

짚시알 강충좀벌(벌목:강충좀벌과)의 기주수락행동에 영향을 미치는 매미나방의 카이로몬

Gypsy moth kairomones affecting host acceptance behavior of the egg parasitoids *Ooencyrtus kuvanae* (Hymenoptera:Encyrtidae)

이해풍¹ · 부경생² · 김수연³ · 이기상¹

Hai-poong LEE¹, K.S. BOO², S.O. KIM³ and K.S. LEE¹

ABSTRACT Olfactometer was used to find the attractiveness of kairomone extracted from gypsy moth (*Lymantria dispar*) to the egg parasitoid (*Ooencyrtus kuvanae*). The attractiveness of kairomone extracted from scales and hairs which were attached to the surface of the eggs were higher than that of whole eggs with 79.9% and 67.6% respectively. The probing latency of the egg parasitoid on the extract of scales and hairs were 115.5 sec. and that of whole eggs were 113.2 sec. Eggs taken from egg mass were shown 91.0% of attractiveness to the egg parasitoid, however only 15% of egg parasitoid were attracted by follicles dissected from the host ovary. The probing latency of egg mass was faster than that of follicles dissected from the host with 84.2 sec. and 114.0 sec. respectively. Egg parasitoid showed the most active attractiveness (88.0%), relatively longer examining period (89.2 sec.) and shorter probing latency (26.8 sec.) to the adhesive materials secreted from reproductive accessory glands of the host. Out of six organic solvents used for the extraction of kairomone from the host egg mass, n-hexane fraction received the most active response from the egg parasitoid and the parasitoid reared in vivo showed 3 times higher attractiveness to the n-hexane fraction than that of in vitro.

KEY WORDS *Ooencyrtus kuvanae*, *Lymantria dispar*, Kairomone, Host egg mass, Reproductive accessory glands, n-hexane fraction

초 록 매미나방(*Lymantria dispar*)에서 추출된 카이로몬을 이용하여 난기생천적인 짚시알강충좀벌(*Ooencyrtus kuvanae*)에 대한 유인성을 olfactometer로 측정하였다. 매미나방알의 인편과 털에서 추출한 카이로몬은 79.9%의 유인성을 나타내어 알에서 추출한 카이로몬의 67.6%보다 높은 유인력을 나타내었다. 짚시알강충좀벌의 탐색시간은 인편과 털의 추출물에서 115.5초 인편과 털을 제거하지 않은 알에서 113.2초로 유사하였다. 정상적으로 산란된 기주알에 대해서는 91.0%가 유인되어서 난소에서 적출한 미성숙알의 15%보다 크게 높았으며 탐침까지의 시간은 84.2초로 난소에서 적출한 알의 114.0초보다 짧았다. 생식부속샘에서 분비되는 점착물질은 88%로서 가장 높은 반응을 보였고, 탐색시간은 89.2초, 최초탐침시간은 26.8초를 나타냈다. 6종류의 유기용매를 사용하여 추출한 카이로몬을 대상으로 짚시알강충좀벌의 유인도를 조사한결과 n-hexane의 추출물에서 가장활발한 반응을 나타냈으며 자연난에서 우화한 것이 인공난에서 우화한것보다 3배이상 높은 반응을 보였다.

검색어 짚시알강충좀벌, *Ooencyrtus kuvanae*, 매미나방, *Lymantria dispar*, 카이로몬, 생식부속샘내용물, n-hexane fraction

자연 생태계에서 해충들의 여러 사망 요인들 중 가장 중요한 것은 기생천적의 기능에서 찾을 수 있으므로 보다 경제적이며 안전하고 영구적인 천적 곤충을

찾아내고 이들의 생물학적 연구와 함께 인공적 증식으로 피해지에 방사하여 그 효과를 거두는 사례들이 보고되고 있다(Li 1992, Lenteren 1981). 천적곤충들

¹동국대학교 생명자원 과학대학 응용생물학과(Department of Applied Biology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea)

²서울대학교 농업생명과학대학 농생물학과(Department of Agricultural Biology College of Agriculture & life Science, Seoul National University)

³서울대학교 농업생명과학대학 농화학과(Department of Agro-chemistry, College of Agriculture & life Science, Seoul National University)

은 대부분 기주를 찾아가고 식별하는데 특정 화학 물질을 이용하는 것으로 알려져 있으며(Vet and Dicke 1992), 개체간의 통신과 의사 소통은 물론 그들의 생존과 자손의 증식을 위하여 종마다 독특한 통신 물질을 분비하고 인지하며 그에 따라서 행동한다(Vinson, 1984). 특히 다른 종의 개체간에 이용되는 물질 중 수신자에게 유리한 물질을 카이로몬이라고 하는데 기생성 또는 포식성 곤충이 기주곤충을 찾아가고 식별하는데 이 카이로몬이 이용되는 경우가 많다(Lewis et al. 1976).

