

표고톱밥재배시 톱밥 크기 및 첨가제의 혼합 여부에 따른 생산성 비교

이봉훈* · 박원철 · 가강현 · 유성열

국립산림과학원 화학미생물과

Comparison of Productivity According to Sawdust Size and Effect of Additives for Sawdust Cultivation of Shiitake

Bong-Hun Lee*, Won-Chull Bak, Kang-Hyeon Ka and Sung-Ryul Ryu

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

(Received April 28, 2008. Accepted June 2, 2008)

ABSTRACT: Studies were processed to confirm the differences of productivity according to sawdust size and effect of additives for sawdust cultivation of shiitake. In results of investigation until shiitake mycelia fully spread on surface of sawdust medium, mycelial growth in treatment of sawdust size 3~5 mm with CaCO₃ and KNO₃, and treatment of sawdust size 3~5 mm without CaCO₃ and KNO₃ was the fastest. And, in investigation of rate of weight reduction, treatment of sawdust size below 1 mm without CaCO₃ and KNO₃ was the highest. The tendency of fruiting was somewhat different according to treatments. In case of sawdust size below 1 mm with CaCO₃ and KNO₃, yield produced from 1st to 2nd flushing period was over 80%. However, in case of sawdust size below 1 mm plus 5~7 mm without CaCO₃ and KNO₃, yield produced from 3rd to 4th flushing period was more than it from 1st to 2nd flushing period and rate of yield produced from 1st to 2nd flushing period to total yield was 34%. Results of investigation on productivity, yield and the number of fruit-bodies were remarkably different according to treatments. Sawdust size 3~5 mm with CaCO₃ and KNO₃, whose total yield and the number of fruit-bodies were 568 g and 67, respectively, was the highest. And, total yield of medium of sawdust size below 1 mm plus 2~3 mm without CaCO₃ and KNO₃ was lowest as 227 g and the number of fruit-bodies of medium of sawdust size below 1 mm plus 5~7 mm without CaCO₃ and KNO₃ was lowest as 24. In investigation on amount of fruit-bodies over 10 g, medium of sawdust size 3~5 mm with CaCO₃ and KNO₃ was highest as 397 g.

KEYWORDS: Additives, Flushing period, Fruit-bodies, Sawdust cultivation, Shiitake

불과 몇 십 년 전만하더라도 표고를 식용으로 하기에는 너무 귀한 버섯이었다. 그러던 것이 1955년 경기도 임업시험장에서 순수배양종균의 생산 성공 이후 비약적으로 발전해서 지금은 손쉽게 접할 수 있을 정도로 생산량이 늘어났다(김, 1955). 생산량이 이렇게 늘어나다보니 최근 들어서는 고추장이나 간장, 된장 등과 같은 우리 고유의 음식에 표고를 첨가해서 기능성을 높이고자 하는 연구들도 덩달아 늘어날 뿐만 아니라 빵이나 어묵 등과 같은 일반인들의 기호식품에도 표고가루를 첨가하는 연구들도 많이 진행되고 있다(안 등, 2003; 장 등, 2003; 최 등, 2006; Hong *et al.*, 2003; Son *et al.*, 2003).

하지만 소비적인 측면에서는 여전히 시장에서 높은 가격에 거래되고 있기 때문에 일반인들이 쉽게 구입하기 어려운 버섯 중 하나로 인식되고 있으며, 생산적인 측면에서도 기존의 원목재배로는 생산성을 높이기 힘들기 때문에 보다 효율적인 생산시스템인 톱밥재배로의 전환이 불가피한 상황이다.

이에 이 등(2006)이 톱밥재배에 적합한 종균을 찾기 위한 시도를 하기도 했지만 각 품종에 대한 적합한 종균이 어떤 것인지, 또는 국내에 적합한 재배 방법이 어떤 것인지, 배지를 만드는 재료의 배합이 어떠해야하는지 등 기초적인 부분에 대한 연구가 여전히 부족한 실정이다. 또한 톱밥의 주요 성분인 셀룰로오스의 분해를 빠르게 하고 표고균의 성장을 원활히 하는데 도움을 주는 것으로 알려진 탄산칼슘과 질산칼륨이 톱밥 크기가 달라졌을 때 어떤 효과를 내는지에 대한 확인도 부족했다(박 등, 2006; 이 등, 2000).

