

표고골목을 가해하는 주홍꼬리버섯의 완전세대 변화 및 2차 오염 해균상

박원철* · 이봉훈 · 김세권¹

임업연구원 화학미생물과, ¹(주)덕승기업

Changes of Teleomorph of *Diatrype stigma* Damaging Bed-log of Shiitake and Secondary Harmful Fungi

Won-Chull Bak*, Bong-Hun Lee and Se-Kwon Kim¹

Division of Wood Chemistry and Microbiology, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

¹Dukseung Bio Co. Ltd., Yangpyung 476-911, Korea

(Received July 23, 2003)

ABSTRACT: Studies were conducted to investigate the changes of teleomorph of *Diatrype stigma* on bed-log of shiitake (*Lentinula edodes*) and appearance of secondary harmful fungi from December 1999 to August 2001. The color of stroma was changed from red brown to dark brown after 12 months. The size of ostioles became smaller and the number of ostioles decreased as time passed. Most of the ostioles disappeared after 20 months from teleomorph formation. Perithecia and ascospores were gradually disappeared, and perithecia containing ascospores were observed at 10% of bed-logs tested after 20 months. Concerning the secondary harmful fungi infecting the bed-log of shiitake after teleomorph of *D. stigma*, *Hypoxyylon truncatum* (Anamorph : *Nodulisporium* sp.), *Schizophyllum commune* and *Trichoderma* spp. were observed on stroma of *D. stigma*. *Penicillium* sp. occurred on spore-horn of *Libertella* sp. (Anamorph of *D. stigma*). Besides, *Hypoxyylon howeianum* and some species of Myxomycetes were observed. Also, *Libertella* sp. appeared again at some bed-logs.

KEYWORDS: *Diatrype stigma*, Secondary harmful fungi, Shiitake (*Lentinula edodes*), Teleomorph

표고의 해균인 주홍꼬리버섯(*Diatrype stigma*)이 최근 국내의 표고버섯(*Lentinula edodes*) 원목재배에 심한 피해를 주고 있다. 본 해균에 의해서 1997년 충남 유구지역 및 1999년 충북 영동지역에 대규모 피해가 발생하여 많은 관심을 갖게 되었다. 주홍꼬리버섯에 대한 국내 연구는 박 등(2000)에 의한 완전세대와 불완전세대 관찰이 처음이다. 또한, 외국의 경우 주홍꼬리버섯에 대한 여러 보고가 있으며(Breitenbach and Kranzlin, 1984; Glawe and Jacobs, 1987; Glawe and Rogers, 1981; 1984; Hinds, 1981), 우리나라보다 일찍 주홍꼬리버섯에 대한 관심을 가졌던 일본에서는 1970년대부터 표고재배시 피해를 주는 것을 보고하였으나(角田 등, 1983; 谷口 등, 1991), 아직 완전세대와 불완전세대의 성숙, 비산, 발아 및 균사의 생장 등 여러가지 생리·생태적 특성들에 대한 연구가 미흡한 실정이다(古川와 野淵, 1996).

주홍꼬리버섯의 완전세대는 발생초기에 자좌의 색깔이 적갈색을 띠기 때문에 이 시기에는 그 존재 유무를 육안으로 확인할 수 있지만 시간이 경과됨에 따라 자좌의 색깔이 변하고 현미경으로 관찰했을 때 공구는 관찰되는데

포자는 없어서 수피이탈의 원인이 주홍꼬리버섯에 있는지, 아니면 이중겹질버섯(*Graphostroma platystoma*)과 같은 다른 균에 의해 부패된 것인지 확인할 수가 없어 진단에 어려움이 발생한다. 더불어 자좌의 표면변화와 함께 진행되는 포자의 방출과 방출시기의 확인은 표고골목의 관리와 방제에 있어서 그 중요성이 크다고 할 수 있다.

또한, 주홍꼬리버섯의 포자퇴와 자좌가 이미 형성되어 있는 부위나 바로 옆에 새롭게 발생하는 해균들이 많기 때문에 주홍꼬리버섯의 침입에 따른 2차 해균의 종류를 파악하는 것이 해균방제를 위해 필요하다고 생각된다.

