Protected Horticulture and Plant Factory, Vol. 27, No. 4:381-390, October (2018)
DOI https://doi.org/10.12791/KSBEC.2018.27.4.381
pISSN 2288-0992
eISSN 2288-100X

과채류 공정 육묘시 플러그 및 원통형 종이포트 육묘시스템 간의 생육특성 비교

장동철[1] · 권용우[1] · 최기영[2] · 김일섭[1]*
[1]강원대학교 원예학과, [2]강원대학교 시설농업학과

Comparison of Growth Characteristics Fruit Vegetable Seedlings Grown on Cylindrical Paper Pot Trays of Plug Trays

Dong-cheol Jang[1], Young-woo Kwon[1], Ki-young Choi[2], and Il-Seop Kim[1]*
[1]Department of Horticulture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea
[2]Department of Controlled Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

Abstract. This study was conducted to examine the growth characteristics of seedlings of several major fruit vegetables and compare them between plants grown with the conventional plug seedling system (Plug) and those grown with the cylindrical paper pot system (CPP). There were no significant differences in shoot growth characteristics, such as plant height, leaf area, dry weight, and fresh weight, between tomato, cucumber, and watermelon plants grown with the CPP and Plug systems. The total root lengths of tomato and cucumber plants grown with Plug were longer than those grown with CPP at the beginning of seedling growth, and the total root lengths of watermelon grown with Plug were longer than those grown with CPP throughout the whole seedling period. The length of root that separated five steps according to the diameter of the root of tomato did not differ between CPP and Plug, but those of cucumber and watermelon were 20-251% longer with Plug than with CPP for all kinds of roots. The fresh weight of Plug-grown tomato roots was about 30% heavier than that of CPP-grown tomato during the seedling period, but the difference decreased as growth progressed. Finally, there was no difference between plants before and after transplanting. The fresh weights of the Plug-grown plants were about 20-30% heavier than those of CPP-grown ones in terms of the whole seedling. After transplanting to the Wagner pot, the shoot growth of Plug-grown watermelon plants in terms of dry weight was low until 7 days had passed. However, this tendency was reversed from 8 days after transplantation onward. In conclusion, there were no significance differences in the growth of shoots between plants grown with the CPP and Plug systems. However, root development was better with Plug than with CPP.

Additional key words : Tomato, Cucumber, Watermelon, Seedling quality, Compactness, Root development

서 론

농업의 전문화·분업화 추세에 따라 국내 공정육묘장의 수와 면적은 지속적으로 증가하는 추세이다(KREI, 2014). 최근 공정육묘장의 새로운 패러다임으로, 기존의 플러그묘 생산시스템에 비해 지하부 환경 개선효과나 기계정식의 용이성 등의 장점이 있는 생분해성 자재를 사용한 원통형 종이포트 육묘 시스템이 시도되고 있으며, 금후 사용 확대가 예상된다. 이 시스템은 2014년 춘천의 '호반 육묘장'에서 국내 최초로 도입하여 상용화되고 있으며, 현재는 전국적으로 10개 이상의 육묘장에서 활용되고 있다.

원통형 종이포트 시스템은 덴마크의 Ellagard Co.에서 개발된 'Ellepot'과 노르웨이의 Jiffy Co.에서 개발된 'Jiffy Plug'가 있다. Ellagard Co.와 Jiffy Co.의 홍보자료에 따르면 두 가지 방식 모두 사용자가 원하는 크기와 종류로 다양하게 제작이 가능하고, 생분해성 종이로 상토를 감싸 전용 트레이에 담아서 육묘하는 방식은 동일하다. 하지만 'Jiffy Plug'는 필요 할 때마다 본사에 주문을 하여 사용하는 방식이고, 'Ellepot'는 생산 시스템 자체를 판매하여 농가에서 직접 생산하는 방식이라는 점이 차이가 있다. 이와 같은 이유로 대부분의 국내·외 공정육묘장에는 직접 생산이 가능한 Ellagard사의 'Ellepot system'을 사용하고 있다. 'Ellepot system'은 트레이 투입, 상토 충진, 포트 자르기, 관수 및 파종구멍 뚫기, 파

*Corresponding author: kimilsop@kangwon.ac.kr
Received September 17, 2018; Revised October 16, 2018; Accepted October 22, 2018

종 등의 5단계가 자동화 설비로 구성되어 있는데, 각 단계마다 다양한 종류의 장치가 준비되어 있어서 소비자의 요구에 따라 맞춤형으로 제작되고, 추후 유동적으로 변환이 가능한 것이 특징이다. 또한, 상토를 감싸는 생분해성 종이의 종류도 사용작목, 분해기간 및 재질에 따라 17가지의 종이를 선택하여 사용할 수 있다. 이 뿐 아니라 원통형 종이 포트묘의 특장점인 Air pruning 효과를 극대화 할 수 있는 전용 플라스틱 트레이가 직경 별로 80가지이상 개발되어 있기 때문에 다양하게 선택하여 사용할 수 있다. 이와 같은 다양한 장점으로 인해 기존의 Plastic pot, Loose filled trays, Plastic bags, Glue plug와 Plastic tubes 등의 대안으로 주목 받고 있다.

다른 육묘생산 시스템과 비교하여 원통형 종이 포트묘의 장점이 인정된 연구는, 원예작물 육묘에서 원통형 종이포트를 활용하면 뿌리 발달이 좋고, 정식 이후 수확량 증진에도 효과가 있다는 Ellagard 회사 자체 연구결과와 수목류의 육묘에서 Ellepot가 기존 포트육묘에 비해 뿌리의 생육이 촉진되었고, 뿌리 전정을 하지 않아도 단근의 효과를 가진다는 연구(Edward F. 등, 2012; Maguire와 Harun., 2007), 토마토와 오이에서 Ellepot묘가 기존 plug 육묘보다 지상부, 지하부 공히 묘소질이 좋았다는 연구(Kim, 2015)등이 보고되어 있다.

하지만 이와는 반대로 헤이즐넛 육묘시 Ellepot와 Plastic pot간의 차이가 없었다는 Shinan(2013)의 연구, 고추 육묘시 원통형 종이포트 묘의 생육은 기존의 플러그묘와 유사한 양상을 보였다는 Seo 등(2017)의 연구결과도 보고되어있다.

이뿐 아니라 화훼와 수목의 육묘시 종이포트 종이의 재질, 용량, 내부에 충진되는 상토의 종류등을 기존에 사용중인 다양한 종류의 육묘포트들과 비교하여 각 포트의 특성을 규명한 연구와(Paul 와 Ernesto, 2009), 정식 후 종이 및 충진 상토의 분해정도를 비교한 연구(Paul 등, 2009)도 수행되었다.

