

인삼 뿌리썩음병균 *Cylindrocarpon destructans*의 균사생육과 포자형성에 미치는 탄소원과 질소원의 영향

조대휘* · 유연현 · 오승환 · 이호자¹
한국인삼연초연구원, ¹경희대학교 생물학과

Effect of Carbon and Nitrogen Sources on the Mycelial Growth and Sporulation of *Cylindrocarpon destructans* Causing Root Rot of *Panax ginseng*

Dae-Hui Cho*, Yun-Hyun Yu, Seung-Hwan Ohh and Ho-Sa Lee¹
Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Suwon 440-600, P.O. Box 59, Korea
¹Department of Biology, Kyung-Hee University, Seoul 130-701, Korea

ABSTRACT : The effects of carbon and nitrogen sources on the mycelial growth and sporulation of microconidia and chlamydo-spores of five isolates of *Cylindrocarpon destructans* (Zinssm.) Scholten causing root rot of *Panax ginseng* were studied. For the carbon sources, fructose, glucose, maltose, and sucrose in Czapek-Dox broth showed good mycelial growth of 178~201 mg in dry weight compared with 64 mg of the control. The best carbon sources tested for conidial formation were sucrose and maltose with 2.75 and 3.03 log conidia/ml, respectively. For the nitrogen sources, aspartic acid, NaNO₃, KNO₃, arginine, threonine, and leucine increased mycelial growth of the fungi to 208~231 mg in dry weight without significant difference (p=0.05) among them. Meanwhile the growth with cystine was poor (26.3 mg dry weight), and no conidium and chlamydo-spore were formed. Maximum microconidial formation was observed in the media with NaNO₃ and KNO₃ as 3.37 and 3.35 log conidia/ml, and for the chlamydo-spore formation the (NH₄)₂SO₄-containing medium and the nitrogen-absent medium were the best as 3.40 and 3.57 log chlamydo-spores/ml, respectively. No conidium was found in the medium without nitrogen sources, in which chlamydo-spore formation increased 6 times more than in the nitrogen-amended medium. However, deletion of carbon source in the medium did not affect on the formation of conidia and chlamydo-spores of *C. destructans*.

Key words : *Cylindrocarpon destructans*, carbon sources, nitrogen sources, microconidia, chlamydo-spore, mycelial growth.

인삼 뿌리썩음병균 *Cylindrocarpon destructans*(Zinssm.) Scholten은 1918년 미국삼(*Panax quinquefolium*)에서 뿌리를 흑색으로 썩히는 병원균으로 보고(29)된 이래 캐나다산 북미삼에서도 보고되었고(9), 1969년 일본에서 고려인삼(*Panax ginseng*)의 뿌리썩음병으로 보고되었다(17). 한국에서는 고려인삼(*P. ginseng*)에서 1975년 Chung(6)에 의해 처음 보고된 이래 최근 인삼 연작지에서 뿌리썩음병균(*C. destructans*)이 분리되고 병원성이 확인되어(3, 12, 20, 26, 27, 28) 이 병의 방제

에 관한 연구의 중대성이 대두되고 있다. *C. destructans*의 기주범위는 참나무(8), 침엽수(2) 등의 일부 수목류 묘목과 시클라멘(24), 작약(10) 등의 일부 화훼류에 국한되어 뿌리썩음병을 일으키는 것이 보고되었다. 이와같이 인삼이외의 기주식물은 특이할 만한 경제성 작물이 아니어서 과거부터 이 병원균에 대한 병리 및 방제연구가 미흡한 실정에 있었다. 따라서 연작 장애를 해소할 수 있는 방법을 개발하기 위해서는 그동안 연구가 미진했던 *C. destructans*의 생물학적 특성을 구명하는 연구가 우선 선행되어야 할 것이다.

자연상태에서 발병에 직접 관여하는 *C. destructans*

*Corresponding author.

의 전염원은 소형분생포자와 후막포자일 것으로 예상되었는데 최근 군사 및 분생포자의 인공접종으로 병발생이 확인되었다(27, 28). 최근 배양온도, 배지의 pH, 배양기간 등과 같은 배양조건에 따른 생육특성을 연구하여 *C. destructans*의 최적생육에 필요한 조건을 밝혔고(4, 5, 21) 본 논문에서는 이를 토대로 군사생장과 소형분생포자 및 후막포자의 형성에 직접적으로 관여하는 탄소원과 질소원의 영양물질에 관한 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시균주. 한국인삼연초연구원 인삼병리연구실에서 보존중인 뿌리썩음병균(*C. destructans*) CY-92-01, CY-92-03, CY-92-03, CY-92-07, CY-94-01, CY-94-02의 5개 균주(28)를 공시균주로 하였다(Table 1).