따라서 본 연구는 주홍꼬리버섯의 완전세대 형성 이후 변화되는 과정에 있어서, 자좌 표면의 색 변화, 공구의 변화, 자낭각의 변화, 자낭포자의 유무 등을 관찰하고 주홍꼬리버섯이 가해하고 있는 상태의 표고골목에 새롭게 형성되는 다른 해균들을 조사하였다.

재료 및 방법

공시 표고골목

경기도 화성시에 소재하고 있는 표고 원목하우스재배지에서 1999년 3월말에 고온성 표고종균인 465균을 접종한

*Corresponding author <E-mail: wcbak@foa.go.kr>

골목중 주홍꼬리버섯에 감염되어 완전세대가 형성된 직경 10 cm 내외의 골목 16본을 선정한 후 그해 12월부터 2001년 8월까지 각각의 골목에서 주홍꼬리버섯의 자좌 일부를 떼어내어 완전세대의 변화과정을 관찰하였다.

자좌의 색관찰

1999년 12월부터 2000년 12월까지 수집한 주홍꼬리버섯 자좌 표면의 색변화를 확인하기 위해 해부현미경을 이용하여 자좌의 표면색을 3개월 간격으로 관찰하였으며, 2001년 8월에 최종적으로 관찰하였다.

자낭각 및 자낭포자 관찰

주홍꼬리버섯 자낭각이 변화되는 모양과 자낭포자의 유무를 확인하기 위해, 수집한 주홍꼬리버섯의 자좌를 1 cm 크기로 면도칼 또는 동결절편기(Freezing Microtome, Leica CM 1900)를 사용하여 얇게 절단한 후 해부현미경 및 광학현미경으로 관찰하였다.

피해골목에 발생하는 2차 해균 조사

16본의 표고골목에 형성된 주홍꼬리버섯 포자퇴 및 자좌 위에 발생하는 2차 해균의 균총 및 자실체를 수집해 해부현미경과 광학현미경으로 관찰하고 관련 문헌(萩原 등, 1997; Barnett and Hunter, 1998; Breitenbach and Kranzlin, 1984; Deighton, 1985; Dennis, 1981; Greenhalgh and Chesters, 1968; Kubicek and Harman, 1998; Sutton, 1980)과 비교하여 동정하였다.

결과 및 고찰

자좌의 색변화

자좌의 표면의 색깔을 관찰한 결과(Fig. 1), 주홍꼬리버섯 완전세대 발생초기에 형성되는 자좌의 색은 적갈색을 나타내고 시간이 지남에 따라 점차 흑갈색으로 변화였다. 시간이 경과할수록 자좌의 색깔이 변하기는 하지만 자좌의 색깔 변화와 자낭각의 변화와는 큰 관계가 없는 것으로 생

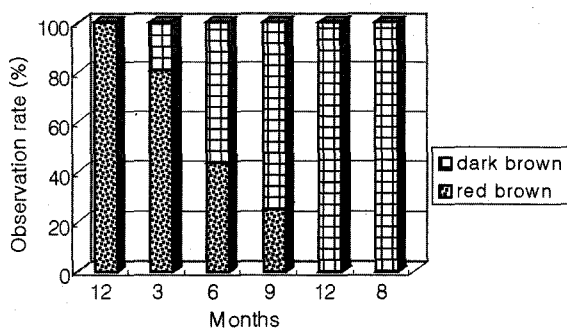


Fig. 1. Changes of colors of stromata of *Diatrype stigma* affecting bed-log of shiitake according to the elapse of time during 1999 and 2001.

각된다. 또한, 흑갈색으로 변한 자좌가 이중껍질버섯과 다른 점은 자좌 표면이 푸석푸석하고 광택이 없다는 점이다.

