

## Effect of Elevated CO<sub>2</sub> and Temperature on the Seedling Characteristics in Green Pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Soonjung)

Chong Kil Ahn\* · Young Whan Choi

Dept. of Horticulture, Miryang National University, Miryang 627-702, Korea

### Abstract

Green peppers (*Capsicum annuum* L. cv. Soonjung) were grown under different combinations of CO<sub>2</sub> concentration and temperature levels and examined on the effect of elevated CO<sub>2</sub> and temperature on plant growth, carbon and nitrogen concentrations. Plant height was stimulated by elevated CO<sub>2</sub> levels at 20.3 and 22.6°C. Leaf area and fresh weight were remarkably increased by high CO<sub>2</sub> concentration at 22.6°C. Dry weights of leaf, stem, root, and whole plant were increased as temperature increased at 611 ppm CO<sub>2</sub>, but those values decreased at 22.6°C in 397 ppm CO<sub>2</sub> concentration. Elevated CO<sub>2</sub> increased plant growth by 1.5 times at 20.5°C and 22.6°C. C/N ratio increased with increasing temperature under elevated CO<sub>2</sub> levels.

**Key words:** CO<sub>2</sub>, temperature, carbohydrate, nitrogen, C/N ratio

\*Corresponding author

### 서 언

대기중의 이산화탄소 농도는 산업화 이전에 275 ppm이었으나 매년 평균 1.0~1.5 ppm씩 증가하여 1990년대에는 약 365 ppm였으며(Conway 등, 1994), 2000년대의 중반에는 두배에 도달할 것으로 예측하였다(IPCC, 1990). 이산화탄소는 광합성에 이용되기 때문에(Bowes, 1991) 대기중의 농도가 높을수록 작물의 생산성을 향상시킨다고(Bazzaz, 1990; Chen와 Lenz, 1997)하였다. C<sub>3</sub> 식물은 고농도의 CO<sub>2</sub>를 처리하면 광합성을, 식물체의 생장 및 물의 이용효율을 증가시킴으로서 수량(Kimball, 1983; Drake와 Leadley, 1991; Bowes, 1993; Poorter, 1998) 및 잎과 과일의 건물율은 증가하나, 줄기와 뿌리의 건물율은 감소한다고(Chen 등, 1999) 하였다. 또한 대기중 CO<sub>2</sub> 농도의 증가는 온도 상승과도 밀접한 관계가 있기 때문에 CO<sub>2</sub>의 농도가 현재의 2배로 증가하면 지구의 온도 또한 3.5-4.2°C 상승할 것이라고 하였다(Schlesinger와 Mitchell, 1985).

따라서 본 연구에서는 CO<sub>2</sub> 및 온도처리가 고추 유묘의 생장에 미치는 영향, 식물체의 각 기관별 건물중 및 탄수화합물의 분배 등을 구명함으로써 플러그재

배시 밀식으로 인한 묘소질의 저하를 방지하여 우량묘의 생산을 위한 기초자료를 얻기 위하여 수행하였다.

### 재료 및 방법

공시재료는 순정고추(*Capsicum annuum* L. cv. Soonjung)를 이용하였다. CO<sub>2</sub> 농도와 온도처리는 자연 광하의 polyethylene(telephtalate) film 피복하우스 2동 내에서 온도경사형 CO<sub>2</sub> 농도처리장치(Temperature Gradient Chamber, Horie 등, 1995)를 설치하여 수행하였는데, CO<sub>2</sub> 처리는 397 ppm과 611 ppm을 6:00부터 18:00까지 처리하였고, 온도는 15.6±0.5°C, 20.3±0.5°C 및 22.6±0.7°C로 설정하였으며, 시험구배치는 요인실험 3반복으로 하였다.

고추의 육묘는 2000년 9월 2일 72공 plug tray에 1kg당 N 0.4g, P 1.9g, K 0.9g, 및 Mg 0.2g 함유된 원예용상토(「クレハ園藝培土」, 吳羽化學製, 일본)를 채운 후 파종하였고, 육묘기간중에 추비를 하지 않았다. CO<sub>2</sub>와 온도처리는 파종 2주일 후인 9월 15일에 균일한 유묘를 선정하여 25일 동안 처리하였다.

초장, 경경, 엽면적(林電光製 AAM8), 생체중, 건물중(80°C 30시간)은 처리 17일과 25일 후에 각각 16

주씩 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CNコ-ダ-MT-600)를 사용하여 분석하였다.

