

## 땅찌만가닥버섯菌의 接種이 참싸리 苗木의 菌根形成과 生長에 미치는 影響

李相龍\* · 鄭周海 · 李鍾奎

江原大學校 山林科學大學 山林資源學部

### Effects of *Lyophyllum shimeji* Inoculation on the Mycorrhizal Formation and Seedling Growth of *Lespedeza cyrtobotrya*

Sang Yong Lee\*, Joo Hae Jung and Jong Kyu Lee

Division of Forest Resources, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

**요 약:** 훼손된 비탈면의 조림에 균근균의 이용가능성을 타진하기 위하여, 땅찌만가닥버섯(*Lyophyllum shimeji*)의 배양학적 특성 및 인공접종에 의한 참싸리(*Lespedeza cyrtobotrya*)에서의 균근 형성 특성을 조사하였다. *L. shimeji*는 MP (1% malt extract, 0.1% peptone, 1% glucose, 1.5% agar)배지에서 균사 생장이 가장 왕성하였으며, 균사 최적 배양 온도 및 pH는 각각 25°C 및 pH 6 이었다. 인공접종에 의한 참싸리에서의 균근 형성 특성을 조사한 결과, *L. shimeji*는 Hartig net을 형성하는 외생균근의 특성을 나타내었으며, 균근 접종 실생 묘목 뿌리의 생장율은 대조구에 비하여 우수하였다. 균근 접종 실생 묘목을 비탈면에 이식하였을 때의 생존율 및 건중량은 각각 62% 및 850 mg/본 이었으나, 균근을 접종하지 않은 실생 묘목의 생존율 및 건중량은 각각 11% 및 430 mg/본 이었다.

**Abstract:** For the application of ectomycorrhizal seedlings on damaged slope lands, studies on cultural characteristics of *Lyophyllum shimeji* and ectomycorrhizal associations of *Lespedeza cyrtobotrya* seedlings were carried out by artificial inoculation of *L. shimeji*. Mycelial growth of *L. shimeji* was best on MP (1% malt extract, 0.1% peptone, 1% glucose and 1.5% agar) medium. An optimum temperature and pH for the mycelial growth were 25°C and pH6, respectively. Mycorrhizal root of *L. cyrtobotrya* seedlings inoculated with *L. shimeji* showed characteristics of ectomycorrhizas with Hartig net. Growth rate of the mycorrhizal seedlings's roots was higher than that of non-mycorrhizal seedlings. When the mycorrhizal seedlings were transplanted in slope land, survival rate and dry weight were 62% and 850 mg/seedling, respectively. On the other hand, survival rate and dry weight of non-mycorrhizal seedlings were 11% and 430 mg/seedling, respectively.

**Key words :** *Lyophyllum shimeji*, *Lespedeza cyrtobotrya*, *Ectomycorrhiza*, *Hartig net*

### 서 론

균근(mycorrhiza)이란 균류가 기주식물체로부터 탄수화물을 공급받아 생리적 기능을 유지하는 반면에 기주 식물체에 균류의 균사로부터 흡수한 토양내의 수분과 양분을 공급해 주는 관계를 갖는, 식물의 뿌리에 공생하며 형성한 균사-식물 뿌리의 복합조직을 의미하는데, 현재 균근은 식물조직에서의 균사침입특성 및 균근균과 기주식물과의 특이성 등에 의하여 내생균근(endomycorrhiza), 외생균근(ectomycorrhiza), 내외생균근(ectendomycorrhiza),

vesicular-arbuscular mycorrhiza, orchid mycorrhiza 및 ericoid mycorrhiza 등으로 구분되고 있다. 이들중 특히 외생균근균의 대부분은 담자균류(Basidiomycota)의 모균강(Hymenomycetes)에 속하며(Miller, 1982), 목본식물과 공생하는 특성을 갖고 있어 임업적으로 주요 연구대상이 되어 왔다(Marx, 1980; Menge, 1983; Meyer, 1973).

균근의 식물에 대한 영향은 기주식물의 성장 및 생리적 기능의 촉진으로서(Marx and Artman, 1979; Navratil and Rochon, 1981), 가장 많이 알려진 사실은 토양중의 인산과 미량원소의 흡수 촉진(Iwan and Zak, 1979), 질소 고정(Kucey and Paul, 1982)이며, 이와 함께 기주식물의 생리 활성 호르몬의 분비(Duchesne 등, 1988), 내건성의 증

\*Corresponding author  
E-mail: sangyong@kangwon.ac.kr

대(Dixon 등, 1980), 내열성의 증진(Marx and Bryan, 1971), 산성우에 대한 내성 증진(Stroo and Alexander, 1985) 및 뿌리 병원균의 감염 억제(Marx 1972; Marx, 1973)등의 효과도 있음이 입증되었다. 따라서 임업적으로는 비탈면이나 화산지대와 같이 척박하고 열악한 지역에서 인공조림시에 균근균을 이용하여 효과적인 식생안정 결과를 얻기도 하였다(Ezaki 등, 1997; Marx 등, 1978; Okabe 등, 1994; Okabe 등, 1997)

