

표고 톱밥재배용 신품종 ‘다담’ 육성

김정한^{1*} · 신복음² · 백일선¹ · 최종인³ · 하태문¹ · 정구현¹¹경기도농업기술원 친환경미생물연구소²경기도농업기술원 작물연구과³경기도농업기술원 환경농업연구과Breeding of a new cultivar ‘Dadam’ for *Lentinula edodes* sawdust cultivationJeong-han Kim^{1*}, Bok-Eum Shin², Il-Sun Baek¹, Jong-In Choi³, Tai-Moon Ha¹, and Gu-Hyun Jung¹¹Eco-friendly Agriculture & Microorganism Research Institute, Gyeonggi-Do Agricultural Research & Extension Services, Gwangju 12805, Korea²Department of Crop Research, Gyeonggi-Do Agricultural Research & Extension services, Hwaseong 18388, Korea³Department of Environmental Agriculture Research, Gyeonggi-Do Agricultural Research & Extension services, Hwaseong 18388, Korea

ABSTRACT: A new cultivar of oak mushroom ‘Dadam’ was bred from monokaryotic strains of ‘GMLE36062-4’ and ‘GMLE36288-34’. The optimum temperature for mycelial growth of the new cultivar ‘Dadam’ on potato dextrose agar was 19-22°C. Total cultivation period of the new cultivar, from inoculation to its first harvest, was 135-139 days, similar to that of the control cultivar ‘Hwadam’. The pileus color and stipe thickness of the new cultivar were darker and thinner than those of ‘Hwadam’. Total yield of ‘Dadam’ was 621 g per 3 kg substrate, and is higher than that of ‘Hwadam’ (371 g). In farmhouse field test, it showed that the period of mycelial growth, browning, and fruiting body formation were the same as those of the control cultivar L808. The number of available fruiting bodies of ‘Dadam’ was 15, and is lower than that of the control (47), therefore, it was possible to save workforce in thinning. The total yield for 2 flush was 480 g for ‘Dadam’, similar to the 473 g of the control cultivar.

KEYWORDS: *Lentinula edodes*, New variety, Sawdust cultivation, Quality, Yield

서론

우리나라 버섯 생산량은 2019년 기준 느타리 48,327톤(1,084억원), 새송이 46,816톤(1,216억원), 팽이버섯 31,818톤(606억원), 양송이 21,913톤(1,496억원), 표고 20,207톤(2,018억원) 순으로 느타리의 생산량이 가장 많고 표고의 생산액이 가장 높다(Ministry of agriculture, food and rural affairs, 2019). 버섯 수출입 동향(2020년)에 따르면 수출량은 19,197톤(수출금액 50,663천불)으로 이중 팽이 10,515톤(18,523천불), 새송이 7,292톤(25,867천불), 느타리 289톤(1,369천불) 등 병재배 버섯 3품목이 우리나라 수출의 대부분을 차지하고 있다. 반면 수입량은 73,374톤(85,418천불)으로 이중 표고가 16,069톤(34,314천불), 양송이 6,246톤(8,417천불), 목이 1,054톤(5,226천불) 순으로 표고의 수입량이 가장 많다(Korea agro-fisheries & food trade corporation, 2020). 또한, 중국으로부터 표고 종균이

J. Mushrooms 2021 June, 19(2):96-102
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2021.19.2.96>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

Jeong-Han Kim(Researcher), Bok-Eum Shin(Researcher), Il-Sun Baek(Researcher), Jong-In Choi(Researcher), Tai-Moon Ha(Senior Researcher), Gu-Hyun Jung(Director)

*Corresponding author

E-mail : kjh75@gg.go.kr

Tel : +31-229-6126, Fax : +31-229-6139

Received May 23, 2021

Revised June 3, 2021

Accepted June 9, 2021

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.

접종된 배지(버섯의 종균, HS code 060.290.9040)가 44,569톤 수입되고 있어, 버섯 생산 자생력을 높이고 경쟁력을 높이기 위해서는 국내 품종 육성이 시급한 실정이다.

