

담배가루이(*Bemisia tabaci*) 병원성곰팡이 *Lecanicillium lecanii* Btab01 균주의 특성

윤여준¹ · 유용만² · 이민호 · 한은정 · 홍성준 · 안난희 · 김용기 · 지형진 · 박종호*
농촌진흥청 국립농업과학원 유기농업과, ¹고려바이오(주) 부설 농업생명과학기술연구소,
²충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과

Characterization of *Lecanicillium lecanii* Btab01 Isolated with Bioactivities to Tobacco Whitefly (*Bemisia tabaci*)

Yeo-Jun Yoon¹, Yong-Man Yu², Min-Ho Lee, Eun-Jung Han, Sung-Jun Hong, nan-Hee Ahn,
Yong-Ki Kim, Hyung-Jin Jee and Jong-Ho Park

Organic Agriculture Division, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon 441-707; ¹Institute of Biotechnology, Koreabio co., ltd. ²Dept. Applied Biology, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University

ABSTRACT: Cultural characteristics *Lecanicillium lecanii* Btab01 and its insecticidal activity against tobacco whitefly (*Bemisia tabaci*) were investigated. On potato dextrose agar, tryptic soy agar and SDA+Y media, mycelial growth of *L. lecanii* Btab01 was best at 20~25°C and suppressed above 28°C. Both solid culture and liquid culture of *L. lecanii* Btab01 showed high insecticidal activity, 93.9 and 98.3% respectively, against nymph of tobacco whitefly, but there is no significant difference. When culture of *L. lecanii* Btab01 was treated at the concentration of 10⁵, 10⁶, 10⁷ and 10⁸ cfu/ml, their insecticidal activity were 5.8%, 33.8%, 77.3% and 98.5% respectively, and LT₅₀ values were 16.1 days, 7.3 days, 5.1 days and 3.5 days respectively. When nymphs were treated by the cultures of *L. lecanii* Btab01 and maintained under saturated condition for zero hour, 24 hours and 168 hours, their control activities were 0%, 20.3% and 100% respectively. Spore germination of *L. lecanii* Btab01 was increased about two times by adding edible oil. When *L. lecanii* Btab01 was treated to control nymph with 0.1% edible oil, it showed high control activity (98.6%) compared to single treatment of *L. lecanii* Btab01 (79.9%).

Key words: Entomopathogenic fungi, *Lecanicillium lecanii*, *Verticillium lecanii*, Tobacco whitefly, Bioassay

초 록: 국내에 문제가 되는 담배가루이(*Bemisia tabaci*)의 살충성 *Lecanicillium lecanii* Btab01 균주의 생육 특성과 살충력을 검정하였다. PDA, TSA, SDA+Y배지에서 *L. lecanii* Btab01은 20~25°C에서 균사성장이 가장 빨랐으며 28°C이상에서 성장이 억제되었다. *L. lecanii* Btab01는 고체배양과 액체배양 시 담배가루이 약충에 대하여 살충률에 큰 차이를 보이지는 않았다(93.9%, 98.3%). 농도별로는 10⁵, 10⁶, 10⁷, 10⁸ cfu/ml에서 각각 5.8%, 33.8%, 77.3%, 98.5%의 살충률을 보였고, 각각 16.1 일, 7.3 일, 5.1 일, 3.5 일의 LT₅₀값을 나타내었다. *L. lecanii* Btab01을 약충에 처리 후 포화습도 조건을 0 시간, 24 시간, 168 시간 유지하였을 때, 0%, 20.3%, 100%의 살충률을 보였다. 균주에 0.5% 식용유를 첨가하였을 때 포자의 발아가 2 배 가량 증가하였으며 균주에 0.1% 식용유를 첨가하여 약충에 처리했을 때(98.6%)가 첨가하지 않았을 때(79.9%)보다 살충력이 향상됨을 알 수 있었다.

