

완숙토마토 품종별 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*) 방사시 추가 화분공급에 의한 봉군수명 연장과 경제적 효과

이상범* · 박인균 · 박인희¹ · 윤형주 · 이경용 · 장선주 · 채 영² · 용해중³ · 최병락⁴

¹농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 곤충산업과, ²충청남도농업기술원 부여토마토시험장, ³강원도 춘천시농업기술센터, ⁴경기도 광주시농업기술센터,
⁴농촌진흥청 국립원예특작과학원 기술지원과

Lifespan Elongation of *Bombus terrestris* and Economic Effect by Regular Pollen Supplement to Its Hives Released on Beefsteak-tomato Varieties

Sang-beom Lee*, In-Gyun Park, In-Hui Park¹, Hyung-Joo Yoon, Kyung-Yong Lee,
Sun-Joo Jang, Young Chae², Hae-Joong Yong³ and Byeong-Rak Choi⁴

Applied Entomology Division, Department of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-100;

¹Buyeo Tomato Experiment Station, Chungcheong nam do Agricultural Research and Extension Service, 323-814

²Technology Services Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Suwon 440-706, Korea

³Chuncheon Agricultural Technology Center, Kangwondo Agricultural Research and Extension Service, 200-821

⁴Gwangju Agricultural Technology Center, Gyenggi-do Agricultural Research and Extension Service, 464-030

ABSTRACT : About 50,000 hives of *Bombus terrestris* are used for pollination of tomato and other economical crops (fruit vegetables and fruit trees) in Korea. Therefore this study was conducted to find out the effective use of *B. terrestris* and its economic effect in the major beefsteak-tomato cultivation areas from February to August in 2008. The pollinating activities, rate of bite-mark and lifespan of *B. terrestris*'s hive according to all beefsteak-tomato varieties (Super Momotaro, Zeus42, Mascara and Super Sunroad, 500 m², 9,600~12,000plants) were apparent by regular supplement of pollen (5~6g/3 days) to the hive of *B. terrestris*. Especially, Super Momotaro and Super Sunroad variety were most distinctive in the effects by regular pollen supplement.

KEY WORDS : Beefsteak-tomato, *Bombus terrestris*, Hive's lifespan, Pollinating activity, Added pollen supply

초 록 : 토마토 및 경제작물의 수분용으로 50,000봉군 정도 이용되고 있는 서양뒤영벌을 시설완숙토마토하우스에 방사하여 품종별로 효율적인 사용과 경제적 효과를 알아보기 위하여 2008년 2월부터 8월까지 춘천시에서 추가화분공급효과를 조사하였다. 슈퍼도태랑, 제우스42, 그리고 슈퍼선로드 품종에서 서양뒤영벌 봉군내 추가화분공급(5~6g/3일)으로 화분매개활동과 방화흔 비율 그리고 봉군수명이 뚜렷하게 나타났다. 특히 슈퍼도태랑과 슈퍼선로드품종에서 추가화분공급효과가 더 크게 나타났다.

검색어 : 완숙토마토, 서양뒤영벌, 봉군수명, 화분매개활동, 추가화분공급

*Corresponding author. E-mail: lsb3238@korea.kr

풍매화인 토마토는 시설재배가 시작되면서 인공적인 수분이 필요하게 되었다. 토마토의 약은 옥수수모양으로 생겼으므로, 화분을 내부에서 바깥쪽으로 나오게 하려면 약간의 진동이 필요하다. 따라서 가슴근육을 진동하여 화분을 수집하는 뒤영벌이 가장 효과적으로 이용되고 있다(Buchmann and Hurley, 1978; Michener, 1962; Heinrich, 1979). 따라서 토마토의 수정을 위해 토마토톤 대신 서양뒤영벌(*Bombus terrestris*)을 이용할 경우 과실의 형상 및 품질이 향상되는 것으로 알려져 있다(Banda and Paxton, 1991; Morishi, 1993; Koidae, 1994; Iikedda, and Tadauchi, 1995). 또한 토마토의 화분매개곤충인 서양뒤영벌 또는 호박벌을 방사함으로서 토마토톤처리보다 착과율이 향상되고 생산량 및 농가 소득이 증대되었다(Koidae, 1994; Iikedda, and Tadauchi, 1995; Dogterom *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 2001b; Lee *et al.*, 2002). 그러나 대부분의 농가가 아직도 토마토톤으로 토마토를 착과시키고 있으며, 일부 농가에서는 방울토마토 양액재배 시 한 작기 당 약 30회 정도 처리하고 있다. 이러한 토마토톤의 과다사용으로 인하여 배지(펄라이트)에 잔류량이 과다하기 때문에 다음 작기에 약해 유발하는 등 토마토톤 과다처리하며 문제가 되기도 한다. 2004년에 미국환경청(United States Environmental Protection Agency; 미국 EPA)에서는 생산회사에서 자체적으로 토마토톤의 등록을 취소하도록 하였다(Kang, 2001). 1994년에 네덜란드와 벨기에로부터 시설토마토의 화분매개곤충으로 국내에 도입된 서양뒤영벌은 1995년 1,500봉군에서 1997년 10,000봉군, 2001년 20,000봉군, 2008년 50,000봉군으로 농가에서의 이용이 점차 늘어나고 있는 실정이며(Lee *et al.*, 2001; Lee, S.B., Personal communication), 시설토마토, 메론 등 시설과 채류와 사과, 배 등 과수에서도 꽃 넓게 이용되고 있다. 하우스 환경이 양호하고 적정한 면적이 확보되어 토마토 꽂의 화분량이 충분하면 일벌이 급속히 증가하여 봉군수명이 늘어난다(Iikedda, and Tadauchi, 1995). 또한 Lee *et al.*(2003a)은 시설방울토마토에 방사한 서양뒤영벌 봉군 내에 주기적으로 화분을 공급한 결과, 품종별로 차이는 있지만 봉군수명연장 효과가 있다고 보고한 바 있다. 한국형 토마토 재배양식에서 서양뒤영벌 봉군을 효율적으로 사용하기 위해서는 측창망 부착효과, 봉군의 설치 위치, 봉군 투입 초기의 방화일벌의 확보방법 등의 사용 방법이 연구되었거나 연구되고 있다(Lee *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2006). 아직도 한국의 하우스 형태와 재배양식이 유럽과 다른 점이 지

금까지 간과되어져 오고 있다. 본 연구는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 토마토 품종별로 동일하게 이용하고 있는 서양뒤영벌의 봉군수명을 연장할 수 있는 방법인 봉군 내에 보조화분을 추가 공급하여 봉군수명의 연장효과를 조사하였다.

