

푸른곰팡이균의 저항성 품종 검정방법에 의한 느타리버섯 균주의 저항성 판별

전창성, 임훈태, 이찬중, 공원식, 장갑열, 성기호
농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 버섯과

Judgement of Resistant Cultivar by Screening method for Resistance of Oyster Mushroom to *Trichoderma* disease in vitro

Chang-Sung Jhune, Hoon-Tae Leem, Chan-Jung Lee, Won-Sik Kong and Kab-Yeul Jang, Gi-Ho Sung
Mushroom Research Division, NIHHS, RDA, Suwon 441-707, Korea

(Received November 10, 2011, Revised November 18, 2011, Accepted November 21, 2011)

ABSTRACT : In coculturing with strains of *Trichoderma* and oyster mushroom, we could detect the difference in the resistance of oyster mushroom against *Trichoderma* with the phenomena of barrage reaction, overgrowth and lysis. We selected the isolates ASI 2183, ASI2504 and ASI 2477 as varieties that showed the resistance. The isolates ASI 2240, ASI 2479 and ASI 2181 were the best in their resistance against *Trichoderma* in the method using culture filtrate. In common, the isolates ASI 2479 and ASI 2240 were selected in both methods. In post-inoculation method, the isolates ASI 2479, ASI 2333 and ASI 2181 were selected and ASI 2302 was susceptible. For the same isolate of *Trichoderma*, the resistance varied depending on the isolates of oyster mushroom used in the experiments. Because we could detect the interactions between *Trichoderma* and oyster mushroom, it is possible to detect the level of the resistance that differs in the varieties. However, there were the cases of detecting the level of the resistance in repetitions with the same isolate, which may be caused by the vitality of isolates of *Trichoderma* and oyster mushroom. It is efficient to test the resistance with the resistant isolate of *Pleurotus salmoneostramine* and the susceptible isolate of ASI 2302.

KEYWORDS : *Trichoderma* disease, Oyster Mushroom, Resistant Cultivar, Screening

서론

느타리버섯의 푸른곰팡이병은 균사생장, 버섯발생 및 생육기를 막론하고 발생하는 병해로 감염되어 균사생장 후 불완전세대의 푸른색을 나타낸다. 이 병해의 병원균은 *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Aspergillus*, *Penicillium*(Raper, 1948) 등의 속(genus)에 속하는 것으로 알려져 있다. Green mold, *Trichoderma* disease 등으로 불리우는 푸른곰팡이 병은 주로 *Trichoderma* 속에 속하는 곰팡이균에 의해 발생하며, 느타리버섯 균사재배 및 병재배에서 발생하여 버섯생 산량 및 품질에 막대한 피해를 주는 병원균이다.

푸른곰팡이병의 병원균인 *Trichoderma*는 일반작물에서 발생하는 병원균에 기생, 독소, 용해, fungistasis 등의 방법(Dennis와 Webster, 1971a, 1971b, 1971c)에 의해 병원균을 사멸시키는 특성을 갖고 있으며, 항균성미생물 및 셀룰로오스 분해효소 생성균 등으로 활용 가능성에 대한 수많은 연구 논문들이 해마다 발표되고 있으며, 생물적 방제의 도구로서

사용하는 이로운 균으로 되어있다. 그 외에 해로운 방향으로 는 인체와 건물, 버섯재배에서 피해를 주는 균으로 알려져 있다(Aline, 2000; Cotxarrera, 2002; Elad, 2000; Elisa, 1998; Ejechi, 1997; Heather, 1999a; Heather, 1999; Richard, 1998; Tsrer, 2001; Viterbo, 2002; Wheatley, 1997)

버섯 병에서의 품종 저항성에 대한 것으로는 우리나라의 703, 705호 품종이 양송이의 마이코곤병(유등, 1979., 1981) 등 몇몇의 병원균에 대한 연구가 되어 왔으며, 외국에서는 90년 중반 이후부터 양송이 부패병(*Verticillium fungicola*) 병원포자의 자실체 갯표면 접촉에 의한 품종간 병저항 구분 방법(Mamoun, 1995), 표고버섯재배에서의 푸른곰팡이병에 대한 품종적 차이와 시험방법(Ohmasa, 1995), 양송이의 푸른곰팡이병원균 *Trichoderma hazianum* biotype4에 대한 품종별 저항성 검토 결과 Hybrid 백색계통은 수량감소가 96%, Hybrid-off 백색계통은 56~73%, 갈색품종은 8~14% 수확량의 감소(Anderson, 2000)를 보였다는 보고들이 있다.

느타리버섯의 재배역사가 매우 짧고, 재배초기에는 푸른곰팡이병 원인균들이 병원성이 매우 약하고, 소석회를 이용하여 방제가 가능하는 등 그다지 문제되지 않았다. 하지만, 80년대 말부터 *Trichoderma virens*와 *Hypocrea* sp.등

* Corresponding author (csjhune@korea.kr)

과 같은 매우 심각한 병원성을 갖는 새로운 균의 출현으로 버섯재배농가에게 많은 피해를 주고 있다. 버섯과 관련한 *Trichoderma*에 대한 연구는 느타리버섯균과 관련이 없이 *Trichoderma* 균의 방제에 관련한 발표가 대부분이며, 병원균에 대한 육종적인 측면에서 품종 저항성에 대한 연구는 전무한 실정이다.

특히 버섯재배 포장에서의 품종저항성에 대한 시험은 균사생장과 자실체의 생장에 미치는 환경요인이 다양하여 버섯균의 저항성 유무를 확인하기가 어려운 상태이다. 이를 단순화하여 한천배지 상에서 푸른곰팡이균이 균을 저해하는 특징 toxin, enzyme, lysis, fungistatic 등에 대한 각각의 특성을 검정할 수 있는 방법을 검토하기 위하여 농가에 재배되고 있는 품종 및 보존균주를 공시하여 저항성 판단이 가능한지를 평가한 시험 결과를 보고하고자 합니다.

