

美國蔘(*Panax quinquefolium*)에서 분리한 뿌리썩음병균 *Cylindrocarpon destructans*의 厚膜孢子 生成 및 分離

조대휘 · 유연현 · 오승환 · Jennifer L. Parke¹

한국인삼연구소연구원, ¹미국 위스콘신 주립대학교 식물병리학과
(1998년 7월 18일 접수)

Production and Isolation of Chlamyospores in *Cylindrocarpon destructans* Causing Root Rot of *Panax quinquefolium*

Dae-Hui Cho, Yun-Hyun Yu, Seung-Hwan Ohh and Jennifer L. Parke¹

Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Suwon 440-600, P. O. Box 59, Korea

¹Department of Plant Pathology, University of Wisconsin, Madison WI 53706 U. S. A

(Received July 18, 1998)

Abstract : Incubation condition affecting the chlamyospore formation and isolation from mycelia and conidia of *Cylindrocarpon destructans* (isolate ACY-9701), isolated from the root rot lesion of the American ginseng (*Panax quinquefolium*) was investigated. Chlamyospores were formed from mycelia but not from conidia on the Czapek-Dox agar without carbon or nitrogen source after 20 days incubation at 20°C. In the medium added with nitrogen and carbon sources, immatured chlamyospore-like cells were formed from microconidia and mycelia as well. Immatured chlamyospore-like cells were formed from mycelia as well as microconidia in corn, kidney bean, and pea root extracts after 20 days incubation at 20°C, while typical chlamyospores were formed from both of them in the root extract of *Panax quinquefolium*. The 3.6 log chlamyospore/mm² was converted from microconidia in the medium, which was equal to 2.5% conidia formed. Under the light condition (251.1 μmol/m² · sec, 12 hrs dark and light cycle), 4.2 log/mm² of chlamyospores were converted from intercalary or terminal cells of macroconidia, which was 4.0% of macroconidia produced on Potato dextrose agar (PDA). When mycelia and microconidia were stored at -70°C for 32 days and incubated on PDA after thawing at room temperature to isolate chlamyospores from them, microconidia and mycelia were still alive. Meanwhile, microconidial lysis was found after heating them at 32°C for 7 days, but the chlamyospores converted from macroconidia were not lysed up to 13 days at 32°C.

Key words : *Cylindrocarpon destructans*, macroconidia, chlamyospore, *Panax quinquefolium*.

서 론

Cylindrocarpon destructans(Zinssm.) Scholten은 1918년 미국삼(*Panax quinquefolium*)의 뿌리썩음병 원균으로 처음 보고¹⁾된 이래 1969년 일본에서 고려인삼(*Panax ginseng*)의 뿌리썩음병균으로 보고²⁾되었다. 우리나라에서는 1975년 Chung³⁾에 의해 처음 보고되

었고 1993년 오등⁴⁾에 의해 인삼 연작지에서 이 병원균이 계속 분리됨에 따라 인삼 연작장애의 주요인으로 보고하였다. 최근 연작장애 해소를 위해서 *C. destructans*에 의한 뿌리썩음병의 발병특성⁵⁾과 이 병원균의 생리적 특성^{6,7,8)} 및 방제연구^{9,10,11,12)}가 진행되고 있다. *C. destructans*는 숙주 식물체가 존재하지 않더라도 토양내에서 오랫동안 생존이 가능한 저항성 구조