현재 우리나라의 표고 톱밥재배는 원통형의 배지를 세워서 배지 윗부분에서 버섯을 발생시키는 상면재배(지면재배)와 배지를 눕혀 재배하는 봉형 균상재배로 구분되는데 최근에 단위면적당 생산효율이 높고 연중 안정생산이 가능한 봉형 균상재배 방식으로의 전환이 늘어나고 있다(Kim *et al.*, 2020). 지난 5년간 표고 톱밥재배용 품종으로는 '농진고'(Moon *et al.*, 2015), '산조 708호'(Noh *et al.*, 2016), '산장향'(Park *et al.*, 2019), '밤빛향'(Park *et al.*, 2020) 등 상면 및 블록재배용 품종은 다양하게 육성되었으나, 농가에서 봉형 균상재배에 적합한 품종은 부족하여 주로 'L808', '추재2호' 등 대부분 중국 균주가 활용되고 있어 외국 품종 의존도를 낮추기 위해 국내 품종 육성이 시급한 실정이다. 이에, 표고 톱밥재배에 적합한 다수성 신품종 '다담'에 대한 육성경위와 품종특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

공시재료

본 연구에서 품종육성을 위한 육종모본 표고 균주는 경기도농업기술원 친환경미생물연구소 보유 'GMLE36062'와 'GMLE36288'을 사용하였다. 'GMLE36062'은 갓이 두껍고 대가 굵은 형이며 'GMLE36288'은 버섯 발생이 빠르고 발이량이 많은 다수성을 육종모본으로 선발하여 사용하였다. 선발균주의 배양과 증식을 위해 PDA(potato dextrose agar)배지를 사용하였다.

단포자 분리 및 교배

자실체에서 단포자를 분리한 후 발아시켜 단핵균주를 얻었다. 받은 단포자는 증류수에 희석하여 평판배지에 약 1×10^4 spore/mL를 도말하여 25°C에서 10일간 배양한 후 균총을 현미경으로 관찰하여 clamp가 없는 단핵균주를 PDA배지로 접종하여 분리하였다. 두개의 단핵 균주를 같은 평판 PDA배지에 20~25 mm 정도 띄워 접종하여 25°C에서 10~12일간 배양하여 교배하였다. 배양 후 두 균주의 균사가 마주치는 지점에서 균사를 떼어내어 현미경으로 clamp가 있음을 확인한 다음 재배시험용 종균을 제조하였다.

톱밥배지의 자실체 특성

톱밥배지 배지조성은 참나무톱밥+밀기울을 85:15(v/v)로 혼합하고 여기에 부피비로 1%의 폐화석분을 첨가하였다. 재배용 톱밥배지의 수분함량은 55~60%로 조절하여 3 kg씩 봉지에 담아 121°C에서 90분간 살균하였다. 살균이 완료되면 냉각실에서 배지를 15°C까지 식힌 후 자동접

종기를 이용하여 배지당 4구 접종구에 12~15 g씩 종균을 접종하고 접종한 구멍은 투명 접착테이프로 봉한다. 20±1°C에서 CO₂농도 5,000 ppm이하의 암조건에서 균사를 배양하고, 배양 20일에 접종구를 봉한 테이프를 제거하여 1차 침공(직경 3 mm, 깊이 3 cm, 접종구 주변 10개, 40개/봉지)을 실시하였다. 균사배양이 완료되면 200lux 이상의 명조조건으로 전환하고, 배양 40일에 갈변촉진을 위해 2차 침공(직경 5 mm, 깊이 6 cm, 봉지측면 각8개, 16개/봉지)을 하여 전체적으로 배지 표면이 갈변될 때까지 배양하였다. 갈변이 완료된 배지는 냉난방과 공조시설을 갖춘 생육실로 옮겨, 18°C에서 환기를 시키지 않고 발이를 유도한 다음 발이가 시작되면 온도를 13°C까지 서서히 낮추고 CO₂농도는 800 ppm이하로 유지하였다. 버섯 발생은 1주기는 배지자체의 수분을 통해 버섯 발생을 유도하고 2주기, 3주기는 침봉기를 이용한 관수를 통하여 버섯 발생과 생육을 실시하였다.

