

고온적응성 큰느타리(새송이)버섯 품종육성

임착한 · 김민근 · 김경희 · 조수정¹ · 이종진 · 정완규 · 이상대 · 최용조 · 알리아스자드 · 류재산*

경상남도농업기술원, ¹경남과학기술대학교 제약공학과

Breeding of *Pleurotus eryngii* with a high temperature tolerance trait

Chak Han Im, Min-Keun Kim, Kyung-Hee Kim, Soo Jeong Cho¹, Jong Jin Lee, Wan-Kyu Joung, Sang Dae Lee, Young Jo Choi, Asjad Ali and Jae-San Ryu*

Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-360, Korea

¹Department of Pharmaceutical Engineering, Gyeongsang National University of Science and Technology, 33 Dongjin-ro, Jinju 660-758, Korea

ABSTRACT: In order to breed a new *P. eryngii* cultivar with high temperature tolerance trait to cope with climate change, strains and cultivars were characterized at 20°C that is 5°C higher than normal condition followed by screening for the characteristics such as required days to harvest, quality and yield. Monokaryons from the selected strains were crossed. Da-32×KNR2322-15 derived from the crosses between KNR2322 having characteristics of short growing day and Da(Ga5Na5-4×KNR2312-7) having characteristics of high quality and yield at 20°C, showed 14.9 days for harvest, 120.6 g yield, and 7.0 quality in the first trial. The strains were named as Taeyangsongi and cultivated on a large scale to compare with Kenneutari No. 2 at a mushroom farm. Yield of Taeyangsongi (109 g) was significantly different (P=0.001) from Kenneutari No.2. Quality of the new (6.6) and the reference cultivar (3.5) was also statistically different (P=0.001) The brightness of pileus of Taeyangsongi (59.5) was 10 points less than the reference cultivar due to which it has an inability to bear high temperature stress. Thus, PCR reactions with URP2 discriminated between Taeyangsongi and reference cultivars (Kenneutari No. 2 and Aeryni).

KEYWORDS: King oyster mushroom, *Pleurotus eryngii*, Climate change, High temperature tolerance, Breeding

서론

큰느타리버섯(*P. eryngii*)은 느타리버섯과에 속하는 백색부후균으로 주로 지중해 연안의 유럽대륙과 중동지역에서 연안의 반건조한 스텝기후지역에서 많이 발생하며 (Zervakis *et al*, 2001), 유럽지역에서 1950년대에 재배에

관한 연구로 인공재배에 성공하였다(Rajarathnam and Bano, 1987). 이 버섯은 맛과 향이 뛰어나고 대가 단단하여 저장기간이 긴 특징을 가지고 있다. 또한, 에르고스테롤(장 등, 2011)이나 간암세포를 억제하는 활성을 지닌 다당류 (Kawai 등, 2014). 항산화활성, 항염증효과 (Lin *et al*, 2014), Angiotensin converting enzyme 저해활성 (Kang 등, 2003), 그리고 프로바이오틱 활성(Synytsya *et al*, 2009) 등의 기능성 물질이 함유되어 건강식품으로써 주목받아 왔다.

국내생산량은 44,098(2013)톤으로 2005년 이래로 안정세를 보이고 있다(농림수산식품부, 2013특용작물생산실적, 2014). 전체 농산버섯 생산량 161,603톤의 28%를 차지하며, 수출량도 3,858톤 14,155불에 달하는 우리나라의 대표 버섯품목중의 하나이다. 현재 국내에 등록되어 있는 큰느타리버섯의 품종은 5종에 이르지만(국립종자원, <http://www.seed.go.kr/>), 아직 품종의 고유성과 다양성은 미흡한 수준이어서 농가의 품종선택의 폭이 좁다. 더우기 최근의 기후변화는 고온적응성 형질이 도입된 품종의 육종을 요

J. Mushrooms 2014 June, 12(3):187-192
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2014.12.3.187>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

*Corresponding author
 E-mail : coolmush@korea.kr
 Tel : +82-55-254-1353, Fax : +82-55-254-1119

