

엽채류 육묘시 CO₂ 시비가 정식 후 CO₂ 시비효과에 미치는 영향

Effects of CO₂ Enrichment During Seedling Stage on CO₂ Enrichment after Transplanting in the Culture of Leafy Vegetables

신석범* · 이현일 · 김일섭

강원대학교 식물응용과학부

Shin, S.B.* · Li, X.R. · Kim, I.S.

Division of Applied Plant Sci., Kangwon National Univ., Chunchon
200-701, Korea

서 론

대부분의 채소작물류는 대기중의 CO₂ 농도보다 높은 농도조건에서 CO₂ 포화점이 형성되기 때문에 CO₂ 농도를 높임으로서 광합성량을 증가시키고 작물의 생육을 촉진시킬 수 있다. 저온기에 밀폐된 시설내에서 작물을 재배할 경우 주간의 CO₂ 농도는 거의 기아상태까지 낮아지고 환기를 하더라도 대기농도보다 30~50ppm 정도 떨어지는 것이 일반적이기 때문에 시설내 CO₂ 시비효과는 매우 큰 것으로 평가되고 있다. CO₂ 시비효과는 엽근채류에 있어서 40%, 과채류에서는 20% 정도의 수량증대가 인정되어 작물간에 큰 차이를 나타내고 있다(Kimball, 1983). 그러나 CO₂ 시비가 장기화되면서 후기의 생장이 둔화되고 수량이 감소하는 추세를 보인다는 보고(Peat, 1986)가 있으며, 특히 육묘기 CO₂ 시비가 정식 후 CO₂ 시비효과를 크게 둔화시킨다는 보고도 있다. 이러한 CO₂ 장기시비는 잎에 탄수화물의 집적(Clough 등, 1981; Sasek 등, 1985), stomatal conductance의 감소(Peet 등, 1986), 엽내 rubisco activity 활성의 저하(Peet 등, 1986; Spenser and Bowes, 1986; Vu 등, 1983) 등으로 인하여 작물의 생장을 둔화시키는 것으로 추정되고 있으나 이에 대한 구체적인 연구보고는 극히 미흡하다.

본 연구는 육묘시 CO₂ 시비가 정식 후 CO₂의 장기시비로 인한 엽채류의 생육에 미치는 영향을 조사하여 합리적인 CO₂ 시비방법의 구명에 필요한 기초자료를 얻을 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

본 실험은 강원대학교의 유리온실에서 10월부터 11월에 걸쳐 수행되었다. 공시작물은 청경채(*Brassica campestris* L.), 시금치(*Spinacia oeracea* L.) 및 상추(*Lactuca sativa* L.)를 대상으로, 10월 3일에 파종하여 10월 27일부터 CO₂ 시비를 시작하였으며, 11월 10일 정식 후에는 CO₂ 농도수준을 달리하여 30일간 계속 처리하였다. 육묘는 128공 plug tray에서 실시한 후, 폭 9cm 플라스틱 포트에 정식하였고, 상토는 ball 상토(홍농종묘)를 사용하였다. CO₂ 시비는 육묘기에는 750ppm로 처리하여 무처리구와 비교하였으며, 정식 후에

는 두 처리구 공히 1,500ppm의 동일한 농도를 처리하여 육묘시 CO₂ 시비에 의한 정식후의 시비효과를 대조구(육묘시 무처리구)와 비교하였다. CO₂ 시비농도는 CO₂ 조절기(GH250E, SENSONIX Co., Japan)로 조절하였고, 액화탄산가스는 호스를 통해 밀폐된 온실내로 유입하여 처리하였다. CO₂ 시비는 일출과 함께 시작하여 실내온도가 35℃ 이상으로 높아지면 중단하고 환기를 시켰다. 시설의 야간 생육온도는 최저 15℃ 이상으로 유지시켰다. 생육조사는 CO₂ 처리 후 5일 간격으로 실시하였다. 엽면적 측정은 엽면적계(CI-202 area meter, USA)를 이용하여 생육조사시 함께 측정하였다. 광합성 속도는 휴대용 광합성 측정기(KIP-8510, KOITO, Japan)를 이용하여 정식 후 CO₂ 시비 10일, 20일 및 30일째에 광도 1000 μmol · m⁻² · s⁻¹ 조건과 엽온 25~30℃에서 각각 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 육묘시 CO₂ 시비효과

