

Research Report

육묘 기간에 따른 고추 묘의 소질과 정식 후 생육 및 수량

김호철^{1,2}, 조윤희¹, 구양규^{1,2}, 배중향^{1,2*}

¹원광대학교 원예산업학과

²원광대학교 생명자원과학연구소

Seedling Qualities of Hot Pepper according to Seedling Growth Periods and Growth and Yield after Planting

Ho Cheol Kim^{1,2}, Yun Hee Cho¹, Yang Gyu Ku^{1,2}, and Jong Hyang Bae^{1,2*}

¹Department of Horticulture Industry, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

²Institute of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

Abstract: This study was carried out to investigate seedling quality, growth characteristics and yield of hot pepper (*Capsicum annuum*) grown in the open field according to seedling growth periods (SGPs) of 45, 55, 65, 75, and 85 days. Before planting, plant height, node number, leaf area, fresh and dry weight of seedlings were high in longer-SGP treatments, the T/R ratio was high in SGP 45 and SGP 85 treatments compared with other treatments. At 10 weeks after planting, plant height, stem diameter and leaf area of plants treated with SGP 45 and SGP 55 were significantly higher compared to other treatments. Fresh and dry weight of the plant with SGP 45 treatment was greatest, however, the dry matter percentage with SGP 45 was low compared to other treatments. Fruiting number and weight per plant were highest in SGP 45 treatment. Shorter SGP treatments such as 45 and 55 days gave greatly increased total weight of ripened fruit at 18 weeks after planting. Our results showed that SGP for hot pepper grown in the open field influences plant growth parameters and marketable yield, so that SGP 45 to SGP 55 is optimum to cultivate hot pepper plant.

Additional key words: *Capsicum annuum*, dry matter percentage, leaf area, seedling

서 언

국내에 공정 육묘 생산시스템이 도입되면서 노동력 절감과 균일한 묘의 대량 생산이 가능해져 그 수요가 꾸준히 증가하고 있다. 공정 육묘 산업은 시설재배 면적의 증가와 함께 묘의 규격화가 대두되면서 확대되었다(Yeoung et al., 2002). 공정육묘는 균일한 묘를 생산할 뿐만 아니라 생산 시기 및 생산량의 제어가 가능하다(Shin et al., 2000). 농업 선진국들은 공정육묘법의 도입으로(MAFRA, 1997) 균일한 묘의 대량생산과 작물 생산의 분업화 등이 가능해졌다(Ito, 1992; Jeong, 2002). 국내에서는 1990년대에 들어 전문적인 육묘

생산업이 도입 및 보급되기 시작하였다(Shin, 1997). 묘의 소질 및 이후 생산성에는 육묘일수, 셀(근권부) 크기, 관수 관리법 등 다양한 요인에 따라 영향을 받는다(Kim et al., 2001; Lee and Suh, 2009; Yu et al., 2002). 이들 중 육묘일수는 정식 후 활착과 수량 등에 영향을 주는데 토마토 재배에서는 육묘일수가 4-5주 정도의 어린 묘를 이용하는 것이 좋고(Bae et al., 2013; Leskovar et al., 1991), 오이 재배에서는 육묘일수가 긴 묘일수록 정식 후 초기 수량이 증가하는 것으로 보고되었다(Yu et al., 2002). 하지만 대부분 시설 재배에서 이용됨에 따라 지나치게 어린 묘는 도장할 우려가 있고 초세 안정이나 수량에 영향을 줄 수 있다(Lee and Kim, 1999; Shin, 1997).

*Corresponding author: bae@wku.ac.kr

※ Received 15 May 2015; Revised 15 July 2015; Accepted 19 July 2015. This research was supported by Wonkwang university in 2013.

© 2015 Korean Society for Horticultural Science

묘의 소질 저하는 육묘 과정 중 높은 재식밀도에 의한 도장 (Zhang et al., 2003), 관행적 생산 기술 적용, 묘 소질 기준의 모호함에서 발생하는데 이에 관련된 다양한 요인들은 생산 성과 경영비에 영향을 준다(Kemble et al., 1994). 국내에서는 종자값의 영향으로 자가 육묘가 대부분으로(KREI, 2011) 공정 육묘의 전반적인 체계 확립이 어렵고, 작목마다 묘 소질의 규격이 설정되지 않아 생산자와 소비자 간 분쟁이 빈번하게 발생하고 있어 이에 대한 대책이 시급하다.

