

송이 감염묘로부터 송이균의 생장과 균환 형성

가강현^{1*} · 허태철² · 박현¹ · 김희수³ · 박원철¹

¹국립산림과학원 바이오에너지연구과, ²영남산지보전협회, ³농민

Mycelial Growth and Fairy-Ring Formation of *Tricholoma matsutake* from Matsutake-Infected Pine Trees

Kang-Hyeon Ka^{1*}, Tae-Chul Hur², Hyun Park¹, Hee-Su Kim³ and Won-Chull Bak¹

¹Division of Bioenergy Research, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

²Youngnam Branch Office of KFCM, Korea Forest Conservation Movement, Daegu, Korea

³Hyundai Apartment 101-804, Yeonhong-ri, Hongcheon-eup, Hongcheon-gun, Gangwondo

(Received May 1, 2010. Accepted June 17, 2010)

ABSTRACT: Transplantation of matsutake-infected pine tree into a pine forest has great potential as an artificial cultivation method of *Tricholoma matsutake*. Matsutake-infected pine trees had previously transplanted by this research group into the experimental area from 2001 to 2004 and its survival rate determined in 2006 was 20%. For the survived samples, the characteristics of mycelial growth and the development of fairy-ring formation of *T. matsutake* have been evaluated until 2009. It was found that size of the indeterminate ring showed significant differences among the individual trees and varied from 4 cm x 4 cm to 52 cm x 35 cm. The variation was possibly resulted from the differences in production area of the matsutake-infected pine tree and those in site characteristics of the transplanted spots. For the characteristics of mycelial growth, it grew in the shape of a cudgel or an acute-angled 'V' in early stage, and then the shape became more wider and changed into an obtuse-angled 'V' as time passed. We expect that matsutake mushrooms may occur from the fairy-rings of some of these matsutake-infected pine trees in the autumn of 2010.

KEYWORDS : Fairy-ring, Matsutake-infected pine tree, *Tricholoma matsutake*

서 론

송이는 동아시아 지역에서 매우 중요한 상업적인 식용버섯 중 하나이다. 그러나 송이의 생산량은 일본의 경우 1941년, 우리나라의 경우 1985년, 북한의 경우 1994년, 중국의 경우 2005년을 정점으로 감소 추세에 있다(가, 2009). 일본의 경우, 1960년대에 송이 생산량이 5,000톤 미만으로 급감하면서 자국의 송이 소비 시장을 유지하기 위해 1970년대부터는 여러 나라로부터 송이를 수입하였다(가, 2009). 또한 1970년대를 기점으로 송이 인공재배에 관한 연구도 활발하게 전개되기 시작하였다. 송이 인공재배를 위해 사용할 수 있는 접종원인 송이 감염묘, 송이 균환의 토양 균사체, 송이 포자, 송이 균사체 등과 관련된 다각적인 연구들이 이루어졌다(가와 구, 2002). 1983년 일본 히로시마 임업시험장에서 송이 감염묘로부터 처음으로 한 개의 버섯이 발생한 예는 있으나, 그 이후 지속적으로 송이가 발생하였다는 보고는 없다(小川과 伊藤, 1989). 결국 송이 감염묘법은 송이 인공재배법에서 성공한

실패로 여겨지고 있다.

한편, 이와 같은 방법이 우리나라에서도 1980년대와 2000년대에 송이 인공재배 연구를 위해 시도되었다(가 등, 2006). 1980년대에는 송이 감염묘를 성공적으로 만들기는 하였으나, 송이균이 생장하지 않았다. 그러나 2000년대에는 송이 감염묘의 생산, 이식, 송이균의 생장 확인 등 성공적인 결과를 얻을 수 있었다(가 등, 2006; 박 등, 2006).

본 연구는 가 등(2006)과 박 등(2006)이 이미 보고했던 송이 시험지에서 송이균이 생존한 31개의 송이 감염묘를 대상으로 균의 생존, 생장 및 송이가 발생하기 전 단계까지의 생장 패턴 등을 조사하여 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

송이 감염묘로부터 송이균의 생장

송이균의 생장은 2001-2004년까지 강원도 홍천군 동면 송이 감염묘 시험림에 식재된 150본의 송이 감염묘 중 2006년에 송이균이 생존한 것으로 보고된 31본을 대상으로 조사하였다. 송이균의 생장 조사는 2009년에 수행하였으며, 송이 감염묘

*Corresponding author <E-mail : kasybio@forest.go.kr>

를 중심으로 표면의 흙을 긁어내면서 송이 균사체가 발견되는 지점을 한계로 설정하여 송이균이 생장한 모습과 그 크기를 조사하였다.

