

: 꿀벌의 발생과 생활사

I. 꿀벌의 발생과 발육

1. 꿀벌의 탄생

에텐동산을 찾고 싶다면 1억 년을 존재해온 벌과 꽃이 어우러진 정원만 한 것은 없다.

꽃이 처음 그 모습을 드러내기 전까지 3억년 동안은 육상식물이 존재했다. 석탄기(石炭紀)에는 경쟁이 적었기 때문에 바람으로 가루받이가 이루어진 숲은 온 지구로 뻗어 나갔다. 처음부터 곤충과 양서류는 수상식물을 먹이로 삼아 함께 살았고 이어서 3억 2,000만 년 전에 파충류가 등장했다. 공룡과 포유류는 2억 4,800만 년 전 트라이아스기(Triassic period)에 출현했으며 조류는 2억 800만 년 전 쥐라기(Jurassic period)에 등장했다. 하지만 아직 꽃은 없었다.

1억 4,400만 년 전, 마지막 공룡기가 시작되던 백악기에도 지구상에는 3,000여종의 식물이 존재했다. 꽃을 피우는 속씨식물을 시작으로 그 다음에 꽃이 탄생했다. 약 8,000만~1억 년 전인 백악기(白堊紀 : Cretaceous period) 중기에 말벌 중 일부가 초식성으로 바뀌었다. 이들이 첫 꿀벌이다 (Rowan, 2009).

2. 꿀벌의 종류와 특성

〈표 1〉 꿀벌의 분류와 종류

Order	Family	Genus	Species	Subspecies
Hymenoptera	Apidae	Apis	Apis. mellifera	A.m. ligustica A.m. carnica A.m. caucasica
			Apis. cerana Apis. koschenvnikovi Apis. florea Apis. andreniformis Apis. dorsata Apis. laboriosa	

※ 출처 : <http://www.everythingabout.net/articles/biology/animals/arthropods/insects/bees>

꿀벌은 벌목(Hymenoptera)-꿀벌과(Apidae)-꿀벌속(Apis)-꿀벌 종에 속하며 알, 애벌레, 번데기시기를 거치는 완전탈바꿈(완전변태)하는 곤충이다. 벌 종은 약 20,000종으로 알려져 있으나 꿀



정 년 기
대전광역시보건환경연구원
동물위생연구부
cnk3849@paran.com

벌 종은 주로 꿀의 생산과 저장, 밀랍으로 벌집을 짓는 종류를 말하며 현재 꿀벌 속(*Apis*)은 7종 (Species)에 44아종(Subspecies)으로 분류된다.

세계에 서식하는 꿀벌의 종류는 서양종(*Apis mellifera*)의 대표적인 3아종(Subspecies)을 포함하여 9종으로 알려져 있다(표 1).

우리나라에는 토종벌(재래종 : *Apis cerana*)과 서양종(*Apis mellifera*) 꿀벌 두 종류가 있다.

2-1 *Apis mellifera*

서양종(西洋種 : European/Western honey bee) 또는 개량종이라 불린다. 서양종(유럽종) 꿀벌에는 변종이 많아 서양종의 원산지에 관해서는 그 설이 구구하나 유로아시아(Euro-Asia) 지역으로 보는 사람이 많다. 더욱이 세계 여러 나라에 퍼진 후 환경이 다르고, 지리적 격리가 심한 곳에서 키운 서양종 계통들은 색상, 행동습성, 주둥이의 길이, 시맥상¹⁾, 털, 모양 등으로 구분할 수는 있으나 근래 선발육종과 교배육종이 성행됨에 따라 자연산 계통들의 구별은 점차 모호해지는 경향을 보이고 있다.

서양종 꿀벌들 중 비교적 우수한 벌 종으로 인정을 받고 있는 계통은 이탈리아안벌(*Apis mellifera ligustica*), 카니올란벌(*Apis mellifera carnica*), 코카시안벌(*Apis mellifera caucasica*) 세 계통인데 이들은 비교적 환경에 대한 적응력이 뛰어나고 양봉에 있어서 생산성이 높아 이들 계통을 표준 벌(Standard bees)이라 불린다(최, 1993).



〈사진 1〉 서양종꿀벌 벌통.
※ 출처 : kspmall.com

벌통은 랑스트로스(Langstroth)가 고안한 치수의 랑스트로스 벌통(라식 또는 라식 벌통이라 부르기도 한다)을 표준으로 삼고 있다(사진 1).

2-1-1 *Apis mellifera ligustica*

이탈리안 벌(Italian bee)이라 한다. 또는 이탈리아의 리구리아(Liguria)주가 원산지라고 해서 리구리안 벌이라 부르기도 한다. 전 세계에 걸쳐 가장 많이 보급되어 있는 계통이다.

배의 배판과 등판 제 2, 3, 4 환절은 선명하고 앞쪽에 황색 띠를 두르고 있는데 이는 산지에 따

1) 翅脈相(Venation, 脈相이라고도 한다) : 곤충의 날개를 지지하는 경화된 모양의 가지 혹은 그와 같은 모양.

라 약간의 차이가 있다. 작은방패판(소순판 : Scutellum)은 흑색이고 털은 황색이며 등판의 털은 짧고 황색 피에는 털이 더욱 조밀하게 나 있다. 미국에서 개량, 육종되고 그 황색이 선명하여 골든 이탈리아벌(Golden Italian bee)로 불리는 벌은 머리와 가슴 그리고 배의 뒷부분은 흑색이고 큰 턱(대시)은 황색이며 배의 제 3, 4, 5 환절에 황색 띠를 두르고 있다.

일반적으로 벌집에서의 행동이 조용하다. 살림날 성질(분봉성)이 비교적 적으며 유밀기(流蜜期)에는 근면해 벌꿀의 생산성이 양호한 반면에 식량의 소모율이 높고 월동력이 약하여 추운 지방에서는 월동 성적이 좋지 않다.

