

야외 월동세대 복숭아순나방(*Grapholita molesta* (Busck))에 대한 교미교란제의 효과

정성채¹ · 박천우¹ · 박만웅¹ · 이순원² · 최경희² · 홍용표³ · 김용균*

안동대학교 농생물학과, ¹(주)그린아그로텍, ²원예연구소 사과시험장, ³안동대학교 화학과

Efficacy of Commercial Mating Disruptors on Field Overwintering Populations of Oriental Fruit Moth, *Grapholita molesta* (Busck)

Sung-chae Jung¹, Chun-woo Park¹, Man-woong Park¹, Soon-won Lee², Kyung-hee Choi², Yong-pyo Hong³ and Yong-gyun Kim*

Department of Agricultural Biology, Andong National University, Andong 760-749, Korea

¹Green Agro Tech, Inc., Kyungsan 712-240, Korea

²Apple Experiment Station, National Horticultural Research Institute, RDA, Kunwi 716-810, Korea

³Department of Chemistry, Andong National University, Andong 760-749, Korea

ABSTRACT : Efficacies of two commercial mating disruptors (SPLAT[®] and Isomate[®]-ROSSO) were evaluated on field overwintering populations of Oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck), in four apple orchards. Based on the monitoring with sex pheromone traps, all the orchards (Youngchun, Kyungsan, Chungsong, and Youngju in Korea) exhibited significant overwintering populations from late April to late May. Both mating disruptors that were applied 10 days before the monitoring period significantly inhibited the male orientation to the monitoring lures, in which SPLAT type was more effective than Isomate type in the disrupting efficacy. The disruption of male orientation was highly correlated with the reduction in the early leaf damage caused mostly by *G. molesta*.

KEY WORDS : Apple, *Grapholita molesta*, Mating disruption, Overwintering population

초 록 : 복숭아순나방(*Grapholita molesta* (Busck))의 교미교란제인 SPLAT[®]와 Isomate[®]-ROSSO의 교미교란효과를 각각 영천과 경산 및 청송과 영주에서 조사하였다. 성페로몬 트랩을 이용하여 4월 말부터 5월 말까지 야외 집단의 발생정도를 조사한 결과, 네 지역에서 모두 월동세대 개체군이 발생함을 확인하였다. 두 가지 형태의 교미교란제는 분석시기 10일 전에 포장에 처리되었으며, 두 교미교란제 모두는 수컷의 성유인물 탐지능력을 억제시켰다. 그러나 이 두 가지 교미교란제를 비교하면 SPLAT 형태가 Isomate 형태보다 교란 효과가 높았다. 이러한 교미교란 효과는 조사기간 동안 복숭아순나방의 피해로 여겨지는 신초 피해를 억제하는 능력과 높은 상관성을 가졌다.

검색어 : 사과, 복숭아순나방, 교미교란, 월동집단

복숭아순나방(*Grapholita molesta* (Busck))은 복숭아는 물론이고 산업적으로 중요한 과수인 사과와 배를 가해하

는 주요 나비목 해충이다(Ahn *et al.*, 1985). 특히 신초와 과실을 직접 가해하므로 해충 피해가 경제적 손실로 연결

*Corresponding author. E-mail: hosanna@andong.ac.kr

된다는 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 *et al.*, 1998; Borchert *et al.*, 2004).

교미교란 기술은 대상 해충의 성페로몬을 야외의 임의 지점에 방출시켜, 야외 집단 수컷이 정상적 암컷과의 교미교신을 교란하여 교미불능으로 유도한다는 원리를 이용하고 있다(Baker and Heath, 2005). 환경친화형 방제 기술로서 기존의 화학방제를 대체할 수 있는 수단으로 복숭아순나방 야외 집단에 대해서 입증되었다(Cardé and Minks, 1995). 국내에서도 우리나라 복숭아순나방 집단에 효과적 페로몬 조성이 밝혀지고(Boo, 1998), 이를 이용한 야외 집단의 모니터링(Yang *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2004) 및 교미교란(Yang *et al.*, 2003)이 시도되었다.

일반적으로 야외 해충 방제 적기는 발생 초기이다(Pedigo, 1991). 복숭아순나방은 연중 4-5세대 발생하며, 제1세대인 월동세대의 50% 우화시기는 4월 중순에서 5월 상순 동안에 나타나는 것으로 나타났다(Yang *et al.*, 2001). 본 연구는 복숭아순나방의 야외 제1세대를 방제 대상으로 설정하고, 이 시기에 교미교란제를 처리하여 수컷의 교미행동 교란 능력과 과실 피해를 분석하고자 수행되었다.