재료 및 방법

공시장소 및 공시총

2008년 2월 16일부터 8월 12일까지 6개월 동안 경기도 광주시 퇴촌면과 강원도 춘천시 신동과 우두동의 500 m²의 완숙토마토하우스를 6동 이상을 가진 농가 중 정식시기가 같고, 4개 품종(슈퍼도태랑, 제우스42, 마스카라, 슈퍼선로드)을 재배하고 있는 포장을 선정하여 서양뒤영벌을 방사하여 시험하였다. 제우스42, 마스카라, 슈퍼선로드의 3개 품종은 3반복으로 공시하고, 슈퍼도태랑 품종은 식재량이 적어 2동을 선정하여 반복을 두지 못하였다. 슈퍼도태랑, 마스카라, 슈퍼선로드의 품종 모두 500 m² 한 동의 면적에 1,200주, 제우스42는 9,600주가 식재되었다. 동당 처리구를 구획하여 처리구 당 일별 110~150마리의 봉군을 넣을 때, 보조화분공급구와 무공급구의 반복구에 거의 같은 봉군과 봉세가 배치되도록 하였다. 봉군은 구입시 판매회사에 부탁하여 봉세(일벌수, 용수, 유충수 그리고 난괴수와 여왕벌의 생존 등)를 확인하여 보내도록 하였다. 보조화분공급구는 신선화분을 3일마다 5~6g을 1회 공급하였고, 무공급구는 토마토하우스에 방사 후 하우스내의 토마토 꽂에서 수집되는 꽃가루만으로 봉군을 유지하도록 보조화분을 공급하지 않았다.

완숙토마토 품종별 서양뒤영벌의 화분매개활동 특성

화분매개활동수 조사는 7일 간격으로 포장을 방문하여 오전 10시와 오후 3시 두 차례 조사하였으며, 이 때 하우스내 온습도를 관찰하고, 포장 내를 돌면서 꽂에 머무는 시간과 꽃간 이동시간을 보조화분공급구와 무공급구별로 구별하여 각각 30회 이상 조사하였다. 봉군수명연장효과를 알아보기 위하여 화분매개활동수 변화와 방화흔 비율, 봉군내 일벌수를 조사하였다. 방화흔 비율은 80% 이상일 경우 서양뒤영벌의 활동이 정상적이라고 판단하고, 80% 정도이거나 이하가 되면 경제적

인 착과율에 이르지 못하여 봉군을 교체해야 하는 기준이 되므로 포장을 돌면서 시들어 오므라든 꽃을 임의로 30개를 수거하여 뒤영벌이 화분수집 시 약을 문 자국을 확인하여 백분율로 나타내었다(Ravestijn and Sande, 1991; Lee et al., 2004). 봉군 내 일별수는 토마토하우스에서 사용이 끝난 후 봉군을 수거하여 일별 용각의 수를 상세히 조사하였다. 품종별로 토마토 꽃의 화분수와 화분활력을 알아보기 위하여 당일 개화한 꽃중에서 무방화, 적방화, 과방화한 꽃을 처리구당 5개씩 4반복으로 채취하여 20~24°C의 실내 암소에 18시간 동안 펼쳐놓은 다음 화분털이용 진동기를 이용하여 5개의 꽃에 있는 화분을 모두 수집하였다. 수집된 화분을 1% acetone-carmine(carmine 1g과 45% glacial acetic acid 100 ml)을 혼합하여 끓인 후 완전히 식혀 2회 여과하여 사용으로 염색한 후 광학현미경(Zeiss, Germany/Axioskop)으로 정상화분과 비정상 화분을 관찰하였다(Kho and Baer, 1968; Hogenboom, 1968; Shivanna and Johri, 1985). 화분수 측정은 Haemocytometer를 이용하여 4반복으로 조사하였다.

서양뒤영벌의 화분매개활동에 의한 생산물 조사 및 경제성 분석

착과율은 포장을 약 1 m 간격으로 이동하면서 화방수와 착과수를 20회 이상 조사하여 백분율로 나타냈으며, 생산물은 품종별로 보조화분공급구와 무공급구로 나누어 토마토의 직경, 무게, 당도, 종자수 그리고 동공과를 조사하고, 완숙토마토 품종별로 3~4화방의 과중을 주당 개수로 곱하여 주당 무게를 산출하고, 10a 당 2,400주를 대입하여 10a 당 생산량을 계산하였다. 또한 10a 당 생산량을 계산하고 kg 당 가락동 가격을 대입하여 판매 가격을 산출하였다. 그리고 판매가격에 경영비를 제하여 순이익을 계산하여 화분공급구, 무공급구 그리고 토마토분처리구와 비교하여 경제성을 비교하였다.

결과 및 고찰

완숙토마토 품종별 서양뒤영벌의 화분매개활동 특성

춘천시의 완숙토마토 재배하우스의 온도는 오전 9시, 10시, 11시, 12시와 오후 1시, 2시, 3시, 4시 그리고 5시에 각각 29.0°C, 30.0°C, 30.3°C, 36.3°C와 32.0°C, 34.

