

Armillaria 속균을 이용한 천마의 생산

성재모 · 정범식 · 양근주 · 이현경 · T.C. Harrington*

강원대학교 농과대학 농생물학과
*미국 아이오아주립대학교 식물병리학과

Production of *Gastrodia elata* Tuber using *Armillaria* spp.

Jae-Mo Sung, Bum-Shig Jung, Keun-Joo Yang,
Hyun-Kyung Lee and T.C. Harrington*

Department of Agricultural Biology, Kangweon National University, Chuncheon, Korea

*Department of Plant Pathology, Iowa State University, Ames, USA

ABSTRACT: The genus *Armillaria* is important because they produce *Gastrodia* tubers. Seventy two isolates of *Armillaria* were obtained from fruit bodies grown on decayed wood in Korea. Twenty four isolates from *Pinus koraiensis* were identified as *A. ostoyae*. Two isolates from *G. elata* growing in the field were identified as *A. mellea*. Seven isolates from *Acer ginnala* and *Quercus* spp. were identified as *A. tabescens*. Thirty nine isolates were identified as *A. gallica*. *Armillaria gallica* was isolated from *Quercus* spp., *Alnus japonica*, *Vitis amurensis* and *Prunus sargentii*. *Armillaria* spp. isolates were divided into four groups based on the cultural characteristics. Group II (*A. gallica* KNU-A110) was better than the other groups for mycelial growth and rhizomorph formation. Isolate KNU-A110 proved to be good for production of *G. elata* tubers. This fungus forms mycelial fan in the plant tissue and rhizomorphs in contact with *G. elata* tubers. *Gastrodia* spp. was found in thirteen sites in Kangweon province in Korea. The plants were divided into three different kinds based on stem color. Plants with stems of brownish orange and greyish yellow were identified as *G. elata*, and those with greyish green colored stems were identified as *G. gracilis*. *Gastrodia* was collected mainly from humus soils rich in leaf debris, and slopes facing south from mid-May to mid-July. Once the new tubers are formed from the ancestry tuber, the ancestry tuber begins to decay. The offspring tuber, apparently gaining nutrients through rhizomorphs, begins to grow in length and slowly to enlarge. It takes three years for the offspring tuber to become ancestry tuber.

KEYWORDS: *Armillaria mellea*, *Armillaria ostoyae*, *Armillaria tabescens*, *Armillaria gallica*, *Gastrodia elata*, *Gastrodia gracilis*

Armillaria 속균은 삼림에 피해를 주는 담자균류에 속하는 병원균으로 Fries(1821)에 의하여 처음 명명된 후 Kummer(1871)에 의하여 *Armillaria mellea* (Vahl) Quel로 재명명되어 현재까지 사용되고 있다. 외국에서는 지금까지 약 30종이 중요한 병원균으로 보고 되었다(Dickinson 1983, Pegler & Gibson 1972, Rishbeth and Toes 1977, Tarry & Shaw 1966).

한국에서도 솔잎혹파리의 피해지나 표고목에 의한 참나무류의 대체수종으로 식재된 잣나무의 조림지에서 본 균에 의한 피해목이 발견되어(Sung & Cha 1988, Sung *et al.* 1991) 식물병리학적으로 중요시 되는 균이다.

또한, 본 균은 자실체가 크고 향기도 좋고 총생으로 형성되므로 식용버섯으로 개발할 가치가 높은 버섯일 뿐만 아니라 본 균과 한약제로 널리 사용되는 천마와 공생 관계가 있어 천마 생산에 없어서는 안될 중요한 균이다.

*Corresponding author

천마(*Gastrodia elata*)는 간질병, 중풍, 경기, 두통, 강장과 신경질환 치료의 특효약으로 쓰여 동양에서 3000년 전부터 사용되고 있는 귀중한 약재자원으로 개화 결실기를 제외하고는 전 기간을 괴경으로 한다.

천마는 중국 일본 한국에서만 분포하는 것으로 중국과 일본에서는 이에 대한 연구가 잘 되어 인공재배가 실시되고 있으며(Kusano 1911, Hamada 1939, 주현 & 이성운 1987, Zhang & Li, 1980) 한국에서도 *Armillaria* 속균과 천마와의 관계가 구명되어 인공으로 재배되고 있다(이 1983, 성 1991). 그러나 *Armillaria* 속균과 천마에 대한 공생관계의 연구가 확립되어 있지 않아 많은 농민들이 천마를 생산하는데 제한 요인이 되고 있다.

천마의 자원보호 측면과 국내 수요를 충족시키기 위하여 천마와 공생 관계가 있는 *Armillaria* 속균에 대한 연구를 수행하고 천마와의 관계를 규명하여 천마생산에 기초자료로 활용함으로써 농촌 소득 증대는 물론 국내의 천마 공급을 원활히 하기 위하여 본 연구를 실시하였다. 본 연구에서는 *Armillaria* 속균의 자실체와 이병조직에서 균을 분리하여 그 특성을 알고 강원도내의 자생지에서 천마를 채집하여 천마의 생활사를 밝히고 *Armillaria* 속균을 이용하여 천마를 인공적으로 생산하는 결과를 얻었기에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

Armillaria 속균의 분리동정과 배양

강원도 삼림을 대상으로 3월부터 10월까지 본균에 이병된 나무의 조직과 자실체를 채집하였으며, 채집된 자실체는 60°C에서 6~10시간 동안 열풍건조기에서 건조하여 실험실내에 보존하였고 분류는 Singer(1986) 방법에 준하였다.