Received September 17, 2014
 Revised September 25, 2014
 Accepted September 29, 2014

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Table 1. Morphological characters of the collected *P. eryngii* strains at 20°C

Strain	Required days for harvest ^a	Length of fruit body (mm)	Dia. of stipe (mm)	Dia. of pileus (mm)	Yield (g/bottle)	Quality ^b
KNR 2524	14.0	73.0	20.5	32.0	25.0	2.0
KNR 2532	15.5	111.0	31.0	36.0	55.0	3.5
KNR 2557	15.5	89.5	30.0	31.0	39.0	2.8
KNR 2503	17.0	105.0	37.0	23.0	50.0	3.0
KNR 2536	17.0	106.0	44.5	23.0	80.8	4.3
KNR 2322	17.5	106.0	46.0	24.0	83.5	4.0
KNR 2543	17.5	81.5	39.0	19.0	48.5	3.5
KNR 2539	18.0	86.0	42.5	19.0	60.0	3.5
KNR 2554	18.0	84.5	37.5	17.3	55.0	3.0
KNR 2556	19.0	105.0	42.0	38.0	87.5	5.0
KNR 2526	20.0	111.5	34.0	50.0	71.0	5.3
KNR 2525	20.5	68.0	25.5	36.0	17.5	1.5
Keuneutari No. 2	21.5	109.0	42.5	21.5	79.5	3.8
Da ^c	22.0	114.3	43.0	62.8	122.8	6.9
KNR 2542	22.0	64.0	34.5	13.5	33.0	2.0
KNR 2555	23.0	71.5	33.5	17.9	37.5	1.8
KNR 2540	24.5	70.4	36.0	47.0	84.0	5.0
KNR 2548	25.5	64.5	16.5	22.5	15.0	1.3
KNR 2502	25.5	79.0	19.0	36.0	30.0	2.0
KNR 2506	27.0	46.5	20.0	19.0	10.5	1.0

^a Days for harvest from removing old media.^b 9-point rating scale (Ryu *et al.*, 2006).^c Da : Ga5Na5-4×KNR2312-7

구한다. 1991년부터 2000년까지 한반도의 연평균기온은 13.5°C로 1912년부터 1990년에 비해 1.5°C 상승했는데, 이는 같은 기간 세계평균기온상승 폭의 2.5배 높은 수치로 한반도의 기후변화가 더 심각하고 급속하게 진행되고 있다고 보고되어 이러한 고온내성 품종의 수요는 더 늘어날 전망이다(환경부국립환경과학원, 2010한반도기후변화 평가보고서, 2010).

본 연구에서는 큰느타리버섯의 유전자원에서 고온에 적응성이 우수한 형질을 교배를 통하여 품질 우수형질에 도입하여 고온적응성 신품종을 육성하고자 하였다.

재료 및 방법

시험균주 및 배양

본 실험에 사용한 육종 모본으로 경상남도농업기술원 버섯연구실에서 수집하거나 육성한 계통을 사용하였고 (Table 1), 대조품종으로는 큰느타리2호를 사용하였다. MCM(mushroom complete media)배지를 사용하여 25°C에서 계대배양하며 사용하였고, 필요시 4°C에 저장하였다. 장기보존을 위하여 균사가 만연한 MCM배지를 1×1 cm로

잘라서 멸균수에 넣어 4°C에 보관하였다.

배양 및 생육 조사

배양 및 생육조건은 기존의 방법(류 등, 2007)의 방법에 준하여 실시하였으며, 툽밥종균 대신 균사가 만연된 MCM 배지조각 5개를 고압살균한 배지(포플러:미강:밀기울=5.0:2.5:2.5, 부피비)에 접종하고, 온도 20°C, 상대습도 65%, CO₂ 1,500 ppm이하의 배양실에서 35일간 배양시켰다. 배양 후 발이를 유도하기 위하여 균굽기를 실시하여 종균과 기존배지를 깊이 1 cm가량 제거하여 생육실에 병입구가 바닥으로 향하도록 엮어 두었다. 습도는 초음파가습기(Duru Co., Korea)로 발이기까지 90%, 숙기까지(자실체크기 2.5~3 cm정도) 85%, 숙기 후 수확기까지 80%로 유지하였다. 온도는 균굽기부터 수확시까지 20°C를 유지하였다. CO₂조건은 버섯이 발이 될 때까지 1,000 ppm 이하, 발이가 완료되면 최대 1,500 ppm이하로 맞추어 생육환경을 조성하였다.