이에 본 연구는 노지 재배 홍고추 ‘배로파’를 대상으로 육묘 일수에 따른 묘의 소질 차이와 이러한 차이가 정식 후 생육 및 수량에 미치는 영향을 구명하여 국내 공정묘 규격의 체계화를 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 홍고추 ‘배로파’ 품종을 대상으로 전북에 위치한 플러그 육묘장에서 육묘 기간별로 묘를 양성하여 원광대학교 실습 포장에 정식하여 수행하였다. 육묘 기간 설정은 전북 지역의 관행적인 파종 후 65일을 기준으로 -20일(45일), -10일(55일), +10일(75일) 및 +20일(85일)로 하였다. 파종일은 정식일을 미리 정한 후 처리마다 역산하여 결정하였고, 처리당 50셀 트레이 5개에 파종하였다. 환경 관리는 주간에는 $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 야간에는 $18 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도는 $80 \pm 5\%$ 로 관리하였다. 육묘 기간에 따라 생산된 묘는 처리마다 한 트레이에서 12주씩 총 60주를 무작위 선발한 후 20주는 육묘 기간에 따른 묘 특성 조사에, 나머지는 정식 후 생육 특성 조사에 사용하였다. 정식은 2013년 5월 10일에 재식거리를 $60\text{cm} \times 35\text{cm}$ 로 하였고, 시험구 배치는 난괴법으로 5집구, 집구당 8주씩 랜덤으로 배치하였다. 양성된 묘의 소질은 초장, 마디수, 엽면적, 꽃수, 착과수, 그리고 지상부와 지하부를 구분하여 생체중, 건물중, 건물물, T/R율을 조사하였다. 정식 후 생육 조사는 4주째부터 2주 간격으로 집구당 2주

(처리당 10주)씩 선발하여 묘 소질 특성 조사 항목 외에 줄기직경과 수확량을 추가적으로 조사하였다. 줄기직경은 첫 번째 마디 아래 1cm 위치를 캘리퍼스(500-182, Mitutoyo Co., Kawasaki, Japan)로 측정하였고, 엽면적은 엽면적기(LI-3100, LI-COR, Lincoln, USA)로 측정하였다. 건물중은 각 기관별로 분류하여 80°C 의 건조기에서 2일 정도 건조하여 무게를 측정하였다. 생체중과 건물중을 이용하여 건물물과 T/R율은 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{건물물} = \text{DW}/\text{FW} \times 100 (\%) \quad (1)$$

- DW: 식물체 총 건물중
- FW: 식물체 총 생체중

$$\text{T/R ratio} = \text{DW1}/\text{DW2} \quad (2)$$

- DW1: 지상부(줄기 + 엽 + 꽃 + 과실) 건물중
- DW2: 지하부(뿌리) 건물중

정식 후 착과수 변화를 알아보기 위해 과실 직경 3cm 이상인 완전히 착과된 과실을 2주(week) 간격으로 누적 조사하였다. 정식 후 초기 수확량 패턴을 알아보기 위해 80% 이상 착색된 성숙과를 정식 후 12주, 16주, 18주 총 3회 수확하여 비교하였고, 연구기간 동안 총 수확량은 3회의 성숙과 수확량을 합하여 나타내었다. 처리간 평균 비교는 SPSS 프로그램(Version 19.0, SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하여 95% 신뢰수준에서 Duncan의 다중범위 검정(Duncan's multiple range test)을 이용하였다.

결과 및 고찰

육묘 기간에 따라 생산된 고추 묘의 소질 차이

육묘 기간에 따라 생산된 고추 묘의 생육 특성을 살펴보

Table 1. Plant growth characteristics of hot pepper treated with different seedling growth periods before planting.

Seedling growth period (days)	Plant height (cm)	Node number (No.)	Leaf area (cm ²)	Flower number (No.)	Fruiting number (No.)
45	18.1 e ^z	8.0 c	77.1 d	0.0 b	0.0 c
55	21.0 d	8.7 b	105.1 c	0.0 b	0.0 c
65	22.8 c	9.0 b	105.3 c	1.2 a	0.9 b
75	28.0 b	9.7 a	132.0 b	1.0 a	0.6 b
85	35.6 a	10.0 a	166.5 a	0.7 a	2.4 a

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

Table 2. Plant fresh and dry weight of hot pepper treated with different seedling growth periods before planting.