### 결과 및 고찰

온도 및 CO<sub>2</sub> 처리가 고추 유묘의 생육에 미치는 영향을 검토한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같다. 식물체의 초장과 경경은 CO<sub>2</sub>의 농도 및 온도간에 고도의 유의차가 인정되었는데, 611 ppm의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때 생육이 현저히 촉진되었다. 397 ppm의 CO<sub>2</sub> 처리 17일 후의 초장은 22.6°C까지 온도가 상승할수록 촉진되었으나, 처리 25일 후에는 증가속도가 다소 저하하였다. 그러나 611 ppm의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때에는 온도가 22.6°C까지 상승할수록 조사 17일과 25일 모두 초장이 현저히 증가하였다. 397 ppm의 CO<sub>2</sub> 처리 17일 후 경경은 20.3°C와 22.6°C에서 증가

하였으나, 25일 후에는 20.3°C에서 가장 굵었다. 611 ppm의 CO<sub>2</sub> 처리 17일 후에는 온도가 상승할수록 경경의 생육 촉진효과가 현저하였으나, 25일 후에는 20.3°C와 22.6°C에서 약간 촉진되었다.

Reddy 등(1995)은 온도와 CO<sub>2</sub>의 상호작용이 목화의 생육에 미치는 영향을 조사한 결과, 온도가 상승하고 CO<sub>2</sub>의 농도 증가할수록 초장의 생장이 촉진되고 주지의 마디수가 많아진다고 하였는데, 본 연구의 결과에서도 이와 유사한 결과를 얻어 고농도의 CO<sub>2</sub> 처리는 식물체의 생육을 촉진시킨다는 것을 확인할 수 있었다. 온도와 CO<sub>2</sub>를 조합처리한 후 생육초기(17일 후)의 초장과 경경은 온도에 의해서 더욱더 크게 영향을 받았으며, 고농도의 이산화탄소처리에 의한 탄소의 공급은 고온에서 약간의 효과가 있었다. 반면, 처리 25일 후에는 CO<sub>2</sub>의 농도에 관계없이 온도가 상승할수록 초장의 생육이 좋았으나, 경경은 22.6°C의 고온에서는 오히려 감소하여, CO<sub>2</sub>의 농도에 따라서 식물체가 감응하는 온도는 반응하는 기관에 따라서 다른 것으로 추

**Table 1.** Effect of CO<sub>2</sub> concentration and temperature 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)		Stem diameter (mm)	
		17 days <sup>3)</sup>	25 days	17 days	25 days
397	15.6	14.5 e <sup>x)</sup>	20.6 d	2.27 d	2.89 b
	20.3	15.8 d	22.8 c	2.33 cd	3.04 a
	22.6	18.7 b	23.0 c	2.39 bc	2.84 b
611	15.6	14.5 e	20.0 d	2.30 cd	2.90 b
	20.3	17.4 c	24.1 b	2.47 b	3.10 a
	22.6	21.0 a	27.7 a	2.59 a	3.04 a

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

<sup>3)</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.

**Table 2.** Effect of CO<sub>2</sub> concentration and temperature on leaf area and fresh weight 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> /plant)		Fresh weight (g/plant)	
		17 days <sup>3)</sup>	25 days	17 days	25 days
397	15.6	34.6 d <sup>x)</sup>	55.5 cd	1.337 c	2.393 b
	20.3	38.7 b	63.4 b	1.448 c	2.618 b
	22.6	48.5 ab	65.2 ab	1.748 b	2.544 b
611	15.6	37.0 cd	50.5 d	1.372 c	2.384 b
	20.3	45.7 bc	59.1 bc	1.720 b	2.889 a
	22.6	56.6 a	70.4 a	2.023 a	3.086 a

<sup>2), 3)</sup> See Table 1.

<sup>3)</sup> Leaf area and fresh weight were measured at 17 and 25 days after CO<sub>2</sub> treatment.

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

측된다. 이러한 결과는 식물체의 생육은 온도와 환경요인(Bazzaz, 1990; Rawson, 1992) 또는 CO<sub>2</sub>와 환경요인의 상호작용(Hunt 등, 1995)에 의해서 식물체의 발현양상이 차이가 있으며, 발육단계와 종에 따라서 형태형성이나 생장에 차이가 있다고 한 결과와 유사하였다.

