

표고 현장적응 시험 버섯 재배사내 공기에서 검출한 국내 미기록 진균 보고

안금란¹ · 안홍석¹ · 권혁우² · 고한규³ · 김성환^{1,2,*}

¹단국대학교 미생물학과

²단국대학교 생물다양성연구소

³산림조합중앙회 산림버섯연구센터

Unrecorded fungi isolated from indoor air of cultivation houses used for field test of a newly bred domestic shiitake cultivar

Geum Ran Ahn¹, Hong Seok Ahn¹, Hyuk Woo Kwon¹, Han Gyu Ko³, and Seong Hwan Kim^{1,2,*}

¹Department of Microbiology

²Institute of Biodiversity, Dankook University, Cheonan, 31116, Korea

³Forest Mushroom Research Center, National Forest Cooperative Federation, Yeosu 12653, Korea

ABSTRACT: Four fungal species, during indoor air monitoring for fungi that possibly affect the field testing of a newly bred shiitake cultivar in cultivation houses located in Cheongyang, Chungnam Province and Jangheung, Jeonnam Province. Of these species, two are known to be plant pathogens and the other two are saprobes but potent contaminators in the mushroom cultivation environment. This study reports the morphological characteristics and phylogenetic relationships of these four species based on nucleotide sequences of the internal transcribed spacer (ITS) and 18S rDNA region, including their known information.

KEYWORDS: Shiitake cultivation, *Mortierella parvispora*, *Doratomyces purpureofuscus*, *Periconia byssoides*, *Periconia pseudobyssoides*

서 론

표고(*Lentinula edodes*)는 담자균문 주름버섯목 낙엽버섯과의 버섯으로 맛과 풍미가 뛰어나며 향암과 항비만 효과를 가지고 있는 고가의 식용버섯이다 (Nanba *et al.*, 1987; Lee *et al.*, 2014). 재배농가는 물론 재배면적, 생산

량이 매년 증가하고 있어 고소득 작목으로 자리 잡고 있으며 (Kang *et al.*, 2004), 표고의 약리 효과가 밝혀지면서 수요 또한 증가 해 왔다. 표고 재배는 현재 두 가지 방법으로 재배되고 있는데 원목을 이용하는 방식과 톱밥 배지를 이용하는 방식이 사용된다. 원목재배와 톱밥배지를 이용한 재배 방식 모두 재배 과정 중 균류 오염에 의해 심각한 피해를 받을 수 있다.

표고 재배에 피해를 주는 주요 진균으로는 *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* 속 등의 여러 종들이 보고되었다 (Liao, 1993; Kim *et al.*, 2012; Togashi *et al.*, 1997). 이들 균류의 특징은 분생포자를 많이 생산하기 때문에 바람에 의해 포자가 쉽게 부유하여 멀리 전파되어 다양한 환경에 존재하기 쉬운 특성을 지니고 있다. 또한 이들 주요 진균 속에 속하는 종들은 인체에도 유해한 것으로 보고되었다 (Latgé, 1999; Gordon *et al.*, 2012; Pitt, 1994; Chouaki *et al.*, 2002).

톱밥 재배는 환경이 가능한 재배사내에서 주로 이루어지고 있는데 균상에 버섯배지를 담은 봉지를 올려서 재배

J. Mushrooms 2016 December, 14(4):168-173
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2016.14.4.168>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

