

## 관수량 조절이 토마토 과실의 착색불량과 발생 억제에 미치는 영향

강남준\* · 조명환 · 최영하  
원예연구소 시설원예시험장

### Effects of Deficit Irrigation on the Reduction of Green Shoulder Fruits in Fresh Tomato

Nam Jun Kang\*, Myeong Whan Cho, and Young Hah Choi

Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan 618-800, Korea

**Abstract.** Effects of deficit irrigation by different soil moisture-based water potential on the reduction of green shoulder fruits in fresh tomato were investigated. Deficit irrigation with  $-30$  kPa treatment significantly reduced green shoulder fruit by 53.7% compared to the  $-15$  kPa treatment. The total concentrations of potassium in levels of whole fruit was not different between normal red fruit (NRF) and green shoulder fruit (GSF). However, the concentrations of potassium in distal part of GSF lower than that of a basal part of GSF. Total soluble sugar contents in NRF and GSF were increased during the maturation periods. Contents of starch in NRF and distal part of GSF were decreased during the maturation periods. However, contents of starch in basal part of GSF was not change during the maturation periods. Activity of sucrose phosphate synthase was higher in NRF than that of GSF. Activity of acid invertase in NRF and GSF decreased rapidly during the maturation periods. Activity of acid invertase was significantly different in distal and basal part of GSF. Total activities of peroxidase and alcohol dehydrogenase in NRF were higher than that of GSF.

**Key words :** ADH, deficit irrigation, green shoulder fruit, invertase, POD, tomato, total soluble solids

\*Corresponding author

## 서 언

우리나라에서 재배되는 일반 토마토는 과실의 배꼽부분이 착색되는 시기에 수확하는 미숙형 토마토와 과실 전체가 착색된 후 수확하는 완숙형 토마토로 구분되는데, 현재 우리나라에서는 주로 완숙형 토마토가 생식용으로 소비되고 있다. 토마토 과실의 품질에는 색깔, 형태, 크기 및 경도 등의 외적인 요인과 당도, 산도 및 비타민 등의 내적인 요인이 복합적으로 관여하는데 (Damon 등, 1988), 특히 완숙형 토마토는 과실의 당도와 더불어 착색이 품질을 결정하는 중요한 요인으로 작용한다.

토마토 과실의 착색은 전분의 분해와 더불어 엽록체가 색소체로 변화되면서 카로티노이드의 합성이 증가하고 포도당이나 과당과 같은 가용성 당의 함량이 증가하는 일련의 생리적·생화학적 성숙 과정이다(Grier-

son과 Schuch, 1993). 그러나 성숙과정 중에 불량한 환경조건으로 인하여 수확기가 지나도 과실이 부분적으로 착색되지 않는 경우가 있다. 이러한 착색불량과실은 상부가 적색인데 비해 하반부는 녹색으로 숙기가 지나도 착색되지 않아 상품성뿐만 아니라 품질을 저하시키는 중요한 생리장애의 일종으로 알려져 있다 (Picha, 1987). 토마토 과실의 착색불량은 칼리 부족 (Winsor과 Long, 1967), 광의 투과량 부족 및 착색기의 토양수분 과다 공급(Lipton, 1970) 등으로 인해 발생하기가 쉽고, 재배 시기적으로는 수확기가 주로 봄인 반축성재배에서 많이 발생하며 소과종보다는 대과종에서 많이 발생하는 것으로 알려져 있다(Picha와 Hall, 1981).

최근 건강에 대한 소비자의 관심이 높아져 고품질 토마토의 소비가 지속적으로 증가하고 있어 재배 품종뿐만 아니라 재배시기도 아주 다양해지고 있다. 한편

재배면적과 생산량이 지속적으로 증가하는데도 불구하고 과실의 품질은 크게 향상되지 않고 있다. 따라서 품질이 우수한 토마토를 생산하기 위해서는 성숙과정 중에 착색불량이 생기는 생리적 현상을 구명하여 근본적으로 해결할 수 있는 재배법을 확립하는 것이 필요하다. 본 시험은 관수량 조절에 의한 수분 스트레스가 시설토마토의 착색불량과 발생에 미치는 영향과 원인을 구명하여 고품질 토마토 생산을 위한 기초 자료를 얻고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험재료 및 토양수분 관리

본 시험은 원예연구소 시설원예시험장에 있는 200 m<sup>2</sup> 크기의 단동형 플라스틱 하우스에서 수행하였다. 대과종 토마토인 '서건'(Sakada Seed, Japan) 품종을 2006년 2월 17일 재식거리를 70 cm×25 cm로 격리상(300 cm×100 cm×35 cm, 길이×너비×높이)에 2 열로 정식한 후 점적호스를 설치하고 흑색비닐로 멀칭하여 재배하였다. 재배 단수는 3화방으로 제한하였으며 화방 당 4개의 과실을 착과시켰다.

