

오이총채벌레 방제를 위한 곤충병원곰팡이 *Isaria fumosorosea* FG340

한지희\* · 정혜주 · 이모란 · 최성남 · 김다연 · 안성호 · 박진우

농촌진흥청 국립농업과학원 농업미생물과

Insecticidal Effect of Entomopathogenic fungus, *Isaria fumosorosea* FG340 to *Thrips palmi*.

Ji Hee Han\*, Hye Ju Jeong, Moran Lee, Sung Nam Choi, Dayeon Kim, Seongho Ahn, Jin Woo Park

Agricultural Microbiology Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA,  
Wanju 55365, Republic of Korea.

(Received on October 27, 2020. Revised on December 2, 2020. Accepted on December 7, 2020)

**Abstract** The palm thrips, *Thrips palmi* is one of the most important pests of greenhouse. But development of insecticide resistance caused by repeated treatment of chemical insecticide make difficult to control thrips at farm. In this study, insecticidal activity of entomopathogenic fungi, *Isaria fumosorosea* FG340 against palm thrips as alternatives to chemical insecticide was evaluated at laboratory and greenhouse and formulated *I. fumosorosea* FG340 was tested in laboratory and pepper field. *I. fumosorosea* FG340 caused 88.1~100.0% mortality in laboratory assay and 73.3~90.6% mortality in greenhouse assay after 7 days. Formulated *I. fumosorosea* FG340 showed 92.7%~100% mortality in pesticide-free pepper farm. Therefore we expected that *I. fumosorosea* FG340 will be used as effective control agents for thrips at farm.

**Key words** Entomopathogenic fungi, *Isaria fumosorosea*, Palm thrips

## 서 론

미소 해충인 총채벌레는 약 5,000여종 이상이 알려져 있으며, 이들 중 약 87종이 작물에 피해를 주는 것으로 알려져 있다(Pelikan 1998; Demirozer et al., 2012). 총채벌레는 작물의 잎, 꽃, 과실을 주로 흡즙 가해하여 잎을 뒤틀리게 하거나 기형과를 유발하는 등 직접적인 피해를 일으키고 식물 바이러스(TSWV; Tomato Spotted Wilt Virus)를 매개하여 간접적인 피해를 일으킨다(Ulman et al. 1997). 작물에 발생한 총채벌레는 한 세대가 증식하는 기간이 짧아 밀도 증가 속도가 매우 빠르기 때문에 농가에 큰 피해를 일으킬 수 있다(Ananthakrishnan 1993; Lewis 1997). 더욱이 총채벌레를 방제하기 위해 농가에서 사용되는 화학살충제의 반복적 사용으로 인해 약제저항성이 빠르게 발달되고 있어 방제가 힘든 실정이다(Morishita 1993; Choi et al., 2005). 이러한 특

징 때문에 총채벌레가 고품질 채소류, 과일 및 화훼 생산에 있어서 위협적 요소로 작용하고 있다(Kirk and Terry, 2003). 우리나라에서는 비닐하우스 등을 이용한 다양한 작물 재배 및 연작 재배로 총채벌레의 피해가 증가하고 있으며 시설재배지에서는 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)와 오이총채벌레(*Thrips palmi*)가 주로 문제가 되고 있다(Jeon et al., 2017). 작물에 피해를 준다고 알려진 약 87종의 총채벌레 중 오이총채벌레는 34 과(Families) 이상의 작물을 가해하며 특히 고추, 가지, 콩, 오이 등 박과와 가지과 작물에 심각한 피해를 주는 것으로 알려져 있다(Miyazaki and Kudo, 1988).

오이총채벌레의 방제를 위해 애꽃노린재류, 포식응애류 등 포식자와 곤충병원성선충을 포함하는 포식 기생자, 곤충병원곰팡이와 같은 병원균이 우수한 방제 도구로 사용되어 질 수 있다(Cox et al., 2006). 이 중 *Isaria fumosoroseus*, *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae* 등과 같은 곤충병원곰팡이는 해충의 표피에 접촉, 침투하여 독성물질을 분비하거나 기주곤충의 면역을 차단하

\*Corresponding author  
E-mail: bijouhee@korea.kr

고, 혈강에서 대량증식하여 기주의 영양분을 고갈시켜 해충을 치사에 이르게 한다. 또한 증식된 곰팡이가 기주의 표피에 포자를 형성하여 2차 감염원으로 작용하는 장점을 가져 미소흡즙 해충의 방제를 위해 효과적으로 활용되고 있다 (Charmley et al., 1997). 또한 곤충병원곰팡이는 해충의 약제 저항성 발달과 관련된 mono-oxygenase와 esterase와 같은 효소의 활성을 억제함으로써 해충의 살충제 감수성을 증가시키는 작용을 한다(Kanost et al., 1990). 곤충병원곰팡이와 치사량 이하의 살충제를 혼합 또는 교호 처리함으로써 해충의 살충제 저항성 발달을 낮추고 효과적으로 해충을 방제할 수 있는 시도가 이뤄지고 있다(Ambethgar, 2009).

