

동충하초 재배상 내 기형균 및 오염균의 발생현황 및 특성

남성희 · 윤철식* · 정이연 · 지상덕 · 조세연 · 한명세**
농촌진흥청 농업과학기술원 잠사곤충부
*고려대학교 공학기술연구소
**경북대학교 농과대학

Occurrence and Characteristics of other Fungi in the Artificial Cultivation Farms of *Paecilomyces tenuipes*

Sung-Hee Nam, Cheol-Sik Yoon* I-Yeon Jung, Sang-Duk Ji, Sae-Yun Cho and Myung-Sae Han**

National Institute of Agricultural Science and Technology Department of Sericulture and Entomology, R.D.A. Suwon, Korea.

*Research Institute of Engineering and Technology, Korea University, Seoul 136-701, Korea

**College of agriculture, Kyungpook National University, Daegu, Korea

ABSTRACT

Occurrence and characteristics of infectious fungi and physiologically abnormal *Paecilomyces tenuipes* were examined. These unfavorable fungi are recently known to cause yield loss, decreased quality of products in artificial cultivation farms of *P. tenuipes*. Total 529 fungal isolates were collected from 22 farms of 7 provinces. These isolates were composed of physiologically abnormal *P. tenuipes* strains and other infectious fungal strains, which constituted 23.2% and 50.9%, respectively. Physiologically abnormal *P. tenuipes* strains showed irregular synemata, and absence of local color. They were divided into 4 types of C-1, C-2, C-3 and C-4. Other infectious fungal strains were identified to 5 species, *Beauveria bassiana*, *Fusarium sp.*, *P. fumosoroseus*, *Tricothecium roseum*, *Aspergillus parasiticus*, which were 22.1, 13.8, 7.6, 4.0 and 3.4%, respectively. All of them were hyphomycetous fungi, did not produce synemata, and revealed faster growth rate than that of *P. tenuipes*.

Key words : Physiological abnormal, *Paecilomyces tenuipes*, Infectious fungi

서 론

누에를 이용한 눈꽃동충하초 재배법은 농촌진흥청 농업과학기술원에서 개발하여 농가 보급된 이후(농촌진흥청, 1988) 고수익을 창출하는 산업으로 부상하고 있으나 재배상 내 오염균 발생으로 인한 상품가치 저하, 대량폐기, 유해성 등의 문제가 야기되고 있는 실정이다.

농가 기술보급 초기는 소규모의 개별 재배를 함으로써 오염균의 문제가 심각하지 않았으나 재배 규모가 커지고 집 단화되면서 오염균에 의한 피해 및 발생 빈도가 증가하여 동충하초 재배의 성패요인으로 작용하게 되었다.

현재까지 경기, 전북, 경북 재배지에서 보고된 바로는 분생자병속 미형성, 유색균 발생, 분생자병속 생장정지, 지연 등 문제가 발생하였으며(남, 2001) 사례를 종합해 볼 때 이러한 오염균은 다종으로 추정되고 있으나, 현재까지 몇

몇 종만 동정된 상태이다.

농과원 동충하초 재배실에서 분리된 *Syspastospora parasitica*는 눈꽃동충하초 균을 직접 가해하는 균으로 분생자병속 표면을 덮은 후 급속히 확산되어 재배상 전체를 오염시키며(이&남, 2000), *Paecilomyces fumosoroseus*는 유충 혹은 번데기에 침입하여 접종된 균의 생장을 억제하고(Aerts *et al.*, 1997) 회색 분생포자를 표피에 다량 형성한 후 쉽게 비산되어 재배상을 오염시킨다.

특히 재배상 내에서 쉽게 발견되는 누룩곰팡이병은 *Aspergillus spp.*가 원인균으로 일부 종은 사람과 동물에 직접적으로 병을 유발하는 유해물질을 분비하는 것으로 알려져 있다(Alexopoulos *et al.*, 1996).

본 연구에서는 동충하초 재배상에서 문제가 되는 오염균의 전국 발생현황과 주요 특성을 조사함으로써 예방을 위한 기초자료로 활용코자 한다.