국내의 경우, 한국의 목본식물과 공생하는 외생균근균을 조사한 결과, 100종 이상의 균근균을 분류 동정함으로써 우리나라에는 비교적 다양한 균근이 존재하는 것을 알 수 있었으며(Lee and Kim, 1983; Lee and Kim, 1986; Lee and Kim, 1987; Lee 등, 1981), 소나무림과 포플러림에 공생하는 외생균근균을 동정 비교하였을 때, 기주특이적인 균근균보다는 다수의 동일한 균근균이 두 임분에서 공히 분포하는 것이 확인되었다(Lee and Kim, 1983). 또한 *Pisolithus tinctorius*와 *Thelephora terrestris*를 이용하여 5종의 소나무류 묘목에 인공 접종한 결과, *P. tinctorius*로 접종한 소나무류 묘목은 무처리 묘목보다 수고생장 및 건중량에서 탁월한 증진효과를 나타내었으며(Koo 등, 1982), 리기테다소나무 묘목에 *P. tinctorius*를 인공접종하였을 때 인공 산성우에 의한 피해를 줄일 수 있음을 입증하였다(Ko and Lee, 1988). 실생 묘목에의 인공접종뿐만 아니라 상수리나무의 삼수에 균근균인 *P. tinctorius*를 인공접종 함으로서 삼목의 발근율은 증진시킬 수 있었으며(Kim and Lee, 1990), 상수리나무 조직배양묘 및 소나무 삼수묘의 발근도 촉진시킬 수 있음을 확인하였다(Lee and Kim, 1994).

이와 같이 균근균은 식물생장에 여러 면으로 유익한 역할을 하는 유용미생물 중의 하나로서, 특히 주로 목본 식물에 존재하는 외생균근균을 활용하여 척박한 토양에 조림을 할 경우 효율적으로 식생을 안정시킬 수 있을 것으로 판단된다. 특히 최근에 발생한 대형 산불 및 태풍으로 인한 산사태와 지속적인 임도의 개설은 대면적의 산림을 황폐화시켰으며, 이러한 피해지의 인공조림은 척박하고

열악한 피해임지의 토양 특성 때문에 인공조림에 의한 활착율이 매우 낮은 경우가 많은데, 이 경우에도 균근균을 이용하면 보다 식생을 안정시키는 효과가 보다 높아질 것으로 판단된다.

한편, Lee 등(1998)은 국내의 비탈면 녹화용 조림에 많이 이용되는 참싸리(*Lespedeza cyrtobotrya*)를 대상으로 하여 모래밭버섯(*P. tinctorius*), 자갈밭버섯(*Hebeloma cylindrosporum*), 젓비단그물버섯(*Suillus granulatus*), 우단버섯속(*Paxillus sp.*), 땅찌만가닥버섯(*Lyophyllum shimeji*) 등을 인공접종한 결과, 참싸리에는 땅찌만가닥버섯(*L. shimeji*)이 가장 효과적으로 균근을 형성할 수 있다는 결과를 보고한 바 있다. 또한, *L. shimeji*는 소나무의 외생균근균의 일종이며(Kawai, 1997), 동시에 부가가치가 높은 식용버섯으로 알려져 있기 때문에 일본에서는 이미 인공배양에 관한 연구가 일부 수행되었으므로(Ohta, 1994a, 1994b; Ohta, 1997; Ohta, 1988), 앞으로도 이에 관하여 다각적인 활용 방안을 모색할 가치가 있는 연구 대상의 균류로 판단된다.

따라서, 이 연구는 비탈면 등과 같은 토양 환경이 열악한 임지에의 조림에 이용할 수 있는 유용 균근균의 개발을 목적으로, 균근균의 일종인 *L. shimeji*의 배양특성을 구명하고자 하였으며, 아울러 대표적인 사방 수종 중의 하나인 참싸리 실생묘에서의 *L. shimeji* 균근 형성 특성과 균근균을 인공 접종한 참싸리 묘목을 비탈면에 적용하였을 경우, 균근균이 참싸리의 생육에 미치는 영향을 분석함으로써 *L. shimeji* 균근균의 현장적용 가능성을 검증하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시 균주 및 수종

이 실험에 사용한 땅찌만가닥버섯(*L. shimeji*) 균주는 신갈나무에서 발생한 자실체로부터 분리 배양한 것으로서 일본 북해도대학 농학부의 車柱榮박사로부터 분양받았다. 한편, 공시수종은 사방조림용으로 많이 사용되고 있는 참싸리(*L. cyrtobotrya*)를 사용하였다.

Table 1. Medium composition used.