0°C, 32.5°C, 28.5°C 그리고 27.1°C로서 12시경이 서양뒤영벌의 화분매개활동에 지장을 줄 정도로 가장 높았으며, 오전 9시와 4시경의 온도가 29.0°C로서 같은 수준이었다. 호박벌의 방화활동조사시의 하우스 내 온도와 습도는 하절기에는 평균온도가 29.3°C(20~37 °C), 습도는 81%(57~97%)였으며, 동절기에는 평균온도가 22.4°C(16.6~26.3°C), 습도는 86%(73~95%)이었다. 완숙토마토의 품종별 서양뒤영벌의 화분매개활동수는 화분공급구가 오전 10시경이 슈퍼도태랑, 제우스42, 마스카라 그리고 슈퍼선로드품종에서 각각 8.7마리, 7.2마리, 5.7마리 그리고 4.5마리로서 화분무공급구 오후 3시경의 각각 7.0마리, 5.4마리, 4.7마리 그리고 4.5마리보다 많았으며, 오후 3시경에는 화분공급구와 무공급구 공히 화분매개활동수가 같은 수준이었다. 따라서 각 품종별 화분매개활동은 오전이 오후보다 활발하였고, 화분공급구가 무공급구에 비하여 화분매개활동수가 더 많았다(Fig. 1). 이것은 Ikeda and Tadauchi(1995)이 적은 면적보다는 500 m² 이상의 토마토포장에서 서양뒤영벌의 봉군수명이 약 2개월 정도 유지된다는 보고와 같이 시설완숙토마토에서 화분을 3일 간격으로 공급하였을 때, 무공급구에 비하여 봉군 내에 토마토 수분에 알맞은 일별수가 증가하여 화분매개활동을 보다 오래 지속하는 것으로 사료된다. 방울토마토의 꼬꼬풀종에서 화분공급의 효과로서 화분매개활동수가 많았으며, 봉군수명이 길었다는 Lee et al.(2003a)의 보고와도 같은 경향을 보였다.

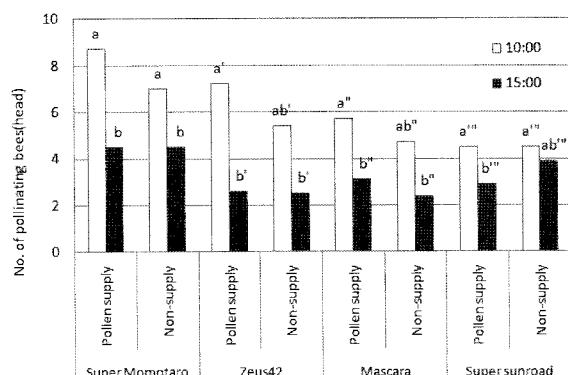


Fig. 1. Number of pollinating workers of *B. terrestris* according to supply or non-supply of pollen in the beefsteak-tomato varieties. No. of workers on starting time: All 110~120 heads. Pollen supply was put in the hive about 5-6g of pollen at intervals of 3 days during the lifespan of hives released. For the statistical analysis, One-way ANOVA test was used: Significant differences at p<0.05.

Table 1. Number of pollens per a flower according to pollinating step (level) foraged by *B. terrestris* on the beefsteak-tomato varieties

Tomato variety		Fresh flower		n	Proper-pollinating flower		Over-pollinating flower	
		No. of active pollens (each)	No. of unactive pollen (each)		No. of active pollens (each)	No. of unactive pollen (each)	No. of active pollens (each)	No. of unactive pollen (each)
Super Momotaro	Pollen supply	485.8±221.1d	1.8±2.2a'	20	287.1±128.8c	2.6±1.5a'	60.3±56.3b	1.3±1.3a'
	Non-pollen supply				57.1±44.8b	0.8±0.9a'	9.6±5.5a	3.1±2.4b'
Zeus42	Pollen supply	473.1±453.9c	1.0±0.5	20	37.0±28.0b	1.0±1.4	27.5±21.7b	1.5±1.3
	Non-pollen supply				23.5±15.4b	1.5±2.4	5.7±1.5a	1.0±0.8
Mascara	Pollen supply	601.3±281.0b	0.3±0.5a'	20	65.3±46.6a	1.0±0.8ab'	51.5±24.8a	0.5±1.0ab'
	Non-pollen supply				448.3±155.6b	1.8±1.7b'	85.5±72.9a	1.5±1.3b'
Super Sunroad	Pollen supply	1213.9±1121.0c	1.3±1.3	20	15.5±10.4a	1.3±0.5	10.8±11.6a	1.3±0.5
	Non-pollen supply				53.7±33.0b	2.8±1.7	23.5±14.6a	1.0±0.8

For the statistical analysis, One-way ANOVA test was used: Significant differences at $p<0.002$ for number of pollens per a tomato flower according to varieties pollinated by *B. terrestris* between pollen supply and non-supply. Values are mean \pm S.D.

