

톱밥종균, 성형종균 및 액체종균을 사용한 표고톱밥배지에서의 생산성 비교

이봉훈* · 박원철 · 윤갑희

국립산림과학원 화학미생물과

Comparison of Shiitake Productivity in Sawdust Media According to the use of Sawdust, Plug-shaped and Liquid Spawn

Bong-Hun Lee*, Won-Chull Bak and Kab-Hee Yoon

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

(Received September 29, 2006)

ABSTRACT: This study was made to investigate the difference of the shiitake productivity according to the use of sawdust, plug-shaped and liquid spawn. Contamination of medium was confirmed by eye. There was no contamination in the liquid spawn treatment. And, contamination rates in the sawdust spawn and plug-shaped spawn were 6.7%, respectively. Productivity of fruit-bodies was 725.1 g from sawdust spawn, 726.2 g from plug-shaped spawn and 573.9 g from liquid spawn until 3rd flushing of fruit-bodies. The number of fruit-bodies was 57.4 per medium of sawdust spawn, 64.3 plug-shaped spawn and 45.1 liquid spawn. At yield per medium, the percentage of media producing over 1,000 g was 13% in plug-shaped spawn and 7% in liquid spawn. However, there was no medium producing over 1,000 g of fruit-bodies in sawdust spawn. Fruit-bodies of 600~900 g were yielded from 79% of sawdust spawn treatment, 53% plug-shaped spawn and 33% liquid spawn treatment. When compared the productivity of fruit-bodies, liquid spawn treatment appeared lower than sawdust spawn and plug-shaped spawn treatment at 1st flushing, but appeared higher than the others at 2nd and 3rd flushing.

KEYWORDS: Liquid spawn, Plug-shaped spawn, Productivity, Sawdust spawn, Shiitake

우리나라에서는 2004년 현재, 생표고를 24,397톤 생산하고 건표고를 1,921톤 생산했으며, 이를 통한 생산액은 2,425억원으로 임산소득물 중 가장 높은 수익원이 되는 작물 중 하나이다(산림청, 2005). 하지만 이들 중 표고 톱밥재배에 의해 생산되는 비율은 전체의 1% 정도로 극히 미미하다. 반면에 1995년에 이미 전세계 표고생산량의 80%를 차지했고 생산량의 대부분을 톱밥재배에 의존하고 있는 중국과 전통적인 원목재배 강국이었지만 현재 생산량의 60% 이상을 톱밥에 의존하고 있는 일본의 상황은 우리의 표고재배 미래를 엿보게 하는 좋은 예가 된다(박 등, 2006; Lin *et al.*, 2000).

우리나라의 표고톱밥재배에 관한 본격적인 연구 시작 시기는 1990년대로, 초기에는 참나무 잔재 이용율을 높이기 위해 탄닌산이나 구연산 등을 섞어서 배지로 만드는 방법, 낙엽송 톱밥을 이용한 재배 방법 등이 제시되었고 후기로 접어들어서는 액체종균을 접종했을 때 톱밥종균과의 생산성 비교에 관한 보고가 있었다(민, 1991, 1994; 이, 1998). 그러나 이러한 액체종균과 톱밥종균의 비교는 통기용 필터가 부착된 배지를 사용하는 일본식 배지를 사용,

온도와 습도가 일정하게 관리되는 시설에서 버섯발생을 유도했기 때문에 일종의 온, 습도 변화에 어느 정도 노출되는 비닐하우스를 이용하는 현재의 일반적인 재배방법과 차이가 있어 실제재배시에는 적용에 어려움이 따른다. 그리고 비교종균, 배지크기, 접종량, 배양방식 등에 있어서 차이가 있기는 하지만, 독일에서는 곡립종균보다 액체종균에서 수확량이 더 많았다는 보고도 있었다(Kirchhoff and Lelley, 1991).

따라서 본 실험에서는 톱밥종균, 성형종균, 액체종균 중 일종의 온, 습도 변화에 자주 노출되는 비닐하우스를 이용하는 재배에 적합한 종균이 어떤 것인지 확인하기 위해 생산성 비교를 시도하였다.

재료 및 방법

균주

국립산림과학원에서 보관 중인 KFRI 491 균주를 실험에 사용하였다.

배지제조

이 등(2000)의 방법을 참고하여 신갈나무톱밥 77%, 밀

*Corresponding author <E-mail: bonghun90@naver.com>

기울 19%, 설탕 3%, CaCO_3 0.6%, KNO_3 0.4% 비율로 혼합한 배지에 물을 첨가하여 함수율이 53%가 되도록 조절했다. 배지는 무게 1,750 g, 길이 33 cm 정도 크기로 제조되었으며, 살균의 용이 및 통기를 위해 봉지 앞쪽에 직경 3 cm 정도의 filter를 부착했다. 제조된 배지는 121°C에서 90분 동안 고압살균했다.

