

육묘장에서 딸기탄저병의 1차전염원

김승한* · 김동근 · 윤재탁 · 최성국 · 이준탁¹
경상북도농업기술원, ¹경북대학교 농생물학과

Primary Inoculum of Strawberry Anthracnose in Nursing Field

Seung-Han Kim*, Dong-Geun Kim, Sung-Gook Choi, Jae-Tak Yoon and Joon-Tak Lee¹

Kyungbuk Agricultural Technology Administration, Daegu 702-320, Korea

¹Department of Agricultural biology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

(Received on September 27, 2002)

This experiment was carried out to investigate the primary inoculum of strawberry anthracnose in nursery field. The pathogen, *Colletotrichum gloeosporioides* was not detected in soil and weeds of nursery field but symptom of anthracnose was developed in mother plants collected from market after incubation in humid chamber. The symptom of anthracnose was expressed in the strawberry plant that reserved for 17 days in field after inoculation by spore suspension but was not observed thereafter. When inoculated leaves were observed by SEM, only appressoria were observed 7 days after inoculation. So, it is guessed that dissemination of *Colletotrichum* sp. into nursery field will be by contamination of mother plants, and diagnosis by naked eyes may be impossible because symptom will be not developed if environment is to be adequate to penetration and in case of imperfect penetration after germination, the pathogen remains appressorium to achieve penetration.

Keywords : anthracnose, mother plant, primary inoculum

경북의 딸기 주산지인 고령, 경주 등지에서 딸기묘에 고사현상이 발생하여 김 등(1992)이 조사한 결과, 딸기 탄저병으로 밝혀졌다. 이 병은 본포에 정식된 딸기묘가 고사됨에 따라 막대한 경제적 손실을 초래하는 딸기의 심각한 병해중의 하나이다. 일본에서는 딸기 육묘중에 탄저병이 100%까지도 발병되는 것으로 보고되어 있고(岡山, 1994), 우리나라에서는 딸기 주산단지에서 탄저병이 36.9% 정도 발생하며, 7~9월에 가장 심하게 발생된다고 하였다(김과 남, 1999). 딸기 재배농가에서 탄저병 등의 병해 예방을 위하여 저습지를 피하고, 딸기가 장기간 연작재배되지 않은 포장에 육안적으로 건전한 딸기묘를 정식하고, 육묘기간중에 수확에 걸쳐 살균제를 살포하고 있으나 탄저병은 육묘포에서 매년 발생하여 큰 피해를 주고 있다. 그러므로 육묘포에서 발생하는 딸기탄저병을 방제하기 위해서는 병원균의 전염과정을 밝혀 육묘포로의 전염을 근

본적으로 차단하는 것이 가장 중요하다고 생각할 수 있다. 육묘포로 딸기탄저병균이 전파될 수 있는 경로는 세 가지로 생각할 수 있는데, 첫째는 묘를 육묘하기 위해 심겨지는 모주가 탄저병균에 오염되어 있는 경우, 둘째는 탄저병균이 포장주변의 작물이나 잡초에서 월동한 후 육묘포로 전파될 가능성, 셋째는 육묘포로 이용하는 포장의 토양이 탄저병균에 의해 오염되어 있을 경우이다. 따라서 본 시험은 육묘포에 발생하는 탄저병의 1차전염원을 밝히기 위해 수행한 결과를 보고한다.

