

# CO<sub>2</sub>의 농도 및 온도 환경이 고추의 묘소질에 미치는 영향

## Effect of Environmental Condition in High CO<sub>2</sub> and Temperature during Cell Nursery Plant on the Seedling Quality in Green Pepper

안종길<sup>1</sup>, 김한룡<sup>2</sup>, 최영환<sup>1</sup>, , 濱崎孝弘<sup>2</sup>

<sup>1</sup>밀양대학교, <sup>1</sup>일본동북농업시험장

<sup>1</sup>Dept. of Horticulture, Miryang National University, Miryang 627-702, Korea

<sup>2</sup>Tohoku National Agricultural Experimental Station, Morioka 020-0198, Japan

### 서 론

대기중의 이산화탄소 농도는 산업화 이전에 275 ppm이었으나 매년 평균 1.0~1.5ppm씩 증가하여 1990년대에는 약 365 ppm이며(Conway et al., 1994), 다음 2000년대에는 약 두배에 달할 것으로 예측하였다(IPCC, 1990). 이산화탄소의 이러한 증가는 광합성의 재료로 사용되기 때문에(Bowes, 1991; Chen et al., 1997b) 작물의 생산성을 향상시킬 것이다(Bazzaz, 1990; Chen and Lenz, 1997). C<sub>3</sub> 식물의 경우 고농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하면 광합성을, 식물체의 성장 및 물의 이용효율을 증가시킴으로서 수량이 증가되나(Kimball, 1983; Drake, 1991; Bowes, 1993; Poorter, 1998), 환경요인이 제한요인이 되면 CO<sub>2</sub>의 효과가 없다(Kramer, 1998; Poorter, 1998)고 하였다. 또한 온도 상승과도 밀접한 관계가 있기 때문에 CO<sub>2</sub>가 현재의 약 2배로 증가하면 지구의 온도도 3.5-4.2℃ 상승할 것이라고 하였다(Schlesinger and Mitchell, 1985).

따라서 본 연구에서는 고농도의 CO<sub>2</sub> 및 온도처리가 고추 유묘의 생장에 미치는 영향, 식물체의 각 기관별 건물중 및 탄수화합물의 분배 등을 구명함으로써 플러그묘 재배시 밀식으로 인한 묘소질의 저하를 방지하여 우량묘의 생산을 위한 기초자료를 얻기 위하여 수행하였다.

### 재료 및 방법

고추의 tray cell 육묘는 밀식에 의해서 묘의 소질이 저하되므로 고농도의 CO<sub>2</sub>와 고온처리가 '순정고추'의 묘소질에 미치는 영향을 구명하였다. CO<sub>2</sub>농도와 온도처리는 온도경사형 CO<sub>2</sub>농도 처리 시설(TGC)내에서 Okada et al(2000)의 방법에 준하여 Table 1에서 보는 바와 같이 수행하였다.

Table 1. Concentration of CO<sub>2</sub> and temperature(°C). Plants were cultivated from at 15 September to 10 October 2000.

Concentration of CO <sub>2</sub> (ppm)		Temperature(°C)	
Control	397	Low	15.6
		Medium	20.3
High	611	High	22.6

2000년 9월 2일에 72공 try cell에 원예용상토(1 kg당 비료 성분량 : N 0.4 g, P 1.9 g, K 0.9g, 및 Mg 0.2g 함유)를 채운 후 파종하였다. CO<sub>2</sub>와 온도처리는 9월 15일에 일정하게 성장한 유묘에 25일 동안 처리하였으며, 시험구배치는 완전임의배치 3반복으로 하였다.

초장, 경직경, 엽면적(林電光製 AAM8), 생체중, 건물중 (80°C 30시간)은 처리 후 17일과 25일에 각각 16주씩 조사하였다. C와 N의 함량은 처리 25일 후 각 기관별 건물중을 측정된 후 시료를 분쇄하여 연소식 C, N recorder(ヤナコ分析工業(株)製CN코-다-MT-600)를 사용하여 분석하였다.

## 결과 및 고찰

온도 및 CO<sub>2</sub>처리가 생육에 미치는 영향을 검토한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 식물체의 초장과 경직경은 CO<sub>2</sub>의 농도 및 온도간에 고도의 유의차가 인정되었는데, 고농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때 생육이 현저히 증가하였다. 저농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때 생육초기에는 22.6°C까지 온도가 상승할수록 생육이 촉진되었으나, 처리 25일 후에는 고온에서 생육이 오히려 감소하였다. 그러나 고농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때에는 온도가 22.6°C까지 상승할수록 생육이 현저히 증가하여 CO<sub>2</sub>의 처리효과는 고온 등의 불량한 환경에서 그 효과가 높다는 것이 인정되었다.