단포자분리는 121°C에서 20분간 살균한 무균상태의 유산지나 샤레를 준비한 후 자실체의 대를 절단한 것을 유산지 위에 놓고 접을 덮어 포자문을 얻었다. 무균상태로 얻어진 포자문을 회석한 후 water agar에 포자현탁액을 일정한 비율로 넣고 25°C 항온기에서 2~3일 후 발아된 포자를 해부현미경 하에서 단포자분리하였다. 조직분리는 건전한 자실체의 갓 또는 대의 육질에서 무균상태로 분리하든가 또는 이병된 수목의 조직이나 균사속을 sodium hy-

pochloride 용액에서 1분간 소독하고 살균수로 씻은 다음 무균상태에서 3 mm² 크기로 잘라 절단된 조직을 water agar 상에 놓고 2~5일간 25°C 항온기에 배양하여 균사를 Malt agar에 옮겨 모균주를 얻었다. 분리된 각 균주들의 균사 절편을 4% malt agar에 접종하고 25°C의 항온기에서 1개월간 배양하여 균사의 생장, 색과, 색소형성, 균사 속의 형성유무 및 형태 등을 비교하여 Group을 분류하였다.

천마의 채집 및 형태조사

강원도내의 천마자생지를 찾아 채집하였으며 채집시 *Armillaria* 속균에 기생된 수종, 채집지의 토양 pH, 토성, 표고 등 환경 조건을 기록하였다. 채집된 천마중 싹이 안난 천마를 *Armillaria* 속균이 자란 톱밥배지나 목편배지와 같이 토양에 심고 싹이 돌아난 후 괴경, 싹, 꽃과 씨의 형성과정 등의 형태적인 특징을 기록하였다.

톱밥 및 목편 배양기 조제

Armillaria 속균의 번식을 위한 톱밥배양기는 참나무톱밥과 쌀겨의 혼합물을 4:1(w/w)로 잘 섞은 다음 톱밥 10 kg 당 물을 2.5리터 정도로 넣고 혼합하여 500~1000 ml 링겔병에 넣고 직경 1.5 cm의 막대를 이용하여 중앙부에 구멍을 뚫고 솜마개를 한 후 솜마개가 젖지 않도록 cooking foil을 덮었다. 목편배양기는 직경이 3~3.5 cm인 참나무의 가지를 7 cm 길이로 잘라 500 ml와 1000 ml 링겔병에 2/3 가량 넣고 수분 공급을 위하여 water agar를 500 ml의 링겔병에 100 ml를 기준으로 분주한 다음 솜마개를 하였다. 이렇게 만든 톱밥배양기와 목편배양기는 고압살균소독기로 121°C에서 1시간 소독하여 배지에서 자란 균사절편을 떼어 넣고 25°C의 항온기에서 2개월간 배양시켜 균사생장과 균사속형성을 조사하였고 천마생산을 위한 모균주로 사용하였다.

Armillaria 속균의 접종

천마의 인공재배를 위하여 갈참나무와 굴참나무를 2월에 베어 120 cm로 토막낸 후 4월에 120 cm로 자른 원목에 천공기를 이용하여 구멍을 뚫고 *Armillaria* 속균을 접종시킨 후 스티로폼마개를 막는 천공점종법과 원목을 30 cm의 길이로 토막을 내고

종균을 절단면 전면에 발라 붙이는 종균접착법으로 참나무에 *Armillaria* 속균을 접종시킨 후 15 cm의 깊이로 땅속에 묻고 일년 후 Mycelial fan 형성과 균사속의 형성을 조사하였다.

천마의 접종

Armillaria 속균을 배양시킨 톱밥 및 목편 배양기를 10l 용량의 어항에 넣고 그 옆에 천마의 새끼인 자마를 어항당 8개씩 심은 후 모래를 덮고 수분을 공급하여 25°C의 항온실에서 1년간 배양된 톱밥에서 생긴 균사속의 형성과 천마의 생산을 조사하였다. 자연상태에서도 직경이 9~12 cm인 참나무를 길이 90~120 cm로 잘라 drill로 골목 당 직경 1.2 cm, 깊이 2~3 cm로 35~40개 구멍을 뚫어 구멍당 균주별로 1.5~2.0 g의 종균을 접종하고 스티로폴로 막았다. 이 골목은 토양을 20 cm 깊이로 파서 나란히 배열한 다음 1년생 천마의 자구를 놓고 흙으로 약 15 cm 정도 두께로 매몰시킨 후 매년 골목 내에서 균사의 성장, 균사속의 형성과정과 종류, 천마의 성장과 골목이 토양속에서 변화 과정을 조사하였고

Table 1. No. of *Armillaria* isolate from infected host part on 4% malt agar

Isolate part	No. tissue tested	No. <i>Armillaria</i> isolated
Infected tissue	50	0
rhizomorph	50	2
Mushroom tissue	50	37
Mycelial fan	50	39

Table 2. Classification of *Armillaria* spp. tissue culture isolates based on mycological characteristics comparing to mycelial growth, color, and rhizomorph formation on 4% malt agar.

