

큰느타리버섯 재배실태조사와 기형버섯 발생경감에 관한 연구 II. 기형버섯 발생경감 재배기술

하태문*, 주영철, 신평균¹

경기도농업기술원 버섯연구소, ¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 버섯과

Investigation of Actual Culture Conditions of King Oyster Mushroom (*Pleurotus eryngii*) and Methods for Reduction of Fruit-body Malformations II. Culture Methods for Reduction of Fruit-body Malformations of King Oyster Mushroom(*Pleurotus eryngii*)

Tai-Moon Ha*, Young-Cheul Ju and Pyung Gyun Shin¹

Mushroom Research Institute, Agricultural Research and Extension Services, Gwangju 464-873, Korea

¹Mushroom Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

(Received June 4, 2011, Revised June 11, 2011, Accepted June 15, 2011)

ABSTRACT: We have researched on methods which can reduce fruit-body malformations of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). We collected many pathogens from diseased fruit-body or malformed fruit-body and identified with chemicobiological test and microscope. The factors of fruit-body malformations and increment of contamination during the pin-heading induction time were researched with ventilation amounts in growing room. When the pathogens having high pathogenicity were inoculated in spawn running bottle and at pin-heading induction time, symptom appeared or not appeared in according to air ventilation amounts in growing room. During the pin-heading induction time, humidity degree in growing room have kept of high level and air ventilation amounts were so little that fruit-body malformations ratio was high. But, even though pathogens were inoculated at the surface of bottle factitiously, if air ventilation amounts were enough, fruit-body malformation ratio was low.

KEYWORDS : Fruit-body malformations, Pathogen, Pin-heading induction *Pleurotus eryngii*, Ventilation

서 론

큰느타리버섯은 1995년 도입된 이후 국내에서 본격적으로 생산되기 시작한 시기는 2000년도 무렵이다. 이 무렵에는 대규모 팽이버섯농가의 등장으로 인해 팽이버섯 가격이 급락하여 기존의 소규모 팽이버섯 농가들이 경영여건이 악화되면서 새로운 병재배용 버섯의 등장이 절실히 요구되는 시기였다. 또한 큰느타리버섯은 단단한 조직과 뛰어난 저장감과 유통중 품질이 다른 버섯보다 오래 유지되는 장점을 가지고 있어 소규모 팽이버섯 재배농가의 큰느타리버섯으로의 품종전환이 이루어지면서 생산량이 급격히 증가하게 되었다. 이 버섯의 재배지역이 전국으로 확산되고 재배농가가 증가되면서 그동안 알려지지 않았던 새로운 문제점들이 나타나게 되었는데 그 대표적인 증상이 발이올의 감소, 발이 및 생육중 오염율의 증가, 자실체가 제대로 형태를 갖추지 못하는 기형버섯의 발생과 각종 병해의 발생이다. 그러나

큰느타리버섯이 도입되어 재배되기 시작한지 많은 기간이 경과하였지만 아직도 이에 대한 뚜렷한 원인 규명이 이루어지지 않고 있고, 이로 인한 피해를 겪고 있는 농가들이 많아 이러한 문제점들에 대한 원인파악과 해결책이 시급히 요구되고 있다. 이러한 문제점들에 대한 연구가 최근 들어 일부 발표되고 있다. 김 등은(1999) 큰느타리버섯 톱밥 병재배 농가에서 팽이버섯 흰곰팡이병과 유사한 병징을 발견하여 보고하였는데, 이 병징은 어린자실체가 형성되기 시작하는 생육단계에 발생되기 시작하여 배지와 어린자실체 표면을 농백색의 포자퇴로 피복하여 자실체의 분화와 생장을 억제시키는 것으로 병원균은 *Cladobotryum varium*으로 동정되었다. 또한, 조 등은(1999) 큰느타리버섯의 자실체에 발생하는 푸른곰팡이 병반으로부터 병원균을 분리하여 병원균의 형태적, 생리적 특징을 조사한 결과 *Penicillium corylophilum*으로 동정되어 보고된 바 있다. 木村瑩一(1999)은 큰느타리균주를 PDA 배지에서 3개월동안 계대배양하여 1년간 실시한 결과, 자실체 형성능력 저하와 수량감소를 지적하고 균주의 보존과 활력유지가 병발생 예방과 안정적 버섯생산을

