

갈색무늬병의 시기별 이병 및 낙엽 정도가 ‘후지’/M.9 사과나무의 과실품질 및 신초생장에 미치는 영향

박무용^{1†} · 사공동훈^{1†*} · 권현중¹ · 도윤수¹ · 송양익¹ · 이동혁²

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 사과시험장, ²농촌진흥청 기술협력국

Influence of Seasonal incidence and Defoliation Degree of Marssonina Blotch on Fruit Quality and Shoot Growth of ‘Fuji’/M.9 Apple Tree

Moo-Yong Park^{1†}, Dong-Hoon Sagong^{1†*}, Hun-Joong Kweon¹, Yun-Su Do¹,
Yang-Yik Song¹, and Dong-Hyuk Lee²

¹Apple Research Station, National Institute of Horticulture & Herbal Science, Rural Development Administration, Gunwi 716-812, Korea

²Technology Cooperation Bureau, Rural Development Administration, Suwon 441-857, Korea

Abstract. This study investigated the influence of seasonal incidence and defoliation degree caused by Marssonina blotch (*Diplocarpon mali* Harada et Sawamura) on shoot growth and fruit quality of ‘Fuji’/M.9 apple tree. The occurrence of marssonina blotch in Gunwi region was observed from the mid of July 2009, and percentage of defoliation was about 10% in the end of October. In 2010, that started in the early of June. By the end of September, percentage of defoliation was 20% and it reached 50% in late October. Secondary growth of terminal shoot in 2010 was three times as much as that in 2009. In 2009, the soluble solid contents and the red color (hunter a value) during fruit maturation increased to 13.8 °Brix and 16.2, respectively. In 2010, the soluble solid content during fruit maturation remained in the 12.1-12.6 °Brix range after early October, and the red color began to increase after the end of September when the percentage of defoliation was 20%. As for fruit quality by defoliation degree, the red color decreased when defoliation percentage of bourse shoot at the end of October was more than 30%. Fruit weight and soluble solids also decreased when defoliation percentage was more than 50%. Fruit length and diameter of over 30% defoliation treatments began to decrease after the middle of August, compared with those of under 30% defoliation treatment. Photosynthetic rate of the leaves that was located at the secondary growth of bourse shoot was similar to that of leaves which was located at the middle of bourse shoot. However, the size and the soluble solid content of fruit were not affected by photosynthesis activities of bourse shoot leaves which was develop in the secondary shoot growth.

Additional key words: *Diplocarpon mali*, fruit growth, *Malus domestica* Borkh., photosynthesis, secondary shoot growth

서 언

갈색무늬병(병원균: *Diplocarpon mali* Harada et Sawamura)은 1992년까지 ‘후지’ 품종에서 크게 문제가 되지 않다가 1993년에 크게 발생한 뒤로 ‘후지’ 품종은 물론 ‘홍로’ 등의

신품종에서도 지속적으로 발병률이 증가하고 있는 실정이다(Cho, 2009; Kim, 2004; Kim et al., 1998).

갈색무늬병은 월동 전염원인 분생포자가 4월 초순경부터 비산하기 시작하여 6월 하순경까지 지속되는데 방제를 소홀히 할 경우, 8월부터 발병율이 증가하면서 9월에 발병 최성

*Corresponding author: sa0316@Korea.kr

†These authors contributed equally to this work.

※ Received 4 June 2012; Revised 20 March 2013; Accepted 9 April 2013.

© 2013 Korean Society for Horticultural Science

기에 도달하고, 10월에는 수관부위에 따라 40% 이상 낙엽이 된다(Kim et al., 1998). 발병이 심할 경우에는 8월 말에 수관 전체 잎 중 50% 이상이 낙엽이 된다(Cho, 2009).

일반적으로 영양생장과 결실은 서로 부의 관계를 갖고 있으면서 일정수준의 영양생장이 유지되어야 당년의 과실비대와 성숙은 물론 이듬해의 결실에 유리하다고 알려져 있다(Robinson, 2003). 사과나무는 발아 후 보통 6월 하순까지는 왕성한 신초생장을 계속하지만, 그 이후에는 성장속도가 떨어지며 7월 하순이 되면 생장이 거의 정지되나 7월 하순 이후에 질소성분이 과다하고 다습조건이 되면 이차생장이 발생한다(Kim et al., 2006a; Yoon et al., 2005).

Kim et al.(2006b)은 사과나무의 잎이 8월 이전에 3.0%의 염화나트륨(NaCl)에 의해 모두 낙엽이 되면 8월 말에 정아 및 측아가 발아하는 이차생장이 발생한다고 하였다. 갈색무늬병에 의한 낙엽도 사과나무의 이차생장을 유도할 것으로 추정되나 국내에서는 갈색무늬병 발생양상 혹은 방제에 대한 보고(Cho, 2009; Kim, 2004; Kim et al., 1998; Lee et al., 2007)와 갈색무늬병 낙엽 정도에 따른 수확기의 과실품질 및 이듬해의 영향에 관한 보고(Sagong et al., 2011)만 있을 뿐 갈색무늬병 발생이 당년의 신초생장에 미치는 영향과 8월경에 새로 발생된 잎의 광합성활동이 과실비대 및 품질에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구는 없다.

본 조사연구는 갈색무늬병의 시기별 이병 및 낙엽 정도가 ‘후지’/M.9 사과나무의 신초생장, 과실비대 및 품질에 미치는 영향을 구명하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

시험 재료

시험재료는 경북 군위군 소보면 소재 사과시험장 시험포장에 3.5 × 1.5m(190주/10a)로 재식되어 있는 12년생 세장방추형 ‘후지’/M.9 사과나무를 사용하였다.