재료 및 방법

시험방법 및 공시균주

병원균의 특성별 느타리버섯 균주의 저항성 유무를 효과적으로 잘 판단할 수 있는 시험방법으로 느타리버섯과 푸른곰팡이균의 대치배양, 배양여액을 이용한 저지원판법, 분리형 사례를 이용한 방법, 느타리버섯 균사배양후 병원균 접종 방법을 사용하였다.

느타리버섯의 공시품종은 품종육성 대표품종인 ASI2029, 시판종균을 포함하여 15균주와, 병원균은 2000~2001년間に 걸쳐 수집한 푸른곰팡이균주 생장의 형태적 특징이 다른 균주 5균주를 시험하였으나 느타리버섯 배양후 병원균 접종후의 경우는 푸른곰팡이병균을 80균주를 공시하여 시험을 수행하였다.

대치배양

대치배양법은 PDA배지를 사용하여 사례의 가장자리에 느타리버섯균을 접종하여 4일간 배양하고 반대의 끝부분에 푸른곰팡이균을 접종한 후에 1~2일 간격으로 느타리버섯과 푸른곰팡이균의 균사생장정도와 대치선 발생 유무, 푸른곰팡이균의 버섯균에 대한 over growth(OG), 대치과정에서 발생하는 특이적인 현상 등을 조사하였다.

배양여액

배양여액을 이용한 시험에서는 PD배지에 푸른곰팡이균주를 4일간 배양하여 0.27 μ m 여지에 여과하여 멸균하였으며, 48 wall plate를 이용하여 배양여액을 0, 0.1, 0.3 0.5, 0.7, 0.9 1.0각각의 cell에 넣고 그곳에 총 1ml가 되도록 0.27 μ m 필터에 여과한 PD배지를 첨가하였다. 느타리버섯

균은 PD배지에 배양하여 분쇄한 것을 0.05ml 씩 접종하여 25 $^{\circ}$ C에서 3일간 배양하여 균사생장정도를 육안으로 0~9로 구분하여 조사하였다.

분할사례

분할 사례를 이용한 방법은 한쪽에는 느타리버섯 균을 접종하여 3일간 배양하고 다른 한쪽에는 푸른곰팡이균 17균주를 접종한 다음 비닐테이프로 밀봉하여 푸른곰팡이균에 의한 균류생장 저지작용에 대하여 조사하였다.

배양후 접종

배양후 병원균 접종법은 느타리버섯 공시균주를 15일간 배양하여 완전히 자란 균사체위에 배양된 병원균 균주의 4mm 직경의 균총을 접종하여 느타리버섯 균사의 용해정도와 푸른곰팡이 균의 over growth 정도를 조사하였다. 각각의 시험에서는 푸른곰팡이 균주의 침투정도와 Lysis의 가능성을 검토하기 위하여 해부현미경 및 광학현미경으로 피해 정도를 조사하였다.

결과 및 고찰

대치배양

버섯균과 *Trichoderma* 균간의 상호반응에 관련한 시험을 실행하는 방법중에서 가장 보편적인 방법인 대치배양에 따른 상호 반응을 푸른곰팡이균 종류와 느타리버섯 품종별로 시험을 수행한 결과(Fig. 1, Table 1), 동일사례에 느타리버섯균과 푸른곰팡이균을 대치배양하는 경우에는 반복간의 차이는 있으나 3~5일정도 먼저 느타리균을 배양하고 푸른곰팡이병원균을 접종하는 경우에 대치의 효과가 있었으며, 나타나는 증상으로는 병원균주에 따라 푸른곰팡이균이 over growth되는 경우, 대치되어 갈색의 대선을 형성하는

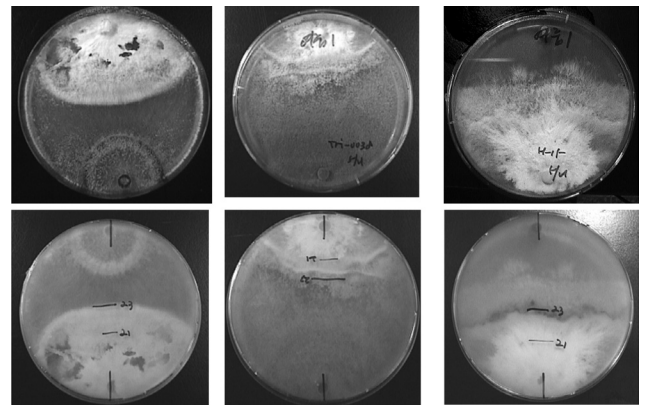


Fig. 1. Resistance of oyster mushroom and characteristic of pathogen by co-cultures

Table 1. Mycelial growth of oyster mushroom in co-culture with *Trichoderma* species