기생벌은 알, 유충, 번데기에 기생하는 종류로 나눌 수 있는데 알벌과(Trichogrammatidae)에 속하는 종들이 많이 알려져 있다. 벼, 목화, 옥수수 같은 작물 해충과 솔나방 같은 산림 해충들의 방제 수단으로 이들의 인공 증식이 연구되어져 왔고(Li 1992, Ko & Sung 1994), 국내에서도 몇몇 농작물을 가해하는 해충들에서 이들의 기생률이 높은 것으로(39~78%) 알려져 있다(Li 1992, Ko & Sung 1994). 알기생벌들이 기주를 찾고 식별하는데 이용되는 카이로몬은 일반적으로 숙주 암컷의 성페로몬, 암컷 성충의 인편 및 털, 알의 표면에 부착된 물질, 기주곤충이 가해하는 식물에서 방출되는 화학성분들이라고 알려져 있다(Lewis et al. 1972, Jones et al. 1973, Strand & Vinson, 1982, Nordlund et al. 1983).

짚시알깡충좀벌(*Ooencyrtus kuvanae*)은 다양한 나방류의 알에 기생하며 특히 매미나방알에서 쉽게 발견되고 그 피해가 큰 북미 지역에서는 생물적 방제수단으로 크게 주목받고 있는 기생벌이다(Schaefer et al. 1988). 이들의 기주범위는 카이로몬의 존재와 우화할 때 기주로부터 처음 감지하는 카이로몬의 각인작용에 따라서는 인위적으로 변경이 가능한 것으로 알려져 있어 이들의 이용 가능성이 암시되고 있다. 즉 인위적으로 카이로몬을 주요 해충에 처리하여 기생을 유도하고 이러한 방법으로 새로운 기주대상으로 만들 수도 있게 되는 것이며, 또 카이로몬을 이용하여 기생 천적 벌들의 기생률을 제한된 지역 내에서 높이는 효과를 기대할 수 있게 된다. 카이로몬이 기주를 선택하고 수락 행동을 자극시키며 이것을 적절히 조정하여 기생 효율을 증대시킨 결과들이 알좀벌과에 속하는 *Trichogramma pretisum*에 대해 보고된 바 있고, 수중 다리좀벌류인 *Brachymeria intermedia*의 경우는 번데기 hexane추출물의 유인효과도 확인된 바 있다(Carde & Lee, 1989).

카이로몬과 관련하여 기생벌이 기주를 탐색하고 산란하기까지의 기주수락 행동의 연속적 과정을 분석하는 연구들도 보고되고 있는데 *B. intermedia*의 경우 전 과정이 도식화되었고(Tucker & Leonard, 1977, Lee et al. 1989) *Campoleptis sonorensis*에 대하여도 일부 이러한 과정들이 알려져 있다(Schmid 1974).

따라서 본 연구는 여러가지 나방류의 알에 기생하는 짚시알깡충좀벌을 대상으로 대표적 기주종인 매미나방(*Lymentria dispar*)의 다양한 카이로몬 근원 물질들이 산란 행동에 미치는 영향을 조사 비교하고 그 각각을 화학적으로 추출하여 카이로몬의 활성도를 비교하려고 착수되었다. 또한 자연기주를 이용한 기생벌(*in vivo*)과 인공알을 이용하여 증식시킨 기생 벌(*in vitro*)들의 카이로몬에 대한 유인 효과를 비교하여 인공 증식한 기생벌의 기주 탐색 능력을 조사하여 짚시알깡충좀벌의 생물적 방제 수단으로 이용하기 위한 기초정보를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용되었던 짚시알깡충좀벌은 매미나방의 알과 인공알을 기주로 사용하여 누대사육한 것들이었다. 매미나방은 경기도 남양주군 조안면 진중리 주변 운길산에서 채집한 것을 인공 사료(Bell et al. 1981)로 실험실에서 누대사육하고 산란된 난괴를 먹이로 사용하였다. 기생된 매미나방 난괴는 사육실(26°C, 70%RH, 16L:8D)에 보관하여 기생봉이 우화하도록 하였다. 우화한 깡충좀벌들은 매 6시간마다 분리하고 암, 수 성별로 각각 따로 보관하였고 10% 벌꿀을 먹이로 공급하였다.

