

친환경 농자재와 곤충병원성 곰팡이 *Isaria javanica*의 처리 간격이 담배가루이(*Bemisia tabaci*) 방제에 미치는 영향*

이병주** · 한지희** · 황정화** · 김정준*** · 이상엽**

Influence of Pre-treated Eco-friendly Agricultural Materials on Control Efficacy of *Isaria javanica* Isolate against Sweet Potato Whitefly (*Bemisia tabaci*)

Lee, Byung-Ju · Han, Ji-Hee · Huang, Jeong-Hwa ·
Kim, Jeong-Jun · Lee, Sang-Yeob

For effective control of insect pest which can outbreak in a field during crop cultivation, various control agents such as eco-friendly agricultural materials (EFAM) including microbial control agents and chemical pesticides have been applied at fields and these control agents may be treated simultaneous or sequential in the same field to suppress diverse pests and diseases. The agents may influence each other and control efficacy may also differ from interactions. Therefore we need to test compatibility of microbial control agents with other agricultural agents. In this study, we investigated influence of pre-treated EFAMs, which are registered for whitefly control in greenhouse, on germination, mycelial growth and control efficacy of *Isaria javanica* isolate against sweet potato whitefly. The results showed that a mixture of paraffin oil+cinnamon oil among 4 EFAMs highly reduced germination ($8.9\pm 1.3\%$ ~ $24.5\pm 0.9\%$) and mycelial growth ($0.81\pm 0.01\text{cm}$ ~ 0cm) of *I. javanica*. To investigate the effects of the treatment interval between EFAMs and *I. javanica* on sweet potato whitefly control, four different EFAMs were pre-treated 0, 1, 4, and 7 days before applying *I. javanica*. Pre-treatment of four EFAMs inhibited insecticidal activity of *I. javanica* against sweet potato whitefly. Therefore when EFAMs and a mycopesticide using *I. javanica* spray simultaneous or sequential, application of EFAMs need more than 7 days interval after treatment of mycopesticide at field.

Key words : eco-friendly agricultural material, entomopathogenic fungi, microbial control, sweet potato, treatment interval, whitefly

* 본 연구는 국립농업과학원의 기관고유사업(PJ01004902)의 지원에 의해 수행되었습니다.

** 농촌진흥청 국립농업과학원

*** Corresponding author, 농촌진흥청 국립농업과학원, +82-63-238-3051(jjkim66@korea.kr)

I. 서 론

담배가루이(*Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae))는 토마토, 고추, 가지, 오이 등 600 여종 이상의 식물(Oliveira et al., 2001)을 직접 흡즙하거나 식물바이러스병을 매개하여 큰 피해를 주는 경제적으로 매우 중요한 해충이다(Jones, 2003; De Barro et al., 2011). 담배가루이는 24가지의 생물형을 가지고 있는 것으로 알려지고 있으며(Perring, 2001), 이중 생물형 Q타입이 전 세계적으로 분포되어 큰 피해를 주고 있다. 국내에서 담배가루이 Q타입은 2005년 오이, 장미, 파프리카, 토마토 등이 재배되는 온실에서 최초로 발견되었으며(Lee et al., 2005), 2007년 약제저항성 개체가 보고되었다(Kim et al., 2007). 가루이류 방제를 위해서는 화학농약뿐만 아니라 식물성 정유를 포함한 다양한 친환경 유기농자재가 사용되고 있으나(Li et al., 2004; Samson et al., 2005; Isman et al., 2011), 특히 담배가루이의 경우 약제에 대한 저항성 발현이 매우 빨라 방제에 큰 어려움을 겪고 있다. 따라서 가루이류 방제를 위해서는 저항성 발현의 우려가 없거나 낮은 생물적 방제제와 그 이용법 개발이 중요하다.

해충의 생물적 방제를 위해 세균, 바이러스, 곰팡이 등 미생물이 이용되고 있으며, 특히 가루이와 같은 흡즙성 해충 방제를 위해서 곤충병원성 곰팡이가 많은 나라에서 사용되고 있다(Sundh and Goettel, 2013). 담배가루이 방제용으로 알려진 곤충병원성 곰팡이로는 *Beauveria bassiana*, *Isaria javanica* 등 7종이 보고되어 있으며(Zhu and Kim, 2011), 해외에서 시설하우스나 노지 발생 가루이류 해충 방제를 위해 상업적으로 개발되어 사용되고 있는 곰팡이 살충제로는 42제품이 알려져 있다(Faria and Wraight, 2007). 그러나 곰팡이 살충제를 이용한 해충 방제가 농업 현장에서 항상 성공적으로 이용되는 것은 아니다. 예를 들어, 많은 종류의 화학농약들, 특히 식물병 방제에 일반적으로 사용되는 광범위 살균제는 곤충병원성 곰팡이에도 유해하다고 보고되었다(Gatarayih et al., 2010). 일부 살충제와 살균제는 해충방제에 이용되는 *B. bassiana*의 살충 활성을 저해하거나 자연 발생 및 감염을 억제하는 것으로도 알려져 있다(Kouassi et al., 2003a, b; Thompson and Brandenburg, 2006; Shah et al., 2009).

