

여름철 CO₂처리에 따른 시설국화의 고온 적응성 향상 효과 Effect of High Temperature Adaptable Improvement of Spray Type Chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum*) of Greenhouse according to Carbon Dioxide Treatment at Summer

우영회^{1*} · 김형준² · 김태영² · 김기덕³ · 남은영² · 조일환² · 홍규현¹ · 이관호¹
(¹한국농업전문학교, ²원예연구소, ³고령지 농업연구소)

Young-Hoe Woo^{1*}, Hyung-Jun Kim, Tae-Young Kim², Ki-Deog Kim²,
Eun-Young Nam², Ill-Hwan Cho², Kue-Hyon Hong¹ and Kwan-Ho Lee¹

¹Korea National Agriculture College, Hwaseong 445-890, Korea

²National Horticultural Research Institute, Suwon 441-440, Korea

³National Institute of Highland Agriculture, Pyeongchang 232-955, Korea

서 론

최근 고정 온실의 증가로 냉방 요구도가 높아지고 있는 실정이나 우리나라 기상여건과 온실 재배작물의 고온적응성 향상과 같은 생리적 특성을 고려한 경제적인 여름철 온도 환경관리는 생각지도 못한 실정이며, 온실의 여름철 고온에 대한 체계적인 연구는 매우 미비한 상태로 일부 연구결과가 보고되고 있는 실정이다. 더욱이 많은 자본과 기술이 투자된 현대화 온실에서는 여름철 고온에 대처하는 재배기술 부족으로 7, 8월 2개월간 작물을 재배하지 못하고 대부분 휴작을 함으로서 온실의 주년이용과 활용도 제고에 심각한 문제점으로 부각되고 있을 뿐만 아니라 원예산물 가격 불안정의 주요원인의 하나로 대두되고 있다. 따라서 온실의 주년이용을 위한 여름철의 온실환경의 적정화 연구는 시설재배의 시급한 당면과제로 분석되고 있다. 더욱이 작물의 생리적 특성을 고려한 여름철 작물재배에 관련된 연구는 일부만 보고 되고있을 뿐이다. 여름철 온실내 작물재배시 우선 고려해야할 사항은 냉방 시설 설비에 앞서 작물의 생리적 특성을 고려한 고온극복이 우선 되어야한다. 아무리 좋은 시설이라도 고온저항성이 낮은 작물이나 품종을 재배할 경우 비용부담이 가중되며, 생산력 및 품질도 떨어지게 된다. 여름철 고온기에 시설비용부담이 없이 작물을 재배하는 것이 가장 이상적인 방법이므로 작물의 내서성이 우선 고려되어야 한다.

여름철 시설내 국화 재배시 극한 고온으로 인하여 화색퇴화, 개화지연, 기형화 발생 등

상품성이 저조하여 국제경쟁력 제고에 큰 문제가 되고 있다. 따라서 고온 장애 완화 및 적응성 향상을 위한 경제적인 환경조절 기술개발이 시급히 요구되고 있는 실정이다. 본 연구는 여름철 국화 시설 재배시 CO₂사용에 의한 고온적응성 향상을 구명하고 그 가능성을 검토하고자 실시하였다.

재료 및 방법

여름철 수출용 국화의 시설 고온장애 극복을 위해 PC 경질판 온실 3동에서 시험을 수행하였다. 공시재료는 스프레이 국화 'Puma'와 'Argus' 2품종을 이용하였다. 국화정식은 5월 28일, 암막 시기는 7월 11일, 수확은 9월 17일 실시하였다. CO₂ 사용은 암막이 제거되는 시간인 오전 7시부터 9시까지 2시간동안 처리하였으며, CO₂사용농도는 무처리, 700ppm, 1200ppm로 3처리하였다. CO₂ 사용은 액화탄산가스 98% 사용하여 처리목표농도로 시설내에 공급하기 위해서 탄산가스감지센서 및 자동공급장치를 이용하였다. CO₂ 공급은 이산화탄소 공급파이프(Ø13mm), 노즐간격(2m), 노즐(Ø0.05mm)을 사용하였다. CO₂ 사용에 따른 스프레이 국화의 고온적응성을 조사하기 위하여 광합성, 엽록소형광, 항산화효소활성, 미기상환경을 조사 분석하였다.