인공알은 알의 모양과 같은 반구형의 형태를 폴리프로필렌 필름으로 덮어 만들고 그 각각의 반구형에 계란난황을 주재료로 한 인공알 내용물을 채우고 멸균하여 주머니형(Bag-form)으로 만들어 산란을 유도하였다(Lee & Lee 1995). 각각의 인공난 크기는 직경이 3 mm인 반원형이고 직경 2 cm, 폭 5 cm의 주머니형마다 12개의 인공난이 만들어졌다. 산란을 유도하기 위하여는 직경 4 cm, 깊이 10 cm의 투명 플라스틱 관병에 인공난과 교미한 깡충좀벌성충 암컷을 함께 보관하면서 산란케 하였다. 이렇게 인위적으로 산란을 유도하고 기생시킨 주머니형 인공난은 사육실에 보관하면서 발생시키고 우화하는 깡충좀벌은 매미나방 난괴에서와 같은 방법으로 분리 보관하였다.

카이로몬 근원 물질과 기주수락행동

매미 나방의 난괴를 탐색하고 적합한 대상의 기주알에 산란케하는 카이로몬으로 역할하는 근원 물질을 조사하기 위하여 난괴에 덮여 있는 인편들과 털들을 분리하였다. 같은 방법으로 인편이나 털을 완전히 제거한 매미 나방의 알과 교미하지 않은 암컷의 복부에서 취한 털과 인편, 그리고 털과 인편을 제거하지 않은 알을 각각 준비하였으며 이것들을 직경 6 cm의 플라스틱 페트리디쉬 중앙에 넣고 우화 후 1~2일된 암컷으로 산란 경험이 있는 짚시알깡충좀벌 1마리를 각각 주입한 후 5분간 관찰하면서 처음 접근하여 머무르는 시간과 탐침행동을 시작하는 시간을 기록하였다.

매미나방알에 포함되어 있는 카이로몬 근원 물질을 추적하기 위하여, 산란된 직후의 알, 암컷의 산란관에서 적출한 산란직전 및 난소소관에서 생식부속샘의 분비구를 지나지 않은 알 등 세가지 다른 조건의 알들을 준비하였다. 이것들은 우화한지 5일된 암컷 매미나방의 복부에서 인편을 제거하고 해부현미경아래서 고정시킨후 복부를 절개한 후 생리식염수(0.8% saline solution)를 첨가하며 적출하였다. 적출한 내용물들은 증류수로 세척한 후 재료로 사용하였다. 이들 각각의 알에 대해서도 앞의 방법과 같은 방법으로 탐색 시간과 첫번 탐침까지의 시간을 각각 측정하였다. 모든 시험들은 각각 20회 반복으로 5분간씩 계속되었으며 매회 알좀벌은 같은 조건의 새로운 개체로 바꾸어 실시하였다.

산란관 주변 부속 기관들의 내용 물질들이 카이로몬 근원 물질로서의 역할 가능성을 조사하기 위하여 매미나방 암컷의 복부를 해부하고 수정낭(spermatheca), 생식부속샘(reproductive accessory gland), 그리고 수란관에 있는 알을 적출 하였다. 이들의 주추출물질들을 각각 1 mm 직경의 여과지나 유리구슬 표면에 발라 실온에서 건조한 후 앞의 방법과 같이 탐색 및 탐침행동까지의 시간을 각각 측정하였다.

카이로몬 추출과 기주수락행동

카이로몬의 추출은 매미 나방의 난괴를 hexane, acetone, methylene chloride, ether, methanol, ethanol, 증류수 등에 1시간과 24시간 동안 침적시킨 후 여과하고 추출액은 다시 질소 가스를 이용하여 100 eggs equivalent/10 μ l 농도가 되도록 농축시켰다. 이렇게 농축된 추출물들은 여과지(Whatman 2)에 1 μ l씩 흡수시키고 여과지를 다시 건조시켜 용매를 완전 제거

한 후에 직경 9 cm의 플라스틱 페트리디쉬에 넣은 후 깡충좀벌 암컷성충 1마리씩 넣고 반응을 기록하였다. 또한 이같은 추출물들은 1 mm 직경의 유리구슬 표면에 한개의 알 추출액과 같은 농도로 처리하고 그 반응을 5분간씩 새로운 재료와 깡충좀벌로 조사 기록하였다.

Olfactometer 장치

매미 나방의 알과 대량증식을 위해 인공알에 사용된 2계통의 깡충좀벌들이 매미나방 난괴와 hexane에 의한 추출물에 대하여 어느 정도 유인 효과를 보이는지 알아보기 위하여 유리관과 유리방으로 구성된 olfactometer를 사용하였다(Fig. 1). 모든 실험은 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 70%로 유지되는 실험실내에서 실시하였으며 조명은 olfactometer 중심부로 부터 4 m 높이에 60 W 형광등과 2 m 높이에 100 W 백열등으로 하였고 60 cm 높이의 나무판으로 실험장치 주변을 막아 측면으로 부터의 밝기를 같게하였다. 형태와 규모는 Cardé & Lee(1989)가 사용했던 것과 같게 하였으며 중앙부 용기에는 산란경험이 한번 있는 20마리의 깡충좀벌을 넣고 4방향의 연결관 끝 중 2개에는 1개의 매미 나방 난괴와 hexane 추출물을 처리한 여과지를 보관하고 처리하지 않은 여과지만 넣은 다른 2개의 방에 15분 동안에 각각 유인되는 개체 수를 비교하였다. 실험이 끝날 때마다 모든 유리 기구들은 중성세제와 물로 깨끗하게 세척하고 건조시켜 다시 사용하였다.

