

배나무잎 이상반점증상에 관한 연구 4. 온도 및 토양수분의 영향

남기웅* · 김총희
농업과학기술원 병리과

Studies on the Pear Abnormal Leaf Spot Disease 4. Influence of Temperature and Soil Moisture

Ki Woong Nam* and Choong Hoe Kim
Plant Pathology Division, National Agricultural Science & Technology Institute,
Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT : Symptom development of pear abnormal leaf spot was highest at the day/night temperature regimes of 23/18°C, and reduced remarkably at the higher and lower temperature regimes as 28/23°C and 18/13°C. When the pear leaves were bagged or wrapped with various covering materials, few or no symptoms were developed. This was considered to be due to the masking effect of the symptom development induced by high temperatures as up to 46.8°C after leaf covering. Chemical properties of soil samples from diseased and healthy trees did not show a consistent trend except phosphate whose content was higher in the rhizosphere soil of diseased trees. Symptom development was delayed when moisture levels in soil were over or below the optimum condition, although the final disease severity did not differ greatly.

Key words : pear, abnormal leaf spot, temperature, soil moisture.

배나무잎 이상반점증상은 배 재배농가에서 가장 큰 피해를 주는 병으로 알려져 있다(11, 12, 13). 병원체는 아직 확인되지 않았으나 남 등(13)에 의해 접목전염하는 병으로 밝혀졌다. 본 병은 신고에서 가장 심하게 발생하는데 어린 잎에는 발생하지 않고 과충엽 및 신초 기부의 성엽에서만 5월말, 6월 상, 중순경부터 단기간에 걸쳐 타원형 또는 부정다각형의 흑색반점이 발생하는 것이 특징이다(3, 11). 또한 7월 중, 하순 이후의 고온기에 접어들면 새로운 병반은 발생하지 않지만 기온이 서늘해지는 9월 이후에 다시 약간 발생하는 경향이다. 이러한 현상으로 보건대 본 병의 병징이 발현하는데는 온도의 영향이 가장 큰 것으로 생각되며, 또 온도 이외에 병징발현에 관여하는 환경요인도 있을 것으로 추정한다(8, 9). 따라서 본 연구에서는 병징발현에 관여하는 환경적인 영향 특히 온도와 재배토양에 관련하여 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

온도처리. 직경 25 cm, 높이 30 cm되는 플라스틱 포트에 신고 이병주 3년생을 심고 온실에서 본엽이 충분히 생육하여 성엽이 된 후 5월 25일에 온도, 습도, 광조절이 가능한 식물생육상(Vision VS-91GOP)에 옮겨 실험을 수행하였다. 신고 이병주는 건전주에 이병주를 삽아점으로 접목하여 조제하였다. 온도조건은 발병최성기의 6월 평균온도인 주간 23°C/야간 18°C를 기준으로 28°C/23°C, 18°C/13°C 등 3처리를 두었다. 습도는 주, 야간 계속해서 65%로 하였다. 주간은 09:00부터 18:00까지, 야간은 18:00부터 익일 09:00까지로 하였으며 주간의 광조건은 35,000 lux로 조정하였다. 발병은 초기병징이 나타나기 시작한 6월 10일부터 10일 간격으로 조사하였다.

봉지피복과 발병. 피복봉지는 유산지, 투명비닐, 흑색비닐 및 미국산 신문용지 등 6종류의 재료를 가로, 세로 18×20 cm 크기로 만들어 포장시험에 공시

*Corresponding author.

하였다. 피복방법은 매년 이상반점증상이 발생하는 한 나무를 선정하여 이상반점증상이 발생하기 전인 5월 10일에 봉지 종류별로 각각 방위당 5일씩 총 20일을 피복하였다. 부엌용 랩 및 마스크테이프는 잎 전체를 감싸는 처리에 사용하였다. 발병조사는 7월 10일 봉지와 감싼 재질을 일제히 제거하고 이상반점 증상 발생유무를 조사하였다. 또한 봉지내 온도변화는 Multiplex data logger(Solac model MP-680 Eko co.)의 sensor를 배나무잎 이면에 부착시키고 봉지종류별로 피복한 후 맑은 날인 6월 4일에 아침 10시부터 2시간 간격으로 24시간 동안 조사하였다.

