

# 고려인삼 재배 중 발생하는 주요병해별 병원균의 분류학적 위치

## Taxonomy of the Pathogens causing Plant Disease of *Panax ginseng* during Cultivation.

조대휘 수석연구원

한국인삼공사 R&D본부 분석연구소(미생물학 박사)

Dae-Hui Cho

30, Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon, R&D Headquarters, Korea Ginseng Corp., Korea

### I. 서론

고려인삼은 4~6년간의 재배과정이 필요하며 이러한 오랜 기간의 재배 중에 발생하는 여러 병해는 생산량에 가장 큰 영향을 주는 요인이 되고 있다. 지금까지 인삼의 주요병해가 10종으로 보고되었고 주요병해를 일으키는 8종의 병원균은 균류(菌類, Fungus) 7종, 세균(細菌, Bacterium) 1종으로 구분 된다<sup>1)</sup>.

식물병해별 병원균을 확인하기 위해서는 Koch의 원칙에 따라 발병조직에서 병원균을 분리 동정하고, 이 균을 인공적으로 접종하여 동일한 병증상이 관찰되고 동일한 병원균이 분리되어야 한다. 병의 원인이 균에 의한 것을 구명한 것은 불과 157년 전이다. 아일랜드에 감자 역병이 창궐한 1845~1846년도에 식량부족으로 150만 명의 인구가 사망한 대사건이 발생하였고 이후 1861년도에 이르러 Anton deBary가 병의 원인이 균이라는 것을 구명한 바 있다<sup>2)</sup>. 이후 작물생산 등 식량 확보 차원에서 병방제 연구를 위한 미생물학, 식물병리학이 발전하게 되었고

병해 원인균의 분류동정은 예방과 방제를 위해 가장 먼저 구명해야 할 기본사항이 되었다.

식물 병원균의 분류는 그림 1과 같이 생물성 병원균을 형태적 특성으로 대분류하고<sup>2)</sup> 이를 기본으로 분자생물학적인 분류가 함께 이루어지면서 계속 수정, 보완되었다<sup>2~9)</sup>. 인삼 병해 원인균은 균류 7종과 세균 1종으로 구분되고<sup>1)</sup> 균류는 진균(眞菌, True Fungus) 6종과 유사균류(類似菌類, Fungus-like organism)의 난균문 1종으로 세분화 된다(표 1). 1980년대부터 인삼병해별 병원균의 분리, 동정과 생리·생태적 특성이 점차적으로 보고되었다. 이러한 연구에 의해 축적된 기술은 발병을 최소화하는 자연친화적 경종적(耕種的) 방법개발을 위해 활용되었다<sup>1,10)</sup>.

식물병원균의 분류는 발병 최소화 대책수립에 가장 중요한 기본이자 시작이 된다. 병원균의 성장단계에서 생성하는 균사체, 분생포자, 후막포자, 균핵 등이 단순 생육증식이외에 공기, 물, 토양을 매개로 이동하거나 잠재적으로 존재하여 전염원으로 작용하게 된다. 그러므로



Principal Researcher Dae-Hui Cho  
Laboratory of Analysis  
R&D Headquarters, Korea Ginseng Corp.  
TEL: +82-42-870-3120  
E-Mail: daehui99@kgc.co.kr  
M.P: 010-3238-9066

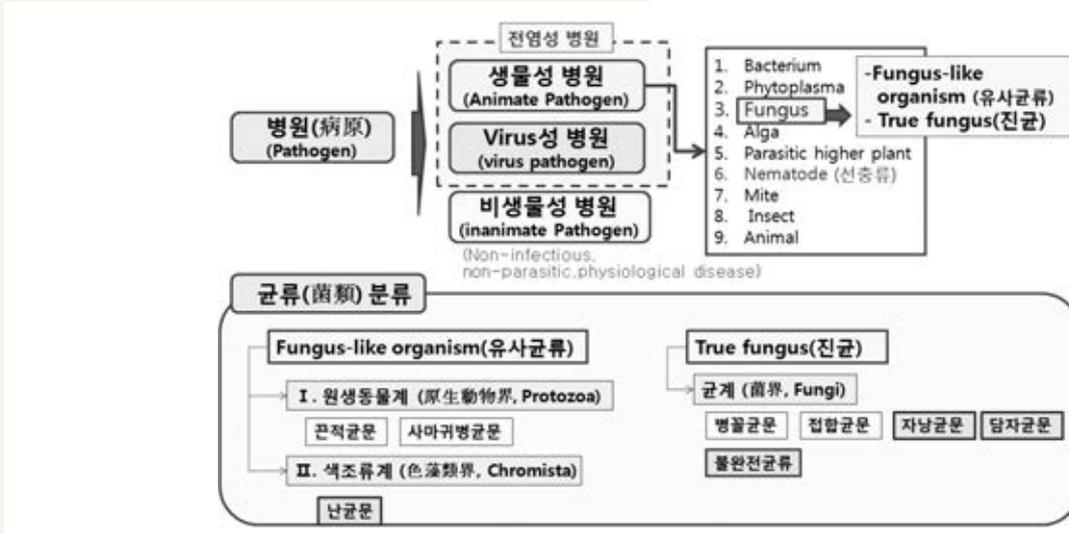


그림 1. 식물의 생물성 병원균 중 균류(菌類, Fungus)의 유사균류 및 진균 분류 (Agris, G., N., 2005)