배양 및 생육 특성 조사

배양일수는 종균 접종일에서 봉지의 하단까지 균사 배양이 완료된 기간으로 접종한 총 봉지의 90%가 배양완료될 때까지 기간으로 산출하였고, 갈변일수는 배양완료일에서 봉지의 하단부위까지 갈변이 완료된 봉지수가 총 봉지의 90%일때까지의 기간으로 산정하였다. 생육실로 입상된 날부터 첫 버섯이 발생한 기간까지를 발이기간으로 하였고, 첫발이일에서 첫수확까지의 기간을 생육기간으로 산출하였다. 재배기간은 균사배양, 갈변, 발이, 생육기간을 합한 일수로 접종일에서 첫 수확까지의 기간을 말한다. 자실체 특성 조사는 국립산림품종관리센터의 '표고버섯 특성조사 요령'에 준하여 실시하였다(National Forest Seed Variety Center, 2008). 자실체 색도는 Spectrophotometer (CM-2600d, Konika minota)로 측정하였다.

PCR 다형성 검정

육성한 품종의 분자생물학적 구별성을 확인하기 위해 유전적 다형성을 분석하였다. Universal fungal PCR fingerprinting kit(JK Biotech Ltd., Anseong, Korea)의 primer를 사용하였다. PCR반응 용액은 10 mM Tris-HCl (pH 8.0), 50 mM KCl, 1.5 mM MgCl₂, 0.01% gelatin, 100 ng prime, 50 ng template DNA, 200 μm dNTP(dCTP, dTTP, dATP, dGTP) 및 2.5 unit Taq polymerase(Promega, Madison, USA)를 넣고 전체 반응용액은 50 μl가 되게 하였다. PCR 기기를 이용하여 첫번째 DNA변성을 위하여 94°C에서 5분간, 그 후 cycle에서 DNA변성은 94°C에서 1분, annealing은 55°C에서 1분 및 DNA합성은 72°C에서 2분으로 총 35 cycle을 실시하였으며, 최종 DNA합성은 7분으로 하였다. 증폭된 PCR산물은 1.5%의 Agarose gel에서 전기영동 한 후 Ethidium bromide용액에 염색하여

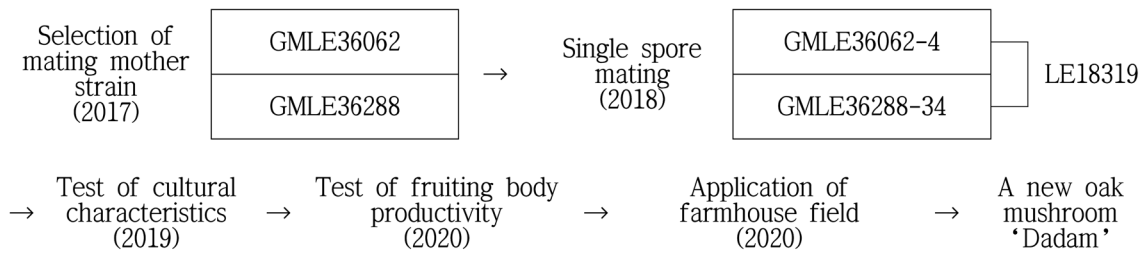


Fig. 1. The pedigree of a new cultivar 'Dadam'.

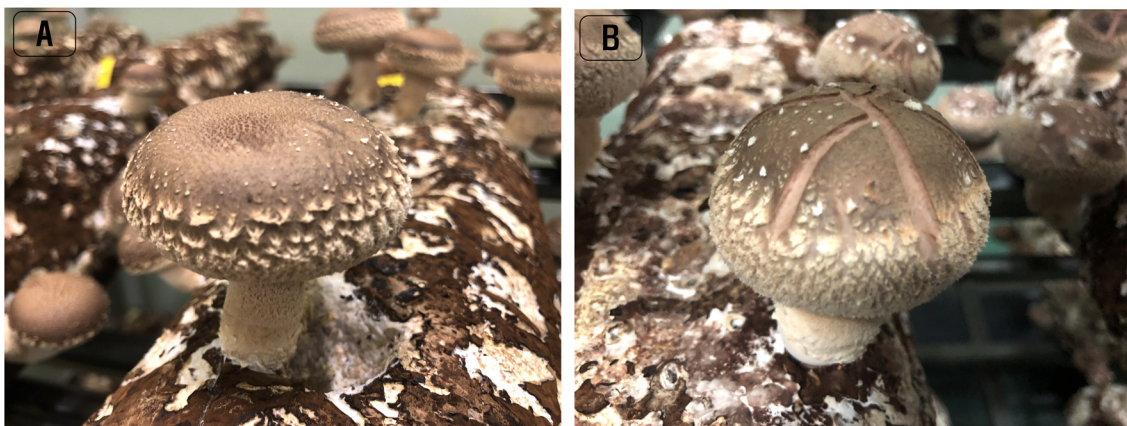


Fig. 2. Fruiting body of a new cultivar 'Dadam' (A) and control cultivar 'Hwadam' (B).