* Corresponding author (tmha@gg.go.kr)

Table 1. Incubation and contamination ratio of the bottles inoculated pathogens isolated from contamination part of *Pleurotus eryngii* with inoculation time and pathogens

Inoculated pathogen	Inoculation time	Incubation ratio (%)	Contamination ratio(%)		
			Total	Contamination by fungus	Contamination by bacteria
<i>Erwinia</i> sp.	At the same time with spawn inoculation	56.1	43.9	32.1	11.8
	The tenth days before spawn running completion	81.0	18.0	0.4	18.6
	At the same time with pin-heading induction	94.6	5.4	5.4	0
<i>Pseudomonas</i> sp.	At the same time with spawn inoculation	62.9	37.1	29.9	7.2
	The tenth days before spawn running completion	94.0	6.0	0.3	5.7
	At the same time with pin-heading induction	92.2	7.8	6.5	1.3
<i>Erwinia</i> sp. + <i>Pseudomonas</i> sp.	At the same time with spawn inoculation	44.4	55.6	46.5	9.1
	The tenth days before spawn running completion	69.3	30.7	0.7	30.0
	At the same time with pin-heading induction	94.4	5.6	5.6	0
No pathogens		93.0	7.0	6.7	0.3

위해 무엇보다 중요함을 강조하였고, 차재순(2001)은 인공 재배되고 있는 버섯에 세균성 병을 일으키는 대표적인 병원균은 *Pseudomonas tolaasii*, *P. agarici*이며 이들은 매우 강력한 독소(tolaasin 등)를 생산하여 이 독소가 세포막에 구멍을 만들어 세포를 파괴하여 발병을 일으키지만 병원균이 존재한다고 해서 반드시 발병되는 것이 아니라 재배사내 미세환경에 따라 병원균 증식과 병 발생정도에 있어 상당한 차이를 나타낸다고 하였다. 본 시험은 전국의 큰느타리버섯 주요 재배농가의 이병자실체 등으로부터 분리한 병원균들에 대하여 버섯발이유도기 환기정도에 따른 병발생정도 및 기형버섯 발생정도를 조사한 결과이다.

재료 및 방법

본 시험에 사용된 균주는 경기도농업기술원 버섯연구소에서 보유하고 있는 큰느타리3호를 PDA (potato dextrose agar)평판배지에 7일간 배양하고 톱밥과 미강이 80:20(% V/V) 비율로 혼합된 배지가 담긴 삼각플라스크에 이식하여 15일간 배양시킨 후 850cc병으로 30일간 배양하여 종균으로 사용하였다. 병원균은 이병자실체 등으로부터 NA(nutrient agar), MEA(malt extract agar), PDA 배지를 이용하여 평판희석법(김흥기, 1992)으로 분리하였으며, 병원성 검정과 분류동정을 실시한 *Erwinia* sp., *Pseudomonas* sp.을 단용 및 혼용하여 발이유도기 환기량에 따른 병 발생 정도를 조사하였다. 종균접종 3일전에 미리 Nutrient broth에 배양해 둔 병원균을 종균접종시, 배양완료10일전, 균굽기 직후에 병원균 배양액을 각각 병당 30ml씩을 접종하였다. 배양실내 온도 22℃, 습도는 65%로 조절하여 35일간 배양시킨 후

균굽기작업을 실시하였다. 버섯발생을 위해 균굽기 작업을 실시한 후 병을 역상으로 균상에 배치하였고, 발이온도 16±1℃, 습도 90% 조건으로 발이유기하였다. 실내 환기는 병 발생 유도를 위해 억제하는 경우와 정상적인 버섯 발생 유도를 위해 CO₂농도를 1000ppm내외로 유지하는 경우로 나누어서 관리하였다. 균굽기 이후부터 원기가 형성될 때까지 발이울, 이병율, 기형버섯발생율, 초발이소요일수 등을 조사하였고 자실체 수확시기에 생육일수, 유효경수, 갓크기, 대굽기, 대길이, 수량과 회수율 등을 조사하였다.