Table 2. Effect of CO<sub>2</sub> concentrations(ppm) and temperature(°C) on shoot growth in green pepper(*Capsicum annuum* L. cv. Soonjung) seedlings.

CO <sub>2</sub> conc. (ppm) <sup>2)</sup>	Temperature (°C)	Plant height (cm)		Diameter (mm)	
		17 days <sup>y)</sup>	25 days	17 days	25 days
397	15.6	14.53 e	20.61 d	2.27 d	2.89 b
	20.3	15.79 d	22.78 c	2.33 cd	3.04 a
	22.6	18.72 b	22.95 c	2.39 bc	2.84 b
611	15.6	14.51 e	20.04 d	2.30 cd	2.90 b
	20.3	17.36 c	24.09 b	2.47 b	3.10 a
	22.6	20.97 a	27.74 a	2.59 a	3.04 a
Significance					
Conc. (C)		***	***	***	**
Temp. (T)		***	***	***	***
C × T		***	***	**	NS

<sup>2)</sup> Pepper seeds were sown at 2, September, after which they were treated each concentrations of CO<sub>2</sub> at 15, September.

<sup>y)</sup> Plant growth was measured at 17 and 25 days after CO<sub>2</sub> treatment.

<sup>x)</sup> Mean separation within columns by DMRT, p = 0.05

<sup>w)</sup> NS, \*\*, \*\*\* Nonsignificant, significance at 0.05 or 0.01, respectively

엽면적은 처리 17일 후에는 CO<sub>2</sub>농도간에 고도의 유의차가 인정되었으나, 25일 후에는 차이가 없었다. CO<sub>2</sub>를 저농도로 처리하였을 때 17일 후에는 22.6°C에서 48.47cm<sup>2</sup>, 20.3°C에서 38.66cm<sup>2</sup>로서 엽면적이 1.25배 증가하여 온도가 높을수록 넓었으나, 25일 후에는 22.6°C에서는 65.21cm<sup>2</sup>, 20.3°C에서는 63.38cm<sup>2</sup>로서 차이가 적었다. 그러나 611ppm의 고농도 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때 17일 후에는 약 1.24배, 25일 후에는 1.19배가 증가하여 조사시기에 관계없이 온도가 상승할수록 증가하였다. 생체중은 저농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때 17일 후에는 고온에 의한 생육촉진효과가 현저하였으나, 25일 후에 20.3°C에서는 2.618g, 22.6°C에서는 2.544g을로서 고온에서 생육이 약간 감소하였으며, 고농도의 CO<sub>2</sub>처리구에서는 조사시기에 관계없이 온도가 높을수록 생체중이 현저히 증가하였다.

Table 3. Effect of CO<sub>2</sub> concentrations(ppm) and temperature on Leaf area(cm<sup>2</sup>), Fresh weight(g) per plant in green pepper(*Capsicum annuum* L. cv. Soonjung) seedlings.

CO <sub>2</sub> conc. (ppm) <sup>2)</sup>	Temperature (°C)	Leaf area (cm <sup>2</sup> )		Fresh weight (g) per plant	
		17 days <sup>y)</sup>	25 days	17 days	25 days
397	15.6	34.58 d	55.50 cd	1.337 c	2.393 b
	20.3	38.66 b	63.38 b	1.448 c	2.618 b
	22.6	48.47 ab	65.21 ab	1.748 b	2.544 b
611	15.6	37.03 cd	50.48 d	1.372 c	2.384 b
	20.3	45.65 bc	59.14 bc	1.720 b	2.889 a
	22.6	56.63 a	70.38 a	2.023 a	3.086 a
Significance					
Conc. (C)		***	NS	***	***
Temp. (T)		***	***	***	***
C × T		NS	**	***	***

<sup>2)</sup> Pepper seeds were sown at 2, September, after which they were treated each concentrations of CO<sub>2</sub> at 15, September.

<sup>y)</sup> Plant growth was measured at 17 and 25 days after CO<sub>2</sub> treatment.

<sup>x)</sup> Mean separation within columns by DMRT, p = 0.05

<sup>w)</sup> NS, \*\*, \*\*\* Nonsignificant, significance at 0.05 or 0.01, respectively

잎, 줄기, 뿌리 및 총 건물중(Table 4)은 고농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때 대기중의 농도에서보다 증가하였다. 총건물중은 처리 17일 후에는 온도가 높을수록 무거웠으나 25일 후에는 22.6°C의 고온에서 0.419g, 20.3°C의 저온에서 0.454g으로서 고온에서 건물중이 감소하였다. 그러나 611ppm의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때 17일 후에는 온도가 높을수록 모든 기관에서 건물중이 증가하였으나, 25일 후에는 22.6°C에서 0.609g과 20.3°C에서 0.605g으로서 온도간에 차이가 없었다. 줄기와 뿌리의 기관별 건물중은 20.3°C와 22.6°C의 온도에서는 차이가 적었으나, 15°C에서 현저히 감소하였다.