Medium	Composition
PDA	PDA (Difco Co.) 39 g, Distilled water 1 l
FDA	NH <sub>4</sub> Cl 0.5 g, KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.5 g, MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O 0.5 g, Malt extract 5.0 g, Glucose 20 g, Agar 1.5%, Distilled water 1 l, pH 5.0.
HAGEM	Malt extract 5 g, Glucose 5 g, NH <sub>4</sub> Cl 0.5 g, KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.5g, MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O 0.5 g, FeCl <sub>3</sub> 1.5 ml (1% sol.), Agar 1.5%, Distilled water 1 l.
HAMATA	Dry yeast 5 g, Glucose 20 g, KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 1 g, MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O 0.5 g, Agar 1.5%, Distilled water 1 l.
MP	Malt extract 10 g, Peptone 1 g, Glucose 10 g, Agar 1.5%, water 1 l.
YPGA	Yeast extract 2 g, Peptone 2 g, Glucose 10 g, KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 1 g, MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O 0.5 g, Agar 1.5 %, Distilled water 1 l.
MMN	Malt extract 3.0 g, Glucose 10 g, (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.25 g, KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0.5 g, MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O 0.15 g, CaCl <sub>2</sub> 0.05 g, FeCl <sub>3</sub> 1.2 ml (1% sol.), NaCl 0.025 g, Thimine HCl 100 µg, Agar 1.5 %, Distilled water 1 l, pH 5.8.

## 2. 공시 배지 및 균근균의 배양

배양특성 조사를 위하여 사용한 배지는 potato dextrose agar (PDA)를 포함하여 총 7종으로 각 공시배지의 명칭 및 조성은 Table 1과 같다. 각 배지에서의 균사생장량은 PDA배지에서 배양한 공시균의 균사를 직경 5 mm의 cork borer로 접종원을 만들어 페트리접시에 제조한 각 공시배지에 접종하고, 25°C 항온기에서 10일간 배양한 후 균사의 직경생장량을 측정하였다.

온도별 균사생장량은 1% malt extract, 0.1% peptone, 1% glucose 및 1.5% agar(MP)배지에서 배양한 땅찌만가닥버섯의 균사체를 직경 5 mm의 접종원으로 하여 MP 배지에 접종하고, 10°C~35°C 항온기에서 8일간 배양한 후 균사의 직경생장량을 조사하였으며, pH별 균사생장량은 MP배지를 2N HCl 및 2N NaOH로 pH4~pH9까지 조정하여 다음 25°C 항온기에서 30일간 배양한 후 균사의 직경생장량을 조사하였다.

## 3. 종자 소독 및 발아

균근형성에 사용한 참싸리 묘목은 직접 종자를 발아시켜 사용하였으며, 종자소독은 Nordam과 Fortin(1982) 및 Brundrett 등(1990)의 방법에 준하여 실시하였다. 즉, 참싸리 종자를 흐르는 수돗물에 24시간 수세한 후 70% ethanol로 10초간 1회, 30% 과산화수소 용액(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)에서 20초간 2회, 5% 차아염소산나트륨(NaOCl)에서 20분간 소독한 후, 멸균 증류수로 수세하였다. 소독한 종자는 0.7% agar 50 ml를 분주한 12×7.5 cm 크기의 조직배양 용기(SIGMA)에 50립씩 정치시킨 후, 25°C 식물생장상에서 발아를 유도하였으며, 광, 암 조건을 12시간씩 교대로 처리하였다.

## 4. 균근균의 인공접종

균근균의 인공접종은 Norris 등(1994)의 방법에 따라 실시하였다. 즉, 20×3.5 cm의 시험관(PYREX Cat No. 9825) 내부 벽면을 Whatman filter paper로 시험관의 10 cm 부위까지 감싸고 그 안에 peat moss-vermiculite(1 : 1 v/v)를 채워 넣은 다음, 약 20 ml의 수돗물을 첨가하여 1 시간 동안 고압멸균하였다. 그 다음 MP배지에서 배양한 *L. shimeji* 균근균의 균사 접종원 및 살균한 종자로부터 발아한 실생묘를 시험관의 유리벽면과 filter paper 사이에 정치시키고, aluminium foil로 시험관 외부를 filter paper 상단까지 감싼 다음, 실온의 자연광 상태에 정치하여 1개월간 증식시켰다. 이와 같이 육성시킨 균근 접종 묘목을 사토-vermiculite(3 : 1, v/v)의 원형 포트(6×18 cm)에 이식하여 식물생장상(25°C, 상대습도 60%)에서 약 1개월간 증식시킨 후에 야외 이식 실험에 사용하였다. 한편, *L. shimeji* 균근균 접종이 참싸리 실생 묘목의 생장에 미치는 영향은 균근 접종 1개월 후에 지상부 및 지하부의 체장 및 건중

량을 측정하여 T 검정에 의한 통계적인 유의성 검정을 실시하였다.