혀의 길이가 6.3~6.6mm로 길어 레드클로버(Red clover)에서도 수밀(꿀을 건어 들임) 활동이 활발하여 백색으로 꿀덮개(밀개)를 하기 때문에 벌집꿀(소밀) 생산에 유리한 벌 종이다.

겨울이 짧고 따뜻하며 습한 지중해 기후에 알맞은 벌 종이다. 그 령기 때문에 겨울이 길고 봄이 늦게 오는 지역에서는 밖일(외역) 활동이 활발하여 꽃꿀(화밀)을 열심히 수집하나 무밀기에는 도둑 벌(도봉 : Robbing bees)이 발생하기 쉽다(최, 1993)(사진 2).



(사진 2) Apis mellifera ligustica.
※ 출처 : 1279honey.com

2-1-2 Apis. mellifera. carnica

카니올란벌(Carniolan bee)이라 하며, 흑색 계통의 벌종으로 1930년 이후 오스트리아(Austria)에서 계획적인 육종을 통해 얻어진 것인데 이것이 세계 여러 날에 퍼지게 된 것이다.

몸의 털은 짧고 조밀하게 나 있으며 몸바탕은 전반적인 흑색이고 배의 제 2, 3 환절 등판에 갈색점이 있으며 때로는 갈색의 띠를 두른 것도 있다. 수벌의 털색은 회색 내지 회갈색을 띠고 있다. 일벌의 체색은 흑회색을 띠어 회색벌(Grey bee)이라 부르기도 한다.



(사진 3) Apis mellifera carnica.
※ 출처 :
bioconzoervation. blogspot.com

몸집이 크고 배의 폭이 넓은 편이다. 배의 제 3, 4, 5 환절에 흰색 털 때가 있으며 여왕벌의 몸 색은 흑갈색이고 배의 배쪽은 갈색이며 수벌은 흑색이다.

벌집에서 조용하고 습성이 순하고 유순성을 나타낸다. 월동 중 저장된 꿀 소모가 적으며 작은 벌무리(봉군)로서 월동이 잘되므

로 추운 지방에서 적합하다. 살림날 성질(분봉성)이 강하다.

방위 감각이 잘 발달하여 다른 벌 종에 비하여 표류되는 일이 적으며 도둑벌(도봉) 성질이 약하여 좋다. 프로폴리스(Propolis)의 사용이 적으며 혀의 길이가 비교적 6.4~6.8mm로 길어 레드클로버(Red clover)꽃에서도 정상적인 수밀활동이 가능하다(최, 1993)(사진 3).

2-1-3 *Apis mellifera caucasia*

코카시안 벌(Caucasian bee)이라 한다. 흑색 계통의 벌 종으로서 러시아의 중앙 코카서스(Caucasus) 지방이 원산지이다.

몸체의 바탕 키틴(Chitin)은 흑색이며 가끔 배의 첫 번째 띠에 갈색점이 보인다. 일벌은 짙은 회갈색을 띠며 수벌의 가슴 털은 흑색이다.

일벌의 혀의 길이는 최고 7.2mm까지 있어 표준 벌 중 가장 긴 혀를 가지고 있다. 순회색벌(Pure grey bee)을 이상적인 순수 계통으로 여긴다.

벌집에서 조용하고 유순하며 살림날 성질(분봉성)이 약하나 프로폴리스를 지나치게 바르기 때문에 프로폴리스 생산에는 유리하다.

내한성은 있으나 노제마병(Nosema disease)에 약하기 때문에 북부 한대지방에서의 월동은 성적이 좋지 않다. 꿀뚫개(밀개)는 편평하고 흑색이기 때문에 벌집꿀(소밀) 생산에는 적합하지 않다. 방위 감각이 둔하여 일벌의 표류가 심하고 도둑벌(도봉) 성질이 심하다. 외적에 대한 방어력이 강하고 여왕벌의 산란력이 왕성하고 살림날 성질이 적은 편이다(최, 1993)(사진 4).



〈사진 4〉 *Apis mellifera caucasia*.
※ 출처 : douglasfarm.com

2-2 *Apis cerana*

동양종 꿀벌(Oriental/Eastern honey bee) 또는 재래종이라 불린다. 원래 인도(India)가 원산지이니 그 후 아시아(Asia) 여러 나라에 분포되어 한국(Korea), 일본(Japan), 중국(China) 등 지역에서 사육되고 있다. 일벌의 몸체의 크기나 체색은 지역에 따라 약간의 차이가 있으나 처음에는 담황색을 띠나 점차 흑갈색으로 변하며 여왕벌과 수벌은 흑색을 띤다. 서양종에 비하여 체구가 작으며 배의 제 3, 4, 5, 6 환절에 백색 털 띠가 있다. 체장은 여왕벌 13~17mm, 수벌 12~13mm,

일벌 10~13mm로서 서양종에 비하여 작은 편이다. 머리와 가슴에 가늘고 작은 털이 조밀하게 나 있다.

온순하나 집단 구성이 작고 후계 여왕벌의 양성이 소극적이고 외적에 대한 방어력이 약하며 불리한 환경에 놓이게 되면 벌집을 버리고 도망하는 습성이 있어 벌꿀을 생산하는 면에서 불리한 점이 많다. 혀의 길이는 4.95~5.40mm 범위이다(최, 1993)(사진 5, 6).



〈사진 5〉 *Apis cerena* (Asian bee).
※ 출처 : kemmannu.com



〈사진 6〉 토종 꿀벌 벌통.
※ 출처 : blog.naver.com

2-3 *Apis. koschenvnikovi*

Koschenvnikovi 꿀벌(kozhevnikov)은 동양종(*Apis. cerana*) 등과 같이 동종으로 살고 있는 말레이시아(Malaysia), 인도네시아(Indonesia)의 보르네오(Borneo) 등에서 살고 있는 꿀벌 종이다. 이 종은 꿀벌의 형태학의 권위자 Grigory Aleksandrovich kozhevnikov(1866-1933)의 이름을 따서 명명되었다. Koschenvnikovi 꿀벌은 꿀벌의 기생충인 꿀벌진드기(*Varroa*)의 유일한 숙주이다(Wikipedia, 2011a)(사진 7).



