

마그네슘 결핍이 포도나무의 황화현상 발생과 포도 품질에 미치는 영향

장태현*

경북대학교 생태환경대학 생태환경시스템학부
(2009년 10월 28일 접수, 2009년 12월 7일 수리)

Effect of Magnesium deficiency on Chlorosis and Fruit Quality of Grapevine

Taehyun Chang[†](Division of Ecology and Environmental system, College of Ecology and Environmental Science, Kyungpook National University, Sangju 741-711, Korea)

ABSTRACT: Grape fruit quality can be deteriorated with leaf chlorosis caused by magnesium (Mg) deficiency during fruit coloring season in several grapevine varieties. The occurrence of leaf chlorosis and soil Mg states for four grapevine varieties (Campbell Early, Muscat bailey A (MBA), Sheridan, and Kyoho) in the vineyards of Gyeongsan and Youngcheon were surveyed. The relationships between leaf chlorosis and fruit qualities were also investigated. Leaf chlorosis was more widely found and the symptom was stronger in Campbell Early in comparison to the other varieties. Sugar content and Hunter values (L, a, b) of grape fruit were significantly lower in the trees of chlorosis when compare to healthy grapevine trees. Soil Mg contents in the vineyards where leaf chlorosis was found were lower than the optimum level for grapevine. Also Mg content in the petioles of chlorosis grapevines was significantly lower than healthy grapevines. Application of Mg through foliar spray and soil fertigation was quite effective in correcting deficiencies of Mg in grapevine. Proper management of soil Mg availability and K/Mg ratio is strongly recommended to prevent Mg deficiency in grapevine.

Key Words: Grape, Chlorosis, Magnesium deficiency

서 론

포도의 품질은 재배지의 기상과 토양조건, 농가의 재배기술 등 여러 요인들의 복합적인 작용에 의해 결정된다. 최근 농가의 포도 재배기술은 교육 등을 통해서 많이 향상이 되었지만 토양관리와 과실품질과의 관계에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 포도원의 토양환경은 다양한 요인들이 복합적으로 작용하기 때문에 개별 토양특성이 포도의 품질에 미치는 영향을 명확히 구분하여 설명하기는 쉽지 않다. 그러나 토양의 주요 물리화학적 특성이 포도나무의 생육과 과실생산에 중요한 영향을 미치며¹⁾, 특히 시비관리는 고품질의 포도생산에 기여하는 가장 중요한 인자이다²⁾. 현재 포도원에 적합한 토양화학성이 제시되어 있지만³⁾, 양이온의 균형시비가 이루어지지 않은 결과로 많은 포도원 토양에서 Mg 결핍 현상이 발견되며

이로 인한 포도 품질의 저하가 점차 우려되고 있다.

Mg은 엽록소를 구성하는 필수원소로 식물의 태양에너지 흡수와 광화학작용에서 중요한 역할을 하며, 대부분의 탄수화물대사와 단백질 합성에도 관여한다⁴⁾. 포도나무 잎에서 발생하는 황화현상은 주로 Mg 결핍 때문이며, Mg 결핍은 수확기의 포도 품질을 크게 낮추고 수세에도 영향을 미치고 있다⁵⁾. 토양 중의 Mg 함량과 유효도는 지리적 기원, 강우 및 칼륨을 포함한 양이온 등의 존재량에 의해서 결정 된다. Mg은 다른 양이온에 비해 토양 콜로이드에 약하게 흡착되므로 근권에서 Mg의 유효도가 낮게 되며, 토양 pH가 낮거나 칼륨의 시비량이 많을 경우 Mg 결핍이 유발될 가능성이 매우 크다^{6,7)}.

Mg 결핍에 의한 잎의 황화증상은 Mg이 부족한 나무에서도 봄철 생장이 왕성한 시기에는 거의 나타나지 않지만 과실의 크기가 확대되는 시기에 주로 나타나며, 황화증상은 Mg이 과실 쪽으로 이동되는 성숙된 잎에서부터 시작 된다⁸⁾. 이 시기에 과실이 착색 되고 당도가 크게 높아지기 때문에 Mg 결핍이 심한 나무의 과실은 착색이 지연 되거나 검붉은

*연락처자:

Tel: +82-54-530-1204 Fax: +82-54-530-1209
E-mail: thchang@knu.ac.kr

색을 띄어 품질이 크게 떨어진다⁸⁾.

국내에는 다양한 품종의 포도나무가 재배되고 있으며, 지역별로 거의 모든 품종에서 Mg 결핍에 의한 황화증상이 유발되어 포도의 숙기가 지연되고 당도가 낮아지는 현상이 발생하고 있다. 그러나 Mg 결핍이 포도의 품질에 미치는 영향과 관리대책에 대한 연구는 현재까지 매우 미미한 실정이다.

본 시험은 경북지역 포도 주산지 포도원의 황화현상 발생 상황과 Mg 결핍과의 관계, Mg이 포도의 당도와 착색 등 과실품질에 미치는 영향을 조사하고 그 피해를 줄이기 위한 시비방법을 구명하여 영농자료로 활용하고자 수행되었다.

재료 및 방법

잎의 황화율, 엽색도, 당도 및 과일색도

본 시험은 포도 착색기에 Mg 결핍에 의해 잎에 황화증상이 발생한 포도 주산지인 경북 경산과 영천에서 4개품종인 거봉(Kyoho), 캠벨어얼리(Campbell Early), 셰리던(Sheridan) 및 MBA(Muscat Bailey A)를 대상으로 농가포장에서 수행되었다. 2007년 8월 28일부터 30일 사이에 잎의 Mg 결핍을 조사하였으며, Mg 결핍이 심한 캠벨어얼리와 MBA 품종에 대해서는 엽색도(SPAD)와 과일색도를 조사하였다. 그리고 이 시기가 수확기인 캠벨어얼리 품종에 대해서는 과실의 당도를 함께 조사하였다.