재료 및 방법

육묘포 토양에서 탄저병균 검출. 육묘포의 토양중 탄저병균의 존재여부를 조사하기 위해 딸기묘가 육묘되고 있는 5개의 육묘포를 선정하고 정식직후(5월 중순)와 육묘중기(7월 중순) 2회에 걸쳐 육묘포에서 채취한 토양시료를 탄저병균의 검출에 사용하였다. 토양시료는 각 포장당 5개 지점에서 채취하여 포장별로 혼합하고 20 mesh의 체로 걸러 병원균의 분리에 사용하였다. 토양중에서 탄저

*Corresponding author
Phone)+82-53-320-0234, FAX)+82-53-321-7730
E-mail)kshan1@naver.com

병균의 검출은 Watanabe(1994)의 방법을 변형하여 사용하였는데 토양 1 g을 10 ml의 살균수에 넣고 각각 100, 1,000, 10,000배로 희석하여 penicillin-G, streptomycin-S, ampicillin을 각각 200 ppm씩 첨가한 감자한천배지(PDA)의 표면에 500 μ l씩 분주하여 골고루 분산시킨 후 25°C 항온기에서 배양하였다. 배양중 탄저병균으로 생각되는 균총이 출현하였을 때 균총의 가장자리를 떼내어 새로운 PDA배지에 옮기고 5일간 배양후 형성된 포자를 관찰하여 탄저병균 여부를 판단하였다.

육묘포 주변 잡초에서 탄저병균 조사. 탄저병균이 육묘포 주변의 식물체에서 월동후 육묘포로 전파될 가능성이 있으므로 주변 잡초에서 탄저병균이 감염되었는지 조사하기 위하여 토양의 채취시기와 동일한 시기(5월 중, 7월 중순)에 딸기육묘포 주변의 발두령에 자생하는 잡초류를 대상으로 잎이나 줄기에서 탄저병으로 생각되는 병반이 나타난 잡초를 채집하여 현미경으로 병반표면에 형성된 포자를 관찰하거나 분리배양하여 탄저병균의 감염 여부를 조사하였다. 병반에서 병원균의 분리배양은 70% 알콜과 1% 차아염소산나트륨으로 병반의 조직을 표면살균 후 PDA배지에 치상하고, 28°C의 항온기에 넣어 배양한 후 병원균을 분리배양하여 탄저병균의 감염 여부를 조사하였다. 또 육묘포 주변의 건전한 잡초를 무작위로 채집한 후 실험실내에서 습실처리된 용기에 담아 25°C 항온기에 5일간 두었다가 탄저병균의 잠복감염 여부를 조사하였다.

모주의 탄저병 오염. 육묘용 모주에 탄저병균이 잠복 감염되어 있는지 알아보기 위해 2002년 5월 모주용으로 시판되는 여흥, 육보, 도치오도메, 장희 등 4개 품종의 딸기묘를 고령지역에서 각 100주씩 구입하여 탄저병균의 감염을 조사하였다. 조사는 뿌리표면의 흙, 식물체의 지상부 및 지하부로 구분하여 조사하였다. 뿌리의 흙은 살균된 용기에 따로 모아 위의 방법으로 탄저병균의 밀도를 조사하였으며, 식물체는 토양과 접촉되는 부분(crown)을 중심으로 지하부와 지상부의 두 부분으로 나누어 각각 비닐봉지에 담은 후 증류수를 식물체의 표면에 분무하고 입구를 밀봉하여 실온에 7일간 두었다가 식물체의 표면에 나타나는 탄저병의 발생을 조사하여 모주에 대한 탄저병 오염 가부를 조사하였다.

육묘방법에 따른 발병. 모주의 감염 여부에 따른 육묘포의 탄저병 발생양상을 알아보기 위해 탄저병이 발생된 묘와 발생되지 않는 묘로 구분하여 1999년부터 2년 동안 조사하였다. 1999년에는 약 0.5%정도 발병된 포장의 묘(품종 : 여흥)를 모주로 하여 노지육묘와 비가림육묘하였다. 노지육묘포는 1998년 고추재배 후 마늘을 재배하였

으며 딸기는 한번도 재배되지 않았던 포장이었다. 비가림 육묘포는 철골 골조의 윗부분이 비닐로 피복되어 있고 측창부분은 개방되어 있는 형태의 비닐하우스이며 1년간 딸기시험을 수행한 포장으로서 재배기간 중 탄저병이 1% 정도 발생을 하였던 포장이었다. 2000년에는 탄저병 발생이 전혀 없어 건전하다고 판단된 묘(품종 : 육보)를 위와 같은 방법으로 정식하였다. 정식은 5월경 각 포장에 200포기씩 심은 후 9월에 발병정도를 조사하였으며, 재배기간동안 농약은 살포하지 않았다.