로서 厚膜胞子를 형성한다. 실제로 *C. destructans*가 인삼에 침입하여 뿌리썩음병이 발생된 조직에서는 후막포자가 관찰되기도 하였다. 따라서 연작장해를 해소하기 위해서는 특히 후막포자의 생성 및 발아에 관한 연구가 필연적이다. *C. destructans*의 후막포자 생성에 관한 연구는 고려인삼 뿌리썩음조직에서 분리한 균주를 대상으로 배양조건 및 탄소원과 질소원에 따른 생성량을 보고하였으며^{7,8)} 이 병원균의 후막포자에 관한 발아특성이나 환경요인에 의한 耐性, 선택배지의 개발등을 연구하기 위해서는 균사체나 분생포자에서 변형된 후막포자를 대량으로 쉽게 분리하는 방법을 개발하는 것이 중요하다. *Fusarium solani*의 경우 후막포자 형성은 식물체 침입후 최종단계에서 분생포자가 후막포자로 변형되는 것을 보고¹³⁾하였고 Sa-chindra등¹⁴⁾ 역시 *F. solani*를 대상으로 각 기주식물체 뿌리추출물 배지별로 후막포자 생성량을 비교하였다. 따라서 본 연구는 미국삼의 뿌리썩음조직에서 분리한 *C. destructans*를 공시하여 후막포자와 分生胞子 형성에 배지의 영양소 유무와 식물체의 뿌리추출물이 어떠한 영향을 주며 인공배지에서 대형분생포자로부터 후막포자를 유도하여 분리하는 방법을 연구하였다.

재료 및 방법

1. 공시균주

미국 Indiana주에서 재배되고 있는 4년생 美國蔘 (*Panax quinquefolium*)의 뿌리썩음증상에서 분리한 *Cylindrocarpon destructans*(균주번호 ACY-9701)를 사용하였다

2. 영양소 및 뿌리추출물에 의한 *C. destructans*의 후막포자 생성

배지의 질소원과 탄소원등 주 영양소에 의한 *C. destructans*의 후막포자 생성량을 측정하기 위한 기본 배지로서 Czapek Dox agar를 사용하였다.^{6,8)} 배지에 질소원인 NaNO_3 , 탄소원인 Sucrose를 첨가 혹은 무첨가한 고체배지를 조제하여 Potato dextrose agar (PDA)에서 10일간 생육한 공시균주 *C. destructans*(균주번호 ACY-9701)의 균사 절편을 접종하였다. 식물체의 뿌리추출물별 배지를 조제하기 위해 Sa-chindra¹¹⁾의 방법을 참고하여 기주식물인 미국삼은 6개월간 Growth Chamber에서 생육한 유묘를 사용하였고 다른 식물체로는 growth chamber에서 파종

후 20일간 생육한 옥수수, 강낭콩, 완두콩등의 유묘를 사용하였다. 각 뿌리는 수세후 물기를 제거하고 증류수를 가해 1차로 막자사발로 갈고 이를 glass tissue grinder 로 homogenizing 한 후 filter paper로 여과하였다. 시험관에 이 여과액을 1:10 [뿌리:증류수(W/V)의 비율로 조제한 각 추출물 배지를 각각 5ml씩 넣고 멸균하였다. 각 뿌리 추출물 배지에 *C. destructans*가 2주간 생육된 PDA 배지절편에 멸균수를 가하여 Cheese cloth 3겹으로 거르고 수확한 소형 분생포자를 $10^3/\text{ml}$ 수준이 되도록 접종하여 20°C에서 20일간 배양하였다. 각 배지의 후막포자 생성량은 Haemocytometer로 측정하였다.

3. 균사체 및 분생포자로부터 후막포자의 생성 및 분리

공시균주 *C. destructans*(균주번호 ACY-9701)의 菌絲體에서 변형된 후막포자를 분리하기 위해서 PDA에서 10일간 생육한 균사, 분생포자와 후막포자의 혼합체로 존재하는 배지의 절편을 4mm² 정도되게 잘라 멸균수로 수세하여 균사체에서 분생포자만을 분리 수거하였다. 이 균사체 절편과 분생포자가 포함된 액을 각각 소형 vial에 넣었다. 그리고 Darmono등¹⁵⁾의 방법을 참고하여 -70°C의 deep freezer에 보관하면서 3, 7, 10, 20, 30일 경과후 상온에서 解氷하고 PDA 상에 배양하여 생존유무를 조사하였다.