포도 품종별로 황화현상이 나타난 포도원 3곳과 황화현상이 나타나지 않은 건전 포도원 3곳을 선정하여 1곳 포도원 당 30 나무를 1반복으로 하고 3반복으로 조사하였다. 조사대상 포도나무 당 2개의 결과지를 무작위로 선정하여 조사하였으며, 나무의 수령은 9-12년이었다.

포도나무의 황화증상 발생 정도는 개화 전 결과지를 적십한 부위까지의 성숙한 잎을 대상으로 황화증상을 나타내는 잎 수를 조사하고 전체 잎 수에 대한 백분율로 나타내었다. 품종별 황화증상 발생정도는 5등분으로 구분하여 다음과 같이 나타내었다. Geen은 황화증상이 전혀 나타내지 않은 경우이며, A, B, C, D는 황화증상이 발생한 잎의 비율이 각각 1-15%, 16-30%, 36-45% 및 46% 이상인 경우이다. 잎의 색도는 엽색도 측정기(chlorophyll meter, Minolta SPAD-502)로 조사하였으며, 1 나무 당 포도송이가 달린 잎(3-4번)을 대상으로 하였다. 포도 과실의 당도는 당도계(refractometer, Atago PR-201)로 조사하였다. 과실의 색도는 색도계(color reader CR100)를 이용하여 Hunter value(L, a, b 값)를 조사하였다. 조사 대상 포도송이는 Mg 결핍이 발생한 포도송이와 건전한 포도나무 포장에서 결핍증상이 나타나지 않은 포도송이를 대상으로 1송이 당 5알을 조사하였다. 포도 과실의 산도는 포장에서 당도와 색도를 조사한 포도송이를 실험실로 운반하여 과즙 20 mL에 증류수 80 mL를 가하고 0.1 N NaOH로 pH 8.1까지 적정하여 측정하였으며 maleic acid 함량으로 환산하여 나타내었다.

토양 화학성 조사

황화현상 발생을 조사한 포장에서 2007년 8월 28일부터 30일 사이에 토양시료를 채취하였다. 조사대상 과수원당 3나무를 1반복으로 하여 30 cm 깊이의 표토를 채취하였다. 2 mm 체를 통과한 풍건 시료를 이용하여 농업과학기술원 표준분석법에 준하여 토양화학성을 분석하였다⁹⁾. pH는 토양과 물을 1:5로 하여 전극으로 측정하였고, 유기물은 회화법, 질소는 Kjeldahl 법, 유효태 인산은 Lancaster법으로 분석하였다. 교환성 양이온은 1 N ammonium acetate로 침출한 후 ICP(Inductively coupled plasma emission spectrometer, Optima3000 SC, Perkin Elmer)로 분석하였다.

잎자루의 무기성분 분석

무기성분의 분석을 위한 잎자루의 시료는 2007년 8월 28일에서 30일 사이에 토양분석시료를 채취한 곳과 동일한 포장에서 수집하였다. 잎자루 시료는 Mg 결핍이 발생한 가지의 3번째 잎에서 채취하였으며, 대조 잎자루 시료는 황화증상이 없는 건전한 포도원에서 같은 위치의 잎으로부터 채취하였다. 반복구 당 30개씩의 잎자루 시료를 채취하였다. 채취한 잎자루는 흐르는 물에 잘 세척한 후 송풍식 건조기에 넣고 80°C에서 14일간 충분히 건조시킨 후 40 mesh 체를 통과하도록 분쇄하여 분석용 시료로 사용하였다⁹⁾. 질소는 Kjeldahl 방법으로 분석하였으며, 그 외 무기성분은 습식 분해 후 ICP(Inductively coupled plasma emission spectrometer, Perkin Elmer)와 AAS(Atomic absorption spectrophotometer, Perkin Elmer 2380)로 분석 하였다.

Mg 시비 효과

Mg 결핍이 심한 10년생 캠벨어얼리 품종에 Mg 염을 시비하고 흡수 및 효과를 조사하였다. 자연강우를 피하기 위하여 비닐하우스에서 시험을 수행하였으며, MgSO₄·7H₂O와 MgNO₃·5H₂O를 각기 단용 혹은 KH₂PO₄와의 혼용하여 엽면시비와 관주로 처리하였다. 단용 엽면시비와 관주의 경우에는 해당 Mg 염 2 g을 물 1 L에 녹였으며, 혼용 처리구는 MgSO₄·7H₂O와 KH₂PO₄를 각각 2 g씩 1 L 물에 녹여 나무 당 2 L씩 처리하였다. 7월 10일부터 10일 간격으로 4회 처리하였으며, 마지막 처리 10일 후인 8월 20일에 잎자루 시료를 채취하여 앞서 설명한 분석방법으로 무기성분을 분석하였다.

통계 분석

시험결과에 대한 유의성검정은 SAS(Jump 6.3) 프로그램을 이용하여 Fit model을 검정 후 ANOVA와 T-test를 통해 수행하였으며, 잎의 색도와 과실색도 및 당도 사이의 상관관계도 분석하였다.