자낭각 및 자낭포자 변화

병모양의 자낭각과 많은 자낭포자를 포함한 자좌에서 발견되는 공구의 크기와 갯수에 따라 group 1에서 group 5까지 구분하였다. 대체로 크기가 약 80~100 μm 정도이고 갯수가 1 mm² 면적에 40개 이상 되는 것이 group 1인데, 완전세대 형성 초기인 1999년 12월에는 전체 시험골목의 60% 이상이 여기에 속한다. group 2와 group 3의 자좌에 있는 자낭각도 포자를 가지기는 하지만 2000년 3월에 접어들면서 group 1의 자좌는 급격히 감소하여 2000년 12월에는 10% 정도만 관찰되었다(Fig. 2).

자낭각의 형태에 따라 shape 1에서 shape 3까지 나누었

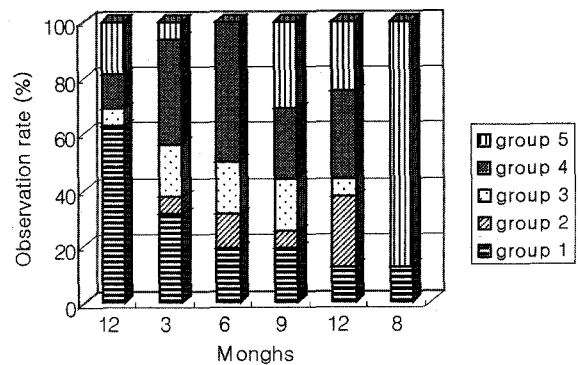


Fig. 2. Changes of size and number of ostioles of *Diatrype stigma* affecting bed-log of shiitake according to the elapse of time during 1999 and 2001. Group 1 : size = 80~100 μm and number/mm² > 40. Group 2 : size < 80 μm and number/mm² > 40. Group 3 : size = 80~100 μm and number/mm² < 40. Group 4 : size < 80 μm and number/mm² < 40. Group 5 : ostioles not observed.

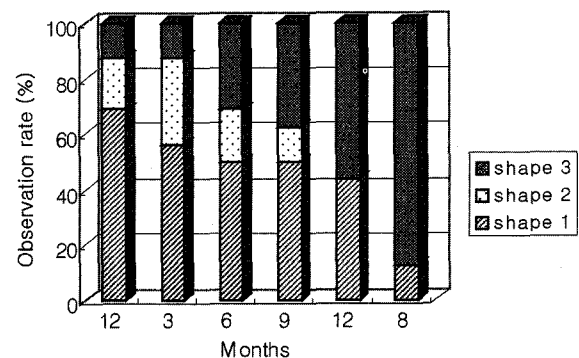


Fig. 3. Changes of shapes of perithecia of *Diatrype stigma* affecting bed-log of shiitake according to the elapse of time during 1999 and 2001. Shape 1 : perithecia of bottle shape contained ascospores, Shape 2 : perithecia of small gourd shape without asci or ascospores, Shape 3 : perithecia not observed.

