

Paraconiothyrium minitans CM2의 상추 균핵병균(*Sclerotinia sclerotiorum*)에 대한 생물적 방제

이상엽^{1*} · 홍성기² · 김정준¹ · 한지희¹ · 김완규¹

¹농촌진흥청 국립농업과학원 농업미생물과, ²농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과

Biological control of *Paraconiothyrium minitans* CM2 on Lettuce *Sclerotinia* Rot Caused by *Sclerotinia sclerotiorum*

Sang Yeob Lee^{1*}, Sung Kee Hong², Jeong Jun Kim¹, Ji Hee Han¹ and Wan Gyu Kim¹

¹Agricultural Microbiology Division, National Academy of Agricultural Science (NAAS), Rural Development Administration (RDA), Suwon 441-707, Korea

²Crop Protection Division, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Korea

(Received 8, November 2012., Revised 27, November 2012., Accepted 3, December 2012)

ABSTRACT : A mycoparasite, *Paraconiothyrium minitans* CM2 was selected for biological control of sclerotinia rot of lettuce caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. The experiment was carried out in a lettuce greenhouse in Yangpyeong from March to April. When lettuce sclerotinia rot showed in the early stage of occurrence, Conidial suspension of the mycoparasite was weekly treated once to three times onto soil surface around lettuce plants. Incidence of sclerotinia rot in the once-application plot of the mycoparasite (1×10^7 spores/ml) and in the benomyl(WP)-treated plot was 11.0% and 2.7%, respectively, whereas that of control was 31.0%. Incidence of twice- and three- application plots of the isolate was 7.9% and 12.8%, respectively. For increasing the effect of the mycoparasite, the experiment for the timing of application of *P. minitans* CM2 was carried out in a lettuce greenhouse in Yangpyeong and Suwon. Control efficacy against lettuce sclerotinia rot in the soil-drenching plots of *P. minitans* CM2 (5×10^6 spores/ml) in the planting was 75.3~84.7%, and control effect by treatment of the isolate at the pot drenching+the soil-drenching plots in the early stage of disease occurrence was 63.8~58.0%. As the results, *P. minitans* CM2 could be a prospective biofungicide for biological control of sclerotinia rot of lettuce.

KEYWORDS : Biological control, Lettuce, *Paraconiothyrium minitans*, *Sclerotinia* rot, *Sclerotinia sclerotiorum*

서 론

Sclerotinia sclerotiorum(Lib.) de Bary에 의한 균핵병은 상추와 셀러리를 비롯한 경제적으로 중요한 작물에 수량손실을 야기하고 있다(Farr *et al.*, 1989, Purdy, 1979). 전 세계적으로 75과 408종의 작물을 피해를 주고 있다(Boland and Hall, 1994). 우리나라에서는 약 60여종의 작물에 균핵병(*Sclerotinia sclerotiorum*)이 발생이 기록되어 있다(Kim and Koo, 2009).

이러한 수량 손실을 억제하기 위한 화학농약의 지속적 사용으로 농업생태계의 파괴와 저항성을 가진 식물병원균의 출현으로 새로운 작물보호제 개발에 대한 노력(Tanaka and Omura, 1993; Russell *et al.*, 1995)과 소비자의 안전 농산물에 대한 요구가 증대되어 유용미생물을 활용한 친환경적인 생물학적 방제법 연구가 활발히 시도되고 있다(Hornby, 1990). 전 세계적으로 미생물농약은 149종이 등

록되어 병해충과 잡초방제에 사용되고 있으며(Copping, 2009), 이는 농업생태계의 오염과 병원균의 저항성 발생 억제 대책으로서의 역할이 기대되고 있다(Fravel, 2005). 국내 시설채소재배지에서 피해를 일으키는 토양전염성 병 중의 하나인 균핵병은 전 세계의 온대와 아온대지역에 널리 분포하는 것으로 보고되어 있다(Ting and Greg, 1998). 상추 균핵병은 장기간 생존할 수 있는 균핵을 형성하며 식물체 감염은 균핵으로 부터 균사가 직접 발아하여 상추의 크라운부분, 뿌리조직과 노화된 잎을 침입할 때 일어난다. 시들음을 야기시켜 물러 썩으면서 표면에 흰색의 균사가 생기고 진전되면 쥐뿔같은 균핵이 형성된다. 시설재배지에서 연작 재배로 인한 병원균 밀도가 증가하여 작물재배의 전생육시기에 발생할 수 있을 정도로 매우 방제가 필요한 병해이다.