Group	Mycelium		rhizomorph formation	Fruiting body formation
	Growth (diam.mm)	Color*		
I	56	12F2	100% covered	+
II	52	13F2	50% covered	+
III	35	12F2	No rhizomorph	-
IV	25	5F3	No rhizomorph	-

*Mycelial color was quoted for Methuen Handbook of Color

수량도 조사하였다.

결 과

Armillaria 속균의 분리와 계통분류

천마재배를 위한 *Armillaria* 속균의 균주를 확보하기 위하여 균을 분리하였는데 다른 속균과는 달리 생장이 느리기 때문에 분리도중에 잡균이 오염되어 어려움이 있었다. 본 균은 Table 1에서 보는 바와 같이 이병식물체 조직이나 균사속에서는 분리가 어려웠고 *Armillaria* 속균 버섯조직과 기주속에 형성된 부채모양의 균사체에서 분리가 되었다. 분리된 균주들을 4% malt agar 배지에서 균사생장, 균사색과 균사속 형성등을 기준으로 하여 분류한 결과 Group I은 균사생장 보다는 균사속 형성이 왕성하며 Group II는 균사생장이 두터운 갈색의 crustose을 형성하며 균사속 형성이 적었다. Group III는 두터운 갈색의 crustose를 형성하며 간혹 균사가 물결무늬를 만들며 자라고 균사속을 형성하지 않는다. Group IV는 균사생장이 느리고 균사속을 형성하지 않으나 배지를 붉은 빛을 띤 갈색으로 물들이는 특징이 있다 (Table 2). *A. mellea*는 균사생장에 있어 기중균사는 거의 없이 균사속을 왕성하게 형성하는 특징으로 30일간 배양하면 균사속이 petri-dish의 가장자리까지 자라는 것으로 보아 Group I에 속하고(Fig. 1의 1(A)). *A. ostoyae*는 균사가 자라 점차 균사전체가 부스럼딱지처럼 딱딱해지면서 갈색으로 변하는 특징이 있으므로 Group III에 속하며(Fig. 1의 1(B)). *A. tabescens*의 균사자람은 대부분이 균사속을 형성하며 쉽게 자실체를 형성하는 것으로 보아 Group II에 속했다(Fig. 1의 1(C)). *A. gallica*는 *A. mellea*