결과 및 고찰

포도과원의 Mg 결핍 현상

Mg 결핍에 의해 포도나무 잎에 나타나는 황화증상은 Fig. 1과 같았다. 잎의 황화현상은 6월 하순에서 8월 하순 사이에 여러 포도 품종에서 동일한 증상으로 발생하였으며, 아래 잎에서부터 발생하여 점점 상위 엽으로 진전되었다. 잎에 나타나는 황화증상의 특징은 엽맥 사이에 황화나 황백화가 나타나고 증상이 진행됨에 따라서 잎 가장자리가 갈색으로 괴사되며 품종별 증상의 차이를 볼 수 있었다 (Fig. 1, A-D). 잎에 황화현상이 나타나는 시기는 품종 간에 차이가 없었으며, 캠벨어얼리 품종의 경우 다른 3 품종에 비하여 황화현상이 심하게 나타나는 것을 관찰 할 수 있었고 과실의 착색이 빠르게 진행되는 7월 중순부터 8월 하순 사이에 황화현상이 가장 심하게 나타났다 (Fig. 1, C). 그리고 Mg 결핍에 따른 잎의 황화현상이 나타나는 포도나무의 과실과 건전한 나무의 과실은 색도에서도 차이를 보였으며, 그 차이를 육안으로 관찰 할 수 있었다 (Fig. 1, F).

경산과 영천 지역 포도과수원의 품종별 황화현상 발생정도를 잎의 황화율로 조사하여 나타난 결과는 Fig. 2와 같았다. 캠벨어얼리 품종에서 황화현상이 가장 심하게 나타났는데, 성숙한 잎의 황화율이 45% 이상인 경우(D 수준의 황화)가 전체 조사대상의 나무의 40.6%였다. 반면 거봉과 세리단 품종에서는 조사대상 나무의 10.3% 및 5.1%에서 D 수준의 황화현상이 나타났다. 세리단과 거봉 품종의 경우에는 황화

율이 16~30%인 B 수준의 황화를 보인 나무가 조사대상의 31.8% 및 38.9%로 다른 두 품종보다 황화현상 발생율이 낮은 것을 볼 수 있었다.

이 연구에서 포도 품종별로 황화현상이 심하게 나타난 과수원 3곳을 선정하여 조사하였다. 황화현상 발생정도는 지역별 과수원별로 큰 차이를 보였으나 황화증상은 캠벨어얼리 품종에서 가장 심하게 나타났으며 80% 이상의 나무에서 황화현상을 보인 과수원도 있었다 (자료 미제시). 특히 캠벨어얼리 품종의 황화현상은 논토양에 조성된 포도원보다 경사지 밭 토양에 조성된 포도원에서 주로 심하게 발생되고 있었다. 물론 이러한 현상 또한 지역별 편차가 상당히 발견되는 것으로 보아 지역별 또는 포도원별 토양화학성의 차이에 따른 것으로 볼 수 있을 것이다.

엽색도, 과일 당도 및 색도

황화현상이 심하게 발생하는 캠벨어얼리와 MBA 두 품종의 포도나무에서 황화증상이 나타난 잎의 색도와 건전한 녹색 잎의 색도를 조사하여 비교한 결과는 Fig. 3과 같았다. 캠벨어얼리 품종의 경우 황화증상이 나타난 잎의 SPAD 값은 평균 34.4로 건전한 잎의 57.8보다 크게 낮았고 MBA 품종의 경우도 유사한 결과를 보였다.

수확기를 맞은 캠벨어얼리 품종 과실의 당도는 Table 1과 같았다. 황화현상이 발생한 나무의 과실 당도는 13.4 °Brix인 반면, 건전한 나무의 과실 당도는 14.4 °Brix로 1 °Brix 정도의 차이를 보였다. 포도 과실의 산도는 당도와는 반대로 황화증

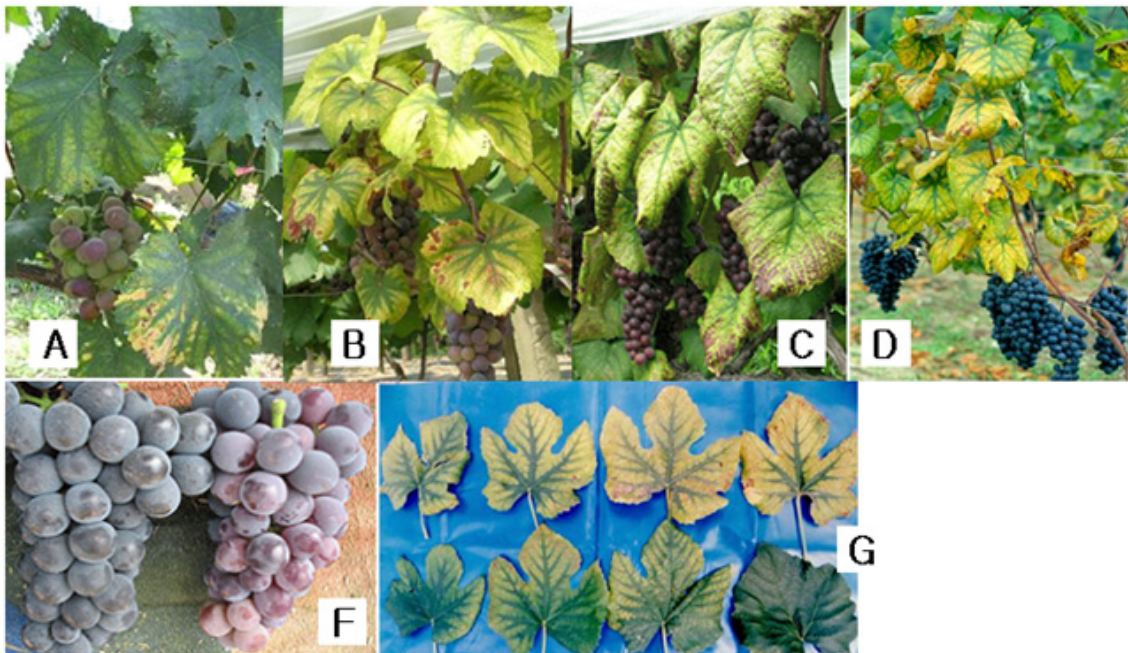


Fig. 1. Characteristics of leaf chlorosis symptom and fruit color caused by magnesium deficiency in grapevine varieties. A: Kyoho, B: Sheridan, C: Campbell Early, D: Muscat Bailey A, F: Fruit of healthy tree (left) and Mg-deficiency tree (right) of Campbell Early, G: progress of chlorosis.

