

## 두 가지 상용 교미교란제의 야외 복숭아순나방 (*Grapholita molesta* (Busck)) 수컷 유인교란 효과 비교

정성채 · 박천우 · 박만웅 · 김용균<sup>1\*</sup>

(주) 그린아그로텍, <sup>1</sup> 안동대학교 생명자원과학과

**요약** : 본 연구에서는 복숭아순나방 (*Grapholita molesta*) 수컷 유인력 교란이라는 측면에서 기존에 주로 사용되던 Isomate<sup>®</sup>-M ROSSO를 다른 형태의 방출기인 SPLAT<sup>®</sup>과 야외 적용 실험을 통해 비교하였다. 이를 위해 기존 방출기인 Isomate의 과거 3년간 교미교란 효과를 분석하였고, 이후 두 가지 방출기의 비교는 여러 지역에서 지역내 반복을 설정하면서 동일 기간에 이뤄졌다. 무처리구에서 잡힌 수컷 밀도를 기준으로 복숭아순나방은 야외에서 4회 성충 발생기를 보이며, 월동세대의 밀도가 높음에 따라 이후 이어지는 생식세대의 크기가 높아진다는 정 상관관계를 보였다. Isomate 방출기는 지난 3년간 포장에서 복숭아순나방 수컷 교미행동을 유의성있게 교란한 것으로 나타났다. 두 페로몬 방출기를 비교할 경우, SPLAT이 보다 우수한 교란효과를 나타냈다. 이러한 수컷 유인력에 있어서 차이점은 이 두 방출기에 포함된 주요 페로몬 화학성분비의 차이에서 기인된 것으로 여겨진다. (2007년 1월 24일 접수, 2007년 3월 17일 수리)

**색인어** : 성페로몬, 교미교란, 복숭아순나방, 모니터링, 트랩, 방출기

### 서 론

복숭아순나방(*Grapholita molesta* (Busck))은 중국 서북지역에서 유래되어 현재는 아시아, 유럽, 아메리카, 북부 아프리카, 중동, 뉴질랜드와 호주의 핵과 과실에 피해를 주고 있으며(Roehrich, 1961; Rothschild와 Vickers, 1991), 복숭아는 물론이고 산업적으로 중요한 과수인 사과와 배를 가해하는 주요 나비목 해충이다(안 등, 1985). 특별히 신초와 과실을 직접 가해함으로써 해충 피해가 직접 경제적 손실로 연결된다는 점에서 방제의 의의를 갖게 하고 있다. 그러나 여러 심식류에서 알 수 있듯이 일단 과실 속으로 가해가 진행되면, 방제가 어려워 다량의 약제 살포와 이에 따른 해충의 약제 저항성 및 환경과 식품의 안전성에 우려를 주고 있다(Pree 등, 1998; Borchert 등, 2004).

교미교란 기술은 대상 해충의 성페로몬을 야외의 임의 지점에 방출시켜, 야외 집단의 수컷이 정상적 암컷과의 교미교신을 교란하여 교미불능으로 유도한다는 원리를 이용하고 있다(Baker와 Heath, 2005). 환경친화형 방제 기술로서 기존의 화학방제를 대체할 수 있는 수단으로 복숭아순나방 야외 집단에 대해서 입증되었다(Cardé와 Minks, 1995). 국내에서도 우리나라 복숭아순나방 집단에 효과적 페로몬 조성이 밝혀

지고(Boo, 1998), 이를 이용한 야외 집단의 모니터링(양 등, 2001; 김 등, 2004) 및 교미교란(Yang 등, 2003)이 시도되었다.