UV lamp하에서 PCR 다형성밴드를 관찰하였다.

결과 및 고찰

'다담'의 육성과정

표고 톱밥재배용 다수성 품종을 육성하기 위하여, 2017년도에 국내외 약 100여종의 수집균주를 재배하여 자실체 품질과 수량이 우수한 균주를 모본으로 선발하였다. 이 중에서 'GMLE36062'의 4번 단핵균주와 'GMLE36288'의 34번 단핵균주를 교배하여 발이가 안정적이면서 자실체 형태도 균일한 계통을 선발하였고, 이를 'LE18319'로 명명하였다(Fig. 1, 2). 'LE18319'는 2018년 교배, 2019년 특성검정, 2020년 생산력 검정과 농가실증 재배를 순차적으로 진행하여, 2021년 '다담'(Dadam)으로 명명하여 품종보호출원(출원번호 2021-5)하였다.

Table 1. Inherent characteristics of a new oak mushroom 'Dadam'

Cultivar	Optimum temperature of mycelial growth(°C)	Fruiting temperature(°C)	Fruiting condition
Dadam	19~22	13~20	Sporadic
Hwadam	22	13~20	Sporadic

'다담'의 주요특성

'다담'의 균사생장 적온은 PDA평판배지에서 19~22°C, 버섯발생 및 생육온도는 13~20°C이며, 발생형태는 산발형으로 '화담'과 유사하였고, 갓 모양은 '다담'이 평편형으로 대조품종의 평반구형과 다소 차이가 있었다(Table 1, Fig. 1). 균사생장은 '다담'이 15~31°C범위에서 '화담'보다 빠른 것으로 나타났다(Table 2).

감자한천배지(PDA)에 '다담'과 '화담'의 균사를 대치배양 한 결과, 품종과 모본 간 확실한 대치선을 형성하였다

Table 2. Mycelial growth of a new oak mushroom 'Dadam' at different temperature

(unit: mm/14days)

Cultivar	Mycelial growth temperature(°C)					
	15°C	19°C	22°C	25°C	28°C	31°C
Dadam	15.1±8.99	68.0±14.16	71.8±5.24	59.9±4.76	50.9±0.74	19.4±2.64
Hwadam	11.6±2.28	50.6±8.44	56.9±4.71	49.9±7.58	46.5±2.95	12.7±2.81

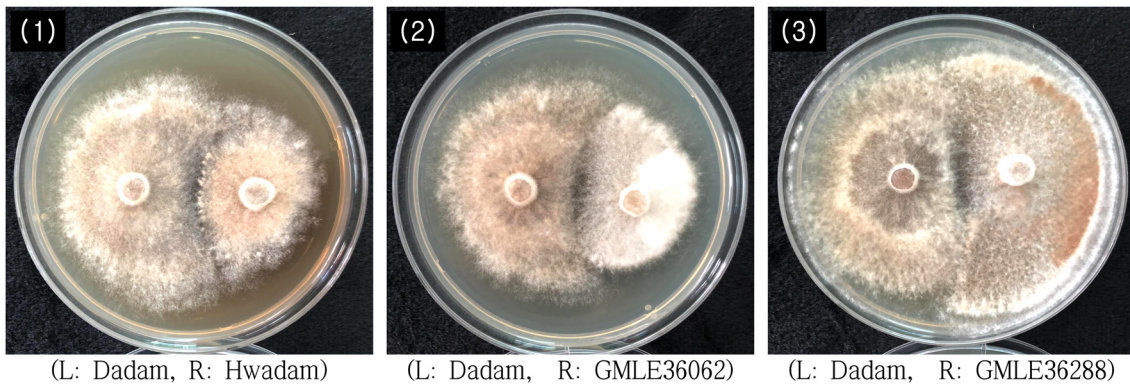


Fig. 3. Confrontation culture of a new cultivar 'Dadam' and control cultivar 'Hwadam'(1) and confrontation culture of 'Dadam' and its mother strain A(2) and B(3).