## 5. 균근 염색 및 검경

균근 형성 유무 및 식물 뿌리조직내의 균근 특성은 *L. shimeji* 균근균을 무균적으로 접종한 후 1개월간 증식시킨 실생묘의 뿌리조직을 hand section으로 횡단하여 박편을 제작하였으며, 이들 박편은 Brundrett 등 (1996)의 방법에 따라서 염색하여 검경하였다. 즉, 박편을 10% KOH에 옮겨 80°C에서 5시간 처리하고 수세하여 0.03% Chlorazol black E 염색액(lactic acid, glycerine, water 1 : 1 : 1)으로 60°C에서 3시간 염색한 다음, 50% glycerine으로 마운트하여 현미경으로 관찰하였다.

## 6. 균근균 묘목의 야외 이식

야외 인공사면 시험지는 화강암질 풍화 토양의 강원대학교 구내림에 각 시험구당 1×2 m로 조성하였으며, 경사도는 약 30° 이었다. *L. shimeji* 균근균을 접종한 참싸리 실생 묘목과 대조구로 균근균을 접종하지 않은 참싸리 실생 묘목은 각각 50본씩 이식하였다. 한편, *L. shimeji* 균근균 접종이 묘목의 생장에 미치는 영향은 이식 2개월 후에 건중량을 측정하여 T 검정에 의한 통계적인 유의성 검정을 실시하였으며, 이 때의 각 처리구의 묘목의 생존율도 함께 조사하였다.

## 결 과

### 1. 땅찌만가닥버섯의 (*L. shimeji*) 배양적 특성

배지 조성을 달리하는 총 7종의 인공배지를 공시하여 *L. shimeji*의 균사생장량을 비교 분석하였다. 그 결과 Figure 1에서와 같이 MP배지에서 균사생장이 가장 양호하였으며 다음으로 PDA, HAMATA 및 YPGA 배지의 순서이었다. MP 배지에서의 온도별 균사생장량은 10°C에서

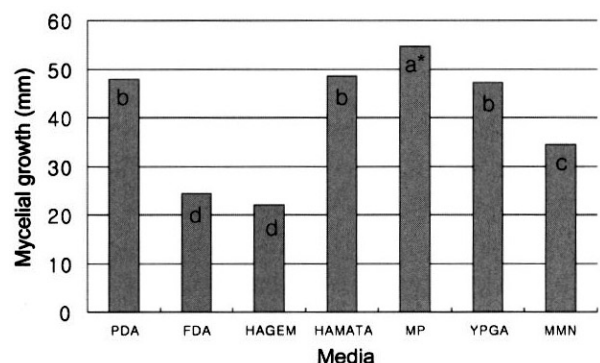


Figure 1. Mycelial growth of *Lyophyllum shimeji* on various culture media. \*: Mean separation by Duncan multiple range test at 5% level.

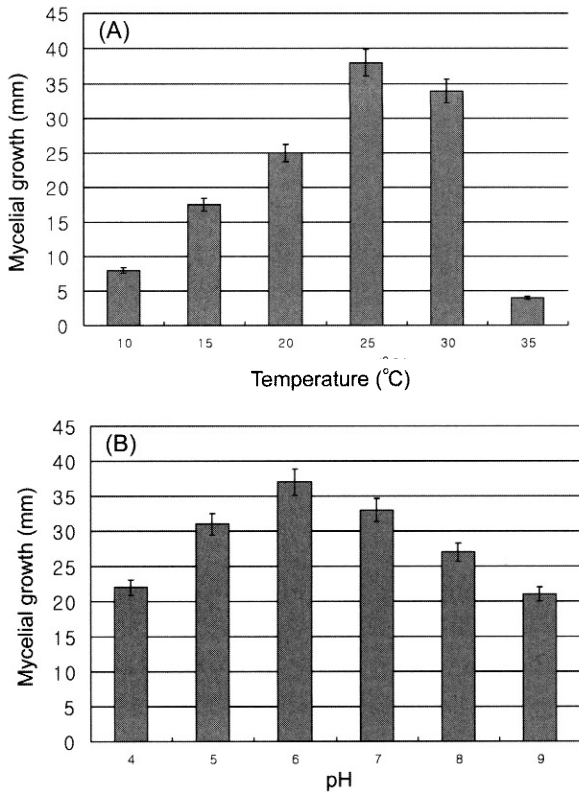


Figure 2. Effect of temperature(A) and pH(B) on mycelial growth of *L. shimeji*.

35°C 까지 5°C 간격의 항온기에서 8일간 배양한 후의 균사생장량을 조사하였는데, 그 결과 Figure 2-A에서 보는 바와 같이 25°C에서 균사 생장이 가장 왕성하였으며 35°C에서는 급격히 균사 생장이 둔화되어 전반적으로는 균사 성장 적온이 25-30°C 범위에 속하는 중온성의 특성을 나타내었다. 한편, 배지의 pH에 따른 균사생장량은 Figure 2-B에서 보는 바와 같이 pH 6에서 최고의 균사생장을 나타내었으며, 전반적으로는 pH 6-7의 중성 전후를 선호하는 균으로 밝혀졌다.

