

# 높은 CO<sub>2</sub> 濃度下에서窒素水準이 토마토 生理 活性, 生育, 收量에 미치는 影響

서울市立大學校 環境園藝學科 李龍範, 裴公英

## Gas Exchange and Growth of Tomato Plants as Affected by Elevated Carbon Dioxide and Nitrogen Levels.

Dept. of Environ. Hort, Seoul City University.

Lee, Yong Beom, Bae, Gong Young

### I . 緒言

大氣中の CO<sub>2</sub> 농도는 産業革命 以前에는 280ppm 정도였으나 1900年代에 접어들면서 化石燃料의 사용이 급증함에 따라 점점 높아져 1988년에는 350ppm을 나타내 최근 100年 동안에 70ppm 정도가 증가되었다. 이러한 추세로 나가면 CO<sub>2</sub> 농도는 2030年 경에 현재의 2배로 증가될 것이라 하며, 동시에 地球의 平均氣溫도 1.5 - 5.2°C 상승될 것으로 추정되고 있다.

한편 시설내 CO<sub>2</sub> 濃度は 群落 内部에서 150ppm이하로 낮게 나타나는 部位도 있으며, 이것은 大氣中 CO<sub>2</sub> 농도의 1/2 이하로서 CO<sub>2</sub> 補償濃度에 가까운 수준이다. 토마토 礫耕栽培 溫室에 있어서는 CO<sub>2</sub> 농도 分布가 10時를 前後하여 100ppm 이하로 낮아지고 正午 前後에서는 補償點 농도에 가까운 70ppm 정도로 낮아진다고 한다. 이처럼 晝間에는 식물의 광합성에 의해 시설내 CO<sub>2</sub> 농도가 급속히 낮아지는 것이 特徵이다.

이에 따른 CO<sub>2</sub> 施用의 效果는 많은 作物에서 인정되고 있으나 前報 結果 높은 CO<sub>2</sub> 농도에서 재배된 토마토의 生育促進 效果는 크지만 收量은 그에 비례하여 증가하지 않았으며, 무엇보다도 CO<sub>2</sub> 施用으로 初期 生育과 收量은 증가하지만 CO<sub>2</sub> 施用이 長期化되면서 後期의 生長이 둔화되고 收量이 감소하는 결과를 얻었다.

이에 본 연구는 大氣中의 CO<sub>2</sub> 濃度增加라는 問題와 施設園藝에서 CO<sub>2</sub> 供給의 필요성증가라는 側面을 고려하여 높은 CO<sub>2</sub> 環境下에서 窒素 水準에 따른 토마토의 生理活性, 生育 및 收量에 미치는 影響을 究明하여 높은 CO<sub>2</sub> 濃度에서 養分 要求度를 알아보기 위해서 수행하였다.

## II. 材料 및 方法

溫室內 CO<sub>2</sub> 濃度は CO<sub>2</sub> 濃度調節機(Fuji, ZEPAY5)를 이용, 800ppm으로 하여 對照區와 비교하였으며, CO<sub>2</sub> 급원으로는 液化炭酸을 사용하였다.

CO<sub>2</sub> 농도조절은 일출과 함께 시작하여 室內溫度가 35°C 이상으로 높아지면 중단하고 환기를 시켰다. 夜間溫度는 최저 8°C 이상으로 하였으며 CO<sub>2</sub> 사용시간 동안은 소형온풍난방기를 이용하여 15°C 이상으로 유지하였다.

供試作物은 광수토마토(중양종묘)로 파종은 1989년 2월 27일에 하여 4월 12일에 14ℓ 들이 포트에 定植한 후 岩綿栽培를 하였고 4월 17일 부터 CO<sub>2</sub> 처리를 하였다. 窒素 농도는 0, 50, 100, 200, 400 및 800ppm으로 하였으며, KNO<sub>3</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, NaNO<sub>3</sub> 및 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 등의 肥料鹽을 사용하여 농도를 조절하였다.

