

우리나라 감귤 더듬이병균의 형태적 특성과 병원형

송장훈* · 고영진¹

농촌진흥청 나주배연구소, ¹순천대학교 응용생물원예학부

Morphological Characteristics and Pathotype of *Sphaceloma fawcettii* Causing Citrus Scab in Korea

Jang Hoon Song* and Young Jin Koh¹

Naju Pear Research Institute, Chonnam 540-820, Korea

¹Faculty of Applied Biology and Horticulture, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

ABSTRACT: Citrus scab caused warty and scabby lesions on the surface of leaves, twigs and fruits of Satsuma mandarin. Warty lesions were mainly developed before July but scabby ones were developed during summer season in Cheju island, Korea. The causal organism of scab was morphologically identified as *Sphaceloma fawcettii* and was thought to be Tryon's pathotype of *Elsinoe fawcettii*, because it was pathogenic on rough lemon and Cleopatra mandarin but non-pathogenic on sour orange, grapefruit and sweet orange among the 5 differential hosts of *E. fawcettii*.

Key words: scab, citrus, Satsuma mandarin, *Elsinoe fawcettii*, *Sphaceloma fawcettii*, pathotype.

감귤 더듬이병(Scab)은 제주도의 감귤원에서 해마다 봄순이 전개되는 5월부터 온주밀감(Satsuma mandarin, *Citrus unshiu*)의 잎에 발생하기 시작하여 잎을 기형화시킬 뿐만 아니라 과실에도 감염을 일으켜 상품성을 심하게 떨어뜨림으로써 감귤 재배농가에 직접적인 피해를 주는 병해이다. 1995~1996년에 걸쳐 제주도 주요 감귤재배지에서 조사한 더듬이병의 발병률은 9~74%였고 발병도는 2.3~37.5% 수준이었으며(16), 무방제 포장에서 이 병과율이 89.0~100%에 달해 더듬이병은 검은점무늬병과 더불어 감귤에 가장 심한 피해를 주고 있는 병해로 밝혀졌다(10).

전세계적으로 감귤류에는 citrus scab, Tryon's scab 및 sweet orange scab 등 세 종류의 더듬이병이 *Elsinoe fawcettii* Bitancourt & Jenkins(불완전세대, *Sphaceloma fawcettii* Jenkins), *Sphaceloma fawcettii* var. *scabiosa*(McAlp. & Tryon) Jenkins 및 *Elsinoe australis* Bitancourt & Jenkins(불완전세대, *Sphaceloma australis* Bitancourt & Jenkins)에 의해 각각 발생하는 것으로 보고되었다(23). 이러한 세 가지 더듬이병을 일으키는 병원균은 주로 자낭포자 또는 분생포자의 형태 및 크기 등 균학적 특징을 기준으로 분류되었지만(1-4, 6, 8, 9, 13-15), Whiteside(22)는 *E. australis*가 타당한 분류단위(taxon)인가에 의문을 제기하고 있고 Timmer 등(19)도

균학적 특징에 의한 *E. australis*와 *E. fawcettii*의 분류는 불가능하다고 결론지었다.

따라서 Timmer 등(19)은 더듬이병균의 형태적 분류에 따른 문제점을 보완할 수 있는 방안의 하나로 *E. fawcettii*를 5개의 판별기주에 대한 병원성에 따라 4개의 pathotype으로 세분화하여 분류하였는데, *S. fawcettii* var. *scabiosa*를 *E. fawcettii*와 다른 별개의 종(species)으로 분류하지 않고 *E. fawcettii*에 속하는 4개의 pathotype 중 하나에 포함시켜 분류하였다. 우리나라에서 감귤 더듬이병균은 *E. fawcettii*로 기재되어 있으나(5, 12), 위에 기술한 세 가지 더듬이병균의 형태적 특징과 비교 검토한 연구 보고서나 여러 기주에 대한 병원성을 토대로 하여 병원형을 분류한 연구 보고가 없는 까닭에 이를 조사하여 보고하는 바이다.

