

꿀벌의 행동 및 습성에 관하여...

농업과학기술원 잠사양봉소재과 양봉연구실
김영수(kbugguy@rda.go.kr)

서 언

"벌처럼 부지런하라"는 말처럼 꿀벌의 행동은 대단히 늘 분주하다. 그들의 대부분의 활동이 어두운 벌통내부에서 이루어지므로 수 천년동안 베일에 싸여 있었고 유리벽을 뚫은 '관찰소상'의 개발로 벌집 내부의 많은 꿀벌의 활동들이 밝혀졌으나, 그것이 오히려 더 많은 호기심을 불러 일으키게 되었다. 벌 관찰에서 주의할 점은 그들의 행동을 인간의 목적이나 가치로 해석하는 것인데, 가령 벌이 침을 쏘는 경우 "화가 났다" 라든지, 벌이 정교한 소비를 지을 때 "현명하다" 라든지 하는 표현이 바로 그런 경우이다. 꿀벌행동의 객관적이고 과학적 관찰이 이루어지기 위해서 곤충의 감각기관과 그들의 중추신경계 및 반응기관에 대한 생리학적 고찰이 뒷받침 되어야 할 것이며 그들의 행동 습성을 잘 알아야 개화식물의 화분매개 이용에 적극 이용하는 등 여러 가지 양봉생산력 증대에 도움을 줄 수 있을 것이다.

꿀벌의 생활에서 활동의 연속성

우리가 흔히 말하는 "작업의 분화 (division of labor) 역시 그 의미는 꿀벌 개

개인이 "책임져야 할 의무가 할당" 되어 있고 그것을 여왕벌이 조직하고 관리한다." 는 뜻이 내포하고 있어 다분히 인간의 입장에서 해석한 것이다. 여왕벌의 성이 결정되어지기 전에 여왕벌(Queen)을 왕(King)으로 불렀던 것도 다분히 인간적인 가치와 목적으로 벌들의 활동을 보았기 때문인 것이다.

꿀벌들의 복잡해 보이는 사회활동들은 일련의 연속성을 갖고 있다. 이것은 꿀벌의 나이와 관계되며, 기본적인 원인과 결과의 관계에서, 또는 자극과 반응의 연속성이라는 객관적, 과학적 입장에서 언제나 꿀벌의 행동을 해석해야 한다. 꿀벌의 행동을 유발하는 원인으로서는 크게 내적인 것과 외적인 것으로 나뉜다.

꿀벌의 행동에 영향을 주는 내적인 요인

일련의 꿀벌행동 가운데 꿀벌의 발육상태에 따라 제한되는 것들이 있다. 예를 들면 소비를 짓는 행동은 그 재료가 되는 왁스(Wax)분비가 우선 이루어져야 하며, 몸의 왁스 내분비선이 발달된 이후에라야 가능한 행동이다. 또한 아주 어린 일벌은 침을 쏘지도 못하고 날지도 못하는데 이는 관련된 구조가 충분히 발달되지 못한 연유이다. 또 다른 행동의 내적 요인은 호르몬을 들 수 있다. 나이에 따라 분비세포에서 혈액으로 나

오는 호르몬의 역할은 꿀벌의 행동을 결정 짓는데 이를 체액요인(humoral factor)이라고 한다. 꿀벌 체내의 변화에 대한 물리적 자극 역시 꿀벌의 행동에 영향을 주는데, 가령 먹이 섭취의 정도에 따라서 위벽에 설치된 수축·이완 정보가 그 이후의 꿀벌 먹이섭취행동에 영향을 주게 되는 것이다. 가장 크게 영향을 주는 것은 아무래도 유전적인 것으로 예를 들면 “공격성”은 유전적으로 조절되는 활동이다. 꿀벌의 유전학에서 미국의 유전학자인 로덴블러(Rothenbuhler, 1968)를 빼놓을 수 없는데, 방청소 행동이 유전적인 영향으로 이루어짐을 보여주었다. 일벌들 중에서 방을 봉개하지 않는 것과 열려진 방에서 죽은 유충을 꺼내는 것들이 있는데 이들 모두 유전인자가 개별적으로 관여하게 되는데, 두 유전인자를 모두 갖고 있는 꿀벌들만이 미국부저병(American Foulbrood Disease)을 이겨낼 수 있다.

