

검은점뿌리썩음병 감염이 참외의 광합성 및 생육에 미치는 영향

허노열* · 이용범¹

국립식물검역소, ¹서울시립대 환경원예학과

Effect of *Monosporascus* Root Rot Infection on Photosynthetic Activity and Plant Growth of Oriental Melon

Noh-Youl Heo* and Yong-Bum Lee¹

National Plant Quarantine Service, Anyang 430-016, Korea

¹Department of Environmental Horticulture, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

(Received on December 14, 2002)

Monosporascus cannonballus, a soilborne ascomycetes is recently described in Korea that causes root rot/vine decline of cucurbits. The effect of *Monosporascus* root rot disease on photosynthetic activity and growth was studied on oriental melon plants. At harvest stage, photosynthetic activity of diseased oriental melon plants was lower and stomatal resistance was higher than healthy plants, while xylem exudates were not observed in diseased plants. There was no difference in mineral contents of the leaves and stems between diseased and healthy plants. Leaf area, fresh and dry weights, and fruit weights of the plants were markedly decreased in diseased plants compared to those of healthy plants.

Keywords : *Monosporascus cannonballus*, oriental melon, photosynthetic activity, plant growth, root rot

박과작물은 여름철 채소작물로서 매우 중요한 뿐만 아니라 시설재배 기술이 발전함에 따라 년중 재배되고 있으며, 시설재배의 특성상 연작재배가 불가피한 실정이다. 박과류에 발생하는 토양전염성병의 일종인 검은점뿌리썩음병은 1970년 미국에서 발견된 후(Troutman and Matejka, 1970), 범세계적으로 박과작물에서 폭넓게 발생하고 있으며, 특히 멜론과 수박 재배지역에 심각한 피해를 주고 있다. 미국의 경우 이 병에 의해 약 10~25%의 감수를 초래하고 포장에 따라서는 100%의 손실을 입는 경우도 있었고(Martyn and Miller, 1996), 스페인(Lobo-Ruano, 1991)과 이스라엘(Reuveni and Krikun, 1983)에서도 유사한 결과를 보고하였다. 국내에서는 1994년 참박에서 처음 분리되었으나(박 등, 1994) 이 병의 중요성은 크게 부각되지 않았고, 최근에 남부지방 박과작물(멜론, 수박, 참외, 애호박) 시설재배 단지에서 많이 발생되고 있음이 확인되었고 발생지역도 점차 확대되고 있는 실정이다(홍 등,

1998; 허 등, 2001). 이 병원균은 토양중 생존기간이 길고 고온성균이므로(Martyn and Miller, 1996), 특정 박과작물 주산지에서 시설내 고온조건 하에서 연작으로 재배되고 있는 현실을 감안할 때, 박과작물에서 심각한 병으로 등장할 것으로 보여 그 대책 마련이 시급하다고 하겠다. 이처럼 박과류 검은점뿌리썩음병에 의한 피해가 앞으로 박과작물 시설재배에 커다란 위협요인으로 대두되고 있으나, 이 병의 발생분포와 기주범위(조 등, 1997; 홍 등, 1998; 허 등, 2001), 병원균의 배양특성 및 진단법(허 등, 2001), 저항성 대목선발(홍 등, 1996) 등에 관해 제한적인 연구만 이루어져 이 병의 방제법이나 피해에 대한 연구가 충분하지 않은 실정이다. 따라서 본 연구는 국내에서 발생하고 있는 검은점뿌리썩음병의 병원균에 감염된 기주의 광합성 및 생육 반응을 구명하여 이 병에 대한 방제의 기초자료로 활용코자 수행하였다.