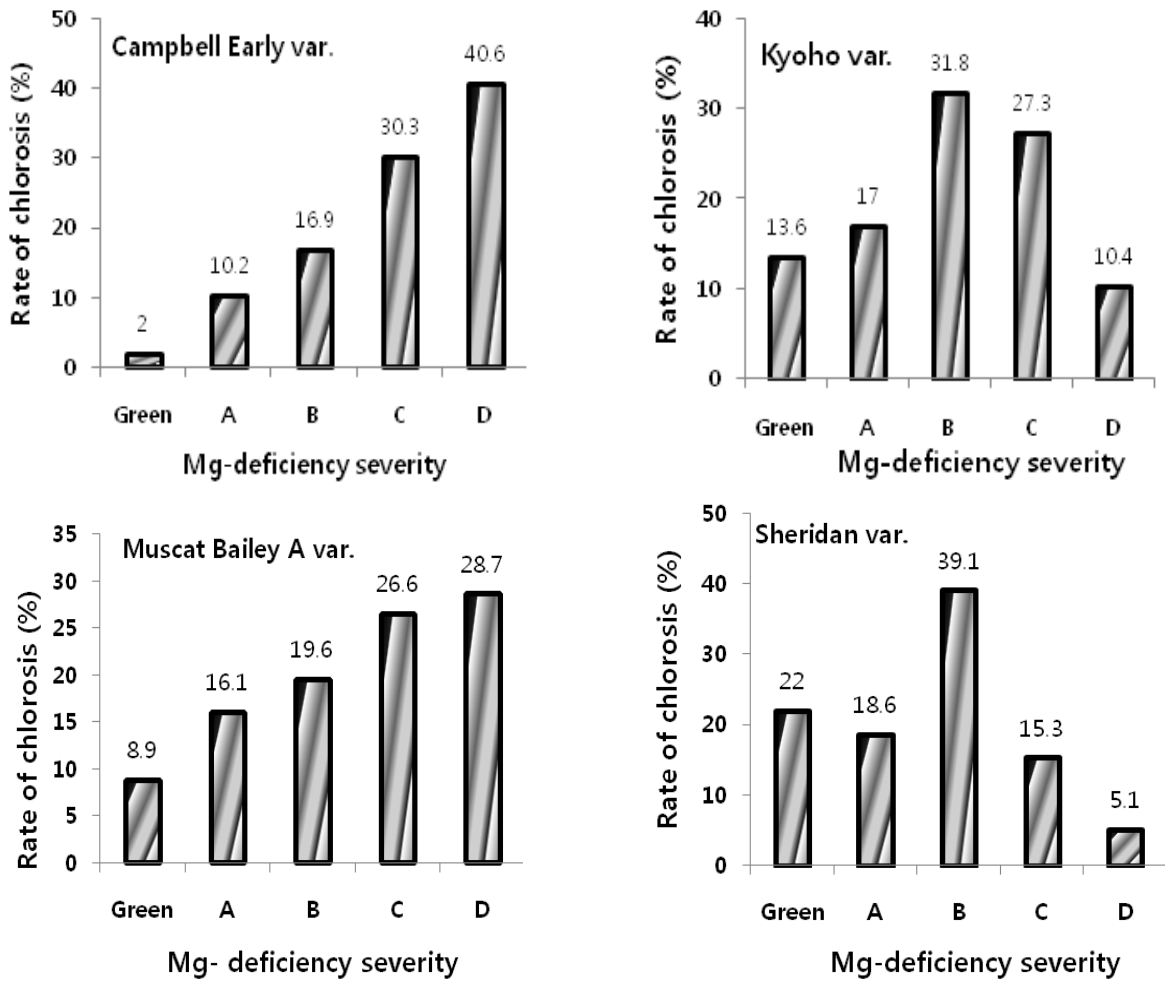


Fig. 2. Comparison of Mg-deficiency severity among grapevine varieties by visual diagnosis at late August, 2007. Green: no chlorosis; A: 1-15% chlorosis; B: 16-30% chlorosis; C: 31-45% chlorosis; D: over 46% chlorosis. Ratios of chlorosis = (chlorosis leaves/ total adult leaves per stem) x 100.

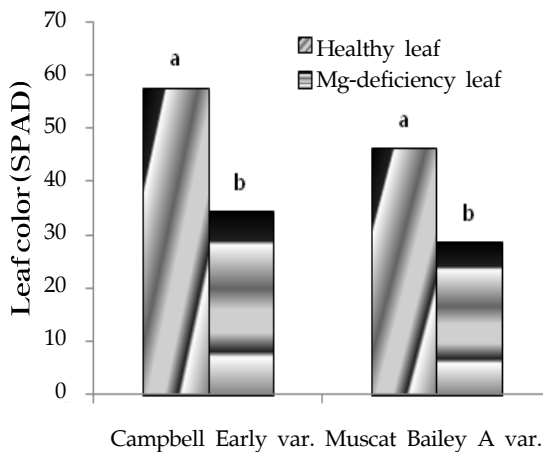


Fig. 3. Comparison of leaf color (SPAD) between healthy and chlorosis leaves of Campbell Early and Muscat Bailey A varieties.

상이 발생한 나무의 과실에서 높게 나타났다. 이러한 결과로 인해 황화증상이 발생한 나무와 건전한 나무의 과실 당산비 (Brix/acidity)에서도 큰 차이가 나타났다.