탄소원별 첨가배지 배양. 탄소원별 군사생장량의 측정은 Taylor 등(25)이 사용한 0.1 M citrate-0.2 M phosphate(McIlvaine) buffer(pH 4.0)로 제조한 탄소원이 제외된 Czapek-Dox broth에 fructose, glucose, maltose, sucrose 등을 각각 배지성분의 3%(w/v)씩 첨가하여 사용하였다. 배양액은 100 ml Erlenmeyer flask에 20 ml 씩 분주하여 멸균한 후 potato dextrose agar 사면배지에서 형성된 *C. destructans* 소형분생포자를 각각 10^3 개 씩 접종하여 20°C 항온기에서 20일간 배양하였다.

질소원별 첨가배지 배양. 질소원별 군사생육량 측정을 위한 배지는 역시 Taylor 등(25)이 사용한 0.1 M citrate-0.2 M phosphate(McIlvaine) buffer(pH 4.0) 용액에 Czapek-Dox broth의 구성 성분 중 질소원을 제외하여 조제하였다. 질소원을 0.3% 첨가하는 것을 기준으로 하여 각 화합물 분자량에 질소의 분자량 비율을 계산하여 무기질소원으로 $(NH_4)_2SO_4$, $NaNO_3$, KNO_3 를 각각 배양액 1l를 기준으로 2.33 g, 3.00 g, 3.57 g을 각각 첨가하였다. 유기 질소원도 같은 방법으로 염기성 아미노산 arginine은 1.54 g, 산성 아미노산으로 as-

partic acid는 4.70 g, hydroxyl amino acid중 threonine은 4.2 g, 지방족 아미노산으로 leucine은 4.63 g, 방향족 아미노산으로 tyrosine은 6.4 g, 유황 아미노산으로 cystine은 4.24 g씩을 각각 첨가하여 질소원별 배지로 하였다. 아미노산은 김(15), 박과 조(22)에 의해 보고된 인삼의 성분으로 추출되는 유리 아미노산 중에서 선별하였다. 배양액은 100 ml Erlenmeyer flask에 20 ml씩 분주하여 멸균한 후 potato dextrose agar 사면배지에서 형성된 *C. destructans*의 분생포자를 각각 약 10^3 씩 접종하여 20°C 항온기에서 20일간 배양하였다.

군사생장량, 분생포자 및 후막포자 생성량 조사. 군사생장량은 filter paper(Toyo No. 2)로 여과하여 얻은 군사를 75°C에서 8시간 건조하여 전체 5개 균주를 평균하여 측정하였다. 분생포자 및 후막포자의 수는 배양액을 homogenizer [Wheaton No. 903475, overhead stirrer, speed range 1,000~10,000 rpm(no load)]의 scale 5로 30초에서 2분간 분쇄하여 haemocytometer로 각각 측정하였다.

결과 및 고찰

*C. destructans*의 군사생장에 미치는 탄소원들의 영향을 조사한 결과는 Fig. 1과 같이 4가지의 당 모두 군사생장량은 배양 20일 후에 178~201 mg 수준으로 큰 차이가 없었다. 이와 같은 결과는 Jackson(14)이 토양진균류에 대한 당 종류별 생육량 조사에서 *C. destructans*는 sucrose의 3가지의 당류에 관계없이 비슷한 성장량을 보였다는 것과 일치하는 것으로 나타났고, Evans와 White(7)가 탄소원으로 maltose, sucrose를 각각 첨가한 배지들에서 생육이 양호하였다는 것과 동일한 결과를 보였다. Czapek-Dox broth에 탄소원이 결제된 배지의 경우에는 평균 64 mg의 성장량을 나타내어 다른 4가지 탄소원 첨가 배지들의 경우에 비해 약 30%의 낮은 성장량을 나타냈다.