결과 및 고찰

여름철 국화 시설 재배시 CO₂사용에 의한 고온적응성 향상을 구명하고 그 가능성을 검토하고자 실시하였다. 본 연구결과 CO₂ 처리농도를 달리한 온실들(무처리, 700ppm, 1200ppm)의 기온환경은 유사하였으며, 최고기온은 약 40°C 수준이었다(그림 1).

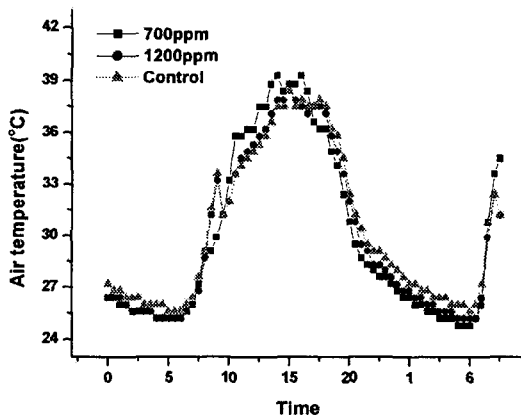


Fig. 1. Comparison of air temperature according to Chrysanthemum cultivation Greenhouse at Summer

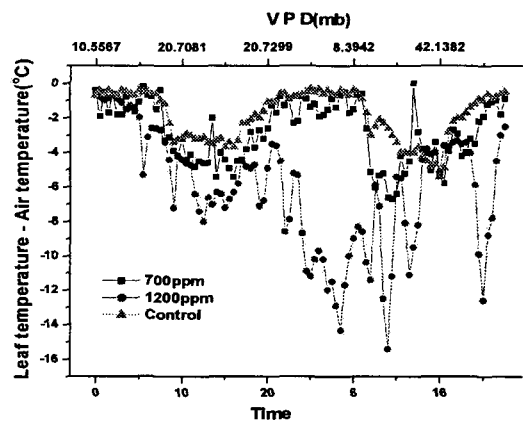


Fig. 2. Changes of VPD and difference leaf temperature and air temperature according to CO₂ treatment concentration.

CO₂ 농도에 따른 VPD와 엽기온차에 의한 CWSI(Crop water stress index)변화를 보면 1200ppm처리가 무처리, 700ppm처리보다 수분장해를 받지 않았으며, 수분장해 정도는 1200ppm<700ppm<무처리 순으로 무처리가 수분장해 수준이 가장 높았다(그림 2).

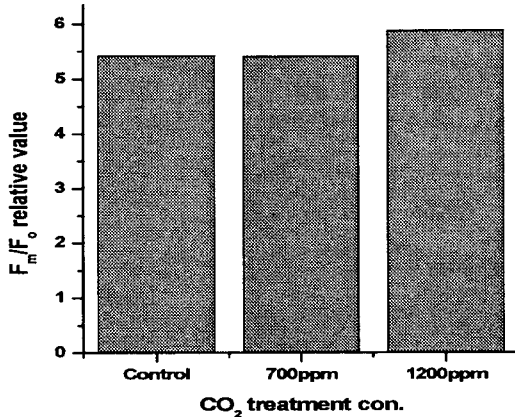


Fig. 3. Maximal efficiency of PSII(F_m/F_o) in leaf discs of Puma Chrysanthemum according to CO₂ treatment concentration.

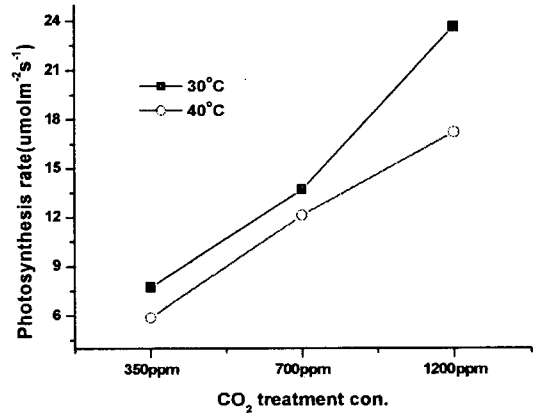


Fig. 4. Photosynthesis rates for leaves of Puma Chrysanthemum following a 1h treatment at 30°C or 40°C. Leaves were from plant grown at 350ppm, 700ppm and 1200ppm CO₂ at between am 7h and am 9h in greenhouse.