본 시험포장은 사과시험장 표준관리 기준에 준하여 관리되고 있는 포장으로, 토양은 미사질 양토였고, 2009년과 2010년 모두 시비하지 않았다. 수분관리는 점적관수로 필요 시 관수하였다. 사과 병해 관리는 살균제를 매년 9회 살포했고, 해충방제는 페르몬 트랩 설치 및 병해충 발생 예측을 병행하여 살충제를 매년 6회 살균제와 혼합하여 살포하였다. 나무당 착과수는 매년 80개를 목표로 하였다.

갈색무늬병의 시기별 이병 및 낙엽 정도와 기상환경

갈색무늬병의 시기별 이병 정도는 매년 6월부터 10월까지 약 2주 간격으로 누적 이병률을 조사하였다. 누적 이병률

조사방법은 5월말에 조사 대상 포장에서 5주를 선정한 뒤 각 나무별로 동서남북 4방향을 정하고, 각 방향에서 나무의 내, 외부 신초를 각각 1개씩 선정(나무당 8개)하여 신초별 총 잎 수를 조사한 뒤, 선정된 신초의 잎에 병반이 발생할 경우 병반 주위에 검게 표시하고, 병든 잎 수를 기록하여, 5월 말의 전체 잎 수에 대한 각 시기별 이병된 잎 수를 백분율로 나타내었다. 5월 말 신초별 평균 잎 수는 16매 정도로 5월말 이후 발생하는 잎 수는 포함시키지 않았다.

갈색무늬병에 의한 시기별 낙엽 정도는 갈색무늬병 누적 이병률을 조사한 신초를 대상으로 매년 6월부터 10월까지 1달 간격으로 5월 말의 신초 전체 잎 수에 대한 낙엽된 잎 수를 구하여 백분율로 나타내었다. 시기별 갈색무늬병의 누적 이병률과 낙엽 정도 조사를 위한 통계분석은 1주를 1반복으로 한 5반복이었다.

2009년과 2010년의 기온 및 총 강수량은 기상청(Korea Meteorological Administration, KMA)에서 시험포장 안에 설치한 자동 기상관측기(경상북도 군위군 소보면 위성리 소재)의 자료를 이용하였다.

갈색무늬병의 시기별 이병 및 낙엽 정도에 따른 정단신초 생장

시기별 정단신초 생장은 2009년과 2010년에 조사하였다. 조사대상 나무는 갈색무늬병의 시기별 이병 및 낙엽 정도를 조사한 사과나무와 같은 열에 재식되어 있는 다른 나무로, 2009년은 6월 5일에 사과나무를 10주 선정한 뒤, 나무당 정단신초 10개를 무작위로 선정하여 6월 5일부터 10월 23일까지 2주일 간격으로 조사하였다. 2010년은 6월 3일에 사과나무를 20주 선정한 뒤, 나무당 정단신초 10개를 무작위로 선정하여 6월 3일부터 10월 28일까지 1주일 간격으로 조사하였다.

갈색무늬병의 시기별 이병 및 낙엽 정도에 따른 과실품질

2009년과 2010년 과실 성숙기의 시기별 과실품질은 시기별 갈색무늬병의 이병 정도 및 정단신초 생장을 조사하기 위하여 선정한 사과나무와 같은 열에 재식되어 있는 다른 나무를 대상으로 하여 조사하였다. 조사방법은 매년 8월 중순에 10주 선정하여 지표면에서 130-150cm 높이의 구간에서 열 방향으로 80-100cm 떨어진 부위에 착과된 과실을 대상으로 나무당 1개씩 총 10개의 과실을 1주 간격으로 수확하여 가용성 고형물 함량, 산 함량, 착색도 및 전분지수를 조사하였다. 2009년 조사시기는 8월 24일부터 10월 28일까지였고, 2010년은 8월 23일부터 10월 27일까지였다. 착색도와 전분지수의 통계분석은 1과를 1반복으로 한 10반복이었고, 가용성 고형물 함량과 산 함량은 3-4과를 착즙한 과즙을

1반복으로 한 3반복이었다.

2010년 갈색무늬병에 이병 및 낙엽 정도에 따른 과실비대 및 수확기 과실품질 조사는 시기별로 정단신초의 길이를 조사한 나무를 대상으로 하였다. 과실비대 조사는 적과가 끝난 6월 3일에 사과나무를 20주 선정한 뒤, 나무당 과실 10개를 무작위로 선정하여 6월 3일부터 10월 28일까지 1주간격으로 종경과 횡경을 조사하였다. 과대지의 낙엽 정도 조사는 200개의 과실 중 과대지 길이(2010년 10월 말)가 20-30cm인 과실을 1차 선별한 뒤 다시 낙엽률을 기준으로 5단계(0.0-29.9%, 30.0-49.9%, 50.0-69.9%, 70.0-99.9%, 100%)로 구분하여 각 낙엽구에 해당하는 과실 10과를 선정하였다. 2010년 10월 말에 낙엽 피해가 없는 과대지의 평균 잎수는 약 13매였고, 과실 비대를 조사한 낙엽구의 수확기 과실품질은 10월 말에 모두 수확하여 과실마다 조사하였다.

착색도는 색차계(Chroma meter CR-400, Konica minolta, Japan)를 사용하여 각각의 과실 3부분(양광면, 음광면, 양, 음광면 중간부위)의 평균값을 Hunter a value로 표시하였고, 전분지수 조사는 Yoo et al.(2006)의 조사방법에 따라 0(미숙)-6(완숙)까지 7단계로 구분하였다. 가용성 고형물 함량은 3-4과씩 분쇄하여 착즙한 후 거름종이로 걸러 당도계(Atago Co., PR-100, Japan)로 측정하였고, 산 함량은 착즙한 과즙 5mL를 증류수 20mL로 희석한 후 0.1N NaOH로 적정하여 pH 8.1-8.3이 되는 점을 중화점으로 한 적정치를 사과산으로 환산하였다.

