

꿀벌의 해부와 생리 Part2



정 년 기
보건학박사, 대전광역시보건환경연구원 동물위생연구부

Ⅲ. 애벌레의 형태

1. 외부형태

애벌레의 몸은 머리와 T1(Thoracic:가슴)-T3, A1(Abdominal:배)-A10를 포함하여 13개 마디로 되어 있다. 성숙된 꿀벌 애벌레는 자란벌의 외부구조는 없다. 그러나 신경기관과 배체벽에서 뇌, 머리뼈속 중심체, 가슴다리, 배신경대신경절, 생식기와 날개의 발생부, 식도하 신경절이 보인다(J.A.Nelson, 2010)(사진 59-60).

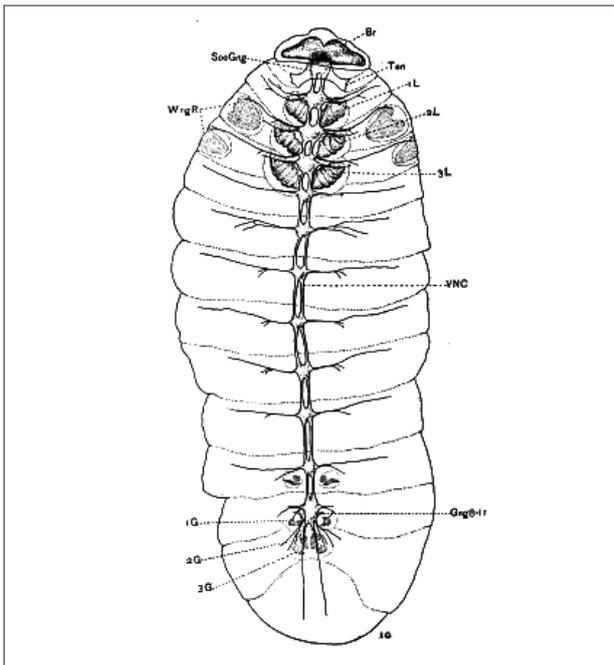


사진 59. 성숙된 애벌레의 신경기관과 배의 체벽. Br(brain:뇌), 1-3G(first, second and third pairs of genital rudiments: 생식기 발생부의 쌍), Gng(ganglion:신경절), 1L-3L(thoracic legs(발생부):앞다리, 가운데, 뒷다리), SocGng(suboesophageal ganglion:인후하신경절), Ten(central body of tentorium: 머리속뼈 중앙체), VNC(ventral nerve cord:배신경대), WrgR(rudiments of wings:날개 발생부). 출처: <http://www.extension.org>

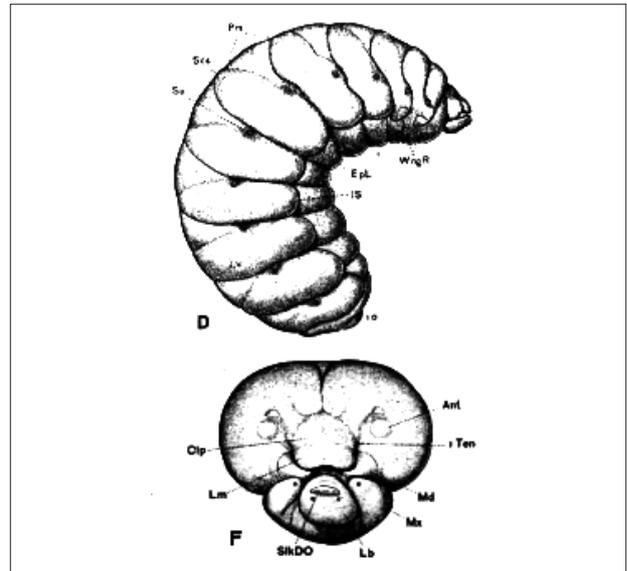


사진 60. 애벌레의 형태. D: WrgR(Rudiments of wing: 날개퇴화), Prs(Prescutal area:전순판부위), Scs(Scuto-scutellar:순판-소순판), Sp(Spiracle:숨구멍), Epl(Epileural lobes:옆윗조각엽), F: Clp(Clypeus:이마), Lm(Labrum:윗입술), SldDO(External opening of common duct of silk glands:실샘공통관의 외부개방), Lb(Labium:아랫입술), Mx(Maxilla:작은턱), Md(Mandible:큰턱), 1Ten(Anterior arms of tentorium:머리속뼈전가로대), Ant(Antenna:더듬이) 출처: <http://www.extension.org>

2. 내부형태

애벌레의 모든 장기는 자란벌의 모든 장기를 갖추고 있다. 꿀벌 애벌레는 가성칼리로 처리를 하였다.