검색어: 곤충병원성곰팡이, *Lecanicillium lecanii*, *Verticillium lecanii*, 담배가루이, 생물검정

담배가루이(*Bemisia tabaci* Gennadius)는 노린재목 가루이과에 속하는 해충으로 전세계 열대지방과 아열대지방에

널리 분포하며, 약 600여 종의 기주 식물이 보고될 정도로 광범위한 기주 범위를 가지는 주요 흡즙성 해충이다(Perring et al., 1993). 담배가루이는 성충과 약충 모두 기주 식물의 잎 뒷면에 붙어 흡즙하여 가해하고 이러한 흡즙에 의한

*Corresponding author: jhpark75@korea.kr

Received November 17 2010; revised December 11 2010; accepted December 15 2010

피해뿐만 아니라 100여종의 바이러스를 매개하며, 분비물인 감로에 의해 과실의 품질을 저하시킨다(Faria *et al.*, 2001). 세계적으로 24계통이 보고되어 있으며(Perring, 2001) 국내에는 1998년에 충북 진천의 장미농가에서 최초로 B계통의 발생이 확인 되었고(Lee *et al.*, 2000), 2005년에 Q계통이 발견되었다. 이후 담배가루이는 빠르게 확산되었고 특히 토마토재배 농가에서는 겨울철에도 온실을 가온하여 작물을 재배하기 때문에 연중 대발생하고 있다(Lee *et al.*, 2005). 또한 가루이류는 다른 해충에 비해 화학 농약에 대한 저항성이 빠르게 발달할 가능성이 높고, 담배가루이는 온실가루이에 비해 화학 약제에 대한 저항성의 발현이 빠르며 이미 다수의 약제에 저항성을 보이는 것으로 보고 되고 있다(Kim *et al.*, 2007). 이러한 문제로 가루이류의 방제를 위해 화학농약의 대체제 개발이 요구되는 상황이며 최근 곤충 병원성 곰팡이가 주요한 후보로 촉망받고 있다(Faria *et al.*, 2001). 병원성 곰팡이는 화학 농약에 비해 저항성 출현 가능성이 적으며, 이병충으로부터 생산된 포자에 의한 2차 감염으로 지속적인 방제가 가능하고 다른 방제 수단과 혼용이 가능하다. 게다가 대량생산이 용이하여 화학 농약보다 저렴하고, 환경 및 인축에 대한 독성과 잔류독성이 없어 효과적인 IPM(Integrated Pest Management)을 위한 생물적 방제수단이라 할 수 있다. 가루이에 감염력을 보이는 *Lecanicillium lecanii*는 1861년 Nietzer에 의해 병원성곰팡이로 처음으로 보고되었으며(Rombach and Gillespie, 1988), 매우 넓은 범위의 기주 곤충을 가지는 것으로 알려져 있다(Kanagaratnam *et al.*, 1981). 초기에는 분류학상 *Verticillium*속으로 분류가 되었지만 *Lecanicillium*속으로 새롭게 분류되었다(Zare & Gams, 2001). 국내에서는 토착종인 *L. lecanii* CS624, CS626 균주가 개발되어 상품화가 진행 중이며, 유럽에서는 2계통의 *L. lecanii*가 네덜란드의 Koppert사에 의해 Mycotal®과 Vertalec®이란 이름으로 상품화되어 진딧물과 가루이류의 방제에 이용되고 있다. 하지만 아직 담배가루이 방제를 위한 병원성 곰팡이의 개발이 미흡하고 적용이 어려워 효과적인 IPM을 위해서는 생물학적 특징과 방제기술에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 곤충병원성 곰팡이인 *L. lecanii* Btab01 균주를 이용한 담배가루이의 효과적인 방제를 위한 기초 자료를 제공하고, 균주의 생물적인 특성과 담배가루이 약충을 대상으로 다양한 처리에 따른 감염 활성을 조사하였다.

재료 및 방법

시험곤충과 균주

실험에 사용된 담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 농촌진흥청 국립농업과학원 곤충산업과(구 농업해충과)에서 분양받은 Q계통으로 동일기관 유기농업과에서 누대사육된 집단을 사용하였다. 사육은 완숙토마토(품종: 슈퍼도태랑) 유묘를 기주로 하여 곤충 사육실에서 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 광주기 16L : 8D, 상대습도 $60 \pm 10\%$ 의 조건으로 이루어졌다. 곤충사육용 아크릴 케이지 (40 cm × 40 cm × 50 cm)에 토마토 유묘 포트 3~4 개씩 넣고 담배가루이 성충을 주당 100 마리씩 방사하여 24 시간 동안 알을 받은 후 성충을 제거하고, 알에서 부화한 담배가루이 약충이 2~3 영기가 되면 실험에 사용하였다.