엽면적은 처리 17일 후에는 CO<sub>2</sub> 농도간에 고도의 유의차가 인정되었으나, 25일 후에는 차이가 없었다(Table 2). 397 ppm의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때 17일 후에는 20.3°C에서 38.7 cm<sup>2</sup>, 22.6°C에서 48.5 cm<sup>2</sup>로서 엽면적이 1.25배 증가하여 온도가 상승할수록 넓었으나, 25일 후에는 20.3°C에서 63.4 cm<sup>2</sup>, 22.6°C에서 65.2 cm<sup>2</sup>로서 차이가 적었다. 그러나 611 ppm의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때 17일 후에는 약 1.24배, 25일 후에는 1.19배가 증가하여 조사시기에 관계없이 온도가 상승할수록 증가하였다. 생체중은 397 ppm의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때 17일 후에는 고온에 의한 생육촉진효과가 현저하였으나, 25일 후에 20.3°C에서는 2.618 g, 22.6°C에서는 2.544 g으로서 고온에서 생육이 약간 감소하였으며, 611 ppm의 CO<sub>2</sub> 처리구에서는 조사시기에 관계없이 온도가 높을수록 생체중이 현저히 증가하였다.

엽면적은 새로운 잎의 유기율, 확장기간 및 확장율에 의해서 결정되는데, 엽면적에 영향을 미치는 요인들은 일차적으로 온도에 의존하고(Reddy 등, 1993), 고농도의 CO<sub>2</sub> 조건에서 성장한 식물체는 엽면적이 증가하나, 기공밀도는 변화시키지 않는다고(Reddy 등, 1998)하였는데, 본 연구에서도 온도와 CO<sub>2</sub>의 농도가 높을수록 엽면적이 증가되었다.

잎, 줄기, 뿌리 및 총 건물중(Table 3)은 611 ppm의 CO<sub>2</sub> 처리가 397 ppm의 CO<sub>2</sub> 처리보다 증가하였다.

397 ppm의 CO<sub>2</sub> 처리에서 총 건물중은 처리 17일 후에 온도가 상승할수록 무거웠으며, 25일 후에는 20.3°C까지 온도가 상승할수록 증가하였으나 22.6°C에서는 건물중이 약간 감소하였다. 그러나 611 ppm의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때 17일 후에는 온도가 상승할수록 모든 기관의 건물중이 증가하였고, 25일 후에도 약간 증가하였으나 온도간에 차이가 적었다. 줄기와 뿌리의 기관별 건물중은 20.3°C와 22.6°C의 온도에서는 차이가 적었으나, 15.6°C에서 현저히 감소하였다.

건물중은 611 ppm의 CO<sub>2</sub> 처리가 397 ppm의 CO<sub>2</sub> 처리보다, 처리 17일 후 15.6°C에서는 1.14배, 20.3°C에서는 1.30배, 및 22.6°C에서는 1.41배로 증가하였다. 처리 25일 후 15.6°C에서는 1.19배, 20.3°C에서는 1.33배, 및 22.6°C에서는 1.46배로서 온도가 상승할수록 증가하였는데, 1차 보다는 2차 조사에서 증가율이 높아, CO<sub>2</sub>의 처리효과는 생육후기에 더 높은 것으로 나타났다.

일반적으로 고농도의 CO<sub>2</sub> 처리는 잎과 과실의 건물중은 증가시키나, 줄기와 뿌리의 건물중은 고농도의 CO<sub>2</sub> 수준에서 감소시키며, 엽면적 증가, 식물체의 건물생산율과 과실생체중의 증가율은 고농도의 CO<sub>2</sub>를 처리함으로써 증가된다(Chen 등, 1999)고 하였다. 본 연구의 결과에서 611 ppm의 CO<sub>2</sub> 처리는 잎의 건물중이 온도에 관계없이 증가하였고, 줄기의 건물중은 20.3°C와 22.6°C에서 그 효과가 현저하였으며, 뿌리의 건물중도 20.3°C 이상의 온도에서는 증가여 약간의 차이가 있었다. 이러한 결과는 앞으로 대기중의 풍부한 CO<sub>2</sub>의 농도는 고추의 뿌리 발육보다는 지상부 기관의 생장에 유리할 것으로 추측되며, 고농도의 CO<sub>2</sub> 처리에

**Table 3.** Effect of CO<sub>2</sub> concentration and temperature on shoot growth in green pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Soonjung) seedlings.