송이 감염묘에서 송이균의 생존 유지

송이 감염묘에서 송이균이 지속적으로 생존하고 있는 지를 알아보기 위하여 송이 감염묘 1개체를 지정한 후 2006년부터 2009년까지 주기적으로 매년 송이 감염묘를 들어내어 송이균의 생존 유무를 확인하였다.

결과 및 고찰

송이 감염묘로부터 송이균의 생장

송이 감염묘에서 송이균의 생장은 생장한 흔적이 없는 것부터 52 cm(W) × 35 cm(L) 까지 크게 생장한 것까지 매우 다양한 크기의 균환이 관찰되었다. 비록 2006년도에 색대를 이용하여 송이균의 생존을 확인하였으나, 2009년도에 화분 밖 표면의 흙을 긁어내면서 송이균의 생장조사에서는 송이균 생장이 없는 것도 나타났다. 이와 같은 감염묘는 화분을 완전히 들어내어만 송이균의 생존 유무를 명확히 알 수 있을 것이다. 그러나 본 실험에서는 송이균의 생장에 초점을 맞추었고, 화분을 들어내어 확인할 경우 살아있는 송이균의 생장에 영향을 줄 수 있어 그대로 두었다.

2002년 이식한 송이 감염묘들 중 송이균의 생장이 가장 우수한 것은 20 cm(W) × 36 cm(L)로 측정되었다. 2003년에 이식한 송이 감염묘 중에는 화분의 가장자리로부터 최대 15 cm까지 균환이 형성된 경우도 있었다. 2004년에 이식한 송이 감염묘 중에는 균환의 크기가 최대 52 cm × 35 cm인 개체를 비롯하여 37 cm × 16 cm, 40 cm × 23 cm 정도까지 균이 생장한 경우도 있었다(Table 1; Fig. 1). 본 연구에서는 송이균이 생장한 모습의 표면만 보았기 때문에 실제 송이균의 생장 크기는 전술한 측정치보다 더 컸을 것으로 추정된다. 크기가 30 cm 이상 되는 송이균환들은 2010년 가을에 송이 버섯이 발생할 가능성이 큰 것으로 예상된다.

동일 지역에 송이 감염묘를 식재 했지만, 송이 감염묘를 생산한 장소는 차이가 있었다. 2002년과 2003년에 홍천에 이식한 감염묘는 강원도 양양 지역에서 송이 감염묘를 만든 것이고, 2004년 홍천에 이식한 감염묘는 홍천 지역에서 송이 감염묘를 만든 것이다(Table 1). 송이 감염묘를 생산한 곳과 이식한 곳 토양은 토성에 약간의 차이가 있는 것을 알 수 있었다(Table 2). 또한 감염묘 생산지와 식재지의 거리 이동 시 충격 등 복합적 요인이 작용할 수도 있을 것으로 판단되나, 결론에 이르기에는 더 많은 연구가 필요한 상태이다.

1983년 히로시마 임업시험장에서는 송이 감염묘법에 의해 송이 감염묘를 이식한지 6년째에 처음으로 한 개의 송이버섯이 발생하였다고 보고하였다(小川과 伊藤, 1989). 본 연구에서는 2002년과 2003년에 이식한 송이 감염묘가 이식한지 각각 7년과 6년이 경과한 현 시점에서 송이를 발생시킬 것으로 기

Table 1. Mycelial growth and fairy-ring formation of *Tricholoma matsutake* from matsutake-infected pine tree at the Hongcheon experimental site in 2009