실험에 사용된 *Lecanicillium lecanii* Btab01 균주는 곤충 산업과에서 분양받았으며 PDA(2.4% Potato Dextrose Broth, DIFCO™ + 2% Agar, BACTO™)배지에 25°C , 압조건(Barranco *et al.*, 2002; Shi *et al.*, 2006)으로 배양하였고, 계대 배양 후 20 일 내외의 균주를 실험에 사용하였다. 배양배지에 0.01% Tween20 용액 15 μl 을 첨가하여 살균한 유리봉으로 포자현탁액을 수거하였고, 멸균한 거즈에 거른 뒤 혈구계수기로 포자의 수를 확인한 뒤, 0.01% Tween20 용액으로 희석하여 사용하였다.

Lecanicillium lecanii Btab01 균주의 배양 특성

배양 온도에 따른 *L. lecanii* Btab01 균주의 균사 생장의 차이를 알아보기 위해 균주를 3호 cork borer(Φ 1 cm)로 잘라내어 페트리디쉬(90 mm diameter, SPL life science)에 PDA 배지, TSA(3% Tryptic Soy Broth, BACTO™ + 2% Agar)배지, SDA+Y(4% Dextrose, 1% Peptone, 0.2% Yeast extract + 2% Agar)배지 등 3종류의 배지 정가운데에 올려놓고, 18°C , 20°C , 23°C , 25°C , 28°C , 30°C 에서 압조건으로 각각 배양하면서 균사의 생장을 관찰하여 반지름을 측정하였다. 각각의 배지는 3반복 처리하였다.

L. lecanii Btab01 균주 현탁액에 식용유를 첨가하여 포자 활성에 미치는 영향을 알아보았다. PDA배지에서 배양된 *L. lecanii* 포자 현탁액에 63°C 에서 30분 동안 저온살균(Pasteurization)한 식용유(채종유)와 살균하지 않은 식용유를 0.5%씩 첨가하여 실험하였으며 아무 것도 첨가하지 않은 포자 현탁액을 무처리로 하였다. 현탁액을 희석하여 희석배수별로 PDA배지에 평판 도말한 후 포자의 발아를 검정하였다.

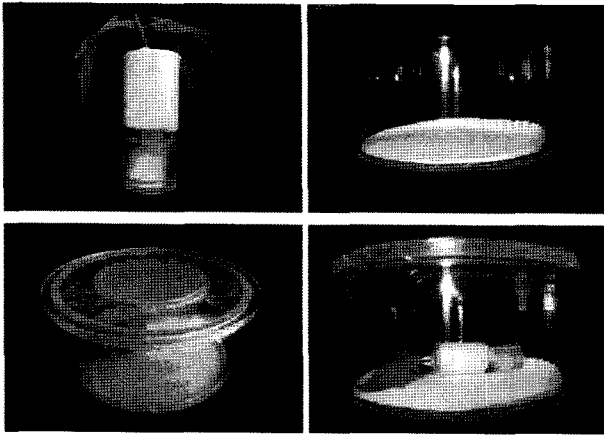


Fig. 1. A moist-chamber used for bioassays.

생물검정

생물검정은 잎 1개를 1반복으로 하여 각각 3반복으로 수행하였고, 담배가루이 약충이 정착한 토마토 잎을 줄기와 함께 잘라내어 솜으로 막아서 물이 담긴 원통형 통에 넣고 파라필름으로 덮었다. 준비된 포자 현탁액에 토마토 잎을 30초 동안 침지하여 아크릴 원통(직경 15 cm, 높이 7 cm)에 넣어두고 증류수를 적신 필터 페이지를 깔았다. 원통의 뚜껑에 망사로 된 구멍은 랩으로 씌워, 습도 100%를 유지하도록 습실 처리를 하였다(Fig. 1). 이후 담배가루이 약충은 실체 현미경(SMZ 800, NIKON)으로 관찰하였으며 실험에서 적어도 처리 3일 후부터 감염을 확인할 수 있었다. 곰팡이의 균사체가 충체 외부로 뚫고 나와 외부에서 확인되는 것을 감염으로 인한 사망으로 판단하였고(Lee *et al.*, 1997), 이를 다시 한번 확인하기 위해 감염된 충체를 표면 살균하여 PDA배지에 올려 놓고 25°C 항온 배양기에 넣어 균사의 성장을 관찰하였다.