Seedling growth period (days)	Fresh weight (g)			Dry weight (g)		
	Shoot (A)	Root (B)	A + B	Shoot (A)	Root (B)	A + B
45	4.31 e ^z	1.71 d	6.02 (2.5) ^y	0.50 d	0.10 d	0.60 (5.0)
55	5.87 d	3.18 c	9.05 (1.8)	0.77 c	0.29 c	1.06 (2.7)
65	7.32 c	3.87 b	11.19 (1.9)	1.17 b	0.48 b	1.65 (2.4)
75	8.68 b	4.43 a	13.11 (2.0)	1.28 b	0.47 b	1.75 (2.7)
85	17.67 a	4.59 a	22.26 (3.8)	2.42 a	0.54 a	2.96 (4.5)

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

^yData in parentheses are T/R ratio = shoot weight (A) / root weight (B).

면(Table 1), 육묘 기간이 긴 묘일수록 초장, 마디, 엽면적, 꽃수 및 과실수, 생체중 등은 증가하는 경향을 나타냈다. 특히, 초장, 절간수 및 엽면적은 육묘 기간에 의해 뚜렷한 차이를 나타내었다. 그리고 65일 이상 묘부터 꽃의 개화나 일부 수정이 되어 착과된 유과가 나타나기 시작하였다. 상기 결과는 Yu et al.(2002)이 오이 접목묘의 육묘 일수 증가에 따라 엽면적이 증가한다는 연구결과와 일치하였다.

고추 묘의 생체중 및 건물중도 육묘 기간이 긴 묘일수록 무거웠다(Table 2). Yu et al.(2002)의 연구에서도 오이 접목묘의 건물중은 육묘 일수가 길수록 증가한다고 하였다. 하지만 식물체의 생체중 및 건물중 대비 뿌리의 비율은 45일 및 85일 묘들에서 뚜렷이 낮은 경향을 나타내었다(data not shown). 특히, 건물중으로 본 T/R율은 45일 및 85일 묘에서 각각 5.0 및 4.5로 다른 처리구들의 2배 가량 높았다. 이러한 차이는 뿌리 건물중과 T/R율을 고려할 때 유엽의 생성에 따른 옥신(Auxin) 이동의 영향으로 생각된다. 45일 묘에서는 발아 후 1차 줄기 성장과 엽의 확장 단계로 뿌리부로의 옥신 이동량이 적었고, 85일 묘에서는 1차 줄기 성장과 엽의 확장, 그리고 옥신 이동에 따른 뿌리 발육 축진이 끝나고 다시 2차 줄기 성장과 엽의 확장 단계로 진입하여 옥신 이동이 조정되었기 때문으로 생각된다. 나머지 육묘 기간에서 생산된 묘들에서는 뿌리부로의 옥신 이동에 의해 뿌리 발육이 활발한 단계로 생각된다.

육묘 기간에 따라 생산된 고추 묘의 정식 후 생육 특성 및 수량

육묘 기간에 따라 생산된 고추 묘를 정식한 후 10주째에 초장, 줄기직경, 엽면적을 조사하였다(Table 3). 모든 특성이 45일 묘에서 가장 높았고, 65일 묘에서 가장 낮았다. 그리고 75일 묘를 제외하고는 55일 이하와 초과 묘들 간 뚜렷한 차이를 나타내었다. 특히, 정식 후 6주에서 8주 사이에 45일

Table 3. Plant height, stem diameter, and leaf area of hot pepper treated with different seedling growth periods at 10 weeks after planting in the open field.