과대지 중간 부위의 잎과 이차생장 부위 잎의 광합성능력과 SPAD값

8월 말에 갈색무늬병이 발생한 잎이 있으면서 이차생장을

한 30-40cm의 과대지 10개를 선정하여 2010년 8월 25일과 9월 29일에 과대지 중간 부위의 잎과 이차생장을 한 부위의 건전한 잎을 대상으로 광합성능력을 조사하였다. 조사방법은 인공광 챔버가 부착된 광합성 측정기(LI-6400, LI-COR, USA)로 광합성속도, 기공전도도, 증산속도를 10시부터 14시까지 1시간 간격으로 4회 조사하였다.

8월 25일 광합성측정 시의 광도는 $500-1,600\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, CO_2 농도는 $390-400\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, 기온은 $27.4-29.5^\circ\text{C}$ 이었다. 9월 29일 광도는 $600-1,300\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, CO_2 농도는 $400-420\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, 기온은 $12.0-18.0^\circ\text{C}$ 이었다. 잎의 SPAD 값은 광합성 능력을 조사한 잎을 대상으로 조사하였다.

결과 및 고찰

갈색무늬병의 시기별 이병 및 낙엽 정도와 기상환경

2009년 갈색무늬병의 누적 이병률은 7월 15일에 약 2%, 8월 14일에 약 6%, 9월 15일에 약 20%, 10월 29일에 약 60%에 도달하였다. 2010년에는 2009년보다 1달 정도 빠른 6월 15일에 약 2%, 8월 16일에 약 20%, 9월 16일에 약 50%, 10월 1일에 약 80%에 도달한 이후로는 더 이상 증가되지 않았다(Fig. 1A).

갈색무늬병에 의한 시기별 누적 낙엽률은 2009년에는 9월 말에 2% 정도 낙엽이 되기 시작하여 10월 말에 10% 정도가 되었지만, 2010년에는 2009년보다 1달 정도 빠른 8월 말에 2% 정도 낙엽이 되기 시작하여 9월 말에 약 20%, 10월 말에 약 50%에 달하였다(Fig. 1B).

갈색무늬병에 의한 낙엽 피해가 적었던 2009년(Fig. 1B)에 군위 소보 지역의 3월부터 10월까지 최고, 평균, 최저기

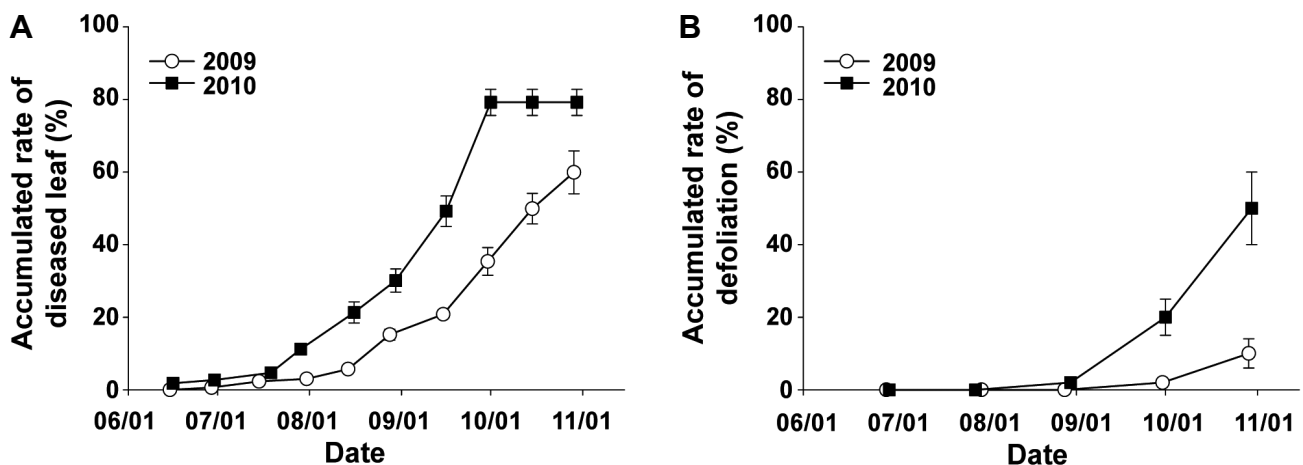


Fig. 1. Changes of accumulated rate of diseased leaf (A) and accumulated rate of defoliation (B) by marssonina blotch at the 'Fuji'/M.9 apple orchard in the Gunwi region from 2009 to 2010. Total leaves per shoot were about sixteen by the end of May. Vertical bars indicate standard errors of five-tree replication.