따라서 본 연구는 배지를 만들 때 적당한 톱밥의 크기와 혼합 비율 및 탄산칼슘과 질산칼륨의 첨가 여부에 의해 생산성이 어떻게 달라지는지 등을 확인하기 위해 실험을 진행하였다.

재료 및 방법

균주

국립산림과학원에서 보관 중인 KFRI 169 균주(중운성)

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

품종, 발생온도범위 9~19°C)를 실험에 사용하였다.

배지제조

배지는 신갈나무톱밥의 크기와 첨가제(탄산칼슘 (CaCO₃)과 질산칼륨(KNO₃))의 첨가 여부에 따라 16 처리구로 제작되었다. 먼저 E 처리구들은 첨가제들이 혼합된 것들로서 E1 처리구는 1 mm 이하 톱밥, E2 처리구는 2~3 mm 톱밥, E3 처리구는 3~5 mm 톱밥, E4 처리구는 1 mm 이하 톱밥과 2~3 mm 톱밥을 섞은 것, E5 처리구는 1 mm 이하 톱밥과 3~5 mm 톱밥을 섞은 것, E6 처리구는 1 mm 이하 톱밥과 5~7 mm 톱밥을 섞은 것, E7 처리구는 2~3 mm 톱밥과 3~5 mm 톱밥을 섞은 것, E8 처리구는 1 mm 이하 톱밥과 2~3 mm 톱밥 및 5~7 mm 톱밥을 섞은 것을 각각 사용했다. 그리고 A 처리구들은 첨가제들을 넣지 않은 것들로서 A1 처리구는 1 mm 이하 톱밥, A2 처리구는 2~3 mm 톱밥, A3 처리구는 3~5 mm 톱밥, A4 처리구는 1 mm 이하 톱밥과 2~3 mm 톱밥을 섞은 것, A5 처리구는 1 mm 이하 톱밥과 3~5 mm 톱밥을 섞은 것, A6 처리구는 1 mm 이하 톱밥과 5~7 mm 톱밥을 섞은 것, A7 처리구는 2~3 mm 톱밥과 3~5 mm 톱밥을 섞은 것, A8 처리구는 1 mm 이하 톱밥과 2~3 mm 톱밥 및 5~7 mm 톱밥을 섞은 것을 각각 사용했다.

첨가제가 첨가된 배지는 톱밥 79% + 미강 19% + 설탕 1% + 탄산칼슘 0.6% + 질산칼륨 0.4% 비율로 제작되었고 첨가제가 제외된 배지는 톱밥 80% + 미강 19% + 설탕 1% 비율로 제작되었다. 배지의 함수율은 60%로 조절되었으며, 혼합된 배지는 PP(polypropylene) 봉지에 단단하게 다져넣어 무게 2 kg 크기(10×32~35 cm)의 원통형으로 만들었다. 봉지에는 살균의 용이 및 통기를 위해 앞쪽에 직경 3 cm 정도의 filter를 부착했다. 제조된 배지는 121°C에서 90분 동안 고압살균했다.

종균 및 배지배양

실험에 사용된 종균은 액체종균으로 PDB(Difco) 배지가 사용되었으며, 배지를 넣은 액체배양병은 121°C에서 20분 동안 고압살균하였다. 살균 후 미리 배양한 균을 homogenizer로 균질화한 다음 배양병에 넣어 주었으며, air pump로 산소를 공급하면서 23°C에서 9일간 배양하였다. 종균 배양이 완료되고 톱밥배지가 준비되면 배지의 윗면 4군데에 각 7.5 ml 씩 종균을 투입한 후 스카치테이프를 밀봉하였다. 접종 후 배지는 22±1°C, 60~70%의 암배양 조건에서 80일간 배양했으며, 배양 중 원활한 공기의 유통을 위해 봉지에 바늘로 구멍을 뚫어주었다. 암배양 완료 후에는 배지를 명배양(약 200 lux, 형광등) 조건에서 20일간 배양했으며, 실험은 10반복으로 진행되었다.