접종 후 시간별 포자 관찰. 탄저병균이 식물체에 부착되어 있을 경우, 발아는 하였으나 침입을 하지 못하였을 때 병원균의 존재양상을 조사하기 위해 실험하였다. 고령지역의 딸기(품종: 여흥)에서 분리한 *Colletotrichum gloeosporioides*의 S9912균주를 실험에 사용하였다. PDA배지에 S9912균주를 배양하여 포자를 형성시킨 후 살균수로 수거하고 4겹의 거즈로 걸러 10⁶~10⁷/ml농도의 포자현탁액으로 만들었다. 이 포자현탁액을 포트에 심겨진 육보 품종의 딸기식물체에 분무접종하여 노지에서 관리하면서 접종 1, 3, 7일 후에 잎을 채취하여 잎표면의 포자를 관찰하였다. 채취한 잎은 5×5 mm 정도의 크기로 절편을 만들어 6~7 Pa의 압력으로 120초 동안 3회 Gold coating(SC7620 Sputter Coater, VG Microtech)한 후 주사 전자현미경(LEO1450VP, Carl Zeiss)으로 관찰하였다.

접종후 시간별 발병. 식물체에 부착되어 있는 탄저병균이 육묘기의 환경에서 병징 발현없이 생존할 수 있는 기간을 조사하기 위해 딸기(품종: 육보)를 시판용 상토(바록)를 넣은 지름 12 cm의 포트에 심어 2개월간 온실에 재배하여 탄저병에 감염되지 않은 건진주로 확인한 후 실험에 사용하였다. 식물체 중 20포기에는 위의 방법으로 조제된 탄저병균 포자현탁액을 분무접종하였고, 나머지 20포기는 대조구로 하여 증류수를 분무처리하였다. 처리된 딸기는 하루중 오후에 4~5시간 정도 햇빛을 받을 수 있고, 강우에 노출되지 않는 노지에 두고 관리하였으며, 접종후 3일 간격으로 접종구와 대조구에서 각각 2포기씩의 지상부를 채취하여 습실처리된 용기에 넣고 25°C 항온기에 5일간 두었다가 탄저병의 발병유무를 관찰하였다. 시료의 채취는 습실처리하여도 발병이 되지 않을 때까지 계속하였다.

결과 및 고찰

토양 및 잡초에서 탄저병균 검출. 육묘포 토양에서 *Rhizopus* sp., *Fusarium* sp. 등의 균이 주로 분리되었으며 탄저병균은 분리되지 않았다. 탄저병균은 지역에 따라 토

Table 1. Latent infection of anthracnose of strawberry mother plants

Cultivar.	Surveyed plants (No.)	Infected plants(No.)			Rate (%)
		Crown	Petiol	leaf	
Reiko	100	0	0	0	0
Red pearl	100	1	0	0	1
Akihime	100	2	0	0	2
Dochiotome	100	1	0	0	1

양에서 98일(Legard 등, 2001)에서 9개월(Eastburn and Gubler, 1990)까지 생존한다고 보고되어 있는데 국내의 경우, 대부분 논에서 연작을 피하여 육묘하기 때문에 토양을 통한 탄저병균의 전염은 불가능할 것으로 생각된다. Howard 등(1992)은 *Duchesnea indica*, *Potentilla canadensis* 등이 탄저병에 감염된다고 하였으나 본 시험의 경우 딸기육묘포 부근에서 *Acalypha australis*(개풀), *Centipeda minima*(중대가리풀), *Lindernia procumbens*(발뚝외풀), *Ixeris dentata*(씀바귀), *Erigeron annuus*(개망초), *Artemisia princeps*(쑥), *Capsella bursa-pastoris*(냉이) 등 7종을 채집할 수 있었으며, *Duchesnea indica*와 *Potentilla canadensis*는 조사한 육묘포에서는 발견할 수 없었다. 이들 잡초를 대상으로 탄저병균 감염여부를 조사하였을 때 탄저병이 검출되지 않았고 농가 대부분이 논두렁에 제초제를 살포함에 따라 잡초의 발생빈도가 극히 낮아 잡초에 의한 탄저병균의 전염이 이루어질 가능성은 거의 없는 것으로 판단된다.