재료 및 방법

병원균의 분리 및 동정. Whiteside(21)가 기술한 방법에 의해 70% 에탄올을 살균시킨 숨에 흡수시켜 감염 부위의 표면을 가볍게 30초 가량 문지르고 병반 부위를 떼어 내어 시약저로 잘게 부순 후 물한천배지(water agar, WA)에 극미량의 조각을 치상하여 25°C 항온기에서 배양하였다. WA에서 적자색으로 색소가 발현되는 균주를 대상으로 감자한천배지(potato dextrose agar, PDA)에 이식하여 25°C 항온기에서 배양하고 경시적으

*Corresponding author.

로 균총의 특성을 관찰하였으며, 또한 살균수에서 형성된 분생포자경과 분생포자의 형태 및 크기 등을 조사하였다.

병원성 검정 및 병원형 조사. 분리된 병원균의 병원성을 검정하기 위한 분생포자는 PDA에 균사 절편을 접종하여 25°C 항온기에서 15일간 배양하여 균총을 형성시킨 후 살균수 5 ml를 첨가하여 다시 25°C에서 24시간 배양하여 수거하였다. 수거한 분생포자 현탁액속의 분생포자 농도는 hemocytometer로 1 ml당 2.1×10^6 정도로 조정하여 접종원으로 사용하였다. 8년생 궁천조생을 대상으로 봄순의 유엽과 구엽에 상처접종구(carborundum® #150)와 무상처접종구를 두고 접종원이 흘러 내릴 만큼 충분히 분무접종하였으며 각 처리는 4반복으로 수행되었다. 접종된 온주밀감 나무는 비닐로 씌워 2주동안 습도를 유지한 후 비닐을 제거하고 20~25°C 조건의 온실에 두고 병반 형성 여부를 관찰하였다. 병원성이 확인된 분리균의 기주범위를 결정하기 위하여 Timmer 등(19)이 사용한 rough lemon, sour orange, Cleopatra mandarin, grapefruit의 잎과 sweet orange 과실을 대상으로 위에 서 기술한 방법에 준하여 병원형을 확인하였다.

결 과

병징. 더듬이병은 잎과 과실에 사마귀형 병반과 더듬이형 병반 등 두가지 형태의 특징적인 병반을 만든다. 사마귀형 병반은 온주밀감의 봄순이 3~5 mm 전개되는 5월 중순경부터 잎에 생기기 시작하였는데, 주위의 건전 부위보다 볼록한 융기가 생기고 직경 1 mm 가량의 회백색 원형 병반을 형성하였다. 6월경 직경 1~2 cm 이하의 어린 과실에 감염이 이루어지면 회백색~적자색의 원형 병반이 과실 표피로부터 융기되는 사마귀형 병반을 형성하고(Fig. 1A, C), 심할 경우 병반이 서로 융합되어 부정형으로 전개되었다. 7~8월경에는 잎, 가지, 과실의 표피에 회백색의 더듬이형 병반들이 형성되었다(Fig. 1B, D).

형태적 특성. 병반에서 분리한 균주는 WA에서 홍적색~적자색의 특징적인 균총을 형성하며 균사체는 거의 볼 수 없었는데(Fig. 1E), PDA 위에 이식하였을 경우 균총 표면이 울퉁불퉁하여 볼록하게 자라고 균사형성은 거의 이루어지지 않았다. 배지 표면은 회백색~적자색이었으며 배지 뒷면은 적자색이었고, 1개월이 지나도 균총은 1.3 cm 미만이었으며 균총의 가장자리도 불규칙한 형태를 보였다. 그리고 장기간 PDA에서 배양할 경우 균총은 균열이 생기고 배지는 심하게 찢겨졌다(Fig. 1F). 분생포자경은 곤봉형의 phialide로 무색투명하거나 담갈색이고, 대부분 격벽이 없는 단세포이거나 1~2개의 격벽이 있었으며 크기는 $6.1 \sim 23.0 \times 2.6 \sim 5.1 \mu\text{m}$ 였다(Fig.

