

*Alternaria*속 균에 있어서 진균독소 생성균의 분포

이항범 · 유승현*
충남대학교 농생물학과

Distribution of Mycotoxin-Producing Isolates in the Genus *Alternaria*

Hyang Burm Lee and Seung Hun Yu*

Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Chungnam National University,
Taejon 305-764, Korea

ABSTRACT : A total of 277 isolates of 20 *Alternaria* species were tested for *in vitro* production of five major mycotoxins: alternariol (AOH), alternariol monomethyl ether (AME), altenuene (ALT), altertoxin-I (ATX-I), and tenuazonic acid (TA). Each isolate was grown on 200 g of autoclaved rice kernels at 25°C for 3 weeks. The cultures were extracted with methanol and purified by using solvent partition, thin layer chromatography, and high performance liquid chromatography. Of the 20 *Alternaria* species tested, *A. alternata* and its related species, namely *A. kikuchiana*, *A. longipes* and *A. mali*, produced all the 5 mycotoxins including TA, although quantities of the mycotoxins produced by different species, and by different isolates of one species were quite variable. *A. sesami* and *A. sesamicola* produced 4 mycotoxins: AOH, AME, ALT, and ATX-I. On the other hand, 7 *Alternaria* species with large spores and long beaks, *A. cucumerina*, *A. dauci*, *A. macrospora*, *A. porri*, *A. solani*, *A. tagetica* and *A. zinniae*, produced only AOH and AME. *A. brassicicola*, *A. helianthi*, *A. panax*, *A. radicina* and *A. raphani* did not produce any of the toxins.

Key words : *Alternaria* spp., mycotoxin, alternariol, alternariol monomethyl ether, altenuene, altertoxin-I, tenuazonic acid.

*Alternaria*속의 균류는 농업환경 내에서 그 발생분포가 매우 넓은 균으로서 각종 작물의 잎, 줄기, 열매에 침입하여 여러 종류의 병을 일으킬 뿐 아니라 각종 작물의 종자와 농산물을 감염 또는 오염시켜 피해를 주기도 한다. 특히 *Alternaria*는 저온에서도 비교적 생육이 양호하기 때문에 저장중의 과일이나 채소류의 부패에 많이 관여하며 저온해를 입은 채소류에서 피해가 더욱 심하다(10, 30).

이같이 농작물에 널리 분포하는 *Alternaria*균 중에는 인체와 동물에 중독현상을 일으키는 독성균주가 분포하고 있음이 보고되어 있으며(2, 5, 7, 8), 이들 독성균주들은 진균독소(mycotoxin)를 생성한다(6, 21). *Alternaria*균이 생성하는 진균독소 중에는 benzo-pyrone 유도체인 alternariol(AOH), alternariol mono-

methyl ether(AME), altenuene(ALT)과 perylene 유도체인 altertoxin-I(ATX-I) 및 tetramic acid 유도체인 tenuazonic acid(TA)가 주요 독소로 보고되어 있으며(9, 24, 26, 29) 이 독소들은 *Alternaria*균에 오염된 식품이나 사료에서 검출되기도 한다(1, 15, 16, 23, 25, 30, 31). 이 진균독소들은 세포독성(cytotoxicity)이 있으며(21)쥐에 투여할 경우 체중감소 및 치사를 초래하고(2, 13) 그 밖에 세균(21) 및 사람(9, 21)에도 독성을 나타낸다. *Alternaria* 진균독소 중에는 TA의 독성이 특히 강하여 사람의 혈액장애질병(hematological disorder)인 onyalai의 원인이 되고(27) 단백질 합성을 억제한다(28). 최근 중국에서는 *Alternaria*가 생산하는 AOH, AME가 식도암의 원인이 되는 것으로 보고된 바 있으며(14), 한국산 고추와 참깨에서 분리한 *Alternaria*균 중에는 흰쥐의 장출혈과 신장비대를 유발하여 흰쥐를 치사시키는 독성균주가 분포하고 있고 이들 독성균주

*Corresponding author.

들은 모두 TA를 생성하고 있음이 보고된 바 있다(13). 따라서 *Alternaria*균에 의한 농작물의 감염 또는 오염은 농산물의 품질 저하를 초래함은 물론 수확 후 식량이나 사료로 사용할 경우 진균독소로 말미암아 인축에 중독증이나 장애를 가져올 위험이 있다.