CO₂ 시비로 인한 육묘기 식물체의 지상부 생체중, 건물중, 엽면적 등 생육은 공시작물에 관계없이 무처리구에 비해 현저히 증가하여 생체중과 건물중은 공히 청경채, 시금치 및 상추에서 각각 50%, 60% 및 30% 내외의 CO₂ 시비효과를 나타내었다(Table 1). 무처리구에 대한 지상부 생체중의 상대증가율은 청경채, 시금치 및 상추에서 모두 CO₂ 시비 10일째에 가장 높게 나타났는데, 무처리구에 비해 각각 53%, 70%, 40%의 차이를 보였다. 이러한 육묘기 생체중의 증대는 CO₂ 처리에 의한 광합성 촉진의 결과로 사료된다(Fig. 1).

Table 1. Effects of CO₂ enrichment on the growth of leafy vegetables during seedling.

Species	CO ₂ treatment (ppm)	Days of CO ₂ supply	Number of leaves	Leaf area (cm ²)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
					Top	Root	Top	Root
Pak-choi	Non.	0	4.8a ²	71.7b	0.701b	0.125a	0.062b	0.014a
	750	15	4.9a	136.4a	1.070a	0.130a	0.098a	0.015a
Spinach	Non.	0	6.1b ²	34.7b	0.325b	0.130a	0.031b	0.012b
	750	15	6.8a	48.5a	0.532a	0.136a	0.051a	0.014a
Leaf lettuce	Non.	0	4.1b ²	53.0b	1.231b	0.221b	0.068b	0.013b
	750	15	4.6a	66.6a	1.635a	0.260a	0.090a	0.020a

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

2. 육묘시 CO₂ 시비가 정식 후 CO₂ 시비효과에 미치는 영향

육묘시 CO₂ 시비에 의한 정식 후 시비효과를 보면, 엽면적은 공시작물 모두에서 대조구(육묘시 무처리구)에 비하여 20% 내외의 증가를 보였으나, 생체중 및 건물중은 육묘기의 CO₂ 시비효과에 비해 상대적으로 크게 감소되어 최종수확기에는 큰 차이를 보이지 않았다(Table 2). 대조구에 대한 지상부 생체중의 상대증가율은 육묘기에는 처리구에서 큰 폭

으로 증가하였으나 정식 후에는 CO₂의 지속적인 공급으로 급격히 감소하여 청경채와 상추에서는 최종수확일에 대조구보다 5% 낮게, 시금치에서는 대조구와 거의 비슷한 수준으로 나타났다. CO₂ 장기시비에 따른 잎의 광합성 능력은 청경채, 시금치 및 상추 모두에서 시간이 경과함에 저하하는 추세를 보였으며, 이러한 저하는 대조구보다 처리구에서 더 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 1). 따라서 CO₂ 장기시비에 따른 생육의 저하는 잎의 노화에 의한 광합성 능력의 저하나, 정식 후 지속적인 CO₂ 시비에 의해 고농도 CO₂ 처리구에서 광합성 저하시기가 앞당겨졌기 때문으로 사료된다. 잎의 노화에 따라 광합성 능력이 저하하며, 높은 CO₂ 농도하에서는 표준농도에서 생육한 식물보다도 광합성 저하시기가 빠르다(Aoki 등, 1977; Peet 등, 1986; 今井, 1988; Allen, 1990)다는 보고가 있으며, 矢吹와 清田(1982)도 오이의 광합성은 엽위, 광도, CO₂ 농도 등의 조건에 따라 다를 것을 보고하였으며, 광합성 속도에 대한 CO₂ 처리효과는 크지만 시비기간이 길어짐에 따라 하위 잎의 광합성속도 저하가 뚜렷하다고 하였다. 그러나 이러한 광합성 능력의 저하원인은 아직 명확하게 구명되어 있지 않으며, CO₂ 고농도처리 전력이 있는 식물에 있어 광합성효율의 저하원인은 기공저항의 증가(Allen, 1990), 잎에 糖分の 축적(Sasek 등, 1985; Peat, 1986), RuBP carboxylase 활성저하(Peet 등, 1986; Vu 등, 1983) 등으로 보고되고 있다. 한편 Yelle 등(1990)은 높은 CO₂ 농도로 인한 후기 광합성 저하는 葉齡보다는 오히려 고농도의 CO₂에 따른 환경순응에 의해서라고 하였다.