Trans-planting year	Origin of matsutake-infected pine tree	Initial infection rate (%)	Tree height (cm) in transplanting time	Tree height (cm) in 2009	Mycelium size [†] (cm)
2002	Yangyang	50	140	206	20 × 20
	Yangyang	40	63	181	25 × 20
	Yangyang	30	96	143	36 × 20
	Yangyang	30	85	152	19 × 12
2003	Yangyang	20	57	90	15‡
	Yangyang	70	42	103	5‡
	Yangyang	40	45	94	10‡
	Yangyang	50	122	165	16‡
2004	Hongcheon	50	47	90	52 × 35
	Hongcheon	60	69	108	37 × 16
	Hongcheon	30	60	137	40 × 23
	Hongcheon	50	-	54	5‡
	Hongcheon	5	35	81	19 × 12
	Hongcheon	20	42	90	5‡
	Hongcheon	20	69	132	5‡
	Hongcheon	70	48	130	23 × 5
	Hongcheon	50	47	131	ND
	Hongcheon	30	62	115	ND
	Hongcheon	90	38	86	ND
	Hongcheon	70	27	66	ND
	Hongcheon	90	42	100	ND
	Hongcheon	20	45	86	ND
	Hongcheon	50	42	70	ND
	Hongcheon	30	67	140	ND
	Hongcheon	20	54	90	7‡
	Hongcheon	10	50	81	5‡
	Hongcheon	50	58	109	16 × 10
	Hongcheon	40	61	118	21 × 15
	Hongcheon	20	61	107	4‡
	Hongcheon	20	41	93	15 × 7
	Hongcheon	70	64	121	4‡

[†]The size of mycelial growth from pot of matsutake-infected pine tree.

[‡]The length of mycelial growth from pot of matsutake-infected pine tree. ND indicates no detection of matsutake mycelium at this study, but matsutake mycelium was confirmed in year 2006.

대하였으나, 송이 버섯발생은 아직 관찰되지 않았다. 2004년에 이식한 감염묘는 2002년과 2003년의 것에 비해 송이균환이 더 크게 발달하였다. 이는 송이 감염묘가 동일 지역에서 만들어져 동일 지역으로 옮겨졌기 때문에 환경적인 차이가



Fig. 1. Mycelial growth and fairy-ring formation from matsutake-infected pine trees

A: Mycelial growth from matsutake-infected pine tree transplanted in 2002 year (20 cm × 36 cm), B: Mycelial growth from matsutake-infected pine tree transplanted in year 2004 (52 cm × 35 cm), C: White color (M) is mycelium of *Tricholoma matsutake* growing from matsutake-infected pine tree, D: View of experimental site (P is matsutake-infected pine trees)

Table 2. Soil physicochemical properties of production areas of *Tricholoma matsutake*[†]

		Yangyang	Hongcheon
Soil texture		SL	LS
pH		4.98±0.31	5.01±0.25
Available P (ppm)		3.53±1.95	7.78±0.15
Organic content (%)		3.03±0.14	2.96±0.22
TN (%)		0.099±0.01	0.08±0.01
CEC		9.24±3.52	15.15±5.77
Exchangeable cation (me/100g)	Ca ²⁺	0.40±0.11	1.16±0.86
	Mg ²⁺	0.23±0.13	0.46±0.28
	K ⁺	0.43±0.15	0.16±0.07
	Na ⁺	0.15±0.08	0.29±0.13

[†]This data quotes from Hur (2002).

거의 없고 이동 거리가 짧아 송이 감염묘에 주어진 충격도 적어 송이균의 활착이나 균사생장에 더 유리한 것으로 보인다.

한편 송이 감염묘 이식지의 소나무림은 10 m × 10 m 내에 16본, 흉고직경 평균 13.6 cm, 수고 7 m 이었다. 그리고 송이 감염묘 소나무의 수고 생장은 2002년 것은 평균 10.6 cm, 2003년 것은 평균 7.7 cm, 2004년 것은 평균 10.4 cm 성장하였다(Table 1). 이식 초기에는 감염묘 소나무의 수고 성장에

문제가 없었으나, 현재 소나무가 성장하여 송이 감염묘의 소나무 성장에 약간 지장을 받고 있다. 그러나 이미 송이 감염묘의 송이균이 큰 소나무의 뿌리에 전이되었기에 문제는 없을 것으로 보인다.

송이 감염묘에서 송이균은 감염묘 이식 2년 후에 화분의 바깥쪽까지 성장하였다(Fig. 2). 표면을 긁어서 관찰하였을 때, 송이균의 생장은 처음에 곤봉모양 또는 ‘V’자 형태(예각)로 자라나가면서 넓은 ‘V’자 형태(둔각)로 발전하였다(Fig. 3). 그 이유는 화분 내부의 송이균은 기존의 송이균 부분이며, 송이균이 지나가지 않은 새로운 곳으로 성장하면서 방향성을 나타내는 것으로 보인다. 이와 같은 현상은 자연상태에서 송이균 환이 성장하면서 송이균환 중심부의 송이균이 소멸되어 가는 것으로 설명될 수 있을 것이다. 2004년에 이식한 송이 감염묘의 경우, 5년간에 평균 10 cm 거리로 성장하였고, 가장 크게 자란 52 cm × 35 cm 경우 5년간 화분의 가장자리로부터 35 cm 거리까지 성장한 것으로 매년 7 cm 정도 성장한 것이다. 송이균의 성장을 땅속 깊이까지 추적한다면, 송이균의 성장 속도는 이보다는 조금 더 크게 나타날 것으로 예상된다. 또한 송이 감염묘의 송이균은 좀더 시간이 경과하면, 야외조건에 보는 것처럼 원형에 가까운 형태로 발전할 것으로 기대된다.