## 2. 참싸리에서의 *L. shimeji* 균근 형성 특성

*L. shimeji* 배양균사를 시험관에서 참싸리 실생묘목에 접종하고 약 1개월간 증식시킨 후, 참싸리 뿌리를 0.03% Chlorazol black E로 염색하여 관찰하였다. 그 결과, *L. shimeji* 균사로 접종한 참싸리의 뿌리표피는 뿌리 정단부를 포함하여 전체적으로 백색의 *L. shimeji*의 균사층(hyphal mantle)으로 피복되어 있었는데, 균사층의 균사의 밀도는 비교적 낮은 편으로, 그 두께는 약 50~300 μm의 범위로 분포하였으며, 뿌리 정단부로 갈수록 균사층이 얇아지는 경향을 보였다 (Figure 3-A). 또한, hand section에 의하여 이 조직의 횡단 단편을 관찰하였을 때, 피층 세포(cortex cell) 간극에서 비교적 고밀도의 균사가 원형 상태로 뭉쳐있는 형태의 Hartig net가 고르게 분포함을 확인 할

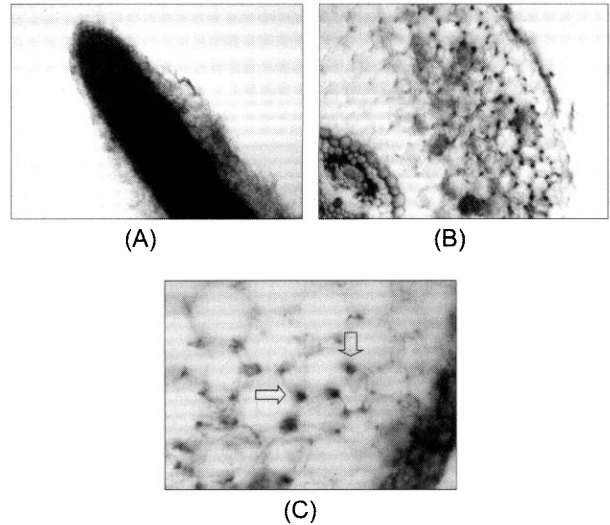


Figure 3. Root surface of *L. cyrtobotrya* seedling associated with thick hyphal mantle of *L. shimeji* (A), and a cross section of the tissue of *L. cyrtobotrya* inoculated with *L. shimeji* (B). C is magnification of B. Arrow heads indicate Hartig net.

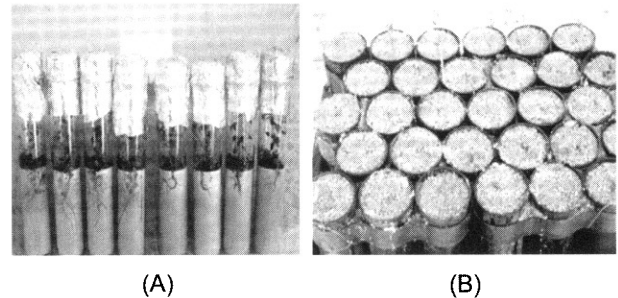


Figure 4. *L. cyrtobotrya* seedlings inoculated with *L. shimeji* in glass test tubes (A), and the seedlings transplanted to sandy soils (B).

수 있었으며 (Figure 3-B, C), 균사층이 두꺼운 부위일수록 Hartig net가 잘 발달하였는데, 이러한 특성으로 보아서 *L. shimeji*는 참싸리 실생묘목의 뿌리에 외생균근을 형성하는 것으로 판단되었다. 한편, 균근의 형성 유·무는 뿌리상의 백색의 균사층의 유·무에 의하여 육안으로 구분할 수 있었는데, 시험관에서의 인공접종에 의한 균근 형성율은 약 80%에 달하였다.

## 3. in vitro에서 *L. shimeji*이 실생묘 성장에 미치는 영향

시험관에서 균근균을 접종한 1개월 후의 균근 형성 실생묘목(Figure 4-A) 각 13주를 임의로 선발하여 이들의 생장특성을 분석하였다(Table 2). *L. shimeji*를 접종한 참싸리 실생묘목 지상부의 생장량(줄기의 길이 및 건조량)과 대조구인 무접종 참싸리 실생묘목 지상부의 생장량은 T 검정 결과 통계적인 유의성이 인정되지 않았으나, *L. shimeji*를 접종한 참싸리 실생묘목 뿌리의 생장량(뿌리의

**Table 2. *In vitro* growth characteristics of *Lespedeza cyrtobotrya* seedlings inoculated with *L. shimeji*.**

Inoculum	Seedling Height (cm)		Dry Weight (mg)	
	Shoot	Root*	Shoot	Root*
<i>L. shimeji</i>	3.62 ± 0.47	6.90 ± 1.18	90 ± 23.09	50 ± 10.54
Control	3.26 ± 0.33	2.75 ± 0.57	70 ± 20.14	20 ± 7.45

\*0.05% significantly different by T test. The values are mean ± standard deviation.

