

고구마 재배지에서 성페로몬에 의한 큰검정풍뎀이(*Holotrichia parallela* (Motschulsky) (Coleoptera: Scarabaeidae)) 유인 효과

최만영* · 백채훈 · 서홍렬 · 이건휘¹ · 김재덕 · Bernard D. Roitberg² · Gerhard Gries²

농촌진흥청 작물과학원 호남농업연구소 식물환경과, ¹농촌진흥청 작물과학원 영남농업연구소 식물환경과, ²Biological Sciences, Simon Fraser Univ. Burnaby, BC V5A186, Canada

Attractiveness of Sex Pheromone of the Large Black Chafer, *Holotrichia parallela* (Motschulsky) (Coleoptera : Scarabaeidae), in Potato Field

Man-Young Choi*, Chae-Hoon Paik, Hong-Yul Seo, Geon-Hwi Lee, Jae-Duk Kim, Bernard D. Roitberg and Gerhard Gries

Honam Agricultural Research Institute, Songhakhong 570-080, Iksan, Korea
¹Yeongnam Agricultural Research Institute, Naeidong 627-803, Milyang, Korea
²Biological Sciences, Simon Fraser Univ. Burnaby, BC V5A186, Canada

ABSTRACT : Sex pheromone blends of large black chafer, *Holotrichia parallela* (Motschulsky), which consist of a major component L-isoleucine methyl ester (LIME) and a minor component (R)-(-)-linalool, showed different attractiveness depending on the mixing ratios of the two components in potato fields in South Korea. The best ratio for *H. parallela* attraction was 2.5:1 of LIME and (R)-(-)-linalool. The attraction ability of pheromone traps baited with 2.5:1 ratio did not drop up to 14m, but significantly decreased at 21m from *H. parallela* release point. Korean population of *H. parallela* showed almost same periodical activity to sex pheromone with that reported in Japan, which showing a circadian periodicity of 48h cycle.

KEY WORDS : Sex pheromone blend, L-isoleucine methyl ester, (R)-(-)-linalool

초 록 : 고구마 큰검정풍뎀이 성페로몬 주성분인 L-isoleucine methyl ester (LIME)와 부성분인 (R)-(-)-linalool의 함량비가 2.5:1일 때 가장 큰 유인효과를 나타냈으며, 유인효과가 미치는 거리는 14 m와 21 m의 중간이었다. 한국에 발생하는 큰검정풍뎀이의 성페로몬에 대한 반응은 일본에 발생하는 큰검정풍뎀이와 마찬가지로 48시간 주기를 보이는 것으로 나타났다.

검색어 : 성페로몬, L-isoleucine methyl ester, (R)-(-)-linalool, 큰검정풍뎀이

고구마에는 풍뎀이류는 큰검정풍뎀이(*Holotrichia parallela*) 외에 참검정풍뎀이(*Holotrichia diomphalia*) 등 4~5종이 발생하지만 가장 큰 피해를 주는 주요 해충은

큰검정풍뎀이이다(Lee *et al.*, 2003). 큰검정풍뎀이와 참검정풍뎀이는 인삼 등 구근류 작물의 주요해충으로 (Cherry *et al.*, 1990), 두 종의 형태는 비슷하지만 생활사

*Corresponding author. E-mail: choimy@rda.go.kr

는 뚜렷이 달라 큰검정풍뎡이는 1년에 1회, 참검정풍뎡이는 2년에 1회 발생한다(Kim & Hyun, 1988). 피해율은 지역에 따라 평균 2~40%이고, 피해가 심한 경우는 80% 이상의 피해를 나타내기도 한다. 큰검정풍뎡이의 유충인 굼벵이가 토중에서 고구마의 괴근을 파먹으면 고구마의 상품가치가 크게 떨어진다. 큰검정풍뎡이는 6월 하순부터 8월 중순까지 우화하고, 7월 중순경에 가장 많이 발생하며, 성충은 땅속에 알을 낳는다. 유충은 3번 탈피한 후 번데기가 된다. 포장에서 1령충은 8월 상순에 2령 유충은 8월 하순에 가장 많이 발생하는 것으로 알려져 있다(Kim 1990). 고구마에서 큰검정풍뎡이는 토양 속에서 발생하기 때문에 약제를 이용한 방제가 매우 어려운데, 성페로몬을 이용한 방제법은 좋은 대안이 될 수 있을 것이다.