〈사진 7〉 *Apis koschenvnikovi*.
※ 출처 : tamil-nadu.info

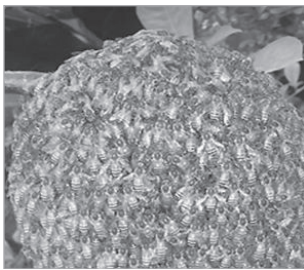
2-4 *Apis. florea*

인도 소형종 벌(Little honey bee)이라 한다. 인도(India), 스리랑카(Srilanka), 인도네시아(Indonesia), 말레이시아(Malaysia), 태국(Thailand) 등 동남아시아 열대지방에서 관목 또는 지상에서 얇은 나무 가지에 손바닥 정도의 작은 집을 짓고 야생생활을 하는 꿀벌의 일종이다(사진 8).

일벌의 체폭은 2mm에 불과하며 체장은 여왕벌 13mm, 수벌 12mm, 일벌 8mm로서 9종의 꿀벌 중에서 가장 작다.

가슴은 흰색의 잔털로 덮여있고 배의 제3절까지는 적갈색이며 배의 제 4, 5, 6 환절에는 흰색 털 띠를 두르고 있다. 여왕벌의 채색은 황갈색이고 수벌은 흑색이며 일벌은 암갈색이다.

몸집이 작아 다른 벌 종에 비하여 벌집이 아주 작다. 행동이 민첩하고 얇은 나뭇가지에 서식하며 벌집을 짓고 꿀과 꽃가루(화분)을 저장하기는 하지만 환경이 불리하면 도망을 잘하므로 사양하기는 어렵다(최, 1993)(사진 9).



〈사진 8〉 Apis. florea 꿀벌 벌집.
※ 출처 : bolsondigital.com



〈사진 9〉 Apis florea (Dwarf honeybee).
※ 출처 : flickr.com

2-5 Apis. andreniformis

Andreniform 꿀벌 또는 흑색 최소종 꿀벌(black dwarf honey bee)이라 한다. 아시아의 열대와 아열대 지역에서 생활하는 토종 꿀벌 종이다.

Apis. andreniformis의 생리, 지역분포, 특성 등이 많은 사람에게 의해 알려져 있으나 아직도 종에 대하여 다 밝혀지지 않았다. 단지 Apis. andreniformis와 Apis. florea과 같은 종으로 알고 있다가 최근에는 Apis. florea 종의 자매로 진단적인 분류가 되었다. 두 종은 중국(China), 인도(India), 미얀마(Burma), 라오스(Laos), 베트남(Vietnam), 인도네시아(Indonesia), 말레이시아(Malaysia), 필리핀(Philippines) 등 아시아의 열대, 아열대 지역에 분포되어 있다. 일반적인 형태적 특성은 경골(脛骨 : Tibia)과 제일발목마디



〈사진 10〉 Apis andreniformis.
※ 출처 : thaivisa.com

(Basitarsus)의 등쪽 표면의 다리에 검은 줄(stripes)이 있다.

Apis. andreniformis와 Apis. florea 형태학적 차이는 <표 2>와 같다(Wikipedia, 2011b)(사진 10).

<표 2. Apis. andreniformis와 Apis. florea 형태학적 차이>

부위	Apis. andreniformis	Apis. florea
색소형성(Pigmentation)	거무스름	누르스름
시맥 분절의 비(Cubital Index)	6.37	2.86
주둥이(Proboscis)	2.80mm	3.27mm

2-6 Apis. dorsata

인도 대형종벌(Giant honey bee)이라 한다. 인도(Indo), 스리랑카(Srilanka), 자바(Java) 인도네시아(Indonesia), 말레이시아(Malaysia), 태국(Thailand), 필리핀(Philippines) 등 동남아 열대지방에서 90~80cm 정도의 큰집을 나무줄기에서 아래로 내려 집을 지어 야생생활을 하는 꿀벌의 일종이다(사진 11).

일벌의 체장은 16~18mm로서 Apis속 꿀벌 중 몸집이 가장 크다. 일벌의 머리와 가슴은 흑색이고 배의 등쪽 제2, 3절은 황색이며 다른 부분은 암갈색이다. 두정(頭頂)에 총모가 없고 머리에서 가슴까지 덮힌 털은 흑색이며 가슴의 뒷부분 가에는 황색 털이 나 있다. 배는 선황색의 짧고 가는 털로 덮여있다. 이 짧고 가는 털은 배의 제1, 2, 3절에서 더욱 조밀하게 나 있다. 그러나 언뜻 보기에는 몸의 앞부분은 흑색으로 보이고 나머지 부분은 황색으로 보인다. 여왕벌과 수벌의 체색은 흑색이다.

유밀이 잘된 조건에서는 1회 9L까지 양질의 꿀을 채취하고 꿀과 꽃가루(화분)를 저장하기는 하지만 환경이 불리하면 미련 없이 도망을 잘하므로 사양하기는 어렵다. 그러나 밀랍의 질이 좋고 생산성이 우수하다(최, 1993)(사진 12).



<사진 11> AApis. dorsata 꿀벌 벌집.
※ 출처 : madraswanderer.blogspot.com



<사진 12> Apis dorsata (the giant asian honey bee).
※ 출처 : flickr.com

2-7 Apis. laboriosa

히말라야 꿀벌(Himalayan honey bee) 또는 Apis. dorsata laboriosa라 한다. 가장 큰 꿀벌이다. 자란벌(성봉)의 체장이 3.0cm까지 된다.

1980년 이전에는 Apis. dorsata 아종으로 분류하였다가 이후 20년 동안은 Apis. laboriosa 종으로 분류하였다가 오늘날 다시 아종으로 분류하고 있다.