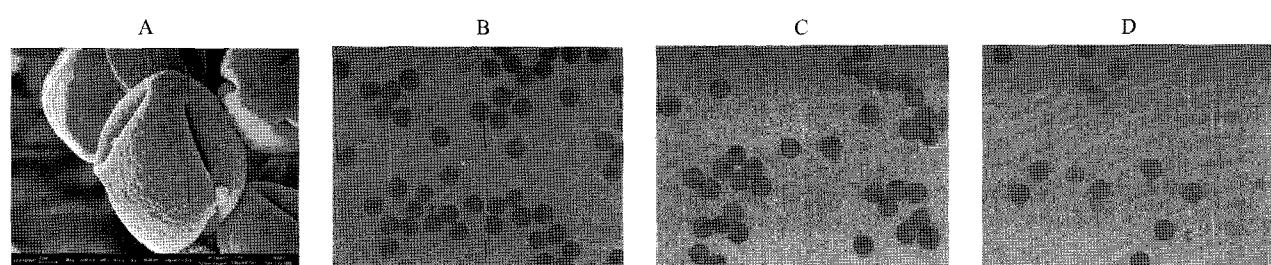


Fig. 2. Pollen amount by pollinating activity of *B. terrestris* in the beefsteak-tomato houses [A: Tomato pollen by using SEM(Mag-8.00kX, WD=9mm, ENT=10.00kV), B: Number of pollen of a flower's anther by non-pollinating activity of bees, C: Number of pollen of a flower's anther by proper pollinating activity of bees, D: Number of pollen of a flower's anther by over pollinating activity of bees].

완숙토마토 꽃이 개화 직후 서양뒤영벌의 방화가 있기 전 수확한 토마토 꽂과 서양뒤영벌의 방문으로 바이트마크가 생긴 적방화와 과방화된 토마토 꽂을 수확하여 조사한 화분활성과 화분수는 Table 1과 Fig. 2와 같이 새 꽂, 적방화한 꽂, 과방화한 꽂에서 화분수의 차이가 뚜렷하게 나타났다. 토마토 화분을 주사전자현미경(SEM)으로 촬영한 결과, 단립으로 크기는 소립이며, 약장구형이고 극명상은 반각상이다(Fig. 2-A). 발아구는 3공구형이고 외구연은 비후되어 교각을 형성하며 표벽무늬는 미립상으로 표면에 미세한 돌기가 빽빽하게 배열되어 있다(Park et al, 2000). 완숙토마토 꽃이 개화 직후 서양뒤영벌의 방화가 있기 전 수확한 토마토 꽂과 서양뒤영벌의 방화로 바이트 마크가 생긴 적방화와 과방화된 토마토 꽂을 수확하여 조사한 화분수에서 슈퍼도태랑품종의 새 꽂의 화분수는 485.8개(100%)였으며, 화분공급구의 적방화된 꽂과 과방화된 꽂은 각각 287.1

개(59.0%)와 60.3개(12.4%)가 남아 있었고, 화분무공급구의 적방화된 꽂과 과방화된 꽂은 각각 57.1개(11.7%)와 9.6개(2.0%)가 남아 있었으며, 제우스42 품종의 새 꽂의 화분수는 473.1개(100%)였으며, 화분공급구의 적방화된 꽂과 과방화된 꽂은 각각 37.0개(7.8%)와 27.5개(5.8%) 남아 있었고, 화분무공급구의 적방화된 꽂과 과방화된 꽂은 각각 23.5개(5.0%)와 5.7개(1.2%)가 남아 화분무공급구가 화분공급구에 비하여 토마토 꽂을 방문하여 화분을 더 많이 수집하여 가는 경향을 보였다. 마스카라품종에서 새 꽂의 화분수는 601.3개(100%)였으며, 화분공급구의 적방화된 꽂과 과방화된 꽂은 각각 65.3개(10.9%)와 51.5개(8.6%) 남아 있었고, 화분무공급구의 적방화된 꽂과 과방화된 꽂은 각각 448.3개(74.6%)와 85.5개(14.2%) 남아 슈퍼도태랑품종과 제우스품종보다 꽂 당 화분수가 24~27% 많은 마스카라품종은 반대로 화분공급구가 무공급구보다 토마토 꽂을

방문하여 화분을 더 많이 수집하여 가는 경향을 보였다. 슈퍼선로드 품종의 새 꽃의 화분수는 1,213.9개(100%)였으며, 화분공급구의 적방화된 꽃과 과방화된 꽃은 각각 15.5개(1.3%)와 10.8개(0.9%) 남아 있었고, 화분무공급구의 적방화된 꽃과 과방화된 꽃은 각각 53.7개(4.4%)와 23.5개(1.9%)가 남아 슈퍼도태랑 품종과 제우스 품종 그리고 마스카라 품종보다 2.0~2.5배 정도 꽃 당 화분수가 많은 슈퍼선로드 품종은 화분공급구와 화분무공급구에서 적방화와 과방화 모두 토마토 꽂을 활발하게 방문하여 화분을 수집하여 가는 경향을 보였다. 토마토 품종별로 신선한 꽃과 적방화 꽃 그리고 과방화 꽃의 불활성 화분의 비율은 0.1~4.9% 정도로 극히 낮았으며, 활성이 높은 화분이 대부분이었다.

완숙토마토하우스에서 품종별로 서양뒤영벌의 토마토 꽂에서의 방화시간이 슈퍼도태랑, 마스카라 그리고 슈퍼선로드 품종에서 화분공급구와 무공급구 공히 같은 수준이었고, 제우스42 품종은 화분공급구가 9.3초로서 무공급구의 4.8초보다 2배 정도 오래 꽂에 머물렀다. 꽂 간 이동시간도 방화시간과 같은 경향을 보여 슈퍼도태랑, 마스카라 그리고 슈퍼선로드 품종에서 화분공급구와 무공급구 공히 같은 수준이었고, 제우스42 품종은 화분공급구가 10.4초로서 무공급구의 6.0초보다 방화할 꽂을 찾는 시간이 오래 걸렸다(Table 2). 따라서 제우스42 품종의 무공급구의 방화시간과 꽂 간 이동시간이 타 품종의 화분공급구와 무공급구의 방화시간과 꽂 간 이동시간과 같은 수준이며, 화분공급구만 유난히 방화시간과 꽂 간 이동시간이 길어졌으므로 이것으로 추정해 볼 때 하우스 조건에 따라 차이는 있겠지만 제우스42 품종의 화분량이 슈퍼도태랑, 마스카라 그리고 슈퍼선로드 품종의 화분량보다 적었다. 따라서 화분공급에 의해 서양뒤영벌수가 무공급구보다 많아져서 부족한 화분을 수집하기 위하여 꽂에 오래 머무르고, 이동시 신선한