*Corresponding author

E-mail : piceae@dankook.ac.kr

Tel : +82-41-550-3454, Fax : +82-41-523-3454

Received October 24, 2016

Revised November 10, 2016

Accepted November 10, 2016

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하는 봉지 재배가 국내에서 많이 이루어지고 있다. 최근 국내의 표고 재배사내 진균 조사에 따르면 버섯재배에 피해를 주는 *Trichoderma* 속이 많이 존재하였으며 뿐만 아니라 국내에 보고되지 않았던 미기록 진균도 존재하였다 (Kwon *et al.*, 2015; Ahn *et al.*, 2016). 이러한 사실은 아직 우리나라 버섯 재배사내 환경에 얼마나 다양한 진균이 존재하는지 자료가 부족한 바 지속적인 모니터링을 통해서 정보를 얻어야 할 실정임을 나타내주고 있다. 특히 국내에서 오랜 시일에 걸쳐 육종된 품종에 대해서 현장 실증 시험을 하는 경우 진균의 오염에 의한 피해를 예방하기 위해서 시험재배가 이루어지는 재배사의 환경에 대한 진균 정보 자료를 수집하는 것은 매우 중요하다. 현장 실증 시험은 수년에 걸쳐 이루어지기 때문에 표고 재배시 발생할 수 있는 재배사내 환경 특히 공기에 부유하는 진균 포자에 대하여 지속적인 모니터링이 요구된다.

본 논문에서는 현장 실증 시험을 수행하고 있는 표고 농가의 재배사에 대해 재배사 관리와 위생 조치에 필요한 정보를 얻을 목적으로 수행한 재배사 실내공기에 존재하는 진균 모니터링 연구 과정에서 분리한 진균 중 중에서 기존에 국내에 알려지지 않은 미기록 종이 검출된 바 이들 균에 대한 균학적 정보를 제공하고 버섯재배사 위생과 관련하여 고찰하고자 한다.

재료 및 방법

부유 진균 채집 및 순수분리

재배사내의 부유진균은 2013년 3월, 12월에 전라남도 장흥, 2014년 6월, 7월, 11월에 충청남도 청양에 위치한 표고 농장들의 실내공기를 포집 한 후 분리하였다. 공기 채취는 ISO 16000-18에 기반한 충돌법에 따라 Andersen sampler (Single Stage Ambient Viable Sampler, Model 10-880; Tisch Environmental, Cleves, OH, USA)를 사용하여 28.3 L/min 유량으로 1분 간 포집 하였다 (Andersen, 1958). 공기 채집은 표고버섯 재배사의 가운데 지점에서 진행하였고 높이는 1.3 m 높이에서 수평을 맞추어 수행하였다 (Fig. 1). 배양배지로서는 세균 증식 억제를 위해 암피실린 (ampicillin)을 100 µg/mL 농도로 첨가한 malt-extract agar (Difco, Detroit, MI, USA)를 사용하였다. 실내 공기를 채집한 배지는 5일 동안 25°C 배양기에서 배양하였고, 자라난 진균은 단포자 분리를 통해 순수 분리하였다.

형태학적 및 분자생물학적 동정

순수 분리된 진균의 미세구조는 광학현미경 (Axioskop40; Carl Zeiss, Oberkochen, Germany)을 이용하여 관찰하였다. 또한 분자적 특징을 알아보기 위해 drilling 방법에 따라 genomic DNA를 추출하고 (Kim *et al.*, 1999), internal transcribed spacer 1 (ITS1) (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCG-

3') / ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') 과 NS1 (5'-GTAGTCATATGCTTGTCTC-3') / NS8 (5'-TCCGCAGTTACCTACGGA-3') (White *et al.*, 1990) 프라이머를 이용하여 ITS rDNA region과 18S rDNA sequence를 중합효소연쇄반응 (polymerase chain reaction, PCR) 증폭하였다. ITS region은 94°C에서 5분간 predenaturation 한 후, denaturation 94°C 30초, annealing 56°C 30초, elongation 72°C 30초 조건에서 총 30 cycle 진행하고 마지막으로 72°C에서 10분간 final extension하여 수행하였다. 18S rRNA gene은 94°C에서 5분간 predenaturation 한 후, denaturation 94°C 30초, annealing 58°C 30초, elongation 72°C 30초 조건에서 총 30 cycle 진행하고 마지막으로 72°C에서 10분간 final extension하여 수행하였다. PCR 증폭된 DNA 산물은 1% 아가로스겔에서 전기영동을 수행하여 확인한 후 High Pure PCR Product Purification Kit (Roche, Indianapolis, IN, USA)를 사용하여 정제하고 마크로젠사 (Seoul, Korea)에 의뢰하여 염기서열을 분석하였다.

