

나비목 해충에 대한 곤충병원성곰팡이, *Beauveria bassiana*와 *Metarhizium anisopliae*의 병원성

윤재수¹ · 김형환² · 김도완³ · 이상명⁴ · 김동수⁴ · 이동운*¹

¹상주대학교 생물응용학과, ²원에연구소 원예환경과, ³제이엔헬스존, ⁴국립산림과학원 남부산림연구소

Pathogenicities of Entomopathogenic Fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against Lepidopterous Insect Pests, *Agrotis segetum*, *Artogeia rapae*, *Mamestra brassicae*, *Plutella* *xylostella*, *Spodoptera exigua* and *Spodoptera litura*

Jae-Su Yun¹, Hyeong-Hwan Kim², Do-Wan Kim³,

Sang Myeong Lee⁴, Dong-Soo Kim⁴ and Dong-Woon Lee^{1*}

¹Department of Applied Biology, Sangju National University,

²Horticultural Environment Division of National Horticultural Research Institute, RDA,

³JN Health Zone, ⁴Southern Forest Research Center, Korea Forest Research Institute.

ABSTRACT

Biological control of lepidopterous insect pests, *Agrotis segetum*, *Artogeia rapae*, *Mamestra brassicae*, *Plutella xylostella*, *Spodoptera exigua*, and *S. litura* with entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolated from Gyeongbuk province were investigated. Mean lethal concentration (LC₅₀) values of *B. bassiana* and *M. anisopliae* against 2·3rd instar of *A. segetum* larvae were 1.2×10^7 conidia/ml and 5.2×10^6 conidia/ml, respectively. LC₅₀ values of *B. bassiana* and *M. anisopliae* against 2·3rd instar of *A. rapae* larvae were 1.2×10^7 conidia/ml and 5.2×10^6 conidia/ml, respectively. LC₅₀ values of *B. bassiana* and *M. anisopliae* against 2·3rd instar of *M. brassicae* and *P. xylostella*, larvae were 1.5×10^6 conidia/ml, 9.7×10^5 conidia/ml, 3.0×10^6 conidia/ml and 1.4×10^6 conidia/ml, respectively. LC₅₀ values of *B. bassiana* and *M. anisopliae* against 2·3rd instar of *S. exigua*, and *S. litura* larvae were 6.3×10^6 conidia/ml, 2.6×10^6 conidia/ml, 1.6×10^7 conidia/ml and 3.4×10^6 conidia/ml respectively.

Key words : Biological control, LC₅₀, turfgrass insect pest, vegetable insect pest

* Corresponding author. Tel. 054-530-5212

E-mail : dwlee@sangju.ac.kr

서 론

골프장은 기존의 주변 분포식물과 각종 조경수, 대면적의 잔디 및 각종 조경용 초화류와 잡초 등이 혼재해 있는 복잡한 식물상을 이루고 있고, 이로 인해 다양한 해충들이 발생하고 있다 (이 등, 1999; 추 등, 2000). 다양한 해충들이 주변의 산림이나 농경지로부터 골프장으로 유입되어 잔디를 비롯하여 각종 조경수나 초화류에 피해를 주고 있다 (최 등, 2001; 이 등, 2002; 2003). 따라서 잔디해충뿐만 아니라 조경수나 관상용 초화류에 발생하는 해충들도 중요한 방제의 대상이 되고 있다. 지금까지는 이들 해충들을 방제하기 위하여 농약 일변도의 화학적 방법을 사용하여 왔으나, 해충의 저항성 증가와 환경에 대한 유해성 등이 알려짐에 따라 생태계 보전적 측면에서 생물적 방제 인자들을 이용한 친환경적 방제법의 개발과 적용이 증가하고 있다. 특히, 골프장은 골프라는 스포츠의 경기장으로서의 기능과 여가 활용을 위한 공간으로서의 기능을 동시에 갖기 때문에 생물적 해충 방제에 대한 요구도가 높은 공간이다.

골프장에서 활용 가능한 해충의 생물적 방제 인자는 다양한데 곤충병원성곰팡이도 유력한 인자중의 하나이다. 특히, *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Metarhizium anisopliae* 등은 곰팡이류 방제를 위해 활용도가 높은 병원성곰팡이이다 (Glare, 1992; Choo et al., 2002). 곤충병원성곰팡이는 150여 년 전부터 곤충에 병을 일으키는 병원균으로 인식되어 현재에는 700여종이 보고되어 있다 (Soper and Ward, 1981). 이들 중 *B. bassiana*는 중국과 동유럽에서 상품화되어 이용되었고, *M. anisopliae*는 브라질에서 상품화되었다 (Wraight and Carruthers, 1999). 우리나라에서도 이 (1999)가 곤충병원성곰팡이의 탐색과 이용에 관한 연구를 수행한

