

## 사과나무를 가해하는 한국산 갈색무늬병균의 생물학적 특성

백창기<sup>1</sup> · 정희영<sup>1,2\*</sup><sup>1</sup>경북대학교 응용생명과학부, <sup>2</sup>경북대학교 식물의학연구소Biological Characterization of *Marssonina coronaria* Infecting Apple Trees in KoreaChang-Gi Back<sup>1</sup> and Hee-Young Jung<sup>1,2\*</sup><sup>1</sup>School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea<sup>2</sup>Institute of Plant Medicine, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

**ABSTRACT :** Apple blotch is a major apple disease and recently it causes critical economic losses in apple orchards in Korea. In this review, we described the history of apple blotch researches, ecology and life cycle of *Marssonina coronaria*, cultural and molecular characteristics and simple isolation method as well. Furthermore, characteristic of apple blotch like symptoms, its cause still unknown, occurs frequently in cv. “Fuji” was described in detail.

**KEYWORDS :** Apple blotch, Biological characterization, *Marssonina coronaria*, Phylogeny

사과 갈색무늬병 (Apple blotch disease, 갈반병)은 자낭균류인 *Marssonina coronaria*에 의해 발생하는 사과나무 주요 질병 중의 하나이며 [1], 최근 수년간 국내 사과재배 농가에 막대한 경제적 손실을 초래해 왔다 [2]. 이 질병은 한국, 중국, 일본 등 동아시아 [1-3]뿐만 아니라 인도 등 사과나무를 재배하는 중앙아시아에서도 흔히 발생하며 [4], 북미의 경우 1914년에 미국 위스콘신주 [5, 6]를 시작으로 1971년에는 캐나다 [7], 2000년대부터는 파나마, 브라질 등 남미에도 발생보고와 피해사례가 늘어나고 있다 [8, 9]. 유럽은 2003년 이탈리아에서 첫 발생이 보고된 이후 2010년부터 루마니아, 독일, 스위스, 오스트리아 등에서 점진적으로 피해 보고가 증가하고 있어 [10-13], 전 세계적으로 갈색무늬

병에 대한 생태와 방제방법에 대한 연구가 새롭게 주목을 받고 있다.

실제로, 사과 갈색무늬병에 대한 연구는 최초 미국과 일본에서 발생이 보고된 이후 오랫동안 이 질병에 대한 연구는 전무하였다 [3, 14]. 1974년 [1] 일본의 Harada가 사과 갈색무늬병균 완전세대 (*Diplocarpon mali*)를 최초로 기록한 이후, 1990년대 이르러 갈색무늬병의 초기감염에 있어 중요한 강우와 습도와 같은 환경적 요인이 밝혀지게 되었다 [15-18]. 2000년대 이후 benzimidazole 계통 살균제 thiophanate-methyl에 대해 갈색무늬병균의 약제 저항성 연구가 보고된 바 있다 [19]. 인도에서는 갈색무늬병 발생이 1997년 [4] 처음 보고된 이래, 살균제를 이용한 약제 방제 연구가 진행되었고 [20], 최근까지 살균제를 이용한 치료효과 및 예방효과에 적합한 살균제를 선발하는 연구가 진행되었다 [21]. 중국에서는 갈색무늬병균의 인공배양에 적합한 탄소원과 질소원을 선발하고 액체배양을 통한 배양법을 연구하였다 [22]. 이후, 사과 갈색무늬병 저항성과 감수성 품종을 선발하여 이들 품종에 대한 각종 특이유전자와 효소의 발현량을 비교하는 연구가 진행되었다 [23-25]. 최근에는 사과 갈색무늬병균 인공접종을 통한 감염과 세포학적 변화에 관한 연구와 [26], 사과 갈색무늬병균 유래의 스트레스 관련유전자 선발 등 연구가 진행되고 있다 [27]. 최근 스위스에서는 quantitative PCR (qPCR)법을 이용한 갈색무늬병 진단기술을 소개한 바 있다 [13].

Kor. J. Mycol. 2014 September, 42(3): 183-190  
http://dx.doi.org/10.4489/KJM.2014.42.3.183  
pISSN 0253-651X • eISSN 2383-5249  
© The Korean Society of Mycology

\*Corresponding author

E-mail: heeyoung@knu.ac.kr

Received September 29, 2014

Revised September 29, 2014

Accepted September 29, 2014

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

본 총설에는 사과 갈색무늬병에 대한 국내 연구동향과 국내산 갈색무늬병균의 생물적 특성에 대해 발생생태와 한국산 갈색무늬병균의 균학적 특성, 분리배양기술 및 후지 품종에서 주로 발생하고 있는 갈색무늬병 유사증상에 관한 내용을 종합적으로 기술하였다.

