

식물병원균류의 새로운 분류

유 승 현

충남대학교 농과대학 응용생물화학학부

오래 전에는 생물을 식물계와 동물계로 대별하였고 균류(fungi)는 세균, 지의류 등과 함께 엽상식물(Thallophyte)로서 식물계에 포함시켰다. 그러나 균류는 생물진화의 초기단계에 이미 갈라져 진화해 왔다는 주장이 대두되면서 균류계(Kingdom Fungi)를 식물계, 동물계와 대등하게 독립시키는 Whittaker(1969)의 생물 5계설(5 kingdom system)이 각광을 받게 되었다. 그 후 Ainsworth 등(1971)은 균류계를 끈적균부(Myxomycota)와 진균부(Eumycota)로 나누었고 그들의 분류체계는 최근까지 국내외에서 널리 사용되어 왔다. 그러나 최근 생화학, 유전학 및 분자생물학의 기법이 분류학에 적용되어 균류계와 다른 생물계와의 유연관계 및 균류계에 소속된 균들간의 상호진화학적 유연관계가 밝혀지면서 기존 분류체계의 대폭적인 수정이 불가피하게 되었다.

1. 균류 분류체계의 변천

전통적으로 균류의 분류는 다른 생물에서와 같이 형태적 특징과 유성번식체의 발육양상을 중심으로 수행하였다. 학자에 따라 다양한 분류체계가 제기되었으나 Ainsworth 등(1971) 및 Hawksworth 등(1983)의 전통적인 분류는 균류계(Fungi)를 끈적균부(Div. Myxomycota)와 진균부(Div. Eumycota)로 나누었고 진균부를 유주자균아부(Mastigomycotina), 접합균아부(Zygomycotina), 자낭균아부(Ascomycotina), 담자균아부(Basidiomycotina) 및 불완전균아부(Deuteromycotina)로 구분하였다(표 1). 그러나 1990년대 초반에 탄생한 균류분자계통분류학(fungal molecular systematics)은 핵산염기배열 특히 리보솜 RNA 유전자의 염기배열(rDNA sequence)과 같은 분자수준에서 균류의 유연(類緣)관계나 계통진화(phylogeny)를 설명하고 있으며 이러한 자료를 바탕으로 균류의 분류체계를 세우고 있다.

Hawksworth 등(1995)의 새로운 분류체계에 의하면 1990년대 초반까지 하등균류(lower fungi)로 분류되었던 끈적균강(Myxomycetes)과 근류병균강(Plasmodiophoromycetes)은 균류와 유사한 형질을 갖는 원생동물로 분류되어 원생동물계(Kingdom Protozoa)로, 유주자균아부(Mastigomycotina)인 난균강(Oomycetes)은 갈조류(brown algae)와 규조류(diatoms)가 소속되어 있는 크로미스타계(Kingdom Chromista)로 그 소속이 바뀌었으며, 유주자균아부에 속하던 병꿀균강(Chytridiomycetes)과 자낭균아부(Ascomycotina), 담자균아부(Basidiomycotina), 접합균아부(Zygomycotina)를 각각 문(Phylum=부, Division)으로 승격시키고 이들만을 진균(true fungi)으로 취급하여 균류계(Kingdom Fungi)에 소속시키고 있다(표 1). 불완전균류는 유성세대가 없거나 매우 드문 많은 균류를 편의상 모아놓은 인위적 분류로서 다른 특징과 유전자 염기배열은 자낭균류와 같아서 독립된 문으로 분류하지 않고 자낭균문에 소속시키고 있다. 그러나 사람에 따라서는 불완전

균류를 편의상 형식적인 문(부)으로 취급하기도 한다(Moore-Landecker, 1996).

균류의 계통진화에 관한 연구는 다른 생물군에 비하여 늦어서 과(Family)이상의 분류군의 재편은 매우 유동적이라 할 수 있다. 균류의 분류체계가 최근 급격히 변화하였으나 앞으로 분자생물학의 발달과 그로부터 얻는 정보가 많아짐에 따라 분류체계는 계속 변할 것으로 생각된다.

2. 식물병원균류의 분류 및 주요 특징

식물병원균류의 분류를 Hawksworth 등(1995)의 분류체계를 기본으로 하고 Agrios (1997), Moore-Landecker (1996), 八杉龍一 등(1996)의 문헌을 참고하여 다음과 같이 정리하였다.

