

## 인삼 뿌리썩음병균(*Cylindrocarpon destructans*) 후막포자의 형성 및 발아에 영향을 주는 물리화학적 요인

유성준\* · 조진웅<sup>1</sup> · 조재성<sup>1</sup> · 유승현  
충남대학교 농생물학과, <sup>1</sup>농학과

### Effect of Physical and Chemical Factors on the Formation and Germination of Chlamydospore of *Cylindrocarpon destructans* Causing Root Rot of *Panax ginseng*

Sung Joon Yoo\*, Jin Woong Cho<sup>1</sup>, Jae Seong Jo<sup>1</sup> and Seung Hun Yu  
Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Chungnam National University,  
Taejeon 305-764, Korea  
<sup>1</sup>Department of Agronomy, College of Agriculture, Chungnam National University,  
Taejeon 305-764, Korea

**ABSTRACT** : Chlamydospores of *Cylindrocarpon destructans* were produced abundantly in the shaking culture of the fungus in Czapek's dox broth (CD) and Spezieller Nährstoffarmer yeast extract broth (SNY) media. Particularly, 5.99 log chlamydospores/ml were produced when the fungus was cultured in CD medium at 20°C for 30 days. Germination ratio of chlamydospores was 12.9~23.3%, relatively high, in CD and SNY media, but none in potato dextrose broth medium. The optimum conditions for the germination of chlamydospores were 5~10°C and pH 6. No germination of chlamydospores was observed above 20°C, and germination ratio was decreased rapidly above pH 7.0. Treatment of chlamydospores with 3% ginseng extract, 10 ppm of GA and IAA solution and 20 ppm of NOVOZYM<sup>TM</sup>234 effectively increased germination, particularly treatment of NOVOZYM<sup>TM</sup>234 (20 ppm) increased germination 2 times compared with control. Germination ratio was greatest (49.4%) when chlamydospores were incubated at 5°C in CD medium (pH 5.0) treated with NOVOZYM<sup>TM</sup>234 and 10 ppm GA.

**Key words** : *Cylindrocarpon destructans*, chlamydospore, germination.

우리나라의 인삼재배에 있어 가장 심각하고 시급히 해결해야 할 문제점은 연작장해로서 인삼의 주산지인 금산, 풍기, 강화 및 김포 지방에서는 이미 예정지로서 초작지를 찾을 수 없는 실정으로 인삼재배는 인삼 주산지로부터 제주도를 제외한 전국으로 확대되고 있다(9).

인삼의 연작장해는 여러 요인 중에서 뿌리썩음병균 *Cylindrocarpon destructans*의 밀도증가로 인한 피해가 주원인으로 알려져 있다(2, 3, 7). 따라서 인삼포 예정지나 연작장해 가능지에서 인삼뿌리썩음병균 밀도의 측정은 연작장해의 진단과 묘상의 뿌리썩음병 감염여부의 검정에 중요한 수단이 된다(2, 3, 7).

인삼 뿌리썩음병균은 토양중에서는 후막포자의 형태로 월동하므로, 뿌리썩음병균 밀도의 측정은 물론 연작장해 위험성의 진단을 위해서는 후막포자의 발아가 필수적으로 선행되어야 한다(12, 15). 식물 병원진균중 *Fusarium*의 후막포자 형성 유도(4) 및 발아(5, 6, 13)에 관하여는 많은 보고가 있으나 인삼 뿌리썩음병균 후막포자의 발아 특성에 대해서는 거의 연구된 바 없다. 특히 이 균은 인공배지에서 균사생장이 양호하고 분생포자와 후막포자가 생성되지만(8, 10, 11), 균사와 후막포자가 함께 붙어 있어 후막포자만을 순수하게 대량 형성시키기가 어려울 뿐 아니라 발아율도 극히 낮아 뿌리썩음병균 밀도의 측정이나 연작장해 위험성의 정확한 진단이 불가능하며(16) 이에 관한 연구도 매우 드물다.