Strains of oyster mushroom	Mycelial growth(mm/ 4day) of mushroom					Average
	Isolates of green mold					
	Tri-0008	Tri-0009-2	Tri-0016-1	Tri-0085	Tri-0075	
ASI 2001	43.0	46.7	46.0	46.7	45.0	45.5
ASI 2016	36.3	36.3	37.7	40.0	38.7	37.8
ASI 2018	42.0	41.7	44.7	44.0	44.7	43.4
ASI 2029	31.3	46.3	42.7	46.0	41.3	41.5
ASI 2170	41.7	47.0	48.0	42.7	43.3	43.7
ASI 2180	35.0	36.0	43.3	38.0	42.7	39.0
ASI 2181	37.7	36.0	39.3	39.7	36.7	37.9
ASI 2183	44.3	49.0	49.0	50.0	44.0	47.3
ASI 2194	41.7	42.7	40.0	41.7	42.7	41.8
ASI 2228	41.0	40.0	34.7	42.7	42.3	40.1
ASI 2240	49.3	48.3	46.3	43.0	51.3	47.6
ASI 2333	41.7	42.7	42.7	44.3	41.0	42.5
ASI 2344	38.7	39.3	41.0	40.7	38.7	39.7
ASI 2477	47.7	45.0	46.7	47.7	47.7	47.0
ASI 2479	45.0	46.7	45.0	47.0	45.3	46.0
ASI 2488	38.3	42	36.7	41.7	41.3	40.0
ASI 2504	48.3	47.0	47.7	45.7	53.7	48.5
ASI 2505	41.0	39.7	42.7	42.7	38.7	41.0

Table 2. Mycelial growth of *Trichoderma* species in co-culture with oyster mushroom strains

Strains of oyster mushroom	Mycelial growth of green mold(mm/4day)					Average
	Isolates of green mold					
	Tri-0008	Tri-0009-2	Tri-0016-1	Tri-0085	Tri-0075	
ASI 2001	31.7	42.7	38.7	41.3	42.7	39.4
ASI 2016	32.3	18.0	45.7	44.7	48.3	37.8
ASI 2018	40.3	52.7	48.0	50.0	49.0	48.0
ASI 2029	34.3	39.3	38.7	40.7	43.3	39.3
ASI 2170	47.3	53.3	37.7	45.0	47.7	46.2
ASI 2180	32.0	45.7	38.0	47.7	45.0	41.7
ASI 2181	31.7	50.0	41.7	42.7	46.3	42.5
ASI 2183	29.3	39.0	33.7	38.7	40.3	36.2
ASI 2194	30.3	44.7	40.7	39.3	41.0	39.2
ASI 2228	42.5	46.7	50.0	42.7	47.7	45.9
ASI 2240	31.3	39.0	39.0	40.0	37.0	37.3
ASI 2344	40.3	56.7	45.0	45.7	48.7	47.3
ASI 2333	38.3	49.3	43.3	46.0	53.7	46.1
ASI 2477	27.3	39.7	38.0	36.3	37.0	35.7
ASI 2479	52.3	47.0	38.7	42.3	39.7	44.0
ASI 2488	34.0	46.3	46.3	41.0	45.7	42.7
ASI 2504	31.7	37.0	36.3	39.3	30.3	34.9
ASI 2505	32.7	44.7	41.7	42.3	44.0	41.1

Table 3. Effects of culture filtrates of isolate pathogens on mycelial growth of oyster mushroom

Strain of mushroom	Isolates of green mold	Concentration of culture filtrates (%)					
		0	30	50	70	90	100
ASI 2180	Tri-0003		2	0	0	0	0
	Tri-0031		2	0	0	0	0
	Tri-0031-1		3	0	0	0	0
	Tri-0056	9*	2	1	0	0	0
	Tri-0058		2	1	0	0	0
	Tri-0086		2	0	0	0	0
	Tri-0088		5	0	0	0	0
	Tri-0003		0	0	0	0	0
ASI 2477	Tri-0031		0	0	0	0	0
	Tri-0031-1		0	0	0	0	0
	Tri-0056	9	0	0	0	0	0
	Tri-0058		0	0	0	0	0
	Tri-0086		0	0	0	0	0
	Tri-0088		0	0	0	0	0
	Tri-0003		0	0	0	0	0
	Tri-0031		0	0	0	0	0

* degree of Mycelial growth : 0~9.

경우, 대치선 부근에서 느타리버섯 균사생장부위에서 버섯균이 lysis되는 것들이 있었다(Fig. 1).

대치의 경우에는 대치되었다가 푸른곰팡이병원균이 over growth되는 경우와 일부는 느타리버섯이 over growth되기도 한다. 시판되고 있는 느타리버섯 품종들에 대한 푸른곰팡이균 Tri-0008외 4종에 따른 저항성 유무를 확인 결과(Table 1), 공시병원균과의 대치배양에서 느타리버섯 균주의 평균 균사생장길이에서 ASI2504, ASI 2240, ASI 2183, ASI 2477, ASI 2479 순으로 ASI 2504가 가장 양호한 균사생장을 보였다. ASI 2180, ASI 2344, ASI 2016, ASI 2181 균주는 균사생장이 양호한 균주에 비하여 10mm 정도 균사생장이 저조하였다.

공시병원균과의 대치배양에서 푸른곰팡이균의 평균 균사생장길이에서는 ASI2504, ASI 2477, ASI 2183, ASI 2240, ASI 2016 순으로, ASI2504가 가장 낮은 균사생장을 보였다(Table 2). ASI 2018, ASI 2344, ASI 2070, ASI 2333, ASI 2228 등이 균사생장이 양호하였으며, 이는 푸른곰팡이균의 균사생장이 저조한 버섯균사생장에 대비하여 13mm 정도의 차이를 보이고 있다.

푸른곰팡이균과 품종별 대치배양시험에서도 Fig. 4에서 보는 바와 같이 대치라인 형성, over growth, Lysis 증상들이 나타나며, 한 푸른곰팡이균 한 균주 내에서도 느타리버섯 균주에 따라 나타나는 증상의 차이가 있었다. Table 1과 2의 조사내용을 종합하여 보면 ASI 2183, ASI2504, ASI 2477 균주가 병저항성이 있을 것으로 판단된다. 농기 201호(ASI 2018)는 버섯균의 균사생장에서는 양호한 편이나 대치 이후에 푸른곰팡이병원균이 버섯균사 위로 over growth되는

현상이 발생하여 병저항성이 없는 것으로 판단된다.

