

표고 톱밥재배용 균주의 육종과 재배특성에 관한 연구

유성열^{1*} · 박원철¹ · 구창덕² · 이봉훈¹

¹국립산림과학원 화학미생물과, ²충북대학교 산림학과

Studies on Breeding and Cultivation Characteristics of *Lentinula edodes* Strains for Sawdust Cultivation

Sung-Ryul Ryu*, Won-Chull Bak, Chang-Duck Koo and Bong-Hun Lee

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

²School of Forest Resources, Chungbuk National University, Cheong-ju 361-763, Korea

(Received February 20, 2009. Accepted June 29, 2009)

ABSTRACT: For the breeding purpose, in this study we attempted to select a new *Lentinula edodes* strain by comparing mycelial growth rate, fruit-body quality and mushroom productivity per substrate weight of hybrid strains with parent strains. Nineteen hybrid strains were made by cross of di-karyotic and mono-karyotic to develop strains suitable for sawdust cultivation of *L. edodes*. Among the nineteen strains, ten were selected by comparing mycelial growth rate on PDA media and wood rot on sawdust-based substrates. The most mushroom harvesting was achieved by 100 days incubation from KFRI 960, KFRI 961, KFRI 962, KFRI 963, KFRI 964, KFRI 971, KFRI 973 and 125 days from KFRI 968, 970. Experiment of incubation periods with the ten strains showed that there were productivity differences between 100 and 150 days incubations. Through comparison of hybrid strains' mushroom productivity it was found that there was no difference in mushroom productivity through crossing high temperature types with high temperature types, crossing low temperature types with high temperature types and crossing unknown temperature types with high temperature types, but there was difference through crossing middle temperature types with high temperature types. Hybrid strains showed better productivity compared with parent strains. Fruiting temperature type analysis of hybrid strains confirmed that strains of high temperature types have a dominant character.

KEYWORDS: dominant character, hybrid strains, *Lentinula edodes*, parent strains, temperature type

표고는 대부분 상수리나무, 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무 등과 같은 참나무류(*Quercus* spp.)를 이용한 생산성이 높은 수종을 기반으로 하는 원목재배에 기반을 두고 있다(이 등, 2007). 이러한 원목재배는 최근 노지재배에서의 원목재배가 해마다 감소하고 그 부족분을 채워나가기 위해 시설재배가 급속하게 신장해왔다. 이와 같은 상황으로 볼 때 최근의 원목재배 방식은 시설화가 진행되고 있지만 시설재배에서의 원목재배는 중국산 표고의 수입증가에 따른 수익성 악화, 원목가격의 상승에 따른 농가부담, 노동력의 절대부족, 고령화 등을 이유로 톱밥에 영양제를 첨가하여 혼합한 톱밥 배지 방식으로 전환하고 있는 추세이다(박 등, 2006; 장 등, 2008). 이러한 표고 톱밥재배 방식이 확대된 배경에는 시대의 흐름이나 생산구조의 변화 등이 큰 영향을 끼치고 있다고 생각된다. 하지만 우리나라의 표고 톱밥재배의 역사는 길지 않고 거의 시작단계라고 할 수 있다. 1980년대 중반부터 표고톱밥재배연구가 시작되었으며, 1990년 일본의 복연

산업에서 임업연구원을 방문하여 일본의 표고톱밥재배 기술에 대한 소개를 하게 됨으로써 표고톱밥재배에 대한 연구가 활발하게 추진되고 있다(박 등, 2006).

하지만 우리나라의 톱밥재배는 안전성이 확보 되어 있지 못하여 많은 어려움에 직면해 있다. 이런 가운데 톱밥재배에서는 톱밥재배용 균주가 버섯발생에 중요한 인자로서 입증되고 있다(Diehle and Royse, 1986). 그래서 양질의 톱밥재배용 균주를 만들기 위해서는 다양한 표고 종균 개발이 이루어져야 한다. 버섯의 육종, 즉 종균 개발은 우선 우수한 야생버섯의 자실체로부터 조직분리를 하여 재배화 하는 방법, 재배과정에서 발생하는 우량한 자실체를 조직 분리 하여 선발에 의한 품종개량, 교배에 의한 품종개량 등이 이용되어지고 있다(北本, 2006). 이 중에서 인위적인 교배에 의한 품종개량이 주로 균주육성에 사용되고 있다. 이러한 이유는 모균주의 특정한 유전적인 특징, 즉 생산성, 버섯 형질, 온도특성, 발생형태 등을 이미 알고 있는 상태에서 이루어지고 있기 때문이다. 모균주의 특성을 고려한 표고

*Corresponding author <E-mail: 25ryul@naver.com>

육종방법으로서 Di-mon방법이 사용되어지고 있다. Di-mon교배방법은 이핵균주의 한쪽 핵이 이주하여 교배의 상대로 있는 일핵 균사체에 핵과 접합시키는 방법이다 (Leonard *et al.*, 1978; 北本, 2006). 즉, 한천 배지상에서 서로 다른 균주의 2핵 균사와 1핵 균사를 접종하면, 2핵 균사가 1핵 균사를 에워싸고 자라나가면서 교배가 진행되어 신생 2핵 균사가 만들어지는 방법이다(박 등 2003). 이것은 우량한 형질을 가지고 있는 이핵의 유전형질을 섞어 만드는 것이다. 또한 이핵으로 이루어진 균사체로부터 포자를 받기 위해서는 버섯을 발생시켜야만 하기 때문에 실험실에서 손쉽게 접근할 수 있는 방법으로서 Di-mon 교배방식을 생각해 볼 수 있다(Chang and Miles, 2004).