분자계통학적 분석

분석된 염기서열은 분자동정을 위해 우선 진균의 바코드로 사용되는 ITS region 염기서열을 미국 National Center for Biotechnology Information (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>)의 웹에 있는 BLAST 프로그램을 사용하여 DNA 데이터베이스에 등록되어 있는 진균들의 ITS와 상동성을 비교하였다. 계통분석을 위해서는 분리 균주와 관련된 taxon 염기서열을 NCBI의 GenBank에서 다운받았고 MEGA 6 프로그램 (Tamura *et al.*, 2011)을 이용하여 염기서열의 유사도 및 phylogenetic analysis를 수행하였다. 계통도는 neighbor-joining 방법 (Saitou and Nei, 1987)으로 분석하였고 계통도 가지의 clade 신뢰도는 1,000번의 bootstrap resampling을 수행하여 평가하였다.

결과 및 고찰

형태적 특징 관찰

공기로부터 분리된 진균은 배지의 균총을 형태적으로 구분하였을 때 4개 그룹으로 나누어졌다. 이에 따라 이들 그룹의 대표적 균주인 DK10-5, DK10-6, DK10-9, DK10-10 등을 대상으로 비교 분석하였다. PDA에 7일간 배양 후 균총의 형태를 관찰하였을 때, DK10-5 균주는 짙은 회색의 균사가 부유하여 일정하게 Zonate를 형성하며 균일하게 자라나는 모양을 나타냈고 (Fig. 1A-1), DK10-6 균주는 아이보리 균사의 끝이 툭니모양으로 불규칙하게 자랐다 (Fig. 1B-1). DK10-9 균주는 녹색 또는 연한 갈색의 균사가 빠르게 성장하였다 (Fig. 1C-1). DK10-10 균주의 균사색은 아이보리이며 중앙에 둥처럼 부풀어 있으며 전체적으로 숨이 퍼져있는 형태로 자랐다 (Fig. 1D-1).

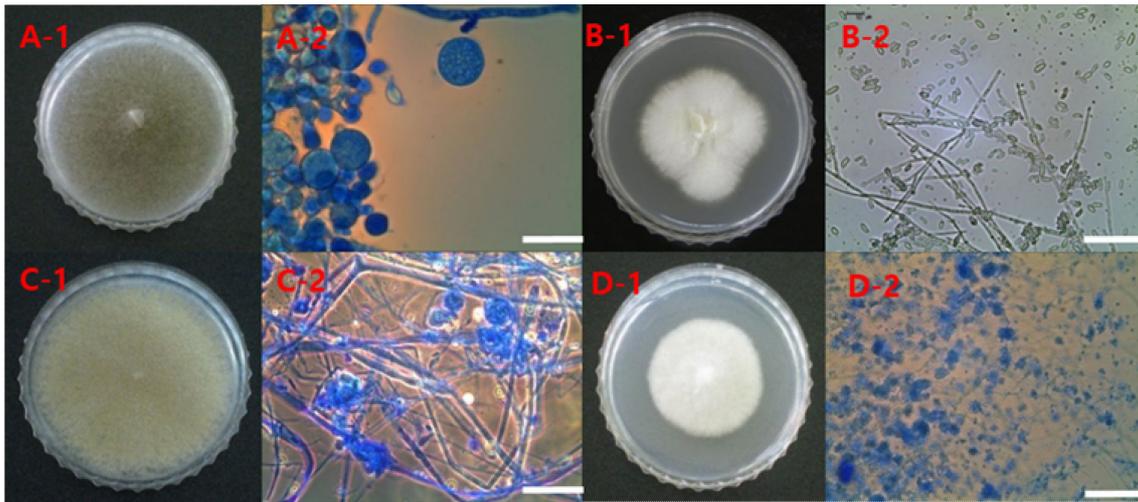


Fig. 1. Colony morphology on PDA plate and light microscopic images of conidia and mycelia of the five fungal species isolated from indoor air of cultivation houses for shiitake field test. (A-1, 2) DK10-5, (B-1, B-2) DK10-6, (C-1, C-2) DK10-9, (D-1, D-2) DK10-10. Scale bars: 10 μ m.

