

모래밭버섯 균근균을 인공접종한 소나무를 이용한  
산불피해지 비탈면의 녹화가능성  
정주해<sup>1)</sup> · 이종규<sup>2)</sup> · 이상용<sup>2)</sup>

Potentials for reforestation on forest fire-damaged slope land by  
transplanting *Pinus densiflora* seedlings inoculated artificially with  
*Pisolithus tinctorius*

Jung Joo Hae<sup>1)</sup>, Lee Jong Kyu<sup>2)</sup> and Lee Sang Yong<sup>2)</sup>

요 약

모래밭버섯 (*Pisolithus tinctorius*) 균근균을 접종한 소나무와 접종하지 않은 소나무를 6개월간 육성하여 산불훼손지에 식재 3개월후에 묘목의 고사율을 조사한 결과, 균근균 접종 소나무묘목의 경우는 3.5%만이 고사하였으나, 균근균 무접종 소나무 묘목은 29.5%만이 생존하였다. 모래밭버섯 균근균을 접종한 소나무 실생묘의 뿌리에 Y분지형의 균근이 형성되었고, 균근 형성율은 모래밭버섯 균근균 접종 소나무묘목의 경우에는 약 82%, 무접종 소나무묘목은 52%로 나타났다. 모래밭버섯 균근균 접종 소나무묘목을 무접종 소나무묘목에 비교하였을 때 3개월·6개월·9개월 경과시 체장은 각각 63%·35%·18%, 생중량은 각각 206%·114%·70%, 건중량은 각각 187%·109%·63% 높게 나타났고, T/R 율은 산출한 결과 9개월 경과시 모래밭버섯 균근균 접종 소나무묘목은 1.75, 무접종 소나무묘목은 1.90으로 모래밭버섯 균근균접종 묘목의 지상부와 지하부의 생장이 균형있게 촉진되었다.

ABSTRACT

For the investigation of the potentials of ectomycorrhizal(ECM) fungi on pine seedlings for reforestation on fire-damaged forest lands, six months old seedlings of *Pinus densiflora*, which were artificially inoculated or non-inoculated with *Pisolithus tinctorius*, were transplanted into the fire-damaged forest land. Seedling mortality was recorded as 3.5% for the seedlings inoculated with *P. tinctorius* at three months after transplanting, while it was 70.5% for the non-inoculated seedlings. Mycorrhizal root formation was shown as typically Y-branched type, and thier rate was 82% for inoculated seedlings, but it was 52% for non-inoculated. Comaprison in seedling height, fresh weight, and dry weight between pine seedlings inoculated or non-inoculated with *P. tinctorius* at every 3 months till 9 months after transplanting showed that the inoculated seedlings

- 
- 1) 강원대학교 대학원 산림자원보호학과 : Department of Forest Resources Protection, Graduate School, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Republic of Korea.
  - 2) 강원대학교 산림과학대학 산림자원학부 : Division of Forest Resources, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Republic of Korea.

were much better in all criteria as compared to the non-inoculated at the level of 63%, 35%, 18% in seedling height, 206%, 114%, 70% in fresh weight, and 187%, 109%, 63% in dry weight, respectively. The percentages were decreased by the elapse of time, which indicate that *P. tinctorius* give a growth-stimulating effects on seedlings at the early stage. T/R ratio for inoculated and non-inoculated seedlings after 9 months was 1.75 and 1.90, respectively.

**Keyword :** *ectomycorrhiza*, *reforestation*, *Pinus densiflora*, *Pisolithus tinctorius*

## I. 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(Harley and Smith, 1983; Molina, 1992). 이들 중 특히 외생균근균의 대부분은 담자균류(Basidiomycota)의 모균강(Hymenomycetes)에 속하며(Miller, 1982), 목본식물과 공생하는 특성을 갖고 있어 임업적으로 주요 연구대상이 되어 왔다(Meyer, 1973; Marx, 1980; Menge, 1983; Abbott and Malajczuk, 1994).