바 있고, 추 등(2000)이 곤충병원성곰팡이를 골프장 잔디 해충의 천적으로 기재한 바 있다. 또한 이 등(1997a; b)은 우리나라 남부지방에서 분리된 *B. bassiana*와 *M. anisopliae*를 이용하여 골프장 잔디 해충인 등얼룩풍뎠이 (*Blitopertha = Exomala orientalis*)와 농립해충인 오리나무잎벌레 (*Agelastica coerulea*), 밤나무혹나방 (*Meganola melancholica*), 회양목명나방 (*Glyphodes perspectalis*), 배추좀나방, 거세미나방에 대한 병원성 검정을 수행하였고, Choo et al.(2002)은 골프장에서 주황긴다리풍뎠이 (*Ectinohoplia rufipes*)와 등얼룩풍뎠이에 대한 방제 실험을 수행한 바 있다. 한편 곤충병원성 곰팡이와 같은 병원미생물은 대상해충의 종류나 병원미생물의 계통에 따라 다양한 병원성을 보인다 (Geden and Steinkraus, 2003). 그리고 생물적 방제 인자를 해충방제에 이용하기 위해서는 생태계에 대한 영향을 최소화하기 위하여 해충과 동일서식처를 공유해 온 인자를 이용하는 것이 바람직한데 곤충병원성 곰팡이도 마찬가지이다 (Zoberi, 1995). 따라서 본 연구는 우리나라의 산림 토양에서 분리된 두 종의 곤충병원성곰팡이를 이용하여 각종 경제작물에 피해를 주고 있는 거세미나방 (*Agrotis segetum*)과 배추흰나비 (*Artogeia rapae*), 도둑나방 (*Mamestra brassicae*), 배추좀나방 (*Plutella xylostella*), 파밤나방 (*Spodoptera exigua*), 담배거세미나방 (*S. litura*)에 대한 병원성을 알아보기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

곤충병원성 곰팡이

곤충병원성 곰팡이는 경북 봉화의 산림 토양에서 분리된 *B. bassiana* 와 상주의 산림토양에서 분리된 *M. anisopliae* 균주를 이용하였

는데, 배양은 PDA (potato dextrose agar 39 g, water 1,000 ml) 배지에서 7일간 1차 배양하였다. 포자의 대량 배양을 위하여 쌀을 1일간 물에 불린 다음 용량 1 ℓ의 병버섯 재배용 플라스틱 용기 (가나화학, 충남 천안)에 600 cc씩 넣고 2회 살균한 다음 고두밥을 만들어 1차 배양한 포자 현탁액 1 ml를 접종하여 25±2℃ 항온기에서 2주간 배양하였다. 그리고 각각의 실험 시 포자를 수확하여 혈구계로 포자수를 계수한 다음 실험에 이용하였다.

거세미나방에 대한 병원성 검정

거세미나방 유충에 대한 병원성을 검정하기 위하여 경기도 일원의 열채류 시설재배지와 노지에서 유충을 채집하였다. 채집한 유충은 먹이와 함께 실험실로 가져와 실험에 이용하였는데 2-3령충과 4령충으로 구분하여 실험에 이용하였다. 고두밥 배지에서 배양한 병원성곰팡이를 살균수에 0.05% Tween 20과 함께 넣어 혼든 뒤, 가아제로 고두밥을 걸러 10⁹, ×10⁸, ×10⁷, ×10⁶ conidia/ml 농도로 희석하였다. 직경 9×1.5cm 1회용 petri dish에 여과지(Whatman #2) 1매를 깔고 희석한 포자현탁액 1 ml를 접종한 다음 병원성 곰팡이 현탁액에 접종하고, 야외에서 채집하여 실험실에서 사육한 거세미나방 유충 1마리씩을 넣었다. 여기에 먹이로서 배추 잎을 9 cm 크기로 잘라 공급하였고, 수분 증발을 방지하기 위하여 비닐팩에 싸서 25±2℃ 항온기에 보관하면서 7일 후에 병원균에 의한 치사유무를 조사하였다. 대조구는 살균수만을 처리하였으며 10개의 petri dish를 한 반복으로 5반복 수행하였다.

배추흰나비에 대한 병원성 검정

배추흰나비 유충에 대한 병원성 검정은 거세미나방 유충의 병원성 검정과 유사한 방법으로 수행하였다. 유충은 야외에서 배추를 가해하고

있는 것을 채집하여 이용하였는데 유충의 령기는 2-3령충과 4령충으로 구분하여 병원성곰팡이를 처리하였으며 한 개의 petri dish에 10마리씩의 유충을 넣고, 먹이로는 배추 잎을 공급하였다. 처리한 petri dish는 25±2℃ 항온기에 보관하면서 7일 후에 병원균에 의한 치사유무를 조사하였고 대조구는 살균수만을 처리하였다. 처리는 10개의 petri dish를 한 반복으로 5반복으로 하였다.