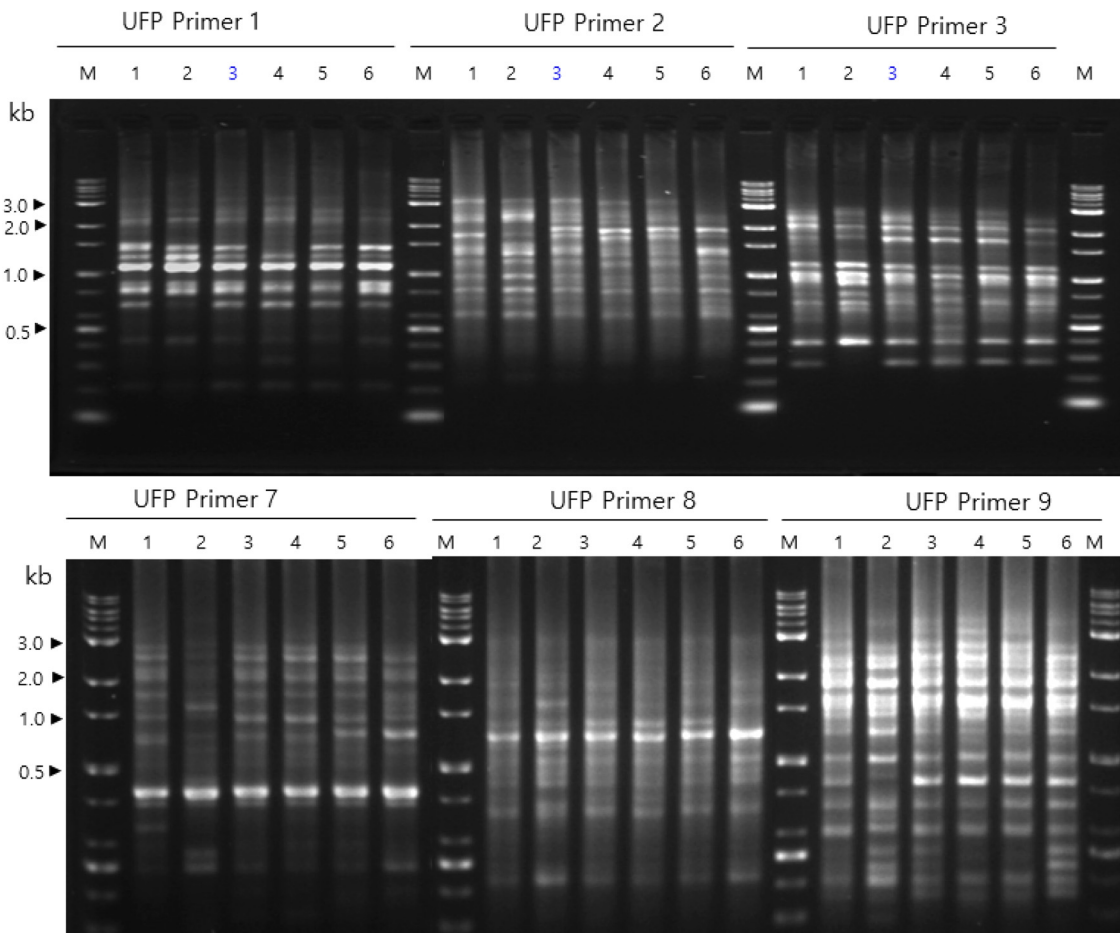


Fig. 4. Random amplified polymorphic DNA analysis of *L. edodes*.
 M: Marker, 1: GMLE36062, 2: GMLE36062-4(single spore), 3: Dadam, 4: GMLE36288-34(Single spore), 5: GMLE36288, 6: Hwadam(Control).

(Fig. 3). UFP primer를 이용한 RAPD 분석결과(Fig. 4), '다담'은 UFP 2 프라이머에서 대조 품종 '화담'과 DNA밴드 증폭패턴에서 차이를 보였지만, 다른 프라이머는 큰 차이를 보이지 않았다.

