

## 포도갈색무늬병 발병수준이 ‘캠벨얼리’ 유기포도의 광합성률에 미치는 영향\*

류영현\*\* · 배수곤\*\*\* · 연일권\*\*\* · 김광섭\*\*\* · 박상조\*\*\*\* · 박준홍\*\*\*\* · 박종호\*\*\*\*\*

### Photosynthetic Rates of ‘Campbell Early’ Organic Grape as Affected by Degree of *Leaf Spot Disease* Caused by *Pseudocercospora vitis*

Ryu, Young-Hyun · Bae, Su-Gon · Yeon, Il-Kwon · Kim, Kwang-Sup ·  
Park, Sang-Jo · Park, Jun-Hong · Park, Jong-Ho

Grape cultivar “Campbell Early” account for 70% of table grape in Korea and *Leaf Spot Disease* caused by *Pseudocercospora vitis* is one of a major disease in greenhouse and field grown area during late summer season in both of organic and conventional grape farm. *Leaf spot disease* can cause lowering of sugar content in fruit and vine growth and very difficult to control especially in organic field. Photosynthesis ability and chemical components are compared between *leaf spot disease* infected leaves with degree of necrotic area. With increase of disease necrotic area, CO<sub>2</sub> differential value, water use efficiency and CO<sub>2</sub> assimilation and respiration ratio are decreased proportionally and on the other hand, stomatal conductance value is not affected by disease necrotic area. Chlorophyll contents are also decreased by 50% in heavily infected leaves and imply decrease of chlorophyll contents is a major source of photosynthesis ability decline. With increase of disease necrotic area in leaves, total nitrogen and phosphate contents are decreased and on the other side, total carbon, potassium, calcium and magnesium contents are increased. From this research, we can infer that not only chemical control program is important in control of *leaf spot disease* but also fertilizing program is

\* 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업인 유기과수 품질 향상 및 문제 병해충 관리 기술 개발(과제 번호 : PJ010829)의 지원에 의해 이루어진 것임.

\*\* Corresponding author, 경상북도농업기술원 유기농업연구소(younghyunr@korea.kr)

\*\*\* 경상북도농업기술원 유기농업연구소

\*\*\*\* 경상북도농업기술원 농업환경과

\*\*\*\*\* 국립농업과학원 유기농업과

significant especially in organic agronomical control of fungal disease in grape cultivar “Campbell Early”.

Key words : *grape*, *leaf spot disease*, *photosynthesis*, *Pseudocercospora vitis*

## I. 서 론

국내 포도 재배면적은 2009년에 18,000 ha 정도이며 이중 캠벨얼리품종은 전체 포도재배 면적의 70%를 차지하고 있는 실정으로 이는 우리나라의 경우 여름철에는 고온다습, 겨울철에는 극한기온의 특징적인 기후 특성으로 인해서 미국계 품종인 캠벨얼리를 주로 재배하게 된 것으로 이 품종은 노균병, 흰가루병 등 유럽계 품종에 주로 발생하는 병에 대해서 비교적 강한 특성이 있으나 갈색무늬병에는 취약한 문제점이 있다(National Inst. of Horticulture, 2002).

포도 갈색무늬병은 *Pseudocercospora vitis* (Lev.) Speg.에 의해 발생하는데(Shin and Kim, 1998; The Korean Society of Plant Pathology, 2009), 우리나라에서는 생육기간중의 고온다습한 기후적 특성과 밀생 재배 형태로 인해서 병의 확산과 피해가 크게 나타나는데 보통 7월부터 발생하기 시작하여 장마기를 지나면서 급격하게 확산되어 방제시기를 놓치는 경우에는 병반이 대규모로 진행되어 피해가 심하게 나타난다.

우리나라를 제외한 다른 국가에서의 포도 갈색무늬병은 국지적으로 발생이 보고되거나(Dang and Daulta, 1982; Sisterna and Ronco, 2005), 포도에서 발생이 경미한 병(Pearson and Goheen, 1998)으로 알려져 있다.

Cha et al. (2000)의 포도 재배농가의 병해충 방제실태 및 피해에 대한 연구 결과, 포도에서 주로 발생하는 병해는 탄저병, 노균병, 흰가루병, 새눈무늬병, 갈색무늬병 등이며 해충으로는 포도호랑하늘소와 포도유리나방인데, 병충해 발생은 포도 재배방식에 따라 차이가 있고, 해충보다는 병에 의해서 그리고 시설재배보다는 노지비가림재배에서 병해충에 의한 수확 감소가 크다고 하였다.

*Pseudocercospora vitis*의 분생포자는 내구력이 있고 줄기의 표면 등에 부착하여 월동하고 다음해의 전염원이 되며, 장마기가 길거나 늦여름에 많은 비가 올 경우 발병이 많고 포도 재배기간 중의 갈반병 발병률은 캠벨얼리 품종에서 94.5%에 이르기까지 하나 거봉 품종에서는 발생이 적어, 두 품종에서의 병 발생은 큰 차이가 있다(Park et al., 2004a).

Park et al. (2004a)의 연구에서는 포도 갈색무늬병의 발생 양상은 7월 초순에 갈색의 점무늬 병반이 발생하기 시작하여 장마철 이후에 급속히 진행하는데 노지와 비가림 시설에서 병 발생은 7월 하순부터 8월 하순사이에 그리고 8월 하순부터 9월 하순 사이의 두 구간에서 집중적으로 발생하고 피해예방을 위해서는 장마철 이후에 바로 약제방제가 필요하나 수확기와 근접해 있어 약제 살포가 곤란한 점이 있어 효과적인 방제가 어려운 것으로 보고하였다.