품종개발의 최후의 검증방법은 만들어진 교잡균주에서 우량한 형질의 균주를 재배실험해서 선발하는 것이다. 특히, 자실체의 품질, 수량성 높은 균주, 좋은 맛을 나타내는 균주를 선발하는 것이다(北本, 2006). 그리고 이에 해당되는 균주가 선발되면 마지막 단계로는 실제 재배와 같은 실용 규모로서 재배검정을 통해 확인되어야만 한다. 톱밥배지에 적합한 품종구비조건으로서 기존 것과는 다른 새로운 유전형질을 가지는 신규성이 존재해야 하며, 수많은 유전형질 중 하나의 차이를 나타낼 수 있는 구별성을 가지고, 유전적 생리적으로 변함없이 안정적으로 유지되어야만 한다. 그리고 재배 시 모든 버섯이 균일성을 가져야만 한다. 따라서 이 연구의 목적은 새로운 균주개발을 위해 교잡균주의 균사생장, 자실체의 품질, 배지중량에 대한 버섯 생산성 등을 비교하여 톱밥배지에 적합한 균주선발을 하는 것이다.

재료 및 방법

표고균주의 교잡육종

국립산림과학원 균주보존실에 있는 표고균주들을 공시하여 Di-mon교배방법에 의한 교잡육종을 실시하였다(Leonard *et al.*, 1978; 善如渡, 1989; 衣川, 1990; 박 등, 1996). 각각의 균주들은 산림5호의 단포자로부터 얻은 일핵 균사를 (KFRI 535와 KFRI 536) 이핵 균사인 KFRI 11을 비롯한 20균주와 교잡 하였다(Table 1). 교잡을 위해 균사생장이 느린 일핵 균사들은 PDA 평판배지에서 미리 배양을 하여 일핵 균사가 자라기 시작하면 이핵 균사를 일핵 균사의 가장 자리에 이핵 균사를 치상하였다. 이 방법은 이핵 균사 중 하나의 핵이 일핵 균사체로 이동하여 새로운 이핵 균사체가 되는 것이다. 약 30일 경과하면 이핵균사가 일핵 균사를 에워싸고 자라나가게 된다. 그러면 이 끝부분의 균사를 취해 이핵 균사여부를 확인하였다. 이핵 균사의 확인은 현미경을 사용하여 연결격쇠의 유무를 확인하였다. 이핵 균사체로 확인이 되면, 모균주와 다른 새로운 균주인지를 알기 위하여 페트리디쉬 정중앙을 기준으로 양측에 5 × 5 mm 크기의 균사조각을 마주 놓고 배양하는 대치배양을 하였다 (Worrall, 1997; 박 등, 2003; Lind *et al.*, 2007).

Table 1. List of parent strains for making hybrid strain

Strains tested	Collected years	Temp. type	Cultivation type	Productivity per log(g) ^c
KFRI ^a 11	1985	Middle	Log cultivation	5.0
KFRI 12	1985	High	Log cultivation	45.8
KFRI 13	1985	Low	Log cultivation	140.1
KFRI 14	1985	Middle	Log cultivation	11.1
KFRI 15	1985	High	Log cultivation	106.8
KFRI 16	1985	Low	Log cultivation	75.9
KFRI 18	1985	Unknown	Log cultivation	ND ^d
KFRI 19	1985	Unknown	Log cultivation	ND
KFRI 22	1986	Low	Log cultivation	43.9
KFRI 23	1986	High	Log cultivation	137.1
KFRI 25	1986	Low	Log cultivation	43.5
KFRI 26	1986	Unknown	Log cultivation	ND
KFRI 27	1986	Middle	Log cultivation	49.4
KFRI 28	1986	Low	Log cultivation	105.1
KFRI 29	1986	Middle	Log cultivation	287.1
KFRI 30	1986	Low	Log cultivation	184.5
KFRI 31	1986	Low	Log cultivation	231.5
KFRI 32	1986	Unknown	Log cultivation	ND
KFRI 33	1986	Low	Log cultivation	57.2
KFRI 34	1986	Middle	Log cultivation	13.1
KFRI 35	1986	High	Log cultivation	69.7
KFRI 535 ^b	2001	High	Sawdust cultivation	ND
KFRI 536	2001	High	Sawdust cultivation	ND

교잡균주의 종균 및 톱밥배지 제조

종균제조는 박 등(2006)에 따라 신갈나무톱밥 79%, 미강 19%, 설탕 1%, 탄산칼슘 0.6%, 질산칼륨 0.4%비율로 섞고 함수율을 65%로 조절한 후 1 l용량의 종균병에 800 ml씩 넣어서 고압살균(121°C, 90분)했다. 살균이 끝난 종균병은 PDA 평판배지에 배양된 교잡균주들을 5 mm × 5 mm Agar block 3개씩을 접종하였다. 한편 톱밥배지는 신갈나무톱밥 79%(2-3 mm : 3-5 mm = 1 : 1), 미강 19%, 설탕 1%, 탄산칼슘 0.6%, 질산칼륨 0.4%비율로 섞고 함수율을 65%로 조절한 후 직경 10 cm, 길이 40 cm의 PP봉지에 2,000 g씩 넣어 원통형 배지를 만들었다. 살균과정 중 통기를 위해 봉지입구에 필터가 부착된 플라스틱 캡을 설치했다(이, 2006). 고압살균이 끝난 톱밥배지는 냉각실로 옮겨 식힌 후 클린 벤치 위에 배지를 올려놓고 일정한 간격으로 배지 뒷면 4군데를 칼로 찢어 스프링봉접종기를 사용하여 종균을 배지 당 10~15 g씩 접종하였다. 또한 접종부위는 테이프를 이용하여 열십자로 붙여 외부공기가 들어가지 못하도록 하였다. 각 교잡균주 당 15개의 톱밥배지를 만들어서 23°C에서 100일, 125일, 150일간 배양일수를 달리 하였다.