표 1. 인삼 주요 병해 병원균별 발병포지와 발생시기<sup>1)</sup>

구분	병해명	발병부위	발병 시기	병원균 학명	분류 (門, Phylum)
지상부 병해	점무늬병	줄기	4월 하순 ~ 5월 중순	Alternaria panax	자낭균문 (Ascomycota)
		잎	5월 중순 ~ 9월 중순		
	역병	줄기, 잎	5월 중순 ~ 6월 중순	Phytophthora cactorum	난균문 (Oomycota)
	잣빛 곰팡이병	뇌두	3월 중순 ~ 4월 상순	Botrytis cinerea	자낭균문 (Ascomycota)
		줄기	5월 하순 ~ 7월 상순		
	탄저병	잎	7월 상순 ~ 8월 하순	Colletotrichum gloeosporioides	자낭균문 (Ascomycota)
줄기속 무름병	줄기	7월 중순 ~ 7월 하순	Pectobacterium carotovorum	Gracilicutes	
토양 병해	(모) 잘록병	묘포 지제부 줄기	4월 중순 ~ 5월 상순	Rhizoctonia solani	담자균문 (Basidiomycota)
		본포 지제부 줄기	4월 하순 ~ 5월 중순		
	균핵병	뿌리	4월 하순 ~ 5월 중순	Sclerotinia nivalis	자낭균문 (Ascomycota)
	뿌리 썩음병	뿌리	5월 중순 ~ 6월 하순	Cylindrocarpon destructans	자낭균문 (Ascomycota)

1) 조대휘, 2014

병원균의 분류와 생리·생태 연구를 통한 병원균의 생활사, 식물에 침입하는 전염원의 특성 구명은 발병원인 구명을 위해서 매우 중요하다고 할 수 있다. 따라서 인삼의 주요병해별 병원균의 분류와 균 성장에 활용되는 포자 및 불리한 환경에 내성을 갖는 내구성의 각종 포자와 균핵 등 전염원의 종류를 구분하여 정리하였다.

## II. 본론

### 1. 주요병해 병원균별 분류학적 위치

균류의 분류는 형태적 특성을 기본으로 하여 진균과 유사균류로 대분류된다(그림 1). 이후 분자생물학적인 분류가 연구되면서 균류의 분류는 계속 수정, 보

완되어 왔다<sup>2~9)</sup>. 이를 참고로 고려인삼의 주요병해 병원균 중 균류를 진균류의 자낭균문 5종, 담자균문 1종,

유사균류의 난균문 1종의 총 7종과 세균 1종에 대해 각각에 하위분류인 강(綱) 목(目), 과(科), 속(屬), 종(種)을 분류하였다(표 2).

주요병해의 병원균인 균류 7종에 대한 분류학적 위치를 구분하면 진균류인 자낭균문(子囊菌門, Ascomycota)에 속하는 점무늬병 병원균(*Alternaria panax*), 탄저병 병원균(*Colletotrichum gloeosporioides*), 잣빛곰팡이 병원균(*Botrytis cinerea*), 뿌리썩음병 병원균(*Cylindrocarpon destructans*), 균핵병 병원균(*Sclerotinia nivalis*) 등 5종이 포함된다. 담자균문(擔子菌門, Basidiomycota)은 토양 지제부 줄기를 가해하는 (모)잘록병 병원균(*Rhizoctonia solani*) 1종이 해당된다(표 1). 이외에 유사균류의 색조류계(色藻類界, Chromista), 난균문(卵菌門, Oomycota)에 속한 병원균은 역병 병원균(*Phytophthora cactorum*) 1종이 있다. 이외에 세균 1종은 상처부위를 통해 줄기내부를 가해하는 줄기속무름병 병원균(*Pectobacterium carotovorum*)이 세균의 Gracilicutes문으로 분류된다(표 1, 2).

자낭균문 중에 줄기와 잎에 발병하는 점무늬병 병원균은 *Alternaria panax* 로서<sup>1)</sup> 분류학적으로 입술버섯강(綱) (Dothideomycetes), Pleosporales목(目), Pleosporaceae과(科)에 속한다(표 2). *A. panax* 는 유성포자(有性孢子)를 형성하는 것이 알려지지 않은 불완전세대(不完全世代, anamorph)의 불완전균(不完全菌, Imperfect fungus)이기 때문에 Deuteromycete로도 분류한다<sup>2)</sup>. *A. panax*에 의한 인삼의 줄기점무늬병은 4월 하순~5월 중순까지 발생하며, 잎점무늬병은 5월 중순~9월 상순까지 재배 중 약 5개월의 장기간에 걸쳐 피해를 준다<sup>1)</sup>.

자낭균문 중에 인삼 잎에 병을 일으키는 탄저병 병원균 *C. gloeosporioides* 는 비바람이 심한 7월부터 심하게 발병하는 수매전염성(水媒傳染性) 병원균이다<sup>1)</sup>. 탄저병 병원균의 학명 *C. gloeosporioides* 는 무성세대명이고, 이 병원균의 완전세대[完全世代, teleomorph, (무성 및 유성세대가 알려진 진균)] 학명은 *Glomerella cingulata*이다<sup>2)</sup>. 분류상으로 자낭균문 동충하초綱(Sordariomycetes)에 Glomerellales目, Glomerellaceae科에 속한다(표 2).

자낭균문 중에는 인삼의 연작장해를 일으키는

뿌리썩음병 병원균<sup>11,12)</sup>은 발병조직에서 관찰되고 분리되는 무성세대 학명은 *C. destructans*이며 완전세대명은 *Nectria radicola*로 보고되었다<sup>13)</sup>(표 2). 이 병원균은 자낭균문의 동충하초綱(Sordariomycetes)내 Hypocreales目, Nectriaceae科에 속한다<sup>2,8)</sup>(표 2).