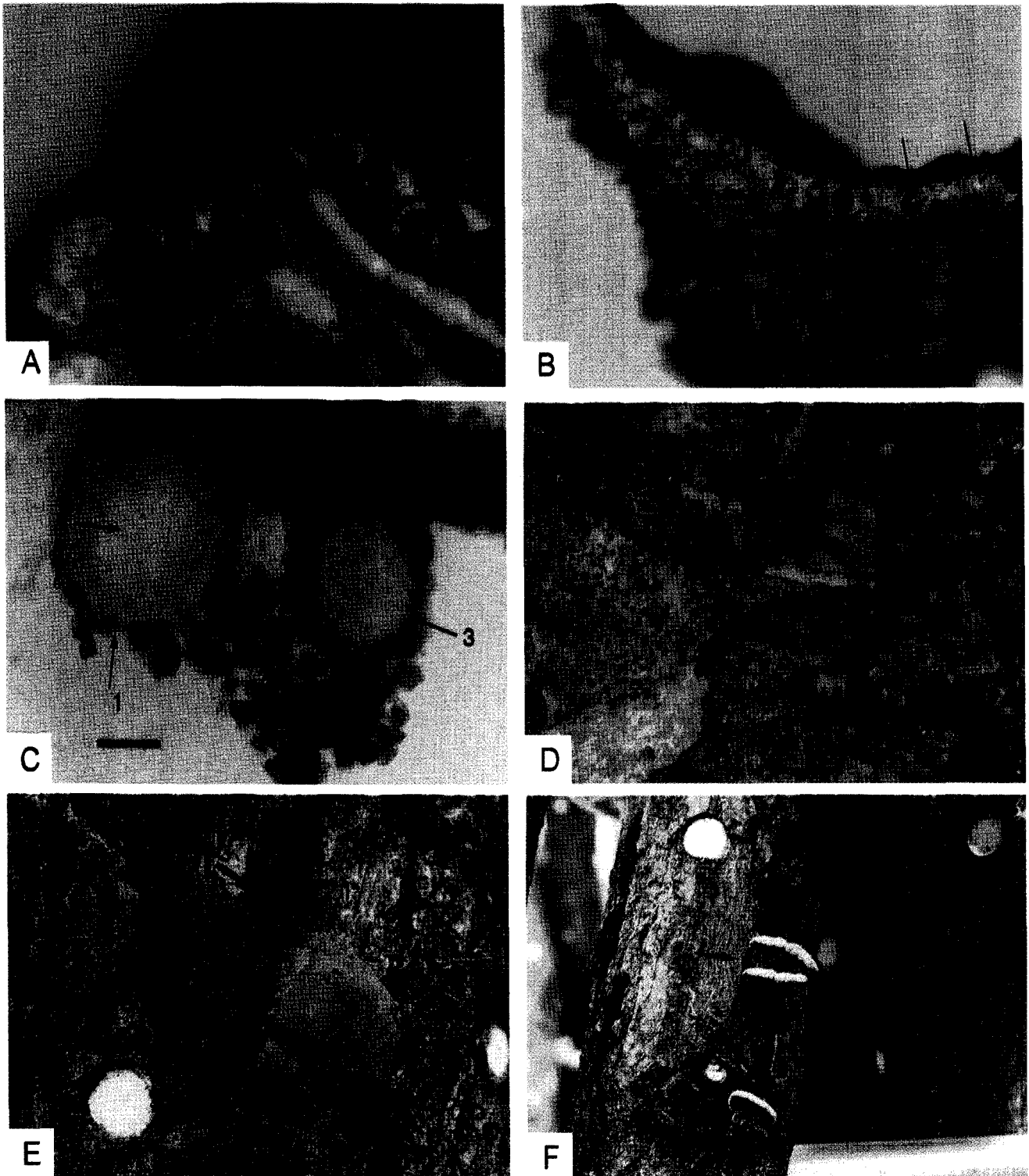


Fig. 4. Micrographs of perithecia and stromata of *Diatrype stigma* and observation of harmful fungi attached on bed-log of shiitake infected by *Diatrype stigma*. A : Cutting face of perithecia of *Diatrype stigma* contained many ascospores, B : Cutting face of perithecia of *Diatrype stigma* contained few ascospores, Arrows : almost disappeared perithecia. C : Perithecia of *Diatrype stigma*, whose asci or ascospores are disappeared (Arrow 1 : perithecia including asci without ascospores, Arrow 2 : ascus, Arrow 3 : perithecia without asci and ascospores). Scale bar: 50 μm . D : Destroyed stroma (arrows) of *Diatrype stigma*, Larvae of insects are doubted to destroy it. E : Basidiocarps of *Schizophyllum commune* attached on stroma of *Diatrype stigma*, F : Perithecia of *Hypoxylon truncatum* and colony of *Nodulisporium* sp. (imperfect stage of *Hypoxylon truncatum*) attached to stroma of *Diatrype stigma* (Arrow 1 : colony of *Nodulisporium* sp. Arrow 2 : Perithecia of *Hypoxylon truncatum*, Arrow 3 : stroma of *Diatrype stigma*).