황화현상이 포도 과실의 착색에 미치는 영향을 평가하기 위해서 황화현상이 심한 캠벨어얼리와 MBA 품종에서 Hunter L, a, b 값을 조사한 결과는 Table 2와 같았다. 과피 색상의 밝기를 나타내는 L 값과 붉은색을 나타내는 a 값을 보면, 두 품종 모두에서 황화현상이 나타난 포도나무의 과실에서 L 값이 높고 a 값이 낮은 것으로 보아 황화현상이 발생한 나무에서 과실의 착색이 지연되는 것으로 판단되었다. 엽색도(SPAD)와 Hunter L 값의 상관관계를 보면 (Fig. 4), MBA 품종의 경우 엽색도가 높을수록 L 값이 낮아지는 부의상관 관계를 나타냄으로써 황화현상이 나타난 포도나무에서는 과실의 착색도 지연되고 있음을 확인할 수 있다. 또한 캠벨어얼리 품종의 엽색도와 과실 당도와의 상관관계에서도 포도나무의 황화현상이 과실의 당도에도 영향을 미치는 것으로 나타났다 (Fig. 5).

Table 1. Qualities of grape fruit sampled from healthy trees and leaf-chlorosis trees of Campbell Early variety. Fruits were sampled at 30 Aug. 2007 in vineyards of Gyeongsan

Tree	Sugar content	Acidity	Ratio of Brix/Acidity
	Brix	%	
Healthy	14.4 a [†]	0.10 b	144
Chlorosis	13.4 a	0.15 a	89.3

[†]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

Table 2. Comparison of grape fruit color measured by Hunter values. Fruit samples were collected in late Aug. 2007

Grapevine variety	Tree	Hunter value		
		L	a	b
Campbell early	Healthy	26.6 b [†]	1.8 b	-3.1 b
	Chlorosis	27.2 a	4.1 a	-2.6 a
Muscat Bailey A	Healthy	35.5 b	0.6 b	-5.3 a
	Chlorosis	51.7 a	3.2 a	-3.1 a

[†]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

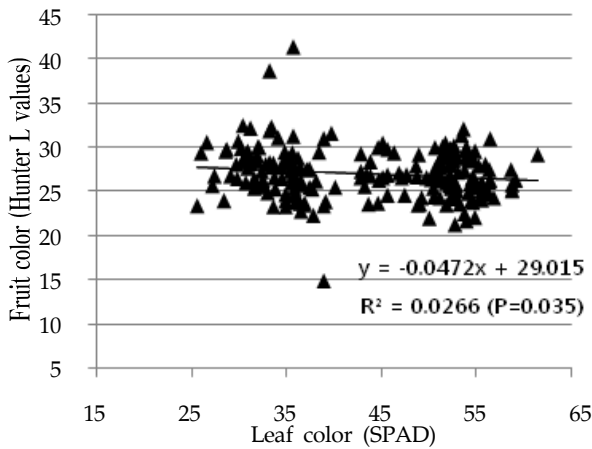


Fig. 4. Relationship between leaf color (SPAD) and Hunter L value of fruits in Muscat Bailey A variety.

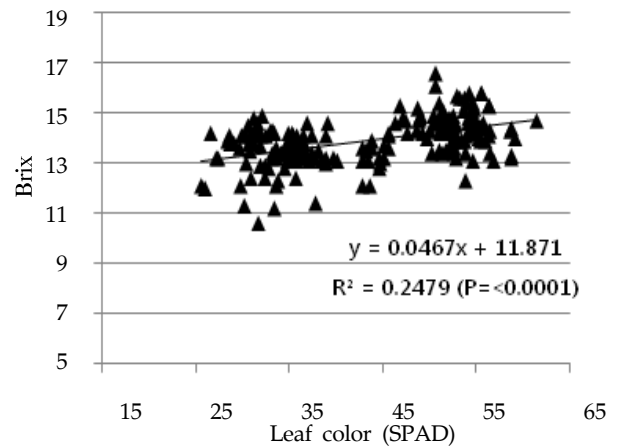


Fig. 5. Relationship between leaf color (SPAD) and sugar content of fruits in Campbell Early variety.

황화현상의 원인은 Mg 결핍일 수 있으며, 이로 인해 광합성에 필요한 엽록소의 생성이 억제되므로 작물의 광합성 능력이 크게 저하될 수 있다. 포도의 Mg 결핍은 흔히 과실이 급격하게 비대하는 비대기와 착색기에 더 심하게 나타나는데, 이 시기에 필요한 탄수화물의 공급이 원활하지 못함으로써 Mg 결핍이 유발된 포도나무의 과실에서는 당도가 낮아지고 착색도 지연되며 붉은 색이 강하고 착색이 제대로 되지 않는 경우가 발생한다. 미국에서 개발된 캠벨어얼리는 현재 미국에서는 거의 재배되지 않지만 우리나라에서는 주요 재배 품종으로 각광을 받고 있는데, 그 이유는 단맛과 함께 신맛이 적당히 유지되기 때문이다. 그러나 Mg 결핍으로 인해 황화현상이 발생되면 건전 과실에 비해 상대적으로 당도는 낮아지고 산도가 높아져 신맛이 강해지는데, 이로 인해 캠벨어얼

리 포도의 품질이 크게 나빠진다.

나무 전체 잎의 20% 이상에서 황화현상이 나타날 경우 피해가 심각해지는데, 광합성 능력의 심각한 손실로 포도나무의 성장과 수확량 감소를 초래하게 된다¹⁰⁾. 포도 과실의 품질을 결정하는 요인인 색도와 당도는 토양환경요인과 상관관계를 가지며, 특히 양이온 함량의 기여도가 가장 높고 토양물리성보다 토양화학성의 기여도가 71%가 넘는다고 하였다¹¹⁾. 또한 캠벨어얼리 품종의 경우 토양시비에 유의해야 하며, 양이온 함량의 균형이 맞지 않을 경우 Mg 결핍이 많이 발생하는 것으로 알려져 있다¹¹⁾.