각각 탄소원들이 첨가된 배지에서 *C. destructans*의 분생포자 생성량을 측정한 결과, sucrose 첨가배지에서 3.03 log conidia/ml이 생성되어 가장 많았다. maltose, glucose 첨가 배지의 경우에는 2.75, 2.31 log conidia/ml이 생성되었고, fructose의 경우 1.65 log conidia/ml로 측정되어 4가지 탄소원 첨가 배지 중에서 가장 적은 양이 생성되었다(Fig. 2). 군사생장량에 있어서 다른 4가지 탄소원 첨가배지에 비해 30% 정도의 군사생장량이 측정되었던 탄소원 무첨가 배지에서 분생포자가 2.31 log conidia/ml로 fructose에 비해 많은 양이 형성되어 군사생장이 불리한 조건이라도 소형 분생포자는 많이

Table 1. Isolates of *Cylindrocarpon destructans* tested

Isolate ^a	Origin	Year
CY-92-01	Seosan, 2-year-old, root	1992
CY-92-03	Suwon, 3-year-old, root	1992
CY-92-07	Pocheon, 2-year-old, root	1992
CY-94-01	Suwon, 6-year-old, root	1994
CY-94-02	Jeungpyung, 2-year-old, root	1994

^a Isolates were obtained from single spores and maintained on potato dextrose agar at 4°C.

생성되었다.

탄소원별 후막포자 형성을 측정된 결과, sucrose, glucose, fructose, maltose의 순으로 2.78, 2.41, 2.20, 2.11 log chlamyospores/ml로 통계적인 유의성 없이 동일한 생성량을 나타냈다(Fig. 3). 특히 탄소원 무첨가 배지의 경우 후막포자는 2.54 log chlamyospores/ml로서 많은 양을 형성하였지만 균사생장은 저조하게 나타나서(Fig. 1) 균사의 형태 유지와 지속적인 생장을 곤란하게 하는 외부환경을 극복하고자 후막포자 형성이 촉진 된 것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 glucose와 같은 탄소원을 첨가하지 않은 무기염류 배지에서 *Fusarium* sp.의 후막포자 형성이 촉진된다는 보고(13, 23)와 일치하였다.

질소원별로 *C. destructans*의 균사 생장을 조사한 결과, aspartic acid 첨가 배지에서 231 mg으로 가장 생육이 좋았으며, NaNO₃, KNO₃, arginine, threonine, leucine 등이 첨가된 경우는 208-221 mg 범위로 양호한 균사 생장을 보였다. 반면에 (NH₄)₂SO₄, tyrosine의 경우 175, 160 mg으로 균사생장량이 낮았으며 cystine이 첨가된 경우에는 CY-94-02를 제외한 4개의 균주에서 생장이 관찰되지 않았다(Fig. 4).

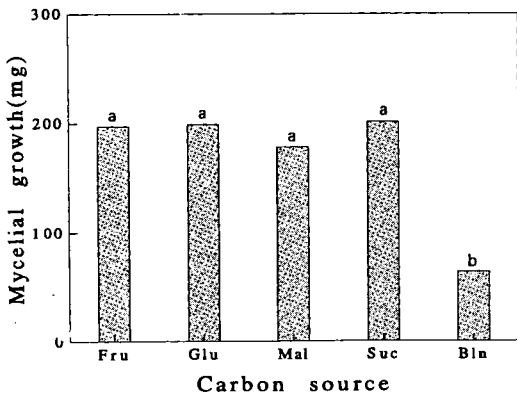


Fig. 1. Effect of carbon sources on mycelial growth of *Cylindrocarpon destructans*. Data are means of five isolates, CY-92-01, CY-92-03, CY-92-07, CY-94-01 and CY-94-02. Each 20 ml of Czapek-Dox broth was adjusted to pH 4.0 with 0.1 M citrate-0.2 M phosphate (McIlvane) buffer and inoculated with about 10³ microconidia of the five isolates, respectively. Inoculated cultures were incubated for 20 days at 20°C. Dry weight of mycelium was measured after drying at 75°C for 8 hours and the datum is average of three replicates. Bars with different letters are significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test. Fru: Fructose, Glu: Glucose, Mal: Maltose, Suc: Sucrose, Bln: without carbon source in the broth.