수백만 년 동안 고지대의 Apis. laboriosa 종과 저지대의 Apis. dorsata 종 사이에는 분명하게 유전적인 관계가 없어 별도 종으로 구분을 주장한다.



〈사진 13〉 Apis laboriosa.
※ 출처 : oansung.egloos.com

히말라야 지역에 국한하며 꿀벌 중에서 가장 크다. 부탄(Bhutan)의 산악지역, 유난(Yunnan : 중국령), 인도(India), 네팔(Nepal)에서 생활하는 꿀벌의 일종이다.

대부분의 벌집은 해발 2,500~3,000m 지역의 수직암벽 남서쪽 면에 매달린 가장 큰 벌집을 짓는다. 벌집 하나에서 벌꿀을 60kg 이상 채취할 수 있다.

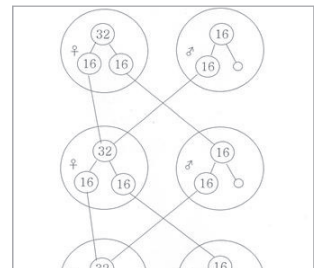
특유한 집짓는 습성으로 해발 4,100m 까지 꽃꿀을 수집한다 (Wikipedia, 2011c)(사진 13).

3. 여왕벌의 산란과 처녀생식

알집(난소)소관(卵巢小管)에서 발달한 알은 수란관(輸卵管)을 통해 질에 이른다. 알의 앞쪽 끝에 정자문(精子門)이 있는데 이곳으로 정자가 들어가 알이 수정된다.

남여왕벌은 수정란과 무정란 두 종류의 알을 낳는데 저정낭에 저장된 정자를 배출하면 정자가 정자문을 통해 들어가 수정란이 되어 유성생식으로 여왕벌과 일벌이 발생한다. 반면에 정자를 배출하지 않으면 알은 수정되지 않아 무정란이 되며 무성생식으로 수벌이 발생한다.

남따라서 여왕벌과 일벌은 수정란에서 발생하는 2배체(二倍體)로서 염색체 수는 32개이다. 수벌은 무정란에서 발생하는 반수체(半數體)로서 염색체 수는 16개이다(최, 1993)(그림 1).



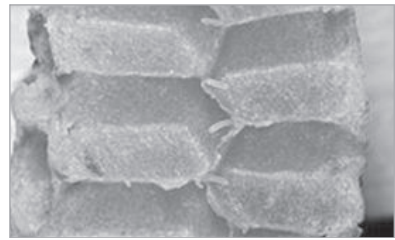
〈그림 1〉 꿀벌의 생식세포의 염색체 분리와 결합

4. 애벌레(유충)와 번데기의 발육

4-1. 부화와 발육

갓 낳은 알은 벌방 밑바닥에 곤두 서 있으나 시간이 지나면서 점차 벌방에 비스듬히 눕는다(사진 14).

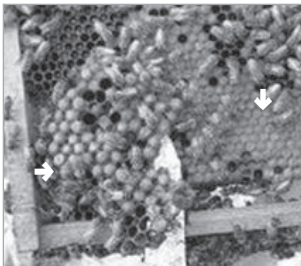
꿀벌의 알은 3일 만에 부화한다. 처음에 애벌레는 유백색을 띠고 몸은 반원형으로 굽어 있으나 애벌레가 자라면서 벌방에 가득 찰 정도가 되면 머리의 방향이 벌방의 위쪽을 향한다.



〈사진 14〉 Honey bee eggs shown in cut open wax cells.

※ 출처 : http://en.wikipedia.org/wiki/Honey_bee

4-2. 벌똥개(봉개)



〈사진 15〉 일벌(↓)과 수벌(↔)의 벌똥개 형태.

※ 출처 : blog.naver.com

애벌레가 다 자라면 더 이상 먹이를 섭취하지 않고 번데기 준비시기에 접어든다. 일벌들은 벌방 내 애벌레가 다 자라면 밀랍과 꽃가루(화분)를 섞어 벌방 윗부분을 덮는데 이것을 벌똥개(봉개)라 한다. 벌똥개에는 작은 구멍이 나 있어 다자란(노숙) 애벌레와 번데기들은 호흡을 자유롭게 할 수 있다. 벌똥개의 색은 보통 미황갈색이지만 그 당시 벌집의 색과 대개 같다. 일벌방과 수벌방의 벌똥개는 쉽게 구별되는데 일벌방의 벌똥개는 약간 평평하게 솟아 있지만 수벌방은 볼썽 솟아나 있다(사진 15).

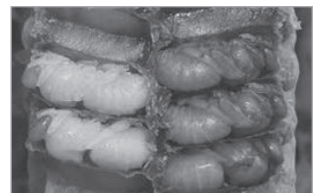
4-3. 애벌레의 고치 짓기

다 자란 애벌레는 섬세한 실을 토해서 고치를 짓기 시작한다. 고치의 실은 벌방 내부 벽에 붙어 있다.

4-4. 번데기

다 자란 애벌레는 고치를 만든 다음 2-3일 후 마지막으로 탈피를 한 다음 번데기가 된다. 꿀벌의 번데기는 머리·가슴·배·다리·더듬이·날개 등이 자연스럽게 생겨나 뚜렷이 보인다.

처음에는 연약하고 백색이며 겹눈은 핑크색·붉은색·자주색 순으로 변하여 출방할 때가 되면 갈색으로 변한다. 번데기의 몸은 점차

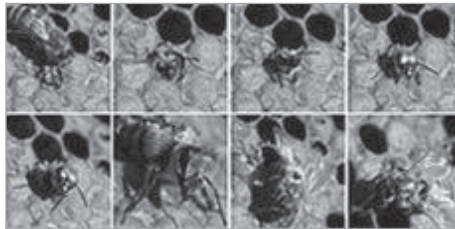


〈사진 16〉 꿀벌 번데기 모습.

※ 출처 : cakel.tistory.com

굳어져 체색이 갈색으로 변하면서 몸의 털과 날개들이 펴지고 점차 자란벌(성충)의 모습을 갖추게 된다(사진 16).