본 연구에서는 총채벌레를 친환경적으로 방제하기 위해 곤충병원곰팡이의 오이총채벌레 방제효과를 실내와 온실에서 검정하고, 제형화된 미생물 입제를 무농약 고추 하우스에 처리하여 총채벌레 방제효과를 검정하였다.

## 재료 및 방법

### 시험 곤충 및 작물

시험 곤충인 오이총채벌레는 국립농업과학원 작물보호과 실험실에서 분양 받아 3엽기 오이 유묘(조은백다다기오이, 동부팜농, China)가 심겨진 화분을 공급하여 온도 25°C, 광주조건 16L:8D, 상대습도 70±5% 조건에서 누대 사육하였으며, 생물검정에는 오이총채벌레 2령 유충(부화 후 10일)을 이용하였다. 온실에서 생물검정을 위해 자연 광 상태의 온실에서 자란 4-5엽기의 오이 유묘를 사용하였다.

### 실험 균주 및 미생물제

선행연구에서 분리된 곤충병원곰팡이 *I. fumosorosea* FG340균주(KACC93199P)는 감자한천배지(Potato Dextrose Agar, PDA)에 도말하여 분생포자를 분리하여 10% 글리세롤 용액에 넣어 -80°C에서 보관하였다(Han et al., 2014a). *I. fumosorosea* FG340 균주는 PDA에 접종하여 25±1°C, 14일간 배양하여 형성된 분생포자를 실험에 사용하였다.

*I. fumosorosea* FG340균주현탁액을 제오라이트볼에 접종, 배양하여 만든 *I. fumosorosea* FG340균주의 입제는 기업체(주)에코윈, 참충충)로부터 제공받아 살충효과를 실내와 포장에서 검정하였다.

### 생물검정

*I. fumosorosea* FG340균주의 살충활성을 검정하기 위해 포자가 형성된 배지에 5 ml의 멸균된 0.01% Tween 80 용액을 넣고, 유리막대로 표면을 긁어 포자를 회수한 후 거즈로 걸러 hemocytometer를 이용하여 계수하여 1×10<sup>6</sup>, 10<sup>7</sup>, 10<sup>8</sup> conidia/ml 농도의 포자현탁액을 제조하였다.

1차 오이 엽절편을 이용한 생물검정은 오이총채벌레 유충

(부화 후 10일, 2령) 10마리씩이 투입된 직경 50 mm의 오이 잎 절편에 포자현탁액을 살포하여 실시하였다. 포자현탁액 300 µl를 Plexyglass 스프레이 타워[100k PA, 직경 1.5 mm의 polyvinyl acetal cone nozzle, 스파맥스 TC-620X 패키지(콤프레샤+DH-103 에어브러쉬), China]를 이용하여 오이 잎의 앞, 뒷면에 각각 살포한 후 상온에서 30분 동안 건조하고, insect breeding dish(SPL. Cat No. 310050)에 넣고 25±1°C, 광주조건 16L:8D, 습도 90% 이상으로 5일간 유지하며 매일 사충 수를 관찰하였다. 생물검정은 3반복, 2회 수행하였다.

2차 오이 유묘를 이용한 생물검정을 위해 포자 현탁액 20 ml을 오이 유묘에 살포한 후 상온에서 30분 동안 건조한 뒤 해충 사육 텐트(BD2120-FP, 60×60×60 cm)에 넣고 오이총채벌레 유충(부화 후 10일, 2령)을 15 마리씩 투입하였다. 유리온실에서 7일간 유지하며 매일 생충 수를 관찰하였다. 사충은 붓으로 집착하였을 때 움직임이 없으며 곰팡이의 포자가 발생한 개체를 계수하였다. 대조구는 0.02% Tween 80 용액만을 처리하였다. 생물검정은 3반복, 2회 수행하였다.