Park et al. (2006a)의 연구에서 전국에서 채집된 포도 갈색무늬병 병원균은 동일한 균으로 동정되었으며 균사 생장과 분생포자 발아는 10~35°C의 넓은 범위에서 가능하였으며 갈색무늬병이 심하게 발생할 경우 조기낙엽과 결과지의 생육불량을 일으켜 이듬해에 포도나무의 결과지당 잎 수가 감소하고 결과지의 생육도 또한 저조해진다는 것을 보고하였다. 포도나무 갈색무늬병균의 병원성과 침입기작에 관한 연구에서(Park et al., 2006b), 갈색무늬병에 감수성 품종과 저항성 품종에서의 단위면적당 기공 수와 형태를 조사한 결과, 갈색무늬병균은 단위면적당 기공 수의 다소가 침입을 좌우하고, 그 크기에 의해 좌우되지는 않는 것으로 추정하였다.

무가온 하우스재배시 지역별 갈색무늬병 발생차이에 대한 연구(Jung et al., 2009)에서 갈색무늬병은 주로 포도 캠벨얼리에서 6월 상순에 발생이 시작하여 장마철 이후 급격히 전파되는데 무가온 하우스 작형에서 미기상 요인과 병발생간에 회귀식을 작성한 결과 특정 이상 온도 및 시간의 누적 값이 포도 갈색무늬병 발생에 있어 중요한 요인임을 밝혀내었다.

포도 갈색무늬병 피해를 해석하기 위한 Park et al. (2004b)의 연구에서 갈색무늬병이 발생한 포도나무를 발병 엽률별로 구분하여 병 발생이 심했던 집단과 발생이 적었던 집단 간의 포도 당도를 조사한 결과 뚜렷한 차이가 있음을 보고하였는데 본 연구는 우리나라 유기재배포도의 대부분을 차지하는 캠벨얼리 품종에서 포도 갈색무늬병 발병수준에 따른 광합성 효율 특성, 엽록소함량 등을 조사하여 과실 당도에 영향을 주는 광합성 반응의 저하에 대한 구체적인 자료를 제시하고 발병수준별 포도 잎의 화학성분을 비교함으로써 갈색무늬병 발병시 포도잎의 화학성분 변화에 대한 자료를 제시하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 광합성 측정 및 화학성분 분석

7년생의 캠벨얼리 품종을 재배하고 있는 경상북도 상주시 화동면에 위치한 유기농인증포장에서 2015년 8월에 갈색무늬병의 발병조사, 광합성측정 그리고 엽록소 및 엽성분 시료채취를 실시하였고 포도 재배형태는 노지 간이비가림시설로 현지의 유기농 포도재배 농업인에 의해서 2월초에 유기농자재 목록등재 된 혼합유박을 주당 2.2 kg씩 시비하면서 전정 등의 수채 관리와 고삼추출물 등을 5회 정도 살포하는 방법으로 해충 관리가 실시되었다.

포도 갈색무늬병 병반이 육안으로 관찰되기 시작하는 7월 10일부터 8월 25일까지 일평균 온도는 20~25°C, 일평균 상대습도(RH)는 80~90% 정도로 갈색무늬병 병반이 충분히 형성되어 병반수준별 광합성을 측정하기에 적합한 기상조건이었다(Fig. 1).

광합성의 측정은 포도 갈색무늬병 병반이 뚜렷하게 형성되는 8월 말에 실시되었는데 광

합성 측정은 2015년 8월 20일과 8월 21일에 오전 9시부터 오전 11시까지 실시하였고 광합성 측정시 기상환경은 온도 26~30°C, 상대습도 60~90%이었다. 광합성 측정기기는 휴대형 광합성 측정기인 CIRAS-3 (PP Systems, Inc. 110 Haverhill Rd, Suite 301, Amesbury, MA 01913 USA) 기종을 사용하였다.

광합성 측정 대상의 선정은 갈색무늬병이 발생한 포도나무 결과지의 1/3지점에 위치한 잎을 무작위로 선택하여 1차적으로 육안으로 병반면적을 추정한 다음 120개의 잎에 대해서 광합성을 측정하였다. 광합성 측정방법은 병반부위가 포함된 잎 면적에 대해서 CIRAS-3기종의 Universal Leaf Cuvette을 사용하여 4.5 cm<sup>2</sup>의 잎 면적에 대해서 CO<sub>2</sub> 농도차(CO<sub>2</sub>d)와 leaf conductance 등의 광합성 자료를 측정하였다.

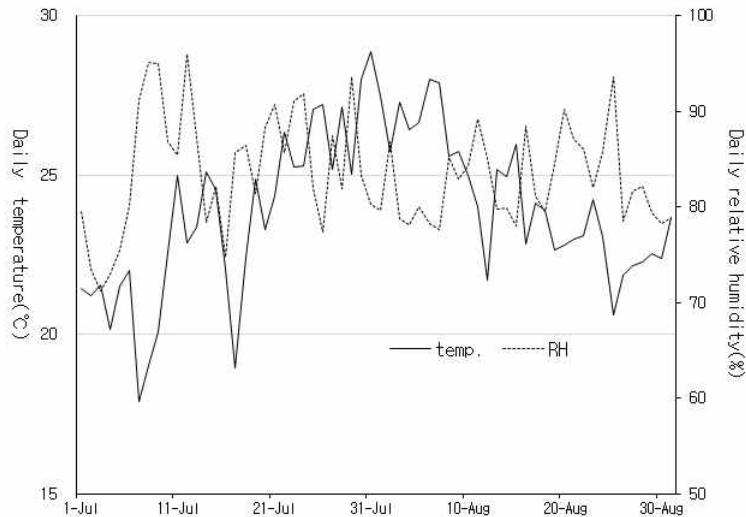


Fig. 1. Daily temperature (°C) and relative humidity (%) in cordon of grape from 1 July to 31 Aug. during the symptom of grape leaf spot disease develop.

