different varieties of strawberry by *B. terrestris*

Fruit	Treatment	Nyoho		Suhong		Hokowase	
		Screening	Control	Screening	Control	Screening	Control
1st fruit	Weight(g)	4.4	19.1	7.7	34.2	7.7	19.2
	Ripening(%)	20	100	34.5	94.7	66.5	100
	Malform(%)	85	0	80	0	80	0
2nd fruit	Weight	1.1	19.6	4.8	14.0	5.2	10.3
	Ripining	2.5	100.0	19	37.4	47.1	59.4
	Malform	80	0	75	0	75	0
3rd fruit	Weight	1.9	21.8	3.0	6.8	3.2	6.7
	Ripening	10	73.3	5	12.0	35.9	26.3
	Malform	80	0	100	0	80	0
4th fruit	Weight	2.2	8.3	1.6	2.1	1.9	3.1
	Ripening	14.0	25.0	8.0	0	15.0	10.6
	Malform	80	0	70	0	85	0

* 20 fruits observed

2) 시설내 일주활동

서양뒤영벌의 일주활동은 표 3.15에서 나타난 바와 같이 오전 10시

Table 3.15. Diurnal activity of *Bombus terrestris* on strawberry in greenhouse

Time	21. Feb.			24. Feb.			27. Feb.			1. Mar.		
	Out	In		Out	In		Out	In		Out	In	
		Nectar	Pollen		Nectar	Pollen		Nectar	Pollen		Nectar	Pollen
09:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00	3	2	0	3	2	0	2	0	0	7	0	0
11:00	3	2	1	4	3	1	5	5	0	12	8	0
12:00	2	1	0	5	4	1	8	5	0	13	9	2
13:00	6	3	0	6	5	0	13	10	2	10	8	2
14:00	3	1	0	5	4	0	15	15	3	15	13	0
15:00	2	1	0	3	3	0	17	13	4	13	11	1
16:00	0	1	0	2	1	0	18	17	3	8	5	1
Total	19	11	1	28	22	2	78	65	12	78	54	6
		10 : 40			10 : 25			10 :30			10 : 20	
		16 : 40			16 : 40			17 : 10			17 : 05	

10분경 전후에 출소하여 오후 4시 30분 전후로 귀소하는 것으로 나타났으며 화분채집보다는 화밀채집이 많은 것으로 조사되었다. 시간대별 출소에서는 2월 21일과 2월 24일에는 오후 1시에 최대치를 이루고 있으며, 2월 27일에는 오후 1시에서 오후 4시사이에 최대치로 나타났고 3월 1일에는 오전 12시부터 오후 3시까지 많은 활동을 보였고 특히 오후 2시에서 오후 3시에 걸쳐 최대치로 조사되었다.

3) 시설내 방화특성

서양뒤영벌이 여봉, 수홍, 보교조생 등 세품종에 대한 시간대별 화기 방문별수를 보면 표 3.16에 나타난 바와 같이 전체적으로 여봉품종과 보교

Table 3.16. Number of *B. terrestris* visited to strawberry in greenhouse

Time	Nyoho	Suhong	Hokowase
09 : 00	0	0	0
10 : 00	2	1	1
11 : 00	1	2	1
12 : 00	2	1	2
13 : 00	3	2	3
14 : 00	4	1	1
15 : 00	1	1	1
16 : 00	1	0	0
17 : 00	0	0	0
Total	14	8	9

* Obsevation of 20 flowers per 10 min.

조생품종에서 각각 27, 29두로 수홍품종 16두보다 많은 것으로 나타났다. 시간별 조사에서는 오전 12시와 오후 3시까지 가장 많은 방화 활동을 하였다.

오후 1시와 2시에 있어 날자별 화기에 온 벌의 수는 오후 1시에 여봉 품종의 경우 30두, 수홍 25두, 보교조생품종 23두였으며, 오후 2시에는 여봉품종 30두, 수홍품종 22두, 보교조생품종 22두로 나타났다(표 3.17). 서양뒤영벌은 세품종중 여봉을 선호하는 것을 알 수 있었다.

Table 3.17. Number of *B. terrestris* visited to strawberry in greenhouse

Date	13 : 00			14 : 00		
	Nyoho	Suhong	Hokowase	Nyoho	Suhong	Hokowase
24 Feb.	2	1	2	1	1	1
27 Feb.	5	4	3	6	5	4
1 Mar.	3	8	2	5	7	3
2 Mar.	4	1	2	5	3	3
Total	15	14	9	17	16	11

* Observation of 20 flowers per 3 min.

딸기꽃 개화후 일별 서양뒤영벌의 방화활동은 표 3.18에서 보는 바와 같이 개화후 5-7일째까지 되었으며 꽃에서의 잔류방화 활동시간은 개화 1일에 여봉품종의 경우 10-20초 였으며 수홍품종과 보교조생품종은 각각 12-23초, 13-19초로 나타났다. 개화일이 지남에 따라 방화시간은 점차적으로 감소하였으며 개화 7일후에는 화기방문이 거의 없었으며 다만 2월 27일 출소한 벌들이 개화후 7일째의 화기를 방문하였을 뿐이다.

Table 3.18. Foraging time of the *B. terrestris* on the various varieties of strawberry

Date	Variety	Foraging time after flowering(sec)						
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th
24 Feb.	Nyoho	11	10	8	7	6	5	0
	Suhong	12	11	9	8	7	6	0
	Hokowase	13	10	9	8	7	7	0
25 Feb.	Nyoho	10	8	0	7	6	0	0
	Suhong	0	0	0	0	0	0	0
	Hokowase	10	9	8	0	6	0	0
27 Feb.	Nyoho	20	19	17	15	13	10	8
	Suhong	23	20	18	16	12	10	9
	Hokowase	19	17	15	13	10	8	7
1 Mar.	Nyoho	15	13	10	0	0	0	0
	Suhong	20	18	15	16	13	0	0
	Hokowase	14	12	13	0	0	0	0
2 Mar.	Nyoho	18	16	15	10	7	0	0
	Suhong	18	15	14	10	8	0	0
	Hokowase	17	15	10	8	0	0	0

딸기 화기에서 서양뒤영벌의 방화행동은 그림 3.4에서 보는 바와 같이 화탁중앙에 앉아 화밀과 화분을 채집하였으며 체형은 화탁의 크기보다 커 화분이 암술에 끌고루 묻도록 해주었다.



Fig. 3.4. Pollination of *B. terrestris* on strawberry in greenhouse

2. 시설딸기내 서양종꿀벌의 화분매개효과

가. 시설종류에 따른 서양종꿀벌의 일주활동

단동비닐하우스와 유리온실에서의 일주활동은 모두 오전 10시에서 오후 3시에 걸쳐 대부분 활동하였으며 오전 10시에 있어서는 유리온실보다는 단동하우스가 출소하는 벌의 수가 많았다. 전체적으로는 화밀채집벌이 화분채집벌보다 많은 것으로 나타났으며 출소시간은 오전 9시 30분경에 출소하여 오후 4시 20분경을 전후하여 귀소하였고 더 이상의 외역은 없었다(표 3.19).

Table 3.19. Diurnal activity of *Apis mellifera* on strawberry in greenhouse

Time	20. Feb.						22. Feb.					
	Plastic house(PVC)			Glass house			Plastic house(PVC)			Glass house		
	Out	In		Out	In		Out	In		Out	In	
		Nectar	Pollen		Nectar	Pollen		Nectar	Pollen		Nectar	Pollen
09:00	4	3	1	4	3	0	3	0	0	4	3	0
10:00	50	45	5	8	5	0	40	26	7	5	3	0
11:00	40	31	3	30	24	5	28	21	7	13	8	0
12:00	31	25	3	26	21	3	28	28	3	23	15	2
13:00	22	17	2	36	23	2	38	34	6	37	23	5
14:00	28	14	1	28	13	2	50	43	5	55	53	7
15:00	15	11	0	18	8	1	38	37	0	41	38	3
16:00	9	6	0	11	5	1	0	0	0	0	0	0
17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	199	152	15	161	102	14	225	189	28	178	143	17
		09:20			09:30			09:30			09:40	
		16:45			16:30			16:50			16:40	

나. 방화 차단일별 과실생산효과

방화차단일별 과실생산효과는 표 3.20에 나타난 바와 같이 10a당 과실무게를 비교한 결과 2일교대, 4일교대, 6일교대, 완전차단구 등에서 각각 벌방사구대비 98.7, 88.5, 70.7, 49.3% 등이었다. 이결과로 보아 2일교대구만이 벌방사구와 생산량에서 1.3%의 차이가 있었다.

각 처리구간의 발육특성의 차이점을 알아 본 결과는 표 3.21에 나타내었다.

Table 3.20. Fruit productivity pollinated by *A. mellifera* on strawberry with alternative screening in greenhouse

Treatment	Weight per flower cluster(g)					Index (%)	Weight per 10a
	25g<	25-17g	17-10g	10g>	Total		
2day alternative screening	31.3	88.4	108.5	57.0	285.2	98.7	2592.8
4day alternative screening	17.9	76.7	107.3	53.7	255.6	88.5	2323.7
6day alternative screening	12.2	55.2	85.7	51.0	204.1	70.7	1855.5
Screening	12.8	38.5	55.5	35.6	142.4	49.3	1294.6
Control	27.3	98.3	108.9	54.2	288.7	100	2624.6

Table 3.21. Pollination characteristics on strawberry by *A. mellifera* with alternative screening in greenhouse

Treatment	Length of shoot(cm)	Length of stalk(cm)	Length of leaf(cm)	Width of leaf(cm)	Root length(cm)
2day alternative screening	36.5	21.6	14.9	6.8	1802.2
4day alternative screening	35.9	20.5	15.4	7.4	1928.3
6day alternative screening	34.5	20.8	13.7	7.5	1923.5
Screening	35.2	19.2	16.0	7.2	1954.2
Control	32.7	20.4	12.3	7.9	1995.5

다. 시설내 봉군의 특성

시설내 봉군의 특성은 투입시에 착봉소비 4매로 개체수는 12,000 이었으며, 4매소비 모두 저밀이 양호하였다. 산란은 투입후 약 3개월 전후인 2월에 하였으며 개체수변화는 투입초기부터 감소하기 시작하였으며 3월이후 급속히 감소하여 5월 회수직전에는 약 1,000개체로 폐봉상태에 도달하였다. 병해충은 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*)의 발생이 2월부터 벌통바닥 및 소광부에서 분리되었다.