Table 4. Effect of CO<sub>2</sub> concentrations(ppm) and temperature on shoot growth in green pepper(*Capsicum annuum* L. cv. Soonjung) seedlings.

CO <sub>2</sub> conc. (ppm) <sup>z)</sup>	Temp. (°C)	Dry weight(g) per plant							
		Leaf		Shoot		Root		Total	
		17 days <sup>y)</sup>	25 days	17 days	25 days	17 days	25 days	17 days	25 days
397	15.6	0.145 e	0.238 c	0.029 c	0.092 b	0.039 b	0.094 b	0.213 d	0.424 b
	20.3	0.162 cd	0.255 c	0.040 b	0.109 b	0.038 b	0.091 b	0.240 c	0.454 b
	22.6	0.164 cd	0.244 c	0.044 b	0.103 b	0.039 b	0.073 c	0.247 c	0.419 b
611	15.6	0.170 c	0.317 b	0.032 c	0.098 b	0.040 b	0.091 b	0.242 c	0.506 a
	20.3	0.213 b	0.357 a	0.050 b	0.142 ab	0.048 a	0.105 a	0.312 b	0.605 a
	22.6	0.236 a	0.329 ab	0.063 a	0.172 a	0.049 a	0.109 a	0.348 a	0.609 a
Significance									
Conc. (C)		***	***	***	***	***	***	***	***
Temp. (T)		***	**	***	NS	**	NS	***	NS
C × T		***	NS	***	NS	**	***	***	NS

<sup>z)</sup> Pepper seeds were sown at 2, September, after which they were treated each concentrations of CO<sub>2</sub> at 15, September.

<sup>y)</sup> Plant growth was measured at 17 and 25 days after CO<sub>2</sub> treatment.

<sup>x)</sup> Mean separation within columns by DMRT, p = 0.05

<sup>w)</sup> NS, \*\*, \*\*\* Nonsignificant, significance at 0.05 or 0.01, respectively

건물중비는 고농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때, 처리 17일 후 15.6°C에서는 1.14배, 20.3°C에서는 1.30배 22.6°C에서는 1.41배로 증가하였다. 처리 25일 후 15.6°C에서는 1.19배, 20.3°C에서는 1.33배, 22.6°C에서는 1.46배로서 온도가 높을수록 증가하였는데, 1차보다는 2차조사에서 증가율이 높아, CO<sub>2</sub>의 처리효과는 생육후기에 더 높은 것으로 나타났다.

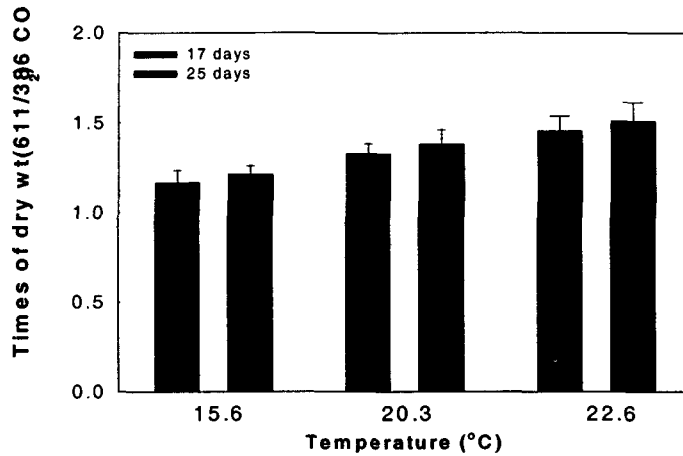


Fig. 1. Increase of plant dry weight in green pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Soonjung) as affected by elevated CO<sub>2</sub> and temperature during cultivated period. Increasing times was 611 ppm CO<sub>2</sub>/397 ppm CO<sub>2</sub>.