자낭균문 중에서 뇌두를 씌거나 어린줄기에 침범하여 결주를 일으키는 잣빛곰팡이병 병원균 *B. cinerea*<sup>14)</sup>(표 2)는 무성생식으로 생성된 분생포자가 공기에 의해 비산되어 재배 중 지상부의 잎, 화경 상처부위, 노화조직에 부생적으로 침입하여 증식하게 된다<sup>1)</sup>. 이후 많은 양의 분생포자가 비산하여 지하부 고죽(노화되어 고사된 줄기)에 옮겨지면 고죽표피에 균핵을 형성하고 월동한다<sup>1)</sup>. 유성생식이 알려져 있어서 완전세대명 *Botryotinia fuckeliana*로 분류된다<sup>2)</sup>(표 2). 이 병원균은 자낭균문 중 두건버섯綱(Leotiomyces)에 균핵병균목(Helotiales), Sclerotiniaceae科이고 *Botryotinia*屬으로 분류된다(표 2).

균핵병균의 학명은 *S. nivalis*로서<sup>15)</sup> *B. cinerea*와 동일한 자낭균문의 두건버섯綱 (Leotiomyces), 균핵병균목(Helotiales), Sclerotiniaceae科로 분류되나, 속(屬)은 *Sclerotinia*로 다르다(표 2). 무성포자 및 유성포자 세대의 학명은 *S. nivalis* 동일하다.

담자균문에 속하는 인삼 (모)잘록병균 *Rhizoctonia solani* (표 2)는 기주(寄主)범위에 따라 균사융합군 [菌絲融合群, Anastomosis Group(AG)] 2-1으로 분류된다<sup>16)</sup>. 이 병원균의 기주작물은 인삼 외 십자화과 작물, 아욱 등을 포함한다. 병원균의 완전세대명은 *Thanatephorus cucumeris*로 알려져 있다<sup>2)</sup>. 분류학적으로 담자균문의 주름버섯綱(Agariomycetes), Cantharellales目, Ceratobasidiaceae科로 분류된다(표 2). 4월 중순~5월 상순경 인삼의 지제부 어린줄기에 침입하여 잘록병을 일으키며 침입 후 조직 내에서 역시 균사로서 증식하여 썩히게 한다. *R. solani* 중에서 상호 균사의 융합유무에 따라 분류된 균사융합군 종류는 13개 군 이상으로 서로 유전형질과 기주범위가 다르다. 인삼 (모)잘록병균은 저온에서 발병하는 *R. solani* 균주의 겨울형(winter type)인 AG 2-1으로서 해동 후 4~5월의 지온 10~15℃에서 출아전 후 (모)잘록병 발병능력이 최고로 상승했다가 5월 이후 지온이 20℃ 부근으로 점차 상승하면서 발병은 멈추게 된다<sup>1)</sup>.





표 2. 인삼 주요병해 병원균의 분류학적 위치

균 구분	계(界) (Kingdom)	문(門) (Phylum)	강(綱) (Class)	목(目) (Order)	과(科) (Family)	속(屬) (Genus)	종(種) (Species)	인삼 병원균명
진균류 (真菌類) (True fungi)	균계 (菌界) (Fungi)	자낭균문 (子囊菌門) (Ascomy- cota)	입술버섯강(綱) (Dothideomycetes)	Pleosporales	pleospora- ceae	Alternaria	A. panax	점무늬병균
			동충하초강, (Sordariomycetes) [舊 자낭각균강 (子囊殼菌綱) (Pyrenomycets)]	Glomerellales [舊 흑종병균목 (黑腫病菌目) (Phyllachora- les)]	Glomerella- ceae	Glomerella	G. cingulata → Colletotrichum gloeosporioides 의 완전세대	탄저병균
				육좌균목 (肉座菌目) (Hypocreales)	Nectriaceae	Nectria	N. radicola → Cylindrocarpon destructans	뿌리썩음병균 (연작장해 원인균)
			두견버섯강, (Leotiomycetes) [舊 반균강 (盤菌綱) Discomycetes]	균핵병균목 (菌核病菌目) (Helotiales)	Sclerotinia- ceae	Sclerotinia	Sclerotinia nivalis	균핵병균
					Botryotinia	B. fuckeliana → Botrytis cinerea 의 완전세대	갯빛곰팡이균	
		담자균문 擔子菌門 (Basidio- mycota)	주름버섯강 (Agariomycetes) 담자균강 (擔子菌綱) (Basidiomycetes)	Cantharellales [舊 빨담자균목 (Ceratobasi- diales)]	빨담자균과 (Ceratobasi- diaceae)	Thanatepho- rus	T. cucumeris → Rhizoctonia solani 의 완전 세대	(모)잘록병균
유사균류 (類似菌類) (Fungus like orga- nism)	색조류계 (色藻類界) (Chromi- sta)	난균문 (卵菌門) (Oomyco- ta)	난균강 (卵菌綱) (Oomycetes)	노균병균목 (露菌病菌目) (Peronospora- les)	부패균과 (腐敗菌科) (Phythiaceae)	Phythium	Phythium ultimum	모씩음병균
						Phytophthora	Phytophthora cactorum	역병균
세균류 (細菌類) (Bacteria)	원핵생물계 (Procar- yotes)	Gracilicu- tes	Gammaproteo- bacteria	Enterobacte- riales	Enterobacte- riaceae	Pectobacte- rium	P. carotovorum	줄기속 무름병균

인삼포지에 5월 중순부터 발병하는 수매전염성(水媒傳染性) 병해인 역병 병원균 *P. cactorum*은 분류학적으로 진균류보다 하등한 유사균류의 색조류계, 난균문에 속한다<sup>1)</sup>(표 2). 이 병원균은 난균강(卵菌綱, Oomycetes), 노균병균목(露菌病菌目, Peronosporales), 부패균과(腐敗菌科, Phythiaceae) 중 *Phytophthora*屬으로 분류된다(표 2). 유성포자(有性孢子)인 난포자(卵孢子, oospore)는 균사 말단의 자성(雌性) 생식기관인 장란기(藏卵器, oogonium)와 웅성(雄性) 생식기관인 장정기(藏精器, antheridium)가 수정하여 생성된다. 장란기와 장정기가 동일 균사체에 형성되는 것을 동체접합성(同體接合性, Homothallic), 다른 균사체에

