



과제구분	기본	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
느타리류 신품종육성 및 재배기술 개발		버섯	'96~	농업기술원 친환경미생물연구소	이채영
느타리 육성 품종 안정생산 기술 개발 ('23~'24, 완결)		버섯	'22~'24 (완결)	농업기술원 친환경미생물연구소	이채영
색인용어	느타리, 재배조건, 만선, 대선				

ABSTRACT

This study aimed to optimize the cultivation conditions of the newly developed oyster mushroom cultivars, 「Manseon」 and 「Daeseon」. The optimal primordia formation temperature for 「Manseon」 was 20℃. When cultivated at a CO₂ concentration of 6,000 ppm for 1 day after flipping, the stipe length increased by approximately 6.5%, the number of effective stipes reached 29, and the total increased by approximately 3.9% compared to cultivation at 4,000 ppm. Among the substrates used in oyster mushroom farms in Gyeonggi Province, the substrate of farm B (per bottle: sawdust 212 g, beet pulp 46 g, Cottonseed Meal 46 g) had the highest dry substrate weight index (103.1), and it was the most suitable for cultivation of 「Manseon」.

For 「Daeseon」, the optimal temperatures at different growth stages was as follows: maintaining 20℃ for 145 hours after scraping, 18℃ for 5 hours, 16℃ for 16 hours during the development of effective stipes, and 14℃ for more than 25 hours until the harvesting stage resulted in improved yield and cap color quality. Additionally, after flipping, the optimal light intensity for growth was 3~4 μmolm⁻² s⁻¹ under a blue-white LED, which led to higher yields and darker cap coloration. The optimal substrate composition for 「Daeseon」 was determined to be, per 1,100 ml bottle, 419.8 g of hardwood sawdust, 94.5 g of beet pulp, and 94.5 g of cottonseed meal.

Furthermore, an annual monitoring study of oyster mushroom farms revealed that maintaining hygiene in clean booths, inoculation rooms, and cooling rooms, as well as ensuring spatial separation of the initial incubation rooms, effectively reduced contamination rates. The primary contaminant fungi in the oyster mushroom substrates were identified as *Trichoderma longibrachiatum*, *Penicillium* sp., and

Neurospora crassa. In oak mushroom(*Lentinula edodes*) farms, contamination rates increased in the fall, and mite infestations were observed. The primary contaminant fungi in oak mushroom substrates were *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma* cf. *harzianum*, *Penicillium brevicompactum*, and *Hypocrea lixii*. This study provides insights into optimal growth conditions and cultivation management strategies for newly developed oyster mushroom cultivars, contributing to improved productivity and quality.

Key words : *Pleurotus ostreatus*, Oyster mushroom, Cultivating condition, Manseon, Daeseon

1. 연구목표

느타리는 담자균문 주름버섯목 느타리과에 속하는 사물 기생균으로 한국을 비롯한 전 세계에 분포하고 있다(이, 1990). 국내에서는 원목재배를 거쳐 균상, 병재배 등으로 다양하게 발전되어 왔으며, 자동화 재배 형태의 증가로 대규모 기업형 농가가 늘고 있는 추세이다(지 등, 2006).

국내 농산 버섯 생산량은 154,623톤이며, 느타리는 58,879톤으로 생산량의 38%를 점유하여 우리나라 주요 버섯 품목이며(* 23, 농림축산식품부), 경기도는 느타리 생산량이 전국의 73% 차지하는 주생산지이다. 이에, 느타리 신품종 육성과 농가 현장의 문제점을 해결하는 기술 개발은 지속적으로 필요한 실정이다.

경기도 육성 품종 보급은 2014년 이후 활성화 되었는데 「곤지7호」, 「흑타리」, 「백선」, 「황금산타리」 등이 주요 품종이다. 2021년 이후 도 육성 품종 보급량이 정체 추세로 보급 확대를 위한 대안 마련이 필요한 시점이다. 「만선」은 2022년도에 육성된 갯색이 짙고 다수성인 특성을 가지며, 농가별로 자실체 크기와 형태에 차이가 있어 표준화된 재배 방법이 필요하다(이 등, 2023). 「대선」은 2023년도에 개발된 대가 흰색이며 곧고 균 일하여 소포장에 적합하나 갯색이 옅어 이를 보완할 수 있는 재배 환경조건 설정이 필요하다(이 등, 2024).

느타리 농가 재배시설이 다양하며, 품종에 따라 적합 생육환경 조건이 다를 수 있으므로, 도 육성 느타리 품종 보급을 위해서는 신품종에 적합한 재배조건을 검토하고 문제점을 보완 하며, 버섯 생산과정에서 손실율을 적게하려면 배양 및 생육관리 과정에서 오염발생을 최소화하는 것이 필요하다.

이에, 본 연구는 신품종에 적합한 생육조건을 구명하여 안정 생산 매뉴얼을 개발하고, 도 내 주요 버섯 품목인 느타리와 표고 농가 오염균 진단 및 모니터링한 결과를 농가에 제공하여 주도적 오염관리를 유도하는 것이 목적이다.

2. 재료 및 방법

가. 시험품종

경기도농업기술원 친환경미생물연구소에서 육성한 느타리 신품종 「만선」과 「대선」을 시험품종으로 사용하였다. 「만선」은 갓색이 짙고 대가 굵고 다수성이나, 대길이가 짧은 편이다. 「대선」은 대가 흰색이며 곧고 균일하나 갓색이 연한 편이다. 균주의 배양과 증식은 PDA(potato dextrose agar)배지를 사용하였다.

나. 종균 및 배지제조

시험품종을 PDA배지에 접종하여 25℃에서 7일 이상 배양 후 종균배지에 접종하였다. 종균배지는 활엽수톱밥과 밀기울을 부피비로 4:1로 혼합하여 수분함량을 68% 내외로 조절하고 내열성 플라스틱 병(Ø 75 mm, 1,100 ml)에 충전하여 121℃에서 90분간 고압살균하였다.

