

꿀벌에서 월동벌 생성 시기

한국양봉학회지 2001년 6월호
(자료제공 : 농업과학기술원 정진교)

꿀벌 개체군 동태에 관한 실험자료를 이용하여, 가을철 여름벌에서 월동벌로 전환시기에 대한 여왕벌 교체 효과를 해석한 논문 1편을 아래에 소개한다. 실험 자체는 훨씬 오래 전에 행해진 것이나 최근 그 자료를 다시 해석한 것이다. 꿀벌의 월동개체군 발육에 관해서는 그리 상세한 정보들이 알려져 있지 않은 지금 월동벌 생존 메카니즘 연구를 위한 한 계기가 되었으면 한다.

논문출처 : Mattila, H. R., J. L. Harris and G. W. Otis. 2001. Timing of production of winter bees in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Insectes Sociaux* 48:88-93.

꿀벌은 집단 수준에서 K형 생활사 전략, 즉 낮은 생식률, 긴 수명, 높은 개체군 안정성, 반복된 생식, 나이 많은 개체들에 집중된 치사율을 갖는 생존곡선 등을 보인다. 다년생 꿀벌집단의 개체군 구성은 그 해에 요구된 것과 관련된 계절적 주기를 따르고 겨울을 극복하기 위한 독특한 적응을 보인다. 북쪽의 온대성 기후에서는 육아는 전형적으로 겨울 중간에 시작되고 여름의 유밀기까지 증가하며, 이후 육아가 느리게 진행되고 늦가을 완전히 멈추게 된다. 각 개체들의 수명은 계절에 따라 변한다. 늦겨울에서 늦여름까지 길러진 일벌들은 보통 단명으로 육아와 먹이수집에 참여한다. "봄"벌들은 25~30일의 단축된 수명을 갖는다. 가을에 우화하는 일벌들은 겨울 전에 죽기도 하나, 많은 수는 "월동"벌로서 가장 추운 계절에 생존한다. 월동벌들은 여름벌들에 비해 현저히 늘어난 수명을 갖는다. 즉, 우화일에 따라 평균 100일 이상으로 최고 212~252일을 보이고 한 기록에서는 최고 304일이 보고되어 있다. 겨울철 동안에 이들 벌들은 벌집 온도를 조절하고 겨울 중반에 육아를 시작하여 새로운 봄철 개체군을 생산한다. 온대지방의 꿀벌에게는 화밀과 화분수집에 필요한 상대적으로 짧은 시간과 이 기간동안 세력을 최대화할 필요 때문에, 한 집단에서 개체군 나이구조의 계절적 변화는 필수적인 적응방식이다. 여기서 월동벌은 육아가 멈출 때까지 늦여름과 가을에 길러지고 겨울철 동안은 낮은 치사율을 갖는 벌로 정의된다. 월동벌의 늘어난 수명과 함께 생리적인 변화도 동반한다. 유충호르몬(juvenile hormone, JH)은 여름

벌들에서의 높은 농도와 비교하면 월동벌에서 전형적으로 낮다. 유충호르몬은 일벌의 다중가치의 노동력을 조절한다. 즉, 낮은 농도는 전형적으로 어린(혹은 월동) 벌들에 의해 벌통 안에서 수행되는 일들과 관계되어 있고, 높은 농도는 나이가 많은 먹이수집벌들에게서 발견된다. 월동벌들은 또한 비대화된 하인 두샘과 지방체에 의해서도 특징화된다.

무슨 요인들이 여름벌에서 월동벌 집단으로 전화에 관련되어 있는가? 온대성 기후에서 매년 긴 수명을 갖는 벌들이 출현하는 것은 겨울의 시작과 일치하기 때문에, 그 집단에서 월동벌들의 출현을 유도할 수 있는 요인들로서 집단에 대한 그리고 계절에 관련된 외부신호들이 조사되어 왔다. 실험들로부터 대답은 아직 결론적이지 아니다. 광주기 변화는 육아와 일벌 수명 혹은 유충호르몬 농도에 영향을 미치지 않았다. 온도효과가 유충호르몬 농도의 계절적 변화에 원인일 수 있으나 이 효과는 아직 월동개체군에서 명백히 밝혀지지 않았다. 내부변화가 여름벌에서 월동벌로의 전환을 바꾸는 정도에 대해서는 거의 알려져 있지 않다. 몇 저자들이 이 기간 동안 일벌의 생존률 곡선을 산출해 왔으나, 집단들 사이의 차이점이 변화의 시점에 얼마나 영향을 미치는가는 아무도 고려하지 않았다. 따라서 이 연구는 월동벌의 생성에 봉군 내부의 요인이 관련되어 있는가 알기 위해 여왕벌 교체를 통한 봉군 내 일벌 밀도 및 수명변화를 해석하였다.

실험은 1976~1977년 캐나다의 Manitoba(마니토바) 중남부에서 실시되었는데, 이 북아메리카의 평원지역의 기후는 온화하면서도 뜨거운 여름과 길고 찬 겨울에 의해 특징화된다. 0.9kg의 꾸리미벌로부터 24개의 봉군이 만들어졌는데 이들은 4월 22일에는 약 7,000마리의 일벌로 구성되었다. 7월 14일부터 가을 육아가 끝날 때까지 12일마다 각 봉군으로부터 100마리의 갓 우화한 일벌을 끄집어내어 표식하고 원래 봉군으로 되돌렸다. 이때 이전에 표지된 벌들과 봉개된 유충방 수를 기록했는데 이 작업은 10월 30일까지 지속되었다. 이후 벌들은 너무 밀집해서 정확히 셈할 수 없었고, 월동방(6±2°C)으로 옮겨졌다. 그러나 봉개된 유충방 측정은 육아가 멈출 때까지(11월 23일) 계속되었다. 이듬해 3월 11일 육아방과 생존벌에 대한 셈이 재개되었다. 이 작업은 6월 27일까지 표지된 벌들이 더 이상 관찰되지



않을 때까지 계속되었다.