그러나 곤충병원성 곰팡이와 다른 방제제가 상호 보완적으로 작용하여 살충제나 살균제 사용량을 감소시킬 수도 있으며, 방제 효율을 증가시켜 해충의 저항성 발현 위험과 화학농약의 사용량을 줄임으로써 환경오염을 감소시킬 수 있다(Mohan et al., 2007; Al-Mazra'awi et al., 2009). 한편, 농민들은 방제비용 및 노동력 절감과 방제 효율 증진을 위해 여러 종류의 방제제를 혼합하여 살포하기도 한다. 따라서 살균제, 살충제, 미생물 방제제가 단일 또는 다종의 병해충 방제를 위해 동시에 또는 순차적으로 살포될 수 있다. 따라서 성공적인 병해충 종합방제(integrated pest management, IPM)를 위해서는 작물에 발생하는 병해충 방제제의 상호 영향에 대한 점검이 필요하다. 특히 병해충 종합방제를 위해 사용되는 미생물

살충제의 경우, 사용 전 해당 작물에 사용되는 살충제 또는 살균제에 대한 저항성 또는 감수성에 대한 조사가 필요하다. 본 연구에서는 국내 친환경 유기농자재로 등록된 가루이류 방제용 친환경 농자재 4종이 담배가루이 방제용 친환경 유기농자재로 개발된 곰팡이 *I. javanica* 균주의 포자 발아, 균사 성장 및 처리시기에 따른 방제효율에 미치는 영향을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 곰팡이

본 연구를 위해 담배가루이 방제용으로 선발된 곤충병원성 곰팡이 *Isaria javanica* Pf04 균주(미생물 수탁번호 : KACC93122P)가 사용되었다(Zhu and Kim, 2011). *I. javanica* Pf04 균주는 감자한천배지(Patato Dextrose Agar, PDA)에 배양하여 형성된 분생포자를 분리하여 10% 글리세롤 용액에 넣어 -80°C 에 보관하였다. 균주는 필요시 PDA 배지에 접종, 25°C 에서 10~15일 배양하여 포자현탁액을 만들어 실험에 사용하였다. 포자현탁액은 포자가 형성된 배지에 5 ml의 멸균된 0.01% Tween 80 용액을 넣고 유리막대로 표면을 긁어 포자를 회수한 후 거르로 걸러 제조하였다. 포자현탁액의 농도는 hemocytometer를 이용하여 계수하고 필요한 농도의 용액을 제조하였다.

2. 실험 곤충

담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 국립농업과학원 농업미생물과 해충사육실($25\pm 1^{\circ}\text{C}$, 광주기 14h L : 10h D)에서 가지를 이용하여 누대 사육하였다. 생물검정을 위한 성충은 곤충 사육용 플라스틱 케이지에 파종 40일된 가지와 성충을 넣고 18시간 동안 산란을 받은 후 성충을 모두 제거하고 25일간 사육하여 우화 5일 이내의 충을 만든 후 사용하였다.

3. *I. javanica* 균주의 포자 발아 및 균사 성장에 대한 살충제의 영향

시설재배지에서 가루이류 방제를 위해 등록된 식물추출물을 이용한 4종의 해충 방제용 친환경 유기농자재 A(파라핀오일(94%)+계피오일(3%), (주)두에니), B(대두유(43%), 영농조합법인 카프바이오), C(넙추출물(8%)+참깨오일(44.5%), (주)아리스타라이프사이언스코리아), D(채종유(95%), (주)대유)가 담배가루이 방제용으로 등록된 곰팡이 이용 친환경 유기농자재(*I. javanica* Pf04 이용)의 포자 발아 및 균사 성장에 미치는 영향을 조사하였다. Pf04

균주의 포자 발아에 미치는 영향 조사를 위해 위에서 언급한 4종의 유기농자재를 멸균된 0.05% Tween 80 용액을 이용하여 추천농도, 추천농도의 2배액, 1/2 배액의 용액을 제조하여 포자현탁액(1×10^5 conidia/ml)과 혼합하고 1.5% agar 배지(30 mm Petri dish)에 $10 \mu\text{l}$ 씩 접종하여 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 16시간 배양한 후 lactophenol cotton blue 용액을 떨어뜨려 균 성장을 정지시킨 후 광학현미경을 이용하여 발아율을 조사하였다. 무처리는 친환경 유기농자재와 혼합하지 않는 포자현탁액(1×10^5 conidia/ml)을 위와 같이 접종하여 발아율을 조사하였다. 포자는 발아관의 길이가 포자의 폭과 같거나 길면 발아한 것으로 조사하였다. 200개의 포자가 각 플레이트에서 조사되었고, 한 반복 당 3개의 플레이트를 조사하였다. 본 실험은 각기 다른 포자 배양액을 이용하여 3회의 각기 다른 시기에 반복되었다.

