

폐쇄형 육묘 시스템에서의 파프리카 묘 생산에 적합한 재배 기간 및 암면 블록의 크기

곽유리나¹ · 김동섭² · 전창후^{1,2*}

¹서울대학교 농업생명과학연구원, ²서울대학교 식물생산과학부

Optimum Cultivation Period and Rockwool Block Size for Paprika Transplant Production using a Closed Transplant Production System

Yurina Kwack¹, Dong Sub Kim², and Changhoo Chun^{1,2*}

¹Research Institute of Agriculture and Life Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

²Department of Plant Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

Abstract. This study was conducted to investigate the effect of cultivation period and rockwool block size on the growth and early yield of paprika transplants grown in a closed transplant production system. Paprika seeds were sown and germinated in three different size of rockwool blocks (45 × 40 × 35, 70 × 70 × 60, 100 × 100 × 65 mm) and cultivated in a closed transplant production system for 23, 30, and 37 days after sowing. Paprika transplants were cultivated using 100 × 100 × 65 mm rockwool blocks in a greenhouse following a conventional and typical production method for comparing with the growth of paprika transplants grown in a closed transplant production system. Also, we transplanted paprika transplants grown for 23, 30, and 37 days in a closed transplant production system and greenhouse to rockwool slabs and investigated fresh weight of fruits and yield 125 days after sowing. The growth of paprika transplants grown in 70 × 70 × 60 mm rockwool blocks in a closed transplant production system was highest, and the quality of paprika transplant grown in a closed transplant production system was better than in a greenhouse. Rockwool block size and cultivation period in a closed transplant production system did not affect fresh weight of fruits, however, yield was largest when paprika transplants were cultivated using 70 × 70 × 60 and 100 × 100 × 65 mm rockwool blocks for 23 days in a closed transplant production system. These results suggest that decreasing rockwool block size and cultivation period can be strategically used to enhance transplant quality and yield of paprika, as paprika transplants were cultivated in a closed transplant production system.

Additional key words : *Capsicum annuum* L., greenhouse, root-zone volume, seedling

서 론

국내에 파프리카가 도입된 이래 재배 면적과 생산량은 꾸준히 증가하고 있으며, 2012년에는 재배 면적이 430ha, 생산량이 50,642톤으로 수출 유망 작물로 각광받고 있다(MAFRA, 2013). 파프리카와 같은 과채류의 묘소질은 정식 후 생육에 커다란 영향을 미치며, 우수한 묘소질을 가진 묘는 정식 후 환경에 적응이 쉽고 관리가 용이하여 궁극적으로 수량 증가 및 품질 향상을 기대할 수 있다(Kozai et al., 2000; Markovic et al., 2000). 그러나 대부분의 육묘가 외부 환경의 영향을 쉽게 받는 온실에서 이루어지고 있기 때문에 묘의 생육 및 형태

형성이 기후에 쉽게 좌우되어 고온기 혹은 저온기에 고품질 파프리카 묘를 안정적으로 생산하기 어렵다(Chun, 2002; Lee et al., 2012).

2000년 이후에 원예 작물의 고품질 묘 생산을 목적으로 외부 환경과 차단되어 인공광을 이용하는 폐쇄형 육묘 시스템이 개발, 보급되었다(Kozai et al., 2000). 폐쇄형 육묘 시스템은 광도, 명기, 온습도, 이산화탄소 농도 등 식물 생육과 밀접한 관련이 있는 환경 요인들을 정확하게 조절할 수 있어서 묘소질이 우수하고 균일한 묘를 단기간에 생산할 수 있으며(Kim et al., 2005), 재배상을 다단(多段)으로 구성할 수 있기 때문에 온실 대비 면적당 생산량을 10배 가까이 높일 수 있다(Kozai, 2008).

묘 생산 시 경제성을 높이기 위해서는 재배 일수를 단축시키고 면적당 생산량을 높이는 것이 중요하다. 육묘 시 적정 수준으로 근권 부피를 제한하는 것은 재식 밀도 및 단위면적당 생산량을 증가시키고 재료비를 줄여서

*Corresponding author: changhoo@snu.ac.kr

Received May 21, 2014; Revised May 27, 2014;