2.1 소화기관

애벌레 몸에서 가장 많이 차지하는 부분이 중장이다. 이 단계에서는 후장(절지동물의 중장 다음의 창자)과 연결되어 있지 않다(사진 61).

2.2 배설기관

애벌레의 배설물을 담을 수 있도록 부풀려지는 말피기씨관이 있다(사진 59).

2.3 호흡기관

몸체의 세로로 퍼져있는 관으로 연결된 T2-A8 사이의 10쌍의 숨구멍은 항상 열려있다. 이는 자란벌에서 마디 구조와 같다(사진 62~63).

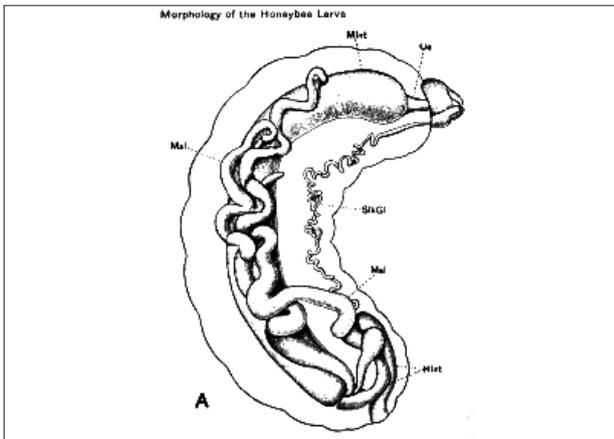


사진 61. 애벌레의 소화관, 실샘, 말피기씨관 형태. HInt(hind intestine:후장), Mal(Malpighian tubules: 말피기씨관), MInt(mid intestine:중장), Oe(oesophagus:식도), ShG(silk glands:실샘).출처: <http://www.extension.org>

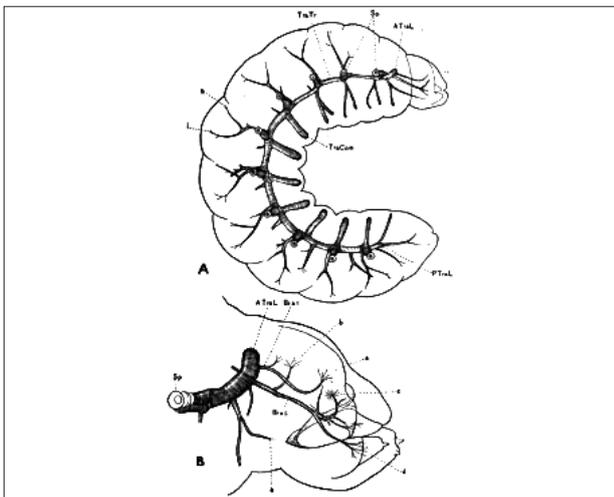


사진 62. 성숙된 애벌레의 신경계와 배체벽. ATrL(Anterior tracheal loop:전순관), Sp(Spiracle:숨구멍), TrTr(Tracheal trunk:숨관기둥), TraCom(Tracheal commissure:기관연합), PTrL(Posterior tracheal loop:후순관), Bra(Tracheal branches to head:두부 기관지) 출처: <http://www.extension.org>

2.4 신경기관

뇌, 식도하신경절, 신경절은 A8-A10 각 마디에 결합 형성되어있다(사진 64).

2.5 순환기관

심장은 A9부터 T2에 걸쳐(몸의 뒤쪽에서 앞쪽을 향해 흐른다) 11개 심실이 있으며, 끝이 열린 짧은 대혈관 10쌍과 배, 등 횡경막이 있다. 4,5,6의 등편절, 횡격막 속 표면은 격렬한 파행선으로 보인다(J,D and B,D Yakes, 2011)(사진 65).

2.6 지방체

지방체는 크림양 흰색으로 애벌레의 몸 안 공간의 대부분을 채우고 있다. 지방체는 더 많은 배설물을 저장할 수 있는 요세포로 구성된다(사진 59).

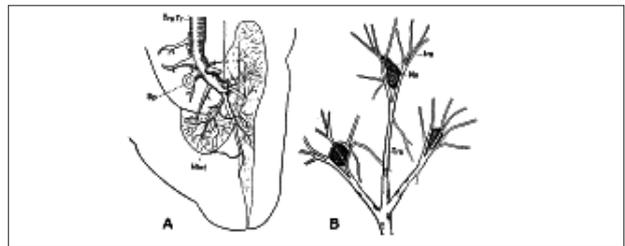


사진 63. 기관의 후부. A: TrTr(tracheal trunk: 숨관기둥), Sp(spiracle:숨구멍), HInt(hind intestine:후장), B: Nu(nucleus:신경핵), Tra(trachea:기관지), tra(tracheoles:모세기관). 출처: <http://www.extension.org>