재료 및 방법

조사지역 및 복숭아순나방 야외집단 모니터링

국내 사과 집중 재배 지역 가운데 영천, 청송, 상주, 영주의 4개 지역을 조사 대상지역으로 선정하였다. 다시 이 지역들을 각각 처리별로 세부지역으로 구분하였다(Table 1). 복숭아순나방 예찰 트랩은 델타트랩(그린아그로텍, Model No. 50106, 경산, 한국)을 이용하였으며, 여기에 복숭아순나방의 성페로몬 성분인 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, 5주간(4월 22일부터 5월 27일까지) 복숭아순나방 야외집단을 모니터링하였다.

교미교란제 처리

두 종류(SPLAT[®]와 Isomate[®]-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 형태로서 사과나무의 그늘진 곳에 크림형태로 부착시켰다. 각 사과나무에 처리되었으며, 포장 1 ha에 전체 제품 용량으로

Table 1. Field plots used for efficacy tests of two commercial mating disruptors against *Grapholia molesta*.

Locality	Treatment ¹	Area (ha)	Date of treatment (Month/Date)	Period of monitoring (Month/Date)
Youngchon	Untreat	0.5	4/13	4/22-5/20
	SPLAT (O+P)	1.0	4/13	4/22-5/20
	SPLAT (O)	1.0	4/13	4/22-5/20
	SPLAT (P)	1.0	4/13	4/22-5/20
Kyungsan	Untreat	0.8	4/13	4/22-5/20
	SPLAT (O+P)	0.7	4/13	4/22-5/20
	SPLAT (O)	0.6	4/13	4/22-5/20
	SPLAT (P)	0.4	4/13	4/22-5/20
Chungsong	Untreat	0.5	4/13	4/22-5/20
	Isomate (O)	1.0	4/13	4/22-5/20
Youngju	Untreat	0.5	4/13	4/22-5/20
	Isomate (O)	0.5	4/13	4/22-5/20

¹ Two commercial mating disruptors: SPLAT[®] and Isomate[®]. 'O' and 'P' represent sex pheromones of oriental fruit moth and peach fruit moth, respectively.

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 1ha에 약 600개 (약 160 g 페로몬 성분)가 설치되었다.

교미교란제 처리효과 조사

교미교란제 처리 후 1주일 간격으로 처리지역의 수컷 집단 모니터링이 5주 동안 실시되었다. 모니터링 트랩설치는 상기에 기술한 바와 같이 임의 5개 지점에서 실시되었으며, 처리간 비교는 조사기간 누적 유인 수컷 밀도를 이용하였다.

교미교란제 처리 효과를 과실 및 신초 피해로 분석하기 위해 처리 포장에서, 5개 지점(중앙: 1, 경계: 2, 사이: 2)에서 각 2 그루씩 그리고 각 나무당 100개 과실(신초) (상: 20, 중: 30, 하: 50)을 선발하여 총 1,000개를 조사하였다. 이 가지들에서 복숭아순나방 피해를 받은 어린 순과 과실을 중심으로 피해수를 산출하였다.

교미교란효과 산출

교미교란제에 의한 수컷의 교미행동 억제를 처리 포장의 페로몬 트랩 유살수의 감소로 표현될 수 있다.

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

또한 교미교란제에 의한 피해를 감소는 무처리구에 비한 과실과 어린 잎의 누적 피해수의 감소로 표현될 수 있다.

$$\text{피해율 감소(\%)} = \left(1 - \frac{\text{처리지역 피해 과수 및 신초수}}{\text{무처리 피해 과수 및 신초수}}\right) \times 100$$

결과 및 고찰

우리나라 사과 주산지를 중심으로 4개의 조사지역이 설정되었다(Table 1). 각 지역은 무처리 세부지역을 설정하여, 지역간 복숭아순나방 발생 모니터링이 가능하였다. 복숭아순나방 모니터링은 이 해충의 월동세대의 우화 시기(Kim *et al.*, 2004)에 맞추어 조사되었다. 조사된 4개 지역 모두 조사기간 동안 복숭아순나방이 발생하였다(Fig. 1). 이들 발생 밀도는 대부분 5월 초에 발생 최성기를 보이고, 다시 밀도가 줄었다. 이 가운데 영천 지역에서 가장 많은 발생 밀도를 보였고, 경산에서 가장 낮은 발생 밀도를 보였다. 이러한 복숭아순나방 야외 집단은 이들의 월동세대가 우화한 집단으로 여겨질 수 있다. 이 해충의