관수량은 토양수분장력에 기초하여 관수개시점을 달리하여 조절하였는데, -15 kPa 처리를 대조구로 하고 수분 스트레스는 -30 kPa로 처리하였다. 토양수분은 관수자동제어기인 Rich 5330(Agronet, Korea)을 사용하여 제어하였고 토양수분장력 측정은 전자식 토양수분장력센서(SK M850C2, SDEC)를 사용하였다. 정식 후 1화방 과실의 착과기까지는 모든 처리에서 -15 kPa을 기준으로 관수하였고, 제 1화방 과실의 비대기부터 3화방 과실의 수확기까지는 처리를 달리하여 관수하였다. 수확기에 처리별로 과실 무게와 착색불량과실의 발생률을 조사하였다.

### 2. 무기성분 분석

토마토 과실은 정상과실과 착색불량과실을 구분하여 시기별로 채취한 후 상단부위(과실의 과경부위)와 하단부위(과실의 배꼽부분)로 구분하여 80°C 건조기에서 48시간 건조한 후 마쇄하여 무기성분 분석시료로 사용하였다(Fig. 2). 인산은 Vanadate법으로 분해하여 분광광도계(Lambda 18, Perkin Elmer)를 이용하여 측정하였고, K, Ca 및 Mg는 Ternary solution(HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

:HClO<sub>4</sub>, 10:1:4, v/v/v)으로 분해한 후 원자흡광분광광도계(Atomic absorption spectrophotometer 3300, Perkin Elmer)로 분석하였다.

### 3. 탄수화물 분석

토마토 과실은 정상과실과 착색불량과실을 구분하여 시기별로 채취한 후 상단부위와 하단부위로 나누어 분석시료로 사용하였다. 탄수화물은 Somogyi 방법(Nelson, 1944)으로 분석하였는데, 가용성 당은 건물 50 mg을 80% 에탄올(v/v)로 85°C의 수조에서 30분간 추출한 후, 15,000 xg에서 15분간 원심분리시켜 추출하였다. 추출액은 anthrone 반응 시약(150 mg·L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, w/v)으로 80°C에서 7분 30초간 반응시킨 후 630 nm에서 정량하여 glucose 상당량으로 표시하였다. 전분은 가용성 당을 추출한 후 에탄올을 휘발시킨 잔존물에 증류수를 가하여 100°C에서 가용화시킨 다음, 증류수와 같은 양의 9.2N HClO<sub>4</sub>를 첨가하여 30분간 분해시킨 후 15분간 원심 분리하여 추출하였다. 원심 분리한 상정액을 이용하여 위와 같은 방법으로 가용성 당을 측정하였는데, 이 분획을 전분으로 간주하였다.

### 4. 효소의 활성 측정

효소의 활성을 측정하기 위한 수용성 단백질은 pH가 8.0으로 조정된 100 mM Tris 완충용액으로 추출하였는데, 막자사발을 이용하여 시료 1 g당 3 mL의 완충용액으로 마쇄한 후 4°C에서 30분간 원심분리시켰다. 원심분리 후 상정액을 회수하여 효소활성을 측정하기 위한 시료로 사용하였다. 단백질 함량은 albumin bovine을 표준단백질로 사용하여 Bradford 방법(1976)으로 590 nm에서 정량하였다. 과실의 성숙과정에서 착색과 연화에 관여하는 효소로는 alcohol dehydrogenase (ADH, EC. 1.1.1.1)와 peroxidase(POD, EC. 1.11.1.7)를 분석하였고 탄수화물 대사작용에 관여하는 효소로는 sucrose-phosphate synthase(SPS, EC. 2.4.1.14)와 invertase(EC. 3.2.1.26)를 분석하였다.

ADH의 활성은 Rumpho와 Kennedy의 방법(1981)에 준하여 측정하였는데, 반응물은 50 mM Tris-HCl, 1.0 mM NAD, 15.0 mM DTT 및 단백질 추출액으로 구성하였고 95% 에탄올을 첨가하여 반응시켰다. 효소의 활성은 mg 단백질당 분당 μmol의 NADH가 형성되는 것으로 하였으며 extinction coefficient는 340

nm에서  $6.22 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ 을 사용하였다.

POD의 활성은 반응물에 과산화수소를 첨가하여 guaiacol에서 tetraguaiacol이 형성되는 양을 측정하였다(Putter, 1974). 반응물은 10 mM potassium phosphate(pH 7.0), 0.3 mM guaiacol 및 단백질 추출액으로 구성하였고 0.1 mM 과산화수소를 첨가하여 25°C에서 1분간 반응시켰다. 효소의 활성은 mg 단백질당 분당  $\mu\text{mol}$ 의 guaiacol이 산화되는 것으로 하였으며 extinction coefficient는 290 nm에서  $6.439 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ 을 사용하였다.

SPS의 활성은 100 mM sodium phosphate(pH 7.5), 100 mM Fructose-6-phosphate, 100 mM uridine 5-diphosphoglucose, 10 mM  $\text{MgSO}_4$  및 단백질 추출액을 혼합하여 25°C에서 15분간 반응시켰다(Vassey, 1989). 반응물 100  $\mu\text{L}$ 에 30% KOH 100  $\mu\text{L}$ 를 혼합하여 반응을 중단시킨 후 반응물속에 존재하는 hexose를 파괴시키고자 100°C에서 10분간 처리하였다. 처리 후 100  $\mu\text{L}$  반응물과 2 mL의 anthrone 시약(76 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 30 mL  $\text{H}_2\text{O}$ , 150 mg anthrone, v/v/w)을 첨가하여 40°C에서 20분간 반응 시킨 후 620 nm에서 활성을 측정하였다. 효소 활성을 측정하기 위한 대조구는 100°C에서 2분간 끓인 단백질 추출액을 사용하였다.