\*Corresponding author.

따라서 인삼뿌리썩음병균 *C. destructans*의 후막포자의 형성 및 발아에 관한 생리적 특성을 조사하여(특) 막포자의 대량형성 방법 및 발아최적 조건을 찾기 위해 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시균주 및 배지. 본 실험에 공시한 균주는 한국 인삼연초연구원으로부터 분양받은 *C. destructans* CY-92-01(서산), CY-92-03(수원)의 2개 균주이며 뿌리썩음병균 후막포자의 형성 및 발아시험에 사용한 배지는 Czapek's dox broth(CD), Spezieller Nährstoffarmer yeast extract broth(SNY), Potato dextrose broth(PD), Carnation leaf broth(CL)로서 각 배지의 조성은 Table 1과 같다(14).

후막포자의 대량형성. 후막포자의 형성을 위한 실험은 CY-92-03 균주를 공시한 4종의 배지(Table 1)에 접종하고 온도조건을 5°C, 10°C, 20°C 및 30°C로 달리 하여 shaking incubator에서 120 rpm으로 진탕배양한 후 후막포자의 형성정도를 현미경하에서 조사하였다.

후막포자의 발아. *Cylindrocarpon* 후막포자의 발아에 적합한 배지를 선별하기 위하여 CD, SNY 및 PD배지를 pH를 4에서 9로 조정하여 2 ml microtube에 넣고 후막포자 원액을 후막포자 농도  $1 \times 10^3$  spores/ml가 되도록 첨가한 후, 5°C, 10°C, 20°C 및 30°C의 온도조건으로 배양하여 1일부터 7일까지 매일 발아율을 조사하였다. 후막포자의 발아율 향상에 미치는 인삼추출액, IAA, GA 및 NOVOZYM™234의 영향을 조사하였다. 인삼추출액은 2년근 수삼을 무균수와 1:1로 착즙하여 제조한 인삼추출액 3%를 사용하였고, IAA (Indole acetic acid) 및 GA(Gibberellin 3)는 각각 10 ppm을 첨가하였으며, *Rhizoctonia solani*에서 추출한 NOVOZYM™234(Lysing enzyme, Sigma L8757)는 20 ppm, 50 ppm, 100 ppm을 첨가한 후 후막포자의 발아율을 조사하였다. 발아율 조사는 모두 3반복으로 수행

하였다. 발아율의 조사방법은 각 처리된 후막포자에 20 µl를 slide glass위에 떨어뜨린 후 1.5 cm Cover glass를 덮고 광학현미경  $\times 100, \times 400$ 하에서 관찰하면서 발아된 포자수/총포자수를 %로 계산하였다.

결과 및 고찰

배지 및 온도 조건이 후막포자의 형성에 미치는 영향. *C. destructans* 후막포자의 대량형성을 위한 적정 배지와 최적온도를 구명하기 위하여 실험을 수행하였

Table 2. Effect of temperature and different media on the chlamyospore formation of *Cylindrocarpon destructans*

Temperature	Media <sup>a</sup>	Incubation days			
		10	20	30	40
5°C	CD	—	5.28 <sup>b</sup>	5.38	5.77
	SNY	—	—	—	—
	PD	—	—	—	—
	CL	—	—	—	—
10°C	CD	—	5.38	5.47	5.79
	SNY	—	—	—	5.23
	PD	—	—	—	4.65
	CL	—	—	—	—
20°C	CD	5.37	5.57	5.99	6.08
	SNY	—	—	5.32	5.48
	PD	—	—	4.86	5.23
	CL	—	—	—	—
30°C	CD	5.31	5.51	5.77	5.84
	SNY	—	—	4.40	5.08
	PD	—	—	—	4.40
	CL	—	—	—	—

<sup>a</sup> CD : Czapek's dox broth, SNY : Spezieller Nährstoffarmer yeast extract broth, PD : Potato dextrose broth, CL : Carnation leaf broth.

<sup>b</sup> log chlamyospores / ml.