자실체의 크기가 2.3~3.0 cm정도 생육하였을 때 가장 건실한 자실체 1개만 남기고 나머지는 살균된 칼로 제거하였다. 자실체의 갓이 충분히 개산되기 직전에 수확하여

기저부의 균괴를 제거한 후 갓색도, 갓직경, 대직경, 무게, 수확소요일수를 측정하였다(류 등, 2006). 품질은 본 연구실의 숙련된 평가원이 9점 측정법을 사용하여 9(좋음)~1(나쁨)의 순서로 평가하였다(류 등, 2006). 색도는 색차계(Minolta, Japan)를 사용하여 갓 윗부분을 3번 측정하여 L(명도)값으로 표시하였다. 각 교배조합당 4병에 접종하여 생육실험을 하다. 이들 중 수확소요일, 무게, 품질, 색상, 외형을 기준으로 우수계통을 선발하여 농가실증시험을 실시하였다. 분산분석법(ANOVA)은 R 통계패키지(Team, 2005)나 Excel(2007)을 사용하였고, 품질, 무게, 생육소요일에 대해 유의수준 0.05%수준에서 분석하였다.

단포자 채취 및 교배

단포자의 채취는 이전에 보고된 방법(임 등, 2012ab)에 근거하여 수행하였고, 각 계통별로 단포자를 채취하여 발아시킨 후 100개씩 단핵균사를 분리하여 그중 20개를 무작위로 선택하여 교배에 사용하였다. 각 계통의 단핵균사가 만연된 MCM배지를 메스를 이용하여 1×1 cm 크기로 잘라서 페트디쉬의 중앙부분에 서로 맞닿도록 치상한 후 25°C에 배양하여 두 균주의 균사가 충분히 섞인 후에 대치부분에서 1~2 cm 떨어진 곳의 배지를 반달모양으로 잘라내고, 다시 2~3일 배양한 후 페트디쉬바닥으로 자란 균사를 광학현미경(400×)으로 관찰하여 꺾쇠연결(clamp connection)이 형성된 균주만 MCM 배지로 옮겨서 25°C에 배양하였다.

고유성 검사

육성된 품종의 고유성검사를 위하여 신품종(태양송이), 애린이3, 큰느타리2호의 gDNA를 DNeasy plant mini kit(Qiagen, 미국)을 이용하여 추출하였고, 30 ng의 주형 DNA, 10 mM Tris-HCl, 50 mM KCl, 1.5 mM MgCl₂, 200 μM dNTP, 50 ng of URP primers (Seoulin, Korea), 0.5 unit Taq polymerase (Solgent, Korea)이 포함된 25 μl of PCR mixture를 이용하여 다음과 같은 조건으로 수행하였다. 초기 melting을 위하여 95°C에서 4분간 두고 95°C에서 20초간 melting, 55°C에서 40초간 annealing, 72°C에서 2분간의 증폭과정을 35회 반복한 뒤 마지막 증폭을 72°C에서 5분간 실시하였다. 증폭산물은 Safeview(abm, Canada)가 첨가된 1.2% Agarose에 로딩하고 UV에서 DNA의 다형성을 관찰하였다. 육성된 계통의 체세포 불화합성을 검사하기 위하여 태양송이와 큰느타리2호를 가로세로 1×1 cm 크기로 잘라서 MCM 배지위에 각각 4~5 cm 떨어진 위치에 옮겨서 25°C에 서로의 균사가 자라서 접촉면이 커질 때까지 배양하여 저해선이 생기는지 관찰하였다.