Seedling growth period (days)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf area (cm ² /plant)
45	113.6 a ^z	18.8 a	7,295.0 a
55	107.8 ab	15.4 bc	6,802.0 a
65	93.7 d	14.9 c	4,339.8 c
75	103.1 bc	17.2 ab	6,574.3 b
85	98.1 cd	15.3 c	4,927.4 bc

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

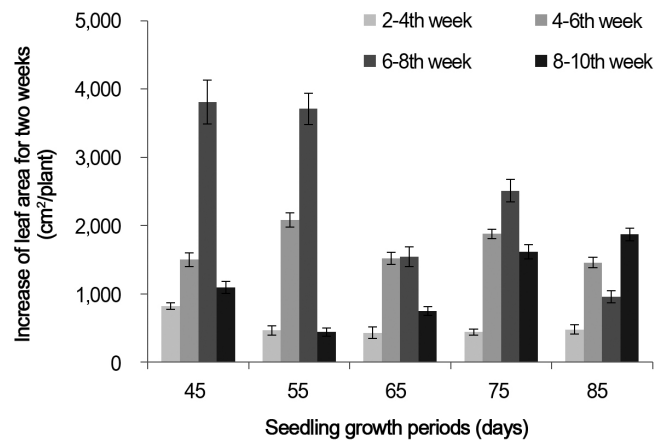


Fig. 1. Increment of leaf area in hot pepper plant treated with different seedling growth periods per two weeks for 10 weeks after planting in the open field. Vertical bars represent standard error of the mean (n = 10).

및 55일 묘에서 다른 묘들에 비해 엽면적이 급격이 증가하였다(Fig. 1). 이러한 엽면적 증가량 변화를 고려할 때 육묘 일수가 짧았던 묘들에서 정식 후 뿌리 활착이 빨랐고 이에

따라 양·수분 흡수 및 이용 효율이 높았던 것으로 생각된다. Shin(1997)은 고추 묘의 육묘 일수에 따라 정식 후 생육 후 기에는 육묘일수가 긴 묘에서 작물생장속도(CGR)가 둔화되었고, Ibrahim et al.(2013)은 착색 단고추(sweet pepper)에서 8-14주 동안 육묘된 묘들 중 육묘 일수가 짧은 묘에서 정식 후 엽면적, 초장, 측지수 등이 많았다는 연구결과와 상당히 일치하였다. 하지만 Yu et al.(2002)는 오이 접목묘의 정식 후 4주째 조사에서는 육묘 일수가 긴 묘를 사용할 때 생육이 좋았다고 하였다. 이는 정식 후 조사 시기와 작목이 다르므로 상호 결과가 일치 또는 불일치한다고 단정할 수 없었다.

육묘 기간에 따라 생산된 고추 묘를 정식한 후 10주째에 생체중 및 건물중을 조사한 결과(Table 4), 생체중과 건물중은 45일 및 75일 묘에서 유의하게 높았다. 하지만 건물률은 생체중이 가벼웠던 65일 및 85일 묘에서 높았다. 양·수분 흡수 측면에서 45, 55 및 75일 묘들에서 건물률이 낮은 것을 고려하면 정식 후 초기에 양·수분 흡수가 원활히 되어 줄기 신장(Table 3), 엽면적 증가(Fig. 1)와 같은 영양 생장이 잘

Table 4. Plant fresh and dry weight, and percentage of dry matter of hot pepper treated with different seedling growth periods at 10 weeks after planting in the open field.

Seedling growth period (days)	Total fresh weight (A) (g/plant)	Total dry weight (B) (g/plant)	Dry matter (B/A × 100) (%)
45	1,287.6 a ^z	206.9 a	16.1 b
55	815.1 b	142.2 c	17.4 b
65	751.9 b	166.5 bc	22.1 a
75	1,105.7 a	184.0 ab	16.6 b
85	785.7 b	159.1 bc	20.2 a

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

Table 5. Change of total weight of fruits set of hot pepper treated with different seedling growth periods per two weeks for 10 weeks after planting in the open field.

Seedling growth period (days)	Total weight of fruit set (g/plant)				Coefficient of line regression
	4 th week	6 th week	8 th week	10 th week	
45	9.9 b ^z	120.1 ab	473.0 a	770.6 a	131.8
55	30.4 a	138.5 a	404.0 a	493.0 bc	82.7
65	29.4 a	125.9 ab	257.0 b	457.2 c	70.7
75	27.6 a	81.2 bc	259.2 b	624.6 ab	98.5
85	31.6 a	64.0 c	169.1 b	408.1 c	61.7

^zDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

이루어진 것으로 생각된다.