실내살충검정

균주를 각기 다른 배지에 배양한 후 담배가루이 약충에 대해 감염 활성을 검사하였다. 우선 *L. lecanii* Btab01 균주를 PDA 배지에 계대 배양하여 포자를 수거하여 멸균한 거즈에 거른 뒤 포자수를 혈구계수기로 확인하여 1.0×10^8 cfu/ml의 농도로 포자 현탁액 50 ml을 만들었다. 다른 하나는 *L. lecanii* Btab01 균주를 쌀겨액배지(2% 쌀겨 + 2% 당밀)에 접종하여 4일 동안 진탕 배양기에서 25°C, 180 rpm, 압조건으로 배양한 것을 멸균한 거즈에 걸러내고, 이것을 10 ml 채취하여 포자 현탁액 50 ml를 만들었다. 생물시험을 위한 처리는 준비된 포자 현탁액을 1.0×10^8 cfu/ml의 포자농도로 각각 희석하여 처리하였다. 각각 3반복으로 처리하였으며,

무처리 대조는 0.01% Tween20 용액을 하였다. 처리 후 담배가루이 약충에 대한 살충력을 10일 동안 관찰하였다.

담배가루이 약충에 대한 *L. lecanii* Btab01 균주의 살충력을 처리농도에 따라 검사하였다. 균주를 PDA 배지에 계대 배양한 뒤 각각 1.0×10^5 , 10^6 , 10^7 과 10^8 cfu/ml의 농도로 희석하여 처리하였고(Faria *et al.*, 2001; Quesada *et al.*, 2006), 무처리는 0.01% Tween20 용액으로 하였다. 살충력을 평가하기 위해 처리 후 7일 동안 관찰하였다.

균주의 처리 후 습도에 따른 담배가루이 약충의 감염 활성을 알아보기 위하여 포자 현탁액의 처리 후 뚜껑 전체를 랩으로 씌워 습실처리 하지 않은 처리구, 24시간 동안 습실 처리한 처리구, 전 실험기간 동안(168 시간) 습실처리한 처리구로 나누어 처리하여 살충률을 7일 동안 관찰하였다.

식용유 첨가에 의한 감염 활성

담배가루이 약충에 대한 *L. lecanii* Btab01 균주의 식용유 첨가에 따른 감염 활성을 알아보기 위해 포자 현탁액에 0.1% 콩기름을 첨가하여 처리하였다. 유리온실($20 \pm 5^\circ\text{C}$, 상대습도 $66 \pm 20\%$)에서 담배가루이 약충이 접종되어 있는 토마토 유묘 포트를 철제 선반에 올려놓고, 그 위에 망사로 싸인 구조물(110 cm \times 100 cm \times 50 cm)을 설치하고 구조물에 비닐을 씌워 습실처리한 시험구($20 \pm 5^\circ\text{C}$, 상대습도 $95 \pm 5\%$)와 비닐을 씌우지 않은 시험구로 나누었다(Fig. 2). 생물시험은 각각의 구조물 안에 무처리, 포자 현탁액 단독처리, 포자 현탁액에 콩기름을 첨가한 3종류의 샘플을 처리하였고 무처리는 0.01% Tween20으로 하였다. 하나의 포트를 1반복으로 각각 3반복 처리하였다. 포자 현탁액 단독 처리는 혈구계수기로 포자의 수를 확인하여 5.0×10^7 cfu/ml의 농도로 희석해 처리하였고, 콩기름은 0.1% 농도로 포자 현탁액에 첨가하였다. 준비된 포자 현탁액은 가정용 스프레이를 이용해 1반복당 50 ml씩 분무처리 하였다. 감염 활성을 평가하기 위해 처리 후 10일 동안 관찰하였다. 처리 후 5일 후부터 감염을 확인할 수 있었다.

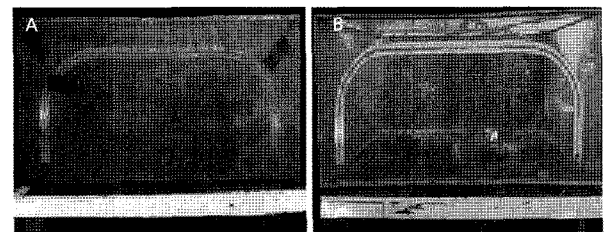


Fig. 2. A moist-chamber used in glasshouse test (A: Moist-chamber, B: No moist-chamber).