Table 3.22. Monthly pollination characteristics of the honeybee on strawberry greenhouse

Month	Weight of colony(kg)	Nos. of Comb	Population	Egg laying*	Stored honey(%)	Remark
Dem.	8.9	4	12,000	-	100	-
Jan.	8.3	4	9,000	-	80	-
Feb.	7.5	3	8,000	++	65	occurrence of wax moth
Mar.	6.5	3	6,500	++	50	"
Apr.	4.9	2	5,300	++	35	"
May	4.8	2	950	+	20	"

* + : 0-500 ++ : 500-1,000

3. 시설내 봉군의 지속적 활성유지를 위한 기술개발

가. 봉군의 사양관리 기술

시설딸기 재배지내 서양종꿀벌의 공급은 세가지로 분류된다. 하나는 시설내 화분매개벌 전문공급자인 양봉농가가 재배농가에 판매만하고 재배 종료시 양봉농가가 일정금액을 주고 다시 구입하는 경우가 있으며, 두 번째는 첫 번째경우와 같으나 임대형식으로 양봉농가가 직접 관리해 주는 경우가 있으며, 세 번째는 딸기 재배 농가가 전년도에 사용한 봉군을 유지 관리하면서 직접 관리하는 경우등 세가지 부류로 나눌수 있다.

꿀벌은 집단사회 생활하는 곤충으로서 자연적 환경하에서도 관리가 필요한 것으로서 인위적환경인 시설내는 특히 비활동시기의 폐쇄환경이므로 보다 세심한 관리가 필요하다. 그러나 현재의 시설내 봉군은 거의 대부분 방치되어 딸기 수확종료시 폐봉되는 1회용으로 사용이 끝나는 단점이 있다.

시설내 봉군은 월동용 봉군을 이용하기 때문에 저밀량은 풍부하므로 투입초기에는 장려급이로 소량의 당액 공급이 필요하다. 화분은 여왕벌의 산란촉진 및 유충발육을 위해 필요하므로 필히 공급해 주어야 한다(표 3.23).

Table 3.23. Effects of sugar solution and artifitial pollen supply for management of honeybee in greenhouse strawberry

Monthly	Sugar solution(ml)	Artificial pollen(g)
Jan.	500	200
Feb.	1,000	800
Mar.	3,000	1,000
Apr.	3,000	1,000
Total	7,500	3,000

시설딸기내 대량생산공급체계가 갖춰진 일본의 경우에는 법정전염병인 부저병의 이유로 인하여 시설내 투입된 벌은 전부 소각하는 것을 원칙으로

하고 있다. 그러나 우리나라의 경우에는 대량생산공급체계가 전무한 실정이므로 매년 많은 양의 화분매개용 꿀벌의 소모가 반복되고 있는 실정이다. 국내 벌공급량의 부족으로 1991년부터 계속하여 꿀벌을 수입해 오고 있어 각종의 병해충의 유입 뿐만아니라 외화의 유출도 매년 증가되고 있는 실정이다.

나. 벌통의 구조조정

현재 시설내 화분매개용으로 투입되고 있는 서양종꿀벌의 벌통은 월동을 위해 고안된 5매 소비기준 스티로폼 보온용 벌통이므로 시설내에서 사용하기 위하여 개발된 벌통이 아니므로 시설내 전용 벌통의 개발 필요성이 절실히 요구된다.

인위적 관리 조건하의 꿀벌은 월동후 약 10,000개체 정도로 감소되는 것이 꿀벌의 전반적인 개체군 밀도변화 현상이다. 이러한 개체군을 가진 월동용 꿀벌을 시설내 투입할시 약 10,000마리의 개체군이 점차적으로 감소하여 5월 회수시에는 1/10정도만이 존재하므로, 일정한 봉구온의 유지를 위해 집단사회생활하는 꿀벌에서는 현 벌통의 구조는 재조정되어야 한다는 사실을 알 수 있었다. 즉 시설투입 벌통의 구조조정시 고려되어야 할 사항으로는 4매소비 기준으로한 벌통의 재질 및 크기조절과 일반 시설재배 농업인이 내검을 하지 못하는 단점등이 우선적으로 고려되어야 한다. 따라서 벌통의 재질은 현재 사용하고 있는 스티로폼의 재질은 겨울철 보온성은 뛰어나나 습기발생시 이에 대한 해결방안이 요구되며, 또한 봉군의 활성유지를 위해서는 신속하고도 세심한 관리를 해주어야하며 전문인의 내검없이 간편하게 봉군을 유지관리할 수 있는 측면에서 고려되어야 할 것이다.

지난 3년간의 시설딸기 재배지내에서의 연구결과 시설재배 농업인이 직접 봉군을 관리할 수 있도록 당액공급방법과 화분공급에 주안점을 두고

그림 3.5와 같이 고안하였다.

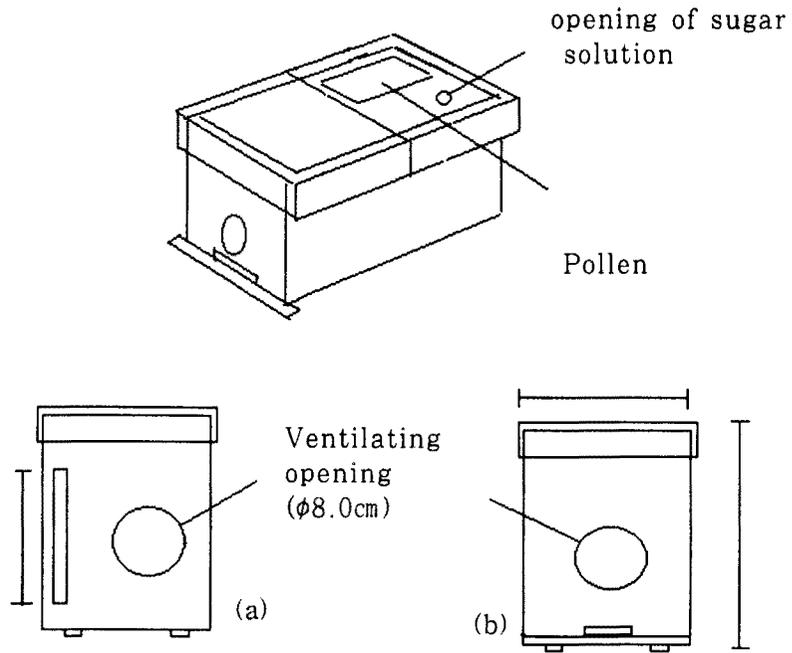


Fig. 3.5. Improved frame of hive for strawberry in greenhouse

(a) rear (b) front

제 4 절 적 요

시설딸기재배지내에서 서양종꿀벌, 동양종꿀벌, 서양뒤영벌 등에 대한 화분매개 효과를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 서양종꿀벌(*Apis mellifera*)에 대한 차단구와 방사구간의 화방 무게비교는 여봉품종에서 각각 14.4g, 61.9g 등으로 나타났으며 수홍품종

과 비교조생품종은 각각 22.4g, 48.7g 및 27.1g, 36.4g 등으로 조사되었다.

2. 여봉품종에 대한 서양종꿀벌의 차단구에서 1번과에 대한 기형과율은 100%로 나타난 반면 수홍품종과 비교조생품종은 각각 85, 87% 이었다.

3. 시설재배지내 서양종꿀벌의 일주활동은 오전 11시에서 오후 3시에 걸쳐 활발한 활동을 하였고 오후 2시에 최고치에 달했으며 품종간 선호도에서는 여봉품종을 선호하는 것으로 나타났다.

4. 동양종꿀벌(*Apis cerena*)에 대한 차단구와 방사구간의 화방무게 비교는 여봉품종에서 각각 24.5g, 64.6 g 등으로 나타났으며 수홍품종과 비교조생품종은 각각 27.1g, 41.8g 및 22.6g, 32.8g 등으로 조사되었다.

5. 여봉품종에 대한 동양종꿀벌의 차단구에서 1번과에 대한 기형과율은 95%로 나타난 반면 수홍품종과 비교조생품종은 각각 75, 80% 이었다.

6. 시설재배지내 동양종꿀벌의 일주활동은 오전 11시에서 오후 4시에 걸쳐 활발한 활동을 하였고 오후 2시에 최고치에 달했으며 품종간 선호도에서는 여봉품종을 선호하는 것으로 나타났다.

7. 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*)에 대한 차단구와 방사구간의 화방무게비교는 여봉품종에서 각각 15.7g, 75.2g 등으로 나타났으며 수홍품종과 비교조생품종은 각각 35.0g, 53.0g 및 24.1g, 38.3g 등으로 조사되었다.

8. 여봉품종에 대한 서양뒤영벌의 차단구에서 1번과에 대한 기형과율은 85%로 나타난 반면 수홍품종과 비교조생품종은 모두 80% 이었다.

9. 시설재배지내 서양뒤영벌의 일주활동은 오전 11시에서 오후 3시에 걸쳐 활발한 활동을 하였고 오후 2시에 최고에 달했으며 품종간 선호도

에서는 여봉품종을 선호하는 것으로 나타났다.

10. 단동비닐하우스와 유리온실에서의 서양종꿀벌의 일주활동비교에서 두시설 모두에서 오전 10시부터 오후 3시에 걸쳐 활발한 활동을 하였으며 시설간 차이는 없었다.

11. 방화차단일별 과실생산효과는 2일교대, 4일교대, 6일교대, 완전차단구 등에서 각각 벌방사구대비 98.7, 88.5, 70.7, 49.3% 등이었다.

12. 시설내 봉군의 특성은 투입시에 착봉소비 4매로 개체수는 12,000이였으나 3월이후 급속히 감소하여 5월 회수직전에는 약 1,000개체로 폐봉상태에 도달하였다. 병해충은 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*)의 발생이 2월부터 벌통바닥 및 소광부에서 분리되었다.

13. 시설딸기내 전용벌통으로서 기존의 벌통을 개량하여 당액과 화분공급이 용이하도록 고안하였다.

참 고 문 헌

안종길, 최주성, 엄영철, 조일환, 유인철, 박중춘. 1988. 꿀벌방사와 생장조정제초처리가 딸기의 기형과 방지 및 과실발육에 미치는 영향. 농시논문집(원예편) 30(3) : 22~30.