Table 1. Composition of the media used in this experiment

CD <sup>a</sup>	SNY	PD	CL
Sucrose, 30 g	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , 1.0 g	Potato, 200 g	Carnation leaf
NaNO <sub>3</sub> , 2 g	KNO <sub>3</sub> , 1.0 g	Dextrose, 20 g	piece, 10 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , 1 g	MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O, 500 mg	D.W., 1 L	D.W., 1 L
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O, 0.5 g	KCl, 500 mg		
KCl, 0.5 g	Glucose, 200 mg		

<sup>a</sup> CD : Czapek's dox broth, SNY : Spezieller Nährstoffarmer yeast extract broth, PD : Potato dextrose broth, CL : Carnation leaf broth.

던 바 결과는 Table 2와 같다.

공시배지 CD, SNY, PD 및 CL에 *C. destructans*를 120 rpm으로 진탕배양하여 후막포자의 형성정도를 살펴본 결과 PD와 CL은 균사의 생장 및 소형분생포자

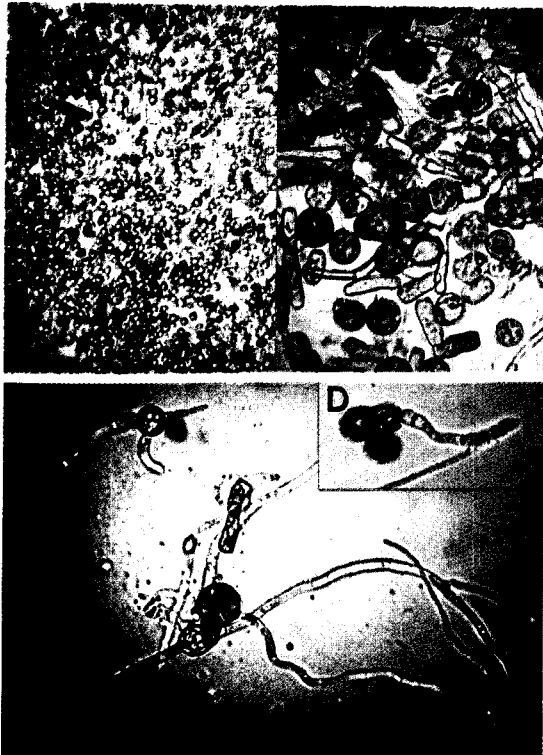


Fig. 1. The optical microscope pictures of chlamydospores of *Cyindrocarpon destructans*. A: Chlamydospores produced in CD (Czapek's dox broth) medium after 30 days in shaking culture at 20°C (100×). B: Magnification of A (400×). C, D: Germination of chlamydospores in CD (C) and SNY (Spezieller Nährstoffarmer yeast extract broth) (D) media after 7 days in still culture at 5°C.

의 형성은 양호하였다. 그러나 후막포자의 경우는 CD와 SNY배지에서만 다량으로 생성되었고 PD배지와 CL배지에서는 후막포자가 적거나 거의 형성되지 않았다. 또한 5°C에서는 후막포자의 형성이 부진하였지만, 배양온도를 높게 할수록 후막포자의 형성은 증가되어 20°C에서 후막포자 형성이 가장 높았으나 30°C에서는 다시 후막포자의 형성이 감소되었다. CD 배지의 경우 20°C의 조건에서 균을 배양하여 10일째에 5.37 log 후막포자/ml로 형성되기 시작하여 시일이 경과될수록 배양액이 검은색으로 변하면서 30일 후부터는 그 형성정도가 6.08 log 후막포자/ml로 가장 높았다. 이 배양액을 광학현미경으로 검정한 결과 균사도 없이 거의 모두 후막포자가 형성된 것을 알 수 있었다(Fig. 1 A, B). SNY배지의 경우는 후막포자와 함께 균사생장도 왕성하여 엷은 갈색의 균괴를 형성해 후막포자만을 회수하는 것은 불가능하였다. 따라서 CD배지, 20°C에서 120 rpm으로 진탕배양시 후막포자의 형성량이 가장 좋았다.