토양 화학성

포도 품종별로 3개 지역에서 황화현상이 나타난 포도원과

건전한 포도원의 토양이화학성을 조사하여 비교한 결과는 Table 3과 같았다. 유기물과 총질소 함량을 보면 황화현상이 발생한 포도원과 건전한 생육을 보인 포도원에서 차이가 없었다. 따라서 포도나무에서 발생한 황화현상은 질소의 결핍에 기인한 것은 아님을 알 수 있었다. 황화현상이 발생한 포도원의 토양 pH는 건전한 포도원에 비해 훨씬 낮았다. 교환성 K와 Ca 함량은 황화현상이 발생한 포도원과 건전한 생육을 보인 포도원에서 차이가 없었으며, 교환성 Mg 함량은 황화현상이 나타난 포도원 토양에서 통계적으로 유의성 있게 낮은 것을 볼 수 있었다. 포도나무 생육에 적합한 토양중의 교환성 Mg 함량은 1.5-2.0 cmol_c/kg으로 알려져 있다. 황화현상이 발생한 경산 및 영천지역 포도원 토양의 교환성 Mg 함량은 적정함량에 미달하였다. 황화현상이 나타난 포도원의 토양이화학성은 지역별 포도원별로 상당한 차이를 보이기도 하였으나 공통적으로 pH가 낮고 Mg 함량이 낮았다. 전반적으로 조사대상 포도원의 토양 pH가 낮은 것은 Mg을 포함한 교환성 염기 함량이 낮기 때문이며 이들 염기의 충분한 시비가 이루어지지 못한 결과로 판단된다. 노후화된 토양에서는 Mg을 비롯한 교환성 양이온들이 용탈되어 표층토양보다는 심층토양에 더 많은 양으로 존재할 수 있다⁵⁾. 대부분의 경우 작물의 Mg 결핍은 토양에서 유효태 Mg 함량이 부족할 때 나타나며 뿌리 생육이 왕성한 표층토양중의 Mg 함량이 낮은 토양에서도 나타난다^{5,6,10)}. 또한 pH가 5.5보다 낮은 경우나 교환성 K와 NH₄ 함량이 높은 토양에서는 Mg의 흡수가 저해되어 결핍이 유발된다^{7,10)}. 특히 유효 K의 함량이 높은 토양에서 자라는 식물에서는 비록 토양중의 Mg 함량이 상대적으로 높아도 흔히 Mg 결핍이 나타나기도 한다⁷⁾. 따라서 본 연구에서 조사한 황화현상이 심하게 발생하는 포도원의 경우 토양 중 교환성 Mg 함량이 낮고 건전 포도원 토양

에 비해 교환성 Mg/K 비율이 낮기 때문에 포도나무 잎에서 Mg의 결핍이 발생할 수 있으며 그에 따라서 황화현상이 발생하는 것으로 판단된다.

잎줄기의 무기성분 함량

황화현상이 발생한 포도나무의 Mg 결핍 여부를 확인하기 위하여 황화현상이 나타난 잎과 건전한 녹색 잎의 잎자루를 이용하여 무기성분을 분석한 결과는 Table 4와 같았다. 질소 함량은 대체로 황화현상이 나타난 잎에 비해 건전 잎의 잎자루에서 높았는데, 건전 잎과 황화 잎 모두에서 적정수준 이상으로 나타났다. 이러한 결과를 통해 포도나무의 황화현상은 질소 결핍으로 인해 발생한 것이 아님을 재차 확인할 수 있다. K와 Ca 함량은 황화현상이 나타난 잎과 건전 잎 사이에 큰 차이를 보이지 않았으며 대체로 적정함량으로 흡수되어 있는 것으로 판단된다. 황화현상이 나타난 잎에서 채취한 잎자루중의 Mg 함량은 건전한 녹색 잎의 잎자루에 비해 통계적인 유의 차이를 보였으며, 건전 잎의 잎자루에서는 적정수준의 Mg 함량을 보였으나 황화현상이 나타난 잎에서는 Mg 함량이 조사된 4 품종 모두에서 적정수준 이하이었다.

포도나무 잎자루중의 Mg 함량이 0.14% 이하이면 결핍증상이 나타나며^{7,13)}, 미국 캘리포니아 포도원에서는 개화기 때 잎자루의 Mg 함량이 0.2% 이하일 때 결핍증상이 발생하는 것으로 밝혀져 있다^{7,10)}. 그리고 포도 개화기 때 Mg 결핍을 추정하기 위하여 잎자루를 분석하여 포도나무의 Mg 상태를 결정하는데, 잎자루의 K/Mg의 비율이 5:1을 초과할 때 이후 Mg 결핍이 나타난다고 한다⁷⁾. 본 연구의 결과에서도 황화현상 발생 포도원에서 채취한 잎자루중의 Mg 함량은 0.2% 이하이었고 K/Mg 비율은 5:1을 훨씬 상회하였다. 따라서 조사대상 지역 포도원에서 발생하는 황화현상의 원인은

Table 3. Soil chemical properties in the vineyards of four different varieties. For each variety, soil samples were collected from vineyards where healthy and chlorosis trees were found