안성복, 김인수, 조왕수, 최귀문. 1989. 하우스딸기의 화분매개를 위한 꿀벌의 방사·이용실태. 한국양봉학회지 4(1) : 1~8.

안성복, 이승환, 최귀문, 조왕수, 우건석. 1994. 하우스딸기의 화분매개를 위한 꿀벌의 적정봉군. 한국양봉학회지 9(2) : 113~116.

Anonymous. 1985. Beekeeping in Japan. Apimondia 29 : 5~12.

Bagnara, D. and C. Vincent. 1988. The role of insect pollination and plant genotype in strawberry fruit set and fertility. J. Hort. Sci. 63(1) : 69~75.

Chagnon, M., J. Gingras and D. de Oliverira. 1989. Effect of honey bee(Hymenoptera : Apidae) visits on the pollination rate of strawberries. J. Econ. Entomol 82(5) : 1350~1353.

Chagnon, M., J. Gingras and D. de Oliveria. 1993. Complementary aspects of strawberry pollination by honey and indigenous bees (Hymenoptera). J. Econ. Entomol. 86 : 416~420.

Connor, L. J. and E. C. Martin. 1973. Components of pollination of commercial strawberries in Michigan. HortScience 8(4) : 304~306.

Currie, R. W., M. L. Winston, K. N. Slessor and D. F. Mayer. 1992a. Effects of synthetic queen mandibular pheromone sprays on pollination of fruit crops by honey bees (Hymenoptera : Apidae). J. Econ. Entomol. 85(4) : 1293~1299.

Currie, R. W., M. L. Winston and M. L. Slessor. 1992b. Effects of synthetic queen mandibular pheromone sprays on honeybee (Hymenoptera : Apidae) pollination of berry crops. J. Econ. Entomol. 85(4) : 1300~1306.

Dag, A., S. Dotan, and A. Abdul-Razek. 1994. Honeybee pollination of strawberry in greenhouse. Hassadeh 74 : 1068~1070.

DeGrandi-Hoffman, G., R. Hoopingarner and R. Pulcer. 1987. Redapol : Pollination and fruit-set prediction model for 'Delicious' apples. Environ. Entomol. 16 : 309~318.

de Ruijter, A., J. van Eijnde and J. van den Steen. 1991. Pollination of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in greenghouses by honeybees. Acta Horticulturae 288 : 270~274.

de Oliveria, D. and L. Savoie. 1991. Pollinators of cultivated strawberry

in Quebec. Acta Horticulturae 288 : 420~424.

Free, J. B. and P. A. Racey. 1966. The pollination of *Freesia refracta* in glasshouse. J. of Apicul. Res. 22(2) : 94~97.

Free, J. B. and P. A. Racey. 1968. The pollination of runner beans (*Phaseolus multiflorus*) in a glasshouse. J. Apicul. Res. 7 : 67~69.

Free, J. B. 1970. Insect pollination of crops. Academic Press, New York. pp 544.

Jacobs, F. J., D. Houbaert and P.H. de Rycke. 1987. The pollinating activity of the honeybee (*Apis mellifera* L.) on some strawberry varieties (*Fragaria X ananassa* Duch.). Apidologie 18 : 345~348.

강시용. 1996. 딸기여봉품종의 재배. 충남농촌진흥원. pp 135

Katayama, E. 1987. Utilization of honeybees as pollination for strawberries in plastic greenhouses. Honeybee Science 8(4) : 147~150.

김창효. 1994. 머리뿔가위벌(*Osmia cornifrons* Radoszkowski)을 이용한 딸기의 수분작용에 관한 연구. 농시논문집(96' 농업산학협동) 36 : 45~55.

Kevan, P. G. and H. G. Baker. 1983. Insects as flower visitors and pollinators. Ann. Rev. Entomol. 28 : 407~453.

Kizagawa, S. 1985. Pollination of strawberries in the greenhouse by honeybees. *Apimondia* 29 : 378~380.

McGregor, S. E. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. *Agr. Res. Serv., United States Dep. of Agric., Handb. No. 496.*

Moffett, J. O. and J. L. Caddel. 1985. Using honeybees to Pollinate greenhouse alfalfa. *An. Bee J.* : 835~837.

Moore, J. N. 1969. Insect pollination of strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94(4) : 362~364.

Svensson, B. 1991. The importance of honeybee-pollination for the quality and quantity of strawberries (*Fragaria X ananassa*) in Central Sweden. *Acta Horticulturae* 288 : 260~264.

Sasaki, M. 1984. Comparative aspects of the honeybees as pollinators and a proposal of large scale use of the revived bee-collected pollen after long storage. *Honeybee Science* 5(2) : 55~62.

Shimotori, K. 1981. Honeybees and strawberry industry in Tochigi. *Honeybee Science* 2(2) : 57~60.

Tsujikawa, Y. 1981. Honeybees in green houses, their effects on strawberries and a problem of UV-cut film house. *Honeybee Science*

2(2) : 49~56.

Taksdal, G. and O. sorum. 1971. Capsids (Heteroptera, Miridae) in strawberries and their influence on fruit malformation. *J. Hort. Sci.* 46 : 43~50.

Yamada, M. 1981. Pollination of watermelon with honeybees in green house. *Honeybee Science* 2(2) : 60~62.

제 4 장 시설토마토에 대한 화분매개곤충의 계획수정

제 1 절 서 론

농작물 재배면적이 대단위화 됨에 따라 단일 작물의 광범위한 재배와 유리온실, 비닐하우스 등 시설내에서 재배되는 농작물의 수와 면적이 매년 점증됨에 따라 화분매개곤충의 수요는 급증하고 있는데 반하여 환경오염, 경지정리, 유기합성농약의 과다 사용등으로 인하여 화분매개곤충은 자신의 서식처를 잃어가고 있는 실정이다(Johansen, 1977). 현재 농작물의 화분매개에 이용하고 있는 곤충으로는 꿀벌이 가장 대표적이라 할 수 있으며 그외에 뒤영벌류, 가위벌류, 꽃등에류 등이 일부작물에서 상품화되어 이용되고 있다.

이중 꿀벌은 산업적으로 꿀, 화분, 왕유, 프로폴리스, 응봉저, 밀납 등의 직접적인 생산뿐만아니라 농작물 화분매개용으로도 많이 이용되고 있지만 토마토와 같이 화밀분비를 하지 않는 식물에는 방화활동이 떨어지게 된다.

한편, 토마토의 화기는 보통 자가수정형태이며 일부 타화수정이 발생하기도 한다(Free, 1970). 토마토 꽃은 수분이 이루어 지려면 화기를 가볍게 진동시켜 암술주두에 꽃가루를 떨어뜨려야 한다. 따라서 개발된 화분매개용 전기진동기 사용은 화분매개효과를 증진시키는 것이 사실이나 지루한 작업, 노동력집중, 경제적비용, 화기와 과실에 대한 충격의 피해 등이 단점이 되고 있다(Cribb, 1990).

일반적으로 뒤영벌은 야외에서 많은 작물품종의 화분매개자로서 중요한 것으로 여겨지고 있다(Holm, 1966; Heinrich, 1979; Hobbs 등). 뒤영벌은 저온에서 꽃을 방문하며 아침일찍부터 저녁 늦게까지 활동한다.

또한 대부분 긴혀를 가지고 있기 때문에 꿀벌에 의해 화분매개되지 못하는 많은 여러식물종을 화분매개 하는 특성을 가지고 있다고 하였다(van Heemert, 1991).

유럽에서는 '87년 뒤영벌의 상품화가 성공하면서 네델란드와 벨지움을 중심으로 뒤영벌사용 능가가 급속히 확산되었으며, '92년 일본에 도입되기 시작한 이후 '96년 약 30,000 통이 수입되어 시설토마토의 화분매개로 이용되고 있으며(Wada & Kurihara, 1992; Kato, 1993; Asada & Ono, 1997 Ono 등, 1994 Fumitaka & Yuji, 1995), 국내에서는 '94년 수입되기 시작하여 '96년 약 8,000통이 수입되는 것으로 추정되고 있다.

시설내 가지과 작물의 화분매개를 위해 최근의 뒤영벌의 사용과 상업화의 성공사례로서 특히 유럽에서 토마토생산은 화분매개 의존성이 상당히 증가했으며, 생산과 품질면에서도 매우 향상되었다(Banda와 Paxton, 1991). 이와 같이 상업화에 도달되기까지 뒤영벌 연구는 실내정착시도와 생물학적 지식의 증진을 위해 약 80년간 지속되어 왔다고 보고한바 있다(Sladan, 1912; van den Eijnde 등 1991).

특히 서양뒤영벌은 시설토마토에서 꿀벌보다 효과적인 화분매개역할을 한다는 사실이 밝혀졌는데(Banda 와 Paxton, 1991). 이는 뒤영벌이 방화시에 화기 선단부를 큰턱으로 물고 몸을 고정시킨 후 가슴근육과 날개를 고속으로 진동시켜 화분을 떨어뜨려 몸의 털에 부착시키는 방화행동으로 화분매개효율이 우수한 것으로 알려져 있기 때문이다. 이미 상품화된 서양뒤영벌은 하루에 5-12회 방화활동을 하고 1회에 50-220개의 화기를 방문하며, 활동범위는 집에서 50-300m 이내로 50m'정도의 좁은 하우스내의 공간에서도 사용이 가능하다고 보고하고 있다(Anonymous, 1992).

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 시설토마토내 과실생산 향상효과

동서단동시설(150m²)내에 방울토마토 미니캐롤폼종이 식재된 토양 점적관수로 재배되는 2조정식 포장에서 화분매개용 서양종꿀벌(4매 착봉소비)과 수입 서양뒤영벌(도착후 2일)을 각각 단동시설내에 방사하였으며 호르몬구, 벌방사구, 호르몬+벌방사구, 대조구 등으로 하였으며 대조구인 무방사구와 호르몬처리구는 시판용 백색방충망을 설치하여 방사벌의 화분매개를 차단하였으며 호르몬처리제는 시판용 토마토톤을 구입 3일 간격으로 살포하였다. 처리구는 난괴법 3반복으로 12처리구로 하였으며 처리구당 면적은 10m²이었다. 정식시기는 4월 28일 이었고 벌통투입일은 5월 18일이었으며 벌통회수는 6월 20일이었다. 시설내의 출입구와 측창은 방충망을 설치하여 화분매개곤충의 이탈 및 다른 곤충의 유입을 방지하였다.