Invertase의 활성은 10 mM sucrose, 50 mM HEPES/KOH(pH 7.5) 및 단백질 추출액을 혼합하여 25°C에서 15분간 반응시켰다. 반응물 100  $\mu\text{L}$ 에 30% KOH 100  $\mu\text{L}$ 를 혼합하여 반응을 중단시킨 후 반응물속에 존재하는 hexose를 파괴시키고자 100°C에서 10분간 처리하였다(Vassey, 1989). 처리 후 100  $\mu\text{L}$  반응물과 2 mL의 anthrone 시약(76 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 30 mL  $\text{H}_2\text{O}$ , 150 mg anthrone, v/v/w)을 첨가하여 40°C에서 20분간 반응 시킨 후 620 nm에서 활성을 측정하였다. 효소 활성을 측정하기 위한 대조구는 100°C에서 2분간 끓인 단백질 추출액을 사용하였다.

### 5. ADH와 POD 효소의 전기영동

동위 효소는 sodium dodecyl sulfate가 포함되지 않은 8% polyacrylamide 겔에서 시료당 50  $\mu\text{g}$ 의 단백질로 조정하여 전기영동하였다. 전극 완충 용액은 pH가 8.8로 조정된 Tris-glycine이었으며 겔 당 100 V로 조정하여 4°C에서 4시간 전개시켰다. 전기영동 후 기질이 함유된 용액에 겔을 담구어 30°C 암 상태에서

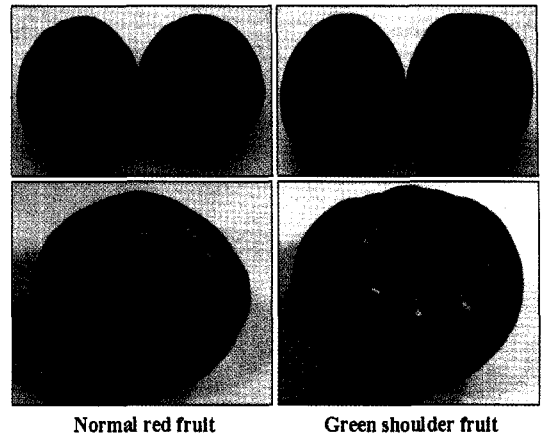


Fig. 1. Comparison of normal red fruit and green shoulder fruit at harvest stage.

반응을 유도한 후 밴드 양상을 조사하였다. 동위 효소에 따른 겔 염색 용액의 조성 조건은 다음과 같다.

ADH는 0.5 mM NAD, 1.0 mM MTT, 0.15 mM PMS 및 6 mL 95% 에탄올이 함유된 0.1 M Tris (pH 7.5)에 겔을 담구어 30°C 암 상태에서 60분간 염색하였다(Tanksley, 1979).

POD는 9.0 mM의  $p$ -phenylenediamine과 4.0 mM의  $\text{H}_2\text{O}_2$ 가 함유된 0.1 M Na-citrate(pH 5.0) 용액에 겔을 담구어 30°C 암 상태에서 15분간 염색하였다(Olson과 Varner, 1993).

### 결과 및 고찰

정상적인 토마토 과실은 수확시기가 되면 과실의 전체 부분이 적색으로 착색되지만, 착색불량과는 수확기가 지나도 배꼽부분 주위는 착색이 되지 않고 녹색으로 유지된다(Fig. 1). 이러한 착색불량과는 불량한 환경조건으로 인하여 수확기가 지나도 과실이 부분적으로 착색되지 않아 상품성과 품질을 저하시키는 중요한 생리장애의 일종이다(Picha, 1987). 착색불량과의 발생 원인은 칼리성분의 부족, 광의 투과량 부족 및 토양수분의 과다공급 등으로 알려져 있고(Lipton, 1970; Winsor과 Long, 1967), 주야간 온도 차이가 심한 시기에 많이 발생하며 소과종보다는 대과종에서 많이 발생한다(Picha와 Hall, 1981).