생산성검정 및 품질조사를 위한 처리

교잡균주의 적정한 배양일수를 알아내기 위해 100일, 125일, 150일 배양을 달리하여 버섯발생을 유도했다. 버섯발생은 PP봉지를 벗기고 비닐하우스로 옮겼다. 버섯발생조사는 3차 발생까지 실시했으며, 1차 발생이 끝나면 침수처리를 통해 배지에 수분공급을 하였다. 또한 자실체발생 환경조건을 모니터링하기 위해 디지털온습도계(HOBO pro series RH/Temp)를 이용하였다. 처리별 버섯발생 기간 동안 비닐하우스 내부의 온도변화는 8-24°C(평균 18°C)를 유지했으며, 일일온도교차는 0.4°C에서 13.0°C의 범위였다.

교잡균주들의 온도형 분석

버섯이 가장 많이 생산된 시기는 균주들의 발생 온도형을 구분할 수 있는 중요한 기준이 된다. 일반적으로 버섯을 수확할 수 있는 시기는 원기 형성이 후 7일이 되면 가능하다(Chang and Miles, 2004). 따라서 교잡균주의 온도형 분석은 수확적기 이전인 7일 전까지의 평균온도를 산정하였다. 박등(2006)의 방법에 따라 버섯발생 온도형을 구분하였다. 저온성은 5-15°C로 하였으며 중온성은 10-20°C로 하였고, 고온성은 15-25°C로 구분하였다.

결과

표고균주의 교잡

본 실험에서는 새로운 균주를 만들기 위해 Di-mon 교

배법을 이용하여 표고육종을 실시하였다. 그 결과 이핵 균사와 일핵 균사 사이에서 교배를 통해 새롭게 만들어지는 이핵 균사의 교배양상은 다양하게 나타났다. 이핵 균사 혹은 새롭게 만들어진 이핵 균사는 균사밀도가 높아 경계구분이 되기도 하였지만 그렇지 않은 형태도 나타났다. 이핵 균사와 일핵 균사 사이에서 새롭게 만들어진 균주를 확인하기 위해 페트리디쉬의 가장자리에서 균사를 취해 격쇠연결이 형성되었음을 확인할 수 있었다(Fig. 1). 그리고 이핵 균사로서 확인이 되었을 때 모균주인 이핵 균사와 새롭게 만들어진 이핵 균사를 구별하기 위해 서로 대치배양을 실시했다. 그 결과 42개의 교배조합에서 19개의 새로운 균주를 만들 수 있었다.

공시한 일핵 균사 2균주와 이핵 균사 21균주간의 상호 교배를 시도하여 4개 그룹, 19개의 교잡균주를 만들었다. 교배성공률은 동일한 온도형사이의 교배결과에서 성공된 균주들을 백분율로 나타냈다. 그 결과 8개 조합에서 교배성공률은 50%, 고온성과 중온성과의 10개 조합에서 교배성공률 40%, 고온성과 저온성간의 16개 조합에서 교배성공률 43%, 고온성과 아직 알려지지 않은 온도형간 8개 조합에서 교배성공률은 40%로 나타났다(Table 2).

생산성검정과 품질조사

배양일 수를 달리한 배지들은 발생처리 후 5일 이후 버섯발아가 되기 시작했으며, 다시 7일 이상이 경과하면 성숙한 자실체가 되었다.

100일 처리의 생산성검정과 품질조사에서 발생처리는 4월

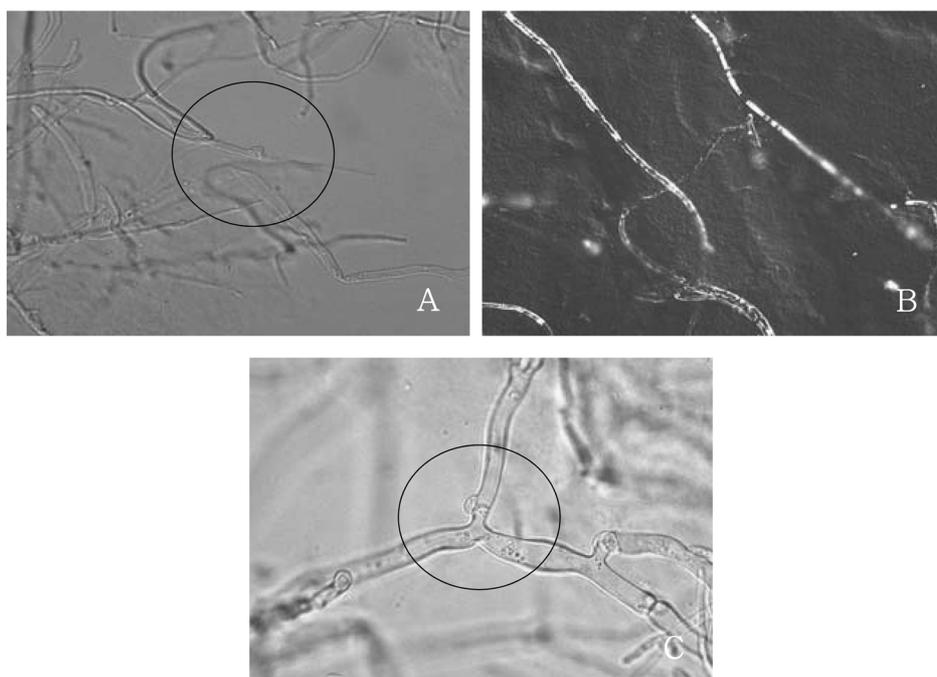


Fig. 1. Photomicrographs about di-mon method procedure of *L. edodes* to make new strain, KFRI 961; dikaryon of strain KFRI 13(A), monokaryon of strain KFRI 535(B) and new dikaryon of strain KFRI 961(C). The circle of A and C shows presence of clamp but B absence of clamp connection.