균근의 식물에 대한 영향은 기주식물의 성장 및 생리적 기능의 촉진으로서(Navratil and Rochon, 1981; Marx and Artman, 1979), 가장 많이 알려진 사실은 토양중의 인산과 미량 원소의 흡수 촉진(Iwan and Zak, 1979), 질소고정(Kucey and Paul, 1982)이며, 이와 함께 기주식물의 생리 활성 호르몬의 분비(Duchesne *et al.*, 1988), 내건성의 증대(Dixon *et al.*, 1980), 내열성의 증진(Marx and Bryan, 1971), 산성우에 대한 내성 증진

(Stroo and Alexander, 1985) 및 뿌리 병원균의 감염억제(Marx, 1972; 1973)등의 효과도 있음이 입증되었다. 따라서 임업적으로는 비탈면이나 화산지대와 같이 척박하고 열악한 지역에서의 인공조림시에 균근균의 이용하여 좋은 식생안정 효과를 인정받기도 하였다(Marx *et al.*, 1978; Okabe *et al.*, 1994; Ezaki *et al.*, 1997; Okabe *et al.*, 1997).

국내의 경우, 한국의 목본식물과 공생하는 외생균근균을 조사한 결과, 100종 이상의 균근균을 분류 동정함으로써 우리 나라에는 비교적 다양한 균근이 존재하는 것을 알 수 있었으며(Lee *et al.*, 1981, Lee and Kim 1983, 1986, 1987), 소나무림과 포플러림에 공생하는 외생균근균을 동정 비교하였을 때, 기주특이적인 균근 균보다는 다수의 동일한 균근 균이 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 수고성장 및 건중량에서 탁월할 증진효과를 나타내었으며(Koo *et al.*, 1982), 리기테다소나무 묘목에 *P. tinctorius*를 인공접종하였을 때 인공산성우에 의한 피해를 줄일 수 있음을 입증하였다(Ko and Lee 1988). 실생 묘목에의 균근의 인공접종뿐만 아니라 상수리나무의 삽수에 *P. tinctorius*를 인공접종함으로써 삽목의 발근율은 증진시킬 수 있었으며(Kim and Lee, 1990), 더욱이 상수리나무 조직배양묘 및 소나무 삽수묘의 발근도 촉진시킬 수 있음을 확인하였다(Lee and Kim, 1994).

이상과 같이 균근균은 식물생장에 여러 면으로 유익한 역할을 하는 유용미생물 중의 하나로서, 특히 주로 목본식물에 존재하는 외생균근균을 활용하여 척박한 토양에 조림을 할 경우 효율적으로 식생을 안정시킬 수 있을 것으로 판단된다. 특히 최근에 발생한 대형 산불 및 산불 후 식생 부재지의 태풍으로 인한 산사태 등으로 인해 대면적의 산림을 황폐화되었으며, 이러한 피해지의 인공조림은 척박하고 열악한 피해지의 토양 특성 때문에 인공조림에 의한 활착율이 매우 낮은 경우가 많은데, 이 경우에도 균근균을 이용하면 식생을 안정시키는 효과가 보다 높아질 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 산불피해지 비탈면을 균근균 접종 묘목을 이용하여 조기에 식생 안정을 도모할 수 있는 방법을 정립시키고자, 모래발버섯(*Pisolithus tinctorius*) 균근균의 배양 및 소나무 묘목의 무균적 육성, 인공 접종 및 균근소나무 생산체계 확립, 균근 묘목의 생리적 특성 분석, 현장 적용 및 효과 분석 등을 통해 균근균의 접종이 묘목의 초기생장 및 식재지에서의 초기 활착에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 모래발버섯 (*Pisolithus tinctorius*) 균근균의 배양 및 소나무 묘목의 무균적 육성

균근균의 접종원인 모래발버섯(*Pisolithus tinctorius*)은 임업연구원 화학미생물과로부터 분양받았으며, 모래발버섯의 균사체는 Potato Dextrose Broth(Difco)에서 25℃에서 40 rpm으로 20일간 진탕배양하여 접종원으로 사용하였다.

균근 접종용 소나무(*Pinus densiflora*)종자는 산림청 임업연구원으로부터 분양받았으며, 종자 소독은 Nordam과 Fortin(1982) 및 Brundrett 등(1996)의 방법에 준하여 실시하였다. 즉, 소나무 종자를 수돗물에서 1일간 수세한 후 70% ethanol로 10초간 1회, 30% 과산화수소 용액(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)에서

20초간 2회 및 5% 차아염소산나트륨(NaOCl)에서 20분간 소독한 후, 멸균 증류수로 수세하여 실험에 사용하였다.