배양여액

느타리버섯 ASI 2180와 ASI 2477을 공시균주로 사용하여 80균주의 병원균주를 대상으로 배양여액을 이용한 병원성 정도를 조사한 결과(Table 3), *Trichoderma* 균주 80균주중 Tri-0003 균주의 6균주에서 병원성이 강하였으며, 배양여액이 well plate 한 구멍에 총 1cc중 0.3cc 혼합되어 있는 처리에서 약한 느타리버섯 균사생장을 보일 정도이며, 이 균주들의 배양여액을 가지고 희석배양 정하여 사용하면 실내에서 효율적으로 병원성에 대한 시험이 가능할 것으로 생각된다.

배양여액을 이용한 시험에서 푸른곰팡이병원균의 배양기간에 따라 배양여액에서 나타나는 독성의 정도가 각기 다를 것으로 판단되어 배양기간을 달리하여 시험을 실시한 결과(Table 4) Tri-0016-1과 같은 균주는 배양초기에 독성이 강하게 나타났으며, 후기로 갈수록 독성은 약해졌으며, Tri-0017-1 균주는 20일 배양에서 강한 독성을 나타냈고, 이는 균주에 따라 배양일수에 따라 병원성의 차이가 있는 것으로 판단된다.

푸른곰팡이균Tri-0016과Tri-0079를 공시균주로 사용하여 느타리버섯 균주 ASI2029균주를 포함한 24품종을 저항성 정도를 조사한 결과 (Table 5) ASI 2240, ASI 2479, ASI 2181들이 저항성을 나타냈으며, 이 결과들은 대치배양에서는 ASI 2504 균주는 저항성이 강한 품종이었으나 배양여액을 이용한 방법에서는 보통 저항성이었으며, 이와는 반대로 ASI 2181 균주는 대치배양에서 약한 품종에서 배양여액시

Table 4. Effects of the culture filtrates of culture period and isolates pathogens on mycelial growth of mushroom

Isolates of green mold	culture period	Concentration of culture filtrates (%)					
		0	30	50	70	90	100
Tri-0016-1	4	9*	7	7	0	0	0
	8		9	9	0	0	0
	12		9	9	9	0	0
	16		9	9	9	7	7
	20		9	9	9	7	7
Tri-0017-1	4	9	9	9	9	9	9
	8		9	9	9	9	9
	12		9	9	9	9	9
	16		9	9	9	9	9
	20		9	9	0	0	0
Tri-0020-1	4	9	9	9	9	9	9
	8		9	9	9	7	5
	12		9	9	9	9	5
	16		9	9	9	7	5
	20		9	9	9	7	7
Tri-0078	4	9	9	9	9	9	9
	8		9	9	9	7	5
	12		9	9	9	9	9
	16		9	9	9	7	7
	20		9	9	9	7	7

* degree of mycelial growth : 0~9

Table 5. Strains resistances of oyster mushroom by the culture filtrates of green mold

Strains of oyster mushroom	Mycelial growth											
	Tri-0016						Tri-0079					
	0	0.3	0.5	0.5	0.9	1.0	0	0.3	0.5	0.5	0.9	1.0
ASI 2001	9*	2	0	0	0	0	9	5	3	2	0	0
ASI 2016	9	0	0	0	0	0	9	6	3	2	0	0
ASI 2018	9	2	0	0	0	0	9	9	6	2	0	0
ASI 2029	9	2	0	0	0	0	9	4	2	0	0	0
ASI 2072	9	0	0	0	0	0	9	9	2	0	0	0
ASI 2079	9	0	0	0	0	0	9	1	2	0	0	1
ASI 2170	9	0	0	0	0	0	9	8	3	1.3	0	0
ASI 2180	9	0	0	0	0	0	9	5	3	2	0	0
ASI 2181	9	2	0	0	0	0	9	9	6	2.3	1.3	2
ASI 2183	9	2	0	0	0	0	9	4	3	0	0	0
ASI 2228	9	0	0	0	0	0	9	6	3	2.7	0	0
ASI 2240	9	2	0	0	0	0	9	5.7	3	3	2	2
ASI 2302	9	0	0	0	0	0	9	2	3.7	0	0	0
ASI 2333	9	0	0	0	0	0	9	8	6	2	0	0
ASI 2344	9	0	0	0	0	0	9	5.3	6	2	0	0
ASI 2424	9	2	0	0	0	0	9	3.7	3	2	0	0
ASI 2477	9	2	0	0	0	0	9	5.7	2	0	0	0
ASI 2479	9	0	0	0	0	0	9	9	8	4.3	2.7	1.3
ASI 2487	9	0	0	0	0	0	9	3	0	2	0	0
ASI 2488	9	0	0	0	0	0	9	6	3	0.7	0	0
ASI 2496	9	0	0	0	0	0	9	5	3	2	0	0
ASI 2498	9	2	0	0	0	0	9	3.3	2	2	0	0
ASI 2504	9	0	0	0	0	0	9	4	3	0	0	0
ASI 2506	9	2	0	0	0	0	9	7	6	2	0	0

* degree of mycelial growth : 0~9

Table 6. Fungistasis effect of isolates of Trichoderma on mycelial growth of oyster mushroom

