

기존 송이 균환(菌環)을 이용한 송이균 감염 소나무의 생산 및 이식

가강현^{1*} · 허태철² · 박 현¹ · 김희수¹ · 박원철¹ · 윤갑희¹

¹국립산림과학원 화학미생물과, ²경북대학교 임학과

Production and Transplanting of Ectomycorrhizal Pine Seedlings Using the Old Fairy Ring of *Tricholoma matsutake*

Kang-Hyeon Ka^{1*}, Tae-Chul Hur², Hyun Park¹, Hee-Su Kim¹,
Won-Chull Bak¹ and Kab-Hee Yoon¹

¹Division of Wood Chemistry and Microbiology, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

²Department of Forestry, Kyungpook University, Daegu 702-701, Korea

요 약: 야외에서 새로운 송이균환을 만들기 위하여 2000년부터 2005년까지 소나무를 이용한 송이 감염묘 생산과 이식 및 이식 후 송이 균의 활착을 높일 수 있는 방법을 연구하였다. 송이 감염묘 생산을 위해서는 11월에 균환 선단에 심을 경우 활착률 97%를 나타낸 반면 4월에 심을 경우에는 활착률이 80%를 나타냈다. 송이균의 감염은 식재 후 2년 이상 경과하여야 완전히 이루어지는 것으로 나타났으며, 천연치수를 이용한 경우는 17.6%의 송이균 생존률을 나타낸 반면, 양묘를 이용한 경우는 송이균의 생존율이 극히 낮았다. 한편, 생산된 감염묘의 이식 시 송이균의 생존율은 4월에 이식할 경우 22%, 10월과 11월에 이식할 경우에는 5%를 나타냈다. 이식한 송이 감염묘에서 송이균의 생존은 이식전 50% 내외의 송이균 감염율을 가진 감염묘가 가장 높은 생존율을 나타냈다. 이식한 송이 감염묘에서 송이균의 생존 여부 확인을 위하여 송이 감염묘를 완전히 파내어 확인하는 방법은 살아있던 송이균도 이후에 사멸하게 되는 원인이 되었다. 이에 따라 이식한 감염묘의 송이균 확인은 색대를 이용하는 방법을 도입하였으며, 이식 후 2년 이상 경과한 후에 검정하는 것이 송이균의 생존에 유리할 것으로 판단되었다.

Abstract: To make a new fairy ring of *Tricholoma matsutake in situ*, the way of production and transplanting of ectomycorrhizal seedlings of *T. matsutake* using *Pinus densiflora* was investigated after transplanting from 2000 to 2005 as well as the method to improve their survival rate for the fungus. For the production of ectomycorrhizal pine seedlings, the seedlings planted at the edge of fairy ring of *T. matsutake* in November showed 97% of the survival rate, while those planted in April showed 80% of the rate. For the complete infection of the *T. matsutake*, it required more than two years after planting. The infection rate of mycelia for the ectomycorrhizal seedlings was 17.6% when the natural seedlings were used, whereas it was relatively low when the seedlings prepared from the nursery were used. The survival of *T. matsutake* mycelium reached up to 22% by the transplanting in April, while the mycelium transplanted in October and November showed less than 5% of the survival. The survival of *T. matsutake* on the transplanted seedlings was the highest in the seedlings having 50% of infection rate before transplanting. Excavation of the ectomycorrhizal seedling to examine the vitality of ectomycorrhizal roots of *T. matsutake* resulted in the perishing of them. Therefore, the method using a 'rice bag triers' to check living mycelium of *T. matsutake* without digging of transplanted seedlings was introduced in this study. In addition, it is recommended that the examination has to be conducted at least two years after transplanting.

Key words: *Tricholoma matsutake*, *Pinus densiflora*, *transplanting*, *rice bag triers*

서 론

송이(*Tricholoma matsutake*)는 동북아시아 지역에서 상업적으로 매우 중요한 버섯이다. 따라서 송이 생산성 향

상을 위한 노력과 송이 재배 시도가 한국과 일본에서 주로 이루어져 왔다(富永, 1978; Ogawa 등, 1978; 이태수 등, 1984; Inaba 등, 1995; 박현 등, 1995; 鳥越, 1998; 가강현과 구창덕, 2002). 심지어 남반구에 위치한 뉴질랜드에서도 동북아시아 지역의 송이 가치를 인정하고 재배를 향한 노력을 하고 있다(Wang 등, 1997). 스웨덴에서 발생하는

*Corresponding author
E-mail: kalichen@yahoo.co.kr

Table 1. Planting of *Pinus densiflora* for the production of ectomycorrhizal seedlings at the edge of the fairy ring of *Tricholoma matsutake*.