도둑나방에 대한 병원성 검정

도둑나방에 대한 병원성 검정은 거세미나방에 대한 병원성 검정과 동일한 방법으로 수행하였다. 한 개의 petri dish에 한 마리씩의 유충을 넣고, 먹이로는 배추 잎을 공급하였다. 도둑나방 유충은 노지에서 배추를 가해하는 유충을 채집하여 실험에 이용하였는데 10개의 petri dish를 한 반복으로 5반복 수행하였으며 대조구는 물만 1 ml 처리하였다. 처리 7일 후 병원성곰팡이에 의한 치사유무를 조사하였다.

배추좀나방에 대한 병원성 검정

배추좀나방에 대한 병원성 검정은 배추흰나비에 대한 병원성 검정과 동일한 방법으로 수행하였다. 배추좀나방은 야외에서 채집하여 실내에서 사육하던 것을 실험에 이용하였다. 먹이로는 배추 잎을 공급하였으며 10개의 petri dish를 한 반복으로 하였고, 처리는 5반복으로 수행하였다.

파밤나방에 대한 병원성 검정

파밤나방에 대한 병원성 검정도 거세미나방에 대한 병원성 검정과 동일한 방법으로 수행하였다. 한 개의 petri dish에 한 마리씩의 유충을 넣고, 먹이로는 배추 잎을 공급하였다. 파밤나방 유충은 노지에서 배추를 가해하는 유충을 채집하여 실험에 이용하였는데 10개의

petri dish를 한 반복으로 5반복 수행하였으며 대조구는 물만 1 ml 처리하였다. 처리 7일 후 병원성곰팡이에 의한 치사유무를 조사하였다.

담배거세미나방에 대한 병원성 검정

담배거세미나방 유충에 대한 병원성 검정도 거세미나방에 대한 병원성 검정과 동일한 방법으로 수행하였다. 한 개의 petri dish에 한 마리 씩의 유충을 넣고, 먹이로는 배추 잎을 공급하였다. 담배거세미나방 유충은 노지에서 배추를 가해하는 유충을 채집하여 실험에 이용하였는데 10개의 petri dish를 한 반복으로 5반복 수행하였으며 대조구는 물만 1 ml 처리하였다. 처리 7일 후 병원성곰팡이에 의한 치사유무를 조사하였다.

통계처리

해충별, 령기별 및 병원성곰팡이 종류별 병원성 결과는 SAS program을 이용하여 반수치사농도도 (LC_{50})를 산출하였다 (PROC PROBIT) (조, 1996).

결 과

거세미나방 유충에 대한 병원성

거세미나방 유충에 대한 곤충병원성곰팡이의 병원성은 *B. bassiana*에 비하여 *M. anisopliae*가 높았으며 거세미나방 유충 령기별로는 2·3령충에 비하여 4령충에서 높은 반수치사농도를 보였다 (Table 1). 즉, 거세미나방 2·3령충에 대한 *M. anisopliae*의 LC_{50} 은 2.4×10^5 conidia/ml로 *B. bassiana*의 4.3×10^6 conidia/ml에 비하여 낮았다. LC_{90} 은 거세미나방 2·3령충에서는 *M. anisopliae*가 3.4×10^6 conidia/ml로 *B. bassiana*의 2.5×10^8 conidia/ml에 비하여 현저히 낮았다. 특히 *M. anisopliae*는 거세미나방 유충에 대한 병원성이 실험에 이용하던 다른 해충들에 비하여 높게 나타났다.

배추흰나비 유충에 대한 병원성

배추흰나비 유충에 대한 곤충병원성곰팡이의 병원성도 거세미나방 유충에 대한 병원성의 결과와 유사하였다. *B. bassiana*에 비하여 *M.*

Table 1. Results of bioassays with entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, evaluated upon different instar of *Agrotis segetum* in Petri dish sampled at 7 days after treatment

Fungi	Instar of <i>A. segetum</i>	LC_{50} (95% fiducial limits) (conidia/ml)	LC_{90} (95% fiducial limits) (conidia/ml)	Slope±SE
<i>Beauveria bassiana</i>	2-3rd	4.3×10^6 (1.8×10^6 - 8.2×10^6)	2.5×10^8 (1.0×10^8 - 9.9×10^8)	0.7±0.1
	4th	7.5×10^6 (3.0×10^6 - 1.6×10^7)	9.3×10^8 (3.1×10^8 - 6.1×10^9)	0.6±0.1
<i>Metarhizium anisopliae</i>	2-3rd	2.4×10^5 (1.1×10^5 - 6.1×10^5)	3.4×10^6 (1.7×10^6 - 1.1×10^7)	1.1±0.3
	4th	2.3×10^5 (1.7×10^5 - 6.7×10^5)	8.1×10^6 (3.7×10^6 - 2.8×10^7)	0.8±0.2