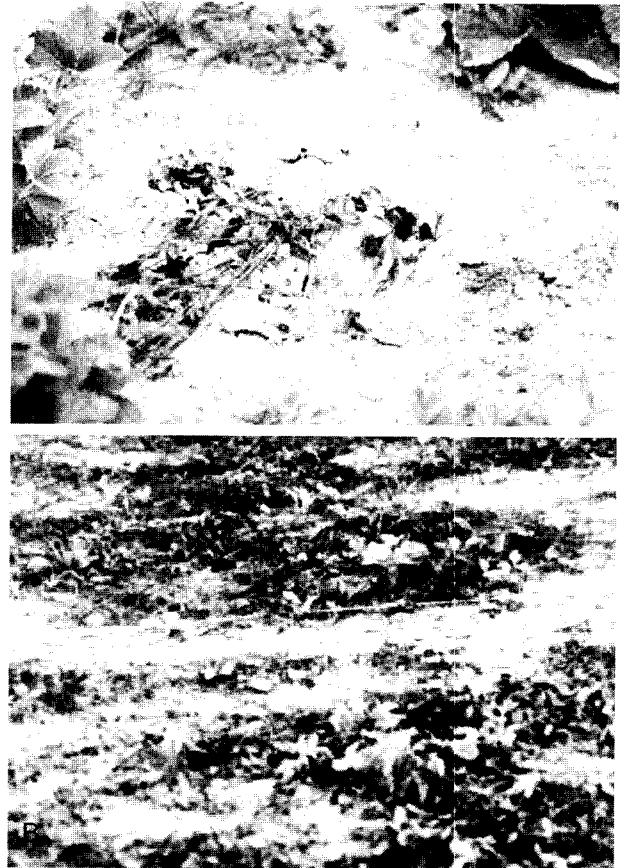
모주의 탄저병 오염정도. 탄저병 이병조사를 위해 구입한 모주 모두 육안으로 반점이나 시들음 등의 병징은 전혀 관찰할 수 없어 외관상 건전하다고 판단할 수 있었다. 모주의 뿌리주변의 토양과 뿌리부위에서는 병반을 관찰할 수 없었으나 지상부를 습식처리 하였을 경우 탄저병의 병반을 관찰할 수 있었다(Table 1). Horn과 Carver (1968)는 딸기의 크라운부위에 탄저병균을 접종하였을 경우 저온에서는 병징의 발현이 없었지만 고온으로 옮겨 보관하였을 경우 병징이 발현되었다고 하였다. 그러므로 시판되는 모주가 외관상 건전하게 보일지라도 탄저병균에 오염되어 있는 경우가 있을 수 있으며, 육묘상에서 발생하는 탄저병균의 전염경로는 오염된 모주라고 판단된다.

육묘방법에 따른 발병. 건전한 개체만 사용하여 육묘한 경우에는 노지와 비가림 처리구 어디에서나 탄저병이 전혀 발생되지 않았다. *C. truncatum*(Buchwaldt 등, 1996)의 경우, 콤바인에 의한 수확시 발생하는 식물체 부스러기가 바람에 의해 비산되어 전염원이 될 수 있다고 하였으나 딸기탄저병은 수확형태가 달라 노지에서 육묘하더

Table 2. Occurrence of anthracnose in nursing plastic house and field

Condition of mother plants	Occurrence rate(%)	
	Plastic house	Field
Infected	0.5	95
Healthy	0	0

*Occurrence rate was surveyed at late August.