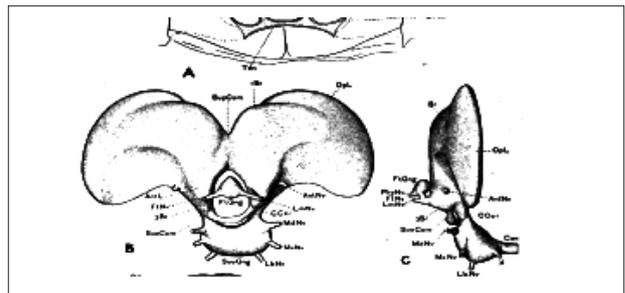


사진 64. 애벌레의 형태. B: SupCom(Supraoesophageal commissure:식도상연합), 1Br(Protocerebral lobes:전대뇌엽),OpL(Optic lobe:시엽), FGng(Frontal ganglion:이마신경절), AntL(Antennal lobe:더듬이엽), FinV(Frontal nerve:이마신경),3Br(Tritocerebral lobes:제3대뇌엽), SoeCom(Suboesophageal commissure:식도하연합), SoeGng(Suboesophageal ganglion:식도하생신경절), AntN(Antennal nerve:더듬이신경), LmN(Labrotrochial nerve:윗입술전방신경), CCer(Crura cerebri:대뇌각다리), MnV(Mandibular nerve:큰턱신경), MxN(Maxillary nerve:작은턱신경), LbN(Labial nerve:이렛입술신경) C: Br(Brain:뇌), PhN(Pharyngeal nerve:인두신경), Con(Connective of ventral nerve cord:배신경대 연결선), X(Nerve designated as 'X' by Jonescu:) 출처: <http://www.extension.org>

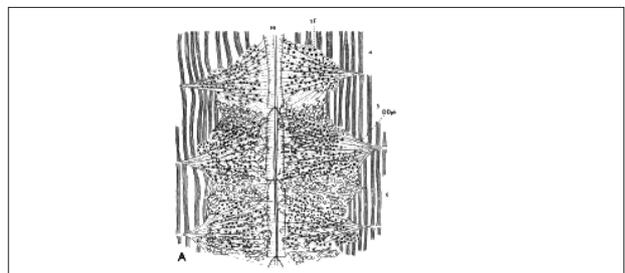


사진 65. 꿀벌 애벌레의 소화기관 등횡격막과 심장. DDph(dorsal diaphragm:등횡격막), 3F(fat cells:지방세포)3-6, HIt(heart:심장) 출처: <http://www.extension.org>

2.7 실샘

실샘은 긴 코일 구조이다. 실샘은 아랫입술에 접한 방적 돌기에서 외부로 나와 있다(사진 59).

2.8 생식기와 난소

여왕벌과 일벌의 애벌레는 난소를 가지고 있다. 여왕벌의 난소는 일벌의 난소보다 크다. 수벌에 있는 생식기는 여왕벌의 난소보다 크며 A4-A6사이에 위치한다(J,A,Nelson, 2010).

IV. 꿀벌의 생리

1. 꿀벌의 발육생리

꿀벌은 알·애벌레·번데기·자란벌로 완전변태 곤충이다. 여왕벌, 일벌, 수벌로 구분되며 형태와 발육기간도 조금씩 다르다(표 1).

표 1. 일벌과 여왕벌 애벌레의 발육단계와 생체중의 변화

일령(일)		체중(mg)		발육단계(일령)		탈피(회)	
산란 후	부화 후	일벌	여왕벌	일벌	여왕벌	일벌	여왕벌
1				알	알		
2		0.10	0.12				
3	0					부화	부화
3.5	0.5			1	1		
4	1	1.02	0.37			1	1
4.5	1.5	1.36		2	2		
5	2	7.20	2.23			2	2
5.5	2.5	17.48	4.40	3	3		
6	3	25.22	13.98			3	3
6.5	3.5	63.46	25.20	4	4		
7	4	94.69	74.93			4	4
7.5	4.5	115.15	208.90				
8	5	158.30	253.74	5	5		
8.5	5.5						
9	6	155.0	186.13				
9.5	6.6				전용		
10	7	141.65	283.61	전용			
10.5	7.5						용화
11	8	137.17					
11.5	8.5				번데기	용화	
12	9	133.15					
12.5	9.5						
13							
14				번데기			
15							우화
16					자란벌		
17							
18							
19							
20							
21						우화	
22				자란벌			

출처 : Dietz 등, 1979

1.1 알

타원형의 알은 암컷의 경우 길이가 1.3~1.8mm으로 등쪽은 오목하고 배 쪽은 볼록하다. 머리 부분의 끝 쪽은 배 끝 쪽보다 더 두꺼워 쉽게 구별이 된다.