Variety	Sample	Organic Matter	pH (1:5 H ₂ O)	Total N	Exchangeable cation		
					K	Ca	Mg
		g/kg		g/kg	----- cmol _c /kg -----		
Campbell Early (Gyeongsan)	healthy	27.8	5.2 a [†]	4.2	2.3 a	3.2 a	1.9 a
	chlorosis	26.4	4.6 b	4.6	2.4 a	2.9 a	1.3 b
Kyoho (Gyeongsan)	healthy	24.8	5.2 a	3.8	2.9 a	2.9 a	1.6 a
	chlorosis	26.3	5.0 a	4.1	2.6 a	2.7 a	1.1 b
Sheridan (Youngcheon)	healthy	26.4	5.4 a	3.8	2.4 a	2.5 a	1.5 a
	chlorosis	25.2	4.5 b	3.5	2.5 a	2.3 a	0.9 b
Muscat Bailey A (Youngcheon)	healthy	25.5	5.5 a	3.7	2.0 b	2.3 a	1.7 a
	chlorosis	26.2	4.2 b	3.5	2.3 a	2.3 a	0.7 b
Optimum range [†]		20-30	5.5-6.5	-	1.5-2.5	-	1.5-2.0

[†] Mean separation between soils of healthy and chlorosis trees in each cultivar by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

[†] Robinson et al.¹³⁾ and Dami et al.¹²⁾

Table 4. Nutrient contents in petioles of grapevine sampled in late Aug. 2007. For each variety, leaf samples were collected from vineyards where healthy and chlorosis trees were found

Variety	Sample	Total N	K	%		
				Ca	Mg	K/Mg Ratio
Campbell Early (Gyeongsan)	healthy	2.55 a [†]	1.98 a	1.32 a	0.31 a	5.7:1
	chlorosis	2.49 a	2.02 a	1.05 a	0.16 b	11.2:1
Kyoho (Gyeongsan)	healthy	2.63 a	2.04 a	0.99 a	0.33 a	2.0:1
	chlorosis	1.74 b	2.10 a	1.16 a	0.19 b	11.1:1
Sheridan (Youngcheon)	healthy	2.58 a	1.88 b	1.34 a	0.30 a	5.7:1
	chlorosis	1.15 b	2.14 a	1.48 a	0.16 b	13.4:1
Muscat Bailey A (Youngcheon)	healthy	1.95 a	2.01 b	2.05 a	0.26 a	6.7:1
	chlorosis	1.43 a	2.24 a	1.19 a	0.08 b	16.0:1
Optimum range [†]		0.9-1.3	1.5-2.5	1.2-1.8	0.26-0.45	

[†]Mean separation between leaves of healthy and chlorosis trees in each cultivar by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

[†]Robinson et al.¹³⁾ and Dami et al.¹²⁾

Table 5. Mineral contents in petioles after application of magnesium compounds on Campbell Early variety

Treatment [†]	P	K	%		
			Ca	Mg	K/Mg Ratio
Non-treated	0.37 a [†]	1.50 ab	1.63 a	0.18 b	8.3
MgNO ₃ (I)	0.42 a	1.42 ab	1.60 ab	0.21 ab	6.8
MgNO ₃ (F)	0.41 a	1.52 ab	1.45 c	0.28 ab	5.4
MgSO ₄ (I)	0.43 a	1.47 ab	1.51 abc	0.28 ab	5.3
MgSO ₄ (F)	0.41 a	1.49 ab	1.49 bc	0.29 a	5.1
MgNO ₃ + H ₃ PO ₄ (F)	0.32 a	1.56 a	1.47 bc	0.30 a	5.2
MgSO ₄ + H ₃ PO ₄ (F)	0.44 a	1.57 a	1.59 ab	0.30 a	5.2

[†]I: soil application with solution and F: foliar application

[†]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$

Mg 결핍에 따른 것으로 확인할 수 있다.

Mg 염 시비 효과

황화현상이 발생하는 초기에 포도나무에 Mg 염을 토양에 관주처리를 하거나 엽면시비한 후 잎자루의 Mg 함량을 조사한 결과는 Table 5와 같았다. Mg 염을 처리한 포도나무 잎자루의 Mg 함량은 무처리에 비하여 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이며 증가하였고, 적정하한인 0.26% 이상이었다. MgSO₄와 MgNO₃에 인산을 혼용하여 엽면시비한 처리에서 잎자루의 Mg 함량이 가장 높은 것으로 조사되었으며, 토양 관주와 엽면시비에서 모두 MgSO₄와 MgNO₃ 처리 사이에는 잎자루의 Mg 함량 차이는 없었다. Mg 염의 처리가 잎자루의 K와 Ca 함량에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났으며, 결과적으로 무처리에 비하여 Mg 염 처리구에서 K/Mg 비가 크게 낮아져 적정비율이 5에 근접하였다. 엽면시비의

경우 Mg 염과 인산을 함께 사용하면 인산이 Mg의 엽면흡수를 촉진시키는 것으로 알려져 있으나, 본 연구의 결과로 보면 인산을 함께 처리하였을 때 Mg 흡수가 일부 증가하는 것으로 조사되었으나 통계적으로 유의성 있는 결과는 아니었다.

Mg 결핍이 발생된 포도나무의 잎과 토양에 7월10일부터 10일 간격으로 4회 엽면살포와 토양관주를 통하여 Mg를 공급하였으나 육안으로 관찰하였을 때 결핍증상이 완전하게 회복 되지는 않았다. 그러므로 가급적 Mg 결핍증상이 발생하기 전이나 발생초기에 지속적으로 엽면살포나 토양관주를 통하여 부족한 Mg를 보충함으로써 수확기 포도 과실의 품질저하를 막을 수 있을 것으로 생각된다.