꿀벌의 행동에 영향을 주는 외적인 요인

즉각적인 외부의 자극이 이에 속한다. 소리, 화학물질, 접촉, 그리고 빛 등은 꿀벌이 갖고 있는 수천 개의 감각세포에 의해 감지되고 이렇게 형성된 신경전달은 고정된 경로의 중추신경계를 따라 움직이게 된다. 꿀벌의 행동이 전적으로 기계적 또는 고정적이라고는 말할 수 없는데, 이는 감각기관의 감각정도에 차이가 있어서 똑같은 자극이라도 언제나 똑같은 반응을 보이는 것은 아니기 때문이다.

꿀벌의 행동에 영향을 주는 시간적 요인

꿀벌의 움직임은 과히 환상적이다. 인간의 눈으로 직접 날개의 움직임과 빠르게 움직

이는 다리의 움직임을 포착할 수 없다. 꿀벌의 신경전달은 감각기관에서 뇌 그리고 운동기관에 이르기까지 대단히 빠르기 때문에 인간의 행동이 초 단위라면 꿀벌은 1/1000초(milli-second) 단위가 된다. 또한 곤충과 마찬가지로 꿀벌의 신경계 구조는 매우 단순하기 때문에 자극에 대한 반응이 판에 박힌 듯 단순하다.

꿀벌의 활동은 특히 내부의 생리학적 시계(time clock)에 의해서 어떤 시기에 특정한 행동을 유발시키는, 24시간의 주기적(circadian) 행동을 갖는다. 예를 들면 매일 같은 시간에 꽃 꿀(nectar)을 찾으러 출소한 꿀벌을 살펴보자. 이 꿀벌은 단순히 몇 번의 꽃 방문을 통해 얻을 수 있는 꽃 꿀이라는 보답(reward)을 자신의 신경계 어디엔가 표시해 두어 하루 중 그 시간대에 외역 활동을 유발하도록 만든 것이다. 마치 우리 인간도 일정하게 같은 시간에 깨어나는 버릇을 갖게 되면, 그 시간대에 자동적으로 눈이 떠지는 것과 같은 이치이다.

이와 같은 자발적인(spontaneous) 행동의 리듬은 신경계 어디엔가 깊은 곳에 그 기작이 숨어 있는데, 어떤 곤충은 신경조직을 떼어 내더라도 24시간 주기의 생체 리듬에 일단 기입된 행동이 계속 된다는 것이다.

행동의 일반적 성질

결론적으로 말하면 꿀벌의 행동은 매우 기계적(mechanical)이라고 말할 수 있다. 인간과 같이 직관적 사고나 학습에 의한 경험 등은 그들의 행동에서 대단히 작은 부분을 차지하고 있으며 대부분은 태어나기 전 알이 수정된 후부터 이미 프로그램화 된 형태를 따라 움직일 뿐이다. 가령 애벌레의 복잡한 고치 짓기 행동이나 고치에서 나오는 탈

출 행동 등은 다른 성충으로부터 배운 행동이 결코 아니며, 또한 실험 목적으로 사육한 실내의 갓 출방한 어린 일벌들은 다른 성충 없이도 정상적 봉군에서 볼 수 있는 일련의 똑같은 행동들을 하는 것이다. 따라서 꿀벌은 자신들의 생존을 위해서 이미 오랜 진화과정 속에서 유전적으로 프로그램 되어 있는 행동 양식을 그래도 실행시키는 “작은 생물학적 로봇”이라고 말할 수 있다.