이와 같이 지금까지의 원통형 종이포트에 관한 연구는 화훼 및 수목 육묘시 사용하는 대형 플라스틱 포트를 대체하기 위한 관점으로 수행되었기 때문에 채소류 공정육묘에 관한 연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구는 기존의 플러그 육묘 시스템과 원통형 종이포트 시스템을 비교하여 주요 과채류 육묘의 생육 특성을 검토하고, 이를 바탕으로 원통형 종이포트 시스템에 적합한 육묘기술을 확립하기 위한 기초자료로 사용하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

기존의 플러그 육묘 시스템과 원통형 종이포트 시스템 간의 과채류 묘소질을 비교, 검토하기 위하여 토마토 '베테랑(부농종묘)', 오이 '베테랑(해오름종묘)', 수박 '당당한(팜한농)'을 공시 품종으로 사용하여, 강원대학교 온실에서 2017년 7월 25일 128-cell 플러그 트레이(Bumnong. Co., Ltd, Korea)에 파종하였다.

파종 후 32-cell로 이식을 위해 원통형 종이포트는 'Pindstrup'(EC 0.47dS·m^{-1}, pH 6.18, PINDSTRUP, Denmark) 상토를 생분해성 종이(상품명:'Hydroponics', Ellegaard, Denmark)로 감싸서[셀당 부피: 105ml(Ø 5cm × 높이 5.5cm)]로 제작하여, 32-cell 트레이(Bumnong. Co., Ltd, Korea)에 안치하였다. 플러그 시스템에서도 32-cell 트레이에 원통형 종이포트에서 사용한 동일한 상토를 같은 부피(105mm)로 각 셀마다 충진하였다.

세 작물 공히 본엽이 2~3매 전개된 시기인 2017년 8월 4일(토마토), 8월10일(오이, 수박)에 원통형 종이포트와 플러그에 각각 이식하였고, 시험구의 배치는 완전임의배치 3반복으로 하였다.

육묘 기간 중 온실환경은 일최저기온 25.5ºC, 일최고기온 37.5ºC, 일평균기온 22~28ºC범위로 유지하였다. 시비 및 관수는 본엽이 출현한 이후부터 육묘용 비료 '한방'(㈜코씰, Korea)을 EC 1.2-1.5dS·m^{-1} 농도로 1일 1-2회이상 두상 관수로 실시하였다.

육묘기의 생육조사는 묘의 생육단계를 초기, 중기, 후기의 3단계(Stage I, Stage II, Stage III)로 구분하여 토마토는 파종 후 22일, 32일 및 46일 째, 오이는 파종 16일, 24일 및 33일후, 수박은 파종 24일, 30일 및 36일 후에 반복별 5주씩 채취하여 초장, 엽면적, 줄기의 경경, T/R율, 각 기관별 생체중, 건물중 및 건물율을 조사하였다. 엽면적은 엽면적계(LI-3100, Area meter, LI-COR Inc., USA)로 측정하였고, 건물중은 건조기(Shellab-1501)로 70ºC에서 48시간 건조를 시킨 후에 측정하였다.

근권부 생육조사를 위한 뿌리의 세척은 종이포트와 뿌리의 상토를 1시간동안 불린 후 흐르는 물로 하였다. 세척 이후 알코올 용액에(30% isopropanol) 침지하여 냉장(4℃) 보관하면서(Bohm, 1979; Kucke et al, 1995), WinRHIZO 프로그램(WinRHIZO PRO 09, Regent Instruments Inc., Canada)을 이용하여 뿌리의 총 근장, 근경, root tip수, 뿌리 총 표면적을 조사하였고, 뿌리 굵기별 근장은 총 5단계(0.05mm이하, 0.05-0.1mm, 0.1-0.15mm, 0.15-0.2mm 및 0.2mm이상)로 구분하여 분석하였다. 아울러 지상부 건물중과 엽면적을 토대로 묘의 충실도(Compactness)와 비엽면적(Specific leaf area)을 계산하여 묘소질의 지표로 삼았다.

충실도(g·cm^{-1})= 지상부 건물중(g) / 초장(cm)
비엽면적(cm^2·g^{-1})= 엽면적(cm^2) / 엽신건물중(g)

육묘 후 정식 초기 두 시스템간의 생육을 검토하기 위하여, 오이는 2017년 8월 25일, 수박은 8월 30일, 토마토는 9월 24일 원예용 상토('바이오베스트', 동부팜한농, Korea)가 충진 된 Wagner 포트(Ø12cm × 높이 10.5cm, Gumsung. Co. Korea)에 정식하였다. 시험구의 배치는 난괴법 3반복으로 하였다. 생육조사는 지상부 및 지하부의 생체중과 건물중을 정식일부터 25일간 5일간격으로 5회 조사하였다. 조사주수는 반복별 5주로 하였고, 측정방법은 상기 육묘실험과 동일하였다.

본 실험을 위해서 측정된 양적 수치들은 SPSS(Ver. 24, IBM, USA) 프로그램을 이용하여 평균과 표준오차로 표시하였고, 시험구별 유의성은 student's t-test 분석법을 활용하여 5% 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

원통형 종이포트 육묘 시스템(이하 'CPP')과 플러그 육묘 시스템(이하 'Plug')에서의 토마토, 오이, 수박 묘의 지상부 생육을 조사한 결과를 Table 1과 Fig. 1에 나타내었다. 전반적으로 세 작목 모두 생육 초기, 중기(Stage

Table 1. Intercomparison result of shoot growth characteristics of tomato, cucumber and watermelon seedlings between cylindrical paper pot trays(CPP) and plug trays(Plug) according to seedling stage.