Table 1. Molecular identification of the fungal isolates obtained in this study using ITS rDNA or 18S rDNA region sequences

Isolates/ NIBR No.	Nucleotide sequence	Size (bp)	GenBank accession No.	The closest taxa in GenBank	Identity(%)
DK10-5 FGC000146301	ITS rDNA	522	KX775956	<i>Mortierella parvispora</i>	100
DK10-6 FGC000146296	ITS rDNA	520	KX775957	<i>Doratomyces purpureofuscus</i>	100
DK10-9 FGC000146527	ITS rDNA	527	KX775960	<i>Periconia byssoides</i>	100
DK10-10 FGC000146256	18S rDNA	574	KX775955	<i>Periconia pseudobyssoides</i>	100

광학현미경으로 관찰 하였을 때 DK10-5 균주는 균사 끝이 발달한 포자낭경 정단에 중축 (columella) 없이 포자낭을 형성하고 포자낭 크기는 80 - 85 μ m 크기의 구형 이었다 (Fig. 1A-2), DK10-6 균주는 3 - 5.5 \times 3 - 4 μ m 크기의 근봉모양의 포자를 가지고 있었다 (Fig. 1B-2). DK10-9 균주는 구형의 45 - 55 μ m 크기의 분생포자를 가지고 있었다 (Fig. 1C-2). 잘 발달되거나 발달되지 않은 투명 또는 연한 갈색의 분생자경 정단에 포자가 형성되었다. DK10-10 균주는 균사에 25 - 40 μ m 크기의 구형의 포자를 가지고 있었다 (Fig. 1D-2).

분자생물학적 동정 및 계통분석학적 동정

DNA barcode 로서 rDNA 염기서열을 종 동정을 수행하는 추세에 따라 분리한 균주들의 ITS 염기서열에 기반하여 분자생물학적 방법으로 동정한 결과 DK10-5 균주는 *Mortierella parvispora*와 100%, DK10-6 균주는 *Doratomyces purpureofuscus*와 100%, DK10-9 균주는 *Periconia byssoides*와 100%, DK10-10 균주는 *P. pseudobyssoides* 와 100%의 상동성을 각각 보였다

(Table 1). 계통학적으로 분석한 결과 분리된 균주들은 각각의 균주들이 동정된 종들과 같은 그룹을 형성하였다. 그리하여 형태적 (Fig. 1), 분자생물학적 분석 결과 (Table 1, Fig. 2)를 바탕으로 DK10-5는 *Mortierella parvispora* (Linnemann, 1941), DK10-6는 *Doratomyces purpureofuscus* (Morton and Smith, 1963), DK10-9는 *Periconia byssoides* (Bunning and Griffiths, 1984), DK10-10은 *P. pseudobyssoides* (Markovskaja and Kačergius, 2014) 로 각각 동정하였다 (Fig. 2). 이들 동정된 균은 국내에 조사 기록이 없는 바 미기록 종으로 판정하였다. 동정된 균주의 생체시료는 국립생물자원관에 기탁하여 DK10-5는 NIBRFGC000146301, DK10-6는 NIBRFGC000146296, DK10-9는 NIBRFGC000146527, DK10-10은 NIBRFGC000146256으로 기탁번호를 각각 부여 받았으며, DUCC5063 은 올해 기탁할 예정이다. 이들 균주의 분석된 ITS rDNA region 염기서열은 NCBI 의 GenBank DNA database에 등록하였고 등록번호는 KX775956 - KX775958 이며 Table 1에 제시하였다.

