



꿀벌의 화분수집량은 어떻게 조절되는가?

How Do Honey Bees Control the Amount of Stored Pollen in A Colony?

이 만 영 박사

(농업과학기술원 잠사곤충부 양봉연구실)

봉군 내 저장되는 화분량이 화분수집벌에 의해 직접 조절된다는 실험결과가 발표되었다. 그간 화분저장량 조절 양식은 <간접-억제가설>과 <직접-다요인가설>에 의해 각각 주장되어 왔다. 이 실험논문에 대해 <직접-다요인가설>을 4가지 실험을 통해 증명하여 주장하는 것으로, 봉군관리에 응용할 수 있는 기초연구의 한 예로 생각되어 아래에 소개하도록 한다.

논문출처 : Regulation of pollen foraging in honeybee colonies : effects of young brood, stored pollen, and empty space (꿀벌 봉군에서 화분수집의 조절 : 발육유충, 저장화분, 빈 방의 효과)

- Claudia Dreller, Robert E. Page Jr. and M. Kim Fondrk (Behav. Ecol. Sociobiol. (1999) 45 : 227-233)

꿀벌은 화분(pollen)과 화밀(nectar) 두 종류의 먹이를 수집한다. 화분은 꿀벌에 있어 유일한 단백질 원으로 성충은 자신의 필요를 충족시키고 유충 먹이를 생산하기 위하여 화분을 섭취한다. 화밀은 성충과 유충에 대한 탄수화물원으로 이용된다. 한 봉군에서 성충의 약 1/4은 먹이 수집행동(foraging)을 하며, 이들 먹이수집벌(forager)들은 화밀과 화분 중 한 가지만을 수집할 것인지 두 가지 모두 수집할 것인지를 어느 정도 개별적으로 결정한다.

화밀수집(nectar-foraging)벌은 소비 안에 저장된 꿀의 양을 정확히 측정하지 않고 동료벌과의 먹이교환(trophallaxis) 과정을 통해 그 봉군의 화밀 공급에 관한 정보를 간접적으로 모은다. 즉, 이들은 벌통 입구에서 단지 화밀을 뱉을 필요가 있을 때를 측정하는 것에 의해 화밀 공급에 관한 정보를 얻을 수 있다는 것이 알려져 있다.

그러나 화분수집(nectar-foraging)은 화밀수집과

는 다른 메커니즘에 의해 조절되는 것 같다. 봉군에 저장된 화분량은 꿀벌에 의해 능동적으로 조절된다. 한 봉군에 화분이 보충되었을 때, 그 화분이 육아벌(nurse bee)에 의해 소모되어 화분 저장량이 이전 수준과 비슷하게 될 때까지 화분수집활동은 감소한다. 반대로 봉군으로부터 저장된 화분을 제거하면 이전의 저장량으로 회복될 때까지 화분수집벌의 수와 수집된 화분 덩어리의 크기가 동시에 증가한다. 이런 결과들은 봉군 내 저장된 화분량이 꿀벌의 화분수집활동과는 부의 상관관계에 있다는 것을 보여 주었다. 또한 유충의 양도 화분수집활동에 영향을 준다. 유충 양이 많아지면 화분수집벌도 더 많아지고 수집되는 화분덩어리도 더 커지게 된다. 따라서 화분수집활동은 활성화극인 유충의 양과 억제자극인 저장된 화분량의 두 요인에 의해 조절되는 것 같다. 그러나 이런 요인들이 어떻게 화분수집벌에 전달되는지는 아직 알려져 있지 않다.