Seedling type	Planting date	Number of planted tree	Container type	
			Netted pot	Net
Natural seedlings	April, 2000	204	106	98
	November, 2000	107	51	56
2-year old nursery seedlings	April, 2000	104	55	49
	November, 2000	102	60	42
3-year old nursery seedlings	November, 2000	91	30	61
Total		608	302	306

스웨덴 송이(*T. nauseosum*)는 유전자 분석에서 동북아시아 지역의 송이와 동일하다는 결론을 얻어, 그동안 무관심했던 스웨덴 송이의 가치를 부각시키고 있다(Bergius와 Danell, 2000). 이와 같은 일련의 일들은 송이의 중요성을 다시 한번 말해주는 것이라고 볼 수 있다.

송이 재배를 위한 연구는 송이 포자, 송이 자실체, 토양의 송이 균사체 덩어리, 송이 균환 전방에 소나무를 식재하여 송이 감염 소나무를 생산, 이식하는 등 여러 가지 시도들이 있었다(富永, 1978; 이태수 등, 1984; 浜田과 小原, 1984; 小川과 伊藤, 1989). 이 중에서 송이 감염 소나무 이식은 다른 방법에 비해 송이 특성을 가장 잘 반영하고 자연에 가장 근접한 방법으로 판단된다. 이 방법은 한번의 성공사례가 일본에서 보고되었고(小川과 伊藤, 1989; Kazuyuki, 1992), 그 이후에 보완적인 연구들이 있어왔지만 성공적이지는 못한 상태이다(マツタケ研究懇話會, 1983). 이태수 등(1984)은 송이 감염묘의 육성방법에 초점을 맞춰 연구하였지만, 그 이후 연구는 지속적으로 진행되지 못한 아쉬움도 있었다.

최근에는 소나무 종자발아 묘목에 송이 균을 감염시켜 송이를 야외에서 재배하려는 다양한 시도들이 일본과 우리나라에서 연구되고 있고, 몇몇 시도는 송이균근 형성에서 매우 성공적인 것으로 보고하고 있다(Shinya, 1990; Yamada 등, 1999; Vaario 등, 2000; 가강현 등, 2002). 하지만, 아직까지 산업적으로 성공하였다는 보고는 없는 상태이다.

본 논문은 이러한 배경 아래, 우리나라에서 송이 감염묘 생산과 이식 및 송이 균의 활착을 높일 수 있는 방법에 대해 2000~2005년간의 연구결과를 토대로 고찰한 것이다.

재료 및 방법

1. 송이 감염묘 생산 및 이식

송이 감염묘 생산은 2000년 4월과 11월에 강원도 양양군 현북면 어성전리 소재 송이 생산지에서 실시하였다. 송이가 생산되고 있는 숲에서 송이 균환을 찾아 선단부(先端部)에 50 cm 간격으로 인근에 분포하는 천연치수 311본

(5~15년생)과 연곡 묘포장에서 양묘된 2~3년생 297본을 식재하였다. 식재방법은 枯木(1980)이 실험한 전년 가을에 송이 발생위치에서 약 15 cm 외측에 식재하는 방법과 비슷한 것이지만, 본 실험에서는 직접 균환 선단을 찾아서 폭과 깊이 20 cm 내외의 그물과 망분(網盆)에 신선한 B층 흙을 각각 담은 후 소나무를 심어서 균환 선단에 식재하였다(Table 1).

6개월과 1년 경과 후 식재된 555본에 대한 소나무의 활착율을 조사하였다. 그리고 송이 균의 감염 여부는 2년 후에 이식하는 과정에서 화분의 겉 표면에 둘러 쌓인 송이 균의 면적을 육안으로 확인하였고, 송이 균이 뿌리에 붙어 있는 것으로 판단된 소나무를 인근의 송이가 생산되지 않는 40~50년생 소나무림과 홍천의 23년생 소나무림(송이가 생산되지 않는 숲)에 이식하였다.

2. 송이 감염묘 이식장소의 토양 환경

이식장소는 23년생 소나무 천연치수에 의해 이루어진 산림이었다. 토양형은 양질사토이고, 토양 pH는 5.01로 조사되었다. 인산함량은 7.78 ppm으로 전형적인 우리나라 소나무림의 유효인산함량 평균치 보다 낮게 나타났다(임업연구원, 1999). 유기물 함량과 치환성 양이온의 함량은 인근 송이 발생지와 비슷한 함량을 나타내었다(허태철 등, 1999; Table 2).