통계 분석

살충률의 평가를 위해 일원분산분석을 수행하였다. 각 평균간의 유의차는 Duncan's multiple range test로 비교하였고, $P < 0.05$ 의 유의수준으로 평가하였다. 모든 통계 분석은 SAS 9.1(SAS Institute, 2003)을 이용하였다. LT_{50} 은 Probit 프로그램을 이용하였다.

결과 및 고찰

***Lecanicillium lecanii* Btab01 균주의 배양 특성**

곤충병원성 곰팡이 *L. lecanii* Btab01 균주의 균사 생장을 3종류의 배지 상에서 6단계의 온도 조건을 주면서 관찰하였다. *L. lecanii* Btab01 균주의 온도별 균사 생장은 PDA배지에서는 25°C로 배양했을 때가 가장 잘 자랐으며 30°C에서는 생육 상태가 매우 불량하였다. TSA배지에서는 20°C 나 23°C가 거의 비슷한 상태로 성장하였으며 이 배지에서도 30°C에서는 성장이 지연되었다. SDA+Y 배지에서는 23°C로 배양했을 때 가장 잘 자랐으며 25°C 이상의 온도에서는 온도가 높아질수록 생장이 느려졌다(Fig. 3). 모든 시험배지에서 *L. lecanii* Btab01 균주는 고온에서의 내성이 약하므로 20-25°C에서 배양하는 것이 가장 적절하다는 것을 확인하였다. 이는 Osborne & Landa (2003)의 연구에서, *L. lecanii* 균주가 15-30°C 범위의 온도에서 균사체의 생장이 가능하고 23-25°C에서 가장 빠르게 성장했다는 결과와 일치하였다.

식용유를 첨가하지 않고 배양 처리한 포자량(2.3×10^7 cfu/ml)에 비해 저온 살균한 식용유를 첨가한 처리(4.1×10^7 cfu/ml)와 저온 살균하지 않은 식용유를 첨가한 처리(4.4×10^7 cfu/ml)는 훨씬 많은 수의 포자가 발아함을 알

수 있었다(Fig. 4). 식용유 첨가로 *L. lecanii* Btab01 균주의 포자 발아에 상승효과를 얻을 수 있었는데, 이는 기름 성분이 기름막을 형성하여 습기의 유실을 막아 포자의 발아에 상승 효과를 보이는 것으로 생각된다. Shi et al. (2006)은 *L. lecanii*의 포자 현탁액에 4종의 영양소를 첨가하여 포자 발아율에 미치는 영향을 조사하였는데, 이 중 2% glucose (95.5%)와 2% peptone (89.2%)의 첨가가 포자 발아율에 상승효과를 보였고, 2% sucrose(73.8%)와 2% maltose (70.5%)의 첨가는 무처리(64.2%)와 비교하여 포자의 발아율에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

균주 처리 조건에 따른 감염 활성

담배가루이 약충에 대해 PDA배지에서 배양한 균주 현탁액은 93.9%, MRA배지에서 배양한 균주 현탁액은 98.3%의 살충률을 보여 고체배양 시 생산되는 분생포자(conidia)와 액체배양 시 생산되는 출아포자 (blastospore) 간에는 살충률에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다(table 1). 일반적으로 분생포자가 출아포자에 비해 생존력과 감염력이 높고 경제성은 낮은 것으로 알려져 있지만, 이 실험의 결과로

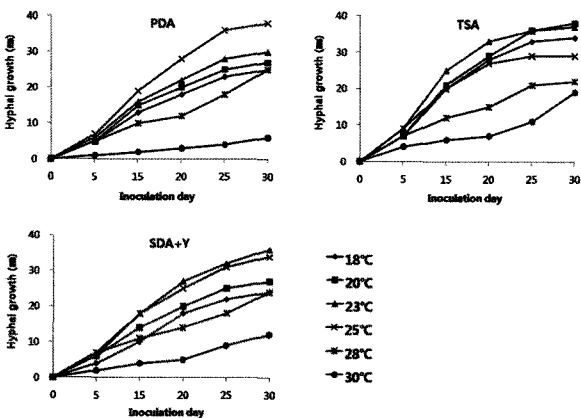


Fig. 3. Hyphal growth of *L. lecanii* Btab01 on three cultural media at different culturing temperature.