관수개시점에 따른 평균과중과 착색불량과실의 발생률은 Fig. 2와 같다. 토마토 재배농가에서 관행적으로

관수량 조절이 토마토 과실의 착색불량과 발생 억제에 미치는 영향

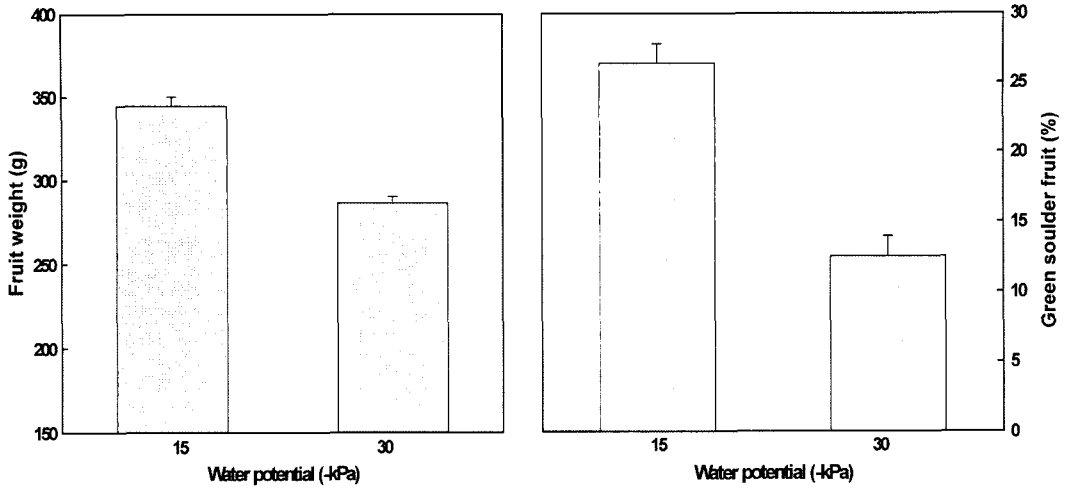


Fig. 2. Effects of water potential on the fruit weight and green shoulder fruit of fresh tomato during the maturation periods.

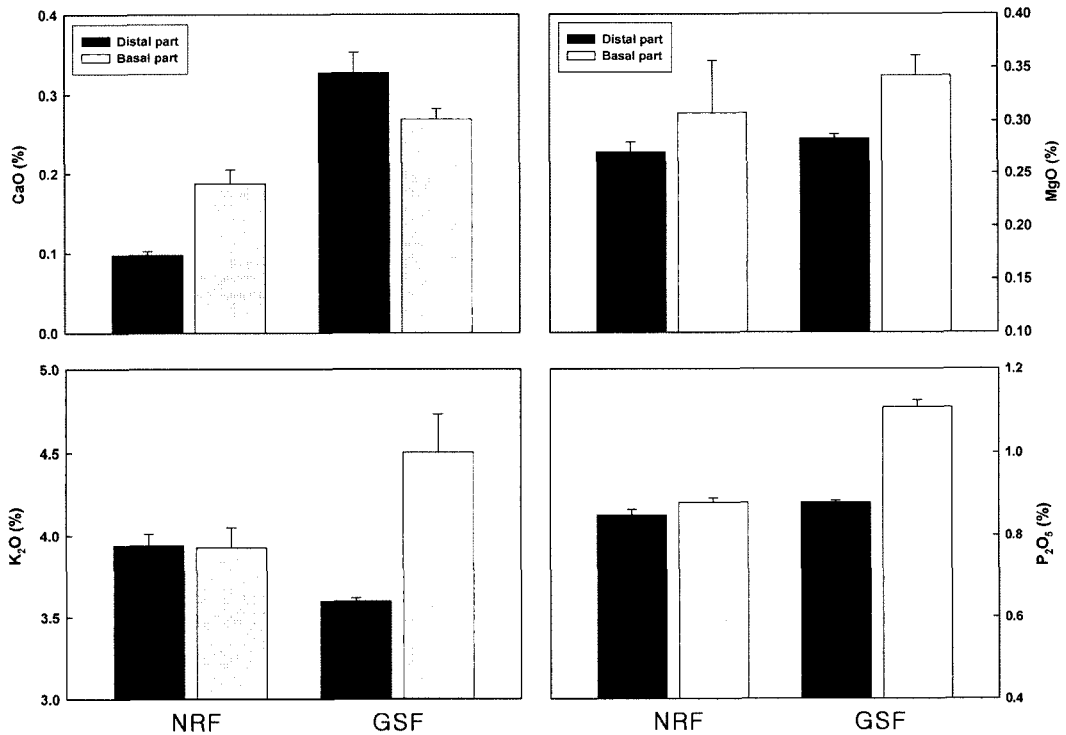


Fig. 3. Concentrations of inorganic compounds in distal or basal part of normal red fruit (NRF) and green shoulder fruit (GSF) at the 50 days after fruiting.

관수하는 수준인  $-15$  kPa 처리에서는 평균과중이 344.7 g인데 비해  $-30$  kPa 처리구의 평균과중은 286.2 g으로 58.5 g 정도 적은 경향을 보였다. 관수 개시점이  $-15$  kPa 처리에서는 착색불량과실의 발생률이 26.4%였으며  $-30$  kPa 처리에서는 12.5%로 50%이상

감소하였다. 이와 같이 관수개시점에 따른 과실 크기와 착색불량과실의 발생빈도는 상당한 차이가 있었는데, 전체 착색불량과실 중에서 400 g 이상의 큰 과일에서 착색불량과실이 차지하는 비율이 73.9%였고 400 g 이하에서 26.1%로 조사되었다. 이러한 결과는 과실의 평균과