생물의 분류단계 중 Kingdom(계) 다음의 하위 분류단위로 Phylum(문) 또는 Division(부)이 사용되고 있다. 한동안 균류 및 세균의 분류에서는 Division을 주로 사용하였으나(Ainsworth 등 1971), 최근에는 균류에서도 Phylum을 사용하고 있다(Hawksworth 등 1995, Alexopoulos 등 1996).

표 1. 균류(Fungi) 및 균류유사체(Fungal-like Organisms) 분류체계의 변천

Bessey (1950)	Gäumann (1964)	Ainsworth et al. (1971)
Mycetozoa		FUNGI(균류계) Myxomycota(끈적균부) Acrasiomycetes Myxomycetes Plasmodiophoromycetes
Class Phycomyceteae(조균강)	Archimycetes(고생균강) Phycomycetes(조균강) Orders: Oomycetes Zygomycetes	Eumycota(진균부) Mastigomycotina(유주자균아부) Chytridiomycetes Hyphochytridiomycetes Oomycetes Zygomycotina(접합균아부) Zygomycetes Trichomycetes
Div. Carpomyceteae		
Class Ascomyceteae(자낭균강)	Ascomycetes(자낭균강) Subclass: Prototunicatae Eutunicatae Groups: Unitunicatae Bitunicatae	Ascomycotina(자낭균아부) Hemiascomycetes Plectomycetes Pyrenomycetes Discomycetes Laboulbenomycetes Loculoascomycetes
'The Pyrenomycetes'		
Class Basidiomyceteae(담자균강) Subclass: Teliosporae Heterobasidiae Hymenomycetes 'Gasteromycetes'	Basidiomycetes(담자균강) Subclasses: Phragmobasidiomycetes Holobasidiomycetes	Basidiomycotina(담자균아부) Teliomycetes Hymenomycetes Gasteromycetes
'The Imperfect Fungi(불완전균) Moniliales Sphaeropsidales Melanconiales	Fungi imperfecti(불완전균강)	Deuteromycotina(불완전균아부) Blastomycetes Hyphomycetes Coelomycetes

표 1. 계속

Hawksworth et al. (1983)	Barr (1992)	Moore (1994)
<p>FUNGI(균류계) Myxomycota(끈적균부) Ceratiomyxomycetes Dictyosteliomycetes Acrasiomycetes Myxomycetes Plasmodiophoromycetes Labyrinthulomycetes</p> <p>Eumycota(진균부) Mastigomycotina(유주자균아부) Chytridiomycetes Hyphochytridiomycetes Oomycetes</p> <p>Zygomycotina(접합균아부) Zygomycetes Trichomycetes</p> <p>Ascomycotina(자낭균아부) [Class(강)를 인정하지 않음]</p> <p>Basidiomycotina(담자균아부) Hymenomycetes Gasteromycetes Urediniomycetes</p> <p>Deuteromycotina(불완전균아부) Coelomycetes Hyphomycetes</p> <p>PROTOZOA(원생동물계) Acrasiomycota(아크라시스균문) Dictyosteliomycota (딕토스텔리오균문) Myxomycota(끈적균문) Myxomycetes Plasmodiophoromycota (근류병균문)</p> <p>CHROMISTA(크로미스타계)</p> <p>Hyphochytriomycota (하이포키프리시오균문) Labyrinthulomycota (라비린툴라균문) Oomycota(난균문)</p> <p>FUNGI(균류계) Ascomycota(자낭균문) Basidiomycota(담자균문) Basidiomycetes Teliomycetes Ustomycetes Chytridiomycota(병꼴균문) Zygomycota(접합균문) Trichomycetes Zygomycetes</p>	<p>PROTOZOA(원생동물계) Myxomycota Plasmodiophoromycota</p> <p>CHROMISTA(크로미스타계) Heterokonata Pseudomycotina Oomycetes Hyphochytriomycetes Labyrinthista Labyrinthulea</p> <p>EUMYCOTA(진균계) Ascomycota(자낭균문) Basidiomycota(담자균문) Chytridiomycota(병꼴균문) Zygomycota(접합균문)</p> <p>PROTOCTISTA(원생동물계) Plasmodiophoromycota (근류병균부)</p> <p>CHROMISTA(크로미스타계) Hyphochytridiomycota (하이포키프리디시오균부) Oomycota(난균부)</p> <p>FUNGI(균류계) CHytridiomycota(병꼴균부) Zygomycota(접합균부) Ascomycota(자낭균부) Basidiomycota(담자균부) Deuteromycota(불완전균류)</p>	<p>FUNGI(균류계) Mastigomycetelia(유주자균) Oomycota Hyphochytriomycota Chytriomycota</p> <p>Zygomycetia(접합균) Zygomycota Trichomycota</p> <p>Ascomycetia(자낭균) Euascomycota Hemiascomycota</p> <p>Basidiomycetia(담자균) Basidiomycota Homobasidiomycotina Heterobasidiomycotina</p> <p>Deuteromycetia(불완전균) Deuteromycota Blastomycota</p> <p>PROTISTS(원생동물계) Acrasiomycota(아크라시스균문) Dictyosteliomycota (딕토스텔리오균문) Myxomycota(끈적균문) Plasmodiophoromycota (근류병균문)</p> <p>STRAMENOPILA (스트라메노필라계) Hyphochytriomycota (하이포키프리시오균문) Labyrinthulomycota (라비린툴라균문) Oomycota(난균문)</p> <p>FUNGI(균류계) Chytridiomycota(병꼴균문) Zygomycota(접합균문) Ascomycota(자낭균문) Basidiomycota(담자균문)</p>