착과율은 20주수에 대하여 2화방, 3화방, 4화방 등의 착과율을 조사하였으며 과실에 대하여서 10g을 기준으로 상품과와 소과로 나누어 각 과실의 무게, 크기, 직경, 종자수 등을 조사하였다.

2. 시설토마토내 방화특성

각 시설내 투입된 서양종꿀벌과 서양뒤영벌의 화분매개시간과 꽃간이동시간을 조사하였으며, 방화행동을 육안 및 사진촬영하여 조사하였다.

제 3 절 결 과 및 고 찰

1. 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*)의 화분매개효과

가. 과실생산 향상효과

국내 시설방울토마토로 많이 재배되는 미니캐롤폼종에 대한 서양뒤영

별방사시의 각화방별 착과율을 보면 제2화방에서 차단구, 호르몬구, 뒤영벌구, 뒤영벌+호르몬구 등의 경우에 각각 66.1%, 86.1%, 95.4%, 96.5%로 나타나 뒤영벌+호르몬처리구가 가장 높았다. 제3화방에서는 뒤영벌구는 94.8%로 뒤영벌+호르몬구보다 높았으며, 제4화방의 경우에는 뒤영벌+호르몬구가 91.2%로 가장 높았다. 전체적으로 뒤영벌 처리구와 뒤영벌+호르몬처리구간에는 유의차가 없었으며 착과율에 있어 뒤영벌이 높은 화분매개효율을 나타내는 것으로 조사되었다(표 4.1).

Table 4.1. Setting of fruit of tomato pollinated by bumblebee in greenhouse

Method of pollination	Setting of Fruit clusters (%)		
	2nd fruit cluster	3rd fruit cluster	4th fruit cluster
No pollination	66.1±1.8c	59.7±2.0c	52.6±2.2c
Bumblebees	95.4±0.6a	94.8±1.2a	89.1±1.6a
Hormone	86.1±3.3b	82.8±1.6b	75.6±3.6b
Bumblebee + Hormone	96.5±0.6a	92.5±1.3a	91.2±1.8a

* 20 fruit clusters observed

Fumitaka와 Yuji(1995)의 서양뒤영벌(*B. terrestris*)에 의한 토마토 착과율에서 4화방에서 87%을 나타내어 호르몬처리 84%보다 높았다는 보

고와 일치하며, Banda(1991)는 98%의 착과율을 보고한 바 있다.

수확시 각 과실에 대한 상품과수, 과장, 과경, 종자수 등의 조사는 표 4.2에 나타난 바와 같이 상품과수는 뒤영벌+호르몬구는 533개, 뒤영벌구는 409개로 나타났으며, 종자수에 있어서는 뒤영벌구가 779개로 가장 많았고, 그 다음으로 뒤영벌+호르몬구는 748개로 조사되었으며, 호르몬구는 593개로 나타나 가장 적은수를 보유하고 있다.

Table 4.2. Tomato productivity pollinated by bumblebee in greenhouse

Method of pollination	Total weight (g)	Large fruit		Small fruit		Length of fruit(mm)	Width of fruit(mm)	Number of seeds
		no.	weight	no.	weight			
No pollination	6013.5	276.5	2838.5	408.5	3175.0	25.5±0.0	25.6±0.0	602.5±13.8
Bumblebees	7205.6	409.7	4103.0	442.3	3102.6	25.0±0.4	25.8±0.6	779.5±42.8
Hormone	5874.3	372.3	4094.3	238.0	1780.0	26.7±0.1	27.1±0.2	593.3±54.2
Bumblebee + Hormone	7102.0	533.7	3968.7	386.7	3133.3	25.0±1.3	25.7±0.2	748.1±67.5

* 10 fruits observed.

나. 시설내 방화특성

서양뒤영벌은 1987년 벨지움에서 시설토마토의 화분매개용으로 상품

화된 벌로서 뒤영벌의 방화특성은 큰턱으로 화기의 주두를 잡고 가슴으로 진동하여 화분매개 하는 것으로 조사되었다(그림 4.1).



Fig. 4.1. Pollination behavior of *B. terrestris* in greenhouse tomato

토마토틀에서 서양뒤영벌의 방화특성은 표 4.3에서 보는 바와 같이 평균 5.2초간 방화행동을 하였으며, 꽃간이동시간은 3.6초로 나타나 일벌이 한 꽃을 방화화하는 되는 8.8초가 소요되는 것으로 조사되었다.

한편 Ravestijnet Saude(1991)의 보고에 의하면 뒤영벌 일벌이 한 꽃을 방문하는데 평균 7.6초가 소요된다는 보고와 비슷한 경향을 나타내었다.

Table 4.3. Pollination characteristics of *B. terrestris* on tomato greenhouse

Pollinator	Time (second)	
	Visiting	Shifting from flower to flower
<i>Bombus terrestris</i>	5.2±3.2	3.6±3.2

2. 서양종꿀벌 (*Apis mellifera*)의 화분매개효과

가. 과실생산 향상효과

국내 시설방울토마토로 많이 재배되는 미니캐롤폼종에 대한 서양종꿀벌의 방화활동에 의한 각화방별 착과율을 보면 제2화방에서 차단구, 호르몬구, 꿀벌구, 꿀벌+호르몬구의 경우 각각 60.0%, 74.8%, 86.3%, 87.3% 등으로 나타나 꿀벌구와 꿀벌+호르몬처리구가 가장 높았다. 제3화방에서는 꿀벌+호르몬구가 81.7%로 가장 높았으며, 제4화방의 경우에는 꿀벌구와 꿀벌+호르몬구가 모두 80.0%로 가장 높았다. 전체적으로 꿀벌처리구, 호르몬처리구, 꿀벌+호르몬처리구 등간에는 유의차가 없었으며 착과율에 있어 꿀벌방사보다는 호르몬처리가 높은 화분매개효율을 나타내는 것으로 조사되었다(표 4.4).

토마토착과율에 따라 뒤영벌과 꿀벌의 비교 실험에서 Banda와 Paxon(1991)는 꿀벌은 무처리 60.87%에 비해 75.9%로 나타났고 보고

한도 있다. 본 실험에서도 74.8%가 나타나 비슷한 경향을 보였다.

Table 4.4. Setting of fruit cluster pollinated on tomato by honeybee in greenhouse

Method of pollination	Setting of fruit clusters (%)		
	2nd fruit cluster	3rd fruit cluster	4th fruit cluster
No pollination	60.0±3.0	57.7±0.6	57.6±0.8
Honeybee	74.8±4.3	80.0±5.5	73.3±5.4
Hormone	86.3±6.2	81.2±3.2	80.0±3.4
Honeybee + Hormone	87.3±1.5	81.7±3.2	80.0±4.0

* 20 fruit cluster observed

수확과실의 각과실에 대한 상품과수, 과장, 과경, 종자수 등의 조사는 표 4.5 에 나타난 바와같이 상품과수는 꿀벌+호르몬구는 408개로 나타났으며, 반면 꿀벌구는 378개로 나타났으며, 종자수에 있어서는 꿀벌+호르몬구 646개로 가장 많았고 꿀벌구는 639개로 조사되었고 무처리구가 603.8개로 가장 적은수를 보유하였다.

나. 시설내 방화특성

서양종꿀벌은 많은 농작물에 대한 우수한 화분매개자로 알려져 있다.

Table 4.5. Tomato productivity pollinated by honeybee in greenhouse

Method of pollination	Total weight (g)	Large fruit		Small fruit		Length of fruit(mm)	Width of fruit(mm)	Number of seeds
		no.	weight	no.	weight			
No pollination	4486.5	265.0	3175.0	263.5	1611.5	26.1±0.3	27.0±0.5	603.8±42.3
Honeybee	6617.7	376.0	4356.7	325.7	2261.0	26.6±0.5	27.0±1.0	639.1±54.8
Hormone	6217.7	378.7	4196.7	268.7	2055.0	26.2±1.2	27.0±1.3	613.8±58.8
Honeybee + Hormone	6832.6	408.0	4716.0	290.6	2116.6	26.3±0.4	27.1±0.6	646.5±64.4

* 10 fruits observed

그러나 토마토와 같이 화밀을 분비하지 않는 화기에는 방화효율이 떨어진 다. 서양종꿀벌의 시설토마토의 방화행동은 두가지 유형으로 분류되었다. 하나는 화주(암술)의 선단에 머물러 있는 것과 약통(수술)의 중간 부위에 머물러 있는 경우의 두가지로 나눌 수 있다(그림 4.2).

토마토꽃에서 서양종꿀벌의 방화활동은 표 4.6에 나타난 바와 같이 평균 6.6초간 방화행동을 하였으며, 꽃간이동시간은 평균 5.1초로 나타났다. 본 실험에서의 서양뒤영벌의 5.2초, 3.6초보다 다소 긴 결과를 나타내 었다. 이는 방화행동간의 차이라 할 수 있는데 뒤영벌은 큰체구와 튼튼한

턱으로 화기의 약통을 물고 몸체를 진동시키면서 토마토의 화기로부터 효율적으로 화분을 채집한 반면 꿀벌은 화기의 약통에 비해 몸체가 작아서 이곳저곳을 탐색하는 시간이 길었기 때문이라고 추정된다.

이상의 서양뒤영벌과 서양종 꿀벌의 토마토에 있어서의 화분매개 효율성을 보면 서양뒤영벌이 착과율과 방화특성 등에 있어서 매우 기능적인 것



Fig. 4.2. Pollination behavior of *A. mellifera* in greenhouse tomato

임을 확인했으며 앞으로 국내 시설토마토의 화분매개를 위해서는 현재 사용중인 서양뒤영벌을 대체할 수 있는 국산뒤영벌의 개발이 시급한 과제라 사료된다.

Table 4.6. Pollination characteristic of *A. mellifera* in greenhouse tomato

Pollinator	Time (second)	
	Visiting	Shifting from flower to flower
<i>Apis mellifera</i>	6.6±4.0	5.1±3.8

제 4 절 적 요

시설토마토재배지내에서 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*)과 서양종 꿀벌(*Apis mellifera*)의 화분매개 효과를 호르몬처리와 비교 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 시설토마토에 대한 서양뒤영벌의 착과율은 제2화방의 경우 95.4% 인 반면 서양뒤영벌+호르몬구는 96.5%로 나타나 유의차가 없었으며 제3 화방, 제4화방은 비슷한 경향을 나타내었다.