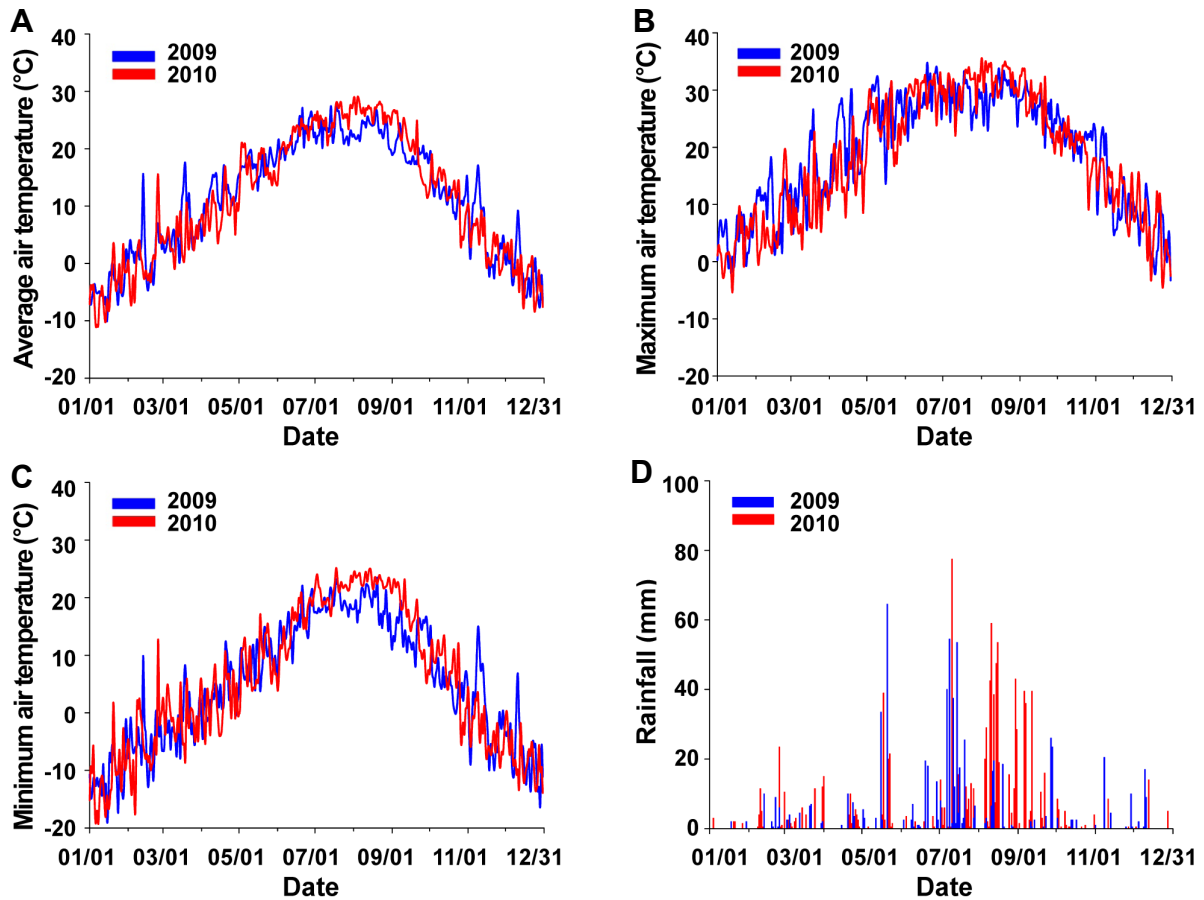


Fig. 2. Changes of average air temperature (A), maximum air temperature (B), minimum air temperature (C), and rainfall (D) at the 'Fuji'/M.9 apple orchard located in the Gunwi region from 2009 to 2010.

온과 총 강수량은 각각 24.5°C, 16.9°C, 10.3°C, 637mm이었고, 낙엽피해가 심하였던 2010년(Fig. 1B)에는 각각 23.7°C, 17.1°C, 11.5°C, 985mm로, 최고기온은 2009년이 높았지만, 평균기온은 비슷하였고, 최저기온 및 총 강수량은 반대로 2010년이 더 높았다(Fig. 2).

일반적으로 사과 생육기의 평균기온이 20°C 전후이면서, 강수량이 많은 해일수록 갈색무늬병 발생이 많아지는 것으로 알려져 있다(Cho, 2009; Kim, 2004; Kim et al., 1998). 본 조사연구에서 낙엽이 심하였던 2010년(Fig. 1B)의 3월부터 10월까지의 평균기온은 낙엽이 심하지 않았던 2009년(Fig. 1B)과 비슷했다(Fig. 2A). 그러나 낙엽이 심했던 2010년(Fig. 1B)의 3월부터 10월까지 총 강수량은 2009년보다 350mm 정도 많았다(Fig. 2D). 따라서 2010년의 낙엽 정도가 2009년보다 심했던 것(Fig. 1B)은 2010년의 총 강수량이 2009년보다 많아(Fig. 2D), 2010년의 병 진행이 2009년보다 더 빠르고(Fig. 1A), 이병 정도(잎의 전체면적에 대한 갈색무늬병반이 차지하는 면적)가 심하였기 때문으로 추정되었다.

갈색무늬병의 시기별 이병 및 낙엽 정도에 따른 정단신초 성장

낙엽피해가 적었던 2009년(Fig. 1B)에는 6월 초(6월 5일)에 28.5cm이었던 정단신초장이 7월 말(7월 31일)에 34.1cm, 8월 말(8월 28일)에 36.0cm까지 성장했지만, 9월 중순(9월 11일) 이후로는 37.1cm로 생장이 멈췄다. 그러나 낙엽 피해가 심했던 2010년(Fig. 1B)에는 6월 초(6월 5일) 29.5cm이었던 정단신초장이 7월 중순(7월 15일)에 36.9cm까지 자란 뒤 약 1달(7월 15일부터 8월 12일)간 생장이 멈추었다가 8월 18일부터 다시 자라기 시작하여 8월 말(8월 26일)에 42.3cm, 9월 말(9월 30일)에 45.8cm까지 자란 뒤 생장이 멈추었다(Fig. 3).

본 조사연구에서는 2개년 모두 7월 말 이후로 이차생장을 하였는데, 특히 8월 말부터 갈색무늬병에 의해 낙엽이 되기 시작한 2010년(Fig. 1B)에 정단신초의 이차생장이 뚜렷하게 나타났다(Fig. 3). 이러한 증상은 염화나트륨을 3.0% 농도로 7월말에 엽면살포하면 처리 10일 후에 신초의 잎이 100% 갈변된 뒤 모두 낙엽이 되고, 신초의 정아는 처리 후 30일 뒤에 모두 발아하였다는 보고(Kim et al., 2006b)와 비슷하였다.

일반적으로 가지가 이차생장을 하면 나무 전체의 절대광합성량은 많아지지만, 생장을 위한 동화산물의 소비도 그만큼 많아져서 과실의 생장에 필요한 탄수화물이 부족해지거

나 분배가 지연되어 과실의 발육이 나쁘고 숙기가 지연되는 등 역효과를 가져온다고 알려져 있다(Kim et al., 2006a). 그러나 본 조사연구에서의 갈색무늬병에 의한 이차생장(Fig. 3)은 이병 및 낙엽에 의해 부족해진 동화산물(Sagong et al., 2011)을 보충해 줄 수 있는 새로운 잎을 발생시키므로 오히려 과실비대 및 품질 향상에 도움이 될 수도 있다고 생각되었다. 따라서 본 조사연구에서는 이차 신초생장이 진행되는 동안의 과실 비대 및 숙기 진행을 조사하여, 갈색무늬병에 의한 이차생장이 과실비대 및 숙기 진행에 어떠한 영향을 주는지를 조사하였다.