가루이 방제용 친환경 유기농자재가 *I. javanica* 균주의 군사 성장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 포자 발아 실험에 사용한 것과 동일한 친환경 유기농자재와 농도 그리고 포자현탁액을 사용하였다. 각 농도의 친환경 유기농자재와 포자현탁액을 혼합한 후 $5 \mu\text{l}$ 의 혼합액(포자 최종농도 1×10^5 conidia/ml)을 1.5% agar 배지(90 mm Petri dish) 중앙에 접종하고 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 7일간 배양한 다음 군사 성장을 digital micrometer caliper (Spark Fun Electronics, Niwot, Colorado, USA)를 이용하여 조사하였다. 무처리는 친환경 유기농자재와 혼합하지 않는 포자현탁액(1×10^5 conidia/ml)을 위와 같이 접종하여 군사 성장을 조사하였다. 본 실험은 반복 당 5개의 다른 플레이트 이용하여 3회의 다른 시기에 수행되었다.

4. 친환경 농자재 전처리에 따른 *I. javanica* 균주의 담배가루이 방제효과

친환경 농자재의 전처리 경과 시간이 *I. javanica* 균주의 담배가루이 방제효과에 미치는 영향을 조사하기 위하여 담배가루이 성충을 이용하여 생물검정을 하였다. 위 실험에서 사용된 4종의 가루이 방제용 친환경 유기농자재는 멸균된 0.05% Tween 80 용액을 이용하여 추천농도와 추천농도의 2배액으로 제조하여 소형분무기를 이용하여 15일간 키운 가지에 5 ml 씩 분무 처리하였다. 친환경 농자재 처리 가지를 작물 재배 온실에서 0, 1, 4, 7일간 키운 후 *I. javanica* 포자현탁액(1×10^8 conidia/ml)을 5 ml 씩 분무 처리하고, 무처리 시험구로 0.05% Tween 80을 분무 처리하였다. 친환경 유기농자재 처리 0, 1, 4, 또는 7일 후 포자현탁액이 처리된 가지는 실온에서 1시간동안 건조하여 플라스틱 상자(직경 $10 \text{ cm} \times$ 높이 15 cm , 뚜껑에 직경 3 cm 의 망사로 덮인 구멍이 있음)에 넣고 우화 5일 이내의 담배가루이 성충을 각 20마리씩 접종하였다. 생물검정은 담배가루이 성충과 가지가 들어있는 플라스틱 케이지를 항온실($25 \pm 1^\circ\text{C}$, 광주기 L:D 16:8)에 있는 대형 플라스틱 케이지($40 \times 40 \times 35 \text{ cm}$)에 넣고 1, 3, 5, 7일 후에 담배가루이 생존율을 조사하였다. 각 유기농자재의 처리 농도마다 3주의 식물을 생물검정에 이용하였으며, 3회 각기 다른 시기에 실험을 반복하여 수행하였다.

5. 통계 분석

처리간의 차이는 SAS사의 통계 패키지(SAS 9.3) 중 PROC GLM을 이용하여 분석되었다. 분석은 각 실험의 평균을 종합하여 실시하였으며, 유의한 차이를 보이는 결과에 대해서는 Duncan의 다중비교를 이용하여 사후 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

대부분의 시설 재배 작물에서 문제가 되는 해충인 담배가루이를 방제하기 위해 국내에 등록된 가루이 방제용 친환경 유기농자재와 담배가루이 방제용으로 개발된 곤충병원성 곰팡이 *I. javanica* 균주의 혼용가능 여부를 판단하기 위하여 4종의 친환경 유기농자재가 *I. javanica* 균주의 포자 발아와 균사 성장에 미치는 영향, 그리고 친환경 유기농자재와 포자 현탁액의 처리 간격에 따른 방제효과를 조사한 결과, 발아율, 균사 성장 및 방제에 미치는 영향은 친환경 유기농자재 종류에 따라 다양하였다. *I. javanica* 균주의 무처리 배지에서의 발아율은 약 100%, 균사 성장은 0.91 ± 0.04 cm인 반면, A(파라핀오일+계피오일) 유기농자재를 추천농도의 1/2, 추천농도, 추천농도의 2배 포함한 배지에서의 발아율은 각각 $24.5 \pm 0.9\%$, $14.8 \pm 0.9\%$, $8.9 \pm 1.3\%$ ($F=1857.56$, $df=11, 84$, $P<0.0001$)로 *I. javanica* 균주의 발아는 유기농자재 A의 모든 농도에서 억제되었다(Table 1). 균사 성장은 추천농도의 1/2, 추천농도, 추천농도의 2배에서 각각 0.81 ± 0.01 cm, 0.45 ± 0.07 cm, 0 cm ($F=56.51$, $df=12, 289$, $P<0.0001$)로 추천농도와 추천농도 2배 처리에서 무처리와 비교하여 유의하게 억제되는 것으로 조사되었다(Table 2). B(대두유), C(넙추출물+참깨오일), D(채종유) 유기농자재의 농도에 따른 *I. javanica* 균주의 발아율은 각각 $92.6 \pm 0.3\% \sim 96.4 \pm 0.2\%$, $89.9 \pm 0.4 \sim 95.9 \pm 0.2\%$, $86.0 \pm 1.7\% \sim 95.1 \pm 0.5\%$ 로 무처리와 비교하여 유의하게 감소하였으나, 균사 성장은 $0.81 \pm 0.02 \sim 1.0 \pm 0.03$ cm로 무처리와 비교하여 유의차가 없었다. 결론적으로, 유기농자재 A를 제외한 B, C, D는 담배가루이 방제를 위해 사용되는 *I. javanica* 균주의 생물적 특성에 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다(Table 1 and 2).