光培養을 통해 *C. destructans*의 대형분생포자를 유도시켜 이로부터 변형된 후막포자를 생성시키고 분리하기 위해 PDA에 공시균주를 접종하여 20°C와 광이 조사되는 growth chamber에서 배양하였다. 이 때 광은 12시간 光과 暗의 순환이 지속적으로 되도록 하였고 광의 세기는 251.1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}$ 로 측정되었다. 이때 비교를 위해 알루미늄 호일로 포장하여 광을 차단한 배양도 함께 실시하였으며 배양하면서 분생포자 생성과 후막포자 생성을 관찰하였다. 대형분생포자로부터 일부 생성된 후막포자를 분리하기 위해 조등⁶⁾의 결과를 참고하여 분생포자를 분해시킬 수 있는 가온처리로서 32°C 항온기에 후막포자와 분생포자가 혼합된 멸균수를 13일간 보관하면서 약 3일 간격으로 이 혼합액을 PDA 상에 도달하여 각각의 생존유무를 조사하였다.

결과 및 고찰

배지의 질소원, 탄소원별 첨가배지에서 *C. destruc-*

Table 1. Production of conidia and chlamydo spores in *Cylindrocarpon destructans* (isolate ACY-9701) in Czapek-Dox solution with or without carbon and/or nitrogen sources^{a)}

Nitrogen(N) Carbon (C) source added(+) or not added(-) to the medium	Log (No. of microconidia)/ml	Log(No. of chlamydo spores)/ml	
		From microconidia	From mycelium
N(-), C(+)	2.6±0.2	0	3.8±0.1(M)
N(+), C(-)	2.8±0.4	0	2.9±0.7(M)
N(-), C(-)	1.7±1.2	0	1.1±1.6(M)
N(+), C(+)	2.3±0.2	1.6±1.2(I)	1.9±1.3(I)

^{a)} Potassium nitrate and sucrose were used to nitrogen and carbon, respectively. Inoculated cultures with 10^3 conidia of *C. destructans* were incubated for 20 days at 20°C. Values in the table are averages of three replicates ± standard deviation. M=mature chlamydo spores, I=immature chlamydo spores.

Table 2. Production of conidia and chlamydo spores by *Cylindrocarpon destructans* in the root extracts of crop plants

Plant ^{a)}	Log (No. of microconidia)/ml	Log (No. of chlamydo spores ^{b)} /ml	
		From microconidia	From mycelium
Corn(<i>Zea mays</i>)	0.7±0.9	3.4±0.1(I)	2.3±0.2(I)
Kidney bean(<i>Phaseolus vulgaris</i>)	2.5±0.3	2.4±0.1(I)	0
Pea(<i>Pisum sativum</i>)	1.2±1.7	3.0±0.4(I)	0.9±1.3(I)
Ginseng(<i>Panax quinquefolium</i>)	5.2±0.1	3.6±0.1(M)	3.0±0.3(M)
V-8 juice	5.6±0.1	3.4±0.3(M)	3.9±0.1(M)

^{a)} Six-month-old seedlings of ginseng and twenty-day-old seedlings of corn, kidney bean and pea were used. The roots were homogenized in deionized water [1/10(w/v)] using a glass tissue grinder and filtered through filter paper. Root extracts (5 ml) were dispensed into capped test tubes and autoclaved for 20 mins. Inoculated cultures with 10^3 conidia of *C. destructans* were incubated for 20 days at 20°C. Values in the table are average of three replicates ± standard deviation.

^{b)} M=mature chlamydo spores, I=immature chlamydo spores.

tans(균주번호 ACY-9701)의 후막포자 및 분생포자의 생성량을 조사한 결과(Table 1), 질소원이 결여되고 탄소원이 첨가된 배지에서는 배양후 균사체 생육이 미약하며 균사체로부터 변형된 후막포자가 많이 관찰되었다. 이것은 조등⁸⁾의 결과와 같이 후막포자가 10^3 /ml 수준으로 생성되어 다른 첨가 시험구에 비해 생성량이 많았던 결과와 일치하였다. 특이한 점은 배양후 다른 첨가구와 다르게 배양액의 색이 연한 갈색을 나타냈다. 그리고 균사체는 분해된 것이 대부분이었으며 균사체로부터 변형된 후막포자는 광학현미경으로 검정한 결과 두터운 세포벽을 갖는 황갈색의球形으로서 내부의 원형질은 소형의 과립형태로 채워진 전형적인 모습을 나타내었다. 질소원이 첨가되고 탄소원이 결여된 배지에서도 역시 균사체 생육이 미약하였으며 균사체로부터 형성된 성숙한 후막포자가 역시 관찰되었다. 탄소원 및 질소원이 첨가된 배지에서는 소형분생포자 및 균사체로부터 미성숙한 후막포자가 생성되었다. 이것은 타원형 형태의 얇은 세포

벽으로 형성된 無色の 후막포자와 유사한 세포로 관찰되었다. 따라서 영양소가 충분한 배지에서는 완전한 형태의 후막포자 형성이 이루어지기가 어려운 것으로 판단된다.