진균이 생산하는 2차 대사물질은 그 종류가 매우 많고 다양하지만 이들 대사산물을 진균의 분류학적 형질로 이용하려는 연구는 많지 않으며 일부 진균 그룹에서 제한적으로 시도되고 있다. 특히 자낭균류에서 2차 대사산물을 분류에 응용하려는 연구가 일부 주목을 받고 있으며(4, 11) 불완전균류에서는 *Fusarium*이 생산하는 fusaric acid(19), *Alternaria*가 생산하는 zininol(3, 33) 등의 분포를 분류학적으로 이용하려는 연구가 시도된 바 있다. 그러나 *Alternaria*속의 균에 있어서 AOH, AME, ALT, ATX-I과 같은 진균독소의 분포에 관한 연구는 보고된 바 없다.

본 연구의 목적은 각종 작물에 발생하는 20여종(species)의 *Alternaria*균을 공시하여 이들이 생성하는 진균독소를 동정하고 진균독소 생성균의 분포를 조사함으로써 진균독소 생성균들의 분류학적 유사성을 구명하고 계통발생학적인 근연관계에 관한 정보를 얻는데 있다.

재료 및 방법

사용균주. 지난 수년간 국내의 각종 작물 및 종자에서 분리하여 충남대학교 농생물학과 식물병리학 연구실에 보존중인 *Alternaria*균 20종 277개 균주를 사용하였다(Table 1). 분리된 균주들은 감자한천배지(PDA) 사면배지에 옮겨 27°C에서 배양한 후 5°C 냉장고에 보관하면서 독소생성 실험에 사용하였다.

*Alternaria*균의 배양. 500 ml Erlenmeyer flask에 쌀 200 g을 넣고 수분이 50% 되게 조절한 후 120°C로 20분간 고압살균한 다음 PDA에서 배양한 *Alternaria* 균주를 접종하여 25°C에서 3주간 배양하였다. 배양 중에는 4~5일에 한번씩 배지를 강하게 흔들어 주었다. 배양 후 균주별로 수확하여 hood에서 건조한 후 사용할 때까지 -15°C의 저온에서 보관하였다.

Alternaria 배양체의 추출. 쌀배지에서 배양한 *Alternaria* 배양체(50 g)를 methanol(150 ml)로 추출하고 여과한 후 여과액 40 ml를 20% ammonium sulphate 80 ml와 잘 섞은 후 다시 여과하였다. 여과액을 methylene chloride(5 ml)로 2차례 추출하고 진공감압 농축시켰다. 농축 건조된 잔류물에 methanol(2 ml)을 가하고 thin layer chromatography(TLC) 및 high per-

formance liquid chromatography(HPLC)로 AOH, AME, ALT 및 ATX-I을 분석하였다.

한편 TA 분석을 위해 앞의 methylene chloride로 추출하고 남은 수용액에 염산을 가하여 산성용액(pH 2)으로 만들고 이를 50 ml의 methylene chloride로 2차례 추출하였다. 이 organic phase로부터 5% sodium bicarbonate(30 ml)로 TA를 추출하고 여기에 다시 1 N 염산을 가하여 pH 2로 조정하여 methylene chloride(30 ml)로 2차례 추출하였다. 이를 농축시킨 후 잔류물에 methanol 2 ml를 가하고 Visconti 등의 방법(31)에 따라 TLC 및 HPLC 분석을 하였다.

Standard 진균독소. *Alternaria* 진균독소의 standard는 Instituto Tossine e Micotossine da Parassiti