**Fig. 1.** Occurrence of strawberry anthracnose in plastic house (A) and field (B). It was observed at late August, 2001.

라도 병원균이 비산하여 유입될 가능성은 거의 없는 것으로 판단된다. 탄저병균에 오염된 개체를 사용하여 비가림과 노지로 육묘한 경우에는 비록 발병정도에서 많은 차이를 보였으나 어느 처리구에서나 모두 탄저병이 발생하였다(Table 2). 비가림 육묘시는 모주에서는 발병이 되었으나 주위로 확산이 일어나지 않아 자묘는 전혀 발병이 없었던 반면에 노지재배의 경우에는 모주가 발병된 후 주위로 점진적인 확산에 의해 포장전체로 전염이 일어나는 현상이 발생하였다(Fig. 1). 비가림재배의 경우에는 탄저병의 주된 전염인 강우가 배제된 상태이므로 모주에만 탄

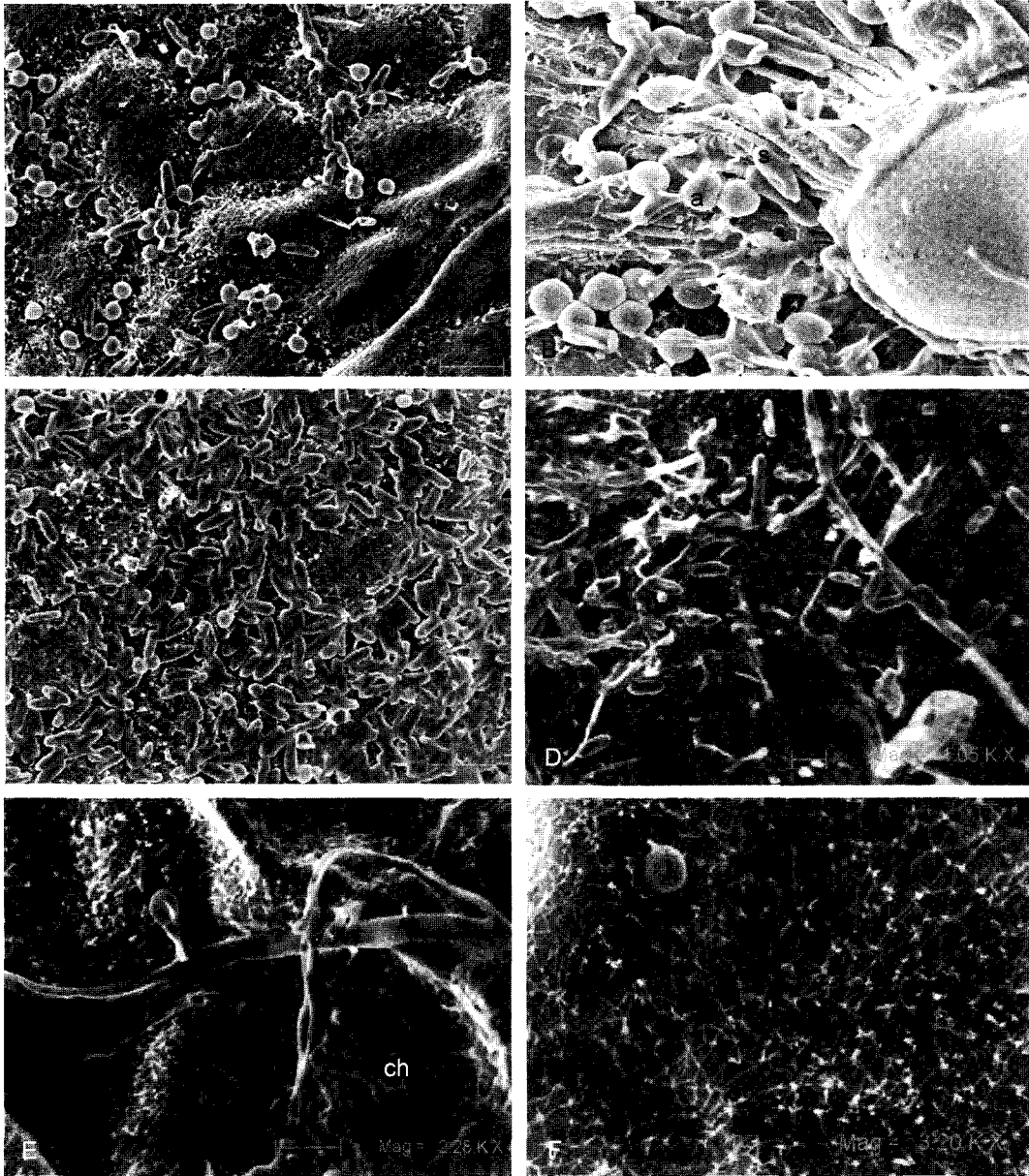


Fig. 2. Germination and appressorium formation of *Colletotrichum gloeosporioides* on strawberry leaves at 48 hrs (A, B, C), 3 days (D, E) and 7 days (F) after inoculation by spore suspension (a: appressorium, s: spore, ch: collapsed hyphae).

저병이 발생한 것은 육묘시 탄저병의 1차 전염원은 모주라는 위의 실험결과와 일치한다. 본포에서 탄저병은 감염된 묘를 정식하므로써 주로 발생된다고 하였는데(김 등, 2002), 육묘포에서 발생이 없을 경우에는 정식 후에도 발생이 없다고 하였으므로(Charles M. Howard 등, 1992) 육묘포에서 탄저병의 발생은 재배포에서 발생하는 것과 연관되어 있음을 알 수 있다. 그러므로 김 등(2002)이 본포의 딸기 탄저병 방제를 위해 제안한 정식전 모주에 대한 농약침지법을 사용하므로써 본포에서 탄저병의 효과적인

방제가 이루어질 수 있다고 생각된다.