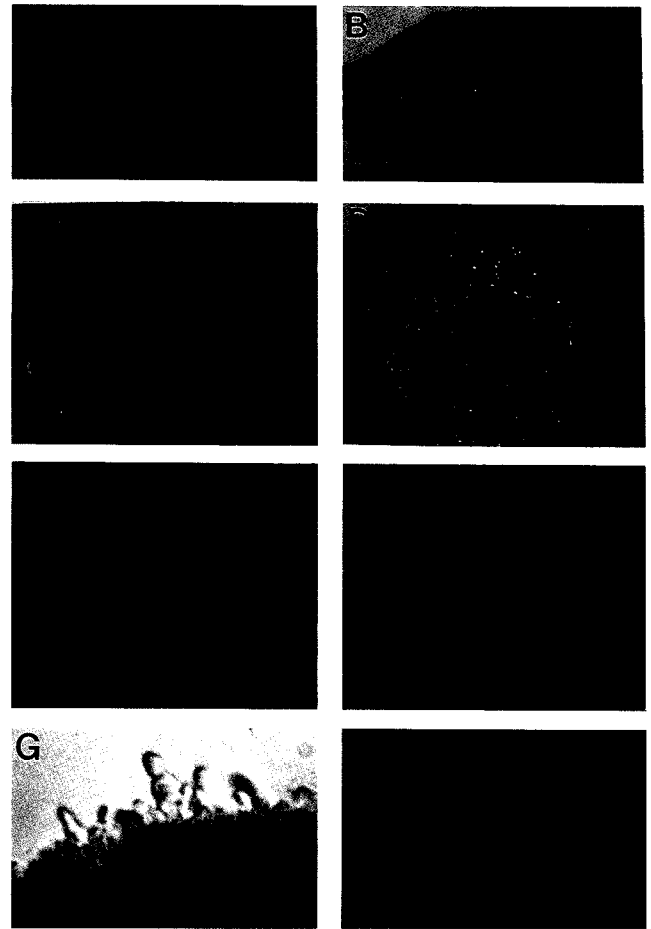


Fig. 1. Symptom of citrus scab and morphology of *Sphaeceloma fawcettii*. Warty lesions (A) and scabby lesions (B) on leaf and warty lesions (C) and scabby lesions (D) on fruit of Satsuma mandarin. Colony on water agar (E) and potato dextrose agar (F), conidiophores (G) and conidia (H) (bar=10 μ) of *S. fawcettii*.

1G). 또한 분생포자는 무색투명하거나 담갈색이고 단세포이며 2개의 유적(oil drops)을 양끝에 형성하였으며 타원형이고 크기는 $4.1 \sim 6.6 \times 3.1 \sim 5.1 \mu\text{m}$ 였다(Fig. 1H) (Table 1).

병원성 검정. 접종된 온주밀감에서는 접종 21일 후에 상처 접종구의 유엽 및 구엽 모두에서 병징이 발현되었으며, 30일 후에는 무상처 접종구에서도 병징이 발현되었으나 유엽에서만 병반이 나타났다. 또한 각 병반으로부터 접종한 균과 동일한 균이 재분리되어 병원성을 확인할 수 있었다(Table 2).

병원형 확인. 분리균들은 5개의 판별기주에 대한 병원성 검정 결과, rough lemon과 Cleopatra mandarin의 잎에서만 병징을 나타내고 sour orange 및 grapefruit의 잎과 sweet orange의 열매에서는 병징을 나타내지 않아 rough lemon과 Cleopatra mandarin에만 병원성을 나타내는 것으로 확인되었다(Table 3).

Table 1. Comparison of morphological characteristics of the present isolates with descriptions of *Elsinoe fawcettii*, *Sphaceloma fawcettii* var. *scabiosa* and *Elsinoe australis*