Coniothyrium minitans(*P. minitans*의 이명)는 1947년에 미국에서 처음 발견되어 균핵을 형성하는 *Sclerotinia minor*, *S. sclerotiorum*, *Sclerotium cepivorum*의 균핵에 기생하여 이들 병원균에 대한 생물학적 방제균으로서의

*Corresponding author <E-mail : lsy1111@korea.kr>

활용 가능성이 제시되었으며(Whipps and Gerlagh, 1992), 1997년에 독일의 Prophyta 회사에서 *C. minitans*를 균핵병 방제 미생물농약(ContansWG)을 등록하여 상추 등 작물의 균핵병 방제에 사용되고 있다(Copping, 2009).

따라서 본 연구에서는 환경친화적 안전 농산물 생산하기 위하여 상추 균핵병균의 균핵 발아를 억제하는 특성을 가진 *Paraconiothyrium minitans* CM2 균주를 이용하여 상추 균핵병 생물적 방제를 위한 포트시험과 시설재배 포장에서 포자농도, 처리횟수 등 방제 체계를 확립하고자 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

50공 연결포트를 이용한 상추 재배

상추는 선풍포착 품종을 사용하여 50공 연결포트에 바로크상토(서울바이오사)를 넣고 30공에만 종자를 파종하여 온실에서 3~4엽기 생육한 묘를 사용하였다.

균핵병균의 접종원 제조 및 접종

상추에서 분리한 균핵병균 *Sclerotinia sclerotiorum*를 감자텍스트로즈한천배지(PDA)에 이식 후 20°C의 항온기에서 10일간 배양한 다음, 형성된 균총을 떼어 내어서 삼각플라스크에 멸균한 보리에 이식하여 20°C의 항온기에서 20일간 배양하여 접종원으로 사용하였다. 병원균 접종은 50공 연결포트에 30공에만 상추종자를 파종하여 육묘한 3~4엽기의 묘를 대상으로 상추 묘 당 균핵병균이 배양된 보리알을 2개씩 상토에 접종하였다.

Paraconiothyrium minitans CM2의 배양

P. minitans CM2 균주를 감자텍스트로즈한천배지(PDA)에 이식 후 22°C의 항온기에서 10일간 배양한 다음, 형성된 균총을 떼어 내어서 oat meal agar(Difco.) 배지를 분주하여 사각플레이트(24 × 24 cm)에 이식한 다음 22°C의 항온기에서 20일간 배양하여 포자현탁액을 제조하여 사용하였다.

CM2 균주의 포자농도에 따른 상추 균핵병 발생 억제 효과 조사

3~4엽기의 50공 연결포트에서 생육한 상추 묘에 CM2 균주의 포자현탁액을 $1 \times 10^6/\text{mL}$, $5 \times 10^6/\text{mL}$ 과 $1 \times 10^7/\text{mL}$ 로 제조하여 주당 5 mL씩 관주한 당일에 주당 균핵병균이 배양된 보리알을 2개씩 상토에 접종한 다음 5일, 12일, 20일과 30일에 균핵병 걸린 포기를 조사하였다. 본 실험은 무처리를 포함하여 3반복으로 실시하였다.

CM2 균주를 포자현탁액을 관주처리한 후 병원균 접종일수에 따른 상추 균핵병 발생 억제 효과 조사

3~4엽기의 50공 연결포트에서 생육한 상추 묘에

CM2 균주의 포자현탁액($5 \times 10^6/\text{mL}$)을 주당 5 mL씩 관주한 다음 균핵병균을 당일, 5일, 10일, 15일과 20일에 상추 포기당 보리 2알씩 접종하여 병원균접종한 후 8일, 10일, 15일과 20일에 균핵병 발생을 조사하였다. 또한 본 실험은 무처리를 포함하여 3반복으로 실시하였다.