접종 후 시간별 포자관찰. 접종된 딸기 잎의 표면을 주사전자현미경으로 관찰하였을 경우, 포자는 주로 엽맥이나 주름 등의 틈새에 밀도가 높게 분포하고 있었고 부착기의 형성 또한 왕성한 것을 관찰할 수 있었으나(Fig. 2A,B), 지나치게 밀도가 높은 경우 부착기 또한 낮은 밀도로 형성되었다(Fig. 2C). 경과 시간별로는 접종 24시간 후 발아된 탄저병균의 포자가 일부 관찰되었으나 부착기는 관찰되지 않았고, 접종 48시간 후 다수의 부착기가 관

찰되었으며 접종 3일 후에는 일부 균사가 소멸되는 것을 볼 수 있었고(Fig. 2E), 접종 7일 후에는 균사는 보이지 않았으나 발아되지 않은 포자 및 부착기가 일부 관찰되었다(Fig. 2F). Leandro 등(2001)은 접종 48시간 후에 딸기식물체 표면의 포자와 균사는 소멸하기 시작하지만 부착기는 남아 있었고, 접종 7일 후에는 새로운 포자가 형성되어(2차 포자) 전체 포자수가 3배 정도로 증가하였으며, 이 2차 포자가 전염원으로 작용할 것이라고 하였다. 본 시험에서는 접종 7일 후 포자의 양적증가는 관찰할 수 없었으며, 관찰된 미발아 포자가 적당한 환경조건에 처했을 때 발아할 수 있는지 여부에 대해서는 좀 더 관찰을 필요로 한다. 부착기의 형성과 균사의 소멸은 본 시험의 결과와 일치하였는데 부착기는 침입을 위해 멜라닌색소의 발현을 필요로 하며(Henson 등, 1999), 이 색소는 자외선(Hawke and Lazarovits, 1994, Rehnstorm and Free, 1996), 고온(Fredrick 등, 1999) 등으로부터 균류를 보호하여 환경저항성을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 따라서 병원균이 기주침입을 완료하지 않은 상태에서 부적절한 환경조건에 처할 때 부착기로 존재할 경우 불리한 환경에서 살아남을 수 있는 가능성이 크다고 할 수 있다. 그러므로 포자가 발아 후 불리한 환경조건에 처할 때 균사와 포자는 소멸하지만 부착기는 남아 계속 침입을 시도하는 것으로 생각된다.