다. 완전세대 형성초기에는 자낭포자를 가지고 있으면서 병처럼 생긴 shape 1의 자낭각이 70% 정도 발견되었는데, 2000년 6월에는 전체 실험골목의 50% 정도로 줄어들고 2001년 8월에는 shape 1에서 10% 정도만 자낭각을 가지고 있었다(Fig. 3). 포자를 가지고 있는 shape 1의 자낭각과 group 1, 2, 3의 자좌들이 비슷한 비율로 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

따라서 시간이 경과함에 따라 외부에 다른 해균의 침입이나 특별한 흔적이 없음에도 불구하고 포자가 많은 자낭각들(Fig. 4A)이 공구의 크기가 작아지고 개수가 줄어드는 상태가 되거나, 포자가 발견되지 않는 자낭각이 늘어나는 현상(Fig. 4B, C) 등을 보이는 것은 버섯발생을 위한 도목살수작업 등에 의해 포자의 방출이 일어난 이후의 과정이라고 여겨진다. 또한, Fig. 3에서 주홍꼬리버섯의 완전세대가 형성된 후 6개월 정도면 포자의 20% 정도가 사라지고 완전세대 형성 후 1년 8개월 정도 되면 포자의 60% 정도가 사라지는 것을 확인할 수 있는데, 이들 중 대부분이 포자의 방출 때문인 것으로 생각된다.

한편, 대기온도가 올라가는 시기에는 곤충의 유충 등에

의해 사라진 것으로 의심되는 주홍꼬리버섯 자좌의 일부도 발견되었다(Fig. 4D).

주홍꼬리버섯 감염 골목에 발생하는 2차 해균상

표고골목에 형성된 주홍꼬리버섯 포자퇴와 자좌 위에 발생하는 해균 및 표고골목의 수피에 발생하는 오염균을 조사한 결과, Fig. 5에서 보는 바와 같이 크게 8가지 해균으로 동정되었다.

*Hypoxylon howeianum*은 표고중균 집중 2년째 중반인 2000년 8월에 접어들면서 확인되기 시작하여 2개월 뒤인 10월에는 전체 골목의 50% 이상에서 발견될 정도로 급진적인 발생 양상을 보였으며(Fig. 5A), 대부분 표고버섯 발생작업시 수피가 이탈한 부위나 골목의 마구리에 발생하였다.

건조한 조건과 직사일광 조건에서 많이 발생하는 검은혹버섯의 완전세대(*Hypoxylon truncatum*)는 실험골목 선정 당시 이미 일부 실험골목에 형성되어 있었고, 관찰되지 않았던 실험골목에서도 2000년 7월부터는 발생되기 시작해 4개월 뒤에는 30% 이상 추가로 형성되었다(Fig. 5B).