Crop	Seedling stage[z]	Tray type	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio (%)	Compact-ness[y] ($mg \cdot cm^{-1}$)	Specific leaf area[x] ($cm^2 \cdot g^{-1}$)
				leaf	stem	leaf	stem			
Tomato	I	CPP	2.63±0.21	0.79±0.14	0.44±0.10	0.07±0.01	0.03±0.01	9.84±9.11	14.4±2.4	317.8±105.4
		Plug	2.45±0.24	0.82±0.35	0.35±0.10	0.08±0.01	0.02±0.01	7.24±2.73	13.9±2.7	302.1±201.7
		Sig.[w]	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	II	CPP	5.26±0.49	3.41±0.38	3.44±0.50	0.34±0.05	0.19±0.02	15.88±2.81	33.2±4.1	400.1±72.5
		Plug	5.37±0.49	3.53±0.52	3.24±0.43	0.35±0.07	0.17±0.04	14.44±3.08	33.7±6.5	417.1±134.8
		Sig.	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
	III	CPP	6.57±0.45	9.38±0.88	8.48±1.53	1.04±0.15	0.84±0.15	22.46±2.74	68.4±10.0	285.7±62.4
		Plug	6.64±0.42	8.55±1.55	8.38±1.40	1.01±0.14	0.82±0.09	19.23±2.74	69.1±9.1	275.4±48.1
		Sig.	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS
Cucumber	I	CPP	3.02±0.24	1.10±0.18	0.45±0.11	0.12±0.02	0.02±0.01	13.88±4.47	37.7±6.6	305.6±31.1
		Plug	3.39±0.35	1.20±0.29	0.45±0.10	0.13±0.03	0.02±0.01	14.06±2.74	38.9±7.0	299.1±18.4
		Sig.	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	II	CPP	5.05±0.45	3.73±0.34	2.50±0.35	0.45±0.06	0.11±0.02	18.36±7.46	81.0±17.1	304.8±58.4
		Plug	5.13±0.50	3.72±0.33	2.52±0.38	0.44±0.05	0.12±0.01	12.15±4.00	79.4±6.4	280.9±22.5
		Sig.	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS
	III	CPP	5.61±0.60	5.80±0.56	4.67±0.82	0.70±0.11	0.32±0.06	16.26±2.22	89.5±23.2	320.1±67.6
		Plug	5.68±0.74	5.49±0.74	4.48±0.69	0.66±0.11	0.29±0.06	11.75±1.98	104.3±17.1	326.1±71.7
		Sig.	NS	NS	NS	NS	NS	***	NS	NS
Watermelon	I	CPP	4.94±0.56	2.80±0.51	2.74±0.58	0.32±0.09	0.14±0.04	51.41±39.25	64.8±9.9	317.4±58.8
		Plug	5.21±0.36	2.85±0.32	2.96±0.47	0.34±0.05	0.15±0.03	34.78±39.25	72.2±12.8	296.4±43.7
		Sig.	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	II	CPP	5.44±0.43	4.39±1.12	5.79±1.11	0.42±0.13	0.32±0.10	28.83±16.22	45.5±20.2	559.7±240.1
		Plug	5.55±0.47	4.29±0.60	5.59±0.74	0.40±0.08	0.32±0.06	24.45±10.32	44.2±13.0	499.1±148.3
		Sig.	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	III	CPP	5.73±0.34	7.46±0.79	12.43±2.32	0.98±0.15	0.92±0.16	32.95±5.98	41.9±6.4	334.7±74.4
		Plug	5.67±0.40	6.31±0.93	10.45±2.41	0.81±0.06	0.85±0.13	32.31±6.99	42.1±8.4	317.3±56.7
		Sig.	NS	***	**	***	*	NS	NS	NS

[z] Seedling stage : Tomato(I: 22days after sowing, II: 32days after sowing, III: 46days after sowing), Cucumber(I: 14days after sowing, II:22days after sowing, III:31days after sowing), Watermelon(I: 24days after sowing, II: 30days after sowing, III: 36days after sowing)
[y] Compactness is the values of the shoot dry weight divided by the plant height
[x] Specific leaf area is the values of the leaf dry weight divided by the leaf area
[w] NS, *, **, ***, Nonsignificant of significant at P=0.05, 0.01, 0.001, respectively in student's t-test

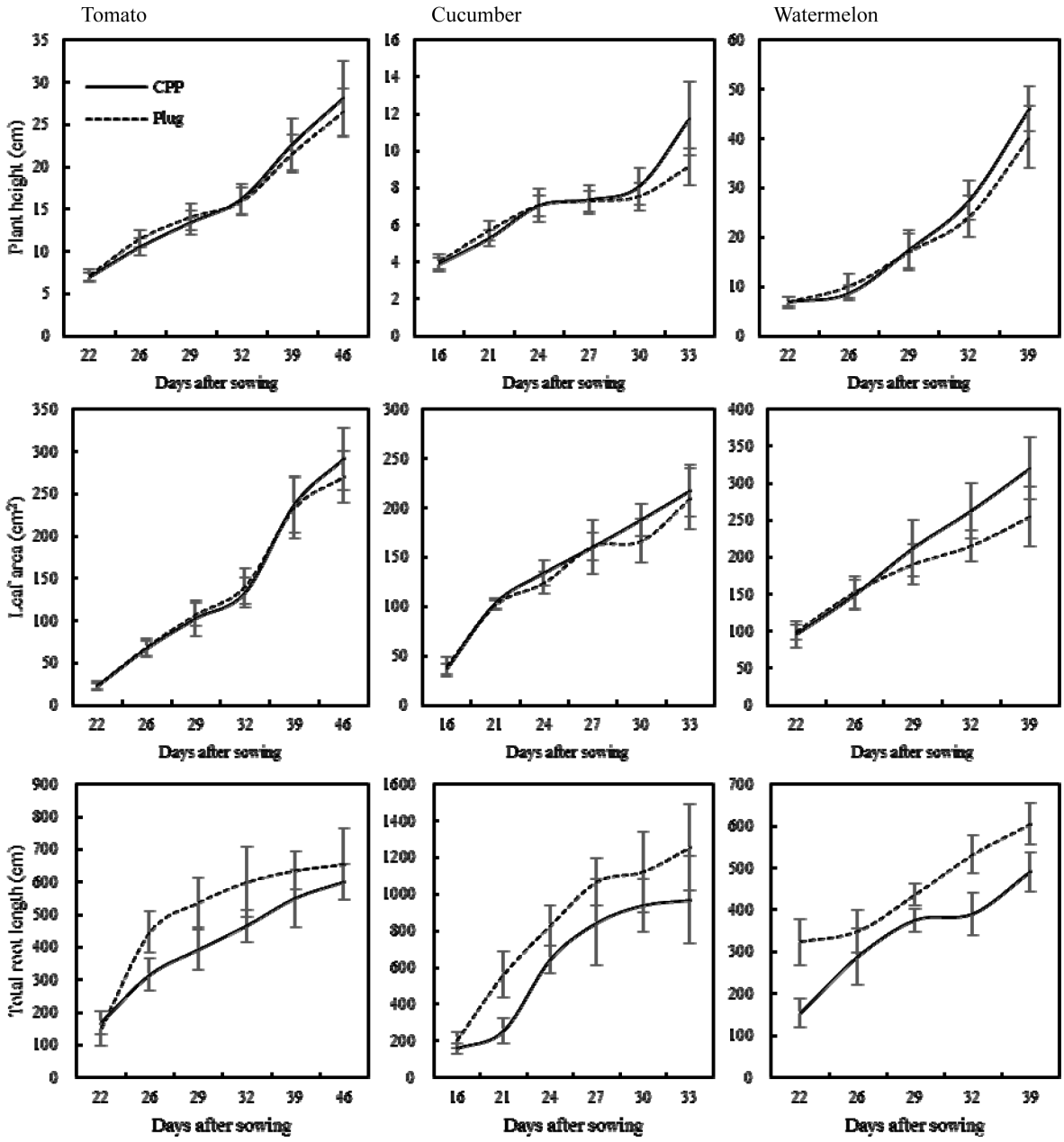

Fig. 1. Comparison of variation trend of plant height, leaf are and total root length of tomato(left), cucumber(middle) and watermelon(right) seedlings between cylindrical paper pot trays(CPP) and plug trays(Plug) during seedling period. The error bars represent the standard deviation of the mean (n=10).