화분이 있는 꽃을 찾기가 어려워 배회를 오래하는 것으로 생각된다. 이것은 서양뒤영벌이 여름철 하우스 습도가 낮을 경우 개화 즉시 또는 개화 후 3~4시간 내에 방화하는 것(Lee et al., 2003b)과는 달리, 동절기의 하우스 습도가 높을 경우 토마토 꽂이 개화한 후 습도로 인하여 꽃가루가 잘 수집이 되지 않아 방화하는 시간이 2일 정도 소요된다는 보고(Lee and Bae, 2001)와 적은 토마토 재배면적에서 과도한 방화 시 방화시간이 길어진다는 보고(Lee et al., 2003b)와 같은 경향을 보이고 있다.

완숙토마토하우스에서 품종별로 서양뒤영벌의 화분매개활동이 끝난 후 수거한 봉군내의 일별 용각수를 이용하여 총일별 우화수를 조사한 결과, 모든 품종에서 화분공급구가 무공급구보다 우화한 일별수가 뚜렷하게 많았음이 확인되었다(Fig. 3). 슈퍼도태랑, 제우스42, 마스카라 그리고 슈퍼선로드의 화분공급구가 봉군 당 각각 238마리, 283마리, 257마리 그리고 287마리로서 무공급구 봉군 당 각각 190마리, 223마리, 233마리 그리고 216마리 보다 우화한 일별수가 각각 25.3%, 26.9%, 10.3% 그리고 32.9% 많았다. 완숙토마토 품종은 방울토마토 품종보다 화방 당 꽂수가 적어 서양뒤영벌을 방사할 시 완숙토마토는 990 m²에 한 봉군을, 방울토마토는 660 m²의 면적에 한 봉군을 방사하도록 추천되지만 실제 농가에 가면 편의상 재배면적이 495~660 m²에 한 봉군을 방사하고 있는 실정이며, 추천된 토마토 주수보다 더 많은 주수를 식재하지만 꽂수는 적정량보다 적은 것이 일반적이다. 따라서 서양뒤영벌 봉군을 전체 작기 동안 효율적으로 사용하기 위하여 화분을 주기적으로 공급하여 봉군의 활성을 유지해 주어야 한다. 화분공급구의 경우 초기에 꽂수가 적어 화분량이 적음에도 화분의 주기적인 공급으로 많은 일벌들이 활동하는 경향을 보였으며, 시간이 지나 화방이 증가하여 계속

Table 2. Visiting time on a flower and spending time from a flower to another flower by *B. terrestris* according to supply or non-supply of pollen on the beefsteak-tomato varieties

	Super Momotaro		Zeus42		Mascara		Super Sunroad	
	Pollen supply	Non-supply	Pollen supply	Non-supply	Pollen supply	Non-supply	Pollen supply	Non-supply
Visiting time on a flower (second)	11.0±4.2	11.1±4.5	9.3±4.8a	4.8±2.0b	6.1±3.7	4.8±2.9	5.3±2.2	4.9±2.3
Spending time from a flower to another flower (second)	9.4±5.4	7.5±3.3	10.4±6.0a	6.0±4.5b	7.6±11.4	6.5±3.7	5.5±3.4	3.9±1.3

For the statistical analysis, t-test was used: Significant differences at p<0.008 (t: 2.841, df: 34) for visiting time on a flower, p<0.028 (t: 2.332, df: 26) for spending time from a flower to another flower of pollen supply and non-pollen supply of Zeus42 variety. Values are mean ± S.D.

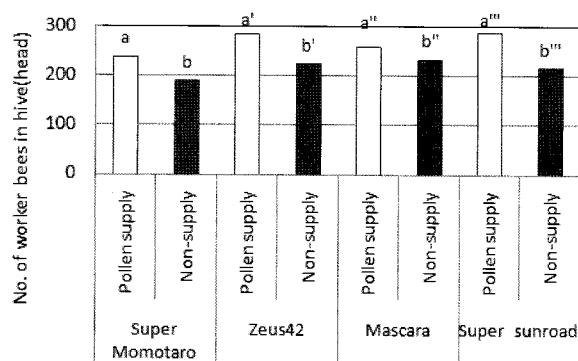


Fig. 3. Total number of workers of *B. terrestris* emerged (Longevity of hives) by some added pollen in the beefsteak-tomato varieties during reference period. For the statistical analysis, One-way ANOVA test was used: Significant differences at $p<0.05$ for life span of hives of *B. terrestris* between pollen supply and non-supply.

꽃수가 늘어나면서 3개월이 넘도록 5~9마리의 화분매개활동수를 유지하였고(Fig. 1) 따라서 봉군의 수명도 길어졌다(Fig. 2). 이것은 적은 면적보다는 500 m^2 이상의 토마토포장에서 서양두영별의 봉군수명이 약 2개월 정도 유지된다는 보고(Ikeda and Tadauchi, 1995)와 방울토마토의 꼬꼬풀종에서도 화분을 공급하였을 때 무공급구보다 봉군의 수명이 24.4% 길어졌다는 보고(Lee et al., 2003a)와 관련이 있다.