종균제조, 접종 및 배양

툽밥종균: 신갈나무툽밥 80%, 미강 19%, 설탕 1% 비율로 섞고 함수율을 65%로 조절한 후 1 l 용량의 종균병에 800 ml씩 넣어서 고압살균(121°C, 90분) 했다. 살균이 끝난 배지는 무균상에서 균을 접종하고 23°C에서 30일간 배양했다(Fig. 1A).

배지에의 접종은 칼로 봉지를 자르고 윗면 4군데에 스프링봉 접종기를 이용해서 종균을 투입한 후 스카치테이프로 밀봉하는 방법으로 실시하였다. 접종 후 배지는 23°C, 65~70%의 암배양 조건에서 60일간 배양했으며, 암배양 완료 후에는 배지를 명배양(약 200 lux, 형광등) 조건에서 40일간 배양했다. 실험은 15반복으로 진행되었다.

성형종균: ‘툽밥종균’과 같은 방법으로 제조, 살균, 접종된 종균을 30일 배양한 후, 표고원목재배에서 사용하는 성형틀(남산엔지니어링)을 이용하여 성형종균을 만들었으며, 6일간 배양한 후 접종에 사용하였다(Fig. 1B).

배지에의 접종은 봉지 윗면 4군데에 각 1개씩의 성형종균을 밀어 넣는 것으로 완료되었고, 배지의 배양은 ‘툽밥종균’과 동일한 조건에서 진행되었으며, 15반복으로 진행되었다.

액체종균: PDB(Difco)와 antifoamer(0.1%)를 섞은 배지를 액체배양병에 넣은 후 121°C에서 20분 동안 고압살균하였다. 살균 후 미리 배양한 균을 homogenizer로 균질화한 다음 배양병에 넣어 주었으며, air pump로 산소를 공급하였다. 그리고 NA(Difco) 배지를 사용하여 배양 중 세균에 의한 오염 여부를 확인하였다. 액체배양균은 23°C에서 14일간 배양하였다(Fig. 1C).

배지에의 접종은 윗면 4군데에 각 5 ml씩의 액체종균을 투입하였고 배양은 ‘툽밥종균’과 동일한 조건에서 진행되었으며, 15반복으로 진행되었다.

오염조사

배지를 배양하는 과정 중에 각 종균 접종구별로 오염 여부를 확인하였다.

생산성 조사

버섯을 발생시키기 위해 경기도 양평에 소재한 일반 비닐하우스 재배사를 이용하였다. 배지는 툽밥종균, 성형종균, 액체종균 접종구 모두가 동시에 입상되었으며, 입상 당시 이들의 배양 일수는 100일(암배양 60일, 명배양 40일)이었다. 버섯 발생은 3주기까지 진행되었고 각 주기별

