

# 꿀벌의 생리 完

서울대학교 농업생명과학대학 교수 부 경 생

〈전호에 계속〉 꿀벌들 상호간에 청각과 시각을 통한 정보교류도 있는데 여기에 들어가는 통신 중 가장 전형적인 예가 화밀원을 찾는 일벌이 벌통에 돌아와서 동료들에게 그 위치에 대한 거리와 방향 정보를 알려주는 소위 8자춤이다. 그러나 꿀벌세계에서 가장 잘 발달된 통신방법은 화합물을 이용하는 화학통신이다.

화학통신의 경우 화밀의 종류를 알려주거나 다른 먹이 등을 찾아가는데 식물의 냄새를 이용하기도 하지만 동료들 간에는 자신들이 직접 분비하는 화합물들을 더 광범위하게 사용한다. 이와같이 자신들의 외부비샘에서 합성, 체외로 분비하여 종내 개체간의 통신에 활용되는 화합물을 페로몬(pheromone)이라 하며 사용목적에 따라서 성페로몬, 경보페로몬, 집합페로몬 등으로 세분되기도 한다. 이런 페로몬 화합물들은 다른 개체의 생리나 행동에 영향미치게 된다.

외분비샘은 꿀벌과 같은 사회생활을 하는 곤충들에서 많이 발견되는데 특히 일벌과 여왕벌에서 잘 발달되어 있다(그림 1). 물론 이런 외분비샘 중 일부는 먹이, 효소, 침, 왁스, 독소들을 분비하기도 하지만 여기에서는 대부분 복부에 위치하는 외분비샘들이 분비하여 교미, 경보, 방어, 방향제시, 동료인식, 통내 꿀벌계급간의 활동 조절 등 실질적인 통신에 관련되는 페로몬성분들과 그 영향에 대해서만 고찰하고자 하는데 이들 중 화합물 구조가 확인된 종류 일

부를 표 8에 요약하였다.  
**3-1. 큰턱샘의 분비페로몬**

벌통내에서 애벌레들을 돌보는 어린 일벌들은 큰턱샘에서 먹이주 성분인 지방산들 외에도 주로 항생작용과 저장화분등의 발아를 억제하는 10-hydroxy-(E)-decanoic acid (10-HDA)를 분비하며 나이가 들어 외역봉이 되면 2-heptanone (2-HP)을 합성, 분비한다. 청색치즈냄새나는 2-HP는 약한 경보신호로도 이용되지만 농도에 따라서 일벌들을 유인(꿀벌통 입구에 저농도로 표지) 또는 배척하는데(이용가치가 없는 꽃 등의 먹이원을 고농도로 표지) 또는 방어용이나 항균물질로 활용된다.

한편 여왕의 큰턱샘에서 분비되는 네가지 화합물인 9-keto-(E)-decanoic acid (9-ODA), 9-hydroxy-(E)-decanoic acid (9-HDA), methyl p-hydroxybenzoate (HOB), 4-hydroxy-3-methoxy phenylethanol (HVA) (표 8)들은 여왕큰턱샘페로몬(QMP)을 형성하는데 이들은 여러 가지 다양한 기능을 나타낸다. 즉 이 QMP는 1) 일벌의 난소 발육과 여왕사육을 억제하고 (여왕복의 복부에서 나오는 추가성분이 더 필요한 것 같다), 2) 일벌들로 하여금 여왕을 들보게 하도록

한다. 또한 3) 더 많은 일벌들을 분봉하여 나가는 집단으로 유인하고 거기에 모인 일벌들을 안정화시키는 데도 관여하고 분봉집단의 이동시에도 작용한다. 이 화합물 등 중 특히 4)여왕물질이라고 불리는 9-ODA는 강력한 성페로몬으로 수벌들을 유인하는데 이용된다. 서양종 꿀벌은 물론 동양종들도 같은 화합물을 성페로몬으로 사용하는데 따라서 이 꿀벌들이 같이 서식하는 동남아시아에서는 잡종이 발생하지 않는 기작에 대하여 관심이 많다. 이들 종들의 수컷 생식기 구조에 차이가 있어 교미가 잘 되지도 않지만 이들이 교미하는 시간대도 달라 다른 종들의 여왕과 수벌들이 같이 만나는 것이 쉽지 않은 것으로 판명되었다. 즉 네가지 동양종 꿀벌들이 같