CO <sub>2</sub> conc. (ppm) <sup>2)</sup>	Temp. (°C)	Dry weight per plant (g)							
		Leaf		Shoot		Root		Total	
		17 days <sup>1)</sup>	25 days	17 days	25 days	17 days	25 days	17 days	25 days
397	15.6	0.145 e <sup>x)</sup>	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

<sup>2), x)</sup> See Table 1.

<sup>1)</sup> Dry weight was measured at 17 and 25 days after CO<sub>2</sub> treatment.

**Table 4.** Effect of CO<sub>2</sub> and temperature on carbon/nitrogen ratio in pepper (*Capsicum annum* L. cv. Soonjung) seedlings.

CO <sub>2</sub> conc. (ppm) <sup>2)</sup>	Temperature (°C)	C/N ratio <sup>3)</sup>			
		Leaf	Stem	Root	Total
397	15.6	14.85 ab <sup>x)</sup>	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

<sup>2), x)</sup> See Table 1.

<sup>3)</sup> Carbon and nitrogen concentrations were measured at 25 days after CO<sub>2</sub> treatment.

의한 뿌리건물중의 감소 원인은 포토크기에 의한 뿌리의 생육이 제한 요인이 되었을 것으로 추측된다.

C/N율(Table 4)은 잎과 줄기의 경우에 CO<sub>2</sub> 농도간에 유의차가 인정되었는데, 611 ppm의 고농도 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때 증가하였으며, 뿌리와 총식물체에서는 차이가 적었다. 397 ppm의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 때 잎, 줄기, 뿌리 및 총식물체의 C/N율은 20.3°C에서 가장 높았으며, 22.6°C의 고온에서 가장 낮았다. 611 ppm의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 경우에는 잎의 C/N율이 22.6°C의 고온에서 낮았으나, 줄기, 뿌리 및 총식물체의 C/N율은 온도가 상승할수록 높아져서 고농도의 CO<sub>2</sub> 처리는 고온에서 생육이 촉진되었다.

농업적인 관점에서 볼 때, 풍부한 CO<sub>2</sub>에 대한 식물체의 가장 중요한 반응은 경제적인 생산물의 수량증대(Bloom 등, 1985; Manderscheid와 Weigel, 1995)이며, CO<sub>2</sub>를 대기중 농도의 배량으로 증가시켰을 때 평균 33%의 수량을 증가시킨다(Kimball, 1983)고 하였다. 본 실험의 연구결과에서는 CO<sub>2</sub> 농도를 397 ppm에서 611 ppm으로 증가시켰을 경우에 고추묘의 전체 성장량을 증가시켰다. 앞으로 자구의 CO<sub>2</sub>가 매년 0.5-0.7% 증가하기 때문에 작물의 수량도 증가할 것이라고 예견한 Manderscheid와 Weigel(1995)의 결과를 고려하여 보면 CO<sub>2</sub> 농도의 증가에 의한 식물체의 생장은 촉진될 것으로 생각되나 환경오염에 관한 논의는 따로 있어야 할 것이다. 또한 본 연구에서 611 ppm의 고농도 CO<sub>2</sub> 처리를 함으로서 초장과 건물중을 증대시켰는데, 이는 CO<sub>2</sub>가 광합성의 기질이기 때문에 식물체의 생육에 정의효과를 나타내었을 것으로 추측된다. 또한 본 실험에서는 생육의 초기보다는 후기에 CO<sub>2</sub>의 효과가 감소되었는데 그 원인은 작은 포토를 사용함으로서

뿌리의 생장이 제한되어 있기 때문에 고농도의 CO<sub>2</sub>에 대한 반응이 감소되거나(Arp, 1991), 포트내의 영양분의 농도가 일차적으로 관여하였을 것으로 생각된다.