小川(1978)은 젊은 송이균환의 경우 균사층이 얇고 부정형으로 시작한다고 하였다. 그리고 자연 조건에서 근처에 동일한 균근이 있다면 집합하여 작은 콜로니가 생겨서 또한 그의 집락



Fig. 2. Mycelial growths of *Tricholoma matsutake* from matsutake-infected pine trees after two years. A and B are the same point. Matsutake mycelium is 6 cm (M). C and D are the same point. Matsutake mycelium is 15 cm (M).

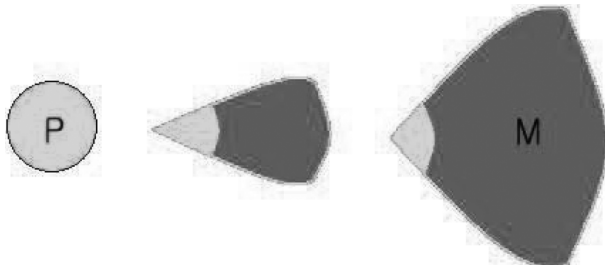


Fig. 3. Mycelial growth pattern of *Tricholoma matsutake* from matsutake-infected pine tree (P is pot, M is matsutake mycelium).

이 합체하여 송이균환이 탄생하는 것으로 보았다(小川, 1978). 송이균이 소나무 뿌리에 감염되어 송이균환으로 발전하는 기작은 아직까지 모르고 있다. 단지 송이 버섯이 발생하는 것을 보고 송이균환의 존재를 알 수 있다. 본 연구의 결과는 초기 작은 송이균환이 성장하면서 버섯이 발생할 수 있을 정도로 커다란 송이균환으로 발전해 가는 단계를 제시한 것이다.

송이 감염묘에서 송이균의 생존 유지

2004년에 이식한 감염묘 1개체를 대상으로 2006년부터 2009년까지 매년 화분을 뽑아 송이균의 존재 유무를 확인 하였다. 송이균은 2006년부터 2009년까지 대상 화분 내에서 지속적으로 생존하고 있었다. 감염묘에 양분을 공급해주는 소나무가 잘 성장하고 있을 뿐만 아니라 화분을 파손시키지



Fig. 4. State in year 2006 of matsutake-infected pine tree transplanted in year 2004.

않고 그대로 관찰한 후 매년 재 이식하였기에 송이균이 지속적으로 생존할 수 있었던 것으로 보인다. 시간이 경과함에 따라 화분의 감염묘는 활력을 가진 송이균 면적이 감소되었으며, 관찰 시기에 따라서도 외형적 특징이 다르게 나타났다. 이는 소나무가 뿌리 발달 및 안정화가 이루어지지 못해 송이균에게 양분 전달 감소와 화분 내에 송이균이 성장할 수 있는 공간이 부족해짐으로 나타나는 현상으로 보여지나, 현재 구체적으로 수치화된 자료는 없는 상태이다(Fig. 4, 5).