Table 2. Hybrid strains made by di-mon mating method

Temp. Type ^a	Temp. type of hybrid strains	Mating of strains		Hybrid strains made	Probability of success (%) ^b
		Dikaryon	Monokaryon		
A group	H × H type	KFRI 12	KFRI 535	KFRI 960	50
	H × H type	KFRI 23	KFRI 535	KFRI 965	
	H × H type	KFRI 15	KFRI 536	KFRI 973	
	H × H type	KFRI 23	KFRI 536	KFRI 975	
	M × H type	KFRI 29	KFRI 535	KFRI 967	
B group	M × H type	KFRI 14	KFRI 536	KFRI 972	40
	M × H type	KFRI 27	KFRI 536	KFRI 977	
	M × H type	KFRI 34	KFRI 535	KFRI 970	
	L × H type	KFRI 13	KFRI 535	KFRI 961	
	L × H type	KFRI 13	KFRI 536	KFRI 971	
C group	L × H type	KFRI 16	KFRI 535	KFRI 962	43
	L × H type	KFRI 22	KFRI 535	KFRI 964	
	L × H type	KFRI 33	KFRI 535	KFRI 969	
	L × H type	KFRI 22	KFRI 536	KFRI 974	
	L × H type	KFRI 25	KFRI 535	KFRI 966	
D group	U × H type	KFRI 18	KFRI 535	KFRI 963	40
	U × H type	KFRI 26	KFRI 536	KFRI 976	
	U × H type	KFRI 32	KFRI 535	KFRI 968	
	U × H type	KFRI 32	KFRI 536	KFRI 978	

^aA group indicates crossing high temperature type with high temperature type, B group indicates crossing middle temperature type with high temperature type, C group indicates crossing low temperature type with high temperature D group indicates crossing of unknown temperature type with high temperature type.

^bProbability of success(%) indicates total number of strains made/total number of crossing between two different groups × 100.

(발생), 5월(침수 후 발생), 6월(침수 후 발생)까지 3차에 걸쳐 이루어졌으며, 버섯이 발생되면 수확을 통해 생산량 및 품질 조사를 실시했다. 이 기간 동안 비닐하우스 내부의 온도는 4월 11-19°C(평균 15°C), 5월 16-19°C(평균 17°C), 6월 19-22°C(20°C)였다. 습도는 90% 이상이였다. 버섯발생은 4월 30일 KFRI 962, 973에서 첫 수확을 한 후 KFRI 974를 제외한 9균주 모두에서 버섯수확을 할 수 있었다. 이들 중 KFRI 971균주의 생산량(603 g)과 개체수(25개)가 다른 균주들에 비하여 우수하였지만, 개체중량은 작은 편이었다. 반면 KFRI 964균주의 생산량(91 g)과 개체수(3개)는 크지 않았지만 개체중량 30 g으로 나타냈다(Table 2-6). 1차 수확 기간은 약 20-30일이 소요되었으며, 이 기간 동안 수확과 배지 휴양을 동시에 실시하였다. 한편 2차 버섯발생을 유도하기 위해 부족해진 배지내부에 수분을 침수처리를 통해 공급하였다. 그 결과 100일 처리배지들은 버섯발생까지의 기간이 약 10일이 걸리는 것으로 나타났다. 100일 처리에서 버섯발생을 차수별 비교해 보면 1차발생에서 가장 많이 발생한 균주는 KFRI 962 250 g, KFRI 968 216 g, KFRI 971 371 g 이었으며, 2차발생에서 가장 많이 발생한 균주는 KFRI 960 164 g, KFRI 973 289 g이었다. 그리고 3차발생에서 가장 많이 발생한 균주는 KFRI 961 122 g, KFRI 963 71 g, KFRI 964 117 g, KFRI 970 25 g

Table 3. Mushroom productivity of hybrid strains after 100 days incubation

Strain tested	Total yield (g) ^a	Individual fresh wt. (g) ^b	Number ^c
KFRI 960	377.6 ± 11.9 ^d	7.6 ± 2.2	13.4 ± 4.1
KFRI 961	315.1 ± 90.7	13.6 ± 9.3	15.0 ± 3.8
KFRI 971	603.5 ± 94.1	11.4 ± 1.0	25.4 ± 2.4
KFRI 973	397.6 ± 59.9	17.4 ± 1.4	16.8 ± 2.5
KFRI 962	129.4 ± 214.9	15.1 ± 21.7	14.0 ± 12.9
KFRI 963	64.7 ± 69.1	21.6 ± 29.8	2.8 ± 2.2
KFRI 964	91.0 ± 52.0	30.3 ± 12.0	3.0 ± 1.8
KFRI 974	0	0	0
KFRI 968	285.7 ± 166.3	18.3 ± 5.1	15.3 ± 4.1
KFRI 970	31.0 ± 26.3	10.3 ± 4.0	2.8 ± 1.5

^aA 3rd yield of fruit bodies harvested on sawdust-based substrates of 2 kg.

^bFresh weight of each fruit-body harvested per sawdust-based substrates of 2 kg.

^cNumber of fruit-body harvested per sawdust-based substrates of 2 kg.

^dData are mean and standard error.

이었다. 하지만 KFRI 974균주는 100일처리의 모든 발생 차수에서 버섯을 발생시키지 못했다(Table 3).

125일 처리의 생산성검정과 품질조사에서 발생처리는 5월

(발생), 6월(침수 후 발생)동안 2차에 걸쳐 실시했으며, 버섯이 발생되면 생산량 및 품질조사를 실시했다. 이 기간 동안 비닐 하우스 내부의 온도는 5월 16-19°C(평균 17°C), 6월 19-22°C(20°C)였으며, 습도는 90%이상이었다. 버섯발생은 KFRI 964와 KFRI 974를 제외하고 모든 균주에서 버섯을 수확할 수 있었다. 이 가운데 KFRI 968은 418 g이라는 생산량으로 균주 가운데 가장 많았으며, 개체중량 18 g과 개체수 18개로 나타났다. 한편 KFRI 974균주는 100일 처리구와 같이 버섯발생을 하지 못하였다(Table 2-7). 125일 처리에서 버섯발생을 차수별 비교해 보면 1차 발생에서 가장 많이 발생한 균주는 KFRI 960 84 g, KFRI 971 283 g, KFRI 973 81 g, KFRI 962 253 g, KFRI 963 65 g, KFRI 968 363 g, KFRI 970 70 g이었으며, 2차발생에서 가장 많이 발생한 균주는 KFRI 961이 66 g이었다. 한편 KFRI 963, KFRI 971, KFRI 973 등은 1차 수확이 이루어지면 다음발생차수 때 버섯 발생을 하지 못했다. 그리고 KFRI 964와 KFRI 974는 125일 처리의 모든 발생 차수에서 버섯을 발생시키지 못하였다(Table 4).