I, II)에서는 CPP와 Plug 간의 차이가 없었고, Stage III에서는 CPP의 생체중과 건물중이 더 높은 경향을 보였지만 수박을 제외한 오이와 토마토는 통계적 유의차는 나타나지 않았다(Table 1). 이러한 결과는 원통형 종이포트묘의 생육이 플러그묘에 비해 우세하였다는 Kim(2015)의 보고와 일치하였고, 이와 같은 경향은 초장과 엽면적에서도 비슷하게 나타났다(Fig. 1). 토마토, 오이, 수박의 초장은 Stage I에서는 Plug 컸지만 Stage II 이후부터 역전되어 생육이 진전될수록 차이가 커지는 경향을 보였다. 엽면적도 초장과 같이 Stage II 이후부터 CPP가 Plug에 비해 넓어지는 경향을 보였고, 그 차이는 토마토, 오이, 수박의 순서로 컸다. 하지만 초장과 엽면적 모두 통계적으로 유의하지 않았다. 이러한 결과는 고추 육묘에서 플러그묘가 원통형 종이포트묘에 비하여 엽면적은 12~75%, 초장은 11~14% 더 컸다는 Seo 등(2017)의 보고와는 상이하였는데, 이는 공시 작목의 차

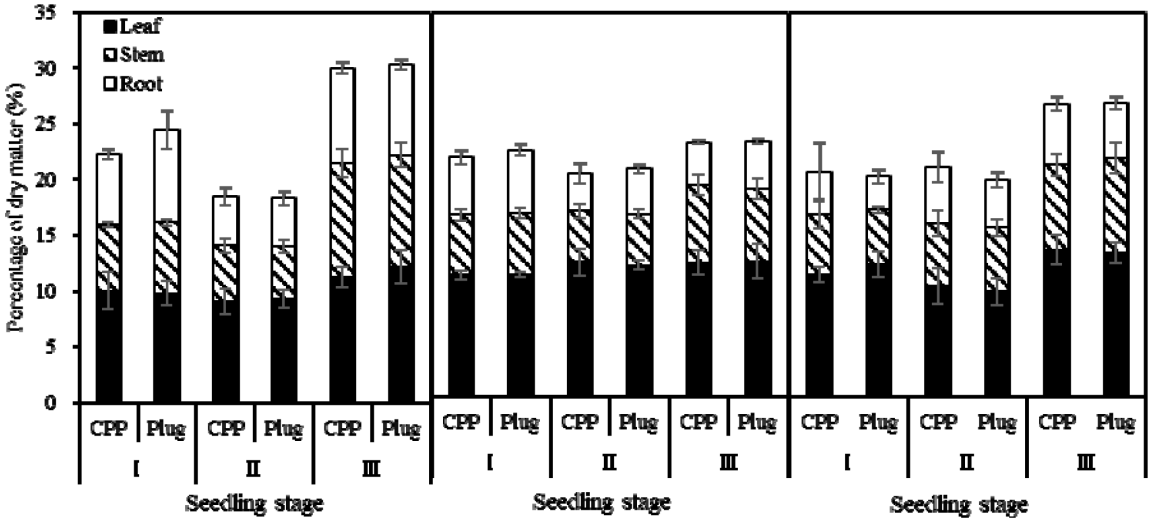

Fig. 2. Comparison of percentage dry matter of leaf, stem and root on tomato(left), cucumber(middle) and watermelon(right) seedlings between cylindrical paper pot trays(CPP) and plug trays(Plug) according to seeding stage. Seedling stages of tomato were 22(Stage I), 22(Stage II) and 46(Stage III) after sowing(left). Cucumber's seedling stages were were 16(Stage I), 22(Stage II) and 31(Stage III) after sowing. And watermelon's seedling stages were 24(Stage I), 30(Stage II) and 36(Stage III) after sowing. The error bars represent the standard deviation of the mean (n=10).

이뿐만 아니라, 두 시스템간의 상토 볼륨의 차이에 의한 것으로 판단된다(Choi 등, 2011). Seo 등(2017)의 시험에서는 상토의 양이 CPP는 53mmL, 플러그는 73mmL로 두 시스템간에 차이가 있었으나, 본 시험에서는 동일한 상토 양을 사용하여 비교하였다.

육묘의 충실도는 Stage I의 수박, Stage III의 오이에서 Plug의 충실도가 더 높았던 것을 제외하고, 전 육묘기간 동안 모든 작목에서 시험구간 차이가 없었다(Table 1). 줄기와 잎의 생체중 및 건물중은 Stage II의 토마토, Stage III의 수박에서 CPP가 높았는데, 이를 제외 하고는 CPP와 Plug는 유사하였다. T/R율 역시 Stage III의 토마토에서 16.7%, Stage II와 Stage III의 오이에서 CPP가 6.21%, 4.51% 높았던 것을 제외하고는 모든 지표에서 CPP와 Plug간의 유의미한 차이를 보이지 않았다.