재료 및 방법

시험포장의 재배관리. 이 연구는 전년도에 검은점뿌리썩음병의 발병이 확인되었던 경기도 여주시 소재 종묘

*Corresponding author

Phone)+82-31-441-9882, FAX)+82-31-448-3489

E-mail)nyheo@npqs.go.kr

사의 단동형 PE하우스(7 m×50 m) 참외 재배포장에서, 2000년도에 수행되었다. 참외 원종 2계통(Line I, II)을 2000년 6월 20일에 파종하여 비닐פות트에서 육묘하였으며, 접목하지 않고 자근묘로 7월 10일에 정식하였다. 정식은 폭 140 cm의 이랑에 포기사이를 30 cm로 하여 2줄로 재식하였다. 상업적 생산이 아닌 채종재배를 하였기 때문에 뿌리가 활착된 후 1줄기만 위로 올려 지주재배를 하여 주당 1~3과를 착과시켰으며, 시비 및 기타 재배관리는 관행재배에 준하였다. 검은점뿌리썩음병의 감염이 참외의 광합성과 생육에 미치는 영향을 조사코자 수확기인 9월 15일에 지상부에 위황증상 등 전형적인 병징을 나타내나 시들음 증상을 나타내지 않은 주를 선택하여 건전주와 광합성속도 등 생리반응과 엽면적 등 생육반응을 비교하였다. 건전주를 선택하기 위하여 먼저 외관상 아무런 이병증상이 나타나지 않으며 정상적인 생육반응을 보이는 개체에 대해 광합성속도를 측정 한 후에 식물체를 뽑아내어 자낭각 형성이나 뿌리의 변색을 관찰하고, 생체중을 측정 한 후 실내에서 습실처리를 하여 감염여부를 관찰하였으나 병원균은 분리되지 않았다.

광합성에 미치는 영향. 참외의 광합성은 휴대용 광합성 측정장치(LI-6400, LI-COR)를 이용하여 단일 잎에서 측정하였다. 계통당 이병주와 건전주의 최상위 착과절위로부터 상위 7번째 잎을 대상으로 3반복으로 측정하였고, 측정시간은 오전 11시 50분부터 12시 30분까지 실시하였다. 측정조건은 광량 PAR 600 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 기온 25°C, 유속 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ 이었다.

참외의 목부일비액은 지체부로부터 2번째와 3번째 마디 사이를 절단하여 12시 40분부터 14시 40분까지 2시간 동안 배출된 액의 양으로 측정하였다.

무기양분 흡수. 식물체내 무기양분 흡수능력은 참외 수확기 때 1회 실시하였는데, 계통당 이병주와 건전주를 3주씩 뽑아서 잎과 줄기를 분리하여 80°C에서 72시간 건조한 후 유발을 이용하여 잘게 간 후 분석용 sample로 사용하였다. T-N함량은 Kjeldahl digestion법을 이용하여 시료당 3회 측정하였다. P함량은 Vanadate법을 이용하여 분석하였고, 기타 양이온 함량은 원자흡광 분광 광도계(Atomic absorption spectrophotometer 3300, Perkin Elmer)를 이용하여 분석하였다.

생육 및 수량특성. 생육은 건전주와 이병주를 구별하여 계통당 1주씩 3반복으로 초장, 엽면적, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 초장은 지체부에서 성장점까지의 길이를 측정하였으며, 엽면적은 엽면적계(LI-3100, LI-COR)를 이용하여 측정하였고, 건물중은 80°C로 유지되는 건조기에서 3일 동안 건조시킨 후 조사하였다.

수량특성은 과장, 과폭, 과중을 조사하였다. 과장과 과폭은 수확한 과실의 길이와 폭을 측정하였고, 평균과중은 수확된 모든 과실을 대상으로 과실무게를 조사하고 평균을 구하였다.

결과 및 고찰

광합성에 미치는 영향. *M. cannonballus*의 감염이 기주체의 광합성 관련 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 검은점뿌리썩음병이 발생한 참외포장에서 지상부에 위황증상 등 전형적인 병징을 나타내나 시들음 증상은 나타내지 않은 주를 선택하여 건전주와 비교하였다. 이병주의 광합성속도는 건전주에 비해 현저하게 낮게(34~57%) 나타났고, 기공저항은 이병주에서 큰 것으로 나타났다(Fig. 1). 이러한 생리반응은 병에 감염된 식물체의 뿌리가 주근만 남고 세근(2차근)은 거의 남아있지 않아(Aegerter *et al.*, 2000), 양수분의 흡수능력이 건전주에 비해 상대적으로 저하됨으로써 지상부 생육이 저하되어, 광합성능력은 떨어지고 기공저항은 높게 나타난 것으로 생각된다. Gordon 등(1982)은 흰가루병에 감염된 사탕무 잎의 광합성속도와 기공을 통한 엽육조직의 전기전도도가 감소한다고 하였고 이산화탄소를 고정하기 위한 엽육조직의 능력이 감소됨으로 이병조직에서 관찰되는 엽육조직의 전기전도도가 감소되는 것으로 설명하였다. Duniway 등(1971)은 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*에 감염된 토마토는 시간이 경과됨에 따라 엽록체의 미세구조와 이산화탄소 동화능력이 변화되며, 병원균이 엽록체의 세포막을 파괴하므로 광합성율이 점진적으로 감소된다고 하였다. 류(1995)는