*I. fumosorosea* FG340 입제의 포자 농도를 조사하기 위해 1 g의 입제를 0.02% Tween 80 100 ml에 넣어 충분히 녹여준 뒤, 10<sup>-3</sup>~10<sup>-6</sup>으로 희석하여 PDA배지에 도말하고, 4일간 배양 한 뒤 cfu를 조사하였다. 입제의 살충효과를 조사하기 위한 생물검정은 오이총채벌레 유충(부화 후 10일, 2령)을 접종한 semi-pot 형태의 오이 잎을 이용하여 실시하였다. 50 ml 플라스틱 컵에 멸균수를 적신 솜을 채워 넣은 후 직경 80 mm가 되는 오이 잎의 잎자루를 꽃아 실험에 사용하였다. *I. fumosorosea* FG340 입제의 포자현탁액은 1 g의 입제를 0.02% Tween 80 100 ml과 200 ml에 각각 넣어 충분히 흔들어 녹여준 뒤, 거즈로 걸러 준비하였다. 1 ml의 포자현탁액을 오이 잎의 앞, 뒷면에 각각 살포한 후 상온에서 30분 동안 건조한 뒤, 오이총채벌레 유충 10마리를 접종하여 25°C, 광주조건 16L:8D, 습도 90% 이상으로 5일간 유지하며 매일 사충 수를 관찰하였다. 생물검정은 3반복, 3회 수행하였다. *I. fumosorosea* FG340균주의 살충효과는 균일한 개체수로 실험했을 때 분석에 활용되는 Schneider-Orelli formula에 의해 보정살충율로 계산되어졌다(Püntener, 1981).

*I. fumosorosea* FG340 입제의 총채벌레에 대한 포장 검정은 논산(부적면 감곡리)의 무농약 고추농가를 섭외하여 실험하였다. 농가의 연동하우스(1000평)의 고추[품종: 불갈라(홍농씨앗)]는 4월 11-15일에 정식되었다. 총채벌레의 발생 조사는 6월 5일부터 10월 22일까지 매주 1회 실시하였다. 처리구 당 15개 반복 지점에서 자연 발생한 총채벌레 생충 수(0: 발생 무, 1: 1-2마리, 3: 3-5마리, 5: 6-9마리, 7: 10-15마리, 9: 16마리 이상/ 꽃)를 농업과학기술 연구조사분석기준에 따라 조사하였는데 고추 주 당 꽃 3개(상, 중, 하)를 대상으로 실시하였다(RDA, 2003). 시험은 난괴법 3반복으로 실시하였다. 처리별 생충 수는 사전 밀도 조사와 동일한 지

점에서 미생물 처리 7일 후에 각각 조사하였다. 6월 25일 조사결과 총채벌레의 밀도가 높은 것으로 조사되어 해충 발생 조사 후 *I. fumosorosea* FG340 입제를 처리하였다. *I. fumosorosea* FG340 입제 100 g을 1 L의 수돗물에 넣고 흔들어서 충분히 현탁시킨 다음 19 L의 수돗물에 추가하여 분무액을 제조하였으며 제조된 현탁액은 동력분무기를 이용하여 살포되었다. 분무액의 포자현탁액 농도는  $1 \times 10^7$  포자수/ml였다. *I. fumosorosea* FG340 처리는 6월 25일부터 10월 15일까지 주 1회 분무 살포하였으며 대조구는 농가에서 관행적으로 처리하는 식물추출물, 식물유래 오일 등 해충 관리용 유기농자재를 주 1회 처리하였다. 실험 기간 동안 온실의 평균 온도는  $22.6^\circ\text{C}$  (최대  $28.2^\circ\text{C}$ , 최소  $19.8^\circ\text{C}$ ), 상대습도는 평균 55.2% (최대 65.3%, 최소 38.0%)였다. 무농약 고추 하우스에서의 *I. fumosorosea* FG340 입제의 보정살충율은 실험 개체의 수가 한정적이지 않은 생물검정 결과의 분석에 활용되는 Henderson-Tilton's formula로 계산했다 (Henderson and Tilton, 1955).

### 통계처리

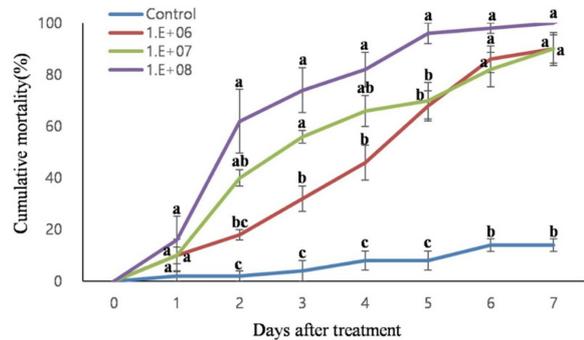
각 처리 간의 차이를 비교하기 위하여 PROC GLM(SAS Institute, version 9.2)을 이용하여 분석하였다. 분석은 각 반복을 종합하여 분석하였으며, 처리 간의 차이는 Tukey's studentized range (HSD)를 이용하여 분석하였다.