표 1. 「만선」의 시험배지조성 및 화학성

배지	병용량 (ml)	배지재료 투입량(g/병)							C/N	수분 (%)	pH (1:10)
		톱밥	콘코브	면실피	비트 펠프	대두 박	케이 폭박	면실피			
농가A	850	167	-	-	35	18	18	-	34.1	63.6	4.9
농가B	1,100	212	-	-	46	-	46	-	28.7	68.7	4.9
농가C	850	174	-	60	-	31	-	-	26.1	65.6	5.4

「만선」의 생육배지는 도내 느타리 농가에서 제작한 배지를 수거하여 연구소에서 121℃, 1.2기압으로 90분간 고압증기멸균을 하였다(표 1).

「대선」의 적합 배지조성 선발을 위해 도내 느타리 농가에서 사용되는 표 2의 배지조성으로 수분함량을 68% 내외로 조절하여 2시간 동안 혼합하여 균질화한 후 입병하였다. 배지는 내열성 플라스틱 병(Ø 75 mm, 1,100 ml)에 750 g내외로 담고 121℃, 1.2기압에서 90분간 고압증기멸균을 하였다.

표 2. 「대선」의 시험 배지조성 및 화학성

배지 처리	배지투입량(g/병 ¹⁾)						수분 (%)	pH (1:10)	C/N (%)
	톱밥	콘코브	케이 폭박	비트 펠프	면실피	면실피			
S1	233.5	-	-	112.1	81.3	177.5	67.1	4.9	32.8
S2	357.0	93.5	93.5	93.5	-	-	69.6	4.7	40.6
S3	419.8	-	-	94.5	94.5	-	64.7	4.8	25.0

¹ 병규격: Ø 75 mm, 1,100 ml

다. 배양 및 생육관리

배지 살균 후 배지 온도가 20℃ 이하로 될 때까지 냉각하고, 톱밥종균을 접종하여 배양실에서 35일 배양하였다. 배양조건은 온도 20±1℃, 습도 65±5%, CO₂ 농도 5,000 ppm 이하로 조정하였다. 배양이 완료된 후 노화균 제거를 위하여 균균기를 실시하고 생육실에 입상하여 자실체 형태에 따라 습도와 환기를 조절하면서 재배하였다.

「대선」의 생육 단계별 적정 온도를 설정하기 위해 자실체 형태에 따라 생육 단계를 군사재생, 원기형성, 원기발달(뒤집기), 갓 착색, 유효경수 발달, 수확기로 6단계로 구분하고(표 3), 유효경수 발달기부터 하온 처리를 통해 수량 확보를 위한 적산온도 기준을 설정하고(표 4), 처리별 갓 색의 명도의 차이를 비교하고자 하였다.

표 3. 자실체 형태별 생육 단계 구분

생육 단계별 군사 및 자실체 변화		
원기발생 (1~4일)	군사 재생	군사가 배지 표면에 재생됨
	원기형성	원기를 형성하며 단면을 덮음
	원기 발달(뒤집기)	원기의 형태가 뽕족하게 발달함
자실체생육 (5~8일)	갓 착색	뒤집기 후, 광을 받으면 갓이 육안으로 확인 가능하게 착색됨
	유효경수 발달	유효경수의 개수가 정해지고 발달함 (대길이가 50~80 mm인 시기)
	수확기	갓색 및 갓두께 등 상품성 향상

표 4. 「대선」의 생육단계 하온처리 체계

처 리	온도 및 시간	생육 시간 (h)	적산 온도 (℃)
T1	20℃ (145h)→18℃ (2h)→16℃ (2h)→14℃ (3h)→12℃ (12h)→10℃ (25h)	189	3,404
T2	20℃ (145h)→18℃ (3h)→16℃ (4h)→14℃ (14h)→12℃ (25h)	191	3,514
T3	20℃ (145h)→18℃ (5h)→16℃ (16h)→14℃ (25h)	191	3,596
T4	20℃ (145h)→18℃ (21h)→16℃ (25h)	191	3,678

노타리 생육에서 광은 자실체 형태 형성과 갓 색 등 품질에 영향을 주므로, 「대선」에 갓색의 명도를 질게 재배할 수 있는 적정 광량을 선발하고자 하였다. 광원은 청색-백색 LED(Light Emitting Diode)를 사용하여 원기발달 후 뒤집기부터 15분 점등, 15분 소등의 동일한 조건에서 광량(Photosynthetic photon Flux Density, PPFD)은 1~2 μmolm⁻² s⁻¹, 3~4 μmolm⁻² s⁻¹, 7~8 μmolm⁻² s⁻¹의 처리를 두었다.

라. 생육특성 조사

생육특성조사는 국립종자원의 느타리 신품종 특성조사요령에 준하여 조사하였다(국립종자원, 2012). 자실체의 특성은 갓색, 갓직경(mm), 대직경(mm), 대길이(mm), 수량을 조사하였다. 자실체 색도는 Spectrophotometer(CM-2600d, Konika minota)을 이용하여 갓색을 측정하였다. 갓직경, 대직경, 대길이는 디지털 버니어캘리퍼스(Mitutoyou, Japan)를 사용하여 측정하였다.

마. 버섯 농가 오염균 진단 및 모니터링

버섯 재배에 있어 오염은 버섯의 생산량과 품질을 저해하여 농가에 경제적 손실을 입히는 요인이다. 따라서 농가에서 오염발생을 예방하고 효과적으로 관리 할 수 있도록 재배시설 별 대기 중 오염균의 종류와 밀도를 조사하고 컨설팅을 수행하였다(표 5).