150일 처리의 생산성검정과 품질조사에서 발생처리는 6월(발생) 1차에 걸쳐 실시했으며, 버섯이 발생하면 생산량 및 품질조사를 실시했다. 이 기간 동안 비닐하우스 내부의 온도는 6월 19-22°C(20°C)였으며, 습도는 90%이상으로 나타났다. 버섯발생은 KFRI 964, KFRI 970, KFRI 974 등을 제외하고 모든 균주에서 버섯이 발생되었다. KFRI 973이 생산량 353 g, 개체중량 32 g, 개체수 11개를 나타내어 다른 균주들에 비해 상대적으로 우수하였다. 그리고 150일 처리에서 KFRI 974는 버섯이 발생되지 않았다(Table 5).

배양기간에 따른 생산성비교

배양기간을 달리하여 생산성차이를 조사하였다(Table 6).

Table 4. Mushroom productivity of hybrid strains after 125 days incubation

Strains tested	Total yield(g) ^a	Individual fresh wt. (g) ^b	Number ^c
KFRI 960	131.8 ± 58.8 ^d	19.4 ± 17.3	6.8 ± 3.6
KFRI 961	88.8 ± 76.5	20.9 ± 11.0	3.5 ± 2.4
KFRI 971	282.9 ± 117.6	22.2 ± 4.9	10.5 ± 4.2
KFRI 973	81.1 ± 65.0	19.3 ± 9.5	5.0 ± 4.1
KFRI 962	262.0 ± 111.1	21.5 ± 6.2	9.8 ± 4.1
KFRI 963	64.7 ± 47.7	18.5 ± 10.2	3.0 ± 2.8
KFRI 964	0	0	0
KFRI 974	0	0	0
KFRI 968	417.7 ± 1.9	17.8 ± 0.6	18.0 ± 1.4
KFRI 970	140.3 ± 10.8	4.8 ± 0.5	2.0 ± 1.5

^aA 2nd yield of fruit bodies harvested on sawdust-based substrates of 2 kg.

^bFresh weight of each fruit-body harvested per sawdust-based substrates of 2 kg.

^cNumber of fruit-body harvested per sawdust-based substrates of 2 kg.

^dData are mean and standard error.

Table 5. Mushroom productivity of hybrid strains after 150 days incubation

Strains tested	Total yield(g) ^a	Fresh wt. (g) of each fruit-body ^b	Number of fruit-body ^c
KFRI 960	36.8 ± 21.5 ^d	29.4 ± 14.5	1.5 ± 0.5
KFRI 961	18.7 ± 20.0	11.2 ± 9.6	1.2 ± 0.5
KFRI 971	66.0 ± 52.2	26.4 ± 9.8	2.5 ± 1.9
KFRI 973	353.3 ± 78.1	32.1 ± 3.3	11.0 ± 2.7
KFRI 962	183.1 ± 87.0	9.9 ± 3.7	8.3 ± 2.2
KFRI 963	47.1 ± 21.1	47.2 ± 0.5	1.0 ± 0.4
KFRI 964	0	0	0
KFRI 974	0	0	0
KFRI 968	81.3 ± 48.2	9.0 ± 2.7	5.5 ± 2.1
KFRI 970	0	0	0

^aA 1st yield of fruit bodies harvested from sawdust-based substrates of 2 kg.

^bFresh weight of each fruit-body harvested per sawdust-based substrates of 2 kg.

^cNumber of fruit-body harvested per sawdust-based substrates of 2 kg.

^dData are mean and standard error.

Table 6. Mushroom productivity of hybrid strains according to incubation periods

Strains tested	Total mushroom yield(g) ^a		
	100 days ^b (a)	125 days(ab)	150 days(b)
KFRI 960	377.6 ± 11.9 ^c	131.8 ± 58.8	36.8 ± 21.5
KFRI 961	315.1 ± 90.7	88.8 ± 76.5	18.7 ± 20.0
KFRI 971	603.5 ± 94.1	282.9 ± 117.6	66.0 ± 52.2
KFRI 973	397.6 ± 59.9	81.1 ± 65.0	353.3 ± 78.1
KFRI 962	129.4 ± 214.9	262.0 ± 111.1	183.1 ± 87.0
KFRI 963	64.7 ± 69.1	64.7 ± 47.7	47.1 ± 21.1
KFRI 964	91.0 ± 52.0	0	0
KFRI 974	0	0	0
KFRI 968	285.7 ± 166.3	417.7 ± 1.9	81.3 ± 48.2
KFRI 970	31.0 ± 26.3	140.3 ± 10.8	0

^aIndicates a total yield of fruit-bodies harvested on sawdust-based substrates of 2 kg during cultivation.

^bSignificantly different at 5% level by Duncan's multiple range test. Namely, there are differences in yields between 100 days and 150 days. Zero values shows that strain fails to produce fruit-bodies.

^cData are mean and standard error.

그 결과 균주들간 생산성 차이가 났다. 균주들의 평균 생산성은 KFRI 971, KFRI 973, KFRI 968, KFRI 962, KFRI 960, KFRI 961, KFRI 963, KFRI 970, KFRI 964, KFRI 974의 순으로 나타났다. 그리고 배양일수에 따른 생산성은 100일, 125일, 150일 순으로 나타났으며, 100일과 150일처리사이에서 생산성 차이가 났다.

