

## 양파 정식기용 전용 상토에 적합한 상토 재료 선발

민병규\* · 하인종 · 이종태 · 최시림 · 이상대

경상남도농업기술원

### The Selection Proper Materials to Develop Specialized Root Substrate for Working with Bulb Onion Transplanter

Byeonggyu Min\*, Injong ha, Jongtae Lee, Silim Choi, and Sangdae Lee

Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-701, Korea

**Abstract.** In this study we investigated the suitability of horticultural main organic root substrate materials (peatmoss, coir) for the development proper root substrate for working with bulb onion transplanter. We investigated seedling sprout ratio, growth and characteristics (bulk density, root substrate cohesion) those are suitable for mechanical transplanting by mixing with inorganic materials (red clay etc.). Although both seedling growth and root substrate bulk density were similar in peatmoss and coir based root substrates, we found that peatmoss mixing had higher root substrate cohesion compared to coir mixing. We assume that higher cohesion properties of peatmoss based root substrate will give more weight of root part during mechanical transplanting of young onion seedlings in the field. Because of this, we suggest that peatmoss is the appropriate ingredient for developing root substrates for working with bulb onion transplanter.

**Additional key words :** coir, peatmoss

## 서 론

양파는 우리 식생활에 없어서는 안 될 주요한 조미채소이다. 우리나라 1인당 소비량은 1995년도에 16.0kg이었는데, 2020년도에는 31.0kg까지 증가할 것으로 예측된다(Kim et al., 2010). 그러나 최근 농촌인구의 감소, 고령화, 노임 상승 등은 양파의 생산 비용과 노력을 증가시키는 요인이 되고 있다. 양파 재배에 소요되는 노력의 비중은 정식 26%, 수확 15.4%, 선별 및 포장 13.6% 순으로 높은데 정식 단계에서 가장 많은 노력이 투입되고 있다(RDA, 2011). 이러한 정식 단계에서의 노동력을 절감하기 위해서 국내·외에서 양파 정식기를 개발하기 위한 연구가 지속되고 있다. 정식기계의 원활한 작동과 효율적인 농가 보급을 위해서는 기계 자체의 성능도 중요하나, 전용 상토, 트레이 등 기계와 호환되는 육묘소재 개발이 반드시 필요하다.

기계정식에 적합한 육묘를 수행하기 위해서는 코팅 종자 사용, 파종 전 육묘상 채토, 정지 및 트레이 셀(cell) 당 균일한 상토 혼입 등을 통한 결주 최소화, 성묘율 향

상 및 균일한 묘 생육 등이 필요하며, 기계정식 적응성 향상을 위해서 육묘 중 3차례 정도의 묘 절단을 통한 정식 시 15cm 정도의 초장을 유지해야 하는 등 관행 양파 육묘에 비해 다른 점이 많다(Yanmar, 2016). 또한 정식 시 정식률을 높이고, 수직의 식부 자세를 유지하기 위해서는 육묘 중 뿌리 생육이 양호하고, 뿌리가 상토를 휘어 감아 상토 파손을 방지하는 방법과 상토 자체 응집성, 중량을 향상하여 뿌리부 무게를 증가시키는 방법 등을 취해야 한다고 생각한다.

상토는 양질의 묘 생산을 위해 적합한 물리성, 화학성 및 생물성을 갖춘 자재로서 식물체를 기계적으로 지지해주고 작물의 생육에 필요한 각종 양분과 수분을 공급해주는 물질이며, 육묘 대상작물 별로 크게 수도용 상토, 원예용 상토로 구분한다. 수도용 상토는 무기질 재료가 주성분이 되는 중량 상토이고, 원예용 상토는 유기질 재료가 주성분이 되는 경량 상토이며, 원예용 공정육묘 상토에 사용되는 유기질 주재료는 피트모스, 코이어가 대부분을 차지하고 있다(Kim, 2003). 기계정식 적응 전용 상토는 양호한 물리성, 화학성, 생물성 외에도 묘 이송, 원활한 묘 낙하, 양호한 식부 자세 등을 위해 상토의 중량 및 응집성이 높아야 하는 특징이 있다.

따라서 양파 정식기에 적응 가능한 상토 개발을 위해

\*Corresponding author: min1982@korea.kr

Received March 31, 2016; Revised June 08, 2016;

Accepted June 10, 2016

유기질 주재료로 사용되며, 원예용 상토의 주요 특성을 결정하는 피트모스, 코이어의 재료 적합성을 평가하고자 본 연구를 수행하였다.