행동 양식(pattern of behavior)

때때로 꿀벌은 긴 행동의 패턴 또는 양식이 관찰되는데, 가령 외역을 마치고 화분단을 벌방에 옮겨 놓는 꿀벌의 행동은 보는 이에게 경이로움을 준다. 어두운 벌통에서 같은 화분을 저장한 방을 찾아 자신 몸에 부쳐온 화분을 떼어 다시 저장하는 일련의 행동들은 일종의 “사슬반응(chain reaction)”으로서 처음에 이루어지는 자극이나 체액요인(humoral factor) 등에 의해서 시작되어, 계속 떨어져 이어 나가는 도미노 현상과 같이, 자신의 의지나 생각하는 지적 활동과는 무관하게 일련의 행동 패턴이 이어지는 것이다. 그러나 일련의 행동 패턴 하나하나인 단위(units of behavior) 차원에서 행동의 보정이 가능한 행동의 유동성(flexibility)도 전혀 배제할 수 없다. 또 다른 일련의 행동 사슬 패턴은 여왕벌의 산란 행동이다. 여왕벌의 일생동안 수천 번씩 깨끗하고 빈 방을 찾아다니며 알을 낳는데 먼저 빈방을 점검하는 행동을 시작으로 해서 마지막 알을 낳은 행동까지 하나의 정확한 행동 패턴을 갖는 것이다.

행동해석

초보 양봉가에게 “왜 여왕벌이 산란을 하

는가?” 라고 질문을 하면, 아마도 여왕벌이 알을 많이 낳고 많은 일벌들을 키워서 많은 꿀을 저장하여 겨울을 잘 넘기기 위함이라고 말할 수 있는데 이는 전적으로 인간의 입장에서 해석하는 말이다. 여왕벌이 산란하는 것은 벌방의 냄새, 난소에 있는 알, 벌방의 상태, 기타 어두운 벌통내부의 자극 등에 의해서 이다. 꿀을 생산하고 생존을 위한다는 것은 꿀벌이 이해하기에는 너무 큰 내용이다. 꿀벌의 행동은 원인과 결과, 즉 자극과 반응이라는 차원에서 해석해야 한다.

작업의 분화 개념

꿀벌의 여러 가지 구조와 활동은 단지 수백 만년 동안 진행되었던 진화의 결과이다 마치 걷는 행동과 다리의 구조가 상호 의존적인 것처럼 말이다. 꿀벌 하나하나 개체는 이미 일련의 행동들을 사슬처럼 엮은 프로그램을 갖고 있다가 그 첫 시작이 외부의 자극으로부터 오게 되면 그 일련의 행동들은 자동적으로 이루어지게 된다. 이는 마치 컴퓨터의 스위치를 바로 켜는 순간 그 컴퓨터의 프로그램이 자동적으로 돌아가는 것처럼 컴퓨터나 꿀벌은 자신의 행동과 그 다음의 행동에 대한 의식적 사고가 전혀 없다.

전체 봉군에서 각각의 꿀벌 개체들이 속해 있는 미소 환경(micro-environment)은 다를 수 밖에 없는데, 육아방, 화분 저장방, 여왕이 막 산란하는 방 등에 따라서 처음 시작되는 자극이 다를 것이며 또 발육에 따른 내부적 자극과 체액요소(humoral factors) 등 생리학적인 상태가 다르게 됨으로써 전체 봉군에서 서로 다른 일련의 행동들을 수행하고 이것들이 함께 모여 전체 사회를 조직, 구성하게 되는 것이다. 또한 바로 앞서 한 행동에 의해서 다음에 이어지는 행동의

변화도 초래된다. 가령 먹이를 섭취한 후 몇 분내의 행동은 분명히 이전 섭취행동에 의해서 결정되기 때문이다.

