

인공광하에서 CO₂ 농도와 기류속도 제어가 플러그묘의 생육에 미치는 효과

김용현^{1,2*} · 송대빈³

¹전북대학교 농과대학 생물자원시스템공학부, ²전북대학교 농업과학기술연구소
³경상대학교 농과대학 농업기계공학과

Effects of CO₂ concentration and air current speed on the growth and development of plug seedlings under artificial lighting

Kim, Yong-Hyeon^{1,2*} · Song, Dae-Bin³

¹Division of Bioresource Systems Engineering, Chonbuk Nat'l University,
Chonju 561-756, Korea

²The Institute of Agricultural Science & Technology, Chonbuk Nat'l University,
Chonju 561-756, Korea

³Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Gyeongsang Nat'l University,
Chinju 660-701, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of CO₂ concentration(310 or 950 μ mol·mol⁻¹) and air current speed(0.3, 0.5, 0.7 or 0.9m·s⁻¹) on the growth and development of eggplant plug seedlings (*Solanum melongena* L.) under artificial lighting. For the treatment of CO₂ enrichment, stem length and diameter, the ratio of stem length to stem diameter, plant height, leaf area, net photosynthetic rate, top dried weight were significantly different at 1% level. Stem length of plug seedlings decreased at the condition under enriched CO₂ and high air current speed above plug stand. Stem diameter of plug seedlings increased and plant height decreased with the increasing CO₂ concentration. Plug seedlings had maximum net photosynthetic rate at the air current speed of 0.7m·s⁻¹. Net photosynthetic rate at CO₂ concentration of 950 μ mol·mol⁻¹ increased by 46% than those at 310 μ mol·mol⁻¹. Thus CO₂ enrichment would be effective for the production of plug seedlings with high quality.

주 제 어 : 인공광, 플러그묘, CO₂ 시용, 순광합성속도

Key words : artificial light sources, plug seedlings, CO₂ enrichment, net photosynthetic rate,

* Corresponding author

서 론

플러그묘는 묘의 생산 단계에서 뿐 만 아니라 이식작업의 생력화가 가능하여, 보급이 점차 증대되고 있다(日本施設園藝協會, 1994). 더구나 육묘가 전문 육묘공장에서 이루어지면서 재배로부터 분화되어 육묘공장에서 플러그묘가 차지하는 비중은 매우 높다. 현재 국내에서는 과채류와 엽채류를 중심으로 한 플러그묘가 주로 생산되고 있으나, 앞으로는 화훼류에서도 고품질의 플러그묘에 대한 수요가 늘어날 것으로 전망된다.

플러그묘의 생육과 밀접한 관계를 갖는 플러그묘 개체군(이하 '묘개체군'이라 칭함) 내외에서의 미기상 요소는 기류속도의 영향을 크게 받는다(김과 古在, 1996c). 식물묘공장과 같이 인공광을 이용한 폐쇄생태계에서 품질이 균일한 플러그묘 생산 시스템 개발을 목적으로 수행된 기초 연구에서 김과 古在(1996a, 1996b, 1996c, 1997), Kim 등(1996)은 플러그묘 생산용 풍동 설계 및 공기역학적 특성의 구명, 기류속도가 묘개체군 내외에서 기온·상대습도·포차·CO₂ 농도 분포에 미치는 영향, 묘개체군의 순광합성 속도 측정 등에 관한 연구 결과를 보고한 바 있다. 또한 김(1998)은 인공광하의 풍동 내에서 플러그묘의 생육에 미치는 기류속도의 영향을 보고하였다. 이 결과에서 기류속도의 크기와 기류의 진행방향에 따라 묘개체군 위에서의 확산계수가 다르게 나타나며, 이로 인하여 묘개체군의 생장 차이가 나타났다.

온실과 같이 폐쇄된 식물생산 시스템에서는 외부 공기와의 교환이 제한되므로 식물의 광합성과 더불어 내부의 CO₂ 농도

가 급격하게 저하되어 대기의 CO₂ 농도 이하 또는 CO₂ 보상점 수준에 이르게 된다(Mastalerz, 1977). 이 경우 실내에서 부족한 CO₂를 보충시키고자 인위적으로 CO₂를 공급하여 CO₂ 농도를 증가시키는 데, 이와 같은 과정이 CO₂ 시용으로 불리운다. CO₂ 시용은 광강도를 증대시키는 것과 동일한 효과를 나타내어 광합성 뿐만 아니라 전류를 촉진하는 효과를 지니고 있다. CO₂ 시용의 효과로서 과채류의 증수, 당도의 향상, 화훼류의 개화 촉진, 화수의 증가, 품질 향상 등이 있다. CO₂ 포화점은 작물의 종류에 따라 다르다. 예를 들면 토마토는 2,200 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, 오이는 1,500 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, 국화는 1,200 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 이다. 한편 온실에서 시용되는 CO₂ 농도는 대개 1,000~1,500 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 이다(Nelson, 1991). CO₂를 시용할 때 광강도 또는 기류속도를 증가시키는 것이 효과적이다. 이것은 광강도를 높이면 CO₂ 포화점이 증가하고, 기류속도를 높이면 엽면경계층 저항이 감소하여 대기로부터 기공을 통한 CO₂ 확산이 쉽게 이루어지기 때문이다.

