

Glycine betaine 엽면처리가 저온기 토마토 유묘의 생육에 미치는 영향 Growth Response of Chilling Stressed Tomato seedling to Foliar Application of Glycine Betaine

강남준* · 권준국 · 이재한 · 이한철 · 최영하

원예연구소 시설원예시험장

Nam-Jun Kang* · Joon-Kook Kwon · Jae-Han Lee,

Han-Cheol Rhee · Young-Ha Choi

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

서 론

식물이 각종 환경 스트레스를 받게 되면 체 내에는 삼투 조절 물질의 축적, 활성 산소종의 생성 및 세포막의 기능 변화 등 많은 생리적 변화가 일어나는 것으로 알려져 있다. 삼투조절 물질의 축적은 온도나 수분 등의 환경 스트레스에 대한 방어 기작으로서 체 내에 가용성 당, proline 및 glycine betaine 등과 같은 삼투 조절 물질의 축적에 관한 많은 결과가 보고되었다. 특히 저온 하에서의 이러한 삼투 조절 물질의 축적은 세포질의 삼투압을 조절할 뿐만 아니라 단백질 등과 같은 세포질 구성 요소의 구조 또는 기능을 안정화하는데 큰 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 저온에 대한 식물의 방어기작으로 glycine betaine의 축적은 밀, 귀리, 보리 및 딸기 등에서 보고되었는데, 많은 식물에서 외부 glycine betaine의 엽면처리가 저온에 대한 내성을 증진시키는데 효과적이라고 보고되고 있다. 또한 저온 스트레스에 대한 내성을 증진시키고 작물의 생산성을 높이고자 인위적으로 삼투 조절 물질을 처리하여 축적시키려는 시도가 많이 보고되었다.

본 실험은 glycine betaine이 저온기 토마토 유묘의 생육에 미치는 생리적 반응 양상을 분석하여 저온기 시설토마토 재배 시 저온에 대한 내성을 증진시키기 위한 기초 자료를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료 및 glycine betaine(GB) 처리

시험 재료는 서군 토마토 유묘를 사용하였는데, 버미큘라이트에서 받아지킨 후 직경이

15cm인 포트에 정식하여 처리 시까지 재배 관리하였다. 처리농도가 조절된 GB 용액(5, 25 및 50mM)에 Tween-20 (0.01%, v/v)을 첨가하여 본 엽 3매기 때 엽면 처리하였고, 대조구로는 Tween-20(0.01%, v/v)이 함유된 증류수를 엽면 처리하였다. 엽면 처리 후 체내 흡수를 촉진시키기 위하여 10℃에서 6시간 동안 처리한 후, 광도가 $200\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 조절된 식물 성장상을 이용하여 낮과 밤을 12시간 주기로 하여 5/25℃(밤/낮)로 28일간 처리하였다. 분석용 시료는 처리 후 7일 간격으로 잎을 채취하여 증류수로 세척한 후 사용하였다.

2. 탄수화물 분석

탄수화물은 Somogyi 방법으로 분석하였는데, 가용성 당은 건물 50mg을 80% 에탄올(v/v)로 85℃에서 30분간 용출시킨 다음 15,000g에서 15분간 원심 분리하여 추출하였다. 추출액은 반응 시약($150\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ H_2SO_4 , w/v)으로 80℃에서 7분 30초간 반응시킨 후 630nm에서 정량하여 glucose 상당량으로 표시하였다. 전분은 가용성 당을 추출한 후 에탄올을 휘발시킨 잔존물에 증류수를 가하여 100℃에서 가용화시킨 다음, 증류수와 같은 양의 9.2N HClO_4 를 첨가하여 30분간 분해시킨 후 15분간 원심 분리하여 추출하였다. 원심 분리한 상정액을 이용하여 위와 같은 방법으로 가용성 당을 측정하였는데, 이 분획을 전분으로 간주하였다.