광합성 측정이 완료된 잎에 대해서는 다시 Universal Leaf Cuvette Window에 접촉된 잎의 부위, 즉 실제 광합성이 측정된 잎 면적이 포함되어 있는 부분만을 가위로 오려내어 채집한 다음 아이스박스를 이용하여 1~5°C의 저온상태로 실험실로 이동한 다음 광합성이 측정된 잎 면적에 대해서 Assess 2.0 프로그램(The American Phytopathological Society, 2008)을 이용하여 다시 정확한 병반면적을 조사하여 갈색무늬병 발병수준별 광합성 관련수치를 정리하였으며 병반면적률이 조사된 잎 시료는 다시 동결 건조한 다음 병반면적률별로 화학성분 분석에 사용하였다.

광합성 측정시 광합성 측정기의 Leaf Cuvette 내부의 온도와 잎 온도는 28~29°C였으며 CO<sub>2</sub>의 농도는 290±10 mg L<sup>-1</sup>, PAR (Photosynthetically Active Radiation) external value는 200~

250 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )의 조건이었으며  $\text{CO}_2$  reference,  $\text{H}_2\text{O}$  reference 그리고 Light Source는 ambient조건으로 조정하여 측정하였다.

광합성 측정 후 출력된 자료형태는 아래와 같다.

$\text{CO}_2\text{d}$  :  $\text{CO}_2$  Differential ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) ; 기준기와 분석기  $\text{CO}_2$  농도차

A : Assimilation/Respiration ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ),  $\text{CO}_2$  흡수율/호흡율

gs : Stomatal conductance ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), 기공 전도도

WUE : Photosynthetic water use efficiency ( $\text{mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ ), 광합성 수분 사용효율도

화학성분의 분석은 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법(NIAST, 2000)에 준하여 실시하였다. 준비된 포도 잎 식물체 시료는  $70^\circ\text{C}$ 에서 24시간 건조 후 분쇄된 시료를 산 분해용액 ( $\text{HClO}_4:\text{H}_2\text{SO}_4=10:1$ )으로 습식 분해하여 총질소는 Kjeldahl법(NIAST, 2000)으로, 유효인산은 Lancaster법으로, 그 외 치환성양이온과 식물체 무기성분 등은 원자흡광분광분석법(NIAST (2,000), AAnalyst 300, Perkin-Elmer, Norwalk, USA)으로 분석하였다.

## 2. 엽록소 함량 측정

2015년 8월 중순경에 갈색무늬병이 발생한 포도나무에서 잎을 무작위로 채집한 다음 Assess 2.0 프로그램(The American Phytopathological Society, 2008)을 이용하여 0, 1~5, 6~10, 11~20, 21~40, 41~70%의 6단계의 병반면적률로 분류한 다음 포도 잎 1 g당 80% 아세톤 용액 50 mL을 첨가하여 막자사발에서 마쇄 후 여과지(Whatman No. 3, Sigma-Aldrich, USA)로 여과한 다음 원심분리기(1236R, Labogene, Seoul, Korea)로 10,000 rpm으로 5분간 원심분리한 후 상등액을 UV-visible spectrophotometer (Cary 300, Varian Inc., CA, USA)로 파장 길이 645 nm, 663 nm에서 흡광도를 측정하여 엽록소 함량을 조사하였다.

엽록소 함량은 Chlorophyll a, Chlorophyll b, Total Chlorophyll로 조사하였는데 Arnon (1949)과 Hiscox and Israelstam (1979)의 방법을 이용하여 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{Chlorophyll a (g kg}^{-1}\text{)} = (0.0127 \times A663) - (0.00269 \times A645)$$

$$\text{Chlorophyll b (g kg}^{-1}\text{)} = (0.0229 \times A645) - (0.00468 \times A663)$$

$$\text{Total chlorophyll (g kg}^{-1}\text{)} = (0.0202 \times A645) + (0.00802 \times A663)$$

A663 : 파장 663 nm의 흡광도

A645 : 파장 645 nm의 흡광도

## 3. 자료분석

$\text{CO}_2$  Differential ( $\text{CO}_2\text{d}$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ , 기준기와 분석기  $\text{CO}_2$  농도차), Assimilation/Respiration

ratio (A,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , 흡수율/호흡율), Stomatal conductance (gs,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , 기공 전도도), Photosynthetic water use efficiency (WUE,  $\text{mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ , 광합성 수분 사용 효율도) 등의 광합성 관련 측정수치와 화학성분 등은 Minitab 16 (ver. 16 ; Minitab Inc, PA, USA)을 사용하여 linear regression analysis로 분석하였다.