결과 및 고찰

큰느타리버섯은 느타리버섯에 비하여 균활력이 약하고 재배기간이 50일 정도로 길다. 또한 균굽기 이후부터 어린버섯이 발생되기까지 약 10일 정도가 소요되는데 이 기간 동안의 환경관리가 무엇보다 중요하다. Table 1.은 큰느타리버섯의 기형버섯(미분화자실체) 및 짓무름 증상을 보이는 자실체로부터 병원균을 분리 배양한 후 종균접종시, 배양완료 10일전, 균굽기 직후에 각각 병원균 배양액을 접종하여 배양율 및 이병율을 조사한 것이다. 병원균 종류 및 병원균 접종시기별 배양율은 종균접종시 처리구는 44.4~62.9%, 배양완료 10일전 처리구는 69.3~94.0%로 병원균 무접종 처리구 93.0%에 비해 낮았다. 병원균 접종시기에 따른 이병 양상은 종균접종시 처리구는 세균을 접종하였음에도 불구하고 세균에 의한 직접적인 오염보다는 곰팡이에 의한 2차 오염율이 높았고, 배양완료 10일전 처리구는 곰팡이에 의한 오염보다는 접종된 세균에 의한 직접적인 오염율이 높았다.

Table 2.는 병원균 종류와 병원균 접종시기별로 기형버섯

Table 2. The normal and abnormal pin-heading ratio when inoculate pathogen isolated from contamination part of *Pleurotus eryngii* were inoculated with inoculation time and pathogens(plentiful ventilation-CO₂ concentration below the 1,000ppm)

Inoculated pathogen	Pathogen inoculation time	Pin-heading induction period (days)	Normal pin-heading ratio (%)	Abnormal pin-heading ratio(%)			Total
				Fruit-body malformation	Not pin - heading	Contami-nation	
<i>Erwinia</i> sp.	At the same time with spawn inoculation	13	55.7	10.0	22.2	11.1	44.3
	The tenth days before spawn running completion	10	82.1	5.8	5.1	7.0	17.9
	At the same time with pin-heading induction	10	77.5	11.5	3.0	8.0	22.5
<i>Pseudomonas</i> sp.	At the same time with spawn inoculation	15	29.0	0	71.0	0	71.0
	The tenth days before spawn running completion	10	82.4	7.3	10.3	0	17.6
	At the same time with pin-heading induction	10	84.6	11.3	2.0	2.1	15.4
<i>Erwinia</i> sp. + <i>Pseudomonas</i> sp.	At the same time with spawn inoculation	12	46.5	0	18.3	35.2	53.5
	The tenth days before spawn running completion	10	86.2	0	8.3	5.7	13.8
	At the same time with pin-heading induction	10	80.4	15.5	1.9	2.2	19.6
No pathogens		10	89.3	6.7	2.4	1.6	10.7

Table 3. The normal and abnormal pin-heading ratio when inoculate pathogen isolated from contamination part of *Pleurotus eryngii* were inoculated with inoculation time and pathogens(little ventilation-CO₂ concentration over the 2,000ppm)

Inoculated pathogen	Pathogen inoculation time	Pin-heading induction period (days)	Normal pin-heading ratio (%)	Abnormal pin-heading ratio(%)			Total
				Fruit-body malformation	Not pin - heading	Contami-nation	
<i>Erwinia</i> sp.	At same time with spawn inoculation	13	51.6	18.5	5.4	24.5	48.4
	The tenth days before spawn running completion	12	32.4	24.6	3.3	39.8	67.7
	At same time with pin-heading induction	12	46.8	22.4	2.6	28.2	53.2
<i>Pseudomonas</i> sp.	At same time with spawn inoculation	14	48.5	32.3	3.8	25.4	61.5
	The tenth days before spawn running completion	12	42.2	27.9	1.2	28.7	57.8
	At same time with pin-heading induction	12	35.0	31.4	2.0	31.6	65.0
<i>Erwinia</i> sp. + <i>Pseudomonas</i> sp.	At same time with spawn inoculation	12	56.6	20.2	5.3	17.9	43.4
	The tenth days before spawn running completion	12	48.1	25.0	7.7	19.2	51.9
	At same time with pin-heading induction	12	53.9	14.5	4.8	26.8	46.1
Pathogen not inoculation		12	52.4	25.5	3.6	18.5	47.6