2. 서양뒤영벌과 호르몬처리와의 상품과수 및 종자수비교에서 상품과수는 서양뒤영벌+호르몬처리구가 533개로 가장 많았으며 종자수는 서양뒤영벌 방사구가 779.5개로 가장 높게 조사되었다.

3. 서양뒤영벌의 꽃에 머무는 시간은 5.2초로 나타났으며 꽃간이동시

간은 3.6초로 조사되었다.

4. 시설토마토에 대한 서양종꿀벌의 착과율은 제2화방의 경우 75%인 반면 서양종꿀벌+호르몬구는 87%로 나타났으며 제3, 4화방은 비슷한 경향을 나타내었다.

5. 서양종꿀벌과 호르몬처리와의 상품과수 및 종자수비교에서 상품과수는 서양종꿀벌+호르몬처리구가 408개로 가장 많았으며 종자수도 또한 서양종꿀벌+호르몬처리구 방사구가 779.5개로 가장 높게 조사되었다.

6. 서양종꿀벌이 꽃에 머무는 시간은 평균 6.6초로 나타났으며 꽃간 이동시간은 5.1초로 조사되었다.

참 고 문 헌

Anonymous. Information of commercial pollinator (Natupol). 1990. Koppert Co. Netherland pp 6.

Asada, S. and M. Ono. 1997. Tomato pollination with Japanese native bumblees (*Bombus* spp.). Acta Hort. 437: 289-292.

Banda, H. J. and R. J. Paxton. 1991. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. Acta Hort. 288:194-198.

Cribb, D. M., D. W. Hand and R. N. Edmondson. 1993. A comparative study of the effects of using the honeybee as a pollinating agent of glasshouse tomato. J. Hort. Sci. 68(1) : 79~88.

Free, J. B. 1970. Insect pollination of crops. Academic Press, New York. pp 544.

Hobbs, G. A., W. O. Nummi and J. F. Virostek. 1962. Managing colonies of bumblebees (Hymenoptera : Apidae) for polliantion purposes. The Canadian Entomologist 94 : 1121~1132.

Holm, S. N. 1966. The Utilization and management of bumble bees for red clover and alfalfa seed production. Ann. Rev. Entomol. 11 : 155~182.

Heinrich, B. 1979. Bumblebee Economics. Harvard University Press. Cambridge, pp 245.

Fumitaka, I. and T. Yuji. 1995. Application of bumble bees as pollinators on fruit vegetables. Honeybee Science 16 : 49~56.

Johansen, C. A. 1977. Pesticides and pollinators. Ann. Rev. Entomol. 22 : 177~192.

Kato, M. 1993. Impacts of the introduction of *Bombus terrestris* colonies upon pollination mutualism in Japan. Honey Science 14 : 110~114.

Ono, M., M. Mitsuhashi and M. Sasaki. 1994. Use of introduced *Bombus terrestris* Worker helpers for rapid development of Japanese native *B. hypocyrtus* colonies (Hymenoptera, Apidae). Appl. Entomol. Zool. 29 : 413~419.

Sladan, F. W. L. 1912. The humble-bee. London: Macmillan.

van den Eijnde, A. de Ruijter and J. van der Steen. 1991. Method for rearing *Bombus terrestris* continuously and the production of bumblebee colonies for pollination purposes. Acta Horticulturae 288 : 154~158.

van Heemert, C., A. de Ruijter, J. vanden Eijnde and J. van den Steen. 1990. Year-round production of bumblebee colonies for crop pollination.

Bee World 71 : 54~56.

van Ravestijn and J. van der Sande. 1991. Use fo bumblebees
for the pollination of glasshouse tomatoes

Wada, T. and J. Kurihara. 1992. Utilization of *Bombus terrestris* from
the Netherlands. Honeybee Science 13 : 133~136.

제 5 장 국내 토종뒤영벌(호박벌, *Bombus ignitus*)의 개발

제 1 절 서 론

뒤영벌은 벌목(Hymenoptera), 꿀벌상과(Apoidea), 꿀벌과(Apidae), 뒤영벌족(Bombini)에 속하는 것으로 전세계적으로 약 300여종이 있으며, 대부분 유럽, 북미, 아시아의 온순기후에서 분포하며, 가장 북쪽에 위치한 종은 대략 북극점으로부터 880km에서 서식한다(Heinrich, 1979). 한국 곤충명집(1994)에 의하면 국내에는 20여종이 기록되어 있으며, 이 중 호박벌(*Bombus ignitus*)과 좀뒤영벌(*B. ardens*)은 흔히 볼 수 있는 종이다.

뒤영벌은 사회성 곤충으로 여왕벌, 일벌, 수벌 등으로 구성되어 있으며 일반적으로 개체간에 협동하나 꿀벌의 경우처럼 발달되지 못했다. 뒤영벌의 생활사를 보면 월동을 마친 여왕벌이 봄철 화밀과 화분을 채취하며 벌집을 만들기 시작하여 꿀단지과 산란괴를 형성한 다음 육아를 시작한다. 일벌이 출현하게 되면서 여왕벌은 산란에 집중하며 우화일벌들이 육아를 담당하기 시작하면 빠른속도로 번식하여 많은 개체군을 유지하고 가을철에 많은 수벌과 새여왕벌을 생산한 후 교미한 여왕벌만 월동하여 한세대를 보낸다(Heinrich, 1979).

시설토마토에서 화분매개 목적으로 상품화되기 전까지 뒤영벌은 주로 과학적 목적을 위해 야외형성봉군을 실내정착시키거나(Fye & Medler, 1954), 월동여왕벌을 가지고 사육하면서 생활사(Katayama, 1971, 1973), 일벌과 여왕벌과의 관계(Roseler & Roseler, 1978; van Doorn, 1989; van Honk 등, 1981)등을 구명하였으며, 상품화 되면서 사육방법(de Ruijter, 1997; Griffin 등, 1991), 급이방법(Ptacek, 1991), 봉군

형성(Duchateau 등, 1994; Gretenkord & Drescher, 1997; van den Eijnde, 1991; Yeninar & Kafanoglu, 1997), 여왕벌과 일벌의 산란생리(Duchateau, 1989; Duchateau & Velthuis, 1989) 등에 대한 연구가 집중적으로 이루어져왔다.

뒤영벌집단의 사육은 노동집약적이어서 가격이 비싸고 휴면기간이 있어 화분매개곤충으로서의 개발은 비경제적이라는 보고도 있었으나(Rosler, 1979), 80년대 유럽에서 시설토마토의 수분용으로 전기진동기를 대신할 수 있는 새로운 가능성이 제시되면서, 실내 인공환경하에서 뒤영벌의 연중실내사육의 성공(Roseler, 1985; van Heermert, 1990)과 대량생산기술의 확립은 뒤영벌을 상품화할 수 있게 하였으며(van den Eijnde, 1991), 현재 3개 회사가 생산공급하고 있으며, 미국에서는 네델란드 코퍼트사와 합작하여 자체종을 개발하였고, 일본의 경우에도 자체종 개발에 많은 노력을 하고 있으나(Asada & Ono, 1997; Wada & Kurihara, 1992), 아직 대량생산에 성공했다는 보고는 없다. 따라서 호박벌을 비롯한 국내 토착 뒤영벌에 대한 대량생산과 농작물 화분매개에의 이용에 대한 연구가 필요하다(마와 장, 1997).

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 토종뒤영벌의 선발 및 실내정착

국내 토착 서식뒤영벌의 채집은 3월말에서 5월초까지 진달래가 개화하는 시기에 꽃을 방문하거나 주변에 이동하는 여왕벌을 포충망을 이용하여 채집하였다. 채집한 여왕벌은 운반용 상자에 넣은 후 당액을 공급하여 실험실로 이동한 다음 정착용 상자에서 산란을 유도하였다.

채집여왕벌의 수명, 산란율, 봉군형성을 등을 증식용 케이지에서 조사하였으며 먹이공급은 50% 당액과 화분을 공급하였고 주 3회 신선한 것으로 교체하였다. 항온실의 사육조건은 암실, 28℃, 60% RH 이었다.

2. 호박벌(*B. ignitus*)의 실내 연중 사육기술

채집여왕벌중 활성이 강한 봉군에서 새여왕벌과 수벌을 교미시킨 후 CO₂를 처리하였으며 채집여왕벌의 사육방법과 동일한 방법으로 사육하면서 산란율 및 봉군형성율을 조사하였다.

3. 농가보급을 위한 대량생산 체계시의 기술개발

뒤영벌의 먹이공급원인 당액과 설탕액과 건조화분에 의해 화분원을 개발함과 동시에 상품화시 공급용으로 사용할 상자를 개발하여 실내사육에 이용하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 실내 정착뒤영벌의 선발

가. 지역별 뒤영벌의 채집

국내에 서식하고 있는 뒤영벌은 Bombini가 20종, Xylocopini가 5종이라고 알려져 있다(한국근충명집, 1994). 이 뒤영벌의 생태적 특성은 교미한 여왕벌이 월동한후 이듬해 봄에 출현하여 화분과 화밀을 채밀하여 벌 집을 짓고 산란한 후 유아를 위해 활동하다가 첫일벌이 출현하면 산란에 전념하게 되고 일벌은 유아와 외역을 담당하면서 봉군을 형성하는 사회성

곤충이다. 여름후반 수벌과 새여왕벌이 출현하면서 구여왕벌은 죽고 이로 인하여 봉세는 점차적으로 약화되면서 망실된다. 따라서 월동한 뒤영벌종을 채집하는 적기는 일반적으로 3월말부터 5월초라 판단된다.

뒤영벌종의 국내서식은 이 등(1996)에 의해 5종이 확인되었으며 밀원식물로는 20과 37종이라 하였는데, 초본류의 야생화에 대한 자세한 조사가 이루어진다면 이들의 밀원식물의 종류수는 훨씬 증가될 것이라 여겨진다. 국내 토착뒤영벌의 월동여왕벌 출현시기와 진달래(*Rhododendron mucronulatum*) 개화시기와 일치하는 관계로 전국야산에서 쉽게 볼 수 있는 진달래와 국내 토착 뒤영벌과는 밀접한 관계를 유지하면서 발전해 왔을 것이라 추측된다. 그러므로 뒤영벌의 채집은 진달래의 개화시기에 맞춰 이루어졌으며 3월하순에서 4월초순까지는 남부지방을 중심으로, 4월초순부터 4월하순에 걸쳐서는 중부지방을 중심으로 채집을 한 결과 표 5.1 에서 보는 바와 같다.