Table 2. Effects of CO₂ long-term enrichment on the growth of leafy vegetables.

Species	CO ₂ treatment (ppm)		Days of CO ₂ supply	Numble of leaves	Leaf area (cm ²)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
	Seedling	Planted				Top	Root	Top	Root
Pak-choi	Non.	1500	25 ^y	7.9a	185.6b ^z	9.65b	0.31b	0.551a	0.038b
	750	1500	25	8.3a	220.5a	11.43a	0.47a	0.583a	0.051a
Spinach	Non.	1500	30	12.0a	152.9b	6.87a	0.49a	0.514b	0.081a
	750	1500	30	12.4a	182.8a	7.96a	0.45a	0.652a	0.079a
Leaf lettuce	Non.	1500	25	7.3a	185.2b	28.14a	2.80a	1.040b	0.182a
	750	1500	25	7.4a	203.8a	30.05a	2.68a	1.201a	0.175a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

^yDays of CO₂ supply after transplanting.

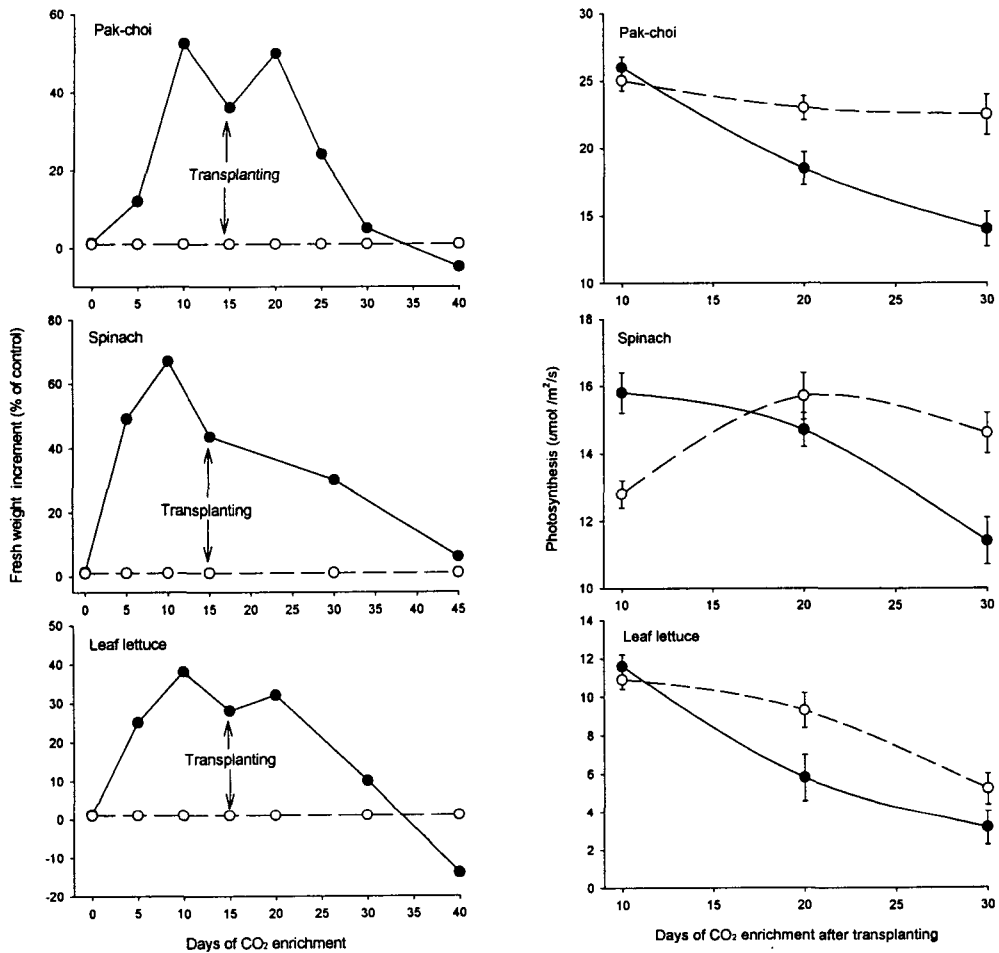


Fig. 1. Effects of CO₂ long-term enrichment on the fresh weight and photosynthesis of leafy vegetables. CO₂ 750ppm treatment during seedling and CO₂ 1500ppm treatment after transplanting(●), CO₂ non-treatment during seedling and CO₂ 1500ppm treatment after transplanting(○)

인용문헌

1. Allen, L.H.Jr. 1990. Plant response to rising carbon dioxide and potential interctions with air pollutants. *J. Environ. Qual.* 19:15-34.
2. Aoki, M. and K. Yabuki. 1977. Studies on the carbon dioxide enrichment for plant growth. VII. Changes in dry matter production and photosynthetic rate of cucumber during carbon dioxide enrichment. *Abric. Metecrol.* 18:475-485.