은 장소에 서식하고 있는 태국에서 1992년 2월에 관찰한 기록을 보면 Apis andreniformis여왕은 오후 12.15시에서 13.45시 까지, A. florea여왕은 오후 14.00시에서 16.45시 까지, A. cerana여왕은 오후 15.15시에서 17.30시 까지, A. dorsata여왕은 오후 18.15시에서 18.45시 까지 주로 교미비행하는 것으로 발견되었다.

수벌들도 이 큰턱샘에서 페로몬을 분비, 비행 중인 다른 수벌들이 그들의 교미집결장소에 모이도록 하는데 아직 화학구조는 밝혀지지 않았다.

### 3-2 Nasonov샘의 분비페로몬

Nasonov샘은 일벌의 6-7쪽 복부 마디 사이 위쪽에 위치하면서 꽃 냄새 비슷한 일벌의 특징적인 냄새 화합물들을 분비하여 일벌 냄새

샘이라고도 칭한다. 여기에서 탐지되는 화합물종류는 다양한데 가장 높은 함량을 보이는 성분은 geraniol(장미기름에서도 발견되며 향수성분의 한가지임)이지만 유인력이 좋은 화합물들은 geraniol과 그 산화물인 E-citral(geranial) 및 nerolic acid들인데 그 중에서도 특히 활성이 가장 높은 화합물이 가장 소량으로 들어있는 E-citral이다. 이들 외에도 nerol(역시 장미냄새나)과 그 산화물인 neral(Z-citral), (E,E)-farnesol, geranic acid들이 발견된다 (citral화합물들은 레몬 또는 오렌지냄새냄). 이 화합물들은 벌통의 입구는 물론 먹이나 물을 표지하는데 이용되고, 분봉에 참여하는 일벌들을 안정시키고(9-ODA가 섞이면 그 효율이 더 높다) 그들을 새로운 벌집/벌통으로 유인하는데도 관여하는데 외역작업이 왕성한 시기의 일벌들에서 이 페로몬화합물들의 농도가 높다.

일본에 서식하고 있는 동양종 꿀벌(Apis cerana japonica)(일벌수벌, 여왕 모두 및 분봉군도)들이 동양란(Cymbidium floribundum) 꽃(흰색과 적색 계통 모두)에 잘 유

표7-1. 아미노산, 무기염, 비타민 용액들의 조성표

조 성	출발용액	농도(μg/g)		조 성	출발용액	농도(μg/g)	
		1일	3일			1일	3일
이미노산용액p	/4.6ml			비타민 용액 I	/500mgg		
roline	110mg	1.12	0.97	thiamine.HCl	36mg	4.5	3.9
lysine	80mg	0.82	0.71	pyridoxine.HCl	11mg	13.7	11
leucine	40mg	0.41	0.35	biotin	7.4mg	1.0	0.86
isoleucine	40mg	0.41	0.35	folic acid	8.0mg	1.0	0.86
serine	66mg	0.68	0.58	carnitine	7.0mg	0.44	0.38
tryptophane	22mg	0.23	0.19	비타민 용액 II	/50ml		
무기염용액 I	/250mlH <sub>2</sub> O			flavin	3.5mg	4.4	3.8
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	8.8 g	600	515	mononucleotide			
KCl	8.6 g	1,071	921	flavin adenine	6.0mg	7.5	6.5
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	2.94g	132	104	dinucleotide			
무기염용액 II	/250mlH <sub>2</sub> O			ascorbic acid	80mg	8.2	7.1
NaCl	2.50 g	234	202	비타민 용액 III	/25ml		
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	7.00 g	162	139	choline chloride	1,800mg	1,719	1,480
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0.11 g	6.6	5.7	acetyl choline	200mg	189	162
Fe citrate	0.25 g	10.0	8.6	chloride			
MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0.065g	4.3	3.7	Ca pantothenate	300mg	283	243
Zn acetate	0.232g	40	34	nicotinamide	107mg	100	86
스테롤	/500mlH <sub>2</sub> O			cyanocobalamine	1.5mg	1.4	1.2
β-sitosterol	200mg			meso-inositol	107mg	100	86
cholesterol	50 mg			비타민 A/E용액	/10ml		
				vitamine A	2.2mg	2.3	1.9
				acetate			
				α-tocopherol	12.5mg		
				acetate		12.8	11.0

