

인공광하의 풍동내에서 기류속도가 가지 플러그묘의 생장에 미치는 영향

김 용 현

전북대학교 농과대학 농업기계공학과

Effects of air current speeds on the growth of eggplant plug seedlings in a wind tunnel under artificial lighting

Kim, Yong-Hyeon

Dept. of Agricultural Machinery Engineering, College of Agriculture,
Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea

Abstract

Air current speeds were controlled of 0.3, 0.5, 0.7 and 0.9 $m \cdot s^{-1}$ to investigate the effects of air current speeds on the growth of eggplant plug seedlings (*Solanum melongena* L.) in a wind tunnel under artificial lighting. Growth of plug seedlings was influenced by the magnitude of air current speed and the traveling distance of regulated air flow. Stem length, ratio of length to diameter in stem, plant height and number of leaves of plug seedlings decreased with the increasing air current speed and were significantly different at 5% level. Net photosynthetic rates of plug stand increased with the increasing air current speed and took a maximum value at the air current speed of 0.7~0.9 $m \cdot s^{-1}$. Stem diameter decreased and leaf area increased with the traveling distance of regulated air flow. Fresh weight and T/R ratio of dried weight were not influenced by the air current speed. Optimum control for microclimates inside the plug stand is needed to produce the uniform growth and high quality of plug seedlings in a semi-closed plant production system under artificial lighting.

주 제 어 : 기류속도, 순광합성속도, 식물묘공장, 인공광, 플러그묘 개체군

Key words : air current speed, net photosynthetic rate, transplant production
factory, artificial lighting, plug stand

서 언

플러그묘의 생육과 밀접한 관계를 갖는 플러그묘 개체군(이하 '묘개체군'이라 칭함) 내외에서의 미기상 요소는 기류속도의 영향을 크게 받는다. 식물묘공장과 같이 인공광을 이용한 반폐쇄 생태계에서 품질이 균일한 플러그묘 생산 시스템 개발을 목적으로 실험을 수행한 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. 상기 보고에 의하면 기류의 진행방향을 따라 미기상 요소의 분포가 각기 다르게 나타났다. 이 가운데 기온은 기류의 진행방향을 따라 약간 높게 나타났으나, 기류속도에 따른 차이는 높지 않은 것으로 나타났다. 한편, 묘개체군내의 상대습도는 기류의 진행 방향을 따라 높게 나타났으며, 기류속도 크기의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 그러므로 묘개체군 후부에서의 포차가 작게 나타나, 증산이 활발하게 이루어지지 않음을 알 수 있다. 결국 기류속도의 크기와 기류의 진행방향에 따라 묘개체군내 미기상 분포가 다르게 나타나며 이로 인하여 묘개체군의 생장이 다르게 이루어질 수 있다. 본 연구는 플러그묘 생산용 풍동을 이용하여 기류속도와 생육실내 플러그묘의 위치가 인공광하의 플러그묘의 생장에 미치는 영향을 구명하고자 시도되었다.

재료 및 방법

기류속도 제어가 인공광하의 플러그묘 개체군의 생육에 미치는 효과를 분석하고자, 김과 古在(1996)가 개발한 플러그묘 생산용 풍동을 사용하였다. 생육 실험은 실내온도와 상대습도가 각각 $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ 로 유지되는 대형 growth chamber 내에서 이루어졌다. 인공광원으로 형광등을 사용하였으며, 실험기간

동안 생육실내의 배지 표면에서 광합성광량속밀도(photosynthetic photon flux density)의 평균값은 $300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 나타났다. 풍동내의 생육실에서 기류속도는 각각 0.3, 0.5, 0.7 및 $0.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 4수준으로 조절되었다. 공시 플러그묘로서 사용된 가지(*Solanum melongena* L.)는 발아실에서 본엽이 2매 전개되기까지 발아과정을 거친 후 본 실험에 사용되었다. 광주기는 24 시간으로서 명기와 암기는 각각 16 및 8 시간이었다.

공시 플러그묘의 생육조사는 실험개시후 0.5 및 10일째에 이루어졌으며, 200공의 플러그트레이 2매가 들어있는 생육실내의 전부, 중앙 및 후부에서 각각 6주씩 조사하였다. 생장량으로 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. 묘 개체군의 순광합성속도는 김과 古在(1997)가 측정한 적산법에 의해서 결정되었다.