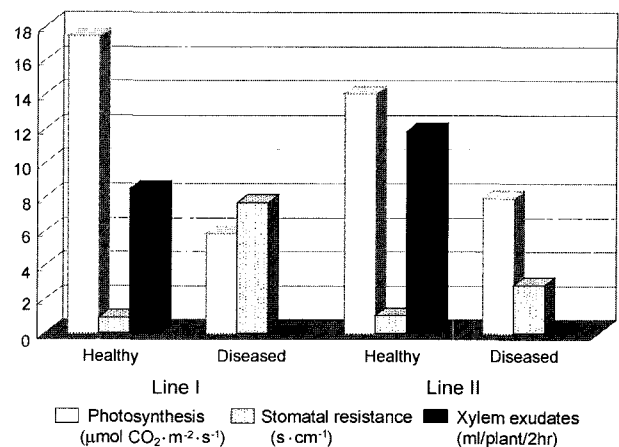


Fig. 1. Photosynthesis, stomatal resistance and xylem exudates of oriental melon infected by *Monosporascus cannonballus* at harvesting stage.

Pseudomonas syringae pv. *glycinea*에 감염된 콩잎의 기공 수가 건전한 콩잎에 비해 적었으며, 기공의 개폐에도 영향을 주었고, 기공저항은 병원균에 감염된 콩잎에서 높은 저항치를 보였으며, 광합성량은 병원균을 접종한 2~4일 후에는 건전한 콩잎에 비하여 감염된 콩잎에서 증가하였고 6일 후에는 감소하였으며, 감염된 콩잎의 엽록체에는 형태적인 변형과 그라나(grana) 층상구조의 밀도에 변화를 가져왔다고 하였다. *Monosporascus cannonballus*의 감염이 기주작물에 미치는 생리반응에 대한 연구는 현재까지 전혀 이루어지지 않은 현실을 감안할 때, 금후 이 균의 감염에 의한 기주체의 생리학적, 해부학적 변화를 구명하기 위해서는 엽육조직의 형태적인 변화 등의 병태해부학적 관찰이 필요하다고 판단된다.

또한 건전주와 이병주의 목부일비액을 조사한 결과 수확기에 있어서 이병주에서는 목부일비액이 전혀 분비되지 않았는데(Fig. 1), 이는 실제로 이 시기에는 병원균의 감염에 의해 식물체의 뿌리가 주근만 남고 세근(2차근)은 거의 남아있지 않아 뿌리가 제 기능을 발휘하지 못하는 것으로 보인다. Aegerter 등(2000)은 이 병에 심하게 이병

된 cantaloupe계 멜론은 근밀도가 93%나 감소된다고 하였다.

무기양분 흡수. *M. cannonballus*에 감염된 이병주와 병에 걸리지 않은 건전주의 잎과 줄기에 함유된 무기양분함량은 분석한 모든 성분함량에 있어서 유의차를 나타내지 않았으나(Table 1, 2), N함량은 건전주가 다소 높은 경향을 보였다. 이는 이 병이 수도의 잎도열병과 같이 병세가 급속히 진전되는 병과는 달리 병세의 진전이 완만하여 병의 감염에서부터 지상부에 병징이 나타나기까지 많은 시일이 소요되며, 과실성숙기에는 병에 걸린 식물체의 잎이 대부분 황화되어 있는 것으로 보아 생육후기에는 질소함량이 떨어질 것으로 추정되나, 추후 시비수준을 달리하여 재배하여 발병수준을 비교하는 등의 정밀한 검토가 요망된다. 또한 병의 정도나 저항성에 대한 질소의 영향은 질소의 양보다는 오히려 기주나 병원체가 사용할 수 있는 질소의 형태에 의한 가능성이 높다는 기록도 있어(Agrios, 1997) 이 부분에 대한 검토도 요망된다.