Characteristics of	Present isolates	<i>Elsinoe fawcettii</i> ^{a)}	<i>Sphaceloma fawcettii</i> var. <i>scabiosa</i> ^{b)}	<i>Elsinoe australis</i> ^{c)}
Ascospores				
Size (μm)	- ^{d)}	10~12×5~6	-	12~20×4~9
Shape		hyaline, 1~3 septate		hyaline, 1~3 septate
Conidia				
Size (μm)	4.1~6.6×3.1~5.1	5~10×2~6	8~16×2~6	4~6×2~4
Shape	aseptate, ellipsoidal	aseptate, ellipsoidal	0~1 septate, ellipsoidal	aseptate
Conidiophores				
Size (μm)	6.1~23.0×2.6~5.1	12~22×3~4	8~20×2~6	6~18×4~5
Shape	0~2 septate, terminal, intergrated	0~2 septate, terminal, integrated	aseptate or septate, terminal, determinated	0~3 septate, terminal, determinated
Acervuli				
Shape	epidermal to subepidermal, confluent	epidermal to subepidermal, separate or confluent	epidermal to subepidermal, often confluent	pseudoparenchymatous, separate or aggregated

^{a)} From Sivanesan and Critchett (13).

^{b)} From Sivanesan and Critchett (14).

^{c)} From Sivanesan and Critchett (15).

^{d)} Not determined.

Table 2. Pathogenicity of the present isolates on the leaves of Satsuma mandarin

Inoculated on	Pathogenicity		
	Wounded ^a	Not wounded	Control
Developing leaves	+++ ^b	++	-
Developed leaves	+	-	-

^a Wounded by swabbing 6~7 times with a sterilized cotton absorbing distilled water and Carborundum[®] (#150).

^b +++: severe, ++: mild, +: weak, -: no response.

고찰

제주도 감귤원에서 분리한 더뎡이병균은 분생포자층, 분생포자병 및 분생포자 등의 균학적 특성상 *Sphacelo-*

*ma fawcettii*의 특징과 거의 일치하였다(14). 감귤 더뎡이병균은 1907년 Fawcettii가 감귤 더뎡이병균을 최초로 순수배양하여 *Cladosporium citri*라 명명하였으나, 1925년 田中은 *Sphaceloma citri*라 보고하였다(17). 그 후 1936년 Bitancourt와 Jenkins(1, 2)는 완전세대를 발견하여 *E. fawcettii*에 의한 common citrus scab이라고 명명하였다. 감귤 더뎡이병에는 *E. fawcettii*에 의해 발생하며 sour orange scab이라고도 불리우는 citrus scab 외에도 *S. fawcettii* var. *scabiosa*에 의해 발생하는 Tryon's scab(9, 13)과 *E. australis*에 의해 발생하는 sweet orange scab(2, 3, 8, 15)이 또한 보고되어 있다. 그러나 완전세대인 *E. fawcettii*와 *E. australis* 모두 Brazil에서만 발견되었으며, 두 종의 균학적 특징은 *E. fawcettii*의 자낭포자의 크기가 10~12×5~6 μm인 것에 비하여 *E. australis*의

Table 3. Comparison of pathotype of the present isolates with the known pathotypes of *Elsinoe fawcettii* and *Elsinoe australis* to 5 differential hosts^{a)}

Species (Isolates)	Pathotype	Rough lemon	Sour orange	Cleopatra mandarin	Grapefruit	Sweet orange
<i>Present isolates</i>		+ ^{d)}	-	+	-	-
<i>Elsinoe fawcettii</i>	FBHR ^{b)}	+	+	+	+	+
<i>Elsinoe fawcettii</i>	FNHR ^{c)}	+	-	+	+	-
<i>Elsinoe fawcettii</i>	Tryon's	+	-	+	-	-
<i>Elsinoe fawcettii</i>	Lemon	+	-	-	-	-
<i>Elsinoe australis</i>	-	-	-	-	-	+

^{a)} Data from Timmer *et al.* (19).

^{b)} Florida broad host range.

^{c)} Florida narrow host range.

^{d)} Symptom on leaves of rough lemon, sour orange, cleopatra mandarin and grapefruit and fruit of sweet orange: +=scab pustules formed; - =no reaction.

