

감자와 단호박에서 분리한 *Verticillium tenerum*의 동정

현익화* · 허노열 · 류경열¹ · 김종태¹ · 장서연²

국립식물검역소 중부격리재배관리소, ¹고령지농업연구소 환경보전과,
²국립식물검역소 영남지소

Identification of *Verticillium tenerum* Isolated from Potato and Pumpkin in Korea

Ik-Hwa Hyun*, Noh-Yeoul Heo, Kyoung Yul Ryu¹, Jong Tae Kim¹ and Seo-Yeon Chang²

Central Post-Entry Quarantine Station, National Plant Quarantine Service, Suwon 442-400, Korea

¹Environment Management Division, National Institute of Highland Agriculture, Pyungchang 232-950, Korea

²Yeongnam Regional Office, National Plant Quarantine Service, Busan 600-016, Korea

(Received March 29, 2004)

ABSTRACT: *Verticillium tenerum* was detected from the samples of potato (*Solanum tuberosum* L.) and pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.) in Korea. The samples on which this species was detected were potato tubers collected from Pyungchang and Gimjae, and fruits and seeds of pumpkin from Yeonchon in 2003. The conidiophores of the fungus produced mainly three to five phialides in verticil. The phialides were narrow, flask-shaped, only very slightly swollen at the base, and taper subulately to a narrow neck. They were hyaline, 10~26 × 2~5 μm. The conidia were formed in slimy heads, and were oval to ellipsoidal, pale reddish-brown, 2.5~7.5 × 2~4 μm. The colony on the substrata was unique, showing brick-red color. This is the first report on the distribution of *Verticillium tenerum* in Korea.

KEYWORDS: Identification, Potato, Pumpkin, *Verticillium tenerum*

감자(*Solanum tuberosum* L.)는 우리나라의 주요한 식량작물의 하나로서 재배면적이 3만 ha에 이르며(농림부, 2002), 단호박(*Cucurbita maxima* Duch.)은 덩굴성 과채류로서 최근 국내 수요가 늘어나고 있으며, 일본 등으로 수출되어 400 ha 정도 재배되고 있다(성 등, 2003). 감자와 단호박은 모두 종서용 또는 식용으로 수개월간 저장을 하게되어, 이 과정에서 부패되거나 진균이 형성되어 품질이 저하되는 경우가 많다. 저장 중 부패된 감자와 단호박을 중심으로, 이에 발생하는 진균의 종류를 조사하는 중에 지금까지 국내에서 발생기록이 없었던 *Verticillium tenerum*(Nees ex Pers.) Link와 유사한 진균이 검출되었다. *V. tenerum*은 완전세대가 *Nectria inventa* Pethybr.인 불완전균류의 총생균에 속한다. 이 균은 전세계적으로 널리 분포하는 것으로 알려져 있는데(Domsch *et al.*, 1980; Hughes, 1951), 우리나라에서의 분포여부와 관련하여 미국, 호주, 뉴질랜드 등 여러나라와 검역적으로 논란이 되어왔던 균이다. 따라서 본 연구에서는 국내산 감자와 단호박에서 검출된 *Verticillium tenerum*을 정밀 동정하여 이 균의 국내발생 여부를 분명히 하고자 하였다.

재료 및 방법

시료수집

감자시료는 2003년 4월부터 11월 사이에 강원 평창과 전북 김제지역의 저장창고에 보관 중 부패증상을 보이거나 상처 등으로 품질이 좋지 않은 것 또는 수확 후 재배 포장에 잔재물로 버려져 있는 시료 34점을 수집하였고, 경남 양산, 밀양, 김해지역의 포장에서 재배되고 있는 수확직전의 건전한 감자시료를 17점 채집하였다.

단호박 시료는 2003년 8월, 경기 연천 지역의 저장창고에 저장 중 부패증상을 보이는 과실시료 12점과 종자시료 11점을 수집하여 실험에 사용하였다.

시료배양

감자 괴경과 단호박 과실시료는 부패증상이 있거나 상처가 있는 부위 등을 중심으로 5×5 mm 정도 크기의 절편을 만들어 습지 및 물한천배지(WA)에 치상하였으며, WA에 치상할 때는 미리 1% 차아염소산나트륨용액에 10초간 표면살균한 후 치상하였다. 그 후 시료는 22±2°C 항온기에서 3~7일간 배양하여 검출되는 진균을 관찰하였다. 단호박 종자시료는 Blotter method(Agarwal and Sinclair, 1997)를 이용하여 배양하였으며, 시료별로 각각