### 사과 갈색무늬병의 국내 연구동향

상술한 바와 같이, 2000년대 이후에 전 세계적으로 많은 나라에서 사과 갈색무늬병에 의한 피해가 보고되고 있고, 그에 따른 갈색무늬병의 균학적, 생태학적 특성, 살균제를 이용한 화학적 방제, 저항성 관련 특이유전자 및 효소 탐색 등의 연구가 진행되었다. 반면 우리나라에서는 1916년 갈색무늬병이 수원에서 처음으로 보고된 이후 1961년에 이르러 농촌진흥청 작물원예부에서 갈색무늬병 살균제 방제효과 시험을 수행하였다. 1971년에는 사과나무 낙엽병균들에 대한 분리, 동정 및 병원성 검정 등을 조사하여 갈색무늬병에 의한 피해가 큰 것으로 보고하였고, 1990년대까지 살균제 방제에 관한 연구가 지속적으로 수행되었고, 1995년 Uhm 등[28]에 의해 수출용 사과 살균제 살포력에서 사과 종합병해 방제와 함께 갈색무늬병의 방제에 대한 연구도 수행되었다. 국내 발생하는 사과갈색무늬병의 발생생태에 관한 연구는 1995년 처음 시작되어 분생포자의 포자비산 시기와 재배 품종별 발병률 등을 조사하였고, 갈색무늬병의 발병율이 높았던 품종을 홍옥>조나골드>세계일>후지>쓰가루 순으로 열거하였다[29]. 2000년대 초 우리나라에 발생하는 *Marssonina*속의 균학적 특징을 기술한 논문에서 갈색무늬병균 *Marssonina coronaria*의 균학적 특징을 기술하였다[30]. 2000년대 이후, 여름철 강우일수 증가 및 이상저온 등의 기후변화로 인해 갈색무늬병의 발병율이 높아져 사과 재배 농가에 경제적 피해가 증가되면서 본격적으로 살균제 살포체계 관한 연구가 활발히 진행되어 사과 주요병해 방제용 살균제의 살포체계가 개발되었다[31-34]. 2010년 이후부터 갈색무늬병균의 분리배양법 개선을 통해 한국산 갈색무늬병균의 형태학적·배양학적 특징과 분자계통학적 유연관계 분석 연구[35]가 진행되었고, 갈색무늬병 감염에 따른 '후지' 품종의 생육변화에 관한 연구도 진행되었다[36]. 이와 같이, 사과 갈색무늬병에 대한 국내 연구는 주로 약제 방제에 집중되어 있었고, 갈색무늬병균의 포자비산 및 연도별 발생추이 등 분석이 대다수이었지만, 갈색무늬병균의 분리기술 개선 이후부터 병원균 특성, 방제 및 진단기술 등 다양한 각도로 연구가 진행되고 있다.

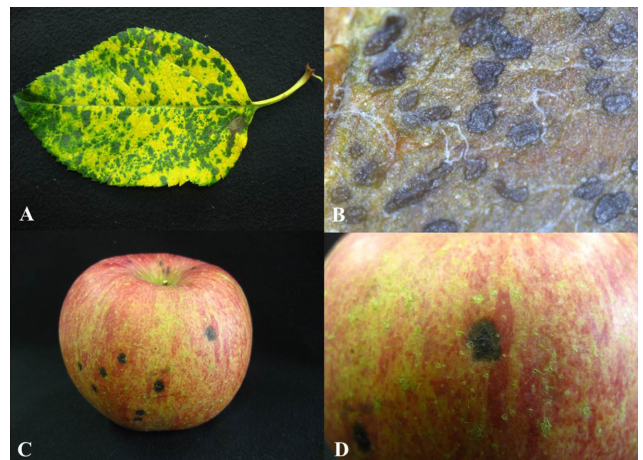
### 국내에 발생하는 사과 갈색무늬병의 발생생태와 그 원인균의 생활환

국내에 재배되고 있는 '후지' 품종에 발생하는 갈색무늬병은 대개 5-6월 사이 분생포자가 비산하여 다습한 기후조건에서 사과 잎에 감염되며, 약 2-6주간의 잠복기를 가진 후, 흑갈색의 분생포자층(Fig. 1A, 1B)을 점차적으로 형성

시킨다[35]. 병세가 진전될수록 병반부위는 녹색으로, 건전부위는 황색으로 탈색되어 blotch 모양을 형성하는 것이 특징이고, 발병 2~3주 후부터는 감염된 잎이 초기에 낙엽되어, 사과나무 수세 약화와 미성숙과를 생산하게 된다. 2012년 7~8월 이후까지 이어진 강우로 인해, 경북의 사과나무 재배 지역 중 약 45% 이상에서 갈색무늬병이 발병하였고, 이로 인해 과실에서도 갈색무늬병의 감염이 확인되어 과실의 상품성을 하락시켰다(Fig. 1C, 1D).

갈색무늬병의 발생생태를 1992년부터 1995년까지 경북 지역 5개소(군위, 안동, 영주, 영천, 청송)에서 조사한 갈색무늬병 발병 상황은 다음과 같다[29]. 갈색무늬병 발생은 6월부터 10월까지이며, 특히 강우량이 많고, 이상저온을 보인 1994년은 6월부터 조사된 과수원에서 80% 이상이 갈색무늬병에 감염되었다고 한다. 또한, 1995년에는 고온과 장마기간이 늦춰져 7월 이후 갈색무늬병 발생이 잦아져, 8월에는 50%, 9월 이후에 전 과수원이 갈색무늬병에 감염된 것으로 나타났다. 갈색무늬병의 포자비산 시기는 5월부터 주로 발생하여 과수원에 존재하여 사과 잎에 감염되는 것으로 조사되었다[29].