엽록소 함량의 비교는 R package (ver. 3.2.2.)을 이용하여 Duncan multiple range test ( $P=0.05$ )를 실시하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 발병수준별 광합성 특성

병반의 크기는 엽록소가 함유된 잎 면적에서의 비율로 나타나기 때문에 광합성량을 의미하는 Leaf Cuvette의  $\text{CO}_2$  농도 차이인  $\text{CO}_2$  differential value 수치도 병반면적에 비례해서 낮아질 것으로 예상되는데  $\text{CO}_2$  Differential value ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ , 기준기와 분석기  $\text{CO}_2$  농도차)는(Fig. 2), 갈색무늬병 무발병 잎에서는 최고  $40.7 \mu\text{mol mol}^{-1}$ 에서 70%의 병반면적을에서  $10.5 \mu\text{mol mol}^{-1}$ 의 수치로 병반면적이 증가할수록  $\text{CO}_2$  Differential value는 감소하는 경향을 나타내었다( $R^2=0.43$ ,  $P < 0.01$ ).

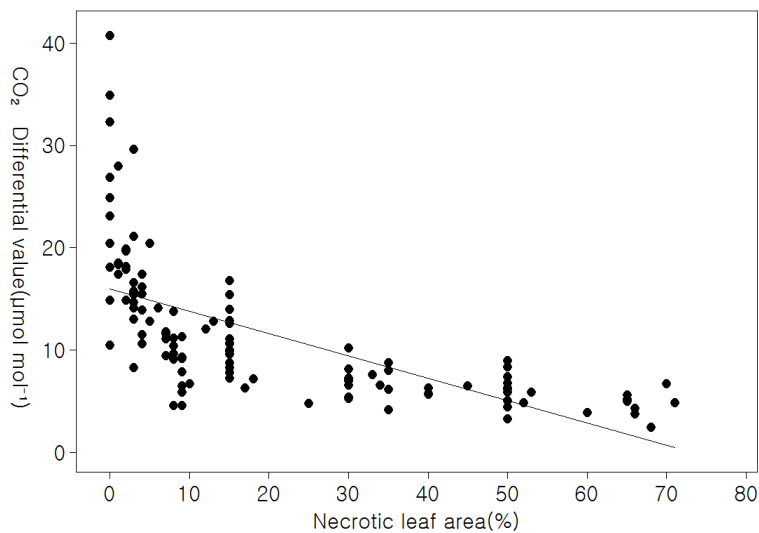


Fig. 2.  $\text{CO}_2$  differential value (differential between reference  $\text{CO}_2$  and analyzer  $\text{CO}_2$  concentration) during photosynthesis to necrotic leaf area of grape leaf spot disease on grape cv. Campbell Early. Each data point consists of a single measurement on

an individual leaf with each necrotic leaf area in the field. Solid lines correspond to the curves of best fit for pooled data from trials. There was significant relationship between CO<sub>2</sub> differential value and necrotic leaf area ( $R^2=0.43$ ,  $P<0.01$ ).

실제 식물체에 흡수된 CO<sub>2</sub> 동화량인 A value (CO<sub>2</sub> Assimilation/Respiration,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; CO<sub>2</sub> 흡수율/호흡율) (Fig. 3)는 무발병 잎에서는  $19.3 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  정도 그리고 70%의 병반면적률에서는  $4.2 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 병반면적률이 증가에 따라서 A value는 유의적으로 감소하였다( $R^2=0.41$ ,  $P<0.01$ ). 본 연구와 동일한 광합성측정기(CIRAS-3)를 사용한 블루베리 반점낙엽병(Blueberry Leaf spot diseases)에 대한 연구(Roloff and Scherm, 2004)에서 무발병의 블루베리 잎에서  $9\sim 10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  정도의 수치와 비교해 볼 때 포도 잎에서는  $10.1\sim 41 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  정도로 포도 잎의 CO<sub>2</sub> 흡수량이 블루베리보다 비교적 높음을 알 수 있다.

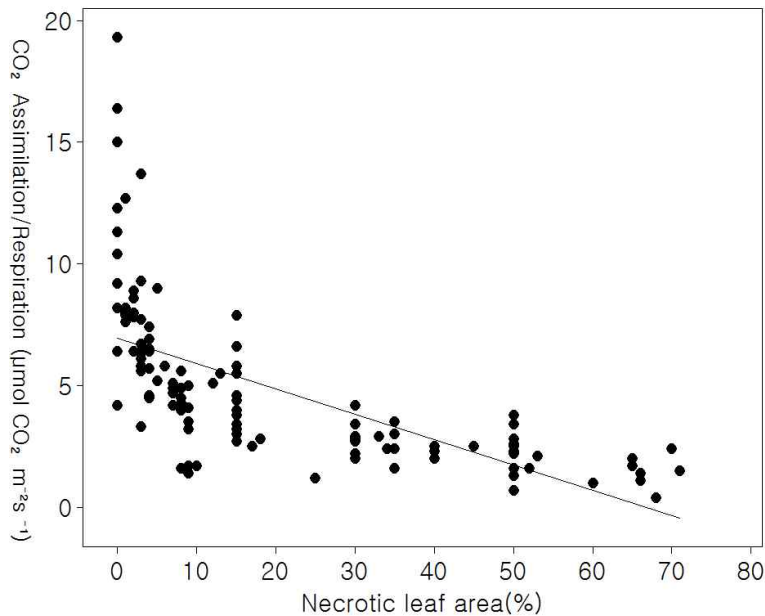


Fig. 3. A value (CO<sub>2</sub> assimilation/respiration,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) during photosynthesis to necrotic leaf area of grape leaf spot disease on grape cv. Campbell Early. Each data point consists of a single measurement on an individual leaf with each necrotic leaf area in the field. Solid lines correspond to the curves of best fit for pooled data from trials. There was significant relationship between CO<sub>2</sub> Assimilation/Respiration and necrotic leaf area ( $R^2=0.41$ ,  $P<0.001$ ).