재료 및 방법

균 수집 및 동정

2001년 6월 하순~7월 상순 동충하초 재배기간 중 전국 22개 농가로부터 오염균을 수집하였다. 오염균의 기준은 표준 눈꽃동충하초와 비교해 분생자병속 형성이 부진하거나 생장 길이가 1 cm 미만인 경우, 고유 등황색 외에 유색을 띠거나 분생자병속 끝에 분생포자가 형성되지 않고 뭉치는 경우 등 육안으로 오염 가능성이 인정되는 경우(조, 2000)로 하였으며, 오염균으로 인정되는 각각의 시료를 용기에 담아 포자가 발산하지 않도록 마개를 덮고 10°C에 보관하였다.

오염균의 분생자병속 형성유무, 색상 등 육안으로 판단할 수 있는 병징과 생육특성을 조사하기 위해 총체 혹은 분생자병속으로부터 PDA 상에 균을 분리하여 25°C, 14일간 정치 배양 후 균총의 색, 생육속도, 균락의 앞, 뒷면 등 배양상을 관찰하였다.

균체의 구조관찰은 광학현미경(Olympus BX40)을 이용하

여 포자, 균사, 격벽 등 무성기관의 형태학적 특성을 분류 동정에 적용하였으며, 이들은 기본적으로 Saccardo system (Barnett & Hunter, 1986)에 의한 속 분류 및 Ainsworth 등 (1973), Samson(1974, 2000)법에 의거 종 분류를 수행하였다.

결과 및 고찰

1. 기형균 및 오염균 발생 현황

당해 재배 성적이 우수한 전라남도를 제외한 7개도 22개 농가로부터 수집한 시료는 총 529점이었으며, 한 개체 당 두 가지 유형의 균상이 관찰되거나, 부패한 경우는 대상에서 제외하였다. 수집균은 두 가지 유형으로 구분할 수 있었는데 정상균이 접종되었으나 분생자병속 형성에 이상이 있는 기형균과 재배상에 기생한 오염균이다.

결과 수집시료 중 생육장애를 보이는 기형균은 123점으로 23.2%를 차지하였으며, 오염균은 50.9%로 그 중 *Beauveria bassiana*, *Fusarium* sp., *Pacilomyces fumosoroseus*,

Table 1. Other fungal samples collected from cultivation farms of *Paecilomyces teunipes*

Province	Farmer	Abnormal fungi Sample size								
			A	B	C	D	E	F	G	
Kangwon	1	28	2	4	7	·	·	·	15	
	2	25	·	10	·	·	1	·	14	
	3	19	·	1	·	·	·	·	18	
Kyungki	4	25	4	2	11	·	·	·	8	
	5	9	1	1	·	·	·	·	7	
Chungnam	6	29	8	11	·	4	1	4	1	
	7	30	23	·	5	·	·	·	2	
Chungbuk	8	28	2	14	·	12	·	·	·	
	9	30	7	16	3	·	·	·	4	
	10	30	4	14	·	·	·	·	12	
Kyungnam	11	26	21	1	·	·	·	·	4	
	12	27	5	4	8	6	·	·	4	
	13	22	8	·	·	·	·	·	14	
Kyungbuk	14	29	·	·	21	·	·	·	8	
	15	26	11	1	8	4	2	·	·	
	16	18	5	4	·	6	1	1	1	
	17	33	4	13	5	8	·	·	3	
	18	33	3	10	·	·	11	9	·	
	19	26	9	2	3	·	·	4	8	
Chonbuk	20	13	1	5	2	·	·	·	5	
	21	7	4	·	·	·	·	·	3	
	22	16	1	4	·	·	5	·	6	
Total		529	123	117	73	40	21	18	137	

Farmers; 1. Hwayoung Jung; 2. Bokhwa Jung; 3. Youngjun Cho; 4. Sericultural farm, Suwon; 5. Jaesung Choi; 6. Ilsun Park; 7. Yunyoung Lee; 8. Sunghyun Lee; 9. Kunsung Lim; 10. Sungtae Kim; 11. Wonsik Min; 12. Daesoo Kang; 13. Kyoungsik Sohn; 14. Taeju Kim; 15. Jaewoon Lee; 16. Youngwun Lee; 17. Yunha Ryun; 18. Sericultural farm, Yechon; 19. Sericultural society, Sangju; 20. Youngju Ann; 21. Hyunsuk Ham; 22. Soonyeul So; A: Physiological disorder fungi; B: *Beauveria bassiana*; C: *Fusarium* sp.; D: *Pacilomyces fumosoroseuse*; E: *Tricothecium roseum*; F: *Aspergillus parasiticus*; G: etcetera