과수원의 토양 화학성 분석. 경기도 안성군 미양면 강덕리 소재 20년생 신고가 심겨져 있는 농가 과원과 수원시 이북동 소재 신고 23년생이 심겨져 있는 원예연구소 과원에서 이상반점증상이 발생한 배나무 5주와 건전주 5주에 대한 1번 주지 끝의 결과모지 직하의 표토(0~20 cm)와 심토(20~60 cm)를 채취하여 풍건세토한 후 균일하게 혼합하여 대표 표본으로 사용하였다. 토양분석은 농촌진흥청 표준분석법(10, 14)에 준하여 pH는 초자전극법, 유기물은 Tyurin법, 치환성 염기는 1N-NH₄OAc로 침출한 여액을 원자흡광광도계로 측정하였고, 유효인산은 Lancaster법, 암모니아태 질소는 중류법으로 조사하였다.

토양수분과 발병. 직경 30 cm, 깊이 60 cm되는 폴

라스틱관을 포장에 묻고 양토를 채웠다. 공시재료는 건전한 신고 2년생 묘목을 플라스틱관에 심은 후 이병주를 만들기 위해서 신고 이병지에서 채취한 접수를 기부에 삭아접목접종하였다. 토양 수분측정은 토양수준장력법(14)으로 간접적으로 측정하였다. 관수처리는 5월 상순부터 6월 하순까지 관수점 0.2 bar에서 배관관수, 관수점 0.2 bar에서 표준량 관수, 관수점 0.5 bar에서 표준량 관수 등 3처리로 하였으며 처리당 이병주, 건전주 각각 8주씩 공시하였다.

결 과

온도별 병발생. 온도조건을 달리한 식물생육상에서의 발병상황은 Table 1과 같다. 23/18°C에서는 처리 15일 후인 6월 10일에 35.0%의 높은 발병엽율을 나타내었고, 6월 20일에는 70.3%로 증가하여 7월 10일에는 발병최고치에 도달하였다. 높은 온도인 28/23°C 처리에서는 6월 10일에 2.0%로 병발생율이 낮았으며 6월 30일에도 27%의 발병에 그쳤다. 낮은 온도인 18/13°C에서는 6월 10일에 0.3%로 발병이 거의 없었고 6월 30일에도 6.5%로 발생이 경미하였다.

봉지피복과 발병관계. 이상반점증상이 발병되기 전에 각 봉지 종류별로 잎을 피복하고 7월에 제거한 결과 Table 2와 같이 투명비닐과 흑색비닐 봉지에서

Table 1. Effect of day/night temperature regimes on the development of abnormal leaf spots on 3-year-old pear trees in growth chambers

Temperature regime (day/night) ^a	No. of trees treated	No. of trees diseased	% leaves diseased			
			June 10	June 20	June 30	July 10
28/23°C	4	4	2.0	19.8	27.0	28.5
23/18°C	4	4	35.0	70.3	80.0	81.8
18/13°C	4	4	0.3	2.3	6.5	10.0

^a Day temperature was applied during 09:00 through 18:00 and night temperature during 18:00 through 09:00.

Table 2. Development of abnormal leaf spots on pear leaves of diseased Niitaka bagged or wrapped with different covering materials

Covering material ^a	No. of leaves treated	No. of leaves diseased ^b
Newspaper bag	20	1
Oil paper bag	20	2
Transparent P. E. film bag	20	0
Black P. E. film bag	20	0
Wrap film wrapping	20	2
Masking tape wrapping	20	3
Uncovered control	20	20

^a Date of covering : May 10, 1994; date of removing : July 10, 1994.

^b Disease incidence was examined at the time of removing covering materials.

는 이상반점증상이 전혀 발생하지 않았으나 그외 봉지에서는 20일중 한 잎 또는 세 잎만이 발생한 반면에 무피복에서는 모두 발병하였다. 잎에 봉지를 피복하면 병발생이 없거나 현저하게 억제되는 현상에 대한 원인을 밝히고자 봉지내의 온도변화를 조사한 결과 각 봉지내의 온도가 노지온도 보다 월등히 높아 주간에는 최고 47.9°C까지 올라갔다(Table 3). 그러나 야간

의 온도는 노지와 별차이 없이 비슷한 수준이었다.