표7. 꿀벌유충의 인공사료(Shuel과 Dixon, 1986)

성 분	량	성 분	량
불용성 단백질	350mg	Gluconic acid(40%)	0.09ml
가용성 단백질	650mg	포도당·과당	500mg
아미노산 용액	0.46ml	설탕	500mg
무기염 용액 I	0.66ml	스테롤	2ml
무기염 용액 II	0.66ml	10-HDA	130mg
비타민 용액 I	0.61ml	글리코겐	46mg
비타민 용액 II	0.61ml	비타민 A/E용액	100μl
비타민 용액 III	0.23ml	ATP	22mg

\* 이 인공사료의 기본농도는 25%로 사육1일째에 공급하고 2일과 3일째에는 포도당과 과당 등량혼합액을 첨가하여 전체 사료농도를 27%와 30%로 높여 공급하였다. 여기에 사용된 여러 가지 용액들의 조성은 다음 표 7-1에 있다.

97년 신개발품 보다 간편하고 다양한 기능

저수량조절 실용신안원 974693의 2건  
 의장등록원 974537  
**자 동 사 양 기**

- ◎제래식 광식사양기와 격리판에 부착하여 간편하게 사용할 수 있다.
- ◎경사각도에 따라 저수량을 조절 강·약군의 먹이를 군세에 따라 공급할 수 있습니다.
- ◎로얄제리·화분·중봉 생산농가에 고소득을 향상시켜줍니다.

※특히 본제품을 초봄·무밀기·가을월동군 번식에 활용하시면 획기적인 성과를 얻을 수 있습니다.

판매가 4,000원

부품제작 및 금형수정으로 인해 판매가격이 '98. 1. 1부터 인상되오니 양지하시기 바랍니다.

**야 생 양 봉 원**

광주광역시 서구 화정1동 176-2. TEL (062)362-3400 · 3401

세계 품질경쟁시대 국제특허출원품PCT/KR97/00255

**최신자동먹이통**

주문생산

- ★본 제품은 12년간의 사용 경험으로 하나의 큰 통에 물이나 먹이를 넣어주면 벌 수십군에서 수백군까지 각각의 군세에 따라 먹이가 자동 조절되며
- ★벌통을 열지않고 밖에서 벌먹이 상태를 확인하고 점검할 수 있으며
- ★먹이통이 벌통 내부의 공간을 차지하지 않으면서도 이동이나 월동시에 때고, 다시 설치하는 불편함 없이
- ★관리자와 꿀벌에게 편하고 실용적으로 만들었습니다.

최신벌통 및 각종먹이통 다수 국제출원품

수출업체 봉봉원 대표 장봉환

☎(032)561-5802 인천광역시 서구 시천동 3-8

표 8. 화학구조가 밝혀진 꿀벌들의 페로몬 성분들

페로몬	분비샘	화합물	기능
일벌이 분비하는 Nasonov 정보페로몬	Nasonov샘 큰턱샘 Koschenikov샘	geraniol, nerolic acid, nerol geranic acid, (E)-citral, (Z)-citral, (E,E)farnesol, 2-heptanone isopentyl acetate, 2-nonanol, N-butyl acetate, N-hexyl acetate, benzyl acetate, isopentyl alcohol, N-octyl acetate, (Z)-11-eicosen-1-ol	• 방향잡기 (먹이원 표지, 벌통입구표지) • 분봉군 유인 • 경보와 방어, 먹이원기피 • 경보와 방어
여왕이 분비하는 여왕물질	큰턱샘	9-keto-(E)-decenoic acid 9-hydroxy-(E)-decenoic acid methyl p-hydroxybenzoate 4-hydroxy-3-methoxy-phenylethanol	• 여왕사육억제, 일벌의 난소발육억제, 수벌유인, 일벌집단형성, Nasonov페로몬 방출 자극, 여왕인식, 일벌외역 자극