존재하는 것을 이체접합성(異體接合性, Heterothallic)이라하며 *P. cactorum*의 경우에는 동체접합성이다. 이런 차이와 유성생식 과정에서 장정기가 장란기 측면 혹은 하단에 부착되는 차이가 *Phytophthora* 속의 종 분류에 활용된다. *P. cactorum*는 장정기가 장란기 측면에 부착되는 측착형(paragynous)이다<sup>17)</sup>. 형태적으로 유사균류는 진균류에 비해 세포막 구성성분으로 스테롤이 결핍되어 있는 하등한 균류에 속한다. 따라서 세포막의 스테롤성분인 ergosterol 분해특성을 가진 Polyene antibiotic 처리로 진균류가 생육저해를 받게 된다<sup>18)</sup>. 반면에, 난균류는 세포막 성분 중 분해 표적인 스테롤성분이 결여되어 Polyene antibiotic 처리로

생육저해가 나타나지 않는다<sup>19)</sup>.

이러한 진균류 병원균이 인삼병해의 대부분을 일으키나 세균류로서 유일한 줄기속무름병 병원균 *P. carotovorum* 이 7월 중순경 발생한다<sup>1)</sup>. 분류학적으로는 원핵생물계(Kingdom Prokaryotes)의 Proteobacteria문 Gammaproteo-bacteria綱, Enterobacteriales目, Enterobacteriaceae科, *Pectobacterium*屬으로 분류된다(표 2). 병원균은 7월 중순경 고온다습한 환경에서 인삼의 화경제거로 상처가 크게 발생한 부위에 맺혀진 물을 통해 침범한다. 병원균은 pectinase, cellulase 등 효소를 분비하면서 급속도로 줄기내부를 썩게 한다<sup>2)</sup>.

## 2. 주요병해 병원균의 무성 및 유성생식

인삼의 주요병해 병원균들에 대한 형태적 분류상의 포자생성 특성을 구분한 결과는 일반적인 영양생장 증식과정에서 조사된 것이다(표 3). 식물병원균이 생성한 여러 유형의 포자가 병원성 전염원으로만 작용하지는 않는다. 이러한 균들은 식물병원균이지만 조건에 따라서는 죽은 조직이나 토양의 무기영양소를 통해 부생적으로 증식하는 임의부생균(任意腐生菌, facultative saprophyte)이기도 하다. 따라서 진균류 병원균은 무성생식으로 여러 유형의 포자를 생성하는 것과 생성하지 않고 유성생식으로 자낭포자 혹은 담자포자를 생성하기도 한다. 그리고 무성 및 유성생식이 모두 보고된 완전세대 병원균 중에는 무성생식으로 분생포자 혹은 유주포자를 생성하고 유성생식으로는 자낭포자 혹은 유주포자를 생성하기도 한다. 또한 무성생식으로 포자를 생성하지 않는 병원균들은 균사체에 의해서만 생육과 증식이 가능하다(표 3).

자낭균문 중에서 점무늬병 병원균 *A. panax*, 뿌리썩음병 병원균 *C. destructans*, 잿빛곰팡이병 병원균인 *B. cinerea*의 경우 무성생식으로 분생포자경(分生孢子梗, conidiophore)에 분생포자를 형성한다(표 3). 이와는 다르게 탄저병 병원균 *C. gloeosporioides*의 분생포자는 분생포자층(分生孢子層, acervuli)에 형성되는 차이가 있다(표 3)<sup>2)</sup>. 이러한 분생포자 생성 병원균 중에서 점무늬병 및 탄저병 병원균들의 분생포자가 직접 전염원(傳染源)으로 작용하게 된다. 반면에 잿빛곰팡이병 병원균의 분생포자는 직접 살아있는 조직에 침입할 수 없고 단지 부생적인 오염상태에서 분생포자가 발아하여

증식한다. 증식으로 균사체로 커진 후 균사체가 뭉쳐져서 균핵을 형성하여 전염원으로 작용한다<sup>1,14)</sup>.

자낭균문의 토양전염성 뿌리썩음병 병원균 *C. destructans*의 무성생식 분생포자(표 3)는 인공배지에서 다량 형성하게 되는데 적절한 광과 물리적 자극에 의해 전형적인 대형분생포자를 생성한다. 대형분생포자는 격막(隔膜)을 1~2개 형성하여 2~3개 세포로 구성되어 형태적 균 분류동정에 활용된다<sup>12,20)</sup>. 암배양이나 실제 발병된 뿌리조직에서는 격막이 없는 단세포의 소형분생포자가 생성된다<sup>17)</sup>. 불리한 환경에서 분생포자가 후막포자로 변형되는 것은 과거 미국삼에서 분리된 균주에서 보고되었고<sup>21)</sup> 국내에서 분리된 균주는 인공액체배양에서 일부 극소수 분생포자가 이중막이 아닌 미성숙 후막포자로 변형되는 것이 관찰될 뿐이다<sup>22)</sup>. *C. destructans*는 뿌리에 발병 후 토양의 불리한 환경에서 균사체가 변형된 후막포자를 생성한다<sup>1,11,22,23)</sup>. 자낭균문의 균핵병 병원균도 토양전염성으로 병을 일으키는데 무성생식의 포자는 생성하지 않고 유성세대로 자낭포자를 생성하게 된다(표 3). 일반적으로 발병된 뿌리에서는 백색 균사체와 균핵(菌核, Sclerotium)이 혼재되어 있다. 실제 발병조직은 토양에서 균핵으로 월동하고 오랜기간 토양에서 생존하여 뿌리를 침범하게 된다<sup>1)</sup>.