김과 古在(1996c)은 묘개체군 내외에서의 CO₂ 농도 분포가 기류속도의 크기에 따라 크게 변화됨을 보고하였다. 이제까지 여러 가지 작물의 생육에 미치는 CO₂ 시용 효과에 대해서 많은 보고가 이루어졌으나, 기류속도와 CO₂ 시용이 인공광하의 플러그묘 생육에 미치는 효과에 대한 보고는 전무한 실정이다. 그러므로 본 연구는 인공광하의 풍동 내에서 CO₂ 농도와 기류속도를 제어하면서 CO₂ 농도와 기류속도가 플러그묘의 생육에 미치는 효과를 구명하고자 시도되었다.

재료 및 방법

인공광하의 플러그묘 개체군의 생육에 미치는 CO₂ 농도와 기류속도의 제어 효과를 분석하고자, 김과 古在(1996a)가 개발한 플러그묘 육묘용 풍동을 사용하였다. 생육 실험은 실내온도와 상대습도가 각각 22±0.5℃, 65±5%로 유지되는 대형 growth chamber 내에서 이루어졌다. 인공광원으로 형광등을 사용하였으며, 실험기간 동안 생육실내의 배지 표면에서 광합성광량자속밀도(photosynthetic photon flux density)의 평균값은 300μmol·m⁻²·s⁻¹로 나타났다. 풍동 내의 CO₂ 농도는 310±20μmol·mol⁻¹, 950±68μmol·mol⁻¹의 2수준이며, 기류속도는 0.3, 0.5, 0.7 및 0.9m·s⁻¹의 4수준으로 제어되었다. 풍동 내의 CO₂ 농도의 on-off 제어를 위해서 적외선가스분석계(ZFP, Fuji Electric Co.)를 사용하였으며, 광합성 측정시스템(LI-6200, LI-COR)을 사용하여 묘개체군 내외의 일정 높이에서 CO₂ 농도를 측정하였다.

공시 플러그묘로서 사용된 가지 (*Solanum melongena* L.)는 발아실에서 본엽이 2매 전개되기까지 발아 과정을 거친 후 본 실험에 사용되었다. 광주기는 24

시간으로서 명기와 암기는 각각 16 및 8시간이었다. 플러그묘의 생육조사는 실험 개시 후 0, 5 및 10일 째에 이루어졌으며, 200공의 플러그트레이 2매가 들어있는 생육실내의 전부, 중앙 및 후부에서 각각 6주씩 조사하였다. 성장량으로 공시묘의 줄기 직경 및 길이, 초장, 엽수, 엽면적, 지상부 생체중 및 건물중, 지하부 생체중 및 건물중, 순광합성속도 등을 측정하였으며, 이들 자료를 이용하여 줄기 직경에 대한 길이의 비, 지하부에 대한 지상부의 생체중비 및 건물중비, 지상부 및 지하부의 건물율을 분석하였다. 묘개체군의 순광합성속도는 김과 古在(1997)가 측정된 적산법으로 결정하였다.

결과 및 고찰

CO₂ 농도와 기류속도가 인공광하에서 육묘된 가지 플러그묘의 생육에 미치는 효과에 대한 통계 분석 결과가 Table 1에 실려 있다. CO₂를 950μmol·mol⁻¹ 수준으로 시용한 결과 줄기 길이와 직경, 줄기 직경에 대한 길이의 비, 초장, 엽면적, 순광합성속도, 지상부 건물중이 1% 수준에서 유의성이 인정되었다. 엽수에 대한 CO₂ 시용 효과는 5% 수준에서 유의성이

Table 1. Statistical summary for the effects of CO₂ concentration and air current speed on growth and development of plug seedlings under artificial lighting.

Variables	Stem length (A)	Stem diameter (B)	A/B	Plant height	No. of leaves	Fresh weight	
						Top	Root
CO ₂	**y)	**	**	**	*	N.S.	N.S.
Speed	**	N.S.	**z)	**	N.S.	N.S.	*
CO ₂ X Speed	N.S.x)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

z) denotes significantly different at 5% level.
 y) denotes significantly different at 1% level.
 x) denotes no significance.