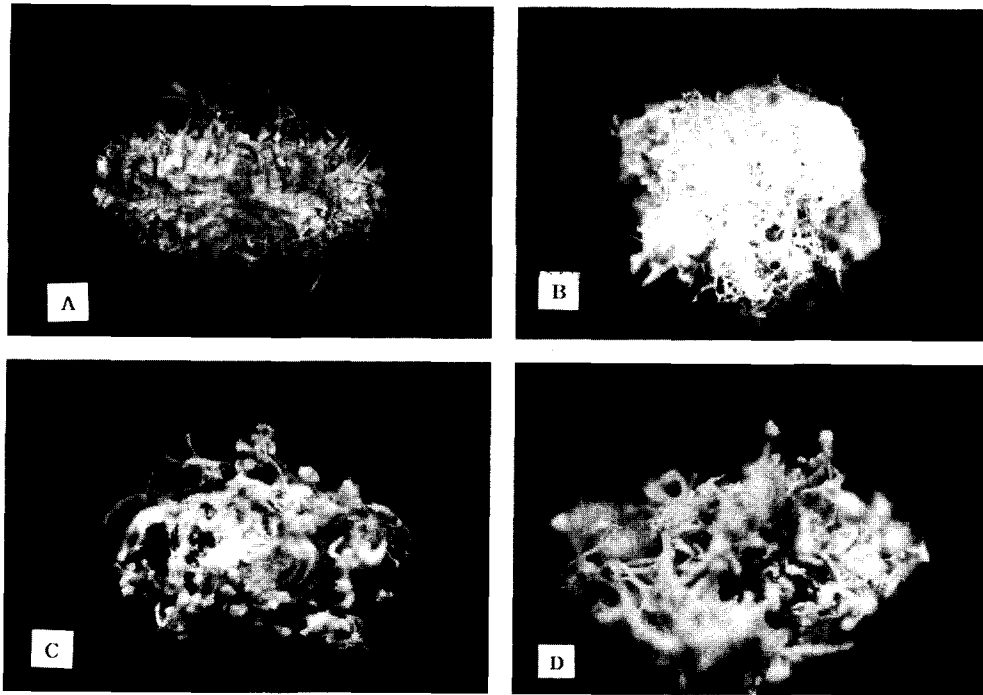


Fig. 1. Physiological abnormalities of *Paecilomyces tenuipes*. Types A: C-1, B: C-2, C: C-3, D: C-4.

Tricothecium roseum, *Aspergillus parasiticus*가 각각 22.1, 13.8, 7.6, 4.0, 3.4%로 나타났다(Table 1). 나머지 순수분리가 되지 않거나 인공배양이 되지 않는 경우는 25.9%였다.

지역별 발생량을 보면 다종의 균이 전역에 걸쳐 고루 분포하고 있는 것이 특징인데 이러한 것은 오염균이 불완전균류 중 곤충병원성균 혹은 부후균으로 이들 생육조건이 눈꽃동충하초와 매우 유사하므로 눈꽃동충하초 재배상에서 쉽게 생육하기 때문인 것으로 추정된다.

2. 생육장애에 따른 기형균의 특성

생육장애는 분생자병속 형성을 저해하거나 형태 이상을 유발하는데 유형은 4가지로 C-1, C-2, C-3, C-4이다(Fig. 1).

C-1은 분생자병속이 회색 혹은 갈색으로 20 여 개의 저밀도로 발생하며 활력이 약해 불리한 재배환경에서 쉽게 시들어 버리며, C-2는 순백색의 20 여 개의 분생자병속이 발생되며 그 끝은 분지하지 않고, 분생포자로 뭉쳐 마디가 둥근 형태를 띤다. C-3은 분생자병속이 순백색을 띠며 그 수는 50 여 개로 정상적으로 발생되나, 기주표면 및 분생자병속 끝에 균사가 매우 발달하여 솜털 형태로 뭉치는 현상이 일어난다. 또한 C-4는 고유색인 등황색을 띠며 분생자병속 수는 70 여 개로 고밀도이며, 활력이 약해 뻗지 못하고 시든다.

한편 눈꽃동충하초는 표준재배시 분생자병속은 미백색이

며 지상부 높이는 30~50 mm, 다발형태의 분생자병속은 약 55개로 끝마디는 4개로 분지 되어 있다(남 등, 1999).