3. Proline 분석

Proline은 Bates의 방법으로 분석하였는데, 생체 0.5g을 10mL의 3% sulfosalicylic acid 용액으로 마쇄한 후 원심분리하였다. 원심분리한 상정액 2mL을 acid ninhydrin(2mL)과 빙초산(2mL)을 혼합하여 100℃의 항온 수조에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응물은 냉각시킨 후 4mL의 톨루엔을 첨가하여 완전히 혼합한 후 분리된 상정액을 이용하여 520nm에서 흡광도를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. GB 엽면처리 후 저온처리에 따른 토마토 유묘의 생육 변화

Glycine betaine(GB)은 아미노산 유도체로서 염, 수분 및 저온 등의 각종 스트레스 하에서 합성이 촉진되어 축적됨으로써 세포질의 삼투압을 조절하여 내성을 증진시키는 것으로 알려져 있다. 증류수를 엽면처리한 후 야간 저온(5℃) 처리한 대조구에 비해 GB를 엽면처리한 후 야간 저온 처리한 구에서 생체중과 건물중의 증가량이 많았다. GB 처리농도별 생육상은 25mM 처리구에서 가장 효과적이었는데, 대조구 대비 생체중은 43%, 건물중은 38% 증가하였다. 그러나 50mM 처리구에서는 생체중과 건물중이 5mM 처리구보다 낮은 경향을 보였다.

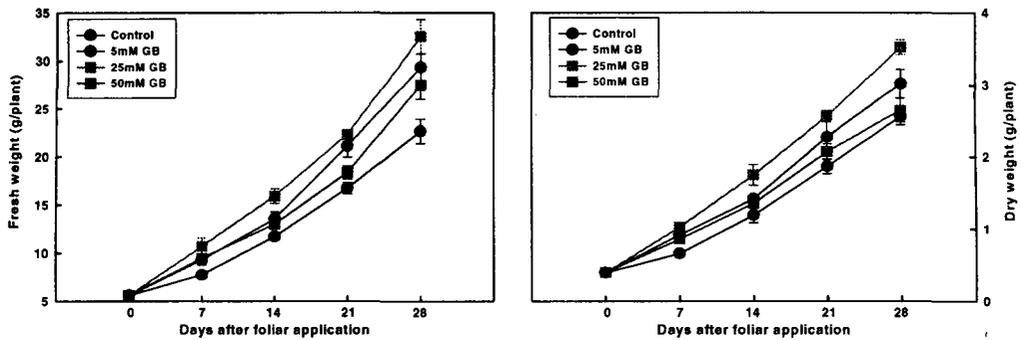


그림 1. GB 처리농도에 따른 시기별 토마토 유묘의 생체중 및 건물중 변화

2. GB 엽면처리 후 저온 처리 시기별 탄수화물 변화 양상

저온 처리 후 시기별 가용성 당과 전분 함량 변화를 분석한 결과는 그림 2와 같다. 전반적으로 가용성 당의 식물체내 함량은 생육초기에는 급격하게 증가하는 양상을 보이다가 저온 처리 후 14일 경부터 큰 변화가 없었다. 대조구인 증류수 처리구보다는 GB 처리구에서 가용성 당 함량이 낮은 경향을 보였는데, GB 처리 농도가 높을 수록 가용성 당 함량이 낮은 경향을 보였다. 또한 전분 함량도 전반적으로 지속적으로 증가하는 경향을 보였는데, 증류수 처리구와 50mM GB 처리구보다는 5mM와 25mM GB 처리구에서 높은 함량을 보였다.

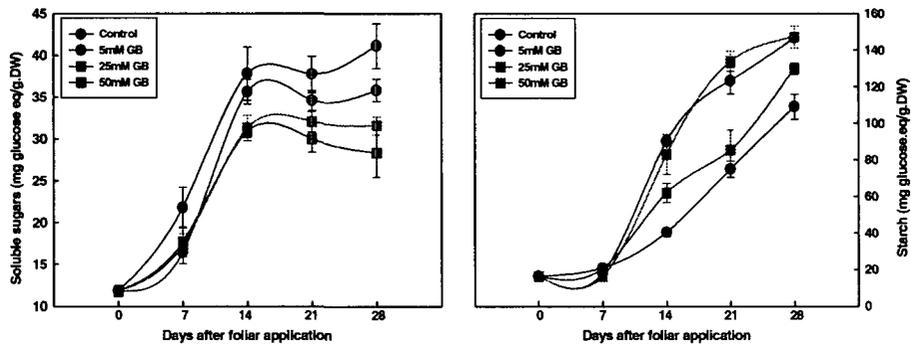


그림 2. GB 처리농도에 따른 시기별 토마토 유묘의 가용성 당과 전분의 변화

3. GB 엽면처리 후 저온 처리 시기별 질소화합물 변화 양상

GB 엽면처리에 따른 저온 처리 후 시기별 수용성 단백질과 유리 아미노산 함량 변화는 그림 3과 같다. 전반적으로 수용성 단백질은 처리 기간이 경과 할수록 감소하는 경향을 보였는데, GB 처리구보다는 대조구인 증류수 처리구에서 급격하게 감소하였다. GB 처리구간에는 통계적 유의성이 인정되지 않았지만, 5mM와 25mM 처리구에서 감소량이 적어 저온에 대한

내성 증진에 의한 것으로 사료되었다. 또한 유리아미노산의 함량은 가용성 단백질 함량과는 반대로 대조구에서는 증가하는 경향을 보인 반면 GB 처리구에서는 초기에는 감소하다가 증가하는 양상을 보였다.