자낭균문 중에서 유성생식으로 자낭포자(子囊孢子, ascospore)를 생성하는 병원균은 자낭포자를 만드는 부위로 자낭과(子囊果, ascocarb)를 갖고 있다. 병원균 중에 자낭과의 형태별로 자낭포자 분출 틈새가 있는 구형(球形)의 자낭각(子囊殼, perithecium)과, 접시모양의 자낭반(子囊盤, apothecium)으로 구분되어 자낭포자를 만들게 된다<sup>2)</sup>. 자낭각내 자낭포자를 생성하는 병원균은 뿌리썩음병 병원균 *C. destructans*, 탄저병 병원균 *C. gloeosporioides* 이 있고 자낭반에 자낭포자를 생성하는 병원균은 잿빛곰팡이병 병원균인 *B. cinerea*, 균핵병 병원균 *S. nivalis*의 2종이 있다<sup>2)</sup>(표 3).

담자균문에 속하는 토양전염성균인 (모)잘록병병원균 *R. solani*는 무성생식으로 포자를 생성하지 않고, 유성생식으로 담자포자를 생성하는 균으로 분류하나 실제 발병조직과 인공배지에서 관찰되지 않았다(표 3). 발병조직에서는 이 병원균의 전형적인 균사체가 관찰되며 부생적으로 토양내 영양소를 이용하여 균사체가





증식하고 균핵도 형성한다. 병든 조직내에서는 군사체로, 토양에서는 군사체가 응집된 내구성 구조의 균핵으로 변형되어 월동한다<sup>1)</sup>.

유사균류 색조류계의 난균문에 포함되는 수매전염성 병해인 역병 병원균 *P. cactorum*은 무성생식으로 유주자낭(遊走子囊, zoosporangium)내에 생성되거나 유성생식으로 난포자에 생성된 유주포자[遊走孢子 혹은 유주자(遊走子), zoospore]를 방출하여 전염원으로 작용한다<sup>24)</sup>(표 3). 유성생식으로는 장란기에 장정기가 결합하여 난포자를 만들고 난포자내에 형성된 유주포자가 방출되어 식물에 병을 일으킨다. 유주포자는 2개의 편모(鞭毛, flagellum)에 의해 물속에서 운동성을 갖고 이동한다<sup>24)</sup>.

세균의 원핵생물계 Gracilicutes문의 줄기속무름병 병원균 *P. carotovorum*은 1) 그람음성세균으로 직경 0.5~1 $\mu$ m, 길이 1~3 $\mu$ m의 끝은 막대모양의 단간균(短桿菌)이고 몸체전반에 고루 여러개의 많은 주모(周毛, peritrichous flagella)가 있어서 짧은 거리를 움직일 수 있다. 균은 단순히 분열에 의한 무성생식으로 증식한다<sup>2)</sup>.

### 3. 주요병해 병원균의 전염원 분류

각 병원균의 무성, 유성생식별 생성된 포자는 균 분류에 중요한 요인이고 부생적으로 영양소를 흡수하여 증식하거나 발병에 관여하는 포자를 생성한다<sup>1)</sup>(표 4). 일반적인 분생포자와 자낭포자 외에 실제 식물체의 발병과 전파에는 다른 형태의 전염원이 존재하기도 한다. 인삼의 주요병해별 병원균 분류에 포함된 전염원의 생성과 특성 분류는 발병기작과 직결됨으로 발병을 최소화하기 위해 전염원의 생성여부와 관련된 환경조건을 제어하는 연구에 활용되어야 한다.

공기전염성(空氣傳染性) 병해는 표 4와 같이 점무늬병과 잿빛곰팡이병이 해당되며 전염원인 분생포자가 공기중으로 비산(飛散)하여 병해를 일으킨다<sup>1)</sup>.

자낭균문의 점무늬병 병원균 *A. panax*는 분생포자경에 분생포자를 생성하여 바람에 의해 쉽게 분생포자가 비산되어 전염원으로 작용하는 특성을 갖고 있다. 이 병원균은 5~9월 중 공기에 부유된 포자가 빗물에 흡착되어 인삼포지 내부로 침투하면서 1차 전염원으로 작용한다. 이후 발병개체에서 분생포자(分生孢子, conidia)로

표 3. 인삼 주요병해의 균류 병원균별 무성 및 유성생식 포자

문 분류 (Phylum)	병원균1)	무성생식 포자		유성생식 포자	
		형성부위	포자	형성부위	포자
자낭균문	<i>Alternaria panax</i> <sup>1)</sup> (점무늬병균)	분생포자경 (conidiophore)	분생포자 (conidium)	미보고	미보고
	<i>Cylindrocarpon destructans</i> <sup>2)</sup> (뿌리썩음병균)	분생포자경	분생포자	자낭각 (perithecium)	자낭포자 (ascospore)
	<i>Botrytis cinerea</i> <sup>3)</sup> (잿빛곰팡이병균)	분생포자경	분생포자	자낭반 (apothecium)	자낭포자
	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> <sup>4)</sup> (탄저병균)	분생포자층 (Acervuli)	분생포자	자낭각	자낭포자
	<i>Sclerotinia nivalis</i> <sup>5)</sup> (균핵병균)	-	-	자낭반	자낭포자
담자균문	<i>Rhizoctonia solani</i> <sup>6)</sup> [(묘)잘록병균]	-	-	담자기 (basidium)	담자포자 (basidiospore)
난균문	<i>Phytophthora cactorum</i> <sup>7)</sup> (역병균)	유주자낭 (zoosporangium)	유주포자 [유주자, (遊走子)] (zoospore)	난포자 (oospore)	유주포자(유주자) (zoospore)