Table 1. *Alternaria* species used in this study

<i>Alternaria</i> species	Source host	No. of isolates	Year of isolation
<i>A. alternata</i>	Rice, seeds	10	1991
		30	1993
	Sesame, seeds	20	1991
		30	1993
	Red pepper, seeds	25	1992
fruits	25	1993	
<i>A. brassicae</i>	Chinese cabbage, leaves	2	1992
<i>A. brassicicola</i>	Cabbage, leaves	4	1991
	Radish, seeds	6	1993
<i>A. cucumerina</i>	Cucumber, leaves	2	1990
	Pumpkin, leaves	6	1987
<i>A. dauci</i>	Carrot, seeds	3	1987
		leaves	3
<i>A. dianthi</i>	Carnation, leaves	2	1990
<i>A. helianthi</i>	Sunflower, leaves	2	1990
<i>A. kikuchiana</i>	Pear, leaves	5	1991
	fruits	3	1992
<i>A. longipes</i>	Tobacco, leaves	8	1988
<i>A. macrospora</i>	Cotton, leaves	4	1987
<i>A. mali</i>	Apple, leaves	8	1991
<i>A. panax</i>	Ginseng, leaves and stems	10	1990
<i>A. porri</i>	Stone leek, leaves	4	1992
<i>A. radicina</i>	Carrot, leaves	3	1991
	seeds	7	1992
<i>A. raphani</i>	Chinese cabbage, leaves	3	1992
	Radish, leaves	7	1992
<i>A. sesami</i>	Sesame, leaves	8	1991
	seeds	5	1993
<i>A. sesamicola</i>	Sesame, seeds	12	1993
<i>A. solani</i>	Tomato, leaves and fruits	10	1993
<i>A. tagetica</i>	Marigold, leaves	4	1993
<i>A. zinniae</i>	Zinnia, leaves	6	1988
Total		277	

Vegetali, Consiglio Nazionale delle Ricerche, 70126 Bari, Italy의 Dr. Solfrizzo, M.으로부터 분양받은 AOH, AME, ALT, ATX-I 및 copper tenuazonate(CuTA)를 사용하였다.

TLC 분석. Fluorescence indicator로 pre-coat된 silica gel plates(Kiesel gel 60 F₂₅₄, Merck)로 TLC분석을 하였다. 용매계는 toluene-ethyl acetate-90% formic acid(60 : 30 : 10, v/v/v)와 chloroform-acetone(88 : 12, v/v)을 이용하였고, TLC에서의 R_f값과 발색반응을 standard독소와 비교하여 *Alternaria* 독소를 동정하였다. AOH, AME독소는 TLC plates에 장파장의 UV light를 조사하면 blue fluorescence로 나타나며, 단파장의 UV light를 조사하면 AOH, AME, ALT, ATX-I 및 TA는 fluorescence quenching spots로 나타남으로 이를 조사하였다. HPLC분석을 하기 위하여는 TLC plates의 독소 부위를 긁어 모은 후 methanol을 가하여 독소성분을 추출하고 이를 HPLC분석에 사용하였다.

HPLC 분석. TLC결과와 확인과 진균독소의 정량을 위하여 HPLC 분석을 하였다. 사용한 HPLC의 기종은 Waters model 451이고 칼럼은 역상칼럼 C₁₈이며 이동상용매는 TA, AOH, AME 분석에는 ZnSO₄ · 7H₂O (300 mg/l)가 첨가된 methanol : water(80 : 20, v/v)를 사용하였고 ALT분석에는 methanol : water(60 : 40, v/v)를 사용하였으며 ATX-I분석에는 0.1 M NaNO₃와 0.001 M HNO₃가 첨가된 methanol : water(60 : 40, v/v)를 사용하였다. TA, ALT 검출에는 280 nm의 UV detector를 사용하였고 AOH, AME, ATX-I 검출에는 257 nm의 UV detector를 사용하였다.

결과 및 고찰

진균독소의 동정. *Alternaria* 진균독소인 AOH, AME, ALT, ATX-I 및 TA의 동정을 위하여 쌀배지에서 배양한 *Alternaria* 배양체를 유기용매로 추출, 농축하고 TLC 및 HPLC 분석을 하였다.

TLC 분석 결과, chloroform : acetone(88 : 12, v/v)과 toluene : ethyl acetate : 90% formic acid(60 : 30 : 10, v/v/v) 용매계에서 이들 독소들의 R_f값은 각각 AOH가 0.34와 0.45, AME는 0.62과 0.64, ALT는 0.08과 0.17, ATX-I은 0.17과 0.39, TA는 0.04와 0.36이었다(Fig. 1). HPLC 분석 결과, 진균독소들의 retention time은 AOH 4.80분, AME 6.19분, ALT 6.26분, ATX-I 7.02분 및 TA 5.95분으로서 전보에서 보고한 것(13)과 잘 일치하였다.