생육 및 수량 특성. 검은점뿌리썩음병에 걸린 참외의 생육특성을 조사한 결과 초장은 건전주와 유의성있는 차이를 보이지 않았으나 엽면적이나 생체중, 건물중은 건전

Table 1. Mineral nutrient contents in the leaves of oriental melon infected by *Monosporascus cannonballus* at harvesting stage

Line	Plant status	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	T-N (%)	PO ₄ (%)
Line I	Healthy	1.933 a	3.203 a	8.059 a	4.920 a	0.3319 a
	Diseased	1.386 a	4.092 a	7.977 a	3.669 ab	0.2891 a
Line II	Healthy	1.728 a	2.375 a	5.138 a	5.113 a	0.2616 a
	Diseased	1.099 a	3.580 a	6.323 a	3.143 b	0.2813 a

※ Means followed by the same letter within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 2. Mineral nutrient contents in the stems of oriental melon infected by *Monosporascus cannonballus* at harvesting stage

Line	Plant status	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	T-N (%)	PO ₄ (%)
Line I	Healthy	6.507 a	1.956 a	4.220 a	3.782 a	0.3431 a
	Diseased	5.722 a	1.616 a	3.282 a	3.533 a	0.3757 a
Line II	Healthy	5.440 a	1.700 a	3.672 a	3.263 a	0.3011 a
	Diseased	4.785 a	1.501 a	3.530 a	3.320 a	0.3017 a

※ Means followed by the same letter within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 3. Growth of oriental melon infected by *Monosporascus cannonballus* at harvesting stage

Line	Plant status	Plant height (cm)	Leaf area (cm ² · pl ⁻¹)	Shoot	
				FW (g · pl ⁻¹)	DW (g · pl ⁻¹)
Line I	Healthy	291.7 a	7,525 a	568.0 a	69.3 a
	Diseased	242.0 a	1,635 b	225.3 c	37.0 b
Line II	Healthy	345.7 a	6,955 a	531.3 ab	63.7 a
	Diseased	263.0 a	3,346 b	300.7 bc	39.3 b

※ Means followed by the same letter within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 4. Fruit growth of oriental melon infected by *Monosporascus cannonballus* at harvesting stage

Line	Plant status	Fruit length (cm)	Fruit diameter (cm)	Fruit weight (g · ea ⁻¹)
Line I	Healthy	12.3 a	9.8 a	624.4 a
	Diseased	9.7 a	8.3 a	378.0 b
Line II	Healthy	10.5 a	9.6 a	542.6 a
	Diseased	9.8 a	8.4 a	382.3 b

※ Means followed by the same letter within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

주에 비해 낮았으며(Table 3), 평균과중에 있어서도 같은 경향을 보였다(Table 4). 이는 이 균의 감염에 의해 세근(細根)이 고사하고 지상부의 동화물질의 축적이 원활하지 못한데 기인하는 것으로 생각된다. Aegerter 등(2000)은 온실에서 생육한 멜론(cantaloupe계)은 이 병의 감염에 의해 건물중이 39% 감소된다고 보고하였다. 植松과 赤山(1990)은 이 병의 발병과 멜론의 착과량과의 관계는 착과량이 증가함에 따라 위조나 뿌리의 피해가 커지고, 무착과인 경우는 위조하지 않는다고 하였다. 같은 박과작물인 수박의 경우 일반적으로 착과하여 과실이 직경 10 cm 정도가 되면 초세(草勢)가 급격히 약화되고, 덩굴쪄짐병의 피해가 격심해지는 경향이 있다. 이는 과실비대에 필요한 수분공급이 뿌리 훼손과 도관 폐쇄에 의해 방해될 것으로 생각된다. 이와 마찬가지로 검은점뿌리썩음병도 수확 2~3주전부터 급격히 눈에 띄기 시작하는데, 이는 과실의 생육이 큰 부담이 되어 초세가 약화되고 이로 인해 병이 급격히 진전되는 것으로 짐작되나, 이를 뒷받침할 수 있는 실험적 증거는 아직 제시된 바 없다.