균류 및 균류유사체의 주요 분류군

균류유사체(Fungus-like Organisms)

Kingdom Protozoa	원생동물계 균류
Phylum Myxomycota	끈적균(점균)문
Phylum Plasmodiophoromycota	근류병균문
Kingdom Chromista	크로미스타계 균류
Phylum Oomycota	난균문

진균(The True Fungi)

Kingdom Fungi	균류계
Phylum Chytridiomycota	병꼴균문
Phylum Zygomycota	집합균문
Phylum Ascomycota	자낭균문
Phylum Basidiomycota	담자균문
Form-Phylum Deuteromycota	불완전균류

불완전균류는 계통분류학적으로는 자낭균문에 소속시켜야 하나 중요한 식물병원균이 많이 소속되어있는 매우 큰군의 균류이기 때문에 여기서는 자낭균문에 넣지 않고 편의상 형식적인 문(Form-Phylum)으로 구분하였다. 그러나 이것은 어디까지나 한시적인 분류임을 밝혀둔다.

균류유사체(Fungus-like Organisms, Pseudofungi)

(1) 원생동물계(Kingdom Protozoa) 균류

세포벽이 없는 원형질체로 된 영양체를 형성하며 균사체가 없다. 단세포 또는 매우 단순한 다세포로 된 미생물이다. 세균이나 다른 양분을 삼키거나 빨아들여서 섭취한다(phagotrophic).

가. 끈적균문(Myxomycota)

변형체(plasmodium)를 형성하며 원형질체가 망상조직으로 자란다. 양분이 고갈되면 휴면포자(resting spore)를 만들고 2개의 편모를 가진 유주자(zoospore)를 형성한다.

가) 끈적균강(Myxomycetes) : 끈적균 (slime molds)

(가) 파이사룸목 (Physarales)

Fuligo, Mucilago, Physarum

나. 근류병균문(Plasmodiophoromycota)

식물체, 균류, 조류의 세포내에 기생하는 순환물기생체로서 기주세포내에 나출된 변형체로 존재한다. 휴면포자를 만들고 2개의 편모를 가진 유주자를 형성한다.

가) 근류병균강 (Plasmodiophoromycetes)

(가) 근류병균목 (Plasmodiophorales) : 변형체는 식물체의 뿌리나 줄기의 세포내에 형성된다.

Plasmodiophora, Polymyxa, Spongospora

(2) 크로미스타계(Kingdom Chromista) 균류

생활양식이나 생태는 균류계(진균)와 유사하지만 세포벽에 키틴이 없고 섬유소(cellulose)와 글루칸(glucan)을 갖고 있으며 세포학적, 생화학적 특징은 식물과 유사하다. 단세포 또는 다세포로 되어 있으며 주로 광합성(phototrophic)이다. 난균류(Oomycetes)이외에 갈조류(brown algae), 규조류(diatoms)등도 포함된다.