또한 포도 잎에서의 갈색무늬병 감염면적이 증가함에 따라서 CO<sub>2</sub> differential value는 급

격히 감소하였는데  $\text{CO}_2$  differential value의 감소는 병반면적에 따라서 식물체에 흡수되는 이산화탄소량이 감소하고 이는 식물체의 탄소 동화산물의 양이 감소한다는 것을 의미한다.

이에 비해서 Stomatal conductance ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , 기공전도도) (Fig. 4)는 갈색무늬병 병반면적과는 상관성이 없음을 알 수 있는데( $R^2=0.02$ ,  $P<0.146$ ), 이는 병반면적이 증가하여도 수분의 이동성은 별 다른 차이가 없음을 의미하며 이는 곧 갈색무늬병 병반면적이 증가할 경우 잎 내부의 수분 감소로 이어질 수 있을 것으로 추정된다. 또한 WUE value (Photosynthetic water use efficiency,  $\text{mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ , 광합성수분사용효율) (Fig. 5)도 갈색무늬병 병반면적이 증가할수록 유의적으로 감소하였는데( $R^2=0.29$ ,  $P<0.001$ ), 병반면적이 증가할수록 감소하는 것은 A value (Assimilation/Respiration,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )와 WUE value (Photosynthetic water use efficiency,  $\text{mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ )로(Fig. 3, 5), A value와 WUE value는 광합성 효율에 관련된 인자로 병반면적률의 증가에 따라서 광합성 효율성은 감소함을 의미한다.

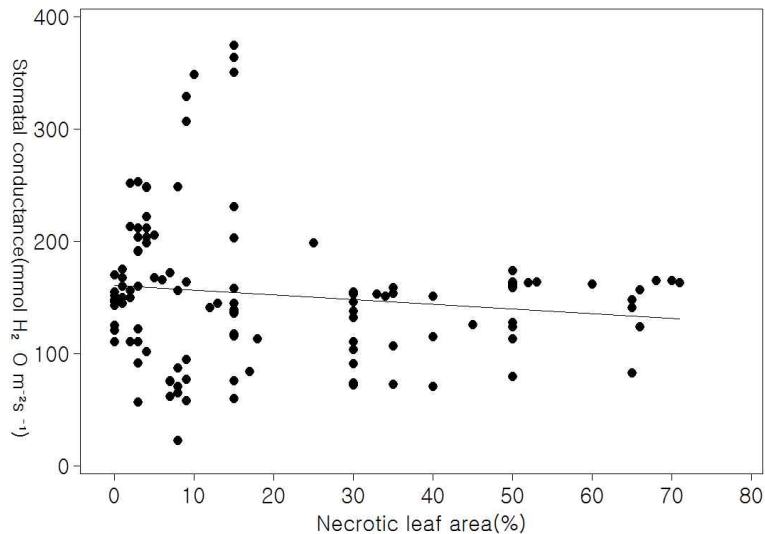


Fig. 4. Stomatal conductance ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) in relation to necrotic leaf area of grape leaf spot disease on grape cv. Campbell Early. Each data point consists of a single measurement on an individual leaf with each necrotic leaf area in the field. Solid lines correspond to the curves of best fit for pooled data from trials. There was no significant relationship between leaf conductance and necrotic leaf area ( $R^2=0.02$ ,  $P<0.146$ ).



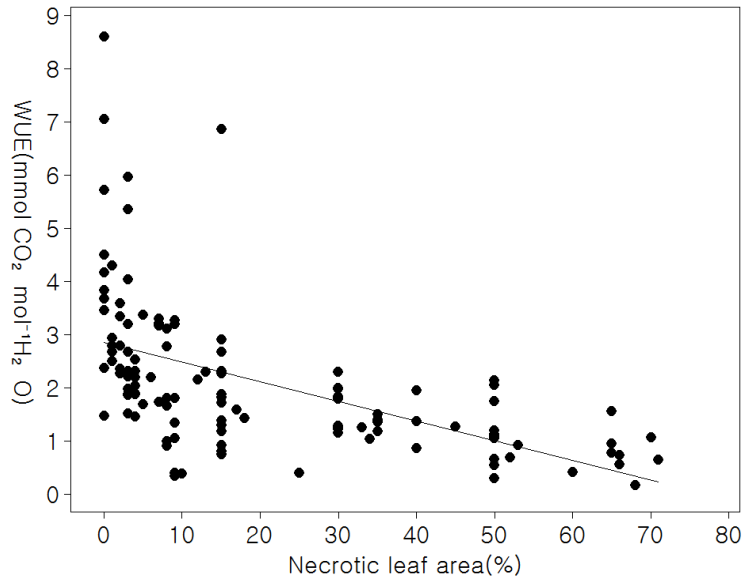


Fig. 5. Photosynthetic water use efficiency (WUE value) to grape leaf spot disease on grape cv. Campbell Early. Each data point consists of a single measurement on an individual leaf with each necrotic leaf area in the field. Solid lines correspond to the curves of best fit for pooled data from trials. There was significant relationship between Photosynthetic water use efficiency and necrotic leaf area ( $R^2=0.29$ ,  $P<0.001$ ).