뒤영벌이 많이 채집된 지역은 순천, 오산, 수원, 인천 등으로 각각 9, 25, 26, 7개체 등으로 채집되었는데 인천을 제외한 다른 지역은 모두 진달래에서 채집되었다. 봄철 진달래꽃을 중심으로한 뒤영벌 채집은 두종류의 뒤영벌 즉 좀뒤영벌(*B. ardens*)과 호박벌(*B. ignitus*)이 채집되었으나 좀뒤영벌이 서식밀도가 높았다.

채집한 좀뒤영벌과 호박벌의 외부적 특징으로는 몸전체가 검은색으로 복부 선단부에 적황색의 띠를 지닌 두종은 외형상 매우 비슷하여 구별하기가 어렵고 다만 호박벌이 체구가 큰 것이 특징이라 할 수 있다. 두종의 두폭과 흉폭을 비교조사한 결과 표 5.2에 나타난 바와 같이 호박벌이 두폭과 흉폭 모두에서 좀뒤영벌보다 각각 0.8mm, 1.1mm 더 큰 것으로 조사되었다.

Table 5.1. Number of the queen of bumblebee collected in 1997

Location	25 March		5 April		15 April		25 April		Total	
	<i>B.a.</i>	<i>B.i.</i>								
Kyungju	2	0	-	-	-	-	-	-	2	0
Sunchon	-	-	9	0	-	-	-	-	9	0
Kurae	-	-	6	0	-	-	-	-	6	0
Andong	-	-	-	-	2	0	-	-	2	0
Taeon	-	-	-	-	4	0	5	2	9	2
Osan	-	-	-	-	-	-	25	3	25	3
Suwon	-	-	16	5	7	3	3	3	22	11
Inchon	-	-	-	-	-	-	0	7	0	7
Total	2	0	31	5	13	3	34	15	80	23

Table 5.2. Head width and thorax width of the queen collected in the field

Species	Sizes (mm)	
	Head width	Thorax width
<i>B. ardens</i>	4.84±0.20	6.94±0.41
<i>B. ignitus</i>	5.65±0.20	7.95±0.44

나. 채집뒤영벌의 실내 봉군형성을

야외채집종의 실내정착사육은 추후 대량사육시의 중요한 관건이라 할 수 있다. 채집한 여왕벌은 정착용 상자에서 꽃과 화분의 공급에 의해 대부분 먼저 꿀단지를 만든 다음 산란을 하였다(그림 5.1). 채집뒤영벌에 대한 실내봉군형성은 표 5.3에 나타난 바와 같이 좀뒤영벌의 경우 미산란군, 산란군, 봉군형성군 등이 각각 61.8, 25.0, 11.2% 등이었다. 반면 호박벌의 경우는 13.0, 17.4, 69.5% 등으로 나타났다. 이 결과로 보아 채집뒤영벌의 실내정착에 있어서는 좀뒤영벌보다 호박벌의 정착율이 높은 것으로 나타났다.

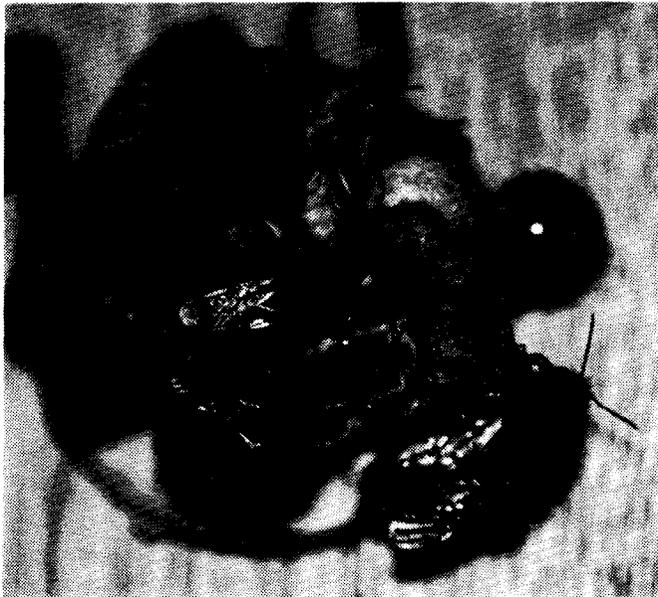


Fig. 5.1. Colonization of collecting bumblebee in laborator

Table 5.3. Colonization of queens of bumblebees in laboratory

Species	No. of non-colony		No. of colony		Total
	Non-egg laying	Egg laying	Below 50 workers	Above 50 workers	
<i>B. ardens</i>	51 (61.8)	20 (25.0)	9 (11.2)	0 (0)	80 (100)
<i>B. ignitus</i>	3 (13.0)	4 (17.5)	0 (0)	16 (69.5)	23 (100)

() percentage

한편 채집후 산란까지의 기간을 조사한 결과 좀뒤영벌의 경우 미산란군과 일벌출현군이 각각 13.8, 12.9일로 나타나 약 1일간의 차이가 있었다. 반면 호박벌의 경우는 봉군형성군이 10.8일로 산란군 8.4일 보다 약 2.4일 길었다(표 5.4).

Table 5.4. Days required for egg laying and colonization after collection of bumblebee in laboratory

Species	Periods (days)	
	Only egg laying	Colony of worker emerged
<i>B. ardens</i>	13.8±5.8	12.9±5.9
<i>B. ignitus</i>	8.4±6.5	10.8±5.6

채집한 뒤영벌여왕벌을 실험실내에서 사육하면서 생존율을 조사한 결과 표 5.5에 나타난 바와 같이 봉군을 형성한 것과 봉군을 형성하지 않은 것 간에는 많은 차이를 나타내었다. 여왕벌의 생존기간을 보면 좀뒤영벌의 경우에는 봉군형성군이 62.5일로 나타나 봉군을 형성하지 않은 경우보다 2.2배 길었으며 호박벌의 경우는 봉군형성군이 109.5일로 미형성군보다 4.3배 길었다. 좀뒤영벌과 호박벌간의 비교에서는 봉군형성군의 산란까지의 기간은 약 3일간 차이가 있었으나 봉군형성군에서는 약 47일간으로 많은 차이를 나타내었다.

Table 5.5. Survival periods of collecting queen of bumblebee

Species	Periods (days)	
	Non-colony	Colony of worker emerged
<i>B. ardens</i>	28.3 ± 16.8	62.5 ± 20.4
<i>B. ignitus</i>	25.5 ± 13.3	109.5 ± 39.6

채집여왕벌의 실내정착기술은 산란유도를 이끌수 있는 최적조건을 부여해 주는 것으로서 사육용기의 결정과 신선한 화분의 공급의 중요성을 강조하였으며(Plowright 와 Jay, 1966). Manino 등(1994)은 뒤영벌을 채집하여 사육을 시도하는 경우 봉군관리의 기술을 향상시키는 것과 봉군 성장과 채밀일벌의 행동을 조사하는 것이라고 하였으며, *B. terrestris*가

실내사육조건에 가장 적응된 종으로 채집 6종중 가장 실내정착율이 높았다고 보고하고 있다. 국내 채집뒤영벌중에서는 호박벌의 실내정착율이 87%로 매우 높았으며(표 5.3), 또한 이종 봉군형성율도 약 80%로 매우 높아 유망개발종이라고 사료된다.

2. 호박벌(*Bombus ignitus*)의 실내 연중 사육기술

가. 여왕벌 생산

실내연중사육기술중 가장 중요한 요인은 여왕벌의 생산기술이다(그림 5.2). 우수한 여왕벌의 계통을 유지하고 관리할 수 있는 기술의 확립이 요구된다. 실내사육시 봉군형성율이 양호한 채집 호박벌중 4개 봉군에 대한 새여왕벌의 출현수 조사에서 첫출현시기는 채집후 약 2개월후인 6월 23일이었다. 봉군당 출현시기는 약 15일간에 걸쳐 우화되었으며, 조사기간중

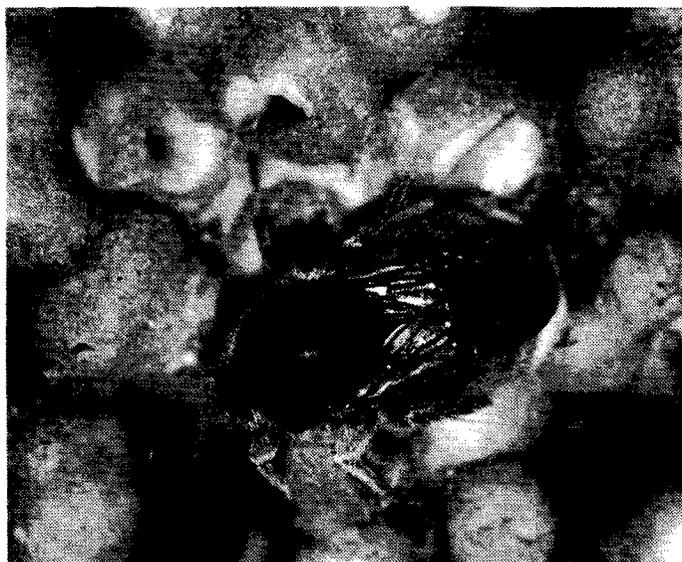


Fig. 5.2. New queen emerged from colony of *B. ignitus*

7월 중순경에 가장 많은 여왕벌을 생산하였다. 봉군당 새여왕벌의 출현수는 26-102개로 봉군마다 차이가 심하게 나타났다(표 5.6).

Table 5. 6. Number of vergin queens from the settled hives

No. of hive queen emerging	Days for queen emering	Daily emergence of vergin queen				Total
		June 25	July 5	July 15	July 25	
I	29/June-10/July (12days)	0	30	4	0	34
II	6/July-24/July (18days)	0	0	88	14	102
III	23/June-8/July (15days)	1	20	5	0	26
IV	4/July-19/July (15days)	0	4	43	34	81
Total	29/July-29/July (30days)	1	54	140	48	243

한편 채집후 새여왕벌이 출현하기까지의 기간은 표 5.7에 나타난 바와 같이 월동여왕벌 채집후 평균 89일 후에 새여왕벌이 출현한 것으로 조사되었다.