갈색무늬병의 발생생태를 다시 2011년부터 2013년까지 경상북도 5개 지역(군위, 김천, 청송, 영천, 문경)의 사과 재배농가를 대상으로 갈색무늬병 발생양상을 조사한 바에 의하면[37], 2011년과 2012년은 갈색무늬병 발생은 Uhm[2]에 의해 보고된 초발병일인 5월 하순부터 6월 초순에 비해 약 20일 가량 늦춰진 6월 20일 전후로 과수원에 산발적으로 발생하여 수확시기인 11월까지 지속적으로 과수원에 발생하는 것으로 나타났다. 갈색무늬병의 발생이 늦춰진 요인은 장마기간이 다소 늦춰진 것에 의한 것으로 나타났다[37]. 2013년도 이전 결과와 마찬가지로 갈색무늬병이 6월 하순부터 10월 하순까지 과수원에 존재하는 것으로 나타났다. 2011년부터 2013년까지 갈색무늬병 월별 발생생태는



**Fig. 1.** Symptoms of apple blotch disease caused by *Marssonina coronaria* (A: apple blotch on leaves, B: black small acervuli on leaves, C: fruit symptoms D: acervuli formed on surface of fruit).

다음과 같다. 6월 하순에 갈색무늬병의 전형적인 병징인 흑색소립 분생포자층이 극히 일부 나타났고(Fig. 2A), 약 3주간 동안의 잦은 강우로 인해 갈색무늬병 발생이 증가하고 황화증상을 동반한 조기 낙엽증상이 나타났다(Fig. 2B). 8월부터 다량의 분생포자층이 사과 잎 표면에 형성되고 분생포자를 생산하여, 주변 사과나무로의 2차 감염을 유발시켜 황화, 낙엽증상을 초래한다(Fig. 2C). 살균제 살포가 끝난 8월 하순 이후에도 갈색무늬병의 감염은 지속되고(Fig. 2D), 잎의 일부는 낙엽되었다. 갈색무늬병 병징은 10월 이후에도 과수원에 존재하였고(Fig. 2E), 12월부터 이듬해 1~3월까지 낙엽된 이병 잎에서 분생포자층과 분생포자가 계속적으로 발견되었다(Fig. 2F).

갈색무늬병이 발병이 많았던 2012년은 잦은 강우와 연속된 강우일수로 인해 경북지역의 약 40% 이상 과수원에서 갈색무늬병 발생이 보고되었다. 최근, 이상기후로 인해 장마기가 늦춰지거나, 집중호우 등의 영향으로 갈색무늬병의 발생에도 환경적 요인이 중요하게 작용하는 것으로 나타났다[37]. 국내의 사례를 살펴보면, 1993년의 경우에도 이상저온현상과 강우로 인해 9월 이후에 약 50%의 이병엽률을 보였다[29]. 또한, 1998년과 2003년의 경우, 5월부터 8월까지 약 60일간의 강우와 저온현상으로 인해 경북지역 80%

이상의 과수원에서 갈색무늬병이 발병한 것으로 Uhm[2]에 의해 보고된 바 있다. 국외의 사례를 살펴보면 갈색무늬병의 감염시기에 잦은 강우와 저온현상으로 갈색무늬병의 발생율이 높았던 것으로 이탈리아와 인도에서도 보고된 바 있다[10, 38].

국내에서 갈색무늬병균의 포자비산은 1990년대까지 5월부터 확인되었으나[29], 2000년대 이후부터 초기 비산시기가 빨라지는 것으로 Uhm[2]에 의해 보고된 바 있다. 2006년의 경우 초기 비산시기가 4월부터 관찰되었고, 이로 인해 갈색무늬병의 초발병일 역시 5월 초·중순까지 빨라지는 것으로 Uhm[2]에 의해 보고되었다. 이러한 결과는 2012년부터 사과갈색무늬병의 최초 감염을 진단하기 위해 개발된 광간섭 단층촬영기(optical coherence tomography, OCT)에 의한 갈색무늬병 조기진단 기술[39]에서도 확인되었으며, 전국적으로 조사를 실시했던 5월 초·중순에 이미 사과나무에 감염되어 있다는 것이 확인되어 포자비산 시기는 이보다 더 빠른 것으로 나타났다[40]. 갈색무늬병균 빠른 포자 비산시기는 1차 전염의 시기도 빨라지므로 이 시기가 방제에 중요한 시점으로 인식하여 Uhm[2]에 의해 살포시기를 앞당겨, 갈색무늬병 방제효과를 높인 사례도 보고된 바 있다.

우리나라에 발생하는 사과 갈색무늬병균의 생활환을 살펴보면, 5~6월 사이 월동하고 있던 갈색무늬병균이 1차 감염되어 사과 잎에서 2~6주간의 잠복기를 가진다. 이 후 감염된 사과 잎의 황화와 blotch 형태의 병징이 발현하고 잎이 낙엽이 되거나 이병 잎에 형성된 분생포자들이 2차 전염원이 된다. 7~8월 장마기간 동안 건전한 사과 잎에 2차 감염을 일으키고, 감염된 사과 잎은 11월까지 과수원에 존재한다. 11월부터 자연스럽게 낙엽된 사과 잎에는 분생포자층 상태로 월동하여 이듬해 3~4월까지 분생포자만이 관찰되고 자낭세대는 발견되지 않았다[37]. 이는 1970년대 일본에서 보고한 갈색무늬병균이 120~220  $\mu\text{m}$ 의 자낭반을 형성하고 23~33 $\times$ 5~6  $\mu\text{m}$ 의 자낭포자를 형성하여 월동하고 1차 전염원이 된다는 보고와는 상이하다[1]. 국내 갈색무늬병이 발생하는 대다수 과수원에서는 자낭포자 세대가 발견되지 않은 것으로 보아 우리나라의 갈색무늬병은 대부분의 1차 전염원이 분생포자에 의한 것으로 보인다.