알속에서 배자가 발생하는 기간은 평균 3일 정도이다. 배자가 완성되면 알 껍질이 녹으면서 애벌레가 태어난다.

1.2 애벌레

애벌레는 약 1일마다 한번 씩 모두 4회 탈피하여 성숙한 애벌레가 된다. 이 시기는 빠른 성장을 하기 위해 몸 외부에 별다른 구조를 갖고 있지 않으며 단순한 구기와 거대한 소화기관만을 갖고 있다.

배설은 소화기관 중 중장과 배설기관이 아직 연결되어 있지 않아 소량의 배설물은 소화기관내에 보관하고 있다가 섭식활동이 끝나고 고치를 짓기 시작할 때 처음으로 일시에 한다.

실질적인 성장은 전체의 40% 이상이 애벌레 5일령 시기에 이루어지며 먹이 공급이 중단되면 벌똥개(봉개)한다. 이속에서 실샘(자란벌이 되면 가슴침샘으로 발전)에서 수일간 고치실을 분비하여 고치를 짓는다.

1.3 번데기

고치 속에 있는 번데기시기에 자란벌의 조직이 모두 만들어지며 우화하게 된다. 자란벌 표피층이 단단해질 때까지 수 시간 동안 있다가 큰 턱으로 벌똥개의 밀랍을 물어뜯어 구멍을 내고 밖으로 나온다.

방을 나온(출방)후에도 반나절 내지 하루 동안은 거의 활동을 하지 않고 몸 표피층이 단단해질 때까지 기다린다.

일벌들은 우화 후 자란벌의 조직, 특히 분비샘과 지방체 성숙에 8~10일 정도 필요하며 이때 다량의 단백질이 필수적으로 요구된다.

일벌의 경우 우화 후 5일 경 최대량의 꽃가루를 소비하게 되는데 이 기간 동안 질소 함량은 머리에 98%, 복부에 76%, 가슴에 37%가 증가한다(부, 1997).

1.4 자란벌

수정란이 일벌과 여왕벌로 성장, 분화하게 된다. 유전 조성은 거의 같지만 형태적, 생리적, 행동적, 생태적인 면에서 약 53가지 형질에서 큰 차이를 보인다(표 2).

표 2. 일벌과 여왕벌의 주요 특징 비교

특징	일벌	여왕벌
더듬이의 표면적비	2	1
더듬이 당 화학감각기수	2,400	1,600
겹눈의 날눈수	4,000-6,300	3,900-4,920
뇌의 더듬이 조절 중심 크기	크다	적다
뇌의 행동 조절 중심 크기	크다	적다
먹이(샘)의 크기	크다	흔적

큰턱샘 크기	크다	매우 크다
밀랍샘 유무	있다	없다
냄새샘 유무	있다	없다
난소 크기	적다	매우 크다
난소 당 난소소관 수	2-12	150-180
수정낭 크기	적거나 흔적	크다
독침의 화살 발달 정도	강하다	미세하다
독침의 축 모양	곧 바르다	굴곡지다
큰턱의 각 유무	없다	있다

출처 : Mathews와 Matthews, 1978(한국양봉협회보, 1997)

2. 꿀벌의 영양생리

일반 곤충의 영양성분으로는 탄수화물(포도당 · 과당 등 단당류) · 단백질(아미노산) · 지방(지방산 · 글리세롤 · 스테롤 등) · 무기염류(Mineral : K+, Na+, Ca++, Fe++, Cl- 등) · 비타민류 · 물 등이 필요하다.

이들 영양성분의 요구는 곤충의 종류에 따라 차이가 있을 뿐 아니라 애벌레 또는 자란벌에 따라 다르고 여왕벌과 수벌에 따라서도 다르다(최, 1993).

2.1 자란(성충)벌의 영양생리

자란벌의 주요 영양물질은 탄수화물 · 단백질 · 지방 · 무기염류 · 비타민류 · 물로 대별할 수 있다.

중장에서 소화와 흡수가 일어나고 배설은 말피기씨관과 직장을 통해 일어난다.

2.1.1 탄수화물

탄수화물은 세포막, 연결조직 및 표피(Cuticle) 등의 조직 구성성분, · 핵산 성분으로 활용되기도 하지만 자란벌에서 주로 비상활동과 월동시 체온 유지를 위한 에너지원으로 활용된다.

꿀벌의 혈액 당함량은 일벌 2.6%, 여왕벌 0.3-1.7%, 수벌 1.2%이며, 주로 포도당 · 과당 · 트레할로스(Trehalos)의 형태로 존재한다.

당 함량은 일벌과 여왕벌에서 큰 차이를 보인다(표 3).