비닐하우스 농가포장에서 *P. minitans* CM2 균주 포자농도별 상추균핵병 발생 억제효과 조사

경기도 양평읍의 상추 균핵병이 발생하는 친환경 재배 포장에서 상추(품종 선풍포착)을 3월 하순에 정식한 다음 균핵병이 발생하는 초기에 *P. minitans* CM2 포자를 $1 \times 10^6/\text{mL}$, $5 \times 10^6/\text{mL}$ 과 $1 \times 10^7/\text{mL}$ 로 제조하여 주당 100 mL씩 관주하여 5월 초순에 균핵병 발생조사를 하였다. 대조약제로 베노밀수화제를 1,500배를 희석하여 주당 100 mL씩 관주하였으며 3반복으로 실시하였다.

비닐하우스 농가포장에서 *P. minitans* CM2 균주의 포자농도와 처리횟수별 상추균핵병 발생 억제효과 조사

경기도 양평읍의 상추 균핵병이 발생하는 친환경 재배 포장에서 상추(품종 선풍포착)를 3월 하순에 정식한 다음 균핵병이 발생하는 초기에 *P. minitans* CM2 포자를 $1 \times 10^6/\text{mL}$, $5 \times 10^6/\text{mL}$ 과 $1 \times 10^7/\text{mL}$ 로 제조하여 7일 간격으로 1회, 2회와 3회에 걸쳐서 주당 100 mL씩 관주하여 4월 하순에 균핵병 발생조사를 하였다. 대조약제로 베노밀수화제를 1,500배로 희석하여 주당 100 mL씩 관주하였으며 3반복으로 실시하였다.

토양내 *P. minitans* CM2의 균밀도 조사

균밀도 조사는 포장에 처리한 *P. minitans* CM2 포자현탁액을 처리한 후에 상추 재배기간중에 7일 간격으로 토양내에 처리한 미생물의 변동을 조사하였다. 식물체 주변의 토양을 채취한 토양 10 g을 0.01% 한천이 섞여있는 90 mL 멸균수에 넣고 10분간 150rpm으로 진탕한 다음 20분간 방치 후 상등액을 1 mL 분취하여 멸균수로 $10^2 \sim 10^4$ 희석하여 Czapeck Dox agar(Difco.)배지에 Triton X-100 2 mL를 넣고 멸균하여 식힌 후 aureomycin($2 \mu\text{g}/\text{mL}$)을 넣어 제조한 배지에 분취한 액을 페트리디쉬당 200 μL 씩 3반복으로 도말한 다음 20°C에서 7~10일 배양다음에 균수를 조사하였다.

비닐하우스 농가포장에서 *P. minitans* CM2 균주의 처리방법별 상추균핵병 발생 억제효과 조사

경기도 양평과 수원에서 상추 균핵병이 발생하는 친환경 재배포장에서 2월 하순에 상추(품종 선풍포착)을 정식당일에 200공 육묘용 연결 포트에 생육한 상추에 포기당 *P. minitans* CM2 포자현탁액($5 \times 10^6/\text{mL}$)을 2 mL씩 관주처리구, 정식직후 *P. minitans* CM2 포자현탁액($5 \times 10^6/\text{mL}$)을 포기당 100 mL씩 관주처리구, 정식전에 토양표면에 *P.*

minitans CM2 포자현탁액($5 \times 10^6/\text{mL}$)을 포기당 100 mL씩 계산하여 분무처리구, 균핵병이 발생한 초기에 *P. minitans* CM2 포자현탁액($5 \times 10^6/\text{mL}$)을 포기당 100 mL씩 관주처리구, 포트처리 및 균핵병 발생초기 관주처리구로 구분하여 3반복으로 실험을 각각 실시하여 4월 중순에 균핵병 발생을 조사하였다.