*Corresponding author <E-mail: ihyun@npqs.go.kr>

Table 1. List of fungi detected from potato samples

Fungi detected	Frequency ^a
<i>Fusarium solani</i>	25
<i>Verticillium tenerum</i>	12
<i>Fusarium moniliforme</i>	9
<i>Penicillium</i> spp.	7
<i>Chaetomium</i> spp.	7
<i>Helminthosporium solani</i>	6
<i>Aspergillus niger</i>	3
<i>Mucor</i> spp.	3
<i>Rhizopus stolonifer</i>	2
<i>Phoma</i> sp.	2
<i>Aspergillus</i> sp.	2
<i>Curvularia lunata</i>	1
<i>Colletotrichum truncatum</i>	1
<i>Cylindrocarpon destructans</i>	1
<i>Myrothecium verrucaria</i>	1
<i>Rhizoctonia solani</i>	1

^aNo. of samples detected from 51 potato samples investigated.

200립씩 치상하였다. 치상한 시료는 22±2°C 항온기에서 7일간 배양한 후 검경하였다.

검출진균의 동정

배양된 시료에 형성된 진균을 해부현미경(Leica MZ12)과 복합현미경(Leica DM RBE)으로 시료에서의 생육특성과 형태적 특성을 관찰하여 동정하였다. 검출진균 중 국내에서 기록되지 않았던 *Verticillium*균은 분생포자경, 피알라이드, 분생포자의 특성과 기주 위에 형성된 균총의 특성을 조사하였으며 Hughes(1951)의 분류체계와 비교하여 동정하였다.

결과 및 고찰

감자에서 검출된 진균

감자시료 51점을 배양하여 검경한 결과 16종의 진균

Table 2. List of fungi detected from fruit and seed samples of pumpkin

	Fungi detected	Frequency ^a
Fruit	<i>Alternaria alternata</i>	7/12
	<i>Penicillium</i> spp.	7/12
	<i>Fusarium solani</i>	6/12
	<i>Cladosporium</i> spp.	5/12
	<i>Rhizopus stolonifer</i>	5/12
	<i>Fusarium moniliforme</i>	4/12
	<i>Choanephora curcubitarum</i>	3/12
	<i>Aspergillus niger</i>	3/12
	<i>Aspergillus</i> spp.	2/12
	<i>Geotrichum candidum</i>	2/12
Seed	<i>Verticillium tenerum</i>	1/12
	<i>Fusarium oxysporum</i>	1/12
	<i>Aspergillus niger</i>	8/11
	<i>Fusarium solani</i>	7/11
	<i>Rhizopus stolonifer</i>	6/11
	<i>Penicillium</i> spp.	6/11
	<i>Curvularia lunata</i>	4/11
	<i>Verticillium tenerum</i>	4/11
	<i>Alternaria alternata</i>	3/11
	<i>Trichothecium roseum</i>	3/11
	<i>Choanephora cucurbitarum</i>	2/11
	<i>Cladosporium</i> spp.	2/11
	<i>Aspergillus</i> sp.	1/11

^aNo. of samples detected/No. of samples investigated.

이 검출되었다(Table 1). 가장 검출빈도가 높았던 균은 *Fusarium solani*였으며, *Verticillium tenerum*, *Fusarium moniliforme*, *Penicillium* spp., *Chaetomium* spp., *Helminthosporium solani*도 자주 검출이 되었다. 검출된 진균 중에서 우리나라의 감자병원균으로 기록되어 있는 균은 *F. solani*, *H. solani* 및 *Rhizoctonia solani*이었다. *F. solani*는 감자시들음병(한국식물병리학회, 1998)과 감자썩음병(정 등, 1998)을 일으키고, *H. solani*는 감자은무늬병(Ryu *et al.*, 2000)의 원인균이며 *R. solani*는 감자검은

Table 3. Morphological characteristics of *Verticillium tenerum* isolated from potato and pumpkin

	Isolates of <i>Verticillium tenerum</i> ^a			<i>V. tenerum</i> (Hughes, 1951)
	Pot-6	Pumf-2	Pums2-1	
Conidiophore	formed verticillated phialides	formed verticillated phialides	formed verticillated phialides	formed verticillated phialides
Phialide				
shape	narrow, flask-shaped	narrow, flask-shaped	narrow, flask-shaped	narrow, flask-shaped
color	hyaline	hyaline	hyaline	hyaline
size	10~20 × 2~4 μm	10~26 × 2~5 μm	11~25 × 2~5 μm	12~23 × 2~4 μm
Conidium				
shape	oval, ellipsoidal	oval, ellipsoidal	oval, ellipsoidal	oval
size	2.5~6 × 2~3 μm	3~6.3 × 2~3 μm	3~7.5 × 2~4 μm	3.5~5 × 2~2.5 μm
slimy head	formed	formed	formed	formed
color	pale reddish-brown	pale reddish-brown	pale reddish-brown	pale reddish-brown

^aPot-6, Pumf-2 and Pums2-1 were isolated from potato tuber, fruit and seed of pumpkin, respectively.

