

곤충병원성곰팡이 *Beauveria bassiana*와 *Metarhizium anisopliae*의 병원성에 미치는 농약의 영향

Effects of Pesticides on the Pathogenicity of Entomopathogenic Fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*

이상명¹ · 이동운² · 추호렬² · 박영도²

Sang Myeong LEE¹, Dong Woon LEE², Ho Yul CHOO² and Yeong Do PARK²

ABSTRACT This study was conducted to observe the effects of pesticides on the pathogenicity of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolated from Korea. Sporulation of entomopathogenic fungi in SMAY medium that mixed different concentrations of pesticides was similar to control in metalaxyl and tolclofos-methyl treatment but in half recommended treatment of fenitrothion and mepronil very poor sporulation was showed. Pathogenicity of entomopathogenic fungi dipped in all tested pesticide solution for 1 to 5hr was 100% pathogenicity of *M. anisopliae* in the pesticide treated chinese cabbage fields were similar to control, Bt, teflubenzuron, metalaxyl, and carbofuran treatment but alachlol was below 80%. Pathogenicity and persistence of entomopathogenic fungi in turfgrass when pesticides were posttreatment were continued to 4 months in iprodione+thiram and tolclofos-methyl treated plots but those of *B. bassiana* and *M. anisopliae* was losted in fenitrothion pathogenicity and persistence of in mepronil were nil *M. anisopliae* from 3 months after treatment.

KEY WORDS entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, mepronil, fenitrothion, alachlol, pathogenicity, persistence

초 록 농약이 한국산 곤충병원성곰팡이 *Beauveria bassiana*와 *Metarhizium anisopliae*에 미치는 영향을 알아본 결과, SMAY배지상에서의 농약농도에 따른 곰팡이 포자형성수는 metalaxyl과 tolclofos-methyl 처리에서는 대조구와 큰 차이가 없었으나, fenitrothion과 mepronil 처리에서는 권장량의 1/2배 처리에서도 포자형성이 미약하였다. 농약과의 동시 처리가 곤충병원성 곰팡이에 미치는 영향을 알아보기 위하여 농약희석액에 병원성 곰팡이를 1~5시간 동안 침지시켜 병원성을 알아본 결과 전 약종에서 100%의 병원성을 나타내었다. 배추밭에서 농약전처리가 *M. anisopliae*의 병원성에 끼치는 영향을 알아본 결과는 Bt나 teflubenzuron, metalaxyl, carbofuran 처리구는 대조구와 병원성에서 차이를 보이지 않았으나 alachlol 처리구에서는 병원성이 80% 이하로 떨어졌다. 잔디밭에서 농약의 후처리가 병원성곰팡이의 병원성과 지속성에 미치는 영향을 알아본 바 iprodione+thiram과 tolclofos-methyl 처리구에서는 4달째까지 병원성이 지속되었고 fenitrothion 처리구에서는 3개월 후 부터 *B. bassiana*와 *M. anisopliae*의 병원성이 상실되었으며 mepronil 처리구에서는 *M. anisopliae*가 병원성을 상실하였다.

검색어 곤충병원성곰팡이, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, mepronil, fenitrothion, alachrol, 병원성, 지속성

서 론

곤충병원성곰팡이는 기주체에 직접 접촉하거나 기주가 먹이를 취하는 동안 감염하여 기주를 용이하게

치사시키기 때문에 이미 브라질이나 구소련 및 체코 슬로바키아등에서는 상품화하여 해충방제에 이용하고 있다(Ferron 1978, 河上 1985). 최근 농약 사용에 따른 농생태계내의 환경문제가 이슈로 대두됨에 따라

¹임업연구원 남부임업시험장, 경남 진주, 660-700 (Nambu Forestry Experiment Station, Forestry Research Institute, Chinju, 660-700, Gyeongnam, Korea)

²경상대학교 농대 농생물학과, 경남 진주, 660-701 (Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju, 660-701, Gyeongnam, Korea)