결과 및 고찰

CM2 균주의 포자농도에 따른 상추 균핵병 발생 억제 효과 조사

상추묘의 50공 연결포트시험

50공연결포트에 상추를 육묘하여 균핵병을 일으키는 진균(*Sclerotinia sclerotiorum*)에 대하여 선발균주(CM2)의 포자현탁액 농도별 처리한 결과, 포자현탁액의 농도가 높을수록 상추균핵병 발생을 억제하였으며, 1개월까지도 $5 \times 10^6/\text{mL}$ 과 $1 \times 10^7/\text{mL}$ 처리구가 같은 1.1%의 균핵병이 병 발생을 억제하였다(Table 1). 그리고 상추 묘묘에 CM2 균주의 포자현탁액($5 \times 10^6/\text{mL}$)을 관주처리한 다음 20일 후에 균핵병을 접종하여 20일 후에 조사한 결과, 6.7% 균핵병이 발생한 반면에 무처리구는 91.1% 발생하여 CM2균주가 1회 처리하여도 20일간의 균핵병을 92.7% 방제할 수 있었다(Table 2, Fig. 1).

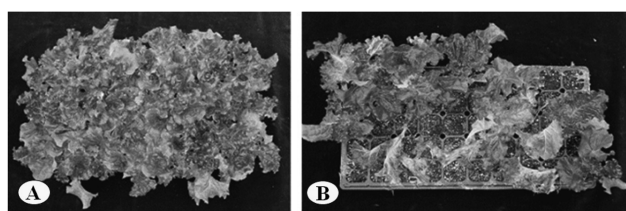


Fig. 1. Control effect of *P. minitans* CM2 against lettuce *Sclerotinia* rot caused by *S. sclerotiorum* in the 50 hole tray test. A, treatment of *P. minitans* CM2 conidial suspension ($5 \times 10^6/\text{mL}$); B, control.

포장시험

CM2균주의 처리농도 및 처리횟수별 균핵병 방제효과

양평의 친환경 상추 시설재배포장에서 CM2균주의 포자현탁액 농도별 처리한 결과, $5 \times 10^6/\text{mL}$ 처리구가 84.8%의 방제효과를 나타내어 $1 \times 10^6/\text{mL}$ 과 $1 \times 10^7/\text{mL}$ 처리구보다 균핵병 방제효과가 좋았지만 통계적 유의차는 없었다(Table 3). 그리고 CM2균주의 포자현탁액 농도 및 처리횟수별 처리한 결과, 포자현탁액의 농도에 따라서 방제효과가 달랐으나 처리횟수에는 차이가 크게 없었으며(Fig. 2), 토양내 CM2균주의 처리 횟수에 따른 균밀도를 조사한 결과에서는 3회 처리구가 2회와 1회 처리구에 비하여 균밀도가 높았지만 방제효과와 같이 1회만 처리하여도 상추균핵병을 방제가 가능하였다(Fig. 3).

Table 1. Suppression of lettuce *Sclerotinia* rot(*S. sclerotiorum*) by treatment with conidial suspension of *P. minitans* CM2 in the 50 hole tray pots

Concentrations of conidial suspension	% infected plant at days after treatment with CM2			
	5 day	12 day	20 day	30 day
$1 \times 10^6/\text{mL}$	0.0	0.0	6.7	11.1 a ^{a)}
$5 \times 10^6/\text{mL}$	0.0	1.1	1.1	1.1 a
$1 \times 10^7/\text{mL}$	0.0	0.0	1.1	1.1 a
Control	0.0	44.4	78.9	85.6 b

^{a)}In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 1% level by DMRT.