4-5. 방을 나옴(출방)



〈사진 17〉 Emergence of a black bee.
 ※ 출처 : http://en.wikipedia.org/wiki/Honey_bee

일벌들은 벌방 내 유충이 다 자라면 밀납과 꽃가루를 섞어 벌방을 벌똥개(봉개)한다. 벌똥개의 색깔은 처음에는 황갈색이지만 점차 갈색으로 변하며 출방 직전이 되면 보다 짙은 갈색으로 변한다. 번데기는 몸이 단단해지고 날개와 몸의 털이 퍼지면서 자란(성충)벌의 모습을 갖추게 되고, 이어 벌똥개를 씹어 제치고 방을 나온다. 여왕벌이 탄생할 왕집(왕대)의 벌똥개는 일벌들이 벌똥개 윗부분을 씹어 잘라 놓으면 그 부분을 머리로 밀어 제치면서 방을 나온다. 갓 방을 나온 꿀벌은 광택이 없으며 날개가 충분히 퍼지지 않아 잘 날지 못한다(사진 17).

5. 꿀벌의 발육기간

꿀벌의 발육기간은 여왕벌 · 일벌 · 수벌의 알 · 애벌레(유충) · 번데기의 발육기간에 따라 뚜렷한 차이가 있다.

서양벌의 발육 소요일수는 여왕벌 16일, 일벌 21일, 수벌 24일이다(표 3).

토종벌의 여왕벌 발육 소요일수는 17일이다.

〈표3. 꿀벌의 발육기간〉

꿀벌의 총태	발육소요일수(일)		
	여왕벌	일벌	수벌
알	3	3	3
애벌레	5.5	6.0	6.5
번데기	7.5	12.0	14.5
계	16	21	24

Ⅱ. 꿀벌의 생활사

여왕벌·일벌·수벌(사진 18)의 발육기간은 차이가 있을 뿐만 아니라 여왕벌은 알을 낳고, 수벌은 여왕벌과 짝짓기를 하며, 일벌은 운영에 필요한 모든 일을 맡아 하는 선천적 분업사회이다. 따라서 여왕벌·일벌·수벌이 일생을 지내는 생활 모습도 판이하게 다르다.

1. 여왕벌의 생활사

한 벌무리(봉군)의 사회에는 반드시 한 마리의 여왕벌이 있어 한 벌무리의 번영을 위해 필요한 알을 낳는 중대한 임무를 띠고 있다.

1-1. 여왕벌의 양성조건

한 벌무리에서 새 여왕벌이 양성되는 조건은 ① 벌무리의 세력이 강하여 새 벌무리를 구성하기 위해 필요한 새 여왕벌을 양성하여 살림나기(분봉)를 하려 할 때 ② 여왕벌이 늙어 제구실을 하지 못하는 여왕벌을 갈아 치우기 위해 양성하여 늙은 여왕벌을 갈아 치우려 할 때 ③ 갑자기 여왕벌이 없어서 무왕상태가 되어 새 여왕벌을 양성하여 새 여왕벌을 맞으려 할 때이다.

1-2. 왕집(왕대)의 종류

여왕벌이 양성되는 벌방을 왕집(왕대)이라 한다. 왕집에서 여왕벌의 양성조건에 따라 자연왕집, 비상(변성)왕집, 인공왕집으로 나뉘고 자연왕집은 살림나기(분봉)왕집과 바꿀(갱신)왕집으로 구분한다.

1-2-1. 자연왕집

마치 땅콩껍질 모양으로 겉면에 울퉁불퉁하고 중력의 방향을 따라 아래로 늘어뜨려 왕집을 짓기 때문에 여왕벌이 거꾸로 서 있어 머리의 방향이 땅을 향해 있다(사진 19).

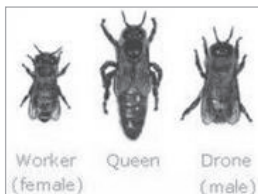
살림나기(분봉)왕집은 비교적 봉군의 세력이 강한 벌무리에서 조성되며, 바꿀(갱신)왕집은 벌무리의 세력이 약한 벌무리에서 조성되며 살림나기 왕집에 비해 왕집의 모양이 비교적 크며 왕집 내에 더 많은 왕유가 들어 있다.

1-2-2. 비상(변성)왕집

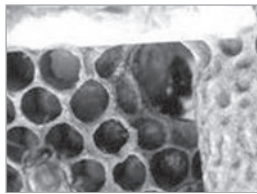
일벌 방을 개조하여 만든 것이라 겉이 보다 밋밋한 모양을 하며 일벌집 면에 누워 있는 상태로 왕집을 짓기 때문에 여왕벌의 머리 방향이 일정치 않다(사진 20).

1-2-2. 인공왕집

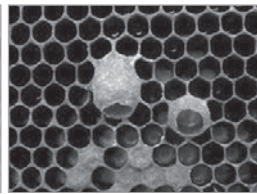
인위적으로 만든 왕집을 말한다. 요즘에는 여왕벌의 양성뿐만 아니라 왕유(로얄제리) 생산을 목적으로 밀랍 또는 프라스틱 재료를 이용하여 만든다(사진 21).



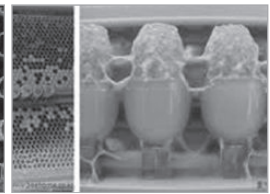
〈사진 18〉 일벌·여왕벌·수벌의 모습.
※출처 : tutorvista.com



〈사진 19〉 자연왕집.
※ 출처 : hyosunbee.co.kr



〈사진 20〉 비상(변성)왕집.
※ 출처 : hyosunbee.co.kr



〈사진 21〉 인공왕집.
※ 출처 : blog.naver.com

1-3. 왕집의 수

한 벌무리(봉군)에서 짓는 왕집의 수는 꿀벌의 종류및강줄계통 또는 왕집을 짓는 원인이나 조건에 따라 차이가 있다. 일반적으로 살림나기(분봉)왕집은 10여개, 바꿀(갱신)왕집은 2~3개, 비상(변성)왕집은 3~4개 짓는 것이 보통이다.