VPD(Vapor Pressure Deficit)는 포화수증기압-수증기압으로 대기의 기온과 상대습도를 측정하여 습공기 선도표를 이용하여 구할 수 있다. VPD값은 작물의 증산작용과 고도의 유의성이 인정되므로 VPD 값이 높을수록 증산작용이 활발하게 일어난다고 볼 수 있다. 그리고 증산작용이 활발하게 일어난다는 것은 엽온(leaf temperature)이 낮아진다는 것을 의미한다(Idso, 1981).

엽기온차는 엽온도(leaf temperature)에서 대기온도(air temperature)를 뺀 값으로 일반적으로 증산작용이 원활하게 일어나면 엽온이 낮아진다. 따라서 엽온-기온의 값은 마이너스(-)가 된다. 엽온-기온의 값이 마이너스가 되면 그 작물은 non stress 상태가 되며, 엽온-기온의 값이 플러스가 되면 증산작용이 억제되어 엽온이 기온보다 높아지게 된다. 이런 상태를 stress를 받았다고 할 수 있다(Reginato, 1983; Stegman and Soderlund, 1992). 따라서 마이너스(-)값이 클수록 국화의 스트레스 정도는 낮다고 할 수 있다.

CO₂ 농도별 엽록소 형광을 측정한 결과 F_m/F_o은 1200ppm처리가 타 처리에 비하여 높았으며, F_o은 낮았다. 이는 1200ppm의 CO₂처리는 다른 처리에 비하여 고온적응성이 높았음을 보여 주고 있다(그림 3). 식물이 고온스트레스를 받으면 F_o값은 증가하고 F_m값은

감소하며 F_m/F_0 값은 작물의 스트레스 지표로 사용된다. 정상상태의 경우 F_m/F_0 값은 최대 6정도의 이다. F_m-F_0 값은 F_v (Variable fluorescence)이며 F_v/F_m (Photochemical efficiency)로 광합성효율을 나타낸다. 이 결과는 Heckathorn 등(1998)은 고온스트레스에 의해 광계II(PSII)를 통한 전자전달계가 가장 민감하게 손상을 받고 Curtis와 Wang (1998)이 대기중의 이산화탄소의 농도를 증가시킴으로써 PSII의 고온스트레스 저항성을 향상시킬 수 있다고 보고한 바와 유사한 경향을 보여준다.

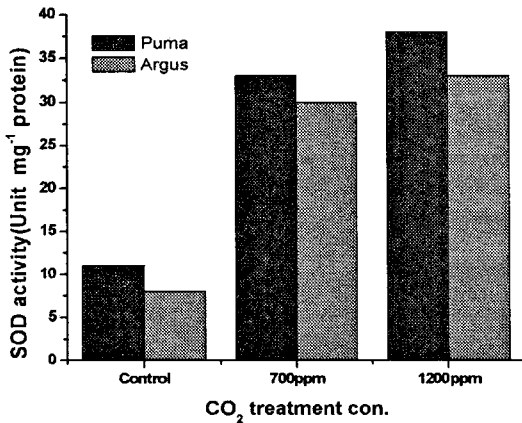


Fig. 5. Effects of CO₂ treatment concentration on activity of Superoxide dismutase in Puma and argus Chrysanthemum.