토양서식균이며 낙엽이나 유기물 등을 분해하며 서식하

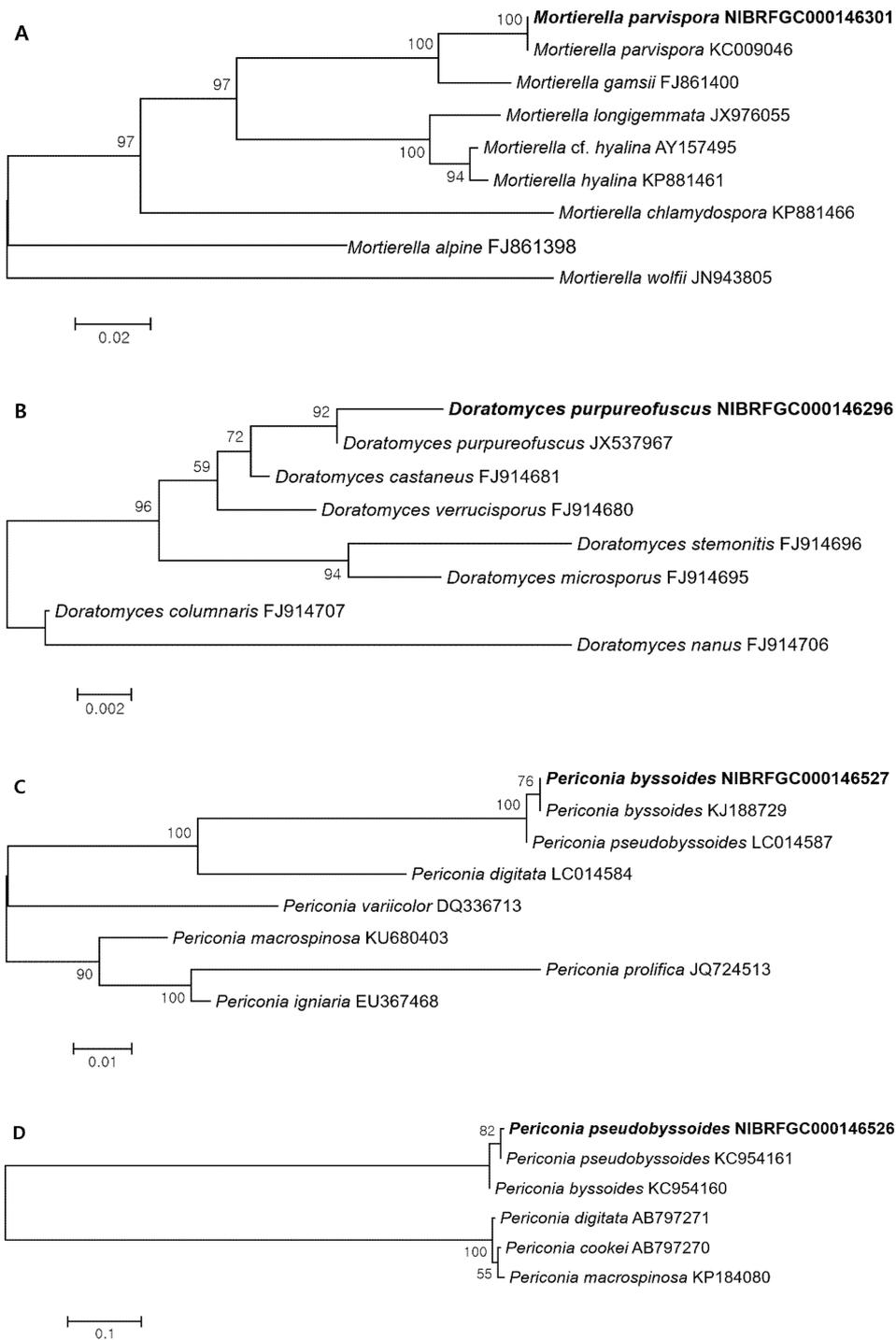


Fig. 2. Phylogenetic relationships of *Mortierella parvispora* NIBRFGC000146301 (A), *Doratomyces purpureofuscus* NIBRFGC000146296 (B), *Periconia byssoides* NIBRFGC000146527 (C) and *Periconia pseudobyssoides* NIBRFGC000146256 (D) inferred by the neighbor joining analysis based on ITS rDNA region sequence data. Bootstrap value is given above/below the node. The Korean isolates were in bold.

는 *Mortierella* 균류는 아라키도산이라는 고도의 불포화 지방산을 생산하는 것으로 알려져 있는데 아라키도산은 대부분의 포유동물들이 필요로 하는 지방산으로서 세포의 막을 구성하는 역할을 한다 (Higashiyama *et al.*, 2002).