환경친화형 살충제로서 곤충병원성곰팡이에 대한 관심도 증대하게 되었는데 현재까지 곤충병원성곰팡이는 700여종이 알려져 있다. 그중 *Beauveria bassiana*와 *Metarhizium anisopliae*에 대한 연구가 많이 이루어지고 있는 편이다(추 등 1994). 그러나 이들 효과적인 생물농약을 농림해충의 방제에 적극적으로 활용하기 위해서는 가장 빈번하게 사용되고 있는 방제법과의 관계를 구명함이 바람직하다. 우리나라에서는 해충방제를 위하여 과거 40여년 동안 농약에만 의존하여 왔다. 뿐만아니라 해충의 종합방제에 있어서 곤충병원성곰팡이의 활용을 위하여서나 현재 많이 사용되고 있는 방제법인 농약과의 상호보완적인 관계를 구명하기 위하여서는 농약이 곤충병원성곰팡이에 미치는 영향이 우선적으로 연구되어야 한다. 따라서, 본 연구는 우리 나라의 남부지역에서 분리되어 병원성이 우수한 것으로 확인된 *B. bassiana*와 *M. anisopliae*의 농약에 의한 영향을 알아보기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

곤충병원성곰팡이

경남 양산의 휴경지에서 분리된 *B. bassiana*와 제주 중문의 곰솔림 토양에서 분리된 *M. anisopliae*를 PDA (potato dextrose agar 39 g, water 1000 ml)배지에 접종하여 25±2°C 항온기에서 배양하여 사용하였다.

농약

실험에 이용된 농약의 종류는 Table 1과 같이 제초제 1종, 살충제 4종, 살균제 4종이었다.

SMAY배지에서 농약이 곤충병원성곰팡이에 미치는 영향

농약이 곤충병원성곰팡이의 포자형성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 SMAY(10 g neopepton, 40 g maltose, 2 g yeast extract, 15 g agar, 1 l water)배지에 fenitrothion, mepronil, metalaxyl, tolclopos-methyl을 권장량의 ½배, 권장량, 또는 권장량의 2배를 첨가하여 살균한 후 9 cm petri dish에 분주하고 PDA(39 g potato dextrose agar, 1 l water)배지에서 배양한 *B. bassiana*와 *M. anisopliae*의 포자현탁액 0.5 ml를 접종한 후 25±2°C의 항온기에 보관하였다. 그리고 4일 후 형성된 포자수를 조사하였다. 대조구는 농약을 첨가하지 않은 배지에서의 배양된 포자수를 조사하였고 각 처리는 3반복으로 하였다.

농약 침지시간에 따른 곤충병원성곰팡이의 병원성

농약과 곰팡이의 동시처리 가능성을 알아보기 위하여 2주간 고두밥배지에서 배양한 *B. bassiana*와 *M. anisopliae* 1 g을 배지와 함께 권장량으로 희석한 9 ml의 fenitrothion, mepronil, metalaxyl, tolclopos-methyl에 각각 1시간, 3시간, 5시간 동안 침지시킨후 거즈로 고두밥을 제거한 다음 원심분리기(VS-5500CF, Vision scientific Co. Korea)에서 3000 rpm으로 30초간 원심분리하였다. 원심분리 후 상층액을 제거한 뒤 다시 살균수를 10 ml 주입하여 동일한 방법으로 원심분리를 3회 하여 농약성분을 세척한 후 9 cm petri dish에 여과지(Whatman #2)를 한장 간다음 꿀벌부채명나방(*Galeria mellonella*) 노숙유충 10마리를 넣고, 분리된 곰팡이 현탁액 1 ml를 접종하였다. 그리고 25±2°C의 항온기에 1주일간 보관하여 곰팡이에 의한 치사유무를 조사하였

Table 1. Characterization of pesticides used in experiment

Classification	Common name	Formulation	Chemical name	ai in formulation (%)
Herbicide	alachlor	EC	2-Chloro-2', 6'-diethyl-N-(methoxyl methyl) acetanilide	43.7
Insecticide	bacillus thuringiensis	WP	Bacillus thuringiensis Berliner Variety Kurstaki (Serotype III a, III b)	(16 BIU/kg)
	carbofuran	G	2,3-Dihydro-2,2-dimethyl benzofuran-7-yl methyl carbamate	3
	fenitrothion	EC	O, O-dimethyl-O-4-nitro-m-tolyl phosphorothioate	50
	teflubenzuron	SC	1-(3,5-Dichloro-2, 4-difluorophenyl)-3-(2,6-difluorobenzoyl) urea	5
	iprodone+thiram	WP	3-(3,5-Dichlororophenyl)-N-isopropyl-2,4-dioximidazolidine-1-carboxamide	15
Fungicide	mepronil	WP	Tetramethylthiuram disulfide	40
	metalaxyl	WP	3'-isopropoxy-O-toluanilide	75
	tolclofos-methyl	WP	Methyl-N-(2-methoxyacetyl)-N-(2, 6-xylyl)-D,L alaninate	25
		WP	O-2,6-dichloro-p-tolyl O,O-dimethyl phosphorothioate	50

다. 대조구는 살균수에 침지시킨뒤 동일한 방법으로 처리하여 치사유무를 조사하였다. 실험은 3반복으로 하였다.