3. 송이 감염묘에서 송이균 번식 확인

감염묘의 송이 균 확인은 2001년에 이식된 감염묘가 1년이 경과된 2002년 10월에 양양에 식재한 양묘 12본과 천연치수 12본, 그리고 홍천에 식재한 7본을 조사하였다. 이식된 소나무는 완전히 파내서 송이 균의 생존유무를 확인하고 다시 식재하였다. 위의 방법에서 1년 후에 다시 송이 균을 확인한 결과 살아있던 송이 균이 죽어가는 결과를 얻어 그 이후부터는 색대(직경 1.2 cm, 길이 30 cm)를 이용하여 표본 추출하여 확인하는 방법을 이용하였다. 2005년 5월에 이식한 소나무를 대상으로 송이 균의 생존 여부를 조사하였는데, 표본은 홍천 시험지에 이식된 송이

Table 2. Soil properties of transplanting area.

Soil texture	pH	Avail. P (ppm)	Organic matter (%)	TKN (%)	CEC (cmolc/kg)	Exchangeable cation (cmolc/kg)			
						Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
LS	5.01	7.78	2.96	0.08	15.15	1.16	0.46	0.16	0.29

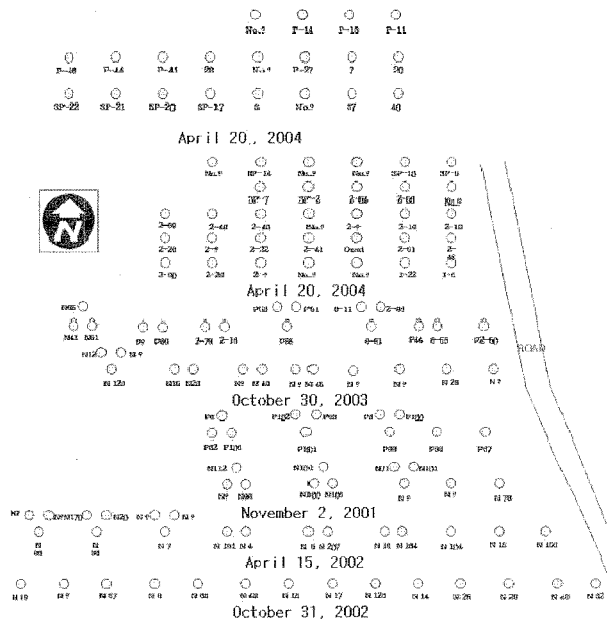


Figure 1. Transplanted point of ectomycorrhizal seedlings for *Tricholoma matsutake* at Hongcheon experimental site.

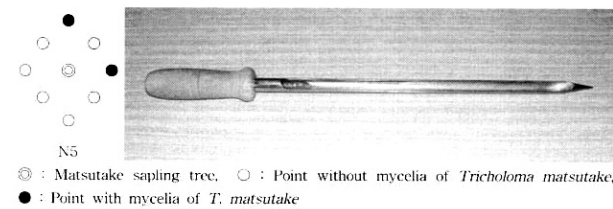


Figure 2. The rice bag trier (length 30 cm, width 1.2 cm) used for the examination of ectomycorrhizal roots of *Tricholoma matsutake* for the transplanted seedlings.

감염묘를 중심으로 8방위를 정한 후 이식 경과기간에 따라 송이 균의 이동 여부를 감안하여 확인 거리에 차별을 두고 실시하였다(Figures 1 & 2).

결과 및 고찰

1. 감염묘 생산방식

2001년 4월에 2000년 식재한 소나무의 활착율을 조사한 결과, 4월에 식재한 것은 80%가 활착(조사대상 318본 가운데 63본 고사)한 반면, 11월에 식재한 것은 96.6%가 생존(조사대상 237본 가운데 8본 고사)한 것으로 파악되었다(Table 3). 이태수 등(1984)은 소나무 식재가 가을 보다는 봄이 더 좋은 것으로 보고한 반면, 小川 등(1978)은 11월부터 3월 하순에 소나무를 식재하는 적기로 보았는데 가장 중요한 것은 나무의 성장 시작 전에 수행하는 것이 타당하다고 하였다. 감염묘 생산용 소나무 식재는 지역별 기후를 감안한 식재가 필요할 것으로 판단되는데, 특히 강원도 동해안 지역은 봄철 가뭄으로 인해 가을철에 식재한 소나무에 비하여 봄에 식재한 소나무의 활착율이 낮은 것으로 판단되었다.