Accepted June 11, 2014

묘 생산 효율성을 높일 수 있다. 특히, 폐쇄형 육묘 시스템은 광, 기온, 풍속 등 재배 환경 요소들의 제어가 가능하므로 온실 대비 높은 재식 밀도를 유지하여도 생육 저하 없이 효율적인 묘 생산이 가능하다. 그러나, 육묘 일수 단축 및 근권 제한을 통해서 육묘 효율성을 높이는 대부분의 연구가 온실 재배에 한정되어 있다 (Kratky et al., 1982; Weston, 1988). 파프리카 온실 재배 시 육묘 일수와 근권 부피가 묘소질 및 초기 생육에 미치는 영향을 보고한 연구는 있었으나(Choi et al., 2012; Lee et al., 2001), 폐쇄형 육묘 시스템에서의 연구는 전무한 실정이다. 본 연구는 폐쇄형 육묘 시스템을 이용한 파프리카 묘 생산 효율을 높이기 위한 적정 육묘 기간 및 암면 블록의 크기를 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

파프리카(*Capsicum annuum* L. cv. Magnifico, Syngenta, Basel, Switzerland) 종자를 암면 블록에 파종하고 기온 25°C, 상대 습도 100%인 발아실에서 7일간 발아시켰다. 암면 블록의 크기는 S: 45 × 40 × 35, M: 70 × 70 × 60, 및 L: 100 × 100 × 65mm 3가지로 하였고(Table 1), 발아 후 폐쇄형 육묘 시스템에서 육묘하였다. 폐쇄형 육묘 시스템 내 광원은 백색 형광등을 이용하였고 기온 25/20°C(명암기), 명기 16시간, PPF 200μmol·m⁻²·s⁻¹, CO₂ 농도 800μmol·mol⁻¹로 유지하였다. 온실 처리구는 온실 관행 재배에서 사용되는 100 × 100 × 65mm의 암면 블록에 파종하고 7일간 발아실에서 발아시킨 후 서울대학교 부속 농장 내 유리 온실에서 육묘하였다. 온실에서 육묘를 시작한 2011년 5월 14일부터 파종 후 37일째인 6월 13일까지 30일간 온실 내 평균, 최고, 최저 기온은 각각 23.5, 32.8, 17.0°C였다(Fig. 1). 육묘 단계에서 양액의 pH와 EC를 각각 5.5와 2.4dS·m⁻¹로 유지하였으며, 폐쇄형 육묘 시스템에서는 저면 관수 방식으로 온실에서는 점적 관수 방식으로 공급하였다. 파종 후 23, 30, 37일에 처리구당 6주씩 파프리카 묘의 초장, 엽수, 절간 수, 경경, 생

체중, 건물중을 측정하였다.

파종 후 23, 30, 37일간 재배한 파프리카 묘를 처리구당 6주씩 암면 슬라브(1000 × 200 × 75mm)에 정식하였다. 정식 후 재배 기간 동안 양액의 pH와 EC는 각각 5.5와 3.0dS·m⁻¹로 유지하였으며 점적 관수 방식으로 공급하였다. 주당 2줄기씩 유인하여 파종 후 125일에 착과된 모든 과실의 평균 과중을 조사하였다. 통계 분석은 SAS System 9.3(SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA)을 이용하여 Duncan의 다중 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

파종 후 23일과 30일의 파프리카 묘의 생육은 암면 블록의 크기가 70 × 70 × 60mm인 M처리구에서 가장 좋았다(Table 2, 3). 파종 후 37일의 파프리카 묘의 초장

Table 1. Size and volume of rockwool blocks used in this experiment.

Treatment	Size (L × W × H mm)	Volume (cm ³)
S	45 × 40 × 35	63
M	70 × 70 × 60	294
L	100 × 100 × 65	650

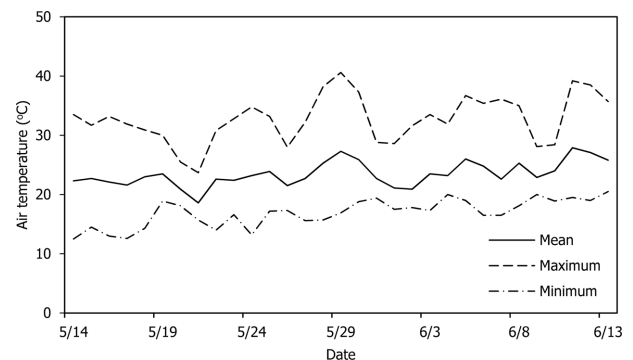


Fig. 1. Mean, maximum, and minimum air temperature in a greenhouse during transplant production period (May 14 - June 13, 2011).

Table 2. The effect of rockwool block size on growth of paprika transplants cultivated in a closed transplant production system for 23 days after sowing.