방화흔 비율은 모든 품종에서 화분공급구가 무공급구보다 방화흔 비율 80% 이상 2개월 이상 유지되어 무공급구에 비해 2배 이상 긴 화분매개활동을 한 것으로 조사되었다(Fig. 4). 방울토마토의 꼬꼬풀종에서 330~ $1,320\text{ m}^2$ 의 면적별로 화분공급구와 무공급구 모두 방화흔 비율 80% 유지기간이 차이가 없었으나, $2,640\text{ m}^2$ 의 면적에서는 화분공급구가 무공급구에 비하여 방화흔 80% 유지기간이 30% 정도 길게 나타나서 본 조사의 완숙토마토 품종별 화분공급구와 무공급구에서의 차이와는 다르게 나타났다(Lee et al., 2003a). 이것은 Ikeda and Tadauchi(1995)의 조사처럼 330 m^2 미만의 포장면적에서 봉군수명이 45일이었으나 500 m^2 이상의 포장면적에서는 봉군수명이 60일 이상이 되어, 시설토마토 하우스내의 포장면적에 따른 화분양의 과부족이 봉군수명에 미치는 영향이 있다는 연구와도 같은 결과를 얻었다. 이상으로 볼 때 화분공급구가 무공급구에 비하여 토마토 품종별 봉군 내 일별수도 많았으며, 방화흔 비율도 2배 이상 길어 작기 당 화분무공급구는 2봉군을, 화분공급구는 1봉군만 방사하면 되는 것으로 조사되어 1봉군을 절약하는 효과가 있었다.

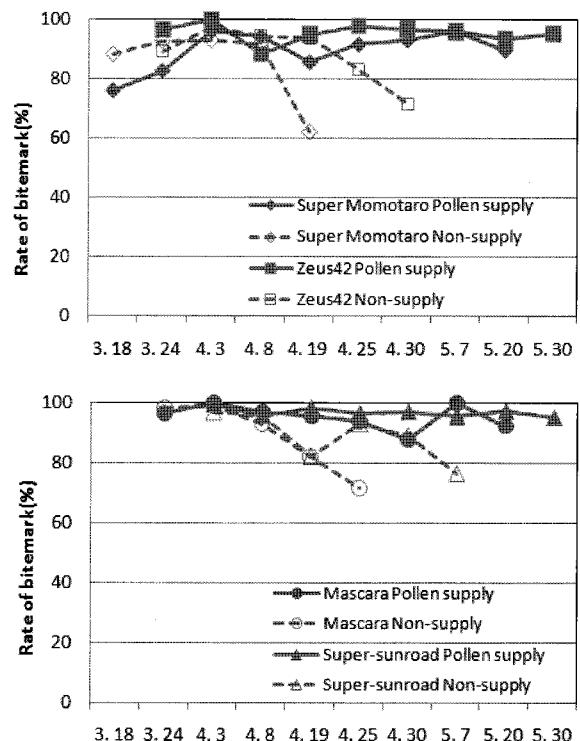


Fig. 4. Rate of bite-mark molded by *B. terrestris* with some added pollen and non-supply pollen in the beefsteak-tomato varieties. Pollen supply was put in the hive about 5-6g of pollen at intervals of 3 days from February 16 to June 29 in 2008.

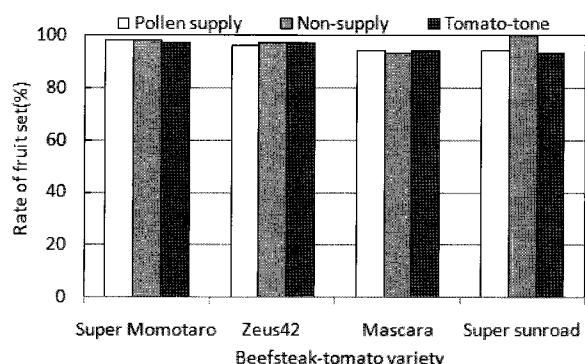


Fig. 5. Rate of fruit set of beefsteak-tomatoes by *B. terrestris* with some added pollen(5~6g/3 days) in the beefsteak-tomato varieties.

완숙토마토품종별로는 추가 화분공급구, 무공급구 및 토마토톤에 대한 착과율을 조사하였다. 슈퍼토태랑과 제우스42품종은 화분공급구, 무공급구 그리고 토마토톤처리구 모두 95% 이상의 착과율을 보였고, 마스카라와 슈퍼선로드품종은 화분공급구, 무공급구 그리고 토마토톤처리구 모두 92% 이상의 착과율을 보여 착과는

Table 3. Effect of pollinating activities of *B. terrestris* by pollen supplement (6g/3 days) in the beefsteak-tomato varieties

Variety Item	Super Momotaro			Zeus42			Mascara			Super Sunroad		
	<i>B. terrestris</i>		Tomato-tone									
	Pollen supply	Non-supply		Pollen supply	Non-supply		Pollen supply	Non-supply		Pollen supply	Non-supply	
Fruit weight (g)	217.1±9.9a	153.9±10.8b	146.5±15.6b	173.9±17.7	176.4±7.5	170.3±7.7	185.6±12.7a	186.1±24.8a	132.7±8.4b	174.1±6.1a	159.1±8.1a	-
Fruit Length (mm)	59.9±1.6	7.6±1.1	51.4±13.7	62.5±2.1	64.1±1.6	55.0±6.2	62.3±1.4	62.7±2.4	55.9±6.3	56.95±0.8	58.5±0.8	-
Fruit wide (mm)	77.3±7.2	67.1±1.6	69.9±3.8	70.1±2.3	70.2±0.4	72.5±4.7	72.1±2.3	71.9±4.1	65.0±7.3	71.1±1.4	68.9±1.2	-
No. of seeds (each)	115.6±4.3a	109.5±17.2a	15.3±4.1b	187.0±32.5a	178.4±26.8a	35.2±6.4b	160.1±14.4a	164.6±18.6a	10.2±3.7b	224.8±26.3a	206.6±19.9a	-
Sugar content (Brix,%)	6.1±0.2	6.5±0.2	6.6±0.1	4.8±0.2a	4.6±0.1a	5.32±0.2b	4.9±0.2	5.0±0.1	5.4±0.3	5.4±0.2	5.5±0.1	-
Puffy fruit (%)	0	0	2	3	2	0	9	14	3	0	0	50*

Reference clusters: 3 to 4 cluster. Surveyed cluster: 3th~4th cluster. Amount of inspection: 40 fruits (2nd and 3rd fruit collected in each cluster/20 clusters). Reference days: 3th cluster, May; 4th cluster, June to July in 2008. For the statistical analysis, One-way ANOVA test was used: Significant differences at $p<0.05$ for weight, diameter, number of seeds, sugar content. * Examination with the naked eye. Values are mean ± S.D.