Table 2. Results of bioassays with entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, evaluated upon different instar of *Artogetia rapae* in Petri dish sampled at 7 days after treatment

Fungi	Instar of <i>A. rapae</i>	LC_{50} (95% fiducial limits) (conidia/ml)	LC_{90} (95% fiducial limits) (conidia/ml)	Slope±SE
<i>Beauveria bassiana</i>	2-3rd	1.2×10^7 (6.3×10^6 - 2.0×10^7)	3.9×10^8 (1.8×10^8 - 1.3×10^9)	0.8±0.1
	4th	2.1×10^7 (1.2×10^7 - 3.8×10^7)	7.9×10^8 (3.4×10^8 - 2.8×10^9)	0.8±0.1
<i>Metarhizium anisopliae</i>	2-3rd	5.2×10^6 (2.9×10^6 - 8.6×10^6)	9.5×10^7 (4.9×10^7 - 2.6×10^8)	1.0±0.1
	4th	9.6×10^6 (5.2×10^6 - 1.7×10^7)	2.8×10^8 (1.3×10^8 - 8.7×10^8)	0.9±0.1

*anisopliae*의 병원성이 높았으며 배추흰나비 유충 령기별로는 차이를 보이지 않았다 (Table 2). 배추흰나비 2·3령충에 대한 *M. anisopliae*의 LC₅₀은 5.2×10⁶ conidia/ml였으며 *B. bassiana*는 1.2×10⁷ conidia/ml였다.

대한 *M. anisopliae*의 LC₅₀은 9.7×10⁵ conidia/ml로 *B. bassiana*의 1.5×10⁶ conidia/ml보다 다소 높은 병원성을 보였다. 도둑나방 유충에 대한 *B. bassiana*의 병원성은 다른 실험 해충에서 보다 높게 나타났다.

도둑나방 유충에 대한 병원성

도둑나방 유충에 대한 곤충병원성곰팡이의 병원성은 *B. bassiana*나 *M. anisopliae*처리간에 차이를 보이지 않았으며 령기별로도 큰 차이를 보이지 않았다 (Table 3). 도둑나방 2·3령충에

배추좀나방 유충에 대한 병원성

배추좀나방 유충에 대한 곤충병원성곰팡이의 병원성은 *M. anisopliae*처리가 *B. bassiana*처리에 비하여 다소 높았으나 차이는 없었다. 령기별 병원성은 *M. anisopliae*처리에서는 배추좀

Table 3. Results of bioassays with entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, evaluated upon different instar of *Mamestra brassicae* in Petri dish sampled at 7 days after treatment

Fungi	Instar of <i>M. brassicae</i>	LC ₅₀ (95% fiducial limits) (conidia/ml)	LC ₉₀ (95% fiducial limits) (conidia/ml)	Slope±SE
<i>Beauveria bassiana</i>	2-3rd	1.5×10 ⁶ (5.1×10 ⁵ -2.9×10 ⁶)	5.5×10 ⁷ (2.6×10 ⁷ -1.8×10 ⁸)	0.8±0.1
	4th	2.9×10 ⁶ (1.1×10 ⁶ -5.9×10 ⁶)	2.0×10 ⁸ (8.1×10 ⁷ -8.3×10 ⁸)	0.7±0.1
<i>Metarhizium anisopliae</i>	2-3rd	9.7×10 ⁵ (3.3×10 ⁵ -1.9×10 ⁶)	2.3×10 ⁷ (1.2×10 ⁷ -7.0×10 ⁷)	0.9±0.16
	4th	1.6×10 ⁶ (5.6×10 ⁵ -3.1×10 ⁶)	5.7×10 ⁷ (2.7×10 ⁷ -1.9×10 ⁸)	0.8±0.1

Table 4. Results of bioassays with entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, evaluated upon different instar of *Plutella xylostella* in Petri dish sampled at 7 days after treatment

Fungi	Instar of <i>P. xylostella</i>	LC ₅₀ (95% fiducial limits) (conidia/ml)	LC ₉₀ (95% fiducial limits) (conidia/ml)	Slope±SE
<i>Beauveria bassiana</i>	2-3rd	3.0×10 ⁶ (1.5×10 ⁶ -5.2×10 ⁶)	7.0×10 ⁷ (3.5×10 ⁷ -2.1×10 ⁸)	0.9±0.1
	4th	5.2×10 ⁶ (-*)	1.5×10 ⁸ (-)	0.5±0.2
<i>Metarhizium anisopliae</i>	2-3rd	1.4×10 ⁶ (5.6×10 ⁵ -2.9×10 ⁶)	4.4×10 ⁷ (2.1×10 ⁷ -1.4×10 ⁸)	0.9±0.1
	4th	2.3×10 ⁶ (1.2×10 ⁶ -3.9×10 ⁶)	4.0×10 ⁷ (2.1×10 ⁷ -1.1×10 ⁸)	1.0±0.16

*Fiducial limites were not able to determined.