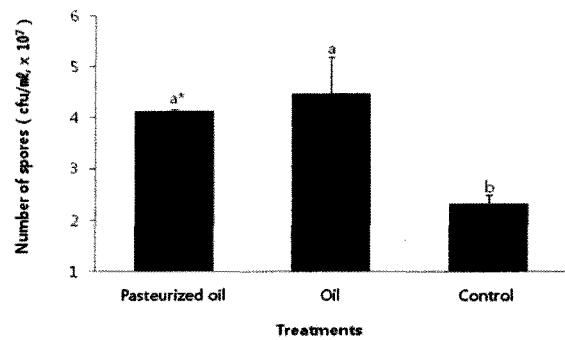


Fig. 4. Effect of oil amendment in cultural media for spore germination of *L. lecanii* Btab01.

*Means compared by one way ANOVA, number within same column followed by the same letters are not significantly different (DMRT, $P < 0.05$).

Table 1. Mortality of *B. tabaci* nymphs when blastospore and conidial suspension of *L. lecanii* Btab01 were treated, respectively

Treatment	n	Mortality (%)
Blastospore suspension	59	98.3 ± 0.03a*
Conidial suspension	66	93.9 ± 0.06a
Control	50	0.0 ± 0.00b

*Means compared by one way ANOVA, number within same column followed by the same letters are not significantly different (DMRT, $P < 0.05$).

보아 본 균주는 액체배양을 할 때 생산되는 포자의 감염력이 분생포자와 큰 차이를 보이지 않아 대량배양을 할 때 경제적으로 유리한 액체배양을 하여도 높은 감염력을 기대할 수 있을 것이다.

처리 농도별 살충률은 1.0×10^8 cfu/ml의 농도로 처리하였을 때 가장 높게 나타났고(98.5%), 1.0×10^7 cfu/ml, 1.0×10^6 cfu/ml, 1.0×10^5 cfu/ml, 무처리일 때 각각 77.3%, 3%, 5.8%, 0%로 각 처리간에 큰 차이를 보였다(Fig. 5). Lee et al.(1997)의 실험 결과 온실가루이 4령충에 대한 *Verticillium lecanii* F-903 균주는 10^6 의 농도에서 각각 80% 이상의 살충률을 보였다. 본 연구에 사용된 *L. lecanii* Btab01 균주를 처리함에 있어서 충분한 감염 효과를 얻기 위해서는 10^7 이상의 농도로 처리하는 것이 효과적일 것으로 판단된다. 또한 LT_{50} 의 1.0×10^8 cfu/ml(3.5일)의 농도에서 가장 낮았으며, 1.0×10^7 cfu/ml, 1.0×10^6 cfu/ml, 1.0×10^5 cfu/ml일 때 각각 5.1 일, 7.3 일, 16.1 일 순이었다(Table 2).

습도에 따른 균주의 살충력은 습실처리를 전 실험기간 동안 유지해준 처리구에서 100% 살충률로 가장 높게 나타났고, 24시간 동안만 습실처리한 처리구, 습실처리를 하지 않은 처리구에서는 각각 20.3%, 0%의 살충률을 보였다. 습실처리 하지 않은 처리구에서는 감염이 전혀 나타나지

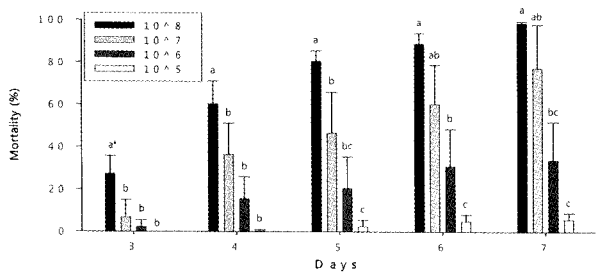


Fig. 5. Mortality of *B. tabaci* nymphs when spore suspensions of *L. lecanii* Btab01 were treated with different concentrations.

*Means compared by one way ANOVA, number within same column followed by the same letters are not significantly different (DMRT, $P < 0.05$).