자낭포자의 크기가 12~20×4~8 μm로 비교적 큰 것이 특징이다(14, 15). 또한 분생포자의 크기가 5~10×2~5 μm로 보고된 *S. fawcettii*에 비해 *S. fawcettii* var. *scabiosa*는 8~16×2~6 μm로 비교적 큰 크기의 분생포자를 형성하고 과실에 평평한 병반을 형성하는 점이 다른 것으로 보고되었으며(9), *E. australis*나 *S. fawcettii* var. *scabiosa*와는 달리 *E. fawcettii*는 더댕이병의 병반에서 방추형의 분생포자를 형성하는 것으로 보고되었다(7, 21). 그러나, 최근에 Timmer 등(19)은 세 종류의 더댕이병균을 면밀하게 조사한 결과 균총의 색이나 분생포자의 크기 또는 모양에 의한 분류 가능성을 배제한 대신에 판별 기주에 대한 병원성의 차이와 ribosomal DNA의 amplified internal transcribed spacer(ITS)와 random amplified polymorphic DNA(RAPD) 분석에 의해서는 *E. australis*와 *S. fawcettii*는 별개의 다른 종으로 분류할 수 있다고 결론지었다(17, 19). 따라서 본 연구에서는 분리된 더댕이병균의 완전세대가 관찰되지 않았으므로 균학적 특성만으로 병원균의 종명을 동정하기에는 어려움이 있지만 *E. fawcettii*일 가능성이 높다.

감귤 더댕이병을 일으키는 *E. fawcettii*는 기주범위가 넓은데(14, 20), Whiteside(22)는 기주범위에 따라 lemon (*Citrus limon*(L.) Burm. f.), rough lemon(*C. jambhiri* Lush.), grapefruit(*C. paradisi* Macf.), sour orange(*C. aurantium* L.), Temple and Murcott tangors(*C. sinensis*(L.) Osbeck×*C. reticulata* Blanco)의 잎과 과실과 sweet orange(*C. sinensis*)의 과실을 침해하는 biotype과 위의 기주 중에서 sour orange, Temple tangor 및 sweet orange 과실을 침해할 수 없는 biotype으로 구분하였으나 biotype을 명명하지는 않았다. 그러나 Timmer 등(19)은 *E. fawcettii*를 5개의 판별기주에 대한 병원성에 따라 4개의 pathotype으로 세분화하여 rough lemon, sour orange, Cleopatra mandarin(*C. reshni* Tanaka), grapefruit 및 sweet orange 과실에 병원성을 나타내는 균주들을 Florida broad host range(FBHR) pathotype으로 명명하였고, rough lemon, Cleopatra mandarin 및 grapefruit에만 병원성을 나타내는 균주들을 Florida narrow host range(FNHR) pathotype으로 명명하였으며, 또한 과거에 *E. fawcettii*와는 별개의 종으로 분류되었던 *S. fawcettii* var. *scabiosa*를 rough lemon과 Cleopatra mandarin에만 병원성을 나타내는 Tryon's pathotype으로 재명명하였으며, rough lemon에만 병원성을 나타내는 새로운 pathotype을 lemon pathotype으로 명명하였다.

따라서 우리나라에 분포하는 더댕이병균은 균학적으로는 *S. fawcettii*와 동일하여, 비록 완전세대가 관찰되지 않았을지라도 *E. fawcettii*로 추정되었다. 또한 Timmer 등(19)이 제시한 판별품종에 대한 기주범위를 조사한 결과, rough lemon과 Cleopatra mandarin의 잎에만 병원

성을 나타내었으므로 *E. fawcettii* 중 Tryon's pathotype으로 추정할 수 있었다.

요 약

제주도에서 더댕이병은 주로 7월 이전에는 온주밀감의 잎, 가지 및 열매에 사마귀형 병반을 형성하지만 여름에는 더댕이형 병반을 형성하였다. 온주밀감으로부터 분리된 더댕이병균은 균학적으로는 *Sphaceloma fawcettii*로 동정되었다. 비록 완전세대가 관찰되지 않았을지라도 *Elsinoe fawcettii* 판별기주에 대한 기주범위를 조사한 결과 rough lemon과 Cleopatra mandarin에만 병원성을 나타내었고 sour orange, grapefruit 및 sweet orange에는 병원성을 나타내지 않았으므로 *E. fawcettii* 중 Tryon's pathotype으로 추정할 수 있었다.