Table 5. Results of bioassays with entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, evaluated upon different instar of *Spodoptera exigua* in Petri dish sampled at 7 days after treatment

Fungi	Instar of <i>S. exigua</i>	LC ₅₀ (95% fiducial limits) (conidia/ml)	LC ₉₀ (95% fiducial limits) (conidia/ml)	Slope±SE
<i>Beauveria bassiana</i>	2-3rd	6.3×10 ⁶ (1.5×10 ⁶ -6.3×10 ⁶)	4.6×10 ⁸ (8.6×10 ⁷ -1.5×10 ⁹)	0.4±0.1
	4th	2.2×10 ⁷ (1.0×10 ⁷ -4.6×10 ⁷)	2.8×10 ⁹ (8.2×10 ⁸ -2.2×10 ¹⁰)	0.5±0.2
<i>Metarhizium anisopliae</i>	2-3rd	2.6×10 ⁶ (1.2×10 ⁶ -4.7×10 ⁶)	6.9×10 ⁷ (3.4×10 ⁷ -2.1×10 ⁸)	0.9±0.1
	4th	4.8×10 ⁶ (1.9×10 ⁶ -9.7×10 ⁶)	3.8×10 ⁸ (1.5×10 ⁸ -1.8×10 ⁹)	0.7±0.1

나방의 령기간에 차이를 보이지 않았으나 *B. bassiana* 처리에서는 LC₉₀에서 차이를 보여 2·3령충은 7.0×10⁷ conidia/ml, 4령충은 1.5×10⁹ conidia/ml로 4령충에서 높게 나타났다 (Table 4).

파밤나방 유충에 대한 병원성

파밤나방 유충에 대한 곤충병원성곰팡이의 병원성도 배추좀나방에 대한 병원성과 유사한 경향을 보였다. LC₉₀은 *M. anisopliae* 처리 시, 2·3령충에서는 6.9×10⁷ conidia/ml, 4령충에서는 3.8×10⁸ conidia/ml였고, *B. bassiana* 처리 시 각각 4.6×10⁹ conidia/ml, 2.8×10⁹ conidia/ml로 *M. anisopliae* 처리에서 낮게 나타났다. 그러나 령기별 병원성은 큰 차이를 보이지 않았다 (Table 5).

담배거세미나방 유충에 대한 병원성

담배거세미나방 유충에 대한 곤충병원성곰팡이의 병원성은 *B. bassiana*에 비하여 *M. anisopliae*가 높았으며 담배거세미나방 유충 령기별로는 차이를 보이지 않았다 (Table 6). 두 병원성곰팡이 처리 모두, 실험에 이용한 다른 대상 해충들에 비하여 상대적으로 낮은 병원성을 보였다. 담배거세미나방 2·3령충에 대한 *M. anisopliae*의 LC₉₀은 1.1×10⁸ conidia/ml, 4령충에서는 5.5×10⁸ conidia/ml이었으며 *B. bassiana* 처리에서는 각각 3.2×10⁹ conidia/ml, 4.4×10⁹ conidia/ml였다.

고 찰

곤충병원성 곰팡이는 농림 생태계 내에서 흔하게 발견되어지는 생물적 방제인자로 우리나라에서도 이 등 (1997c)에 의하면 200개소의 토양 sample 중에 20%인 40개소에서 분리가 되었다. 이들 분리된 병원성곰팡이류는 *Beauveria*속과 *Metarhizium*속으로 이들 두 속의 곰팡이가 우리나라에서는 보편적으로 탐색되고 있다 (이 등, 1997c). 검출지별로는 산림지의 검출수와 검출율이 가장 높아 (이 등, 1997c) 산지가 60% 이상을 차지하는 우리나라에서는 해충의 밀도를 자연적으로 억제시키는 중요한 인자의 하나로 생각되고 있다. 한편 우리나라의 골프장들은 대부분 산지의 산림 내에 위치하고 있어 산림해충을 비롯한 각종 해충들의 유입이 빈번한 편으로 골프장에 피해를 주는 해충들은 많은 농림해충들이 포함되고 있다 (추 등, 2000). 따라서 이러한 해충들의 방제를 위해서는 동일 서식지를 공유하고 있는 천적류의 이용이 바람직 한데 곤충병원성곰팡이의 분포가 산림 내에서는 많기 때문에 골프장 발생 해충 방제에도 유용할 것으로 생각된다.