외부적인 자극요소도 수시로 바뀌게 됨으로써 꿀벌의 행동 역시 수시로 바뀌게 되는데, 전체 봉군에 가장 중요한 자극요소를 감지하게 되어 전체 꿀벌들의 행동들이 그 주 자극요소와 연관된 일련의 반응을 보임으로써 그 봉군에서 가장 필요한 조치를 취하도록 만드는 것이다. 이와 같이 변화하는 봉군의 상태와 그 자극에 각 꿀벌 개체들이 민감할 수 있는 것은 꿀벌 각자가 자주 빈번하게 움직이는 정찰행동(patrolling behavior)을 함으로써 전체 봉군의 주 자극요인을 간파하기 때문이다. 이와 같은 해석은 인간의 사회조직에도 적용 되는데 인구 6만의 마을의 주민은 자신이 처한 곳의 요구 즉 자극을 알고 그것에 충실하게 반응하고 있으며 전체 마을의 상태와 목표 및 방향 등은 굳이 알 필요는 없는 것처럼, 꿀벌 각각의 개체들도 자신의 분주한 정찰행동에 의해 자신이 접하는 환경, 저장음식, 육아, 여왕벌, 빈방 등으로부터 전달받는 자극에 충실히 반응하면 그만이고 전체 봉군의 주 필요, 나아가야 할 방향 등을 결코 알 필요가 없는 것이다.

육아를 하게 되는 꿀벌들은 자신들의 발육이 어느 정점(critical point)에 이르게 되면, 다시 말해 육아 음식 분비선(brood food gland)이 최고 치로 발달하게 되어 자신의 정찰행동 중 부화 후 육아음식이 필요한 벌 방을 만나게 될 때 육아에 필요한 일련의 행동 패턴이 시작하게 되는 것이다. 예를 들어 육아음식분비가 아닌 음식교환이나 꿀 먹이 급여 등으로 행동의 패턴이 바뀌게 되는 것이다. 또 다른 예가 여왕벌을 몸 단장해주며 먹이를 공급해 주는 일벌들의 행

동인데 단지 병마개에 여왕벌 물질을 잔뜩 묻혀 주게 되면 꿀벌은 병마개를 따라 다니며 여왕벌에게 해주는 일련의 행동을 보이는 것이다. 이처럼 꿀벌의 행동은 인간의 관점에서 자신의 행동에 대한 의지적 사고가 결여된 자신이 무슨 행동을 하고 있는지 또 앞으로 무슨 행동을 해야 하는지를 전혀 모르는 것이다.

꿀벌의 활동에 대한 학습의 영향

꿀벌에 있어서 고전적 학습(classical learning)에 관한 많은 예가 있다. 학습이란 이전의 행동에 의해서 다음에 있는 행동의 변화가 초래한 경우를 말한다. 꿀벌은 주어지는 냄새와 아주 빠르게 설탕물과 연계시키는 고전적 학습을 한다. 그러나 역시 이 학습도 지능이나 이해 등의 지적능력과는 거리가 멀다. 컴퓨터 역시 프로그램에 의해서 학습이 가능하지만 직관적 사고와 지능과는 다르다. 꿀벌의 활동과 행동에 대한 객관적인 해석을 하기 위해선 꿀벌의 형태, 생리, 유전 등을 충분히 공부하고 인간적 가치와 기준으로 꿀벌들을 바라보는 태도를 철저히 배제해야 할 것이다. 만약 10초 동안이라도 인간이 꿀벌의 감지능력으로 세상을 바라보았더라도 훨씬 그들의 행동을 연구하는데 도움을 받았을 것이다.