식물체의 기관별 탄수화합물과 질소의 농도를 조사한 결과(Table 5), 탄수화합물의 농도는 CO<sub>2</sub>농도 처리간에 잎과 뿌리에서는 유의차가 인정되지 않았으나, 줄기와 총 탄수화합물의 농도는 유의차가 인정되었는데, 고 농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때에 탄수화합물의 농도가 현저히 높았다. 저농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때에는 잎, 줄기, 뿌리 및 총 탄수화합물의 농도는 온도가 높을수록 증가하였다. 고농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때, 잎과 줄기에서의 탄수화합물 농도는 20.3°C에서 가장 높았으나, 22.6°C의 고온에서는 오히려 감소하였으며, 뿌리와 총탄수화합물의 농도는 온도가 높을수록 증가하여 기관에 따라서 온도에 감응하여 축적하는 탄수화합물량의 차이가 있었다.

식물체의 기관별로 질소의 농도를 비교한 결과 CO<sub>2</sub>의 농도, 온도간에 차이가 없었으며, 뿌리에서 CO<sub>2</sub>의 농도와 온도간에 상호작용이 인정되었다. 온도처리에 따른 식물체내 질소의 농도는 CO<sub>2</sub>의 농도에 관계없이 20.3°C에서 함량이 가장 낮았으며, 줄기와 뿌리에서는 22.6°C까지 온도가 높을수록 감소하였으나 유의차는 인정되지 않았다.

Table 5. Effect of CO<sub>2</sub> and temperature on carbon and nitrogen concentration in pepper(*Capsicum annum* L. cv. Soonjung) seedlings.

CO <sub>2</sub> (ppm)	Temp. (°C)	Concentration(%) of carbon				Concentration(%) of nitrogen			
		Leaf	Stem	Root	Total	Leaf	Stem	Root	Total
397	15.6	33.0 a	30.2 d	31.8 b	95.0 e	2.23 ab	1.13 a	2.42 bc	5.77 ab
	20.3	33.2 a	32.1 c	31.6 b	96.9 d	2.17 ab	1.20 a	2.26 c	5.63 ab
	22.6	34.0 a	33.5 ab	34.9 a	102.4 a	2.47 a	1.36 a	2.75 a	6.57 a
611	15.6	34.2 a	33.4 b	31.5 b	99.0 c	2.07 ab	1.34 a	2.73 ab	6.13 ab
	20.3	34.0 a	34.6 a	31.9 b	100.4 b	1.82 b	1.06 a	2.40 c	5.27 b
	22.6	33.9 a	33.9 ab	33.0 b	100.8 b	2.10 ab	1.03 a	2.13 c	5.26 b

Significance

Conc (C)	NS	***	NS	***	NS	NS	NS	NS
Temp. (T)	NS	***	***	***	NS	NS	NS	NS
C × T	NS	**	NS	***	ND	NS	***	NS

<sup>z)</sup> Pepper seeds were sown at 2, September, after which they were treated each concentrations of CO<sub>2</sub> at 15, September.

<sup>y)</sup> Carbon and nitrogen concentrations were measured at 25 days after CO<sub>2</sub> treatment.

<sup>x)</sup> Mean separation within columns by DMRT, p = 0.05

<sup>w)</sup> NS, \*\*, \*\*\* Nonsignificant, significance at 0.05 or 0.01, respectively

C/N율(Table 6)은 잎과 줄기의 경우에 CO<sub>2</sub>농도간에 유의차가 인정되었는데, 고농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때 증가하였으며, 뿌리와 총식물체에서는 차이가 없었다. CO<sub>2</sub>의 농도가 낮을 때 잎, 줄기, 뿌리 및 총식물체의 C/N율은 20.3°C에서 가장 높았으며, 22.6°C의 고온에서 가장 낮았다. 고농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 경우에는 잎의 C/N율이 22.6°C의 고온에서 감소하였으나, 줄기, 뿌리 및 총식물체의 C/N율은 온도가 상승할수록 높아져서 고농도의 CO<sub>2</sub>를 처리는 고온에서 생육이 촉진되었다.

Table 6. Effect of CO<sub>2</sub> and temperature on carbon/nitrogen ratio in pepper (*Capsicum annum* L. cv. Soonjung) seedlings.

CO <sub>2</sub> (ppm)	Temperature (°C)	C/N ratio			
		Leaf	Stem	Root	Total
397	15.6	14.85 ab	26.90 ab	13.15 bc	16.50 ab
	20.3	15.30 ab	26.90 ab	14.00 ab	17.20 ab
	22.6	13.80 b	24.65 b	12.70 bc	15.60 c
611	15.6	17.00 ab	25.95 ab	11.65 c	16.45 ab
	20.3	18.65 a	32.85 a	13.30 bc	19.05 a
	22.6	16.15 ab	32.95 a	15.50 a	19.20 a
Significance					
Conc (C)		**	**	NS	NS
Temp. (T)		NS	NS	**	NS
C × T		NS	NS	**	NS

<sup>z)</sup> Pepper seeds were sown at 2, September, after which they were treated each concentrations of CO<sub>2</sub> at 15, September.