*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*는 PDA상에서는 후막포자를 거의 형성하지 않고 토양침출액이나 식물침출액을 소형분생포자와 함께 처리하면 분생포자가 발아해 발아관 선단에 후막포자를 용이하게 형성하는 것으로 보고되어 있으며, glucose 농도가 낮으면 잘 형성되고, 특히 배지의 양분이 소비되면 후막포자의 형성이 촉진되어진다(4, 6). 따라서 *Fusarium*의 후막포자 형성에는 C/N ratio가 낮고, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>이 필요로 하며, 형성 적은은 20°C 전후로 보고되어 있다. 이와 같은 경향은 *C. destructans*균에서도 후막포자의 형성 적은은 20°C로 영양배지에서 시일이 경과할수록 형성량이 증가되어 비슷하게 나타났다.

온도 조건 및 배지 pH가 후막포자의 발아에 미치는 영향. Table 3은 CD, SNY와 PD배지상에서 배양온도와 pH를 달리하여 후막포자의 발아를 나타낸 것으로서 치상후 7일째까지의 발아율을 나타내었다. 후막

Table 3. Effect of temperature and pH on chlamydospore germination of *Cyindrocarpon destructans* on various media

pH	5°C			10°C			20°C			30°C		
	CD <sup>a</sup>	SNY	PD	CD	SNY	PD	CD	SNY	PD	CD	SNY	PD
4	14.1 <sup>b</sup>	12.9	0.0	13.9	14.1	0	0	0	0	0	0	0
5	20.5	19.4	0.0	19.2	20.5	0	0	0	0	0	0	0
6	23.3	21.5	0.0	22.1	22.5	0	0	0	0	0	0	0
7	6.7	5.9	0.0	7.9	8.1	0	0	0	0	0	0	0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0

<sup>a</sup> CD : Czapek's dox broth, SNY : Spezieller Nährstoffarmer yeast extract broth, PD : Potato dextrose broth.

<sup>b</sup> Percent germination (%)=germinated no. of chlamydospores/total no. of chlamydospores × 100.

포자의 발아율은 CD와 SNY배지에서 양호하였으며 PD배지에서는 발아하지 못하였다. 후막포자의 발아는 5, 10°C에서만 발아되었고 20°C 이상의 온도조건에서는 전혀 발아되지 않았으며, pH 4~6 범위의 산성의 조건에서 발아율이 높았다.

특히 pH 6으로 조정된 CD배지, 5°C에서 발아율이 23.3%로 가장 높았고 pH 5에서도 20.5%로 상당히 높았다. 그러나 pH가 7인 중성에서는 발아율이 6.7%로 급속히 저하되었으며 pH 8, 9 조건에서는 전혀 발아하지 않았다. 또한 SNY배지에서도 CD배지와 비슷한 양상을 보인 반면 PD배지에서는 전혀 발아를 하지 못하였다. 따라서 pH에 따르는 후막포자의 발아율은 pH 7 이하의 산성조건에서는 발아가 진행되나 중성 및 염기조건의 배지에서는 발아가 미약하거나 불가능하다(Table 3). 이상의 후막포자의 발아에 미치는 배지, pH 및 발아온도의 실험에서 CD와 SNY배지가 발아용 배지로 적합하며 배지의 적정 pH는 5~6의 범위이고 발아적온은 5~10°C의 범위임이 밝혀졌다.

후막포자 발아 촉진물질의 탐색. 이러한 적정 발아조건에서 후막포자의 발아율을 더욱 향상시키기 위하여 발아를 촉진시킬 것으로 예상되는 인삼추출액, IAA, GA 및 NOVOZYM™234를 처리하여 촉진 여부를 조사하였다.

CD 및 SNY배지에 인삼의 추출물을 비롯하여 IAA와 GA를 첨가하여 후막포자의 발아촉진 효과를 5°C 및 10°C에서 조사한 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다.