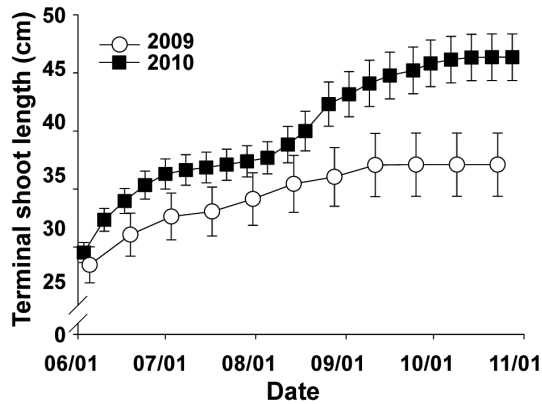


Fig. 3. Changes in the terminal shoot length of 'Fuji'/M.9 apple tree at Gunwi region in 2009 and 2010. Terminal shoot length was checked at two weeks interval from June 5 to October 23 in 2009, and that of 2010 was checked at one week interval from June 3 to October 28. Vertical bars of 2009 indicate standard errors of ten tree replications, and that of 2010 indicate standard errors of twenty tree replications. Number of terminal shoot per tree was 10 shoots in 2009 and 2010.

갈색무늬병의 시기별 이병 및 낙엽 정도에 따른 과실품질

낙엽피해가 적었던 2009년 과실 성숙기 동안의 가용성 고형물 함량은 8월 말(8월 24일) 10.4°Brix, 9월 말(9월 28일)에 12.8°Brix, 10월 말(10월 26일)에 13.8°Brix였다. 그러나 낙엽피해가 심했던 2010년에는 8월 말(8월 23일)에 8.6°Brix이었던 가용성 고형물 함량이 9월 말(9월 27일)에 11.8°Brix까지 높아졌지만, 10월 초(10월 4일) 이후로는 12.1-12.6°Brix 범위에 머물렀다(Fig. 4A).

2009년 과실 성숙기 동안의 산 함량은 9월 말까지 0.49-

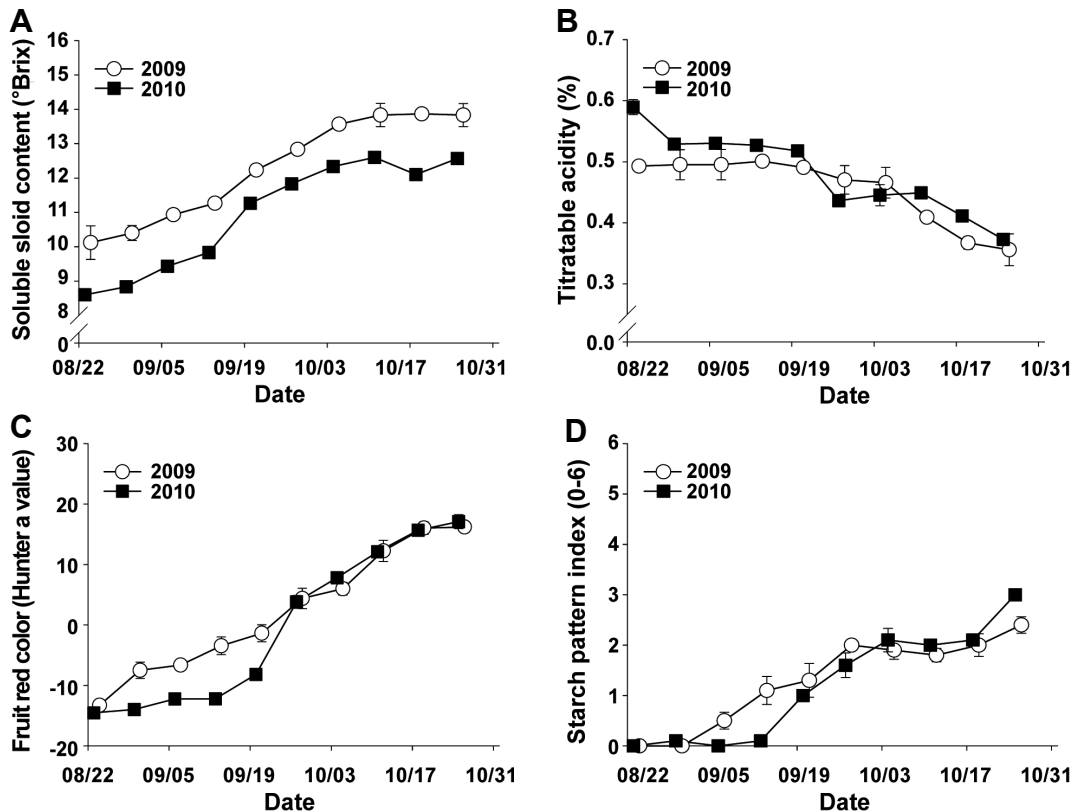


Fig. 4. Changes in the soluble solid content (A), titratable acidity (B), fruit red color (C), and starch pattern index (D) during fall period at the 'Fuji'/M.9 apple orchard in the Gunwi region from 2009 to 2010. Checking date in 2010 was one day earlier than that of 2009. Starch pattern index value: 0-6 with 0 = immaturity. The vertical bars in the A and B indicate standard errors of three-juice replications. The vertical bars in the C and D indicate standard errors of ten-fruit replications. Ten fruit samples were collected weekly from the outer canopy at 1.3 to 1.5 m height.