M. hygrophila 는 식물병원균으로부터 식물을 보호하는 역할을 한다고 2002년 Eroshin에 의해 보고되었다. *Mortierella* 균류는 대부분 사람에게 무해하나 *M. wolfii* 만 유일하게 인체에 병을 일으키는 종으로 알려졌다

(Ribes *et al*, 2000). *M. bainieri*는 양송이 버섯에서 White mould를 일으키는 병원균으로 알려져 있다 (Fletcher *et al.*, 1994). 본 연구에서 분리된 *M. parvispora*는 세포벽에 다른 종과 달리 다른 미생물에 의해 세포벽이 잘 분해되지 않게 푸코즈 (fucose)를 가지고 있는 특징이 있어서 토양에서 오래 생존 할 수 있는 균으로 보고되어 있다 (Pengra *et al*, 1969). 다행히 아직 표고에 직접적인 피해를 준다는 보고는 없지만 유기물이 있는 곳에서 매우 빨리 자라고 다량의 포자를 생산하기 때문에 배지를 오염시킬 가능성이 있으므로 위생적으로 주의할 필요가 있다고 사료된다. 특히 토양에 오래 생존하므로 재배사 바닥이 토양이 아닌 자갈이나 시멘트로 구성되면 이 균에 의한 오염 가능성은 줄어들 것으로 사료된다.

Doratomyces 속의 한 종인 *D. microsporus*의 경우에는 단백질이 포함된 배지에서 호기성배양을 통하여 세포외 케라티나아제를 생산한다 (Gradisar *et al*, 2000). 그리고 *D. microsporus*에서 생산된 세포외 케라티나아제는 proteinase K와 유사하다 (Gradisar *et al*, 2000). 이 균은 양송이 재배에서 문제가 되는 black whisker mold 로 알려져 있는데 *Aspergillus* 속처럼 검은 포자를 대량 생산하기에 버섯 재배자에게 알레르기를 일으킬 가능성이 높은 것으로 추정되고 있다. 양송이 재배지역에서 벧짚 등 퇴비에 많이 발생하며 위생이 불량하면 발생이 더 많은 것으로 알려져 있다 (Beyer, 2002). *D. purpureofuscus* 또한 버섯퇴비에서 발생함이 보고 되었다 (Morton and Smith, 1963; Fagan and Fergus, 1984). 따라서 표고 재배사 주변의 벧짚이나 건초 등 농업부산물 관리에 위생적으로 유의할 필요가 있다고 보여진다.

P. byssoides 균은 고추를 비롯 다양한 식물의 잎에 반점병을 일으키는 것으로 알려졌다 (Chigoziri and Ekefan, 2013; Peregrine and Ahmad, 1982). 그리고 이 균은 우리나라 환경부에서 2013년 지정한 유해 외래생물 중 중에서 독성이 있어 위해 우려중으로 지정한 식물 중의 하나인 서양어수리 (*Heracleum sosnowskyi*)의 감염된 줄기에서 분리된 또 다른 국내 미기록종 *P. pseudobyssoides* 와 유사한 균류이다 (Markovskaja and Kačergius, 2014). *Periconia* 속에 속하는 형태적으로 *P. byssoides* 와 매우 유사한 종으로는 노란별영경귀 (*Centaurea solstitialis*) 잎에 반점을 일으키는 *P. igniaria* 이 보고되었다 (Kolomiets *et al*, 2008). 흥미롭게도 연체동물인 군소에서 분리된 *Periconia byssoides* 에서는 항암물질로서 Pericosines A-E 1-5이 존재함이 알려졌다 (Wu *et al*, 2013).