결과 및 고찰

수집 유전자원의 고온(20°C)에서의 생육특성

표준생육온도인 15°C보다 높은 온도(20°C)에서 잘 자라는 품종을 육종하기 위하여 본 연구실에서 수집하거나 육종한 품종 및 중간모본의 고온에서의 생육특성을 평가하였다(Table 1). 우선 품질이나 수량보다 수확소요일수를 기준으로 고온적응성을 평가하였다. KNR2524와 KNR2532, 2557계통의 수확소요일수가 14.0, 15.5, 15.5일로 우수하였는데, 이는 정상온도(15°C)에서의 큰느타리2호 생육소요일수보다 짧았다. 그 외의 계통들은 17.0일 이상이고 다수의 계통들은 발이나 생육이 불량하여 정상적인 수확이 이루어지지 않았다(data not shown). 대조품종인 큰느타리 2호와 육종모본인 다(가5나5-4×KNR2312-7)는 21.5, 22.0일의 생육소요일수를 기록하였다. 생육소요일 외에 수확량에 있어서는 가5나5s47이 122.8g으로 가장 우수하였고, KNR2556, 2322, 2540 2536이 87.5, 84.0, 83.5, 80.8g을 각각 기록하였다. 품질은 큰느타리2호가 3.8을 기록한데 비해 “다”는 6.9를 보여 고온에서도 좋은 품질을 보여 육종소재로서 가능성을 보여주었다. 농가에서 선호하는 품종의 기준이 다수확, 고품질, 조기수확성(짧은 생육소요일)이기 때문에 현재의 유전자원으로 이러한 기준을 충족시키기는 미흡하므로 서로 상보적인 형질을 지닌 계통간의 교배를 통하여 품종을 육성하기로 하였다. 모본은 생육소요일이 짧은 KNR2523, 2532, 수확량과 품질이 중간급에 속하는 KNR2322, 품질이 높고 수확량이 많은 가5나5s47을 선정하였다.

단교배계통의 생육특성

“다”와 KNR2322에서 채취한 단핵균사끼리 단교배를 시킨 후 화합성 계통만을 선발하여 자실체를 발생시키고 주요계통의 특징을 조사하였다. 계통도는 Fig. 1에 나타내었는데, 기존에 육종된 새송이1호, 애린이, 애린이3과 근연종이다(임 등, 2013). 총 200 조합 중 91개의 교배 계통에서 클럼프가 관찰되어 45.5%의 교배율을 보였고

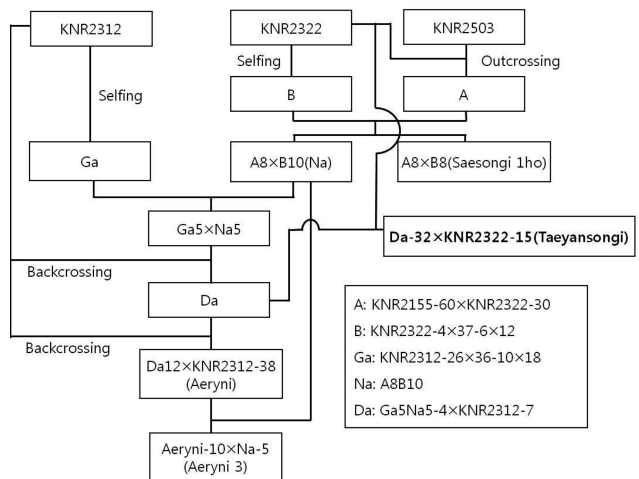


Fig. 1. Breeding pedigree of Taeyangsongi.