정상적으로 이루어졌음을 알 수 있었다(Fig. 5). 이와 같은 결과는 2002년도의 시설완숙토마토에서 호박별과 토마토톤처리의 착과율이 각각 86.2%와 90.2%였다는 보고(Lee et al., 2002)와 비슷한 수준이거나 약간 높은 수준이었다.

완숙토마토품종별로 과중을 조사한 결과(Table 3), 슈퍼도태랑은 화분공급구 217.1 g으로서 도태랑품종 고유의 무게를 보였으며, 무공급구 153.9 g과 토마토톤처리구 146.5 g 보다 무거웠다. 제우스42는 화분공급구, 무공급구 그리고 토마토톤처리구 모두 170.3~176.4 g 으로 비슷한 수준이었으며, 마스카라는 뒤영벌방사구인 화분공급구와 무공급구가 각각 185.6 g과 186.1 g으로 토마토톤처리구 132.7 g 보다 무거웠으며. 슈퍼선로드는 화분공급구가 무공급구에 비해 통계적으로 차이는 없었으나 화분공급구가 무공급구에 비해 무거웠다. 뒤영벌방사구인 화분공급구가 무공급구의 종자수는 모두 110~225개로 품종별로 차이가 없었으며, 토마토톤처리구(10~35개) 보다 종자가 많이 형성됨에 따라 태좌부에 젤리가 가득 차서 토마토톤처리구보다 과당 무게가 무거웠다. 당도는 품종별로 화분공급구가 무공급구 그리고 토마토톤처리구 모두 5~6.5 Brix(%)로 같은 수준이었다(Lee et al., 2002). 슈퍼도태랑은 과일 고유의 당

도인 6~6.7 Brix(%)를 보였다(RDA, 2001). 동공과율은 슈퍼도태랑, 제우스42, 마스카라 품종에서 뒤영벌방사구와 토마토톤처리구 모두 공동과 발생이 적었다(Table 3). 따라서 품종간의 특징에 따라 다르겠으나 토마토톤처리구도 토마토가 익으면서 태좌부에 젤리와 과액이 채워져서 무게에서 큰 차이는 나지 않는 것으로 생각된다. Lee et al.(2002)의 토태랑품종 조사에서는 호박별방사구의 동공과율 3% 보다 톤처리구의 동공과율이 85%로 높아 다른 결과를 보였다.

완숙토마토 품종별로 3~4화방에서의 주당 무게는 슈퍼도태랑이 화분공급구와 무공급구 그리고 토마토톤처리구에서 각각 1.74 kg, 1.23 kg 그리고 1.17 kg으로 화분공급구가 가장 무거웠으며, 제우스42는 1.36~1.41 kg으로 같은 수준이었고, 마스카라는 화분공급구와 무공급구가 각각 1.48 kg과 1.49 kg으로서 토마토톤처리구 1.06 kg 보다 뚜렷하게 무거웠다. 슈퍼선로드는 톤처리구를 조사하지 못하였으나, 화분공급구와 무공급구 모두 1.27~1.39 kg으로 같은 수준이었다. 이 수치를 10a 당 주수인 2,400주에 대입하여 10a 당 생산량을 산출하였다. 그리고 가락동 시장가격을 대입하여 10a 당 판매가격을 산출하였다. 10a 당 생산량과 판매가격은 주당 무게와 같은 경향을 가지고 있으며, 화분공급구와

Table 4. Economic effect of pollinating activities of *B. terrestris* by some added pollen(5~6g/3 days) in the beefsteak-tomato varieties

Tomato variety	Fruit weight (g)	Weight/Plant ¹⁾ (kg)	Produced amount/10a ²⁾ (kg)	Selling price/10a ³⁾ (Thous. won)	Operating cost ⁴⁾		Income (Thous. won)		Index
					Hive cost (Thous. won)	Labor cost of T-tone (Thous. won)	Pure income		
Super Momotaro	Pollen supply	217.1	1.74	4,176	4,742	75	0	4,667	154
	Non-supply	153.9	1.23	2,952	3,274	150	0	3,124	103
	Tomato-tone	146.5	1.17	2,808	3,114	5.6	80	3,028.4	100
Zeus42	Pollen supply	173.9	1.39	3,336	3,700	75	0	3,625	103
	Non-supply	176.4	1.41	3,384	3,753	150	0	3,603	102
	Tomato-tone	170.3	1.36	3,264	3,620	5.6	80	3,534.4	100
Mascara	Pollen supply	185.6	1.48	3,552	3,939	75	0	3,864	141
	Non-supply	186.1	1.49	3,576	3,966	150	0	3,816	140
	Tomato-tone	132.7	1.06	2,544	2,821	5.6	80	2,735.4	100
Super Sunroad	Pollen supply	174.1	1.39	3,336	3,700	75	0	3,625	112
	Non-supply	159.1	1.27	3,048	3,380	150	0	3,230	100
	Tomato-tone	-	-	-	-	-	-	-	-