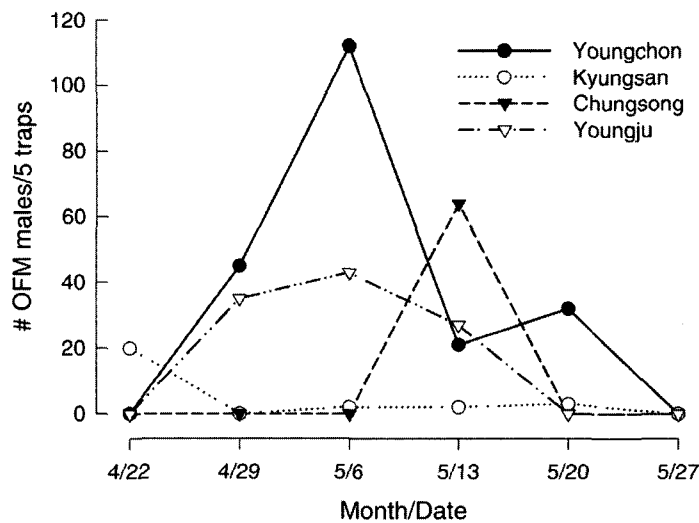


Fig. 1. Early season populations of the Oriental fruit moth (OFM), *Grapholia molesta*, in apple orchards of four different localities. Five sex pheromone traps were installed in the orchards (0.5-0.8 ha) and monitored every week during the investigation period.

월동태는 최종령 유충기로서(Makaji, 1987), 배나무 과수원 월동지역에서 조사한 결과 95%의 월동 유충이 지표면에 가까운 주간과 측지에서 발견되었다(Yang *et al.*, 2001). 월동 유충은 2월 중순부터 용화를 하기 시작하여, 3월 중순에는 50%의 용화율을 나타내게 되고, 최대 우화 시기는 4월 하순에서 5월 상순에 걸쳐서 일어난다(Yang *et al.*, 2001). 즉, 본 연구의 지역별 무처리구의 복숭아순나방 발생은 월동세대의 성충 발생 기간으로 간주할 수 있다.

이 월동세대의 야외 발생 1세대 복숭아순나방 집단들을 대상으로 두 종류의 상용화된 교미교란제가 처리되었다(Fig. 2). ISCA 회사 제품의 크림형태의 SPLAT는 영천과 경산에 처리되었고, 튜브 고리형태의 Isomate는 청송과 영주에 처리되었다. 두 가지 방출기 교미교란제들은 모두 무처리에 비해 뚜렷하게 수컷의 성페로몬 트랩 유인력을 낮추어, 교미교란 효과를 유발하였다. SPLAT의 경우 교미교란 효과가 영천 처리구에서 99.5%, 경산 처리구에서는 100%를 기록하였고(Fig. 2A), 지역 간 효과 차이는 없는 것으로 나타났다($X^2=0.1285$; $df=1$; $P=0.7200$). 흥미롭게도 같은 방출기 형태이지만, 복숭아심식나방 성페로

몬 성분이 들어 있는 처리구('SPLAT(P)')는 두 지역 모두에서 무처리구와 같은 수의 수컷이 유인되어, 이상에서 얻은 수컷 유인 밀도의 감소가 복숭아순나방을 표적으로 한 교미교란에 의한 것임을 입증하고 있다. 그러나 두 방출기의 효과를 비교하여 보면, Isomate 교미교란제의 교미교란 효과가 청송에서 71.9%, 영주에서 78.1%로서 SPLAT 방출기 보다 효과 면에서 낮은 것으로 나타났다($X^2=48.8609$; $df=3$; $P<0.0001$). 이미 여러 연구에서 이러한 교미교란제들이 야외 복숭아순나방의 교미교란을 유발하여 과실 피해를 낮춘다고 보고하였다(Yang *et al.*, 2003; Cardé and Minks, 1995). Kovinci *et al.* (2005)의 경우 마이크로캡슐형의 방출기에 비해 본 연구에서 분석한 튜브형태의 Isomate 제품이 우수하다는 것을 입증하였으며, 포장 1 ha 당 12.4-49.1 g의 페로몬 유효성분량으로 효과적 교미교란을 유발시킬 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서는 약 160 g의 페로몬 유효성분이 투여되었으므로, 적어도 4배가량 과투여되었을 가능성을 내비치고 있다. 즉, 추후 포장 적용에서 있어서 처리량을 줄일 수 있음을 나타낸다. 이를 위해서는 처리 튜브 숫자를 줄이는