대부분의 우리나라 포도 재배지역과 품종에서 Mg 결핍현상이 발생하고 있으며 그 심각성은 점차 확대되고 있으므로 포도 과수원 토양의 Mg 유효도를 증가시킬 수 있는 관리대책이 마련되어야 한다. Mg의 결핍을 예방하고 교정하는 방

법으로 토양시비와 엽면시비를 동시에 추천하고 있으며⁸⁾, 포도나무를 비롯한 각종 작물의 Mg 결핍을 교정하는 데는 MgSO₄의 사용이 권장되고 있다^{7,16,17)}. 만성적으로 Mg 결핍이 발생하는 경우는 대부분 토양에 유효 Mg이 부족하거나 Mg/K 비율이 부적합하기 때문일 것이다. 따라서 dolomite나 황산마그네슘비료를 주기적으로 토양에 처리하여 적정수준의 유효 Mg 수준으로 유지시키도록 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 물론 생육기간 중 갑자기 Mg 결핍이 중간 정도나 심각하게 나타날 때는 토양에 Mg 비료를 토양에 사용하여도 결핍이 교정되지 않으므로 엽면시비나 관주를 통하여 Mg을 신속히 공급할 수 있는 방법도 고려해야 한다.

요 약

캠벨어얼리 외 여러 포도 품종에서 과실 비대기와 착색기에 Mg 결핍현상이 심하게 발생하여 과실의 품질을 크게 저하시키고 있다. 본 연구는 경북 경산 및 영천지역 4개 품종의 포도원에서 Mg 결핍이 발생하는 시기 및 품종 간에 Mg 결핍의 심각성을 조사하고 Mg 결핍이 심한 품종에 대하여 잎의 엽색도와 과실의 당도 및 착색과의 관계를 조사하여 분석하였다. Mg 결핍이 발생하는 시기는 6월 상순부터 8월 하순 사이로 품종 간에 차이는 없으나, 캠벨어얼리 품종에서 Mg 결핍이 가장 심하여 조사대상 포도나무의 40% 이상에서 매우 심각한 황화현상이 나타나는 것으로 조사되었다. Mg 결핍으로 황화현상이 발생된 포도나무의 과실은 당도가 낮고 착색 또한 지연되어 품질이 크게 저하되는 것으로 나타났다. 황화현상이 발생한 포도원의 토양 및 포도 잎자루 중의 Mg 함량은 건전한 포도원의 경우에 비하여 매우 낮았다. 포도원에서 발생하는 Mg 결핍현상은 토양중의 Mg 유효도가 낮기 때문이며, Mg 결핍에 따른 피해를 예방하기 위해서는 Mg 시비를 비롯한 적절한 토양관리대책이 지속적으로 강구되어야 할 것이다.

참고문헌

- Komamura, K., Suzuki, A., Fukumoto, M., Kato, K. and Sato, Y. (2000) Effects of long-term nitrogen application on tree growth, yield, and fruit qualities in a 'Jonathan' apple orchard, *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 69, 617-623.
- Lee, J. Y., Jung, J. H., Kim, S. C., Hwang, S. W. and Lee, C. S. (2000) Chemical properties of Korean orchard soils in main apple, pear, grape and peach producing area, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 33, 79-84.
- Im, J. N. (1999) Guideline for recommendation of fertilizer application in crops, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Wilkinson S. R., Welch, R. M., Mayland, H. F. and Grunes, D. L. (1990) Magnesium in plants: uptake, distribution, function, and utilization by man and animals, In Siegel, H. (ed.) *Metal ions in biological systems*, Marcel Dekker, Inc., Basel, Switzerland.
- Ennett, W. F. (1997) Nutrients deficiencies and toxicities in crop plants, APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA.
- Christensen, L. P., Swanson, F. and Jensen, F. L. (1976) Waterberry studies in table grapes, Report of Research for Fresh Table Grapes Vol. IV, California Table Grape Comm., Fresno, CA, USA.
- Christensen, L. P., Kasimatis, A. N. and Jensen, F. L. (1978) Grapevine nutrition and fertilization in the San Joaquin Valley, Division of Agricultural Sciences, University of California, Berkeley, CA, USA.
- Christensen, L. P., Kasimatis, A. N. and Jensen, F. L. (1982) Grapevine nutrition and fertilization in the San Joaquin Valley, Division of Agricultural Sciences, University of California, Berkeley, CA, USA.
- NIAS (2000) Method of soil and plant analysis, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Peacock, B. and Christensen, P. (2007) Magnesium deficiency becoming more common, <http://cetulare.ucdavis.edu/pubgrape/ng596.htm>.
- Kim, S. H., Choi, I. M., Yun, S. K., J. G., Cho., Lim, T. J. and Yun, H. K. (2009) Contribution of soil physico-chemical properties to fruit quality of 'Campbell Early' grape in the vineyards, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42, 187-191.
- Dami, I., Bordelon, B., Ferree, D. C., Brown, M., Ellis, M. A., Williams, R. N. and Doohan, D. (2005) Mid west grape production guide, Bulletin 919-05, The Ohio State University Extension, Columbus, OH, USA.
- Robinson, J. B., Treeby, M. T. and Stephenson, R. A. (1997) Fruits, vines and nuts, p. 347-389, In *Plant analysis - An interpretation manual*, CSIRO, Clayton, Australia.
- Kim, I. Y. and Chang, T. H. (2008) The cause of the incidence of physiological disorders in 'Nuitaka'

-
- pear fruits, *Korean J. Environ. Agric.* 27, 253-259.
15. Boynton, D. (1954) Nutrition by foliar application, *Ann. Rev. Plant Physiol.* 5, 31-54.
16. Jensen, F., Luvisi, D. and Beede, R. (1980) The effects of adjuvants, pesticides, and mineral nutrients applied with the fruit set gibberellin treatments and growth regulators on fruit characteristics of table Thompson Seedless, Report No. 2, San Joaquin Valley Agric. Res. and Extension Center, Parlier, CA, USA.
17. Swietlik, D. and Faust, M. (1984) Foliar nutrition of fruit crops, *Hort. Rev.* 6, 34-39.
-