'다담'의 생산력 검정

'다담'의 생산력 검정을 위하여 3 kg 봉형의 톱밥배지를 제조하여 재배한 결과는 Table 3에서 볼 수 있다. '다담'의 배양일수는 29일, 갈변기간은 95일로 대조품종 '화담'

Table 3. Cultural characteristics of a new oak mushroom ‘Dadam’ (unit: days)

Cultivar	Spawn running	Browning	Primordia formation	Fruiting body development	Cultivation period
Dadam	29	95	4	7~11	135~139
Hwadam	29	95	7	7~11	138~142

Table 4. Morphological characteristics of a new oak mushroom ‘Dadam’

Cultivar	Pileus thickness (mm)	Pileus diameter (mm)	Stipe length (mm)	Stipe thickness (mm)	Pileus color ^a		
					L	a	b
Dadam	17.5±1.64	52.9±3.25	49.9±5.12	17.0±3.15	32.0±4.04	13.7±0.99	16.7±2.70
Hwadam	21.2±2.69	62.0±5.46	55.0±4.45	23.0±2.53	55.9±4.62	12.1±2.35	26.3±2.67

^a L: lightness, a: redness, b: yellowness

Table 5. Total yield and individual weight of a new cultivar ‘Dadam’

Cultivar	1 st				2 nd			
	Individual weight (g/substrate)	Fruiting body (No./substrate)	Yield (g/substrate)	Yield rate ^a (%)	Individual weight (g/substrate)	Fruiting body (No./substrate)	Yield (g/substrate)	Yield rate (%)
Dadam	20.9	17.5	370.6	45.1	50.3	6.7	118.1	38.7
Hwadam	46.0	4.2	191.1	51.5	48.2	2.4	115.7	31.2
Cultivar	3 rd				Average		Total yield ^b (g/substrate)	
	Individual weight (g/substrate)	Fruiting body (No./substrate)	Yield (g/substrate)	Yield rate (%)	Individual weight (g/substrate)	Fruiting body (No./substrate)		
Dadam	41.5	3.2	132.4	16.1	37.6±15.09	9.1±7.45	621 ^a	
Hwadam	53.3	1.2	64.0	17.3	49.0± 3.96	2.6±1.51	371 ^b	

^a Yield rate(%) = yield per production cycle(g) / Total yield(g) × 100

^b Different superscript letters within the same column indicate significant differences among treatments by Duncan’s multiple range test ($p > 0.05$)

과 차이가 없었으나 발이일수가 ‘다담’이 4일로 대조품종의 7일보다 3일 짧은 것으로 나타났다. 생육기간은 두 품종 모두 7~11일로 차이가 없었으며 1주기 재배기간은 다담이 135~139일로 대조품종의 138~142일에 비해 3일 짧았다.

자실체의 특성 조사결과(Table 4), ‘다담’의 갓 두께는 17.5 mm, 갓 직경은 52.9 mm, 대 길이 49.9 mm, 대 굵기 17.0 mm로 대조품종(갓 두께 21.2 mm, 갓 직경 62 mm, 대 길이 55, 대 굵기 23 mm)에 비해 갓이 얇고 작은 특성을 보였다. 갓 색도 측정결과 ‘다담’의 명도(L)는 32.0, 황색도(b)는 16.7로 대조품종의 명도 55.9, 황색도 26.3보다 낮아 갓 색이 다소 어두웠다.

툽밥재배 시 숙기작업을 수행하지 않은 상태에서 ‘다담’의 수량성은 Table 5와 같다. 3주기 평균 개체중은 ‘다담’

이 37.6 g으로 대조품종 ‘화담’의 49 g에 비해 11.4 g 낮았다. 그러나 툽밥배지당 개체수는 ‘다담’이 9.1개로 대조품종의 2.6개보다 6.5개가 많아 3주기 총수량이 621 g으로 대조품종보다 450 g 높았다. Park 등(2020)의 사각블럭 배지에서 표고 품종의 자실체 특성 비교 결과, 1주기 개체중이 ‘태향고’ 77 g, ‘밤빛향’ 51 g, ‘산산향’ 50 g, ‘만추향’ 41 g, ‘산장향’ 34 g, ‘산백향’ 33 g 순으로 보고하였는데, ‘다담’의 1주기 개체중은 20.9 g으로 위의 품종보다는 비교적 낮았는데, 이는 숙기잡업을 하지 않은 상태에서 상대적으로 발생량이 많아 개체중이 낮아진 것으로 판단된다. ‘다담’의 주기별 생산비율은 1주기 45.1%, 2주기 38.7%, 3주기 16.1%로 나타났으며, 대조품종은 1주기 51.5%, 2주기 31.2%, 3주기 17.3%로 나타났는데, 두 품종 모두 2주기까지 생산비율이 약 83%로 1, 2주기에 집중