### 결 과

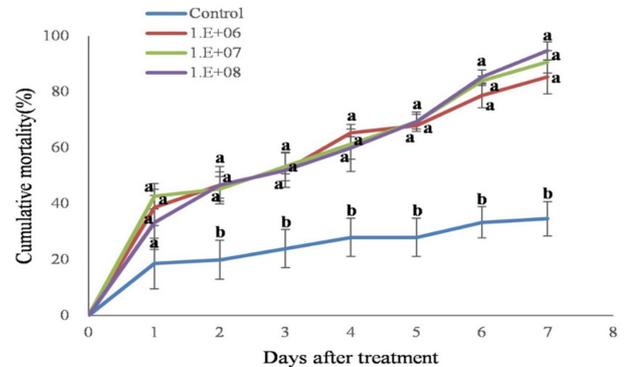
*I. fumosorosea* FG340 균주의 오이총채벌레에 대한 살충효과를 알아보기 위해 오이 엽절편을 이용한 생물검정을 실시한 결과, *I. fumosorosea* FG340 균주를  $1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^8$  포자 수/ml 농도로 처리하였을 때 오이총채벌레의 누적살충율은 처리 4일 후  $46.0 \pm 6.8\% \sim 82.0 \pm 6.6\%$  ( $df=3, 23, F=29.13, P<0.001$ ), 처리 7일 후  $90.0 \pm 5.5\% \sim 100.0 \pm 0.0\%$  ( $df=3, 23, F=83.98, P<0.001$ )였으며 무처리구의 누적살충율은 처리 4일 후  $8.0 \pm 3.7\%$ , 7일 후  $14.0 \pm 2.5\%$ 였다. 무처리구의 살충율을 반영한 처리구의 보정살충율은 처리 4일차  $40.1 \pm 9.5 \sim 80.6 \pm 7.3\%$ , 처리 7일차에는  $88.1 \pm 6.9\% \sim 100.0 \pm 0.0\%$ 였다(Fig. 1A).

*I. fumosorosea* FG340 균주의 살충효과를 온실에서 검정하기 위해 오이 유묘를 이용한 생물검정을 실시하였다. *I. fumosorosea* FG340균주 현탁액( $1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^8$  포자 수/ml)을 처리한 오이총채벌레의 누적살충율은 처리 4일차  $60.0 \pm 8.4\% \sim 65.3 \pm 1.3\%$  ( $df=3, 23, F=8.08, P=0.0017$ ), 처리 7일에는  $85.3 \pm 6.1\% \sim 94.7 \pm 3.3\%$  ( $df=3, 23, F=31.04, P<0.001$ )로 나타났으며 무처리구의 살충율을 반영한 처리구의 보정살충율은 처리 7일차에  $73.3 \pm 11.3 \sim 90.6 \pm 5.8\%$ 로 나타났다(Fig. 1B). *I. fumosorosea* FG340균주의 온실에서

(A)



(B)



**Fig. 1. Insecticidal activity of *Isaria fumosorosea* FG340 against *Thrips palmi* 2<sup>nd</sup> instar juveniles.** Different concentrations of *Isaria fumosorosea* FG340 ( $1 \times 10^6, 10^7, 10^8$  conidia/ml) was treated on cucumber leaf disc in laboratory (A) and greenhouse (B). Control was treated with 0.02% Tween 80 solution. Data were analyzed using ANOVA ( $p < 0.001$ ), and the differences were further elucidated using Tukey's studentized range test. Different letters above line indicate significant differences at  $p < 0.001$  at each time point.

의 살충효과는 기내에서와 같이 우수한 것으로 나타났다.

이러한 우수한 방제효과가 있는 *I. fumosorosea* FG340 균주를 입제 형태의 제형으로 제조하여 그 효과를 기내와 농가 포장에서 확인하였다. *I. fumosorosea* FG340 입제의 포자 농도는 1 g 당  $2.7 \times 10^9$  포자 이었으며 입제를 100배, 200배 희석하여 오이총채벌레가 투입된 semi-pot형태의 오이 잎에 살포한 결과 처리 5일 후 각각  $64.2 \pm 5.7\%, 69.8 \pm 3.6\%$  ( $df=2, 26, F=94.82, P<0.0001$ ), 처리 7일 후 각각  $71.1 \pm 1.2\%, 88.4 \pm 3.3\%$  ( $df=2, 26, F=133.21, P<0.0001$ )의 보정살충율을 나타내어 입제의 살충효과도 *I. fumosorosea* FG340균주 자체의 효과만큼 우수한 것으로 나타났다(Table 1).