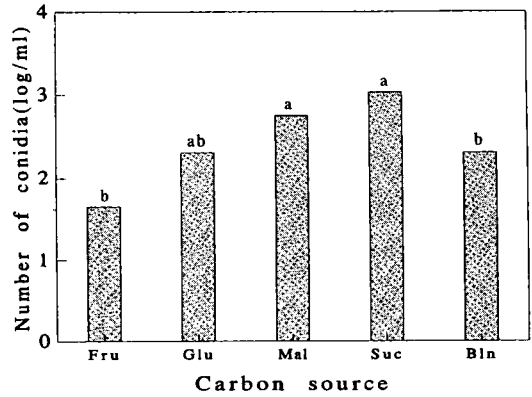


Fig. 2. Effect of carbon sources on production of microconidia of *Cylindrocarpon destructans*. Data are means of five isolates, CY-92-01, CY-92-03, CY-92-07, CY-94-01 and CY-94-02. Each 20 ml of Czapek-Dox broth was adjusted to pH 4.0 with 0.1 M citrate-0.2 M phosphate (McIlvane) buffer and inoculated with about 10³ microconidia of the five isolates, respectively. Inoculated cultures were incubated for 20 days at 20°C. The datum is average of three replicates. Bars with different letters are significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test. Fru: Fructose, Glu: Glucose, Mal: Maltose, Suc: Sucrose, Bln: without carbon source in the broth.

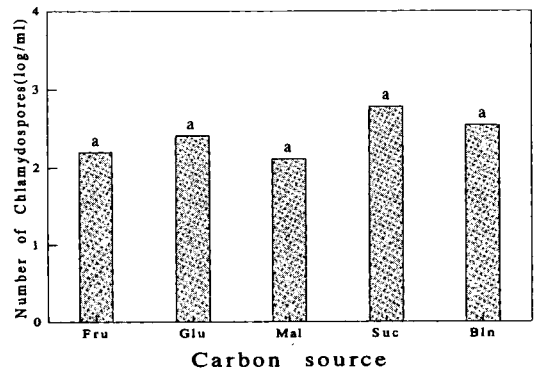


Fig. 3. Effect of carbon sources on sporulation of chlamyospores of *Cylindrocarpon destructans*. Data are means of five isolates, CY-92-01, CY-92-03, CY-92-07, CY-94-01 and CY-94-02. Each 20 ml of Czapek-Dox broth was adjusted to pH 4.0 with 0.1 M citrate-0.2 M phosphate (McIlvane) buffer and inoculated with about 10³ microconidia of the five isolates, respectively. Inoculated cultures were incubated for 20 days at 20°C. The datum is average of three replicates. Bars with different letters are significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test. Fru: Fructose, Glu: Glucose, Mal: Maltose, Suc: Sucrose, Bln: without carbon source in the broth.

Czapek-Dox broth에 질소원이 무첨가된 경우, 미약한 균사 생장이 관찰되었으며 공시된 5개 균주들은 47~114 mg 범위의 균사생장량이 측정되었다. 탄소원, 질소원을 모두 첨가하지 않은 경우에는 조사된 5개 균주들 모두 접종원인 분생포자의 발아가 육안적으로 관찰되었을 뿐 측정이 되지 않을 정도의 미약한 균사 생장을 보였으며, 영양원이 첨가되지 않은 0.1 M citrate-0.2 M phosphate(McIlvane) buffer에서는 약간의 분생포자가 매우 미약하게 발아한 것만이 관찰되었을 뿐 더 이상의 균사 생장은 관찰되지 않았다. 질소원들에 대한 균사생장은 공시된 아미노산, 무기 질산염중 tyrosine, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 첨가로 생장이 다소 떨어졌으며 cystine 첨가에서 생장이 극히 저조한 것을 제외하고는 그 외의 무기 질산염과 아미노산 6종을 잘 이용하여 성장하였다. 이것은 Atkinson(1)이 보고한 것과 같이 *C. destructans*가 leucine, aspartic acid를 잘 이용하여 생육한다는 것과 일치하였으며 Evans와 White(7)가

균사생장량에 미치는 무기 질소원의 영향을 연구하여 KNO_3 , NaNO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 의 순으로 생장량이 많게 나타났던 것과 일치하는 것으로 나타났다.

질소원별로 소형 분생포자의 형성량을 조사한 결과, 각각의 질소원 첨가 배지에서 *C. destructans* 5개 균주의 분생포자 형성량은 NaNO_3 , KNO_3 첨가배지에서 각각 3.37, 3.35 log conidia/ml로서 가장 많은 양이 형성되었으며, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, arginine, aspartic acid, threonine, leucine, tyrosine이 첨가된 배지에서 1.77~2.26 log conidia/ml로 형성되었다(Fig. 5). 균사 생장량이 측정되지 않거나 미약하였던 cystine 첨가 배지와 질소원 무첨가 배지, 탄소원과 질소원 무첨가 배지 등에서 (Fig. 4) 분생포자 생성은 5개 균주 공통으로 거의 관찰되지 않았다.