인되는데 이는 이 난이 동양종 꿀벌 자신의 Nasonov페로몬과 같은 화합물인 linalool, linalool oxide, 지방산들 및 큰턱샘페로몬 성분들인 3-hydroxyoctanoic acid, 2-heptanone들을 방출하는 것으로 밝혀졌다. 이 화합물 종류는 서양종 꿀벌의 Nasonov샘이나 큰턱샘에서 나오는 종류와 대부분 다르며 따라서 서양종꿀벌들은 이 난초꽃에 유인되지 않는다. 그러나 두종의 침샘분비물 종류는 비슷하였다(S. Matsuyama와 H. Sasagawa, 1997. 개인통신).

**3-3. Koschenikov샘 분비페로몬**

일벌과 여왕벌의 침부근에서 볼 수 있는 분비샘으로 여기서 분비되는 화합물은 방어용이나 다른 여왕을 공격하는데 유인하는 isopentenyloisomyl) acetate (IPA), 2-octen-1-yl acetate, 2-nonyl acetate

(lavender라는 식물냄새나), 2-nonanol, 9-octadecen-1-ol, isoamyl alcohol (Z)-11-eicosen-1-ol 등 40여 종이 탐지되는데 이들 중 활성이 가장 높은 화합물은 바나나기름냄새 나는 IPA, jasmin과 같은 꽃냄새 나는 2-nonaol 및 (Z)-11-eicosen-1-ol 등이다. 정보신호로서의 IPA 활성은 2-HP보다 20-70배 더 높으며 특히 일벌들 외부 여왕을 발견하면 IPA를 분비하면서 공격한다.

**3-4. 기타**

이들 외에도 아직 화학구조가 밝혀지지 않은 페로몬들이 많다. 예를 들면 어린 여왕벌 복부 제 4-6마디 등쪽에 있는 등면샘(tergite gland)에서 분비되는 페로몬은 일벌들에게 여왕이라는 것을 광고하고 일벌들의 난소발육과 여왕대 형성을 억제한다. 여왕의 큰턱샘을 실험적으로 제거하는 경우

에도 이 등면샘 페로몬만 있으면 일벌들은 이 여왕을 받아들인다. 이 등면샘페로몬은 수벌도 유인하는데 원거리(60m 또는 그 이상의 거리)에서 효력있는 큰턱샘페로몬에 비해 근거리(30cm 정도)에서 작용하고 수벌의 교미행동도 자극한다.

또한 일벌다리 끝(부절)에 있는 부절샘(tarsal gland)에서 나오는 페로몬은 벌통입구와 화분이 수집되는 꽃 등을 표지하는데 이용되어 길잡이페로몬(trail pheromone)이라고도 하는데 Nasonov샘분비물과 같이 활용되는 것 같다. 한편 같은 종류의 여왕 분비샘 산물은 왕대 형성을 억제하는데 이 경우 역시 큰턱샘페로몬과 함께 작용한다. 여왕의 부절샘페로몬은 벌집에 직접 분비하여 효과를 내는데 벌통 내 꿀벌수가 너무 많으면 여왕의

활동이 매우 제한되게 되어 결국 새로운 왕대를 만들게 된다. 우화한지 만 하루가 지난 여왕은 포도범새가 나는 O-aminoacetophenone 및 다른 화합물들을소화한 마지막부위인 직장에서 배설하는 형식으로 분비하는데 이 화합물 냄새에 접하는 일벌들이나 다른 여왕은 이 새로운 여왕을 공격하지 않게되고 일벌들은 여왕주변에서 물러나 자신의 몸을 청소하는 행동을 보여준다. 이들을 일벌기피페로몬(worker repellent pheromone)이라 한다.