감사의 말씀

본 연구가 수행될 수 있도록 배려해 주시고 조언해 주신 제주감귤연구소 문덕영소장님, 권혁모박사님, 현재욱박사님, 이성찬선생님과 순천대학교 박서기교수님께 감사드립니다.

참고문헌

1. Bitancourt, A. A. and Jenkins, A. E. 1936. *Elsinoe fawcettii*, the perfect stage of the citrus scab fungus. *Phytopathology* 26: 393-396.
2. Bitancourt, A. A. and Jenkins, A. E. 1936. The perfect stage of the sweet orange scab fungus. *Mycologia* 28: 489-492.
3. Bitancourt, A. A. and Jenkins, A. E. 1937. Sweet orange scab caused by *Elsinoe australis*. *J. Agric. Res.* 54: 1-17.
4. Fawcett, H. S. 1936. Citrus diseases and their control. McGraw Hill. New York. 656pp.
5. 한국식물병리학회. 1995. 한국식물병명명목록. 356pp.
6. Jenkins, A. E. 1925. The citrus scab fungus. *Phytopathology* 15: 99-104.
7. Jenkins, A. E. 1931. Development of the citrus scab fungus, *Sphaceloma fawcettii*. *J. Agric. Res.* 42: 545-548.
8. Jenkins, A. E. 1933. A *Sphaceloma* attacking Navel orange from Brazil. *Phytopathology* 23: 538-545.
9. Jenkins, A. E. 1936. Australian citrus scab caused by *Sphaceloma fawcettii* var. *scabiosa*. *Phytopathology* 26: 195-197.
10. 고영진, 송장훈, 권혁모, 문덕영, 문두길, 한해룡. 1996. 우리나라 감귤 주요병의 최근 발생 동향. *한국식물병리학회지* 12: 446-470.
11. Rademacher, W. 1992. Occurrence of gibberelins in different species of the fungal genera *Sphaceloma* and *Elsinoe*. *Phytochemistry* 31(12): 4155-4157.
12. 유화영, 이영희, 조원대, 김완규, 명인식, 진경식. 1993. 과

- 수병해원색도감. 농촌진흥청 농업기술연구소. 286pp.
13. Sivanesan, A. and Critchett, C. 1974. *Sphaceloma fawcettii* var. *scabiosa*. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria No. 437. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.
 14. Sivanesan, A. and Critchett, C. 1974. *Elsinoe fawcettii*. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria No. 438. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.
 15. Sivanesan, A. and Critchett, C. 1974. *Elsinoe australis*. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria No. 440. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.
 16. 송장훈. 1996. 제주도 감귤병해 조사. 원예연구소 시험연구보고서. 1482pp.
 17. Tan, M. K., Timmer, L. W., Broadbent, P., Priest, M. and Clain, P. 1996. Differentiation by molecular analysis of *Elsinoe* spp. causing scab diseases of citrus and its epidemiological implications. *Phytopathology* 86: 1039-1044.
 18. Tanaka, T. 1923. A brief history of citrus scab in Japan. *Phytopathology* 13: 492-495.
 19. Timmer, L. W., Priest, M., Broadbent, P. and Tan, M. K. 1996. Morphological and pathological characterization of species of *Elsinoe* causing scab diseases of citrus. *Phytopathology* 86: 1032-1038.
 20. Whiteside, J. O. 1975. Biological characteristics of pertaining to the epidemiology of sour orange scab. *Phytopathology* 65: 1170-1175.
 21. Whiteside, J. O. 1986. Semiselective media for the isolation of *Elsinoe fawcettii* from citrus scab pustules. *Plant Disease* 70: 204-206.
 22. Whiteside, J. O. 1978. Pathogenicity of two biotypes of *Elsinoe fawcettii* to sweet orange and some other cultivars. *Phytopathology* 68: 1128-1131.
 23. Whiteside, J. O., Garnsey, S. M. and Timmer, L. W. 1988. Compendium of citrus diseases. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA. 80pp.

(Received June 22, 1998)