소나무 종류에 따라서는 큰 차이가 나지 않았으며, 용기 종류에 따라서는 식재시기에 따라 상반된 결과가 나타나서 명확한 해석이 곤란하였다. 즉, 어떤 종류의 소나무나 용기를 사용하는 가는 큰 문제가 되지 않지만, 식재 시기는 매우 큰 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

감염묘를 얻는데 소요되는 시간은 균환 선단과 감염묘를 만들 소나무의 식재위치 및 식재 깊이에 따라 결정된다(小川 등, 1978; 枯木, 1980; マツタケ研究懇話會, 1983). 이태수 등(1984)은 용기 개선 및 균근대산단친식법으로 5개월 만에 평균 89.7%의 송이균 감염율을 얻은 것으로 보고한 바 있다. 小川 등(1978)도 위와 유사한 방법으로 봄에 식재한 것에서 7~8개월 만에 감염묘를 얻을 수 있다고 하였지만, 확실히 송이균이 부착한 감염묘를 얻는 데는 1

Table 3. Survival rate of the planted seedlings by planting season, seedling type and container type in 2001.

Season	Total	Survival rate	Seedling type	Sub-total	Survival rate	Container type	Sub-total	Survival rate
April	318	80%(255)*	nursery	103	81.6%(84)	pot	54	72.2%(39)
				215	79.5%(171)	net	49	91.8%(45)
			natural	109	83.5%(18)	pot	109	83.5%(18)
				106	75.5%(26)	net	106	75.5%(26)
November	237	96.6%(229)	nursery	156	95.5%(149)	pot	60	100%(60)
				81	98.8%(80)	net	96	92.7%(89)
			natural	56	98.2%(55)	pot	56	98.2%(55)
				25	100%(25)	net	25	100%(25)

*Numbers in parentheses indicate the numbers of survived seedlings.

Seedling survival rates between the planting seasons are significantly different ($p > 0.05$) by the T-test.

Seedling survival rates according to the container types are not significantly different ($p > 0.05$) by the T-test.

년 이상 경과시키는 것이 좋은 것으로 보고하고 있다. 枯木(1980)은 균환선단심식법으로 소나무 식재후 1년째에 송이균 감염율이 65% 정도 2년째에 100%로 감염율을 확인한 바 있다. 균근대선단심식법은 균환선단심식법에 비해 송이균의 감염시간 단축과 균환훼손을 최소화하는 것으로 알려져 있다(小川 등, 1978). 하지만, 枯木(1980)은 균환선단심식법에서 송이 발생에 큰 영향을 주지 않는 것으로 보고하고 있으나, 장기간의 조사 필요성을 언급하고 있다. 우리의 실험에서는 균환선단심식법에서 감염묘를 이식하는 과정에서 송이균환의 부분적인 훼손은 불가피하였으나, 송이균이 지속적으로 성장하는 것을 확인할 수 있었다.

육안의 확인방식에 따르면, 송이 감염묘 생산을 위하여 봄에 식재한 소나무는 1년 후의 봄에, 가을에 식재한 소나무는 1년 6개월이 경과된 후의 봄에 이식 가능할 정도로 송이 균이 감염되어 있었다. 즉, 송이 감염묘 생산을 위해서는 송이 균이 주로 성장하는 여름철을 반드시 1회 이상 거쳐야만 될 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 최적의 감염묘를 얻을 수 있는 식재위치와 식재시기에 중점을 두었으므로, 균환 선단에 깊이 심어서 1년 6개월간 놓아두는 방식이 좋을 것으로 판단되었다. 송이 균환이 1년에 10 cm 내외로 성장하는 것을 고려하면(가강현 등, 2002) 1년 간 식재하는 것이 타당할 것으로 볼 수 있으나, 감염묘 식재 시기와 송이 균환 선단에 과생되는 교란을 감안할 때 1년보다는 1년 6개월 정도가 좋은 것으로 판단되었다.

2. 송이 감염묘의 이식

한편, 송이 감염묘를 송이가 나지 않는 산에 이식한 후에 파악된 송이 균의 생존율은 4월에 이식한 감염묘의 송이균 생존율(22%)이 10월과 11월에 이식한 감염묘의 송이균 생존율(5%)에 비하여 훨씬 높게 나타났다(Table 4). 우리나라의 봄철은 기온이 심하여 소나무 자체의 활착률에 문제를 야기할 수 있지만, 소나무의 생존여부가 큰 문

제가 되지 않는다면 송이 균의 생존을 위해서는 감염묘를 봄철에 이식하는 것이 유리하였다. 이는 봄철이 뿌리의 발달과 함께 송이 균이 활발히 활동을 할 수 있는 시점인 반면, 가을철에는 송이 균이 휴식기에 들어가기 때문에 판단된다.