Table 2. Effect of spore concentration of *L. lecanii* Btab01 on LT_{50} of *B. tabaci* nymphs

Concentration (cfu/ml)	Slope±SE	LT_{50} * (95%CL)
1.0×10^8	4.07 ± 0.91	16.1(11.77-35.84)
1.0×10^6	3.91 ± 0.33	7.3(6.86-7.96)
1.0×10^7	5.35 ± 0.39	5.1(4.94-5.34)
1.0×10^8	6.50 ± 0.48	3.5(3.35-3.69)

* LT_{50} values are expressed in day.

Table 3. Effect of moisture condition after *L. lecanii* Btab01 treated, on mortality of *B. tabaci* nymph

Treatment	n	Mortality (%)
A*	154	$100.0 \pm 0.00a^{**}$
B	79	$20.3 \pm 19.08b$
C	142	0.0c

*A: Moist-chamber treated for 168 h, B: Moist-chamber treated for 24 h, C: Moist-chamber treated for 0 h.

**Means compared by one way ANOVA, number within same column followed by the same letters are not significantly different (DMRT, $P < 0.05$).

않은 것으로 보아 습도가 감염에 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다(Table 3). 이것은 *L. lecanii* 균주의 포자가 발아하기 위해서는 최소한 70% 이상의 높은 습도조건이 필요하다는 연구와 일치한다(Milner et al., 1986; Chandler et al., 1993). 실험에서 24시간 이상 습실처리한 조건에서 감염이 나타났으며, 이는 Hall(1981)의 *L. lecanii* 균주의 감염을 위해서는 접종 후, 최소 10-12 시간의 고습조건이 필요하다는 결과와 Drummond et al. (1987)의 95% 이상의 습도 조건이 2-3일 정도 유지 되어야 일정 수준 이상의 살충률을 기대할 수 있다는 이전의 연구들과 비슷한 결과였다.

식용유 첨가에 의한 감염 활성화

습도가 낮을 때 *L. lecanii* Btab01의 살충력은 상당히 떨어져 균주의 감염력을 높일 수 있는 방법이 필요하였다. 이를 위해 포자현탁액에 식용유를 처리하여 혼합 살충률을 조사하였다. 유리온실에서 수행된 본 실험에서는 비닐을 씌워 습실처리한 처리구 중에서 포자 현탁액에 콩기름을 첨가한 처리구가 가장 높은 살충률(98.6%)을 보였으며, 포자 현탁액 단독 처리구에서도 높은 살충률(79.9%)을 보였고, 무처리(0%)에서는 감염을 보이지 않았다. 습실처리를 하지 않은 처리구 중에서 포자 현탁액에 콩기름을 첨가한 처리구에서만 감염이 나타났고(25.7%), 포자 현탁액 단독 처리와 무처리에서는 감염을 보이지 않았다(Table 4). 이 실험의 결과를 통하여 식용유의 첨가는 균주의 포자발아에 상승효과를 보여줄 뿐만 아니라 곤충 감염에 필수적인 고습 조건을 어느 정도 극복할 수 있음을 알 수 있었다. 이와 유사하게 Hall(1982)은 *L. lecanii* 균주의 포자 현탁액에 영양소들을 첨가하여 진딧물과 가루이류의 감염을 향상시킬 수 있다고 보고하였다. *L. lecanii* 뿐만 아니라 다른 살충성 곰팡이를 해충방제에 활용하기 위해서는 적절한 환경조건을 찾아내고 살충력을 증대시키는 연구를 지속해야 한다.

Table 4. Effect of oil on mortality of *B. tabaci* nymphs on tomato leaves treated with *L. lecanii* Btab01

Treatment		Ave. Temperature (°C)	Ave. Humidity (%)	n	Mortality (%)
A*	Btab01+Oil	20.4	98.2	278	98.6 ± 0.09a**
	Btab01			413	79.9 ± 0.06b
	Control			270	0.0d
B	Btab01+Oil	19.9	66.3	505	25.7 ± 0.11c
	Btab01			461	0.0d
	Control			180	0.0d

*A: In moist-chamber treatment, B: Not in moist-chamber treatment.

**Means compared by one way ANOVA, number within same column followed by the same letters are not significantly different (DMRT, $P < 0.05$).