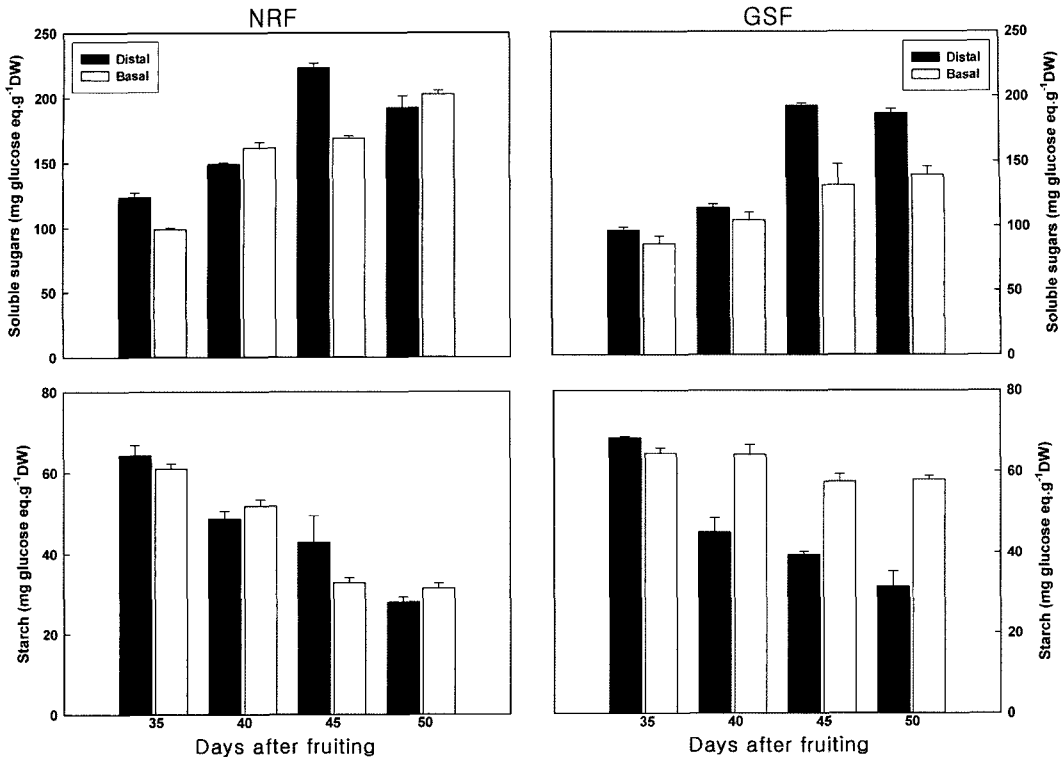


Fig. 4. Changes of soluble sugars and starch contents in the distal or basal part of normal red fruit (NRF) and green shoulder fruit (GSF) during the maturation periods.

중이  $-15$  kPa 처리에서는  $344.7$  g인데 비해  $-30$  kPa 처리에서는  $286.2$  g으로 나타나 비대기 이후 관수량이 많으면 수분의 흡수증가와 더불어 과실의 크기가 지나치게 커지는 것이 착색불량과실이 발생하는 요인으로 작용하는 것으로 사료되었다.

토마토 과실 내 무기성분의 함량 차이는 Fig. 3과 같은데, 정상과실과 착색불량과실 간의 무기성분 종류별 함량 차이는 뚜렷하였다. 정상과실의 경우 칼슘과 마그네슘의 함량은 과육의 상단부위에 비해 하단부위에 높은 경향을 보였지만, 칼리와 인산의 함량은 부위에 따른 함량 차이가 없었다. 그러나 착색불량과실에서는 적색으로 착색된 상단부위에 비해 녹색인 하단부위의 칼슘 함량이 낮은 경향을 보였고 마그네슘 함량은 상단부위보다는 하단부위에 높은 경향을 보였다. 특히 칼리와 인산의 함량에서 정상과실과 착색불량과실 간에 뚜렷한 차이가 있었는데, 적색으로 착색된 상단부위에 비해 녹색인 하단부위에서 각각 25%와 20% 이상 높게 나타났다. 이와 같이 착색불량과실의 하단부위에서는 칼리와 인산 함량이 높고 상단부위에서 낮은 것

은 흡수된 칼리가 상부로 전류되지 못했기 때문으로 사료되었다. 이러한 결과는 착색불량과실의 세포는 정상과실의 그것에 비해 적고 촘촘하여 양분뿐만 아니라 무기이온의 이동이 어렵다는 보고와 일치하였다 (Francis 등, 2000; Picha, 1987).

착색이 정상인 과실과 불량인 과실의 탄수화물 함량을 시기적으로 분석한 결과, 전반적으로 착과 후 시기가 경과할수록 가용성 당 함량은 증가하고 전분함량은 감소하는 경향을 보였다(Fig. 4). 그러나 착색불량과실의 적색인 상단부위 과육에서는 착과 후 시간이 경과하면 전분 함량이 감소하였지만, 녹색인 하단부위 과육에서는 수확시기가 경과하여도 전분의 함량에는 변화가 일어나지 않아 같은 과실 내에서도 탄수화물 관련 대사작용이 균일하지 못하다는 것을 알 수 있었다.