생산성 조사

버섯을 발생시키기 위해 국립산림과학원 구내에 있는

비닐하우스 재배사를 이용하였으며, 실험이 진행되는 13개월 동안의 배지 관리는 박 등(2006)의 방법에 준해 실시되었다. 모든 처리구는 동시에 입상되었으며, 입상 당시 이들의 총배양 일수는 100일이었다. 버섯발생을 위한 수분 공급에는 전 차수에 걸쳐 침수방법이 사용되었으며, 시간은 24시간, 수온은 15~19°C 정도 되었다. 수확은 7차까지 진행되었다. 버섯발생 기간 중 재배사 내부의 온도 및 습도 변화를 확인하기 위해 자기온습도계(SATO, SIGMA-II) 및 디지털온습도계(HOBO)를 사용하였으며, 재배기간 중 평균온도는 9~24°C, 평균습도는 68~90%였다.

결과 및 고찰

균사만연 및 배지중량감소율

처리구별로 균사가 배지 표면을 완전히 덮은 날짜가 각기 달랐으며, 배지중량감소율 또한 각기 달랐다(Table 1). 균사가 만연되는데 까지 걸린 시간은 톱밥크기가 3~5 mm인 E3처리구와 A3 처리구가 가장 짧았으며, 중량감소율은 1 mm 이하만 사용한 A1 처리구가 가장 높았다. 하지만 A5와 E3 처리구의 경우 균사가 만연되는데 까지 걸린 시간은 10일 정도 차이가 나지만 중량감소율은 서로 비슷한 것으로 보아 균사가 만연되는데 까지 걸리는 시간과 배지의 중량감소율 간에는 관련이 없는 것으로 판단된다. 그리고 첨가제의 혼합 여부도 균사의 만연 속도나 배

Table 1. Days for completion of mycelial spreading and rate of weight reduction

	Days for completion of mycelial spreading	Rate of weight reduction (%) ^a
E1	34.0 ± 2.8bc ^b	22.8 ± 2.6a
E2	26.1 ± 2.2h	14.0 ± 3.8ef
E3	22.6 ± 1.3i	17.6 ± 2.7cd
E4	33.3 ± 2.5cde	16.9 ± 3.0d
E5	32.0 ± 0.0e	11.7 ± 2.0gh
E6	32.2 ± 0.6de	12.5 ± 3.4fgh
E7	27.9 ± 3.0g	13.6 ± 1.6fg
E8	34.2 ± 1.1bc	16.6 ± 2.0d
A1	33.6 ± 1.6cd	19.5 ± 0.8bc
A2	29.5 ± 2.6f	10.5 ± 1.9h
A3	23.5 ± 1.6i	13.6 ± 3.0efg
A4	35.4 ± 2.5ab	15.8 ± 1.7de
A5	32.2 ± 0.6de	17.7 ± 1.4cd
A6	36.9 ± 1.4a	20.7 ± 2.5ab
A7	26.4 ± 1.0gh	14.2 ± 1.9ef
A8	33.1 ± 2.2cde	12.5 ± 1.1fgh

^a: After 100 days incubation.

^b: Followed by LSD multiple range test (*p* < 0.05).

E: existence of CaCO₃, KNO₃, A: absence of CaCO₃, KNO₃.

1~8: size of sawdust (1: below 1 mm, 2: 2~3 mm, 3: 3~5 mm, 4: below 1 mm + 2~3 mm, 5: below 1 mm + 3~5 mm, 6: below 1 mm + 5~7 mm, 7: 2~3 mm + 3~5 mm, 8: below 1 mm + 2~3 mm + 5~7 mm (3 : 4 : 3)).