곰팡이 포자의 발아는 곰팡이의 해충 감염에 있어서 중요한 단계 중 하나인 것은 잘 알려져 있다(Ali et al., 2012). 곤충병원성 곰팡이를 생물적 또는 화학적 물질과 처리하면 포자의 외부를 덮고 있는 점질성 물질이 제거되거나 포자 표면의 전하가 중성으로 변하게 되어 포자의 기주 인식 과정과 발아 개시 신호가 영향을 받는 것으로 보고되었다(Ali et al., 2012). 곤충병원성 곰팡이의 살균제에 대한 감수성은 곰팡이의 발육 단계에 따라 다르게 나타났다(Shah et al., 2009). 또 Moorhouse 등(1992)과 Bruck (2009)에 따르면 일부 살충제와 살균제는 곤충병원성 곰팡이 *Metarhizium anisopliae*의 포자 발아율보다 균사 성장에 더 영

Table 1. Influence of eco-friendly agricultural materials with different concentrations on spore germination of *I. javanica* isolate, which has high pathogenicity to sweet potato whitefly. Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test ($P < 0.05$)

Eco-friendly agricultural materials	Germination rate (%)		
	Ratio of recommended concentration of eco-friendly agricultural materials		
	0.5×	1×	2×
Control	99.9±0.8 A		
Paraffin oil + cinnamon oil	24.5±0.8 G	14.8±0.9 H	8.9±1.3 I
Vegetable oil + emulsifier	96.4±0.2 B	94.5±0.2 BC	92.6±0.3 CD
Neem extract + sesame oil	95.9±0.2 B	92.2±0.5 DE	90.0±0.4 E
Canola seed oil	95.1±0.5 B	91.3±0.9 DE	86.0±1.7 F

Table 2. Influence of eco-friendly agricultural materials with different concentrations on mycelial growth of *I. javanica* isolate, which has high pathogenicity to sweet potato whitefly. Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test ($P < 0.05$)

Eco-friendly agricultural materials	Mycelial growth (mm)		
	Concentrations of eco-friendly agricultural materials		
	0.5×	1×	2×
Control	9.1±0.4 ABCD		
Paraffin oil + cinnamon oil	8.1±0.1 D	4.6±0.7 E	0.0±0.0 F
Vegetable oil + emulsifier	9.1±0.5 ABCD	8.6±0.4 CD	8.2±0.2 D
Neem extract + sesame oil	8.4±0.4 CD	9.0±0.2 BCD	9.8±0.3 BCD
Canola seed oil	10.0±0.3 AB	10.2±0.4 A	8.9±0.4 BCD

향을 미친다고 하였다. 진딧물 방제용 곰팡이 *Lecanicillium attenuatum*은 곰팡이 방제용 살균제에 의해 발아와 균사 성장이 모두 억제되나, 살충제의 대부분은 발아와 균사 성장에 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다(Kim and Kim, 2007). 국내 등록된 천연식물보호제의 원료균인 *B. bassiana* GHA 균주는 친환경 유기농자재인 님 오일, 테리스(derris, 콩과 식물의 한 종류) 추출물과 고삼 추출물에 의해 균사 성장이 억제되었다(Park et al., 2012). 다른 연구에서, GHA 균주는 식물병 방제용으로 사용되는 인동나무+깽깽이풀+할미꽃 추출물, 매실나무+은행열매 추출물 그리고 고삼+테리스 추출물에 의해 포자 발아와 균사 성장

이 억제되었으나, 주로 해충방제에 사용되는 고삼 추출물 및 고삼+멀구슬나무 추출물에 의해서는 발아만 억제되었다(Xie et al., 2016). 담배가루이에 병원성이 있는 *B. bassiana* 균주는 님 추출물 농도 0.5% 이상에서는 포자 발아, 균사 성장, 포자 형성 등이 감소되나 그 이하의 농도에서는 영향이 없어 농도 의존적으로 영향을 미치는 것으로 조사되었다(Islam et al., 2010). 본 연구에서도 가루이류 방제에 사용되고 있는 식물추출물 유래 친환경 유기농자재의 종류나 농도에 따라 담배가루이 방제용 곰팡이 *I. javanica*의 포자 발아와 균사 성장에 미치는 영향이 다른 것으로 조사되었다.