1) 유성세대가 미보고 되어 완전세대명은 없음, 단 *Lewia*屬에는 포함,

2) 완전세대명은 *Nectria radicolica*,

4) 완전세대명은 *Glomerella cingulata*,

6) 완전세대명은 *Thanatephorus cucumeris*,

3) 완전세대명은 *Botryotinia fuckeliana*

5) 불완전세대와 완전세대명 동일

7) 불완전세대와 완전세대명 동일

월동하여 2차 전염원으로 작용한다. 4~6년간 계속 재배하는 인삼은 공기 및 발병개체에서 비바람으로 전파된 1, 2차 점염원의 분생포자가 복합적으로 작용하여 재배 연수에 비례해서 발병이 심화된다. 따라서 A. panax는 인삼과 기타 동일 기주식물로부터 생성된 분생포자가 기류를 타고 항시 주변 재배포지에 침투하여 발병할 우려가 있다. 공기 중의 분생포자를 포집하는 비산포자 측정기를 활용하면 인삼재배 포지의 전염원이 시기별로 어떻게 부유하는지 판단 할 수 있다. 최근 비산측정기 조사에 의하면 5월 중순부터 분생포자 비산이 확인된다(미보고). 그러나 분생포자 비산이 없는 4~5월에 줄기점무늬병이 발병되는 것으로 보아 내구성인 결여된 분생포자와 균사체도 전년도 병든 조직과 상면의 벗겨부초와 상면토양에서 월동하여 발병에 관여 할 것으로 판단된다. 강우발생 직후 분생포자의 비산되는 수가 적어지는 것으로 보아 빗물에 흡착된 분생포자가 토양으로 함께 낙하된 것으로 판단된다<sup>25)</sup>. 따라서 강우 시 전염원이 인삼포지 내부에 최대한 침투되지 않도록 해가림시설을 철저히 해서 포지 재배상면에 누수가 최소화 되도록 해야 한다. 점무늬병균은 분생포자 외에 내구성 전염원이 생성되지 않는다(표 4).

A. panax는 발병시 기주특이적인 식물체 독소(AP toxin)을 분출하여<sup>26)</sup> 식물체 세포를 죽이고 식물조직의 물관, 체관으로 이동하여 병 증상 진전에 관여한다.

갯빛곰팡이병의 병원균 B. cinerea는 균사체가 변형된 균핵이 전염원이다<sup>1,13)</sup>(표 4). 발병기작은 1단계가 공기 중에 비산된 분생포자의 오염, 이후 2단계로 많은 양으로 생성된 분생포자가 노화된 줄기 지하부로 이동하여 부생적으로 생육하다가 줄기표피에 균핵을 형성하고 월동하는 과정, 이듬해 3단계로 균핵이 접한 인삼의 지하부 뇌두, 어린줄기에 침범이라는 순서로 발병한다<sup>1)</sup>. 균사체가 변형된 균핵은 식물세포를 사멸시키는 독소를 생성<sup>27,28)</sup>하여 직접 살아있는 조직을 괴사시킬 수 있기 때문에 해동 직후부터 6월 하순까지 뇌두와 어린줄기의 살아있는 조직을 침범한다<sup>1)</sup>. 균핵이 기주식물 표피에 접촉되어 독소가 식물체에 작용하여야 발병이 이루어지고 뇌두와 줄기에 발병된 후 뿌리까지도 완전히 썩게 된다<sup>1)</sup>.

수매전염성(水媒傳染性) 병해는 탄저병과 역병 2종이 있다(표 4). 탄저병 병원균 C. gloeosporioides는 점무늬병 병원균인 A. panax과 같은 자낭균문에 속하나 전염원인 분생포자를 분생포자경이 아닌 분생포자층에 형성하는 것이 다르다. 분생포자층은 분생포자경이 밀생(密生)하여

표 4. 인삼 주요병해의 균류 병원균별 전염원

병해별 전염특성	병원균	전염원		균 분류 (門, Phylum)
		포자	내구성 구조1)	
공기전염성 (air-borne disease)	Alternaria panax (점무늬병균)	분생포자 (conidium)	-	자낭균문
	Botrytis cinerea (갯빛곰팡이병균)	분생포자	균핵 (sclerotium)	자낭균문
수매전염성 (water-borne disease)	Colletotrichum gloeosporioides (탄저병균)	분생포자	-	자낭균문
	Phytophthora cactorum (역병균)	유주포자 (zoospore)	후막포자 (chlamydospore)	난균문
토양전염성 (soil-borne disease)	Cylindrocarpum destructans (뿌리썩음병균)	분생포자	후막포자	자낭균문
	Sclerotinia nivalis (균핵병균)	자낭포자 (ascospore)	균핵	자낭균문
	Rhizoctonia solani [[모]잘록병균]	담자포자 (basidiospore)	균핵	담자균문

1) 균핵 : 균사체가 밀착되어 합쳐지고 멜라닌 성분의 표피로 경화된 내구성 구조 전염원  
후막포자 : 노후된 균사체의 세포가 변형된 두터운 이중 세포막의 내구성 구형 포자