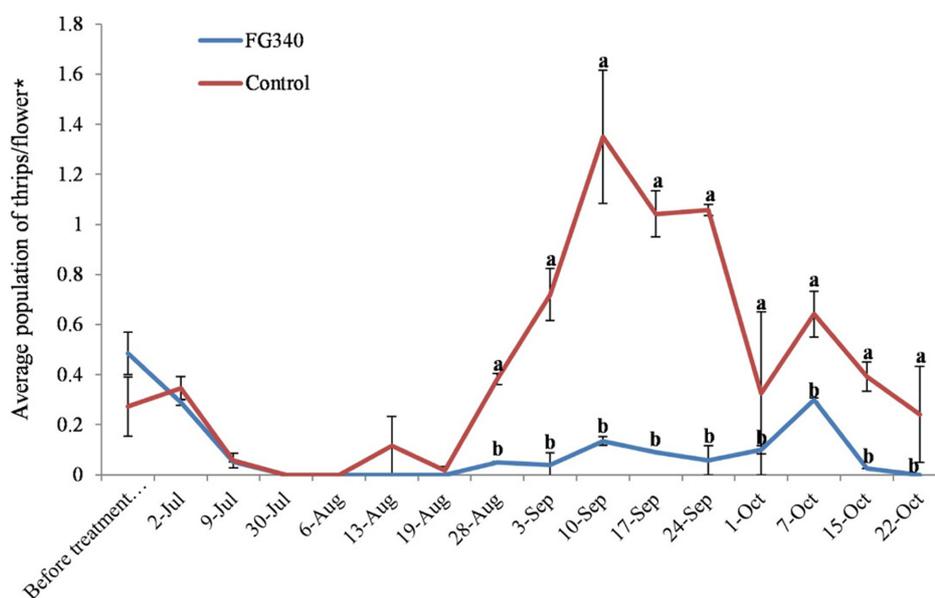
*I. fumosorosea* FG340 입제의 총채벌레 방제효과를 포장에서 검정하기 위해 논산 무농약 고추 농가의 하우스에 발생하는 총채벌레의 밀도를 조사하였다. 고추 농가에 발생한

**Table 1.** Insecticidal activity of pellet formulated *Isaria fumosorosea* FG340 against *Thrips palmi* 2<sup>nd</sup> instar juveniles

Days after treatment	Cumulative mortality (%)		
	Control	FG340 (100X)	FG340 (200X)
1	5.6 ± 1.8 b	31.1 ± 4.2 a	30.0 ± 5.0 a
2	5.6 ± 1.8 b	42.2 ± 7.0 a	36.7 ± 5.8 a
3	8.9 ± 1.1 c	54.4 ± 4.7 a	41.1 ± 3.5 b
4	10.0 ± 0.0 c	65.6 ± 2.4 a	53.3 ± 1.7 b
5	12.2 ± 1.5 b	73.3 ± 3.3 a	68.9 ± 4.8 a
6	16.7 ± 1.7 c	83.3 ± 1.7 a	70.0 ± 3.0 b
7	20.0 ± 3.0 c	90.0 ± 3.0 a	76.7 ± 1.7 b

Control was treated with 0.02% Tween 80 solution. Data were analyzed using ANOVA ( $p < 0.001$ ), and the differences were further elucidated using Turkey's studentized range test. Different letters above line indicate significant differences at  $p < 0.001$  at each time point.

(A)



(B)

Date	19-Aug	28-Aug	3-Sep	10-Sep	17-Sep	24-Sep	1-Oct	7-Oct	15-Oct
Corrected mortality(%)	92.7	96.9	94.4	95.1	96.9	82.7	73.7	96.4	100.00
df	1, 347	1, 362	1, 308	1, 395	1, 386	1, 359	1, 239	1, 221	1, 239
F	44.62	132.14	166.78	127.35	194.82	20.16	11.36	29.0	24.54
p>F	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0009	<0.0001	<0.0001

\* Population of thrips was recorded with index : 0: 0, 1: 1-2, 3:3-5, 5: 6-9, 7: 10-15, 9: more than 16 thrips per flower.

Data were analyzed using ANOVA ( $p < 0.001$ ), and the differences were further elucidated using Turkey's studentized range test. Different letters indicate significant differences at  $p < 0.001$  at each time point.

**Fig 2. Insecticidal activity of formulated *Isaria fumosorosea* FG340 against thrips at pepper in plastic house.** Formulated *I. fumosorosea* FG340 was diluted 200 times and sprayed every week. Control was treated with commercialized organic insecticide. Average population of thrips / flower (A) was counted and corrected mortality (B) was calculated by Henderson-Tilton's formula. Data were analyzed using ANOVA ( $p < 0.0001$ ), and the differences were further elucidated using Turkey's studentized range test. Different letters above line indicate significant differences at  $p < 0.001$  at each time point.