발생정도를 조사한 것이다. 균굽기 이후부터 원기형성기까지의 생육실내 환기량에 따라 기형버섯 발생정도의 차이가 컸다. 균굽기 이후부터 어린버섯이 발생할 때까지 실내환기를 충분히 시켜 CO₂농도를 1,000ppm정도로 관리하였을 때 *Erwinia* sp., *Pseudomonas* sp., *Erwinia* sp.+*Pseudomonas* sp. 등의 병원균을 버섯종균 접종시 동시에 접종하였을 때 정상적인 발이율은 *Pseudomonas* sp. 접종 처리구

에서 29.0%, *Erwinia* sp., *Erwinia* sp.+*Pseudomonas* sp. 접종 처리구에서 각각 55.7, 46.5%로 대조구에 비해 낮았고, 배양완료 10일전 접종 처리구와, 발이유기시 접종 처리구의 경우 정상발이율이 77.5~86.2%로 대조구 89.3%와 비슷한 정상발이율을 나타내었다. 그러나 균굽기 직후부터 어린버섯이 발생할 때까지 실내환기를 억제하였을 경우 (2000ppm내외), 병원균을 접종한 모든 처리구와 접종하지

Table 4. Growing characteristics ratio when inoculate pathogen isolated from contamination part of *Pleurotus eryngii* were inoculated with inoculation time and pathogens (plentiful ventilation-CO₂ concentration below the 1,000ppm)

Inoculated pathogen	Pathogen inoculation time	Growing period (day)	Characteristics of fruit-body					Yield (g/850cc)	Biological efficiency (%)
			Stipe (No./bottle)	Usables tipe(No./bottle)	Pileus size (mm)	Stipe diameter (mm)	Stipe length (mm)		
<i>Erwinia</i> sp.	At same time with spawn inoculation	8	2.3	1.5	33.8	27.5	95.0	28.2 b	15.7
	The tenth days before spawn running completion	8	3.8	2.6	40.4	25.4	79.8	79.6 a	44.2
	At same time with pin-heading induction	8	5.6	2.3	37.8	25.6	82.6	68.1 a	37.8
<i>Pseudomonas</i> sp.	At same time with spawn inoculation	8	2.7	1.3	30.4	27.6	82.5	12.6 bc	7.0
	The tenth days before spawn running completion	8	3.3	1.9	41.1	25.8	85.8	72.0 a	38.9
	At same time with pin-heading induction	8	7.0	2.3	36.9	26.6	84.6	74.8 a	41.6
<i>Erwinia</i> sp. + <i>Pseudomonas</i> sp.	At same time with spawn inoculation	8	2.0	2.0	45.2	26.9	78.6	10.9 c	6.1
	The tenth days before spawn running completion	8	3.3	1.9	44.6	27.5	84.5	76.7 a	42.6
	At same time with pin-heading induction	8	4.3	2.2	33.6	26.7	83.1	74.8 a	41.6
Pathogen not inoculation		8	4.0	2.0	34.6	28.8	94.4	83.8 a	46.6

Table 5. Growing characteristics ratio when inoculate pathogen isolated from contamination part of *Pleurotus eryngii* were inoculated with inoculation time and pathogens(little ventilation-CO₂ concentration below the 2,000ppm)