소독한 종자는 0.7% agar를 50ml씩 분주한 12×7.5cm 크기의 조직배양 용기(SIGMA)에 50립씩 총 20개의 용기에 정치(총 1,000립)하여 25℃, 12시간 암조건하의 식물생장상에서 발아를 유도하였다.

### 2. 인공접종 및 균근 소나무 묘목의 육성

무균적으로 발아시킨 소나무묘는 발아 14일 후에 용적 180ml, 50홀 용기묘 육성용 pot로 이식하였는데, pot는 묘목 육성용 토양(Cadana Acadian LTD의 Lamosse Acadienne peatmoss)을 담기 전에 알콜소독을 실시하여 오염을 방지하였으며, 묘목 육성용 토양은 1시간 autoclave 처리하여 무균상태를 유지하도록 하였다. 한편, 대조구(control)는 토양살균제(프리엔, 동방아그로, promocarb hydrochloride)를 주당 3ml 씩 처리하였다.

액체 배양한 모래발버섯 균사체는 8000rpm, 10분간 원심분리에 의하여 집균(集菌) 및 회수하였으며, 회수균사 200g을 멸균 증류수 500ml에 넣고 블랜더로 마쇄하여 현탁액으로 제조하였다. 소나무 묘목에의 인공접종은 균사현탁액 2ml을 묘목 식재 시 뿌리부분에 인공토양 첨가와 함께 관주하는 방법으로 접종하였으며, 균근균을 접종한 묘목을 25℃의 식물생장상에서 12시간 주기로 광암 교대, 상대습도 60% 및 5일 간격 관수의 조건으로 육성하였다.

### 3. 산불훼손지에서의 식재

산불훼손지 식재를 위해 5일 간격으로 관수하며 3개월간 야외에서 순화를 실시하였으며, 순화된 묘목을 강원도 삼척시 근덕면 궁촌리 2000년 산불피해지 중 피해목을 벌채한 나지에 균근균 접종묘목과 무처리 대조묘목을 각 100주씩 식재하였다.

#### 4. 균근균 접종 묘목의 생리적 특성 분석

균근균 접종 묘목의 생존율 : 균근균 인공접종 묘목을 상술한 바와 같은 조건에서 3개월 육성시킨 후, 3개월 야외순화 시키고 현지식재 3개월 후 3회에 걸쳐 실생묘의 생존율을 조사하였다.

균근 접종 묘목의 생리적 특성 : 모래발버섯 균근균의 접종이 소나무 실생묘에 미치는 영향을 조사하기 위하여, 생존율 조사 시기에 균근균 접종 묘목 및 대조 묘목 각 5주씩을 임의로 선발하여, 체장, 생중량, 건중량 및 T/R을 등의 생리적 특성을 조사하여 균근균 접종과의 상관관계를 분석하였다.

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 모래발버섯 (*Pisolithus tinctorius*) 균근균의 배양 및 소나무 묘목의 무균적 육성

소독한 종자는 0.7% agar를 50ml씩 분주한 12×7.5cm 크기의 조직배양 용기(SIGMA)에 50립씩 총 20개의 용기에 정치(총 1,000립)하여 25℃, 12시간 암조건하의 식물생장상에서 발아를 유도한 결과, 정치 7일후부터 발아가 시작되었으며, 발아율은 약 90%였다.

#### 2. 균근균 접종 묘목의 생존율

균근균을 접종한 묘목을 25℃의 식물생장상에서 12시간 주기로 광암 교대, 상대습도 60% 및 5일 간격 관수의 조건으로 3개월 육성시킨 후, 5일 간격 관수조건으로 3개월 야외순화시키고, 산불훼손지 식재 3개월 후 생존율을 조사한 결과, 균근균 접종 소나무묘목의 경우는 이식 후 0.5%만이 고사하였고 산불훼손지 이식 후 3개월 경과할 때 까지 9개월간 3.5%만이 고사하였으나, 대조구인 균근 무접종 소나무묘목의 경우는 생장상에서 3개월 육성 후에 모잘록병 및 건조 등에 의하여 약 42.5%의 생존율을 나타내었고 훼손지식재 후 3개월 경과시에는 전체의 29.5%만이 생존하였는데 이러한 결과들은 유의수준 0.001%에

서 유의하였다. 따라서, 균근균 접종은 소나무묘목의 실생묘목 육성 단계와 현장식재시의 생존율에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다(Fig. 1).