육묘 기간에 따라 생산된 고추 묘를 정식한 후 10주 동안 착과 무게 변화를 살펴본 결과(Table 5), 정식 후 4주째까지 착과 무게는 45일 묘에서 유의하게 낮았고, 다른 묘들 간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 6주째에는 75일 및 85일 묘에서 다른 묘들에 비해 유의하게 낮았다. 2주 간격으로 조사된 착과수를 이용하여 1차 선형회귀식($y = ax + b$)을 도출한 결과(data not shown), 착과수의 증가속도(회귀계수 a)는 45일 묘에서 131.8로 가장 높았던 반면 85일 묘에서는 45일 묘의 46.8% 정도인 61.7로 아주 낮았다. 이러한 차이는 45일 묘에서 초기 엽면적 확보(Fig. 1)가 잘 되어 광합성률이 높아 영양생장이 잘 이루어졌고 이후 생식전환도 잘 이루어져 과실로의 동화산물 분배가 잘 되었기 때문으로 생각된다.

육묘 기간에 따라 생산된 고추 묘를 정식한 후 10주 동안

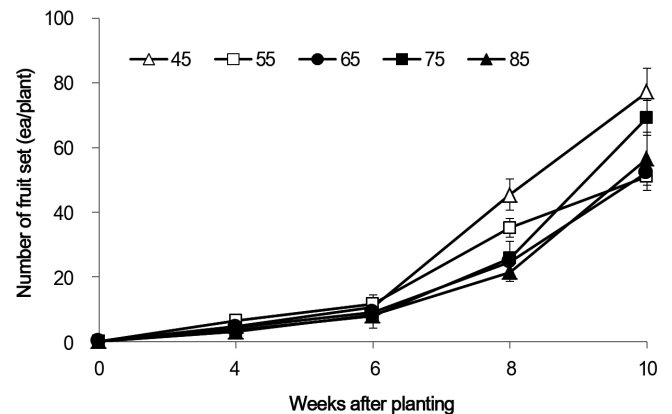


Fig. 2. Number of fruit set in hot pepper plant treated with different seedling growth periods for 10 weeks after planting in the open field. Vertical bars represent standard error of the mean ($n = 10$). 45, 55, 65, 75, and 85 indicate seedling growth periods (days).

고추의 착과수 변화를 살펴보았다(Fig. 2). 육묘 기간 45일 묘에서 평균 77.1개/주로 가장 많았고, 55일 묘에서 51.1개/주로 가장 적은 경향이었다. 정식 후 6주째 조사까지는 육묘 기간 차이에 따른 착과수 차이를 보이지 않았지만 8주째 조사에서부터 차이를 나타내었다. 이러한 결과를 보면 45일 묘에서 정식 후 뿌리 활착이 빨랐을 것이고 이에 따라 생체 중 대비 양·수분 흡수량이 다른 묘에 비해 많아 지상부 생육(엽면적) 증가량이 많았고(Fig. 1), 생식생장으로의 전환뿐

만 아니라 과실로의 동화산물 분배율도 높았을 것으로 생각된다. 반면 육묘 기간이 긴 묘들에서는 상반되는 과정을 걸쳤을 것으로 생각되며 75일 묘의 상이한 결과는 어떠한 변인에 의해 발생하였는지 검토가 요구된다. Leskovar et al. (1991)은 토마토의 어린 묘가 성숙 묘에 비해 정식 후 뿌리 활착이 빨랐다고 하였고, Ibrahim et al.(2013)은 착색 단고추(sweet pepper)를 8주-14주까지 육묘 기간을 달리하여 정식하였을 때 개화율 50% 개화까지는 육묘 기간이 긴 묘에서 먼저 도달하나 단위면적당 과실의 수 및 무게는 짧은 묘에서 높았다고 하였다.

육묘 기간에 따라 생산된 고추 묘를 정식한 후 12주째, 16주째 및 17주째에 수확된 성숙과의 무게를 살펴본 결과(Fig. 3), 육묘 기간 75일 묘를 제외하고는 45일 및 55일 묘에서 3회 모두 수확량이 많은 경향을 나타내었다. 연구 기간 동안 성숙과의 총 수확량도 유사한 결과를 나타내었다(Fig. 4). 본 수확량 결과는 육묘 일수가 짧은 45-50일(본엽 8매 정도) 토마토 묘를 정식하였을 때 육묘 일수가 긴 토마토 묘보다 수확량이 높았다는 Lee and Kim(1999)의 연구 결과와 동일하였다. 하지만 Kim et al.(1999)는 육묘 일수에 따른 토마토 생육 연구에서 45일 묘와 60일 묘 간 상품 수량의 차이가 없었다고 하였고, Shin(1997)도 고추의 육묘 일수가 짧을수록 첫 수확일이 늦어지나 최종 수량에서는 육묘 일수가 긴 관행적 묘와 차이를 나타내지 않았다고 하였다. 이러한 연구 결과들을 고려하면 재배 현장에서 동일한 작물일지라도 다양한 요인에 의해 성장 및 수량이 변할 수 있다(Leskovar et al., 1991).