결과 및 고찰

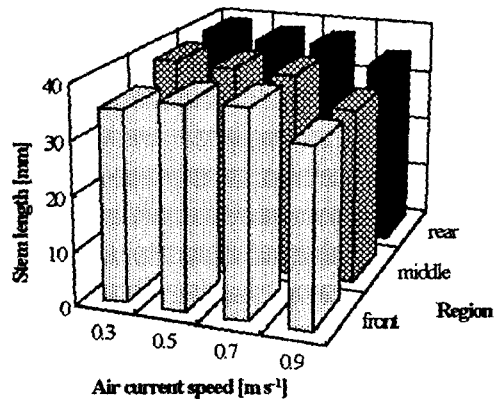


Fig. 1. Stem length of plug seedlings as affected by the air current speed and region in two plug trays.

그림 1은 기류속도와 생육실의 위치에 따른 플러그묘의 줄기 길이를 나타낸 것이다. 기류속도 0.3, 0.5 및 0.7 $m \cdot s^{-1}$ 에서 줄기 길이에 미치는 기류속도의 영향은 큰 차이가 없으므로 나타났으나, 0.9 $m \cdot s^{-1}$ 에서는 생육실내의 전부·중앙·후부의 모든 위치에서 줄기 길이가 크게 감소하는 것으로 나타났다. 한편 생육실의 후부로 향할수록, 즉 기류의 진행방향을 따라 플러그묘의 줄기 길이가 다소 신장되는 것으로 나타났다.

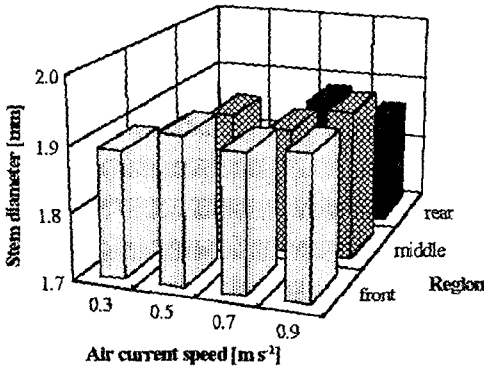


Fig. 2. Stem diameter of plug seedlings as affected by the air current speed and region in two plug trays.

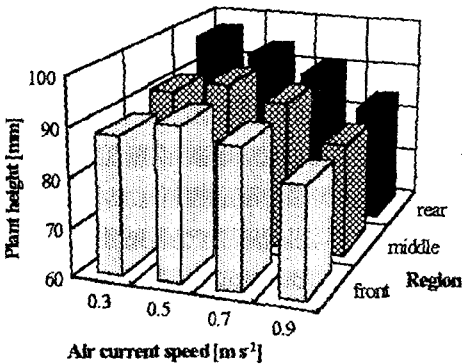


Fig. 3. Plant height of plug seedlings as affected by the air current speed and region in two plug trays.

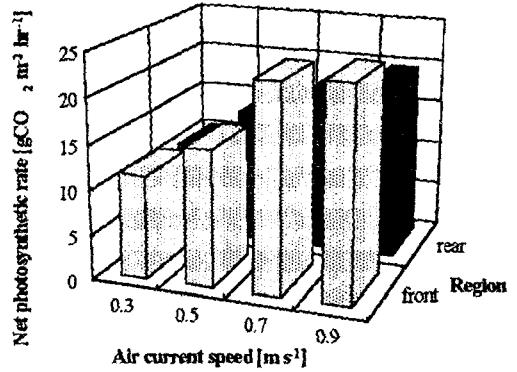


Fig. 4. Net photosynthetic rate of plug seedlings as affected by the air current speed and region in two plug trays.

기류속도와 생육실내의 위치가 줄기 직경에 미치는 효과가 그림 2에 실려 있다. 줄기 직경은 생육실의 위치에 따른 영향을 받아 전부에서 높게 나타났으며, 후부로 향할수록 줄기 직경이 작게 나타났다. 4수준의 기류속도 처리에서 줄기 직경이 모두 비슷하여 줄기 직경에 미치는 기류속도의 영향은 거의 없는 것으로 판단된다.

그림 3은 기류속도와 생육실의 위치에 따른 플러그묘의 초장을 나타낸 것이다. 기류속도의 증가에 따라 초장은 감소하였으나, 생육실의 후부로 향할수록 줄기 직경과 마찬가지로 초장이 증가하는 경향을 나타내었다.