길이 및 건중량)과 대조구의 생장량 간에는 유의성이 인정되었는데 즉, *L. shimeji* 를 접종한 참싸리 실생묘목 뿌리의 길이 및 건중량은 대조구에 비하여 약 2.5배 촉진되었음을 확인할 수 있었다. 한편, 이와 같이 시험관에서 *L. shimeji* 를 접종한 참싸리묘목을 사토의 원형 포트에 이식하여 식물생장상에서 약 1개월간 증식시켰을 경우에도 고사 묘목의 발생 없이 양호한 활착율을 나타내었다(Figure 4B).

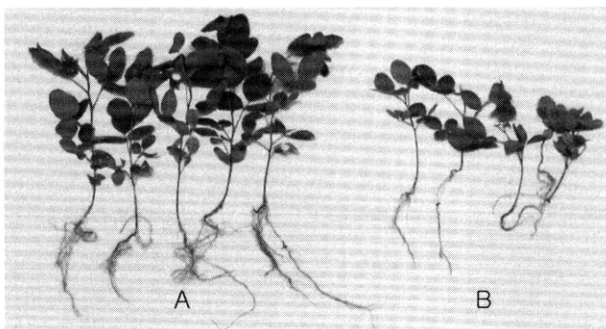
**4. 비탈면에 이식한 참싸리 균근 접종 실생묘목의 생육 특성**

참싸리에 *L. shimeji* 균근균을 접종한 실생 묘목을 비탈면에 이식한 2개월 후에, 균근균 접종 묘목과 균근균을 접종하지 않은 묘목의 생존율을 비교하였을 때, Table 3에서 보는 바와 같이 균근균을 접종하지 않은 묘목의 생존율이 11%인데 비하여 *L. shimeji* 균근균을 접종한 묘목의 생존율은 62%이었다. 또한, 각 시험구에서 임의로 10주의 묘목을 선발하고 건중량을 측정하여 T 검정을 실시한 결과,

**Table 3. Growth characteristics of *L. cyrtobotrya* seedlings transplanted in slope land.**

Inoculum	Dry Weight (mg)*	Survival Rate (%)
<i>L. shimeji</i>	850 ± 61.42	62
Control	430 ± 25.82	11

\*0.05% significantly different by T test. The values are mean ± standard deviation.



**Figure 5. *L. cyrtobotrya* seedlings transplanted and grown for 2 months in slope land. A is the seedlings inoculated with *L. shimeji*. B is control seedlings.**

참싸리 묘목의 건중량 간에는 유의적인 차이가 인정되었으며, 균근균을 접종하지 않은 묘목의 평균 건중량은 430 mg인 반면에 *L. shimeji* 균근균을 접종한 묘목의 건중량은 850mg이었다 (Figure 5).

**고 찰**

공시한 *L. shimeji*의 배양학적 특성은 균사생장 최적온도 및 pH는 기존에 보고된 균근균들과 유사한 중온성 미생물의 특성을 나타내었으며, MP 배지를 이용하면 비교적 손쉽게 균사 배양을 할 수 있었다.

*L. shimeji*는 소나무의 외생균근이라는 것은 이미 확인된 바가 있으나(Kawai, 1997), 이 실험에서는 인공접종에 의하여 *L. shimeji* 가 참싸리에도 외생균근을 형성한다는 사실을 알 수 있었다. 단, 이 연구에서는 *L. shimeji* 의 참싸리 실생묘에서의 균근 형성 여부에 국한된 실험만 수행되었으므로, 앞으로는 보다 구체적인 참싸리에서의 *L. shimeji* 균근균의 형태학적 특성 및 세포학적 특성이 밝혀져야 할 필요성이 있다.

한편, 야외 비탈면 시험지에 *L. shimeji* 균근균 접종 참싸리 묘목을 이식하였을 경우, 이식 2개월 후 참싸리 묘목의 생존율은 균근균 접종 참싸리 묘목(62%)이 무접종 묘목 (11%)에 비해 5배 이상 높게 나타남으로써, *L. shimeji* 와 같은 균근균을 이용하여 참싸리를 식재하면, 비탈면 안정화의 조기 정착에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 이 때의 참싸리 묘목의 건중량을 조사하였을 때, 균근균 접종 묘목(850 mg)이 무접종 묘목(430 mg)의 약 2배에 달하였는데, 이러한 결과는 균근균인 *Pisolithus tinctorius*와 *Thelephora terrestris*를 이용하여 5종의 소나무류 묘목에 인공 접종한 결과, *P. tinctorius*로 접종한 소나무류 묘목은 무처리 묘목보다 수고 생장 및 건중량에서 탁월한 증진효과를 나타내었다는 기록(Koo 등, 1982)과도 유사한 결과로서, *L. shimeji*의 접종이 참싸리 묘목의 초기생장 증진에 미치는 효과가 매우 높음을 알 수 있었다. Kim과 Lee(1990)는 상수리나무의 삼수에 *P. tinctorius*를 인공접종함으로써 삼목의 발근율을 증진시킬 수 있었으며, 상수리나무 조직배양묘 및 소나무 삼수묘의 발근도 촉진시킬 수 있었다(Lee and Kim 1994). 이 실험에서도 *in vitro*에서 참싸리에 *L. shimeji*를 접종한 실생묘목과 무처리 실생묘목의 생장량을 조사하였을 때, 균근균을 접종한 참싸리 실생묘목의 뿌리의 생장량 (뿌리의 길이 및 건중량)이 무처리 실생 묘목 뿌리의 생장량에 비하여 양호한 것으로 확인되어, *L. shimeji*의 접종이 특히 참싸리묘목의 근계 발달에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