생육장애를 받은 눈꽃동충하초는 건조과정에서 분생자병속은 쉽게 부서지고, 색상이 고유색을 띠지 않아 형태상으로 오염균과 유사하기 때문에 제품으로 이용하기에 부적절하다.

이러한 원인은 산소, pH, 온도, 점중불량 및 통풍 등 매우 다양한 요인이 있는데 대부분 복합적인 요인이 작용하는 경우가 많다(이, 2000).

예로써 재배 후반기는 눈꽃분생자병속 표면의 건조를 막고 분생자병속 성장을 촉진하기 위해 정기적으로 수분공급을 행하는데 분생자병속 표면에 직접적인 수분공급과 환기의 부족으로 인한 과습 혹은 과도한 환기 및 바람에 의한 건조 등의 복합요인이 장애를 유발하게 된다.

3. 오염균의 특성

동정된 5종의 오염균은 눈꽃동충하초와 비교해 분생자병속을 형성하지 않으며(Fig. 2) 인공배양시 균사성장 속도가 눈꽃동충하초의 14일 배양시 32 mm에 비해 최고 2배 이상 빠른 것이 특징이다. 그 중 *Beauveria bassiana*는 누에 백강균이라 하며 누에 침입시 분생자병속이 발생되지 않으며 기주 표피는 흰색의 분생포자로 덮여 있어 접촉 시 흰가루 형태의 분생포자가 묻어난다. 배지 상에서 앞, 뒷면이 흰색, 등황색을 띠며 43 mm로 성장하며 포자는 구형으

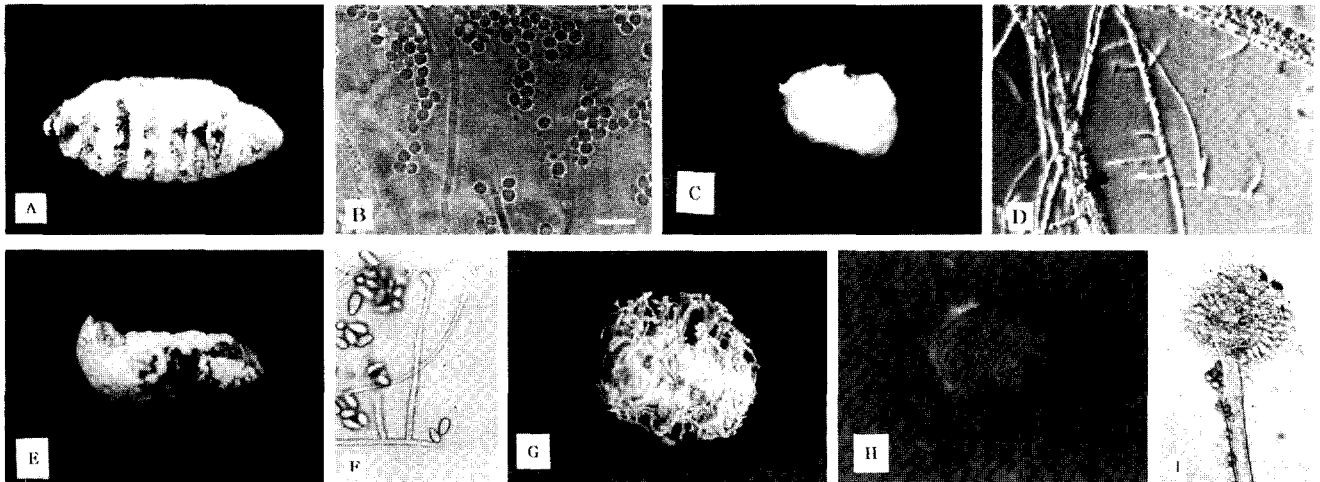


Fig. 2. Various symptoms of pupae infected by other fungi after inoculation of *Paecilomyces tenuipes*. A: Infection by *Beauveria bassiana*; B: Conidia of *B. bassiana*; C: *Fusarium* sp.; D: Simple conidophore and conidia of *Fusarium* sp.; E: *Tricothecium roseum*; F: Slender conidiophores and conida of *Tricothecium roseum*; G: *Paecilomyces fumosoroseus*; H: *Aspergillus parasiticus*; I: Conidiophores with conidia of *Aspergillus parasiticus* (Scale bar=10 μm).