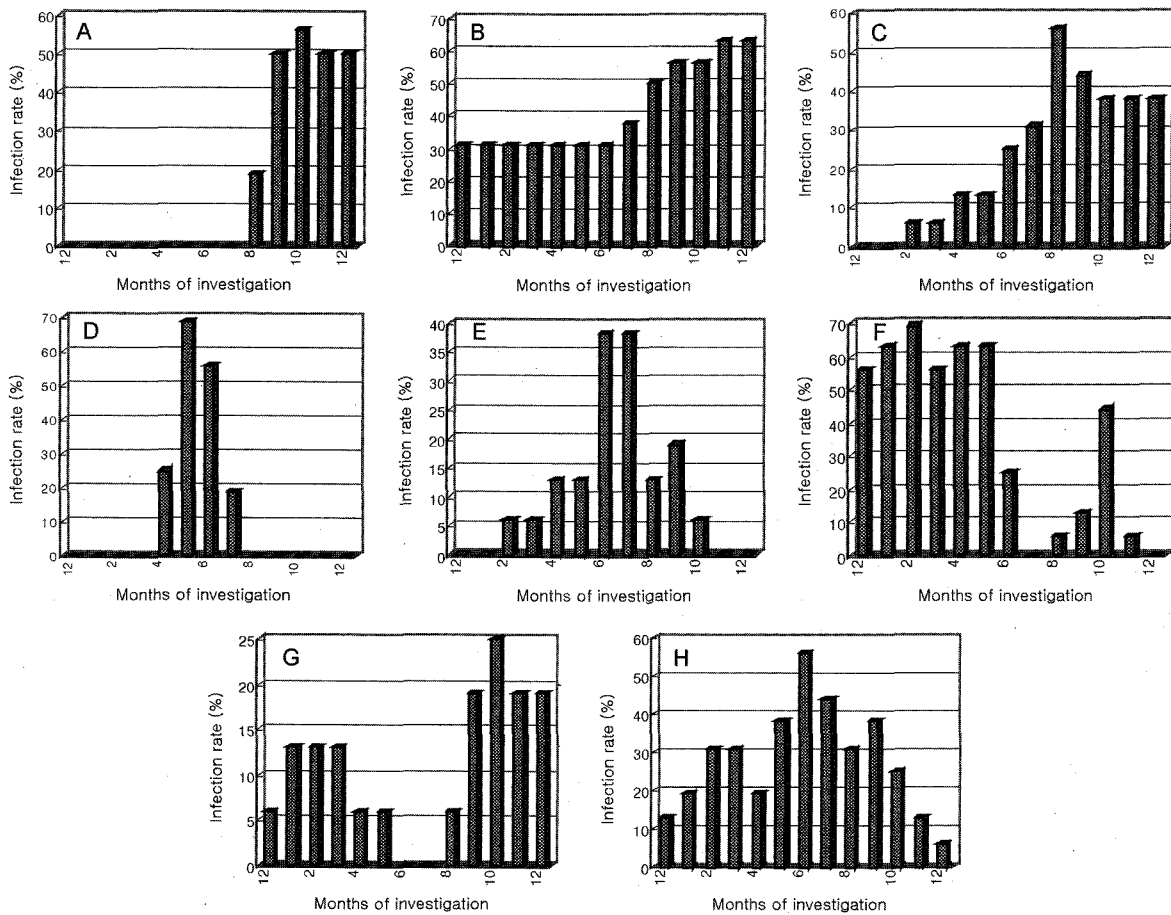


Fig. 5. Harmful fungi and Myxomycetes observed on bed-log of shiitake infected by *Diatrype stigma*. Investigation processed from 1999 to 2000. A : *Hypoxylon howeianum*, B : *Hypoxylon truncatum*, C : *Nodulisporium* sp., D : *Libertella* sp., E : Myxomycetes, F : *Penicillium* sp., G : *Schizophyllum commune*, H : *Trichoderma* sp.

검은혹버섯의 불완전세대(*Nodulisporium* sp.)는 2000년 2월에 처음 확인된 이후 당해 8월에는 전체골목의 50% 이상에서 발생되었으며(Fig. 5C), 완전세대 형성과 달리 같은 골목내에서도 확산 속도가 빠른 것으로 관찰되었다. 검은혹버섯의 불완전세대가 5월경부터 발생한다는 古川와 野淵(1996)의 보고와는 달리 2월부터 관찰되기 시작하는 것은 우리나라의 경우, 검은혹버섯이 발생을 유도하는 조건이 일본보다 약 3개월 정도 앞서 형성되는 것을 의미하며(Abe, 1989; 古川와 野淵, 1996), 완전세대와 불완전세대 모두 수피뿐만 아니라 주홍꼬리버섯 자좌 바로 위에서도 발생하는 것이 관찰되는 것으로 보아 2차해균으로서 확산이 가능할 것으로 생각된다(Fig. 4E).