학습(learning)에 대한 기본 원리

모든 동물에게는 무조건 자극(Unconditioned Stimulus, US)에 대한 무조건 반응(Unconditioned Response, UR)이 있다. 대표적인 예로 러시아의 생리학자인 Pavlove 가 개를 실험동물로 하여

보여준 것을 들 수 있는데, 개에게 있어서 먹이가 되는 고기 덩어리 자체가 US가 되고 그것을 먹기 위해서 자연적으로 생리적으로 침을 흘리는 현상이 UR이 되는 것이다. US와 UR은 항상 함께 움직이며 경험이 아닌 유전적으로 타고난 행동이다. 이때 US가 아닌 조건자극(Conditioned Stimulus, CS)이 있는데, 개에게 있어서 벨소리에 해당한다. 즉 US인 고기 덩어리를 주기 전 벨소리를 반복해서 들려주게 되면, 나중에 개가 벨소리만 듣고 고기 덩어리가 없음에도 불구하고 무조건 자극(UR)이었던 침 흘리는 현상이 나타나게 된다. 이때 UR은 CR(Conditioned Response)가 되었다고 한다. 왜냐하면 벨소리인 CS에 반응했기 때문이다.

꿀벌에서 학습원리의 적용

꿀벌의 경우도 다른 동물에서 예외일 수 없다. 즉 꿀벌에서 무조건 자극(US)은 설탕물이 되며 무조건 반응(UR)은 주둥이 내밀기가 된다. 꿀벌은 유전적으로 꽃의 밀선에 접근하여 안테나가 꽃의 꿀(nectar)에 닿게 되면 자동적으로 그들의 주둥이를 내밀게 되어 꿀을 빨게 된다. 이때 안테나에 설탕물을 자극하기 전 강한 바람, 즉 인위적, 물리적으로 안테나에게 자극을 여러 번 주게 되면 꿀벌은 설탕물에 대한 사전 기억이 생기게 되어서, 바람에 대한 주둥이 내밀기를 하게 된다. 이때 인위적, 물리적 자극인 강한 바람이 조건 자극(CS)이 되는데, 학습하기 전에는 꿀벌이 강한 바람에 의해서 주둥이 내밀기를 하지 않다가, 반복 학습을 한 이후 설탕물 공급 사전에 받게 되는 강한 바람을 일종의 '먹이주기 신호'로 기억하게 되어 설탕물이 없이 강한 바람(CS)만 주어도 주

둥이 내밀기를 하게 되는 것이다. 이때의 주둥이 내밀기는 CS에 반응한 CR, 즉 조건반응이 되는 것이다.

꿀벌에 있어서 학습효과

조건과 반응, 그리고 원인과 결과의 간단한 반응들이 서로 얽혀서 하나의 행동패턴을 갖고 기계적이고 자동적으로 행동을 하는 것이 꿀벌의 세계임에도 불구하고 각각의 반응들에서 주어지는 조건들의 미비한 차이의 누적된 결과에 의해 전체 행동패턴은 다른 방향으로 나타날 수 있다. 특히 꿀벌의 학습효과는 기본적인, 유전적 행동패턴을 바탕으로 선험적(先驗的) 신호들에 의해서 행동의 보정이 가능한 행동의 유연성(flexibility)을 갖는다는 것을 보여준다. 미국에서는 꿀벌에게 추적 침을 달아 지뢰밭을 찾아내거나 꿀벌의 냄새기억을 이용하여 사전학습을 통한 화분매개 이용을 극대화하기도 한다. 또한 인간행동의 가장 기본적인 연구 패러다임으로 이용하여 꿀벌의 행동학 연구는 지속적인 발전을 기대한다.

나이와 관련된 벌통 안에서의 활동

봉군의 성장, 생식, 유지 등은 벌통내부에서 이루어지며, 여왕벌의 산란을 제외하고는 모두 일벌들에 의해서 이루어진다. 일벌들이 태어난 이후 거의 그들의 생리적 발달 단계에 따라서 그들의 활동이 변하게 되는데, 태어난 지 2-3주의 어린 일벌들은 주로 벌통내부에 머무르고 그들의 일생 나머지에 해당하는 2-3주는 벌통 외부에서 먹이수집으로 보내게 된다.