질소원별로 후막포자의 형성량을 조사한 결과, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 질소원 무첨가 배지에서 각각 3.40, 3.57 log chlamydoconidia/ml로 가장 많이 생성되었다. 이에 비하여 arginine, aspartic acid, threonine 및 leucine,

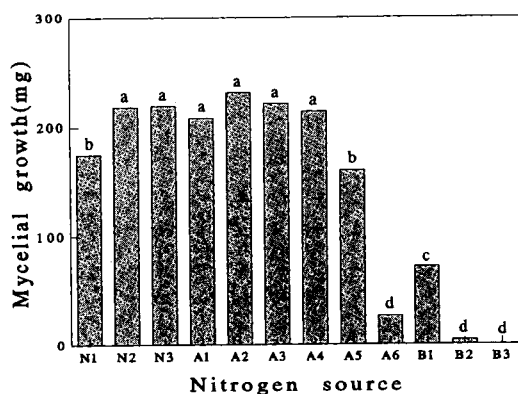


Fig. 4. Effect of nitrogen sources on mycelial growth of *Cylindrocarpon destructans*. Data are means of five isolates, CY-92-01, CY-92-03, CY-92-07, CY-94-01 and CY-94-02. Each 20 ml of Czapek-Dox broth was adjusted to pH 4.0 with 0.1 M citrate-0.2 M phosphate (McIlvane) buffer and inoculated with about 10^3 microconidia of the five isolates, respectively. Inoculated cultures were incubated for 20 days at 20°C. Dry weight of mycelium was measured after drying at 75°C for 8 hours and the datum is average of three replicates. Bars with F designated with different letters are significantly different ($P=0.05$) according to Duncan's multiple range test. N1: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, N2: NaNO_3 , N3: KNO_3 , A1: Arginine, A2: Aspartic acid, A3: Threonine, A4: Leucine, A5: Tyrosine, A6: Cystine, B1: Check with deletion of nitrogen source from the medium, B2: Check with deletion of nitrogen and carbon sources from the medium, B3: 0.1 M citrate-0.2 M phosphate (McIlvane) buffer solution.

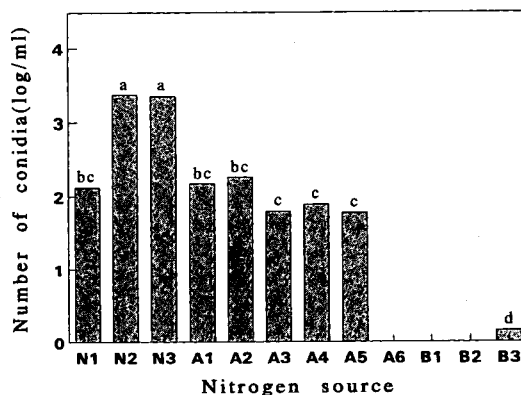


Fig. 5. Effect of nitrogen sources on sporulation of microconidia of *Cylindrocarpon destructans*. Data are means of five isolates, CY-92-01, CY-92-03, CY-92-07, CY-94-01 and CY-94-02. Each 20 ml of Czapek-Dox broth was adjusted to pH 4.0 with 0.1 M citrate-0.2 M phosphate (McIlvane) buffer and inoculated with about 10^3 microconidia of the five isolates, respectively. Inoculated cultures were incubated for 20 days at 20°C. The datum is average of three replicates. Bars with different letters are significantly different ($P=0.05$) according to Duncan's multiple range test. N1: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, N2: NaNO_3 , N3: KNO_3 , A1: Arginine, A2: Aspartic acid, A3: Threonine, A4: Leucine, A5: Tyrosine, A6: Cystine, B1: Check with deletion of nitrogen source from the medium, B2: Check with deletion of nitrogen and carbon sources from the medium, B3: 0.1 M citrate-0.2 M phosphate (McIlvane) buffer solution.

tyrosine 첨가배지의 경우에는 2.69~2.95 log chlamydo-spores/ml로 약간 적은 양이 생성되었지만 (NH₄)₂SO₄, 질소원 무첨가 배지의 경우와 비교할 때 통계적인 유의성이 없었다(Fig. 6). 그러나 질소원과 탄소원을 모두 첨가시키지 않은 배지에서는 후막포자가 1.76 log chlamydo-spores/ml로 형성되었고, KNO₃ 첨가배지의 경우는 1.01 log chlamydo-spores/ml로 형성량이 적었다.