인삼 뿌리썩음병균이 식물체의 뿌리추출물에서 후막포자를 어느 정도 생성하는지를 조사하기 위해서 6개월간 Growth chamber에서 생육된 인삼 幼苗 뿌리와 非寄主인 옥수수, 강낭콩, 완두의 종자로부터 발아하여 20일간 생육된 幼苗의 뿌리를 대상으로 실험하였다. 그 결과 Table 2의 결과와 같이 *C. destructans*에 대한 非寄主 식물인 옥수수, 강낭콩, 완두의 뿌리 추출물에서는 미성숙한 후막포자만이 관찰되나 寄主인 인삼 뿌리추출물의 경우, V-8 juice 배지와 같이 소형분생포자와 균사체로부터 변형된 성숙한 완전형태의 후막포자가 형성됨을 관찰할 수 있었다. 따라서 인삼성분은 *C. destructans*의 후막포자를 생성하는 데 필요한 성분을 함유할 것으로 판단된다. 이것은 Nash등¹⁰⁾의 결과와 같이 병원균이 기주 식물체

Table 3. Effect of light on formation of conidia in *Cylindrocarpon destructans* (isolate ACY-9701)^{a)}

Cell number of conidium	Log (No. of conidia)/mm ²	
	Light	Dark
1	0	5.3±0.1
2	5.1±0.1	5.6±0.1
3	5.0±0.1	0
4	5.5±0.1	0

^{a)} *C. destructans* was isolated from root rot lesions of American ginseng (*Panax quinquefolium*). *C. destructans* was incubated at 20°C for 28 days. Light intensity was 251.1 μmol/m² · sec with a 12hr light/dark cycle. Values in the table were average of three replicates±standard deviation.

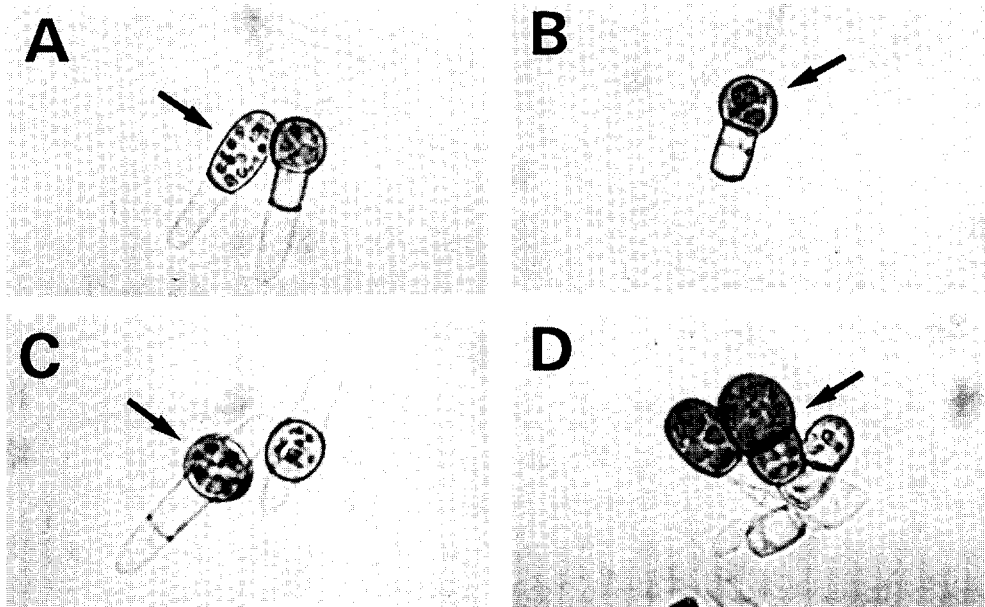
에 병을 일으키고 완전히 분해시킨 뒤 후막포자로 변화한다는 보고와 일치하는 것으로 판단된다.