<sup>y)</sup> Carbon and nitrogen concentrations were measured at 25 days after CO<sub>2</sub> treatment.

<sup>x)</sup> Mean separation within columns by DMRT, p = 0.05

<sup>w)</sup> NS, \*\*, \*\*\* Nonsignificant, significance at 0.05 or 0.01, respectively

## 요약 및 결론

고추는 tray cell 육묘시 밀식에 의한 도장 등으로 인하여 묘소질이 저하되는데 우량건전묘를 생산하기 위하여 고농도의 CO<sub>2</sub>와 온도처리 효과를 검토하였다. 초장의 생육은 611ppm의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 경우에 20.3°C와 22.6°C의 고온하에서 촉진되었으나, 15.6°C의 저온하에서는 촉진효과가 없었다. 엽면적과 생체중은 22.6°C의 고온에서 고농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 경우에 현저히 증가하였다. 잎, 줄기, 뿌리 및 총건물중은 고농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 경우에 온도가 높을수록 증가하였으나, 대기중의 CO<sub>2</sub>농도에서는 22.6°C의 고온에서는 건물중이 감소하였다. CO<sub>2</sub>처리에 의한 건물중의 증가는 20.3°C 이상의 고온과 고농도의 CO<sub>2</sub>에서 약 1.5배 증가하였다. 탄수화합물의 농도는 CO<sub>2</sub>를 처리하지 않은 고온에서 가장 높았고, 20.3°C 이하의 저온하에서는 고농도의 CO<sub>2</sub>처리 효과가 현저하였다. 질소의 농도는 CO<sub>2</sub>를 처리한 고온에서 오히려 감소하였다. C/N율은 고농도의 CO<sub>2</sub>처리가 대기중의 CO<sub>2</sub>농도에서보다 높고, 온도의 상승과함께 증가되었으나, 대기중의 CO<sub>2</sub>에서는 고온에서 오히려 낮았다.

주요어 : 온도, CO<sub>2</sub>, 탄수화합물, RGR, NAR, CGR, 질소, C/N율



## 인용문헌

1. Bazzaz, F.A., 1990. The response of natural ecosystems to the rising global CO<sub>2</sub> levels. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 21, pp. 167-196 GEOBASE
2. Bowes, G., 1991. Growth at elevated CO<sub>2</sub>: Photosynthetic responses mediated through Rubisco. *Plant, Cell and Environ.* 14, pp. 795-806
3. Bowes, G., 1993. Facing the inevitable: plants and increasing atmospheric CO<sub>2</sub>. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 44, pp. 309-332.
4. Chen, K. and Lenz, F., 1997. Responses of strawberry to doubled CO<sub>2</sub> concentration and phosphorus deficiency II. Gas exchange and water consumption. *Gartenbauwissenschaft* 62, pp. 90-96
5. Chen, K., Hu, G.Q., Lenz, F., 1997. Effects of CO<sub>2</sub> concentration on strawberry VI. Fruit yield and quality. *J. Appl. Bot.* 71, 195-200
6. Drake, B.G. and Leadley, P.W., 1991. Canopy photosynthesis of crops and native plant communities exposed to long-term elevated CO<sub>2</sub>. *Plant Cell Environ.* 14, pp. 853-860. GEOBASE
7. IPCC, 1996. Climate change 1995. In: Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A., Maskell, K. (Eds.), *The Science of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 572..
8. Kimball, B.A., 1983. Carbon dioxide and agricultural yield: an assemblage and analysis of 430 prior observations. *Agron. J.* 75, pp. 779-788.
9. Kramer, P.J., 1981. Carbon dioxide concentration, photosynthesis, and dry matter production. *BioScience* 31, pp. 29-33.
10. Poorter, H., 1993. Interspecific variation in the growth response of plants to an elevated ambient CO<sub>2</sub> concentration. *Vegetatio* 104/105, pp. 77-97. GEOBASE
11. Poorter, H., 1998. Do slow-growing species and nutrient-stressed plants respond relatively strongly to elevated CO<sub>2</sub>. *Global Change Biol.* 4, pp. 693-697. GEOBASE Abstract
12. Schlesinger, M.Z. and Mitchell, J.F.B., 1985. Model projections of equilibrium climatic response to increased Carbon Dioxide. In: McCaracken, M.C. and Luther, F.M., Editors, 1985. *Projecting climatic effects of increasing Carbon Dioxide*. DOE-0237, National Technical Information Service, Springfield, VA.