Bastiaans (1991)와 Lopes and Berger (2000)는 앞에서의 병해 발생시 광합성능력의 감소는 작물과 병해종류에 따라서 다르게 나타나는데 병반면적에만 비례하는 경우와 병반면적과 병반부위 주변도 동시에 영향을 받는 2가지의 경우가 있다고 하였으며, Shtienberg (1992)에 의한 연구에서 몇 종의 작물에서의 잎 병해에 의한 광합성과 증산활동에 대한 영향을 야외 포장조건에서 조사하였을 때 육안평가에 의한 감염면적에 따른 병해의 효과가 비례적으로 나타내지 않고 병해에 대해서 세 가지 형태의 반응이 관찰되었는데 광합성과 증산활동의 감소는 비례적이거나 비례보다 더 크거나 비례보다 작거나 하는 형태로 나타난다고 하였다. 본 연구를 통해서도 포도 캠벨얼리 품종에서의 경우 갈색무늬병에 의한 잎 병해의 영향은 포도 잎의 광합성에 비례적으로 영향을 주는 것으로 추정할 수 있다.

Park et al. (2004b)에 의한 포도갈색무늬병 발병엽률에 따른 포도의 피해해석에 대한 연구에서 병 발생이 심했던 집단의 나무에서 수확한 포도와 상대적으로 발생이 적었던 집단과는 상당한 당도 차이가 있다는 것을 보고하였는데 본 연구에서도 포도갈색무늬병의 병반 면적률에 따른 광합성 차이가 유의하게 감소된다는 것을 확인할 수 있어 병 발생에 따른 당도의 차이는 광합성 차이에서 비롯됨을 유추할 수 있다.

이러한 결과로 미루어 볼 때 포도 캠벨얼리 품종에서는 갈색무늬병 발생정도에 따라서 광합성 효율이 크게 영향 받으며 이로 인해서 포도과실의 품질에 영향을 줄 수 있으며 발병이 심할 경우 낙엽현상으로 인해서 과실 수확 후 탄소 동화산물의 부족으로 인한 수체양분의 감소로 이어져 이듬해의 포도 생육에 부정적인 영향을 끼치게 되는 결과를 가져올 수 있음을 본 연구를 통해서 확인할 수 있었다.

## 2. 발병수준별 엽록소 함량

포도갈색무늬병 병징면적률에 따른 엽록소 함량의 차이를 조사한 결과 엽록소 a의 경우 병징이 전혀 없을 경우  $36.4 \text{ mg kg}^{-1}$  정도였으나 병징이 가장 심한 41~70%에서는  $16.4 \text{ mg kg}^{-1}$  정도로 급격히 감소하였다(Table 1). 반면에 엽록소 b의 경우 병징이 전혀 없을 경우  $9.7 \text{ mg kg}^{-1}$  정도 그리고 병징이 가장 심한 41~70%에서도  $4.9 \text{ mg kg}^{-1}$  정도로 나타나 엽록소 a에 비해서 병반면적에 따른 엽록소 b 감소폭이 적은 편이었다.

총 엽록소의 함량도 병징이 없을 경우  $46.1 \text{ mg kg}^{-1}$  정도였으나 병징이 가장 심한 41~70%에서는  $21.3 \text{ mg kg}^{-1}$  정도로 50% 이상 감소하는 특성을 나타내었다. 이러한 엽록소 함량의 감소도 포도갈색무늬병 이병의 광합성 효율 감소에 큰 영향을 미치는 것으로 생각한다. 엽록소 a/b 비율은 병반면적을 11~20%를 제외하고는 모두 유사한 경향을 나타냈으며 병반면적률 11~20%에서 가장 낮은 엽록소 a/b 비율 값이 나타났다.

Nam et al. (2012)의 연구에서 딸기 설향의 흰가루병 이병식물체의 경우 엽록소 함량(SPAD 값)도 건전식물체에 비해 낮게 나타나는 결과와 비교해 볼 때 잎의 병반에 의해서 광합성 능력과 관련된 엽록소 함량이 감소함을 알 수 있다.

Table 1. Chlorophyll contents of grape cv. 'Campbell Early' in each degree of necrotic area caused by *Pseudocercospora vitis*

Degree of necrotic area (%)	Chlorophyll ( $\text{mg kg}^{-1}$ , as dry wt.)			
	a	b	a/b ratio	Total
0	$36.4^{\text{a}^\dagger}$	$9.7^{\text{a}}$	$3.75^{\text{a}}$	$46.1^{\text{a}}$
1~5	$30.9^{\text{bc}}$	$9.9^{\text{a}}$	$3.12^{\text{a}}$	$40.8^{\text{b}}$
6~10	$32.9^{\text{ab}}$	$9.6^{\text{a}}$	$3.43^{\text{a}}$	$42.5^{\text{ab}}$
11~20	$25.7^{\text{d}}$	$8.9^{\text{a}}$	$2.89^{\text{b}}$	$34.6^{\text{c}}$
21~40	$26.7^{\text{cd}}$	$7.9^{\text{ab}}$	$3.38^{\text{a}}$	$34.7^{\text{c}}$
41~70	$16.4^{\text{e}}$	$4.9^{\text{b}}$	$3.35^{\text{a}}$	$21.3^{\text{d}}$

<sup>†</sup> Values followed by the same letter within a column do not significantly differ at DMRT ( $P=0.05$ ).