감염묘의 이식 시기는 일본의 경우 3~4월과 7~8월의 우기가 적당한 것으로 보고하고 있으나(マツタケ研究懇話會, 1983) 본 연구에서는 4월과 10월말~11월초에 수행되었다. 우리나라의 기후는 일본의 기후와 차이가 있어 시기적인 면을 비교하기 어렵지만, 전반적으로 봄철에 이식하는 것이 송이 균의 활착에 유리한 것을 알 수 있었다. 우리나라의 여름철은 30°C 이상이 되는 날들이 있기에 송이 균의 생존에 치명적인 영향을 줄 수 있다(가강현, 2001). 한편, 송이 채취시기를 전후하여 감염묘를 이식하는 것은 송이 채취자와 마찰을 야기할 수 있으므로 송이 채취시기가 되기 훨씬 전이나 후에 이식실험을 진행하였다.

송이 감염묘 이식후 송이균의 생존율은 그물을 이용한 경우 12.4%, 망분의 경우 13.1%로 송이균 생존에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다(Table 4, Figure 3). 그물을 그대로 이용한 경우는 플라스틱 망분에 비하여 생산한 송이 감염묘를 이동할 때 외부의 충격으로 송이가 감염된 부분이 이탈되는 손실을 더 받을 수 있으므로 감염묘의 운반을 고려하면 그물 보다는 망분이 편리한 장점이 있었다.

한편, 천연치수를 이용하여 만든 감염묘에서는 송이균이 17.6% 생존율을 나타냈지만, 양묘장에서 생산된 묘목을 이용한 소나무의 감염묘에서는 단지 3년생 양묘 1개만이 송이균을 1년 이상 유지하고 있어서 이식 후 송이 균 생존율이 2.1%로 매우 낮았다. 천연치수의 경우에도 수고가 대개 1 m 정도 되는 것에서 송이 균이 정상적으로 유지된 점을 감안하면, 양묘된 소나무의 경우, 근계의 발달로 인하여 소나무 자체의 활착률은 높지만 나무 자체가 너무 작아 송이 균과의 공생관계 유지가 어려운 것이 아닌가 생각된다.

Table 4. Survival rate of living mycelium in the ectomycorrhizal seedlings for *Tricholoma matsutake* by planting season, seedling type and container type after their transplanting at the Hongcheong experimental site(examined in 2005).

Season	Total	Survival rate	Seedling type	Sub-total	Survival rate	Container type	Sub-total	Survival rate
April	69	21.7%(15)	nursery	19	5.3%(1)	pot	9	11.1%(1)
						net	10	0%(0)
			natural	50	28%(14)	pot	10	40%(4)
						net	40	25%(10)
October	81	4.9%(4)	nursery	29	0%(0)	pot	12	0%(0)
						net	17	0%(0)
November			natural	52	7.7%(4)	pot	35	2.9%(1)
						net	17	17.6%(3)

*Number in parenthesis indicates the numbers of seedlings with living mycelia of *T. matsutake*.

Survival rates of *T. matsutake* between the transplanting seasons are significantly different ($p > 0.05$) by the T-test.

Survival rates of *T. matsutake* according to the seedling types are not significantly different ($p > 0.05$) by the T-test.



Figure 3. Production of ectomycorrhiza-infected seedlings, transplanting of the seedlings and examination of the infection with *Tricholoma matsutake*. A. Net container, B. Pot container, C. One year after transplanting, D. Survived mycelium of *T. matsutake* 1-year after transplanting, E. Perishing mycelium of *T. matsutake* due to excavation of seedling, F. Examination of *T. matsutake* mycelia using a rice bag trier. The arrow indicates a living mycelium.

マツタケ研究懇話會(1983)의 경우, 감염묘 생산을 위해서는 송이산 주변의 소나무로서 1~1.5 m의 7년생 전후 혹은 전용으로 육성된 묘목을 권장하고 있다. 본 연구에서는 송이산 주변 소나무와 양묘한 것을 사용하였으나, 송이산 주변의 소나무를 이용하는 것이 더 좋을 것으로 판단되었다.