요 약

검은점뿌리썩음병의 병원균에 감염된 참외의 광합성 및 생육 반응을 측정 한 결과, 수확기 참외의 광합성 속도는 이병주가 건전주에 비해 현저하게 낮았고, 기공저항은 이병주에서 큰 것으로 나타났다. 목부일비액은 이병주에서 전혀 분비되지 않았다. 수확기 참외의 잎과 줄기에서 무기양분함량은 이병주와 건전주 간에 차이를 보여주지 않았다. 참외의 생육특성은 이병주가 건전주에 비해 엽면적이나 생체중 및 건물중에서 건전주에 비해 낮았으며, 평균과중도 같은 경향을 보였다.

감사의 글

식물체 분석 및 광합성 측정에 도움을 주신 농촌진흥청 원예연구소 이상규박사님과 김원순박사님께 감사드립니다.

참고문헌

- Aegerter, B. J., Gordon, T. R. and Davis, R. M. 2000. Occurrence and pathogenicity of fungi associated with melon root rot and vine decline in California. *Plant Dis.* 84: 224-230.
- Agrios, G. N. 1997. *Plant Pathology*, 4th ed., Academic Press, U.S.A. 635pp.
- Duniway, J. M. and Slatyer, R. O. 1971. Gas exchanges on the transpiration and photosynthesis of tomato leaves affected by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Phytopathology* 61: 1377-1381.
- Gordon, T. R. and Duniway, J. M. 1982. Effect of powdery mildew infection on the efficiency of CO₂ fixation and light utilization by sugar beet leaves. *Plant Physiol.* 69: 139-142.
- 허노열, 류경열, 현익화, 권진혁. 2001. 박과류 검은점뿌리썩음병의 발생분포 및 분리병원균의 병원성. *식물병연구*. 7(1): 11-15.
- 허노열, 류경열, 이용범. 2001. 박과류 검은점뿌리썩음병균의 배양적 특성 및 토양내 자낭포자 밀도. *식물병연구*. 7(1): 16-19.
- 홍정래, 권미경, 조백호, 김기청. 1998. 수박 검은점뿌리썩음병 (*Monosporascus cannonballus*)의 기주범위와 발병환경의 조사. 1998년도 한국식물병리학회 임시총회 및 학술발표회 요지집 pp.184-185.
- 홍연규, 조재민, 신동범, 김희태. 1996. 박과작물의 저항성 대목 선발 및 screening 방법 개발. 영남농시 시험연구보고서 pp. 825-827.
- 조동진, 강수용, 권진혁, 김희규. 1997. 경상남도 주요 재배작물의 병해종류 조사. 농작물병해충 조사사업보고서 p. 203-206.
- Lobo-Ruano, M. 1991. Severe diseases of melons and watermelons. *Boletin de Sanidad Vegetal, Plagas* (Spain) 17: 133-163.
- Martyn, R. D. and Miller, M. E. 1996. *Monosporascus* root rot and vine decline : An emerging disease of melons worldwide. *Plant Dis.* 80: 716-725.
- 박경석, 남상현, 김충희. 1994. 수박 대목용 참박에 발생한 *Monosporascus cannonballus*에 의한 검은점뿌리썩음병(黑点根腐病). *한국식물병리학회지* 10: 175-180.
- Reuveni, F. G. and Krikun, J. 1983. The occurrence and distribution of *Monosporascus eutypoides* under arid zone conditions in Israel. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 72: 354-356.
- 류경열. 1995. 세균성점무늬병균 감염에 따른 콩의 병태해부학 및 생리학적 특성변화. 충북대 박사학위논문.

Troutman, J. L. and Matejka, J. C. 1970. Three fungi associated with cantaloupe roots in Arizona. *Phytopathology* 60: 1317(Abstr.).
植松清次, 赤山喜一郎. 1990. 日本各地から収集したメロン黒点

根腐病菌, *Monosporascus cannonballus*의 形態와 病原性의 比較および本菌의 메론感染部位と土壤中での生存期間. 土と微生物 35: 7-12.