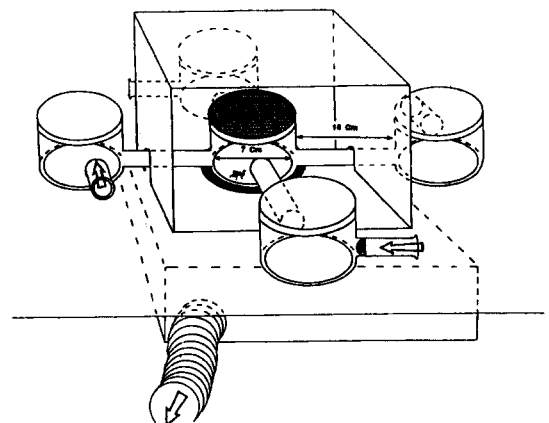


Fig. 1. Bioassay device used to monitor *O. kuvanae* female walking upwind to either Gypsy moth eggs or Kairomone extract.

결과 및 고찰

카이로몬 근원 물질 ; 기주곤충 복부의 인편과 털

매미 나방 난괴를 덮고 있는 매미 나방 암컷의 인편들이나 털들이 짚시알깡충좀벌의 기주수락행동 유발에 미치는 반응을 비교한 결과 1회 산란 경험이 있는 1~2일 된 깡충좀벌 암컷의 긍정적 반응은 인편과 털만을 제거한 알과 이들을 제거하지 않은 알에 대하여 비교적 높게 나타났으며 둘간에 별다른 차이가 없었다 (Table 1). 한편 인편과 털을 제거한 알, 교미하지 않은 암컷의 복부로부터 채취한 인편과 털에 대하여는 비교적 낮은 비율의 반응을 보였다.

이같은 반응의 결과는 산란중에 분비되고 접촉성이 있는 생식부속생의 내용물은 물론 난괴를 덮고있는 인편과 털들 자체도 뚜렷하게 카이로몬의 역할을 하는 물질과 물리적 특성을 포함 하고 있다고 할 수 있겠다. 이같은 사실은 이미 다양한 종들의 기주-기생 곤충간 상호작용에 대한 연구들에서 보고되었다(Lewis et al. 1972, Strand & Vinson 1982, Noldus & Lenteren 1985). 인편과 털을 제거한 알이나 또 번데기에서 우화한 직후의 성충으로 성페로몬을 분비하지 않고 교미하지 않은 매미나방 암컷의 복부에서 채취한 인편과 털들에 대해서는 상대적으로 약간 낮은 반응을 보였는데 이같은 결과는 기주곤충 암컷의 성페로몬 분비가 종에 따라서 기생 천적 곤충에게는 먼거리에서도 기주를 탐색하게 하는 카이로몬의 역할을 할 수 있는 신호 물질이 된다는 보고들(Lewis et al. 1982, Noldus 1989)과 관련이 있는 것으로 판단되어 이 분야 연구가 더욱 필요하다고 생각되었다. 따라서 매미 나방알이 갖고 있는 카이로몬 물질과 더불어 기주 곤충 자체로의 인편, 털 그리고 교미한 직후 암컷이 포함하고 있을 성페로몬 물질이 복합적으로 기생 곤충인 깡충좀벌을 기주탐색 활동과 기주수락행동을 유발하는 것으로 해석되었다.

이들 각각에 대해 적극적 반응을 보였던 개체들이 기주수락행동의 앞단계로 머무르며 계속 탐색하는 시간(examing period)도 털과 인편만 있을 때와 이것들을 제거하지 않은 알에 대해 역시 비슷하게 기록되었고 교미하지 않은 암컷 매미나방 복부의 인편이나 털 그리고 이것들을 제거한 알에 대해서는 상대적으로 시간이 짧았다(Table 1). 털이나 인편들은 깡충좀벌들을 오랜 시간 머물러 탐색케하는 역할을 하고 결국 탐침행동(probing)과 산란으로 이어지게 하는 *T. evanescens* 와 같은 다른 기생 곤충들의 경우들(Lewis et al. 1972,

Noldus 1989)과 일치되며 교미전 암컷의 인편과 털에는 비교적 짧은 시간 머물러서 성페로몬의 유인 역할을 예측하게 하였다. 모두 포함한 알에는 짧은 기간 후에 바로 탐침행동으로 이어져서 인편과 털의 영향을 뚜렷하게 하였다. 이같은 경향은 비교적 큰기생벌로서 번데기에 기생하는 수중다리좀벌류의 경우에서 유사한 행동을 보고하였는데(Cardé & Lee 1989) 기주곤충의 번데기에 포함된 물질이 결정적으로 카이로몬 역할을 하며 다른 것들도 보조적으로 각각 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