Inoculated pathogen	Pathogen inoculation time	Growing period (day)	Characteristics of fruit-body					Yield (g/850cc)	Biological efficiency (%)
			Stipe (No./bottle)	Usables tipe(No./bottle)	Pileus size (mm)	Stipe diameter (mm)	Stipe length (mm)		
<i>Erwinia</i> sp.	At same time with spawn inoculation	10	3.6	1.7	50.8	31.4	82.6	45.3 bc	26.4
	The tenth days before spawn running completion	10	2.6	1.6	52.8	29.0	74.9	48.2 bc	26.1
	At same time with pin-heading induction	11	3.1	1.7	52.5	35.3	89.5	58.1 ab	31.4
<i>Pseudomonas</i> sp.	At same time with spawn inoculation	10	3.8	1.7	53.8	34.1	93.0	38.6 bc	28.4
	The tenth days before spawn running completion	10	2.6	1.6	53.1	30.7	89.8	47.3 bc	25.6
	At same time with pin-heading induction	11	3.4	1.7	50.8	31.1	88.8	54.8 ab	29.6
<i>Erwinia</i> sp. + <i>Pseudomonas</i> sp.	At same time with spawn inoculation	10	2.6	1.7	46.5	30.5	88.8	32.9 c	22.1
	The tenth days before spawn running completion	10	2.3	1.4	56.8	40.6	98.2	69.6 a	37.6
	At same time with pin-heading induction	10	2.6	1.6	52.4	36.3	92.3	56.7 ab	30.7
Pathogen not inoculation		10	2.9	1.7	47.4	31.6	93.7	55.3 ab	29.9

않은 처리구 모두 정상발이율이 30~50%정도로 낮았고 기형버섯 발생을 및 병 발생을 등이 높아 발이상태가 불량하였다(Table 3).

발이유기 기간동안 실내환기가 충분하게 이루어져 CO₂농도가 1,000ppm범위내에서 유지되고, 종균접종시 병원균이 접종된 처리구의 수량은 10.9~28.2g/850cc 으로 매우 낮았

으나, 배양완료 10일전 접종 처리구, 발이유기시 접종 처리구에서는 70~80g/850cc 내외로 병원균을 접종하지 않은 처리구와 비슷한 수량을 나타내었다(Table 4). 그러나 발이유기시 실내환기가 억제되어 CO₂농도가 2,000ppm 범위로 유지되었을 때 수량은 대조구 뿐만 아니라, 병원균 종류와 병원균 접종시기와 관계없이 전 처리구에서 낮았다(Table 5).

큰느타리버섯의 이병자실체 및 발이유기시 이병된 부위에서 병원균을 분리하여 병원성을 확인하고 다시 병내부에 병원균을 재접종하여 발병 유무를 시험한 결과, 병징이 발현되기 위해서는 병원균 접종 후의 환경조건이 발병에 적합한 조건으로 유지되어야 하며, 주요 발병요인중의 하나가 실내 환기 또는 CO₂농도임을 본 시험을 통해 알 수 있었다.

따라서 큰느타리버섯의 발이유 향상과 기형버섯 발생량을 줄이기 위해서는 발이유기 기간 동안의 환경관리가 무엇보다 중요하며, 그 중 CO₂농도의 높고 낮음에 영향을 많이 받는다는 것을 확인할 수 있었는데, 균굽기 직후부터 원기형성기(버섯발생시작)까지는 환기량을 늘려 탄산가스 농도를 낮게(1,000ppm내외) 관리해주어야 하며, 원기가 형성된 이후부터는 생육실내 투입된 병의 수나 자실체의 형태에 맞게 적절히 환기관리를 해주어야 할 것으로 판단된다.

김(2002)은 큰느타리버섯 발이유기시 균사가 배지의 표면을 피복할 때 까지는 실내온도 16~18℃, 실내습도 95%의 조건으로 관리하는 것이 좋고 환기와 광조건은 관여하지 않으며 균사부상 후 원기형성시에는 매우 중요한 요인이라고 보고 바 있고, 김(2003)은 재배사내 많은 량을 재배하다보면 환기가 부족하여 여러 가지 병해가 유발될 수 있으므로 강제환기의 중요성을 강조한 바 있다. 그러나 본 시험에서는 큰느타리버섯 발이유기시 광 요인은 배제되어 있으나 실내 CO₂농도와 관련된 환기는 균굽기 직후부터 원기형성 기간 동안 매우 중요한 환경요인을 작용하고 있음을 확인하였던 바, 균굽기 초기에는 환기정도가 발이에 영향을 주지 않는다는 김(2002)의 보고와는 다소 상반되었다.