Table 3. Control effect of lettuce *Sclerotinia* rot by treatment with conidial suspension concentrations of *Paraconiothyrium minitans* CM2 at the beginning stage of disease occurrence in the greenhouse in Yangpyeong

Treatment (spore/mL)	Infected plants (%)	Control efficacy (%)
1×10^6	11.9 ab ^{a)}	61.6
5×10^6	4.7 a	84.8
1×10^7	11.0 ab	64.5
Benomyl WP($\times 1,500$)	2.7 a	91.2
Control	31.0 b	-

^{a)}In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 2. Control effect of lettuce *Sclerotinia* rot by *S. sclerotiorum* after treatment with conidial suspension ($5 \times 10^6/\text{mL}$) of *P. minitans* CM2 in the 50 hole tray pots

Investigated days after inoculation of pathogen	% infected plant at days after treatment with <i>P. minitans</i> CM2									
	1 day		5 day		10 day		15 day		20 day	
	CM2	control	CM2	control	CM2	control	CM2	control	CM2	control
8	0 a	7.8 a	0 a	2.2 a	0 a	0 a	0 a	2.2 a	0 a	1.1 a
10	0 a	36.7 b	0 a	8.9 a	0 a	0 a	0 a	2.2 a	0 a	2.2 a
15	0 a	92.2 e	1.1 a	43.3 c	0 a	43.3 c	0 a	13.3 ab	0 a	45.6 c
20	1.0 a	96.7 e	2.2 a	62.2 cd	0 a	77.8 de	0 a	84.4 de	6.7 a	91.1 e

^{a)}In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 1% level by DMRT.

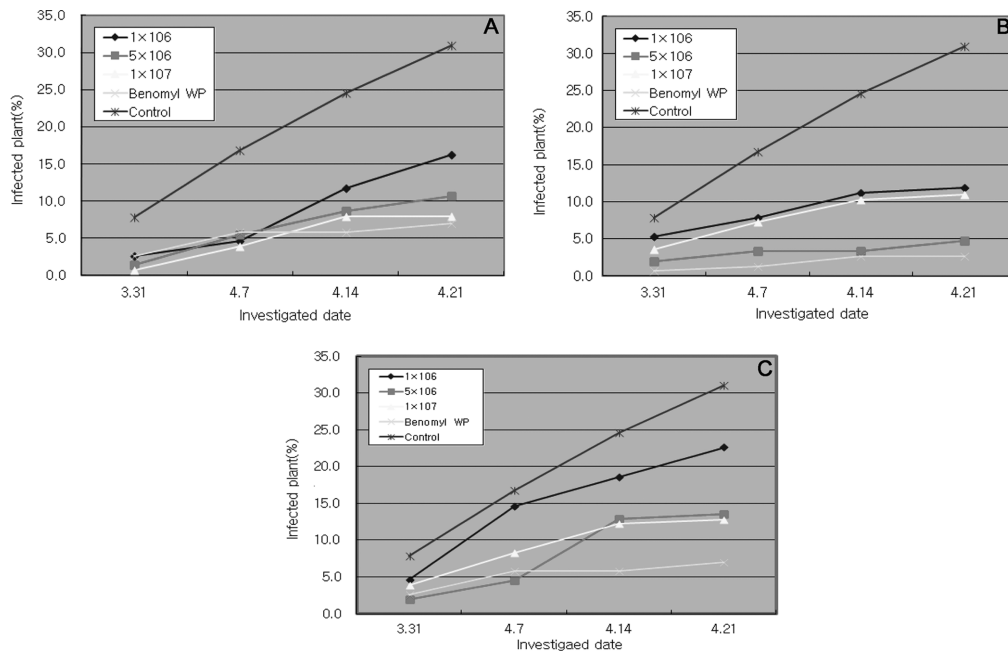


Fig. 2. Control effect of lettuce Sclerotinia rot by treatment frequency and conidial suspension concentrations of *P. minitans* CM2 at the beginning stage of disease occurrence in the greenhouse in Yangpyeong. A, once application; B, twice applications; C, three applications.