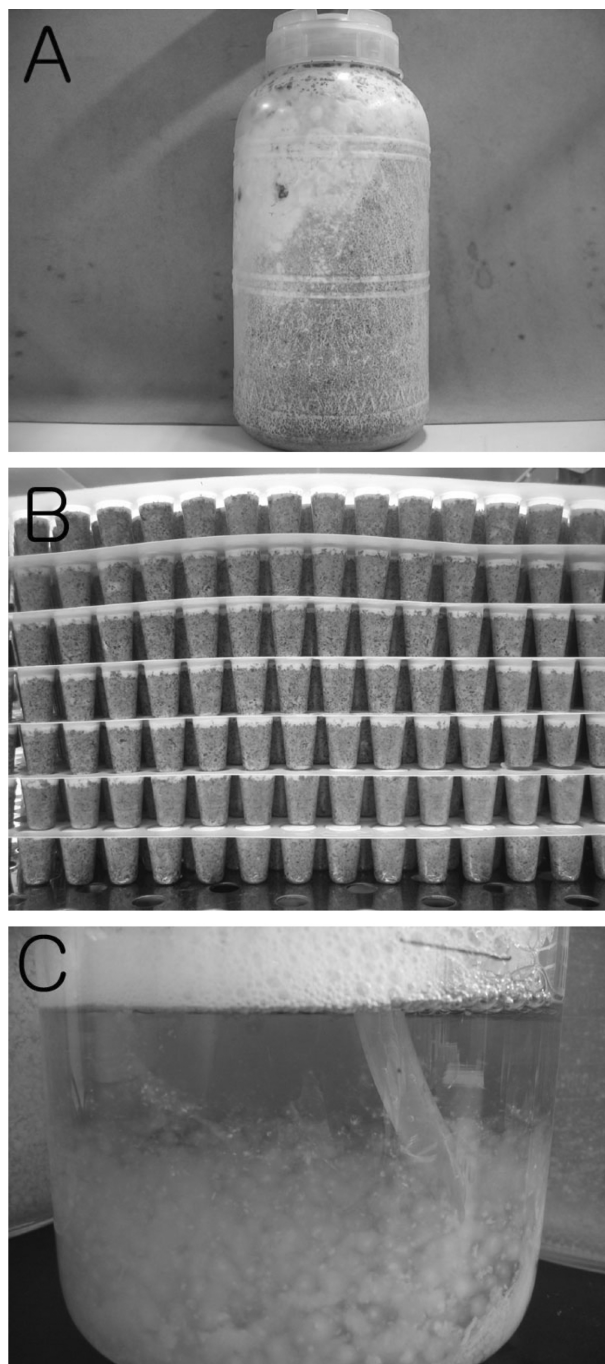


Fig. 1. Spawns inoculated in various media. A, sawdust spawn; B, plug-shaped spawn; C, liquid spawn.

로 수확이 완료된 배지는 15~20일 정도 휴양 후 다음 주기의 발생작업에 들어갔으며, 수분 공급은 침봉주입 방법(속이 빈 긴 관을 배지에 찌르고 고압의 물을 투입하는 방법)을 사용했다. 버섯 품질을 조사하기 위해서는 정상적으로 갓을 형성하는 버섯들 중에서 크기별로 각 주기 당 10~15개씩 조사하였다. 그리고 버섯발생 기간 중 재배사 내부의 온도 및 습도 변화를 확인하기 위해 자기온습도계(SATO, SIGMA-II)를 사용하였다.



Fig. 2. Sawdust medium contaminated by *Trichoderma* sp.



Fig. 3. Fruit-bodies appeared on sawdust medium inoculated sawdust spawn at a first yield.

결과 및 고찰

오염조사 및 배지배양 중의 관찰

배양 중의 배지오염 여부를 조사한 결과, 톱밥종균과 성형종균 접종구의 배지오염율은 각각 6.7%였으며, 액체종균 접종구에서는 오염이 없었다(Fig. 2, Table 1). 톱밥종균과 성형종균 접종구에서 발생된 오염도 종균을 접종한 부위가 아니라 봉지에 배지를 넣으면서 자주 부딪히는 봉지 결속부위에 뚫린 작은 구멍을 통한 오염이었으며, 오염균은 표고톱밥재배시 자주 발생하는 *Trichoderma* sp. 인 것으로 확인되었다. 따라서 종균의 차이에 의한 오염 문제는 없을 것으로 판단되었다.

3가지 접종구 모두 배지 표면에 균사가 만연되는 데에는 30여일 정도가 경과되었고 접종 후 암배양 60여일이 경과한 다음 명배양(갈변작업)에 들어갈 시점에는 대부분의 배지 표면이 갈변되었으며, 암배양 및 명배양 후 입상시점도 3가지 접종구 모두 동일하였다(Table 1). 따라서 접종구들 간에 있어서 배양 중 차이점은 거의 없는 것으로 관찰되었다.

생산성 조사

3주기에 걸친 버섯발생 결과, 톱밥종균, 성형종균, 액체종균 접종구에서 각각 725.1 g, 726.2 g, 573.9 g이 수확되어 배지중량 대비 41%, 42%, 33%의 생산성을 보였으며, 세 접종구 모두가 한 번에 집중 발생하는 경향을 띄었다(Fig. 3, Table 2). 배지당 버섯은 톱밥종균과 성형종균 접종구에서 57.4개, 64.3개가 각각 발생했지만 액체종균

접종구에서는 45.1개가 발생해서, 톱밥을 사용한 종균들과 액체종균 간의 차이를 확인할 수 있었다(Table 2).