건전주와 발병주 토양의 화학성. 발병주 토양과 이병주 토양간의 화학성 분석결과 유의적인 차이를 보인 것은 pH, 유기물(O-M), P_2O_5 , Ca, 암모니아태질소(NH_4N)로 이 중에서 수원과 안성의 두 과원 모두에서 일관성 있는 경향을 보인 것은 P_2O_5 로 건전주 토양보다 이병주 토양에서 그 함량이 높았다(Table 4). 그

Table 3. Changes in surface temperatures of pear leaves covered with different materials for the 24-hr period on June 4, 1994

Covering material	Temperature (°C)											
	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00	02:00	04:00	06:00	08:00
Newspaper bag	32.8	34.5	34.6	32.3	23.4	16.3	22.3	20.4	17.9	20.1	20.4	24.8
Oil paper bag	42.6	43.2	39.3	34.8	23.8	16.1	21.7	20.0	17.2	19.6	21.8	29.8
Transparent P. E. film bag	38.9	44.2	41.7	36.2	23.4	15.7	20.9	18.7	16.9	19.2	20.8	27.7
Black P. E. film bag	37.9	36.3	35.3	33.6	23.6	15.8	21.2	19.1	16.7	19.1	21.2	29.1
Wrap film wrapping	47.9	46.8	39.2	33.1	24.1	16.2	21.6	19.5	17.4	19.8	22.4	36.0
Masking tape wrapping	38.8	36.5	32.5	30.3	23.8	16.5	22.0	19.9	17.6	19.9	20.7	28.9
Uncovered control	25.8	27.2	27.7	26.5	22.7	21.3	17.5	15.7	14.3	13.4	17.2	23.5

Table 4. Chemical properties of rhizosphere soils of healthy or diseased pear trees in two different locations, Suwon and Anseong

Location	Tree status	pH	O-M ^a (%)	P_2O_5 (ppm)	Exchangeable cation (me/100 g)				NH_4-N (ppm)
					K	Ca	Mg	Na	
Suwon	Diseased	7.02* ^b	5.2*	1,385**	1.28	3.8	2.4	1.4	6*
	Healthy	7.17	2.1	618	2.72	3.9	2.7	1.6	2
Anseong	Diseased	5.97	2.3	1,050*	3.12	5.5**	3.6	1.4	10*
	Healthy	5.89	2.2	976	1.28	3.1	2.7	1.2	19

^a Organic materials.

^b Values are significantly different from those of the corresponding healthy trees at $p=0.05$ (*) and $p=0.01$ (**) levels, respectively, based on t-test.

Table 5. Severities of the abnormal leaf spot disease on 2-year-old pear trees of cultivar Niitaka grown in pots under the different irrigation treatments

Irrigation treatment ^a	Tree status	No. of trees tested	Disease severity ^b							
			May 29		June 5		June 15		June 26	
			A	B	A	B	A	B	A	B
Irrigation I	Inoculated	8	0	0	25.0	2.8	100	35.7	100	52.0
	Uninoculated	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Irrigation II	Inoculated	8	25.0	1.3	50.0	12.7	100	49.7	100	64.2
	Uninoculated	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Irrigation III	Inoculated	8	0	0	50.0	9.9	100	42.4	100	56.6
	Uninoculated	8	0	0	0	0	0	0	0	0

^a Irrigation I : Start watering at soil moisture of 0.2 bar with double amount of standard quantity (excessive watering).

Irrigation II : Start watering at soil moisture level of 0.2 bar with standard quantity (standard watering).

Irrigation III : Start watering at soil moisture level of 0.5 bar with standard quantity (reduced watering).

^b A : % trees showing diseased symptoms, B : % leaves diseased.

밖에 K, Mg, Na는 두 토양간에 큰 차이를 나타내지 않았다.

토양수분과 발병. 0.2 bar의 토양수분을 기점으로 하여 배양관수를 과습으로, 기준량 관수를 정상으로, 0.5 bar에서 기준량 관수를 건조상태로 하여 잎 이상 반점 증상 발현과의 관계를 조사한 결과(Table 5) 가장 발병이 많고 빨랐던 처리는 정상량 관수의 경우였으며, 다습이나 건조상태보다 약 일주일 발병이 빨랐고, 또한 병징도 심하게 나타났다. 과습이나 건조상태의 토양처리에서는 발병시기는 비슷하게 나타나고 있으나 과습보다는 건조상태에서 병징발현이 더 심하게 나타났다. 건전주를 심었던 처리에서는 토양수분과 상관없이 발병이 없었다.