### 재료 및 방법

시험에 사용된 상토 재료는 피트모스(Lithuanian Peat Moss, Klasmann社\*), 코이어(코이어, (주)동인기업), 버미클라이트(버미누리, (주)지에프씨), 펄라이트(파라트 3호, (주)경동원), 황토(고창황토, (주)고창황토), 제오라이트(입상 제오라이트, (주)영풍), 일라이트(일라이트, (주)용궁일라이트), 규조토(Celite, Celite corporation) 등이며, 상토 재료를 혼합하기 전 코이어는 중량의 5배에 해당하는 증류수를 첨가시켜 24시간 동안 부풀렸으며, 피트모스와 코이어는 직경 2mm 체에 잔여물을 걸러 사용했다. 상토 재료 혼합 시에는 수축성이 강한 피트모스, 코코피트 등의 유기질 재료는 압착을 하여 부피를 계량했으며, 수축성이 거의 없는 무기질 재료는 원재료 그대로 별도의 압착 없이 부피를 계량하였다. 육묘 트레이는 개발 중인 국산 양파 정식기에 전용으로 사용되는 384구틀, 양파의 품종은 중만생종인 선파위를 각각 사용했다.

상토 재료의 물리성 특성은 수분함량, 유기물함량, 회분함량, 용적밀도, 입자밀도, 공극률 등을 조사하였고, 화학성 특성은 pH, EC, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 치환성 양이온(K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)의 함량 등을 조사하였다. 조시는 각 항목별 3반복으로 실시하였고, 수분함량은 습도중량법으로, 상토 20g을 건조기 (SH-407C, Seyoung scientific co.)에 105°C, 16시간 동안 건조 시킨 후 그 감소 무게를 원래 상토 무게 (20g) 대비 비율로 구했으며, 용적밀도는 추다짐법을 이용했는데, 상토를 건조기에 105°C, 16시간 건조한 후 300mL 부피의 Core에 담아 500g 추로 3분간 누른 후 측정하였다. 그 다음 상토의 무게를 측정하여 Core부피 (300mL)로 나누어 구했다. 상토 내 유기물 함량 (W<sub>org</sub>), 회분 함량 (W<sub>ash</sub>)은 회화법을 이용하여, 상토를 평량할 수 있는 용기에 담은 후 건조기에 105°C, 16시간 동안 건조 시킨 후 5g을 취하여 도가니에 넣은 후 전기로에 600°C, 17시간 탄화시킨 뒤 다음의 식에 의거하여 구했다.

$$W_{ash} (\%, w/w) = \{(W2 - W0) / (W1 - W0)\} \times 100$$

$$W_{org} (\%, w/w) = \{(W1 - W2) / (W1 - W0)\} \times 100$$

W0 = 도가니 무게, W1 = 탄화 전 시료 무게, W2 = 탄화 후 시료 무게

\* 문헌에 기입된 회사들과 저자는 아무런 관계가 없음.

유기물 함량과 회분함량을 토대로 입자밀도 (P<sub>D</sub>)와 공극률 (P<sub>s</sub>)은 다음 식에 의거하여 구했다.

$$P_D (g \cdot cm^{-3}) = [1 / \{W_{org} / (100 \times 1550)\} + \{W_{ash} / (100 \times 2650)\}] \times 100$$

$$P_s (\%, v/v) = \{1 - (D_B / P_D)\} \times 100$$

W<sub>org</sub> = 유기물 함량, W<sub>ash</sub> = 회분 함량, D<sub>B</sub> = 용적밀도

화학성 항목은 pH, EC, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 치환성 양이온 (K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)의 함량을 조사하였다. pH는 초자 전극법, EC는 백금 전극법을 이용하여, 풍건 원예용 상토 20mL를 100mL의 삼각 플라스크에 취하고 증류수 100mL를 가한 뒤 마개를 하고 1시간 진탕한 후 No. 2여지로 여과하여 pH 및 EC 측정장치 (A-SF14 JG200, Jin-gu scientific co.)를 이용하여 측정했다. 이외에 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 함량은 Indophenol - Blue 비색법, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 함량은 Brucine 비색법, 유효인산 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 함량은 Lancaster법, 치환성 양이온 (K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>) 함량은 초산암모늄침출법에 의해 각각 분석했다.