Isolates of green mold	Growth of oyster mushroom (mm/3day)				
	ASI 2180	ASI 2228	ASI 2170	ASI 2333	ASI 2029
Tri-0003	21.0	25.5	15.5	2.3	10.5
Tri-0004	15.0	17.5	11.5	19.5	8.5
Tri-0008	13.0	18.5	13.5	16.5	7.0
Tri-0009-2	7.0	12.0	7.5	12.0	7.0
Tri-0010	10.5	12.0	10.5	14.0	7.5
Tri-0020	11.5	15.0	12.0	14.0	4.5
Tri-0038	6.0	18.5	13.0	21.0	7.0
Tri-0043	10.0	14.5	7.5	12.5	4.0
Tri-0045	15.0	19.5	15.0	17.5	10.0
Tri-0049	17.0	20.0	12.5	22.0	8.5
Tri-0075	14.5	12.5	11.0	17.0	6.0
Tri-0078	11.5	16.0	08.0	15.0	6.0
Tri-0079	16.0	17.5	08.5	18.5	4.0
Tri-0082	10.0	11.5	13.0	18.0	8.0
Tri-0089	13.5	14.0	10.5	16.0	8.0
Tri-H-03	9.0	18.0	10.5	20.0	8.0
Tri-H-15	12.5	18.5	12.0	20.0	7.0
Control	13.3	20.0	11.3	22.3	5.0
Average	12.6	16.4	11.3	17.4	07.1

험에서는 강한 품종으로 나타나는 시험결과를 나타냈으나, ASI 2479, ASI 2240 균주는 대치배양에서 저항성 강, 배양 여액에서도 강한 동일한 결과를 얻었다.

분할 사례

푸른곰팡이병원균이 분비하는 물질에 의한 피해유무를 검토하기 위하여 분할사례에 한쪽에는 느타리버섯을 한쪽에는 푸른곰팡이 균을 접종하여 느타리버섯 균의 성장억제정도를 균주별 평균치를 기준으로 억제하는 균주를 비교한 결과 (Table 6) Tri-0009-2 대체적으로 억제시키는 경향이 있는 것으로 추측되며, 대조에 비해서 느타리버섯 균주의 균사생장정도는 전반적으로 저조한 경향을 나타내고 있다.

배양후 접종

느타리버섯은 사례에 15일간 배양하여 완전히 균사배양 후 병원균주를 접종한 결과 Fig. 2에서의 같이 Tri-0017-1, Tri-0016-1 같은 병원균주를 접종하여도 ASI2029균주에서는 정원형의 Lysis되는 부분이 나타나는 반면에 ASI 2333의 Tri-0017-1 접종처리에서 노란 반점정도의 흔적만 보이며, 큰느타리버섯에서는 푸른곰팡이균의 균사생장이 보이지 않으면서 느타리버섯 균사가 없어지는 듯한 모양을 보이는 등 균주에 따라 각기 다른 피해양상을 보이고 있다(Fig. 2).

이런 것은 한편으로는 느타리버섯 균주의 감수성 또는 저항성에 대한 것으로도 이해할 수 있으며, 다른 한편으로는 푸른곰팡이 균도 느타리버섯 균에 따라 다른 기작에 의

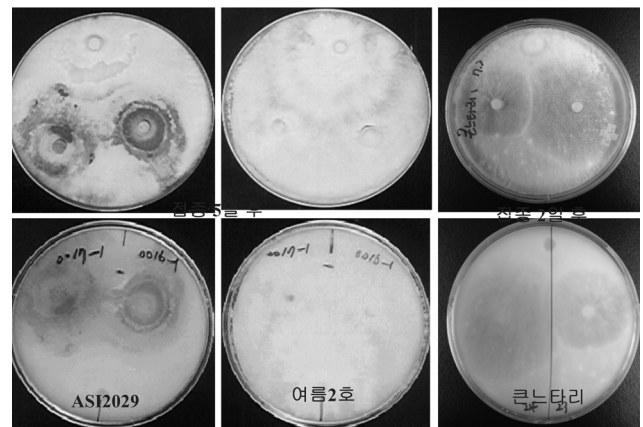


Fig. 2. Difference of resistance of strains mushroom by inoculation green mold after mycelium growth

해 느타리버섯에 피해를 줄 수 있다는 가정이 가능하다고 생각된다. 이런 측면을 보았을 때에 각각의 병원균에 대한 피해기작과 피해도 측정과 관련된 기준들이 확립되어야 한다고 생각된다.

ASI 2333과 ASI 2029 느타리버섯 2균주와 푸른곰팡이균 20균주로 시험하여 얻은 결과(Table 7)

배양후 병원균의 접종방법은 병원균에 대한 저항성의 유무를 판단하는 데에는 매우 유용한 방법으로 사용할 수 있을 것으로 확인되었다. 병원균주에 따라 다른 증상을 보인다는 점을 확연하게 보여주었으며, 이 시험의 결과를 정량

Table 7. Injury form and injury degree by isolates of green mold

Strain	Injury form	ASI2333		ASI2029	
		Front	Reverse	Front	Reverse
Tri-0001-1	LYa)	2.3	3.0	5.0	5.0
Tri-0003	OG	1.2	1.5	2.3	1.8
Tri-0004	OG, LY	1.7	0.7	4.3	5.0
Tri-0005-1	OG	0.2	1.3	0.0	0.0
Tri-0008	OG	1.2	0.8	4.7	1.3
Tri-0009	LY	0.0	0.0	1.7	1.8
Tri-0010	LY	0.5	0.7	1.3	0.7
Tri-0011	LY	1.0	1.5	3.3	3.7
Tri-0012	LY	1.3	2.0	5.0	5.0
Tri-0014	LY	0.0	0.2	4.0	4.0
Tri-0015	LY	1.7	2.0	4.3	4.7
Tri-0015-1	LY	1.8	3.3	2.3	2.5
Tri-0016-1	LY	0.7	1.0	2.0	2.0
Tri-0017-1	LY	0.0	0.2	2.3	2.3
Tri-0020	LY	4.0	4.7	2.7	3.3
Tri-0020-1	LY	1.0	1.7	5.0	5.0
Tri-0027	LY	0.7	1.3	3.0	4.0
Tri-0033	OG	4.7	5.0	4.0	3.3
Tri-0037	OG	0.0	0.3	1.7	1.5
Tri-0038	OG, LY	0.2	0.3	5.0	5.0

a) LY : lysis, OG : over growth, injury degree : 0~5

Table 8. Difference of resistance of strain mushroom by inoculation green mold after mycelial growth