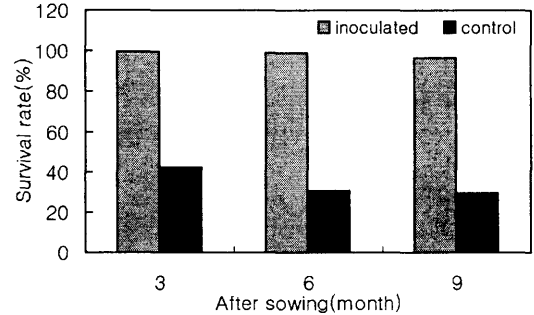


Fig. 1. Mortality of *Pinus densiflora* seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius*.

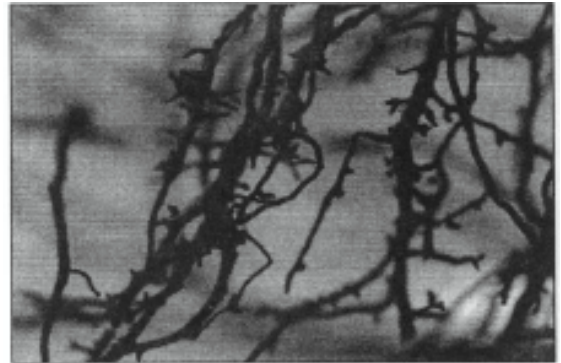


Fig. 2. Mycorrhizal root formation of *Pinus densiflora* seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius*.

#### 3. 균근균 접종 묘목의 생리적 특성

균근균 접종 9개월 후인 훼손지식재 3개월 후에 모래발버섯 균근균 접종 소나무묘목과 무접종 소나무묘목 각 5주씩을 임의선발하여 균근의 형성여부 및 형성율을 조사한 결과 Fig. 2에서 보는 바와 같이 모래발버섯 균근균을 접종한 소나무 실생묘의 뿌리에는 모래발버섯 균근균이 형성하는 전형적인 균근인 Y분지형의 균근이 형성되었음을 확인할 수 있었다. 또한, 균근형성율은

Fig.3에 나타낸 바와 같이 모래밭버섯 균근균 접종 소나무묘목의 경우에는 약 82%, 무접종 소나무묘목은 52%로 나타났는데 이러한 결과들은 유의수준 0.001에서 유의하여, 모래밭버섯 균근균 접종이 소나무묘목의 균근형성에 많은 영향을 주는 것이 확인되었다.

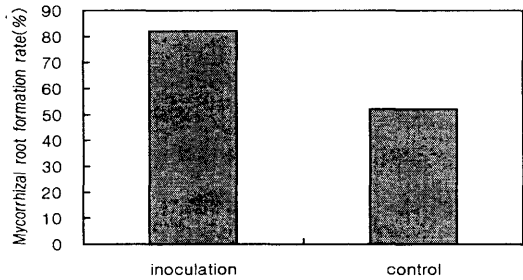


Fig. 3. Mycorrhizal root formation rate of *Pinus densiflora* seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius*.

묘목의 생존율을 조사할 때 모래밭버섯 균근균 접종이 소나무의 생장에 미치는 영향을 조사하기 위해 균근균 접종 소나무묘목과 무접종 소나무묘목 각 5 주씩을 임의로 선발하여 각각의 체장, 생중량, 건중량, T/R율을 조사한 결과 모든 생장특성에서 모래밭버섯 균근균 접종 소나무묘목이 무접종 소나무묘목에 비해 우수한 것으로 나타났다. Fig. 4에 나타난 것과 같이 모래밭버섯 균근균 접종 소나무묘목을 무접종 소나무묘목에 비교하였을 때 체장이 3개월 경과시 63%( $r=0.845$ ), 6개월 경과시 35% ( $r=0.831$ ), 9개월 경과시 18%( $r=0.728$ ) 더 긴 것으로 나타났는데 모든 결과들을 상관분석을 실시한 결과 0.05%수준에서 유의하게 나타났다. Fig. 5에서 생중량은 3개월 경과시 206%( $r=0.923$ ), 6개월 경과시 114%( $r=0.917$ ), 9개월 경과시 70%( $r=0.625$ ) 높게 나타났는데 모든 결과들을 상관분석을 실시한 결과 0.05%수준에서 유의하였다. 건중량은 3개월 경과시 187%( $r=0.899$ ), 6개월 경과시 109%( $r=0.912$ ), 9개월 경과시 63%( $r=0.729$ ) 높게 나타났는데 이러한 결과들의 상관관계 분석에서도 0.05% 수준에서 유의하였다. 건중량을 기초로 T/R율을 산출한 결과 9개월 경과