각 기관별 건물율을 비교한 결과(Fig. 2), 모든 작물의 Stage III의 건물율이 가장 높았고, Stage II에서 조금 감소하는 경향을 보였다. 각 기관별 건물율은 잎이 가장 많았고, 토마토는 뿌리, 오이와 수박은 줄기의 건물율이 높았는데, 이는 가지과 채소와 박과 채소의 차이로 생각된다. 흥미로운 부분은 Stage I 토마토 뿌리의 건물율은 Plug가 CPP에 비해 1.93% 많았지만, Stage III에는 CPP가 0.38% 더 많아졌다. 이는 CPP 토마토의 T/R율이 Stage I부터 Stage III까지 1.44~3.23%의 차이로 꾸준히 높았던 것으로 미루어 보아(Table 1), CPP의 뿌리가 무게는 적을지라도 생산된 건물이 밀집된 충실한 뿌리가 형성되었다고 판단된다. 오이는 이와 반대로 CPP의 T/R율이 높고 건물율이 낮았기 때문에 Plug의 뿌리가 총량과 충실도 모두 높은 뿌리가 형성되었다고 생각된다. 수박은 전 기간동안 CPP 뿌리의 건물율이 꾸준히 높았지만, T/R율은 생육이 진전될수록 차이가 없어지는 경향을 보였는데, 육묘 후기의 수박의 잎과 줄기의 생체중 및 건물중이 모두 원통형 종이포트가 유의하게 많았음에도 T/R율이 비슷하다는 의미는 그만큼 CPP의 뿌리가 Plug보다 충실하고 빠르게 발달한 것이다. 이는 종이포트가 다른 육묘포트에 비해 뿌리발달 속도가 현저히 빨랐다는 Maguire 와 Harun(2007)의 연구와 일치하였다. 이와 같은 CPP와 Plug의 지하부 생육특성을 보다 자세하게 비교한 결과(Fig. 1, Table 2), 총 근장은 토마토, 오이, 수박 모두 Plug가 CPP보다 길었는데(Fig. 1), 이 차이는 토마토는 파종 26일후부터 29일까지, 오이는 파종 21일후, 수박은 파종 22일후와 29일후부터 39일후에 통계적으로 유의미한 차이를 나타내었다. 이와 같이 박과 채소인 오이와 수박은 Plug의 지하부 발달이 더 좋았다는 결과는 플러그묘 뿌리의 생체중이 종이포트 묘에 비하여 많았다는 Seo 등(2017)의 보고와 일치하였지만, 포트의 형태에 의하여는 뿌리의 총 근장의 차이가 없었다는 Shinan (2013)의 연구결과와 일치하지 않았고, 종이포트가 플러그묘에 비해서 뿌리발달이 월등히 좋다는 Ellegard Co.의 홍보자료와 Kim(2015), Manguire 와 Marun(2007)의 보고와는 상반되었다. 이러한 결과는 시험작목 및 재배방식의 차이에 기인한 것으로 판단된다. 또한, 원통형 종이포트는 통기성이 높기 때문에 근권부

Table 2. Intercomparison result of length of root in the root diameters in five types, average root diameter and root surface of tomato, cucumber and watermelon seedlings between cylindrical paper pot trays(CPP) and plug trays(Plug) according to seedling stage

Crop	Seedling stage[z]	Tray type	Root length (cm) & Ratio between five types root diameter (%)					Root average diameter (mm)	Root surface[y] (cm^2)
			< 0.05mm	0.05-1.0mm	1.0-1.5mm	1.5-2.0mm	> 2.0mm		
Tomato	I	CPP	159.1±33.1(94%)	9.15±2.94(5%)	0.49±0.39(0%)	0.12±0.15(0%)	0.05±0.11(0%)	0.29±0.02	1.54±0.33
		Plug	141.4±49.6(93%)	9.18±4.55(6%)	0.95±0.59(1%)	0.18±0.16(0%)	0.11±0.18(0%)	0.30±0.03	1.43±0.54
		Sig.[x]	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	II	CPP	400.4±35.8(86%)	57.05±15.88(12%)	6.35±2.47(1%)	1.41±0.77(0%)	0.77±1.33(0%)	0.34±0.03	5.01±0.73
		Plug	525.3±99.8(87%)	64.95±19.22(11%)	7.49±3.96(1%)	1.43±1.38(0%)	1.28±1.35(0%)	0.31±0.04	5.89±1.27
		Sig.	*	NS	NS	NS	NS	NS	*
	III	CPP	512.2±50.5(85%)	75.12±21.95(12%)	8.87±3.37(1%)	2.40±1.46(0%)	1.61±1.47(0%)	0.32±0.05	6.03±0.99
		Plug	579.4±97.0(89%)	59.68±15.94(9%)	9.90±3.90(1%)	3.13±1.49(0%)	2.48±1.87(0%)	0.31±0.04	6.31±1.37
		Sig.	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cucumber	I	CPP	95.5±18.9(60%)	45.11±9.24(28%)	11.93±2.59(7%)	3.04±1.48(2%)	4.71±3.20(3%)	0.65±0.10	3.28±0.74
		Plug	118.8±34.5(58%)	54.58±9.66(27%)	14.36±3.76(7%)	4.55±1.91(2%)	11.41±6.04(6%)	0.75±0.17	4.69±1.00
		Sig.	NS	*	NS	NS	*	NS	**
	II	CPP	524.6±74.5(81%)	102.99±14.05(16%)	11.10±4.81(2%)	3.47±2.41(1%)	3.11±2.38(0%)	0.37±0.04	6.48±3.96
		Plug	658.6±81.2(80%)	135.67±28.18(16%)	19.58±7.10(2%)	6.77±2.52(1%)	7.46±3.40(1%)	0.41±0.05	7.87±4.60
		Sig.	**	**	**	*	**	*	NS
	III	CPP	808.9±203.1(83%)	131.04±33.95(14%)	18.37±5.88(2%)	5.95±2.46(1%)	4.67±3.47(0%)	0.35±0.04	10.66±2.71
		Plug	1032.4±177.6(83%)	177.43±56.57(14%)	27.98±14.03(2%)	8.66±5.43(1%)	7.92±7.39(1%)	0.37±0.06	14.62±4.47
		Sig.	**	*	*	NS	NS	NS	**
Water-melon	I	CPP	135.3±30.1(88%)	14.21±5.56(9%)	2.39±1.48(1%)	0.74±0.59(0%)	1.04±0.49(1%)	0.33±0.04	1.60±0.44
		Plug	283.2±46.9(88%)	30.85±12.02(9%)	5.14±2.58(2%)	1.86±1.00(1%)	2.31±1.21(1%)	0.34±0.04	3.47±0.80
		Sig.	***	**	**	**	**	NS	***
	II	CPP	328.4±19.5(88%)	37.25±12.53(10%)	5.08±1.85(1%)	2.42±1.19(1%)	2.25±1.68(1%)	0.33±0.05	3.94±0.78
		Plug	388.9±31.1(91%)	37.31±7.93(8%)	6.93±2.90(1%)	2.14±1.30(0%)	1.95±2.66(0%)	0.32±0.07	4.37±0.80
		Sig.	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	III	CPP	426.1±44.6(87%)	52.66±10.69(11%)	8.06±3.94(2%)	2.31±1.61(0%)	2.01±2.06(0%)	0.34±0.05	5.18±0.91
		Plug	542.5±44.1(90%)	49.37±10.82(8%)	7.83±3.33(1%)	2.67±1.36(0%)	3.11±2.44(1%)	0.31±0.04	5.87±0.85
		Sig.	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS

[z] Seedling stage : Tomato(I: 22days after sowing, II: 32days after sowing, III: 46days after sowing), Cucumber(I: 14days after sowing, II:22days after sowing, III:31days after sowing), Watermelon(I: 24days after sowing, II: 30days after sowing, III: 36days after sowing)
[y] Root surface (cm^2) : root length (cm) × { root average diameter (mm) × π × 0.01}
[x] NS, *, **, ***, Nonsignificant of significant at P=0.05, 0.01, 0.001, respectively in student's t-test

의 수분관리 방법에 의한 영향도 있을 것으로 생각된다 (Ngoc-thang 등, 2014). 하여, 적정 관수량 및 근권부 수분관리에 대한 추가실험이 필요할 것으로 사료된다.