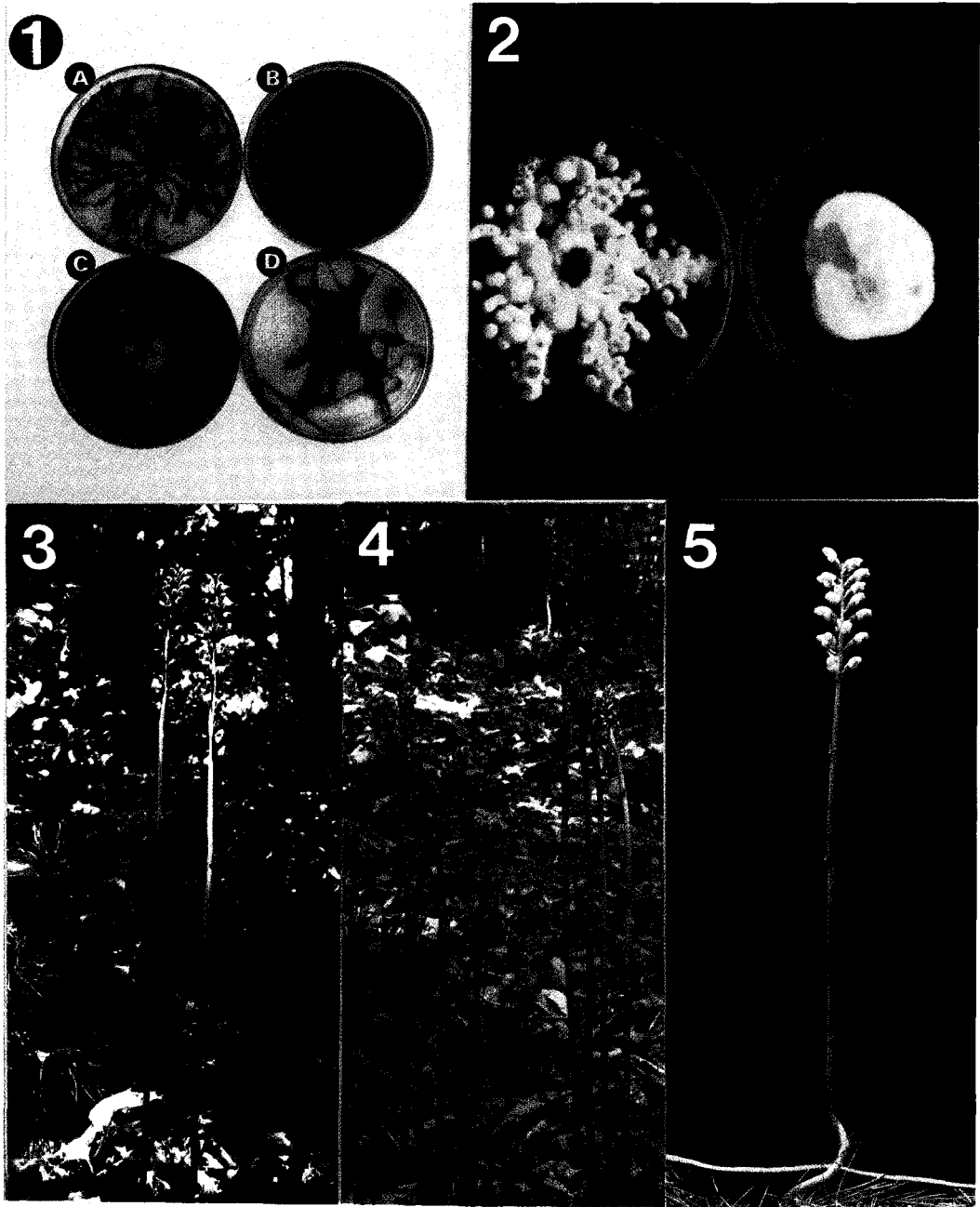


Fig. 1. 1-A: *A. mellea*; 1-B: *A. tabescens*; 1-C: *A. ostoyae*; 1-D: *A. gallica*; 2: SS isolate; 3, 4: *G. elata*; 5: *G. gracilis*.

다음으로 균사속의 생장이 좋았으며 기중균사가 자라면서 점차 각질화 되었다. 이 속군에 속하는 균주들은 다른 집단들의 균주들과는 달리 자라면서 배지를 갈색으로 물들이는 색소를 형성하는 특징이

있는 것으로 보아 Group II, III, IV에 전부 속하는 나타났다(Fig. 1의 1(D)).

포자에서 분리된 단핵균사체들은 두개의 Group으로 분류되었는데(Table 3) 모두 균사의 색은 흰색

Table 3. Classification of *Armillaria* spp. single spore isolates based on mycological characteristics comparing to mycelial growth, color, and rhizomorph formation on 4% malt agar.

Group	Mycelium		rhizomorph formation
	Growth (diam.mm)	color	
I	54	white	100% covered
II	28	white	No rhizomorph

Table 4. Classification of *Armillaria* species using International tester on collected isolates

Group	Identification of <i>Armillaria</i> using tester
Group I	<i>Armillaria mellea</i>
Group II	<i>Armillaria gallica</i> <i>Armillaria tabescens</i>
Group III	<i>Armillaria gallica</i> <i>Armillaria ostoyae</i>
Group IV	<i>Armillaria gallica</i>

으로 구름처럼 자라는 것이 특징이며 균사생장이 빠르고 균사속을 형성하는 것이 group I이고 균사생장이 느리고 균사속을 형성하지 않은 것을 Group II로 분류되었다(Fig. 1의 2).

Armillaria 속균의 자실체, 이병된 기주의 mycelial fan, 균사속, 단포자에서 72개의 균주가 분리되었는데 이들 균주는 거의 배양적 특성으로 분류된 4가지 Group 범주에 속하였다. 이들 분리균에 대한 정확한 biological species를 분류하기 위하여 tester를 이용하여 교배시험을 한 결과 *A. mellea*가 2균주로 이들 균주는 천마재배포장에서 분리된 균주이며 이제까지 채집한 자실체에서 분리된 균주에서는 *A. mellea*가 없었다. *A. tabescens*는 7균주로 치악산에서는 신나무, 속초에서는 해송의 그루터기와 강원대 연습림의 참나무에서 형성된 자실체에서 분리되었으며 *A. ostoyae*는 24균주로 주로 본 병원균에 침입을 받아 죽은 10년생 전후의 잣나무의 지표면 부위에 형성된 자실체에서 분리되었다. *A. gallica*는 39균주로 주로 참나무 등 14 종류의 기주식물

그루터기에 형성된 자실체에서 분리되었다. 한국산 *Armillaria* 속균을 tester를 이용하여 Group에 대한 biological species를 분류하여 보면 *A. mellea*는 Group I, *A. tabescens*는 Group II, *A. ostoyae*는 Group III, *A. gallica*는 Group II, III, IV로 *A. gallica*가 균주의 변이가 다양한 것으로 나타났다(Table 4).

Armillaria 속균의 접종방법과 균사생장

인공천마 재배시 꼭 필요한 것은 *Armillaria* 속균을 골목내에 빨리 자라게 하는 것으로 천공접종과 종균접착 방법을 가지고 *Armillaria* 속균의 4종을 접종한 결과 2가지 모두 Mycelial fan과 rhizomorph의 형성은 양호하였으나 종균접착법이 오염율이 적었다. *Armillaria* 속균의 종별로 보면 *A. gallica*는 참나무조직체내에서 균사의 덩이인 Mycelial fan이 잘 형성되었으며 조직밖에서는 균사속이 형성되었는데 균사속은 가늘고 질긴 편이었다. *A. mellea*에서는 rhizomorph가 형성되었으나 약하여 쉽게 부서지는 경향이 있었으며 *A. tabescens*와 *A. ostoyae*는 균사속을 형성하지 않았다.