Mushroom strains	Isolates of <i>Trichoderma</i>										Average
	Tri-0008	Tri-0009-2	Tri-0016-1	Tri-0017-1	Tri-0020-1	Tri-0078	Tri-0079	Tri-0082	Tri-0085	Tri-0089	
ASI 2001	0	6.3	0	0	15.3	9.0	25.3	36.7	0	5.7	9.83
ASI 2016	22.3	6.0	0	0	12.0	6.7	23.3	7.7	0.7	0	7.87
ASI 2018	0	2.3	0	0	6.3	5.0	12.0	18.0	0	6.0	4.97
ASI 2029	0	7.3	0	0	4.3	8.0	15.7	11.7	2	0	4.9
ASI 2070	0	1.7	0	0	7.0	7.7	8.7	0	0	0	2.5
ASI 2072	15.7	3.0	0	0	4.3	0	10.7	10.7	0	0	4.43
ASI 2180	0	10.0	0	0	8.7	8.0	11.0	3	0	0	4.07
ASI 2181	2.0	4.0	0	0	1.3	6.0	6.0	0	0	0	1.93
ASI 2183	1	7.0	0	0	8.7	4.0	5.7	2.3	0	0	2.87
ASI 2194	23.3	7.7	0	0	10.7	1.7	15.7	23.3	0	0	8.23
ASI 2228	0	8.0	0	0	11.0	0	11.7	8.7	0	0	3.93
ASI 2240	24.7	7.7	0	0	9.0	8.0	15.7	6.0	1	0	7.2
ASI 2302	35.0	54.3	18.7	2	63.3	24.3	59.7	85	0	85	42.7
ASI 2344	0	7.7	0	0	9.3	2.0	9.7	0	1	0	2.97
ASI 2424	17.7	8.3	4	0	8.0	8.0	10.7	25.0	0	10.3	9.2
ASI 2477	19.7	12.0	0	0	11.3	6.3	37.7	22	3	5.7	11.8
ASI 2488	10.2	6.0	0	0	7.2	2.3	0.7	9.7	0	0	2.27
ASI 2479	1	0	0	0	0	0	2.7	0	0	3.7	0.73
ASI 2504	1	6.0	0	0	3.7	0	5.0	0	0	1.7	2.17
ASI 2505	6.3	5.7	0	0	4.0	3.3	3.0	0	0	0	2.23

Table 9. Difference of oyster mushroom resistance by Trichoderma strain by inoculation green mold after mycelium growth

Isolates	Injury degree(cm/2day)		Injury form		Isolates	Injury degree(cm/2day)		Injury form	
	ASI2172	ASI2302	ASI2172	ASI2302		ASI2172	ASI2302	ASI2172	ASI2302
Tri-0001	0.0	71.0	-	OG	Tri-0030-1	0.0	36.3	-	OG
Tri-0002	0.0	65.0	-	OG	Tri-0031	0.0	12.0	-	OG
Tri-0003	0.0	38.0	-	OG	Tri-0031-1	0.0	13.3	-	LY
Tri-0004	0.0	20.0	-	OG	Tri-0033	0.0	4.7	-	
Tri-0005	0.0	25.7	-	LY	Tri-0034	20.3	12.7	LY	LY
Tri-0005-1	0.0	25.0	-	LY	Tri-0035	0.0	0.0	-	-
Tri-0006	0.0	40.3	-	OG	Tri-0036	0.0	6.2	-	OG
Tri-0007	0.0	32.7	-	OG	Tri-0037	0.0	32.0	-	OG
Tri-0008	0.0	65.7	-	OG	Tri-0038	0.0	25.3	-	OG
Tri-0009	0.0	27.3	-	OG	Tri-0039	0.0	50.0	-	OG
Tri-0009-1	0.0	9.7	-	LY	Tri-0039-1	0.0	52.0	-	OG
Tri-0009-2	0.0	16.0	-	LY/OG	Tri-0041	3.0	53.7	-	OG
Tri-0010	5.0	39.3		LY	Tri-0042	0.0	6.0	-	-
Tri-0010-1	6.7	26.3	LY ^{a)}	LY	Tri-0043		6.0	-	-
Tri-0011	6.7	14.7	LY	OG	Tri-0043-1	0.0		-	
Tri-0012	0.0	43.3	-	OG	Tri-0044	0.0	8.0	-	LY
Tri-0013	0.0	7.0	-	LY	Tri-0044-1		29.0	-	OG
Tri-0014	0.0	34.0	-	LY/OG	Tri-0045-1	0.0	31.3	-	OG
Tri-0015	5.3	18.7	LY	LY	Tri-0046	0.0	30.3	-	OG
Tri-0015-1	6.5	13.3	LY	LY	Tri-0048	0.0	22.3	-	OG
Tri-0016	0.0	41.7	-	OG	Tri-0049	0.0	36.7	-	OG
Tri-0016-2	13.0		LY		Tri-0050	0.0	28.7	-	OG
Tri-0017	0.0	26.0	-	OG	Tri-0051	0.0	21.7	-	OG
Tri-0018	0.0	55.7	-	OG	Tri-0052	0.0	11.7	-	OG
Tri-0019	4.0	11.3	LY	LY	Tri-0053	0.0	10.3	-	LY
Tri-0020	0.0	28.3	LY	LY	Tri-0054	0.0	38.7	-	OG
Tri-0020-1	2.5	32.3	LY	LY/OG	Tri-0055	0.0	27.3	-	OG
Tri-0021	Trace	24.7	-	LY/OG	Tri-0055-1	0.0	7.0	-	LY
Tri-0021-1	7.3	30.3	-	OG	Tri-0055-2	0.0	33.3	-	OG
Tri-0022	5.7	29.0	-	OG	Tri-0056	0.0	4.3	-	=
Tri-0023	9.0	31.0	-	OG	Tri-0057	0.0	49.7	-	OG
Tri-0024	0.0	45.0	-	OG	Tri-0058	0.0	6.7	-	LY
Tri-0025	0.0	19.3	-	LY/OG	Tri-0059	0.0	58.7	-	OG
Tri-0026	0.0	19.7	-	LY/OG	Tri-0060	8.7	18.0	-	LY
Tri-0027	0.0	36.3	-	OG	Tri-0061	0.0	45.5	-	OG
Tri-0028	0.0	43.3	-	OG	Tri-0062	0.0		-	OG
Tri-0029	0.0	47.0	-	OG	Tri-0063	0.0	44.7	-	OG
Tri-0030	0.0	42.0	-	OG	Tri-0063-1		42.3	-	OG
Tri-0064	0.0	43.5	-	OG	Tri-0078	0.0	28.3	-	LY/OG
Tri-0065			-	OG	Tri-0079	0.0	19.7	-	LY
Tri-0066	0.0	48.7	-	OG	Tri-0081	0.0	24.3	-	LY
Tri-0067	0.0	37.5	-	OG	Tri-0081-1	0.0	19.7	-	LY
Tri-0068	0.0	47.3	-	OG	Tri-0081-2	0.0	44.7	-	OG
Tri-0069	0.0	6.7	-	OG	Tri-0082	0.0	44.0	-	OG
Tri-0070	0.0	45.3	-	LY	Tri-0083	0.0	61.0	-	OG
Tri-0071	0.0	63.5	-	OG	Tri-0084	0.0	-	-	-
Tri-0072	0.0	27.3	-	LY	Tri-0085	5.0	-	-	-
Tri-0073	0.0	53.5	-	OG	Tri-0086	0.0	6.7	-	-
Tri-0074	0.0	61.0	-	OG	Tri-0087	0.0	28.7	-	OG
Tri-0075	0.0	58.0	-	OG	Tri-0088	0.0	16.0	-	LY
Tri-0076	0.0	49.3	-	OG	Tri-0089	3.7	38.3	-	OG
Tri-0077	3.7	9.7	LY	LY					