총 근장을 근경 별로 5단계로 구분하여 각 근경 별 근장 및 총 근장 중의 비율을 비교한 결과(Table 2), Plug가 CPP에 비해 세근(0.05mm 이하)의 길이는 길었지만, 총 근장 대비 세근의 비율은 비슷하였다. 토마토 뿌리의 근경 별 비율은 Stage I은 0.5mm이하는 95%, 0.5mm~1.0mm가 5%였지만, 생육이 진전되면서 0.5mm 이하의 뿌리가 85% 수준으로 감소하여 Stage III에는 각각 CPP 85%, 12%, Plug 89%, 9%로 CPP의 0.5mm 이하 뿌리의 비율이 4% 적었다. Fig. 1에서 Plug의 총 근장이 CPP보다 길었던 경향은 0.05mm이하 뿌리의 길이와 뿌리 표면적이 Stage II에서 Plug가 CPP 비해 각

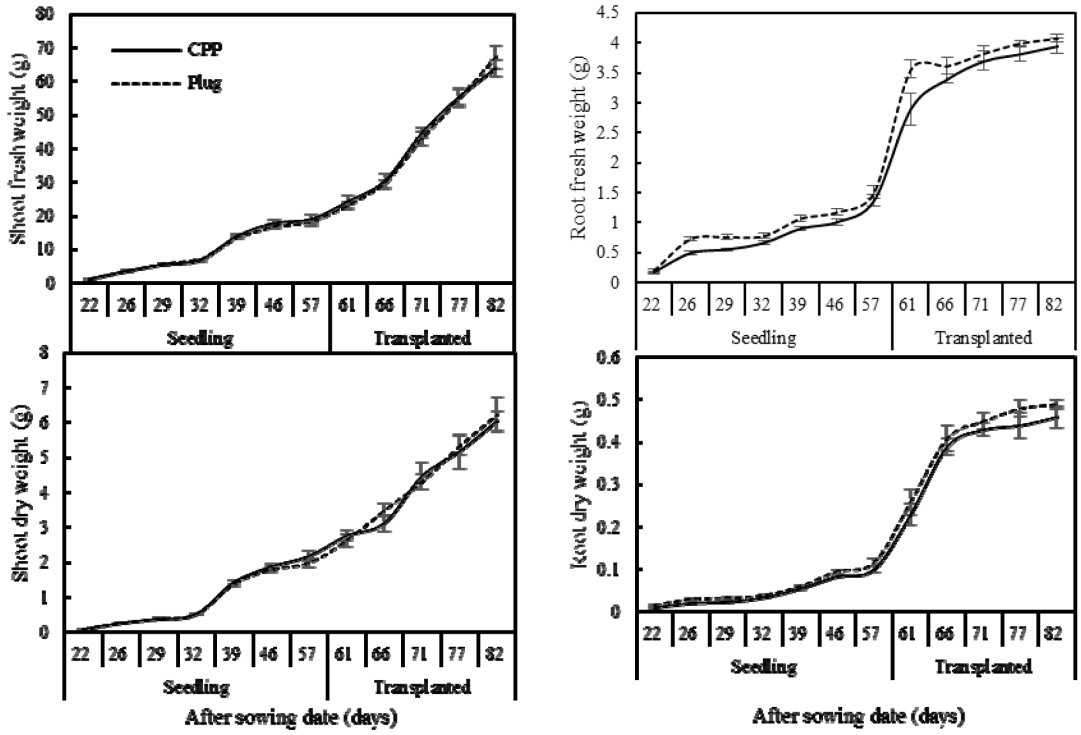

Fig. 3. Comparison of variation trend of shoot fresh weight, root fresh weight, shoot dry weight and root dry weight of tomato seedling between cylindrical paper pot trays(CPP) and plug trays(Plug) during seedling period. The error bars represent the standard deviation of the mean(n=15).

각 31.3%, 16.9% 많았다는 결과에서 반복되었다. 오이 뿌리의 근경별 구성비율은 비록 시험구간 차이는 없었지만, 0.5mm이하의 뿌리와 0.5mm~1.0mm이하의 뿌리가 각각 Stage I은 60%, 30%였고 Stage Ⅲ는 83%, 14%로 생육이 진전될수록 0.5mm이하의 뿌리의 비율이 증가하였다. 근경별 뿌리의 길이는 전 육묘기간 동안 Plug의 모든 종류의 뿌리가 CPP에 비해 21~242% 길었고, 뿌리가 굵을수록 시험구간의 차이가 커지는 경향을 보였다. 이외에도 평균 경경과 표면적이 Plug에서 CPP에 비해 각각 10.8%, 37.1~42.9% 더 높았다. 수박의 근경별 구성비율은 토마토와 비슷한 경향을 보였다. Stage I의 모든 뿌리의 길이가 CPP에 비해 Plug가 2배이상 길었고, 뿌리 표면적도 2.16배 넓었다. 하지만 Stage II 이후부터는 근경이 0.05mm이하인 뿌리는 CPP가 Plug에 비해 84%, 78% 수준으로 유의하게 적었고, 다른 종류의 뿌리는 시험구간의 차이가 없어졌다. 이것으로 보아, 관행 플러그묘 관수기법으로 육묘할 경우 플러그묘가 원통형 종이포트에 비해 세근의 발달이 좋았다는 것을 알 수 있었다.

Fig. 3, Fig. 4 와 Fig. 5는 CPP와 Plug의 정식 후 초기 지하부 및 지상부의 생장량을 작목 별로 비교한 결과이다. 토마토는 지상부 생체중과 건물중은 CPP와 Plug간의 차이가 없었다(Fig. 3). 하지만 지하부의 생체중 및 건물중은 육묘기부터 정식 후 7일까지는 Plug가 CPP에 비하여 높았으나, 이후부터 점차 차이가 적어져 통계적 유의차를 보이지 않았다. 이러한 결과는 토마토 육묘시 포트묘와 플러그 트레이를 비교하였을 때 근권부 용량제한으로 인해 뿌리발달이 장해를 받기 않는다면 근권부 건물중이 차이가 없다는 Choi et al.(2002)의 결과와 일치하였다. 오이도 지상부 생체중과 건물중은 토마토와 같이 두 시스템간 유의차가 없었으나, 지하부는 정식 이후 CPP가 플러그에 비해 유의적으로 높았다 (Fig. 4). 수박의 경우는 토마토나 오이와 달리 지상부 생육이 육묘 후기에는 CPP가 Plug에 비해 좋았으나, 정식 이후부터는 비록 통계적 유의차는 없었으나 Plug의 생육속도가 빨라지면서 정식 7일 이후에는 역전되었다.