따라서, 한국산 사과 갈색무늬병균은 전년도 병든 잎에서 분생포자 형태로 월동, 1차 전염원이 되어 사과 잎에 최초 감염하며, 이후에는 분생포자층을 형성하여 다량의 분생포자를 형성하여 2차 전염원이 되며 이러한 생활환(Fig. 3)을 지속해 나가고 있는 것으로 사료된다[37].

#### 사과 갈색무늬병균 형태학적 · 배양학적 특징과 난배양성 곰팡이 분리배양 기술

한국산 사과 갈색무늬병균의 분생포자는 무색의 2개의 세포로 구성되어 있고, 한 세포는 원형에 가깝고 다른 한 세포는 끝이 가늘어지는 장타원형의 형태를 띈다(Fig. 4A).



**Fig. 2.** Apple blotch disease symptoms on apple cultivar 'Fuji' observed in field (A: black small acervuli observed on leaves in June, B: acervuli spread on leaves and formed brown spots in July, C: after rainy season, symptoms were turned severely, D: all leaves showed apple blotch symptoms and fall leaves, E: apple blotch symptoms observed in October, F: acervuli were remained overwintered leaves).

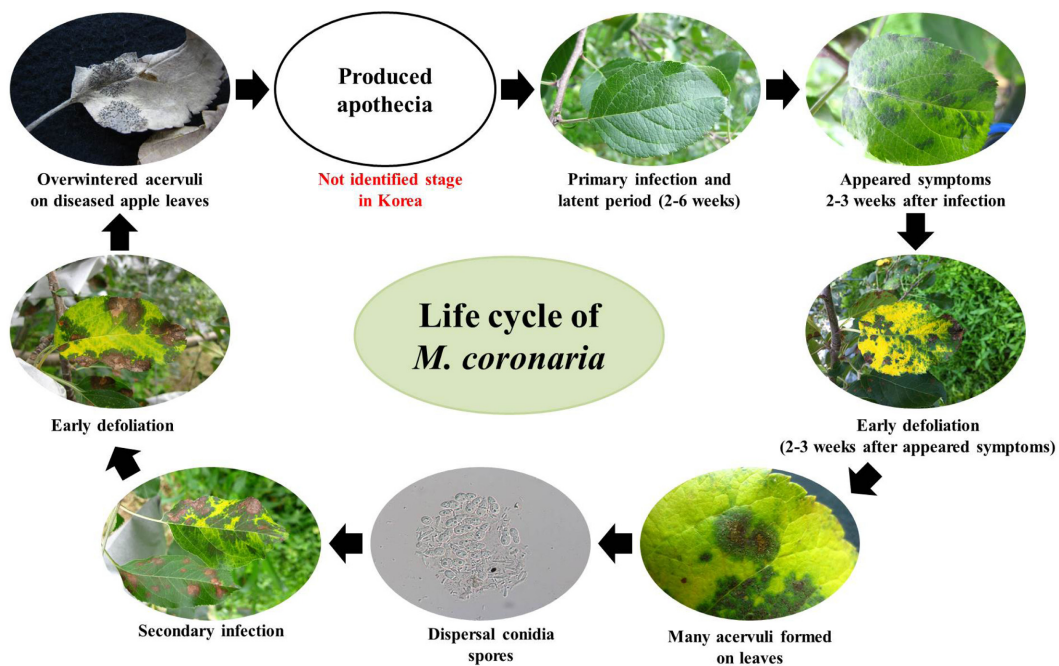


Fig. 3. Life cycle of *Marssonina coronaria* causing apple blotch disease in Korea.

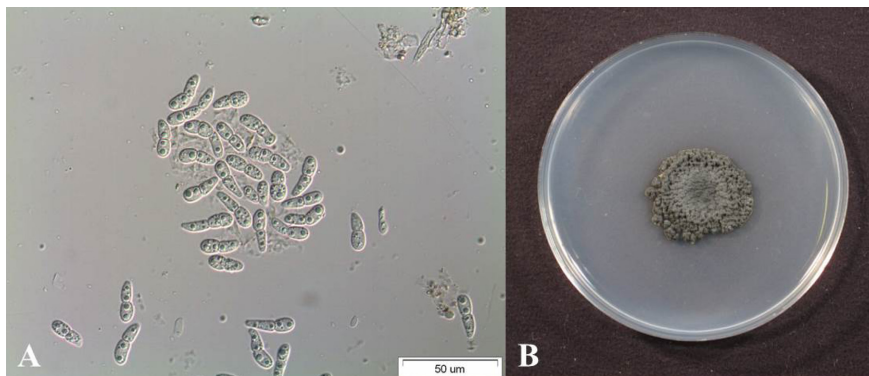


Fig. 4. Morphological characteristics of *M. coronaria* isolated from apple leaves (A: massive conidia, B: pure culture on PDA medium after 50 days).