5°C와 10°C에서 모두 무처리 대조구에 비하여 인삼추출물, IAA 또는 GA를 첨가한 배지에서 후막포자의

발아율은 10~60% 향상되었다. 5°C에서는 GA 10 ppm을 첨가하고 pH를 5로 조절된 SNY배지에서 32.5%로 가장 높은 발아율을 나타내었으며 pH를 6으로 조절하고 인삼추출물 3%를 첨가한 CD배지에서의 발아율은 32.4%로 역시 높은 발아율을 나타내었다. 한편 10°C에서는 pH를 6으로 조절하고 IAA 10 ppm을 첨가한 CD배지에서 32.4%의 가장 높은 발아율을 나타내었다. 이상의 결과를 종합할 때 인삼추출물, IAA 및 GA는 모두 후막포자의 발아를 촉진하는 효과가 인정되었는데 이들의 발아촉진 효과의 정도는 배지의 종류, 배지의 pH 및 배양온도에 따라 다르게 나타났다(Table 4).

인삼의 추출물, IAA 및 GA를 조합하여 첨가한 결과, 5°C와 10°C에서 모두 무처리 대조구에 비하여 인삼추출물, IAA 및 GA를 조합하여 첨가한 배지에서 후막포자의 발아율은 현저히 향상되었다. 5°C에서는 pH를 5로 조절하고 GA와 IAA를 각각 10 ppm 첨가한 CD배지에서 34.3%로 가장 높은 발아율을 나타내었으며 다음이 pH를 5로 조절하고 인삼추출물 3%와 GA 10 ppm을 첨가한 SNY배지에서의 발아율로서 34.1%였다.

이상의 결과를 종합할 때 인삼추출물, IAA 및 GA의 조합처리는 모두 후막포자의 발아를 촉진하는 효과가 인정되었는데 이들의 발아촉진 정도는 배지의 종류, 배지의 pH 및 배양온도에 따라 상이하였다. 발아온도 10°C에서는 대체로 발아촉진물질의 조합처리 효과가 단독처리에 비해 현저하지 않으나 5°C에서는 조합처리의 효과가 비교적 크게 나타났으며 특히 pH 5일 때 CD와 SNY배지 모두에서 발아촉진 물질의 조

**Table 4.** Effects of IAA, GA and ginseng extract on germination of the chlamydo spore of *Cylindrocarpum destructans* at 5 and 10°C in CD and SYN media

Treatments	5°C				10°C			
	pH 5.0		pH 6.0		pH 5.0		pH 6.0	
	CD <sup>a</sup>	SNY	CD	SNY	CD	SNY	CD	SNY
Control	20.7 <sup>b</sup> c	18.0e	20.5f	20.2d	19.8c	12.0d	23.8c	18.9d
Ginseng extract (3%)	28.8b	28.2c	32.4a	26.5b	25.1b	22.5c	27.5b	24.2c
IAA (10 ppm)	22.5c	31.8b	24.2e	32.1a	20.5c	26.4b	31.7a	27.3a
GA (10 ppm)	27.0b	32.5b	30.6b	24.6c	24.8b	23.4c	27.8b	22.9c
Ginseng extract (3%) + IAA (10 ppm)	32.9a	28.4c	28.2cd	31.2a	26.6ab	28.0a	26.7b	24.3bc
Ginseng extract (3%) + GA (10 ppm)	32.9a	34.1a	27.5d	25.9bc	27.9a	27.6a	23.3c	25.8ab
IAA (10 ppm) + GA (10 ppm)	34.3a	25.8d	29.3bc	25.4bc	25.9b	26.0b	24.6c	24.3bc

<sup>a</sup> CD : Czapek's dox broth, SNY : Spezieller Nährstoffarmer yeast extract broth, IAA : Indole acetic acid, GA : Gibberellin 3.

<sup>b</sup> Percent germination (%) = germinated no. of chlamydo spores / total no. of chlamydo spores × 100.