무늬썩음병(한국식물병리학회, 1998)을 일으키는 것으로 알려져 있다. 한편, Farr 등(1989)에 의하면 *Aspergillus niger*는 감자의 2차괴경썩음병을 일으키며, *F. moniliforme*는 감자괴경썩음과 도관변색을 유발하고, *Colletotrichum truncatum*은 괴경썩음병을 일으킨다고 기술하였다. 또한 *V. tenerum*은 감자괴경에서, *Cylindrocarpon destructans*는 감자 괴사괴경과 뿌리에서 분리된다고 기록하고 있다.

단호박에서 검출된 진균

단호박 시료를 배양하여 조사한 결과 과실시료 12점과

종자시료 11점에서 각각 12종과 11종의 진균이 검출되었다(Table 2). 과실에서는 *Alternaria alternata*, *Penicillium* spp., *Fusarium solani*, *Cladosporium* spp., *Rhizopus stolonifer*가 자주 검출되었으며, 종자에서는 *Aspergillus niger*, *Fusarium solani*, *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium* spp., *Curvularia lunata* 및 *Verticillium tenerum*의 검출빈도가 높게 나타났다. 그 중에서 우리나라의 호박에 병을 일으키는 것으로 알려진 것은 호박무름병균인 *Rhizopus stolonifer*이다(Kwon et al., 2000). *Choanephora curcubitarum*은 미국과 일본에서 꽃마름 또는 과실 및 뿌리썩



Fig. 1. Morphological characteristics of *Verticillium tenerum*. A; Habit characters on potato tuber with naked eyes, B; Habit characters on pumpkin seed with a stereomicroscope ($\times 50$), C, D; Conidiophores and conidia with a differential interference contrast microscope. Scale bar = 20 μm .

음병을 일으키고, *Trichothecium roseum*은 홍색곰팡이병 (pink rot)을 일으키는 것으로 기록되어 있다(Farr *et al.*, 1989; 일본식물병리학회, 2000).

*Verticillium tenerum*의 동정

감자괴경과, 단호박 과실 및 종자에서 분리한 *Verticillium*균의 형태적 특성을 조사한 결과 Hughes(1951)의 분류체계에 따라 *V. tenerum*으로 동정되었다(Table 3). 분생포자경은 선단에서 주로 3~5개의 피알라이드가 운생으로 형성되었다. 피알라이드는 무색이고 크기는 10~26×2~5 μm이었다. 형태는 플라스크형으로 가늘고, 기부에서는 아주 조금 부풀었으며 정단부로 뾰족하게 가늘어졌다. 분생포자는 난형 또는 장타원형으로 크기는 2.5~7.5×2~4 μm였고 slimy head를 형성하고 연한 적갈색을 띠었다(Fig. 1C, D). 특히, 이 균은 감자와 호박종자 등 기주에서 적갈색(붉은 벽돌색)을 띠는 균총을 형성하는 특성을 보였다. 이러한 특유의 균총색은 육안으로도 관찰이 가능하였으며(Fig. 1A), Hughes(1951)는 야외에서 이러한 균총색 만으로도 이 균을 동정할 수 있다고 하였다. 이 균은 국내에서 감자시들음병을 일으키는 것으로 알려진 *V. albo-atrum*(Kim *et al.*, 2003)의 균총색이 백색 또는 크림색을 띠는 것과 뚜렷한 차이가 있었으며, 피알라이드의 크기 등 형태적 특성도 차이가 있어 쉽게 구별되었다.

감자와 단호박에서 검출된 *V. tenerum*은 지금까지 우리나라에서 발생기록이 없었던 균이다. 이 균이 검출된 감자 시료는 평창과 김제 지역의 저장창고에 보관 중 부패증상을 보이거나 상처 등으로 품질이 좋지 않은 것 또는 수확 후 재배포장에 잔재물로 버려져 있는 시료에서 분리되었다. 양산, 밀양, 김해지역의 포장에서 재배되고 있는, 수확직전의 건전한 감자시료에서는 검출이 되지 않았다(Table 4). 또한 단호박 시료에서는 연천지역의 저장창고에 저장 중 부패증상을 보이는 과실시료와 종자시료에서 검출이 되었다(Fig. 1B). 이 균은 세계적으로 아주 널리 분포하는 균으로서 여러가지 유기물, 특히 초본식물의 줄기, 관목류의 가지, 감자 등에서 서식이 가능하다(Domsch *et al.*, 1980). 이번 조사에서도 *V. tenerum*은 감자시료 51점 중 12점의 시료에서, 단호박 과실 및 종자시료 총 23점 중 5점에서 확인되어 검출빈도가 비교적 높게 나타났다(Table 1, 2). 지금까지 국내에서 이 균에 대한 발생기록이 없었던 것은 농작물에 대한 병원균으로서의 중요도