擴散抵抗과 蒸散量은 porometer (Licor - 1600)를 이용하여 오전 10시 부터 12시 까지 사이에 측정하였다. 測定葉位는 CO<sub>2</sub> 施用 3週 후에 5, 6, 7, 8 및 9葉位에서 이루어졌다.

RuBP Carboxylase 活性測定은 liquid scintillation counter(Beckman, LS-5801)을 이용하여 측정하였고, 水溶性 蛋白質分析은 Bradford법(1976)에 따라 하였다.

光合成 速度는 携帶用 光合成 測定機(Licor-6000)를 이용하여 下葉으로부터 6번째 잎을 CO<sub>2</sub> 施用 5日, 15日, 30日 및 50일에 光度 1000-1200μ Em<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> 條件과 葉溫 26-29°C에서 각각 측정하였다.

### Ⅲ. 結果 및 考察

#### 1. 生理活性

擴散抵抗은 上位葉에서 작고 下位葉에서 컸으며, 窒素 濃度別로는 N 200ppm에서 가장 작았다. 窒素濃도가 낮을 때는 CO<sub>2</sub> 施用區에서 擴散抵抗이 컸으나 窒素濃도가 높을수록 작아졌으며, 특히 下位葉에서 그 경향이 뚜렷하였다. CO<sub>2</sub> 施用區에서는 低濃度の 窒素處理區에서 擴散抵抗이 가장 컸으나 對照區에서는 高濃度の 窒素處理區에서 가장 컸다.

對照區의 蒸散量은 N 200ppm區에서 컸고 800ppm區에서 가장 적었는데, 下位葉에서 그 정도가 커 蒸散量의 감소가 뚜렷하였다. 高CO<sub>2</sub> 농도에서는 窒素 농도가 높을수록 蒸散量이 증가하였으며, 窒素 농도가 800ppm, 200ppm 및 50ppm 순으로 낮아질수록 蒸散量도 적어졌다.

높은CO<sub>2</sub> 농도는 對照區의 蒸散量에 비해 N 50ppm에서 60.6%, 200ppm에서 66.8% 그리고 800ppm에서 87.4%의 蒸散量을 각각 나타냈다. 이처럼 窒素 높은濃度에서는 CO<sub>2</sub> 施用이 蒸散量을 증가시켜 窒素 高濃度에 대한 耐性 또는 窒素 요구량이 커진다는 사실을 보여 주었다.

CO<sub>2</sub>와 窒素 處理濃도에 따른 RuBP carboxylase 活性 변화는 N 50ppm과 200ppm에서 RuBP carboxylase 活性이 對照區에서 컸으나, N 400ppm에서는 CO<sub>2</sub> 施用區에서 더 큰 活性을 나타냈다. 對照區에서는 窒素 高濃度에서 그 活性이 低濃度에서보다 오히려 작았으나 높은 CO<sub>2</sub> 濃度에서는 窒素 濃도가 높을수록 RuBP carboxylase 活性이 크게 나타나 對照區에서와는 다른 경향을 보여주었으며, 높은 CO<sub>2</sub> 濃度下에서 植物의 營養條件은 光合成에 영향을 주는데 그중에서도 낮은 窒素水準에서 光合成이 낮다고 하며, 이의 가장 큰 원인의 하나는 酵素蛋白質인 RuBP carboxylase 含量의 감소라고 한다. 本 연구에서도 窒素 低濃度에서 RuBP carboxylase 合成이 對照區에서보다 적은 結果를 보인 반면, CO<sub>2</sub> 施肥下에서는 통상적인 窒素 농도보다도 더 많이 요구되는 것으로 나타났다.