친환경 유기농자재가 *I. javanica*의 생물적 특성인 포자 발아율과 균사 성장에 미치는 영향뿐 아니라 혼용에 따른 담배가루이의 방제효과를 조사하기 위하여 친환경 유기농자재를 가지에 처리한 후 *I. javanica* 균주를 처리하여 담배가루이에 대한 방제효과를 조사하였다. *I. javanica* 균주를 유기농자재가 전처리되었거나 혼합 처리되었을 경우 곰팡이 균주의 발아 또는 균사 성장을 억제하는 살충제를 제외하고는 담배가루이의 방제 효과가 증대될 것으로 가정하였다. 포자 발아를 억제하는 유기농자재 A (파라핀오일+계피오일)가 처리된 구에서는 포자현탁액 단독 처리(77.8%)의 살충률이 A+*I. javanica* 혼합 처리의 살충률(39.7~58%)보다 높았다($F=1.96$, $df=8$, 72, $P<0.0643$) (Fig. 1). 이러한 결과는 가지에 처리된 유기농자재 A가 식물체 표면에 잔류하며 *I. javanica* 균주의 발아와 성장을 억제하여 식물 추출물 유래 유기농자재의 전처리 기간에 관계없이 복합 처리에 따른 상승효과를 거두지 못한 것으로 추정된다. 균주에 대한 영향이 적었던 B, C, D 살충제와 *I. javanica* 균주의 포자현탁액을 동일 일에 처리(VE-Pf-0DBT)하였을 때 담배가루이 살충률은 각각 57.5%, 41.6%, 55.2% (B, $F=12.77$, $df=8$, 72, $P<0.0099$; C, $F=2.22$, $df=8$, 72, $P<0.036$; D, $F=2.59$, $df=8$, 72, $P<0.015$)로 친환경 유기농자재 단독 처리(40.2%, 33.2%, 49.5%)보다 높았으나 포자현탁액 단독 처리보다는 낮았다. 그러나 친환경 유기농자재 처리 4 또는 7일 후 곰팡이 처리 시 살충률이 단독 처리보다 높은 것으로 조사되어 담배가루이의 저항성 관리를 위해 동일 포장에 처리할 경우 4~7일의 간격을 두고 살포하는 것이 효율적일 것으로 생각된다. 유기농자재의 농도를 추천 농도의 2배로 높여 작물에 처리하였을 때, A+포자현탁액 처리구의 살충률은 A 단독 처리보다 낮아 A의 포자에 대한 영향 증가로 살충률도 감소한 것으로 판단된다. 유기농자재 B, C, D의 경우 전처리 기간이 짧을수록 살충률 상승효과는 증가하나 A 처리와 마찬가지로 복합 처리 효과는 보이지 않았다(Fig. 1). 이러한 결과는 가지에 처리된 식물 추출물이 처리 후 분해과정 등에 따른 우리가 발견 또는 인지하지 못하는 변화에 의해 처리 곰팡이 균주에 유해하게 작용하여 살충률 상승효과가 저감되었을 것으로 추측된다.

국외의 연구결과들 중, 국화에 발생하는 진딧물 방제를 위해 *Verticillium lecanii*를 이용할 경우, 광범위 살균제인 베노밀과 7일 간격으로 처리 시 진딧물 방제에 영향이 없으나, 동일 일 또는 3일전 베노밀 처리 시에는 진딧물 방제 효과가 감소되었다(Gardner et al., 1984). 병해 방제에 주로 이용되는 식물추출물 유래 유기농자재(예, 인동나무+깽깽이풀+할미꽃 추출

물, 매실나무+은행열매 추출물, 고삼+데리스 추출물)는 전처리 기간에 관계없이 *B. bassiana* GHA 균주의 살충활성을 저해하였으나, 고삼 추출물 등을 이용한 해충 방제용 유기농자재 살포 작물에 GHA 살포 시에는 전처리 기간에 관계없이 살충률 상승효과를 보였다(Xie et al., 2016). 피레스로이드에 저항성인 모기의 경우 곰팡이 *B. bassiana*와 *M. anisopliae*와 동시 혼합 처리 시 모기 살충률이 30% 정도 증가하고 살충 시간도 감소하였다(Farenhorst et al., 2010). 모기에 살충력이 높은 *M. anisopliae*는 님유(neem oil)와 혼합하여 처리 시 살충률이 높아지는 상승효과를 보였다(Gomes et al., 2015). 점박이용애 방제를 위해 곤충병원균 *Hirsutella thompsonii*와 신규의 화학물질과 혼합하여 처리 시 살충률 증진효과가 보고되었다(Krishna and Bhaskar, 2016).