상기 결과들을 종합하여 보면 홍고추 ‘베로마’의 육묘 기간은 현장에서 활용되고 있는 65일보다 보다 짧아야 할 것으로 사료된다. 본 연구 결과에 따르면 고추 노지 재배 시 육묘 기간 45일-55일 정도의 묘를 정식하는 것이 생육 및 수확량 증대에 적합할 것으로 판단된다. 하지만 동일 작목이라도 작형, 재배방식, 재배지 등 다양한 요인에 따라 달라질 수 있으므로 차후 더 세밀한 연구들이 진행되어야 할 것이다.

초 록

본 연구는 고추 묘의 소질과 정식 후 생육 및 수량에 대한 육묘 기간(45, 55, 65, 75일 및 85일)의 영향을 알아보고자 수행하였다. 육묘 기간에 따라 정식 전 고추 묘의 초장, 마디 수 및 엽면적, 생체중 및 건물중은 육묘 기간이 긴 묘일수록

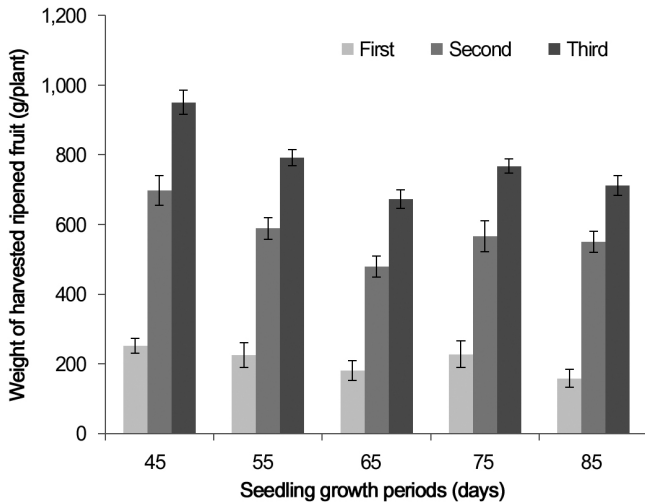


Fig. 3. Harvested ripened fruit weight per hot pepper plant treated with different seedling growth periods for 18 weeks after planting in the open field. First, second, and third harvest time are 12th, 16th and 18th week after planting, respectively. Vertical bars represent standard error of mean (n = 10).

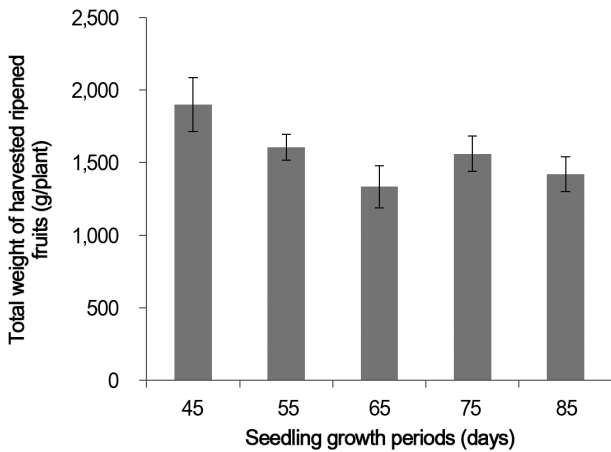


Fig. 4. Total weight of harvested ripened fruits per hot pepper plant treated with different seedling growth periods for 18 weeks after planting in the open field. Vertical bars represent standard errors (n = 10).