일반적으로 야외 해충 방제의 연중 적기는 야외 발생 초기이다(Pedigo, 1991). 복숭아순나방은 연중 4~5세대 발생하며, 제1세대인 월동세대의 50% 우화시키는 4월 중순에서 5월 상순 동안에 나타나는 것으로 나타났다(양 등, 2001). 기존 연구는 교미교란제를 4월 초에 처리한 경우 월동세대의 교미교란 효과 및 신초 피해를 저하를 보였다(정 등, 2006). 본 연구는 기존에 상용되고 있는 교미교란제와 방출기 원리가 상이한 교미교란제를 현장에서 비교 실증시험하기 위해 발생 초기에 두 교미교란제를 처리하고, 과실에 직접 피해를 줄 수 있는 야외 제1세대에서 제3세대까지의 복숭아순나방 수컷 유인교란 효과를 검증하였다.

### 재료 및 방법

#### 조사지역 및 복숭아순나방 야외집단 모니터링

국내 사과 집중 재배 지역 가운데 영천, 청송, 경산, 영주의 4개 지역을 조사 대상지역으로 선정하였다(정 등, 2006). 복숭아순나방 예찰 트랩은 델타트랩(그린아그로텍, Model No. 50106, 경산, 한국)을 이용하였으며, 여기에 복숭아순나방의 성페로몬 성분인

\* 연락처

Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:OH를 각각 88.5: 5.7: 1.0%로 포함하였다. 각 처리지역에서는 바람의 방향을 고려하여 임의의 5개 지점에 트랩을 설치하였고, 매년 4월에서 8월까지의 5개월 기간 동안 3년간(2004~2006년) 복숭아순나방 야외집단을 모니터링하였다.

**교미교란제 처리**

두 종류(SPLAT<sup>®</sup>와 Isomate<sup>®</sup>-M ROSSO)의 교미교란제가 각각 ISCA 회사(Riverside, CA, USA)와 Pacific Biocontrol 회사(Vancouver, WA, USA)에서 구입되었다. SPLAT은 페로몬성분(Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:OH)이 각각 93.0: 6.0: 1.0%을 왁스유화제와 혼합한 형태로 사과나무의 그늘진 곳에 크림형태로 부착시켰다. 각 사과나무에 처리되었으며, 포장 1 ha에 전체 제품 용량으로 약 1.3 kg이 소요되었다.

Isomate는 밀봉된 폴리에틸렌 튜브에 페로몬이 들어 있는 형태로 가지에 고리형태로 꼬아서 처리하였다. 각 튜브에는 264.3 mg의 페로몬성분이 들어있으며, 이는 Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:OH이 각각 88.5: 5.7: 1.0%로 차지하고, 기타 불활성 성분이 4.8%가 함유되었다. 각 사과나무에 1개씩 처리되었으며, 포장 1 ha에 약 600개(약 160 g 페로몬 성분)가 설치되었다.

**통계자료 분석**

교미교란제에 의한 수컷의 교미행동 억제율 처리 포장의 페로몬 트랩 유살수의 감소로 산출했다.

본 자료의 통계분석은 arsine transformation 한 후 SAS(SAS Institute, 1989)의 PROC GLM을 이용하여 one-way ANOVA로 처리효과 분석 및 처리 평균간 비

교를 실시하였다.

$$\text{교미교란 효과(\%)} = \left(1 - \frac{\text{처리지역 수컷 유인밀도}}{\text{무처리 수컷 유인평균밀도}}\right) \times 100$$