갈색무늬병균 분생포자 크기는  $12\sim 20\times 4\sim 6\ \mu\text{m}$ 이며, PDA 평판배지상에 흑색 균체를 형성하며 그 배양속도가 매우 느리다(Fig. 4B). 이러한 갈색무늬병균의 형태학적 특징은 2000년대 한국에서 Lee 등[41]에 보고된 갈색무늬병균 분생포자( $15\sim 25(\sim 30)\times 5\sim 8(\sim 10)\ \mu\text{m}$ )보다 크기가 다소 작으나 형태학적 특징이 대부분 일치하며, 일본에서 보고한 갈색무늬병균 분생포자( $20\sim 24\times 6.5\sim 8.5\ \mu\text{m}$ )와도 대부분 일치하고 있어, 이미 전 세계적으로 보고되어 있는 사과갈색무늬병균 *Marssonina coronaria*와 형태학적으로 동일하였다[1, 41].

갈색무늬병균은 peptone을 첨가한 PDA 고체배지에서 생장이 우수한 것으로 보고되었고, 이는 우리나라와 중국의 배양학적 특징 연구결과가 매우 일치한다[22, 35, 37]. 갈색

무늬병균의 최적 균체생장을 위해 탄소원, 질소원, 비타민 등 다양한 영양성분을 이용하여 균체 성장량을 측정하였으나, 모두 peptone보다 균체 성장량이 적은 것으로 보고하였다[35]. 또한, Lee[35] 등의 연구결과에 따르면 갈색무늬병균을 PDB 액체배지와 peptone을 첨가한 액체배지(PPDB)에 배양했을 때, PDA 고체배지나 peptone을 첨가한 고체배지(PPDA)에 배양했을 때보다 균체성장량이 더 우수한 것으로 보고하였다. 또한, 본 논문에 따르면 한국산 갈색무늬병의 최적 생장조건은 pH 6 배양배지 산도와 최적 생육온이  $20^{\circ}\text{C}$ 로 보고하고 있다. Zhao 등[22]에 따르면 사과갈색무늬병균의 균사생장이 우수한 배지로 carrot sucrose broth(CSB), potato and carrot dextrose broth(PCDB), potato and carrot sucrose broth(PCSB)가 있으며, 분생포자의



실제로 사과 갈색무늬병균의 근연종인 장미 검은무늬병균 (*Diplocarpon rosae*)에도 적용이 가능하다[37].

#### 한국산 사과 갈색무늬병균의 분자계통학적 유연관계

전 세계적으로 *Marssonina*속의 유전자 정보는 거의 밝혀진 바 없으며, 2012년 포플러 잎떨림병균 *Marssonina brunnea*의 genome 정보가 해독[42]되었지만, 여전히 유전자 정보가 ITS 영역, 28S rDNA 영역으로 한정적이다. 우리나라에서 발생하는 사과갈색무늬병균의 ITS영역 염기서열을 이용하여 분자계통학적 유연관계를 분석하였다(Fig. 5). 총 26종의 한국산 사과갈색무늬병균과 2종의 중국산 갈색무늬병균의 ITS영역 염기서열 상동성은 지역에 상관없이 99.2~100%으로 상동성이 매우 높았고, 한국산 균주와 중국산 균주는 모두 동일한 계통의 *Marssonina coronariae*로 동정되었다. 하지만 일본산 균주 *Diplocarpon mali*와는 다른 클러스터를 형성하였다. 이러한 결과는 앞선 Lee등[35]과 Back[37]의 갈색무늬병균 분자계통학적 유연관계 분석결과와도 매우 일치한다. 현재, 한국산 갈색무늬병균에 대한 ITS영역 염기서열 분석이 다수 진행되었으며, 특히 중국과 일본의 갈색무늬병균이 유전자정보만이 한정적으로 보고되어 있다.

한국산 사과 갈색무늬병균 20종의 28S rDNA 영역 염기서열 분석결과를 이용한 분자계통학적 유연관계 분석에서도 ITS영역 유연관계 분석과 동일하게 중국산 갈색무늬병균과 동일계통으로 나타났고, 이 영역에서도 국내산 갈색무늬병균은 모두 동일계통으로 나타났다. 이러한 결과도 선행 연구결과와 일치한다[37]. 하지만 앞서 언급한 바와 같이 미국 국립생물공학정보센터(NCBI)에 등록된 갈색무늬병균의 28S rDNA 염기서열이 국내와 중국에서 보고된 것이 전부이므로 여러 국가에서 발생하는 사과 갈색무늬병균 분리균주와 비교가 불가능하였다. 최근 갈색무늬병균의  $\beta$ -

tubulin 유전자 염기서열을 이용한 상동성 비교에서도 한국산 갈색무늬병균간에 99.2~100%의 높은 상동성을 보였으며, 계통학적 유연관계 연구도 시도되고 있다[37]. 하지만 갈색무늬병균의 분리균주가 한국산으로 한정되어 있고, 전 세계적으로 갈색무늬병균의 유전자 정보가 부족하여 계통학적 유연관계를 알아보기엔 어려움이 있다. 그러므로, 향후 다양한 국가에서 발생하는 사과 갈색무늬병균 균주를 수집하여, 다양한 곰팡이 동정용 분자마커를 이용하여 갈색무늬병균의 계통학적 유연관계 해석이 필요하다.