Treatments	Plant height (mm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves (/plant)	No. of internodes (/plant)	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)		R/S ratio
					Shoot	Root	Shoot	Root	
S	38.3c ^z	1.6c	4.2b	2.0b	0.93c	0.21c	0.08d	0.01c	0.16b
M	46.0b	2.6a	6.0a	3.0a	1.73a	0.50a	0.20a	0.04a	0.22a
L	43.2bc	2.2b	5.7a	2.8a	1.24b	0.35b	0.15b	0.03b	0.20ab
Greenhouse ^y	53.0a	2.0b	4.5b	2.0b	1.19b	0.38b	0.12c	0.03b	0.25a

^z Means in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range tests at $P \leq 0.05$.

^y The size of rockwool block used in the greenhouse was 100 × 100 × 65 mm.

Table 3. The effect of rockwool block size on growth of paprika transplants cultivated in a closed transplant production system for 30 days after sowing.

Treatments	Plant height (mm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves (/plant)	No. of internodes (/plant)	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)		R/S ratio
					Shoot	Root	Shoot	Root	
S	49.8c ^z	2.2c	6.0c	3.5d	2.02c	0.56c	0.21c	0.04c	0.18b
M	71.3b	5.0a	12.0a	7.8a	6.10a	2.57a	0.71a	0.23a	0.32a
L	57.5bc	4.1b	10.7a	6.5b	3.64b	1.44b	0.46b	0.14b	0.29a
Greenhouse	135.8a	3.8b	8.0b	5.5c	5.78a	1.44b	0.50b	0.09bc	0.18b

^z Means in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range tests at $P \leq 0.05$.

^y The size of rockwool block used in the greenhouse was $100 \times 100 \times 65$ mm.

Table 4. The effect of rockwool block size on growth of paprika transplants cultivated in a closed transplant production system for 37 days after sowing.

Treatments	Plant height (mm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves (/plant)	No. of internodes (/plant)	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)		R/S ratio
					Shoot	Root	Shoot	Root	
S	80.8c ^z	4.3b	11.0c	8.2c	5.25c	1.55c	0.63c	0.13c	0.20b
M	103.5b	5.8a	23.3a	10.5a	11.51b	6.18a	1.40b	0.66a	0.46a
L	79.0c	6.1a	19.8b	9.0bc	9.90b	4.97ab	1.25b	0.48ab	0.37a
Greenhouse	277.8a	4.8b	12.0c	9.7ab	21.52a	3.87b	1.78a	0.35bc	0.20b

^z Means in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range tests at $P \leq 0.05$.

^y The size of rockwool block used in the greenhouse was $100 \times 100 \times 65$ mm.

및 지상부 생체중은 온실에서 재배한 처리구에서 가장 높았으나, 엽수 및 지하부 생육이 폐쇄형 육묘 시스템에서 재배한 처리구보다 낮았다(Table 4).

온실에서 재배 기간이 길어질수록 온실 재배구의 파프리카 묘는 급격하게 도장하였고 충분한 엽수를 확보하지 못하여 건물중이 낮았다. 반면, 폐쇄형 육묘 시스템에서는 적정 재배 환경 설정 및 유지가 용이하기 때문에 균일하고 우수한 묘소질을 가진 묘의 생산이 가능하였다. 폐쇄형 육묘 시스템에서 재배한 파프리카 묘의 엽수 및 건물중은 높고 초장은 짧아 온실에서 재배한 파프리카 묘보다 묘소질이 향상되었다. Lee et al.(2012)은 형광등을 광원으로 이용하는 폐쇄형 육묘 시스템에서 파프리카 묘를 재배하였을 때 온실 대비 엽면적은 증가하고 초장은 짧아져 묘소질이 향상된 것을 확인하였다.

육묘 일수가 길어져도 압면 블록의 크기가 $70 \times 70 \times 60$ mm인 M처리구에서 파프리카 묘의 지상부와 지하부 생육이 가장 좋았으며 R/S율도 높았다. 압면 블록의 크기가 작은 $45 \times 40 \times 35$ mm(S처리구)에서는 근권 제한에 따른 파프리카 묘의 생육 저하를 보였으나 압면 블록의 크기가 $100 \times 100 \times 65$ mm(L처리구)로 증가하여도 파프리카 묘의 생육은 오히려 M처리구보다 낮았다. 이전 연구들에서는 근권 부피가 증가할수록 묘의 지상부 및 지하부 생육이 증가한다고 보고되었으나 본 연구에서는 중