1-4. 처녀 여왕벌의 습성

왕집에 알을 낳은 후 16일이 되면 새 처녀 여왕벌이 태어난다. 여왕벌은 왕집의 종류에 관계없이 형태적으로나 산란능력에서나 동일하다. 그러나 어떠한 종류의 왕집에서 태어났느냐에 따라 행동과 습성은 큰 차이가 있다.

새로 태어난 처녀 여왕벌은 벌통 내 벌집을 돌아다니면서 또 다른 왕집이나 또는 다른 여왕벌이 있으면 공격해서 퇴치하려는 것이 본래의 습성이다. 그러나 어떠한 조건하에서 여왕벌이 태어났느냐에 따라 왕집 또는 다른 여왕벌을 공격할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다.

1-4-1. 살림나기(분봉)왕집의 경우

왕집을 지을 때 일정 간격을 두고 왕집을 짓기 때문에 처녀여왕벌이 같은 시간에 태어나는 일은 거의 없다.

먼저 지은 왕집에서 처녀여왕벌이 태어나기 2일전에 어미 여왕벌은 일부 일벌들과 함께 살림나기(분봉)를 한다.

첫 번째 왕집에서 처녀여왕벌이 태어난 후 두 번째 왕집에서 또 다른 새 여왕벌이 태어나기 전 첫 번째의 처녀여왕벌은 일부 일벌들과 함께 분봉해 나간다. 살림나기(분봉) 왕집에서 태어난 여왕벌은 위와 같은 순서로 살림나기를 계속하는데 그 이유는 일벌들이 왕집을 철통같이 지키고 있어 왕집의 공격이 불가능하기 때문이다. 그 후 몇 차례 살림나기를 계속하다가 보면 나머지 왕집들은 일벌들의 왕집 보호가 허술해지는데 이때는 왕집을 공격해서 새로운 처녀 여왕벌의 발생을 저지한다.

1-4-2. 바꿀(갱신)왕집의 경우

늙은 여왕벌을 갈아 치울 목적으로 짓기 때문에 첫 번째 왕집에서 처녀 여왕벌이 태어나도 어미 여왕벌은 살림나기를 하지 못한 채 그 벌무리에 남아 있으며 그 처녀여왕벌은 벌집을 돌아다니면서 다른 왕집을 공격하여 또 다른 여왕벌의 발생을 억제한다. 그러나 새로 태어난 처녀 여왕벌은 늙은 여왕벌에 대해서는 공격을 하지 않는다. 늙은 여왕벌은 일벌들의 푸대접으로 얼마동안 살다가 없어진다.

일벌들의 왕집 보호가 느슨하여 먼저 태어난 여왕벌은 마음대로 왕집을 공격할 수 있다.

1-4-3. 비상(변성)왕집의 경우

무왕상태의 벌무리에서 부화 3일이내의 일벌 방을 개조하여, 일벌을 여왕벌로 키우기 때문에 어미 여왕벌이 없는 상태이다.

비상(변성)왕집에서 제일 먼저 태어난 여왕벌은 다른 비상왕집을 공격하여 또 다른 여왕벌의 발생을 억제한다.

비상왕집의 경우는 두 마리의 여왕벌이 동시에 태어나는 예가 많은 데, 이때는 여왕벌 간에 전투가 벌어져 어느 한쪽이 죽어야 한다.

1-5. 여왕벌의 교미 습성

처녀 여왕벌은 교미를 끝내야 비로소 여왕벌 구실을 할 수 있다. 교미를 마치지 못한 여왕벌은 알을 낳지 못하며 설사 알을 낳는다고 하더라도 무정란 밖에 낳을 수 없다.

여왕벌의 교미는 공중을 날면서 이루어진다. 벌통 안에서 교미를 하는 일은 절대로 없다.

여왕벌의 교미는 수벌들이 각기 벌통에서 5-7km 정도 거리에서도 특정 장소에 날아 이른다.

출방 후 6-10일 사이 날씨가 맑고 바람이 없는 따뜻한 날을 택하여 오후 2시에서 4시 사이에 벌통을 떠나 공중을 날면서 한 마리 수벌과 교미하는게 아니라 보통 6-17 마리의 수벌과 교미가 이루어진다.

만약 날씨가 불순할 때는 교미를 떠나지 못하며 계속 날씨가 불순하면 영영 교미비행²⁾을 떠나지 못하는 때도 있다.

출방 후 12일이 경과하면 교미비행을 떠나는 비율이 극히 낮아지며 그것도 14일이 경과하면 영영 교미를 하지 못하여 쓸모없는 여왕벌이 된다.

교미를 위해 처녀여왕벌이 날면서 성(性)유인물질(Pheromone)을 분비하면 그 냄새에 의하여 주변 벌통의 수벌들은 여왕벌의 뒤를 쫓아 날아 그들 중 가장 빨리 날고 체력이 왕성한 수벌과 교미한다.

교미비행에 소요되는 시간은 보통 몇 분 이내이지만 길 때는 30여분이 걸리기도 한다. 여왕벌은 교미를 통해 한 마리의 수벌로부터 받은 정자의 수는 평균 87만개 정도로 약 40시간에 걸쳐 정자를 보관하는 저장낭(Spermatheca)으로 이동되는데 평균 4-7백만 개의 정자가 발견된다.

여왕벌의 교미는 일생에 단 한번 하며, 교미를 끝낸 여왕벌은 살림나기(분봉) 이외에 외출하는 일이 없다.

1-6. 여왕벌의 인공수정

인공수정이란 수컷의 정자를 암컷의 생식기관에 인공적으로 옮기는 기술이다. 이는 산업적 가치가 있는 종을 육종하거나 멸종위기에 있는 종을 보전하기 위해서 유용하게 응용되는 수정방법으로써, 계절에 관계없이 육종이 가능하고 병의 전염을 예방할 수 있는 장점이 있다.