주홍꼬리버섯의 불완전세대인 포자퇴가 완전세대 형성 이후에 다시 발생하는 것이 관찰되었다. 주홍꼬리버섯 포자퇴(불완전세대: *Libertella* sp.)는 종균집중 다음해 4월 말부터 다시 만들어지기 시작해서 1개월 후에 전체 실험골목의 70% 가까이 발생한 다음 8월이 되면 더 이상 새로 발생하는 포자퇴가 관찰되지 않는데(Fig. 5D), 어떤 것은 주홍꼬리버섯 자좌(완전세대: *Diatrype stigma*) 바로 옆 수피 위에 형성되기도 하였다. 주홍꼬리버섯 포자퇴가 4월경부터 관찰되기 시작하는 것은 표고 균이 골목 표면에 만연하는데 6개월 이상을 필요로 한다는 점(임업연구원, 2000; 주명철, 1996)과 우리나라의 3월 평균기온이 1~10°C, 4월 평균기온이 5~15°C로써(기상청, 2000) 표고균의 활력이 충분하지 않다는 점을 고려할 때 그리고 실내 배양 시, 상온에서는 465균이 주홍꼬리버섯 균을 덮으면서 성장하지만 15°C 이하에서는 465균과 주홍꼬리버섯 균이 서로 대치된 채로 계속 유지되는 특성을 고려해 볼 때(미발표) 상대적으로 주홍꼬리버섯에 의한 골목의 오염이 더 넓고 빠르게 진행될 수도 있음을 의미한다.

재배사가 덩고 습할 시기인 6, 7월에는 *Enteridium lycoperdon*, *Fuligo* sp., *Physarium umbiliciferum*, *Stemonitis fusca* 등과 같은 점균류가 많지 않지만 자주 발생되었으며(Fig. 5E), *Penicillium* sp.는 버섯발생처리를 위한 살수작업 후 원래 형태를 잃고 수피에 납작하게 붙어 있는 주홍꼬리버섯 포자퇴 위에서 대부분 관찰되는데, 발생이 관찰연도의 전반부에 집중되는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 5F). 표고버섯 수확 후 골목에 붙어 있는 버섯찌꺼기, 수확시기를 지나 방치되고 있는 버섯, 드물지만 버섯 원기가 형성되는 부분 등에서도 일부 발견되었다. 그리고 치마버섯(*Schizophyllum commune*)은 발생율에 있어서 다른 해균에 비해 낮았지만(Fig. 5G) 주홍꼬리버섯 자좌 바로 위에서도 발생하는 것이 관찰되었다(Fig. 4F).

Trichoderma spp.는 전 기간에 걸쳐 볼 수 있었으며, 6월에는 50% 이상의 골목에서 관찰되었다(Fig. 5H). 특히, 주홍꼬리버섯 자좌 바로 위에서 균총을 확인할 수 있을 뿐만 아니라 자좌가 형성되고 변색된 목질부 부분에서 균분리가 대부분 가능한 것으로 보아 *Trichoderma* spp.가

표고골목에 대한 2차 침입균으로 본 古川와 野淵(1996)의 보고와 일치한다.

본 실험에서 관찰된 해균 중 *Hypoxyylon truncatum*, *Nodulisporium* sp., *Trichoderma* spp. 등은 특히 큰 피해를 줄 수 있는 해균들이기 때문에, 주홍꼬리버섯 방제를 효과적으로 수행하기 위해서는 이들 해균에 대한 생태도 자세히 구명되어야 할 것이다. 무엇보다도 주홍꼬리버섯이 이들 2차 해균의 침입 장소를 마련해 줄 수 있다는 데에 그 심각성이 있으므로 주홍꼬리버섯이 골목에 발생하지 않는 환경을 마련하여 주는 것이 중요한 과제로 생각된다.

요 약

1999년 12월부터 2001년 8월까지 주홍꼬리버섯 완전세대 형성 이후의 변화와 2차적으로 침입하는 다른 오염해균을 조사하였다.

주홍꼬리버섯 자좌의 표면 색은 12개월 후 모두 적갈색에서 흑갈색으로 변하였다. 공구는 시간이 경과함에 따라 완전세대형성 초기보다 크기가 작아지고 단위면적당 갯수가 적어지다가 20개월 후에는 대부분의 시험골목에서 사라졌다. 자낭각과 자낭포자도 자좌 표면의 색 변화와 공구의 유무에 의해 반드시 영향을 받는 것은 아니었지만, 종균집중 이듬해 4월부터 서서히 없어지다가 20개월 후에는 시험골목 중 10% 정도에서만 포자를 갖는 자낭각이 발견되었다.