교잡균주들의 온도형분석

온도에 따라 교잡균주들은 생산량을 달리 하였다. Table 7

Table 7. Temperature types determined for the 10 hybrid strains selected in this study

Strains tested	Temperature range(°C)	Temperature Type ^a
KFRI 960	20-22	High
KFRI 961	22-24	High
KFRI 962	14-17	Middle
KFRI 963	19-20	High
KFRI 964	19-22	High
KFRI 968	16-20	Middle-high
KFRI 970	19-22	High
KFRI 971	14-16	Middle
KFRI 973	19-21	High
KFRI 974	0	-

^aTemperature type was determined by monitoring proper temperature range at which the hybrid strains produce the highest mushroom yield.

은 시간이 경과함에 따라 발생되었던 Fig. 2의 생산량과 Fig. 3의 온도변화에 따라 교잡균주의 온도형을 분석되었다. 교잡균주 KFRI 960과 KFRI 961은 20-22°C의 범위에서 버섯발생량이 가장 많아 고온형태로 결정되었다. 교잡균주 KFRI 962는 14-17°C의 범위로 중온형, 교잡균주 KFRI

963은 19-20°C의 범위로 고온형, 교잡균주 KFRI 964는 19-22°C의 범위로 고온형 이었다. 교잡균주 KFRI 968은 16-22°C의 범위로 중고온형, 교잡균주 KFRI 970은 19-22°C의 범위로 고온형태로 결정할 수 있었다.

교잡균주 KFRI 971는 14-16°C의 범위로 중온형, 교잡균주 KFRI 973은 19-21°C의 범위로 고온형태로 결정되었다. 한편 교잡균주 KFRI 974는 버섯발생을 하지 않아 온도형 결정을 할 수 없었다.

고찰

최근 표고재배는 자원문제, 노동력부족, 고령화 문제 같은 다양한 이유로 원목 보다 톱밥재배형태로 변모하고 있으며 안정된 톱밥재배방식을 마련하기 위해 자연재배시설 및 건조 시설을 이용하여 활발한 연구가 진행되어지고 있다(윤 등, 2006). 또한 우리나라와 비슷한 사정을 안고 있는 일본은 표고 톱밥재배에 관한 연구가 활발하게 진행하고 있다(加 등, 2000; 内山 등, 2006). 하지만 아무리 빠르게, 보다 효율적으로, 신뢰할 만한 톱밥재배를 위한 시스템이 개발되었을지라도 톱밥재배에서는 톱밥재배용균주가 버섯생산에 주요한 제한인자이다(Diehle and Roysse, 1986). 톱밥배지에 부적합한 균주는 버섯생산과 높은 관련성을 가진다고 생각할 수 있다.

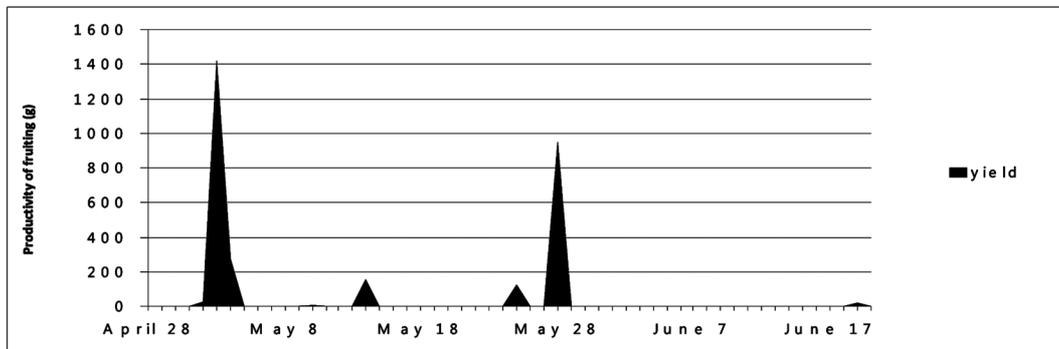


Fig. 2. Monthly mushroom productivity of KFRI 971 strain grown at sawdust-based substrates. Fruit-bodies were harvested from April 28 to May 8 and this period which the most fruit-bodies are picked up indicates a criterion of mushroom's occurrence temperature type.

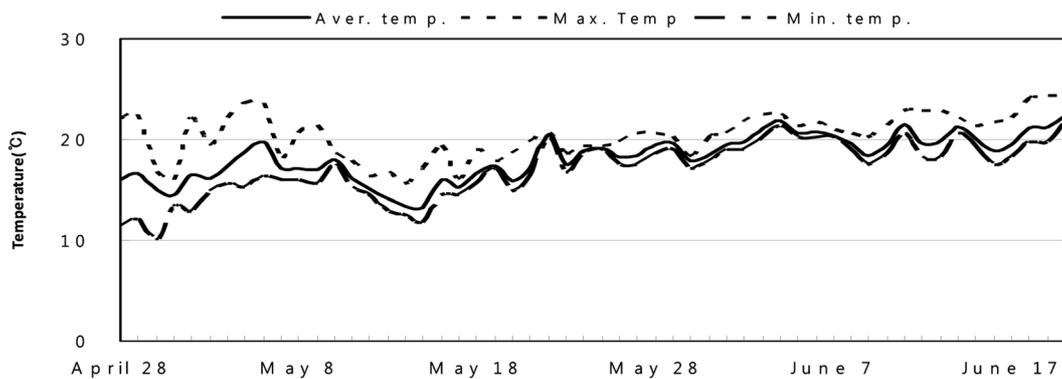


Fig. 3. Monitoring of fruiting temperature of strain KFRI 971 for its harvest yield at 2 kg sawdust-based substrates.