접종후 시간별 발병. 탄저병균의 포자현탁액을 분무 접종한 딸기에서는 시험기간 동안 잎이나 줄기에서 탄저병의 병징을 관찰할 수 없었고, 시들음 증상 또한 관찰할 수 없었다. 그러나 식물체를 채취하여 습실처리하였을 경우에는 증류수 분무처리구인 무처리구에서는 발병되지 않았으나, 포자현탁액 분무접종구에서는 접종 17일 후까지 발병되는 것을 관찰할 수 있었다. 그러므로 시판되는 딸기묘의 경우 탄저병균이 표면에 부착되어 있더라도 환경에 따라 침입감염되지 않아 병징이 발현되지 않고 부착기로 잠복가능한 것으로 판단된다. 따라서 이와 같은 묘는 육안으로 구별이 불가능하므로 농가에서는 감염된 묘를 건전묘로 간주하여 육묘에 사용하므로써 탄저병이 전염되는 것으로 생각된다. 특히 병반은 접종 4일 후의 경우 잎 전체에 골고루 형성되었으나 접종 11일 후에는 주로 잎이 부착된 잎줄기 부위와 잎의 중앙 엽맥부위에 발생하였다(Fig. 3). 이들 부위는 다른 부위보다 햇볕에 상대적으로 적게 노출되어 포자가 비교적 오래 생존할 수 있기 때문인 것으로 추측된다. 그러므로 크라운 부위처럼 햇볕이 차단되는 부위에 포자가 부착될 경우 훨씬 더 오랜 기간동안 포자의 생존이 가능할 것으로 생각된다.

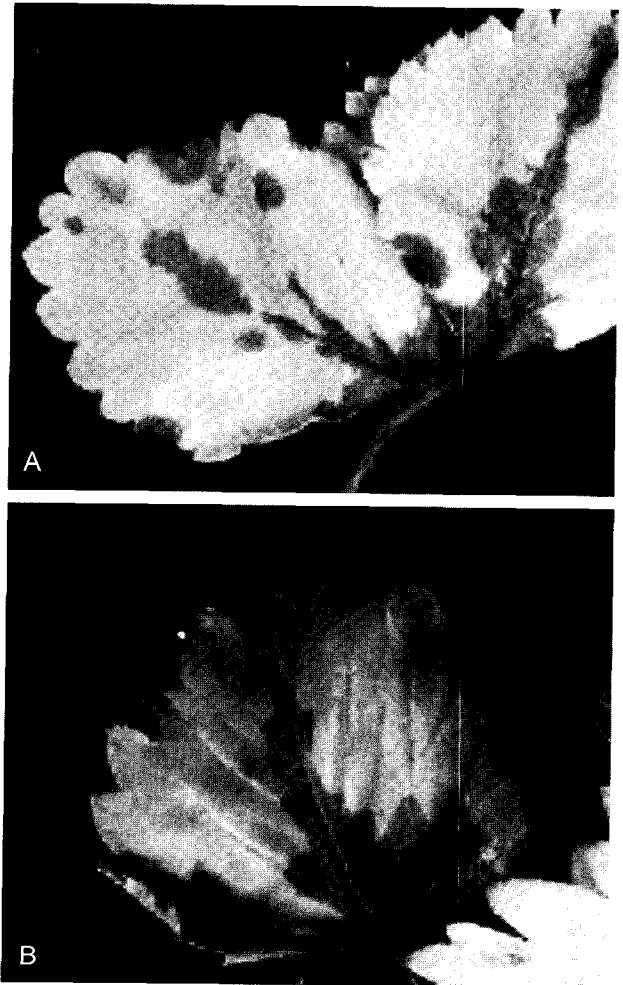


Fig. 3. Symptom development in strawberry leaves at 4 days (A) and 11 days (B) after inoculation.