채집 호박벌과 새여왕벌간의 두폭과 흉폭비교에서 두폭은 각각 5.65, 5.68mm로 나타났으며 흉폭의 경우에는 7.95, 8.11mm로 조사되었다(표 5.8).

Table 5.7. Periods to need emerging of virgin queen after collecting of *B. ignitus*

Species	No. of colony	Periods (days)
<i>B. ignitus</i>	9	89.4±13.9

Table 5.8. Head width and thorax width between first generation and second generation

Species	Sizes (mm)	
	Head	Thorax
First generation	4.84±0.20	6.94±0.41
Second generation	5.68±0.21	8.11±0.35

나. 호박벌의 교미

야외 망실내에서 뒤영벌의 교미는 방사후 교미시작까지는 10분이내가 53.3%로 조사되었으며 조사기간중 최단교미시작시간은 1분 46초 최장시간은 1시간 50분으로 나타났다(표 5. 9).

호박벌의 야외망실내 교미행동은 그림 5.3에서 보는 바와 같이 수벌이 처녀여왕벌의 복부 등쪽에 앉은 후 다리를 이용 여왕벌의 흉부와 복부를 잡고 교미기를 계속해서 처녀여왕벌의 교미기에 삽입을 시도한다. 대부분

Table 5.9. Time required for mating after releasing of virgin queen

Species	No. of observed				Total
	<10min.	11-20	21-30	30 <	
<i>B. ignitus</i>	16 (53.3)	3 (10.0)	5 (16.7)	6 (20.0)	30 (100)



Fig. 5. 3. Mating behaviour of *B. ignitus*

여러번의 시도 끝에 교미가 이루어지며 교미후 수벌은 다리로 여왕벌의 복부를 힘차게 치는데 시간이 지날수록 정지상태와 교대로 나타나며 점차 적으로 정지시간이 길어진다. 교미중 여왕벌은 붙은채로 이동하기도 하며 다른 수벌에 의해 방해 받기도 하나 한번 교미된 것은 분리되지 않는다. 교미중 여왕벌은 침을 빼놓고 있으며 교미 후반부에 수벌의 요동이 약해지면 서 여왕벌이 뒷다리를 이용하여 수벌을 이탈시키며 분리시킨 후 여왕벌은 약 1-2분간 다리를 이용 촉각을 비롯한 두부와 복부 등을 쓸어내리면서 청소행위를 보인후 다른 곳으로 비상한 반면 수벌은 교미후 이탈된 다음 수초 이내에 비상하였다.

뒤영벌의 교미율은 평균 49.2%로 조사되었고 평균 교미시간은 18분 40초로 나타났는데 최단교미소요시간은 7분 28초였으며 최장교미소요시간은 38분 17초로 조사되었다(표 5.10).

Table 5.10. The mating percentage and mating time of vergin queen in the net house

Date	No. of virgin queen released	No. of queen mated	Mating percentage (%)	Continuation of mating (sec.)
July 30	15	7	46.7	1028 ± 404
July 31	9	5	55.6	1104 ± 128
Aug. 1	15	8	53.3	1226 ± 489
Aug. 2	7	4	57.1	1258 ± 193
Aug. 3	19	8	42.1	1037 ± 223
Total	65	32	49.2	1120 ± 334

다. 호박벌의 산란유도

호박벌 2세대 여왕벌을 교미처리한 후 산란유도를 위해 CO₂처리하여 산란율을 조사한 결과는 표 5.11에 나타난 바와 같이 일벌출현군이 41.3%, 수벌출현군이 19.0%이었으며 전체 산란율은 60.3%로 조사되었고, 미산란율은 39.75이었다. CO₂처리후 산란되기까지의 기간은 일벌출현군이 평균 27.3일 이었으며 반면 수벌출현군은 31.2일로 약 4일간의 차이가 있었다(표 5.12).

Table 5.11. Colonization of second generation queen of *B. ignitus* after CO₂ narcosis

Colony	Worker emerged	Drone emerged	Non-egg laying
63	26 (41.3)	12 (19.0)	25 (39.7)

() percentage

Table 5.12. Period till egg laying by of second generation queen of *B. ignitus* after CO₂ narcosis

Colony	No. of colony	Period(days)
Worker emerged	26	27.3±13.5
Drone emerged	12	31.2±8.4

호박벌의 2세대 일벌 및 수벌의 발육기간은 그림 5.4와 표 5.13에서 보는 바와 같이 난기간이 일벌과 수벌이 각각 평균 6.5, 6.6일 이었으며, 유충기간은 10.8, 10.1일로 나타났으며, 용기간은 일벌이 9.9일 이었던 반

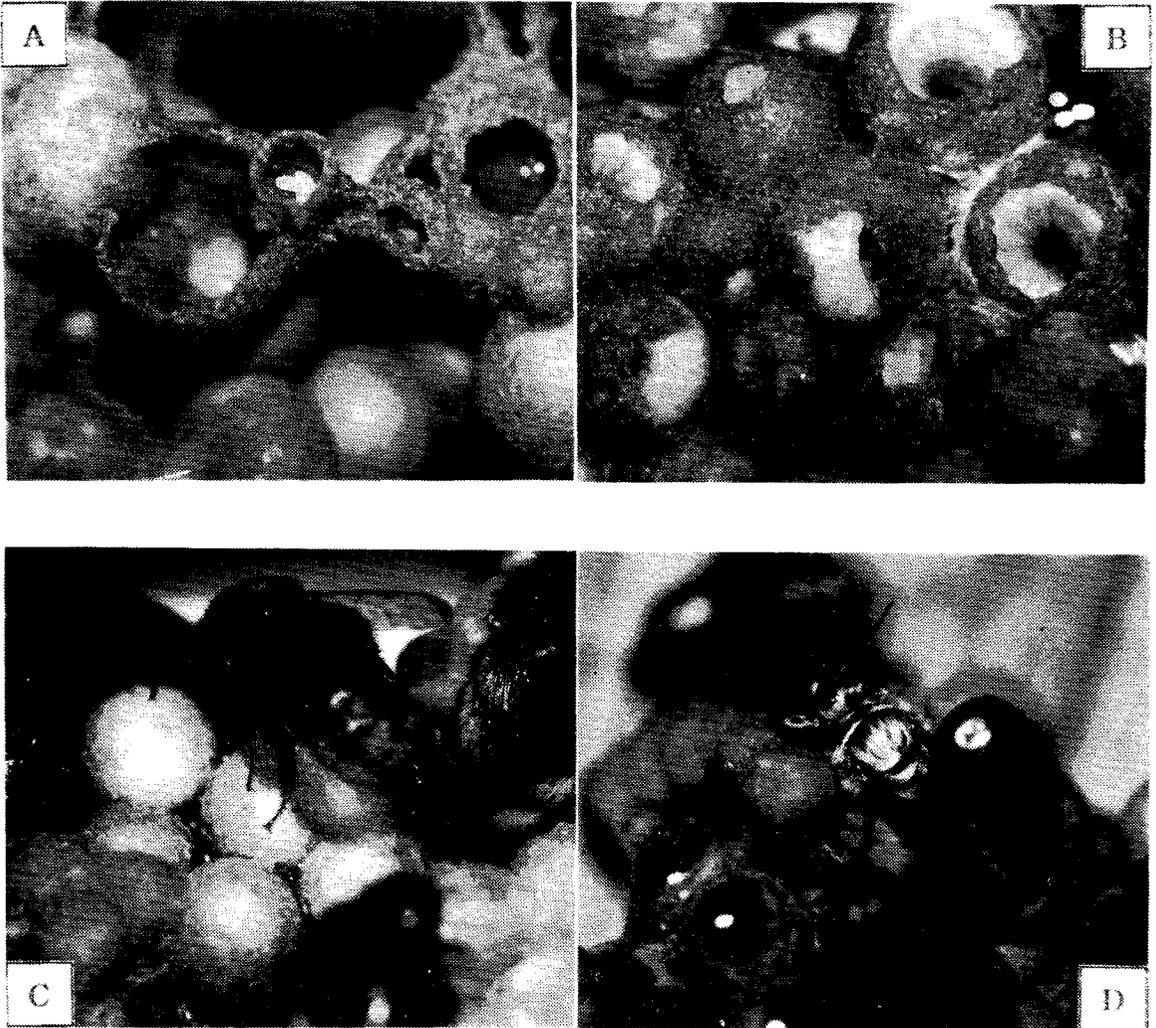


Fig 5.4. Developmental stage of *B. ignitus* (A: Egg, B: larvae, C: Pupa, D: Emerging adult).

Table 5.13. Developmental period of *B. ignitus* reared in the laboratory

Sex	Period of Developmental Stage(days)			
	Egg	Larva	Pupa	Total
Worker	6.5±2.1	10.8±3.1	9.9±1.4	25.9±4.1
Drone	6.6±0.8	10.1±2.9	12.9±0.9	29.0±2.6

면 수펄은 12.9일로 조사되어 수펄이 약 3일 긴 것으로 밝혀져 난에서 우화까지의 전체기간은 일벌이 평균 25.9일, 수펄이 29.0일의 발육기간이 소요되었다.

3. 농가보급을 위한 대량생산체계의 선결과제

가. 저비용 고품질의 대체먹이원의 개발

실내대량생산시의 가장 중요한 문제는 우수여왕벌의 계통선발이며 그 다음으로 경제적 먹이원의 개발이며 마지막으로 벌통의 규격화일 것이다. 우수계통의 여왕벌을 선발하였다더라도 값싼먹이원과 포장의 규격화가 안 될 경우 수입뒤영벌과의 경쟁력에서 밀려나게 될 것이다. 뒤영벌의 먹이원은 탄수화물과 단백질의 공급원으로서 당액과 화분을 들 수 있다.

상품화된 뒤영벌은 시설토마토의 폐쇄환경으로서 토마토는 화밀이 없기 때문에 효율적인 봉군유지를 위해서는 탄수화물의 공급은 필수적이다.

일반적으로 화밀에 들어있는 당종류는 포도당, 과당, 설탕 등이 주종을 이루고 있기 때문에 이들 당에 대한 뒤영벌의 선호도를 조사중이며, 또한 시설내 토마토는 화분수집이 매우 어렵기 때문에 봉군발육에 필요한 단백질의 절대량이 부족하여 보충해주어야 되기 때문에 필수아미노산을 중심으로 몇가지 인공사료에 대하여 조사를 준비하고 있다.