Table 1(Continued). Statistical summary for the effects of CO₂ concentration and air current speed on growth and development of plug seedlings under artificial lighting.

Variables	Dried weight		Fresh T/R	Dried T/R	Leaf area	Net photosynthetic rate
	Top	Root				
CO ₂	**	N.S.	N.S.	*	**	**
Speed	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	**
CO ₂ X Speed	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

인정되었다.

한편 기류속도를 0.3, 0.5, 0.7 및 0.9m · s⁻¹의 4수준으로 제어한 결과 줄기 길이, 초장, 순광합성속도가 1% 수준에서 유의성이 인정되었다. 한편 CO₂ 농도와 기류속도의 상호 작용이 인공광하의 플러그묘 생육에 미치는 효과는 유의성이 없는 것으로 나타났다. 결국 인공광하에서 육묘되는 플러그묘의 생육 및 형태형성 제어에 CO₂ 시용이 효과적임을 알 수 있다.

Fig. 1은 인공광하에서 기류속도와 CO₂ 농도가 플러그묘의 줄기 길이에 미치는 영향을 나타낸 것이다. CO₂ 농도가 310μmol · mol⁻¹를 유지할 때 0.3, 0.5 및 0.7 m · s⁻¹의 기류속도가 줄기 길이에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 한편, CO₂ 농도가 950μmol · mol⁻¹로 제어된 경우 기류속도가 증가할수록 줄기 길이는 감소하였다. 그러므로 기류속도가 줄기 길이에 미치는 영향은 CO₂ 농도가 높게 유지되는 조건에서 분명하게 나타남을 알 수 있다.

기류속도와 CO₂ 농도가 플러그묘의 줄기 직경에 미치는 효과가 Fig. 2에 실려 있다. 기류속도가 증가함에 따라 줄기 직경은 다소 증가하는 것으로 나타났는데, 이러한 경향은 CO₂ 농도가 높은 조건에서 분명하게 나타났다.

Fig. 3은 기류속도와 CO₂ 농도에 따른 플러그묘의 초장을 나타낸 것이다. 초장은

CO₂ 농도가 낮게 유지되는 조건에 비해서 CO₂ 농도가 높게 유지되는 경우에 작게 나타났다. 기류속도가 0.3~0.5m · s⁻¹와 같이 낮은 범위에 있을 때 초장은 높게 나타났다. 이것은 기류속도가 낮을수록 CO₂의 확산계수가 감소하는 것(김과 古在, 1996b)과 관련이 있을 것으로 판단된다. 이러한 결과는 CO₂ 농도의 고저에 상관없이 동일하게 나타났다. Fig. 1, 2 및 3의 결과를 종합해보면 CO₂를 사용한 처리에서 플러그묘의 초장과 줄기 길이가 감소하고, 줄기 직경이 증가함을 알 수 있다. 그러므로 작고 튼튼한 건묘의 육묘에 CO₂ 시용이 효과적인 것으로 판단된다.

묘개체군의 순광합성속도에 미치는 기류속도와 CO₂ 농도의 효과가 Fig. 4에 실려 있다. 순광합성속도의 최대치는 0.7m · s⁻¹의 기류속도에서 나타났는데, 이러한 결과는 CO₂ 농도가 높게 유지될 때 더욱 분명하게 나타났다. CO₂ 농도가 950μmol · mol⁻¹를 유지할 때의 순광합성속도는 310μmol · mol⁻¹인 경우에 비해서 약 46% 정도 높게 나타났다.

그러므로 인공광하에서 묘개체군의 줄기 길이 및 직경, 초장, 순광합성속도 등에 미치는 기류속도의 영향이 저농도의 CO₂ 조건보다는 고농도의 CO₂ 환경에서 분명하게 나타남을 알 수 있다. 결론적으로 인공광하에서 묘소질이 우수한 플러그묘의 육묘에 CO₂ 시용이 유효할 것이다.

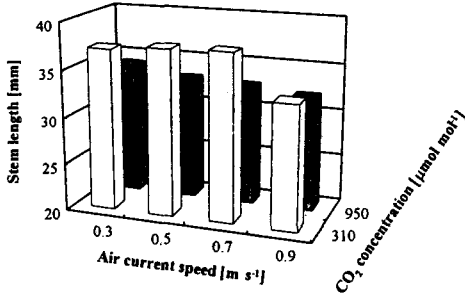


Fig. 1. Stem length of plug seedlings affected by the air current speed and CO₂ concentration.