Table 2. Morphological and fruiting characteristics of the crossed hybrids between monokaryon of KNR2322 and Ga5Na5S47 at 20°C

Hybrid name ^a	Required days for harvest ^b	Rate of pin-heading ^c	Length (mm) of fruit body	Dia. of stipe (mm)	Dia. of pileus (mm)	Yield (g/bottle)	Quality ^d	Cap brightness	
32	15	14.9	2.4	118.3	42.4	52.3	120.6	7.0	62.8
19	9	17.8	1.6	122.3	41.5	47.6	117.0	6.9	67.7
18	10	15.6	1.9	131.9	39.6	49.8	120.6	6.8	65.7
30	5	17.7	3.2	112.3	48.3	53.3	125.4	6.7	67.1
49	9	18.3	2.2	112.4	41.0	48.4	110.3	6.7	63.1
37	5	17.3	2.1	125.1	39.9	50.7	128.0	6.6	66.5
17	9	15.9	2.8	124.8	36.9	56.1	110.5	6.5	66.1
21	5	16.1	3.7	112.9	48.8	52.6	119.7	6.4	67.6
6	18	16.0	3.3	146.0	35.9	56.1	129.5	6.4	66.5
8	12	17.0	2.1	132.9	36.1	52.1	118.4	6.4	62.9
19	10	16.5	2.4	112.5	43.2	51.8	104.3	6.3	75.8
51	18	16.0	3.8	129.6	36.8	49.3	107.9	6.3	63.7
18	9	18.4	1.5	118.1	35.9	43.1	97.8	6.3	67.7
21	18	14.6	3.6	140.4	32.8	55.3	108.3	6.1	69.5
34	9	16.6	2.4	125.6	36.9	53.0	119.7	6.1	72.2
Average	16.6	2.6	124.3	39.7	51.4	115.9	6.5	67.0	
Keuneutari No. 2	19.5	1.0	97.5	43.5	26.5	78.0	4.5	74.7	

^a 1st column is monokaryon derived from Da(Ga5Na5-4×KNR2312-7) strain, 2nd column is monokaryon derived from KNR2322 strain.

^b 9-point rating scale (Ryu *et al.*, 2006).

^c Pinheading number, 1(few)-4(many).

^d Days for harvest from removing old media.

Table 3. Comparison of the fruiting and morphological properties between Taeyangsongi and Keunneutari No. 2.

Strain	Required days for			Length (mm)	Dia. of stipe (mm)	Dia. of pileus (mm)**	Yield (g/bottle)	Quality	Pileus color(L)
	spawn running ^c	pin-heading ^d	harvest ^c						
Taeyangsongi	33.5±1.3	6.0±0.2	14.3±0.7	107.7±8.3	41.2±3.4	53.0±6.7	109.0±16.0*	6.6±1.0*	59.5±5.8
Keuneutari No. 2	31.8±1.7	6.8±0.4	17±0.0	93.8±13	39.3±5.1	27.8±3.6	70.6±8.8*	3.5±0.5*	69.1±1.0

* means that there was a significant difference (p= 0.001)

교배조합 중 조사가 가능할 정도로 자실체가 발생한 것은 82개였다. 그중 생육소요일수가 대조품종보다 짧고 품질이 6.0이상인 계통들을 대상으로 조사한 결과, 자실체길이는 112.3-146.0 mm까지 다양하였고 평균적으로 124.3 mm으로 큰느타리2호보다 길었다. 수확량은 기존 품종의 78.0 g보다 많은 115.9 g으로 49% 높았다. 대조 품종은 고온에서 생육소요일이 19.5일 이었고 대의 두께가 43.5 mm로 두꺼워지는 반면 갓의 직경은 26.5 mm로 작아서 대/갓의 비율이 1.6으로 기형적인 형태를 보였다. 고온의 영향으로 발이 이후에 자실체의 신장과정이 영향을 많이 받고 갓의 발달이 저해 받은 결과로 사료된다. 그에 비해 다×KNR2322-32×15는 생육소요일수가 14.9 일로 다×KNR2322-21×18의 14.6일 다음으로 우수하였고, 수확량이 120.6 g으로 다×KNR2322-6×18의 129.5 g,