이상의 결과를 놓고 볼 때, 현재 팽이버섯에서 큰느타리버섯으로 재배품종을 전환한 농가 중 재배사 내부 공조방식의 개선없이 그대로 큰느타리버섯을 재배하고 있는 농가의 경우 부정기적으로 발이유기 기간 동안의 버섯발생이 정상적으로 이루어지지 않아 피해가 발생할 수 있을 것으로 생각된다. 이는 큰느타리버섯이 발이유기기간 중 많은 환기를 요구하며 환기량이 많아야 정상적인 버섯발생이 이루어질 수 있었던 반면, 팽이버섯은 생육시 높은 농도의 탄산가스를 요구하고 공조방식이 대부분 이산화탄소를 빠르게 배출하기가 어려운 구조로 이루어져 있기 때문이다.

적 요

1995년이후 부터 재배되어온 큰느타리버섯은 배양중 오염을 증가, 발이상태불량, 기형버섯의 발생, 수량 격감 등

이른바 연작장애로 불리어지는 재배상 문제점들에 대한 원인과 대책이 요구되어, 발이상태 불량과 기형버섯 발생원인이 병원균과 발이 및 생육환경 관리방법에 있을 것으로 판단하고 병원균 종류 및 접종시기와 발이유기시 환기량에 따른 기형버섯 발생양상과 발이특징을 조사한 결과는 다음과 같다. 병원균 종류 및 접종시기별 배양율은 병원균 접종시기를 버섯중균접종과 동시에 접종할 때 44~63%로 낮았고, 병원균 종류별로는 *Erwinia* sp.+*Pseudomonas* sp. 혼합 처리구에서 낮았다. 초발이소요일수는 발이유기시 환기를 충분히 시켰을 때(1,000±250ppm) 병원균을 중균접종시 접종한 처리구에서 12~15일이 소요되었고, 나머지 다른 처리구에서는 10일로 동일하였으나, 환기량이 충분하지 않을 경우(2,000±250ppm) 모든 처리구에서 12~14일로 지연되는 경향이였다. 발이율은 발이유기시 환기량이 충분할 때, 중균접종시 병원균이 접종된 처리구에서 정상발이율이 29~56%로 낮았고, 나머지 처리구에서는 77~86%로 병원균 무접종 처리구 89%와 큰 차이가 없었으며, 환기량이 부족할 경우 병원균종류와 시기에 관계없이 병원균 무처리구를 포함한 모든 처리구에서 32~57%정도로 낮았다. 수량은 환기량이 충분할 때 병원균 무접종 처리구에서 83.8g/병으로 높았고, 중균접종시 처리구에서 10.9~28.2g으로 낮았으며, 병원균접종시기가 배양완료10일전, 발이유기시 처리구에서는 68.1~79.6g/병으로 병원균 무접종 처리구와 비슷하였다.

참고문헌

- 차재순. 2001. 인공재배버섯 세균병의 원인 및 방제대책. 버섯 4권 1호. pp. 31~49.
- 조우식, 류영현, 김승한, 윤재탁, 최부술. 1999년. *Penicillium cladobotryum*에 의한 큰느타리버섯(*Pleurotus eryngii*) 푸른곰팡이병. 한국균학회지 27권 6호 pp. 412~414.
- 김한경. 2003. 큰느타리(새송이)버섯 안정생산기술. 버섯 7권 2호. pp. 111~129.
- 김흥기. 1992. 미생물실험 기초와 응용. 세문사.
- 김재봉. 2002. 버섯산업의 발전방향과 새송이버섯 재배기술. 버섯 6권 1호. pp. 87~102.
- 김태성, 이현욱, 송근우, 신원교. 1999. *Cladobotryum var-ium*에 의한 새송이(큰느타리)버섯 흰곰팡이병. 한국균학회지. 11권 1호 pp. 46.
- 木村整一. 1999. 기초からい エリンギ 栽培. 農村文化社.