묘 출현율은 파종 3주 후에 측정하였으며, 묘소질은 육묘 45일 후에 처리별 반복당 10주씩 엽수, 초장, 엽초경, 생체중(인엽부, 근부), 건물중, 묘 충실도 등을 측정하였다. 엽수는 엽록소를 함유하는 녹색을 띠는 잎 개수를, 초장은 지체부에서 녹색을 띠는 최장엽의 선단까지의 길이를 측정했으며, 엽초경은 양파 엽초 부위 중 가장 두꺼운 부분을 측정하였다. 생체중 및 건물중은 지상부와 지하부로 나누어 측정했으며, 생체중을 측정된 후, 건조기(SH-407C, Seyoung scientific co.)에 105°C, 2시간 건조 처리한 후, 80°C에 24시간 건조하여 건물중을 측정하였다. 묘 충실도는 지상부 건물중을 초장으로 나누어 나타냈으며, 상토 응집성은 육묘 45일 후 처리별 반복당 10주씩 지상 1m에서 낙하시켜, 1(매우 나쁨) - 5(매우 좋음)의 값을 두어 주관 측정을 하였다.

육묘는 양파연구소 내 유리온실과 비닐하우스에서 수행하였으며, 시험구는 완전임의배치 3반복으로 배치하였다. 기타 육묘 및 재배와 관련된 사항은 농촌진흥청 표준영농교본(2011)을 참고했다.

### 결과 및 고찰

시험에 사용된 재료의 물리적, 화학적 특성은 다음과 같다(Tables 1 and 2). 유기질 재료의 중량수분함량, 유기물 함량은 전 무기질 재료에 비해 높은 값을 나타내었으며, 공극률도 90%에 달하거나 이를 상회하여 버미클라이트, 펄라이트를 제외한 무기질 재료에 비해 높은

**Table 1.** Physical properties of the raw materials used in this study.

Category of material	Material	Moisture content (%, w/w)	Bulk density (g·cm <sup>-3</sup> )	Particle density (g·cm <sup>-3</sup> )	Porosity (%)
Organic	Peatmoss	69.0	0.17	1.58	89.3
	Coir	72.0	0.09	1.59	94.1
Inorganic	Vermiculite	3.2	0.12	2.54	95.5
	Perlite	0.1	0.17	2.64	93.5
	Red clay	3.0	0.84	2.63	68.0
	Zeolite	2.0	1.01	2.63	60.5
	Diatomite	1.5	0.25	2.65	90.7
	Illite	0.2	1.52	2.61	41.8

**Table 2.** Chemical properties of the raw materials used in this study.

Category of material	Material	pH	EC (dS·m <sup>-1</sup> )	O.M. <sup>z</sup> (%)	Ash content (%)	NO <sub>3</sub> -N (mg·L <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg·L <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg·L <sup>-1</sup> )	Exchangeable cation (cmol·L <sup>-1</sup> )		
									K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Organic	Peatmoss	5.2	0.04	93.5	6.5	6.2	14.0	8.8	0.08	0.47	0.22
	Coir	6.2	0.20	93.8	6.2	6.0	6.1	6.1	0.91	0.41	0.47
Inorganic	Vermiculite	6.6	0.01	6.0	94.0	19.4	2.1	0.8	0.01	1.05	0.13
	Perlite	6.8	0.01	0.5	99.5	4.3	1.5	0.0	0.00	0.05	0.03
	Red clay	7.4	0.11	1.3	98.7	7.6	6.2	4.7	0.38	0.42	0.58
	Zeolite	6.8	0.12	1.1	98.9	4.5	6.4	6.5	0.92	0.20	0.11
	Diatomite	7.4	0.13	0.2	99.8	4.9	5.3	5.0	0.07	0.02	0.04
	Illite	6.1	0.03	2.3	97.8	4.9	10.1	0.6	0.09	0.17	0.07

<sup>z</sup> O.M. : organic matter content.