농약 살포후 곤충병원성곰팡이를 처리하였을 때 곰팡이의 병원성

농약을 살포한 경작지에 곤충병원성곰팡이를 처리하였을때의 병원성과 지속성을 알아보기 위하여 20일묘가 정식된 경남농촌진흥원의 배추(춘하왕배추)밭에서 94년 9월 1일부터 9월 28일까지 실시하였다. 0.5×1.0 m 크기의 시험구에 alachlor과 Bt, carbofuran, metalaxyl, teflubenzuron 권장량을 2 l씩 살포하였으며 대조구는 물 2 l를 살포하였다. 살포 6시간 후에 2주간 고두밥 배지에서 배양한 *M. anisopliae* 현탁액을 각 구당 4.3×10⁸ cfu농도로 2.4 l씩 살포하였다. 곤충병원성곰팡이의 병원성은 4주째까지 매주 300 g씩의 토양을 채취하여 실험실로 가져와서는 잘 섞은 후 200 g씩을 취하여 300 ml들이 원통형 플라스틱 용기에 넣고 꿀벌부채명나방 노숙유충 10마리씩을 넣어 25±2°C 실내에 보관하였으며, 7일후 곰팡이 감염여부 및 곰팡이에 의한 치사여부를 조사하였다. 실험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

곤충병원성곰팡이 처리후 농약살포가 병원성곰팡이의 지속성

곤충병원성곰팡이 처리후 농약처리가 곤충병원성곰팡이의 지속성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 입업연구원 남부입업시험장의 잔디포(한국잔디)에 고두밥 배지에서 2주일간 배양한 *B. bassiana*와 *M. anisopliae*를 m²당 50 g(10⁷ cfu/g)씩을 고루 살포하였다. 그리고 1주, 2개월, 3개월후에 iprodione+thiram, fenitrothion, mepronil, tolclfos-methyl을 권장량으로 희석하여 각 구당 3 l씩 살포하였고 대조구는 물만 3 l 살포하였다. 그런 다음 한달마다 각구의 1~5 cm, 5~10 cm 깊이에 토양을 300 g씩 채취하여 잘 섞은 후 200 g을 취하여 300 ml들이 원통형 플라스틱 용기에 넣은 뒤 꿀벌부채명나방 노숙유충 5~10마리씩을 넣어 25±2°C 실내에 보관하였으며, 7일후 곰팡이 감염여부및 곰팡이에 의한 치사여부를 확인하여 4개월까지의 생존력을 점정하였다. 실험은 난괴법 3반복으로 수행하였다.

결과 및 고찰

SMAY 배지에서 농약이 곤충병원성 곰팡이에 미치는 영향

몇 가지 농약에 대한 곤충병원성곰팡이의 포자형성수를 SMAY배지에서 조사한 결과는 Table 2와 같다.

*B. bassiana*의 경우 살균제인 metalaxyl이나 tolchfos-methyl에서는 대조구와 포자형성수에서 차이가 없었다(F=53.6; df=11, 24; P=0.0001). 그리고 살충제인 fenitrothion이나 살균제인 mepronil에서는 권장량이나 권장량보다 낮은 농도에서 포자가 형성되었지만 권장량의 2배 농도에서는 전혀 포자를 형성하지 못하여 이들 농약에 대해서는 매우 감수적이었다. *M. anisopliae* 경우도 *B. bassiana* 유사한 경향을 나타내어 살충제인 fenitrothion이나 살균제인 mepronil에 대하여 높은 감수성을 나타내었다(F=58.6; df=11, 24; P=0.0001). 그리고 살균제인 tolchfos-methyl에서도 포자형성수가 현저히 적었다. 농약과 곤충병원성 곰팡이와의 관계에서 Tedders(1981)는 *B. bassiana*와 *M. anisopliae* 몇가지 살균제에 의하여 균사생장에서 영향을 받았던 것으로 보고하고 있고, Loria 등(1983)은 water agar 배지에서, Clark 등(1982)은 액체배양에서 유사한 결과를 보고하고 있다. Vyas 등(1990)도 fytolan이나 captan, moncozeb의 권장량 2배 농도는 *B. brongniartii* 균사 생장을 저해한다고 하였다. 한편, Su(1988)도 *B. bassiana* 균사 생장이 prochloraz에 의하여 저해됨을 보고하고 있어, 농약에 따라 병원성곰팡이의 생