표 5. 조사 시설 및 일자

품 목	농 가	조사시설	조사 일자(년.월.일)		
			1차	2차	3차
느 타 리	F	접종공간(크린부스, 접종실, 냉각실, 초기배양실, 배양실	'23. 4.17.	'23. 6. 2.	'23. 9.20.
	T	접종공간(크린부스, 접종실, 냉각실, 초기배양실, 배양실	'23. 4. 7.	'23. 6.22.	'23. 9.20.
	M	접종공간(크린부스, 접종실, 냉각실, 배양실1, 배양실2	'23. 4. 6.	'23. 7. 2.	'23. 9.24.
표 고	H	접종공간(크린부스, 접종실, 냉각실, 배양실1, 배양실2	'23. 4.20.	(접종없음)	'23. 10.9
	W	접종공간(크린부스, 접종실, 냉각실, 배양실1, 배양실2	'23. 4. 7.	'23. 6.24	'23. 10.11
	Y	접종공간(크린부스, 접종실, 냉각실, 배양실1, 배양실2	'23. 4.12.	'23. 6.23	(운양상)

모니터링 대상 농가는 경기도내 느타리, 표고 각 3농가를 선정하여 연중 조사하였다. 농가 및 시설별 이산화탄소 농도, 습도, 온도를 ROTRONIC CP11를 사용하여 측정하였고, 오염률은 배양실 내 오염배지 개수를 육안으로 조사하였다. 대기 중 오염균 조사 방법은 자체 개발한 '오염자가진단배지키트'를 사용하여 시설 별로 다섯 개의 지점에 키트를 놓고 10분 동안 낙하균을 받은 후 항온기에서 25℃, 암조건으로 3~5일간 배양하여 콜로니 수를 세고, 형태적 차이에 따라 균을 분리하여 ITS region(Internal Transcribed Spacer region) 분석을 통해 동정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 느타리 신품종 「만선」 안정생산 기술 개발

「만선」의 보완사항인 대 길이를 신장시키기 위해, 뒤집기 후 하루동안 생육실 내부 이산화탄소 농도와 발이온도를 제어하였다. 발이온도는 22℃에서는 유효경수가 감소하고 갓과 대가 불균일하게 굽어지며 품질이 저하되어 20℃가 적합하였으며, 뒤집기 후 하루 동안 CO₂ 농도 7,000 ppm 유지에서는 생육 장애를 입어 정상적인 생육이 진행되지 않았다. 발이온도 20℃, 뒤집기 후 하루 동안 CO₂ 농도를 6,000 ppm로 재배하였을 때 4,000 ppm 처리보다 대 길이가 약 6.5% 신장하였고 유효경수는 29개 정도이며 무게는 약 3.9% 증가하였다(표 6, 그림 1).

표 6. 생육실 CO₂ 농도 및 발이온도에 따른 「만선」의 생육특성

CO ₂ 농도 (ppm)	발이온도 (℃)	갓색 ^b			갓직경 (mm)	대직경 (mm)	대길이 (mm)	유효경수 (개/병)	수량 (g/병)
		L	a	b					
4,000	20±1	41.9	4.0	7.6	33.8±2.0 ^a	10.3±0.5	86.6±6.9	46.8±5.4	207±14
5,000	22±1	35.5	4.6	7.7	39.6±1.5	16.0±0.7	89.9±3.2	28.9±2.9	210±16
6,000	20±1	35.5	4.4	7.4	28.5±1.4	11.7±1.1	92.2±1.5	29.0±1.0	215±14

^a 뒤집기 후 하루 CO₂ 농도 유지 ^b L: 명도, a: 적색(+)/녹색(-), b: 황색(+)/청색(-) ^a 평균±표준편차

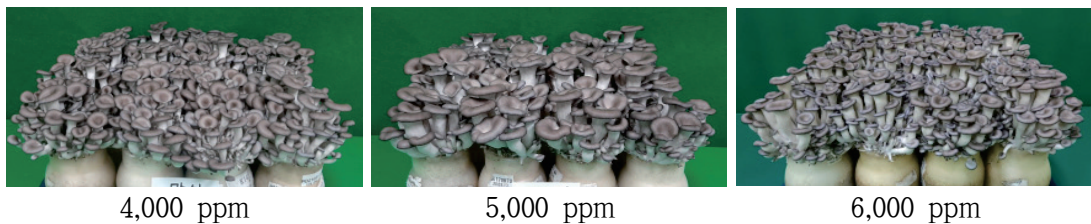


그림 1. 생육 CO₂농도에 따른 「만선」의 수확기 자실체

농가별로 배지의 용량에 따라 재배일수에 차이가 있었고 자실체 특성을 비교하였을 때 B농가배지가 건배지무게 무게지수가 103.1로 가장 높아 「만선」의 재배에 적합하였다(표 7, 8, 그림 3).

표 7. 농가 배지별 병용량, 배양, 초발이, 생육 및 재배일수

배지	병용량 (ml)	배양일수	초발이 소요일수	생육일수	재배일수
농가A	850	35	4	4	43
농가B	1,100	36	4	4	44
농가C	850	40	4	3	47

표 8. 농가 배지별 자실체의 특성

배지	갯 색			갯직경 (mm)	대직경 (mm)	대길이 (mm)	유효 경수 (개/병)	수량 (g/병)	화수율 ¹⁾
	L	a	b						
농가A	34.1	4.0	6.8	33.1±0.9 ^b	11.3±0.4	74.8±2.4	33.1±2.5	153±8	69.7
농가B	35.4	4.2	8.4	37.0±1.6	11.6±0.9	84.9±3.6	48.8±4.7	239±14	103.1
농가C	33.9	4.4	7.0	30.0±1.0	12.5±0.2	81.1±3.9	32.2±4.0	185±12	89.8

¹⁾(수량/건조배지량)×100 ^b 평균±표준편차

농가A

농가B

농가C

그림 2. 농가수집 배지별 자실체 생육비교(만선)

나. 느타리 신품종 「대선」 안정생산 기술 개발

「대선」의 생육 온도 처리를 비교했을 때 갯색의 명도는 T4를 제외한 처리에서 짙었고, 수량은 T2의 적산온도 3,514℃ 이상에서 유의성있게 높았으나 T3가 대길이 등 품질을 고려하였을 때 가장 우수하였다(표 9). 광량에 따른 자실체 특성을 조사한 결과 표 10에서 3~4 $\mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이상에서는 갯색이 짙었다.