<sup>c</sup> In a column means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

합처리 효과가 높게 나타났다(Table 4).

NOVOZYM™234(Lysing enzyme, Sigma L8757)의 후막포자에 대한 발아촉진 효과와 적정 처리농도를 구명하고자 CD 및 SNY배지에 각각 20 ppm, 50 ppm, 100 ppm으로 농도를 달리하여 5°C와 10°C에서 후막포자의 발아율을 조사하였던 바 그 결과는 Table 5에서와 같다.

NOVOZYM™234을 첨가한 배지에서 후막포자의 발아율은 5°C와 10°C에서 모두 대조구에 비하여 현저히 향상되었다. 5°C에서는 pH를 6.0으로 조절하여 NOVOZYM™234를 20 ppm 첨가한 CD배지에서 47.2%로 대조구의 2배 이상으로 가장 높은 발아율을 나타내었고 다음이 pH 5, NOVOZYM™234 20 ppm의 SNY배지로서 발아율은 39.4%였다. NOVOZYM™234 처리 농도에 따른 발아율을 살펴보면, 20 ppm 처리한 배지에서 후막포자의 발아율이 가장 높았고 그 이상의 농도에서는 오히려 20 ppm보다 발아율은 저조하였다. 10°C에서도 pH를 6.0으로 조절하고 NOVOZYM™234을 20 ppm 처리한 CD배지에서 38.6%로 가장 높은 발아율을 나타내었으며 NOVOZYM™234의 처리농도별로는 20 ppm을 처리한 배지에서 후막포자의 발아율이 가장 높았고 그 이상으로 처리농도를 증가할 경우 발아율은 감소되는 경향이였다. 이상의 결과를 종합할 때 NOVOZYM™234의 후막포자의 발아촉진 효과는 현저함이 확인되었으며 적정 처리농도는 20 ppm이었다. NOVOZYM™234가 후막포자의 발아를 촉진하는 것은 NOVOZYM™234가 후막포자의 세포벽을 연화시키며 균사에 성장에는 영향을 미치지 않기 때문으로 생각되었다(Table 5).

NOVOZYM™234 20 ppm과 인삼추출물, GA 및 IAA를 각각 조합 처리하여 5°C와 10°C에서 후막포자를 배양하여 발아율을 조사한 결과, 모두 무처리 대조구에 비하여 후막포자의 발아율은 현저히 향상되었다. NOVOZYM™234와 인삼추출물 또는 GA를 각각 조합처리한 배지에서는 NOVOZYM™234의 단독처리에 비해 후막포자의 발아율이 대체로 향상된 경향이였으나 NOVOZYM™234와 IAA를 조합처리한 배지에서 후막포자 발아율은 NOVOZYM™234의 단독처리에 비해 오히려 저조한 결과를 나타내었다. 5°C에서는 NOVOZYM™234와 GA 10 ppm을 조합처리하고 pH를 5.0으로 조절한 CD배지에서 후막포자의 발아율이 49.4%로 가장 높았으며 다음이 NOVOZYM™234와 GA 10 ppm을 첨가하고 pH를 6.0으로 조절한 CD배지로서 후막포자의 발아율은 43.3%를 나타내었다(Fig. 1C). 10°C에서는 NOVOZYM™234와 인삼추출물을 조합처리하고 pH를 5.0으로 조절한 CD배지에서 후막포자의 발아율이 45.5%로 가장 높았으며 다음이 NOVOZYM™234와 인삼추출물을 첨가하고 pH를 5.0으로 조절한 SNY배지로서 후막포자의 발아율은 40.6%를 나타내었다. 본 실험의 결과에서 49.4%의 최고의 발아율을 나타내었던 후막포자의 발아 최적조건은 5°C조건에서 NOVOZYM™234 20 ppm과 GA 10 ppm을 혼합처리하고 pH를 5.0으로 조정된 CD 배지였다(Table 5).