값을 나타내었다. 이러한 결과는 피트모스, 코이어 등 상토 제조에 사용되는 유기질 재료는 식물 생육에 적합한 수분 함량을 가지고 있고, 공극률이 높아 토양 물리성 개량에 효과가 있다는 Kim(2003)의 보고와 일치하였다. 또한 용적밀도는 유기질 재료 2종류 모두 낮은 결과를 보였는데, 이는 상토 중량을 감소시켜, 기계정식 시 묘 낙하에 충분한 근부 무게를 가지지 못하게 하고, 묘 낙하율 감소, 정식포장 식부 자세 불량 등의 문제를 초래할 수 있다고 판단된다. 따라서 이를 해결하기 위해 용적밀도가 높은 무기질 재료(황토, 제올라이트, 일라이트 등)를 일정 비율로 혼용하는 것이 효과적일 것으로 생각되었다. pH는 코이어가 6.2로 약산성 - 중성의 범위, 피트모스는 5.2로 산성의 범위에 각각 포함되어 Kim(2003)의 상토 재료별 물리적 특성에 관한 보고와 일치하였으며, 피트모스를 상토 주재료로 이용 시, 소석회, 패화석 등 칼슘 함유 알칼리성 물질을 사용하여 양과 재배에 적합한 pH로 교정하는 것이 필요하다고 판단되었다. 양과 등 채소작물의 묘 생육을 보충할 수 있는 원예용 상토의 적정 EC는 1.2dS·m<sup>-1</sup>이하로 보고되어 있

는데(RDA, 2011), 본 연구에서 공시 재료 모두가 이 범위에 포함된 것으로 나타났다.

Table 3은 시험 조합별 유기질, 무기질 재료 혼합 비율을 나타낸 것이다. 피트모스 단일 혼합 처리구는 M5 - M8 조합, 코이어 단일 혼합 처리구는 M9 - M12 조합, 피트모스, 코이어 복합 혼합 처리구는 M1 - M4 조합으로 각각 배분하였다. 또한 유기질 재료 혼합 시 보수력은 높지만 배수성 및 작물 생장에 필요한 미량요소 등의 양분이 부족할 수 있으므로(De Boodt et al., 1972), 유기질 재료에 각 무기질 재료를 동일한 비율로 혼합하였다. 버미큘라이트, 펄라이트는 식물체에 양분을 공급하는 효과는 다소 낮지만, 상토 혼합 시 보수력, 통기성 등 기본적인 물리성을 향상시키는 역할을 하므로(Kim, 2003), 모든 상토 조합 제조 시 혼합하였다. 재료의 혼합비율은 시판 원예용 상토 조성을 참고하였다.

양과 묘의 출현율과 생육은 Table 4와 같다. 피트모스, 코이어 혼합 처리구 간의 묘 출현율 및 묘소질 비교 시 생체중(지상부, 지하부)을 제외한 전 항목에서 유의한 차이가 없었다. 피트모스, 코이어의 혼합 처리가 피트모스,

**Table 3.** Root substrate materials and their various mixtures used in the experiment.

Organic material	Name of mixture	Mixture ratio of root substrate materials (v : v, %) <sup>z</sup>
Peatmoss & Coir	M 1	Pt : C : V : Pl : Rc = 30 : 40 : 10 : 10 : 10
	M 2	Pt : C : V : Pl : Z = 30 : 40 : 10 : 10 : 10
	M 3	Pt : C : V : Pl : D = 30 : 40 : 10 : 10 : 10
	M 4	Pt : C : V : Pl : I = 30 : 40 : 10 : 10 : 10
Peatmoss	M 5	Pt : V : Pl : Rc = 60 : 15 : 15 : 10
	M 6	Pt : V : Pl : Z = 60 : 15 : 15 : 10
	M 7	Pt : V : Pl : D = 60 : 15 : 15 : 10
	M 8	Pt : V : Pl : I = 60 : 15 : 15 : 10
Coir	M 9	C : V : Pl : Rc = 60 : 15 : 15 : 10
	M 10	C : V : Pl : Z = 60 : 15 : 15 : 10
	M 11	C : V : Pl : D = 60 : 15 : 15 : 10
	M 12	C : V : Pl : I = 60 : 15 : 15 : 10
Marketable horticultural root substrate	A	Pt : C : Pl : Z = 13 - 18 : 63 - 68 : 7 - 11 : 6 - 8 (w : w), water-soluble fertilizer, anti-bacterial substance, rewetting drops and etc.
	B	Pt : C : V : Pl = 12 - 17 : 37 - 43 : 35 - 40 : 5 - 8 (w : w), water-soluble fertilizer, anti-bacterial substance, rewetting drops and etc.
	C	Pt : C : V : Pl : Z = 20 - 40 : 60 - 70 : 5 - 10 : 5 - 10 : 5 - 10 (w : w), functional compounds and etc.

<sup>z</sup> Pt, Peatmoss; C, Coir; V, Vermiculite; Pl, Perlite; Rc, Red clay; Z, Zeolite; D, Diatomite; I, Illite

**Table 4.** Seedling sprout ratio and growth characteristics of onion seedlings grown in various root substrate mixtures.