## Literature cited

1. Arp, W.J. 1991. Effects of source-sink relations on photosynthetic acclimation to elevated CO<sub>2</sub>. *Plant, Cell and Environ.* 14:869-875.
2. Bazzaz, F.A. 1990. The response of natural ecosystems to the rising global CO<sub>2</sub> levels. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 21:167-196.
3. Bloom, A.J., F.S. Chapin III, and H.A. Mooney. 1985. Resource limitation in plants: An economy analogy. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 16:363-392
4. Bowes, G. 1991. Growth at elevated CO<sub>2</sub>: Photosynthetic responses mediated through Rubisco. *Plant, Cell and Environ.* 14:795-806
5. Bowes, G. 1993. Facing the inevitable: plants and increasing atmospheric CO<sub>2</sub>. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 44:309-332.
6. Chen K, G. Hu, N. Keutgen, M.J.J. Janssens, and F. Lenz. 1999. Effects of NaCl salinity and CO<sub>2</sub> enrichment on pepino(*Solanum muricatum* Ait.). I. Growth and yield. *Scientia Horticulturae* 81(1):25-41.
7. Chen, K. and F. Lenz. 1997. Responses of strawberry to doubled CO<sub>2</sub> concentration and phosphorus deficiency II. Gas exchange and water consumption. *Gartenbauwissenschaft* 62:90-96.
8. Conway, T.J., P.P. Tans, and L.S. Waterman. 1994. Atmospheric CO<sub>2</sub> records from sites in the NOAA/CMDL air sampling network. In Boden, T.A., Kaiser, D.P., Sepanski, R.J., Stoss, F.W. (Eds.), *Trends 93. A Compendium of Data on Global Change*, ORNL/CDIAC-65. Carbon Dioxide Information Analysis Centre, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, USA, pp. 41-119.

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

9. Drake, B.G. and O.W. Leadley. 1991. Canopy photosynthesis of crops and native plant communities exposed to long-term elevated CO<sub>2</sub>. *Plant Cell Environ.* 14:853-860.
10. Horie, T., H. Nakagawa, J. Nakano, K. Hamotani, and H.Y. Kim. 1995. Temperature gradient chamber for research on global environment change. III. A system designed for rice in Kyoto. *Japan. Plant Cell Environ.* 18:1055-1063.
11. Hunt, R., D.W. Hand, M.A. Hannah, and A.M. Neal. 1995. Temporal and nutritional influences on the response to elevated CO<sub>2</sub> in selected British grasses. *Ann. Bot.* 75:207-216.
12. IPCC. 1990. Intergovernmental panel on climate change, working group 1. Climate change, The IPCC Scientific Assessment. In: Houghton, J.T., Ephraums, J.J. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge.
13. Kimball, B.A. 1983. Carbon dioxide and agricultural yield: an assemblage and analysis of 430 prior observations. *Agron. J.* 75:779-788.
14. Manderscheid, R. and H.J. Weigel. 1995. Do increasing atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations contribute to yield increases of German crops? *J. Agron. Crop Sci.* 175:73-82.
15. Poorter, H. 1998. Do slow-growing species and nutrient-stressed plants respond relatively strongly to elevated CO<sub>2</sub>. *Global Change Biol.* 4:693-697.
16. Rawson, H.M. 1992. Plant responses to temperature under conditions of elevated CO<sub>2</sub>. *Aust. J. Bot.* 40:473-490.
17. Reddy, K.R., H.F. Hodges, and J.M. McKinion. 1993. A temperature model for cotton phenology. *Biotronics* 22:47-59.
18. Reddy, K.R., H.F. Hodges, and J.M. McKinion. 1995. Carbon dioxide and temperature effects on pigma cotton growth. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 54:17-29.
19. Reddy, K.R., R.R. Robanaa, Harry F. Hodgesa, X.J. Liua, and James M. McKinionb. 1998. Interactions of CO<sub>2</sub> enrichment and temperature on cotton growth and leaf characteristics. *Environmental and Experimental Botany* 39(2):117-129.
20. Schlesinger, M.Z. and J.F.B. Mitchell. 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.

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

안종길\* · 최영환

밀양대학교 원예학과

### 적 요

고추(*Capsicum annuum* L. cv. Soonjung)의 plug tray 육묘시 CO<sub>2</sub>와 온도처리가 우량묘생산에 미치는 효과를 조사 분석하였다. 초장은 611 ppm의 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 611 ppm의 CO<sub>2</sub>를 처리하였을 경우에 온도가 상승할수록 증가하였으나, 397 ppm의 CO<sub>2</sub> 농도에서는 22.6°C의 고온에서 건물중이 감소하였다. 611 ppm의 CO<sub>2</sub> 처리에 의한 건물중의 증가는 20.3°C 이상의 고온과 고농도의 CO<sub>2</sub>에서 약 1.5배 증가하였다. C/N율은 611 ppm의 CO<sub>2</sub> 처리가 397 ppm의 CO<sub>2</sub> 농도에서보다 높고, 온도의 상승과 함께 증가하였다.

주제어 : CO<sub>2</sub>, 온도, 탄수화합물, 질소, C/N율