본 연구조사가 이루어진 4개 진균은 모두 버섯재배사내 실내공기에서 분리된 균으로 공기중에 부유하기 쉬운 특성을 지니고 있다. 조사된 청양과 장흥 지역 표고 재배사 주변에는 야산이거나 논 등이 형성되어 있는 경작지에서 초본과 식물의 식물병원균들이 서식 존재할 수 있는 환경인바 본 논문에서 밝혀진 식물병원균들은 재배사 밖

에서 실내로 유입되었을 것으로 사료된다. 다행히 표고버섯에 직접적인 피해를 주는 균으로 알려진 균은 없었지만 본 연구를 통해 재배사내 공기 중에 그 동안 국내에서 알려지지 않은 진균이 부유하고 있었음을 볼 수 있었다. 특히 부생성이 강하고 다량의 포자를 생산하는 균류는 재배사내 유기물 많고 습도가 높을 때 버섯재배 환경에 오염도를 높일 가능성이 크고 이에 따라 배지오염을 비롯하여 재배자의 호흡기에 알레르기를 유발시킬 수 있다. 따라서 재배사 환기와 주변의 유기물 관리를 통해서 위생적 재배 환경을 만들어 가는 것이 본 연구에서 밝혀진 균류에 의한 잠정적 피해를 예방 할 수 있을 것으로 사료된다.

적 요

청양과 장흥에 소재한 버섯 재배사에서 새로 육종된 표고 품종의 현장 실증검증 도중 문제를 일으킬 수 있는 잠재적 진균을 파악하고자 재배사내 공기 모니터링을 수행하여 오던 중 국내에 기록이 없는 *Mortierella parvispora*, *Doratomyces purpureofuscus*, *Periconia byssoides*, *Periconia pseudobyssoides* 등 네 종의 진균을 분리하여 동정하였다. 이중 두 종은 식물병원균으로 알려진 종이었고 다른 두 종은 부생성 균으로 다량의 포자를 생산하고 버섯재배 환경에서 오염균으로 작용할 가능성이 있는 균이었다. 본 연구에서는 이들 동정된 진균에 대한 형태적 특성, internal transcribed spacer (ITS) 와 18S rDNA region 염기서열 분석에 기반한 계통학적 관계, 그리고 알려진 정보 등에 대하여 보고하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 “환경부 국립생물자원관”과 농림축산식품부, 해양수산부, 농천진흥청, 산림청 Golden Seed 프로젝트 사업(원예종자사업단, 과제번호: 213003-04-2-WTH22)에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

- Ahn GR, Kwon HW, Ko HK, Kim SH. 2015. Unrecorded fungal species isolated from greenhouses used for shiitake cultivation in Korea. *Kor J Mycol*. 44(1):8-15. (in Korean)
- Andersen AA. 1958. New sampler for the collection, sizing and enumeration of viable airborne particles. *J Bacteriol*. 76:471-484.
- Beyer DM, 2002. Weed and Indicator Moulds. Chapter in Mushroom integrated pest management handbook. Pennsylvania State University.
- Bunning SE, Griffiths DA. 1984. Spore development in species of *Periconia* II. *P. byssoides* and *P. igniaria*. *Trans Br Mycol Soc*. 82: 397-404.
- Chouaki T, Lavarde V, Lachaud L, Raccour CP, Hennequi C. 2002.