**결과 및 고찰**

사과원에 발생하는 복숭아순나방을 대상으로 상용 교미교란제를 처리하고 이에 대한 효과를 2004~2006년의 3년 동안 2개 지역에서 모니터링하였다(Fig. 1). 대조구로서 무처리구에서는 이 기간 동안 복숭아순나방 성충의 연중 발생 상황을 조사할 수 있었다. 두 지역과 3개년 자료를 종합하여 보면, 크게 월동세대와 연중 세대를 이어가는 생식세대로 대별할 수 있다. 월동세대의 성충 발생시기는 4월 중순-5월 중순으로 나타났다. 이 해충의 월동태는 최종령 유충기로서(Makaji, 1987), 배나무 과수원 월동지역에서 조사한 결과 95%의 월동 유충이 지표면에 가까운 주간과 측지에서 발견되었다(양 등, 2001). 월동 유충은 2월 중순부터 용화를 하기 시작하여, 3월 중순에는 50%의 용화율을 나타내게 되고, 최대 우화 시기는 4월 하순에서 5월 상순에 걸쳐서 일어난다(양 등, 2001). 이후 본 모니터링 조사에서 살펴보면 야외 제1세대 성충이 6월 상순~6월 하순, 야외 제2 세대 성충이 7월 중순~8월 상순, 그리고 제3세대 성충이 8월 하순 이후로 나타나 4개의 뚜렷한 성충 발생 시기를 관찰할 수 있었다. 이는 기존의 보고(양 등, 2001)와 일치하는 경향으로 조사 시기 이후 즉, 8월 이후의 성충 발생을 1회 이상으로 고려한다면, 이 지역에서 복숭아순

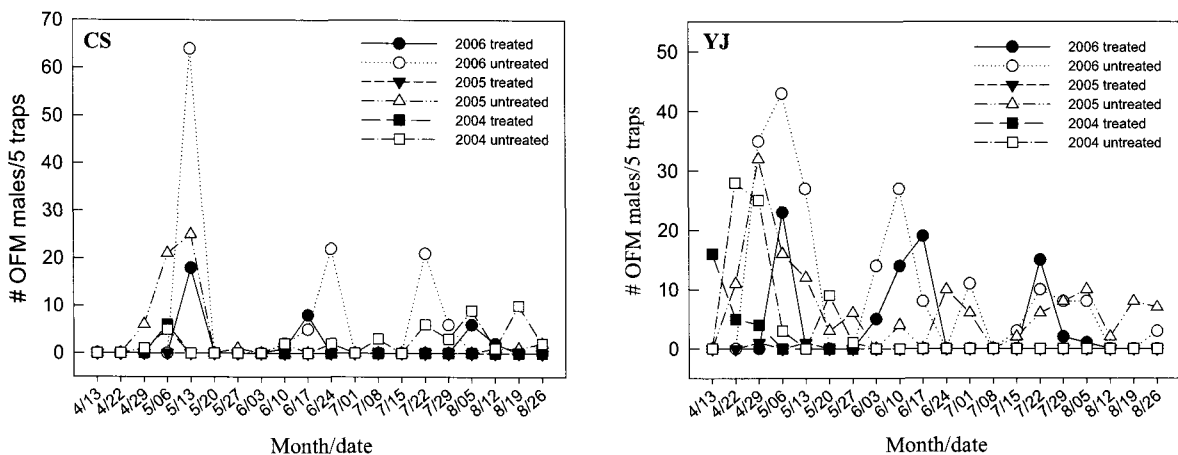


Fig. 1. Annual field populations of the oriental fruit moth (OFM), *Grapholia molesta*, in apple orchards of two different localities, which were monitored for three years. Five sex pheromone traps were installed in the orchards (0.5-0.8 ha) and monitored every week during the investigation period. 'YJ' and 'CS' represent Youngju and Chungsong, respectively.

나방의 성충 발생은 연중 4-5회로 예상할 수 있다.

무처리구의 복숭아순나방 연도별 성충 발생 상황을 살펴보면, 월동세대 성충 밀도가 이후의 야외 차세대 밀도 형성에 양의 정상관계를 보이고 있다는 것을 알 수 있다(Fig. 2). 즉, 월동세대 성충을 대상으로 교미교란제를 효과적으로 처리할 경우 직접 과실에 피해를 주는 차세대 증식을 억제하는 데 최적일 수 있다는 것을 제시하고 있다. 정 등(2006)은 월동세대에 방제 초점을 맞추고 교미교란제를 처리하였고, 높은 교미교란 효과는 물론이고 무처리구에 비해 신초 피해를 90% 이상 낮출 수 있는 가능성을 제시하였다. 물론 이러한 교미교란제 만으로의 방제효과를 얻기 위해서는 교미교란제가 처리되지 않은 주변으로부터 교미된 암컷의 이입을 막는 방법이 고안되어야 한다.