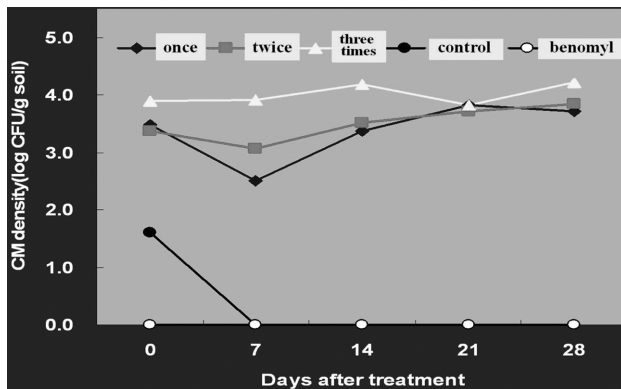


Fig. 3. Population change of *Paraconiothyrium* spp. in soil of lettuce cultivation after treatment of *P. minitans* CM2 conidial suspension (1×10^7) in the greenhouse in Yangpyeong.

CM2균주의 처리시기별 균핵병 방제효과

양평의 친환경 상추 시설재배 연작포장과 수원의 농과원 시설재배포장에서 CM2균주의 포자현탁액(5×10^6 /mL)으로 200공 연결포트에 상추 유묘에 정식전에 관주처리가 42.4~64.1%, 상추정식 직후 관주처리가 75.3~84.7%, 상추균핵병 발병초기에 관주처리가 3.1~39.1%, 연결포트와 발병초기에 관주처리가 58.0~63.8%, 상추 정식전에 토양표면에 분무처리는 38.1~62.6% 상추 균핵병을 방제할수 있었으며, 상추를 정식직후에 CM2균주의 포자현탁액을 관주처리하는 방법이 가장 효과적이었다(Table 4, 5, Fig. 4). CM2균주처리가 상추 생육에 미치는 영향은 전혀 없음을 수량조사를 통하여 알 수 있었다. 수원포장에서 상추 재배기간에 CM2균주의 균밀도는 방제효과가 높은 상추 정식직후 관주처리가 다른 처리구에 비하여 높았다(Fig. 5).

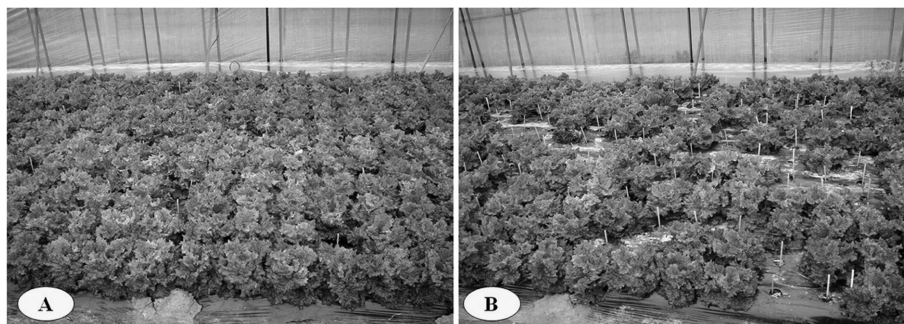


Fig. 4. Effect of drenching of *P. minitans* CM2 on the control of lettuce Sclerotinia rot caused by *S. sclerotiorum* in the greenhouse in Yangpyeong. A, treatment of *P. minitans* CM2; B, control.

Table 4. Control effect of lettuce *Sclerotinia* rot by treatment with *P. minitans* CM2 in the greenhouse in Yangpyeong

Treatment	Infected plants (%)	Control efficacy (%)	Yield (g/10 plants)
Pot drenching (2 mℓ/plant)	22.4 ab ^{a)}	42.4	2,946 a ^{b)}
Soil-drenching (100 mℓ/plant)	9.6 a	75.3	2,573 a
Spraying on the soil before planting (100 mℓ/plant)	24.1 ab	38.1	2,393 a
Soil-drenching at the beginning stage of disease occurrence (100 mℓ/plant)	23.7 ab	39.1	2,893 a
Pot+soil-drenching at the beginning stage of disease occurrence	14.1 a	63.8	2,513 a
Control	38.9 b	-	2,780 a

^{a)}In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

^{b)}In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 1% level by DMRT.