Alternaria 균주들의 진균독소 생성. *Alternaria*속

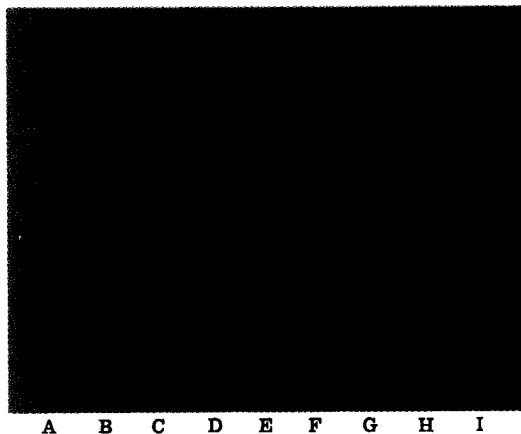


Fig. 1. Thin layer chromatogram of standard ALT(A), TA(B), ATX-I(C), AOH(D), AME(E) and extracts of four isolates of *A. alternata*(F-I) grown on rice grains. The TLC was developed in toluene-ethyl acetate-formic acid (60 : 30 : 10, v/v/v) and irradiated with short wavelength UV light (254 nm).

균에서 진균독소 생성균들의 분포를 조사한 결과는 Table 2에서와 같다. 총 20종 277개 균주의 *Alternaria* 중에서 AOH와 AME를 생산하는 균주는 각각 215, 209개였으며 ALT와 ATX-I을 생성하는 균주는 각각 147, 159개였고 TA생성균주는 60개였다.

*Alternaria*속 균 중에서 종(species)간의 독소생성능의 차이를 보면 *A. alternata*를 비롯한 *A. kikuchiana*, *A. longipes*, *A. mali* 등 4종의 *Alternaria*는 균주간에 차이가 있기는 하나 5종의 진균독소(AOH, AME, ALT, ATX-I, TA)를 모두 생성하였고 참깨에서 분리한 *A. sesami*와 *A. sesamicola*는 AOH, AME, ALT, ATX-I 등 4종의 진균독소를 생성하였다. *A. brassicae*는 benzopyrone계 유도체인 AOH, AME, ALT를 생성하였으며 *A. cucumerina*, *A. dauci*, *A. macrospora*, *A. porri*, *A. solani*, *A. tagetica* 및 *A. zinniae*는 AOH, AME만을 생성하였다. 그러나 *A. brassicicola*, *A. helianthi*, *A. panax*, *A. radicina*, *A. raphani* 등 5종의 *Alternaria*는 5종의 진균독소 중 그 어느 것도 생성하지 않았다(Table 2).

TA를 비롯한 5종의 진균독소를 생성하는 4종의 *Alternaria*균들은 모두 분생포자의 형태가 유사하고 소형의 분생포자를 긴 사슬모양으로 형성하는 균으로서 Neergaard의 *Alternaria* 분류체계(18)중 Longicatentatae에 속하는 균들이었다. 특히 TA 생성균의 분포는 매우 제한적이어서 이들 4종의 *Alternaria*에만 분포하고 있으며 그외의 다른 종에서는 전혀 생성되

Table 2. Mycotoxins production^a by different species of *Alternaria*

<i>Alternaria</i> species	No. of isolates tested	No. of mycotoxin ^b producers				
		AOH	AME	ALT	ATX-I	TA
<i>A. alternata</i>	140	135	135	126	128	46
<i>A. brassicae</i>	2	2	2	1	0	0
<i>A. brassicicola</i>	10	0	0	0	0	0
<i>A. cucumerina</i>	8	8	8	0	0	0
<i>A. dauci</i>	6	6	2	0	0	0
<i>A. dianthi</i>	2	0	2	0	0	0
<i>A. helianthi</i>	2	0	0	0	0	0
<i>A. kikuchiana</i>	8	8	8	4	6	4
<i>A. longipes</i>	8	4	3	3	6	4
<i>A. macrospora</i>	4	4	2	0	0	0
<i>A. mali</i>	8	8	8	2	8	6
<i>A. panax</i>	10	0	0	0	0	0
<i>A. porri</i>	4	1	3	0	0	0
<i>A. radicina</i>	10	0	0	0	0	0
<i>A. raphani</i>	10	0	0	0	0	0
<i>A. sesami</i>	13	11	11	2	2	0
<i>A. sesamicola</i>	12	12	12	9	9	0
<i>A. solani</i>	10	6	5	0	0	0
<i>A. tagetica</i>	4	4	2	0	0	0
<i>A. zinniae</i>	6	6	6	0	0	0
Total	277	215	209	147	159	60

^a Each isolate was grown on autoclaved rice kernels at 25°C for 3 weeks prior to analysis.