출방 후 3일 동안에 어린 일벌들은 자신들

이 나온 벌방을 청소하고 나서 하루 정도 애벌레에게 먹이를 공급한다. 주로 출방한지 6-12일째 그들은 3살 미만의 애벌레들에게 먹이를 공급한다. 태어난 후 3주째 되면 그들의 활동은 매우 다양해지는데, 소문 앞에서 방향 비행(orientation flight)과 같은 놀이 비행을 하기도 한다. 또한 이시기에 벌통의 찌꺼기나 사체를 제거하기, 화분저장하기, 소비 짓기, 벌방 메우기, 꿀 숙성시키기, 외역봉으로부터 봉교나 꿀 받아 벌통에 저장하기 등을 한다. 태어나서 3주가 거의 끝날 무렵에 이러한 벌들은 경호벌(guard bee)이 된다.

모든 나이와 계급의 벌들은 봉군내의 온도 유지에 직접 또는 간접으로 관여하고 있다. 육아온도는 거의 일정하게 34-35℃ 이다. 꿀벌은 날개의 환풍 또는 선풍, 물의 증발, 벌통내부에서 전체적으로 분산, 봉구(蜂球) 형성, 소문 밖에서 응집 등의 행동을 통하여 벌통내부의 온도를 조절한다. 온도의 상승은 날개근육의 움직임을 통한 신진대사 열을 이용하며 함께 응집하여 만드는 봉구는 전열체 역할을 함으로써 열의 유지를 도모한다.

또한, 정상적인 봉군의 발달이 이루어지지 않는 경우, 즉 시대적(chronological) 변화가 생리적(physiological) 변화와 일치하지 않고 같은 시대적 나이의 벌들과 생리적 변화와 격차가 벌어지는 경우가 있다. 가령 출방한지 1-2주밖에 안된 일벌들만 분봉하게 된 경우, 정상적 봉군의 같은 나이의 일벌들에게선 볼 수 없는 활동, 즉 외역활동 등도 관찰되어지며 실내 실험에 의해서 출방 후 8주 이상 된 노봉만 있는 봉군에서도 태어난 지 1-3주된 어린 벌들의 육아를 위해서

먹이 분비선이 활발해지고 육아를 담당할 수 있게 되기도 한다. 또한 짧은 시간동안 꿀벌 한 개체가 많은 활동에 관여할 수 있으며, 한 가지 업무, 가령 벌방을 봉(封)하는 작업은 한 마리가 전체 작업을 모두 수행하기도 하지만, 대개는 여러 꿀벌들이 함께 작업을 한다.

가장 잘 관찰되는 행동 중 하나는 먹이교환행동(trophallaxis)인데, 꿀벌들간의 먹이나 페로몬의 교환을 하고자 이루어진다. 모든 꿀벌이 처음부터 방 청소, 육아, 경호, 외역 등의 모든 활동을 맡아 하는 것은 아니고 처음부터 성숙된(pre-matured) 활동, 즉 앞의 활동을 하지도 않고 바로 외역을 하는 경우도 있다. 이런 활동의 성숙은 벌들에게 탄산가스(CO2)를 처리하면 더 증폭시킬 수 있다.

벌들간의 정보교환

꿀벌은 사회성 동물이다. 사회성의 기본요건 중 하나는 효과적인 조직 구성원간 정보교환(대화)이다. 사회구성원간의 정보교환 없이는 준 사회성이거나 독립생활을 하는 동물로 전락하는 것이다. 여기서의 정보교환, 대화란 같은 사회를 이루는 종간(intra-specific) 자극전달로서 다른 개체에게 행동적, 생리적 변화를 일으키는 것을 말한다. 벌들 간의 대화의 기본양식은 빛, 화학적 또는 물리적 자극을 이용하는 것이다. 인간의 경우 시각적 자극에 대한 민감도를 진화시켰는데 반해, 곤충은 냄새에 대한 자극의 민감도를 증가시켰다. 꿀벌의 경우 제한되고 어두운 벌집에서 생활하므로 시각적인 것보다는 냄새와 소리 등과 같은 자극을 이용하여 대화하는 것이 타당하다. 또한 하나의 의

사전달이 이루어지기 위해선 한 가지 이상의 자극양식이 함께 작용하는데 가령 벌통 안에서 꿀벌의 꼬리 춤이 이루어지는 경우 주변의 다른 동료들에게 화학적, 소리, 물리적, 전기적 자극이 모두 전달되어 동료의 신경계에서 종합화되는 것이다.