표 3. 꿀벌의 혈액내 당 종류와 함량 (mg/100ml)

꿀 벌	일 벌	여왕벌	수벌
포도당	600~3,200	500~860	
과당	200~1,600	220~800	
트레할로스	600~1,200	560~1,200	
당 전체함량(%)	2.6	0.3-1.7	1.2

출처: 한국양봉협회보, 1998a

다른 곤충들은 탄수화물과 지방을 에너지원으로 이용하기도 하지만 꿀벌은 에너지원을 탄수화물에서만 얻기 때문에 설탕형태로 탄수화물을 필수적으로 공급해 줘야 한다.

일벌의 혈당 함량이 1% 미만으로 낮아지면 날지 못하며 0.5% 이하에서는 운동 능력을 상실한다.

탄수화물 중에는 일벌들이 이용할 수 있는 것이 있고 이용할 수 없는 것이 있으며 때로는 유독한 것이 있다(표 4).

표 4. 탄수화물의 종류와 일벌의 이용여부

이용여부	탄수화물의 종류
이용가능	과당(Fructose), 포도당(Glucose), 설탕(Sucrose, Sugar), 맥아당(Maltose), 호정(Dextrin), 아라비노스(Arabinose), 크실로스(Xylose), 갈락토스(Galactose), 만니톨(Mannitol), 솔비톨(Sorbitol), 트레할로스(Trehalose), 멜레지토스(Melezitose), 라피노스(Raffinose), 알파메틸글루코사이드(α -methylglucoside)
이용불능	에리스리톨(Erythritol), 덜시톨(Dulcitol), 이노시톨(Inositol), 람노스(Ramnos), 소르보스(Sorbose), 멜리비오스(Melibiose)
유 독	포르모스(Formos), 만노스(Mannose)

출처: Haydak, 1970

2.1.2 단백질

단백질은 필수영양물질이며 아미노산으로 가수분해 되어 흡수 이용되고 필요한 단백질은 다시 합성한다.

자연계에 약 20여종의 아미노산이 존재한다. 이 중에 10여종의 아미노산은 체내에서 합성이 불가능하므로 먹이를 통해 공급되어야 한다.

단백질은 자란벌의 근육이나 조직의 발달에 필요할 뿐만 아니라 왕유분비에 필요하다.

일벌이 출방 후 1~2시간에 소량의 꽃가루를 먹기 시작하여 42~52시간에는 대량을 먹으며 5일에는 최대의 꽃가루를 섭취하다가 8~10일에 이르면 꽃가루 소비량이 다시 감소하기 시작한다. 일벌의 꽃가루 소비량은 마리당 120~140mg 이다.

꿀벌의 필수 아미노산의 종류와 최저요구량 및 단백질원의 아미노산 함량은 표 5과 같다.

표 5. 꿀벌의 필수아미노산과 단백질원의 아미노산 함량

(조단백질, %)

필수아미노산	최저요구량	꽃가루	카제인	콩가루
아르기닌(Arginine)	3.0	5.7	3.4	7.7
히스티딘(Histidine)	1.5	2.4	2.7	2.3
라이신(Lysine)	3.0	6.4	6.9	6.6

트리프토판(Tryptophan)	1.0	1.3	1.2	1.5
페닐알라닌(Phenylalanine)	2.5	3.9	4.8	5.1
메치오닌(Methionine)	1.5	1.8	2.8	1.4
스레오닌(Threonine)	3.0	4.0	3.9	3.9
라이신(Leucine)	4.5	4.0	8.7	8.0
아이소라이신(Isoleucine)	4.0	6.7	5.7	5.3
발린(Valine)	4.0	5.7	6.6	5.3

출처 : Gojmerac, 1980

2.1.3 지방

꿀벌의 지방은 꽃가루를 통해서 공급되는데 에너지원보다는 세포막 등 조직 구성 성분으로 중요하다.

특히 체내에서 합성이 어려운 불포화지방산(리놀레인산(Linoleic acid) 등)이 필수적으로 필요하다.

2.1.4 비타민

비타민류는 꿀벌의 여러 가지 대사 작용의 촉매와 조효소의 역할로서 중요하다.

꽃꿀이나 꽃가루는 여러 가지 수용성 비타민을 함유하고 있어 꿀벌은 필요로 하는 비타민 B 복합체와 비타민 C를 얻어 이용한다.

2.1.5 무기질(Mineral)

무기질(칼슘(Ca), 인(P), 철분(Fe), 칼륨(K), 나트륨(Na), 마그네슘(Mg), 망간(Mn), 구리(Cu), 아연(Zn) 등)은 꿀벌의 삼투압조절, 세포기능의 조절, 각종 효소의 조효소적 역할, 신경이나 근육세포의 전기 자극적 역할을 하므로 반드시 필요한 영양성분이다.