총채벌레의 형태를 실체현미경으로 조사한 결과 꽃노랑총채벌레로 확인되었으며 2020년 6월 25일에 고추 유묘에 발생한 총채벌레의 밀도가  $0.82 \pm 0.4$ /꽃으로 다소 높은 밀도로 발생하여 *I. fumosorosea* FG340 입제를 처리하기 시작하였다. 처리 이후 총채벌레의 밀도는 관행 처리구와 미생물 처리구에서 모두 낮은 밀도로 유지되다가 8월 28일부터는 관행 처리구에서 총채벌레 밀도가 급격히 증가하는 것으로 조사되었다. 8월 28일 ~ 10월 22일 기간 동안 처리구에 발생한 총채벌레는  $0.00 \sim 0.33$ /꽃으로 낮은 밀도로 유지되었지만 관행 처리구의 총채벌레 발생은 8월 19일 이후 급격히 증가하여 9월 10일에는  $1.35$ /꽃 밀도로 발생하였다. 8월 28일 ~ 10월 22일 기간 동안의 관행처리 대비 미생물 처리구의 보정 살충율은  $92.7\% \sim 100\%$ 인 것으로 나타나 *I. fumosorosea* FG340의 총채벌레 방제효과가 매우 뛰어난 것으로 나타났다(Fig. 2). 고추하우스에서의 실험은 10월 22일 이후 고추의 작기가 종료됨에 따라 마무리 되었다.

## 고 찰

작물 생산에 있어서 문제가 되는 총채벌레를 방제하기 위해 다양한 계열의 화학 살충제가 사용되지만 반복된 사용으로 총채벌레의 약제저항성이 빠르게 발달하고 있다. Jeon et al. (2017)에 따르면 국내 7지역의 오이총채벌레가 neonicotinoid계통 약제에 대해 약제저항성이 발달하였으며 교차저항성 형성으로 방제 약제에 관한 관리가 필요한 것으로 나타났다. 약제저항성으로 방제가 어려운 총채벌레를 효과적으로 방제하기 위한 수단으로 방제 기작이 다른 생물학적 방제법을 활용할 수 있다. 다른 생물에는 영향을 없으며 해충에만 선택적으로 작용하는 곤충병원균팡이 *Verticillium lecanii* 처리로 오이총채벌레 유충을 42.9% 방제하였으며, *Beauveria bassiana* BbH, *B. bassiana* BbHa, *I. fumosoroseus* 97 균주는 온실의 오이총채벌레를  $24.2 \pm 0.8\%$ ,  $12.9 \pm 0.3\%$ ,  $0.2 \pm 0.2\%$  방제하였다(Castineiras et al., 1996; Cuthbertson et al., 2005). 또한 오이총채벌레를 효과적으로 방제하기 위해 종합방제체계 구축을 위한 전략으로 화학살충제와 생물학적 방제제를 교호 처리하는 방법도 제시되고 있다. Imidacloprid와 *V. lecanii*, 곤충병원성 선충인 *Steinernema feltiae*을 교호 처리하였을 때의 오이총채벌레 방제 효과는 83%로 화학살충제인 imidacloprid을 단독으로 처리(32%)했을 때보다 우수한 것으로 나타났다(Cuthbertson et al. 2005). *I. fumosorosea* FG340균주는 오이 엽절편을 활용한 실내 검정과 오이 포트를 활용한 온실검정에서 오이총채벌레를  $73.3 \pm 11.3\% \sim 88.1 \pm 6.9\%$  방제하는 것으로 나타나 화학살충제와 다른 생물적 방제 수단을 이용했을 때 보다 효과적으로 오이총채벌레를 방제할 수 있는 것으로 나타났다. 곤충병원균팡이는 곤충의 표피에 부착, 발아하여 해충을 침투

하기 때문에 처리 온·습도에 따라 살충효과가 달라질 수 있지만 선형연구 결과에 따르면 *I. fumosorosea* FG340균주는 45%의 낮은 습도에서도 높은 살충효과를 나타내어 습도의 영향을 덜 받는 것으로 나타났다(Han et al., 2014b). 이러한 특성 때문에 상대적으로 습도가 낮은 온실조건에서도 실내 생물검정의 결과와 유사한 우수한 살충효과를 나타낸 것으로 생각된다.