또한, 마쯔타케연구懇話會(1983)의 경우, 이식방법에서 2~3본의 감염묘를 모아서 이식하는 것이 좋을 것으로 보고 있다. 하지만 본 연구에서 1, 2, 3, 4본씩 각각 이식하여 조사하여 본 결과, 모아서 심는 것은 특별한 영향을 주지 않고 개별 감염묘의 활착된 균근 유무가 중요한 점으로 인식되었다. 즉, 이식되는 감염묘가 높은 활력을 지닌

균근을 가지고 있는지 유무가 가장 중요한 인자로 볼 수 있었다.

송이 균 생존 유무는 송이 감염묘 이식 후 1년이 경과한 시점에 양양의 24본과 홍천의 7본을 대상으로 조사하였다. 이때 식재된 소나무는 완전히 뽑아서 관찰하였는데, 양양에서는 천연치수 2본, 홍천에서는 양묘된 소나무 1본에서 송이 균이 생존하고 있음을 확인하였다. 양양에서 조사된 소나무는 송이 균이 직경 4 cm와 10 cm 크기로 생장하고 있었으며, 홍천의 소나무는 직경 4 cm 크기로 송이 균이 자라고 있었다(Figure 3). 하지만, 조사 후 소나무를 원래 위치에 다시 식재하고 1년 후에 송이 균의 생존 유무를 확인한 결과, 송이 균이 생존하였던 3그룹 모두 송이

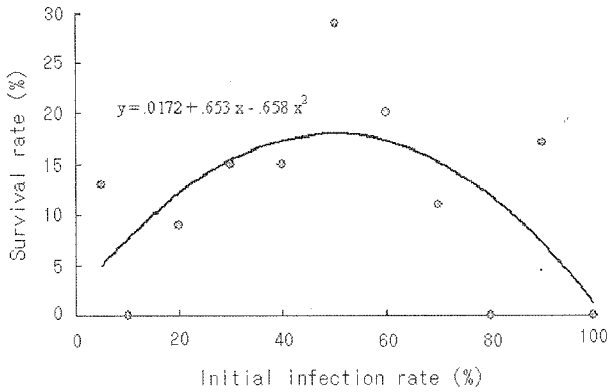


Figure 4. Relationship between the infection rate and survival rate of living mycelia of *Tricholoma matsutake*. Infection rate and survival rate of living mycelia are not significantly different ($p > 0.05$) by the T-test.

균의 활력이 떨어져 사멸하고 있었다(Figure 3).

송이 감염묘의 송이 균 확인은 이식 후 1년이 경과한 시점부터 송이 균의 생존 유무를 확인할 수 있으나, 소나무를 완전히 파내서 확인하는 것은 살아있던 송이 균을 죽이는 부작용을 낳았다. 이에 따라 소나무를 완전히 굴취하지 않고 송이 균의 생존유무를 확인하는 방법이 필요하였는데, Figure 2의 색대를 이용하는 방법을 사용하였다. 결론적으로 송이 감염묘의 송이 균 성장 확인은 이식하고 2년 이상 경과된 후에 색대 등을 이용하여 소나무 뿌리를 파내지 않고 확인하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

송이 감염묘의 이식 시점에 조사한 감염율과 이식 후에 송이균의 생존율과의 관계를 알아보기 위하여 2차 함수를 구한 결과, 송이 감염묘는 감염율이 약 50%일 때 최적의 생존율을 나타내었으나(Figure 4), 감염율과 송이균의 생존율 사이에는 통계적 유의성이 나타나지 않았다.

マツタケ研究懇話會(1983)는 감염묘 생산용 소나무 뿌리에 송이 균의 감염은 외형상 송이균이 30~50% 정도 일 때 내측의 소나무 뿌리에 균근이 형성되었고, 50% 정도가 가장 좋은 것으로 보고하고 있다. 본 연구에서도 여러 가지 송이 균 감염정도를 통해서 외형상 50% 정도가 가장 송이균 활착율이 높게 나타났으나, 외형적인 송이균의 감염율과 감염묘 내부의 실제 송이균 감염율에 차이가 있기에 통계적 유의성이 없는 것으로 나타나지 않았나 생각된다. 따라서, 좀더 명확한 방법을 찾기 위해서는 감염묘 내부의 송이균 감염율을 측정할 수 있는 방법적 모색이 필요하였다.