Table 6. Cultural characteristics of ‘Dadam’ at the farmhouse

Cultivar	Spawn run (days)	Browning period (days)	Primordium formation(days)	Fruiting body development(days)	Cultivation period(days)
Dadam	30	90	4	6~8	130~132
L808	30	90	4	5~10	129~134

Table 7. Morphological characteristics of ‘Dadam’ at the farmhouse test during 2nd flush (unit : mm)

Cultivar	1st				2nd				Average			
	Pileus		Stipe		Pileus		Stipe		Pileus		Stipe	
	T ^a	D ^b	L ^c	T	T	D	L	T	T	D	L	T
Dadam	18	58	58	15	22	64	45	16	20±2.9	61±4.4	52±9.3	16±0.7
L808	20	62	50	16	20	67	47	17	20±0.1	65±4.2	49±2.3	17±0.7

^aThickness, ^bDiameter, ^cLength

Table 8. Total yield of ‘Dadam’ at the farmhouse

Cultivar	Total fruiting body (No./substrate ^a)	1 st		2 nd		Total yield (g/substrate) ^b		
		Individual weight (g/substrate)	Fruiting body (No./substrate)	Yield (g/substrate)	Individual weight (g/substrate)		Fruiting body (No./substrate)	Yield (g/substrate)
Dadam	15.0±6.0	26.8	8.0	214.4	35.4	9.4	265.7	480.1 ^{ns}
L808	47.3±22.2	26.4	8.0	211.2	38.5	7.6	261.8	473.2

^aSubstrate weight: 3 kg

^bDifferent superscript letters within the same column indicate significant differences among treatments by Duncan's multiple range test ($p>0.05$)

되었다.

‘다담’의 농가실증

신품종 ‘다담’을 농가보급을 위해 경기도 용인 소재의 봉형 톱밥 재배농가(배지량 3 kg)에서 재배시험을 수행한 결과는 Table 6과 같다. ‘다담’과 농가재배 균주 ‘L808’의 배양일수는 30일, 갈변기간은 90일, 발이기간 4일로 품종간 차이가 없었으나, 생육일수는 ‘다담’이 6~8일(수확기간 3일), ‘L808’이 5~10일(수확기간 6일)로 ‘다담’의 수확기간이 3일 빠른 것으로 나타났다. 따라서 첫 버섯 수확까지 전체 재배기간은 ‘다담’이 130~132일, ‘L808’이 129~134일로 나타났다.

‘다담’의 자실체의 특성 조사결과는 Table 7과 같다. ‘다담’의 1주기 갓 두께는 17.8 mm, 갓 직경 57.8 mm, 대 길이 58.3 mm, 대 굵기 15.4 mm로 대조품종(갓 두께 20.1 mm, 갓 직경 61.5 mm, 대 길이 50.1 mm, 대 굵기 16.1 mm)에

비해 갓은 조금 얇고 대는 다소 길었다. ‘다담’의 2주기 자실체는 갓 두께 21.9 mm, 갓 직경 64.0 mm, 대 길이 45.1 mm, 대 굵기 16.4 mm로 1주기에 비해 갓은 더 두꺼워지고 대는 다소 짧아져 대조품종(갓 두께 20.2 mm, 갓 직경 67.4 mm, 대 길이 46.6 mm, 대직경 17.1 mm)과 유사한 특성을 보였다. 전체적으로 ‘다담’의 자실체는 대조품종과 비교시 갓 두께, 대 굵기는 유사하였고, 갓 직경은 작고 대의 길이는 긴 특성을 보였다. 재배농가는 1주기 생육시 갓이 다소 평편하고 대가 약간 긴 점이 보완해야 할 점이고, 숙기과정에서 노동력 절감이 가능한 것과 발이가 안정적인 점을 장점으로 의견을 제시하였다.

신품종 ‘다담’의 수량성은 Table 8과 같다. 3 kg 배지당 평균 발이수는 ‘다담’이 15개로 대조품종의 47개에 비해 적었다. 이러한 특성은 농가에서는 배지당 품질과 수량을 좋게하기 위해 8개만 남기는 숙기 작업에 투입되는 노동력을 절감할 수 있을 것으로 판단된다. 1주기 개체중은 ‘다



Fig. 5. Cultivation panorama of a new oak mushroom ‘Dadam’(left) and control cultivar ‘L808’(right).