이러한 탄소원과 질소원 첨가유무에 따라 균사의 성장량과 소형 분생포자 및 후막포자의 형성량은 각각 서로 다르게 나타났다. 균사성장량에 대한 소형분생포자 및 후막포자의 형성비율을 비교한 결과, Table 2와 같이 탄소원 4종이 각각 첨가된 배지에서 분생포자와 후막포자의 생성량이 차이가 없었지만 탄소원이 첨가되지 않은 경우 균사생장이 탄소원 첨가 배지에서의 30% 정도에 불과하였으나 분생포자 및 후막포자수는 탄소원 첨가의 경우와 같은 수준으로 많이 측정되었다. 그러나 질소원을 결제한 배지에서는 분생포자가 전혀 형성되지 않았으므로 분생포자의 형성에는 질소원이 필요한 것으로 판단된다. 그리고 탄소원, 질소원이 모두 존재할 경우 분생포자의 수는 많이 형성되었으나 균사생장과 그에 따른 분생포자의 비율로 볼 때 탄소원이 결여될 경우 그 생성이 촉진될 것으로 판단된다. 질소원 중 후막포자 생성에는 NaNO₃, KNO₃ 첨가배지에서 생성량이 적을 뿐 다른 질소원간에 큰 차이는 없었다. 그러나 Table 1과 같이 질소원을 제외시킨 배지에서 후막포자 생성이 균사 성장량에 비해 많았는데 이것은 일반 배양으로 생장한 *Fusarium* 균사를 세척하여 영양소가 없는 염용액에 넣음으로서 후막포자가 많이 형성되었다는 보고 (11, 13)와 같이 영양소의 결핍에 의한 불리한 환경에서 후막포자가 많이 형성됨을 알 수 있었다. 오 등(20)

에 의하면 김포, 강화, 포천의 인삼 재작지 30개소 토양의 암모니아태 질소, 질산태 질소 함량 평균이 각각 20.8, 68.1 ppm으로 측정되었는데, 이것은 일반 배지의 질소함량(Czapek solution agar 조성중 무기태 질소로

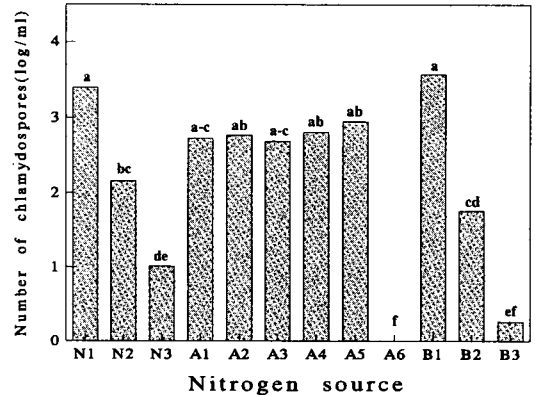


Fig. 6. Effect of nitrogen sources on sporulation of chlamydo-spores of *Cylindrocarpon destructans*. Data are means of five isolates, CY-92-01, CY-92-03, CY-92-07, CY-94-01 and CY-94-02. Each 20 ml of Czapek-Dox broth was adjusted to pH 4.0 with 0.1 M citrate-0.2 M phosphate (McIlvane) buffer and inoculated with about 10³ microconidia of the five isolates, respectively. Inoculated cultures were incubated for 20 days at 20°C. The datum is average of three replicates. Bars with different letters significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test. N1: (NH₄)₂SO₄, N2: NaNO₃, N3: KNO₃, A1: Arginine, A2: Aspartic acid, A3: Threonine, A4: Leucine, A5: Tyrosine, A6: Cystine, B1: Check with deletion of nitrogen source from the medium, B2: Check with deletion of nitrogen and carbon sources from the medium, B3: 0.1 M citrate-0.2 M phosphate (McIlvane) buffer solution.