무기질은 종류 또는 함량에 따라 꿀벌에 이롭기도 해롭기도 하므로 모든 무기질이 많다고 해서 좋은 것은 아니다.

2.2 애벌레(유충)의 영양생리

애벌레의 영양생리는 자란(성충)벌의 영양생리와 비슷한 점도 있지만 특이한 점도 많다.

2.2.1 탄수화물

탄수화물은 조직 성분과 에너지원으로 필요하며 스테롤(Sterols)은 조직성분과 탈피호르몬의 전구물질로 반드시 필요하다.

일벌의 애벌레와 번데기의 글리코겐(Glycogen), 지방, 질소 함량에는 차이가 있다. 글리코겐과 지방은 애벌레는 자라면서 증가하고 번데기는 감소하며, 질소는 반대로 애벌레가 자라면서 감소하나 번데기에서 증가한다(표 6).

표 6. 일벌 애벌레와 번데기의 성분

구분	일령	생체중(mg)	건물중(mg)	글리코겐(%)	지방(%)	질소(%)
애벌레	1	-	22.9	-	-	-
	2	-	-	2.5	1.5	2.9
	3	-	17.8	-	-	9
	4	-	-	5.6	-	9
	5	-	20.0	-	3.6	1.5
	6	-	-	6.6	-	-
번데기	1	147-176	23.0	6.2	4.1	1.2
	3-4	142	22.0	5.2	3.7	1.6
	7	123	19.2	3.0	2.8	1.7
	12	113	15.2	0.5	1.5	1.7
	13	111	14.8	0.5	0.9	2.0

출처:Florkin Jeuniaux, 1974

2.2.2 단백질

모든 단백질은 꽃가루를 통해서 공급받으며 애벌레의 발육에 절대적으로 필요하다. 공급된 단백질은 가수분해를 통해 흡수, 이용된다.

애벌레의 혈액 중 아미노산의 함량은 표 7과 같다.

표 7. 애벌레의 혈액중 아미노산의 함량

아미노산	함량(mg/100g)
알라닌(Alanine)	58
아스파틱산(Aspartic acid)	32-33
글라이신(Glycine)	72-84
아이소라이신(Isoleucine)	20-24
라이신(Lysine)	74-104
페닐알라닌(Phenylalanine)	8-12
스레오닌(Threonine)	27-49
발린(Valine)	58-59
아르기닌(Arginine)	50-74
글루타민(Glutamine)	308-347
히스티딘(Histidine)	17-30
라이신(Leucine)	25-30
메치오닌(Methionine)	19-23
프롤린(Proline)	368-418
타이로신(Tyrosine)	3

출처:Wigglesworth, 1972

2.2.3 기타 영양성분

지방산, 핵산, 무기질, 비타민류, 물, 콜린(Choline), 이노시톨(Inositol) 등을 필요로 한다(최, 1993).

3. 꿀벌의 분비 페로몬(Pheromone)

외분비샘에서 합성, 체외로 분비하여 종내 개체간의 통신에 활용되는 화합물을 페로몬(Pheromone)이라 한다. 사용 목적에 따라서 성페로몬, 경보페로몬, 집합페로몬 등으로 세분화되기도 한다. 이러한 페로몬 화합물들은 다른 개체의 생리나 행동에 영향을 미친다.

외분비샘은 일벌과 여왕벌에서 잘 발달되어 있다. 외분비샘의 일부는 먹이, 효소, 침, 밀랍, 독소 등을 분비하기도 하지만 대부분은 복부에 위치하는 외분비샘들이 분비하여 교미, 경보, 방어, 방향제시, 동료인식, 벌통 내 꿀벌 계급간의 활동 조절 등 실질적인 통신에 관여한다(표 8).

꿀벌 세계에서 가장 잘 발달된 통신방법은 화합물을 이용하는 화학적인 통신이다(부, 1998b).

표 8. 꿀벌들의 페로몬의 화학구조

페로몬	분비샘	화합물	기능
일벌이 분비하는 Nasonov 경보 페로몬	Nasonov샘	Geraniol, Geranic acid, Nerol, Nerolic acid, E-citral, Z-citrol (E,E)-farnesol,	· 방향잡기 (먹이원 표지, 벌통입구표지) · 살림날 벌무리 유인 · 정보와 방어, 먹이원기피 · 경보와 방어
	큰턱샘	2-heptanone	
여왕벌이 분비하는 페로몬	Koschenikov샘	Isopentyl acetate, 2-nonanol, N-butyl acetate, N-hexyl acetate, Benzyl acetate, Isopentyl alcohol, N-octyl acetate, (Z)-11-eicosin-1-ol	· 여왕 사육 억제, 일벌의 난소발육억제, 수벌유인, 일벌집단 형성, Nasonov 페로몬 방출 자극, 여왕인식, 일벌의 밖일 자극
	큰턱샘	① 9-oxo-(E)-decenoic acid(9-ODA) ② 9-hydroxy-(E)-decenoic acid(9-HDA) ③ methyl p-hydroxybezoate(HOB) ④ 4-hydroxy-3-methoxy phenylethanol(HVA)	