### 3. 발병수준별 화학성분 함량

포도갈색무늬병의 병반면적률에 따른 화학성분을 조사한 결과 총질소(total nitrogen), 인산( $P_2O_5$ ) 그리고 칼륨( $K_2O$ )의 함량은 병반면적률에 반비례하는 특성을 나타내어 병반면적이 증가할수록 잎의 질소, 인산, 칼륨 함량은 감소하는 특성을 나타내었으며(Fig. 6.), 철(Fe)의 경우 병반면적에 대해서 상관성이 낮은 특성이었다. 반면에 총탄소(total carbon), 칼슘(CaO) 그리고 마그네슘(MgO)의 함량은 병반면적률에 비례해서 증가하는 특성을 나타내어 병반에 의한 엽록소의 감소와 반비례함을 의미하였다.

Yeh et al. (2009)에 의한 벼 깨씨무늬병 발병정도에 따른 무기성분 비교연구에서 병발생이 많은 논에서 생산된 벼짚이 병발생이 적은 논에서 생산된 벼짚에 비해서 총질소, 인산, 규산, 철, 구리성분 함량이 낮았으며 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등은 차이가 없었다고 보고하였는데 본 연구에서는 총질소, 인산 함량이 갈색무늬병 병반면적률이 높은 잎에서 낮은 것보다 비교해 볼 때 벼 깨씨무늬병과 포도 갈색무늬병 감염시 공통적으로 총질소, 인산 함량이 감소한다는 것을 알 수 있다.

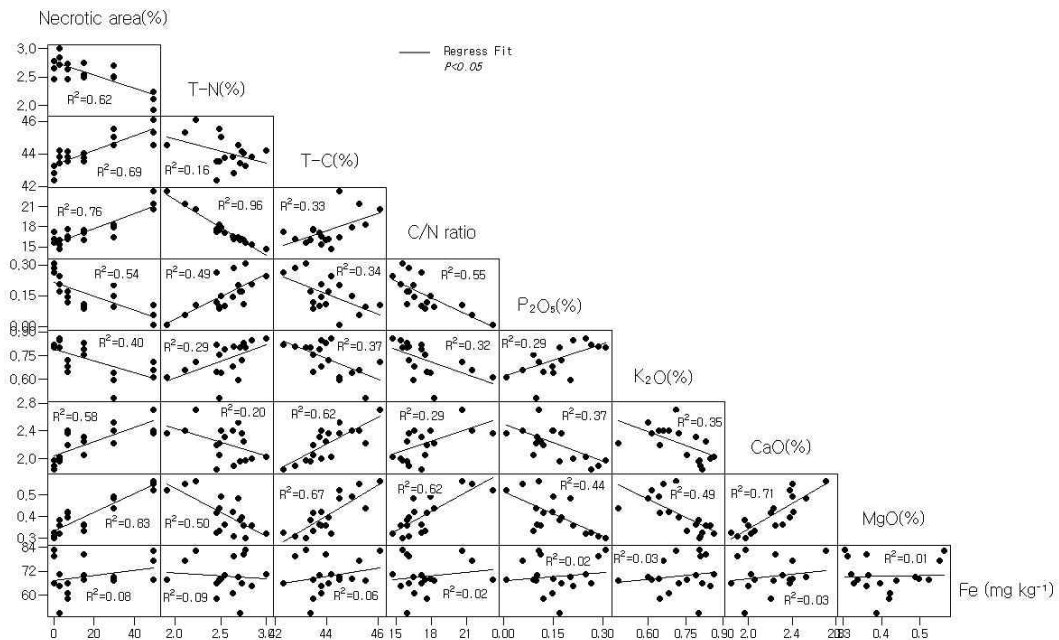


Fig. 6. Chemical composition of *Pseudocercospora vitis* (grape leaf spot disease) infected leaves (T-N (%): total nitrogen, T-C: total carbon, C/N ratio: carbon to nitrogen ratio,  $K_2O$ : potassium oxide,  $P_2O_5$ : phosphate, CaO: calcium oxide, MgO: magnesium oxide, Fe: iron).

갈색무늬병 병반의 증가에 따른 질소와 인산성분의 감소는 병반의 증가에 의한 결과인지 아니면 질소와 인산의 감소에 의해서 갈색무늬병의 발병이 촉진되었는지에 대한 연구는 더 진행되어야 할 것으로 판단된다. 또한 병징 발생 전에 잎의 화학성분 조성에 따른 병발생과 병반면적간의 관계에 대한 연구가 진행될 경우 화학 약제를 이용한 방제방법 이외에 작물재배시 식물체 양분관리에 의한 경종적 방제방법이 개발될 수 있을 것으로 생각된다.

#### IV. 적 요

포도 캠벨얼리품종은 우리나라 포도재배면적의 70%를 차지하고 있으며 다른 품종에 비해서 갈색무늬병에 대해서 감수성으로 병 발생이 심할 경우 과실당도의 저하를 가져와 품질하락과 생육불량 등의 문제점을 발생시킨다. 이러한 캠벨얼리 포도품종에서의 갈색무늬병에 의한 생육피해 해석을 위해서 7년생의 유기재배 캠벨얼리 품종대상으로 2015년 8월에 갈색무늬병이 발병된 포도나무를 대상으로 광합성 효율 특성, 엽록소함량 및 감염잎의 화학성분 등을 비교분석하였다. 갈색무늬병 감염면적이 증가함에 따라서 CO<sub>2</sub> differential value (기준기와 분석기 CO<sub>2</sub> 농도차이), WUE value (광합성수분사용효율)와 A value (CO<sub>2</sub>의 흡수율/호흡률) 등은 크게 감소하는 경향이었으며 stomatal conductance value (기공전도도)은 큰 영향이 없는 것으로 조사되었다. 총 엽록소의 함량은 병징이 심할 경우 50% 이상 감소하여 엽록소 함량의 감소가 포도갈색무늬병 발병잎의 광합성 효율 저하에 큰 영향을 끼치는 것으로 생각되며 병반면적률에 따른 화학성분을 조사한 결과 병반면적률이 증가할수록 잎의 질소, 인산, 칼륨 함량은 감소하였으며 반면에 총탄소, 칼슘 그리고 마그네슘의 함량은 병반면적률에 비례해서 증가하였다.