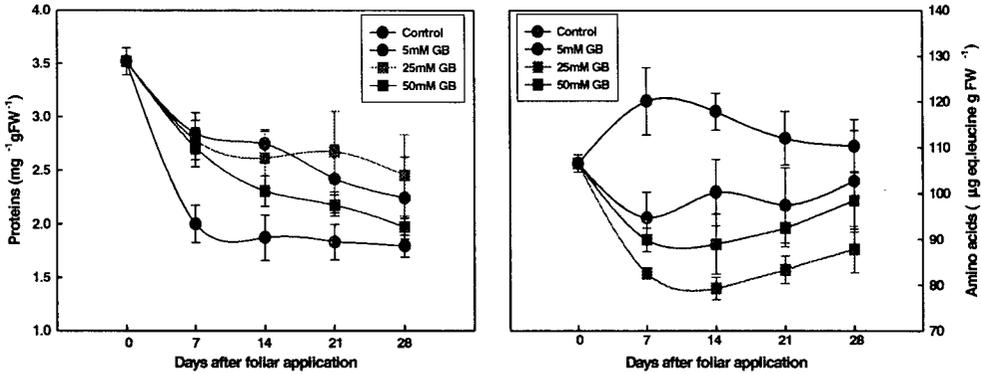


그림 3. GB 처리농도에 따른 시기별 토마토 유묘의 수용성 단백질과 유리 아미노산 변화 양상

4. GB 엽면처리 후 저온 처리 시기별 proline 변화 양상

식물은 저온에 대한 반응으로 체내에 proline을 축적 시키는 것으로 알려져 있는데, 증류수 처리구에서는 저온 처리 후 초기에는 급격하게 증가하다가 7일 후에는 감소하는 경향을 보여 저온에 대한 순화과정을 거치면 proline의 축적은 크게 증가하지 않는 것으로 이해되었다. 그러나 GB 처리구에서는 proline 함량에 큰 변화가 없었는데, 이는 외부에서 처리한 GB가 저온 스트레스에 대한 방어 반응으로 작용하므로써 proline의 함량에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 사료되었다.

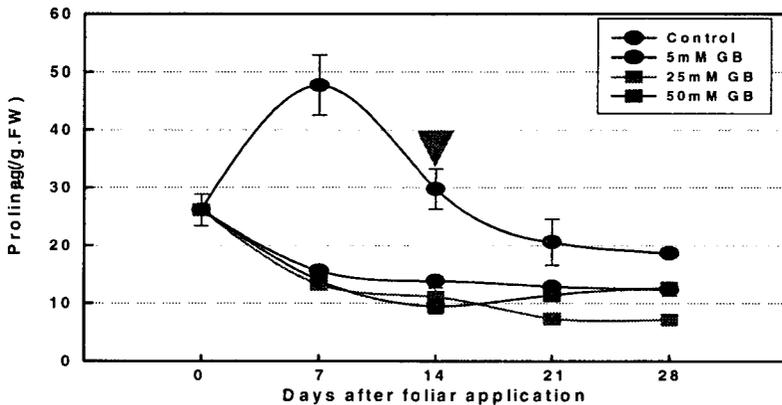


그림 4. GB 처리농도에 따른 시기별 토마토 유묘의 proline 변화 양상

인 용 문 헌

1. Gorham, J. 1995. Betaines in higher plants-biosynthesis and role in stress metabolism. In: Wallsgrave, R.M. (Ed.), Aminoacids and their derivatives in Higher Plants. University Press, Cambridge, pp. 172-203
2. Sulpice, R., Y. Gibon, A. Bouchereau, and F. Larher. 1998. Exogenously supplied glycine betaine in spinach and rapeseed leaf discs: compatibility or non-compatibility ?. *Plant, Cell and Environment*, 21: 1285-1292 .
3. Claussen, W. 2005. Proline as a measure of stress in tomato plants. *Plant Science*, 168: 241-248.
4. Chen, W.P., P.H. Li, and T.H.H. Chen. 2000. Glycine betaine increases chilling tolerance and reduces chilling-induced lipid peroxidation in *Zea mays* L. *Plant, cell and Environment*, 23: 609-618