a) Ly : lysis, OG : over growth

화하지 못하고 피해정도 0-5로 표시한 것은 시험의 과정에서 품종에 따라 느타리버섯 균은 균사생장자체가 매우 차이가 큰 것이 있으며, 특히 몇 개의 균주들은 접종원의 보관상태에 따라 매우 틀린 균사생장과 균층의 형태를 나타내어 균사가 생장한 부위에 병원균의 균층을 접종하여도 균사활력이 피해가 심하고 순간적으로 정량화가 곤란하여 피해의 정도로 표기하였다.

느타리버섯 21개 품종 배양한 후 푸른곰팡이 10 균주를 접종하여 저항성 정도를 조사한 결과 (Table 8), 저항성이 높은 것은 ASI 2479, ASI 2333, ASI 2181 등이었으며, 감수성 품종은 ASI 2302 균주로 나타났다. 푸른곰팡이균주 같은 균주에서도 품종에 따라 각기 다른 특성을 나타냈으며, 느타리버섯 품종에서도 푸른곰팡이균주에 따라 각기 다른 병원성을 나타냈다. 특히 Tri-0016, 0017, 0085균주와 같은 경우에는 큰느타리버섯에서만 약간의 병반을 나타냈을 뿐 다른 느타리버섯 품종에서는 전혀 병징이 나타나지 않았으며, 이것은 푸른곰팡이균주 중에도 병원성이 거의 없는 경우도 있다고 판단된다. 느타리버섯 ASI 2172와 ASI 2302균주를 공시하여 분리한 푸른곰팡이균주에 대한 피해정도 및 피해형태를 조사한 결과(Table 9) 푸른곰팡이병 병원균 분리균주에 따라 피해형태 및 피해정도가 다르게 나타났으며, ASI 2172균주는 지금까지의 어떤 균주보다도 강한 저항성을 나타냈으며, ASI 2302는 가장 강한 감수성을 나타냈다.

시험했던 4가지 종류에 대한 방법을 평가해보면 푸른곰팡이병원균에 대한 저항성 판단방법으로는 대치배양법, wall plate 활용 배양여액법, 배양후 접종방법 등이 느타리버섯의 저항성을 판단하는 기준으로 사용가능 할 것으로 판단된다(Fig. 3).

하지만, 시험하는 과정에서 느타리버섯과 푸른곰팡이균의 활력에 따라 저항성 정도가 차이가 날수 있고, 반복 간에 차이가 크게 나타 날수도 있다 특히 느타리버섯을 배양하는 과정에서 접종원 상태에 따라 엄청난 차이가 있다는 것으로 판단되었다. 시험과정에서 보면 ASI2172 균주는 활력이 좋은 접종원과 균사생장이 완료되고 오랫동안 보관 배양한 균사체를 접종한 것을 비교하면 4-5cm이상의 균사체 생장의 차이를 보이고 있는 경우도 확인되었다. 즉 실내에서의 저항성균주의 판정은 접종원의 정확한 관리 즉 접종원의 활력을 얼마만큼 균일하게 하느냐에 의해서 시험의 정확도가 결정된다고 생각한다.