PDA배지에 공시균주 ACY-9701을 접종하여 20°C growth chamber의 光조건에서 배양하였다. 이때 광량은 251.1 μmol/m² · sec 로 측정되었고 비교 조사를 위해 알루미늄 호일로서 광을 차단한 배양도 함께 실시하였다. 배양 20일 후 후막포자의 생성량을 조사한 결과(Table 3), 인삼 뿌리썩음병균 *C. destructans*는 광의 영향으로 격막이 1~3개로서 2~4개의 cell을 갖는 대형분생포자가 생성되었다. 생성된 분생포자중에서 76.8%가 3~4개의 세포를 갖는 대형분생포자이었고 나머지는 2개의 세포를 갖는 대형분

Table 4. Production of new conidia and their conversion into chlamydo spores in *Cylindrocarpon destructans* (isolate ACY-9701) as promoted by light^{a)}

Light		Dark	
Log (No. of macroconidia)/mm ²	Log (No. of chlamydo spores)/mm ²	Log (No. of microconidia)/mm ²	Log (No. of chlamydo spores)/mm ²
5.6±0.1	4.2±0.2	5.7±0.1	0

^{a)} *C. destructans* was isolated from root rot lesions of American ginseng (*Panax quinquefolium*). *C. destructans* was incubated at 20°C for 28 days. Light intensity was 251.1 μmol/m² · sec with a 12hr light/dark cycle. Values in the table were average of three replicates±standard deviation.

**Plate 1.** Chlamydo spores in macroconidia of *Cylindrocarpon destructans* (isolate ACY-9701).

- A: Immatured chlamydo spore (chlamydo spore-like cell, arrow)
- B: Terminal chlamydo spore (arrow)
- C: Intercalary single chlamydo spore (arrow)
- D: Terminal twin chlamydo spore (arrow).

생포자로 구성되었다. 또한 20°C에서 배양기간이 약 28일 경과 되었을때는 이 대형분생포자의 말단세포 혹은 중간부위 세포가 후막포자로 변형되는 것이 관찰되었다(Plate 1) 반면에 暗培養에 의해서는 소형분생포자만이 관찰되었고 후막포자가 관찰되지 않았다(Table 4). 光培養에 의해서 형성된 대형분생포자의 수가 5.6 log(No. of conidia)/mm² 일 때 대형 분생포자의 각 세포에서 변형된 후막포자가 4.2 log(No. of chlamydospores)/mm² 으로 측정되어 광배양으로 생성된 대형분생포자의 4.0%가 후막포자로 변형되었다. *Fusarium solani*의 경우, 분생포자로부터 변형된 후막포자 생성 연구가 많이 보고^{14, 16, 17}) 되어 있으나 *C. destructans*의 경우에는 1964년에 Matturi등¹⁸⁾이 *C. destructans*의 舊 학명인 *C. radicola*를 공시하여 보고한 것이 있을 뿐이다.

인삼 뿌리썩음병균 *C. destructans*의 균사, 분생포자 그리고 후막포자중에서 균사와 분생포자를 제거하고 후막포자만을 분리하기 위한 실험을 실시하였다. 우선 -70°C의 저온 냉동처리후 실온에서의 해빙을 통해 균사와 분생포자를 분해하여 제거하려 하였으나 Table 5와 같이 30일간 냉동보관후 해빙한 Potato dextrose agar 배지 절편의 균사와 분생포자는 계속 생존하므로써 이 방법으로 후막포자를 분리하는 것은 불가능 하였다. 그러나 이 병원균이 보존과정에서 쉽게 형질이 변화하는 까다로운 균주이므로 이 결과에 의해서 -70°C의 deep freezer를 통한 실내 보존으로서 균의 형질을 지속적으로 유지하며 보존할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 냉동에 의한 *C. destructans*의 균주보존 가능성을 시험하기 위해 *C. destructans*중 고려인삼의 뿌리썩음조직에서 분리하여 한국인삼연초연구원 인삼병리실에 보관중인 2개