큰검정풍뎡이 성페로몬의 주성분과 부성분은 각각 L-isoleucine methyl ester (LIME)과 (R)-(-)-linalool로서, 이 두 성분의 배합비율이 5:1일 때 유인효과가 가장 큰 것으로 알려져 있다(Leal *et al.*, 1993). 본 연구에서는 우리나라에 발생하는 큰검정풍뎡이의 성페로몬 성분비에 따른 유인효과와 페로몬트랩과의 거리별 유인력 및 페로몬에 대한 유인반응의 주기를 고구마 포장에서 조사하였다.

재료 및 방법

시험곤충

성분비별 유인력 검정 실험에서 페로몬트랩에 유인된 수컷 성충들을 사육실에서(L:D=16:8시간, 온도 25±2°C) 사육면서 유인 시험에 이용하였다. 하여 거리별 유인력 검증과 페로몬에 대한 반응주기 실험에 사용하였다. 플라스틱 사육용기(20×30×15 cm)에 벼 육묘용 상토를 2/3가량 채운 후 성충을 20마리 씩 넣고 물과 뽕나무 잎 3~4장을 매일 공급하여 사육하였다.

성분비별 유인력 검정

전라남도 무안군 해리면(2.5 ha), 전라북도 김제군 청하면(2.5 ha), 전라북도 고창군 대산면(5 ha)의 고구마 재배단지에서 2005년 7월 21일, 7월 24일, 7월 25일에 각각 수행하였다. 사용한 유인장치(트랩)는 Japanese beetle trap (M.K.Rittenhouse & Sons Ltd.)이며 트랩 당 L-isoleucine methyl ester (Leal *et al.*, 1992의 방법에 따라 합성, Simom Fraser Univ.)와 (R)-(-)-linalool (Sigma-Aldrich Co.)를 비율(1:0, 2.5:1, 5:1, 10:1, 0:1)에 따라

혼합하여 혼합액을 100 µl씩 고무 septa 안쪽에 점적 후 용매(hexane)를 건조시킨 다음 알루미늄 포일로 밀봉한 상태에서 얼음주머니와 함께 보온상자(스티로폼 상자)에 넣어 설치 직전까지 보관하였다. 트랩의 설치높이는 1.5 m로 하였으며, 트랩사이는 최소한 50 m 이상 떨어지도록 설치하였다. 페로몬트랩 설치는 19:00시에 설치하여 23:00에 회수하였고, 처리 당 3반복 시험을 수행하였다.

거리별 유인력 검정

전라북도 익산시 호남농업연구소 시험포장(나지)에서 4반복 실시하였다. 상기의 실험에서 페로몬트랩에 유인된 수컷 성충들의 등에 흰색 매니큐어로 초시 좌측 및 우측 양쪽에 지름 3 mm 가량의 표식(7 m : 좌측초시, 14 m : 우측초시, 21 m 좌우양측 초시)을 한 다음 페로몬트랩으로부터 7 m, 14 m, 21 m 위치에 수컷 성충 20마리씩 들어있는 사육용기를 뚜껑을 연 상태로 놓아두었다. 표식 위치에 따라 페로몬트랩에 다시 잡힌 개체수를 비교하여 거리별 유인력을 검정하였다. 큰검정풍뎡이는 48시간 주기로 활동하는 것을 고려하여 2일 전에 유인된 수컷 성충을 이용하였다. 페로몬트랩의 종류 설치방법은 성분비별 유인력 검정과 동일한 조건에서 수행하였고, L-isoleucine methyl ester와 (R)-(-)-linalool의 비는 최대의 유인력을 보인 2.5:1로 혼합한 것을 이용하였다.

페로몬에 대한 반응주기

페로몬에 대한 반응주기는 페로몬트랩에 유인된 후 각각 24시간, 48시간 동안 지난 개체들을 상대로 거리별 유인력 검정시험과 동일한 조건에서 유인되는 개체 수를 비교하였다. 페로몬 트랩에 유인된 후 24시간이 경과한 개체들은 왼쪽 시초에, 48시간이 경과한 개체들은 오른쪽 시초에 매니큐어를 이용해 표식을 하여 10마리씩 3반복(3통씩 6통)으로 풀어놓고 트랩 3개에 다시 포획되거나 용기에 남아있는 개체의 수를 비교하였다.