표 9. 온도 처리에 따른 생육 특성

처리 ¹⁾	갯 색			갯직경 (mm)	대직경 (mm)	대길이 (mm)	유효경수 (개/병)	수량 (g/병)
	L	a	b					
T1	27.8 a	3.0	4.6	23.3	8.0	83.1	45.4	210.9 b
T2	28.4 a	3.0	4.6	24.7	9.6	80.3	45.5	232.7 a
T3	29.8 a	3.2	6.1	32.4	9.6	107.1	48.3	250.8 a
T4	38.7 b	4.0	7.8	36.0	9.4	102.0	60.2	251.5 a

¹⁾ T1: 20℃(145h)→18℃(2h)→16℃(2h)→14℃(3h)→12℃(12h)→10℃(25h), 적산온도 3,404℃

T2: 20℃(145h)→18℃(3h)→16℃(4h)→14℃(14h)→12℃(25h), 적산온도 3,514℃

T3: 20℃(145h)→18℃(5h)→16℃(16h)→14℃(25h), 적산온도 3,596℃

T4: 20℃(145h)→18℃(21h)→16℃(25h), 적산온도 3,678℃

표 10. 광량에 따른 자실체 특성 및 수량

광량 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	갯 색			갯직경 (mm)	대직경 (mm)	대길이 (mm)	유효경수 (개/병)	수량 (g/병)
	L	a	b					
1~2	37.2 b	3.5	7.2	36.0	11.4	101.3	45.2	204.3 b
3~4	33.3 a	3.7	6.7	33.4	10.8	97.0	56.5	213.3 a
7~8	33.3 a	3.9	7.0	34.8	12.7	86.8	56.7	208.4 ab

※ 온도 환경: 20℃(150h)→18℃(6h)→16℃(14h)→14℃(12h)→12℃(10h), 적산 온도 3620℃-시간, 배양일수: 39일

표 11. 배지별 자실체 특성

배지 처리	갯 색			갯직경 (mm)	대직경 (mm)	대길이 (mm)	유효 경수 (개/병)	회수율 ¹⁾ (%)	발이율 (%)	균일도 ²⁾ (%)	수량 (g/병)
	L	a	b								
S1	45.1	3.5	8.1	33.0	7.8	99.7	54.1	107.9	97.1	89.9	215 ab
S2	45.4	3.7	8.3	32.4	8.8	95.0	52.9	109.7	96.4	88.1	213 b
S3	37.1	4.0	8.3	33.6	8.2	96.0	60.1	104.1	99.7	96.9	224 a

¹⁾ (수량/건조배지량)×100, ²⁾ (정상발이된병수/전체병수)×100, 비정상발이: 측면발생, 생육지연, 미발생

※ 온도환경: 20℃(142h)→18℃(7h)→17℃(6h)→16℃(14h)→15℃(4h)→14℃(11h)→12℃, 적산 온도: 3,650℃, 배양 일수: 35일

배지 처리 중 S3가 회수율은 가장 낮았지만 발이율, 균일도, 병당 수량을 고려하였을 때 가장 적합하였다(표 11).

다. 버섯 농가 오염균 진단 및 모니터링

조사한 버섯 농가의 재배 시설별 이산화탄소 농도, 습도, 온도는 표 12와 같았다.

표 12. 버섯종류와 조사농가 시설별 재배환경

품목	농가	시설	이산화탄소(ppm)	습도(%)	온도(℃)
느타리	F	접종시설	450 ~ 1,150	67 ~ 75	9 ~ 11
		냉각실	420 ~ 660	65 ~ 70	4 ~ 6
		배양시설	3,900 ~ 10,000이상	42 ~ 52	21 ~ 25
	T	접종시설	2,500 ~ 4,100	46 ~ 57	5 ~ 7
		냉각실	2,200 ~ 4,100	46 ~ 66	4 ~ 5.5
		배양시설	4,900 ~ 9,990	57 ~ 67	20 ~ 22
	M	접종시설	2,200 ~ 5,500	63 ~ 67	7 ~ 9
		냉각실	1,000 ~ 1,600	48 ~ 53	3 ~ 4
		배양시설	3,700 ~ 6,300	56 ~ 61	19 ~ 20
표고	H	접종시설	690 ~ 830	60 ~ 62	12 ~ 13
		냉각실	670	66	11
		배양시설	1,500 ~ 1,800	59 ~ 60	18 ~ 21
	W	접종시설	690 ~ 1,200	53 ~ 70	10 ~ 14
		냉각실	640 ~ 1,060	51 ~ 60	7 ~ 12
		배양시설	1,900 ~ 7,400	57 ~ 77	22 ~ 23
	Y	접종시설	700	63	20
		냉각실	780	63	19
		배양시설	1,000 ~ 2,500	57 ~ 86	22 ~ 23

느타리 농가에서는 초기배양실을 갖추고 크린부스, 접종실, 냉각실에서 낮은 곰팡이 밀도를 유지한 F, T농가는 배양실의 곰팡이 밀도가 급격히 증가하여도 오염률을 5%이하로 유지 또는 감소하였다. 따라서 초기배양기간에 철저한 환경관리는 오염률 저감에 효과가 있을 것으로 판단된다(표 13).

F, T농가는 M농가보다 배양시설에서 세균밀도가 매우 높은데 두농가 모두 60일 이상 배양된 배지에서 자실체가 발생해 버섯파리가 서식하고 있었다. T농가에서 1차 조사 이후 방제를 통해 파리 밀도 수가 감소함에 따라 세균 밀도도 감소하였다.

M농가의 경우 냉각실의 오염균 밀도가 매우 높았는데, 이는 시설 내 기기 틈에서

서식한 곰팡이가 원인으로 청소소독 후 곰팡이 밀도가 감소하고 오염률도 점차 감소하였다.