시 모래밭버섯 균근균 접종 소나무묘목과 무접종 소나무묘목이 각각 1.75, 1.90( $r=0.220$ )으로 나타났고 이는 유의수준 0.05%에서 유의한 것으로 모래밭 버섯 균근균의 접종이 묘목의 지상부와 뿌리의 생장을 균형있게 촉진시켜 묘목을 건전한 상태로 유도하는 것을 의미한다(Fig. 6).

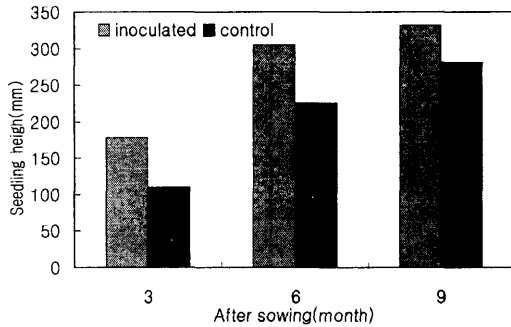


Fig. 4. Seedling height of *Pinus densiflora* seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius*.

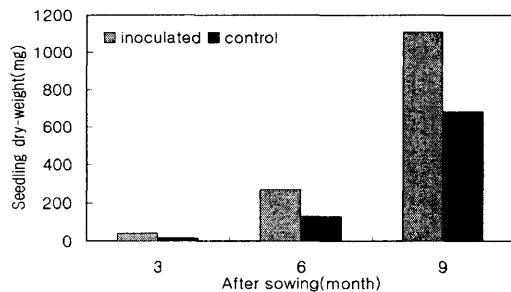
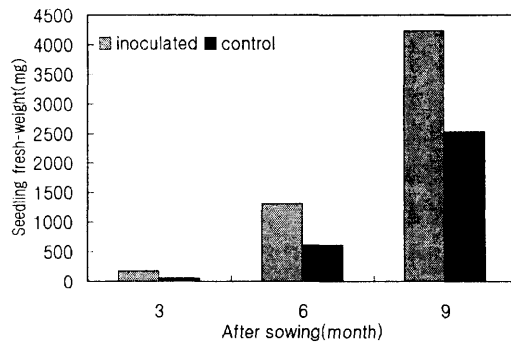


Fig. 5. Fresh-weight(left) and dry-weight (right) of *Pinus densiflora* seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius*.

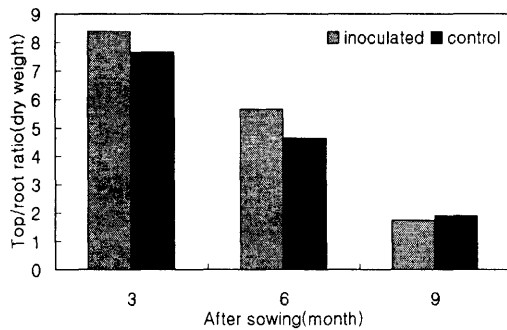


Fig. 6. T/R ratio of *Pinus densiflora* seedlings inoculated with *Pisolithus tinctorius*.

#### IV. 고 찰

균근균의 접종이 내건성의 증대(Dixon *et al.*, 1980), 내열성의 증진(Marx and Bryan, 1971), 산성우에 대한 내성 증진(Strou and Alexander, 1985) 및 뿌리 병원균의 감염억제(Marx 1972, 1973) 등의 효과가 있다고 보고하였는데 본 연구에서도 균근균 접종 소나무묘목의 경우는 이식 후 0.5%만이 고사하였고 산불훼손지 이식 후 3개월 경과할 때 까지 9개월간 3.5%만이 고사하였으나, 대조구인 균근 무접종 소나무묘목의 경우는 성장상에서 3개월 육성 후에 모잘록병 및 건조 등에 의하여 약 42.5%의 생존율을 나타내었고 훼손지 식재 후 3개월 경과 시에는 전체의 29.5%만이 생존하여, 균근균 접종은 소나무 묘목의 실생묘목 육성 단계와 현장 식재시의 생존율에 큰 영향을 미치는 것으로 나타나 기 보고된 결과와 동일한 경향을 나타내었다.