강원도내의 천마 자생지 조사

강원도내의 천마자생지를 찾아 천마를 채집한 결과 인제군 신남면을 포함하여 13개 장소에서 채집되었고 줄기의 색깔에 따라 brownish orange, greyish yellow와 greyish green으로 구분할 수 있었으며 줄기가 brownish orange와 greyish yellow의 천마가 대부분으로 괴경의 크기도 거의 비슷하였다. 천마는 주로 남향으로 약간 경사진 곳에 부식층이 두터운 지역에서만 자생함이 관찰되었다. 천마가 자생하는 주위에는 *Armillaria* 속균의 균사속이 산재하고 있었으며 수종으로는 굴참나무, 갈참나무, 쫄과 물푸레나무 등으로 주로 굴참나무 그루터기가 있는 장소에서 발견되었다(Table 5). 자생지에서 채집된 천마들을 관찰한 결과 천마의 싹은 5월 중순부터 나오기 시작하여 6월 중순까지 나오며 7월 중순까지는 천마줄기를 볼 수 있으나 그 이후에는 대가 부러져서 관찰하기가 어렵다. 원주시 치악산에서 채집된 greyish green 색의 줄기 천마는 괴경이 작고 꽃의 수도 적었다. 이 천마는 주로 북향을 한 골짜기에서 채집되었으며 7월 중순에 싹이 나와 8월 중순까지

Table 5. Collection places, morphological characteristics of *Gastrodia* spp. and mountainous azimuth collected from Kangweon Province

Place	Color of stem	Azimuth of collection	Host tree of rhizomorph formation
Injeo Sinnam	brownish orange	southern	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)
Injeo Bugmyun	brownish orange	southern	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)
Injeo Gilin	greyish yellow	southern	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)
Gosung Gansung	brownish orange	southern	<i>Quercus aliena</i> (갈참나무)
Hongchun I	greyish yellow	southwest	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무) <i>Pueraria lobata</i> (쑥)
Hongchun II	greyish yellow	southeast	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무) <i>Lespedeza bicolor</i> (싸리)
Hongchun III	greyish yellow	southern	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)
Weonju I	greyish green	northern	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)
Weonju II	greyish green	northern	<i>Quercus aliena</i> (갈참나무)
Chunsung I	brownish orange	northern	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)
Chunsung II	brownish orange	northern	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)
Chunsung III	greyish yellow	northern	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)
Yangpyung	greyish yellow	northern	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)

Table 6. No. of *Gastrodia elata* tuber based on weight when tubers were collected from rhizomorph formed on different hosts

Kind of host	No. of <i>Gastrodia</i> tuber			Soil pH
	above 100 g	99 g~50 g	below 49 g	
<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)	3	5	40	5.1
<i>Quercus aliena</i> (갈참나무)	2	4	29	5.0
<i>Fraxinus rhychophylla</i> (물푸레나무)	2	4	28	4.7
<i>Pueraria lobata</i> (쑥)	1	3	20	4.9
<i>Lespedeza bicolor</i> (싸리)	1	5	25	4.6

Table 7. Tuber size, stem length, number of node and flower brought with different stem color of *Gastrodia* spp.

Different color of stem	Length and width of tuber (cm)	Stem length (cm)	No. of node	No. of flower
Brownish orange	11×3	75	5	46
Greyish yellow	12×4	115	6	55
Greyish green	7×1.3	37	5	7

산에서 관찰되었다. 봄에 싹이 나온 천마의 괴경은 썩어 자마를 생산하게 되는데 자마는 *Armillaria*

속군의 균사숙으로부터 영양을 받아 길게 자라다가 두껍게 자라는 것이 특징이며 어린 자마가 약용으로

사용할 수 있는 천마의 괴경이 되기까지 기간은 3년이 걸리며 천마의 괴경에서 싹이 나오는 것이 보였으며 괴경에 본 속균의 균사속이 감고 있는 것이 보였다.

수중에 따른 천마괴경의 생산량과 자생지의 토양 pH를 조사하였는데 수중은 나무질이 단단한 굴참나무 그루터기 근처에서 채집한 천마가 크기도 크고 수량도 많았으며 쪼과 같이 기생체가 작아 양분이 적으면 천마의 괴경도 작고 자마의 수도 적었으며, 자생지의 pH는 5.1~4.6 사이이었다(Table 6).