우리나라의 등록균주인 산림 5호와 산림 10호는 배지중량 대비 수확량이 각각 26~28%, 27%이고 일본에서는 표고톱밥재배시 수확목표를 배지중량 대비 25%로 하고 있으며, 일본의 대표적인 표고톱밥재배용 품종인 호켄 600호와 603호의 경우에는 배지중량 대비 35~40%까지 생산할 수 있는 것으로 알려져 있다(산림청, 1995; 산림조합중앙회, 2006; 農村文化社, 1999; 北研食用菌類研究所, 1993). 이런 점을 고려할 때, 액체종균 접종구에서의 수확량이 적다고 할 수는 없지만 동일한 균주를 사용해서 종균 종류만 달리했을 뿐인데도 불구하고 생산량이 다른 두 종균 접종구의 79% 정도에 머물렀다는 점은 액체종균 사용에 신중을 기해야 한다는 의미로 받아들여야 한다. 반면에 배지당 수확량을 비교해 볼 때, 톱밥종균 접종구에서는 1,000 g 이상 수확된 배지가 없지만 성형종균과 액체종균에서는 배지의 13%와 7%에서 1,000 g 이상이 수확되었다(Fig. 4). 이 실험 결과에는 비록 액체종균이 버섯수확량이 떨어지기는 해도 본 실험에서 사용한 버섯발생 방법을 보완한 새로운 환경 조절 방법이 개발된다면, 배지중량의 57% 이상 수확도 가능하다는 의미를 포함하고 있다. 또한 Fig. 4를 통해 한 가지 더 확인할 수 있는데, 배지중량의 34% 이상에 해당하는 600~799 g의 버섯을 수확한 배지 비율이 톱밥종균 접종구는 50%였고 성형종균 접종구는 33%, 액체종균 접종구는 20%였다. 여기에 800~999 g 수확배지까지 포함하면 톱밥종균 접종구는 배

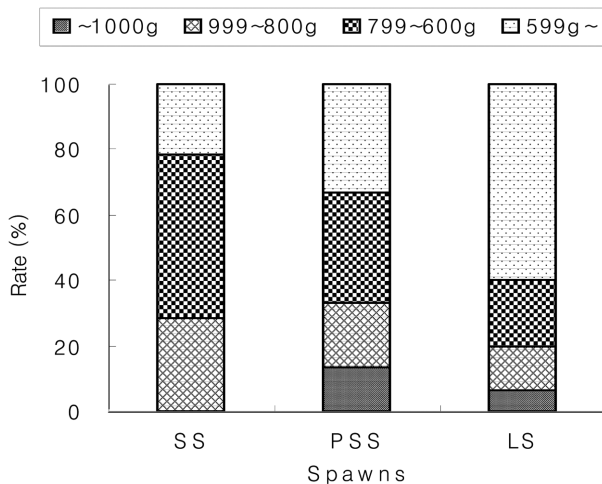
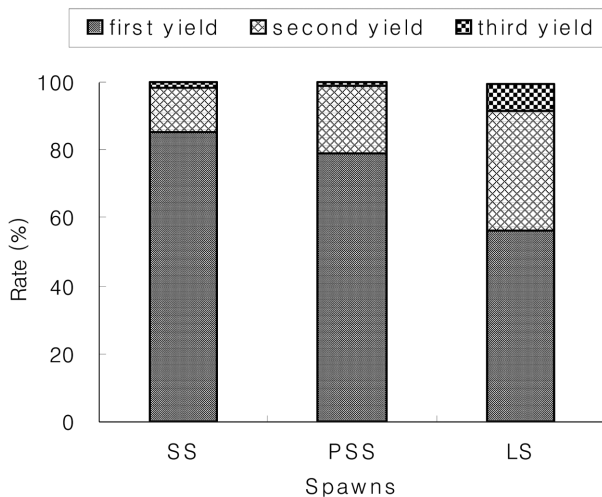
Table 1. Incubation characteristics of sawdust media inoculated sawdust, plug-shaped and liquid spawn

	Mycelial growth (darkness/days)	Browning (days)	Total incubation time (days)	Contamination rate (%)
Sawdust spawn	60	40	100	6.7
Plug-shaped spawn	60	40	100	6.7
Liquid spawn	60	40	100	0

Table 2. Cultivation characteristics in sawdust media inoculating various spawn

	Yield (until third)	The number of fruit-bodies (until third)	Quality of fruit-bodies				
			Weight (g)	Pileus	Pileus	Stem	Stem
				diameter (mm)	thickness (mm)	length (mm)	thickness (mm)
Sawdust spawn	725.1 ± 87.8a ^a	57.4 ± 9.6a	23.9 ± 11.8a	6.1 ± 1.2a	1.8 ± 0.5a	4.0 ± 0.9a	1.3 ± 0.4a
Plug-shaped spawn	726.2 ± 137.4a	64.3 ± 16.5a	25.0 ± 17.9a	6.2 ± 1.6a	1.8 ± 0.4a	4.4 ± 1.1a	1.3 ± 0.4a
Liquid spawn	573.9 ± 154.9b	45.1 ± 11.4b	28.1 ± 20.1a	6.2 ± 1.4a	2.0 ± 0.8a	4.3 ± 1.0a	1.5 ± 0.4a

^a: Followed by LSD multiple range test ($p < 0.05$).