Table 2. Effect of pesticides on the sporulation of entomopathogenic fungi

Pesticide	Concentration (ppm) ^a	Number of colony forming unit ± SD*	
		<i>B. bassiana</i>	<i>M. anisopliae</i>
fenitrothion	500	19.0 ± 7.0c	0.0 ± 0f
	1000	0.0 ± 0c	0.0 ± 0f
mepronil	375	4.67 ± 2.5c	34.0 ± 8.0ef
	750	0.0 ± 0c	0.0 ± 0f
	1500	0.0 ± 0c	0.0 ± 0f
metalaxyl	500	368.3 ± 44.0b	313.0 ± 62.8b
	1000	421.0 ± 25.5ab	323.0 ± 25.2ab
	2000	434.0 ± 38.3ab	275.0 ± 25.0bc
tolclfos-methyl	500	478.3 ± 130.0a	139.0 ± 5.9d
	1000	377.3 ± 74.7b	241.0 ± 59.2c
	2000	458.0 ± 71.0ab	75.0 ± 10.3e
Control		439.0 ± 71.0ab	376.0 ± 62.3a

^aConcentrations were diluted at half, twice, and recommended rate of each pesticide.

*Figures followed by different letters in a colour are significantly different(p<0.05) according to Duncan's multiple range test.

장에 많은 영향을 주는 것으로 알수있었다. 본 실험의 결과로 미루어 볼때 브라운벤티병(*Rhizoctonia solani*) 방제제인 mepronil을 곤충병원성곰팡이와 혼용하여 사용하거나 곤충병원성곰팡이를 먼저 처리한 후 본 농약을 사용할 경우 곤충병원성곰팡이의 병원성을 상실시킬 우려가 있을 것으로 생각되나, 포장에서는 배지조건처럼 장시간 농약에 직접 노출되는 경우가 드물고 토양중의 각종 요인에 의하여 농약 성분의 분해가 일어나기 때문에 병원성에는 크게 영향을 미치지 않을 것으로 생각된다. Loria 등(1983)은 *Metarhizium*의 포자형성이 water agar배지에서는 살균제에 의하여 영향을 받았으나 토마토 잎에서는 차이가 없었다고 하였고, Clark 등(1982)도 실내의 배지상에서는 농약에 의하여 영향을 받았었지만 포장실험에서는 영향을 받지 않았다고 하였다. 한편, 농약의 농도에 따른 포자형성수는 큰 차이가 없었으나 감수성 약종의 경우 저농도에서의 포자형성이 고농도 보다 상대적으로 많았는데 이도 Loria 등(1983)의 실험결과와 유사하였다.

농약 침지시간에 따른 곤충병원성곰팡이의 병원성

농약과 곤충병원성곰팡이의 혼합사용 가능성을 알아보기 위하여 농약 희석액에 곰팡이를 일정시간 침지시켰을 때 병원성곰팡이가 병원성을 지니는지의 여부를 조사한 결과 Table 3과 같이 5시간 동안 침지한 경우도 곤충병원성곰팡이는 전 약종 처리구에서 100%의 병원성을 나타내어 농약과의 혼용이 가능할 것으로 생각되었다. 이러한 결과는 배지에서의 배양시 포자형성수에서 차이를 보이는 것과는 대조적이었는데, 이는 SMAY배지에서처럼 장시간 농약에 의하여 영향을 받지 않았기 때문일 것으로 생각된다. Loria 등(1983)의

경우도 1시간과 4시간까지는 농약에 의하여 영향을 받지 않다가 8시간 이후부터 영향이 나타났다고 하였다. 따라서 곰팡이를 농약과 혼합하여 살포할 경우 직접적인 병원성의 손실은 없을 것으로 생각되나, 배지에서 나타난 포자형성 결과나 Loria 등(1983)의 실험결과로 미루어 보아 곰팡이를 살포할 때마다 필요한 농약과 혼합하여 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

농약 살포후 곤충병원성곰팡이를 처리하였을 때 곰팡이의 병원성

농약 살포 후 병원성곰팡이를 처리할 경우 곰팡이의 병원성과 지속성을 알아보기 위하여 배추밭에서 *M. anisopliae*를 처리하였다. 그 결과는 Fig. 1과 같다.