#### 사과 갈색무늬병 유사증상 발생

2010년 이후부터는 사과 갈색무늬병의 발병시기에 갈색무늬병과 유사한 갈색무늬병 유사병징이 발생하여 사과재배 농가에서 많은 문제가 되고 있다. 이 유사병징(Fig. 6A, 6B)은 황화 후 낙엽되며, 과수원에서 산발적으로 발생하며 그 증상이 갈색무늬병(Fig. 6C, 6D)과 유사하였고 이로 인해 사과 재배농가에 혼란을 야기시켜 과도한 살균제 살포도 행해지고 있다. 2010년도 이후부터 이 유사증상에 대해 국내에서는 점무늬낙엽병의 또 다른 병징이라 일컬어 급성 점무늬낙엽병으로 부르기도 하였다.

우리나라 사과나무에서 앞에 발생하는 병해는 갈색 원형 반점모양의 점무늬낙엽병(*alternaria leaf spot*, *Alternaria mali*), 사과 잎에 유문을 형성하며 병반이 커지는 잿빛곰팡이병(gray mold, *Botrytis cinerea*), 황색의 병반과 잎 뒷면에 녹포자기를 형성하는 붉은별무늬병(rust, *Gymnosporangium yamadae*), 사과 잎 표면에 백색 가루를 뿌른 듯한 흰가루병(powdery mildew, *Podosphaeria leucotricha*) 등이 보고되어 있으나[2], 이들 병해는 갈색무늬병 유사증상과 병반 형태에서 차이를 보인다.

갈색무늬병 유사증상과 갈색무늬병 감염 잎의 병징을 자

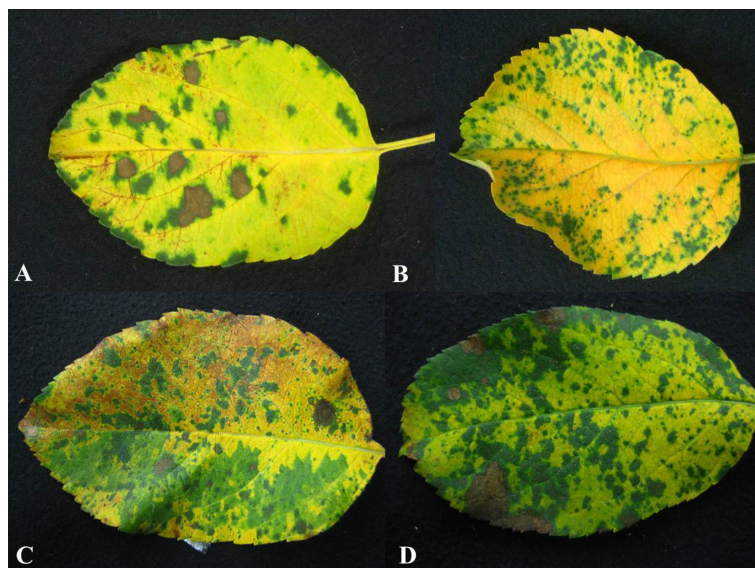


Fig. 6. Difference of apple blotch like symptoms (A, B) and apple blotch disease (C, D) in Korea.

세히 살펴보면, 갈색무늬병 감염 잎은 갈색무늬병균의 분생포자층이 관찰되지만, 유사증상의 경우 사과 잎 표면이 매끈한 특징을 가지고 있다. 또한, 갈색무늬병 유사증상은 발생 후 일정 시일이 지나면 자연소멸하고, 주변 나무로 2차 감염 등의 증상을 보이지 않는 것이 특징이다. 국외에서는 ‘Golden delicious’ 품종에 발생하는 이상 점무늬증상에 대해 leaf spot, leaf drop, necrotic leaf blotch 등으로 보고하고 있으나[43, 44], 국내에 발생하는 갈색무늬병 유사증상과 그 증상에서 차이가 있다. 이들은 이상 점무늬증상에 대해 대목, 기후변화, 토양, 영양분 등에 의한 생리적 장애로 판단하거나[43], 곰팡이, 세균 등 식물병원체에 의한 것이 아니지만 그 원인을 밝혀내진 못하였다고 기술하고 있다[44]. 국내에서는 현재 이러한 갈색무늬병 유사증상의 원인을 밝히고자 갈색무늬병 감염 잎과 유사증상 잎의 조직 내부를 차이를 검정하였다. 갈색무늬병 감염 잎의 경우, 사과 잎 표면의 분생포자층을 형성하고 내부로 균사조직이 관찰된 반면 갈색무늬병 유사증상은 조직 내부에 병원체는 관찰되지 않고, 건전 사과잎의 조직 내부와 유사하였다. 따라서, 국내에 발생하는 갈색무늬병 유사증상은 갈색무늬병에 의한 것이 아닌 것으로 보고되었다. 향후 갈색무늬병 유사증상에 대한 원인을 밝힐 추가적인 연구가 필요하다.