출처 : 한국양봉협회보, 1998(부, 2998b)

3.1 큰턱샘의 분비 페로몬

3.1.1 일벌

벌통 내에서 애벌레들을 돌보는 어린 일벌들은 큰턱샘에서 먹이 주성분인 지방산 외에도 주로 항생작용과 저장 꽃가루 등의 발아를 억제하는 10-hydroxy-(E)-decenoic acid(10HDA)를 분비하며 나이가 들어 밖일벌이 되면 2-heptanone(2-HP)을 합성 분비한다.

청색 치즈 냄새가 나는 2-HP는 약한 경보신호로도 이용되지만 농도에 따라서 일벌들을 유인(벌통 입구에 저농도로 표지) 또는 배척(이용가치가 없는 꽃 등의 먹이원을 고농도로 표지) 하거나 방어용, 항균물질로 활용된다.

3.1.2 여왕벌

큰턱샘에서 분비되는 ① 9-oxo-(E)-decenoic acid(9-ODA) ② 9-hydroxy-(E)-decenoic acid(9-HDA) ③ methyl p-hydroxybezoate(HOB) ④ 4-hydroxy-3-methoxy phenylethanol(HVA) 네가지 화합물은 여왕큰턱샘페로몬(QMP)을형성하여 다양한 기능을 나타낸다.

1) 일벌의 난소 발육과 여왕 사육을 억제한다. 2) 일벌들로 하여금 여왕을 돌보게 하도록 한다. 3) 더 많은 일벌들을 살림나기(분봉)에 집단으로 유인하고 살림나기에 모인 일벌들을 안정화 시키는데 관여하고 살림난 집단의 이동시에도 작용한다. 4) 여왕물질이라 불리는 9-ODA는 강력한 성페로몬으로 수벌들을 유인하는데 이용된다.

3.1.3 수벌

큰턱샘에서 페로몬을 분비한다. 비행중인 다른 수벌들이 교미 집결 장소에 모이도록 하는데 이용하며 아직 화학구조는 밝혀지지 않았다.

3.2 Nasonov샘의 분비 페로몬

Nasonov 샘(냄새샘이라고도 한다)은 일벌의 6-7쪽 복부마디 사이 위쪽에 위치한다. 꽃 냄새 비슷한 일벌의 특징적인 냄새를 포함하여 다양한 화합물을 분비한다.

가장 많은 함량을 보이는 성분은 Geraniol 이며, 유인력이 좋은 화합물은 Geraniol과 그 산화물인 E-citral이다.

이 외에도 Nerol과 그 산화물인 Neral(Z-citrol), (E,E)-farnesol, geranic acid 등이 있다.

이 화합물들은 벌통 입구는 물론 먹이나 물을 표지하는데 이용되고, 살림나기에 참여하는 일벌들을 안정시키며(9-ODA 가 섞이면 그 효율이 더 높다) 새로운 벌집/벌통으로 유인하는데 관여한다.

밖일 작업이 왕성한 시기의 일벌들에서 이 페로몬 화합물의 농도가 높다.

3.3 Koschenikov샘 분비 페로몬

일벌과 여왕벌의 침 부근에서 볼 수 있는 분비샘이다. 방어용이나 다른 여왕벌을 공격하는데 유인하는 Isopentyl(isoamyl) acetate(IPA), 2-nonyl acetate, 2-nonanol, 9-octadecen-1-ol, Isopentyl alcohol, N-octyl acetate, (Z)-11-eicosin-1-ol 등 40여종의 화합물을 분비한다. 이 중에서 활성이 가장 높은 화합물은 IPA,

2-nonyl acetate, (Z)-11-eicosin-1-ol 등이다.

3.4 기타

아직 화학구조가 밝혀지지 않은 페로몬들이 많다.

3.4.1 등판샘(Tergite gland) 분비 페로몬

어린 여왕벌 복부 제 4~6마디 등쪽에 있는 등판샘(Tergite gland)에서 분비되는 페로몬은 일벌들에게 여왕이라는 것을 알리고 일벌들의 난소발육과 여왕집 형성을 억제한다. 또 수벌도 유인하는데 원거리(60m 또는 그 이상의 거리)에서 효력이 있는 큰턱샘 페로몬에 비해 근거리(30m 정도)에서 작용하고 수벌의 교미행동도 자극한다.