병원성은 키틴합성저해제인 teprobenzuron과 생물제제인 Bt 및 침투성살충제인 carbofuran 등의 살충제 처리구에서 4주 동안 95% 이상이 유지되고 있었고, 살균제인 metalaxyl 처리구에서도 95% 이상의 높은 병원성을 유지하고 있었다. 이는 추 등(1994)이 골프장에서 수행한 *Beauveria bronginartii*의 지속성연구에서 비농약처리구에서 4주째까지 보인 80~86.7%의 지속성과 유사한 경향으로서 농약 살포지에 곤충병원성곰팡이를 처리하여도 농약 비사용지와 병원성에서 차이가 없는 것으로 나타나 토양서식 해충의 방제나 식물곰팡이병의 방제에 농약과 혼용살포함으로써 동시방제가 가능할것으로 생각된다. 한편, 산아미드계 제초제인 alachlor에서는 병원성이 다소 낮게 나타났으나 전체적으로는 4주까지 75% 이상의 높은 병원성을 유지하고 있었다. 山本(1992)의 연구에 의하면 제초제는 토양서식균 대하여 초기에 다소 영향을 주는것으로 알려져 있다. Kousuke 등(1993)은 제초제 연용 토양과 일반토양에서 분리한 곰팡이의 셀룰로오스 분해력 비교에서 셀

Table 3. Effect of soaking time of fungi in pesticides on the virulence of entomopathogenic fungi

Pesticides	Fungi	% mortality of host±SD		
		1 hr	3 hr	5 hr
fenitrothion	<i>B. bassiana</i>	100	100	100
	<i>M. anisopliae</i>	100	100	100
mepronil	<i>B. bassiana</i>	100	100	100
	<i>M. anisopliae</i>	100	100	100
metalaxyl	<i>B. bassiana</i>	100	100	100
	<i>M. anisopliae</i>	100	100	100
tolclofsmethyl	<i>B. bassiana</i>	100	100	100
	<i>M. anisopliae</i>	100	100	100
Control	<i>B. bassiana</i>	100	100	100
	<i>M. anisopliae</i>	100	100	100

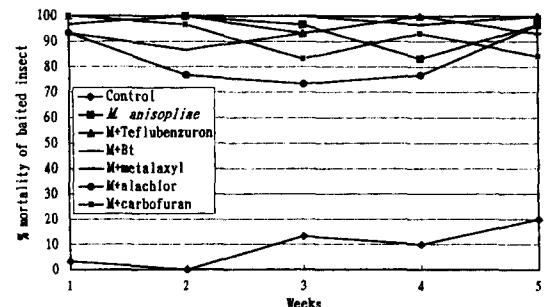


Fig. 1. Effect of pesticides on the persistence of entomopathogenic fungi, *Metarizium anisopliae* in Chinese cabbage field. M; *Metarizium anisopliae*.

Table 4. Effect of pesticide on the persistence of entomopathogenic fungi in turfgrass

Pesticide	Fungus	% mortality of host ± SD							
		1 month		2 months		3 months		4 months	
		0-5*	5-10	0-5	5-10	0-5	5-10	0-5	5-10
iprodione+thiram	<i>B. bassina</i>	100	0	100	0	100	0	100	0
	<i>M. anisopliae</i>	100	0	100	0	100	0	100	0
fenitrothion	<i>B. bassina</i>	100	0	100	0	100	0	0	0
	<i>M. anisopliae</i>	100	0	100	0	100	0	0	0
mepronil	<i>B. bassina</i>	100	0	100	0	100	0	100	0
	<i>M. anisopliae</i>	100	0	100	0	100	0	0	0
tolclofos-methyl	<i>B. bassina</i>	100	0	100	0	100	0	100	0
	<i>M. anisopliae</i>	100	0	100	0	100	0	100	0
Control	<i>B. bassina</i>	100	0	100	0	100	0	100	0
	<i>M. anisopliae</i>	100	0	100	0	100	0	100	0

*, soil depth (cm)

를로오스 분해력은 권장량 농약 사용토양과 고농도 농약 사용토양이 대조구에 비하여 분해력이 낮다고 하였다. 그러나 山本(1992)과 片山(1993)는 농약살포후 토양미생물의 밀도가 일시적으로는 감소하지만 다시 밀도를 회복하는 것으로 보고하고 있으며, Hostetterler 등(1983)과 Lolia 등(1983)이나 Clark 등(1982) 및 Anderson 등(1989)도 비슷한 결과를 보고하고 있다. 따라서, 본 실험에 이용한 곤충병원성곰팡이를 농약살포지에 처리할 경우 병원성의 급격한 소실이 일어나지는 않을 것으로 생각되지만, 농약 사용이 잦은곳이나 온실과 같은 조건에서는 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

곤충병원성곰팡이 처리후 농약살포가 병원성곰팡이의 지속성에 미치는 영향

곤충병원성곰팡이를 처리한후에 농약을 살포할 경우 곰팡이의 지속성에 미치는 영향을 잔디밭에서 조사하였다. 그 결과는 Table 4와 같다.