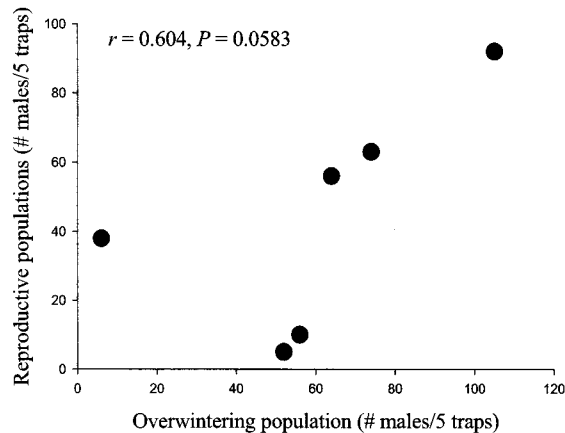


Fig. 2. Correlation in population sizes between overwintering and subsequent reproductive generations of the Oriental fruit moth, *Grapholitha molesta*, in apple orchards of two different localities (Youngju and Chungsong), which were monitored for three years (2004~2006).

본 모니터링 자료에서는 무처리구에서도 월동세대의 밀도가 가장 높고 이후 야외세대의 성충밀도가 낮아지는 경향을 보였다. 이는 조사된 포장이 살충제를 제외하고 타 농약의 살포가 허용되었으며, 다양한 살충제가 처리되고 있는 타 지역에서 유입되는 성충의 밀도가 낮아짐에 따라 나타나는 현상으로 이해될 수 있다.

Isomate를 처리한 포장에서는 무처리구에 비해 채집된 수컷의 밀도가 낮아 교미교란 효과가 있었음을 알 수 있다(Table 1). 연도별로 수컷의 포획된 밀도의 차이도 보였지만, 가장 큰 영향을 준 것은 교미교란제 처리로서 전체 수컷 포획 숫자의 변이의 46.4%를

차지하고 있다. 이 교미교란제에 의해 사과원의 3년간 교미교란 효율은 60~100%로서 평균 약 79.8%이었다. 일반적으로 유인력 교란에 기초한 교미교란의 효과는 암컷이 분비하는 페로몬 자취에 교란을 주는 작용기작과 수컷의 감각기 습관화로 분류될 수 있다(Baker와 Heath, 2005).

본 모형에서는 전자의 효과가 크게 작용하여 유인 페로몬의 자취를 주변의 교란페로몬이 은폐시키는 형태로 작용하였을 경우가 클 것으로 추측된다. 그러나 장기간 노출에 따른 수컷의 페로몬 둔감화도 본 교미교란 효과에 작용하였을 것으로 생각된다. 야외 조건에서 항시 노출된 교란페로몬의 효과는 수컷의 경우 이러한 둔감화를 초래하고, 이에 따라 교미교란 효과를 가져오게 된다. 또한 기존에 밝혀진 국내 복숭아순나방의 페로몬 조성에서 알코올류가 빠진 아세테이트류만 포함된 교미교란제가 유인력과 교미교란 효과를 보였다는 점에서 주목할 필요가 있다. 이러한 현상은 교미교란 작용 가운데 수컷 둔감화에서 사례를 찾아 볼 수 있다.

Table 1. ANOVA of disrupting efficacy of a mating disruptor, Isomate, on male orientation of *Grapholitha molesta* in two apple orchards for three years

Source	df	SS	MS	F	P
Year <sup>a)</sup>	2	11688.5	5844.3	13.9	0.067
Orchard <sup>b)</sup>	1	5208.3	5208.3	12.4	0.072
Isomate <sup>c)</sup>	1	19200.0	19200.0	45.8	0.021
Error	2	838.5	419.3		
Total	19	41407.0	3764.3		

<sup>a)</sup>Three years from 2004 to 2006.