Table 6. Survival of microconidia and chlamydospores of *Cylindrocarpon destructans* (isolate ACY-9701) at 32°C^{a)}

Spore	Number of days of storage			
	3	7	10	13
Microconidia	+	-	-	-
Chlamydospore	+	+	+	+

^{a)} Chlamydospores were produced from macroconidia treated with a light intensity of 251.1 μmol/m²·sec and a 12hrs dark/light cycle. +=survival, -=non-survival.

균주(균주번호: CY-9207, CY-9402)와 미국삼의 뿌리썩음조직에서 분리하여 위스콘신 주립대학교 식물병리학과에 보관중인 1개 균주(균주번호: H2B7T1R2B)에 대해서 비교시험한 결과 모든 균주의 균사와 분생포자는 -70°C에서 30일간 보관후 해빙과정을 거처도 역시 생존하였다.

분생포자로부터 변형된 후막포자(Table 4)를 분리하기 위하여 조등⁶⁾의 결과와 같이 30°C 이상에서 이 병원균의 분생포자가 분해된다는 것에 착안하여 실험한 결과는 Table 6과 같다. 실험방법은 광배양으로 생성된 배지의 균사체 절편으로 부터 대형분생포자와 후막포자를, 그리고 암배양된 배지의 균사체로부터 소형분생포자를 멸균수로 각각 분리 및 수확하여 32°C의 배양기에서 3~13일간 처리하였다. 각 포자의 생존유무를 배지에서의 생육조사와 현미경으로 검정한 결과, 처리 7일 후 분생포자는 세포막이 분해되어 손상된 상태로 사멸되었고 대형분생포자로부터 형성된 후막포자는 전형적인 황갈색의 성숙한 후막포자 형태를 유지하며 생존하였다. 따라서 균사체로부터 분생포자와 분생포자로부터 변형된 후막포자를 분리 수확한 후 이러한 가온처리에 의해 분생포자로부터

Table 5. Survival of *Cylindrocarpon destructans* in the storage at -70°C^{a)}

Isolate ^{b)}	Mycelium (days)					Microconidia (days)				
	3	7	10	20	30	3	7	10	20	30
CY-9207	+ ^{c)}	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CY-9402	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H2B7T1R2B	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ACY-9701	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

^{a)} Mycelium or conidia of stored *C. destructans* were incubated on potato dextrose agar at 20°C to check for survival.

^{b)} CY-9207 and CY-9402 were isolated from root rot of Korean ginseng (*Panax ginseng*). H2B7T1R2B and ACY-9701 were isolated from root rot of ginseng (*Panax quinquefolium*).

^{c)} +=survival.

변형된 후막포자만을 선택적으로 분리할 수 있을 것으로 판단되었다. 앞으로 *C. destructans* 후막포자의 생리특성을 연구하기 위해서는 본 연구결과를 토대로 보다 많은 균주를 대상으로 후막포자를 대량 생산하고 분리함으로써 가능할 것이다.

요 약

미국삼의 뿌리썩음조직에서 분리한 *Cylindrocarpum destructans*(균주번호 ACY-9701)을 공시균주로 하여 배양조건별로 균사 혹은 분생포자로부터 변형된 후막포자의 생성과 분리방법을 조사하였다.

*C. destructans*는 탄소원 혹은 질소원이 결여된 인공배지에서 균사로부터 변형된 후막포자를 생성하였다. 그러나 분생포자로부터 변형된 후막포자는 관찰되지 않았다. 질소원과 탄소원이 첨가된 인공배지에서 소형 분생포자와 균사로부터 변형된 세포벽이 얇고 무색의 미성숙한 후막포자와 유사한 세포만이 관찰되었다.