## 적 요

사과 갈색무늬병은 최근 우리나라 사과 과수원에 심각한 경제적 피해를 입히는 질병이다. 본 총설에서는 우리나라에서의 사과 갈색무늬병 연구역사와 갈색무늬병의 발생 생태, 병원균의 생활환, 그들의 형태학적, 배양학적, 유전학적 특징 및 분리배양 기법에 대해 종합적으로 기술하였다. 또한, 후지 품종에 빈번히 발생하는 원인미상의 갈색무늬병 유사증상에 대한 특징도 상술하였다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구과제(과제번호: PJ01048103 2014)의 연구비로 수행된 결과이며, 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Harada Y, Sawamura K, Konno K. *Diplocarpon mali* sp. nov., the perfect state of apple blotch fungus *Marssonina coronaria*. Ann Phytopathol Soc Jpn 1974;40:412-8.
- Uhm JY. 2010. Reduced fungicide spray program for major apple diseases Korea. Korea: Culture and Horticulture Press; 2010.
- Huang Y. Overwintering characteristics of *Marssonina coronaria* (Ell. et Davis) Davis. J Southwest Forestry College 1986; 1:60-5.
- Sharma JN, Gautam DR. Studies on premature leaf fall in apple: A new problem. Indian J Plant Prot 1997;25:8-12.
- Davis JJ. A provisional list of parasitic fungi of Wisconsin. Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Lett 1903;14:83-106.
- Davis JJ. Third supplementary list of parasitic fungi of Wisconsin. Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Lett 1914; 14:846-984.
- Parmelee JA. *Marssonina* leafspot of apple. Can Plant Dis Surv 1971;57:91-2.
- Kretzschmar AA, Marodin GAB, Duarte V. Occurrence and intensity of *Marssonina mali* on apple cv. *Eva* in the central basin of Rio Grande Do Sul state. Rev Cienc Agrovet Lages 2005;4:145-7.
- Piepenbring M, Camarena J, Cruz D, Gomez AK, Guerrero Y, Hofmann TA, Kirschner R, de Matas M, Perez L, Rodriguez D, Ureta J, Vargas I, Williams C. New records of pathogenic fungi on cultivated plants in Panama. Mycotaxon 2011; 115:534-5.
- Tamietti G, Matta A. First report of leaf blotch caused by *Marssonina coronaria* on apple in Italy. Plant Dis 2003;87: 1005.
- Persen U, Steffek R, Freiding C, Bedlan G. First report of *Diplocarpon mali* on *Malus domestica* in Austria. J fr Kulturpflanzen 2012;64:168-70.
- Lindner L. Die *Marssonina*-Blattfleckenkrankheit jetzt auch in Sdtirol Obst und Weinbau 2012;49:66-8.
- Oberhnsli T, Vorley T, Tamm L, Schrer HJ. Development of a quantitative PCR for improved detection of *Marssonina coronaria* in field samples. In: Proceeding of the 16th International Conference on Organic Fruit-Growing Conference; 2014 Feb 17-19; Hohenheim, Germany; Foedergemeinschaft Oekologischer Obstbau e.V.; 2014. p. 187-90.
- Miyake I. On some fungus diseases of our useful plants. Bot Mag 1907;21:39-44.
- Nakatani F, Hoshi N. Effect of temperature on incidence of apple blotch disease caused by *Diplocarpon mali* Harada et Sawamura. Ann Rept Plant Prot North Japan 1999;50:89-91.
- Nakatani F, Hoshi N. Susceptibility of mature leaves of apple varieties to apple blotch disease caused by *Diplocarpon mali* Harada et Sawamura. Ann Rept Plant Prot North Japan 1999; 50:85-8.
- Suzaki K, Yoshida K. Fungicide spraying during ascospore discharge by the causal fungus of apple blotch (*Diplocarpon mali*) suppresses development of the disease. Ann Rept Plant Prot North Japan 2002;53:115-7.
- Kanno E, Ogata T. Ascospore dissemination of apple blotch (*Diplocarpon mali*) and optimal timing of fungicide application in Fukushima prefecture. Ann Rept Plant Prot North Japan 2004;55:95-8.
- Tanaka S, Kamegawa N, Ito SI, Kameya-Iwaki M. Detection of thiophanate-methyl-resistant strains in *Diplocarpon mali*, causal fungus of apple blotch. J Gen Plant Pathol 2000;66:82-5.
- Sharma JN, Sharma PK, Sharma A. Studies on epidemiology and management of *Marssonina* blotch, the cause of premature leaf fall in apple. In: Sharma R, Sharma JN editors. Jodhpur, India: Scientific press; 2005. p. 1-7.
- Kumar A, Sharma JN. Monitored control of *Marssonina* blotch of apple caused by *Marssonina coronaria*. Indian Phytopathol 2014;67:70-6.
- Zhao H, Huang L, Xiao CL, Liu J, Wei J, Gao X. Influence of culture media and environmental factors on mycelial growth