곤충병원성 곰팡이는 종이나 계통에 따라 상이한 병원성을 보이고 (Dimbi *et al.*, 2004), 기주에 따라서도 차이가 있다 (Shipp *et al.*, 2003). 본 실험에서도 대체적으로 *B. bassiana*에 비하여 *M. anisopliae*의 병원성이 높게 나

Table 6. Results of bioassays with entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, evaluated upon different instar of *Spodoptera litura* in Petri dish sampled at 7 days after treatment

Fungi	Instar of <i>S. litura</i>	LC ₅₀ (95% fiducial limits) (conidia/ml)	LC ₉₀ (95% fiducial limits) (conidia/ml)	Slope±SE
<i>Beauveria bassiana</i>	2-3rd	1.6×10 ⁴ (6.5×10 ³ -3.5×10 ⁴)	3.2×10 ⁹ (8.5×10 ⁸ -3.6×10 ¹⁰)	0.6±0.1
	4th	4.3×10 ⁴ (2.1×10 ⁴ -8.9×10 ⁴)	4.4×10 ⁹ (1.3×10 ⁹ -3.6×10 ¹⁰)	0.6±0.1
<i>Metarhizium anisopliae</i>	2-3rd	3.4×10 ⁶ (1.5×10 ⁶ -6.2×10 ⁶)	1.1×10 ⁸ (5.1×10 ⁷ -3.3×10 ⁸)	0.9±0.1
	4th	1.3×10 ⁷ (6.6×10 ⁶ -2.3×10 ⁷)	5.5×10 ⁸ (2.4×10 ⁸ -2.0×10 ⁹)	0.8±0.1

타났다. 이 등 (1997 a, b)도 *M. anisopliae* J-22가 *B. bassiana* GY1-17에 비하여 배추좀나방과 거세미나방 유충에서 높은 병원성을 보인다 하였다. 본 실험에서는 *M. anisopliae*의 경우 거세미나방과 도둑나방 유충에 대한 곤충병원성곰팡이의 병원성이 상대적으로 높게 나타났다고, 담배거세미나방과 배추흰나비에 대한 병원성이 비교적 낮게 나타났다. *B. bassiana*의 경우 도둑나방에 대한 병원성이 비교적 높았으며 담배거세미나방과 배추흰나비에 대한 병원성이 낮게 나타났다. 거세미나방은 검거세미나방 (*A. ipsilon*)과 함께 잔디에 피해를 주는 해충의 하나로 (추 등, 2000) 야간활동성이며 주간에는 땅속에 숨어 지낸다 (조 등, 2000). 따라서 지상부로 이동하는 시점과 가까운 해질 무렵에 계면활성제와 함께 병원성곰팡이를 살포할 경우 좋은 효과를 볼 수 있을 것으로 기대된다. 도둑나방은 배추나 양배추와 같은 채소류는 물론 장미나 백합 등의 화훼작물에도 피해를 주는 광식성 해충으로 골프장의 조경용 초화류에 피해를 줄 수 있는 해충이다. 특히 이 종은 포기로 파고드는 성질이 강하고, 노숙화될수록 농약에 저항성이 증가되어 방제가 어려운 해충인데 (조 등, 2000) 곤충병원성곰팡이에 대한 감수성이 높아 곤충병원성곰팡이를 이용한 방제 효용이 있을 것으로 기대된다. 담배거세미나방은 두류, 채소류, 서류, 사료작물 등을 기주식물로 하는 광식성 해충으로 유충이 약제에 대한 내성이 매우 높은 것이 특징이다 (김과신, 1987). 이로 인하여 핵다각체바이러스와 같은 생물적 방제인자를 이용한 방제법 등이 연구되었는데 (김 등, 2001) 핵다각체바이러스 단독처리에 비하여 neem 추출물이나 tannic acid 또는 boric acid를 혼합하였을 때 상승효과가 있다고 보고되고 있다 (Sarode *et al.*, 1997; Kulkarni *et al.*, 1999). 따라서 비록 본 실험에 이용한 병원성곰팡이가 다른 대상 해충

에 비하여 병원성이 다소 낮게 나타나지만 이러한 상승작용을 유발시킬 수 있는 부재의 선발을 통해 병원성을 증대시킬 수 있을 것으로 생각되며 추후 부가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 파밤나방은 채소류와 전작물 등 42종의 식물에 피해를 주는 해충으로 접시꽃과 맨드라미, 국화 등의 화훼류에도 피해를 주며 특히 국화의 피해가 심하다 (고 등, 1991). 고 등(1991)은 파밤나방의 천적조사에서 녹강균 (*Nomurea rileyi*)에 의한 감염율이 4.3-9.7%라고 하여 곤충병원성곰팡이가 자연상태에서 파밤나방의 밀도 억제에 기여하는 것으로 보고하였는데 본 실험에 이용한 *M. anisopliae*의 경우 LC₉₀이 10⁸ conidia/ml 내외로 생물적 방제인자로서 실용가능성이 있을 것으로 사료된다.