이를 위해 앞으로 살충성 곰팡이의 사용을 위한 최적의 사용방법을 제시하고 여러 종류의 에류나 기타 영양소 등을 첨가하여 살충력을 높이는 방안을 모색해야 할 것이다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구과제 “해충방제용 미생물제의 현장활용증진기술 개발”의 지원에 의해 수행되었다.

Literature Cited

- Barranco-Flrido, J.E., R. Alatorre-Rosas, M. Gutierrez-Rojas and G. Viniagra-Gonzalez. 2002. Criteria for the selection of strains of entomo-pathogenic fungi *Verticillium lecanii* for solid state cultivation. *Enzyme Microb. Technol.* 30: 910-915.
- Chandler, D., B. Heale and A.T. Gillespie. 1993. Germination of the entomo-pathogenic fungus *Verticillium lecanii* on scales of the glass-house whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. *Biocontrol Sci. Technol.* 3: 161-164.
- Drummond, J., J.B. Heale and A.T. Gillespie. 1987. Germination and effect of reduced humidity on expression of pathogenicity in *Verticillium lecanii* against the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. *Ann. Appl. Biol.* 111: 193-201.
- Faria, M. and Wraight SP. 2001. Biological Control of *Bemisia tabaci* with fungi. *Crop Protect.* 20: 767-778.
- Hall, R.A. 1981. A new insecticide against greenhouse aphids and whitefly: the fungus *Verticillium lecanii*. *Ohio Florists' Assoc. Bull.* 626: 3-4.
- Hall, R.A. 1982. Control of whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and cotton aphid *Aphis gossypii* in glasshouses by two isolates of the fungus *Verticillium lecanii*. *Ann. App. Biol.* 101: 1-11.
- Kanagaratnam, P., R.A. Hall and H.D. Burges. 1981. New or unusual records of plant diseases and pests. *Plant Pathol.* 30: 117-118.
- 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*. *Kor. J. Pesticide Sci.* 11(4): 320-330.
- Lee, I.K., H.J. Shim, S.D. Woo and S.K. Kang. 1997. Selection of entomopathogenic fungi to green house whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. *Kor. J. Pest. Sci.* 1(1): 13-17.
- Lee, M.H., S.Y. Kang, S.Y. Lee, H.S. Lee, J.T. Choi, G.S. Lee, W.Y. Kim, S.W. Lee, S.G. Kim and K.B. Uhm. 2005. Occurrence of the B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* in Korea. *Kor. J. Appl. Entomol.* 44(3): 169-175.
- Lee, M.L., S.B. Ahn and W.S. Cho. 2000. Morphological Characteristics of *Bemisia tabaci*(Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) and Discrimination of Their Biotypes in Korea by DNA Markers. *Kor. J. Appl. Entomol.* 39(1): 5-12
- Milner, R.J. and G.G. Lutton. 1986. Dependence of *Verticillium lecanii* (Fungi: Hyphomycetes) on high humidities for infection and sporulation using *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) as host. *Environ. Entomol.* 15: 380-382.
- Osborne, L.S. and Z. Landa. 2003. Biological control of whiteflies with ento-mopathogenic fungi. *Florida Entomologist.* 75: 456-471.
- Perring, T.M., A.D. Cooper, R.J. Rodriguez, C.A. Farrar and T.S. Bellows. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. *Sci.* 259: 74-77.
- Perring, T.M. 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Prot.* 20: 725-737.
- Quesada-Moraga, E., E.A.A. Maranhao, P. Valverde-Garcia and C. Santiago-Alvarez. 2006. Selection of *Beauveria bassiana* isolates for control of the whiteflies *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* on the basis of their virulence, thermal requirements, and toxicogenic activity. *Biolo. Control.* 36: 274-287.
- Rombach, M.C. and A.T. Gillespie. 1988. Entomogenous Hyphomycetes for insect and mite control on greenhouse crop. *Biocontrol News & Information.* 9: 7-18.
- Shi, Z., M. Li and L. Zhang. 2006. Effects of nutrients on germination of *Verticillium lecanii* (= *Lecanicillium* sp.) conidia and infection of green-house whitefly, (*Trialeurodes vaporariorum*). *Biocontrol Sci. Tech.* 16(5/6): 599-606.
- Zare, R. and W. Gams. 2001. A revision of *Verticillium* section *Protrata*. IV. The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium*. *Nova Hedwigia* 73: 1-50.