2) 교미비행(결혼비행): 여왕벌이 교미를 위해 공중을 나는 것.

꿀벌(*Apis spp*)은 20세기 초 이후 경제적 잠재성을 가지고 발달, 개선됨과 아울러 인위적으로 교미를 조절할 있는 수정 기술이 개발되었다. 꿀벌의 인공수정기술은 꿀벌의 기반이라 할 수 있다. 육종에서 가장 중요시 하고 있는 두 우수 계통의 합리적 조합 방법을 자유롭게 조절 할 수 있어 산업적 육종계통을 향상시키는 수단이 되었지만 아직 까지 자연 교미한 여왕벌에 비해 일찍 교체되거나 낮은 개체율을 가지거나, 갑작스런 산란중단, 수벌 생산 등의 문제점을 가지고 있다. 인공수정을 위한 경우에는 인공왕집을 이용한다(윤, 2008)(사진 22).



(사진 22) 여왕벌 인공수정기
※ 출처 : <http://www.buynp.or.kr>

1-7. 여왕벌의 산란

교미 후 2~3일이 지나면 여왕벌은 알을 낳기 시작한다. 알을 낳기 전 먼저 육아방의 크기를 앞다리로 재고 벌방에 머리를 넣어 산란 장소를 검사한다. 수정란과 무정란 두 종류의 알을 낳는다. 암컷인 여왕벌과 일벌의 알을 산란할 때는 알을 낳기 직전에 저장낭에 저장해둔 정자를 보내어 수정합니다. 왕집에는 여왕벌의 알을, 작은 방(일벌 방)에는 일벌의 알을, 큰 방(수벌 방)에는 무정란인 수벌의 알을 각 육아방 밑바닥에 낳아 붙인다.

일생동안 낳을 수 있는 총 알 수는 100~150만 개로 추정하며 봄철과 같은 알을 낳기에 알맞은 때는 하루에 2,000~3,000 개의 알을 낳을 수 있다.

1-8. 여왕벌의 수명

여왕벌의 수명은 보통 3~4년이나 오래 사는 것은 8년이나 사는 것도 있다. 그러나 여왕벌이 늙으면 알을 잘 낳지 못하므로 벌치기(양봉)에서 실제 이용되는 기간은 최고 2년이다.

2. 일벌의 생활사

일벌은 수정란에서 발생한 암벌이다. 산란기관이 퇴화되어 여왕벌과 같이 산란능력을 발휘하지 못한다. 그러나 평소에는 여왕벌이 분비하는 특수한 유인물질(Pheromone)에 일벌의 산란이 억제 되다가 무슨 이유로 여왕벌이 없어지면 일벌들은 산란을 한다. 이 때 일벌들은 교미하지 않았기 때문에 무정란만 낳는다.

2-1. 일벌의 임무

일벌은 연령별로 분업화되어 있다. 각종 일을 맡아할 수 있는 특수기관들이 잘 발달하여 벌무리에서 필요로 하는 여러 가지 일을 맡아할 수 있다.

2-1-1. 꿀벌의 분업

방을 나와서 2일까지는 벌방의 청소와 이 물질을 벌방에서 끄집어낸다.

3-5일까지는 알에서 부화한 애벌레들에게 꿀과 꽃가루를 공급하고 새끼를 키운다.

6-10일까지는 애벌레와 여왕벌에게 왕유를 제공하는 일을 한다.

안일벌(내역봉 : 태어나서 18일까지의 일벌)은 밖일벌(외역봉 : 18일 이후의 일벌)이 수집해온 꿀과 꽃가루를 저장한다.

2-1-2. 벌집 짓기

벌집을 짓는 일에 참가할 일벌들은 일시에 많은 꿀을 먹고 24-36시간 벌집이 지어질 주변에 머물다가 밑납을 분비하여 벌집을 짓는다. 벌집의 두께는 약 2.54cm이고 육각형이며 양면에 위치하며 벌방의 크기는 일벌방, 수벌방, 왕집에 따라 차이가 있다.

2-1-3. 벌꿀의 수집

꿀을 모으는 활동의 범위는 반경 2km이며, 나는 속도는 14-25km 범위로 밖일벌은 꽃을 찾아 꽃에서 꽃꿀을 수집하여 꿀주머니에 넣어 운반한다. 한번 나가서 30-50mg의 꿀을 모으는데, 1kg의 벌꿀을 모으기 위해 10,000 마리의 일벌이 4회 나가야 한다.

꿀벌이 하루 동안 나가는 횟수는 최고 24회, 보통 7-13회 이다.

2-1-4. 꿀벌의 질병과 천적 방어

벌통내의 환기를 조절하는 일, 꿀벌에 해를 끼치는 질병을 예방하기 위한 프로폴리스 등 생활에 필요한 생활 물질을 수집하는 일 등이 있다.

꿀벌의 천적 장수말벌, 벌집나방 등을 방어하는 일을 한다.

2-2. 일벌의 수명

일벌의 수명은 어떠한 일에 종사하였는가에 따라 큰 차이가 있다.

밀랍을 분비하여 벌집을 짓는 일, 왕유를 분비하여 새끼 벌 양육, 꿀이나 꽃가루를 수집하는 밖일 활동 등 중노동에 참여한 일벌들은 수명이 1~2개월 밖에 되지 않는다. 그러나 늦가을에 태어나 심한 노동에 시달리지 않고 월동에 들어간 일벌들은 6개월까지 살 수 있다.

3. 수벌의 생활사

수벌은 여왕벌이나 일벌에 비하여 행동이 둔하고 배의 끝이 뭉툭하며 특수기관을 갖추고 있지 않다. 수벌의 발생은 어느 시기에 한정되어 있어 벌통에 늘 존재하지 않는다. 늦가을, 월동, 이른 봄철에는 벌통에 수벌이 한 마리도 없는 때도 있다.

수벌의 수는 살림날 기운(분봉열)이 발생하는 여름철에 가장 많다.