下位葉(1葉~5葉)의 光合成은 大氣 수준의 CO<sub>2</sub> 濃度에서 측정한 결과, 初期에는 CO<sub>2</sub> 800ppm 施用區에서 15% 많으나 점차 감소하였는데, CO<sub>2</sub> 농도가 높을수록 그 경향이 두드러졌다. 20日 이전까지는 CO<sub>2</sub> 800ppm 區에서 對照區에서보다 높거나 같았으나 20日 이후부터는 점차 對照區에서 많아졌다. 반면에 CO<sub>2</sub> 2400ppm 및 800ppm 施用區에서는 光合成 감소가 더욱 빨리 나타났다. 이처럼 CO<sub>2</sub> 長期施用에서는 일시적으로는 光合成이 촉진되지만 施用期間이 경과됨에 따라 점차 감소하여 大氣 CO<sub>2</sub> 濃度에서의 光合成 수준 혹은 그 이하로 낮아졌다.

## 2. 生育 및 收量

높은 CO<sub>2</sub> 濃度에서 窒素效果가 크게 나타났으며, 適定濃度(200ppm) 이하에서 높은 CO<sub>2</sub> 濃도와 窒素施用 效果가 最大値에 도달하는 것으로 보아 CO<sub>2</sub> 농도를 높이더라도 窒素의 적당한 吸收範圍를 벗어난 지나친 施用은 植物自體의 吸收 기구에 損傷을 주어 乾物增加가 이루어지지 않는 것으로 생각된다.

CO<sub>2</sub> 농도는 平均果重을 크게 증가시켰으며, 특히 CO<sub>2</sub> 濃度 與否에 관계없이 N 100ppm에서 平均果重이 컸다. 全體 商品收量은 N 200ppm에서 CO<sub>2</sub> 농도에 관계없이 가장 많았으며, 높은 CO<sub>2</sub> 농도에서는 20.5% 增收되었다. N 400ppm까지는 높은CO<sub>2</sub> 농도에 의한 收量 增大效果가 나타났다. 그러나 窒素 無施用區와 800ppm區에서는 높은 CO<sub>2</sub> 濃度效果가 인정되지 않았다. CO<sub>2</sub> 施用效果는 주로 平均果重의 증가와 배꼽씩음果의 감소에 기인되는 것으로 나타났다. 窒素 농도가 어느 限界 이상으로 높아짐에 따라 生育 및 收量이 감소하였는데, 이것은 葉內 칼슘과 마그네슘 含量 감소가 한 원인이 될 수 있으며, 窒素 高濃度에 따른 鹽濃度の 증가에 의해 窒素代謝가 阻害된 것이 또다른 한 원인이 된 것으로 보인다.

#### IV. 參考文獻

- Allen, L.H.Jr. 1990. Plant response to rising carbon dioxide and potential interactions with air pollutants. *J. Environ. Qual.* 19: 15-34.
- Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72:248-254.
- Kimball, B.A. 1983. Carbon dioxide and agricultural yield : An assemblage and analysis of 430 prior observations. *Agron. J.* 75: 779 - 788.
- 權泳杉, 李龍範, 朴尙根. 1984. 施設園藝 安全基準 設定研究. I. 主要 施設園藝地帶 環境實態調査. *農試報告(園藝)*. 26(2):1-6.
- 李龍範. 1991. CO<sub>2</sub> 長期施用이 토마토의 生育, 無機養分 吸收, RuBP Carboxylase의 活性和 光合性에 미치는 影響. 서울大學校 博士學位 論文
- Mauney, J.R., J.R. Fry, and G. Guinn. 1978. Relationship of photosynthetic rate to growth and fruiting of cotton, soybean, sorghum and sunflower. *Crop Sci.* 18:259-263.
- Mitchell, J.F.B. 1989. The "greenhouse" effect and climate change. *Rev. Geophysics.* 27:115-139.
- Peet, M.M. 1986. Acclimation to high CO<sub>2</sub> in monoecious cucumbers : I. Vegetative and reproductive growth. *Plant Physiol.* 80:59-62.
- 矢吹, 今律. 1985. 植物の動的環境. 朝倉書店. pp. 84-94.