Category	Material	Sprout ratio <sup>z</sup>		No. Leaf		Plant height (cm)		Sheath diameter (mm)		Fresh weight (mg/plant)		Dry weight (mg/plant)		Compactness <sup>x</sup> (mg·cm <sup>-1</sup> )					
		(%)						Plant	Root	Plant	Root								
Organic material	Peatmoss	90.6	ns <sup>y</sup>	2.5	ns	17.6	ns	2.3	ns	1,086.8	a	89.5	a	73.3	ns	4.8	ns	3.9	ns
	Coir	90.2		2.7		21.5		2.6		1,014.8	ab	97.5	a	66.3		5.0		3.3	
	Peatmoss & Coir	89.2		2.3		16.5		2.2		483.5	b	34.5	b	38.0		5.0		2.2	
Average (experiment)	-	90.0	ns	2.5	b	18.5	b	2.3	b	861.7	b	73.8	ns	59.2	b	4.9	ns	3.1	ns
Average (control)	-	91.2		3.0	a	29.2	a	3.1	a	1,534.0	a	93.0		111.7	a	6.0		3.9	

<sup>z</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test(p≤0.05).

<sup>y</sup> Not significant.

<sup>x</sup> Compactness = dry weight of plant aerial part(mg)/plant height(cm).

코이어의 단일 혼합 처리보다 생체중(지상부, 지하부)이 낮았는데, 이러한 원인은 차후 구멍이 필요할 것으로 생각되었다. 대조 상토는 묘 출현율이 91.2%로서, 조합 상토(90.0%)와 유사했으나, 초장, 지상부 건물중 등의 묘 소질이 양호한 경향을 보였다. 이러한 결과는 대조 상토에는 수용성 비료, 산도조절제 및 생장보조제 등 묘 생육에 영향을 미치는 첨가물질이 혼합되어 있어 묘 출현 후 초기 생육을 촉진시켰을 것으로 판단된다.

기계정식 시 적응특성은 Table 5에 나타내었다. 용적

밀도에서는 피트모스, 코이어 혼용 처리구 간 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 관수 후 일수 경과에 따른 상토 응집성은 유기질 재료에서 관수 후 1일에서 3일까지 공히 피트모스 단일 처리구가 평균 3.1로서, 코이어 단일 처리구(1.3)에 비해 높은 경향을 보였으며, 피트모스, 코이어 복합 혼용 처리구에서는 2.4로 두 처리구의 중간값을 보여, 상토 내 피트모스 함량이 증가할수록 응집성이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 피트모스는 섬유질 형태의 구조로 되어 있어, 자체 성형성을 가지고 있

**Table 5.** Characteristics of selected root substrate materials for mechanical transplanting of onion seedlings.

Category	Material	Bulk density <sup>z</sup> (g·cm <sup>-3</sup> )	Medium soil cohesion by days after irrigation								
			1day	2days	3days	Average					
Organic material	Peatmoss	0.26	ns <sup>y</sup>	3.2	a	3.1	a	3.1	a	3.1	a
	Coir	0.24		1.3	c	1.4	b	1.2	b	1.3	c
	Peatmoss & Coir	0.23		2.2	b	2.4	a	2.5	a	2.4	b
Average (experiment)	-	0.24	a	2.2	a	2.3	a	2.3	a	2.3	a
Average (control)	-	0.20	b	1.3	b	1.2	b	1.1	b	1.2	b

<sup>z</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test(p≤0.05).

<sup>y</sup> Not significant.

다는 Kim(2003)의 보고와도 일치하였다. 따라서 피트모스가 코이어보다 상토 응집성이 높아서 기계정식 적응 전용 상토 제조 시 주재료로 혼용하면 묘 식부에 따른 뿌리부 손상을 방지하는 효과가 있을 것으로 판단되었다. 또한 전 처리구에서 관수 후 경과 일수에 관계없이 상토 응집성이 일정한 결과를 보여, 응집성은 수분 함량의 영향을 받지 않는 것으로 판단되었다.