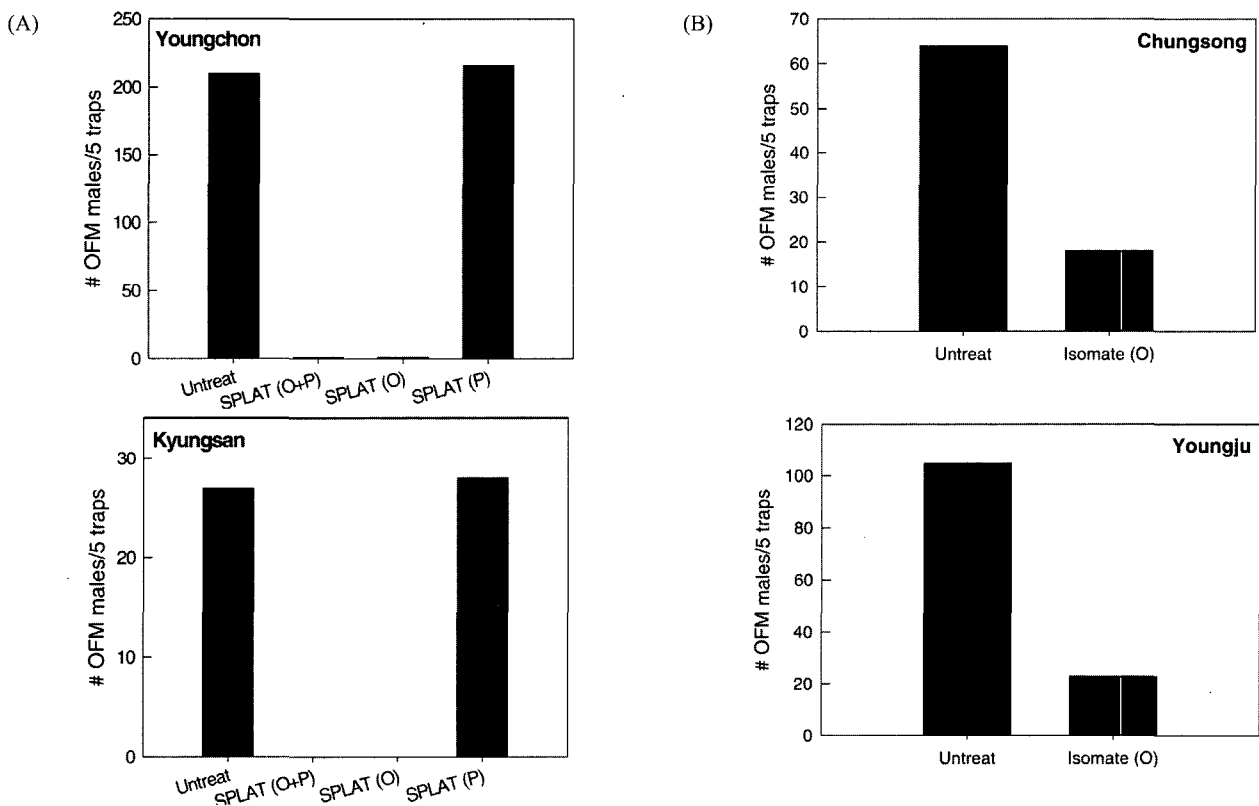


Fig. 2. Efficacy of two commercial mating disruptors on the male orientation of the Oriental fruit moth (OFM), *Grapholita molesta*, to the sex pheromone lures: (A) SPLAT[®] and (B) Isomate[®]-ROSSO. 'O' and 'P' represent sex pheromones of oriental fruit moth and peach fruit moth, respectively. The trap catches represent cumulative numbers of males for five weeks in each treatment.