**Fig. 4.** The rate of fruit-bodies classified according to the weight. SS, sawdust spawn; PSS, plug-shaped spawn; LS, liquid spawn.**Fig. 5.** The rate of fruit-bodies produced by times. SS, sawdust spawn; PSS, plug-shaped spawn; LS, liquid spawn.

지의 79%에서 600~999 g의 버섯이 수확된 반면에 성형종균 접종구는 53%, 액체종균 접종구는 33%에 머무른 것으로 나타난다. 이는 톱밥종균을 사용할 경우, 생산량 예측을 더 쉽게 할 수 있다는 의미가 된다.

발생 주기에 따른 수확량을 비교해 보면, 액체종균 접

종구는 다른 두 접종구에 비해 1주기에서는 수확량이 적은 반면에 2주기 및 3주기에는 수확량이 오히려 더 높은 것으로 나타났다(Fig. 5). 이런 액체종균의 특성을 실제 재배에 이용한다면, 다른 두 종균을 사용하는 것 보다 더 고른 수확량 분산을 유도할 수 있을 것으로 생각한다. 버섯발생 기간 중의 평균온도는 7~22°C, 평균습도는 70~93%였다(data not shown).

따라서 수확량 분산에 유리하기는 하지만 발생환경 조절에 대한 새로운 방법이 개발되기 전까지는 액체종균보다는 톱밥종균이나 성형종균이 재배에 유리하며, 원활한 생산량 예측을 위해서는 톱밥종균 사용이 바람직할 것으로 생각한다.

요 약

톱밥종균, 성형종균 및 액체종균 등을 사용함에 따른 생산성 차이를 조사하기 위해 연구하였다. 배양 중의 배지오염 여부를 확인한 결과, 액체종균 접종구에서는 오염이 없었고 톱밥종균과 성형종균 접종구의 오염율은 각각 6.7%였다. 3주기에 걸친 버섯 발생작업을 통해서 톱밥종균, 성형종균, 액체종균 접종구에서 각각 725.1 g, 726.2 g, 573.9 g의 버섯을 수확했다. 배지당 버섯발생 개체수는 톱밥종균과 성형종균 접종구의 배지들에서 57.4개, 64.3개가 발생한 반면에 액체종균 접종구에서는 45.1개가 발생했다. 배지당 버섯수확량에 있어서 톱밥종균 접종구에서는 1,000 g 이상 수확된 배지가 없지만 성형종균과 액체종균에서는 배지의 13%와 7%로 나타났다. 그리고 톱밥종균 접종구 배지의 79%, 성형종균 접종구 배지의 53%, 액체종균 접종구 배지의 33%에서 600~999 g의 버섯이 수확되었다. 발생 주기에 따른 수확량을 비교해 보면, 액체종균 접종구는 다른 두 접종구에 비해 1주기에서는 수확량이 적은 반면에 2주기 및 3주기에는 수확량이 오히려 더 높은 것으로 나타났다.

참고문헌

- 민두식. 1991. 참나무류 칩을 이용한 표고버섯재배와 폐잔사의 사료화. 한국임학회지 **80**: 436-444.
- 민두식. 1994. 낙엽송 톱밥을 이용한 표고버섯 재배와 경제성. 한국임학회지 **83**: 512-520.

- 박원철, 윤갑희, 가강현, 박현, 이봉훈. 2006. 표고 재배 및 병해충 방제기술. 국립산림과학원 연구자료 제 258호.
- 산림조합중앙회. 2006. 산림(통권 484호).
- 산림청. 1995. 단기임산 신소득원 개발에 관한 연구(II).
- 산림청. 2005. 임업통계연보.
- 이태수, 윤갑희, 박원철, 김재성, 이지열. 2000. 새로운 표고재배 기술. 임업연구원 연구자료 제 158호. Pp 174-260.
- 이태수, 조남석, 민두식. 1998. 액체종균 접종에 의한 표고톱밥재배 효과. 목재공학회지 26:19-28.
- 農村文化社. 1999. きのこ年鑑(2000年版).
- 北研食用菌類研究所. 1993. 菌床シイタケのつくい方. 農山漁村文化協會.
- Kirchhoff, B. and Lelley, J. 1991. Investigation of Shiitake (*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.) bag-log cultivation to increase the yield in Germany. Science and Cultivation of Edible Fungi, A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. Pp 509-516.
- Lin, F. C., Yang, X. M. and Wang, Z. W. 2000. Cultivation of the black oak mushroom *Lentinula edodes* in china. Science and Cultivation of Edible Fungi, A.A.Balkema, Rotterdam, Netherlands. Pp 955-958.