담'이 26.8 g, 'L808'이 26.4 g으로 유사하였고, 유효 개체 수는 8개로 동일하였다. 2주기 개체중은 1주기보다 높았고, '다담'의 개체중이 35.4 g으로 'L808' 38.5 g보다 약 3.1 g 낮았으나, 개체수가 9.4개로 'L808'의 7.6개 보다 1.8 개 높아 총 수량이 다담 480.1 g, 대조품중 473.2 g으로 대등하였다.

적 요

표고 톱밥재배용 다수성 품종 육성을 위해 수집균주 중 우량계통의 단포자 교배로 육성한 '다담'의 주요 특성은 다음과 같다. '다담'의 균사생장 적온은 19~22°C, 발이 및 생육온도는 13~20°C, 발생형은 산발형으로 대조품중 '화담'과 유사하였고, 형태는 평편형으로 평반구형인 '화담' 차이가 있었다. 또한, 자실체 갯색은 '화담' 보다 진하고, 갯두께는 얇고, 대길이는 긴 특성을 가졌다. '다담'의 총 재배기간은 135~139일로 '화담'의 138~142과 크게 차이 나지 않았다. '다담'의 3주기까지 수량은 621 g으로 '화담' 371 g 보다 67% 많았다. 주기별 수량 양상을 보면, '다담'과 '화담' 모두 3주기 수량의 80~83%를 2주기 동안 수확할 수 있었다. 특히, '다담'은 1주기 수량비중이 60%로 '화담' 52%보다 1주기에 수량이 집중되는 특성을 보였다. 농가실증시험 결과, '다담'은 농가재배 품종인 'L808' 보다 다소 갯크기는 작고 대길이가 길었고 재배기간과 수량은 큰 차이 없었다. '다담'의 발생한 자실체 개체는 1개 배지에 평균 15개로 'L808'의 47개에 비해 약 3배정도 적어 숙기에 투입되는 노동력을 절감하는 효과가 기대된다.

REFERENCES

- Horticulture Business Division of Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs. 2019. Production record of special crops. Sejong: Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs.
- Kim JH, Kang YJ, Baek IS, Shin BE, Choi JI, Lee YS, Lee YH, Jeoung YK, Lee YS, Chi JH, Jung GH. 2020. Characteristics of newly bred *Lentinula edodes* cultivar 'Hwadam' for sawdust cultivation. *Kor J Mycol* 48: 125-133.
- Korea Forest Services. 2019. Statistical Yearbook of Forestry. Daejeon: Korea Forest Service.
- Korea Agriculture Trade Information. 2020. Korea Agro-Fisheries and Food Trade Corporation. Searching import performance based on period (Internet).
- Moon JW, Lee CJ, Cheong JC, Kong WS, Kim KJ. 2015. Characteristics of a new *Lentinula edodes*, 'Nongjin-go'. *J Mushrooms* 13: 228-232.
- National Forest Seed Variety Center. 2008. Guidelines for characterization of *Lentinula edodes*, Chungju: National Forest Seed Variety Center.
- Noh JH, Kim IY, Lee WH, Kim SC, Choi SG, Ko HK, Park HS, Koo CD. 2016. Breeding and characteristics of a low-temperature variety oak mushroom (*Lentinula edodes*) 'Sanjo 708 ho'. *J Mushrooms* 14: 207-210.
- Park YA, Lee BH, Jeong YS, Jang YS, Ryoo R, Ka KH. 2020. Comparison of fruiting body characteristics among shiitake varieties developed by National Institute of Forest Science using sawdust block cultivation method. *Kor J Mycol* 49: 57-66.
- Park YA, Jang YS, Ryoo R, Ka KH. 2020. Breeding and cultural characteristics of a newly bred *Leninula edodes* strain, 'Bambithyang'. *J Mushrooms* 18: 145-150.
- Park YA, Jang YS, Ryoo R, Lee BH, Ka KH. 2019. Breeding and cultural characteristics of newly bred *Leninula edodes* strain, 'Sanjanghyang'. *Kor J Mycol* 47: 143-152.