7월 26일 22개 봉군들을 다음 4가지 방식으로 처리하였다.

A처리 (4개 봉군) : 대조군(기준)으로 원래의 여왕벌을 교체없이 그대로 유지시킨 것.

B처리 (6개 봉군) : 교미한 여왕벌로 교체한 것.

C처리 (6개 봉군) : 처녀 여왕벌로 교체한 것.

D처리 (6개 봉군) : 원래 여왕벌을 없애고 봉군 스스로 새 여왕벌을 기르도록 한 것.

〈 결과 〉

1. 7월 14일과 그 이후 생긴 철 4~5집단은 사망률이 상대적으로 높고 일정한 여름벌들로만 구성되었다. 그 이후 겨울철 생존하는 벌들이 집단을 차지하게 되었는데, 예를 들면 A처리에서는 월동벌은 8월 31일에 표지된 집단에서 처음 관찰되었고 그 집단 160%는 7월 14일과 8월 19일 사이에 표지된 집단들과 유사한 높은 사망률을 갖는 벌들로 구성되었고, 반면 40%(월동벌)는 현저히 감소된 사망률을 보였다. 8월 19일 표지된 벌들은 10월말에는 더 이상 보이지 않았다.

이 점진적인 교체는 새여왕벌로 교체한 봉군들에서도 일어났으나 겨울철 생존하는 개체들을 갖는 첫 집단은 9월 12일 표지된 집단에서 관찰되었다. 이는 여왕벌을 교체하지 않는 A처리보다 12일 후였다. 육아는 B와 C처리에서는 11월 11일에 멈추었고 D처리에서는 11월 23일에 멈추었다. 그러나 대조군(A처리)에서는 이미 10월 30일 멈추었다. 월동벌들은 A, B, C처리에서 육아가 멈추기 전 가을철 60일기간에서 표지된 집단들에서 관찰되었고 D처리에서는 72일 기간 표지된 집단들에서 관찰되었다.

2. 평균수명에서의 증가는 월동벌들 비율의 증가와 비례했다. 일벌의 평균수명은 대조군(A처리)에서 8월 31일에 증가하기 시작했다. 이 증가는 새 여왕벌로 교체한 봉군들에서는 9월 12일까지 일어나지 않았다.

3. 육아량 면적과 각 표지집단에서의 월동벌 비율을 결합시켜 시간에 따라 생성된 월동벌들의 수의 척도가 만들어졌는데, A처리봉군은 월동벌을 포함하는 처음 두 표지집단에서 월동개체군의 53%를 생산했다. 다른 새 여왕벌로 교체된 봉군들에서는 많은 수의 월동벌 생산은 월동벌을 포함하는 3번째와 4번째 표지집단까지 늦추어졌는데, 이때 B

처리에서는 54%, C처리에서는 56%, D처리에서는 64% 등이었다.

4. 겨울철 개체군의 크기는 처리들 사이에 통계적으로 유의한 차이는 발견되지 않았다. 그러나 교미한 여왕벌로 교체한 B처리가 실제적으로 더 많은 겨울철 개체군을 가졌고, 그 뒤에 처녀여왕벌로 교체한 것(C처리), 그리고 대조군(A처리)의 순서였다 (A처리 16995±1856마리; B처리 20339±1045마리; C처리 17984±3314마리; D처리 14379±1395마리)

이 연구의 결과는 월동벌 개체군의 발달이 전적으로 겨울과 연관된 환경요인에 의해서만 자극되는 것이 아니고, 봉군 안의 요인들에 의해서도 영향 받는다는 것을 제시한다. 일벌의 사망률은 가을철 유충생산이 감소함에 따라 감소한다. 새 여왕벌로 교체한 것은 유충생산을 더 늘리는데 영향을 미치는데, 이는 젊은 여왕벌들은 가을철 동안 더 길게 산란하는 경향이 있거나 새 여왕벌 교체로부터 육아생산의 단절효과 때문일 것이다. 월동벌 개체군의 발달동안 새로 우화한 벌들이 짧게 살 것인가 혹은 길게 살 것인가 결정하는 기간이 있다. 현재 이것이 어떻게 결정되는가는 거의 알려져 있지 않다. 육아에서의 차이가 벌의 수명에 영향을 미칠 수도 있다. 새로 우화하여 월동하는 벌들은 월동하지 않는 벌보다 현저히 증가된 무게, 단백질, 지방, 트리글리세리드, 글리코젠, 포도당 등을 갖는다. 만일 월동벌 상태가 유충단계에서 결정되지 않는다면 갓 우화한 벌들이 월동벌이 되는 가능성이 증가하는 조건을 경험할 수 있다. 앞으로 유충호르몬 농도의 정량과 동시에 월동하거나 하지 않는 같은 나이의 벌들에 대한 행동관찰이 필요하다.

〈 요약 〉

월동벌들은 모든 처리에서 시간길이에서 상대적으로 유사하게 발육했으나, 대조군에서 더 빨리 출현했다. 시간에 따른 월동벌들의 비율에서의 점진적 증가는 모든 처리들에서 유사했으나 새 여왕벌로 교체한 집단들이 대조군보다 더 느렸다. 많은 수의 월동벌들이 출현하는 것은 대조군에서 더 빨랐다. 이 결과는 집단 안에서의 요인들이 일벌에 의해 인지되어 여름 벌 혹은 월동벌의 상태에 영향을 미치는 조건의 일부인 것을 증명한다.