- and conidial production of *Diplocarpon mali*. Lett Appl Microbiol 2010;50:639-44.
23. Yin L, Zou Y, Ke X, Liang D, Du X, Zhao Y, Zhang Q, Ma F. Phenolic responses of resistant and susceptible *Malus* plants induced by *Diplocarpon mali*. Sci Horti-Amsterdam 2013; 164:17-23.
  24. Yin L, Zou Y, Li M, Ke X, Li C, Liang D, Ma F. Resistance of *Malus* plants to *Diplocarpon mali* infection is associated with the antioxidant system and defense signaling pathways. Physiol Mol Plant P 2013;84:146-52.
  25. Li Y, Hirst PM, Wan Y, Liu Y, Zhou Q, Gao H, Guo Y, Zhao Z, Wang L, Han M. Resistance to *Marssonina coronaria* and *Alternaria alternata* apple pathotype in the major apple cultivars and rootstocks used in China. Hort Science 2012;47: 1241-4.
  26. Zhao H, Han Q, Wang J, Gao X, Xiao CL, Liu J, Huang L. Cytology of infection of apple leaves by *Diplocarpon mali*. Eur J Plant Pathol 2013;136:41-9.
  27. Li M, Xu J, Qiu Z, Zhang J, Ma F, Zhang J. Screening and identification of resistance related proteins from apple leaves inoculated with *Marssonina coronaria* (Eil. & JJ Davis). Proteome Sci 2014;12:7
  28. Uhm JY, Lee DH, Lee SK. Development of fungicide spray program for the apples to be exported to the United States of America. Kor J Plant Pathol 1995;11:17-29.
  29. Kim DA, Lee SW, Lee JT. Ecology of *Marssonina* blotch caused by *Diplocarpon mali* on apple tree in Kyungpook, Korea. Agric Res Bull Kyungpook Natl Univ 1998;16:84-95.
  30. Lee HT, Shin HD. Taxonomic studies on the genus *Marssonina* in Korea. Mycobiology 2000;28:1:39-46.
  31. Lee DH, Lee SW, Choi KH, Kim DA, Uhm JY. Survey on the occurrence of apple disease in Korea from 1992 to 2000. Plant Pathology J 2006;22:375-80.
  32. Lee SW, Lee DH, Chio KH, Kim DA. A report on current management of major apple pests based on census data from farmers. Kor J Horti Sci 2007;25:196-203.
  33. Lee DH, Shin HC, Cho RH, Uhm JY. Reducing fungicide spray frequency for major apple diseases by increasing the spray interval from 15 to 25 days. Plant Pathology J 2009;25:270-9.
  34. Cho JY. Assessment of control efficacy of fungicides comprised of current spraying program for apple against *Marssonina* blotch [dissertation]. Kyungpook National University; 2009.
  35. Lee DH, Back CG, Win NKK, Choi KH, Kim KM, Kang IK, Choi C, Yoon TM, Uhm JY, Jung HY. Biological characterization of *Marssonina coronaria* associated with apple blotch disease. Mycobiology 2011;39:200-5.
  36. Sagong DH, Kweon HJ, Song YY, Park MY, Nam JC, Kang SB, Lee SG. Influence of defoliation by *Marssonina* blotch on vegetative growth and fruit quality in 'Fuji'/M.9 apple tree. Kor J Hort Sci Technol 2012;29:531-8.
  37. Back CG. Biological characterization and diagnostic methods of *Marssonina coronaria* causing apple blotch disease in Korea [dissertation]. Kyungpook National University; 2014.
  38. Sharma JN, Sharma A, Sharma P. Out-break of *Marssonina* blotch in warmer climates causing premature leaf fall problem of apple and its management. Acta Horti 2004;662: 405-9.
  39. Lee CH, Lee SY, Jung HY, Kim JH. The application of optical coherence tomography in the diagnosis of *Marssonina* blotch in apple leaves. J Opt Soc Korea 2012;16:133-40.
  40. Lee SY, Lee CH, Back CG, Son HJ, Kim GW, Woo H, Yoon TM, Kim JH, Jung HY. Early diagnosis method for *Marssonina* blotch using OCT and application at apple orchards in 2013. In: proceeding of International meeting of the federation of Korean microbiological societies; 2013 Oct 17-18; Seoul, Korea. Seoul: The Federation of Korean Microbiological Societies; 2013. p. 86.
  41. Lee HT, Shin HD. Taxonomic studies on the genus *Marssonina* in Korea. Mycobiology 2000;28:1:39-46.
  42. Zhu S, Cao YZ, Jiang C, Tan BY, Wang Z, Feng S, Zhou Y. Sequencing the genome of *Marssonina brunnea* reveals fungus-poplar co-evolution. BMC genomics 2012;13:382.
  43. Jonkers H. Review on leaf spot and leaf drop: A physiological disorder of the 'Golden Delicious' apple. Scientia Horti 1973; 1:231-7.
  44. Ellis MA. Necrotic Leaf Blotch of Golden Delicious Apples. The Ohio State University Extension Fact Sheet HYG 2008; 3204:8.
  45. Lee SY, Back CG, Kang IK, Yoon TM, Uhm JY, Jung HY. Differentiation of apple blotch diseased and apple blotch like symptom leaves based on outer and inner structural characteristics. In: proceeding of 2014 KSPP spring meeting; 2014 Apr 24-25; Andong, Korea. Suwon: The Korean Society of Plant Pathology; 2014. p. 67.