표 13. 느타리 농가 시설별 낙하균 밀도 및 오염률(오염배지 발생율)

농가	시설	곰팡이 낙하균 밀도 (cfu/10min/5plate)			세균 낙하균 밀도 (cfu/10min/5plate)			오염률 (%)		
		1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차
F	크린부스	0	1	0	0	0	1			
	접종실	11	14	4	16	57	67			
	냉각실	8	6	6	9	9	16	5	4	2 ~ 3
	초기배양실	17	28	6	57	4	10			
	배양실	46	81	320	377	18	369			
T	크린부스	5	2	11	1	3	101			
	접종실	3	4	1	23	91	8			
	냉각실	0	6	10	7	143	48	3 ~ 4	1	1 이하
	초기배양실	2	8	30	142	3	72			
	배양실	107	567	542	395	175	86			
M	크린부스	0	113	77	0	6	4			
	접종실	20	309	170	43	138	48			
	냉각실	10	146	12	105	235	116	30 ~ 40	4 ~ 5	3
	배양실1	88	52	144	15	22	31			
	배양실2	140	433	226	18	32	42			

느타리 농가 시설별 곰팡이 분포와 밀도는 표 14, 15, 16과 같았다. 크린부스에서 3속(*Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*) 6종 이상, 접종실에서 3속(*Cladosporium*, *Penicillium*, *Trichoderma*) 8종 이상, 냉각실에서 10속(*Acrodontium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Didymella*, *Paraphoma*, *Penicillium*, *Talaromyces*, *Talaromyces*, *Trichoderma*)에서 19종이상, 배양실에서 9속(*Aspergillus*, *Bjerkandera*, *Chaetomium*, *Irpex*, *Neurospora*, *Penicillium*, *Peniophora*, *Schizophyllum*, *Trichoderma*) 27종 이상의 곰팡이가 발견되었다. 느타리 배지에서 *Penicillium* sp., *Trichoderma longibrachiatum*, *Neurospora crassa*이 주요 오염균이었다(그림 4).

표 14. F 농가의 시설별 곰팡이 분포와 밀도

(단위 %)

시 기	균 주 명	크린부스	접종실	냉각실	초기배양실	배양실
1차	<i>Cladosporium sp.</i>	-	-	-	33.3	-
	<i>Penicillium janthinellum</i>	-	-	-	-	-
	<i>Penicillium sp.</i>	75.0	50.0	-	33.3	24.2
	<i>Trichoderma harzianum</i>	-	-	-	-	24.2
	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	25.0	25.0	-	33.3	48.5
	<i>Trichoderma sp.</i>	-	25.0	-	-	-
2차	<i>Acrodontium crateriforme</i>	-	-	20.0	-	-
	<i>Cladosporium tenuissimum</i>	-	25.0	-	16.7	-
	<i>Paraphoma fimeti</i>	-	-	20.0	-	-
	<i>Penicillium charlesii</i>	-	-	-	-	38.5
	<i>Penicillium fellutanum</i>	-	-	-	50.0	-
	<i>Penicillium janthinellum</i>	33.3	50.0	20.0	33.3	-
	<i>Penicillium sp.</i>	66.7	-	-	-	-
	<i>Trichoderma harzianum</i>	-	-	-	-	5.1
	<i>Trichoderma koningii</i>	-	-	-	-	2.6
	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	-	25.0	40.0	-	51.3
	동정 불가	-	-	-	-	2.6
3차	<i>Chaetomium globosum</i>	-	-	-	13.6	-
	<i>Cladosporium perangustum</i>	-	12.5	-	-	3.1
	<i>Cladosporium sp.</i>	-	25.0	25.0	-	-
	<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	-	-	-	9.1	-
	<i>Cladosporium halotolerans</i>	-	-	8.3	-	-
	<i>Didymella heteroderae</i>	-	-	8.3	-	-
	<i>Penicillium capsulatum</i>	-	-	-	-	12.5
	<i>Penicillium charlesii</i>	-	-	-	-	34.4
	<i>Penicillium janthinellum</i>	-	-	33.3	36.4	-
	<i>Penicillium steckii</i>	100.0	37.5	16.7	31.8	3.1
	<i>Penicillium sumatraense</i>	-	-	-	-	46.9
	<i>Schizophyllum commune</i>	-	-	-	4.5	-
	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	-	-	-	4.5	-
	<i>Trichoderma sp.</i>	-	12.5	-	-	-
	동정 불가	-	12.5	-	-	-
	동정 불가	-	-	8.3	-	-

표 15. T농가의 시설별 곰팡이 분포와 밀도

(단위 %)

시기	균 주 명	크린부스	접종실	냉각실	초기배양실	배양실
1차	<i>Aspergillus sp.</i>	-	-	20.0	-	-
	<i>Penicillium steckii</i>	-	-	-	-	76.7
	<i>Talaromyces sp.</i>	-	-	20.0	-	-
	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	-	20.0	10.0	11.8	11.6
	<i>Trichoderma sp.</i>	100.0	70.0	40.0	88.2	-
	동정 불가	-	-	-	-	7.0
	동정 불가	-	10.0	10.0	-	-
	동정 불가	-	-	-	-	-
	동정 불가	-	-	-	-	2.3
	동정 불가	-	-	-	-	2.3
2차	<i>Aspergillus fumigatus</i>	-	-	10.0	-	2.3
	<i>Aspergillus sp.</i>	-	-	-	-	2.3
	<i>Cladosporium perangustum</i>	-	-	10.0	-	-
	<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	-	-	-	17.6	9.3
	<i>Penicillium glabrum</i>	-	-	10.0	-	16.3
	<i>Penicillium sp.</i>	-	10.0	-	-	-
	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	100.0	50.0	20.0	35.3	7.0
	동정 불가	-	10.0	-	-	14.0
	동정 불가	-	-	-	88.2	2.3
	동정 불가	-	-	-	-	7.0
3차	동정 불가	-	-	-	-	4.7
	<i>Aspergillus fumigatus</i>	-	-	-	-	5.9
	<i>Bjerkandera adusta</i>	-	-	-	-	5.9
	<i>Cladosporium sp.</i>	-	-	-	33.3	-
	<i>Cladosporium tenuissimum</i>	-	-	20.0	16.7	-
	<i>Curvularia lunata</i>	-	-	20.0	-	-
	<i>Irpex lacteus</i>	-	-	-	-	11.8
	<i>Penicillium charlesii</i>	-	-	-	-	17.6
	<i>Penicillium paxilli</i>	-	-	-	-	17.6
	<i>Penicillium steckii</i>	-	-	-	-	5.9
	<i>Penicillium sumatraense</i>	-	-	-	-	23.5
	<i>Peniophora incarnata</i>	-	-	-	16.7	-
	<i>Talaromyces variabilis</i>	-	-	60.0	-	-
	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	-	100.0	-	-	5.9
	동정 불가	-	-	-	-	5.9
	동정 불가	-	-	-	16.7	-
	동정 불가	-	-	-	16.7	-