지 중량감소율 증감에 영향을 미치지 않았다.

버섯 발생특성

처리구들 대부분은 6차발생을 끝으로 배지를 폐기해야

했지만, A5, 6, 8 처리구는 7차발생에서도 버섯이 수확되었다(Fig. 1). 그러나 그 양은 아주 적었다. 발생 차수별로 버섯이 발생하는 경향도 처리구에 따라 약간씩 달랐다. E1 처리구의 경우에는 1, 2차발생에서 수확량의 80% 이

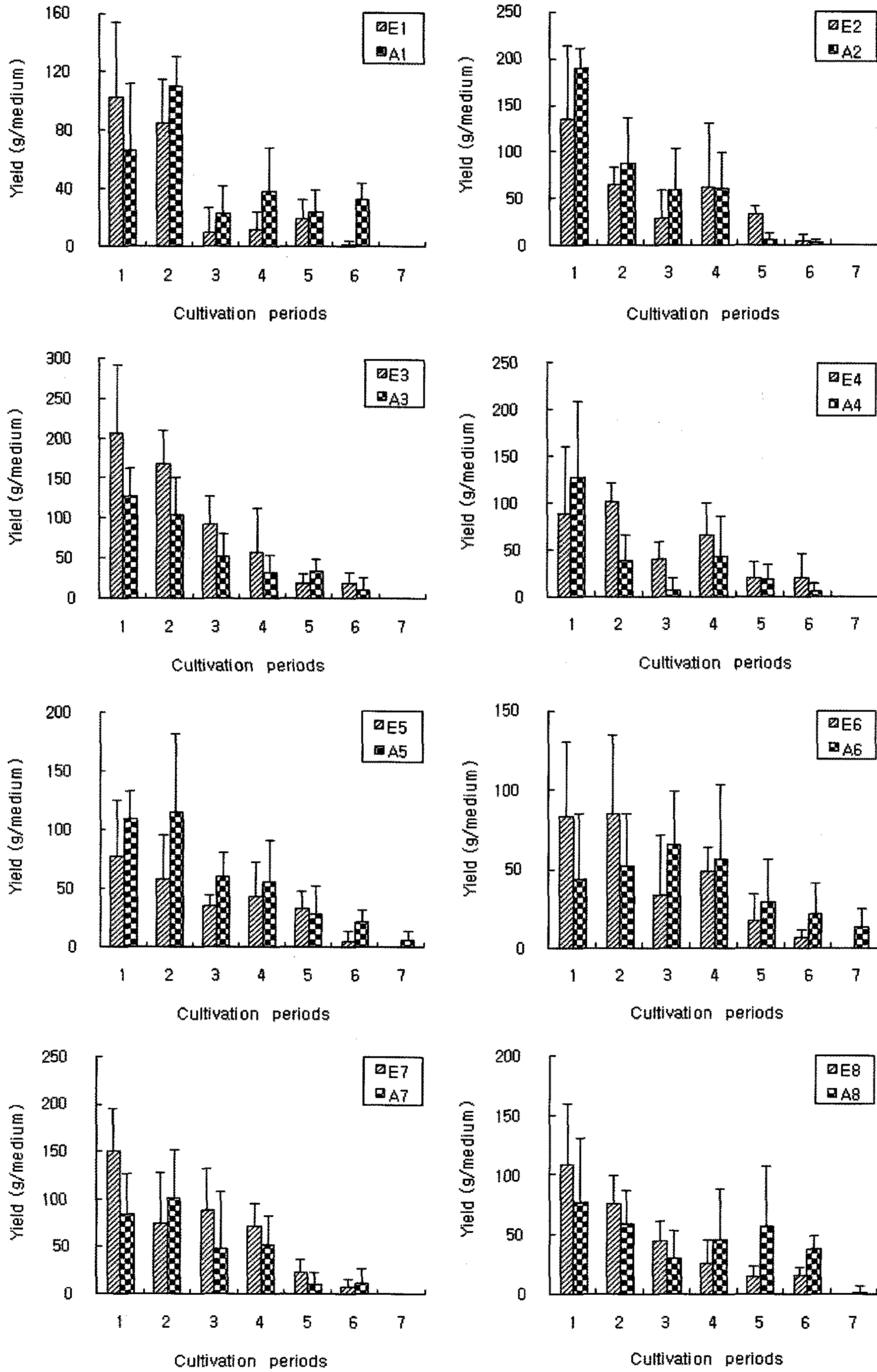


Fig. 1. The rate of fruit-bodies produced by times. E: existence of CaCO₃, KNO₃, A: absence of CaCO₃, KNO₃. 1~8: size of sawdust (1: below 1 mm, 2: 2~3 mm, 3: 3~5 mm, 4: below 1 mm + 2~3 mm, 5: below 1 mm + 3~5 mm, 6: below 1 mm + 5~7 mm, 7: 2~3 mm + 3~5 mm, 8: below 1 mm + 2~3 mm + 5~7 mm (3 : 4 : 3)).

상이 생산된 반면에, A6 처리구는 1, 2차발생보다 3, 4차 발생에서의 수확량이 더 많았고 1, 2차발생에서의 수확량이 전체 수확량에서 차지하는 비율은 34%에 불과했다.

버섯 생산성

생산성 조사 결과, 수확량, 버섯개수, 생물적효율(B.E.) 등이 처리구별로 차이가 많이 발생했다(Table 2, 3). 총수확량이 가장 많은 처리구는 3~5 mm 톱밥과 첨가제를 혼합한 E3 처리구로 568 g의 버섯이 수확되었는데(Table 2), 이 양은 배지무게의 28%로 일반적으로 경제성이 있다고 판단하는 25%를 넘어서는 것이다(산림청, 1995). 그리고 가장 많은 개수의 버섯이 발생한 처리구도 E3 처리구로 배지당 평균 67개가 발생되었다. 반면에 총수확량과 버섯개수가 가장 적은 처리구는 A4와 A6 처리구로 각각 227 g, 24개였는데, 이는 가장 많이 발생한 E3 처리구의 절반에도 미치지 못하는 양이다. 따라서 이런 차이는 당연히 생물적효율의 차이로 나타나는데, E3 처리구는 66%인 반면에 A4 처리구는 26%에 불과했다.