결과 및 고찰

성페로몬 성분비별 유인력

LIME과 (R)-(-)-Linalool의 비율이 2.5:1일 때의 유인수가 5:1, 10:1 또는 두 성분 단독일 경우보다 고창(F=10.98, Pr>F=0.0011, df=4,12)과 김제(F=10.64, Pr>F=0.0013,

$df=4,12$)에서 다른 조성비율보다 많았다(Table 1). Leal *et al.* (1993)은 (R)-(-)-Linalool 이 큰검정풍뎅이의 중요한 성페로몬 성분임을 밝혔으며, 포장시험에서 단독으로는 유인효과가 없으나 다른 주 성페로몬 성분인 L-isoleucine methyl ester (LIME)의 유인효과를 증진시며, 일본계통의 큰검정풍뎅이는 두 성분의 체내 함량비가 5:1이고, 야외 유인시험에서도 5:1의 배합비율에서 가장 높다고 하였다. 한국과 일본에 발생하는 큰검정풍뎅이의 페로몬 배합비율에 대한 반응의 차이는 지역적인 격리에 기인하는 것으로 생각되며, 이 차이가 체내 성페로몬 분비생의 페로몬 성분 함량에서도 나타나는지에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

거리별 유인력 검증

거리에 따른 큰검정풍뎅이 성페로몬의 유인효과가 14 m까지는 유인효과가 7 m와 차이가 없었으나 21 m에서는 약간 효과가 떨어지는 것($F=6.48$, $Pr>F=0.018$, $df=2,8$, 9월 29일 익산)으로 미루어 큰검정풍뎅이 성페로몬의 효과가 미치는 거리는 14 m와 21 m 사이임을 알 수 있다(Table 2). 8월 6일의 시험에서도 유사한 경향을 나타내었는데, 큰검정풍뎅이 성페로몬의 효과가 미치는 거리는 14 m와 21 m의 중간정도일 것으로 추정된다. 따라서 포

장에서 성페로몬을 이용하여 큰검정풍뎅이를 유살하기 위해서는 설치거리를 17.5 m의 두 배인 35 m로 함으로서 트랩간 간섭을 감소시킬 수 있을 것으로 보인다.

페로몬에 대한 반응주기

Leal *et al.* (1993)은 큰검정풍뎅이가 48시간의 페로몬 합성 주기(circadian)를 나타내며, 우화 후 45일된 성페로몬 분비 중인 암컷의 체내 LIME의 양은 밤 시간에 비해 낮 시간에 3배 이상 많으나, (R)-(-)-linalool의 양은 뚜렷한 변화가 없었고, 교미하지 않은 암컷의 몸에는 LIME가 2배, (R)-(-)-linalool이 3배 가량 많았다고 보고하였다. 본 연구에서도 페로몬 트랩에 유인된 수컷 성충을 하루 또는 이틀이 지난 후에 풀어놓고 다시 잡히는 빈도를 조사한 결과 48시간이 경과한 개체들에서 더 활발한 반응을 보이는 것으로 나타났다(Table 3). 48시간이 경과한 뒤의 개체들은 24시간이 경과한 개체들에 비해 잡힌 수(4.0 ± 1.00 마리)가 많았다($F=6.82$, $Pr>F=0.029$, $df=2,6$). 그러나 용기를 떠나지 않고 남아있는 수(2.7 마리)가 뚜렷하게 적었다($F=42.25$, $Pr>F=0.003$, $df=1,4$). 이와 같은 결과는 큰검정풍뎅이가 이를 간격으로 채집되는 개체수가 많은 경향을 나타냈다고 보고한 Kim (1990) 및 큰검정풍뎅이가 이를 마다 지상으로 출현하여 교미 및 섭식함을 밝힌 Yoshioka

Table 1. Attraction of the black chafer, *H. parallela*, to the blends of the two sex pheromone components, LIME and linalool.

Blend ratio (LIME : linalool)	No. of the beetle attracted (Mean±Sd)/trap		
	Muan (July 21st)	Kimjae (July 24th)	Gochang (July 25th)
1:0	9.0±6.08 ab	10.7±5.13 b	10.0±4.36 b
10:1	8.0±5.29 ab	12.7±4.73 b	8.0±4.58 b
5:1	12.3±5.77 a	16.3±3.06 b	9.3±4.04 b
2.5:1	14.3±6.51 a	20.6±8.19 a	20.0±3.61 a
0:1	0.7±1.15 b	0.0 c	0.0 c

Means in a column followed by the same letter are not significantly different by DMRT ($p=0.05$).