<sup>b)</sup>Two places at Youngju and Chungsong.

<sup>c)</sup>Treatment effect of mating disruptor.

Isomate가 보여준 교미교란 효과는 다른 곤충과 마찬가지로 높은 생식능력을 보유한 복숭아순나방에게 밀도 감소를 기대하기에는 미흡하다. 이는 Knippling (1979)의 방사 불임 이론을 비추어 보면 해충방제에 효과를 나타내기 위해서는 매 세대 95%의 야외 수컷 집단이 유살되어야 한다. 개량된 교미교란제를 찾기 위해 페로몬 성분면에서 차이가 있고, 방출기 원리도 다른 SPLAT 형태의 교미교란제를 선별하였고, 기존의 Isomate와 비교분석하였다(Fig. 3).

두 가지 방출기는 각각 두 지역에서 수컷의 교미교란 효과가 분석되었다. ISCA회사 제품의 크림형태의 SPLAT은 영천과 경산에 처리되었고, 튜브 고리형태

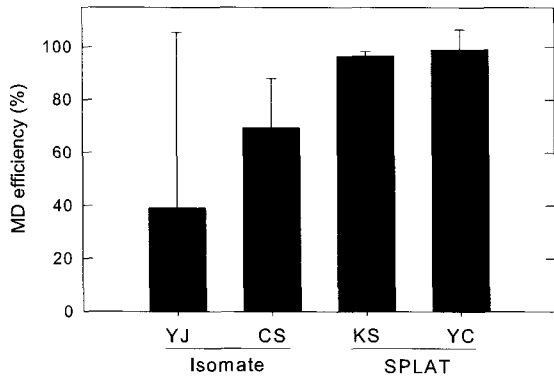


Fig. 3. Efficacy of two commercial mating disruptors ('Isomate' and 'SPLAT') on the male orientation of the Oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, to the sex pheromone lure. Efficiency of mating disruption (MD) was estimated by relative percent reduction in the attracted males in the treated plot compared to untreated plot. 'YJ', 'CS', 'KS', and 'YC' represent Youngju, Chungsong, Kyungsan, and 'Youngchun', respectively.

의 Isomate는 청송과 영주에 처리되었다. 두 가지 방출기 교미교란제들은 모두 무처리에 비해 뚜렷하게 수컷의 성페로몬 트랩 유인력을 낮추어, 교미교란 효과를 유발하였다.

그러나 두 방출기 사이에는 교미교란 효율에서 차이를 보였다. Isomate는 청송과 영주에서 각각 69.4±18.7과 39.2±66.4%의 교미교란 효과를 보인 반면에, SPLAT은 동일한 시기에 경산과 영천에서 각각 96.6±7.6과 99.0±1.7%의 교미교란 효과를 보였다. 즉, 두 방출기 사이에는 수컷의 교미교란 측면에서 뚜렷한 차이를 보인 반면, 각 방출기의 지역간 차이는 없었다(Table 2).

이미 여러 연구에서 이러한 교미교란제들이 야외 복숭아순나방의 교미교란을 유발하여 과실 피해를 낮춘다고 보고하였다(Cardé와 Minks, 1995; Yang 등, 2003). Kovinci 등(2005)의 경우 마이크로캡슐형의 방

출기에 비해 본 연구에서 분석한 튜브형태의 Isomate 제품이 우수하다는 것을 입증하였으며, 포장 1 ha 당 12.4~49.1 g의 페로몬 유효성분량으로 효과적인 교미교란을 유발시킬 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서는 약 160 g의 페로몬 유효성분이 투여되었으므로, 적어도 4배가량 과투여되었을 가능성을 내비치고 있다.

즉, 추후 포장 적용에 있어서 처리량을 줄일 수 있음을 나타낸다. 이를 위해서는 처리 튜브 숫자를 줄이는 것 보다는 튜브당 들어 있는 유효성분량을 줄이는 것을 고려해 볼 수 있으며, 이에 대한 추가 연구 시험이 필요하다.