- Invasive infections due to *Trichoderma* species: report of 2 cases, findings of *in vitro* susceptibility testing, and review of the literature. *Clin Infect Dis*. 35:1360-1367.
- Chigoziri E, Ekefan EJ. 2013. Seed borne fungi of Chilli Pepper (*Capsicum frutescens*) from pepper producing areas of Benue State, Nigeria. *Agric Biol J N Am*. 4:370-374.
- Eroshin VK, Dedyukhina EG. 2002. Effect of lipids from *Mortierella hygrophila* on plant resistance to phytopathogens. *World J Microbiol Biotechnol*. 18:165-167.
- Fagan SM, Fergus C. 1984. Extracellular enzymes of some additional fungi associated with mushroom culture. *Mycopathologia* 87:67-70.
- Fletcher JT, White PF, Gaze RH, 1994. Mushrooms: Pest & Disease Control, 2nd edition. Intercept: Andover.
- Gradisar H, Kern S, Friedrich J. 2000. Keratinase of *Doratomyces microspores*. *Appl Microbiol Biotechnol*. 53:196-200.
- Higashiyama K, Fujikawa S, Park YE, Shimizu S. 2002. Production of arachidonic acid by *Mortierella* fungi. *Biotechnol Bioprocess Eng*. 7:252-262.
- Jung EB, Jo JH, Cho SM. 2008. Nutritional component and anticancer of various extracts from Haesongi mushroom (*Hypsizigus marmoreus*). *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 37:1395-1400.
- Kang MY, Kim S, Yun HJ, Nam SH. 2004. Antioxidative activity of the extracts from browned oak mushroom (*Lentinus edodes*) with unmarketable quality. *Korean J Food Sci Technol*. 36: 648-654.
- Kim CS, Park MS, Kim SC, Maekawa N, Yu SH. 2012. Identification of *Trichoderma*, a competitor of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*), and competition between *Lentinula edodes* and *Trichoderma* species in Korea. *Plant Pathol J*. 28:137-148.
- Kim SH, Uzunovic A, Breuil C. 1999. Rapid detection of *Ophiostoma piceae* and *O. quercus* in stained wood by PCR. *Appl Environ Microbiol*. 65:287-290.
- Kolomiets T, Pankratova L, Mukhina Z, Kassanelly D, Matveeva T, Bogomaz D, Berner D. 2008. First report of leaf spot caused by *Periconia igniaria* on yellow sarthistle in Russia. *Plant Dis*. 92:983.
- Kwon HW, Yun YH, Kim JY, Kim SH, Ko HK. 2015. New records of fungi isolated from indoor air of greenhouse used for shiitake cultivation in Korea. *Kor J Mycol*. 43(1):58-63. (in Korean)
- Latgé JP. 1999. *Aspergillus fumigatus* and Aspergillosis. *Clin Microbiol Rev*. 12(2):310-350.
- Lee MR, Oh DS, Wee AJ, Yun BS, Jang SA, Sung CK. 2014. Anti-obesity effects of *Lentinus edodes* on obese mice induced by high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 43:194-199.
- Liao YM. 1993. Microorganisms contaminated in the process of cultivation and their effect on the production of shiitake. *J Agric Res China*. 42:187-199.
- Markovskaja S, Kačergius A. 2014. Morphological and molecular characterisation of *Periconia pseudobyssoides* sp. nov. and closely related *P. byssoides*. *Mycol Progress* 13:291.
- Morton FJ, Smith G. 1963. The genera *Scopulariopsis* Bainier, *Microascus* Zukal and *Doratomyces* Corda. *Mycological Papers* 86:1-96.
- Nanba H, Mori K, Toyomasu T, Kuroda H. 1987. Antitumor action of shiitake (*Lentinus edodes*) fruit bodies orally administered to mice. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*. 35:2453-2458.
- Pengra RM, Cole MA, Alexander M. 1969. Cell walls and lysis of *Mortierella parvispora* hyphae. *J Bacteriol*. 97:1056-1061.
- Peregrine WTH, Ahmad KB. 1982. Brunei: A first annotated list of plant diseases and associated organisms. *Phytopathological Papers* 27:1-87.
- Pitt JI. 1994. The current role of *Aspergillus* and *Penicillium* in human and animal health. *J Med Vet Mycol*. 32:17-32.
- Ribes JA, Vanover-Sams CL, Baker DJ. 2000. Zygomycetes in human disease. *Clin Microbiol Rev*. 13:236-301.
- Seo SY, Ahn M., Choi SR, Song EJ, Choi MK, Kim YS. 2011. Analysis of nutritional compositions and biological activity of *Agrocybe aegerita*. *J Mushroom Sci Prod*. 9:116-122.
- Togashi I, Itoh K, Gisusi S, Harada A. 1997. Distribution of airborne fungi in fruiting houses for the sawdust-based cultivation of *Lentinus edodes*. *J Hokkaido For Prod Res Inst*. 11:1-4.
- Um S, Jin G, Park KW, Yu Y, Park KM. 2010. Physiological activity and nutritional composition of *Pleurotus* species. *Korean J Food Sci Technol*. 42:90-96.
- Wu Q, Li Y, Li Y, Gao S, Wang M, Zhang T, Chen J. 2013. Identification of a novel fungus, *Leptosphaerulina chartarum* SJTU59 and characterization of its xylanolytic enzymes. *PLoS One*. 8:e73729.