실험개시후 5일째에 기류속도와 생육실내의 위치에 따른 묘개체군의 순광합성속도가 그림 4에 실려 있다. 기류속도가 일정하게 유지되는 풍동내에서 플러그묘 개체군 입의의 높이에서의 기류층이 상하의 다른 기류층과 혼합이 이루어지지 않는 것으로 가정할 경우 생육실 입구와 중앙부에서 묘개체군의 높이별 CO_2 농도차, 중앙부와 출구 측에서 묘개체군의 높이별 CO_2 농도차는 생육실내 전부와 후부에 위치한 플러그묘에 의해서 흡수된 CO_2 농도에 해당된다. 그러므로 플러그묘의 순광합성속도는 각각의 위치에서 묘개체군에 의해 흡수된 CO_2 농도를 기준으로 계산된다. 기류속도가 증가함에

따라 묘개체군의 순광합성속도가 증가하는 가운데 0.7~0.9 m·s⁻¹에서 최고치를 나타내었다. 한편 후부에서의 순광합성속도는 전부에서의 그것과 비교할 때 다소 작게 나타났다.

표 1은 기류속도가 플러그묘의 생육 특성에 미치는 영향에 대한 Duncan의 다중 검정 결과에 해당된다. 기류속도 0.9 m·s⁻¹에서 줄기 길이, 줄기 길이에 대한 줄기 직경의 비, 초장, 엽수, 지하부 생체중 및 건물중, 순광합성속도는 유의성이 인정될 만큼 작게 나타났다. 한편 지하부 생체중 및 건물중, 순광합성속도는 0.9 m·s⁻¹에서 가장 높게 나타났으며, 0.3, 0.5 및 0.7 m·s⁻¹의 기류속도가 플러그묘의 생육에 미치는 효과는 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기류속도가 증가할수록 묘개체군내의 포차가 증가하고, 앞에서의 수분포텐셜이 감소되었기 때문인 것으로 판단된다. 김과 古在(1996c), Kim 등(1996)은 기류속도의 증가에 따라 묘개체군내의 상대습도가 감소하고, 포차가 증가하여 증산이 활발하게 이루어지므로 앞에서의 수분포텐셜이 감소됨을 보고한 바 있다. 묘개체군의 순광합성속도는 0.9 m·s⁻¹와 0.7 m·s⁻¹에서 높게 나타났는데,

0.3 m·s⁻¹에서의 순광합성속도에 비해서 거의 2배에 이르렀다. 이것은 기류속도가 증가할수록 CO₂의 확산이 빠르게 이루어지기 때문이다. 김과 古在(1996a)에 의하면 0.9 m·s⁻¹에서의 공기 확산계수는 0.3 m·s⁻¹에서의 확산계수에 비해서 약 2배로 보고되어 상기 결과를 뒷받침하고 있다. 그러므로 공기의 확산속도와 묘개체군의 순광합성속도는 상호 밀접한 관계를 지니고 있음을 알 수 있다. 한편 플러그묘 생체중 또는 건물중의 T/R비는 기류속도와 무관하게 각각 2.8~3.5, 3.2~3.9로서 비슷하게 나타났다. 또한 건물중은 기류속도와 무관하나 지상부에서 8.1~9.4, 지하부에서 10.1~10.9로서 지하부에서 다소 높게 나타났다.

표 2는 생육실내에서 묘개체군의 위치에 따른 생육 특성을 나타낸 것이다. 줄기 직경은 후부에서 작게 나타났는데 이것은 생육실내 후부에 위치한 묘개체군내의 미기상 요소 가운데 상대습도가 높고 포차가 낮게 유지되었기 때문인 것으로 판단된다. 이 밖에 줄기 직경에 대한 줄기 길이의 비, 지하부 건물중 및 엽면적은 생육실내의 위치에 따라 유의성이 인정되었다.

Table 1. Effects of air current speeds on the growth of plug seedlings under artificial lighting.

Air current speed [m·s ⁻¹]	Stem length [mm]	Stem diameter [mm]	Ratio of stem length to diameter	Plant height [mm]	No. of leaves	Fresh wt. [mg·plant ⁻¹]	
						Top	Root
0.3	37.4a ^x	1.86a	20.0a	92.0a	5.9a	733.3a	241.7ab
0.5	37.6a	1.88a	20.1a	92.8a	5.9a	746.7a	212.2c
0.7	37.7a	1.89a	19.9a	89.9a	6.0a	753.3a	219.4bc
0.9	33.1b	1.90a	17.5b	83.3b	5.7b	716.7a	257.8a

^x Means with the same letter are not significantly different at 5% level.

Table 1(continued). Effects of air current speeds on the growth of plug seedings under artificial lighting.