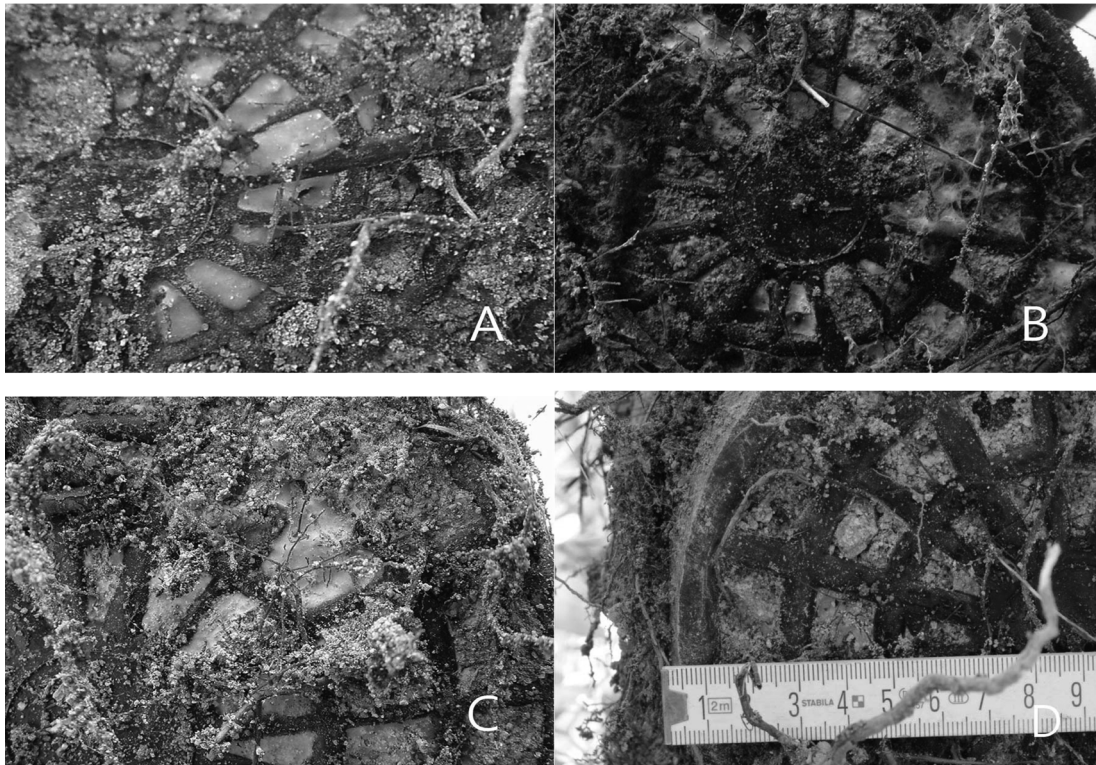


Fig. 5. Mycelial maintenance of *Tricholoma matsutake* from a matsutake-infected pine tree. A: May 17 in 2006, B: October 3 in 2007, C: April 3 in 2008, D: October 20 in 2009. Same matsutake-infected pine trees as Fig. 4.

적요

송이 감염묘법은 송이 인공재배 방법으로써 높은 잠재성을 가지고 있다. 본 연구실에서는 2001년부터 2004년까지 감염묘를 이식하였으며, 2006년에 확인된 생존율은 20%였다. 송이균이 생존한 이들 감염묘를 대상으로 2009년까지 송이균의 생장 특성과 균환 발달을 조사하였다. 송이균의 생장 크기는 4 cm × 4 cm부터 52 cm × 35 cm 까지 송이 감염묘 개체 간에 큰 차이를 보였다. 이러한 균환 크기의 다양성은 송이 감염묘의 생산 지역과 식재 지역 간의 환경적 차이에 기인하는 것으로 보인다. 송이 감염묘에서 송이균의 생장은 이식 초기에 곤봉 모양 또는 좁은 'V'자 형태(예각)로 자라던 것이 시간이 지남에 따라 좀 더 넓은 'V'자 형태(둔각)로 발전하였다. 본 조사를 통해 확인된 몇 개의 송이 감염묘의 균환으로부터 2010년 가을에는 송이 자실체가 발생할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 “송이 생산성 향상을

위한 재배기술 개발(2000-300009-6)”과 국립산림과학원 일반연구과제 “송이 감염묘를 이용한 송이 인공생산기술 개발(FP0801-2007-01)”에 의해 수행된 결과입니다.

참고문헌

- 가강현. 2009. 송이 생산과 수출입. 월간버섯 9월호.
 가강현, 구창덕. 2002. 송이 인공재배 연구를 향한 질문들. Trends in Agriculture & Life Science 2:1-6.
 가강현, 허태철, 박현, 김희수, 박원철, 윤갑희. 2006. 기존 송이 균환을 이용한 송이균 감염 소나무의 생산 및 이식. 한국임학회지 95:636-642.
 박원철 등 21인. 2006. 송이 생산성 향상을 위한 재배기술 개발. 농림부 농림기술개발과제 최종보고서.
 허태철. 2002. 송이산의 토양생태의 변화. p.179-212. 한국임산버섯연구회 73호.
 小川 眞. 1978. マツタケの生物學. 築地書館.
 小川 眞, 伊藤 武. 1989. マツタケは栽培できるか. 林業改良普及書 102. 全國林業改良普及協會.