3.4.2 발끝마디(부절)샘(Tarsal gland) 분비 페로몬

일벌다리 끝(발끝마디)에 있는 발끝마디샘(Tarsal gland)에서 나오는 페로몬(길잡이 페로몬(Trail pheromone)이라고도 한다)은 벌통 입구와 꽃가루가 수집되는 꽃 등을 표시하는데 이용된다.

여왕벌의 발끝마디샘 페로몬은 벌집에 직접 분비하여 효과를 나타내는데 벌통 내 꿀벌수가 너무 많으면 여왕벌 활동이 매우 제한되게 되어 결국 새로운 왕집을 만들게 한다.

3.4.3 O-aminoaceto pheromone

우화한지 하루가 지난 여왕벌은 O-aminoaceto 페로몬(일벌기피 페로몬이라고도 한다) 및 다른 화합물들을 소화관 마지막 부위인 직장에서 배설하는 형식으로 분비한다. 이 화합물에 접한 일벌들이나 다른 여왕벌은 이 새로운 여왕벌을 공격하지 않고 일벌들은 여왕벌 주변에서 물리나 자신의 몸을 청소한다.

3.4.4 Brood pheromone

일벌 애벌레와 번데기들은 일벌의 행동에 영향을 미치는 Brood pheromone을 분비한다. 만약 여왕벌이 없는 꿀벌 무리에 이 페로몬 중의 한가지인 억제페로몬(Inhibitory pheromone)이 방출되면 일벌 애벌레와 번데기의 난소 발육이 억제된다. 또한, 이 Brood pheromone의 일부는 일벌들이 애벌레와 번데기들은 물론 심지어 번데기들이 나이를 인식하는데 활용된다.

일벌들은 Glyceryl-1,2-dioleate-3-palmitate로 수벌

번데기를 인지한다.

3.4.5 Foraging stimulating pheromone

꽃가루와 꿀을 수집하는 일벌들의 활동을 자극하는 벌일 자극페로몬이다(부, 1998b).

4. 꿀벌의 월동생리

꿀벌은 월동 기간 동안 겨울잠(冬眠)을 자는 것이 아니고 일벌들은 벌통 안에서 벌몽치(봉구)를 형성하고 열을 발생하여 벌몽치의 내부 중심 온도가 항상 32℃ 정도로 유지되도록 한다. 여왕벌은 그 안에서 산란을 계속한다.

꿀벌은 변온동물이다. 외계 온도가 14℃이하가 되면 외부 활동을 중지하나, 벌통 안에서 벌몽치를 형성하고 날개 근육을 계속 움직여 벌무리의 증식에 필요한 열량을 발생시킨다.☺

참고 문헌

- 최승윤. 1993. 양봉 · 꿀벌과 벌통. 오성출판사, 109-287.
- Extension. 2009. Thorax of the honey bee. <http://www.extension.org/pages/21756/thorax-of-the-honey-bee>.
- U of A. 2011. Beekeeping-apiculture in Arkansas anatomy of a worker honey bee. http://www.aragriculture.org/insects/bees/anatomy_honeybee.htm.
- R.E.Snodgrass. 2010. Illustrations from anatomy of the honey bee. <http://www.extension.org/pages/26467/illustrations-from-anatomy-of-the-honey-bee-by-re-snodgrass>.
- Cyberbee.net. 2001. Honey bee anatomy. <http://www.cyberbee.net/biology/ch3/head>.
- 오석환. 2010. 꿀벌의 감각기관. 한국양봉협회보, 351, 38-41.
- Insects.tamu.edu. 2011. Internal Anatomy of Honey Bees. http://insects.tamu.edu/continuing_ed/bee_biology/lectures/password/Internal_Anatomy_of_Honey_Bees_PN.pdf
- Tsujuchi S, Sivan-Loukianova E, Eberl DF, Kitagawa Y, Kadowaki T. 2007. Dynamic range compression in the honey bee auditory system toward waggle dance sounds. Plos one, 2(2), 1-10.
- J.A.Nelson. 2010. Illustrations from morphology of the honey bee larva. <http://www.extension.org/pages/26466/illustrations-from-morphology-of-the-honey-bee-larva-by-ja-nelson>.
- J.D and B.D Yakes. 2011. <http://modulenotes.files.wordpress.com/2011/01/module-5-study-notes.pdf>
- 부경생. 1997. 꿀벌의 생리(1). 한국양봉협회보, 207, 4-5.
- 부경생. 1998a. 꿀벌의 생리(2). 한국양봉협회보, 208, 4-5.
- 부경생. 1998b. 꿀벌의 생리(完). 한국양봉협회보, 209, 4-5.