나. 상품화를 위한 벌통의 규격화

벌통의 규격화는 실용화의 관건으로서 뒤영벌의 활성을 유지하면서 화분매개효율을 증진시킬 수 있는 면이 고려되어야 할 것이다. 또한 값싼 재질로 구입하기가 쉽고 제작과정이 단순해야 할 것이다.

제 4 절 적 요

국내 토착뒤영벌의 서식지역과 채집여왕벌의 실내에서 이들의 봉군발달과정을 관찰함과 동시에 연중사육기술 확립을 위하여 교미 및 산란행동을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 뒤영벌의 주요서식지로 밝혀진곳은 순천, 오산, 수원, 인천 등이었으며 인천을 제외한 다른 지역은 모두 진달래에서 채집되었다.

2. 좀뒤영벌과 호박벌의 두폭과 흉폭을 비교조사한 결과는 호박벌이 두폭과 흉폭 모두에서 좀뒤영벌보다 각각 0.8mm, 1.1mm 더 큰 것으로 조사되었다.

3. 채집뒤영벌에 대한 실내봉군형성율은 좀뒤영벌의 경우 미산란군, 산란군, 봉군형성군 등이 각각 61.8, 25.0, 11.2% 등이었고, 호박벌의 경우

는 13.0, 17.4, 69.5% 등으로 나타났다.

4. 채집후 산란까지의 기간을 조사한 결과는 좀뒤영벌의 경우 미산란군과 일벌출현군이 각각 13.8과 12.9일로 나타나 약 1일의 차이가 있었다. 반면 호박벌의 경우는 봉군형성군이 10.8일로 산란군 8.4일 보다 2.4일 많았다.

5. 채집 뒤영벌여왕을 실험실내에서 사육하면서 생존기간을 조사한 결과 좀뒤영벌의 경우에는 봉군형성군이 62.5일로 나타나 봉군을 형성하지 않은 경우보다 2.2배 길었으며 호박벌의 경우는 봉군형성군이 109.5일로 미형성군보다 4.3배 길었다.

6. 실내사육시 봉군형성율이 양호한 채집 호박벌중 4개 봉군에 대한 새여왕벌의 출현수 조사에서 첫출현시기는 채집후 약 2개월후인 6월 23일이었고 봉군당 출현시기는 약 15일간에 걸쳐 우화되었으며 조사기간중 7월 중순경에 가장 많은 여왕벌을 생산하였다.

7. 채집 호박벌과 새여왕벌간의 두폭과 흉폭비교에서 두폭은 각각 5.65, 5.68mm로 나타났으며 흉폭의 경우에는 7.95, 8.11mm로 조사되었다.

8. 야외 망실내에서 뒤영벌의 교미는 방사후 교미시작까지는 10분이내 가 53.3%로 조사되었으며 조사기간중 최단교미시작시간은 1분 46초 최장시간은 1시간 50으로 나타났다.

9. 뒤영벌의 교미율은 평균 49.2%로 조사되었고 평균 교미시간은 18분

40초로 나타났는데 최단교미소요시간은 7분 28초였으며 최장교미소요시간은 38분 17초로 조사되었다.

10. 호박벌 2세대 여왕벌을 교미처리한 후 산란유도를 위해 CO₂처리한 결과 일벌출현군과 수벌출현군이 각각 41.3, 19.0%이었으며, 전체 산란율은 60.3%로 조사되었고, 미산란율은 39.75이었다.

11. CO₂처리후 산란되기까지의 기간은 일벌출현군이 평균 27.3일 이었으며 반면 수벌출현군은 31.2일로 약 4일간의 차이가 있었다.

12. 호박벌의 2세대 일벌 및 수벌의 발육기간은 난기간과 유충기간은 비슷하였던 반면 용기간은 수벌이 평균 3일 더 긴것으로 밝혀져 난에서 우화까지의 전체기간은 일벌과 수벌 각각 평균 25.9, 29.0일이었다.

참 고 문 헌

de Ruijter, A. 1997. Commercial bumblebee rearing and its implications. Acta Hort. 437:261-269.

Duchateau, M. J. and H. H. W. Velthius. 1989. Ovarian development and egg laying in workers of *Bombus terrestris*. Entomol. Exp. Appl. 51 : 199~213.

Duchateau, M. J., H. Hoshiba. and H. H. W. Velthius. 1994. Diploid males in the bumblebee *Bombus terrestris*. J. Ethol. 7 : 141~151.

Duchateau, M. J., H. Hoshiba. and H. H. W. Velthius. 1994. Diploid males in the bumble bee *Bombus terrestris* Sex determination, sex alleles and viability. Entomol. Exp. Appl. 71 : 263~269.

Duchateau, M. J. 1991. Regulation of colony development in bumblebees. Acta Horticulturae 288 : 139~143.

Fumitaka, I. and T. Yuji. 1995. Application of bumble bees as pollinators on fruit vegetables. Honeybee Science 16 : 49~56.

Frison, T. H. 1917. Notes on Bombidae, and on the life history of *Bombus auricomus* Robt. Annals Entomological Society of American 10 : 277~288.

Fye, R. E. and J. T. Medler. 1954. Field domiciles for bumblebees. J. Econ. Entomol. 47 : 672~676.

Fussell, M. and S. A. Corbet. 1991. Bumblebee habitat requirements : A public survey. Acta Horticulturae 288 : 159~163.

Fuller, G. A. and R. C. Plowright. 1986. Nest defence by honey-daubing in the bumblebee *Bombus griseocollis* De Geer (Hymenoptera : Apidae). Can. Ent. 118 : 479~480.

Gretenkord, C. and W. Drescher. 1997. Successful colony foundation and development of experimentally hibernated *Bombus terrestris* queens depending on different starting methods. Acta Hort. 437:271-276.

Griffin, R. P., R. P. Macfarlane and H. J. van den Ende. 1991. Rearing and domestication of long tongued bumble bees in NewZealand. Acta Horticulturae 288 : 149~153.

한국곤충명집. 1994. 한국곤충학회, 한국응용곤충학회. 건국대학교 출판부

Hobbs, G. A., W. O. Nummi and J. F. Virostek. 1962. Managing colonies of bumble bees(Hymenoptera : Apidae) for pollination purposes. The Canadian Entomologist 94 : 1121~1132.

Holm, S. N. 1972. Weight and life length of hibernating bumblebee queens (Hymenoptera : Bombidae) under controlled conditions. Ent. Scand. 3 : 313~320.

Katayama, E. 1973. Observations on the brood development in *Bombus ignitus* (Hymenoptera, Apidae). II. Brood development and feeding habits. Kontyu 41 : 203~216.

Kuboki, M. and H. Ochiai. 1985. Observations on the nesting sites of *Bombus ardens* Smith in urban Environments. Koutyu 53 : 625~631.

Katayama, E. 1971. Observations on the brood development in *Bombus ignitus* (Hymenoptera, Apidae). I. Egg-laying habits of queens and workers. Kontyu 39 : 189~203.

Kato, M. 1993. Impacts of the introduction of *Bombus terrestris* colonies upon pollination mutualism in Japan. Honey Science 14 : 110~114.

이상범, 마영일, 박인균, 윤행주, 김종순, 김창효. 1996. 몇종의 국내 뒤영벌 종(*Bombus* spp)의 밀원과 실내정착에 관하여. 한국양봉학회지 11:90~98

Medler, J. T. 1962. Development and absorption of eggs in bumblebees (Hymenoptera : Apidae). The Canadian Entomologist 94 : 825~833.

Manino, A. F. Marletto, M. Porporato and L. Allais. 1994. Research on

the rearing of bumblebees in artificial nests. *Ethology Ecology and Evolution*. 3 : 95~99.

Macfarlane, R. P., J. J. Lipa and H. J. Liu. 1995. Bumblebee pathogens and internal enemies. *Bee World* 76 : 130~148.

마영일. 장영덕. 1997. 국내산 뒤영벌의 실내사육에 의한 정착유도. 한국양봉학회, '97 연구발표초록집, p16.

Nicolas, G. and D. Sillans. 1989. Immediate and latent effects of carbon dioxide on insects. *Ann. Rev. Entomol.* 34 : 97~116.

Ono, M., M. Mitsuhashi and M. Sasaki. 1994. Use of introduced *Bombus terrestris* Worker helpers for rapid development of Japanese native *B. hypocyrtus* colonies (Hymenoptera, Apidae). *Appl. Entomol. Zool.* 29 : 413~419.

Plowright, R. C. and S. C. Jay. 1966. Rearing bumblebee colonies in captivity. *J. Apicul. Res.* 5 : 155~165.

Ptacek, V. 1991. Trials to rear bumblebees. *Acta Horticulturae* 288 : 144~148.

Roseler, P. F. and I. Roseler. 1978. Studies on the regulation of the juvenile hormone titre in bumblebee workers, *Bombus terrestris*. *J. Insect Physiol.* 24 : 707~713.

Scholl, A., R. W. Thorp and E. Obrecht. 1992. The genetic relationship between *Bombus franklini* (Frison) and other taxa of the subgenus *Bombus* S. Str. (Hymenoptera : Apidae). *Pan-Pacific Entomologist* 68 : 46~51.

van Honk, C. G. J., P. F. Roseler, H. H. W. Velthuis. and J. C. Hoogeveen. 1981. Factors influencing the egg laying of workers in a captive *Bombus terrestris* colony. *Behav. Ecol. Sociobio.* 9 : 9~14.

van Doorn. 1989. Factors influencing dominance behaviour in queen less bumblebee workers (*Bombus terrestris*). *Physiological Entomology* 14 : 211~221.

van Heemert, C., A. de Ruijter, J. vanden Eijnde and J. van den Steen. 1990. Year-round production of bumblebee colonies for crop pollination. *Bee World* 71 : 54~56.

van den Eijnde, A. de Ruijter and J. van der Steen. 1991. Method for rearing *Bombus terrestris* continuously and the production of bumblebee colonies for pollination purposes. *Acta Horticulturae* 288 : 154~158.

Wada, T. and J. Kurihara. 1992. Utilization of *Bombus terrestris* from the Netherlands. *Honeybee Science* 13 : 133~136.

Yeninar, H. and O. Kaftanoglu. 1997. Colony development of

anatolian bumblebees (*Bombus terrestris*) under laboratory conditions. Acta Hort. 437:277-281.