또한 첨가제의 혼합여부만 다를 뿐 톱밥 크기는 같은 처리구들 간에도 수확량 차이가 많이 발생했는데, 수확량이 가장 많았던 E3 처리구와 첨가제만 혼합하지 않았던 A3 처리구의 경우 E3 처리구가 A3 처리구에 비해 수확량이 55% 정도 더 많았다(Table 2).

Table 2. Differentiation of productivity according to sawdust size and effects of additives at sawdust cultivation of shiitake

	Total yield and the number of fresh fruit-bodies (2 kg medium, until seventh flushing)		
	Yield (g)	Number	B.E. (%) ^a
E1	231 ± 68e ^b	33 ± 12def	27
E2	328 ± 94bcd	55 ± 12b	38
E3	568 ± 127a	67 ± 10a	66
E4	332 ± 81bcd	42 ± 8bcd	39
E5	249 ± 29de	28 ± 7ef	29
E6	278 ± 40cde	33 ± 11def	32
E7	414 ± 83b	46 ± 15bc	48
E8	279 ± 68cde	29 ± 6ef	32
A1	288 ± 82cde	37 ± 12cde	33
A2	407 ± 48b	48 ± 14bc	47
A3	367 ± 24bc	37 ± 6cde	43
A4	227 ± 97e	27 ± 11ef	26
A5	409 ± 87b	34 ± 12def	48
A6	306 ± 62cde	24 ± 5f	36
A7	311 ± 49cde	30 ± 6def	36
A8	333 ± 90bcd	27 ± 4ef	39

^a: Biological efficiency = fresh weight of fruit bodies/dry weight of medium × 100.