^b AOH : alternariol, AME : alternariol monomethyl ether, ALT : altenuene, ATX-I : altertoxin-I, TA : tenuazonic acid.

지 않았다. 그러나 소형분생포자를 형성하는 Longicatenatae중에서도 *A. alternata*와 형태적 차이가 분명한 *A. brassicicola*는 사용한 10균주 모두 TA뿐 아니라 다른 진균독소들을 생성하지 않았다. Nishimura (20)는 *A. kikuchiana*, *A. longipes*, *A. mali*는 각각 기주 특이적 독소인 AK-독소, AT-독소 및 AM-독소를 생성하는 균들로서 분생포자의 형태적 특징이 *A. alternata*와 유사하며 그 구별이 어렵기 때문에 이들을 모두 *A. alternata*로 통일시키고 병원성의 차이에 의하여 *A. kikuchiana*는 *A. alternata* Japanese pear pathotype으로 *A. longipes*는 *A. alternata* tobacco pathotype으로 *A. mali*는 *A. alternata* apple pathotype으로 명명하여야 한다고 하였고, Yu(32)도 이들 *Alternaria*가 형태적으로 유사한 균들임을 보고한 바 있다. 최근 Kusaba와 Tsuge(12)는 Nishimura의 pathotype system을 분자 분류학적으로 검증하기 위하여 이들 기주특이적 독소 생성균주들의 rDNA RFLPs분석을 하고 이들이

모두 동일종내의 변이체임을 보고하였다. 본 연구결과에서도 *A. alternata*를 비롯한 *A. kikuchiana*, *A. longipes*, *A. mali*는 TA를 비롯한 진균독소 생성능에서 공통점을 갖고 있어 이 균들이 계통학적으로 매우 밀접한 관련성이 있는 균들임을 나타내었다.

이 연구에서 AOH와 AME만을 생성하는 7종의 *Alternaria*는 모두 대형분생포자와 긴 beak를 형성하는 균들로서 Neergaard 분류체계(18) 중 Noncatenatae에 속하는 그룹들이다. 그러나 대형포자를 형성하는 *Alternaria* 중에서 *A. brassicae*, *A. panax*, *A. sesami*는 진균독소생성능에 있어서 AOH, AME만을 생성하는 종들과는 차이가 있어 이들이 다른 8종과는 연관성이 적은 균임을 암시하고 있다. *Alternaria*속 균의 zinniol생성균 분포에 관한 연구에서 대형분생포자와 긴 beak를 형성하는 *Alternaria*균만이 zinniol을 생성한다는 것은 Cotty와 Misaghi(3), 유와 이(33) 등이 보고한 바 있고 또한 대형분생포자 형성균 중에서도 *A. brassicae*, *A. panax*, *A. sesami* 등은 zinniol을 생성하지 않는 균임을 보고된 바 있다(33). 대형분생포자를 형성하는 *Alternaria* 중에서 zinniol을 생성하는 균들과 AOH, AME만을 생성하는 균들이 일치한다는 것은 화학적 분류의 관점에서 매우 흥미있는 결과이다.

*Alternaria*속 균 이외에 *Fusarium*속의 균에서도 진균대사물질의 선택적 분포에 관한 보고가 있다. 즉 *Fusarium*속의 균 중에서 *F. oxysporum*과 *F. moniliforme*만이 fusaric acid를 생성하며 그외의 다른 종은 이 독소를 생성하지 않는다(19). 이와 같이 동일한 속의 진균내에서 특정한 대사물질의 생산성이 오직 일부 집단내에 한정된다는 것은 이를 이용한 화학적 분류의 가능성이 있음을 시사하는 것이다.