*Fusarium*균의 후막포자는 당, 아미노산, 뉴크레오타이드, 유기산 등의 영양물질의 공급을 받거나 일반 배지상에서도 발아된다. 토양 내에서는 유기태질소 또는 glucose와 같은 무기태 질소를 첨가하면 발아율

**Table 5.** Effects of NOVOZYM™234 treatments on the germination of the chlamydo spore of *Cylindrocarpum destructans* at 5 and 10°C

Treatments	5°C				10°C			
	pH 5.0		pH 6.0		pH 5.0		pH 6.0	
	CD <sup>a</sup>	SNY	CD	SNY	CD	SNY	CD	SNY
Control	19.3 <sup>b</sup> f	17.9e	31.3d	20.8e	18.7f	16.6e	24.4e	17.5f
NOVOZYM™234 ( 20 ppm)	39.0bc	39.4a	47.2a	34.5b	35.2c	30.9b	38.6a	29.1c
NOVOZYM™234 ( 50 ppm)	22.4e	30.2b	21.7g	29.7c	30.6e	27.0c	31.7c	27.0d
NOVOZYM™234 (100 ppm)	26.9d	23.9d	27.4f	20.8e	32.1de	26.1c	30.3d	22.0e
NOVOZYM™234 ( 20 ppm) + Ginseng ext. (3%)	38.4c	39.8a	37.9c	37.7a	45.5a	40.6a	34.6b	35.2a
NOVOZYM™234 ( 20 ppm) + IAA (10 ppm)	39.9b	38.9a	29.3e	25.4d	33.5d	24.1d	24.0e	25.8d
NOVOZYM™234 ( 20 ppm) + GA (10 ppm)	49.4a	26.6c	43.3b	26.1d	38.9b	23.5d	38.0a	31.1b

<sup>a</sup> CD: Czapek's dox broth, SNY: Spezieller Nährstoffarmer yeast extract broth, IAA: Indole acetic acid, GA: Gibberellin 3.

<sup>b</sup> Percent germination (%)=germinated no. of chlamydo spores /total no. of chlamydo spores × 100.

<sup>c</sup> In a column means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

이 높게 나타났다(5). 또한 발아율 역시 토양내의 유·무기태질소의 함유량과 일치한다. *F. solani* f. sp. *phaseoli*의 후막포자는 콩 뿌리에서 분비되어지는 22종의 아미노산중 2종을 제외하고는 모두 발아를 촉진하는 것으로 보고되어 있다(13). 또한 발아적온은 균생장적온과 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. *C. destructans*균의 경우는 *Fusarium*균과는 다르게 영양물질의 공급을 받거나 일반배지상에서도 발아되지 않으며 특히 일반적인 균생장적온에서는 발아되지 않는 것을 실험을 통해서 확인할 수 있었다.

포자형성 및 발아실험에서 NOVOZYM™234을 사용하는 것은 포자만을 회수하기 위하여 균사를 제거할 목적으로 사용되고 있지만, 본 실험에서는 *C. destructans*균의 균사는 진탕배양중에 후막포자로 변하였기 때문에 포자회수의 목적이 아닌 후막포자의 발아율을 높이기 위하여 사용하였다. 후막포자는 막이 두껍기 때문에 NOVOZYM™234를 처리하면 후막포자의 세포벽을 연화시키며 균사의 생장에는 영향을 미치지 않기 때문으로 발아율이 증가된 것으로 생각되었다.