Table 5. Control effect of lettuce *Sclerotinia* rot by treatment with *P. minitans* CM2 in the greenhouse in Suwon

Treatment	Infected plants(%)	Control efficacy(%)
Pot drenching (2 mℓ/plant)	4.7 a ^{a)}	64.1
Soil-drenching(100 mℓ/plant)	2.0 a	84.7
Spraying on the soil before planting (100 mℓ/plant)	4.9 a	62.6
Soil-drenching at the beginning stage of disease occurrence(100 mℓ/plant)	12.7 bc	3.1
Pot+soil-drenching at the beginning stage of disease occurrence	5.5 ab	58.0
Control	13.1 c	-

^{a)}In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

P. minitans CM2의 균사생육 온도범위가 5~28°C이며, 균사생육 최적온도는 22°C임으로 상추균핵병균의 균사생육 적온이 20~22°C로 알려져 있어(Lee *et al.*, 2011)이 선발균주의 균사생육 적온과 비슷하며, *P. minitans* CM2 균주가 균핵병균의 균핵에 기생하여 직접 발아와 자낭반

형성을 억제하여(Lee *et al.*, 2011) 포장에서도 높은 방제효과를 나타내었다고 사료되었다. 외국에서 셀러리와 상추 온실재배에서 *Trichoderma* 균주는 균핵병 방제에 효과가 없었으나, *P. minitans* 균주는 균핵의 생존력을 감소시키고 1년 이상 토양에서 생존하여 가능하여 상추 균핵병을 방제하였으며 상품성 있는 상추 수량이 증가되었다(Budge *et al.*, 2004). 영국에서 상추의 병해충·잡초방제에 사용하는 농약을 줄이면서 *P. minitans* 균주 이용한 균핵병 방제가 가능할 것이라 하였다. 미국에서 노지재배하는 땅콩 균핵병 방제에서도 *P. minitans* 균주가 토양내의 균핵수 감소시켜 병이 감소되었다(Partridge *et al.*, 2006). 상추균핵병 방제를 위하여 상추 재배전에 *P. minitans* 균주를 처리하여 균핵의 80%가 감염되어 다른 처리구로 확산되어 병발생이 감소 되었고(Budge *et al.*, 1995), 그리고 *P. minitans* 균주를 포자현탁액 처리 보다는 옥수수가루와 펄라이트형태 처리가 균핵의 수와 생존력을 감소시켜서 지속적으로 상추 균핵병을 감소시킬 수 있다는 보고(Jones *et al.*, 2004)처럼, 균핵병 방제와 농업인이 용이하게 사용할 수 있도록 제형화 연구가 필요하다고 생각된다.

적 요

*S. sclerotiorum*에 의한 상추 균핵병의 생물적 방제를 위하여 기생진균 *P. minitans* CM2을 선발하였다. 경기도 양평군의 상추 시설재배포장에서 실험이 3월부터 4월에 수행되었다 상추균핵병 발생초기에 기생진균의 포자현탁액의 농도별로 7일 간격 1회 부터 3회까지 상추의 지체부에 관주처리하였다. *P. minitans* CM2(1×10^7 /mℓ)의 1회 처리구가 11.0%, 베노밀수화제가 2.7%, 무처리가 31.0% 각각 균핵병이 발생하였고, 2회 관주처리가 7.9%, 3회 관주처리가 12.8% 균핵병이 각각 발생하였다. *P. minitans* CM2 균주의 처리시기에 대한 시험을 양평과 수원에서 실시하였다. *P. minitans* CM2 균주의 포자현탁액(5×10^6 /mℓ)을 상추 정식직후에 관주 처리가 75.3~84.7%, 정식전 옥

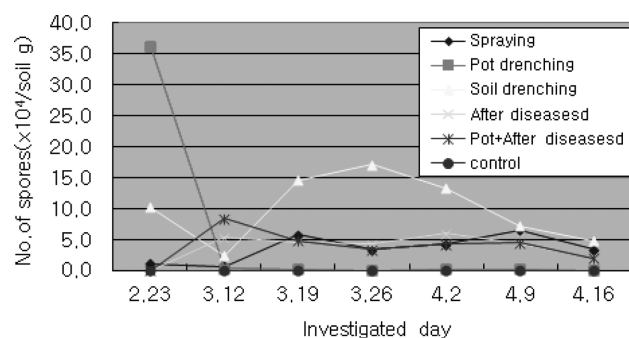


Fig. 5. Population change of *Paraconiothyrium* species in the lettuce -cultured soil under greenhouse condition after treated *P. minitans* CM2 in Suwon.