기주알의 조건들

기주알 난괴가 갖고 있는 카이로몬의 근원을 조사하기 위한 실험 결과(Table 2) 새로이 산란한 알에 대하여는 매우 적극적인 반응을 보였으나 산란직전의 성숙란이나 난소 소관에서 적출한 미성숙란에 대해서는 거의 반응하지 않았다. 그러나 머물러 탐색하는 기간은 매우 비슷하여 산란관에서 적출한 성숙란에도 같은 기간 머물렀지만 난소 소관으로 부터 적출한 미성숙란에 대하여는 전혀 반응하지 않았다. 새로 산란된 알이나 산란 직전의 성숙한 알들은 형태가 원형이고 비교적 단단하여 털이나 인편이 있을 때보다는 짧은 기간 머무르며 탐색하다 탐침행동으로 이어지는 것을 확인하였다. 한편 최초의 탐침 행동을 시작하기까지의 시간은 산란된 알의 경우 더욱 짧아서 다른것들과 비교되었다. 이러한 결과는 산란 과정중 주변 부속기관들로

Table 1. Acceptance response of *Ooencyrtus kuvanae*¹ on several kairomone sources from the Gypsy moth egg mass

Kairomone sources	Positive Response (%)	Examining period (sec) (mean ± SD)
Hair and scale from egg mass	79.9	115.5 ± 21.7 a ²
Hair and scale from virgin female	60.0	76.4 ± 31.4 b
Only egg without hair and scale	58.3	60.6 ± 34.6 b
Egg with hair and scale	67.6	113.2 ± 40.4 a

¹One female insect kept on filter paper in plastic petri-dish (dia. 6 cm) with Kairomone sources (one egg equivalent) for five minutes.

²Numbers within same columns followed by the same letters are not significantly different at α=0.05 (Duncan's multiple-range test).

Table 2. Acceptance response of *O. kuvanae*¹ to Gypsy moth egg from different sources

Egg Condition	Positive Response (%)	Acceptance period (sec) (mean ± SD)	
		Examining	1st Probing
Newly deposited egg	91.0	31.4 ± 22.3 a	84.2 ± 23.9 a ²
Egg from oviducts	15.0	30.2 ± 4.3 a	114.0 ± 32.4 a
Egg from ovarioles	5.0	0	0

¹One female insect kept on filter paper in plastic petri-dish (dia. 6 cm) with three eggs per trial for five minutes.

²Numbers within same columns followed by the same letters are not significantly different at $\alpha=0.05$ (T test (Steel & Torrie, 1960))

부터의 분비물들이 탐침과 산란행동을 촉진시키는 것으로 생각할 수 있는데 *Cardiochils nigriceps* 같은 기생벌의 경우도 유사한 결과를 나타내는 것으로 보고된 바 있다(Strand & Vinson 1982).

부속샘의 분비물

산란된 기주알들을 서로 접촉시켜 난괴를 형성하고 털과 인편으로 덮게 하는 알 표면의 물질이 카이로몬 근원 물질이 되는 것으로 확인되어 산란관 주변에 있는 수정낭, 교미낭(Bursa Copulatrix) 및 생식부속샘들을 대상으로 강충좀벌의 반응을 비교하였다. 그 결과 (Table 3) 생식부속샘의 내용물에 대하여 제일 높게 반응하였고 이 내용물을 처리한 유리구슬에 대하여도 비교적 높게 반응하여 수정낭이나 교미낭의 내용물이나 산란관에서 적출한 알에 대한 매우 낮은 반응과 큰 차이를 보였다. 이같은 결과는 생식부속샘의 내용물이 산란되는 알들을 접촉시키는 역할뿐 아니라 강충좀벌에 대하여는 카이로몬의 역할도 하는 것으로 이해할 수 있었다.

적극적으로 반응을 보였던 개체들이 계속적으로 머물러 탐색하는 기간도 생식부속샘의 내용물이나 이 물질을 처리한 구슬에 대하여 다른 것들의 경우보다 길다는 것이 확인되었다(Table 3). 즉 다른 내용물보다 생식부속샘의 내용물은 강충좀벌을 머무르게 하고 탐침행동으로 이어지게 하는 것으로 판단되었는데 번데기에 기생하는 수중다리좀벌(Cardé & Lee, 1989)이나 *C. nigriceps*(Strand & Vinson, 1982)에서와 유사한 결과로 생각되었다. 보통 반응을 보이고 머무르면서 탐색을 하다 떠나버리는 경우들이 대부분이나 산란관을 뿔아 첫 번째 탐침이 시작되는 행동이 생식부속샘의