0.50%를 유지하다가 10월 중(10월 12일)에 0.40%로 떨어져 10월 말(10월 26일)에 0.36%가 되었다. 2010년에는 9월 중(9월 13일)까지 0.52% 이상 유지되던 산 함량이 9월 말에 급속히 떨어지기 시작하여 10월 말에 0.37%까지 떨어졌다(Fig. 4B).

2009년 과실 성숙기 동안의 착색도(hunter a value)는 9월 말(9월 28일)에 0.0을 넘기 시작하여 10월 말(10월 26일)의 16.2까지 점진적으로 높아졌다. 2010년에는 2009년 대비 상대적으로 낮았던 착색도가 9월 말(9월 27일)에 급격하게 높아진 이후로 2009년과 비슷하게 높아졌다(Fig. 4C).

2009년 과실 성숙기 동안의 전분지수(starch pattern index 0-6, 0 = 미숙, 6 = 완숙)는 9월 초(9월 7일)부터 높아지기 시작하여 10월 말에 2.4가 되었다. 2010년에는 9월 중(9월 13일)까지 0.0-0.1이었던 전분지수가 9월 말(9월 27일)부터 높아지기 시작하여 10월 말에 3.0까지 높아져 2010년의 전분소실이 2009년보다 빠른 경향이 있었다(Fig. 4D).

2010년 8월 중순(8월 18일)까지 낙엽구 간의 종경의 차이는 0.5mm 이내로 큰 차이가 없었으나 9월 초(9월 9일)부터 30% 이상 낙엽구의 종경이 0.0-29.9% 낙엽구보다 평균적으로

로 1.0mm 정도 작아지기 시작하였다. 10월 초(10월 5일) 이후부터는 30% 이상 낙엽구의 종경이 0.0-29.9% 낙엽구보다 평균적으로 1.8mm 정도 더 작았다(Fig. 5A). 횡경은 8월 초(8월 5일)까지 낙엽구 간의 차이가 2.0mm 이내로 차이가 심하지 않았으나 8월 중순(8월 12일) 이후부터는 30% 이상 낙엽구의 횡경이 0.0-29.9% 낙엽구보다 평균적으로 2.0-3.0mm 정도 작아지기 시작하였다. 10월 초(10월 7일) 이후부터는 30% 이상 낙엽구의 횡경이 0.0-29.9% 낙엽구보다 평균적으로 3.9mm 정도 더 작았다(Fig. 5B).

2010년 갈색무늬병의 낙엽 정도에 따른 수확기의 과실 품질에 있어(Table 1), 50% 이상 낙엽구의 과중과 가용성 고형물 함량은 각각 212-226g, 11.2-11.4°Brix으로 대조구인 0.0-29.9% 낙엽구의 274g, 12.2°Brix보다 유의하게 감소되었다. 착색도는 30% 이상 낙엽구가 12.1-13.9로 0.0-29.9% 낙엽구의 17.4보다 유의하게 감소되었다. 산 함량은 모든 낙엽구가 0.33-0.34%로 차이가 없었다(Table 1).

Sagong et al.(2011)은 8월 말에 잎면적의 50% 이상이 갈색무늬병반으로 덮힌 잎의 광합성 속도는 건전한 잎의 절반 수준이었으며, 갈색무늬병에 의한 낙엽이 심할수록 10월 말

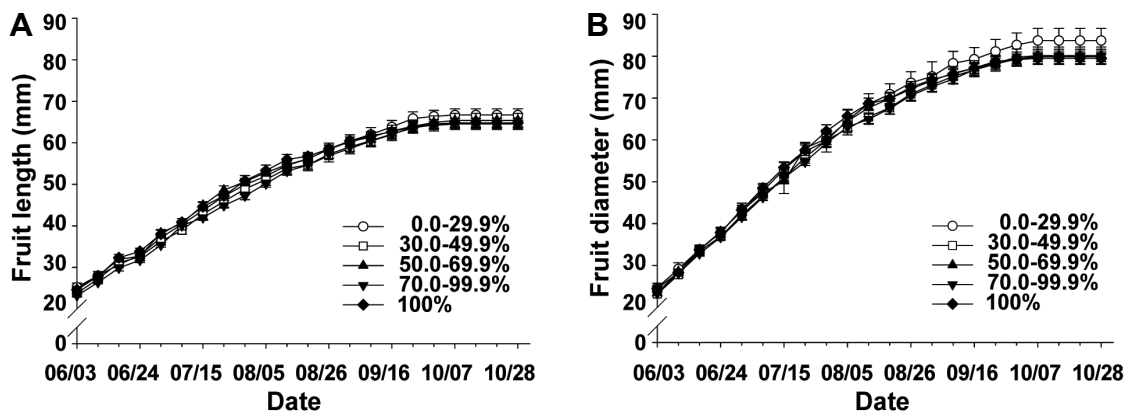


Fig. 5. Changes of fruit length (A) and diameter (B) of different degrees of defoliation caused by Marssonina blotch in bourse shoot of 'Fuji'/M.9 apple tree in 2010. Fruit growth was checked at one week interval from June 3 to October 28. Checking time of defoliation by marssonina blotch per bourse shoot was in the end of October. Vertical bars indicate standard errors of ten fruit replications.

Table 1. Influence of different degrees of defoliation caused by Marssonina blotch in bourse shoot on the fruit quality of 'Fuji'/M.9 apple tree in 2010.

Defoliation ^z (%)	Fruit weight (g)	Soluble solids content (°Brix)	Titrateable acidity (%)	Fruit red color (Hunter a value)
0.0-29.9	274 a ^y	12.2 a	0.34 a	17.4 a
30.0-49.9	245 ab	11.6 ab	0.33 a	13.9 b
50.0-69.9	226 b	11.4 b	0.33 a	13.7 b
70.0-99.9	215 b	11.3 b	0.33 a	13.4 b
100	212 b	11.2 b	0.34 a	12.1 b

^zChecking date of defoliation by marssonina blotch per bourse shoot (with average thirteen leaves/bourse shoot) was at the end of October.

^yMeans followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test, $P < 0.05$.