옥수수, 강낭콩, 완두등의 뿌리추출물 배지에서 *C. destructans*는 균사 혹은 소형분생포자로부터 변형된 미성숙한 후막포자 유사세포가 관찰되었으나 미국삼의 뿌리추출물 배지에서는 균사 혹은 소형분생포자로부터 변형된 성숙한 후막포자가 관찰되었으며 소형분생포자로부터 변형된 후막포자는 총 분생포자중 2.5%인 3.6 log(No. of chlamydospores)/mm²가 생성되었다.

*C. destructans*를 20°C에서 28일간 광을 251.1 μmol/m²·sec 의 세기로 하루에 12시간 조사하여 생성된 대형분생포자중 4.0%인 4.2 log(No. of chlamydospores)/mm²가 후막포자로 변형되었으며 대형분생포자의 말단과 중간부위 세포가 후막포자로 변형되었다.

균사 혹은 분생포자로부터 변형된 후막포자를 분리하기 위해 30일간 -70°C의 저온 냉동보관후 해빙처리 하였으나 *C. destructans*의 균사와 분생포자는 배지상에서 발아하며 생육하였다. 반면에 32°C에서 7일간 가운데처리로서 소형분생포자는 분해되었고 대형분생포자로부터 변형된 후막포자는 32°C에서 조사기간 13일 동안에도 계속 생존하였다.

감사의 말씀

이 논문은 1996년도 한국과학재단에서 지원하는

해외 Post-Doc. 연수자로 선정되어 1997년 2월 1일부터 1년간 미국 Wisconsin 주립대학에서 수행되었으며 이에 감사드립니다. 그리고 Wisconsin 주립대학교 식물병리학과 Dr. Brian D. Hudelson, Robert E. Rand, Ann E. Joy, 및 Kurt Heungens 연구원들의 도움에 감사드립니다.

인 용 문 헌

1. Zinssmeister, C. L. : *Phytopathology* **8**, 557 (1918).
2. Matuo T. and Miyazawa : *Trans. Mycol. Soc. Jpn.*, **11**, 109 (1969).
3. Chung, H. S. : *Rept. Tottori Mycol. Inst.* (Japan), **12**, 127 (1975).
4. 홍순근, 오승환, 유연현, 김기황, 조대휘 : 인삼연구보고서(재배분야). 한국인삼연초연구원 p. 121 (1992).
5. 조대휘, 박규진, 유연현, 오승환, 이호자 : 고려인삼학회지 **19**(2), 175 (1995).
6. 조대휘, 안일평, 유연현, 오승환, 이호자 : 고려인삼학회지 **19**(2), 181 (1995).
7. 조대휘, 유연현, 오승환, 이호자 : 고려인삼학회지 **20**(1), 88 (1996).
8. 조대휘, 유연현, 오승환, 이호자 : 한국식물병리학회지 **13**(1), 30 (1997).
9. 유연현, 오승환, 김기황, 박규진, 조대휘 : 인삼연구보고서(재배분야). 한국인삼연초연구원 p. 105 (1994).
10. 유연현, 오승환, 김기황, 박규진, 조대휘 : 인삼연구보고서(재배분야). 한국인삼연초연구원 p. 115 (1995).
11. 유연현, 오승환, 김기황, 박규진, 조대휘 : 인삼연구보고서(재배분야). 한국인삼연초연구원 p. 206 (1996).
12. 유연현, 오승환, 김기황, 박규진, 조대휘, 이진창 : 인삼연구보고서(재배분야). 한국인삼연초연구원 p. 79 (1997).
13. Nash S. M. Christou T. and Snyder W. C. : *Phytopathology*, **51**, 308 (1961).
14. Sachindra N. Mondal, Koji Kageyama and Mitsuro Hyakumachi : *Soil Biol. Biochem.*, **28**(4/5), 539 (1996).
15. Darmono, T. W., and Parke, J. L. : *Can. J. Bot.*, **68**, 640 (1990).
16. Schippers, B. and Old, K. M. : *Soil Biol. Biochem.*, **6**, 153 (1974).
17. El-ani, Arif S. : *Mycologia*, **80**(6), 885 (1988).
18. Matturi, S. T. and Stenton, H. : *Trans. Brit. mycol. Soc.*, **47**(4), 589 (1964).