토양환경이 열악한 비탈면의 식생을 안정시키기 위해서는 도입식생의 초기 활착율에 따라서 비탈면 녹화의 성

폐가 좌우된다고도 할 수 있는데, 비탈면과 같은 토양환경이 열악한 지역의 인공조림시에 균근균을 이용하면 식생이 보다 효과적으로 정착되어 사면을 안정시킬 수 있는 효과가 있다고 하였다(Ezaki 등, 1997; Marx and Artman, 1979; Okabe 등, 1994; Okabe 등, 1997). 이 실험의 결과, *L. shimeji*를 접종한 참싸리 실생묘목의 생존율, 건중량 및 뿌리의 발달이 균근균을 접종하지 않은 묘목에 비하여 탁월하다는 사실을 알 수 있었으므로 *L. shimeji* 균근균을 접종한 참싸리 묘목의 비탈면 녹화에의 활용은 비탈면을 효과적으로 안정화시킬 수 있는 방법 중의 한가지라고 할 수 있겠다.

### 인용문헌

1. Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T. and Malajczuk, N. 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. pp. 179-181. ACIAR Monograph 32. Canberra, Australia.
2. Brundrett, M., Murase, G. and Kendrick, B. 1990. Comparative anatomy of roots and mycorrhizae of common Ontario trees. Canadian Journal of Botany 68 : 551-578.
3. Dixon, R.K., Wright, G.M., Behn, G.T., Teskey, R.O. and Hinckley, T.M. 1980. Water deficits and root growth of ectomycorrhizal white oak seedling. Canadian Journal of Forest Research 10 : 545-548.
4. Duchesne, L.C., Peterson, R.L. and Ellis, B.E. 1988. Pine root exudate stimulates the synthesis of antifungal compounds by the ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutus*. New Phytologist 108 : 471-476.
5. Ezaki, T., Marumoto, T., Hayakawa, S., Okabe, H., Yamamoto, K. and Chun, K.W. 1997. Forest regeneration utilizing mulching sheet and mycorrhizal fungi. Journal of Agricultural Meteorology 52 : 617-620.
6. Iwan, H. and Zak, B. 1979. Acid phosphatase activity of six ectomycorrhizal fungi. Canadian Journal of Botany 57 : 1203-1205.
7. Kawai, M. 1997. Artificial ectomycorrhiza formation on roots of air-layered *Pinus densiflora* sapling by inoculation with *Lyophyllum shimeji*. Mycologia 89 : 228-232.
8. Kim, J.J. and Lee, K.J. 1990. Effects of inoculation with mycorrhizal fungi, *Pisolithus tinctorius* and *Glomus* sp. on the rooting of *Quercus acutissima* Carr. cuttings at various ortet ages. Journal of Korean Forest Society 79 : 302-308.
9. Ko, M.G. and Lee, K.J. 1988. Effects of simulated acid rain on the growth of *Pinus rigida* X *taeda* seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi, *Pisolithus tinctorius* and *Suillus luteus*. Journal of Korean Forest Society 77 : 453-459.
10. Koo, C.D., Lee, K.J. and Yim, K.B. 1982. Growth stimulation of pines by artificial inoculation with mycorrhizal fungus, *Pisolithus tinctorius*. Journal of Korean Forest Society 55 : 22-29.
11. Kucey, R.M.N. and Paul, E.A. 1982. Carbon flow, photosynthesis and N<sub>2</sub> fixation in mycorrhizal and nodulated Faba Beans (*Vicia faba* L.). Soil Biology & Biochemistry 14 : 407-412.
12. Lee, K.J. and Kim, Y.S. 1983. A comparative study on the composition of ectomycorrhizal fungi in pine and poplar stands. Korean Journal of Mycology 11 : 9-13.
13. Lee, K.J. and Kim, Y.S. 1986. Host range and host specificity of putative ectomycorrhizal fungi collected under ten different artificial forest types in Korea. Agricultural Research of Seoul Nat'l Univ. 11 : 41-47.
14. Lee, K.J. and Kim, Y.S. 1987. Host specificity and distribution of putative ectomycorrhizal fungi in pure stands of twelve tree species in Korea. Korean Journal of Mycology 15 : 48-67.
15. Lee, K.J. and Kim, J.J. 1994. Effects of *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizal inoculation on *in vitro* rooting of tissue-cultured *Quercus acutissima* Carr. and of cutting of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. Journal of Korean Forest Society 83 : 531-539.
16. Lee, K.J., Koo, C. D. and Shim, S.Y. 1981. Survey of ectomycorrhiza in the selected woody species in Korea. Journal of Korean Forest Society 52 : 50-57.
17. Lee, S.Y., Bang, J.H. and Lee, J.K. 1998. Comparison of cultural characteristics of ectomycorrhizal fungi and mycorrhizal synthesis of *Lespedeza cyrtobotrya* seedlings by artificial inoculation of *Lyophyllum shimeji*. '98 Korea-Japan Joint Symposium. The Institute of Forest Sciences, Kangwon National Univ. pp. 81-91.
18. Marx, D.H. 1972. Ectomycorrhizae as biological deterrent to pathogenic root infection. Annual Review of Phytopathology 10 : 429-454.
19. Marx, D.H. 1973. Growth of ectomycorrhizal and nonmycorrhizal shortleaf pine seedlings in soil with *Phytophthora cinnamomi*. Phytopathology 63 : 18-23.
20. Marx, D. H. 1980. Tree host range and world distribution of the ectomycorrhizal fungi *Pisolithus tinctorius*. Canadian Journal of Microbiology 23 : 217-223.
21. Marx, D.H. and Artman, J.D. 1979. *Pisolithus tinctorius* ectomycorrhizae improve survival and growth of pine seedling on acid coal spoils in Kentucky and Virginia. Reclamation Review 2 : 23-31.
22. Marx, D.H. and Bryan, W.C. 1971. Influence of ectomycorrhizae on survival and growth of aseptic seedlings of loblolly pine at high temperature. Forest Science 17 : 31-41.
23. Marx, D.H., Morris, W.G. and Mexal, J.G. 1978. Growth and ectomycorrhizal development of loblolly pine seedlings in fumigated and nonfumigated nursery soil infested with different fungal symbionts. Forest Science 24 : 193-203.