묘 200공 연결포트에 관주처리한 후 균핵병 발생초기에 관주처리는 58.0~63.8% 방제효과를 나타내었다. 이와 같은 결과에서 *P. minitans* CM2 균주는 상추균핵병에 생물적 방제를 위한 유망한 미생물농약개발이 가능하다고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ0067412012)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Boland and Hall, 1994. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Can. J. Plant Pathol.*, 16: 93-108.
- Budge, S. P., Mcquillen, M. P., Fenlon, J. S. and Whipps, J. M. 1995. Use of *Coniothyrium minitans* and *Gliocladium virens* for biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* in glasshouse Lettuce. *Biological Control* 5:513-522.
- Budge, S. P. and Whipps, J. M. 2001. Potential for integrated control of *Sclerotinia sclerotiorum* in glasshouse lettuce using *Coniothyrium minitans* and reduced fungicide application. *Phytopathology* 91:221-227.
- Budge, S. P. and Whipps, J. M. 1991. Glasshouse trials of *Coniothyrium minitans* and *Trichoderma* species for the biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* in celery and lettuce. *Plant Pathology* 40:59-66.
- Copping, L. G. 2009. The manual of biocontrol agents. Fourth edition. BCPC pp. 851.
- Farr, D. F., Bills, G. F., Chamuris, G. P. and Rossman, A. Y. 1989. Fungi on plants and plant products in the United States. American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minnesota, pp. 1252.
- Fravel, D. R. 2005. Commercialization and implementation of biocontrol. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43:337-359.
- Jones, E. E., Mead, A. and Whipps, J. M. 2004. Effect of inoculum type and timing of application of *Coniothyrium minitans* on *Sclerotinia sclerotiorum*: Control of sclerotinia disease in glasshouse lettuce. *Plant Pathology* 53:611-620
- Hornby, D. 1990. Biological control of soilborne plant pathogens. C.A.B International, Wallingford, Oxon, UK. pp 479.
- Kim, W. G. and Koo, H. M. 2009. List of plant diseases in Korea, Fifth Edition. The Korean Society of Plant Pathology. pp. 853.
- Lee, S. Y., Kim, W. G., Hong, S. K., Weon, H. Y. and Park, K.-S. 2011. Inhibitory effect of *Paraconiothyrium minitans* CM2 on Sclerotial Germination of *Sclerotinia sclerotiorum* and *S. minor* causing sclerotinia rot of lettuce. *Kor. J. Mycol.* 39:131-135. (in Korean)
- Partridge, D. E., Sutton, T. B., Jordan, D. L., Curtis, V. L. and Bailey, J. E. 2006. Management of *Sclerotinia* blight of peanut with the biological control agent *Coniothyrium minitans*. *Plant Dis.* 90:957-963.
- Purdy, L. H. 1979. *Sclerotinia sclerotiorum*: History, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. *Phytopathology* 64:875-880.
- Rusell, P. E., Milling, R. J. and Wright, K. 1995. Control of fungi pathogenic to plants. In fifty years of antimicrobials: past perspectives and future trends.
- Tanaka, Y. T. and Omura, S. 1993. Agroactive compounds of microbial origin. *Ann. Rev. Microbiol.* 47:57-87.
- Ting Zhou and Greg, J. Boland. 1998. Biological control strategies for *Sclerotinia* diseases. 127-156. In: Plant-microbe interactions and biological control. Greg J. Boland, L. David KuyKendall Marcel Dekker, Inc. New York.
- Whipps, J. M. and Gerlagh, M. 1992. Biology of *Coniothyrium minitans* and its potential for use in disease biocontrol. *Myc. Res.* 96: 897-907.