가. 난균문(Oomycota)

균사는 격막이 없으며 다핵이다(무격막균사). 무성번식은 포자낭속에 형성된 2개의 편모가 있는 유주자(biflagellate zoospores)에 의한다. 유성번식은 형태와 크기가 다른 2개의 배우자낭인 웅기(oogonium)와 난기(antheridium)의 접촉(gametangial contact)에 의하여 형성된 난포자(oospore)에 의한다. 세포벽은 글루칸과 섬유소 등으로 구성되어 있다.

가) 난균강 (Oomycetes)

(가) 물곰팡이목 (Saprolegniales) : 균사체에 부착된 긴 원통형의 유주자낭 속에 유주자를 생성한다. 난기는 대개 여러개의 난포자를 갖는다(그림 3-8).

Aphanomyces, Achlya

(나) 노균목 (Peronosporales) : 유주자낭 (분생포자)은 계란형 또는 레몬형이다. 난기는 대개 1개의 난포자를 갖는다(그림 3-8).

피시움과 (역병균과 Pythiaceae)

Pythium, Phytophthora

흰녹가루병균과 (*Albuginaceae*)

Albugo

노균과 (*Peronosporaceae*) : 노균병균 (*downy mildew*), 절대기생체 이다.

Plasmopara, Peronospora, Bremia, Sclerospora, Sclerophthora, Pseudoperonospora

진균(The True Fungi)

(3) 균류계(Kingdom Fungi)

균사체를 형성하며, 세포벽은 전형적으로 키틴(chitin)을 갖고 있다. 엽록체가 없다.

가. 병꽃균문(Chytridiomycota)

무성번식체로 포자낭(sporangium)안의 세포질이 갈라져서 1개의 편모를 갖는 유주자(uniflagellate zoospores)를 다수 형성한다. 유성번식은 운동성인 배우자의 융합에 의하여 이루어 진다. 세포벽은 글루칸과 키틴 등으로 구성되어 있다.

가) 병꽃균강 (Chytridiomycetes) : 진정한 균사체(true mycelium)는 없고, 둥글고 불규칙한 형태의 격막이 없는 균사체를 형성한다.

(가) 병꼴균목 (Chytridiales)

Olpidium, Physoderma, Synchytrium

나. 접합균문(Zygomycota)

균사는 격막이 없으며 다핵이다. 세포벽은 키틴과 키토산을 갖고 있다. 무성번식은 포자낭 (sporangium)속의 세포질이 갈라져서 비운동성의 무성포자를 만들며 유주자는 없다. 유성번식은 형태적으로 유사한 2개 배우자의 접합에 의하여 만들어진 휴면포자인 접합포자 (zygospore)에 의한다.

가) 접합균강 (Zygomycetes)

(가) 털곰팡이목 (Mucorales)

털곰팡이과 (Mucoraceae)

Mucor, Rhizopus

다. 자낭균문(Ascomycota)

대부분 격막이 있는 균사(유격막 균사)를 가지나 효모균들은 균사를 형성하는 것이 드물다. 세포벽은 글루칸과 키틴 등으로 되어 있다. 유성번식체로 자낭(ascus)을 만들고 그 안에 보통 8개의 자낭포자(ascospore)를 형성한다. 자낭은 특별한 형체를 갖춘 자낭과(ascocarp)의 내부에 만들어 지는 것과 자낭과 없이 노출되는 것이 있으며 자낭과의 형태는 분류의 기준이 된다. 불완전균류와 같이 여러종류의 무성포자를 만든다.

가) 고생(古生)자낭균강 (Archiascomycetes) : 리보솜 RNA(18S rRNA)의 염기배열의 특성으로 설정한 그룹으로서 타프리나 목 외에 다양한 균류가 포함되어 있다.

(가) 타프리나목 (Taphrinales) : 분화된 자낭과는 없고 자낭이 2핵의 자낭형성균사 (ascogenous hypha)에서 형성되며 기주의 표피층 밑에 치밀하게 나란히 배열된다.

타프리나과 (Taphrinaceae)

Taphrina

나) 반자낭균강(Hemiascomycetes) : 대부분이 효모로서 단세포이거나 균사의 발달이 미약하다. 분화된 자낭과와 자낭형성균사가 없고 자낭이 노출되어 있다.

(가) 효모균목(Saccharomycetales) : 대부분이 단세포균류이고 출아법(budding)으로 번식한다.