적 요

품종 저항성 조사방법별로 병원균과 버섯품종을 다르게 하여 품종간의 차이점이 있는지를 검토하였다.

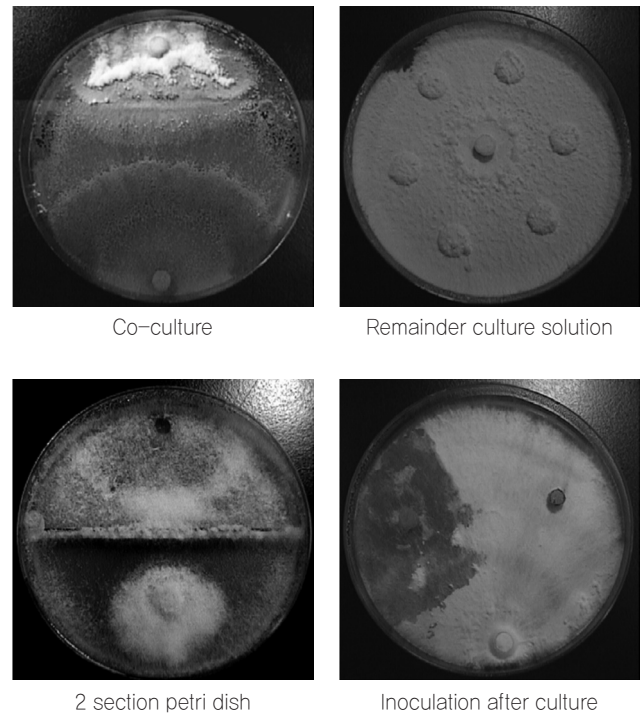


Fig. 3. Method of resistance test of green mold.

푸른곰팡이 균과 품종별 대치배양시험에서 대치라인 형성, over growth, Lysis 증상이 나타났으며, 공시품종 중에 ASI 2183, ASI2504, ASI 2477 균주가 병저항성이 있을 것으로 판단되었다. 배양여액을 이용한 방법에서는 ASI 2240, ASI 2479, ASI 2181들이 저항성을 나타냈으며, 대치배양에서는 다른 경향을 보이는 경우도 있었으나, ASI 2479, ASI 2240 균주는 대치배양, 배양여액 시험결과에서 모두 저항성을 보였다. 배양후 접종법에서는 저항성을 보이는 버섯균주는 ASI 2479, ASI 2333, ASI 2181 등이었으며, 가장 감수성 품종은 큰느타리버섯인 ASI 2302 균주로 나타났다. 푸른곰팡이균주 같은 균주에서도 품종에 따라 각기 다른 특성을 나타냈으며, 동일품종에서 푸른곰팡이균주에 따라 각기 다른 병원성을 나타냈다. 느타리버섯과 푸른곰팡이균의 상호관계에서 다양한 증상이 발생하며 느타리버섯 품종에 대한 저항성 유무를 판단할 수 있다고 판단된다. 하지만 처리량이 많은 경우 동일 처리 내의 반복처리에서도 병징의 차이가 발생하는 경우가 있으며, 이는 시험에 사용한 버섯균과 병원균의 접종원의 활력의 차이에 의해 발생하는 것으로 추정되므로 주의해야하며, 저항성 균주로는 붉은느타리종, 감수성균으로 ASI 2302 균을 대조균으로 적용하면 효과적으로 저항성 검정을 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 유창현, 변명옥, 박용환, 신관철. 1981. 신계통 705호 육성에 관한연구. *KOR. J. Mycol.* 9(3) : 133-139
- 유창현, 신관철, 박용환. 1979. 양송이 신품종 703호의 선발 및 재배법개선에 관한연구. *농사시험연구보고 20(농업기술)* 119-128
- Anderson M. G., D.M. Beyer and P.J. Wuest. 2000. Using spawn strains resistance to damage *Trichoderma* green mold. *Mushroom science* XV 641-644
- Cotxarrera L., M. I. Trillas-Gay, C. Steinberg and C. Alabouvette 2002. Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress Fusarium wilt of tomato. *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 34, Issue 4, April 2002, 467-476
- Ejечи B. O. 1997. Biological Control of Wood Decay in an Open Tropical Environment with *Penicillium* sp. and *Trichoderma viride*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 39(4) : 295-299
- Elad Y. 2000. Biological control of foliar pathogens by means of *Trichoderma harzianum* and potential modes of action. *Crop Protection*, 19 : 709-714
- Mamoun M. and J.M. Olivier 1995. Discussions of artificial infection with *Verticillium fungicola* for breeding programmes. *Mushroom science* XIV 669-677
- Ohmasa M., M. Tsunoda & M. Hiraide. 1995. A method to assay varietal difference of disease resistance of *Lentinus edodes* against *Trichoderma* spp.
- Raper, K. B. and C. Thom. 1948. *A manual of the penicillia*. The Williams & Wilkins Co., Baltimore.
- Tsror L. (Lahkim), R. Barak and B. Sneh. 2001. Biological control of black scurf on potato under organic management. *Crop Protection*, 20(2) : 145-150
- Viterbo Ada , Shoshan Haran, Dana Friesem, Ofir Ramot and Ilan Chet 2002. Antifungal activity of a novel endochitinase gene (chit36) from *Trichoderma harzianum* Rifai TM. *FEMS Microbiology Letters*, 200 : 169-174
- Wheatley Ron, Christine Hackett, Alan Bruce and Andrzej Kundzewicz. 1997. Effect of Substrate Composition on Production of Volatile Organic Compounds from *Trichoderma* spp. Inhibitory to Wood Decay Fungi, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 39 : 199-205