균근균 접종 9개월 후인 산불로 인한 훼손지에 의 식재 3개월 후 균근 형성율이 모래발버섯 균근균 접종 소나무묘목의 경우에는 약 82%, 무접종 소나무묘목은 52%로 나타나, 모래발버섯 균근균 접종이 소나무묘목의 균근 형성에 많은 영향을 주는 것이 확인되었으며, 모래발버섯 균근균 무접종 소나무묘목에서도 52%의 균근이 형성된 것은 묘목식재지역에 존재하고 있는 균근균이 식재된 소나무묘목에 감염되어 형성된 것으로 추정

된다.

*P. tinctorius*와 *Thelephora terrestris*를 이용하여 5종의 소나무류 묘목에 인공 접종한 결과, *P. tinctorius*로 접종한 소나무류 묘목은 무처리 묘목보다 수고생장 및 건중량에서 탁월할 증진효과를 나타내었으며(Koo *et al* 1982), 실생 묘목에의 균근의 인공접종뿐만 아니라 상수리나무의 삼수에 *P. tinctorius*를 인공접종함으로써 삼목의 발근율은 증진시킬 수 있었으며(Kim and Lee, 1990), 더욱이 상수리나무 조직배양묘 및 소나무 삼수묘의 발근도 촉진시킬 수 있다(Lee and Kim 1994)고 보고하였는데 본 연구에서도 체장, 생중량, 건중량, T/R율을 조사한 결과 모든 성장특성에서 모래발버섯 균근균 접종 소나무묘목이 무접종 소나무묘목에 비해 우수한 것으로 나타나 동일한 경향을 나타내었다.

이상에서의 결과와 같이 모래발버섯 균근균 접종이 소나무묘목의 초기생장을 촉진시키고, 건전한 성장을 유도하는 것을 나타내어 조림시 모래발 버섯 균근균 접종묘목을 활요하면 조림지의 식재묘목을 조기에 활착시켜 보다 높은 조림효과를 기대할 수 있을 것이다.

#### 인용문헌

1. Abbott, L. K. and Malajczuk, N. 1994. Management of mycorrhizal in agriculture, horticulture and forestry. Kluwer Academic Pub., Dordrecht, 238pp.
2. Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T. and Malajczuk, N. 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. ACIAR, Canberra Australia.
3. 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.

4. Burgess, T. and Malajczuk, N. 1994. Variation in mycorrhizal development and growth stimulation by 20 *Pisolithus* isolates inoculated on to *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *New Phytologist* 127 : 731-739.
5. Dixon, R. K., Wright, G. M., Behrn, G.T., Teskey, R. O. and Hinckley, T. M. 1980. Water deficits and root growth of ectomycorrhizal white oak seedling. *Can. J. For. Res.* 10 : 545-548.
6. Duchesne, L. C., Perterson, R. L. and Ellis, B. E. 1988. Pine root exudate stimulates the synthesis of antifungal compounds by the ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutus*. *New Phytol.* 108(4) : 471-476.
7. Ezaki, T., Marumoto, T., Hayakawa, S., Okabe, H., Yamamoto, K. and Chun, K. W. 1997. Forest regeneration utilizing mulching sheet and mycorrhizal fungi. *J. Agric. Meteorol.* 52(5) : 617-620.
8. Harley, J. L. and Smith S. E. 1983. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic press, New york. 483pp.
9. Iwan, H. and Zak, B. 1979. Acid phosphatase activity of six ectomycorrhizal fungi. *Can. J. Bot.* 57: 1203-1205.
10. 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. *Jour. Korean For. Soc.* 79(3): 302-308.
11. 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*. *Jour. Korean For. Soc.* 77(4): 453-459.
12. Koo, C. D., Lee, K. J. and Yim, K. B. 1982. Growth stimulation of Pines by artificial inoculation with mycorrhizal fungus, *Pisolithus tinctorius*. *Jour. Korean For. Soc.* 55: 22-29.
13. 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 fava* L.). *Soil Bio. Biochem.* 14 : 407-412.
14. Lee, K. J. and Kim, Y. S. 1983. A comparative study on the composition of ectomycorrhizal fungi in pine and popular stands. *Kor. J. Mycol.* 11 : 9-13.
15. 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. *Agric. Res. Seoul Natl. Univ.* 11(2) : 41-47.
16. 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. *Kor. J. Mycol.* 15: 48-67.
17. Lee, K. J. 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. *Jour. Korean For. Soc.* 83(4): 531-539.
18. Lee, K. J., Koo, C. D. and Shim, S.