배추좀나방은 전 세계적으로 분포하면서 십자화과 작물에 큰 피해를 주는 해충으로 이 종에 의한 경제적 피해는 년 간 10억불 정도로 추산되고 있다 (Talekar and Shelton, 1993). 곤충병원성곰팡이는 배추좀나방에 대하여 비교적 병원성이 높은 편이다. 이 등 (1997a)은 *M. anisopliae* J-22의 경우 5×10⁶ conidia/ml 농도에서 배추좀나방에 대한 치사율이 70.7%, 2×10⁷ conidia/ml 농도에서 93.8%라고 하여 본 실험의 결과와 일치하는 경향을 보였다. 본 실험에서는 다양한 나비목 해충들에 대한 곤충병원성곰팡이의 병원성을 실내에서 조사하였지만 앞으로 이러한 결과를 바탕으로 야외실험을 통해 활용할 수 있는 생물적 방제인자로 만들기 위한 부가적인 연구들이 수행되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

경북지방에서 분리한 곤충병원성곰팡이 *Beauveria bassiana*와 *Metarhizium anisopliae*를 이용하여 나비목 해충인 거세미나방 (*Agrotis*

segetum), 배추흰나비 (*Artogeia rapae*), 도둑나방 (*Mamestra brassicae*), 배추좀나방 (*Plutella xylostella*), 파밤나방 (*Spodoptera exigua*), 담배거세미나방 (*S. litura*)의 생물적 방제 가능성을 알아보기 위하여 실험한 결과, 거세미나방 2·3령충에 대하여 *B. bassiana*와 *M. anisopliae*의 반수치사농도 (LC₅₀)는 접종 7일 후에 각각 4.3×10^6 conidia/ml와 2.4×10^5 conidia/ml였다. 배추흰나비 2·3령충에 대한 *B. bassiana*와 *M. anisopliae*의 LC₅₀는 접종 7일 후에 각각 1.2×10^7 conidia/ml와 5.2×10^6 conidia/ml였다. 도둑나방 2·3령충에 대한 *B. bassiana*와 *M. anisopliae*의 LC₅₀는 접종 7일 후에 각각 1.5×10^6 conidia/ml와 9.7×10^5 conidia/ml였고, 배추좀나방 2·3령충에 대한 *B. bassiana*와 *M. anisopliae*의 LC₅₀는 각각 3.0×10^6 conidia/ml와 1.4×10^6 conidia/ml였다. 파밤나방 2·3령충에 대한 *B. bassiana*와 *M. anisopliae*의 LC₅₀는 접종 7일 후에 각각 6.3×10^6 conidia/ml와 2.6×10^6 conidia/ml였고, 담배거세미나방 2·3령충에 대한 *B. bassiana*와 *M. anisopliae*의 LC₅₀는 각각 1.6×10^7 conidia/ml와 3.4×10^6 conidia/ml였다.