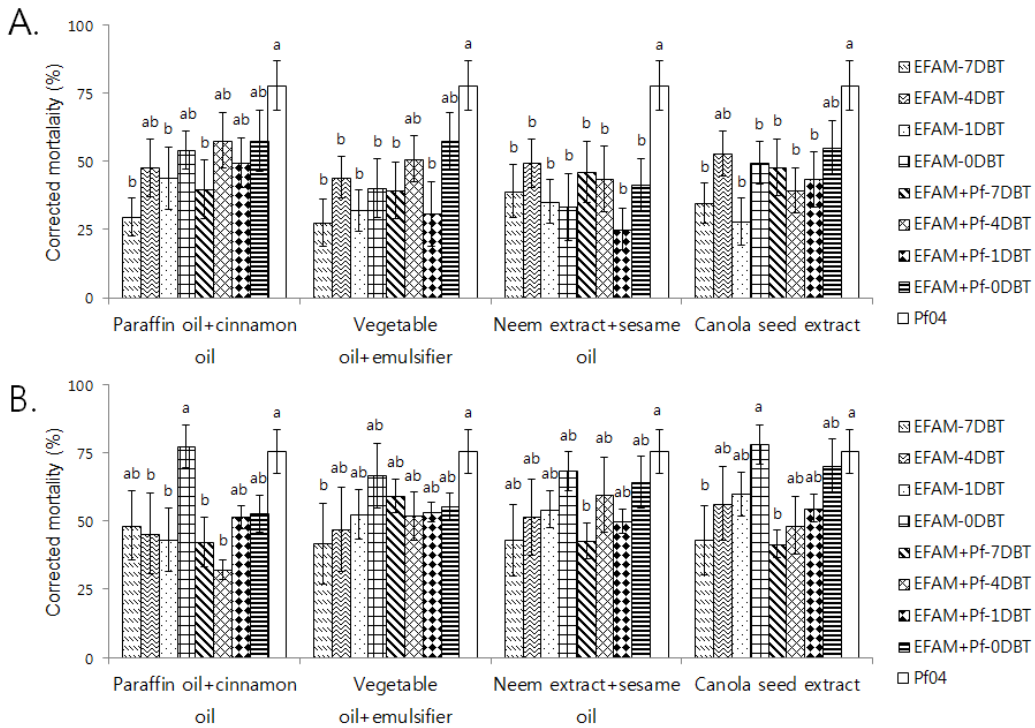


Fig. 1. Effect of treatment interval between *I. javanica* isolate and eco-friendly agricultural materials (EFAM) with the recommended concentration (A) and twice of the recommended concentration (B) for the control of the sweet potato whitefly (*Bemisia tabaci*). Means above the column followed by the same letter within a EFAM are not significantly different using Duncan's multiple range test ($P < 0.05$). (DBT: days before *I. javanica* treatment; EFAM-XDBT: only EFAM treated 7, 4, 1 or 0 days before *I. javanica* treatment (means that bioassays were conducted without *I. javanica* treatment); EFAM+Pf-XDBT: EFAM treated 7, 4, 1 or 0 days before *I. javanica* treatment).

담배가루이와 같이 약제저항성 발현이 빠른 해충의 저항성 관리를 위해서는 일반적으로 약제의 교호살포나 고농도 약제의 집중적 살포를 추천하고 있다. 따라서 식물추출물과 작용 기작이 전혀 다른 곰팡이 살충제를 교호처리하거나 혼합처리 하여 살포 약제의 농도를 높여 주는 것이 저항성 관리에 유리한 전략일 수 있다. 이 전략은 장기적인 관점에서 저항성 발현을 늦추거나 없게 함으로써 농가의 경제적 부담을 줄 일 수 있을 것이다. 미생물 살충제의 효과 증진을 위해 또는 해충의 저항성 관리를 위해 다양한 친환경 방제제를 혼용하여 사용하려는 시도가 농업현장에서 이루어지고 있으나, 각각의 농자재 특히 식물유래 농자재가 미생물제의 생물적 특성이나 방제 효과에 미치는 영향에 관한 보고는 많지 않은 실정이다. 이러한 결과를 종합해 볼 때 가루이 방제용으로 국내 등록된 친환경 유기농자재 처리가 담배가루이의 생물적 방제용으로 개발된 곰팡이 균주에 직접적인 영향을 미치지 않는다 하더라도 개발 균주의 담배가루이 방제 효과를 떨어뜨리는 경향을 나타내므로 포장에서 친환경농자재와 곤충병원성 곰팡이를 혼용할 때는 주의를 기울여야 할 것으로 생각된다.