다×KNR2322-37×5의 125.4 g 다음으로 많았다. 품질은 대조품종인 큰느타리 2호의 4.5에 비해 다×KNR2322-32×15이 7.0으로 우수하였다. 온도가 높아질수록 갓의 명도가 떨어지는 것으로 알려져 있는데 (김 등, 2012), 대조 품종의 갓명도는 74.7이었고 주요교배계통의 평균 갓명도도 72.2이었던것에 비해 다×KNR2322-32×15은 62.8로 가장 낮은 명도를 보였다. 대체적으로 갓의 명도가 낮을수록 소비자 선호도가 올라가므로 이는 중요한 농가의 품종 선택기준이 될것으로 사료된다. 생육소요일과 품질, 수확량을 기준으로 하여 다×KNR2322-32×15를 선발하여 고온적응성이 우수하다는 의미로 “태양송이”로 명명하였다.

선발계통의 자실체 생육 특성

태양송이를 대조품종인 큰느타리2호와 비교시험을 실시

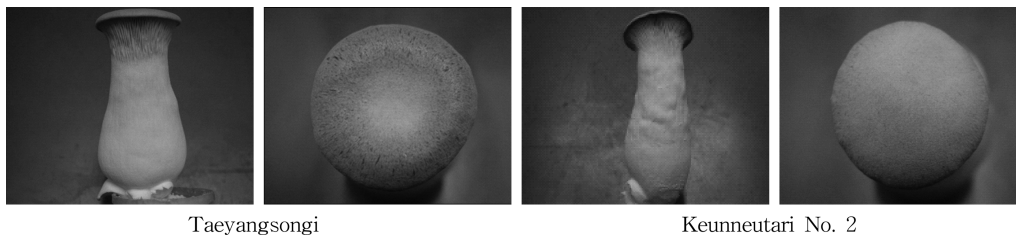


Fig 2. Fruiting body of Taeyangsongi and Keunneutari No. 2.

하여 그 결과를 Table 3에 나타내었다. 배양소요일은 큰느타리2호가 31.8일로 태양송이의 33.5일보다 짧았다. 발이소요일은 두 품종이 비슷하였으나 생육소요일은 태양송이가 14.3일로 큰느타리2호보다 2.7일 빨리 수확되었다. 고온(20°C)이 발이에 미치는 영향은 상대적으로 적은 것으로 나타났다. 대길이는 태양송이가 107.7 mm로 대조품종보다 길었으나, 큰느타리2호가 15°C에서 생육되었을 때의 120 mm 보다는 짧았다(임 등, 2013). 그리고 대의 두께도 육성계통인 태양송이가 41.2 mm로 큰느타리2호보다 굵었으나 오차범위내였다. 갓의 직경은 큰느타리2호가 27.8 mm, 태양송이가 53.0 mm보다 작았다. 갓직경/대두께의 비율도 육성계통이 1.3배로 큰느타리2호의 0.7배보다 높아서 정상적인 비율인 1.6배와 유사하여(임 등, 2013) 외형상 완성도가 높았다. 고온이 대의 신장과 갓의 발달에 저해작용을 하여 이러한 기형적인 버섯형태가 만들어진 것으로 추측된다. 갓끝의 모양은 가장자리로 갈수록 얇아져서 유통시 갓이 파손될 가능성이 있어 갓의 과육이 두둑거나 가장자리가 안쪽으로 말려 있는 형질의 도입이 필요할 것으로 사료된다(Fig. 2). 수량은 태양송이가 109.0 g으로 대조품종의 70.6 g의 154% 수준이며, 통계적으로 분산분석결과 0.001% 수준에서 고도의 유의성을 보였다. 품질의 차이도 커서 태양송이는 6.6, 큰느타리2호는 3.5로 나타났고 역시 통계적으로 0.001% 수준에서 유의성을 보였다. 갓의 명도에 있어서 태양송이는 고온임에도 불구하고 59.5의 수치를 보였다. 이는 기존 품종을 15°C에서 생육시켰을 때의 값보다는 높지만(임 등, 2013), 육안으로 봐서 검은 빗살무늬를 확인할 수준으로 우수한 것이었다(Fig. 2). 태양송이의 품질이나 수확량은 큰느타리2호를 표준재배법으로 생육시킨것에 비해 우수하지 않았으나, 표준재배법의 생육온도보다 5°C 높은 온도에서도 정상적인 생육을 보였다는 점에서 한 여름철 냉방기의 용량이 부족한 중소농가나 고품질의 버섯이 필요하지 않는 가공용버섯재배에 적합한 품종이 될 것으로 사료된다.