[Submitted, August. 16, 2016 ; Revised, October. 3, 2016 ; Accepted, October. 5, 2016]

#### References

1. National Inst. of Horticulture. Research Report 2002 ; Development of control technology for downy mildew and leaf spot disease in grape. RDA, Suwon, Korea. (In Korean)
2. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in *Beta vulgaris*. Plant physiology 24: 1-15.
3. Bastiaans, L. 1991. Ratio between virtual and visual lesion size as a measure to describe

- reduction in leaf photosynthesis of rice due to leaf blast. *Phytopathology*. 81: 611-615.
4. Cha, B. J., Y. S. Lee and H. R. Lee. 2000. The present knowledge of farmers on pests and chemical control in grapevine culture. *The Korean Journal of pesticide science*. 4: 38-43.
  5. Dang, J. K. and B. S. Daulta. 1982. Varietal behavior of grapes to different fungal foliar diseases. *Haryana Journal of Horticultural Sciences*. 11: 47-52.
  6. Hiscox, J. D. and G. F. Israelstam. 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian journal of botany*. 57: 1332-1334.
  7. Jung, S. M., J. H. Park, S. J. Park, H. C. Lee, J. W. Lee and M. S. Ryu. 2009. Regional differences of leaf spot disease on grapevine cv. ‘Campbell Early’ caused by *Pseudocercospora vitis* in plastic green house. *Res. Plant Dis*. 15: 193-197.
  8. Lopes, D. B. and R. D. Berger. 2000. The effects of rust and anthracnose on the photosynthetic competence of diseased bean leaves. *Phytopathology*. 91: 212-220.
  9. Nam, M. H., Y. N. Jeon, H. C. Lee, H. D. Lee, and H. K. Kang. 2012. Comparative analysis between healthy and Powdery mildew-infected plants of strawberry cultivar Seolhyang. *Res. Plant Dis*. 18: 80–85.
  10. NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Methods of soil and plant analysis. Suwon, Korea. (In Korean)
  11. Park, J. H. 2004a. Ecology and etiology of leaf spot caused by *Pseudocercospora vitis* on grapevine and its cultivar resistance in Korea. Ph. D thesis. Chungbuk National University, ChongJu, Korea.
  12. Park, J. H., K. S. Han, J. S. Lee, S. T. Seo, H. I. Jang, and H. T. Kim. 2004b. Occurrence tendency and decrease of fruits Brix according to increasing grapevine leaf spot disease caused by *Pseudocercospora vitis*. *Res. Plant Dis*. 10: 341-344.
  13. Park, J. H., K. S. Han, J. S. Lee, S. T. Seo, H. I. Jang, and H. T. Kim. 2006a. Effect of temperature on pathogen growth and damage analysis of leaf spot disease on grapevine caused by *Pseudocercospora vitis* in Korea. *Res. Plant Dis*. 12: 10-14.
  14. Park, J. H., K. S. Han, J. S. Lee, S. T. Seo, H. I. Jang and H. T. Kim. 2006b. Pathogenicity and Infection Mechanism of *Pseudocercospora vitis* Causing Leaf Spot Disease on Grapevine in Korea. *Res. Plant Dis*. 12: 15-19.
  15. Pearson, R. and A. Goheen. 1998. Compendium of grape disease. The American Phytopathological society.
  16. Roloff, I. and H. Scherm. 2004. Photosynthesis of blueberry leaves as affected by *Septoria* leaf spot and abiotic leaf damage. *Plant Disease*. 88: 397-401
  17. Shin, H. D. and J. D. Kim. 1998. Taxonomic Studies on *Cercospora* and Allied Genera in

- Korea (I) The Korean journal of mycology. 26: 327-341.
18. Shtienberg D., 1992. Effects of foliar diseases on gas exchange processes; A comparative study. *Phytopathology* 82: 760-765.
  19. Sisterna, M. and L. Ronco. 2005. Occurrence of grapevine leaf spot caused by *Pseudocercospora vitis* in Argentina. *Plant Pathology* 54: 247.
  20. The American Phytopathological Society. 2008. Assess 2.0 : Image analysis software for Plant disease quantification. ISBN 978-0-89054-369-6. USA.
  21. The Korean Society of Plant Pathology. 2009. List of plant diseases in Korea. Fifth Edition, p. 213. Seoul, Korea. (In Korean)
  22. Yeh, W. H, Y. H. Park, L. Y. Kim, J. S. Taik, Y. J. Nam, H. S. Shim, Y. K. Kim, and B. Y. Yeol. 2009. Comparison of inorganic amounts in paddy field soil, rice straw and grain with severity of Brown spot caused by *Cochliobolus miyabeanus*. *Res. Plant Dis.* 15: 41-45