높았고, T/R율은 45일 및 85일 묘에서 높았다. 육묘 기간에 따라 생산된 고추 묘의 정식 후 10주째에 초장, 경경, 엽면적은 45일 및 55일 묘에서 뚜렷이 높았다. 식물체의 생체중 및 건물중은 45일 묘에서 무거웠지만, 건물률은 가장 낮았다. 착과된 과실의 수 및 무게는 45일 묘에서 가장 높았다. 정식 후 18주 동안 성숙과 수확량은 45일 및 55일 묘에서 많은 경향을 나타내었다. 상기 결과들을 종합하면 고추의 생육 및 상품과 생산량은 45일과 55일 묘에서 좋았다. 그러므로 노지 재배 시 고추 묘의 육묘 기간은 45일에서 55일 사이가 적합할 것으로 판단된다.

추가 주요어 : 고추, 건물률, 엽면적, 묘

인용문헌

- Bae, J.H., P.H. Jeong, I.H. Yu, H.O. Boo, and Y.G. Ku. 2013. Effect of seedling age on plant growth characteristics, photosynthetic rate and antioxidant enzymes of tomato grown in soil culture. *J. Korean Soc. People Plants Environ.* 16:407-413.
- Ito, T. 1992. Present state of transplant production practices in Japans horticultural industry. p. 65-82. In: K. Kurata and T. Kozai (eds.). *Transplant production system*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Ibrahim, H.M., F.O. Olanatan, and R.O. Oyewale. 2013. Age of seedling at transplanting influenced growth and fruit yield of sweet pepper (*Capsicum annum* L. cv. Rodo). *Net J. Agric. Sci.* 1:107-110.
- Jeong, B.R. 2002. Current status and problems in the transplant production of floral crops. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 20:197-204.
- Kemble, J.M., J.M. Davis, G. Gardner, and D.C. Sanders. 1994. Spacing, root cell volume, and age affect production and economics of compact-growth-habit tomatoes. *HortScience* 29:1460-1464.
- Kim, C.K., J.Y. Oh, and S.J. Kang. 2001. Effect of plug cell size and seedling age on growth and yield of chinese chives (*Allium tuberosum* R.). *J. Korean Soc. Hortic. Sci.* 42:167-170.
- Kim, Y.B., Y.H. Hwang, and W.K. Shin. 1999. Effects of root container size seedling age on growth and yield of tomato. *J. Korean Soc. Hortic. Sci.* 40:163-165.
- Korea Rural Economic Institute (KREI). 2011. Research report. A Study on the current state and development strategies of raising seedling industry. p. 85. (in Korean)
- Lee, E.J. and J.K. Suh. 2009. Effect of watering control on growth and bulb size of plug seedling in onion (*Allium cepa* L.) set production. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 27:167-173.
- Lee, J.W. and K.Y. Kim. 1999. Effect of seedling age and transplanting depth on growth and yield of tomato. *J. Korean Soc. Hortic. Sci.* 40:412-415.
- Leskovar, D.I., D.J. Cantliffe, and P.J. Stoffella. 1991. Growth and yield of tomato plants in response to age transplant. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116:416-420.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 1997. Development and application of a standard greenhouse model and of an automated system of plug seedling production.
- Shin, Y.A. 1997. Studies on optimal seedling quality for mechanical transplanting and growth regulation in plug seedling of hot pepper. Ph. D. thesis. Konkuk Univ.
- Shin, Y.A., K.Y. Kim, Y.C. Kim, T.C. Seo, J.H. Chung, and H.Y. Park. 2000. Effect of plug cell size and seedling age on seedling quality and early growth after transplanting of red pepper. *J. Korean Soc. Hortic. Sci.* 41:49-52.
- Yeoung, Y.R., J.Y. Jeon, and S.Y. Shim. 2002. Characteristics of root development and seedling quality during pepper seedling growth in copper-coated plug trays. *J. Korean Soc. Hortic. Sci.* 43:151-154.
- Yu, Y.M., J.W. Lee, K.Y. Kim, Y.C. Kim, S.G. Lee, T.C. Seo, and H.K. Yun. 2002. Effect of seedling age and plug cell size on seedling quality, lateral vine development, and yield in white-spine cucumber. *J. Korean Soc. Hortic. Sci.* 20:5-9.
- Zhang, C.H., I.J. Chun, Y.C. Park, and I.S. Kim. 2003. Effect on the inhibition of over-growth of plug seedling by triazole-type growth regulator treatment. *J. Bio-Environ. Control* 12:139-146.