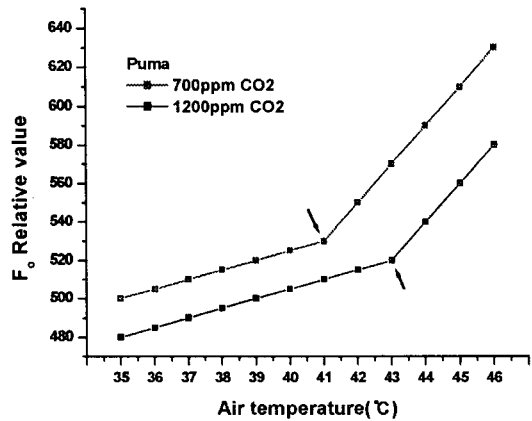


Fig. 6. Representative fluorescence traces for the determination of the critical temperature for PSII(F_0) damage. Changes of F_0 relative value according to 700ppm and 1200ppm CO₂.

동일한 기온 조건하(30°C, 40°C)에서 광합성률은 CO₂ 농도에 따라 증가하였으며, 고온상태인 40°C조건하에서도 1200ppm의 CO₂시용은 30°C조건보다 광합성률은 낮았으나 그 값은 약 $15\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이었다(퓨마) (그림 4). 퓨마, 아르거스 두 품종 모두 CO₂농도가 높을수록 항산화 효소인 Superoxide dismutase의 활성 높았다(그림 5). 퓨마 품종에서 CO₂농도와 온도변화에 따른 엽록소 형광 F_0 의 변화양상을 조사하여 고온한계 온도를 추정하였다(그림 6). 일반적으로 엽록소 형광 F_0 값이 높을 수록으로 광합성 효율이 떨어진다.stress 조건하에서 엽록소 형광 F_0 값은 stress 정도에 따라 점차 증가하였다가 어느 시점에서 급격하게 상승하는 비가역적인 현상이 나타나는데 이 시점 값이 작물이 stress로 인해 회복될수 없는 시점으로 한계값을 표현한제 이용하고 있다. 본 연구에서도 CO₂농도 1200ppm으로 처리할 경우 43°C, 700ppm으로 처리할 경우 41°C로서 1200ppm처리가 고온에 더 잘 견디는 것으로 판단 되었다.

요약 및 결론

CO₂ 처리농도를 달리한 온실들(무처리, 700ppm, 1200ppm)의 기온환경은 유사하였으며, 최고기온은 약 40℃ 수준이었다(그림 1). CO₂ 농도에 따른 VPD와 엽기온차에 의한 CWSI (Crop water stress index)변화를 보면 1200ppm처리가 무처리, 700ppm처리보다 수분장해를 받지 않았으며, 수분장해 정도는 1200ppm < 700ppm < 무처리 순으로 무처리가 수분장해 수준이 가장 높았다(그림 2). CO₂ 농도별 엽록소 형광을 측정한 결과 F_m/F_o은 1200ppm처리가 타 처리에 비하여 높았으며, F_o은 낮았다. 이는 1200ppm의 CO₂처리는 다른 처리에 비하여 고온적응성이 높았음을 보여 주고 있다(그림 3). 동일한 기온 조건하(30℃, 40℃)에서 광합성률은 CO₂ 농도에 따라 증가하였으며, 고온상태인 40℃조건하에서도 1200ppm의 CO₂시용은 30℃조건보다 광합성률은 낮았으나 그 값은 약 15μmolm⁻²s⁻¹이었다(퓨마) (그림 4). 퓨마, 아르거스 두 품종 모두 CO₂농도가 높을수록 항산화 효소인 Superoxide dismutase의 활성 높았다(그림 5). 퓨마 품종에서 CO₂농도와 온도변화에 따른 엽록소 형광 F_o의 변화양상을 조사하여 고온한계 온도를 추정하였다(그림 6).

인 용 문 헌

1. YORDANOV, V. VELIKOVA, and T. TSONEV. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. PHOTOSYNTHETICA 38(1) : 171-186,2000
2. DANIEL R. TAUB, JEFFREY R. SEEMANN & JAMES S. COLEMAN. Growth in elevated CO₂ protects photosynthesis against high-temperature damage. Plant, Cell and Environment (2000) 23, 649-656.
3. MOORE, B. D., S.H. CHENG, D. SIMS & J.R. SEEMANN. The biochemical and molecular basis for photosynthetic acclimation to elevated atmospheric CO₂. Plant, Cell and Environment(1999)22, 567-582.