Air current speed [m · s ⁻¹]	Dried wt. [mg · plant ⁻¹]		T/R ratio		Dry matter [%]		Leaf area [cm ²]	Net photosynthetic rate [gCO ₂ · m ⁻² · hr ⁻¹]
	Top	Root	Fresh	Dried	Top	Root		
0.3	72.7a	19.7b	3.0a	3.7a	8.1b	10.1a	16.1a	11.0c
0.5	75.3a	19.1b	3.5a	3.9a	9.0ab	10.1a	15.8a	15.1bc
0.7	75.7a	20.2b	3.4a	3.8a	9.2a	10.1a	16.0a	20.3ab
0.9	78.0a	24.2a	2.8a	3.2a	9.4a	10.9a	16.2a	21.6a

Table 2. Effects of the region in two plug trays on the growth of plug seedings under controlled air current speed.

Region	Stem length [mm]	Stem diameter [mm]	Ratio of stem length to diameter	Plant height [mm]	No. of leaves	Fresh wt. [mg · plant ⁻¹]	
						Top	Root
Front	35.5a ^x	1.91a	18.5b	87.6b	5.9a	745.0a	234.6a
Middle	36.5a	1.87a	19.3ab	89.5ab	5.9a	707.5a	235.4a
Rear	37.4a	1.85b	20.3a	91.5a	5.9a	760.0a	228.3a

^x Means with the same letter are not significantly different at 5% level.

Table 2(continued). Effects of the region in two plug trays on the growth of plug seedings under controlled air current speed

Region	Dried wt. [mg · plant ⁻¹]		T/R ratio		Dry matter [%]		Leaf area [cm ²]	Net ^y photosynthetic rate [gCO ₂ · m ⁻² · hr ⁻¹]
	Top	Root	Fresh	Dried	Top	Root		
Front	80.3a	21.5a	3.2a	3.8a	9.2a	10.8a	15.7a	18.3a
Middle	71.5a	21.1a	3.0a	3.4a	9.0a	10.1b	16.0b	
Rear	74.5a	19.9b	3.3a	3.8a	8.7a	9.9b	16.3c	15.7a

^y Net photosynthetic rate was measured at the front and rear region in two plug trays.

적 요

본 연구에서는 인공광하의 풍동내에서 기류속도와 생육실내의 위치가 플러그묘 개체군의 생장에 미치는 효과를 분석하였다. 기류속도가 증가하면 묘개체군내에서의 상대습도는 감소하나, 포차는 증가한다. 이에 따라 증산이 활발하게 이루어져 잎에서의 수분포텐셜이 저하되며, 묘개체군 위에서 공기역학적 저항이 감소함에 따라 확산계수가 높게 나타난다. 그 결과로서 $0.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 기류속도에서 줄기 길이, 줄기 직경에 대한 줄기 길이의 비, 초장, 엽수는 유의성이 인정될 만큼 작게 나타났다. 묘개체군의 순광합성속도는 기류속도의 증가와 함께 증가되면서 $0.7 \sim 0.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 에서 높게 나타났다. 생육실내의 위치 즉 기류의 진행방향을 따라 줄기 직경과 지하부 건물중은 감소하였으나, 줄기 직경에 대한 줄기 길이의 비와 엽면적은 증가하는 것으로 나타났다. 이밖에 플러그묘의 생체중 또는 건물중에 대한 T/R비는 기류속도의 변화와 무관하게 각각 2.8~3.5, 3.2~3.9로서 비슷하게 나타났으나, 건물중은 지상부에서 8.1~9.4, 지하부에서 10.1~10.9로서 지하부에서 다소 높게 나타났다. 그러므로 기류속도의 크기와 기류의 진행방향에 따라 묘개체군 위에서의 확산계수가 다르게 나타나며 이로 인하여 묘개체군의 생장 차이가 나타남을 알 수 있다. 따라서 식물묘공장과 같이 인공광을 이용한 반폐쇄 식물생산 시스템에서 품질이 균일한 묘를 생산하려면 묘개체군의 미기상에 기초한 적정 환경조건의 확립이 요구된다.

인 용 문 헌

1. 김용현, 古在豐樹. 1996. 인공광하의 공정육묘용 풍동설계 및 공정묘 개체군상의 공기역학적 특성. 한국농업기계학회지 21(4): 429-435.
2. 김용현, 古在豐樹. 1996. 인공광하에서 공정묘 개체군상의 공기역학적 저항 및 확

산계수. 한국생물생산시설환경학회지 5(2):152-159.

3. 김용현, 古在豐樹. 1996. 기류속도가 인공광하에서 공정묘 개체군의 미기상에 미치는 영향. 한국생물생산시설환경학회지 5(2):160-166.
4. 김용현, 古在豐樹. 1997. 플러그묘 개체군의 순광합성속도 측정. 한국농업기계학회지 22(3): 311-316.
5. 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.
6. (社)日本施設園藝協會. 1994. 新園藝育苗システム. 養賢堂.