*Alternaria*속 균들이 생성하는 진균독소의 양은 중간뿐 아니라 같은 종내에서도 균주간에 다양한 차이를 나타내었다(Table 3). 각 독소들의 최저 및 최고 생성량의 분포를 보면 AOH는 trace-947, AME는 trace-598, ALT는 trace-46, ATX-I는 trace-30, TA는 700~4160 mg/kg로서 생성량의 변이가 매우 큰 것을 알 수 있다. Cotty와 Misaghi(3)는 *Alternaria*의 종간 및 같은 종내의 균주간에 zinniol 생성량에 큰 차이가 있음을 보고하였다. 그밖에 다른 *Alternaria* 독소의 생성량도 균주간 뿐 아니라 같은 균주의 반복군에도 차이가 있고 배양기의 종류, 배양조건 및 분석기기의 종류에 따라서도 차이가 있다(22). 특히 *in vitro*에서의 독소생성이 *in vivo*에서의 독소생성과 항상 상관성이 있는 것은 아니다(22). 따라서 조건을 달리하였을 경우 특히 *in vivo*에서의 진균독소의 생성능과 생성량은 본 연구

Table 3. Quantities of mycotoxins produced on autoclaved rice kernels by 15 species of *Alternaria*

<i>Alternaria</i> species	Isolate	Mycotoxin production ^a (mg/kg)				
		AOH	AME	ALT	ATX-I	TA
<i>A. alternata</i>	R-1	23	30	7	20	1926
	R-2	1	42	4	1	ND
	R-3	ND	5	4	2	1733
	R-4	108	65	2	1	3420
	R-5	5	8	ND	ND	ND
	R-6	70	512	46	11	1858
	S-7	65	30	ND	10	ND
	S-8	20	42	4	2	1870
	S-9	60	78	17	1	ND
	S-10	5	3	2	4	ND
<i>A. brassicae</i>	B-1	130	9	46	ND	ND
	B-2	668	tr	ND	ND	ND
<i>A. cucumerina</i>	Cu-1	506	6	ND	ND	ND
	Cu-2	131	tr	ND	ND	ND
	Cu-3	116	ND	ND	ND	ND
<i>A. dauci</i>	Da-1	72	51	ND	ND	ND
	Da-2	110	66	ND	ND	ND
	Da-3	tr	tr	ND	ND	ND
	Da-4	50	ND	ND	ND	ND
<i>A. dianthi</i>	Di-1	75	ND	ND	ND	ND
	Di-2	tr	ND	ND	ND	ND
<i>A. kikuchiana</i>	K-11	40	36	ND	10	ND
	K-12	21	8	1	5	700
	K-13	50	35	18	1	1960
	K-14	29	7	ND	ND	1250
	K-15	5	5	3	1	ND
<i>A. longipes</i>	L-1	ND	ND	ND	25	ND
	L-2	ND	ND	ND	2	4160
	L-3	tr	tr	tr	tr	3100
	L-4	19	10	5	5	3250
	L-5	20	15	1	3	1150
<i>A. macrospora</i>	Ma-1	234	199	ND	ND	ND
	Ma-2	210	170	ND	ND	ND
<i>A. mali</i>	M-1	27	15	ND	30	ND
	M-2	30	77	ND	6	1870
	M-3	23	46	19	ND	2540
	M-4	8	70	12	8	3900
	M-5	105	50	ND	tr	ND
<i>A. porri</i>	Po-1	tr	tr	ND	ND	2200
	Po-2	tr	tr	ND	ND	ND
	Po-3	ND	tr	ND	ND	ND
	Po-4	ND	tr	ND	ND	ND
<i>A. sesami</i>	Se-1	299	598	ND	ND	ND
	Se-2	7	182	ND	ND	ND
	Se-3	ND	22	2	tr	ND
	Se-4	25	20	1	tr	ND
<i>A. sesamicola</i>	Sc-1	tr	1	2	tr	ND
	Sc-2	7	5	4	10	ND
	Sc-3	1	26	6	1	ND
	Sc-4	75	96	ND	ND	ND
<i>A. solani</i>	So-1	tr	tr	ND	ND	ND
	So-2	947	ND	ND	ND	ND
	So-3	ND	tr	ND	ND	ND
	So-4	250	ND	ND	ND	ND
<i>A. tagetica</i>	Ta-1	28	127	ND	ND	ND
	Ta-2	60	ND	ND	ND	ND
<i>A. zinniae</i>	Zi-1	159	113	ND	ND	ND
	Zi-2	52	40	ND	ND	ND

^a AOH : alternariol, AME : alternariol monomethyl ether, ALT : altenuene, ATX-I : altertoxin-I, TA : tenuazonic acid, ND : not detected, tr : trace(< 1 mg/kg).