이러한 결과는 토마토 과실의 착색은 과육에 저장된 전분이 분해됨과 동시에 엽록소가 카로티노이드 계통의 색소로 전환되는 과정(Grierson과 Schuch, 1993)이란 측면에서 보면 착색불량과실의 발생원인이 과육 내의 전분 분해가 원활하게 되지 않기 때문으로 사료

관수량 조절이 토마토 과실의 착색불량과 발생 억제에 미치는 영향

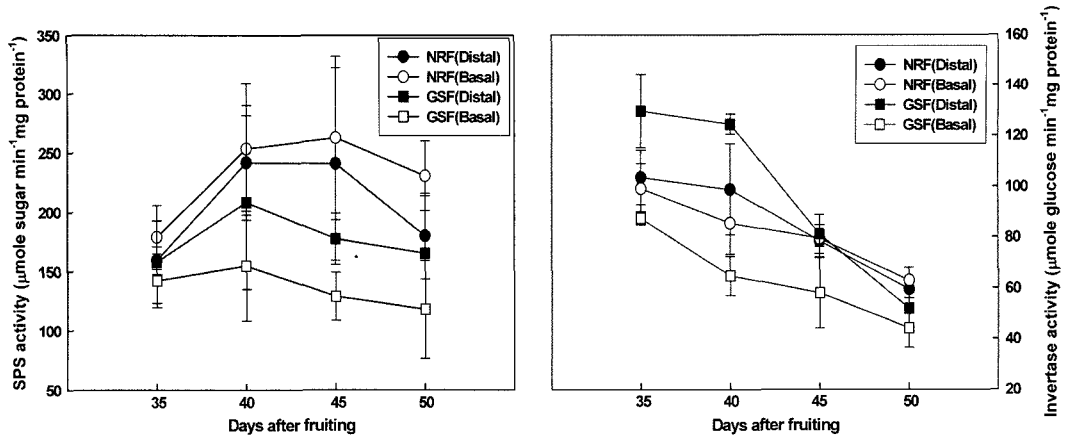


Fig. 5. Changes in sucrose phosphate synthase (SPS) and acid invertase activities in distal and basal part of normal red fruit (NRF) and green shoulder fruit (GSF) during the maturation periods.

되었다. 이와 같이 동일한 과실 내에서 상단부위 과육은 적색으로 착색이 되면서 전분이 원활하게 분해되지만, 하단부위 과육은 착색이 되지 않고 전분 함량이 그대로 유지되는데 이는 지나친 수분 공급으로 과실이 비대하여 과실내의 탄수화물 대사작용과 관련된 효소의 활성 차이와 상관이 있을 것으로 사료되었다. 특히 이러한 결과는 과실의 크기에 따른 착색불량과실의 발생빈도에서 잘 증명해 주었다.

탄수화물 대사작용에 관여하는 효소의 활성에서도 뚜렷한 차이를 보였다(Fig. 5). 앞에서 토마토 과실로 전류되는 주된 당은 sucrose로 알려져 있는데, 전류된 sucrose는 과실의 비대에 필요한 에너지원이 되기도 하고 일부는 전분으로 축적되는 일련의 과정을 반복하여 성숙에 이른다(Daman 등, 1988). 이러한 대사과정에 관여하는 효소는 여러 가지가 있는데, 특히 sucrose를 합성하는 효소인 SPS와 sucrose를 분해시키는 invertase가 중요한 역할을 한다(Robinson 등, 1988). 전반적으로 sucrose를 합성하는 SPS 효소의 활성은 착색불량과실에 비해서 정상과실의 과육에서 높은 경향을 보였고 과육의 부위에 따른 활성 차이도 적었다. 착과 후 35일된 과실의 SPS 활성은 정상과실과 착색불량과실 뿐만 아니라 상단부위와 하단부위 간에 차이가 없었지만, 착과 후 성숙 일수가 경과할수록 뚜렷한 활성 차이를 보였다. Invertase 효소의 활성은 성숙일수가 경과할수록 감소하는 경향을 보였는데, 정상과실에서는 상단부위와 하단부위 과육 간에 차이가 없었지만, 착색불량과실에서는 적색으로 착색된 상단부위에서

는 높은 활성을 보인 반면 착색되지 않아 녹색인 하단부위에서는 낮은 활성을 보였다. 이러한 결과로 보아 앞에서 전류된 동화산물을 과실의 성숙과정에 이용하기 위한 대사작용의 불균형이 착색불량과실의 발생에 큰 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