층을 만들고 그 기부 세포가 밀착하고 있는 특이한 형태이다. 탄저병 병원균은 발병조직의 분생포자층에 형성된 분생포자를 점액질로 묶고 있어서 바람에 의해 쉽게 비산되지 않지만 빗물에 의해 점액질이 풀어지면 빗물과 함께 이동하여 전염되기 때문에 수매전염성으로 전염된다<sup>2,24</sup>. 탄저병 병원균은 표 4와 같이 유성세대로 자낭각에서 자낭포자가 생성되는 것으로 분류하나 실제 발병조직 등 자연계에서 관찰되지는 않고 있다. 역병의 병원균 *P. cactorum*은 표 3과 같이 무성생식으로 형성된 유주자낭과 유성생식으로 생성된 난포자에서 유주포자가 방출되어 식물체에 침범하게 된다<sup>2,24</sup>. 전염원인 유주포자는 빗물이나 관개수로를 통해 이동하여 피해를 주게 된다. 표 2와 같이 난균문에 속하는 또 하나의 인삼 병원균으로 모썩음병 병원균 *Pythium ultimum*이 있는데 인삼묘포 유묘(幼苗)의 어린줄기에 침범하나 상기 주요 병해에 비해서는 발생정도가 적다. 상기 *R. solani*에 의한 모잘록병보다 기온이 오른 5월 상순경의 습한 토양에서 발병 한다<sup>1</sup>. 인삼 외 각종 작물의 유묘에서 발병하여 생성된 유주자낭포자 및 난포자는 포지 주변 웅덩이 물에 고밀도로 존재할 가능성이 크다. 이런 면에서 역병 병원균과 같이 수매전염성 병원균으로 관수 시 포지 주변에 고여 있는 물은 균 오염 가능성이 높아 관수용 용수에서 배제되어야 한다.

토양전염성 병해는 뿌리썩음병, 균핵병, (모)잘록병의 3종이 있다(표 4). 뿌리썩음병 병원균인 *C. destructans*는 균사체가 노화되면 내구성 구조인 세포벽이 이중으로 두터워진 황갈색의 후막포자(厚膜孢子, Chlamydospore)를 생성하여(표 4)<sup>20,22,23</sup> 토양에 오랜 기간 존재하면서 인삼의 연작장해를 일으킨다. 균핵병균 *S. nivalis*는 표 4와 같이 토양에서 균사체가 변형된 균핵이 토양에서 오래 견디는 내구성을 갖고 저온 다습한 토양조건에서 뿌리에 침범하게 된다<sup>1</sup>. (모)잘록병균 *R. solani*도 균사체가 변형된 균핵이 토양에서 오래 존재하며 병을 일으킨다(표 4). 토양전염성 병원균은 공통적으로 토양에 오랫동안 존재하는 내구성 구조의 전염원을 생성하게 된다. 토양에 존재하는 (모)잘록병균 *R. solani*의 전염원 여부는 토양 생물검정으로 판별이 가능하여 건전예정지 선정에 활용된다.

이러한 진균류 병원균이 인삼병해의 대부분을

일으키나 세균류로서 유일한 줄기속무름병 병원균 *P. carotovorum*은 세균의 특성상 운동성이 없으므로 재배 중 인삼의 화경제거 시 과도한 상처가 발생한 부위는 다습한 조건에서 세균이 침범할 기회가 제공된다. 화경제거 시 상처부위에 인삼줄기버섯파리가 산란하여 유충이 줄기내부에 갯도를 파듯 섭식하면 역시 다습한 조건에서 이 세균은 상처를 통해 줄기내부에 침투되어 뿌리를 급속도로 부패시키게 된다<sup>1</sup>.

이와 같이 인삼의 식물병원균 중 균류는 생육으로 증식하는데 필요한 분생포자, 균사체 외에 병해를 일으키는 전염원으로 균핵, 후막포자를 형성하여 작용한다. 물론 발병관련 전염원은 비록 내구성이 약할 수 있지만 환경에 따라 병든 유체 내에서 분생포자와 균사체로 존재하면서 병을 일으킨다고 판단된다. 줄기속무름병을 일으키는 세균은 감염된 식물조직이나 토양, 오염된 농기구에서 월동할 수 있다.

인삼의 병해 중 뿌리썩음병을 일으키는 병원균 *C. destructans*는 내구성이 다른 병원균에 비해 가장 높은 후막포자를 토양에 잔존시켜 인삼 수확 후 10~20년 이상 인삼에 대한 연작장해를 일으킨다. 후막포자 다음으로 내구성이 강한 전염원인 균핵은 균핵병, 잿빛곰팡이병, (모)잘록병의 병원균 등이 생성하여 병을 확산시킨다.

인삼재배 시 각종 병해를 최소화하여 결주를 감소시키므로써 수량을 증진시키는 연구를 위해서는 병 발생에 직접적으로 작용하는 전염원의 특성이 우선 구명되어야 한다. 따라서 인삼의 주요병해 병원균에 대한 계통분류를 기본으로 증식 혹은 발병관련 각종 포자와 균사체를 구분하여 1차 전염원을 구분 정리하였다(표 3). 그리고 균사체가 변형된 내구성 구조인 후막포자 혹은 균핵의 2차 전염원 생성 병해를 구분하여 분류하였다(표 4). 지금까지 인삼병해 예방과 방제연구를 수행하는 식물 병리학자는 이러한 병원균들의 계통분류를 기본으로 병원균별 각종 전염원의 특성과 조절에 관한 연구에 의해 병해의 경종적(耕種的) 예방법을 개발하여 산지에 반영하였다<sup>10</sup>. 향후에도 연구자들은 이러한 연구를 통해 우리나라 최고의 특산물인 고려인삼이 각종 제품의 원료로서 안정적으로 재배되고 생산하는데 지속적으로 기여하여야 할 것이다.