결과와 달라질 수도 있을 것이다.

요 약

국내에서 분리한 20종의 *Alternaria* 277개 균주를 사용하여 *Alternaria* 진균독소인 alternariol(AOH), alternariol monomethyl ether(AME), altenuene(ALT), altertoxin-I(ATX-I) 및 tenuazonic acid(TA)의 *in vitro*에서의 생성능과 그 분포를 조사하였다. 각 사용균주를 200 g의 살균된 쌀배지에 접종하여 25°C에서 3주간 배양하였다. *Alternaria* 배양체들을 methanol로 추출하고 용매분획과 TLC 및 HPLC분석을 통하여 순화하였다. *A. alternata*와 그와 형태적으로 유사한 *A. kikuchiana*, *A. longipes* 및 *A. mali*는 비록 중간 및 종내의 균주간에 생성량의 차이는 매우 다양하였지만 TA를 비롯한 5종의 진균독소를 모두 생성하였다. *A. sesami*와 *A. sesamicola*는 4종의 진균독소(AOH, AME, ALT, ATX-I)를 생성하였고 *A. cucumerina*, *A. dauci*, *A. macrospora*, *A. porri*, *A. solani*, *A. tagetica*와 *A. zinniae*와 같은 대형분생포자와 긴 beak를 형성하는 7종의 *Alternaria*균들은 AOH와 AME만을 생성하였다. *A. brassicicola*, *A. helianthi*, *A. panax*, *A. radicina* 및 *A. raphani*등 5종의 *Alternaria*는 5종의 진균독소를 모두 생성하지 않았다.

감사의 말씀

이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. Bruce, V. R., Stack, M. E. and Mislivec, P. B. 1984. Incidence of toxic *Alternaria* species in small grains from the USA. *J. Food Sci.* 49 : 1626-1627.
2. Christensen, C. M., Nelson, G. H., Mirocha, C. J. and Bates, F. 1968. Toxicity to experimental animals of 943 isolates of fungi. *Cancer Res.* 28 : 2293-2295.
3. Cotty, P. J. and Misaghi, I. J. 1984. Zinniol production by *Alternaria* species. *Phytopathology* 74 : 785-788.
4. Edwards, R. L., Maitland, J., Gaskell, T. A. and Whalley, A. J. S. 1990. Secondary metabolites as valuable taxonomic characters in the Xylariales. *4th Internat. Mycological Congress, Abstracts* IA-17/1.
5. Forgacs, J., Koch, H., Carll, W. T. and White-Stevens, R. H. 1962. Mycotoxicoses I. Relationship

- of toxic fungi to moldy-feed toxicosis in poultry. *Avian Dis.* 6 : 363-380.
6. Griffin, G. F. and Chu, F. S. 1983. Toxicity of the *Alternaria* metabolites alternariol, alternariol methyl ether, altenuene, and tenuazonic acid in the chicken embryo assay. *Appl. and Environ. Microbiol.* 46 : 1420-1422.
7. Gupta, J., Pathak, B., Sethi, N. and Vora, V. C. 1981. Histopathology of mycotoxicosis produced in Swiss albino mice by metabolites of fungal isolates. *Appl. and Environ. Microbiol.* 41 : 752-757.
8. Hamilton, P., Lucas, G. and Weltz, R. 1968. Mouse toxicity of fungi of tobacco. *Appl. Microbiol.* 18 : 570-574.
9. Harvan, D. J. and Pero, R. W. 1976. The structure and toxicity of the *Alternaria* metabolites. *Advances in Chem. Ser.* 149 : 344-355.
10. Harwig, J., Scott, P. M., Stolz, D. R. and Blachfield, B. J. 1979. Toxins of molds from decaying tomato fruit. *Appl. and Environ. Microbiol.* 38 : 267-274.
11. Hawksworth, D. L. 1985. Problems and prospects in the systematics of the ascomycotina. *Proc. Indian Acad. Sci.(Plant Sci.)* 94 : 319-339.
12. Kusaba, M. and Tsuge, T. 1994. Nuclear ribosomal DNA variation and pathogenic specialization in *Alternaria* fungi known to produce host-specific toxins. *Appl. and Environ. Microbiol.* 60(9) : 3055-3062.
13. Lee, H. B. and Yu, S. H. 1995. Incidence of *Alternaria* species in red pepper and sesame from Korea and their ability to produce mycotoxins. *Korean J. Plant Pathol.* 11(1) : 1-8.
14. Liu, G.-T., Qian, Y.-Z., Zhang, P., Dong, W.-H., Qi, Y.-M. and Guo, H.-T. 1992. Etiological role of *Alternaria alternata* in human esophageal cancer. *Chinese Medical J.* 105(15) : 394-400.
15. Logrieco, A., Bottalico, A., Visconti, A. and Vurro, M. 1988. Natural occurrence of *Alternaria*-mycotoxins in some plant products. *Microbiol. Alim. Nutr.* 6 : 13-17.
16. Logrieco, A., Visconti, A. and Bottalico, A. 1990. Mandarin fruit rot caused by *Alternaria alternata* and associated mycotoxins. *Plant Dis.* 74 : 415-417.
17. Meronuck, R. A., Steele, J. A., Mirocha, C. J. and Christensen, C. M. 1972. Tenuazonic acid, a toxin produced by *Alternaria alternata*. *Appl. Microbiol.* 23 : 613-617.
18. Neergaard, P. 1945. Danish species of *Alternaria* and *Stemphylium*. Munksgaard, Copenhagen, 560 p.
19. Nishimura, S. 1968. Pathochemical studies on watermelon wilt(part 11). Observations on the fusaric acid production of the fungi in the genus *Fusarium*. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 23 : 210-214.
20. Nishimura, S. 1980. Host-specific toxins from *Al-*