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

E: existence of CaCO₃, KNO₃, A: absence of CaCO₃, KNO₃.

1~8: size of sawdust (1: below 1 mm, 2: 2~3 mm, 3: 3~5 mm, 4: below 1 mm + 2~3 mm, 5: below 1 mm + 3~5 mm, 6: below 1 mm + 5~7 mm, 7: 2~3 mm + 3~5 mm, 8: below 1 mm + 2~3 mm + 5~7 mm (3:4:3)).

Table 3. Productivity according to sawdust size and effects of additives at sawdust cultivation of shiitake

	Yield and the number of fresh fruit-bodies over 10 g (2 kg medium, until seventh flushing)		
	Yield (g)	Number	Rate to total yield (%)
E1	151 ± 69e ^a	8 ± 4ef	65
E2	201 ± 84cde	11 ± 4cdef	61
E3	397 ± 100a	23 ± 7a	70
E4	247 ± 85bcde	12 ± 4bcde	74
E5	167 ± 56de	7 ± 3f	67
E6	194 ± 71cde	10 ± 3def	70
E7	300 ± 57b	17 ± 2b	72
E8	210 ± 87bcde	10 ± 3def	75
A1	182 ± 51de	8 ± 2ef	63
A2	258 ± 71bcd	16 ± 4bc	63
A3	284 ± 17bc	14 ± 2bcd	77
A4	177 ± 103de	8 ± 5ef	78
A5	304 ± 88ab	14 ± 6bcd	74
A6	226 ± 84bcde	12 ± 5bcdef	74
A7	234 ± 48bcde	12 ± 3bcdef	75
A8	265 ± 104bcde	11 ± 5def	80

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

E: existence of CaCO₃, KNO₃, A: absence of CaCO₃, KNO₃.

1~8: size of sawdust (1: below 1 mm, 2: 2~3 mm, 3: 3~5 mm, 4: below 1 mm + 2~3 mm, 5: below 1 mm + 3~5 mm, 6: below 1 mm + 5~7 mm, 7: 2~3 mm + 3~5 mm, 8: below 1 mm + 2~3 mm + 5~7 mm (3:4:3)).

총수확량과 마찬가지로 10 g 이상 되는 버섯의 양도 E3 처리구가 397 g으로 가장 많았으며, 비록 총수확량에서 10 g 이상 되는 버섯이 차지하는 비율이 70%로 80%인 A8 처리구에는 미치지 못하지만 61%인 E2 처리구 보다는 높았다(Table 3).

이와 같은 결과는 동일한 균주를 접종했음에도 불구하고 재료가 달라짐으로 인해 배지의 배양기간, 버섯 발생기간, 수확량, 차수별 발생경향, 버섯의 크기별 발생비율 뿐만 아니라 회분, 조지방, 조단백 등과 같은 성분 및 섬유질의 함량에 있어서도 차이가 발생했다는 Gaitán-Hernández 등 (2006)의 보고, 그리고 참나무톱밥과 미강을 80:20으로 혼합했을 때보다 참나무톱밥, 미강, 옥수수피를 80:5:15로 혼합했을 때 25% 이상의 균사생장을 향상이 있었으며 옥수수피를 15~20% 첨가했을 때 갈변기간이 빨라져서 대조구(116일)에 비해 19~20일이 단축되었을 뿐만 아니라 수확량도 61% 증수되었다는 보고(지 등, 1997) 등을 고려할 때 본 실험에서도 톱밥의 크기와 첨가제의 혼합여부가 버섯생산성에 영향을 미쳤다고 판단된다.