## 요 약

인삼뿌리썩음병균(*Cylindrocarpon destructans*) 후막포자의 형성은 CD(Czapek's dox broth)와 SNY(Spezieller Nährstoffarmer yeast extract broth)배지에서 진탕배양(20°C, 120 rpm)하면 양호하였다. 특히 CD배지에서 20°C로 30일간 진탕배양하면 5.99 log 후막포자/ml로 형성되었다. 후막포자의 발아율은 12.9~23.3%로 CD배지와 SNY배지에서 좋았으며 발아적온은 5~10°C였고, 최적 pH는 6이었다. 그러나 20°C 이상에서는 전혀 발아하지 않았으며 pH 7.0 이상에서는 발아율이 급속히 저하되었다. 인삼추출물 3%, GA 10 ppm, IAA 10 ppm, NOVOZYM™234 20 ppm을 처리할 경우 대조구에 비해 발아율이 증가하였다. 특히 NOVOZYM™234 20 ppm 처리구는 발아율이 무처리구에 비해 2배 증가하였다. CD배지(pH 5)에 NOVOZYM™234 20 ppm과 GA 10 ppm을 조합처리하고 5°C로 정지배양 할 때 후막포자의 발아율은 49.4%로 가장 높았다.

## 감사의 말씀

본 연구는 한국인삼연초연구원의 1994년도 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Booth, G. 1966. The genus *Cylindrocarpon*. Commonwealth Mycology Papers No. 104 : 1-56.
- 정후섭. 1979. 인삼의 병. 한국식물병리학회 창립 15주년 기념 연구 논고, pp. 107-144.
- Chung, H. S. and Kim, C. H. 1980. Biological control of ginseng root rot with soil amendments. Proc. The 2nd International Ginseng Symposium, pp. 67-74.
- Cochrane, V. W. and Cochrane, J. C. 1971. Chlamydospore induction in pure culture in *Fusarium solani*. *Mycologia* 63 : 462-477.
- Griffin, G. T. 1973. Modification of the exogenous carbon and nitrogen requirement for chlamydospore germination of *Fusarium solani* by contact with soil. *Can. J. Microbiology*. 19 : 999-1005.
- Hiroshi, O. 1971. Chlamydospore formation of *Fusarium* in a mineral salt solution. *Ann. Phytopathol. Soc. of Japan* 37 : 326-332.
- 홍순근, 오승환, 유연현. 1992. 인삼 토양 병해충 방제 및 농약개발 연구. 한국인삼연초연구소 인삼연구 보고서 : 121-160.
- 조대휘, 유연현, 오승환, 이호자. 1996. 인삼근부병균 *Cylindrocarpon destructans* (Zinssm.) Scholten의 포자생성에 미치는 배양기간, 온도, pH의 영향. 고려인삼학회지 20(1) : 88-95.
- 조재성, 김충수. 1994. 고려인삼의 담전윤환 재배에 관한 기초연구. 한국과학재단연구보고서 : 1-20.
- Matuo, T. and Miyazawa, Y. 1969. *Cylindrocarpon panacis* sp. nov. causing root rot of ginseng. *Trans. Soc. Japan* 11, 109.
- Matuo, T. and Miyazawa, Y. 1984. *Cylindrocarpon* sp. nov. causing root rot of ginseng. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 50 : 649-652.
- Scholten, G. 1964. *Nectria radicola* en *Thielaviopsis basicola* als Parasiten van *Cyclamen ercicum*. *Neth. J. Plant path.* 70. Suppl. 2 : 61-68.
- Schroth, M. N. and Snyder, W. C. 1961. Effect of host exudates on chlamydospore germination of the bean root rot fungus, *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*. *Phytopathology* 51 : 389.
- Singleton, L. L., Mihail, J. D. and Rush, C. M. 1992. *Cylindrocarpon*. In : *Method for Research on Soil-borne Phytopathogenic Fungi*, pp. 103-106. The American Phytopathological Society, APS Press. 265pp.
- Strzelczyk, E. and Pokojka-burdziej, A. 1982. Production of auxins and gibberellin-like substances by *Cylindrocarpon destructans* (Zins.) Scholt. isolates pathogenic and non-pathogenic to fir (*Abies alba* Mill.) *Phytopath. Z.* 105 : 327-335.
- 유성준, 조진웅, 유승현, 조재성. 1995. 인삼근부병균 *Cylindrocarpon destructans* (Zins.) Scholt. 후막포자 발아에 관하여. 한국식물병리학회지 11(2) : 182-183.