Table 2. Effect of carbon and/or nitrogen sources on mycelial growth and sporulation of *Cylindrocarpon destructans*

Nutrient source ^a		Mycelial growth (mg in dry weight)	Conidia (log/ml)	Chlamydo-spore (log/ml)	Conidia/mycelia ^b	Chlamydo-spores/mycelia ^c
Carbon	+	72.2±10.1	0	3.57±0.2	0	51.46
Nitrogen	-					
Carbon	-	63.5± 5.5	2.31±0.5	2.54±0.4	3.22	5.46
Nitrogen	+					
Carbon	-	4.0± 3.6	0	1.76±0.7	0	14.39
Nitrogen	-					
Carbon	+	218.3±15.2	3.03±0.2	2.78±0.1	4.91	2.76
Nitrogen	+					

^a A carbon source and/or a nitrogen source was added in the Czapek-Dox broth as sucrose and potassium nitrate, respectively. +: added, -: not added.

^b Ratio of mycelial growth to microconidia.

^c Ratio of mycelial growth to chlamydo-spores.

서 NaNO_3 가 3% 함유)에 비하면 월등히 낮아 Table 2와 같이 배지에 질소원이 결여되면 *C. destructans*의 후막포자 생성이 촉진되는 것과 같이 *C. destructans*는 인삼에 침입하여 뿌리를 완전히 썩힌 후에는 토양내 낮은 질소함량 조건 하에서 균사는 후막포자로 많이 변화될 것이라고 생각된다.

요 약

인삼 뿌리썩음병균 *Cylindrocarpon destructans*의 균사생장, 소형 분생포자 및 후막포자 형성에 미치는 탄소원과 질소원을 조사하였다. *C. destructans*는 탄소원으로 fructose, glucose, maltose, sucrose 등이 각각 첨가된 배지에서 균사 생장량이 178~201 mg으로 탄소원 무첨가배지의 64 mg에 비해서 생육이 양호하였다. 후막포자의 경우에도 공시된 각 탄소원 배지에서 2.11~2.78 log chlamydospores/ml의 범위로 생성되었다. 소형분생포자는 sucrose, maltose의 첨가배지에서 각각 2.75, 3.03 log microconidia/media ml로 가장 많은 양이 형성되었다. 질소원이 첨가된 배지의 경우에는 aspartic acid, NaNO_3 , KNO_3 , arginine, threonine, leucine 등이 첨가된 배지에서 균사생장량이 208~231 mg으로 많이 생육되었으나 cystine 첨가배지에서는 균사생장량이 26.3 mg으로 매우 저조하여 분생포자와 후막포자 생성이 관찰되지 않았다. 분생포자는 NaNO_3 , KNO_3 첨가배지에서 각각 3.37, 3.35 log microconidia/ml로 가장 많은 양이 생성되었다. 후막포자의 경우는 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 와 질소원 무첨가 배지에서 각각 3.40, 3.57 log chlamydospores/ml로 가장 많은 양이 형성되었다. Czapek-Dox 조성중 질소원을 제외시킨 배지는 소형분생포자가 관찰되지 않은 반면에 질소원 첨가 배지에 비해서 후막포자는 약 6배 많이 생성되었다. 그러나 배지의 탄소원 결여가 분생포자와 후막포자 생성량에 영향을 주지는 않았다.