한 가설은, 두 요인인 유충의 양과 화분량이 하나의 억제신호로 종합된다는 것이다. 육아벌들은 화분을 섭취하고 그 안의 단백질을 유충에게 먹일 샘분비물(glandular secretion)로 변환시킨다. 봉군 내 화분이 충분하고 유충이 적을 때 육아벌의 샘단백질은 과잉이 되고 이 잉여분비물을 먹이수집벌들에게 먹일 수 있다. 이 가설에 따르면 이 샘단백질이 화분수집활동을 억제한다는 것이다. 화분 저장량이 유충수에 비해 상대적으로 적을 때는 먹이수집벌이 섭취할 샘단백질이 충분하지 않게 되고 따라서 화분수집활동은 억제되지 않는다. 즉, 유충 혹은 화분이 직접적으로 먹이수집활동에 영향 미치는 요인으로 작용하지 않기 때문에 이 가설을 간접-억제 가설(indirect-inhibitor hypothesis)로, 이는 저장된 화분량과 유충의 양이 직접적으로 먹이수집활동을 억제하거나 활성화시키는 자극으로 작용한다는 것이다. 이 가설은 봉군으로부터 유충과 저장화분을 보충하거나 제거했을 때의 영향을 실험한 경험적 결과로부터 직접 유추되었다. 즉, 먹이수집벌이 유충과 저장화분의 양을 직접 평가한다는 것이다. 따라서 위 두 가설을 비교하기 위한 제 가지 실험이 시행되었고, 두 가설에 의해 각각 예측하는 결과들



은 <표 1>과 같다. 실험은 계상봉군을 이용하였는데 위층에는 유충소비를 넣고 아래층에는 빈 소비만을 넣어 육아벌과 먹이수집벌을 분리하였다. 화분수집벌은 화분을 달고 오는 벌로 셈하고, 화분을 달지 않은 먹이수집벌은 화밀 수집벌로 셈하였다.

표 1. 여러 인위적 환경 아래의 화분 수집활동에 대해 두 대립가설에 의한 예측

실 험	예 측	
	간접-억제 가설	직접-다요인 가설
1 육아벌과 먹이수집벌이 접촉하는 문제가 먹이수집활동에 미치는 영향	육아벌로부터 격리된 먹이수집벌은 육아벌과 먹이교환을 할 수 있는 벌에 비해 상대적으로 먹이수집활동을 더 많이 할 것이다.	육아벌과의 격리가 먹이수집활동에 영향을 미치지 않을 것이다.
2 육아벌이 없는 상태에서 과잉화분이 먹이수집활동에 미치는 영향	화분수집활동에 영향을 미치지 않을 것이다.	먹이수집벌과 과잉화분과의 접촉은 먹이수집활동을 감소시킬 것이다.
3 먹이수집벌이 유충과 직접 접촉할 수 있거나 없을 때 과잉 유충의 영향	먹이수집벌은 육아벌과 접촉할 수 없으나 먹이 교환을 할 수 있을 때 봉군의 화분 요구 정도에 반응 하여야 한다.	차이가 없다
4 빈 유충방이 화밀과 화분 수집활동에 미치는 효과	빈 유충방이 먹이수집활동에 영향을 미치지 않는다.	빈 유충방이 화분수집을 자극하는 요인으로 작용할 수 있다.

● 실험 1 : 육아벌과 먹이수집벌이 접촉하는 문제가 먹이수집활동에 미치는 영향

방 법 : 몇 봉군들은 위층과 아래층 사이에 망을 설치하여(단일망) 먹이수집벌이 유충서식처로 출입하는 것을 막는 동시에 육아벌과의 접촉은 허용하고, 다른 봉군들은 망을 이중으로 설치하여(이중망) 먹이수집벌이 육아벌과 접촉하는 것조차 막았다.

결 과 : 단일망을 설치한 것이나 이중망을 설치한 것이나 화분수집벌이나 화밀수집벌 혹은 전체 먹이수집벌의 수에서 유의한 차이가 나지 않았다. 즉, 육아벌과 먹이수집벌과의 접촉은 먹이수집활동에 영향을

미치지 않는다.

● 실험 2 : 육아벌이 없는 상태에서 과잉화분이 먹이수집활동에 미치는 영향

방 법 : 실험에 앞서 육아소비를 갖는 위층과 두 개의 빈 소비를 갖는 아래층의 계상봉군들을 만들고, 이 중 일부는 저녁에 화분이 가득찬 소비 하나를 아래층에 첨가하고, 나머지 봉군들은 빈 소비를 알미늄 호일에 싸 첨가시켰다. 모든 봉군에서 소비 첨가와 동시에 위층과 아래층 사이에 단일망을 설치하여 위층의 육아벌이 보충화분을 먹는 것을 방지하였으나 아래층의 먹이수집벌과 먹이교환하는 것은 허



락하였다.