고 찰

배나무잎 이상반점증상은 점목전염성 바이러스병으로 추정하고 있다(13). 과수의 바이러스병은 일반적으로 봄에 자란 잎에는 병징이 잘 나타나지만 여름에 자란 가지의 잎에는 병징이 나타나지 않는 경우가 많다. 사과 mosaic병(16)과 복숭아 반엽 mosaic병(1)에서 이러한 현상이 잘 나타나고 있는데 상기 바이러스병의 병징발현은 온도와 밀접한 관계가 있다(1, 16). 복숭아 반엽모자이크병은 주간/야간, 28/23°C의 온도조건에서는 병징이 완전히 은폐되지만 18/13°C에서는 모자이크증상이, 13/18°C에서는 모자이크증상과 기형잎이 발생하고 23/18°C에서는 희미한 모자이크증상이 약간 발생하고 있으므로 23/18°C 부근을 병징발현의 한계온도로 보고 있다. 또한 일본에서의 배나무 괴저 반점병의 경우에는 주간 23°C, 야간 18°C에서 발병이 최고치에 도달하였고 이보다 높거나 낮은 온도에서도 발병하지만 병징발현에 시간이 오래 걸린다(6, 15). 이와 같이 과수 바이러스는 그 종류와 온도에 따라서 병징발현에 큰 영향을 받는다.

배나무잎 이상반점증상도 다른 과수 바이러스병의 예와 같이 병징이 발현하는데 미치는 환경요인으로서 온도가 가장 중요한 요인으로 생각된다. 본 실험의 결과에서도 잎이 경화된 후에 주간 23°C, 야간 18°C의 처리에서 병징 발현이 가장 잘 되었고, 높은 온도인 28/23°C에서도 병징은 나타났으나 양적으로 적었다. 또한 낮은 온도인 18/13°C에서는 아주 적은 양으로 발생하였다. 실제 포장에서의 병발생은 6월이 발생의 정점인데 이때의 평균 온도가 23/18°C 부근으로 본 실험의 발생 최저온도와 일치하고 있다.

이상반점증상이 발병할 수 있는 한계온도는 아주

높은 온도조건과 낮은 온도조건으로 생각할 수 있는데 본 연구에서 보면 높은 온도는 28°C 이상, 낮은 온도는 13°C 이하로 볼 수 있다.

봉지시험의 결과를 보면 봉지종류에 관계없이 발생이 없거나 한두 잎만이 발생하는데 이때 봉지내의 온도가 최고 46.8°C, 최저 16.7°C였으므로 이 온도가 발병에 영향을 미쳤을 것으로 생각되나 온도의 효과를 보다 확실히 규명하기 위해서는 좀더 많은 시험이 필요하다.

일반적으로 수분이 충분한 식물에서는 그렇지 않은 식물보다 바이러스의 침입이 유리하고 병반도 많이 형성된다(2). 본 실험에서 병든 나무에 토양수분을 달리 하였을 때 정상적인 수분상태에서 발병이 빠르고 또 심하게 나타났다. 그러나 토양수분의 정도와 상관없이 어느 정도 시간이 지나면 발병이 심하게 나타나고 있어서 일단 이병된 상태에서 병징이 발현하는 데는 토양수분의 급격한 영향은 없는 것으로 생각된다.

본 실험에서 이병주, 건전주 토양을 분석한 결과 수원과 안성 과원에서 두 토양간의 통계적인 차이가 있는 것은 pH, O-M, NH₄-N, P₂O₅, Ca였으나 유효인산은 두 지역에서 모두 이병주 토양에서 많았다. 따라서 유효인산은 이상반점증상과 어떤 관계가 있는 것으로 생각될 수는 있으나 조사포장의 수가 적어서 결론을 내리기에는 향후 연구가 더 필요하다.