간 크기의 압면 블록을 사용하였을 때 지상부 및 지하부 생육과 R/S율이 가장 높았다. 압면 블록의 크기가 증가할수록 함유할 수 있는 수분량은 증가한다. 그러나 작물이 흡수하는 수분량은 고정되어 있으므로 육묘 기간동안 S처리구는 건조 스트레스를, L처리구는 과습 스트레스를 받은 것으로 생각된다. Block(1999)은 토마토 압면 재배시 초반에는 수분 함량을 40%로, 후반에는 60%로 유지하는 것이 적정하며 오히려 압면 내 낮은 수분 함량이 지하부 생육을 촉진한다고 보고하였다.

정식 후 125일에 조사한 평균 과중은 육묘 일수 및 압면 블록 크기에 따른 차이를 보이지 않았으나 과중 후 37일간 온실에서 재배한 처리구는 상대적으로 정식 후 초기 생육이 매우 불량하였다(Table 5). 37일간 온실에서 재배한 파프리카 묘는 정식 시기가 6월 중순으로 늦어지면서 고온 스트레스를 받아 초기 수량이 매우 낮았던 것으로 보여진다. 23, 30일간 온실에서 재배한 파프리카 묘는 5월 중에 압면 슬라브에 정식되었기 때문에, 압면 블록보다 훨씬 표면적이 넓은 압면 슬라브가 많은 수분을 흡수하고 열전도율을 낮추어 근권부 고온 스트레스를 감소시켜 초기 생육 불량을 회피할 수 있었던 것으로 생각된다.

단위면적당 수량은 23일간 폐쇄형 육묘 시스템에서 재배한 S, M, L 및 온실 처리구에서 각각 35.2, 41.6,

Table 5. The effects of root volume and cultivation period of paprika transplants in a closed transplant production system on fresh weight of paprika fruit at 125 days after sowing.

Treatment		Fresh weight (g/fruit)
DAS	Block size	
23	S	133a ^z
	M	116ab
	L	135a
	Greenhouse ^y	139a
30	S	124a
	M	124a
	L	67b
	Greenhouse	164a
37	S	168a
	M	144a
	L	134a
	Greenhouse	0c

^z Means in columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range tests at $P \leq 0.05$.

^y The size of rockwool block used in the greenhouse was 100 × 100 × 65 mm.

42.2 및 20.0ton ha⁻¹로 평균 과중이 가장 높았던 37일간 폐쇄형 육묘 시스템에서 재배한 S처리구(12.1 ton ha⁻¹) 보다 훨씬 높았다. 폐쇄형 육묘 시스템에서 파프리카 육묘시 암면 블록의 크기보다 육묘 일수가 정식 후 초기 수량에 더 큰 영향을 주며 육묘 일수를 23일까지 줄일 수 있음을 확인할 수 있었다. Choi et al.(2012)은 온실 재배시 육묘 일수가 30일인 처리구에서 파프리카 수량이 가장 높았으며 40일 이상 처리구에서는 감소하였다고 보고한 바 있다. 폐쇄형 육묘 시스템은 작물의 최적 재배 환경을 일정하게 유지할 수 있으므로 온실에서 동일한 기간을 재배한 작물에 비하여 상대적으로 생육 속도가 빠르기 때문에 적정 육묘 일수를 단축시킬 수 있었다고 생각된다.

브로콜리(Dufault and Waters, 1985), 토마토(Weston and Zandstra, 1986), 파프리카(Weston, 1988) 등의 작물에서 육묘 단계에서의 근권 제한이 묘의 생육 및 정식 후 초기 생육을 억제시키나 총 수량에는 영향을 미치지 않는다고 보고된 바 있다. 본 연구에서는 파종 후 125일 후 한 번만 과실 수량을 조사하였으므로 폐쇄형 육묘 시스템에서 육묘시 근권 제한이 정식 후 총 수량에 미치는 영향은 확인할 수 없었다. 그러나, 폐쇄형 육묘 시스템을 이용하여 파프리카 묘를 재배했을 때 온실 관행 재배시보다 작은 크기(70 × 70 × 60mm)의 암면 블록을 사용하고 육묘 기간을 23일로 단축하여도 우수한 품질의 묘를 생산할 수 있