육성계통의 고유성

선발된 태양송이와 대조품종인 큰느타리2호, 근친품종인 애린이3과의 차별성과 계통의 고유성을 측정하기 위하여 다형성마커와 대치배양을 통한 체세포불화합성을 측정

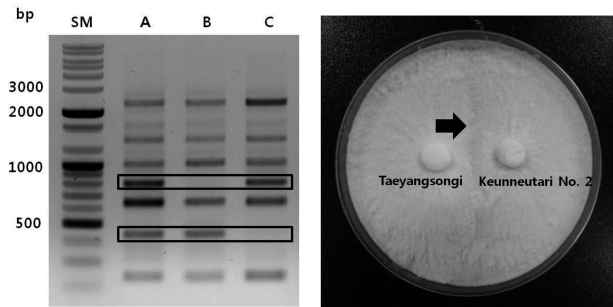


Fig. 3. Polymorphism of PCR by URP2 primer (left) and somatic incompatibility (right) between Keunneutari No. 2(A), Aeryni(B), and Taeyangsongi(C). SM: size marker(100bp plus, Bioneer, Korea).

하였다. gDNA 수준에서의 다형성은 URP 프라이머 (Seolin, Korea)에 의한 PCR 방법을 사용하여 확인하였다. URP1-13을 이용하여 PCR 증폭한 결과 URP2가 태양송이, 큰느타리2호, 애린이3에서 PCR을 하였을 때 800bp와 400bp에서 다형성이 관찰되었다(Fig. 3). 대치배양을 통한 체세포 불화합성 결과는 육성계통인 태양송이가 큰느타리2호 사이에 대치선이 관찰되었지만, 그 정도가 낮아 고유성을 확인하는 방법으로는 적합하지 않았다(Fig. 3).

적 요

기후변화에 대비한 고온성 품종을 육성하기 위하여 유전자원을 수집하고 표준재배온도보다 5°C 높은 20°C에서의 자실체 특성을 평가하고 생육소요일, 품질, 수량을 기준으로 육종모본을 선발하고 단핵균사를 채취하여 단교배하였다. 생육소요일을 기준으로 선발한 KNR2523과 품질 수량으로 선발한 “다”계통간의 단교배에 의해 다×KNR2322-32×15가 생육소요일수(14.9일)과 수량(120.6 g), 품질(7.0)로 선발되었다. 선발된 계통을 태양송이라고 명명하고 대량재배로 큰느타리2호와 생육특성을 비교하였다. 수량은 태양송이가 109.0 g으로 대조품종의 70.6 g의 154% 수준이며, 통계적으로 분산분석결과 0.001% 수준에서 고도의 유의성을 보였다. 품질은 태양송이는 6.6, 큰느타리2호는 3.5로 나타내서 우수하였다. 갓의 명도에 있어서 태양송이는 고온임에도 불구하고 59.5의 수치를 보여서 대조구보

다 10정도 낮았다. 고유성에 있어서는 URP2프라리머에서 큰느타리2호와 근친품종 애린이3과 다형성을 보였다.

감사의 글

본 연구결과는 농림부 농수산식품기술기획평가원(IPET)의 연구비지원(과제번호111077-03-SB010)의 일부 결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다. 생육조사에 도움을 준 김동성, 김야엘, 정정민씨에게 감사드립니다.