Saccharomyces

다) 부정자낭균강 (Plectomycetes) : 폐쇄자낭과인 자낭구 (cleistothecium)를 형성하며 그 속에 자낭이 흩어져 있다.

(가) 누룩곰팡이목 (Eurotiales)

누룩곰팡이과 (Eurotiaceae)

Eupenicillium (무성세대, *Penicillium*), *Eurotium* (무성세대, *Aspergillus*)

라) 각균강 (핵균강, Pyrenomycetes) : 원칙적으로 자낭각 (유공자낭각, perithecium)을 형성하며 공구(ostiole)와 측사(paraphysis)를 갖고 있으나 자낭구를 갖는 것도 있다. 자낭

은 자낭과 안에 규칙적으로 배열되어 있으며 단층막으로 되어 있다.

- (가) 흰가루병균목(Erysiphales) : 절대기생균으로서 흰가루병 (powdery mildew)을 일으킨다. 자낭구를 형성하며 자낭구의 외부에 특별한 모양을 한 부속사 (appendage)가 있는데 이 부속사의 모양과 자낭구 안에 있는 자낭의 수에 의하여 속 (genus)이 결정된다. 자낭구를 형성하므로 부정자낭균강에 소속시키는 학자도 있으나 자낭이 자낭구 안에 규칙적으로 배열되어 있으므로 각균강에 소속시킨다.

흰가루병균과 (Erysiphaceae)

Blumeria, Erysiphe, Podosphaera, Sphaerotheca, Microsphaera, Uncinula

- (나) 하이포크리아목(Hypocreales) : 자낭과는 자낭각이며 드물게 자낭구를 형성하는 것도 있다. 자낭과는 간혹 자좌안에 형성된다. 자낭은 계란 또는 원통형이며 선단에 구멍이 있다. 자낭포자는 둥글거나 바늘형이며 단세포 또는 다세포로 되어 있고 성숙하면 힘있게 방출된다. 분생포자는 피알로형(phialidic)의 분생자병에 형성된다.

Hypocrea(무성세대, *Trichoderma, Gliocladium*), *Nectria, Gibberella*(무성세대, *Fusarium*), *Claviceps, Epichloe*(무성세대, *Acremonium*)

- (다) 마이크로아스카목(Mycroascales) : 자좌는 없고 자낭과는 대부분 자낭각이며 간혹 자낭구를 형성하는 것도 있다. 자낭은 공 또는 계란형이며 자낭포자는 단세포이다.

Ceratocystis

- (라) 피알라코라목(Phyllachorales) : 자낭각이 자좌안에 형성된다. 자낭은 장타원형 또는 원통형이고 선단에 구멍이 있다. 자낭포자는 형태가 다양하다.

Glomerella(무성세대, *Colletotrichum*), *Phyllachora*

- (마) 오피오스토마목(Ophiostomatales) : 자낭각은 측사가 없다. 자낭은 동 계란형이다.

Ophiostoma

- (바) 다이아포르테목(Diaporthales) : 자낭각을 형성하며 자낭은 원통형이고 구멍이 있다. 자낭포자는 하나 또는여러개의 격막이 있다.

Diaporthe(무성세대, *Phomopsis*), *Gaeumannomyces, Magnaporthe*(무성세대, *Pyricularia*), *Cryphonectria*(구학명, *Endothia*), *Leucostoma*(구학명, *Valsa*)

- (사) 자일라리아목(Xylariales) : 자낭과는 진한색의 견고한 자낭각으로서 간혹 자좌안에 묻혀 있다. 자낭은 원통형 또는 반구형이며 자낭포자는 단세포 또는 몇개의 세포로 되어 있다.

Hypoxylon, Roselinia, Xylaria

- 마) 소방자낭균강 (Loculoascomycetes) : 자낭과는 자낭자좌 (ascostroma)로 되어있다. 자좌에 있는 자좌실 안에 자낭이 생긴다. 자낭은 2중막으로 되어 있다.

- (가) 흑종병균목(Dothidiales) : 자좌실에는 여러개의 자낭이 들어있고 위측사 (pseudoparaphyses)가 없다. 자낭은 계란형 또는 원통형이며 자낭포자는 단세포 또는 다세포이다.