표고균주의 교잡

버섯육종을 위해 일반적으로 이용되고 있는 버섯의 교배는 교배형이 다른 2종류의 일핵 균주를 대치배양시켜 새로운 이핵균주를 만드는 Mon-Mon교배를 말한다(北本, 2006). 이런 Mon-Mon 교배법은 같은 자실체로부터 단포자를 분리해서 얻어진 많은 일핵 균주 간 교배를 시키는 자식과 다른 품종의 일핵 균주와 교배시키는 타식 교배방식이 있는데, 타식이 자식보다 변이 폭이 큰 것으로 알려져 있다(Eugenio and Anderson, 1968).

본 실험에서는 고온성 6균주, 중온성 5균주, 저온성 7균주, 아직 알려지지 않은 온도형 5균주 사이의 상호교배를 실시하였는데, 고온성 균주 간 교배성공률은 50%, 고온성과 중온성과의 교배성공률은 40%, 고온성과 저온성간의 교배성공률은 43%, 고온성과 아직 알려지지 않은 온도형간 교배성공률은 40%로 박(1996)등의 보고와 같이 대체로 발생 온도형이 같은 균주 간 교배가 이루어졌을 경우 50%의 높은 교배성공률을 확인할 수 있었다.

생산성검정

톱밥재배에 적합한 균주를 선발하기 위해서는 균주들마다 적절한 배양일수를 가지고 있다. 하지만 균주들의 적절한 배양일수는 처음부터 알기란 쉽지 않다. 따라서 교잡균주의 배양일수를 알기위해 100일, 125일, 150일 동안 배양한 후 버섯발생을 유도한 결과는 균주들마다 많은 차이가 존재했다. KFRI 960을 비롯한 5개 균주가 100일 처리에서 수확량이 많았으며, KFRI 962를 비롯한 2개 균주는 125일 처리에서 수확량이 많았다. 또한 150일 처리에서는 어떤 교잡균주도 수확량이 많지 않았다. 이런 결과는 균주들 사이에 선호하는 배양일수를 가지고 있으며, 균주에 적합한 배양일수 보다 부족한 혹은 과다한 배양일수를 유지하게 되면 버섯발생에 불리한 요건이라고 판단해 볼 수 있다. 또한 배양과정에서 형성되어진 자실체 원기수를 조사해보면 발생처리를 하기 전부터 많이 형성되어진 것이 있었는데, 이렇게 배양과정에서 형성되어진 원기수가 발생시 개체수를 강하게 지배하였다고 판단된다(小出와 竹内, 1994). 본 실험에서도 버섯발생은 발생차수별 처리에서 1차생산량이 가장 많았는데, 이와 같은 영향을 받은 대부분의 배지들에서 버섯생산이 많았다고 판단해 볼 수 있다.

일반적으로 공조시설에서의 톱밥배지의 경우 버섯수확이 이루어진 이후 다음 버섯발생유도를 위해 일정기간 휴양을 가져야만 한다. 하지만 공조시설은 지속적인 분무를 통해 시설내부의 습도를 제어하게 되는데, 수확이후 지속적인 물입자가 배지 상단부분을 점유하게 되어 공기중에 존재하는 *Trichoderma* sp.와 *Penicillium* sp.와 같은 잡균들의 서식처로서 제공하기에 유리할 수 있다. 이와 같은 경우 배지들은 오히려 휴양중인 배지들의 다음 자실체발생을 촉진시키는 결과이기 보다는 미처 발생되지 못한 수확가능한 자실체의 발생에만 영향을 줄 뿐이다(內山 등, 2006).

톱밥배지에서 버섯발생, 수확, 휴양, 발생 등 적절한 시기를 알아 일관된 관점에서 관리를 실행해야만 한다. 그렇기 때문에 같은 균주로 재배실험을 하더라도, 첫 번째, 두 번째 등의 결과가 다르게 나타날 수 있다. 이런 결과는 재배환경 등을 포함한 여러 가지 설정조건의 차이에 따라 자실체발생패턴이 영향을 받을 수 있다고 생각한다. 톱밥배지가 존재하는 각각의 환경에 대한 적절한 분석이 이루어지지 않고 톱밥재배에 직면하게 되면 배지의 총 버섯발생량에 많은 영향을 줄 수 있을 있으며 배지의 지속성에도 많은 문제점이 야기될 것이다. 즉, 안정적인 수확을 지속적으로 하기위해, 적합한 균주, 균주의 배양일수, 적절한 발생처리조건, 다음 발생유도를 위한 휴양 및 배지로의 수분공급 등을 생각해야만 한다.

버섯발생을 유도하기 위해 자연조건과 유사한 비닐하우스와 연중 온습도 조절이 가능한 공조시설에서 새로운 균주들에 대한 생산성검정을 실시하였다. 하지만 비닐하우스의 재배조건은 일년 가운데 버섯재배하기에 가장 유리한 환경조건으로 버섯발생에 유리한 17°C의 범위였다. 버섯발생의 온도특성을 계절별로 나누고 있는 長谷部 등(1990)의 방법으로는 표고에 대한 온도형태 검정을 하는 데 한계가 있었다. 따라서 자연재배에 가까운 비닐하우스에서의 온도변화에 대한 모니터링을 통해 교잡균주들의 온도형을 분석하였다(Chang and Miles, 2004; 박 등, 2006). 그 결과 고온성 균주 간 교배에 의해 만들어진 KFRI 960과 KFRI 973은 고온성 균주로 나타났으며, 중온성 균주와 고온성 균주 간 교배에 의해 만들어진 KFRI 970은 고온성균주로 나타났다. 그리고 아직 결정되지 않은 온도형과 고온성 균주 간 교배에서는 고온성균주로 나타났으며, 저온성 균주와 고온성 균주간의 교배로 만들어진 KFRI 961은 고온성으로, KFRI 962는 중온성으로, KFRI 971은 중온성으로 나타났다. 이 결과로서 판단해 보면 고온성균주가 다른 온도형에 비해 강한 우성을 가짐을 확인할 수 있었다(長谷部 등, 1999). 이러한 결과들은 짧은 기간을 통해 얻어진 결과들이기 때문에 보다 장기적인 연구를 통해 온도형에 대한 결론을 내릴 수 있을 것이라 판단된다.