가 낮았던 때문으로 추정이 된다. 한편, 이 균은 부패하는 나무와 다른 기질에서 부생적으로 서식하고(Arx, 1987), 병원균으로서의 언급이 없는 경우도 있으나(Domsch *et al.*, 1980), 시설재배 오이의 병원균(pathogenic species)으로도 기록하고 있어(Elena, 2001) 감자, 단호박 등 식물에서의 병원성 유무에 대해서는 금후 더 검토가 필요할 것으로 판단된다.

적 요

2003년 4월부터 11월에 수집한 감자와 단호박 시료에 발생하는 진균을 조사한 결과, 지금까지 우리나라에서 발생기록이 없었던 *Verticillium tenerum*이 검출되었다. 이 균은 강원 평창과 전북 김제지역에서 수집한 감자괴경 시료와 연천지역에서 수집한 단호박 과실 및 종자 시료에서 검출되었다. *V. tenerum*의 분생포자경은 주로 3~5개의 피알라이드를 운생으로 형성하였다. 피알라이드는 플라스크형으로 가늘었으며 무색이었고, 크기는 10~26×2~5 μm이었다. 분생포자는 난형 또는 장타원형으로 크기는 2.5~7.5×2~4 μm였고 slimy head를 형성하고 연한 적갈색을 띠었다. 그리고 감자와 호박 시료 위에 적갈색을 띠는 독특한 균총을 형성하였다.

감사의 글

본 연구수행을 위하여 단호박 시료를 채집하는데 협조하여 주신 경기도농업기술원 북부농업시험장 김성기 장장님께 감사드립니다.

참고문헌

- 농림부. 2002. 농림통계연보. 316pp.
 성기철, 이재욱, 권혁모, 문두영, 김철환, 강상현. 2003. 비가림제 배시 유인방법이 단호박의 품질 및 생산성에 미치는 영향. 한국원예학회지 44: 430-433.
 日本植物病理學會. 2000. 日本植物病名目録. 日本防疫協會. 857pp.
 정영륜, 류기중, 박찬수 1998. 제주도 지역에서 대발생된 감자의 새로운 병 싹썩음병의 발병원인 및 생물학적 방제. 식물병과 농업 4(1): 51-56.
 한국식물병리학회. 1998. 한국식물병명명목록. 제3판. 436pp.
 Agarwal, V. K. and Sinclair, J. B. 1997. Principles of Seed Pathology. 2nd ed. CRC Press. 539pp.
 Arx, J. A. von. 1987. Plant Pathogenic Fungi. J. Cramer, Berlin-Stuttgart. 288pp.
 Domsch, K. H., Gams, W. and Anderson, T.-H. 1980. Compendium of Soil Fungi. Vol. I. IHW-Verlag, Eching. 859pp.
 Elena, S. 2001. Phytosanitary state and urgent problems of greenhouse vegetable protection in Lithuania. pp. 392-397. In: Salas, P. Ed. Proceedings of 9th International Conference of Horticulture, Lednice, Czech Republic.
 Farr, D. E., Bills, G. F., Chamuris, G. P. and Rossman, A. Y. 1989. Fungi on Plants and Plant Products in the United States. APS Press, M.N., U.S.A. 1252pp.

Table 4. Host, collected location and number of samples in which *Verticillium tenerum* was detected in Korea

Host	Location collected	No. of samples detected
Potato	Pyungchang	9
	Gimjae	3
Pumpkin	Yeonchon	5 ^a

^aFour samples were from fruits and one was from seed of pumpkin.

- Hughes, S. J. 1951. Studies on micro-fungi. XI. Some hyphomycetes which produce phialides. *Mycological Papers* **45**: 1-36.
- Kim, J. T., Ryu, K. Y., Kim, J. S., Hahm, Y. I. and Yu S. H. 2003. Verticillium wilt of potato caused by *Verticillium albo-atrum* in Daegwallyong area in Korea. *Plant Pathol. J.* **19**(3): 184-187.
- Kwon, J. H., Kang, S. W. and Park, C. S. 2000. Occurrence of Rhizopus soft rot on squash (*Cucurbita moschata*) caused by *Rhizopus stolonifer* in Korea. *Plant Pathol. J.* **16**(6): 321-324.
- Ryu, K. Y., Hahm, Y. I., Kim, J. S. and Park, C. S. 2000. Silver scurf of potato caused by *Helminthosporium solani*. *Plant Pathol. J.* **16**(6): 318-320.