Table 3. Effective of reproductive organ contents on the acceptance response of *O. kuvanae*¹

Extract Source	Positive Response (%)	Acceptance response (sec) (mean ± SD)	
		Examining	1st Probing
Spermatheca	23	23.9 ± 4.9 a	68.4 ± 21.0 a ³
Bursa copulatrix	25	29.6 ± 3.3 a	66.1 ± 19.9 a
Accessory gland	88	89.2 ± 7.2 b	26.8 ± 17.9 b
Accessory gland A ²	58	51.3 ± 5.8 c	46.4 ± 16.9 bc
Undeposited egg from oviduct	24	28.1 ± 6.4 a	74.0 ± 13.3 a

¹One female insect kept on filter paper in plastic petri-dish (dia. 6 cm) which has small sample patch in center for five minutes.

²Accessory gland A is glass beads treated with gland content.

³Numbers within same columns followed by the same letters are not significantly different at $\alpha=0.05$ (Duncan's multiple-range test).

내용물과 이내용물로 처리된 유리구슬에서는 비교적 빨리 이루어져 다른 처리의 경우와는 뚜렷한 대조를 보였다. 대부분의 기생벌들이 기주를 찾아 탐색하고 적합한 기주임을 확인하기 위해 더듬이로 두들겨 보며 산란관을 뿔아 이곳 저곳 적합한 위치를 찾는 탐침행동으로 이어지다가 마지막으로 깊이 구멍을 뚫고 산란을 하는 행동들이 모두 프로그램화되어 있는 연속적 행동인 것으로 알려져 있으며(Tucker & Leonard 1977, Lee et al. 1989) 이러한 행동단계 중 탐침행동까지 유발시키는 물질들이 생식부속샘의 내용물에 포함된 것으로 생각되었다.

카이로몬의 추출

정상적으로 산란된 매미나방알을 다양한 유기 용매에 1시간 또는 24시간 각각 보관하여 세척하고 건조시켜 이것들에 대한 강충좀벌의 반응을 비교해 본 결과 (Table 4), 물에 비해 hexane, ether 등 모든 유기용매가 비교적 좋은 추출용매로 밝혀졌다. 즉 기주알에 있는 카이로몬 성분은 유기용매로 추출되는 지질성 화합물로 여겨지는데 수중다리좀벌의 경우에도 기주곤충의 번데기에서 카이로몬을 추출할 경우 hexane이 가장 좋은 추출 용매로 알려져있는 것(Strand & Vinson 1982, Cardé & Lee 1989)과 유사한 경향이라고 볼 수 있겠다. 그러나 적극적 반응을 보이는 것들의 지속적 탐색

Table 4. Acceptance response of *O. kuvanae*¹ to Gypsy moth egg extracts with different solvents

Solvents	Positive Response (%)	Acceptance period (sec) (mean ± SD)	
		Examining	1st Probing
Hexane	78.0	39.5 ± 10.0 b ²	59.3 ± 38.9 a ²
Acetone	78.0	35.0 ± 9.8 b	50.0 ± 15.2 a
Methylene Chloride	72.0	35.8 ± 15.4 b	60.1 ± 33.7 a
Ether	88.0	37.6 ± 7.9 b	67.0 ± 20.9 a
Methanol	82.0	31.2 ± 10.8 b	83.6 ± 12.6 b
Ethanol	80.0	34.2 ± 9.0 b	66.4 ± 14.2 a
H ₂ O	8.0	0	0

¹One female insect kept on filter paper in plastic petri-dish (dia. 6 cm) which has kairomone patch(one egg equivalent) for five minutes.

²Numbers within same columns followed by the same letters are not significantly different at α=0.05 (Duncan's multiple-range test).

행동시간이나 최초의 탐침행동 시작까지 시간은 각각 별다른 차이를 보이지 않아서 유기 용매로 알표면 물질들이 일부 용해된다 해도 탐색 행동에는 큰 차이가 없는 것으로 판단되었다. 한편 증류수는 카이로몬의 추출용매로서 크게 역할하지 않는 것으로 판단할 수 있어서 자연계에 노출되어 빗물에 씻겨도 기주곤충의 카이로몬 물질에는 안전한 것으로 생각되었다. *Brachymeria lasns*의 경우도 기주의 번데기에서 추출한 카이로몬이 C₃₅-C₄₀ 범위의 물질이며 *T. evanescens*는 tricosane(C₂₃)이 카이로몬으로 작용하는 것으로 보고되었다(Tucker & Leonard 1977).