결 과 : 화분이 보충된 봉군들에서 보충되지 않은 봉군들에서 보다 화분 수집 벌의 수가 유의하게 적었으며, 화밀 수집 벌의 수는 더 많았다. 먹이수집벌의 총수는 두 처리간에 차이가 없었다. 즉, 화분 수집 벌은 봉군 내 저장된 화분량을 직접 인지할 수 있다.

● **실험 3 :** 먹이수집벌이 유충과 직접 접촉할 수 있거나 없을 때 과잉 유충의 영향

방법 1 : 봉군들 사이에 주로 무봉개 유충을 지닌 소비와 봉개 유충의 소비를 교환시켜 무봉개유충이 많은(고유충자극을 지닌) 봉군들과 봉개유충이 많은(저유충자극을 지닌) 봉군들을 각각 만들고 아래층에는 빈 소비를 두 개 넣었다. 이 때 망을 설치하지 않는다.

즉, 화분수집벌은 유충과 육아벌 양쪽에 접근할 수 있고 직접자극과 간접자극 모두 인지할 수 있다.

방법 2 : <방법 1>의 벌통들에 망을 설치하여 육아벌과 먹이수집벌을 분리한 다음 (접촉은 가능) 화분수집벌과 화밀수집벌의 수를 셈하였다.

결 과 : 첫 번째 실험에서 고유충자극 봉군에서의 화분수집벌 수는 저유충자극 봉군의 화분 수집벌 보다 많았으나 화밀수집벌 수에서는 차이가 없었다. 전체 먹이수집벌 수는 고유충자극 봉군에서 많았다. 두 번째 실험에서 화분수집벌의 수는 고유충자극 봉군과 저유충자극 봉군 사이에 차이가 없었다. 화밀수집벌 수와 전체 먹이수집벌 수 사이에도 차이가 없었다. 즉, 육아방에 접촉해 왔던 먹이수집벌은 무봉개유충을 인지할 수 있고 망에 막혀 접촉하지 못한 벌들은 무봉개유충을 인지하지 못한다.

● **실험 4 :** 빈 유충방이 화밀-화분 수집활동에 미치는 효과

방 법 : 실험 시작 전 모든 봉군에서 먹이수집활

동을 조사한 다음 각 봉군에 보조소비를 첨가하였는데, 일부 봉군들에는 무봉개유충소비 옆에 빈 소비를 놓았고 (벌통 안쪽에), 다른 봉군들에는 벌통의 유충소비에서 멀리 벌통 가장자리에 빈 소비를 넣었다.

결 과 : 빈 소비가 벌통 안쪽에 놓일 때 화분수집벌의 수가 증가하였고, 가장자리에 놓여졌을 때 화분수집행동의 증가는 없었다. 화밀수집벌 수도 빈 소비가 안쪽에 놓인 봉군에서만 유의적으로 증가하였다. 즉, 첨가된 빈 소비(빈 유충방)는 화분수집활동을 증가시킨다.

자연조건 아래서는 저장된 화분과 빈 방은 서로 역의 상관관계에 있다. 발육 유충수와 저장된 화분량도 역의 상관관계에 있다. 그러나 일정한 조건 아래서 행해진 위 실험들의 결과는 서양종꿀벌(*Apis mellifera*)의 봉군에서 발육유충, 저장된 화분, 빈방이 반드시 독립적이지는 않으나 각각 화분수집활동에 직접 영향이 미친다는 것을 보이고 있다. 발육유충과 빈방은 화분수집을 자극하고 저장된 화분은 방해한다. 최근 발육유충으로부터의 페로몬이 화분수집을 자극한다는 보고는 발육유충이 화분수집활동 자극에 직접 영향이 미친다는 것을 증명하는 한 예이다.

(한국양봉학회지 제15권 제1호에 발표된 내용)



· 수량 : 100개
· 연락처 : 경기도 안성시 원곡면 외가천리 50
주광철: TEL: 031-654-0548,
H.P: 011-249-0548