과실의 전분함량이 낮아져 과중, 가용성 고형물 함량, 산 함량 및 착색도가 낮아진다고 하였다. 본 조사연구에서도 갈색무늬병에 의한 낙엽이 심할수록 10월 말 수확기 과실품질이 낮아지는 경향을 보였는데(Table 1), 9월 말에 20% 정도 낙엽이 되면 가용성 고형물 함량은 10월초 이후로 증가되지 않았고(Figs. 1B and 4A), 산 함량과 과실 내 전분 함량은 9월 말에 급격하게 감소하였다(Figs. 1B, 4B, and 4D).

그러나 본 조사연구에서 과실 성숙기 동안의 착색도(Fig. 4C)는 갈색무늬병에 의한 낙엽이 심할수록 착색이 감소된다는 앞선 보고(Sagong et al., 2011)와 달리 20% 정도 낙엽이 되었던 2010년 9월 말에 착색도가 급격히 증가되는 경향을 나타내었고(Fig. 4C), 수확기의 착색도는 낙엽이 심할수록 낮아졌다(Table 1). 이러한 상반적 결과(Fig. 4C and Table 1)는 갈색무늬병의 이병 및 낙엽 정도는 수관외부와 상부보다 투광 및 통풍이 상대적으로 불량한 수관 내부와 하부에서 많았다는 보고(Kim et al., 1998; Sagong et al., 2011) 및 적엽을 할 경우 과실부위의 투광량 및 안토시아닌 함량이 높아진다는 보고(Yim and Lee, 1999)처럼, 과실 성숙기의 조사대상 과실은 투광 및 통풍이 좋은 수관외부에 착과되어 갈색무늬병 피해 정도(이병 및 낙엽 정도)가 0.0-29.9% 낙엽구와 비슷한 상태였기 때문에, 9월 말 낙엽에 따른 과실부위의 투광량의 증가 효과(착색 증진)가 나타난 것으로 추정되었다.

본 조사연구에서 갈색무늬병에 의한 낙엽 정도에 따른 과실비대 감소 정도가 종경보다 횡경에서 뚜렷하게 나타난 것(Fig. 5)은 사과 과실은 생육초기에는 종축생장이 왕성하고 그 이후에 횡축생장이 왕성해지는데(Yim and Moon, 2004), 갈색무늬병은 생육후기인 8월 말부터 낙엽이 되는 피해증상이 뚜렷하게 나타나기 때문(Fig. 1)으로 판단되었다. 또한,

8월 중순부터 30% 이상 낙엽구의 횡경이 0.0-29.9% 낙엽구보다 작았던 것(Fig. 5B)은 8월 말 이전에 광합성속도가 갈색무늬병에 의해 감소된 상태(Sagong et al., 2011)에서 신초의 이차생장이 8월 중순(8월 18일)부터 급속하게 증가(Fig. 3)하여 과실로 전류되는 동화산물이 감소되었기 때문(Kim et al., 2006a)으로 추정되었다.

과대지 중간 부위의 잎과 이차생장 부위 잎의 광합성능력과 SPAD값

2010년 8월 말(8월 25일)에 이차생장한 부분 잎의 SPAD값(SPAD reading value)은 49.4로 중간 부위의 잎의 51.2와 차이가 없었고, 9월 말(9월 29일)에도 두 부위 잎의 SPAD값은 50.0-51.8로 차이가 없었다(Table 2). 광합성능력에 있어서는 8월 말 이차생장한 부위의 건전한 잎의 광합성속도, 증산속도, 기공전도도는 각각 $11.3\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, $0.36\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, $6.21\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 과대지의 중간 부위의 잎($12.4\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, $0.40\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, $6.56\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)과 차이가 없었고, 9월 말에도 중간부위의 이병된 잎과 이차생장 부위 잎 간의 광합성능력 차이는 없었다(Table 2).

Fujii and Kennedy(1985)는 엽령이 적을수록 사과 잎의 광합성 속도는 높아진다고 하였다. 본 조사연구에서는 이차생장이 발생한 부분에 위치한 잎이 중간부위의 잎보다 엽령이 적었음에도 불구하고 광합성 속도는 차이가 없었다(Table 2). 이는 8월 중순에 새로 발생한 잎의 성숙(엽록소 함량, 잎면적, 잎과 기공의 구조적 발달 등)이 9월 말까지 완료되지 못하였기 때문으로 추정되었다(Kim et al., 2006a; Salck, 1974).

이상의 결과를 종합해 보면, 갈색무늬병에 의한 낙엽이 8월 이전부터 시작되면(Fig. 1B), 30% 이상 낙엽구의 과실

Table 2. SPAD reading value, photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate according to location of leaves in bourse shoot that was damaged by Marssonina blotch of 'Fuji'/M.9 apple tree in 2010.

Location of leaves in bourse shoot ^z	SPAD reading value	Photosynthetic rate ^y ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Stomatal conductance ^y ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ^y ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
25th August ^x				
Middle	51.2 a ^w	12.4 a	0.40 a	6.56 a
Secondary growth	49.5 a	11.3 a	0.36 a	6.21 a
29th September ^v				
Middle	51.8 a ^w	11.1 a	0.23 a	2.37 a
Secondary growth	50.0 a	10.5 a	0.21 a	2.33 a

^zMiddle, marssonina blotch was covered a little in leaf surface; secondary growth, Marssonina blotch was not in leaves.

^yMeans calculated as average values from 10:00 to 14:00.

^xAvg. air temperature range was from 27.4 to 29.5°C, light level range was from 500 to 1,600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, and CO₂ concentration range was from 390 to 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$.

^wMeans followed by the same letter are not significantly different using T-test, $P = 0.05$.

^vAvg. air temperature range was from 12.0 to 18.0°C, light level range was from 600 to 1,300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, and CO₂ concentration range was from 400 to 420 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$.