오이총채벌레에 대해 우수한 방제효과를 나타내는 *I. fumosorosea* FG340 균주의 산업화를 위해 입제 제형을 제작하여 총채벌레에 대한 살충효과를 연구실과 농가에서 검정하였다. 기내에서 *I. fumosorosea* FG340 입제를 200배 희석 분무 처리한 결과 오이총채벌레를  $71.1 \pm 1.2\%$  방제하는 것으로 나타나 균주를 배양하여 처리하였을 때와 비슷한 결과를 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 기내 생물검정을 통해 살충효과가 확인된 입제를 무농약 고추 농가에 적용하여 미생물제로의 상용화 가능성을 확인하였다. 무농약 농가에서 실험하여 대조구로 화학살충제를 처리할 수 없었지만 기존 농가에서 살충을 위해 처리하는 유기농업자재 처리구를 대조구로 설정하여 현장 실증하였다. 총채벌레 밀도가 증가한( $0.82 \pm 0.4$ ) 6월 25일부터 일주일 간격으로 *I. fumosorosea* FG340 입제를 200배 희석하여 분무 살포한 결과 농가 처리 유기농친환경자재 대비  $92.7\% \sim 100\%$ 의 방제효과를 나타냈다. 이러한 곤충병원균팡이의 우수한 방제효과는 다른 문헌에서도 확인된다. Ahmed and El-Mogy (2011)의 포장실험 결과에서는 *B. bassiana*를 양파의 생육기와 개화기에 처리하였을 때 과총채벌레(*Thrips tabaci*)를 70.4%, 85.3% 방제하여 화학살충제인 Malathion (87.2%, 86.5%) 보다 더욱 효과적으로 총채벌레를 방제하는 것으로 나타났고, *B. bassiana* SZ-26 균주 또한 양파의 과총채벌레 성충과 유충을 효과적으로 방제하는 것으로 나타났다(Ahmed and El-Mogy, 2011; Wu et al., 2013). Maniania et al. (2003)의 결과에 따르면 *Metarhizium anisopliae*와 유기인계 살충제인 Dimethoate를 각각 양파에 처리 하였을 때 과총채벌레를 방제하는 효과는 비슷하게 나타났으나 총채벌레를 제외한 포식성 딱정벌레, 기생벌 등의 천적과 다른 곤충의 밀도를 조사한 결과 *Metarhizium anisopliae* 처리구에서는 처리 전 밀도와 비슷한 것과 대조적으로 Dimethoate 처리구에서는 밀도가 감소하는 것으로 나타났다(Maniania et al., 2003). 꽃노랑총채벌레를 효과적으로 방제하는 *B. bassiana* 역시 꽃노랑총채벌레의 천적인 포식성응애에는 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다. 이렇듯 곤충병원균팡이는 생태계에는 영향을 미치지 않고 해충을 효과적으로 방제하기 위해 활용될 수 있다. 따라서 살충효과가 우수한 곤충병원균팡이 *I. fumosorosea* FG340 균주를 처리함으로써 농가에서 문제가 되는 총채벌레를 효과적으로 관리할 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 국립농업과학원의 기관고유사업(PJ01427101)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## Authors Information and Contributions

Ji Hee Han, Agricultural Microbiology Division, National Institute of Agricultural Sciences, Researcher Ph. D., <https://orcid.org/0000-0002-7399-024x>

Hye Ju Jeong, Agricultural Microbiology Division, National Institute of Agricultural Sciences, Researcher

Moran Lee, Agricultural Microbiology Division, National Institute of Agricultural Sciences, Researcher

Sung Nam Choi, Agricultural Microbiology Division, National Institute of Agricultural Sciences, Researcher

Dayeon Kim, Agricultural Microbiology Division, National Institute of Agricultural Sciences, Researcher

Seongho Ahn, Agricultural Microbiology Division, National Institute of Agricultural Sciences, Researcher

Jin Woo Park, Agricultural Microbiology Division, National Institute of Agricultural Sciences, Senior Researcher Ph. D.