반면에 일벌 애벌레와 번데기들은 일벌의 행동에 영향미치는 소위 "brood pheromones"을 분비한다. 만약 여왕이 없는 꿀벌집단에 이 페로몬들 중의 한가지인 억제페로몬(inhibitory pheromone)이 방출되거나 일벌 애벌레와 번데기들이 있으면 일벌들의 난소발육이 억제된다. 즉 여왕은 물론 일벌들의 애벌레와 번데기들이 있을 때 일벌의 난소발육은 최대로 억제되고 여왕만 있고 애벌레, 번데기들이 있을 때는 약간 억제되며 여왕만 있고 일벌들의 애벌레와 번데기들이 없으면 큰 영향을 받지 않는다. 실질적으로 일벌들의 난소발육을 억제하는데는 여왕보다도 일벌들의 애벌레와 번데기들이 더 큰 영향을 미친다는 얘기이다. 또한 이 brood pheromones의 일부는 일벌들이 애벌레와 번데기들은 물론 심지어 번데기들의 나이를 인식하는데도 활용되는데(brood-recognition pheromone). 일벌들은 glyceryl-1,2-

dioleate-3-palmitate (올리브기름에도 존재)로 수벌번데기를 인지하는 것으로 확인되었다. brood pheromone 중 세 번째는 화분과 화밀을 수집하는 일벌들의 활동을 자극하는 외역자극페로몬(foraging stimulating pheromone)이다. 이 세가지 기능을 보이는 화합물들은 휘발성이 없어 접촉으로 인지되는 것으로 관찰되었는데 이 세가지 영향이 한가지 화합물에 기인하는지 아니면 다른 화합물들을 활용하는지는 아직 확실치 않다.

**3-5. 페로몬의 활용 가능성**

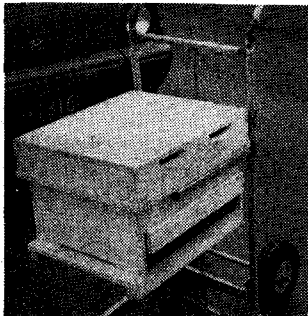
이런 다양한 페로몬들은 여러 가지 목적으로 활용될 수 있다. 첫째 꿀벌들의 여러 가지 행동들 - 새로운 여왕 키우기와 교미활동, 일벌들의 난소발육, 일벌들의 외역활동, 식물들의 수분활동을 위한 일벌들의 유인, 분봉군의 유인, 일벌들의 공격적 행동 - 을 우리가 원하는 방향으로 조절할 수 있을 것이다. 둘째 합성Nasonov페로몬을 잘 이용하면 식물의 수분활동과 일벌들의 집단형성을 효율적으로 할 수 있게 될 것이다. 이 경우 9-ODA를 첨가하면 그 효율이 더 높아진다. 셋째 9-ODA는 여왕의 생식활동을 조절하고, 왕대형성과 분봉을 억제하는데 활용될 수 있을 것이며 마지막으로 2-HP, IPA, O-aminoacetophenone들을 잘 활용하면 효과적인 기피제를 개발할 수 있게 될 것이다. 이런 기피제는 작물에 살충제를 뿌리기 전에 활용하면 꿀벌들의 농약피해를 줄일 수 있을 것이다. <끝>

**양봉농가 여러분! 인력절감 길이 있습니다.**

오늘날 수입자유화로 우리나라 모든 농산물이 위협받고 있는데, 양봉산물이라고 예외는 아닙니다. 이제까지 우리나라의 양봉산업은 원로 선배님들의 양봉기술을 이어받아 전전적으로 자연에 의존해왔습니다. 그래서 해마다 반복되는 보파리장수식의 양봉사업으로는 수입품과 경쟁에서 살아남을수 없다고 생각합니다. 양봉농가 여러분. 우리가 앞으로 "밀원수를 조성하고 인력을 최소한 줄이는 원가절감과 품질향상에 최선을 다하는 방법"만이 이 어려움을 슬기롭게 극복할 수 있는 길이라고 생각합니다. 그래서 그중 한 방법으로 인력을 대폭 줄일수 있는 다음 세가지 제품을 소개합니다.