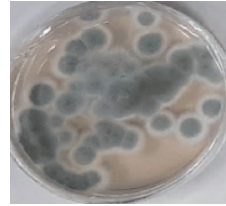
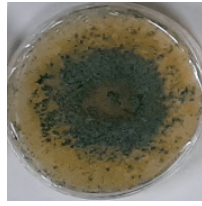
표 16. M농가의 시설별 곰팡이 분포와 밀도

(단위 %)

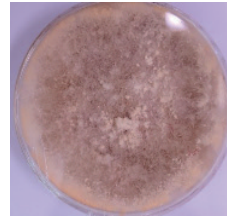
시기	균 주 명	크로만부스	접종실	냉각실	배양실1	배양실2
1차	<i>Aspergillus sp.</i>	-	-		-	-
	<i>Cladosporium sp.</i>	-	-	9.1	14.3	-
	<i>Didymella sp.</i>	-	-	9.1	-	-
	<i>Neurospora sp.</i>	-	-		-	16.7
	<i>Penicillium sp.</i>	-	33.3	9.1	14.3	-
	<i>Trichoderma harzianum</i>	-	-	9.1	-	-
	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	-	33.3	54.5	42.9	33.3
	<i>Trichoderma sp.</i>	-	33.3		14.3	-
	동정 불가	-	-	9.1	14.3	-
	동정 불가	-			-	16.7
	동정 불가	-	-		-	16.7
	동정 불가	-	-	-	-	16.7
2차	조사 불가					
3차	<i>Aspergillus fumigatus</i>	7.7	-	-	-	-
	<i>Cladosporium delicatulum</i>	-	-	-	5.3	-
	<i>Cladosporium sp.</i>	-	-	-	5.3	11.8
	<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	15.4	91.5	-	-	-
	<i>Cladosporium subuliforme</i>	-	-	-	-	3.9
	<i>Penicillium charlesii</i>	-	-	-	10.5	11.8
	<i>Penicillium janthinellum</i>	15.4	-	-	36.8	47.1
	<i>Penicillium sp.</i>	7.7	-	-	-	-
	<i>Penicillium steckii</i>	46.2	-	-	36.8	19.6
	<i>Trichoderma sp.</i>	7.7	6.8	100.0	5.3	3.9
	동정 불가	-	1.7	-	-	2.0



Trichoderma longibrachiatum



Penicillium sp.



Neurospora crassa

그림 4. 느타리 배지 주요 오염균

표고 농가에서 Y농가는 청결한 시설관리로 상반기에 낮은 오염률을 유지하였으나 가을에 오염률이 증가하는 현상을 보였다. 주요 배지 오염균은 *Trichoderma* *Trichoderma cf. harzianum* *harzianum*, *Penicillium brevicompactum*, *Hypocrea lixii*이었다. W농가에서도 하반기 오염률이 급증하였는데 이는 응애 때문으로 생각되며 지속 관찰이 필요하고 주요 배지 오염균은 *Trichoderma harzianum*이었다. H농가에서 2분기 까지 오염률을 유지하였으나 배양실 냉방기기 이상으로 온도조절이 정상적으로 이루어지지 않아 오염률 발생량이 급증하였다(표 17).

표 17. 표고 농가 시설별 낙하균 밀도 및 오염률(오염배지 발생율)

농가	시설	곰팡이 낙하균 밀도 (cfu/10min/5plate)			세균 낙하균 밀도 (cfu/10min/5plate)			오염률 (%)		
		1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차
H	크린부스	41		2	18		0			
	접종실	52	미	185	81	미	19			
	냉각실	46	조	66	46	조	2	10	10	30
	배양실1	9	사	129	192	사	46			
	배양실2	179		177	16		175			
W	크린부스	25	0	4	3	1	8			
	접종실	7	0	12	6	22	8			
	냉각실	4	2	4	7	4	51	5	5	20
	배양실1	305	26	79	76	0	337			
	배양실2	1000	12	236	185	108	1150			
Y	크린부스	0	0		2	0				
	접종실	1	1		76	17	미			미
	냉각실	4	0	조사 불가	37	0	조	5	5	조
	배양실1	58	71		719	150	사			사
	배양실2	123	105		43	123				

표고 농가 시설별 곰팡이 분포와 밀도는 표 17, 18, 19와 같았다. 표고 배지에서 *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma Trichoderma cf. harzianum*, *Penicillium brevicompactum*, *Hypocrea lixii* 이 오염을 발생시켰다(그림 5).

표 17. H농가의 시설별 곰팡이 분포와 밀도

(단위 %)

시기	균 주 명	크린 부스	접종실	냉각실	배양실1	배양실2
1차	<i>Apiospora rasikravindrae</i>	-	2.0	-	-	-
	<i>Aspergillus fumigatus</i>	-	8.0	-	12.5	10.5
	<i>Aspergillus unguis</i>	-	-	4.2	12.5	-
	<i>Chaetomium globosum</i>	-	-	-	12.5	-
	<i>Cladosporium halotolerans</i>	5.4	10.0	4.2	12.5	-
	<i>Cladosporium sp.</i>	-	10.0	-	-	-
	<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	-	-	-	25.0	-
	<i>Cladosporium subuliforme</i>	10.8	12.0	25.0	-	31.6
	<i>Curvularia canadensis</i>	-	2.0	-	-	-
	<i>Epicoccum nigrum</i>	-	0.0	4.2	-	-
	<i>Penicillium brevicompactum</i>	35.1	22.0	50.0	-	21.1
	<i>Penicillium sp.</i>	40.5	30.0	8.3	12.5	26.3
	<i>Penicillium sumatrense</i>	-	-	4.2	-	-
	<i>Trichoderma harzianum</i>	2.7	2.0	-	-	10.5
	동정 불가	5.4	2.0	-	12.5	-
3차	<i>Aphanocladium album</i>	-	-	-	5.6	3.7
	<i>Aspergillus sp.</i>	-	0.6	-	-	-
	<i>Aspergillus sp.</i>	-	91.5	-	5.6	-
	<i>Cladosporium sp.</i>	-	1.2	-	-	-
	<i>Cladosporium sp.</i>	-	-	-	11.1	-
	<i>Cladosporium tenuissimum</i>	-	6.7	6.7	11.1	18.5
	<i>Nemania sp.</i>	-	-	1.7	-	-
	<i>Neurospora sitophila</i>	-	-	1.7	-	3.7
	<i>Penicillium oxalicum</i>	-	-	-	-	3.7
	<i>Stereum hirsutum</i>	-	-	1.7	-	-
	<i>Trichoderma hazianum</i>	-	-	-	5.6	-
	동정 불가	-	-	85	-	-
	동정 불가	-	-	1.7	-	-
	동정 불가	-	-	1.7	-	-
	동정 불가	-	-	-	55.6	66.7
	동정 불가	-	-	-	5.6	3.7