3. Clough, J.M., M.M. Peet, and P.J. Kramer. 1981. Effects of high atmospheric CO₂ and sink size on rates of photosynthesis of a soybean cultivar. *Plant Physiol.* 67:1007-1010.

4. 今井勝. 1988. 二酸化炭素と作物生産. 日作紀. 57:380-391.
5. Kimball, B.A. 1983. Carbon dioxide and agricultural yield : An assemblage and analysis of 430 prior observations. *Agron. J.* 75:779-788.
6. Peet, M.M. 1986. Acclimation to high CO₂ in monoecious cucumbers : I. Vegetative and reproductive growth. *Plant Physiol.* 80:59-62.
7. Peet, M.M., S. Huber, and D.J. Patterson. 1986. Acclimation of high CO₂ in monoecious cucumbers : II. Carbon exchange rate, enzyme activities and starch and nutrient concentrations. *Plant Physiol.* 80:63-67.
8. Sask, T.W., E.H. Delucia and B.R. Strain. 1985. Reversibility of photosynthesis inhibition in cotton after long-term exposure to elevated CO₂ concentration. *Plant Physiol.* 78:619-622.
9. Spencer, W. and G. Bowes. 1986. Photosynthesis and growth of water hyacinth under CO₂ enrichment. *Plant Physiol.* 82:528-533.
10. Vu, C.V., L.H. Allen, and G. Bowes. 1983. Effects of light and elevated atmospheric CO₂ on the ribulose bisphosphate carboxylase activity and ribulose bisphosphate level of soybean leaves. *Plant Physiol.* 73:729-734.
11. 矢吹萬壽, 清田信. 1982. 炭酸ガス環境に関する研究(VIII)高CO₂ 濃度下におけるキュウリ葉の光合成速度の軽視變化. *生物環境調節.* 20:17-23.
12. Yelle, S., R.C. Beeson. Jr., M.J. Trudel, and A. Gosselin. 1990. Duration of CO₂ enrichment influences growth, yield and gas exchange on twob tomato species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:52-57.