주홍꼬리버섯에 오염된 표고골목에 2차적으로 발생하는 다른 종류의 해균조사 결과, 검은혹버섯, *Nodulisporium* sp., 치마버섯, *Trichoderma* spp. 등이 주홍꼬리버섯 자좌 위에서 발견되었고 *Penicillium* sp.은 주홍꼬리버섯 포자퇴 위에서 발견되었다. 이밖에 *Hypoxyylon howeianum*, *Enteridium lycoperdon*, *Fuligo* sp., *Physarium umbiliciferum*, *Stemonitis fusca* 등 4종의 점균류가 관찰되었다. 또한, 종균집중 이듬해 4월부터 일부 골목에서 주홍꼬리버섯의 불완전세대(*Libertella* sp.)가 다시 발생하였다.

참고문헌

- 기상청. 2000. 기상월보(3월, 4월). 49 p.
 박원철, 이봉훈, 윤갑희, 가강현, 최중식, 이태수. 2000. 우리나라의 표고골목을 가해하는 주홍꼬리버섯의 불완전세대와 완전세대 관찰. 한국균학회지 28: 38-40.
 임업연구원. 2000. 새로운 표고재배기술. Pp. 102-103.
 주명철. 1996. 표고재배의 관리분석과 종균활착을 위한 골목관리에 관한 연구 I. 한국임학회지 85(4): 596-604.
 角田光利, 安藤正武, 日高忠利. 1983. シイタケほた木に對するニマイガワ菌およびシトネタケ菌の接種試験. 日林論 94回: 539-540.
 谷口 實, 角田光利, 日高忠利, 久保田暢子. 1991. シイタケほた木の黒腐病について. 日林九支 研論集 44: 283-284.
 古川久彦, 野淵 輝. 1996. きのご栽培の害菌・害虫. 全林協. 282

- pp.
萩原博光, 山本幸憲, 伊澤正名. 1997. 日本變形菌類圖鑑. 平凡社. 163 pp.
- Abe, Y. 1989. Effect of moisture on the colonization by *Lentinus edodes* and *Hypoxylon truncatum* in wood. *Eur. J. For. Path.* **19**: 423-434.
- Barnett, H. L. and Hunter, B. B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. APS Press, St. Paul, MN. pp. 92-101.
- Breitenbach, J. and Kranzlin, F. 1984. Fungi of switzerland (Volume 1, Ascomycetes). Verlag Mykologia, Switzerland. pp. 282-283.
- Breitenbach, J. and Kranzlin, F. 1984. Fungi of switzerland (Volume 3, Boletes and agarics). Verlag Mykologia, Switzerland. pp. 318-319.
- Deighton, F. C. 1985. Some species of *Nodulisporium*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **85**(3): 391-395.
- Dennis, R. W. G. 1981. British Ascomycetes. J. Cramer. In der A. R. Gantner Verlag Kommanditgesellschaft. FL-9490 Vaduz. pp. 315-317.
- Glawe, D. A. and Jacobs, K. A. 1987. Taxonomic notes on *Eutypella vitis*, *Cryptosphaeria populina*, and *Diatrype stigma*. *Mycologia* **79**(1): 135-139.
- _____ and Rogers, J. D. 1981. Observations on the anamorphs of six species of *Diatrype* and *Diatrypella*. *Can. J. Bot.* **60**: 245-251.
- _____ and _____. 1984. Diatrypaceae in the pacific northwest. *Mycotaxon* **20**(2): 401-460.
- Greenhalgh, G. N. and Chesters, C. G. C. 1968. Conidiophore morphology in some british members of the Xylariaceae. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **51**(1): 57-82.
- Hinds, T. E. 1981. *Cryptosphaeria* canker and *Libertella* decay of aspen. *Phytopathology* **71**: 1137-1145.
- Kubicek, C. P. and Harman, G. E. 1998. *Trichoderma* & *Gliocladium* (Volume 1). Taylor & Francis Ltd. 1 Gunpowder Square, London, EC4A 3DE. pp. 3-34.
- Sutton, B. C. 1980. The Coelomycetes. CMI. Kew, Surrey, England. p. 221