표 18. 농가의 시설별 곰팡이 분포와 밀도

(단위 %)

시기	균 주 명	크로티스	접종실	냉각실	배양실1	배양실2
1차	<i>Aspergillus fumigatus</i>	-	-	-	0.2	-
	<i>Aspergillus sp.</i>	-	-	-	0.1	-
	<i>Phoma sp.</i>	-	-	25.0	0.0	-
	<i>Talaromyces columbinus</i>	-	-	-	0.4	-
	동정 불가	-	-	-	0.2	-
	동정 불가	-	-	-	0.5	-
	동정 불가	-	-	-	0.1	-
	동정 불가	-	-	-	0.2	-
	동정 불가	-	-	-	97.8	-
	동정 불가	-	-	-	0.1	-
	동정 불가	-	-	-	-	100.0
	동정 불가	-	-	-	-	-
	동정 불가	-	50.0	-	-	-
	동정 불가	-	50.0	-	-	-
	동정 불가	-	-	75.0	-	-
	동정 불가	-	-	-	0.2	-
	동정 불가	-	-	-	0.2	-
2차	<i>Aspergillus fumigatus</i>	-	-	-	-	8.3
	<i>Cladosporium allicinum</i>	-	-	100.0	-	8.3
	<i>Cladosporium colombiae</i>	-	-	-	-	8.3
	<i>Neurospora sitophila</i>	-	-	-	-	8.3
	<i>Penicillium brevicompactum</i>	-	-	-	-	16.7
	<i>Penicillium sp.</i>	-	-	-	-	8.3
	<i>Trichoderma sp.</i>	-	-	-	-	8.3
	동정 불가	-	-	-	-	33.3
	동정 불가	-	-	-	95.2	-
	동정 불가	-	-	-	4.8	-
	동정 불가	-	-	-	-	-

시기	균 주 명	크린부스	접종실	냉각실	배양실1	배양실2
3차	<i>Aspergillus fumigatus</i>	50.0	11.1	100.0	10.4	-
	<i>Aspergillus niger</i>	-	11.1	-	20.8	-
	<i>Hypocrea lixii</i>	-	-	-	-	2.2
	<i>Hypocrea lutea</i>	-	11.1	-	-	-
	<i>Penicillium roqueforti</i>	25.0	-	-	-	-
	<i>Penicillium sp.</i>	-	-	-	10.4	-
	<i>Trichoderma sp.</i>	-	-	-	6.3	43.5
	동정 불가	25.0	-	-	-	-
	동정 불가	-	22.2	-	-	-
	동정 불가	-	11.1	-	-	-
	동정 불가	-	11.1	-	-	-
	동정 불가	-	11.1	-	-	-
	동정 불가	-	-	-	10.4	-
	동정 불가	-	-	-	31.3	-
	동정 불가	-	11.1	-	10.4	54.3

표 19. 농가의 시설별 곰팡이 분포와 밀도

(단위 %)

시기	균 주 명	크린부스	접종실	냉각실	배양실1	배양실2
1차	<i>Absidia repens</i>	-	-	-	-	-
	<i>Aspergillus westerdijkiae</i>	-	-	-	-	0.8
	<i>Epicoccum sp.</i>	-	-	-	1.6	0.0
	<i>Fusarium equiseti</i>	-	-	-	1.6	1.7
	<i>Hypocrea lixi</i>	-	-	-	0.0	-
	<i>Ophiocordyceps heteropoda</i>	-	-	-	3.3	-
	<i>Penicillium biourgeianum</i>	-	-	-	6.6	-
	<i>Penicillium brevicompactum</i>	-	-	-	-	4.1
	<i>Trametes versicolor</i>	-	-	-	1.6	0.8
	<i>Trichoderma harzianum</i>	-	100.0	80.0	55.7	11.6
	<i>Trichoderma sp.</i>	-	-	-	1.6	0.8
	동정 불가	-	-	-	-	-
	동정 불가	-	-	-	-	-
	동정 불가	-	-	20.0	27.9	80.2
2차	<i>Cladosporium sp.</i>	-	-	-	64.0	25.8
	<i>Mucor hiemalis</i>	-	-	-	-	3.2
	<i>Penicillium bialowiezense</i>	-	-	-	-	3.2
	<i>Trichoderma harzianum</i>	-	-	-	32.0	48.4
	동정 불가	-	100.0	-	-	-
	동정 불가	-	-	-	4.0	3.2
	동정 불가	-	-	-	0.0	16.1