착색이 정상인 과육과 불량한 과육에서 추출한 단백질을 이용하여 ADH와 POD 효소의 활성을 측정한 결과는 Fig. 6과 같다. 전반적으로 ADH와 POD 효소의 활성은 정상과실에 비해 착색불량과실에서 낮았으며, 정상과실에서는 상단부위와 하단부위 간에는 큰 차이가 없었지만, 착색불량과실의 과육에서는 적색인 상단부위에 비해 녹색인 하단부위 과육에서는 상당히 낮은 수준의 활성을 보였다. ADH는 과육의 연화에 관여하는 효소로 성숙을 촉진시키는 것으로 알려져 있는데(Speirs 등, 2002), 정상과실에서는 부위에 따른 활성 차이가 크지 않았지만, 착색불량과실의 경우에는 착색된 상단부위에 비해 하단부위에서 낮은 활성을 보여 ADH의 활성이 과실의 착색에도 영향을 미친 것으로 사료되었다. 또한 항산화효소인 POD는 각종 스트레스에 의해 활성화되는 효소로 세포벽의 리그닌 합성 뿐만 아니라 착색에도 관여하는 것으로 알려져 있는데(Andrews 등, 2000), 본 실험의 결과에서도 과실의 착색에 따라 활성 차이가 뚜렷하였다. 이러한 결과는 관수량 조절에 의한 수분 스트레스가 POD의 활성 증가에 영향을 미친 것으로 판단되어 과실의 균일한 착색을 위해서는 적당한 수분 스트레스가 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

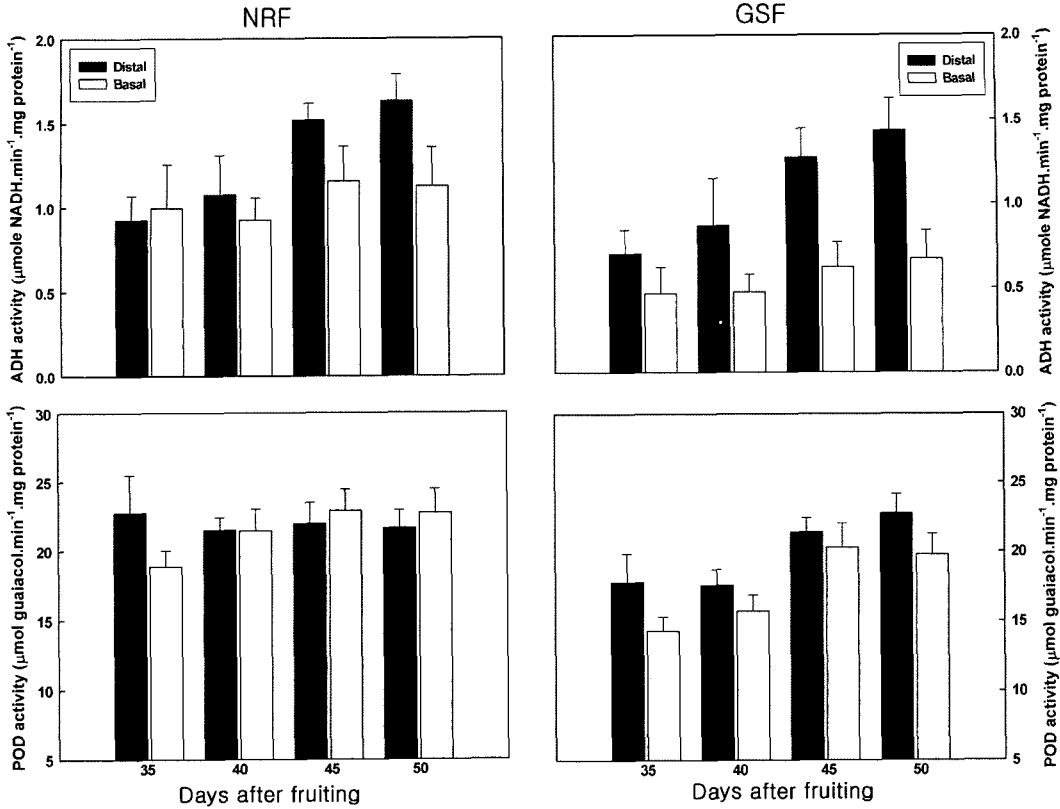


Fig. 6. The specific activities of alcohol dehydrogenase (ADH) and peroxidase (POD) in the distal or basal part of normal red fruit (NRF) and green shoulder fruit (GSF) during the maturation periods.

과실의 착색과 성숙에 관여하는 POD와 ADH 효소의 활성 차이는 전기영동 결과에서도 정상과실과 착색불량과실에서 뚜렷한 차이를 보였다(Fig. 7). 토마토 과육에는 4개의 POD 밴드와 2개의 ADH 밴드가 발현되었는데, 과실의 착색 정도에 따라 밴드의 밀도에서 차이가 있었다. 착색이 정상적으로 이루어진 정상과실의 과육에서는 상단부와 하단부 과육 모두에서 밴드의 밀도가 높은 경향을 보인 반면 착색불량과실에서

는 전반적으로 정상과실보다 밀도가 낮은 경향을 보였고 적색인 상단부 과육에 비해 녹색인 하단부 과육에서 낮은 경향을 보였다. 이와 같이 POD와 ADH 효소의 활성화에 따라 토마토 과실의 성숙은 큰 영향을 받으며 착색불량과실의 부위에 따라 활성차이가 큰 것은 수확시기의 지연, 수확 후 저장 및 수송 과정에서 품질을 저하시키는 요인으로 작용할 가능성이 있는 것으로 사료되었다.