살충제인 fenitrothion 처리구에서는 *B. bassina*와 *M. anisopliae*가 4개월 쯤부터 병원성을 소실하여, 배지에서 포자형성이 되지않았던 것과 같은 경향을 보여 이 농약에 대해서는 영향을 받은 것으로 나타났다. 또한 mepronil의 경우도 *M. anisopliae*는 4개월부터 병원성이 소실되었다.

이상의 결과들을 종합하여 볼때 곤충병원성곰팡이가 감수성을 띄는 농약들은 단기적으로는 병원성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보이나 장기적으로 연용할 경우는 병원성에 영향을 끼칠 것으로 사료된다. 따라서 이러한 농약의 장기적인 연용은 천적미생물에 악영

향을 미칠 것으로 생각되어 합리적인 해충관리를 위해서는 이러한 농약의 지속적인 사용을 피하고 천적자원과 농생태계에 비교적 영향을 적게 끼치는 농약의 선발을 통하여, 환경친화적인 생물농약과 화학제의 사용으로 방제대상 해충을 동시에 방제할수 있는 기술개발을 유도하는것이 바람직할 것으로 생각된다.

참고문헌

Anderson, T. E., A. E. Hajek., D. W. Roberts., H. K. Preisler. & J. L. Robertson. 1989. Colorado potato beetle(Coleoptera: Chrysomelidae): effects of combinations of *Beauveria bassiana* with insecticides. J. Econ. Entomol. 82(1): 83-89.

추호렬, 이상명, 허진. 1994. 昆蟲病原性 *Beauveria* 곰팡이를 이용한 生物 殺蟲劑 開發研究 2. 經濟培地에서 增殖된 *Beauveria brongniartii*의 病原성과 持續性. 農試論文集. 36: 131-140.

Clark, R. A., R. A. Casagrande., & D. B. Wallace. 1982. Influence of pesticides on *Beauveria bassiana*, a pathogen of the Colorado potato beetle. Environ. Entomol. 11: 67-70.

Ferron, P. 1978. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. Ann. Rev. Entomol. 23: 409-442.

Hostetterler, D. L., B. Puttler., J. L. Huggans., R. E. Pinnell., & S. H. Long. 1983. Effect of the fungicide kocide on the entomopathogenic fungus *Erynia* (=Zoophtora) *phytonomi* (Zygomycetes : Entomophthoraceae) of the alfalfa weevil (Coleoptera : Curculionidae) in Missouri. J. Econ. Entomol. 76: 619-21.

片山新太. 1993. 農藥連用土壤における微生物相の變動. 植物防疫. 47(8): 351-354.

- 河上 青. 1985. 天敵微生物の探索と利用. 今月の農薬. 29(9): 50-55.
- Kousuke, S., H. Yamamoto., K. Tatsuyama. & H. Komada. 1993. Effect of long-term application of a fungicide, chlorothalonil, on cellulose decomposition and microflora in soil under upland conditions. J. Pesticide Sci. 18(3): 225-230.
- Loria, R., S. Galaini. & D. W. Roberts. 1983. Survival of inoculum of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* as influenced by fungicides. Environ. Entomol. 12: 1724-1726.
- Su, C. Y. 1988. The effect of certain pesticides on *Beauveria bassiana*. Chinese Journal of entomology. 8: 157-160.
- Tedders, W. L. 1981. In vitro inhibition of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* by six fungicides used in pecan culture. Environ. Entomol. 10: 346-349.
- Vyas, R. V., D. N. Yadav. & R. J. Patel. 1990. Compatibility of *Beauveria brongniartii* with some pesticides used in groundnut pest management. Annals of Biology Ludhiana. 6: 21-26.
- 山本應基. 1992. 講座・土壤中の微生物とその動き(その12)-土壤微生物と農薬-, 農業土木學會誌 60(4): 47-52.

(1996년 12월 19일 접수)