적요

톱밥배지에 적합한 품종 구비 조건으로서 요구되는 신규성, 구별성, 균일성, 안정성에 대해 교잡균주제조에 따른 균사생장, 배양일수, 생산성, 온도형 등을 비교하여 톱밥배지에 적합한 균주육종을 시도하였다. 본 실험에서는 Di-mon 교배법을 이용하여 이핵 균주 21개와 일핵 균주 2개 사이의 상호교배에서 19개의 새로운 균주를 만들었다. 이 가운데 균사생장과 목재 부후력이 활발한 10개 균주를 선발하였다. 이 선발된 균주들은 100일, 125일, 150일 등으로 배양일수를 달리하여 생산성 검정을 하였다. 그 결과 100일 처리에서 KFRI 960, 961, 962, 963, 964, 971, 973균주가

생산성이 우수하였으며, 125일 처리에서 KFRI 968, 970 균주가 생산성이 우수하였다. 배양일수에 따른 생산성은 100일과 150일 처리사이에서 차이가 났다. 교배 온도형의 비교는 고온성 사이의 교배와 저온성과 고온성 사이의 교배, 아직 결정되지 않은 온도형과 고온성 간의 교배의 생산성 차이는 없었으며, 중온성과 고온성과의 교배로 만들어진 균주들과는 생산성 차이가 났다. 교잡균주들의 온도형 분석은 고온성 균주가 다른 온도형에 비해 우성형질을 가졌다.

참고문헌

- 박원철, 윤갑희, 가강현, 박현, 이봉훈. 2006. 표고재배 및 병해충 방제기술. 국립산림과학원. 196p.
- 박원철, 윤갑희, 박지두, 여운홍, 이상길, 김길하, 가강현, 박현, 김명길, 이학주, 강호덕, 최중식, 이봉훈, 나정은, 이종윤, 양재경, 임부길, 이종규. 2003. 표고의 새로운 배지개발과 생산성 향상에 관한 연구. 농림부. 238p.
- 박원철, 이태수, 이원규, 변병호, 이창근. 1996. 선발육종 및 교잡 육종에 의한 원목재배용 표고균주 육성(I). 한국임학회지. 85: 309-315
- 윤갑희, 박원철, 박현, 김명길, 이진실, 박광선. 2006. 자연재배형 표고톱밥재배시스템. 국립산림과학원. 169p.
- 이봉훈, 박원철, 가강현, 윤갑희, 유성열. 2007. 표고재배시 여러 종류의 참나무골목에 발생하는 해균상. 한국균학회지. 35: 33-36.
- 이봉훈, 박원철, 윤갑희. 2006. 톱밥종균, 성형종균 및 액체종균을 사용한 표고톱밥배지에서 생산성 비교. 한국균학회지. 34: 79-83.
- 장철수, 석현덕, 김영단. 2008. 표고버섯관측월보, 임업관측 4월호. 한국농촌경제연구원. pp14.
- 加島功一. 1992. きのこの増殖と育種. 農業圖書. pp113-116.
- 加幸浩, 中谷誠, 山村忠明. 2000. シイタケ菌床栽培の確立(第2報): おか粉の樹種が子實體の生産に及ぼす影響. 林産試場報. 14: 1-9.
- 古川久彦. 1992. きのご學. 共立出版株式會社. 450p.
- 内山寛, 太田洋子, 太田淳, 長谷川孝則, 竹原太賀司. 2006. シイタケ菌床栽培技術. 福島懸林業センタ 研究報告 第 39. pp 61-78.
- 北本豊. 2006. 食用薬用きのこの育種にかかる最近の展開. 木材學會誌. 52: 1-7.
- 善如寺厚渡直明. 1989. きのご實驗マニュアル. 1989. 講談社サイエンティフィック. pp 96-101.
- 小出博志, 竹内嘉江. 1994. シイタケの菌床栽培技術の開発 : 菌床栽培實用化試験. 長野懸林七總研報 第 8. pp35-61.
- 衣川堅二郎. 1990. きのごの遺傳と育種. 築地書館. pp82-93.
- 長谷部公三郎. 1999. ほだ木栽培におけ高温發生型シイタケ菌株の室内選抜の方法. 菌研究所研究報告. 37: 50-56.
- 長谷部公三郎, 有田郁夫, 時本京亮, 大平郁男. 1990. シイタケの木栽培における子實體發生型の遺傳. 菌研究所研究報告. 28: 317-323.
- Chang, S. T. and Miles, P. G. 2004. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact 2ed. CRC press. 451p.
- Diehle, D. A. and Royse, D. J. 1986. Shiitake cultivation on sawdust: Evaluation of selected genotypes for biological efficiency and mushroom size. *Mycologia* 78, 929-933.
- Eugenio, C. P. and Anderson, N. A. 1968. The genetics and cultivation of *Pleurotus ostreatus*. *Mycologia* 60, 627-634.
- Leonard, T. J., Dick, S. and Gaber, R. F. 1978. Internuclear genetic transfer in vegetative dikaryons of *Schizophyllum commune*: Di-mon mating analysis. *Genetics* 88, 13-26.
- Lind, M., Stenlid, J. and Olson, A. 2007. Genetic and QTL mapping of somatic incompatibility and intraspecific interactions in the Basidiomycetes *Heterobasidion annosum* s. l. *FG & B* 44, 1242-1251.
- Heitman, J. Kronstad, J. W., Taylor, J. W. and Casselton, L. A. 2007. Sex in fungi: Molecular determination and evolutionary implications. ASM press, Washington, D.C. 542p.
- Worrall, J. J. 1997. Somatic incompatibility in Basidiomycetes. *Mycologia* 89, 24-36.