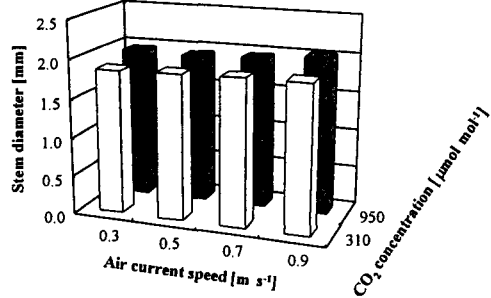


Fig. 2. Stem diameter of plug seedlings affected by the air current speed and CO₂ concentration.

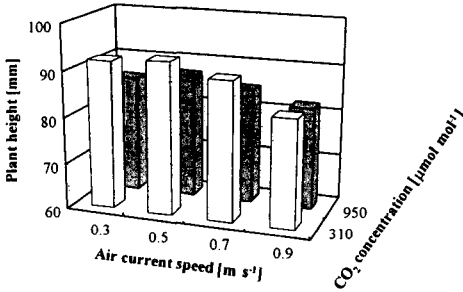


Fig. 3. Plant height of plug seedlings affected by the air current speed and CO₂ concentration.

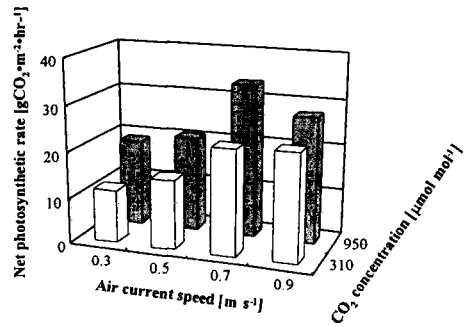


Fig. 4. Net photosynthetic rate of plug seedlings affected by the air current speed and CO₂ concentration.

적 요

인공광하의 풍동 내에서 CO₂ 농도와 기류속도 제어가 플러그묘 개체군의 생육에 미치는 효과를 분석하고자 시도된 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

인공광하에서 묘개체군의 줄기 길이 및 직경, 초장, 순광합성속도 등에 미치는 기류속도의 영향은 저농도의 CO₂ 조건보다는 고농도의 CO₂ 환경에서 분명하게 나타났다. 기류속도가 증가할수록 줄기 길이가 감소하였는 데, 이와 같은 결과는 CO₂ 농도가 높게 유지되는 조건에서 분명하게 나타났다. CO₂ 농도가 높은 조건에서 줄기 직경은 기류속도가 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 묘개체군의 초장은 CO₂ 농도가 낮게 유지되는 조건에 비

해서 CO₂ 농도가 높게 유지되는 경우에 작게 나타났다. 묘개체군의 순광합성속도는 0.7m · s⁻¹의 기류속도에서 최대치가 나타났다으며, 이러한 결과는 CO₂ 농도가 높게 유지될 때 더욱 분명하게 나타났다. CO₂ 농도가 950μmol · mol⁻¹를 유지할 때 묘개체군의 순광합성속도는 310μmol · mol⁻¹인 경우에 비해서 약 46% 정도 높게 나타났다. 그러므로 인공광하에서 묘소질이 우수한 플러그묘의 육묘에 CO₂ 사용이 효과적일 것이다.

인용문헌

1. 김용현. 1998. 인공광하의 풍동내에서 기류속도가 가지 플러그묘의 생장에 미치는 영향. 생물생산시설환경 7(1):9- 14.

2. 김용현, 古在豊樹. 1997. 플러그묘 개체군의 순광합성속도 측정. 한국농업기계학회지 22(3):311-316.
3. 김용현, 古在豊樹. 1996a. 인공광하의 공정육묘용 풍동설계 및 공정묘 개체군상의 공기역학적 특성. 한국농업기계학회지 21(4):429-435.
4. 김용현, 古在豊樹. 1996b. 인공광하에서 공정묘 개체군상의 공기역학적 저항 및 확산계수. 생물생산시설환경 5(2): 152-159.
5. 김용현, 古在豊樹. 1996c. 기류속도가 인공광하에서 공정묘 개체군의 미기상에 미치는 영향. 생물생산시설환경 5(2):160-166.
6. Kim, Y.H., T. Kozai, Y. Kitaya and C. Kubota. 1996. Effects of air current speeds on the microclimate of plug stand under artificial lighting. Acta Horticulturae 440:354-359.
7. Mastalerz, J.W. 1977. The greenhouse environment. John Wiley & Sons, Inc., pp.290-309.
8. Nelson, P.V. 1991. Greenhouse operation and management. Prentice-Hall, Inc., pp.347-357.
9. 日本施設園藝協會. 1994. 新園藝育苗システム. 養賢堂 pp.23-24.