Isomate보다 SPLAT 처리구에서 교미교란효과가 높은 것은 방출기 형태에 차이보다는 성분비의 차이에서 기인한 것으로 보인다. 즉, 국내의 복숭아순나방에 대한 최적의 성분비는 Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:OH 이 각각 95: 5:1로서(부 등, 1995) Isomate 보다는 SPLAT 교미교란제가 이 비율에 더 가깝다는 사실로 입증된다.

국내에 비교적 많이 보급되어 있는 Isomate는 국내 복숭아순나방의 조성에 맞추어 사용할 필요가 있음을 제시하고 있다. 최근 국내에서 유기합성 기술을 통해 복숭아순나방 성페로몬 세 가지 성분을 제조하였고, 아세테이트류의 광학이성체 비율은 92:8(Z:E)을 나타냈다(김 등, 2006).

유기합성 기술을 보다 개량하여 cis 광학이성체의 비율을 높일 경우 추가적 교란 효과를 기대할 수도 있으리라 전망한다. 두 교미교란제의 차이점을 줄 수 있는 또 다른 요인으로서 두 방출기의 페로몬 방출 속도 및 야외 효력 지속 기간을 고려해볼 수 있다. 이 부분에 대해서는 현재 가지고 있는 자료가 없다. 추후 야외 노출 기간에 따라 두 방출기 내에 잔존하는 유효성분 함량과 생물검정을 통해 휘발되는 물질의 유인력 분석이 이뤄져야 한다.

Table 2. ANOVA of disrupting efficacy of two mating disruptors on male orientation of *Grapholita molesta*

Source	df	SS	MS	F	P
Treatment	3	2.044	0.681	4.48	0.0183
Mating disruptor <sup>a)</sup>	(1)	1.900	1.900	12.49	0.0028
Within each mating disruptor <sup>b)</sup>	(2)	0.143	0.071	0.47	0.6325
Error	6	2.434	0.152		
Total	19	4.478			

<sup>a)</sup>Isomate versus SPLAT.

<sup>b)</sup>Two places of each mating disruptor: Isomate at Youngju and Chungsong, SPLAT at Kyungsan and Youngchun.

## 감사의 글

본 연구는 농림기술관리센터에서 지원한 2006년도 농산업기술개발사업으로 수행되었습니다.