### 적 요

양과 정식기 작업에 적합한 상토 개발을 위해 원예용 유기질 주재료(피트모스, 코이어)의 적합성을 조사했다. 유기질 재료를 무기질 재료(황토 등)와 혼합하여, 묘 출현율, 생육 및 기계정식 적응 특성 등을 조사하였다. 조사 결과 피트모스 혼합 처리구, 코이어 혼합 처리구 모두 묘 출현율, 생육 및 상토 용적밀도에서 유사했으나, 피트모스 혼합 처리구가 코이어 혼합 처리구에 비해 더 높은 상토 응집성을 보였다. 피트모스 혼합 상토의 높은 응집성은 양과 묘 정식 시 뿌리부 무게 증가 등의 효과를 가져와서 정식기 작업 효율성을 증진시키는데 도움을 줄 수 있을 것이라고 생각된다. 이러한 이유로, 양과 정식기 작업에 적합한 상토 개발 시 피트모스를 유기질 주재료로 선정하는 것이 적합하다고 최종 판단하였다.

### Literature Cited

Bunt, A.C. 1974. Some physical and chemical characteristics of loamLess pot-plant substrates and their relation to plant growth. *Acta Hort.* 37:1954-1965.  
 Cattivello, C. 1991. Physical parameters in commercial substrates and their relationships. *Acta Hort.* 294:183-195.  
 DeBoodt, M. and O. Verdonck. 1972. The physical properties of the root substrates in horticulture. *Acta Hort.* 26:37-44.

Fonteno, W.C. and P.V. Nelson. 1990. Physical properties and plant response to rockwool-amended media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:375-381.  
 Ha, I.J., Hwang, H.J., Suh, J.K. and W.I. Kim. 1999. Effect of medium soil mixing composition on seedling growth of growing plug seedling in bulb onion (*Allium cepa* L.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 17 (2):284-284.  
 Jo, B.W., H.S. Noh, J.H. Won, and B.C. Jung. 2004. Developments of root substrates selection and fertilization method for pot cultivation of 'Sunglow' calla (*Zantedeschia rehmannii*). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 22 (S2):63-63.  
 Kim, H.D., I.J. Ha, J.T. Lee, J.S. Moon, S.Y. Lee, S.K. Hwang, and S.D. Lee. 2010. Technology of high quality bulb onion production and treatment method after harvest. Korea onion association.  
 Kim, L.Y. 2003. Horticultural root substrate soil (theory and practice). Hwalmundang.  
 Lee, H.H., S.K. Ha, B.H. Kim, Y.J. Seol, and K.H. Kim. 2006. Optimum physical condition of peatmoss-based substrate for growth of chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp.) plug seedlings. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 24 (3):322-329.  
 Lee, H.H., S.K. Ha, H.J. Kim, and K.H. Kim. 2007. Optimum condition of peatmoss-based substrate for growth of red pepper (*Capsicum annum* L.). *Korean J. Soil Sci. Fert.* 40 (5):392-399.  
 Lee, S.E. 2012. Effects of the ratios of clay minerals mixed on the physical and chemical properties of bed soil and the raising of seedling of red pepper. Chungbuk national university. p. 1-2.  
 Lee, H.H., S.K. Ha, and K.H. Kim. 2007. Optimum condition of the coir-based substrate for growth of red pepper (*Capsicum annum* L.) plug seedlings. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 40 (5):369-276.  
 Lee, H.H., K.K. Ha, K.H. Kim, J.H. Ryu, and E.H. Park. 2006. Optimum physical condition of coir-based container substrate for growth of chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp.) plug seedlings. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 24 (3):330-337.  
 Lemaire, F. 1995. Physical, chemical and biological proper-

- ties of growing medium. *Acta Hort.* 396:273-284.
- Park, S.Y., I.S. Kim, and J.H. Won. 2004. Effect of compositions of media on rooting and growth of direct cuttings on plug cells in *Chrysanthemum indicum* and *Sedum rotundifolium*. *J. Kor. Flower Res. Soc.* 12 (3):254-258.
- Puustjarvi, V. and R.A. Robertson. 1975. Physical and chemical properties, p. 23-38. In: D.W. Robinson and J.G.D. Lamb (eds.). *Peat in Horticulture*. Academic Press, London.
- RDA. 2003. *Agricultural science and technology research analyzing standard*. 4th ed.
- RDA. 2011. *Standard farming handbook (bulb onion)*. 112-113.
- Shon, Y.G., F.Z. Piao, S.S. O, and J.C. Park. 1998. Effects of fertilizer concentrations, composition of soil and tray sizes on growth of chinese cabbage 'Baekro'. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 16 (1):138-138.
- Verdonck, O., R. Penninck, and M. DeBoodt. 1983. The physical properties of different horticultural substrates. *Acta Hort.* 150:155-159.
- Yanmar. 2016. 育苗本. 2-19.