3. 송이 감염묘에서 송이균 생존 기작

송이 감염묘 이식 후, 땅 속에서 송이 균의 생장은 방향성을 가지고 있었다. 감염묘의 이식과정에서 기존의 균환으로부터 화분 속으로 뻗어온 송이 균사체와 송이 균근은 모두 죽고, 감염묘로 식재한 소나무 뿌리에 송이 균근이

형성된 부분만 생존하게 된다. 즉, 감염묘 생산을 위한 망분이나 그물 내의 송이 균근은 이식과정에서 양분을 제공하던 원래 송이 균환부의 소나무 뿌리가 절단됨으로 인해 양분공급이 차단하게 된다. 이로 인해, 화분 내의 많은 송이 균은 양분을 공급받지 못하게 됨에 따라 죽게 되고 단지 감염묘용 소나무 뿌리에 송이 균근을 형성한 경우에만 지속적으로 양분공급을 받을 수 있으므로 이식 후에도 생존할 수 있는 것이다. 한편, 이식된 감염묘의 송이 균의 성장방향은 송이 균이 감염되지 않은 부분이므로, マツタケ研究懇話會(1983)가 기술한 것처럼 뿌리 선단에 송이 균 감염부위를 접하게 하는 방식보다는 그와 반대방향으로 감염묘를 이식하는 것이 더 바람직 할 것으로 판단된다. 즉, 이식되는 감염묘 뿌리의 성장방향과 이식지 소나무의 뿌리방향을 일치시키는 것이 바람직한데, 이는 새로운 뿌리들이 송이 균이 없는 곳으로 발전해 나가면서 성장하는 송이 균 선단과 만날 수 있는 확률이 높기 때문이다.

한편, 감염묘 이식장소에서 가장 중요한 것은 이식한 소나무가 건전하게 자랄 수 있는 환경을 만들어 주는 것이다. 특히 충분한 햇빛이 들어오도록 소나무림을 가지치기 해주어야 한다. 과거 실험에서 송이 감염묘가 실패한 가장 큰 요인은 이식한 소나무가 잘 자랄 수 있는 환경여건이 아니었고, 송이 균을 확인하는 과정에서 자주 감염묘를 굴취한데 있었던 것으로 판단되었다. 小川과 伊藤(1989)의 경우, 송이 감염묘 이식 후 6년째에 송이가 발생하는 것을 확인한 바 있다고 보고하였는데, 식재한 감염묘가 정상적으로 자랄 수 있도록 상층의 소나무는 가지치기를 해주고, 송이 균의 성장 유무 확인을 위해 감염묘를 굴취하는 일이 없어야 한다.

결론

송이 감염묘 이식은 송이 균을 가진 소나무를 이식하여 송이 균환을 새롭게 형성하는 기술이다. 감염묘의 송이 균 감염율과 이식 후 송이 균 생존율의 관계를 분석한 결과, 송이 감염율이 50% 내외의 감염묘를 이식할 경우 가장 높은 송이 균 생존율을 나타내었다. 감염묘 생산용 야외 소나무는 수고 1 m 정도의 건전한 소나무를 선택하는 것이 중요하였으며, 감염묘 생산용 소나무 식재는 우리나라의 봄철 가뭄을 감안할 때 가을철이 유리하였다. 한편, 생산된 감염묘의 이식은 반대로 가을철보다 봄철에 하는 것이 송이 균 정착을 위하여 유리하였다. 따라서 송이 감염묘는 가을철에 송이 균환 선단에 소나무를 식재하여 생산되 송이 균이 뿌리의 50% 이상 감염율을 갖게 하도록 1년 6개월을 기다려서 봄철에 이식하는 것이 바람직하다. 이식한 화분에서 송이 균 생장은 야외의 송이 균환에서와 같이 방향성을 가지고 있었고, 이식 전에 성장하였던 화

분 안의 송이 균은 이식 후에 대부분 죽었다. 따라서, 감염묘 자체에 균근을 형성한 뿌리를 유지, 발전시키는 것이 매우 중요하며, 이식한 소나무가 건전하게 자랄 수 있도록 가지치기 등 환경조절을 해 주어야 한다. 또한, 이식한 송이 감염묘는 2년 이상 경과 후에 송이 균 생존유무를 색대를 이용하여 확인하는 것이 바람직하다.

감사의 글

이 논문은 2000~2006년도 농림부 농림기술개발사업의 “송이 생산성 향상을 위한 재배기술 개발” 과제(2000-300009-6)에 의해 수행되었습니다.