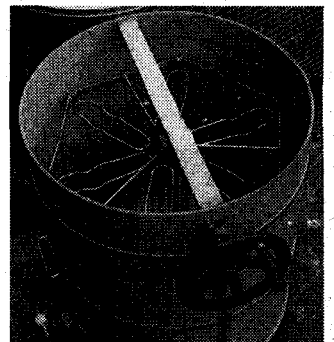
**◆벌통(단상·계상)운반용 손수레**

특징 : 이동시 부피를 줄이기 위해 다목적용으로 조립식으로 제작함 →



**◆다수확 자동전환식 채밀기**

- 특징 ①벌꿀 농도가 좋을수록 방사식 채밀기에 비해 20~40% 증수되며
- ②회전속도가 방사식의 1/3정도만 되어도 깨끗이 꿀을 채취할 수 있음
- ③손수레가 부착되어 이동채밀함으로 인력절감 효과는 60~70%
- ④수동식채밀기의 단점인 유충손실을 완전 보완함
- ⑤위생상 유해물질이 없도록 특수 PVC판과 스텐레스로 제작함



**◆종합벌통<왼쪽 손수레에 얹힌 벌통>**

- 특징 ①교미상 겸용 ②이동시 열받는 손실 막음
- ③분봉율을 줄일수 있다 ④간편한 월동포장으로 인력을 최소로 줄임

상주화전양봉원 경북 상주시 서성동 36-3. 윤 운영 문의전화 : 0582-535-5984, 34-9262

**시양적 급수작업이 단번에 끝나 시양노동력으로부터 예방되는**

**수위자동줄사양기** 실용신안등록 제096017호의 11건

하나의 시양탱크에 줄사양기가 들어있는 전 봉군을 호스로 연결하고 한번 시양 밸브를 열면 줄사양기는 수위감지 부지가 있어 각군마다 자동으로 사양과 사양량이 조절된다.

97신제품의 성능 : ■특허등록이 된 줄사양기는 기존 제품의 단점을 완전히 보완하여 노즐 막힘이 없고 사양은 더욱 빠르며, 사양액 넘침이 전혀 없고 견고하여 수명이 반 영구적이다. ■사양실빠짐 방지막 부착으로 빠져죽는 벌이 없다.

좋은 점 : ■기존보다 몇 배에 이상의 일손 절감과 이른 봄부터 늦가을까지 군세와 관계 없이 적은 량부터 많은 량까지 각군마다 사양관리할 수 있으므로 번식·화분·제리 생산에 엄청난 경제적인 이득을 주는 사양기다. ■설치와 이동이 간편하고 누구든지 사양할 수 있다.

- 취급품목 : ■수위자동줄사양기 ■수위자동줄급수기
- 수위자동평면사양기 ■사양필터

**태원산업 대표 노태원**

☎ 678-850 경남 합천군 청덕면 두곡리 443번지  
☎ (0599) 33-9548, FAX ; (0599) 33-9548  
우체국온라인 : 610667-0005227 농협온라인 : 843092-56-005836

**신개발품 터널평면 줄사양기**

더욱 간편하고 편리해진 터널평면 줄사양기는 소광대 위 또는 소광하대 밑에 자유자재로 사용할 수 있다. 특히 적은 량에서 차단됨으로 급수도하고 사양도 할 수 있다.

실용신안등록원 제6571호의 3건의 장 등록 제6097호의 13건

**【장점】**

- 터널평면줄사양기는 완전 분해조립식으로 4방 출입구가 있어 하루의 사양량은 70cc부터 2되이상 갖고갈수 있다.
- 기온이 낮은 철에 사양급수시 빠져죽는 벌이 없으며 벌출입 발판밑으로 통로가 나있어 수십년 사용해도 봉교나 밀랍으로 헛집다는 일이 없다.
- 6개월간 시험 끝에 단점을 완전 보완하여 벌생리에 맞게 제작됨. 특히 급수시에는 중앙에 설치함으로 급수가 정확하여 외부급수는 필요없게 됐으며, 급수하고 나서 24시간 지난후 사양하면 사양도 하고 급수도 할수 있다.

**신아밀병원 ☎ (0564) 734-3973**

경북 영덕군 영덕읍 덕곡리 264-3. 김 동 순 배상  
온라인 : 우체국 700385-0000982 농협 715010-52-000420