천마의 종류별 특성

채집된 천마들의 종류별 형태학적인 면에서 비교해 보면 brownish orange(Fig. 1의 3)와 greyish yellow(Fig. 1의 4)색 줄기의 천마괴경은 크기와 모양이 비슷하였으나 대는 greyish yellow이 가장 길고 그 다음이 brownish yellow 색이었으며 geryish green(Fig. 1의 5)이 가장 짧았다. 괴경이 크면 줄기의 생장도 좋고 꽃의 수도 많았으며 greyish green 색은 brownish orange와 greyish yellow보다 줄기의 길이도 짧고 꽃의 수도 적었다(Table 7). 땅위에서 천마의 생활사를 보면 천마의 싹은 비가 온 후 갑자기 땅 위로 솟으며, 잎이 없이 1개월 가량 자라고 꽃이 피기 시작하여 열매가 성숙되기까지는 2주일이 소요된다. 성숙한 열매는 팽대해져서 결국에는 터져 담배씨보다도 작은 종자가 비산하고 이 비산된 씨는 자연상태에서 *Armillaria* 속균을 만나면 영양을 공급받아 발아하여 자라게 된다.

톱밥 및 목편과 참나무를 이용한 천마의 인공재배

Armillaria 속균의 종 별로 배양시킨 공시목편배

양기를 어항에 넣고 천마의 작은 괴경을 접종시킨 결과 1년 후 *A. gallica*(KNU-A110)을 배양한 목편구에서는 천마가 다른 구에 비하여 생산이 많이 되었다. 톱밥배양기에 천마를 접종하면 균사속의 형성이 좋았지만 천마를 접종하지 않으면 균사속도 잘 형성되지 않아 천마와 *Armillaria* 속균의 균사속과 밀접한 관계가 있는 것을 볼 수 있으며 이는 서로 영양분을 공유하는 공생 관계가 있다는 것을 알 수 있었다. 목편배양기는 톱밥배양기보다 천마의 괴경을 생산하는데 좋은 것으로 나타났다. *Armillaria* 속균을 균주별로 접종하고 실험실에서 천마생산과 자실체 형성을 본 결과를(Table 8)에서 보면 *A. gallica*에 속하는 KNU-A110에서 50개의 천마가 생산되어 좋은 균주로 생각되나 자실체는 형성되지 않았다. *A. ostoyae*에 속하는 KNU-A130 균주에

Table 8. *Gastrodia* tuber production and mushroom formation associated with *Armillaria* spp. in the laboratory

<i>Armillaria</i> species	No. of tuber production	Fruiting bodies
<i>Armillaria gallica</i> (KNU-A110)	50	-
<i>Armillaria ostoyae</i> (KNU-A130)	12	+
<i>Armillaria mellea</i> (KNU-A919)	0	+++
<i>Armillaria tabescens</i> (KNU-A901)	0	+++

-: no formation, +: little formation, +++: much fruiting bodies formation

Table 9. *Gastrodia* tuber production and mushroom formation associated with *Armillaria* spp. in the field

<i>Armillaria</i> species	No. of tuber production	Weight of harvested tuber (g/3.3 m ²)	Fruiting bodies
<i>Armillaria gallica</i> (KNU-A110)	70	8450	-
<i>Armillaria ostoyae</i> (KNU-A130)	0	0	++
<i>Armillaria mellea</i> (KNU-A919)	0	0	+++
<i>Armillaria tabescens</i> (KNU-A901)	0	0	+++

-: no formation, +: little formation, ++: medium formation, +++: much fruiting bodies formation

서도 약간의 천마가 생산되었다. 그러나 *A. mellea*나 *A. tabescens*에서는 천마생산을 할 수 없었다. 자연 포장에서도 천마가 KNU-A110에서 가장 많이 형성되어 1평에서 8450 g이 생산되었으나 실내에서와 마찬가지로 *A. mellea*나 *A. tabescens*에서는 천마가 생산되지 않았다(Table 9).

고 찰

Armillaria 속균은 수목을 침입하여 병을 일으키는 중요한 식물병원균이며(Day 1937, Dickinson 1983, Pegler & Gibson 1972, Rishbeth and Toes 1977, Tarry & Shaw 1966) 자실체는 크고 맛도 좋아 식용버섯으로 개발할 수 있다. 특히 본균은 옛날부터 신경질환에 사용되는 한약재인 천마와 공생관계를 유지하여 천마생산을 하는데 꼭 필요한 균이며 이 균에 의하여 형성된 자실체는 한국에서 *A. mellea*는 뽕나무버섯으로 명명되었으나 *A. gallica*나 *A. ostoyae*는 아직 이름이 명명되지 않았으나 필자에 의하여 *A. gallica*는 천마버섯, *A. ostoyae*는 잣나무 버섯으로 명명되었다(성 등, 1994). 천마는 난과에 속하는 식물로 잎과 뿌리가 없는 것이 특징이며 몇년 전까지만 해도 산에서 쉽게 발견할 수 있었으나 근년에는 한약제로 자연산 천마에 많이 의존하기 때문에 점점 고갈되므로 *Armillaria* 속균과 천마와의 관계를 구명하고 인공재배의 토대를 마련하기 위하여 본 연구를 실시하였다.

Armillaria 속균의 자실체는 총생으로 균사속이나 이병된 가지에서 형성되며 주로 참나무 그루터기에서 볼 수 있다. 균의 분리는 자실체의 조직과 단포자를 이용하여 균주를 얻을 수 있으나 균사속이나 이병된 고사목에서는 분리하기가 어려운 것은 균사생장이 느리기 때문이라고 생각된다.