Table 2. The attraction of the black chafer, *H. parallela*, according to the distance from the sex pheromone.

Distance (m)	No. of the beetle captured (Mean±Sd)	
	Iksan (Sept. 29th)	Iksan (Aug. 6th)
7	3.5±1.29 (4.3) a	3.3±0.50 (3.5) a
14	3.0±0.82 (4.8) a	2.5±1.29 (3.3) ab
21	1.3±0.50 (4.8) b	1.8±0.50 (4.0) b
unknown ^{a)}	2.0±0.82	2.0±0.82

* Numbers in parenthesis are the beetles that remained in the releasing cage.

Means in a column followed by the same letter are not significantly different by DMRT ($p=0.05$).

^{a)} Beetles in the field were caught.

Table 3. Periodicity of the black chafer, *H. parallela*, in their response to the sex pheromone.

Releasing cycle	No of the beetle recaptured (Mean±Sd)	Beetles remained in the releasing cage
24 hrs	0.7±0.58 a	7.0 a
48 hrs	4.0±1.00 b	2.7 b
unknown ^{a)}	2.3±1.53 b	

Means in a column followed by the same letter are not significantly different by DMRT ($p=0.05$).

^{a)} Beetles in the field were caught

& Yamasaki (1983)의 결과와도 유사하다.

Kim (1990)이 지적한 바와 같이 성충이 중요한 방제의 대상이 되는 두 종에 있어 성충의 초출현 시기나 활동 최성기의 예측을 가능케 하는 기온이나 강우량을 바탕으로 한 예찰 프로그램의 개발이나 비상 습성과 산란습성에 관한 상세한 연구는 이들 개체군의 보다 합리적인 관리를 가능토록 하는 공간적, 시간적 발생 양상의 모델 개발에 필수적이라 생각된다. 효과적인 발생예찰 모델을 개발하기 위해서 성페로몬을 이용하는 것이 바람직하며, 본 연구의 결과가 이를 위한 기초 자료로 이용될 수 있을 것이다.

Literature Cited

- Cherry, R. H., F. J. Coale and P. S. Porter. 1990. Oviposition and survivorship of sugarcane grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) at different soil moistures. *J. Econ. Entomol.* 83: 1355-1359.
- Kim, J. Y. and W. S. Leal. 1999. Eversible pheromone gland in a melolonthine beetle, *Holotrichia parallela*. *J. Chem. Ecol.* 25: 825-833.
- Kim, K. W. 1990. Flight activities of larger black chafer (*Holotrichia morosa* Waterhouse) and Korean black chafer (*H. diomphalia* Bates). *Korean J. Appl. Entomol.* 29: 222-229.
- Kim, K. W. and J. S. Hyun. 1988. Bionomics of larger black chafer (*Holotrichia morosa* Waterhouse) and Korean black chafer (*H. diomphalia* Bates) with special reference to their morphological characteristics and life histories. *Korean J. Appl. Entomol.* 27: 21-27.
- Leal, W. S., M. Sawada, S. Matsuyama, Y. Kuwahara, and M. Hasegawa. 1993. Unusual periodicity of sex pheromone production in the larvae black chafer *Holotrichia parallela*. *J. Chem. Ecol.* 19: 1381-1391.
- Lee, G. H., C. H. Paik, D. H. Kim, and S. Y. Na. 2003. Development of control method and characterization of the ecology of soil insect pests of sweet potato. Annual report of Honam Agricultural Research Institute. pp. 570-579.
- Leal, W. S., A. C. Oehlschlager, P. H. G. Zarbin, E. Hidalgo, P. J. Shannon, Y. Murata, L. Gonzalez, R. Andrade, and M. Ono. 2003. Sex pheromone of the scarab beetle *Phyllophaga elenans* and some intriguing minor components. *J. Chem. Ecol.* 29: 15-25.
- Yoshioka, K. and Y. Yamasaki. 1983. Ecology of *Lachnosterna morosa* Waterhouse. I. Behaviour of the time of appearance on the ground and oviposition of adult insects. *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* 27: 52-54.

(Received for publication 29 May 2006;
accepted 9 August 2006)