¹⁾Fruit weight(g) × 8 each/plant(Average of 3~4 cluster),²⁾Fruit weight(g) × 8 each/plant (Average of 3-4 clusters) × 2,400 plants/10a,³⁾Fruit weight(g) × 8 each/plant (Average of 3-4 clusters)×2,400 plants/10a × Garak market price in Seoul(Harvest period: middle June to middle July, Average price: 1,109won/kg),⁴⁾Tomato-tone cost: 1,400won/one bottle × 4 bottles/2 clusters(3~4 cluster)/990 m², Labor cost of T-tone: 2days × 40,000won/day/person

무공급구는 봉군구입비용을 그리고 토마토톤처리구는 인건비를 경비로 제하고 경제적인 순이익을 산출하였다(Table 4). 경제적 이익 및 지수로 보면 토마토품종별 서양뒤영벌 봉군방사로 인한 경제적 효과가 있었으며, 특히 마스카라품종에서 뚜렷하였고, 슈퍼도태랑과 슈퍼선로드 품종에서 봉군 내에 화분을 일정량 공급하여 뚜렷한 경제적 효과가 있었다.

Literature Cited

- Banda, H.J. and R.J. Paxton. 1991. Pollination greenhouse tomatoes by bees. pp. 194~198. In Acta Horticulturae 288. 6th International Symposium on Pollination. eds. by C. van Heemert and A. de Ruijter. 472 pp. Tilburg, the Netherlands.
- Buchmann, St. L. and J.P. Hurley. 1978. Biophysical model for buzz pollination in angiosperms. J. Theor. Biol. 72: 639-657.
- Dogterom, M.H., J.A. Matteoni and R.C. Plowright. 1998. Pollination of green-house tomatoes by the western North American *Bombus vosnesenskii* (Hymenoptera: Apidae). J. Econ. Entomol. 91: 71-75.
- Heinrich, B. 1979. Bumblebee economics. pp. 245. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, and London, England.
- Hogenboom, N.G. 1968. Self-compatibility in *L. peruvianum* (L.) Mill. Euphytica 17: 220-223.
- Iikeda, F. and Y. Tadauchi. 1995. Application of bumblebee as pollinators on fruit vegetables. Honeybee Sci. 16: 49-53.
- Kang, C.K. 2001. Fruit-setting stimulation and ethylene evolution in cherry tomato as influenced by Cloxyfonac under greenhouse. Agricultural plants protect research. NIAST, RDA.
- Kho, Y.O. and J. Baer. 1968. Observing pollen tubes by means of fluorescence. Euphytica 17: 298-302.
- Koidae, D. 1994. Effects of pollination and caution point by using of bumble bee in cherry-tomato cultivating house. pp. 96-99. Cultivation and Horticulture. 201 pp. Japan.
- Lee, E.M., N.H. Song, I.H. Cho and S.B. Lee. 2002. Enhancement of fruit set by using *Bombus ignitus* Smith and 4-CPA in protected cultivation of Beefsteak-tomato. Korean J. of Horticultural Science & Technology 20: 85-89.
- Lee, S.B. and T.W. Bae. 2001. Foraging activities by bumblebee, *Bombus ignitus* S. (Hymenoptera: Apidae) at two cultivating types of cherry-tomato house. Korean J. of Life Science 11: 523-529.
- Lee, S.B., S.E. Kim, M.R. Lee, H.J. Yoon, I.K. Park, J.W. Kim and T.W. Bae. 2001. Compare with foraging activities of *Bombus ignitus* and *B. terrestris* in cherry-tomato cultivating house. Korean J. Apiculture 16: 90-98.
- Lee, S.B., H.S. Sim, H.Y. Yoon, S.E. Kim, G.Y. Kim, J.W. Kim, N.G. Ha, S.R. Kim and D.J. Chung. 2003a. The elongating effect on life span of *Bombus terrestris*'s hives according to some added pollen regularly in tomato houses. Korean J. Apiculture 18: 165-172.
- Lee, S.B., T.W. Bae, S.E. Kim, H.Y. Yoon, M.L. Lee and Y. Chae. 2003b. The influence of over foraging, and pollinating activities on tomato fruits by a Korean native bumblebee,

- Bombus ignitus* S. (Hymenoptera: Apidae) in cherry-tomato houses. Korean J. Appl. Entomology 42: 293-300.
- Lee, S.B., H.S. Sim, Y.S. Kim, H.Y. Yoon, S.E. Kim, J.W. Kim, N.G. Ha and S.R. Kim. 2004. The comparison of foraging activity and life span of *Bombus ignitus* S. and *B. terrestris* L. in cherry-tomato houses. Korean J. Apiculture 19: 27-36.
- Lee, S.B., H.S. Sim, H.Y. Yoon, N.G. Ha, S.R. Kim, I.H. Park and Y.D. Lee. 2006. The effect of the side wall net attached for the efficient use of *Bombus terrestris* hive in the cherry-tomato houses. Korean J. Apiculture 21: 131-138.
- Michener, C.D. 1962. An interesting method of pollen collecting by bees from flowers with tubular anthers. Rev. Biol. Trop. 10: 167-175.
- Morishi, S. 1993. High quality and yield production of Momotaro tomato in plastic house by introduction of European bumblebee. New Knowledge of Horticulture. The 12th issue.
- Park H.Y, B.Y. Sun, T.J. Kim and H.W. Oh. 2000. Pollen of Korea I . pp. 307. Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology(KRIBB), Korea.
- Shivanna, K.R. and B.M. Johri. 1985. Some basic techniques to study pollen. In the angiosperm pollen: structure and function. Wiley Eastern Ltd.
- van Ravestijn, W. and J. van der Sande. 1991. Use of bumblebees for the pollination of greenhouse tomatoes. pp. 204-212. In Acta Horticulturae 288. 6th International Symposium on Pollination. eds. by C. van Heemert and A. de Ruijter. 472 pp. Tilburg, the Netherlands.

(Received for publication August 14 2009;
revised September 10 2009; accepted September 15 2009)