Conceptualization and funding acquisition : Jin Woo Park, Ji Hee Han

Data curation: Dayeon Kim, Seongho Ahn

Formal analysis: Hye Ju Jeong, Moran Lee, Sung Nam Choi

Plan, supervise the entire experiment and writing original draft: Ji Hee Han

## 이해상충관계

저자는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

## Literature cited

- Ahmed SS, El-Mogy MM, 2011. Field evaluation of some biological formulations against *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) in onion. *World Appl. Sci. J.* 14(1):51-58.
- Ambethgar V, 2009. Potential of entomopathogenic fungi in insecticide resistance management (IRM): A review. *J. Biopestic.* 2(2):177-193.
- Ananthkrishnan T, 1993. Bionomics of thrips. *Annu. Rev. Entomol.* 38(1):71-92.
- Castineiras A, Pena JE, Duncan R, Osborne L. 1996. Potential of *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) as biological control agents of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae). *Florida Entomol.* 79(3):458-461.
- Charnley AK., 1997, Entomopathogenic fungi and their role in pest control, *The mycota IV environmental and microbial relationships*, Berlin, Springer., pp.185-201.
- Choi BR, Park HM, Yoo JK, Kim SG, Baik CH, et al., 2005. Monitoring on insecticide resistance of major insect pests in plastic house. *Korean J. Pestic. Sci.* 9(4):380-390. (In Korean)
- Cox PD, Matthews L, Jacobson RJ, Cannon R, MacLeod A, et al., 2006. Potential for the use of biological agents for the control of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) outbreaks. *Biocontrol Sci. and Techn.* 16(9):871-891.
- Cuthbertson AGS, North JP, Walters KFA, 2005. Effect of temperature and host plant leaf morphology on the efficacy of two entomopathogenic biocontrol agents of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae). *Bull. Entomol. Res.* 95(4):321-327.
- Demirozer O, Tyler-julian K, Funderburk J, Leppla N, Reitz S, 2012. *Frankliniella occidentalis* (Pergande) integrated pest management programs for fruiting vegetables in Florida. *Pest Manag. Sci.* 68(12):1537-1545.
- Han JH, Kim JJ, Lee SY, 2014a. Insecticidal activity of *Metarhizium anisopliae* FT83 against the different stages of beet armyworm, *Spodoptera exigua*. *Korean J. Pestic. Sci.* 18(4):417-421. (In Korean)
- Han JH, Jin BR, Kim JJ, Lee SY, 2014b. Virulence of entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* for the microbial control of *Spodoptera exigua*. *Mycobiol.* 42(4):385-390.
- Henderson CF, Tilton EW, 1955. Tests with acaricides against the brow wheat mite, *J. Econ. Entomol.* 48(2):157-161.
- Jeon SW, Park BY, Park SK, Lee SK, Ryu HJ et al., 2017. Establishment of Discriminating concentration based assessment for insecticide resistance monitoring of palm thrips. *Korean J. Environ. Biol.* 35(4):557-565. (In Korean)
- Kirk DJ, Terry LI, 2003. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agric. Forest Entomol.* 5(4):301-310.
- Kanost MR, Kawooya JK, Law JH, Ryan RO, Van Heusden MC et al., 1990. Insect hemolymph protein. *Adv. In insect Phys.* 22:299-396.
- Lewis T, 1997. Thrips as crop pests. Wallingford Ltd., CAB International, UK. pp.740.
- Maniania NK, Sithanatham S, Ekesi S, Ampong-Nyarko K, Baumgartner J, et al., 2003. A field trial of the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae* for control of onion thrips, *Thrips tabaci*. *Crop Prot.* 22(3):553-539.
- Miyazaki M, Kudo I, 1988. Bibliography and host plant catalogue of Thysanoptera of Japan. *Miscellaneous Publications of the National Institute of Agro-Environ. Sci.* 3:1-246.
- Morishita M, 1993. Toxicity and synergism of some insecticides

- against larvae of *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae). Jpn. J. Appl. Ent. Zool. 37(3):153-157.
- Pelikan J, 1998. *Thrips palmi* (Thysanoptera) threatens Europe an glasshouse crops. Plant Protection-UZPI 34(1):39-42.
- Püntener W, 1981. Manual for field trials in plant protection second edition. Agricultural Division, Ciba-Geigy Limited, Basel, Switzerland. pp.205.
- RDA(Rural Development Administration), 2003. Standard of analysis and survey for agricultural research. Suwon, Korea. pp.475. (In Korean)
- Ulman DE, Sherwood JL, German TL, 1997. Thrips as vectors of plant pathogens. In: Lewis T, editors. Thrips as crop pests. Wallingford, UK: CAB International. pp.539-565.
- Wu S, Gao Y, Xu X, Zhang Y, Wang J, et al., 2013. Laboratory and greenhouse evaluation of a new entomopathogenic strain of *Beauveria bassiana* for control of the onion thrips *Thrips tabaci*. Biocon. Sci. Tech. 23(7):794-802.

## ○ ..... ○ 오이총채벌레 방제를 위한 곤충병원곰팡이 *Isaria fumosorosea* FG340

한지희\* · 정혜주 · 이모란 · 최성남 · 김다연 · 안성호 · 박진우

농촌진흥청 국립농업과학원 농업미생물과

**요 약** 오이총채벌레는 시설하우스에서 가장 문제가 되는 해충 중 하나이지만 화학 살충제의 반복 처리로 인한 살충제 내성 발현으로 농가에서의 방제가 어려운 실정이다. 본 연구에서는 총채벌레의 방제를 위해 화학 살충제의 대체제로 사용될 수 있는 곤충병원성곰팡이 *I. fumosorosea* FG340의 오이총채벌레에 대한 살충효과를 실험실과 온실에서 검정하고 *I. fumosorosea* FG340입제를 제작하여 그 효과를 무농약 고추농가에서 확인하였다. *I. fumosorosea* FG340균주를 오이총채벌레에 처리하였을 때, 기내실험에서는 처리 7일 차  $88.1 \pm 6.9\% \sim 100.0 \pm 0.0\%$  살충 효과를 나타냈고 온실에서는  $73.3 \pm 11.3 \sim 90.6 \pm 5.8\%$ 의 방제효과를 나타냈다. *I. fumosorosea* FG340 입제를 무농약 고추 하우스에 주 1회 처리한 결과 총채벌레를  $92.7\% \sim 100\%$  방제하였다. 따라서 곤충병원곰팡이 *I. fumosorosea* FG340는 총채벌레를 방제하기 위한 효과적인 방제제로 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

**색인어** 곤충병원곰팡이, 적강균, 오이총채벌레

○ ..... ○