참고문헌

1. 조대휘, 제 6장 인삼의 병해충, 한국홍삼·인삼 과학기술 해설서, 자원 및 재배편, KGC인삼공사 R&D본부 발행, pp 301~381, 2014.
2. Agrios G.,N., Plant Pathology, 5th ed., Elsevier Academic Press, p 922, 2005.
3. 이태수, 한국 기록종 버섯의 속 이상의 분류, 자연보존 제 153호, 한국자연보존협회, 2011.
4. 박완희, 이지현, 새로운 한국의 버섯. 교학사, p456, 2011.
5. Ruggiero M. A., Gordon, D. P., Orrell, T. M., Bailly, N., Bourgoin, T., Brusca, R.C., Cavalier-Smith, T., Guiry, M.D. & Kirk, P.M., A Higher Level Classification of All Living Organisms, PLoS ONE 10(4):e0119248, 2015.
6. Hibbett D. S., Binder M, Bischoff J.F. and 64 co-authors, 2007. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. Mycological Research 111 : 509-547.
7. Schoch C.L, Crous P.W, Groenewald J.Z.S. and 64 co-authors, "A class-wide phylogenetic assessment of Dothideomycetes", Studies in Mycology, 64: 1 - 15. 2009.
8. Maharachchikumbura, S. S., Hyde, K. D., Jones, E.B.G., McKenzie, E. H. C., and 25 co-authors. Towards a natural classification and backbone tree for Sordariomycetes. Fungal Diversity. p 199~301, 2015.
9. Kirk P.M., Cannon P.F., Minter D.M., Stalpers J.A., Dictionary of Fungi, 10th Edition. Oxon, UK: CAB International; 2008.
10. 조대휘, 인삼 병해충의 경종적 방제법 개발연구 동향, 고려인삼연구와 산업 3(2) : pp 16~34, 고려인삼학회, 2009.
11. Cho D. H., K. J. Park, Y. H. Yu, S. H. Ohh and H. S. Lee, Root rot development of 2-year old ginseng(Panax ginseng) caused by *Cylindrocarpon destructans* in the continuous cultivation field. J.ginseng research, 19(2), 175~180, 1995.
12. 조대휘, 인삼근부병균 *Cylindrocarpon destructans*(Zinssm.) Scholten의 생육특성. 경희대학교 박사학위논문, p90, 1996.
13. Scholten G, *Nectria radicola* en *Thielaviopsis basicola* als parasiten van *Cyclamen ericicum*, Neth. J. Plant Path. 70, Suppl. 2 : 61~68, 1964.
14. Cho H. S., Y. H. Jeon, G. R. Do, D. H. Cho, Y. H. Yu, Mycological characteristics of *Botrytis cinerea* causing to gray mold on ginseng in Korea. J. ginseng research, 32(1), 2008.
15. Cho H. S., J. S. Shin, J. H. Kim, T. K Hong, D. H., Cho, J. Y. Kang, First report of *Sclerotinia* rot caused by *Sclerotinia nivalis* on *Panax ginseng* in Korea. Res. Plant. Dis, 19(1) 49~54, 2013.
16. Cho D. H., J. Y. Kang, Y. H. Yu, Anastomosis group, pathogenicity and growth characteristics of *Rhizoctonia solani* causing damping-off on *Panax ginseng* in Korea. J. ginseng research, 28(4), 183~190, 2004.
17. Gerretton-Cornell L., A Compendium and classification of the species of the genus *Phytophthora* deBary by the canons of the traditional taxonomy, research division state forests of New South Wales Sydney, p87, 1994.
18. Trocha P. J., Jasne, S. J., Sprinson, D. B., Novel sterols in ergosterol deficient yeast mutants. Biochem. Biophys. Res. Commun., 59 : 666-671, 1974.
19. Hendrix J., W., Physiology and biochemistry of growth and reproduction in *Pythium* spp., Proc. Amer. Phytopathology Soc. 1:207~210, 1974.
20. Cho D. H., Y. H. Yu, S. H. Ohh, Effect of scrapping aerial mycelia and light on the production of macroconidia and chlamydospores of *Cylindrocarpon destructans* causing root rot of *Panax ginseng*. J. ginseng research, 23(3), 123~129, 1999.
21. Cho D. H., Y. H. Yu, S. H. Ohh, J. L. Parke, Production and isolation of chlamydospores in *Cylindrocarpon destructans* causing root rot of *Panax ginseng*. J. ginseng research, 22(4), 304~309, 1998.
22. Cho D. H., Y. H. Yu, Effect of incubation time, temperature and pH on the production of conidia and chlamydospore of *Cylindrocarpon destructans* causing root rot of *Panax ginseng*. J. ginseng research, 20(1), 88~95, 1996.
23. Morphological characteristics of chlamydospores of *Cylindrocarpon destructans* causing root rot of *Panax ginseng*. J. ginseng research, 20(1), 88~95, 1996.
24. 金炯武 外 5人 共著, 新刊 植物病理學, p398, 郷文社,





- 1999.
25. Hill, S.N., M. K. Hausbeck, Factors in influencing airborne conidial concentrations of *Alternaria panax* in cultivated American ginseng gardens. *Plant Diseases*, 93, 1311~1316, 2009.
  26. Quayyum, H. A., M. Gijzen, and J. A. Traquair, Purification of a Necrosis-Inducing, Host-Specific Protein Toxin from Spore Germination Fluid of *Alternaria panax*. *Phytopathology* 93:323-328, 2003.
  27. Kim G. J., M. Y. Yoon and 7 co-authors, Role of two phytotoxin in the Pathogenicity of *Botrytis cinerea*. *Res. Plant Dis.* 15(2) : 120~126, 2009.
  28. Colmenares A. J., Aleu J., Duran-Patron R., Collado I.G., Hernandez-Galan R., The putative role of botrydial and related metabolites in the infection mechanism of *Botrytis cinerea*. *J. Chem Ecol* 28:997 - 1005, 2002.