로 4~5.1×4.0 μm 크기이고 분생포자병은 지그재그 형태로 배열되어있다(Table 2).

Fusarium sp.는 공기 중에 존재하며 기주표면을 덮거나 눈꽃동충하초 분생자병속이 형성된 후 표면을 가해함으로써 생육을 억제한다. 흰 솜털형태의 균사는 기주 표피상 혹은 눈꽃동충하초의 분생자병속을 덮고 있으며 시간이 경과하면 보랏빛을 띤다. 앞, 뒷면은 보라, 옆은 보라를 띠며 75 mm로 성장한다. 현미경 하에 포자는 끝이 약간 굽은 형태로

1~4 cell로 구성되어 있으며 7.8×3.2 μm로 눈꽃동충하초 포자에 비해 크다.

*Fusarium*은 식물병원성균으로 곤충을 직접 가해하지 않음에도 총 수집균 중 13%를 차지하는 것은 부후균으로 생장이 매우 빠른 특성을 지니기 때문이다. 따라서 불결한 재배실에서는 15~20일간 정치배양 중인 눈꽃동충하초에 쉽게 부착, 발아하게 된다.

*Paecilomyces fumosoroseus*는 적강균으로 불리며 곤충병

Table 2. Cultural characteristics of infectious fungi on PDA

Characteristics	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Tricothecium roseum</i>	<i>Aspergillus parasiticus</i>
Mycelial colony* (mm)	43	75	63	62
Mycelial density	powdery appearance or fluffy	extensive and cotton-like	powdery appearance	dense felt
Mycelial colour (obverse/reverse)	white /white yellow	purple/white purple	orange/beige	yellow green/cream to yellow
Conidiophore	single, irregularly grouped or in verticillate clusters, zigzag	variable, slender and simple or stout, short branched irregularly	hyaline, brightly colored, slender, simple, septate, bearing conidia apically,	coarsely roughened
Conidial Shape	hyaline, globose, 1 cell	hyaline, slightly curved, 2 cell	hyaline, slightly curved, 1~4 cell	hyaline, globose to subglobose, roughened or smooth wall, 1 cell
Conidial size (μm)	4~5.1×4	7.8×3.2	12~16×8~12	5~6
Conidial head	-	-	-	typically radiate
Vesicle (μm)	-	-	-	globose to subglobose, 30~35
Phialide shape	-	-	-	uniseriate
Remark	parasitic	parasitic or saprophytic	parasitic	parasitic

Potato Dextrose Agar: Potato dextrose (Difco) 24 g, Agar 15 g, Distilled water 1 l.

*Diameter of fungal colony measured after 14 days-culture on PDA.

원성균 중 병원력이 높고 포자증식이 용이해 미생물 살충제로 많이 이용된다. 분홍 혹은 회색 분생포자가 발생되는데 농업과학기술원에서 동정된 바 있다(남 등, 2000).

*Tricothecium roseum*은 오렌지색의 분생포자로 기주표피를 덮는다. 배양 앞면은 주황, 뒷면은 베이지색을 띠며 배양시 63 mm로 성장한다. 포자는 한쪽 끝이 뾰족한 난형의 2 cell로 구성되어 있으며 12~16×8~12 μm이다. 균사는 가늘고 단순한 형태로 선단에서 분생포자가 발생한다. 본 균은 누에 및 동충하초 재배 상에서 최초 동정된 균으로 감염 초기에는 특징이 발견되지 않으나 감염말기에는 분생포자가 주황색을 띠므로 재배상에서 쉽게 확인된다.

*Aspergillus parasiticus*는 기주표피에 짙은 노랑 혹은 초록색의 분생포자를 형성하며 배양 앞면은 초록, 뒷면은 담갈색을 띠며 62 mm로 성장한다. 포자는 구형으로 5~6 μm이며 균사가 매우 발달되어 있다.

*A. parasiticus*는 *A. flavus* 처럼 사람, 동물 및 곤충에 이르기까지 광범위한 기주를 가지며 aflatoxin을 분비하여 면역력이 약한 사람에게서는 큰 손상을 입히기도 한다(Tanada & Kaya, 1993).