24. Menge, J.A. 1983. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. *Canadian Journal of Botany* 61 : 1015-1024.
25. Meyer, F.H. 1973. Distribution of ectomycorrhiza in native and manmade forest. pp. 79-105. In : G.C. Marks. and T.T. Kozlowski, ed. *Ectomycorrhizae*. Academic Press. London, UK.
26. Miller, O. K. Jr. 1982. Taxonomy of ecto- and ectendomycorrhizal fungi. pp. 91-101. In : N.C. Schenck, ed. *Method and Principles of Mycorrhizal Research*. American Phytopathological Society. U.S.A.
27. Navratil, S. and Rochon, G. C. 1981. Enhanced root and shoot development of poplar cuttings induced by *Pisolithus tinctorius* inoculum. *Canadian Journal of Forest Research* 11 : 844-848.
28. Nordam, P. and Fortin, J. A. 1982. Comparison of six surface sterilizing agents for axenic germination of *Alnus crispa*(Ait) Pursh. *Canadian Journal of Forest Research* 12 : 1003-1005.
29. Norris, J.R., read, D.J. and Varma, A.K. 1994. Techniques for mycorrhizal research. pp. 75-105. In : *Method in Microbiology*. Academic Press. London, UK.
30. Ohta, A. 1994a. Production of fruit-bodies of a mycorrhizal fungus, *Lyophyllum shimeji*, in pure culture. *Mycoscience* 35 : 147-151.
31. Ohta, A. 1994b. Some cultural characteristics of mycelia of a mycorrhizal fungus, *Lyophyllum shimeji*. *Transaction Mycological Society of Japan* 31 : 323-334.
32. Ohta, A. 1997. Ability of ectomycorrhizal fungi to utilize starch and related substrates. *Mycoscience* 38 : 403-408.
33. Ohta, A. 1998. Culture condition for commercial production of *Lyophyllum shimeji*. *Mycoscience* 39 : 13-20.
34. Okabe, H., Ezaki, T., Marumoto, T., Hayakawa, S. and Akama, K. 1994. Application of symbiotic microorganisms to revegetation (I) Management of ectomycorrhizal fungi. *Japanese Society of Forest Environment* 36 : 55-63.
35. Okabe, H., Marumoto, T., Ezaki, T. and Yamamoto K. 1997. Effectiveness of mycorrhizal association in revegetation. *Journal of Agricultural Meteorology* 52 : 609-612.
36. Stroo, H. F. and Alexander. M. 1985. Effect of simulated acid rain on mycorrhizal infection of *Pinus strobus* L. *Water Air Soil Pollution* 25 : 107-114.

---

(2005년 2월 28일 접수; 2005년 4월 28일 채택)