참고문헌

Im CH, Kim MK, Kim KH, Kim SY, Lee ST, Heo JY, Ryu JS. 2013. Breeding of King Oyster Mushroom, *Pleurotus eryngii* with a High Yield and Earliness of Harvest Trait and Its Sensory Test. *Kor. J. Myco.* 41:91-96. (in Korean)

Im CH., Kim MK., Je HJ, Kim, KH, Ryu JS. 2012a. Introduction of a speedy growing trait into *Pleurotus eryngii* by backcrossing. *J. of Mushroom Sci. and Production.* 10:49-56. (in Korean).

Im CH, Kim MK, Je HJ, Kim KH, Kim SY, Kim KJ, Park SJ, Ha YA, Kim MJ, Kim SH, Ryu JS. 2012b. Breeding of king oyster mushroom, *Pleurotus eryngii* carrying good traits of cap. *Kor. J. Mycol.* 40:145-151. (in Korean).

Jang MJ, Lee YH, Kim JH, Ju YC. 2011. Effect of LED light on primordium formation, morphological properties, ergosterol content and antioxidant activity of fruit body in *Pleurotus eryngii*. *Kor. J. Mycol.* 39:175-179. (in Korean).

Kang TS, Jeong HS, Lee ML, Park HJ, Jo TS, Ji ST, Sin MG. 2003. Mycelial growth using the natural product and angiotensin converting enzyme inhibition activity of *Pleurotus eryngii*. *Kor. J. Mycol.* 31:175-180. (in Korean).

Kawai J, Andoh T, Ouchi K, Inatomi S. 2014. *Pleurotus eryngii* ameliorates lipopolysaccharide-induced lung inflammation in mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.* Article ID 532389.

Kim SY, Kim MK, Im CH, Kim KH, Park KK, Song WD, Ryu JS. 2012. Optimal temperature for *Pleurotus eryngii* cultivation. *J. of Mushroom Sci. and Production.* 10: 49-

56. (in Korean).

Korea seed and variety service (<http://www.seed.go.kr/>). 2014. Republic of Korea.

Lin JT, Liu CW, Chen YC, Hu CC, Juang LD, Shiesh CC, Yang DJ. 2014. Chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory properties for ethanolic extracts from *Pleurotus eryngii* fruiting bodies harvested at different time. *LWT-Food Science and Technology.* 55:374-382.

Ministry for food, agriculture, forestry and fisheries. Republic of Korea. 2014. The actual putout of oil seeds and cash crops in 2013. pp. 63. Republic of Korea. (in Korean).

National institute of environmental research. Republic of Korea. 2010. The report of climate change assessment in Korea in 2010. (in Korean).

Rajaratnam R, Bano Z. 1987. *Pleurotus* mushrooms. Part 1A. Morphology, Lifecycle, Taxonomy. Breeding and cultivation. *CRC Critical in Food Science and Nutrition.* 26:157-222.

Ryu JS, Kim MK, Kwon JH, Cho SH, Kim NK, Rho CW, Lee CH, Rho HS Lee HS. 2007. The growth characteristics of *Pleurotus eryngii*. *Kor. J. Mycol.* 35:47-53. (in Korean).

Ryu JS, Kim MK, Song KW, Lee SD, Lee CH, Rho CW, Lee HS. 2006. The study of quality standard of *Pleurotus eryngii*. *J. of Mushroom Sci. and Production.* 4:129-134. (in Korean).

Synytsya A, Mkov K, Synytsya A, Jablonsk I, Spvek J, Erban V, Kovkov E, opkov J. 2009. Glucans from fruit bodies of cultivated mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*: structure and potential prebiotic activity. *Carbohydrate Polymers.* 76:548-556.

Team RDC 2005. R: A language and environment for statistical computing. ISBN 3-900051-07-0. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2013. url: <http://www.R-project.org>.

Zervakis G, Venturella G, Papadopoulou K. 2001. Genetic polymorphism and taxonomic infrastructure of the *Pleurotus eryngii* species-complex as determined by RAPD analysis, isozyme profiles and ecomorphological characters. *Mycobiology.* 147:3183-3194.