Mycosphaerella(무성세대, *Cercospora, Septoria* 등), *Elsino*

(나) 플레오스포라목(위자낭각균목, Pleosporales) : 자낭자좌는 다양하며 위측사가 자낭을 둘러싸고 있다. 위측사는 자좌실의 윗면에서 아래로 신장하는 측사이다(그림 3-15). 자낭은 곤봉형이며 자낭포자는 보통 다세포이다.

Cochliobolus(무성세대, *Bipolaris*, *Curvularia*), *Pyrenophora*(무성세대, *Drechslera*), *Setosphaera*(무성세대, *Exserohilum*), *Pleospora*(무성세대, *Stemphylium*), *Leptosphaeria*(무성세대, *Phoma*), *Venturia*, *Guignardia*(*Phyllosticta*)

바) 반균강 (Discomycetes) : 다육질의 자낭반 (apothecium)을 형성한다. 자낭반은 컵 또는 접시모양이다. 자낭포자는 힘있게 방출된다.

(가) 리티스마목(*Rhytismales*)

Hypoderma, *Rhytisma*, *Lophodermium*

(나) 균핵병균목(Helotiales) : 컵 또는 찻잔모양의 자낭반을 형성한다.

Botryotinia, *Monilinia*, *Sclerotinia*, *Stromatium*, *Pseudopeziza*

라. 담자균문 (Basidiomycota)

균사는 격막이 있으며 격막에는 유연공(dolipore)이 있다. 세포벽은 글루칸과 키틴으로 되어 있다, 무성포자는 대부분 드물다. 담자포자(basidiospore)라고 불리는 유성포자를 담자기(basidium)위에 보통 4개씩 형성한다. 담자기는 보통 곤봉모양이며 1개 또는 4개의 세포로 되어 있다.

가) 녹병균강 (Urediniomycetes) : 겨울포자균강(Teliomycetes)이라고도 한다. 담자기과(basidiocarp)를 형성하지 않고 내구성의 후막 휴면포자인 겨울포자(teliospore)를 형성한다. 담자기는 격막이 있으며 겨울포자의 발아에 의하여 형성된다. 이 담자기를 전균사(promycelium)라고 한다.

(가) 녹병균목(Uredinales) : 겨울포자가 발아하여 4개의 세포로 된 담자기, 즉 전균사를 내고 전균사의 소병(sterigma)위에 담자포자를 형성한다. 녹병균목은 겨울포자를 포함하여 담자포자(소생자), 녹병포자(spermatia), 녹포자(aeciospore) 및 여름포자(uredospore) 중에서 2종이상 최고 5종의 포자를 형성하고 기주교대를 한다. 식물 병원균으로서 순환물 기생균이지만 최근에 인공배양에 성공한 종류가 있다.

Puccinia, *Gymnosporangium*, *Melampsora*, *Cronartium*

(나) 셉토바시디움목(Septobasidiales) : 개각충에 기생한다.

Septobasidium

나) 감부기병균강 (Ustilaginomycetes, Ustomycetes) : 담자기과는 없고 담자포자가 포자층(sorus)안에 만들어 지며 인공 배양할 경우 효모와 같은 생장을 하는 것이 있다. 담자기는 격막이 있는 것과 없는 것이 있다.

(가) 감부기병균목(Ustilaginales) : 감부기포자(후막포자)와 담자포자, 2종의 포자를 형성한다. 감부기포자가 발아하면 전균사를 형성한다 전균사는 격막이 없는 것과 횡격막이 있는 것이 있으며 소병은 형성되지 않는다.

Ustilago, Tilletia, Urocystis, Sporisorium, Sphacelotheca

(나) 떡병균목(Exobasidiales) : 담자포자만을 형성하는데 기주식물의 표면에 한층으로 담자기를 생성한다.

Exobasidium

다) 담자균강 (Basidiomycetes) : 담자기과가 발달되어 있고 담자기는 담자기과에 있는 자실층(hymenium)에 형성된다. 담자기과가 나실 또는 반피실인 경우 담자포자는 사출되며, 피실인 경우 사출되지 않는다.

다)-1. 다실담자균아강 (다포담자균아강, Phragmobasidiomycetidae) : 담자기는 다실담자기로서 격막에 의하여 보통 4개로 나누어진다.

(가) 목이목(Auriculariales) : 담자기가 원통형이고 횡격막으로 갈라진다.

Helicobasidium, Auricularia

(나) 흰목이목(Tremellales) : 담자기가 열십자형으로 갈라진다.