인용문헌

1. 가강현, 구창덕. 2002. 송이 인공재배 연구를 향한 질문들. *Trends in Agriculture & Life Science* 2(1): 1-6.
2. 가강현, 박 현, 허태철, 여운홍, 박원철. 2002. 소나무를 이용한 송이 균근 합성. 2002년도 한국임학회 학술연구 발표논문집. pp. 235-236.
3. 가강현. 2001. 송이의 생장 특성과 기생균에 관한 연구. 동국대학교 박사학위논문 pp.105.
4. 박 현, 김교수, 구창덕. 1995. 한국에서 9월의 기상인자가 송이 발생에 미치는 영향과 그 극복방안. *한국임학회지* 84(4): 479-488.
5. 이태수, 김교수, 심우섭, 김세현, 주영환, 오세원, 조재명, 이지열. 1984. 송이 인공증식에 관한 연구(I). *임시연보* 31: 109-123.
6. 임업연구원. 1999. 소나무 소나무림. 서울. 삼우인쇄사. 205pp.
7. 허태철, 박 현, 정진현, 주성현. 1998. 송이 균환의 발달에 따른 토양의 이화학적 특성과 탈수소효소의 활성 변화. *한국임학회지* 87(2): 270-275.
8. 枯木熊人. 1980. 포, 토를 이용한 마쯔타케균 감염묘의育成 (I). *廣島縣立林業試驗場研究報告* 第15: 49-64.
9. 富永保人. 1978. 마쯔타케栽培の實際. *養賢堂*. pp. 171.
10. 浜田 稔, 小原 弘之. 1984. 마쯔타케 -人工増殖の試み-. *農山漁村文化協會*. pp. 142.
11. 小川 眞, 梅原武夫, 紺谷修治, 山路木曾男. 1978. 마쯔타케균의増殖法 (I) 마쯔타케 감염묘의育成法. *日林誌* 60: 119-128.
12. 小川 眞, 伊藤 武. 1989. 마쯔타케는栽培できるか. *林業改良普及書* 102. 全國林業改良普及協會. pp. 181.
13. 鳥越 茂. 1998. 菌根菌栽培-林地から施設まで-. 마쯔타케とその他菌根菌の林地栽培の歩み. *日菌報* 39: 113-116.
14. 마쯔타케研究懇話會. 1983. 마쯔타케山のつくり方. 柱式會社 創文. pp. 163.
15. Bergius, N. and Danell, E. 2000. The Swedish matsutake (*Tricholoma nauseosum* syn. *T. matsutake*): Distribution, abundance and ecology. *Scand. J. For. Res.* 15: 318-325.
16. Inaba, K., Yoshida, T., Takano, Y., Mayuzumi, Y., Mitsunaga, T. and Koshijima, T. 1995. An instance of the fruiting-body formation of *Tricholoma matsutake*. *Environ. Control in Biol.* 33(1): 59-64.
17. Kazuyuki, M. 1992. Growth of pine saplings to be infected by *Tricholoma matsutake* (Ito et Imai) Sing. *Bulletin of the Hiroshima Prefectural Forestry Experiment Station No.* 26: 45-61.
18. Ogawa, M., Umehara, T., Kontani, S. and Yamaji, K. 1978. Cultivating method of the mycorrhizal fungus, *Tricholoma matsutake* (Ito et Imai) Sing. (I) Growing method of the pine saplings infected with *T. matsutake* in the field. *J. Jap. For. Soc.* 60: 119-128.
19. Shinya, E. 1990. Cultivation of the pine seedlings infected with *Tricholoma matsutake* by use of in vitro mycorrhizal synthesis. *Bulletin of the Hiroshima Prefectural Forestry Experiment Station No.* 24: 1-6.
20. Vaario, L.M., Guerin-Laguette, A., Gill, W.M., Lapeyrie, F. and Suzuki, K. 2000. Only two weeks are required for *Tricholoma matsutake* to differentiate ectomycorrhizal Hartig net structures in roots of *Pinus densiflora* seedlings cultivated on artificial substrate. *J. For. Res.* 5: 293-297.
21. Wang, Y., Hall, I.R. and Evans, L.A. 1997. Ectomycorrhizal fungi with edible fruiting bodies 1. *Tricholoma matsutake* and related fungi. *Economic Botany* 51(3): 311-327.
22. Yamada, A., Maeda, K. and Ohmasa, M. 1999. Ectomycorrhiza formation of *Tricholoma matsutake* isolates on seedlings of *Pinus densiflora* in vitro. *Mycoscience* 40: 455-463.

(2006년 4월 10일 접수, 2006년 11월 30일 채택)