음을 확인하였다. 따라서 폐쇄형 육묘 시스템을 이용하여 묘 생산시, 작은 크기의 암면 블록을 사용하고 육묘 기간을 단축함으로써 재료를 감축하고 단위 면적당/단위 기간내 묘 생산량을 증가시켜서 경제적인 파프리카 건전묘 생산이 가능할 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 폐쇄형 육묘 시스템에서의 파프리카 묘 생산에 적합한 재배 기간 및 암면 블록의 크기를 구명하기 위하여 수행되었다. 파프리카 종자를 세 가지 크기의 암면 블록(45 × 40 × 35, 70 × 70 × 60, 100 × 100 × 65mm)에 파종하고 형광등을 인공 광원으로 이용하는 폐쇄형 육묘 시스템에서 23, 30, 37일간 재배하였다. 또한, 온실에서 100 × 100 × 65mm의 암면 블록을 이용하여 관행 재배한 파프리카 묘를 온실 처리구로 설정하였다. 육묘 일수와 관계없이 70 × 70 × 60mm의 암면 블록에서 육묘한 파프리카 묘의 지상부, 지하부 생육 및 R/S율이 가장 높았으며, 온실에서 관행 재배한 처리구보다 폐쇄형 육묘 시스템에서 재배한 파프리카 묘의 소질이 우수하였다. 폐쇄형 육묘 시스템과 온실에서 23, 30, 37일간 재배한 파프리카 묘를 암면 슬라브에 정식하고 초기 수량을 조사하였다. 파종 후 125일의 파프리카 평균 과중은 암면 블록 크기와 육묘 일수의 영향을 거의 받지 않았으나, 단위 면적당 수량은 70 × 70 × 60와 100 × 100 × 65mm의 암면 블록을 이용하여 23일간 폐쇄형 육묘 시스템에서 재배한 처리구에서 가장 높았다. 따라서, 폐쇄형 육묘 시스템에서 파프리카 육묘시 관행 재배보다 작은 70 × 70 × 60mm의 암면 블록을 이용하고 육묘 일수를 23일로 단축하여도 우수한 품질의 파프리카 묘를 생산할 수 있음을 확인하였다.

추가 주제어 : 근권 부피, 묘소질, 온실, 환경 조절

인용문헌

Block, C. 1999. Air/water management in rockwool slabs. *Acta Hort.* 481:79-88.
 Choi, G.L., M.W. Cho, J.W. Cheong, M.Y. Roh, H.C. Rhee, and Y.I. Kang. 2011. Effect of nursery period and block size on growth and yield of paprika. *J. Bio-Env. Con.* 20:263-268.
 Chun, C. 2002. Closed-type systems for producing high quality transplants of floral horticultural crops. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 20:191-196.
 Dufault, R.J. and L. Waters, Jr. 1985. Container size influences broccoli and cauliflower transplant growth but not yield. *HortScience* 20:682-684.

- Kim, S.K., P.J. Seo, and C. Chun. 2005. Development of a transplant production module using artificial lighting for high quality vegetable transplant production. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23:388-395.
- Kozai, T. 2008. Closed systems for high quality transplants using minimum resources, p. 275-312. In: S.D. Gupta and Y. Ibaraki (eds.). *Plant tissue culture engineering*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Kozai, T., C. Kubota, C. Chun, K. Ohyama, and F. Afreen. 2000. Necessity and concept of the closed transplant production system, p. 3-19. In: C. Kubota and C. Chun (eds.). *Transplant production in the 21st century*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Kratky, B.A., J.K. Wang, and K. Kubojiri. 1982. Effects of container size, transplant age, and plant spacing on Chinese cabbage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:345-347.
- Lee, J.S., H.I. Lee, and Y.H. Kim. 2012. Seedling quality and early yield after transplanting of paprika nursed under light-emitting diodes, fluorescent lamps and natural light. *J. Bio-Env. Con.* 21:220-227.
- Lee, J.W., K.Y. Kim, and Y.M. Yu. 2001. Effect of nutrient solution strength, seedling age, and container size on seedling quality and yield of 'Spirit' colored bell pepper (*Capsicum annum* L.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:300-304.
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs). 2013. <http://www.mafra.go.kr>.
- Markovic, V., M. Djurovka, Z. Ilin, and B. Lazic. 2000. Effect of seedling quality on yield characters of plant and fruits of sweet pepper. *Acta Hort.* 533:113-120.
- Weston, L.A. 1988. Effect of flat cell size, transplant age, and production site on growth and yield of pepper transplants. *HortScience* 23:709-711.
- Weston, L.A. and B.H. Zandstra. 1986. Effect of root container size and location of production on growth and yield of tomato transplants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:498-501.