Tremella

다)-2. 단실담자균아강 (동담자균아강, Holobasidiomycetidae) : 담자기는 격막이 없이 단세포로 되어있으며 4개의 소병을 만들고 그 위에 담자포자를 형성한다.

(가) 세라토바시디움목(Ceratobasidiales) : 담자기과가 거미줄모양(weblike)이지만 뚜렷하지 않고 담자포자는 돌출한 소병위에 반복하여 형성된다.

Thanatephorus, Typhula

(나) 민주름버섯목(多孔菌目, Aphyllophorales) : 담자기는 자실층(hymenium)형성 군사위에 생기며 작은 구멍이나 관(tube)의 표면에 배열되어있다.

Fomes, Polyporus, Aethalium(Sclerotium), Corticium, Ganoderma, Postia, Heterobasidium

(다) 주름버섯목(Agaricales) : 방사상의 주름(gills) 또는 lamellae 위에 담자기를 형성한다.

Armillariella, Pleurotus, Marasmius, Schizophyllum

마. 불완전균류 (Mitosporic fungi, Deuteromycota, Fungi imperfecti)

군사체는 잘 발달되어 있고 격막이 있다. 세포벽은 글루칸과 키틴으로 구성된다. 유성번식은 없거나, 매우 드물거나 또는 알려져 있지 않다. 무성포자인 분생포자(conidium)가 분생자병위에 다양한 방법으로 형성된다.

가) 유각균강 (분생자과균강, Coelomycetes) : 분생포자는 병자각(pycnidium)안이나 분생포자층(acervulus) 위에 형성된다.

(가) 병자각균목(Sphaeropsidales) : 병자각 안에 분생포자를 형성한다

Ascochyta, Phyllosticta, Phoma, Phomopsis, Septoria

(나) 분생자층균목(Melanconiales) : 분생자층 위에 분생포자를 형성한다.

Colletotrichum, Sphaceloma, Pestalotia, Marssonina

나) 총생균강 (絲狀불완전균강, Hyphomycetes) : 병자각이나 분생자층을 만들지 않는다.

(가) 분생자병속군목(Stilbellales) : 분생자병이 밀착하여 다발모양으로 된 분생자병속(synnema)을 만든다.

Ramularia, Phaeoisariopsis

(나) 분생자좌군목(Tuberculariales) : 분생자병이 다수 집합하여 분생자좌 (sporodochium)를 형성한다.

Fusarium, Epicoccum

(다) 총생균목(絲狀불완전균목, Hyphomycetes, Moniliales) : 분생자병이 분생자병속이나 분생자좌와 같은 특별한 구조를 만들지 않는다.

담색선균과(Moniliaceae)

Cephalosporium, Verticillium, Penicillium, Botrytis, Aspergillus, Pyricularia, Cercospora

암색선균과(Dematiaceae)

Alternaria, Bipolaris, Drechslera, Cercospora, Corynespora, Curvularia, Cladosporium, Thielariopsis

다) 무포자균강 (Agonomycetes, Mycelia sterilia) : 포자를 형성하지 않으며 균사체 및 균핵만을 형성한다.

(가) 무포자균목(Agonomycetales)

Rhizoctonia, Sclerotium

참고문헌

1. Agrios, G. N. 1997. *Plant Pathology*, 4th ed. Academic Press, San Diego.
2. Ainsworth, G. C., James, P. W. and Hawksworth, D. L. 1971. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*, 6th ed. CAB, Surrey.
3. Alexopoulos, C. J., Mins, C. M., and Blackwell, M. 1996. *Introductory Mycology*, 4th ed. Wiley and Sons, New York.
4. Deacon, J. W. 1997. *Modern Mycology*, 3rd ed. Blackwell Science Ltd., London.
5. Hawksworth, D. L., Kirk, P. M., Sutton, B. S., and Pegler, D. N. (eds.) 1995. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*, 8th ed. CAB International, Surrey.
6. Moore-Landecker, E. 1996. *Fundamentals of the Fungi*, 4th ed. Prentice Hall International Inc., New Jersey.
7. Whittaker, R. H. 1969. New concepts of kingdoms and organisms. *Science* 163: 150~160.
8. 八杉龍一 外 3人 編集. 1996. 岩波生物學辭典, 第4版. 岩波書店, 東京.