이상의 결과들을 종합하여 보면, 본 연구에서는 토마토, 오이, 수박에 있어서 육묘 조건에 따른 CPP의 지상부 생육은 Plug와 차이가 없었지만, 지하부 발달은 박과채소류 육묘에서는 CPP가 Plug에 비해 좋지 않았다. 또한, 정식 초기에는 토마토와 수박은 CPP와 Plug의 차이가 없었지만, 오이는 꾸준히 CPP의 지하부 발달이 Plug

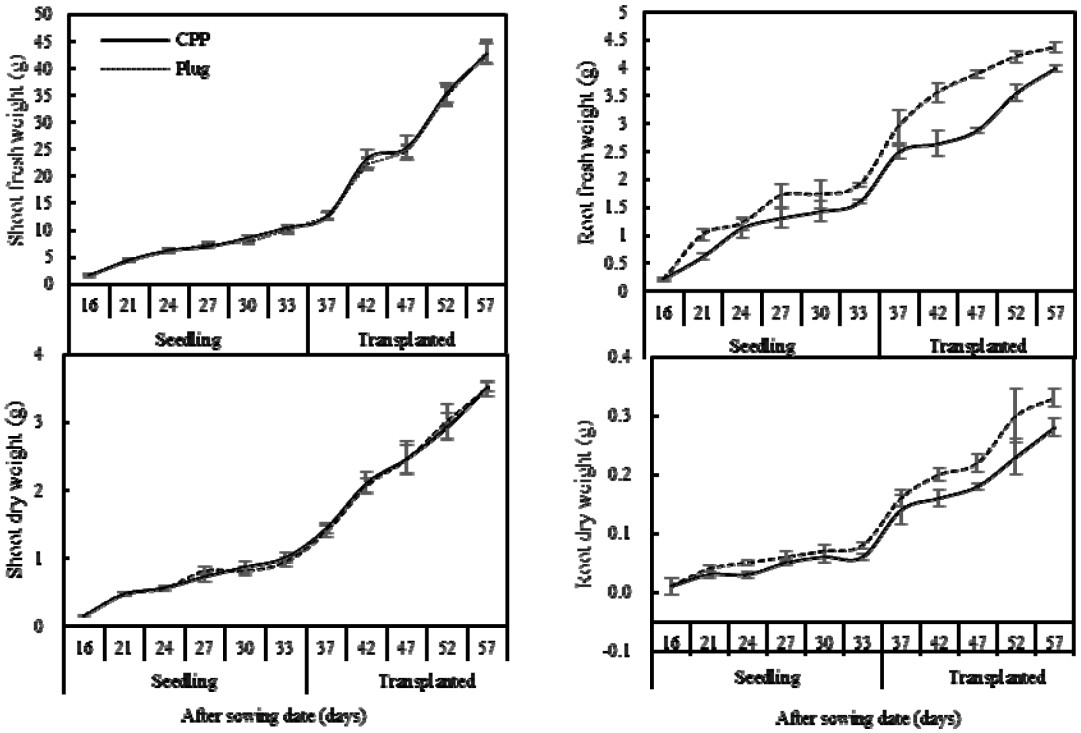

Fig. 4. Comparison of variation trend of shoot fresh weight, root fresh weight, shoot dry weight and root dry weight of cucumber seedling between cylindrical paper pot trays(CPP) and plug trays(Plug) during seedling period. The error bars represent the standard deviation of the mean(n=15).

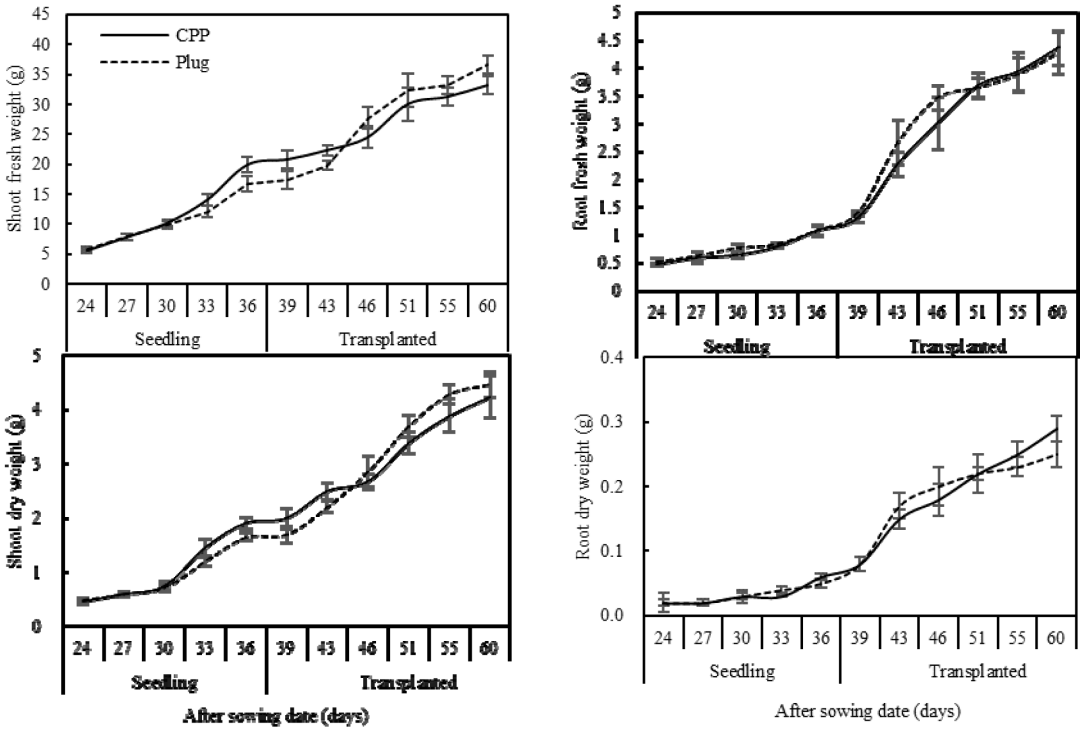

Fig. 5. Comparison of variation trend of shoot fresh weight, root fresh weight, shoot dry weight and root dry weight of water melon seedling between cylindrical paper pot trays(CPP) and plug trays(Plug) during seedling period. The error bars represent the standard deviation of the mean(n=15).