적 요

딸기육묘시 발생하는 탄저병의 1차 전염원을 밝히기 위해 본 시험을 수행한 결과, 육묘포의 토양과 주변 잡초중에는 탄저병균이 검출되지 않았으나 외관상 건전한 딸기묘의 모주를 습실처리하였을 경우에는 탄저병균이 검출되었다. 딸기묘에 탄저병균의 포자현탁액을 분무접종하였을 때 발병은 되지 않았지만 습실처리하였을 경우, 접종 17일 후까지 발병이 되었고, 포자현탁액을 분무접종한 딸기묘를 주사전자현미경으로 관찰하였을 때 접종 7일 후 부착기만 관찰되었다. 그러므로 딸기 탄저병은 육묘상에서 딸기 모주를 통해 전염이 되고, 탄저병균의 포자가 모주에 부착되어 있더라도 부적당한 환경조건에 의해 발병되지 않아 육안으로 판별이 불가능하며, 발아가 되었으나 침입이 완전히 이루어지지 않은 경우 부착기로 남아 침입을

시도하는 것으로 생각된다.

참고문헌

- Buchwaldt, L., Morrall, R. A. A., Chongo, G. and Bernier, C. C. 1996. Windborne dispersal of *Colletotrichum truncatum* and survival in infested lentil debris. *Phytopathology* 86: 1193-1198.
- Eastburn, D. M. and Gubler, W. D. 1990. Strawberry anthracnose: Detection and survival of *Colletotrichum acutatum* in soil. *Plant Dis.* 74: 161-163.
- Henson, J. M., Butler, M. J. and Day, A. W. 1999. The dark side of the mycelium: Melanins of phytopathogenic fungi. *Annu. Rev. Phytopathol.* 37: 447-471.
- Hawke, M. A. and Lazarovits, G. 1994. Production and manipulation of individual microsclerotia of *Verticillium dahliae* for use in studies of survival. *Phytopathology* 84: 883-90.
- Howard, C. M. and Albregts, E. E. 1993. *Cassia obtusifolia*, a possible reservoir for inoculum of *Colletotrichum fragariae*. *Phytopathology* 63: 533-534.
- Howard, C. M., Mass J. L., Chandler C. K. and Albregts E. E. 1992. Anthracnose of strawberry caused by the *Colletotrichum* complex in Florida. *Plant Dis.* 76: 976-981.
- Kim, H. G. and Nam, M. H. 1999. Anthracnose of strawberry in Korea. *Plant Dis. Agric.* 5: 8-13.
- Kim, S. H., Choi, S. Y., Lim, Y. S., Yoon, J. T. and Choi, B. S. 2002. Seasonal occurrence and infection site of strawberry anthracnose. *Res. Plant Dis.* 8: 45-49.
- Kim, S. H., Choi, S. Y., Lim, Y. S., Yoon, J. T. and Choi, B. S. 2002. Effect of chemical treatment on the control of strawberry anthracnose caused by *Colletotrichum* sp. *Res. Plant. Dis.* 8: 50-54.
- Kim, W. G., Cho, W. D. and Lee, Y. H. 1992. Anthracnose of strawberry caused by *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. *Korean J. Plant Pathol.* 8: 213-215.
- Rehnstrom, A. L. and Free, S. J. 1996. The isolation and characterization of melanin deficient mutants of *Monilinia fructicola*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 49: 321-330.
- Watanabe, T. 1994. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi*, pages 14-16 in: *Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*. Lewis publishers, Tokyo, Japan.