음식위치에 대한 정보교환

Spitzner(1788)가 최초로 밀원의 위치나 꽃 꿀의 양에 대해서 같은 봉군 내 꿀벌 개체간의 상호 의사전달로서 그들의 춤에 대한 의미를 부여하게 되었다. 그의 관찰은 Karl von Frisch에 의해서 재발견된다. 먹이위치에 대한 벌들 간 정보교환을 연구하고자 먼저 외역봉들을 벌통으로부터 일정한 거리에서 떨어져 훈련을 시켰다(von Frisch, 1967b, Gary and Witherell, 1971, Wnner, 1961b). 50% 설탕물을 급여 하면서 페퍼민트, 라벤더(lavender oils) 기름등과 같이 좀더 강한 향료들을 함께 사용하여 실험의 효과를 증폭시켰다. 설탕물 급여 시 벌들을 잡아서 페인트로 표시를 해주어서 나중에 관찰 소상으로 뒤돌아 왔을 때 그들의 정보교환 행동을 관찰하였다. 먼저, Frisch는 외부에서 설탕물이 급여된 위치를 다른 벌 동료들에게 전달하는 행동을 두가지의 춤인 원무(圓舞, round dance)와 꼬리춤(wag-tail dance)으로 나누었다(그림 1 참조).

또한 벌통 안에서 춤을 추는 동안 내는 소리 역시 밀원의 위치 정보전달에 중요한 역할을 담당, 날개로부터 나오는 소리진동의 횟수가 밀원의 거리와 상호 비례적 관계이

다. 거리 뿐만 아니라 꼬리춤의 경우 꿀벌이 원의 중앙(지름방향)으로 움직이는 방향(straight line)과 지구의 중력 방향이 어떤 관계/각도에 있느냐에 따라서 그 밀원의 위치가 결정되기도 한다.

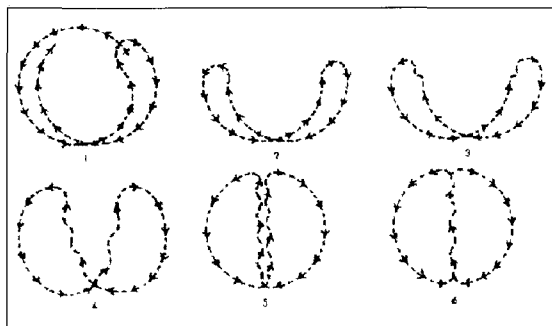


그림 1. 원무(1)는 밀원이 벌통으로부터 10미터 이하로 떨어졌을 때, 춤이 낮 또는 초승달 모양인 경우(2-5)는 밀원이 벌통으로부터 10 - 100 미터 사이일 때, 그리고 가장 유명한 꼬리춤(6)인 경우가 밀원이 벌통으로부터 100미터 이상일 때 추는 춤이다.

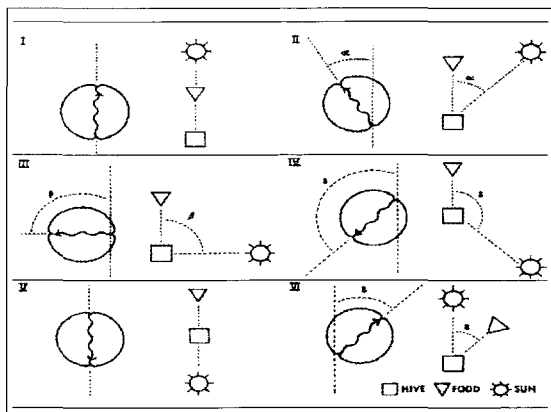


그림 2. 꿀벌의 꼬리춤: 원 중앙으로 꿀벌이 격렬하게 움직이는 방향(straight line)과 지구의 중력방향이 이루는 각도가 태양, 벌통, 그리고 밀원이 이루는 각도와 같다.