비대는 8월부터 감소되기 시작하였고(Fig. 5), 가용성 고형물 함량은 10월부터 높아지지 않았다(Fig. 4A). 따라서, 고품질 ‘후지’ 과실을 생산하기 위해서는 8월 이전에 갈색무늬병에 의한 낙엽이 발생되지 않도록 관리되어야 한다고 판단되었다.

초 록

본 조사연구는 갈색무늬병(*Diplocarpon mali* Harada et Sawamura)의 시기별 이병 및 낙엽 정도가 ‘후지’/M.9 사과나무의 신초생장과 과실품질에 미치는 영향을 조사하고자 실시하였다. 2009년 군위지역에서의 갈색무늬병 발생은 7월 중에 시작되었고, 10월 말에 10% 정도 낙엽이 되었다. 2010년에는 갈색무늬병 발생은 6월 초에 시작하였다. 낙엽률은 9월 말에 20%이었고, 10월 말에 50%에 도달하였다. 2010년 정단신초의 이차생장량은 2009년보다 약 3배 더 높았다. 2009년 과실 성숙기 동안의 가용성 고형물 함량과 착색 정도(Hunter a value)는 각각 13.8°Brix, 16.2까지 올라갔다. 2010년 과실 성숙기 동안의 가용성 고형물 함량은 10월 초 이후로 12.1-12.6°Brix 범위에 머물렀고, 착색은 낙엽이 20%된 9월 말 이후에 높아지기 시작하였다. 낙엽 정도에 따른 과실품질에 있어, 10월 말 과대지의 낙엽율이 30% 이상 이 되면 착색도가 감소되었고, 낙엽율이 50% 이상이 되면 과중과 가용성 고형물 함량이 감소되었다. 10월 말 30% 이상 낙엽구의 과실 종경과 횡경은 30% 미만 낙엽구과 비교해 볼 때, 8월 중순부터 감소되기 시작하였다. 2010년 8월 말 과대지에서 이차생장한 부위 앞의 광합성 속도는 기존의 과대지 중간 부위의 앞과 비슷하였다. 그러나 과실의 크기와 가용성 고형물 함량은 과대지의 이차생장한 부위 앞의 광합성 활동에 영향을 받지 않았다.

추가 주요어 : *Diplocarpon mali*, 과실생장, *Malus domestica* Borkh., 광합성, 이차신초생장

인용문헌

Cho, J.Y. 2009. Assessment of control efficacy of fungicides comprised of current spraying program for apple against marssonina blotch. MS Diss., Kyungpook National Univ.,

- Daegu, Korea.
- Fujii, J.A. and R.A. Kennedy. 1985. Seasonal changes in the photosynthetic rate in apple tree. *Plant Physiol.* 78:519-524.
- Kim, C.H. 2004. Review of disease incidence of major crops in 2003. *Res. Plant Dis.* 10:1-7.
- Kim, D.A., S.W. Lee, and J.T. Lee. 1998. Ecology of marssonina blotch caused by *Diplocarpon mali* on apple tree in Kyungpook, Korea. *Agr. Res. Bull. Kyungpook Natl. Univ.* 16:84-95.
- Kim, J.H., J.C. Kim, K.C. Ko, K.R. Kim, and J.C. Lee. 2006a. General pomology. Hyangmoonsha Press, Seoul. p. 185-195.
- Kim, S.H., G.C. Song, J.G. Park, and M.Y. Park. 2006b. Studies on mechanism and damage occurrence for foliar spray of NaCl solutions in fruit trees. *Kor. J. Environ. Agri.* 25:352-358.
- Korea Meteorological Administration (KMA). 2012. Annual and monthly climatological report. <http://www.kma.go.kr>.
- Lee, S.W., D.H. Lee, K.H. Choi, and D.A. Kim. 2007. A report on current management of major apple pests based on census data from farmers. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25:196-203.
- Robinson, T.L. 2003. Apple-orchard planting systems, p. 345-407. In: D.C. Ferree and I.J. Warrington (eds.). Apples; Botany, production and uses. CABI Publishing, Cambridge, MA, USA.
- Shim, K.M., G.Y. Kim, H.C. Jeong, and J.T. Lee. 2008. Adaptation and assessment of the impacts of global warming on Agricultural environment in Korea. *Proc. Kor. Soc. Bio-Environ. Control Conf.* 17:78-81.
- Slack, E.M. 1974. Studies of stomatal distribution on the leaves of four apple variety. *J. Hort. Sci.* 49:95-105.
- Sagong, D.H., H.J. Kweon, Y.Y. Song, M.Y. Park, J.C. Nam, S.B. Kang, and S.G. Lee. 2011. Influence of defoliation of marssonina blotch on vegetative growth and fruit quality in ‘Fuji’/M.9 apple tree. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 29:531-538.
- Song, K.J., J.H. Hwang, and H.K. Yun. 2003. Changes of soluble sugar and starch concentrations in fruits of apple cultivars differing in maturity. *Kor. J. Soc. Hort. Sci.* 44:207-210.
- Tomana, T. 1983. The effect of environmental temperature on fruit maturing. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 24:276-283.
- Yim, Y.J. and D.K. Moon. 2004. Fruit growth and maturation. p. 258-311. In: S.D. Oh (ed.). *Fruit tree physiology in relation to temperature*. Gilmogm Press, Seoul, Korea.
- Yim, Y.J. and H.C. Lee. 1999. Effect of pre-harvest defoliation on fruit color and tree physiology in apple. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:209-212.
- Yoo, W.J., I.K. Kang, H.J. Kweon, M.J. Kim, D.H. Kim, D.H. Lee, and J.K. Byun. 2006. Usage potentiality of starch pattern index at aminoethoxyvinylglycine treatment to prevent preharvest drop in ‘Tsugaru’ apple fruits. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 24:64-69.
- Yoon, T.M., H.S. Park, D.H. Sagong. 2005. Effect of root pruning on tree growth and fruit quality of ‘Fuji’/M.9 apple trees. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23:275-281.