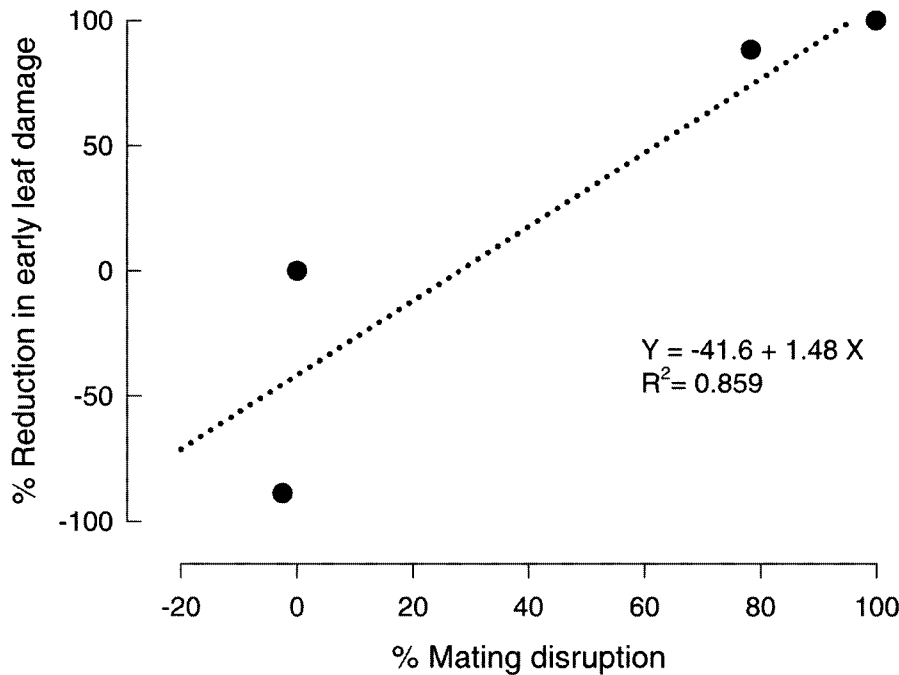


Fig. 3. Correlation between mating disruption by two commercial disruptors against *Grapholita molesta* and reduction in leaf damage of apple trees. Mating disruption was estimated by relative percent reduction in the attracted males in the treated plot compared to untreated plot. Damaged young leaves were counted from randomly-chosen 100 branches per orchard. The relative reduction in the damaged leaves was estimated compared to the damage rate monitored in the untreated plot.

것 보다는 튜브당 들어 있는 유효성분량을 줄이는 것을 추천한다. 이에 대한 추가 연구시험이 필요하다.

Isomate 보다 SPLAT 처리구에서 교미교란효과가 높은 것은 방출기 형태에 차이보다는 성분비의 차이에 기인한 것으로 보인다. 즉, 국내의 복숭아순나방에 대한 최적의 성분비는 Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:OH이 각각 95: 5: 1로서(Boo *et al.*, 1995) Isomate 보다는 SPLAT 교미교란제가 이 비율에 더 가깝다는 사실로 입증된다. 국내에 비교적 많이 보급되어 있는 Isomate는 국내 복숭아순나방의 구성에 맞추어 사용할 필요가 있음을 제시하고 있다.

교미교란제에 의한 수컷 유인력 감소는 교미율을 저하시킬 수 있으며, 이는 궁극적으로 복숭아순나방의 밀도를 낮추어 과실 및 새순 피해를 막게 한다. 이를 입증하기 위해 조사기간 동안 또한 과실 및 새순의 복숭아순나방 피해를 조사하였고, 이를 대조구와 비교하여 피해율 감소로 표현하였다. 다시 이 피해율 감소와 교미교란 효과와의 상관관계를 분석한 결과 높은 상관 관계를 보여(Fig. 3), 이러한 교미교란이 직접적으로 차세대 해충밀도를 낮추는 효과를 가져온다는 것을 보여주었다.

사 사

교미교란 효과 분석에 대해서 경험을 토대로 세부적 지적을 하여준 정충렬에게 감사드립니다. 본 연구는 농림 기술관리센터에서 지원한 2006년도 농산업기술개발사업으로 수행되었습니다.

Literature Cited

- Ahn, S.B., H.W. Koh and Y.I. Lee. 1985. Study on apple pests and natural enemy. Res. Rept. RDA. Crop Protec.: 417-428.
- 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, eds. L.I. Gilbert, 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 mothoxfenozone 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.
- Boo, K.S., Y.H. Song, J.H. Lee and Y.J. Ahn. 1995. Studies in developing basic techniques for an integrated management pro-

- gram for apple insect pests. pp. 151-152. The final report of special project of RDA.
- Cardé, R.T. and A.K. Minks. 1995. Control of moths by mating disruption: successes and constraints. *Annu. Rev. Entomol.* 40: 559-585.
- Kim, D.S., K.S. Boo and H.Y. Jeon. 2004. Evaluation of pheromone lure of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) and forecasting its phenological events in Suwon. *Korean J. Appl. Entomol.* 43: 281-289.
- 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. 646 pp. Macmillan Publishing Company, New York.
- Phillips, J.H.H. and J.R. Proctor. 1970. Development of methods for sampling the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae), in an Ontario peach orchard. *Can. Entomol.* 102: 454-471.
- Pree, D.J., K.J. Whitty, L. van Driel, 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.
- Yang, C.Y., K.S. Han and K.S. Boo. 2001. Occurrence of and damage by the Oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) in pear orchards. *Korean J. Appl. Entomol.* 40: 117-123.
- 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.

(Received for publication 8 June 2006;
accepted 28 June 2006)