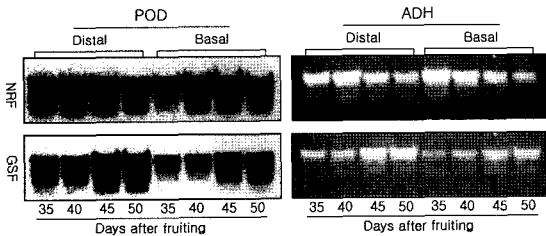


Fig. 7. The gel activities of peroxidase (POD) and alcohol dehydrogenase (ADH) in the distal or basal part of normal red fruit (NRF) and green shoulder fruit (GSF) during the maturation periods.

## 적 요

관수량 조절을 통한 수분 스트레스 처리가 토마토 과실의 착색불량과실의 발생에 미치는 영향을 분석한 결과, 관행 처리(-15 kPa)에서는 착색불량과실의 발생률이 26.4%였으나 관수량을 줄인 -30 kPa 처리구에서 12.5%로 50% 이상 감소하였다. 과실의 전체 칼리함량은 정상과실과 착색불량과실 간에 차이가 없었지만, 착색불량과실의 경우 적색인 상단부위에 비해 녹색

인 하단부위 과육에서 25% 많았다. 전반적으로 착과 후 시기가 경과할수록 가용성 당 함량은 증가하고 전분함량은 감소하는 경향을 보였다. 그러나 착색불량과실의 녹색인 하단부위 과육에서는 수확시기가 경과하여도 전분 함량에는 차이가 없었다. Sucrose phosphate synthase의 활성은 착색불량과실에 비해서 정상과실의 과육에서 높은 경향을 보였고 과육의 부위별 활성 차이도 적었다. Invertase의 활성은 정상과실에서는 상단부위와 하단부위 과육 간에 활성 차이가 없었지만, 착색불량과실에서는 적색인 상단부위에서는 높은 활성을 보인 반면 녹색인 하단부위에서는 낮은 활성을 보였다. 또한 peroxidase와 alcohol dehydrogenase의 활성은 정상과실에서 높았으며, 착색불량과실에서는 녹색인 하단부위 과육과 적색인 상단부위 과육 간에 큰 차이를 보였다. 이상의 결과로 보아 토마토의 착색불량과실은 과실내의 여러 가지 대사작용 불균형으로 발생되는데, 적당한 수분 스트레스 처리로 발생을 억제할 수 있을 것으로 사료되었다.

**주제어** : ADH, 수분 스트레스, 착색불량과실, invertase, POD, 토마토, 가용성 당

## 인용문헌

- Andrews, J., M. Malone, D.S. Thompson, L.C. Ho, and K.S. Burton. 2000. Peroxidase isozyme patterns in the skin of maturing tomato fruit. *Plant Cell and Environment*. 23:415-422.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72:248-254.
- Damon, S., J. Hewitt, M. Nieder, and A.B. Bennett. 1988. Sink metabolism in tomato fruit. II. Phloem unloading and sugar uptake. *Plant Physiol.* 87:731-736.
- Francis, D.M., S.A. Barringer, and R.E. Whitmoyer. 2000. Ultrastructural characterization of yellow shoulder disorder in a uniform ripening tomato genotype. *HortScience*. 35:1114-1117.
- Grierson, D. and W. Schuch. 1993. Control of ripening. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B* 342:241-250.
- Lipton, W.J. 1970. Effects of high humidity and solar radiation on temperature and color of tomato fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95:680-684.
- Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.* 153:375-380.
- Olson, P.D. and J.E. Varner. 1993. Hydrogen peroxide and lignification. *Plant J.* 4:887-892.
- Picha, D.H. 1987. Physiological factors associated with yellow shoulder expression in tomato fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:798-801.
- Picha, D.H. and C.B. Hall. 1981. Influences of potassium, cultivar, and season on tomato graywall and blotchy ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106:704-708.
- Putter, J. 1974. Peroxidases, p. 685-690. In: H.U. Bergmeyer (Ed.). *Methods of enzymatic analysis 2*. Academic Press, New York, NY, USA.
- Robinson, N.L., J.D. Hewitt, and A.B. Bennett. 1988. Sink metabolism in tomato fruit. I. Developmental changes in carbohydrate metabolizing enzymes. 87: 727-730.
- Rumpho, M.E. and R.A. Kennedy. 1981. Anaerobic metabolism in germinating seeds of *Echinochloa crus-galli* (Barnyard grass). *Metabolite and enzyme studies. Plant Physiology* 68:165-168.
- Speirs, J., R. Correll, and P. Cain. 2002. Relationship between ADH activity, ripeness and softness in six tomato cultivars. *Sci. Hort.* 93:137-142.
- Tanksley, S.D. 1979. Linkage, chromosomal association, and expression of ADH-1 and PGM-2 in tomato. *Biochem. Genet.* 17:1159-1167.
- Vassey, T.L. 1989. Light/dark profiles of sucrose phosphate synthase, sucrose synthase, and acid invertase in leaves of sugar beets. *Plant Physiol.* 89:347-351.
- Winsor, G.W. and M.I.E. Long. 1967. The effects of nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium and lime in factorial combination on ripening disorders of grass-house tomatoes. *J. Hort. Sci.* 42:391-402.