- ternaria alternata*: problems and prospects. *Proc. Jpn. Acad. Ser. B* 56 : 362-366.
21. Pero, R. W., Posner, H., Blois, M., Harvan, D. and Spalding, J. W. 1973. Toxicity of metabolites produced by *Alternaria*. *Environ. Health Persp.* 6 : 87-94.
 22. Rudolph, K. 1976. Non-specific toxins. In : *Physiological Plant Pathology*, ed. by R. Heitefuss and P. H. Williams. pp. 270-315, Springer-Verlag, New York.
 23. Sauer, D. B., Seitz, L. M., Burroughs, R., Mohr, H. E., West, J. L., Milleret, R. J. and Anthony, H. D. 1978. Toxicity of *Alternaria* metabolites found in weathered sorghum grain at harvest. *J. Agric. Food Chem.* 26 : 1380-1383.
 24. Schade, J. E. and King, A. D. Jr. 1984. Analysis of the major *Alternaria* toxins. *J. Food Prot.* 47 : 978-995.
 25. Schroeder, H. W. and Cole, R. J. 1977. Natural occurrence of alternariol in discolored pecans. *J. Agr. Food Chem.* 25 : 204-206.
 26. Seitz, L. M. 1984. *Alternaria* metabolites. In : *Mycotoxins-Production, Isolation, Separation and Purification*, ed. by V. Betina. pp. 443-455. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
 27. Shiqeura, H. T. and Gordon, C. N. 1963. The biological activity of tenuazonic acid. *Biochemistry* 2 : 1132-1137.
 28. Steyn, P. S. and Rabie, C. J. 1976. Characterization of magnesium and calcium tenuazonate from *Phoma sorghina*. *Phytochemistry* 15 : 1977-1979.
 29. Stinson, E. E. 1985. Mycotoxins-their biosynthesis in *Alternaria*. *J. Food Chem.* 29 : 790-792.
 30. Stinson, E. E., Osman, S. F., Heisler, E. G., Siciliano, J. and Bills, D. D. 1981. Mycotoxin production in whole tomatoes, apples, oranges, and lemons. *J. Agric. Food Chem.* 29 : 790-792.
 31. Visconti, A., Logrieco, A. and Bottalico, A. 1986. Natural occurrence of *Alternaria* mycotoxins in olives-their production and possible transfer into the oil. *Food Additives and Contaminants.* 3 : 323-330.
 32. Yu, S. H. 1992. Occurrence of *Alternaria* species in countries of the Far East and their taxonomy. In : *Alternaria: Biology, Plant Diseases and Metabolites*, ed. by J. Chelkowski and A. Visconti. pp. 37-62, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
 33. 유승현. 이성구. 1990. *Alternaria*속 균에 있어서 zininol 생성균의 분포. 한국식물병리학회지 6(4) : 504-506.