수벌이 하는 유일한 일은 처녀 여왕벌과의 교미이다.

수벌은 꿀벌집판(저밀소비)에 머물면서 꿀을 많이 소모하기 때문에 무밀기에는 일벌들에 의하여 벌통 밖으로 쫓겨난다.

교미비행에 참여하는 수벌들의 일령은 출방 후 12일 전후이며 교미를 끝낸 수벌은 자신의 생식기가 여왕벌의 몸에 박혀서 자기 몸에서 생식기가 떨어져 나가기 때문에 곧 죽게된다.

수벌이 제명대로 살면 3~4개월 살 수 있다.

Ⅲ. 꿀벌에 대한 새로운 인식

고등생물체인 포유동물의 특성을 꿀벌군락(Honeybee colony)에서도 찾을 수 있으며, 꿀벌군락은 포유류의 특성과 단세포 생물의 불멸하는 번식전략을 통합하는 생존전략을 구사 한다는 것이다.

꿀벌의 신체구조와 발생학만 보지 않고, 꿀벌이 포유동물 특성을 고스란히 자기 것으로 만들었다는 데 착안하면 그리 터무니없게 들리지 않을 것이다.

1. 초개체 생태

모든 단독 행동을 하는 개별적인 유기체에게 생리학이 있는 것과 마찬가지로 초개체에게는 군락

구성원들의 특성과 상호작용으로부터 나오는 초생리학이 존재한다.

초개체 꿀벌군락은 계속하여 활동하며, 환경 조건과 벌집 동료들의 활동에 반응하는 몇 천 마리의 개별적인 동물들로 구성되는 적응력 있는 복합적인 동물공동체이다. 군락을 관리하는 상부기관 같은 것은 없으며, 군락의 전체 생태는 꿀벌 상호간의 행동과 경쟁으로부터 비롯된다.

꿀벌군락은 벌집과 꿀벌로 이루어지며 벌집은 진화 과정에서 개개 꿀벌과 더불어 끊임없이 발전해왔다. 벌집은 초개체의 일부분이며, 꿀벌 개개의 신진대사 및 의사소통 그리고 꿀벌 군락의 사회생리학과 진화생물학적 건강에 기여한다. 꿀벌의 신경계가 꿀벌의 일부분 이듯이 벌집 역시 꿀벌의 일부분인 것이다.

초개체의 특징은 여왕벌이 여러 번 짝짓기이다. 아버지(수벌)가 많다는 것은 다양한 대립 유전자가 많다 그리고 일벌들이 다양한 많은 특성을 지닌다는 의미이다. 어떤 수벌은 자극에 민감한 벌, 또 다른 수벌은 자극에 민감하지 않는 벌을 탄생시킨다. 이는 내적 외적 장애에 대처하는 강도를 결정한다.

자연적인 꿀벌 군락에서 일벌이 일생동안 나이에 따라 차례로 방 청소하기, 애벌레 방 뚜껑 덮기, 애벌레 돌보기, 여왕벌 수행하기, 수집 벌로부터 꽃꿀 넘겨받기, 꿀 만들기, 커다란 오염물 제거하기, 꽃가루 다져 넣기, 벌집 짓기, 공기 환기시키기, 경비 벌로서 활동하기, 수집 벌로서 다양한 활동을 하는 유연성이다.

최근에는 난방 벌과 난방 벌에게 에너지를 공급하는 주유벌도 직업목록에 포함 하는 등 계속 확대해 나가고 있다.

초개체 꿀벌 군락과 같은 의사소통, 전문화, 시공간적 조직, 번식 등 복합 적응계는 저절로 조직되고 창발성을 이루는 능력을 보여준다(Jürgen, 2009).

2. 포포유동물의 특성

꿀벌군락은 하나의 생물이다. 꿀벌군락은 척추동물이다.

일벌은 생명 유지와 소화를 담당하는 몸이고 여왕벌은 여성의 생식기이며, 수벌은 남성의 생식기이다.

다른 척추동물과 구분되는 포유동물과 꿀벌군락의 특성을 비교하면 포유동물의 번식률은 극단적으로 낮다. 꿀벌도 마찬가지다.

포유동물의 암컷은 자손을 양육하기 위해 일시적으로 젖샘에서 젖을 분비한다. 꿀벌의 암컷인 일벌도 왕유를 분비한다.

포유동물은 자손에게 위험한 외부 세계와 차단된, 안전한 양육 환경을 제공한다. 자궁은 그러한 최적의 환경이다. 꿀벌 역시 벌집이라는 사회적 자궁 속에 애벌레를 안전하게 양육한다.

포유동물은 커다란 두뇌로 척추동물 중 가장 뛰어난 학습능력과 인지능력을 보유하고 있다. 꿀벌의 학습능력과 인지능력은 척추동물을 능가할 정도다. 가히 무척추동물 중 최고라고 할 수 있다. 꿀벌군락은 척추동물일 뿐만 아니라 포유동물의 특성까지도 가지고 있다(Jürgen, 2009)



참 고 문 헌

Rowan Jacobsen, 꿀벌 없는 세상 결실 없는 가을. 노태복 옮김, 예코리브르, 서울, 232-238

최승윤, 1993. 양봉·꿀과 벌통. 오성출판사, 95-143.

Wikipedia, 2011a, Apis koschevnikovi.
http://en.wikipedia.org/wiki/Apis_koschevnikovi

Wikipedia, 2011b, Apis andreniformis.
http://en.wikipedia.org/wiki/Apis_andreniformis

Wikipedia, 2011c, Apis dorsata laboriosa.
http://en.wikipedia.org/wiki/Apis_dorsata_laboriosa.

윤형주, 이만영, 설광열, 2008. 곤충의 인공 수정법, 제이와이, 수원, 머리말, 38-55.

웨르겐 타우츠(Jürgen Tautz), 2009. 경이로운꿀벌의 세계 -초개체 생태학-. 이치사이언스, 서울, 1-323.