참고문헌

- 고현관, 박종대, 최용문, 최귀문, 박인선. 1991. 파밤나방의 기주 및 피해 조사. 한응곤지. 30: 111-116.
- 김선곤, 김도익, 박종대, 박인진, 임대준, 김규진. 2001. 담배거세미나방 (*Spodoptera litura*)에 대한 핵다각체바이러스와 NeMAze 1-T/S의 혼합 살포효과. 한응곤지. 40: 137-141.
- 김창효, 신현열. 1987. 남부지방에 있어서 담배거세미나방의 생태와 방제에 관한 연구. 경상대학교 부설 농자원이용연구소보 21: 105-122.
- 이동운, 추호렬, 신흥균, 최병귀, 이근식. 2003. 녹색콩풍뎅이 (*Popillia quadriguttata*)의 화학적 방제와 골프장의 금잔디 (*Zoysia matrella*) 및 새로운 기주의 피해. 한국잔디학회지 17: 35-44.
- 이동운, 추호렬, 이태우, 박지웅, 권태웅. 1999. 주둥무늬차색풍뎅이 (*Adoretus tenuimaculatus*)의 산란지 선호성과 골프장에서의 분포. 한국잔디학회지 13: 113-124.
- 이동운, 추호렬, 정재민, 이상명, 사공영보. 2002. 녹색콩풍뎅이 (*Popillia quadriguttata*)의 기주식물. 한응곤지. 41: 15-19.
- 이상명. 1999. 생물농약 개발을 위한 한국산 곤충병원성곰팡이의 탐색과 이용. 경상대학교 박사학위논문. 140pp.
- 이상명, 이동운, 추호렬, 문일성, 이태우. 1997a. 골프장 잔디 해충 및 농림해충 수종에 대한 곤충병원성곰팡이 *Metarhizium anisopliae* J-22의 병원성. 한국잔디학회지 11: 185-191.
- 이상명, 이동운, 추호렬, 박지웅. 1997b. 수종의 농림해충에 대한 *Beauveria bassiana* GY1-17 균주의 병원성. 한응곤지. 36: 351-356.
- 이상명, 추호렬, 박영도. 1997c. 우리나라 남부지방에 분포하는 곤충병원성곰팡이 *Beauveria* spp. 및 *Metarhizium* spp. 한응곤지. 36: 37-42.
- 조원대, 김완규, 지형진, 최홍수, 이승돈, 김충희, 유재기, 고현관, 이승환, 최준열, 이관석. 2000. 채소 병해충 진단과 방제. 도서출판 아카데미서적. 서울. 331pp.
- 조인호. 1996. SAS의 이해와 활용. 성안당. 서울. 665pp.

13. 추호렬, 이동운, 이상명, 이태우, 최우근, 정영기, 성영탁. 2000. 골프장 잔디 해충과 천적의 종류. 한응곤지. 39: 171-179.
14. 최우근, 이동운, 추호렬, 정재민, 이상명, 박정규. 2001. 주황긴다리풍뎡이 (*Ectinohoplia rufipes*)의 골프장 기주식물과 피해 잎의 성충 유인 효과. 한응곤지. 40: 31-40.
15. Choo, H.Y., H.K. Kaya, J. Huh, D.W. Lee, H.H. Kim, S.M. Lee and Y.M. Choo. 2002. Entomopathogenic nematodes (*Steinernema* spp. and *Heterorhabditis bacteriophora*) and a fungus *Beauveria brongniartii* for biological control of the white grubs, *Ectinohoplia rufipes* and *Exomala orientalis*, in Korean golf courses. BioControl 47: 177-192.
16. Dimbi, S., N. K. Maniania, S. A. Lux and J. M. Mueke. 2004. Effect of constant temperatures on germination, radial growth and virulence of *Metarhizium anisopliae* to three species of African tephritid fruit flies. BioControl. 49: 83-94.
17. Glare, T. R. 1992. Fungal pathogens of scarabs. pp. 63-77. In Use of pathogens in scarab pest management, by Jackson, T. A. and T. R. Glare. eds. Intercept Ltd. Andover.
18. Goden, C. J., and D. C. Steinkraus. 2003. Evaluation of three formulations of *Beauveria bassiana* for control of lesser mealworm and hide beetle in Georgia poultry houses. J. Econ. Entomol. 96: 1602-1607.
19. Kulkarni, G. G., S. S. R. Kumer, P. S. Hugar and K. A. Kulkarni. 1999. Persistence of NPV against *Spodoptera litura* Fab. on strawberry in transitional tract of Karnataka. Annals of Agri. Bio. Res. 4: 45-47.
20. Sarode, S. V., Y. S. Jumade and S. L. Borkar. 1997. Efficacy of *Heliothis* nuclear polyhedrosis virus and neem seed kernel extract combinations against *Helicoverpa armigera* (Hb) on pigeonpea. PKV Res. J. 21: 227-229.
21. Shipp, J. L., Y. Zhang, D. W. A. Hunt, and G. Ferguson. 2003. Influence of humidity and greenhouse microclimate on the efficacy of *Beauveria bassiana* (Balsamo) for control of greenhouse arthropod pests. Environ. Entomol. 32: 1154-1163.
22. Soper, R. S. and M. G. Ward. 1981. production, formulation and application of fungi for insect control. pp. 161-180. In Biological control in crop protection, by G. C. Papavizas, ed. BARC Symposium no. 5, Ahanheld.
23. Talekar, N. S. and A. M. Shelton. 1993. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. Annu. Rev. Entomol. 38: 275-301.
24. Zeberi, M. H. 1995. *Metarhizium anisopliae* a fungal pathogen of *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). Mycologia 87: 354-359.
25. Wraight, S. P. and R. L. Carruthers. 1999. Production, delivery, and use of Mycoinsecticides for control of insect pests on field crops. pp. 233-269. In Biopesticides use and delivery, by Hall, F. R. and J. J. Menn. eds. Human Press. New Jersey.