카이로몬의 유인성

매미나방의 생식부속샘 내용물을 다양한 유기용매에 침적시켜 추출한 카이로몬으로 유리구슬에 각각 처리한 후 이것들에 대한 산란행동 반응을 비교한 결과 (Table 5) hexane, methanol, ethanol에서 각각 50%전후의 반응을 보였다. 적극적 반응을 보인 것들 중 제일 빨리 탐침반응을 나타낸 시간은 hexane으로 추출한 카이로몬의 경우로 처리하지 않은 유리구슬의 경우와 뚜렷한 대조를 나타내었다. 이같은 결과는 부속샘의 내용물질을 유리구슬에 직접 처리 했을 때 88%의 반응을 보였던 것(Table 3)과 같이 카이로몬으로서의 역할이 크며 유기 용매로 침적시켜 추출할 경우에는 용매의 종류에 따라 차이가 있는 것으로 생각된다. 최초 탐침행동을 보이는 시간도 처리하지 않은 유리구슬의 경

Table 5. Acceptance response of *O. kuvanae*¹ to glass beads coated with accessory gland of Gypsy moth with different solvents

Solvent used	Response (%)	Latencies of 1st probing (sec.)
Acetone	28	81.4 ± 27.8a ²
Hexane	58	75.0 ± 25.9b
Methylene Chloride	32	86.6 ± 43.3a
Ether	23	81.1 ± 39.5a
Methanol	43	80.1 ± 38.4a
Ethanoal	43	85.2 ± 21.5a
H ₂ O	20	110.8 ± 41.8c
Glass beads only	14	120.7 ± 21.5c

¹One female insect kept on filter paper in plastic petri-dish (dia. 6 cm) with one glass bead which coated by kairomone extract for five minutes.

²Numbers within same columns followed by the same letters are not significantly different at α=0.05 (Duncan's multiple-range test).

Table 6. Attraction of *O. kuvanae* females reared on Gypsy moth egg (*in vivo*) or artificial egg (*in vitro*) to Gypsy moth eggs mass or its extract in an olfactometer

Female parasitoids reared	Number (mean ± SD) ¹ of parasitoids attracted to	
	Egg mass	Egg mass extract
<i>in vitro</i>		
Teat	5.2 ± 1.4 a ²	4.2 ± 0.9 a ²
Control	3.2 ± 1.8 b	2.8 ± 1.2 b
<i>in vivo</i>		
Test	18.5 ± 2.4 a	15.3 ± 1.7 a
Control	2.8 ± 1.2 b	3.2 ± 1.5 b

¹Mean in the column followed by same better are not significant different at α=0.05 (LSD test (steel & Torrie 1960)).

²Each value is the mean number of wasps reaching the upwind chambers which had egg mass or egg mass extract within 15 minutes.

우는 120.7초로 가장 긴 시간 이어서 추출물들이 뚜렷하게 카이로몬으로 작용함을 확인케 하였다. 이러한 경향은 *B. lasns*나 *B. intermedia*의 경우, 기주번데기의 추출액이 같은 효과를 보였던 것과 유사한 것이다 (Carde & Lee 1989).

매미나방알에 포함되어 있는 카이로몬성 물질이 접촉에 의하지 않고 근거리에서 식별되는지를 알아보기 위해 소규모의 olfactometer(Fig. 1)를 수중다리좀벌의 연구(Carde & Lee 1989)에서와 같이 사용한 결과

(Table 6) 매미나방알을 기주로 사육한 깡충좀벌의 경우는 대조구보다 뚜렷하게 많은 개체가 유인된 결과를 보였고 인공알에서 사육한 깡충좀벌도 매미나방알을 기주로 한 것보다는 비교적 적은 개체수가 각각 유인되었지만 유사한 결과를 나타냈다. 이같은 유인효과의 차이는 인공기주의 경우 난각이나 내용물이 매미나방알의것과 다르므로 인공알에서 처음부화할 때 첫 번째 후각의 각인 차이에 따른 결과로 판단된다. 이같은 행동원인들은 앞으로 계속 연구해야 할 문제들이다.

지금껏 대부분 곤충에서 페로몬 같은 생리활성물질만이 휘발성으로 먼 거리까지 전달 전달되는 것으로 알려진 사실들을 고려할 때(Lewis *et al.* 1982, Noldus 1989) 다소의 새로운 정보라고 할 수 있겠으며 같은 형태의 실험 방법으로 조사한 수중다리좀벌의 연구(Carde & Lee, 1989)에서도 유사한 사실이 입증되었었다. 그러나 본연구에서 사용된 olfactometer는 실험곤충을 처음 보관하는 중앙의 방으로 부터 10 cm 거리에 카이로몬물질을 장치하여서 대단히 짧은 거리였음을 고려할때 자연계에서의 실질적 유인효과는 기주곤충의 성페로몬과 함께 규모를 확대하여 더욱 조사할 필요가 있다고 하겠다.