이상의 결과 이상반점증상은 성숙한 잎이 경화되는 시점에서 온도의 영향이 가장 큰 것으로 생각된다. 실제 농가 과수원에서는 그 해의 기상조건에 따라 이병주의 발병정도가 다르지만 점차 심해지는 경향이 있으므로 앞으로 온도 이외의 병발생과 밀접한 관련이 있는 환경요인에 대해서도 많은 연구가 필요하다.

요 약

배나무잎 이상반점증상의 발병환경 조건을 조사하고자 실험한 결과 주간 23°C, 야간 18°C 온도조건에서 병징발현이 가장 심하였고 이보다 높은 온도인 28/23°C와 낮은 온도인 18/13°C에서는 발병이 아주 적었다. 배나무잎에 봉지를 피복하면 발병이 전혀 없거나 극히 저조하였다. 이것은 봉지내의 온도가 최고 46.8°C까지 올라가 고온에 의하여 발병이 억제된 것으로 생각된다. 이병주 토양과 건전주 토양의 화학성을 조사한 결과 이병주 토양에서는 건전주 토양보다 유효인산량이 많게 나타났다. 토양수분이 많거나 적었을 때는 병징발현이 다소 늦어지기는 하나 최종 조사시 발병정도는 큰 차이를 나타내지 않았다.

참고문헌

1. 我孫子和雄, 高梨和雄. 1974. 모모斑葉모사이크病의 病徵發現에及ぼす溫度의 影響. 果樹試報 A1 : 105-113.
2. 최장경, 이상용. 1993. 식물바이러스학 개론. 강원대학교출판부. 225pp.
3. 홍경희, 김용석, 김휘천, 김정배, 이운직, 이은중, 조원대, 조의규. 1985. 배일의 이상반점증상에 관한 연구. 농시논문집(원예) 27(2) : 46-55.
4. 김정호. 1994. 최신 배 재배. 오성출판사. 421pp.
5. 기운계, 박서기, 조백호, 김기청. 1984. 배나무 검은 무늬병균(*Alternaria kikuchiana* Tanaka)의 병원성분화와 저항성품종의 이병화. 한식보호지 23 : 7-14.
6. 野田健男, 石渡英夫, 丸島義信. 1957. 和梨의 俗稱褐斑病에 關する 研究(第1報)千葉縣下의 現況並び에 接木試驗. 農業及園藝 32 : 1799-1800.
7. 野田健男, 石渡英夫, 丸島義信. 1958. 和梨의 俗稱褐斑病에 關する 研究(第2報) 藥劑散布, 病枝よりの 穂木採取節位, 帖根의 良否, 土壤條件等と 發病との 關係. 農業及園藝 33 : 381-382.
8. 野田健男, 石渡英夫, 丸島義信. 1958. 和梨의 俗稱褐斑病에 關する 研究(第3報) 帖木と穂の相互 間の 傳染と 品種間差異. 農業及園藝 33 : 1088-1090.
9. 野田健男, 石渡英夫, 丸島義信. 1959. 和梨의 俗稱褐斑病에 關する 研究(第4報) 苗木健否と生長との 關係, 並びに 數品種의 中間台을 通して의 發病について. 農業及園藝 34 : 1427-1428.
10. 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법. 450pp.
11. 남기웅, 김충희. 1994. 배나무잎 이상반점증상에 관한 연구. 1. 발생상황과 피해. 한식병지 10(3) : 169-174.
12. 남기웅, 김충희. 1995. 배나무잎 이상반점증상에 관한 연구. 2. 원인구명. 한식병지 11(3) : 217-223.
13. 남기웅, 김충희. 1995. 배나무잎 이상반점증상에 관한 연구. 3. 병원의 접목전염. 한식병지 11(3) : 217-223.
14. 오왕근, 신건철. 1986. 과수원 토양관리와 비료. 사단법인 가리연구회. 354pp.
15. 高梨和雄, 工藤晟, 田中寛康. 1983. ナシえそ斑點病의 病徵發現에及ぼす溫度의 影響. 果樹試報 A10 : 115-121.
16. 澤村健三. 1965. リンゴ의 ウイルス病에 關する 研究 第1報. 모사이크病, 奇形果, さび果病について. 園試報 C3 : 25-33.
17. Wertheim, S. J. and Van Oosten, H. J. 1986. Comparison of virus-free and virus-infected clones of two pear cultivars. *Acta Horticulturae* 180 : 51-60.