분리된 균주들은 4% malt agar에서의 균사생장과 균사속 형성등에 의하여 조직분리 균사체는 4개의 Group으로 나누었는데 그중에서 Group I은 균사생장보다 균사속의 형성이 좋지만 천마에 병원성을 가진 *A. mellea*로 구명되었으며 천마를 생산하는 *A. gallica*는 Group II, III, IV에 속하고 그중에서 Group II에 속하는 것이 천마를 다량 생산하는 것으로 밝혀졌다.

천마를 생산하기 위하여서는 수목조직에 형성되는

부채모양의 균사나 균사속이 잘 형성되어야 하는데 *A. gallica*는 참나무의 조직속에서는 Mycelial fan이 형성되었으며 목편을 완전히 점유한 다음에는 Mycelial fan이 균사속으로 변하여 조직체 밖으로 뻗는 것이 관찰되었다. 수목에 포자나 균사속으로 침입하여 조직체 내에서 Mycelial fan을 형성한 후에는 조직밖으로 균사속을 형성하여 땅 속으로 뻗어 나가 건전식물을 침입하든지 천마를 만나 공생관계를 갖는 것으로 본 시험을 통하여 밝혀졌다.

본 균과 천마와의 관계를 구명하기 위하여 강원도를 대상으로 천마를 채집한 결과 홍천군등 13개소의 천마자생지를 발견하였으며, 채집지 조건은 남향의 양지쪽이며 주로 굴참나무 벌채지에서 천마가 서식하고 낙엽층이 두터운 부식도로 pH 4.6~5.1이었다. 천마는 자마가 3년의 성장을 걸쳐 싹이 봄에 나오면 그해 가을에 싹으면서 다시 많은 자마로써 무성생식을 하고 있으며 싹이 나온 줄기는 자라 꽃이 피고 열매가 되어 그 속에서 씨가 터져 나온다. 씨는 담배씨보다도 작아 바람에 의하여 이동할 수 있으며 땅에 떨어진 천마의 씨는 *Armillaria* 속균이 존재하면 발아하여 유성생식을 하는 것으로 알려져 있으나 이에 대한 연구는 앞으로 계속되어야 하리라 본다. 천마는 발견한 곳에서 보통 5~10년간 채집할 수가 있으며 이들은 기주체의 양분에 좌우되나 참나무에 *Armillaria* 속균이 감염되면 잘 썩지 않는 것도 하나의 원인이 아닌가 생각된다. 천마는 *Armillaria* 속균이 수목을 침입하여 죽게하든가 벌채한 고사목에서 생긴 균사속으로부터 영양을 받고 자라는데 본 속균은 다범성으로 많은 수종을 침입하나 본 조사에서는 굴참나무, 갈참나무, 물푸레나무, 싸리와 톨에서 발견되었다. 천마는 굴참나무 그루터기에서 채집한 것이 괴경이 크고 수량이 많은 점으로 미루어 보아 인공재배시 단단하고 오래동안 썩지 않은 굴참나무를 사용하는 것이 바람직하다고 생각된다.

본 조사에서 채집된 천마를 줄기의 색깔에 따라 3가지로 나눌수 있는데 줄기의 색깔이 brownish orange나 greyish yellow는 *Gastrodia elata*로 동정되나, greyish green는 *G. gracilis*로 동정되었다(Tuyama & Sugino 1966). *G. elata*로 동정된 천마는 괴경이 커서 인공재배를 위하여 이 종의 천마를 이용하는 것이 바람직하다고 본다.

천마의 인공 재배시 좋은 균주로는 균사속 형성이 왕성한 *A. gallica*에 속하는 균주중에서 선택하며, 토양은 pH가 5~6 사이로 물빠짐이 좋은 남향의 양지쪽에서 재배하는 것이 좋다는 결론을 얻었다. *Armillaria* 속균의 원목접종은 천공접종법보다 종균과 원목을 동시에 묻는 종균접착법이 천마를 생산하는데 좋은 방법으로 이것은 종균을 접종하고 묻으면 바로 균사속이 형성되면서 접촉부위의 참나무를 침입하지만 천공접종법은 접종할 때 종균이 부서지고 바로 매몰하지 않기 때문에 종균의 활성이 떨어지지 않나 생각되어진다.

결론적으로 여러 공시균주 중에서 천마버섯균인 *A. gallica*에 속하는 KNU-A110은 천마를 많이 생산할 수 있는 우수한 균주로 보이며 재배 방법으로는 종균접착법이 좋은 것으로 생각된다, 아울러 본 연구가 앞으로 천마를 성공적으로 재배하는데 기초 자료로 활용될 수 있으리라 본다.