IV. 적 요

작물의 재배 과정 중에 발생하는 해충을 효과적으로 방제하기 위하여 친환경 유기농자재, 미생물 살충제, 화학 살충제와 같은 다양한 방제제가 사용되고 있다. 이들은 다양한 해충과 병을 방제하기 위해 동일한 포장에서 동시에 또는 순차적으로 이용된다. 이 방제제들은 서로 영향을 미쳐 방제 효과도 달라질 수 있다. 따라서 미생물 살충제와 동시에 또는 동일 포장에 처리될 수 있는 다른 농자재의 혼용가능 여부를 조사할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 시설하우스에서 가루이류 방제를 위해 등록된 친환경 유기농자재의 전처리인 담배가루이 방제를 위해 개발된 *Isaria javanica* 균주의 포자 발아, 군사 성장 그리고 방제 효율에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과, 담배가루이 방제용으로 국내에서 개발된 *I. javanica* 균주는 4종(A, 파라핀오일+계피오일; B, 대두유; C, 님추출물+참깨오일; D, 채종유)의 가루이류 방제용 친환경 살충제 중 A 살충제에 의해 포자 발아($8.9 \pm 1.3\% \sim 24.5 \pm 0.9\%$) 및 군사 성장($0.81 \pm 0.01 \text{ cm} \sim 0 \text{ cm}$)이 감소되었다. 담배가루이 방제에서 친환경 유기농자재와 *I. javanica* 사이의 처리 간격이 미치는 효과 조사를 위해, 친환경 유기농자재 4종을 *I. javanica* 균주 처리 0, 1, 4, 7일 전 처리하고 방제 효과를 조사하였다. 친환경 유기농자재 전처리는 4종 모두 *I. javanica*의 담배가루이 방제효과를 감소시켰다. 따라서 국내에 등록된 가루이류 방제용 친환경 유기농자재 4종과 개발된 곰팡이 살충제 *I. javanica*를 동시에 또는 순차적으로 이용할 경우, 상호영향을 고려하여 7일 이상의 간격을 두고 살포하는 것이 효과적으로 담배가루이를 방제 할 수 있을 것으로 사료된다.

[Submitted, July, 11, 2017 ; Revised, August, 8, 2017 ; Accepted, August, 9, 2017]

References

1. Ali, S., Z. Huang, S. X. Zou, M. H. Bashir, Z. Q. Wang, and S. X. Ren. 2012. The effect of insecticides on growth, germination and cuticle-degrading enzyme production by *Isaria fumosorosea*. *Biocontr. Sci. Technol.* 22: 1047-1058.
2. Al-Mazra'awi, M. S., A. Al-Abbadi, M. A. Shatnawi, and M. Ateyyat. 2009. Effect of application method on the interaction between *Beauveria bassiana* and neem tree extract when combined for *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) control. *J. Food Agric. Environ.* 7: 869-873.
3. Bruck, D. J. 2009. Impact of fungicides on *Metarhizium anisopliae* in the rhizosphere, bulk soil and in vitro. *BioControl.* 54: 597-606.
4. De Barro, P. J., S. S. Liu, L. M. Boykin, and A. B. Dinsdale. 2011. *Bemisia tabaci*: A statement of species status. *Ann. Rev. Entomol.* 56: 1-19.
5. Farenhorst, M., B. G. J. Knols, M. B. Thomas, A. F. V. Howard, and W. Takken. 2010. Synergy in efficacy of fungal entomopathogens and permethrin against West African insecticide-resistant *Anopheles gambiae* mosquitoes. *PLoS ONE.* 5: e12081
6. Faria, M. and S. P. Wraight. 2007. Mycoinsecticides and mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biol. Control,* 43: 237-256.
7. Gardner, W. A., R. D. Oetting, and G. K. Storey. 1984. Scheduling of *Verticillium lecanii* and benomyl applications to maintain aphid (Homoptera: Aphidae) control on chrysanthemums in greenhouses restricted access. *J. Econ. Entomol.* 77: 514-518.
8. Gatarayih, M. C., M. D. Laing, and R. M. Miller. 2010. In vitro effects of flutriafol and azoxystrobin on *Beauveria bassiana* and its efficacy against *Tetranychus urticae*. *Pest Manag. Sci.* 66: 773-778.
9. Gomes, S. A., R. P. Adriano, A. Ribeiro¹, O. P. C. Moraes, J. W. A. B. Santos, C. P. Silva, and R. I. Samuels. 2015. Neem oil increases the efficiency of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* for the control of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. *Parasites & Vectors.* 8: 669-676.
10. Isman, M. B., S. Miresmailli, and C. Machial. 2011. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochem. Rev.*