- Y. 1981. Survey of ectomycorrhizal in the selected woody species in Korea. Jour. Korean For. Soc. 52: 50-57.
19. Lee, S. Y., Bang, J. H., 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 Univ.
20. Le Tacon F, Jung G, Mugnier J, Michelot P and Mauperin C. 1985. Efficiency in a forest nursery of an ectomycorrhizal fungus inoculum produced in a fermentor and entrapped in polymeric gels. Canadian Journal of Botany. 63 : 1664-1668.
21. Marx, D. H. 1972. Ectomycorrhizae as biological deterrent to pathogenic root infection. Ann. rev. Phytopathol. 10 : 429-454.
22. Marx, D. H. 1973. Growth of ectomycorrhizal and nonmycorrhizal shortleaf pine seedlings in soil with *Phytophthora cinnamomi*. Phytopathology 63: 18-23.
23. Marx, D. H. 1980. Tree host range and world distribution of the ectomycorrhizal fungi *Pisolithus tinctorius*. Can. J. Microbiol. 23 : 217-223.
24. 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.
25. 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 Sci. 17 : 31-41.
26. 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 Sci. 24 : 193-203.
27. Menge, J. a. 1983. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. Can. J. Bot. 61: 1015-1024.
28. Meyer, F. H. 1973. Distribution of ectomycorrhiza in native and manmade forest. In Ectomycorrhizae (ed. Marks, G., C. and Kozlowski, T. T., ed.). Academic Press, 25 : 567-586.
29. Miller, O. K. Jr. 1982. Taxonomy of ecto- and ectendomycorrhizal fungi. In Method and Principles of Mycorrhizal Research (N. C. Schenck, ed.). Amer. Phytopathol. Soc. 91-101.
30. Molina, R., Massicotte, H. and Trappe, J. M. 1992. Specificity phenomena in mycorrhizal symbioses : community-ecological consequences and practical implication. In : Allen M. J (ed.), Mycorrhizal functioning an integrative plant-fungal process. Chapman & Hall, New York, 357-423.
31. Navratil, S. and Rochon, G. C. 1981. Enhanced root and shoot development of poplar cuttings induced by *Pisolithus tinctorius* inoculum. Can. J. For. Res. 11 : 844-848.
32. 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.
33. Norris, J. R., read, D. J. and Varma, A. K. 1994. Techniques for mycorrhizal research-Method in Microbiology-. Academic Press, Harcourt Brace & Company, Publishers. New York. 75-105.
  34. Ohta, A. 1994(a). Production of fruit-bodies of a mycorrhizal fungus, *Lyophyllum shimeji*, in pure culture. Mycoscience 35: 147-151.
  35. Ohta, A. 1994(b). Some cultural characteristics of mycelia of a mycorrhizal fungus, *Lyophyllum shimeji*. Trans. Mycol. Soc. Japan 31: 323-334.
  36. Ohta, A. 1997. Ability of ectomycorrhizal fungi to utilize starch and related substrates. Mycoscience 38: 403-408.
  37. Ohta, A. 1998. Culture condition for commercial production of *Lyophyllum shimeji*. Mycoscience 39: 13-20.
  38. Okabe, H., Ezaki, T., Marumoto, T., Hayakawa, S. and Akama, K., 1994. Application of symbiotic microorganisms to revegetation (I) Management of ectomycorrhizal fungi. Jpn. Soc. For. Env. 36: 55-63.
  39. Okabe, H., Marumoto, T., Ezaki, T. and Yamamoto K. 1997. Effectiveness of mycorrhizal association in revegetation. J. Agric. Meteorol. 52(5): 609-612.
  40. Stroo, H. F. and Alexander. M. 1985. Effect of simulated acid rain on mycorrhizal infection of *Pinus strobus* L. Water Air Soil Pollut. 25: 107-114.