적 요

Armillaria 속균은 천마를 생산하는데 아주 중요한 균이다. 한국에서는 천마재배지의 골목과 이병수목 그리고 그 곳에서 발생한 자실체로부터 72균주가 분리 되었다. 이들 분리균에 대한 정확한 biological species를 분류하기 위하여 tester를 이용하여 교배 시험을 한 결과 *A. mellea*가 2균주로 이들 균주는 천마재배포장에서 분리 된 균주이며 이제까지 채집한 자실체에서 분리된 균주에서는 *A. mellea*가 없었다. *A. tabescens*는 7균주로 치악산에서는 신나무, 속초에서는 해송의 그루터기와 강원대 연습림의 참나무에서 형성된 자실체에서 분리되었으며 *A. ostoyae*는 24균주로 주로 본 병원균에 침입을 받아 죽은 10년생 전후의 잣나무의 지표면 부위에 형성된 자실체에서 분리되었다. *A. gallica*는 39균주로 주로 참나무 등 14 종류의 기주식물 그루터기에 형성된 자실체에서 분리되었다. *Armillaria* 속균들은 배양적 특성에 따라서 4가지 Group 들로 분리되었으며 Group II인 KNU-A110(*A. gallica*)은 다른 Group 들에 비해 균사의 성장과 균사속 형성이 대단히 왕성하였고 천마의 생산에도 우수한 것으로 판별되었다. 이 균들은 식물조직에 있는 mycelial fan과 천마 사이를 균사속에 의하여 연결하고 있다. 또한

재배 방법에 있어서는 종균접착법이 가장 좋았다.

천마는 강원도 내의 13개 지역에서 발견되었다. 천마는 줄기의 색에 의하여 3가지 종류로 구별되었으며 줄기색이 brownish orange와 greyish yellow는 *G. elata*로 판별되었고 줄기색이 greyish green 인 것은 *G. gracilis*로 판별되었다. 천마는 주로 5월 중순에서 6월 중순 사이에 낙엽이 떨어진 부식토층의 남향 경사지에서 채집되었다. 자마는 성숙한 천마가 짝이나고 썩으며 생산되든지 다른 자마로부터 출아로 생산되었다. 자마는 균사속으로부터 영양분을 얻어서 자라게 되며 자마가 성숙한 천마가 되기까지는 약 3년이 소요된다.

감 사

본 연구는 1993년 농촌진흥청에서 시행한 농업특정연구과제의 연구비로 수행된 결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다

參考文獻

- Day, W.R. 1937. The parasitism of *Armillaria mellea* in relation to conifers. *Quart. J. For.* 21: 9-12.
- Dickinson, C. and J. Lucas. 1983. The Encyclopedia of Mushrooms. Crescent Books, New York.
- Fries, E.M. 1821. Systema Mycologium. *Gryphiswaldiae*.
- 한국균학회. 1978. 한국버섯이름 통일안. 한국균학회지 6(2): 45-55.
- 周鉉, 劉成運. 1987. 천마형태학, 중국과학출판사, p. 133.
- Hamada, M. 1939. Studies uber die mykorrhiza von *Galeola septentrionalis* REICHB.-Ein neuer Fall der Mykorrhiza-Bildung durch intraradicale Rhizomorpha. Die Pflanze 151-210.
- Kummer, P. 1871. Der fuher in die Pilzkunde. Zerbst.
- Kusano, S. 1911. *Gastrodia elata* and its symbiotic association with *Armillaria mellea*. *J. Coll. Agric. Tokyo.* 4(1): 1-68.
- 伊藤誠哉. 1959. 日本菌類誌. 第2卷 第5號 養賢堂.
- 이지열. 1983. 천마의 인공재배법. 대한민국특허공고.
- Pegler, D.N. and I.A.S. Gibson. 1972. C.M.I. Description Pathogen. Fungi and Bact. No. 321.
- Rishbeth, J. and E.H.A. Toes. 1977. Impact of *Dothistroma* needle blight and *Armillaria* rootrot on dia-

- meter growth of *Pinus radiata*. *Phytopathology* **67**: 1319-1323.
- Singer, R. 1986. The Agaricales in Modern Taxonomy. Printed in Germany.
- Sung, J.M. and J.Y. Cha. 1988. Unreported foot and root rot of *Pinus Koriensis* caused by *Armillaria mellea* in Korea. *Kor. P. Plant Pathology* (Abstract).
- Sung, J.M. Park, Y.J. Kim, H.J. and Harrington, T.C. 1991. Biology and taxonomic concepts of *Armillaria* in *Pinus* forests in Korea. *Kor. J. Pl. Path.* **7**(1): 6-16.
- Sung, J.M. Yang, K.J. Lee, H.K. and Harrington, T.C. 1994. Studies on Korean Species of *Armillaria*. *Kor. J. Pl. Path.* **10**(4): 261-269.
- Tuyama, T. and T. Sugino. 1966. Notes on *Gastrodia* of Japan (3). *J. Japan.* **41**(11).
- Tarry, T.C. and C.G. Shaw. 1966. Association of *Armillaria mellea* with dieback of *Ceanothus* in the Pacific Northwest. *Pl. Dis.* **50**: 399-400.
- Zhang, W. and B. Li. 1980. The biological relationship of *Gastrodia elata* and *Armillaria mellea*. *Acta Botanica Sinica.* **22**(1): 57-63.