## 인용문헌

- Baker, T. C. and J. J. Heath (2005) Pheromones: function and use in insect control. pp.407~459, *In* Comprehensive Molecular Insect Science. Vol. 6 ed. Gilbert, L. I., K. Iatrou and S. S. Gill, Elsevier, New York.
- Bochert, D. M., R. E. Stinner, J. F. Walgenbach and G. G. Kennedy (2004) Oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) phenology and management with methoxyfenozide in North Carolina apples. *J. Econ. Entomol.* 97:1353~1364.
- Boo, K. S. (1998) Variation in sex pheromone composition of a few selected lepidopteran species. *J. Asia-Pacific Entomol.* 1:17~23.
- Cardé, R. T. and A. K. Minks (1995) Control of moths by mating disruption: successes and constraints. *Annu. Rev. Entomol.* 40:559~585.
- Knipling, E. F. 1979. The basic principles of insect population suppression and management. United States Department of Agriculture Handbook 512, Chapter 10.
- Kovinci, O. B., C. Schal, J. F. Walgenbach and G. G. Kennedy (2005) Comparison of mating disruption with pesticides for management of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) in North Carolina apple orchards. *J. Econ. Entomol.* 98:1248~1258.
- Makaji, T. (1987) Diagnosis of fruit tree diseases and pests with color plates. pp.117~124. Agric. Publi. Inc. Tokyo.
- Pedigo, L. P. (1991) Entomology and pest management. pp.646. Macmillan Publishing Company, New York.
- Pree, D. J., K. J. Whitty, G. M. Walker and L. Van Driel (1998) Resistance to insecticides in oriental fruit moth populations (*Grapholita molesta*) from the Niagara Peninsula of Ontario. *Can. Entomol.* 130:245~256.
- Roehrich, R. (1961) Contribution a l'étude écologique des populations de la tordeuse de pêcher (*Grapholita molesta* Busk) dans la région Aquitaine. *Annales des Epiphyties.* p.114.
- Rothschild, G. H. L. and R. A. Vickers (1991) Biology, ecology and control of the oriental fruit moth. pp.389~314, *In* World Crop Pest. Vol. 5. Tortricid Pests: Their Biology, Natural Enemies and Control. ed. van der Geest, L. P. S. and H. H. Evehnius. Elsevier, Amsterdam.
- SAS Institute, Inc. (1988) SAS/STAT User's Guide, Release 6.03, Ed. Cary, N.C.
- Yang, C. Y., K. S. Han, J. K. Jung, K. S. Boo and M. S. Yiem (2003) Control of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) by mating disruption with sex pheromone in pear orchards. *J. Asia-Pacific Entomol.* 6:97~104.
- 김동순, 부경생, 전홍용 (2004) 복숭아순나방 성페로몬 미끼 평가 및 수원지역에서 주요 발생시기 예측. *한응곤지.* 43:281~289.
- 김용균, 배성우, 배수일, 윤향미, 홍용표 (2006) 복숭아순나방(*Grapholita molesta*) 성페로몬 합성과 유인력 교란생물검정. *한응곤지.* 45:309~316.
- 부경생, 송유환, 이준호, 안용준 (1995) 사과해충 종합 방제를 위한 기초기술 개발 연구. pp.151~152, 농촌진흥청 특정연구과제보고서. 농촌진흥청. 수원.
- 안성복, 고현관, 이영인 (1985) 사과해충 및 천적 연구. pp.417~428, 시험연구보고서. 농촌진흥청 농업기술연구소(작물보호). 수원.
- 양창열, 한경식, 부경생 (2001) 배나무에서 복숭아순나방의 발생과 피해. *한응곤지.* 40:117~123.
- 정성채, 박천우, 박만웅, 이순원, 최경희, 홍용표, 김용균 (2006) 야외 원동세대 복숭아순나방(*Grapholita molesta* (Busck))에 대한 교미교란제의 효과. *한응곤지.* 45:235~240.

---

**Field Assessment of Two Commercial Sex Pheromone Mating Disruptors on Male Orientation of Oriental Fruit Moth, *Grapholita molesta* (Busck)**

Sungchae Jung, Chunwoo Park, Manwoong Park, and Yonggyun Kim<sup>1\*</sup> (*Green Agro Tech, Inc., Kyungsan 712-240, Korea and <sup>1</sup>Department of Bioresource Sciences, Andong National University, Andong 760-749, Korea*)

**Abstract :** In this study, two commercial mating disruptors were compared in terms of disruption of Oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, male orientation, in which a new dispenser type, SPLAT<sup>®</sup>, was compared with a current dispenser type, Isomate<sup>®</sup>-M ROSSO. For this assessment, the last three year field monitoring data were analyzed for the efficacy of Isomate type dispenser. Then two commercial dispensers were compared in different localities with sub-locality replications during identical monitoring period from mid February to late August. There appeared to be four adult population peaks, in which the overwintering population size was positively correlated with the following reproductive population sizes. Isomate type dispenser effectively suppressed *G. molesta* populations during all growing seasons with some annual variation in its efficacy. Between two dispensers, SPLAT type was much effective. The difference in their efficacy may be caused by the difference in composition of major pheromone components.

**Key words :** sex pheromone, mating disruption, *Grapholita molesta*, monitoring, trap, dispenser.

---

\*Corresponding author (Fax : +82-54-823-1628, E-mail : hosanna@andong.ac.kr)