감사의 말씀

이 논문은 1995년도 한국담배인삼공사 출연금으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Atkinson, R. G. 1961. Preliminary studies on the utilization and release of amino acids by *Cylindrocarpon radicolica* Wr. *Can. J. Botany* 39 : 1531-1536.
- Booth, G. 1966. The genus *Cylindrocarpon*. Commonwealth Mycology papers No. 104 : 1-56.
- 조대휘, 박규진, 유연현, 오승환, 이호자. 1995. *Cylindrocarpon destructans*(Zinssm.) Scholten에 의한 연작지 2년근 인삼의 근부병 발병 특성. *고려인삼학회지* 19(2) : 175-180.
- 조대휘, 안일평, 유연현, 오승환, 이호자. 1995. 배양기간, 온도, pH가 인삼 근부병균 *Cylindrocarpon destructans*(Zinssm.) Scholten의 균사생육에 미치는 영향. *고려인삼학회지* 19(2) : 181-187.
- 조대휘, 유연현, 오승환, 이호자. 1996. 인삼 근부병균 *Cylindrocarpon destructans*(Zinssm.) Scholten의 포자생성에 미치는 배양기간, 온도, pH의 영향. *고려인삼학회지* 20(1) : 88-95.
- Chung, H. S. 1975. Studies on *Cylindrocarpon destructans* (Zins.) Scholten causing root rot of ginseng. *Rept. Tottori Mycol. Inst.* (Japan) 12 : 127-138.
- Evans, G. and White, N. H. 1966. Radicolin and radicol, two new antibiotics produced by *Cylindrocarpon radicolica*. *Trans. British Mycol. Soc.* 49(3) : 563-576.
- Hart, J. H. 1965. Root rot of oak associated with *Cylindrocarpon radicolica*. *Phytopathology* 55 : 1154-1155.
- Hildebrand, A. A. 1935. Root rot of ginseng in Ontario caused by members of the genus *Ramularia*. *Canadian J. of Research.* 12 : 82-114.
- 廣澤敬之. 1980. ボタン, シャクヤクの新病害 根黒斑病について. *今月の農薬* 24 : 22-26.
- 岡崎博. 1971. Fusarium 菌의 厚膜胞子形成條件について. *日植病報* 37 : 326-332.
- 홍순근, 오승환, 유연현, 김기황, 조대휘. 1992. 인삼 토양 병해충방제 및 농약개발연구. *한국인삼연초연구원 인삼연구보고서(재배분야)*: pp. 121-160.
- Hsu, S. C. and Lockwood, J. L. 1973. Chlamydospore formation by *Fusarium* in sterile salt solutions. *Phytopathology* 63 : 597-601.
- Jackson, R. M. 1965 Studies of fungi in pasture soil. *N. Z. Jl. Agric. Res.* 8 : 878-888.
- Kim, D. Y. 1974. Studies on the browning of red ginseng. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 16(2) : 60.
- 松尾卓見, 宮澤洋一. 1969. 藥用人蔘の根腐病菌に關する研究. *日植病報* 35 : 356.
- Matsuo T. and Miyazawa. 1969 *Cylindrocarpon panacis* sp. nov. causing root rot of ginseng. *Trans. Mycol. Soc. Japan.* 11 : 109.
- Matsuo T. and Miyazawa Y. 1984. Scientific name of *Cylindrocarpon* sp. causing root rot of ginseng. *Ann. Phytopath. Soc. Japan.* 50 : 649-652.
- "Method for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi", ed. by L. Singleleton, J. D. Mihail, and C. M. Rush, 103-107, 247p.
- 오승환, 박창석, 정영륜. 1980. 인삼 경작지 미생물 생태 및 생물학적 방제연구. *한국인삼연초연구소 인*

- 삼연구보고서, pp. 23-46.
21. 오승환, 이명구, 이일호, 유연현, 김명수, 이미자, 조대휘, 김효근. 1993. 인삼 연작장해 해소연구. 한국인삼연초연구원 기본연구과제보고서(재배분야), pp. 227-268.
 22. 박세호, 조재선. 1993. 인삼성분이 *Escherichia coli* 의 생육에 미치는 영향. 고려인삼학회지 17(3) : 203-209.
 23. Schippers, B. and Old, K. M. 1974. Factors affecting chlamydospore formation by *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* in pure culture. *Soil Biol. Biochem.* 6 : 153-160.
 24. Scholten G. 1964. *Nectria radicola* en *Thielaviopsis basicola* als parasiten van *Cyclamen ercicum*. *Neth. J. Plant Path.* 70 : Suppl. 2 pp. 61-68.
 25. Taylor, G. S. 1964. *Fusarium oxysporum* and *Cylindrocarpon radicola* in relation to their association with plant roots. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 47(3) : 381.
 26. 유연현, 오승환, 김기황, 조대휘. 1993. 인삼 토양 병해충의 방제 및 농약개발 연구. 한국인삼연초연구원 인삼연구보고서(재배분야): pp. 93-154.
 27. 유연현, 오승환, 김기황, 박규진, 조대휘. 1994. 인삼의 연작장해 해소연구. 한국인삼연초연구원 인삼연구보고서(재배분야): pp. 103-219.
 28. 유연현, 오승환, 김기황, 박규진, 조대휘. 1995. 인삼의 연작장해 해소연구. 한국인삼연초연구원. 인삼연구보고서(재배분야): pp. 115-241.
 29. Zinssmeister, C. L. 1918. Ramularia root rot of ginseng. *Phytopathology* 8 : 557-571.

(Received 26 Dec. 1996)