- 10: 197-204.
11. Islam, M. T., A. Olleka, and S. Ren. 2010. Influence of neem on susceptibility of *Beauveria bassiana* and investigation of their combined efficacy against sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* on eggplant. *Pestic. Biochem. Physiol.* 98: 45-49.
 12. Jones, D. R. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *European J. Plant Pathology.* 109: 195-219.
 13. Kim, E. H., J. W. Sung, J. O. Ahn, H. G. Ahn, C. M. Yoon, M. J. Seo, and G. H. Kim. 2007. Comparison of insecticide susceptibility and enzyme activities of biotype B and Q of *Bemisia tabaci*. *Korean J. Pesticide Science.* 11: 320-330. (In Korean)
 14. Kim, J. J. and K. C. Kim. 2007. Compatibility of entomopathogenic fungus *Lecanicillium attenuatum* and pesticides to control cotton aphid, *Aphis gossypii*. *Int. J. Indust. Entomol.* 14: 143-146
 15. Kouassi, M., D. Coderre, and S. I. Todorova. 2003a. Compatibility of zineb, dimethoate and *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin against tarnished plant bug (Hemiptera : Miridae). *J. Entomol. Sci.* 38: 359-367.
 16. Kouassi, M., D. Coderre, and S. I. Todorova. 2003b. Effects of the timing of applications on the incompatibility of three fungicides and one isolate of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina). *J. Appl. Entomol.* 127: 421-426.
 17. Krishna, R. A. and H. Bhaskar. 2016. Evaluation of selected acaropathogenic fungi, botanicals and new acaricide molecules against *Tetranychus urticae* Koch (Prostigmata: Tetranychidae) on okra. *J. Tropical Agricul.* 54: 21-26.
 18. Lee, M., S. Kang, S. Lee, H. Lee, J. Choi, G. Lee, W. Kim, S. Lee, S. Kim, and K. Uhm. 2005. Occurrence of the B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 44: 169-175. (in Korean).
 19. Li, W., X. F. Fang, and C. F. Sheng. 2004. Impact of sixteen chemical pesticides on conidial germination of two entomophthoralean fungi: *Conidiobolus thromboides* and *Pandora nouryi*. *Biocontr. Sci. Technol.* 14: 737-741.
 20. Mohan, M. C., N. P. Reddy, U. K. Devi, R. Kongara, and H. C. Sharma. 2007. Growth and insect assays of *Beauveria bassiana* with neem to test their compatibility and synergism. *Biocontr. Sci. Technol.* 17: 1059-1069.
 21. Moorhouse, E. R., A. K. Charnley, and A. T. Gillespie. 1992. Review of the biology and control of the vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Ann. Appl. Biol.* 121: 431-454.
 22. Oliveira, M. R. V., T. J. Henneberry, and P. Anderson. 2001. History, current status, and

- collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. Crop Protect. 20: 709-723.
23. Park, J., H. Hong, E. Han, C. Shim, M. Lee, M. Kim, J. J. Kim, and Y. Kim. 2012. Influence of pesticides and environmentally friendly agricultural materials used in tomato cultivation on the pathogenicity of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*. Korean J. Appl. Entomol. 51: 357-364.
 24. Perring, T. M. 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. Crop Protect. 20: 725-737.
 25. Samson, P. R., R. J. Milner, E. D. Sander, and G. K. Bullard. 2005. Effect of fungicides and insecticides applied during planting of sugarcane on viability of *Metarhizium anisopliae* and its efficacy against white grubs. BioControl. 50: 151-163.
 26. Shah, F. A., M. A. Ansari, J. Watkins, Z. Phelps, J. Cross, and T. M. Butt. 2009. Influence of commercial fungicides on the germination, growth and virulence of four species of entomopathogenic fungi. Biocontr. Sci. Technol. 19: 743-753.
 27. Sundh, I. and M. S. Goettel. 2013. Regulating biocontrol agents: a historical perspective and a critical examination comparing microbial and macrobial agents. BioControl. 58: 575-593.
 28. Thompson, S. R., and R. L. Brandenburg. 2006. Effect of combining imidacloprid and diatomaceous earth with *Beauveria bassiana* on mole cricket (Orthoptera: Gryllotalpidae) mortality. J. Econ. Entomol. 99: 1948-1954.
 29. Xie, L., J. H. Han, J. J. Kim, and S. Y. Lee. 2016. Influence of eco-friendly agricultural materials on the germination, mycelial growth and control efficacy of *Beauveria bassiana* GHA against the sweet potato whitefly. Academica J. Agri. Res. 4: 598-606.
 30. Zhu, H. and J. J. Kim. 2011. Susceptibility of the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype Q to entomopathogenic fungi. Biocontr. Sci. Technol. 21: 1471-1483.