따라서 본 실험에 사용된 균주를 재배에 이용할 때에는 톱밥크기가 3~5 mm인 것과 첨가제(탄산칼슘 0.6%, 질산칼륨 0.4%)를 혼합하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

적 요

표고톱밥재배시 톱밥의 크기와 첨가제의 혼합 여부에

따른 생산성 차이를 확인하기 위해 연구를 수행하였다. 표고균사가 배지 표면에 만연되는데 까지 걸린 시간을 조사한 결과, CaCO_3 , KNO_3 을 첨가한 3~5 mm 톱밥 처리구와 CaCO_3 와 KNO_3 을 첨가하지 않은 3~5 mm 톱밥 처리구가 가장 빨랐다. 그리고 중량감소를 조사에서는 CaCO_3 와 KNO_3 을 첨가하지 않은 1 mm 이하 톱밥 처리구가 가장 높았다. 발생 차수별로 버섯이 발생하는 경향도 처리구에 따라 약간씩 달랐다. CaCO_3 와 KNO_3 을 첨가한 1 mm 이하 톱밥 처리구의 경우에는 1, 2차발생에서 수확량의 80% 이상이 생산되었다. 반면에, CaCO_3 와 KNO_3 을 첨가하지 않은 1 mm 이하와 5~7 mm 톱밥 혼합 처리구는 1, 2차발생보다 3, 4차발생에서의 수확량이 더 많았고 1, 2차발생에서의 수확량이 전체 수확량에서 차지하는 비율은 34%였다. 생산성 조사 결과, 수확량과 버섯개수가 처리구별로 많은 차이를 보였다. 총수확량과 버섯개수가 각각 568 g, 67개였던 CaCO_3 , KNO_3 을 첨가한 3~5 mm 톱밥 처리구가 가장 많았으며, 각각 227 g, 24개가 수확된 CaCO_3 와 KNO_3 을 첨가하지 않은 1 mm 이하와 2~3 mm 톱밥 혼합 처리구 및 CaCO_3 와 KNO_3 을 첨가하지 않은 1 mm 이하와 5~7 mm 톱밥 혼합 처리구가 가장 적었다. 그리고 10 g 이상 되는 버섯의 수확량 조사에서는 CaCO_3 , KNO_3 을 첨가한 3~5 mm 톱밥 처리구가 397 g으로 가장 많았다.

참고문헌

- 김갑성. 1955. 최신표고재배법. 산림청. pp. 1-70.
- 박원철, 윤갑희, 가강현, 박현, 이봉훈. 2006. 표고재배 및 병해충 방제기술. 국립산림과학원 연구자료 제258호. pp. 108-158.
- 산림청. 1995. 단기임산 신소득원 개발에 관한 연구(II).
- 안미란, 정도연, 홍선표, 송근섭, 김영수. 2003. 버섯을 첨가한 전통고추장의 품질특성. 한국응용생명화학회지 46:229-234.
- 이봉훈, 박원철, 윤갑희. 2006. 톱밥종균, 성형종균 및 액체종균을 사용한 표고톱밥배지에서의 생산성 비교. 한국균학회지 34:79-83.
- 이태수, 윤갑희, 박원철, 김재성, 이지열. 2000. 새로운 표고재배 기술. 임업연구원 연구자료 제158호. p. 191.
- 장덕규, 우강용, 이승철. 2003. 표고버섯이 함유된 간장의 발효 중 품질특성. 한국식품영양과학회지 46:220-224.
- 지정현, 김영호, 주영철. 1997. 표고버섯 톱밥재배의 옥수수피 첨가효과. 한국균학회 균학회 소식. p. 44.
- 최선영, 성낙주, 김행자. 2006. 표고버섯을 첨가한 전통된장의 이화학적 특성. 한국식품조리과학회지 22:69-79.
- Gaitn-Hernandez, R., Esqueda, M., Gutierrez, A., Snchez, A., Beltrn-Garca, M. and Mata, G. 2006. Bioconversion of agro-wastes by *Lentinula edodes*: the high potential of viticulture residues. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 71:432-439.
- Hong, G. H., Song, G. S. and Kim, Y. S. 2003. Quality of bread prepared with wheat flour and oak mushroom powder. *Food Sci. Biotechnol.* 12:146-150.
- Son, M. H., Kim, S. Y., Ha, J. U. and Lee, S. C. 2003. Texture properties of surimi gel containing shiitake mushroom. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32:859-863.