백강균과 적강균의 발생은 오염되거나 습한 뽕잎, 사육자, 무균 처리되지 않은 사육실 등의 오염원을 통해 저지대, 환기불량, 미소독 잠실 등의 환경에서 일어나게 된다. 따라서 이들 균은 눈꽃동충하초 균 접종 전 사육기에 누에에 침입한 것으로 총체 내 균핵의 재분리에서 확인된다.

동충하초 재배상 내에서 오염균의 정확한 진단은 매우 어려운 작업이다. 감염초기에는 표피에 형성된 백색 균사가 눈꽃동충하초균과 매우 유사하기 때문이며 결국 감염말기 병이 진행된 후 분생포자의 색상 또는 분생자병속의 형성유무에만 의존하여 판별이 가능하다. 따라서 발생 후 대처보다는 오염원의 요인을 차단하여 예방에 주력하는 것이 최선이며 발생 시에는 오염원 제거 및 오염된 재배상은 부분소독을 실시하도록 하는 것이 적합하다.

적 요

7개도 22개 재배농가로 부터 수집한 시료는 총 529점이었으며, 수집균은 두 가지 유형으로 구분되며 생육장에 의한 기형균은 23.2%, 오염균은 50.9%였다.

생육장애는 C-1, C-2, C-3 및 C-4의 4가지 유형이 있으며 이들 분생자병속은 20~70여 개가 발생되는데 회색, 순백색 또는 등황색을 띤다. 분생자병속 말단은 분지하지

않고 솜털형태로 뭉치거나, 발생 도중 쉽게 시들어 버린다.

분리된 오염균은 5종으로 *Beauveria bassiana*, *Fusarium* sp., *Pacilomyces fumosoroseuse*, *Tricothecium roseum*, *Aspergillus parasiticus*이며, 이들은 분생자병속을 형성하지 않고 기주 표피에 각각 고유색상을 띠며 PDA 배지상에서 균사생장량은 14일간 43~75 mm 범위로 눈꽃동충하초균보다 빠른 성장을 보인다.

인용문헌

- Aerts, D., Veire, M., Coremans, J., Sterk, G. and D. Degheele. (1997) Side-effects of pesticides on the development of the entomopathogenic fungus *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown and Smith, strain Apopka 97. Mededelingen Faculteit Landbouwkundig en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent (Belgium). **62**(2b): pp. 581-587.
- Ainsworth, G.C., Sparrow, F. K. and Sussman, A.S. (1973) A taxonomic review with keys: Ascomycetes and fungi imperfecti. In the Fungi, An Advanced Treatise, Vol. IVA. Academic Press Inc., New York, USA.
- Alexopoulos C. J., Mims C. W., M. Blackwell (1996) Introductory mycology. Fourth editon. Jone wiley and sons, INC, p. 307.
- Barnett, H. L., B. B. Hunter (1986) Illustrated genera of imperfect fungi. Macmillan publishing company.
- 조세연(2000) 건강장수 누에동충하초, 신일상사 p. 94.
- 이선주·남성희(2000) A Mycoparasitic ascomycete *Syspastospora parasitica* on the Entomopathogenic Fungus *Paecilomyces tenuipes* Growing in *Bombyx mori*. Kor. J. Mycol. **28**(3): 130-132.
- 이수일(2000) 버섯병해충, 월간버섯사, pp. 62-70.
- 남성희·정이연·지상덕·조세연(1999) 눈꽃동충하초(*Paecilomyces japonica*)의 형태 및 배양 조건. Kor. J. Seric. Sci. **41**(1): 36-41.
- 남성희, 윤철식, 김근영, 조세연, 한명세(2000) 국내 미기록 누에 적강균(*Paecilomyces fumosoroseus*)에 관한 보고. Kor. J. Seric. Sci. **42**(1): 28-30.
- 남성희(2001) 시험연구사업 연구계획서, 동충하초 오염균의 발생 현황 및 특성 조사, 농촌진흥청 농업과학기술원 pp. 306-309.
- 농촌진흥청(1988) 표준영농교본, 버섯재배기술, pp. 211-218.
- Samson, R. A. (1974) Paeciomyces and some Allied Hyphomycetes, Centraalbureau voor schimmel cultures Baarn, pp. 44-46.
- Samson, R. A. Ellen S. Hofkstra, Jens Frsvad and Ole Filtenborg (2000) Introduction to food and airborne fungi. An institute of the Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, pp. 64-83.
- Tanada, Y. and H. K. Kaya (1993) Insect Pathology, Academic press, pp. 363-364.