에 비해 적었다. 정리하면, 비록 토마토에서 통계적인 유의성을 보이지는 않았지만, 공시작목 모두 CPP에서 모종의 세근(근경 0.05mm이하) 형성이 Plug에 비해 적었고, 이러한 영향이 정식 초기의 뿌리발달에도 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

세근의 형성은 식물의 생육에 중요한 영향을 미치기 요인으로, 재배기술에 따라 형성이 촉진 또는 저하 될 수 있다. 본 연구를 통하여 관행육묘기술로 재배할 경우 CPP의 세근 형성이 적다는 것이 규명 되었기에, 이를 극복하여 원통형 종이포트묘의 잔뿌리 형성을 극대화 할 수 있는 육묘기술개발이 더 요구된다.

최근 CPP를 사용하는 농가들 사이에서는 CPP가 정식 이후 종이가 분해되지 않아서 정식 초기뿌리 활착이 불량하고 이로 인한 1그룹 수확량에도 영향을 미친다는 의견이 있다. 실제로 화훼류 육묘시 다양한 종류의 포트묘의 정식 후 생분해성 종이의 분해 정도를 비교한 Paul 등(2009)연구 결과를 보아도 종이의 종류 및 정식후의 수분관리에 따라서도 종이의 분해는 차이를 보였다. Seo 등(2017)도 공시한 종이로 인한 뿌리발달 장애가 나타나지는 않았지만, 종이의 물성에 따라서 뿌리발달에 영향을 받을 수 있기 때문에 종이 종류에 따른 차이는 더 검토되어야 할 것이라고 하였다. 또한 Bae 등(2010)도 정식 시 함께 묻히는 포트가 정식 초기의 뿌리 발달 및 활착에는 제한 요소로 작용한다고 하였다. 실제로 Ellagard Co.는 CPP에 적용가능 한 종이가 재질 및 분해기간에 따라 다양하게 있기 때문에, 각 종이가 어떠한 작목 및 재배형태에 따라 정식 후 분해 정도에 차이가 있는지 검토하여 정식 이후의 뿌리발달에 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 판단된다.

적 요

본 실험은 기존의 플러그 육묘 시스템과 원통형 종이포트 시스템을 상호비교하여 주요 과채류 육묘의 생육특성을 검토 하기 위해 수행되었다. 초장, 엽면적, 경경, 생체중 등의 지상부 생육은 토마토, 오이, 수박 모두 원통형 종이포트와 플러그 트레이 간의 차이가 없었다. 총 근장은 토마토와 오이는 육묘초기, 수박은 전 기간동안 플러그 트레이가 원통형 종이포트에 비해 길었다. 뿌리의 직경별로 각 뿌리의 길이를 구분한 결과, 토마토는 시험구간 차이가 없었지만 오이와 수박은 모든 굵기의 뿌리에서 플러그가 종이포트에 비해 20~251% 길었다. 토마토 뿌리의 생체중은 육묘기는 플러그 트레이가 원통형 종이포트에 약 30% 무거웠지만 생육이 진전될수록 차이가 감소하였고, 정식 이후는 시험구간 차이가 없어졌다. 오이 뿌리의 생체중은 육묘기부터 정식 이후까지 플러그묘가 약 20~30% 무거웠고, 정식 이후 까지도 생육이 진전될수록 차이가 커지는 경향을 보였다. 수박은 육묘기부터 정식 7일후까지는 원통형 종이포트 묘의 지상부 생체중 및 건물중이 무거웠지만, 정식 7일 이후부터 역전되었다. 결론적으로 원통형 종이포트 묘와 플러그 트레이 묘의 지상부 생육은 전반적으로 차이가 없었고, 지하부 생육은 플러그묘의 생육량이 많았다.

추가 주제어 : 토마토, 수박, 오이, 묘의 충실도, 근권부 발달

사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ012827022018)의 지원과 2017년도 강원대학교 대학회계 학술연구조성비(관리번호-520170199)에 의해 이루어진 것임.

Literature cited

Bae, J.H., S.U. Lee, J.H. Choi, N.H. Kang, H.C. Kim and J.S. Eun. 2010. Effects of Kind of Pot for Raising of Seedling and Planting Method on Growth and Fruit Characteristics in Cultivation of Watermelon under Plastic Film House. Protected Horticulture and Plant Factory. 19(2):82-87. (in Korean)

Böhm W. 1979. Methods of studying Root Systems, Springer, Berlin. P 188

Choi, Y.H., J.L. Cho, H.C. Lee, D.G. Park, J.K. Kwon and J.H. Lee. 2002. Effect of summer grown seedling quality on growth and yield of tomato. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43(4):395-398.(in Korean)

Choi, G.L., M.H. Cho, J.W. Cheong, M.Y. Roh, H.C. Lee, and Y.I. Kang. 2011. Effect of nursery period and block size on growth and yield of paprika. Protected Horticulture and Plant Factory. 20(4):263-268. (in Korean)

Edward F. Gilman, Maria P., Dustin M., and Paul F. 2012. Propagation container type, time in container, and root pruning affect root development of young *Acer rubrum*. J. Environ. Hort. 30(3):150-160.

Korea Rural Economic Institute(KREI). 2014. A study on management system and legislation for protection and nurturance of raising seedlings industry. Korea

Kim, S.H. 2016. The study about effect of fruit vegetable seedling quality and growth characteristics comparison between application of Ellepot and Plug seedlings. MS thesis, Kangwon National Uinv.

Kücke M, Schmid H and Spiess A. 1995. A comparison of four methods for measuring roots of field crops in three contrasting soils. Plant Soil 172, 63-71

Maguire, T., and Harun, R. 2007. Air root pruning to acceler-

ate the growth of *elaeagnus x ebbingei* from vegetative cuttings. In College of Agriculture, Food and Rural Enterprise. Available from http://www.docstoc.com/search/root-stock (accessed May 2012)

Ngoc-Thang V., K.Y. Choi and I.S. Kim. Effect of water content in the substrate of the scion and rootstock during pre- and post-grafting period on the survival rate and quality of tomato plug seedlings. Protected Horticulture and Plant Factory. 23(3):199-204.

Paul F. and Ernesto Fonseca. 2009. Evaluation of propagation media 2008. Young plant research center. University of florida IFAS. P. 1-19.

Paul F., Becky Hamilton, and Ernesto Fonseca. 2009. Degradation of stabilized propagation media in the landscape. Young plant research center. University of florida IFAS. P. 1-5.

Seo, T.C., S.W. An, S.M.Kim, C.W. Nam, H. Chun, Y.C. Kim, Y.K. Kang, S.W. Kim, S.G. Jeon and K.S. Jang. 2017. Effect of the seedlings difference in cylindrical paper pot trays on initial root growth and yield of pepper. Protected Horticulture and Plant Factory. 26(4):368-777. (in Korean)

Shinan W. 2013. Nursery techniques Influence the growth of hazelnuts. MS thesis, University of Guelph.