만약, 밀원이 벌통으로부터 태양과 같은 방향으로 있을 때 원무의 지름방향이 벌통 중력 방향의 정반대가 된다(I, 그림 2). 반대로 밀원이 벌통을 중심으로 태양의 정반대에 있을 때 원무의 지름방향이 중력방향이 된다(V, 그림 2). 그림 2의 II 인 경우, 벌통과 태양을 기준으로 시계반대 방향으로 α 각도만큼 떨어져 밀원이 있을 때 벌통 안에서 꿀벌이 춤추는 원무의 지름방향이 중력 역방향에서 α 각도만큼 떨어져 형성된다. 반대로 그림 VI 의 경우, 벌통과 태양을 기준으로 시계방향으로 β 각도만큼 떨어져 밀원이 있을 때 벌통 안에서 꿀벌이 춤추는 원무의 지름방향이 중력 역방향에서 β 각도만큼 떨어져 형성된다. 이와 같은 방식으로 그림 2의 III과 IV의 경우도 벌통과 태양을 중심으로 떨어져 있는 각도만큼 밀원이 떨어져 있으면, 벌통 안에서 중력 역방향 기준에서 같은 각도를 갖고 원무의 지름방향(straight line)이 형성되는 것이다.

실제로 위와 같은 춤이 이루어지는 캄캄한 벌통 내에서는, 벌통을 중심으로 태양과 밀원의 각도로 밀원식물의 방향을 알려주는 외역봉이 가장 가까이 있는 꿀벌들에게 머리 부속지인 안테나를 통한 공기 중 진동을 전달함으로써 상호간 의사소통이 이루어진다. 이때 안테나의 청각기관인 존스톤 기관(Johnston's organ)이 주요한 역할을 한다. 이와 같이 접촉에 의한 진동전달 이외에 외역봉의 방문시 묻어온 꽃의 냄새도 밀원의 방향을 전달하는데 주요한 역할을 한다. 왜냐하면 꽃 냄새가 꿀벌의 몸 외벽 큐티클

왁스 층에 묻어 있기 때문이다.

또한 춤의 빈번한 정도가 야외 밀원의 풍부한 정도에 따라 좌우된다. 꿀과 화분이 풍부 할수록 외역하는 데 걸리는 시간이 단축되고 벌통에 돌아와 보다 흥분된 상태에서 자주 춤을 추게 되는 것이다.

결 언

꿀벌의 행동연구는 캄캄한 벌통내부의 관찰이 용이한 관찰소상의 발명 이후로 급속한 발전을 이루게 되었다. 개체가 아닌 개체군으로서 하나의 유기적 생활사를 이루고 있는 사회적 곤충인 꿀벌의 세계는 많은 자극과 반응으로 또는 원인과 결과에 의하여 일정한 행동패턴을 갖고 움직인다. 이들의 복잡하고 정교한 행동 및 습성을 지속적으로 연구함으로써 보다 많은 양봉산물을 생산하는데 응용하고 따라서 양봉농가의 수입을 증대시키는 것은 물론, 수 백 만년의 지질학적 시대 흐름 속에서 모든 생물이 점진적으로 변화되었다고 하는 진화론에 입각하여 꿀벌의 기계적이고 단순한 행동을 연구함으로써 보다 고등 동물인 인간의 행동, 즉 행동심리학 또는 정신 의학 연구에도 기초적 자료를 제공할 수 있다. 더욱이 꿀벌의 화분매개라는 자연계에서의 기능적 역할을 고려해 볼 때 꿀벌의 행동 및 생활습성 자체와 그 연구활동의 지원은 계속 강조해도 지나침이 없을 것이다.