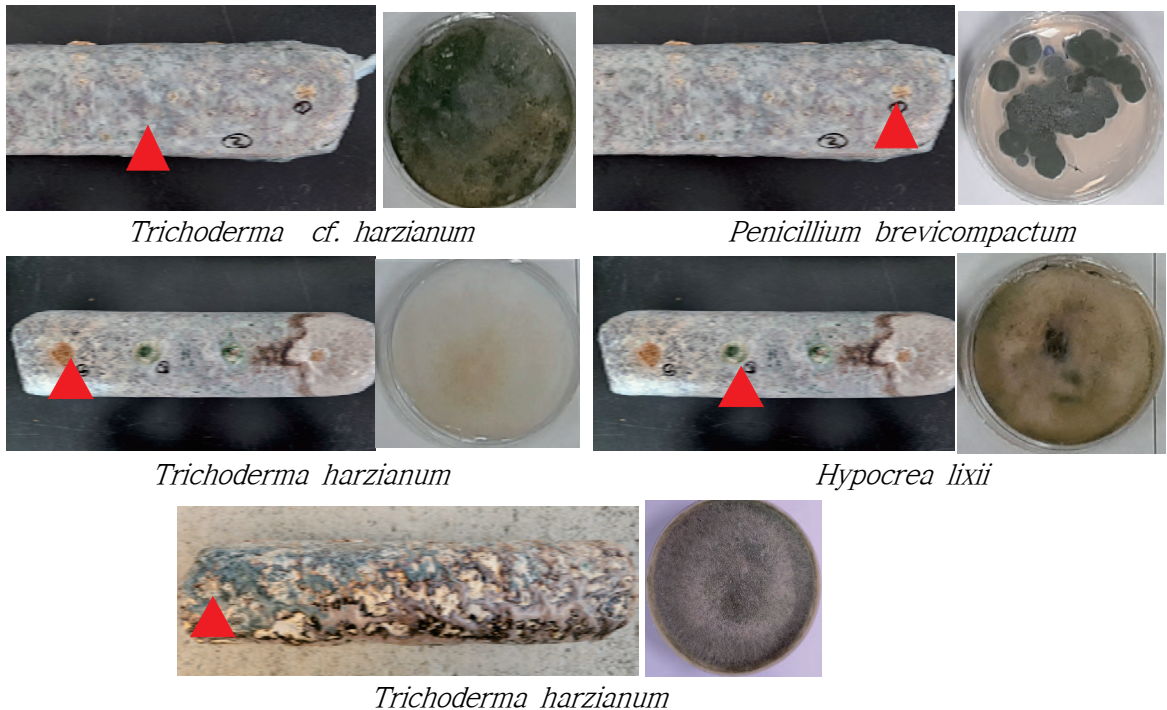


그림 5. 포장 배지 주요 오염균

4. 적 요

느타리 신품종의 농가에 안정 보급하기 위해 재배에 적합한 생육환경을 설정하고, 배지 조성을 선별하였다. 또한, 버섯농가 오염 발생 저감을 위해 농가 재배시설별 오염균 진단 및 모니터링 결과는 다음과 같다.

- 가. 느타리 신품종 「만선」의 발이 온도는 20℃가 적합하였으며, 뒤집기 후 하루 동안 CO₂ 농도 6,000 ppm로 재배하였을 때 CO₂ 농도 4,000 ppm 처리를 하였을 때보다 대 길이가 약 6.5% 신장하였고 유효경수는 29개 정도이며 무게는 약 3.9% 증가하였다.
- 나. 「만선」의 경기도 느타리 재배농가 배지 중 건배지 당 무게 지수 103.1로 가장 높은 B농가의 배지(병당 톱밥 212 g+비트펄프 46 g+케이폭박46 g)가 적합하였다.
- 다. 느타리 신품종 「대선」의 생육 단계별 온도 관리는 균굽기 후부터 갓 착색기까지 145시간동안 20℃, 유효경수 발달기에는 5시간 동안 18℃, 16시간동안 16℃, 25시간 이상 수확기까지 14℃를 유지하였을 때 수량 및 갓 색 등 품질이 우수하였다.
- 라. 「대선」의 생육에 필요한 적정 광량은 뒤집기 후 청색-백색 LED로 3~4 $\mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이상 조건에서 수량이 우수하고 갓 색이 짙었다.
- 마. 「대선」에 적합한 병당 배지조성은 1,100 ml 기준 활엽수톱밥 419.8 g, 비트펄프 94.5 g, 면실박 94.5 g이었다.

바. 느타리 재배 농가를 연중 모니터링한 결과 초기배양실을 갖추고 크린부스, 접종실, 냉각실의 청결한 관리는 오염률을 저감하였다. 주요 배지 오염균은 *Trichoderma longibrachiatum*, *Penicillium sp.*, *Neurospora crassa* 이었다.

사. 표고 재배 농가를 연중 모니터링한 결과 가을에 오염률이 증가하고 응애가 발생할 수 있으며 배지를 오염시키는 주요 곰팡이는 *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma Trichoderma cf. harzianumharzianum*, *Penicillium brevicompactum*, *Hypocrea lixii* 이었다.

5. 인용문헌

국립종자원. 2012. 신품종 심사를 위한 작물별 특성조사요령(느타리).

농림수산식품부. 2023. 특용작물생산실적.

이채영, 최종인, 김정한, 김연진, 최준영, 이찬중, 임갑준. 2023. 느타리 신품종 '만선'의 균사배양 및 자실체 생육 특성. 한국버섯학회지, 21(2), 64-68.

이채영, 최종인, 김정한, 김연진. 2024. 느타리 신품종 '대선'의 균사배양 및 자실체 생육 특성. 한국버섯학회지, 22(3), 117-121.

이태수. 1990. 한국 기록종 버섯 총목록. 한국균학회지, 18(4), 233-259.

지정현, 최종인, 하태문, 주영철. 2006. 느타리버섯 신품종 육성연구 - 저온성 느타리버섯 신품종 「설안」 -. 한국버섯학회지. 4(3), 116-121.

6. 연구결과 활용제목

- 느타리 「만선」 스마트팜 기반 재배매뉴얼(2023, 영농활용)
- 느타리 「만선」 스마트팜 기반 재배매뉴얼(2023, 자료발간)
- 느타리 신품종 「대선」 재배시 적정 생육 온도 및 광량(2024, 영농활용)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
						'22	'23	'24
느타리 육성품종 안정생산 기술 개발	책임자	친환경미생물연구소	농업연구사	이채영	세부과제총괄	○	○	○
	공동 연구자	친환경미생물연구소	〃	최종인	자료수집	-	-	○
		〃	〃	김정한	자료수집	○	○	○
		〃	〃	김연진	자료수집	○	○	-
		〃	〃	박남원	자료수집	-	-	○
		〃	〃	최준영	'22년 세부과제	○	○	-
		〃	농업연구관	총괄				
		〃		이찬중	연구자문	○	○	-
		〃		이윤희	연구자문	-	-	○
		〃	〃	최병열	연구자문	-	-	○