인용문헌

- Bell, R. A., C. D. Owens, M. Shapiro & J. R. Tardif.** 1981. Development of mass-rearing technology, pp. 599-633. In C. C. 애몰 & M. L. McManus [eds.], The gypsy moth: research toward integrated pest management. USDA Technical Bulletin 1584.
- Cardé, R. T. & H. P. Lee.** 1989. Effect of experience on the responses of the parasitoid *Brachymeria intermedia* (Hymenoptera: Chalcididae) to its host, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae), and to kairomone. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **82**: 653-657.
- Jo, K. J. and H. O. Sung.** 1994. Statistical yearbook of agriculture, forestry and fisheries. Korea. pp. 78-79, 94-95.
- Jones, R. L., Lewis, W. J., Beroza, M., Bierl, B. A., Sparks, A. N.** 1973. Host seeking stimulants (kairomones) for the egg-parasite *Trichogramma evanescens*. *Environ. Entomol.* **2**: 593-596.
- Lee, Hai-poong, J. H. Lee and K. S. Ko,** 1989. Effect of kairomones on host acceptance behavior of the oviposition behavior of parasitoid *Brachymeria lasus* Walker. *Kor. J. Entomol.* **19**: 247-254.
- Lee, Hai-poong and K. S. Lee,** 1995. Artificial rearing *in vitro* of *O. kuvanae* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae). *Kor. J. Entomol.* **25**: 127-132.
- Lenteren, J. C. van** 1981. Host discrimination by parasitoids 153-179 In *Semiochemicals; Their role on pest control* (Nodlund, D. A., R. L. Jones and W. J. Lewis, Eds) John Wiley & Sons 306pp.
- Lewis, W. J., Jones, R. L., Gross, H. R., Nordlund, D. A.** 1976. he role of kairomones and other behavioral chemicals in host finding by parasitic insects. *Behav. Biol.* **16**: 267-289.
- Lewis, W. J., Jones, R. L., Sparks, A. N.** 1972. A host seeking stimulant for the egg-parasite its source and a demonstration of *Trichogramma evanescens*: bora-tory and field activity. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **65**: 1087-1089.
- Lewis, W. J., Nordlund, D. A., Gueldner, R. C., Teal, P. E. A., Tumlinson, J. H.** 1982. Kairomones and their use for management of entomophagous insects. VIII. Kairomonal activity for *Trichogramma* spp. of abdominal tips, excretion, and a synthetic sex pheromone blend of *Heliothis zea* (Boddie) moths. *J. Chem. Ecol.* **8**: 1323-1331.
- Li, Li-ying** 1992. *in vitro* Rearing of parasitoids of insect pest in China, Korea. *J. Appl. Entomol.* **31**(3): 24-246.
- Noldus, L. P. J. J.** 1989. Semiochemicals, foraging behaviour and quality of entomophagous insects for biological control. *J. Appl. Entomol.* **108**: 425-451.
- Noldus, L. P. J. J. and Lenteren, J. C. van.** 1985. Kairomones for the egg parasite *Trichogramma evanescens* Westwood. II. Effect of contactchemicals produced by two of its hosts, *Pieris brassicae* L. and *Pieris rapae* L. *J. Chem. Ecol.* **11**: 793-800.
- Nordlund, D. A., Lewis, W. J., Gueldner, R. C.** 1983. Kairomones and their use for management of entomophagous insects. XIV. Response of *Telenomus remus* to abdominal tips of *Spodoptera frugiperda*, (Z)-9-tetradecene-1-ol acetate and (Z)-9-dodecenel-ol acetate. *J Chem. Ecol.* **9**: 695-701.
- Schaefer, P. W., K. Kanamitwu & H. P. Lee,** 1988. Egg parasitism in *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) in Japan and South Korea, *Kontyu*, **56**: 430-444
- Schmidt, G. T.** 1974. Host acceptance behavior of *Cam-poletis sonorensis* toward *Heliothis zea*. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **32**: 835-844.
- Steel, R. G. D. & J. H. Torrie.** 1960. Principles and

- procedures of statistics. McGraw-Hill, New York.
- Strand, M. R. and Vinson, S. B. 1982.** Behavioral response of the parasitoid *Cardiochiles nigriceps* to a kairomone. *Entomol. exp. appl.* **31**: 308-315.
- Tucker, J. E. & D. E. Leonard. 1977.** The role of kairomone in host recognition and host acceptance behavior of the parasite *Brachymeria intermedia*. *Environ. Entomol.* **6**: 527-531.
- Vet, L. E. M. and Dicke, M. 1992.** Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annu. Rev. Entomol.* **37**: 141-172.
- Vinson S. B. 1984.** Parasitoids-Host Relationship. 205-233 in *Chemical ecology of insects* (Bell, W. J. & R. T. Cardé, Eds.), Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, Massachusetts.

(1997년 1월 14일 접수)