

재활용 PET병 입자를 배지재료로 이용한 토마토 플러그묘의 재배

이강모¹ · 권정화¹ · 황승재¹ · 정병룡^{1,2,3,*}

¹경상대학교 대학원 응용생명과학부 원예학과, ²경상대학교 생명과학연구소,

³경상대학교 농업생명과학 연구원

Use of Recycled PET Bottle Particles as a Medium Component for Cultivation of Tomato Plug Seedlings

Kang Mo Lee¹, Jeong Hwa Kwon¹, Seung Jae Hwang¹, and Byoung Ryong Jeong^{1,2,3,*}

¹Department of Horticulture, Division of Plant Resources and Environment,

College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

²Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

³Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Abstract. This study was conducted in a glasshouse to examine the possibility for cultivation of plug seedlings using four growing media containing recycled PET-bottle-particles (PBT) as a medium component. Plug seedlings of 'Seokwang' tomato were grown in media containing 100% PBT, 100% peatmoss, or 50% PBT+50% peatmoss. A commercial plug medium (Tosilee) was used as the control. All seeds were sown in 128 cell plug trays on July 12, 2004. Seedling growth was measured at 30 days after sowing. Percent seed germination was greater than 95% in all treatments. Plant height, shoot fresh and dry weights, leaf area, and hypocotyl length were the greatest in the control treatment. Root length and weight were the greatest in the 100% PBT treatment, which had a medium pH of 7.3. Leaf area and shoot dry weight were greater in the 50% PBT+50% peatmoss treatment than in the 100% PBT treatment, while they were the smallest in the 100% peatmoss treatment. No toxicity symptoms caused by the use of PBT had been observed in any treatment. The results suggest a possibility of recycled PBT, a valuable reusable resource, to be used as a component for medium amendments in horticultural transplant production.

Key words : hypocotyl length, peat moss, plug seedling, toxicity symptom

*Corresponding author

서 언

산업활동과 인구가 증가함에 따라 폐기물량도 급속하게 증가하여 환경이 오염되며, 천연 자원이 고갈되고 있어 전 세계적으로 폐기물의 감량과 재활용에 대한 관심이 고조되고 있다.

원예용 배지는 보수성, 보비성 및 통기성이 높고, 가비중이 낮으며 재배기간 동안 이화학적 변화가 적어야 하고, 병원균이나 잡초 종자가 없어야 한다. 이러한 이화학적 특성을 모두 구비한 재료는 드물지만 피트모스, 암면, 펄라이트 등의 재료가 상호 보완적 기능을 가져 혼합되어 사용되고 있다(Lee, 1994). 국내 원예용 배지 대부분의 원료들이 전량 외국(캐나다, 스리랑

카 및 러시아 등)에서 수입된 후 가공 보급되고 있는 실정이다(Hwang과 Jeong, 2004). 이는 막대한 외화지출 및 작물의 생산단가를 높이는 요인이 되고 있으며, 또한 농가의 생산비를 늘리고, 농업 자재의 무역수지 역조에 일조를 한다(Hwang과 Jeong, 2002; Jeong, 2000).

이러한 문제점을 개선하기 위한 노력의 일환으로 국내에서는 발포유리(cellular glass foam)나 페타이어 등과 같은 폐기물을 원예적으로 재활용하는 것에 관한 연구들이 이루어져 왔다(Hwang과 Jeong, 2004; Kim 등, 1999).

PET(poly-ethylene terephthalate)는 1974년 미국의 DuPont사에 의하여 탄산음료 용기로서 처음 소개된

재활용 PET병 입자를 배지재료로 이용한 토마토 플러그묘의 재배

바 있으며 그 이후 전 세계적으로 PET의 사용이 증가하고 있는 추세이다. 국내에서는 PET병의 재활용을 위한 공장들이 많이 설립되어 있으며 이러한 재활용 공장에서도 미립자 PET가 부산물로서 많이 배출되고 있는 실정이다. 따라서 토마토를 공시작물로 선택하여 산업부산물로 생산량이 많은 PET-Bottle-Particles(PBT) 입자를 혼합배지(피트모스)의 구성재료로 포함시킴으로써 기존에 배지재료로서의 재활용 가능성과 상업적 대규모 식물 육묘가능성을 확인하기 위해 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

실험에 사용한 재활용 PBT는 경기도 안성시 양성면에 소재한 세마실업(주)에서 생산한 PET병 재활용 공정과정에서 나온 길이 약 2.0 mm의 입자들이었다. 입자들을 1일 동안 수돗물에 침지 후 직경 1mm의 공경을 가진 체에 넣고 호수를 이용하여 수돗물로 3분간 세척한 다음 시료를 얻었다. 수집한 시료는 햇볕에 충분히 건조시킨 후 배지재료로서 사용하였다.

PBT는 Table 1과 같이 피트모스(Canadian peat moss, Sunshine, Sungro Co., Ltd.)와 간단한 부피비율로 혼합하여 실험에 사용하였다. 대조구로는 상업용 상토[토실이 무비상토, 신안그로(주)]를 사용하였다.

‘서광’ 토마토[홍농종묘(주)] 종자를 2004년 7월 12일에 파종하여 2004년 8월 10일까지 경상대학교 SRC 유리온실에서 30일간 육묘하였다. 종자를 128공 플러그 트레이에 파종하여 4처리 3반복 난괴법으로 배치하여 재배하였다. 파종 후 매 5분마다 1분간 분무하는 발아용 벤치에서 3일간 발아시킨 후 온실에서 재배하였다. 발아 후 온실로 옮기고 2일에 한 번씩 오전

Table 1. Compositions of four media used in the experiment.

Medium no.	Components and mixing ratio (% v/v)	
	PBT ²	Peat moss
1	Control (Commercial plug medium, Tosillec)	
2	0	100
3	100	0
4	50	50

²PBT, PET-bottle-particles.

Table 2. Chemicals and their concentrations used in the nutrient solution for the culture of tomato plug seedlings. The nutrient solution had pH of 6.45, and EC of 1.2 dS·m⁻¹.

Chemical	Conc. (mg·L ⁻¹)	Chemical	Conc. (mg·L ⁻¹)
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	472	Fe-EDTA	15.0
MgSO ₄	246	H ₃ BO ₃	1.4
KNO ₃	202	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.2
NH ₄ NO ₃	80	MnSO ₄ ·4H ₂ O	2.1
KH ₂ PO ₄	272	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.1
		ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.8

10시경에 100 L의 탱크에 조제된 공정육묘용 액비(Table 2)로 저면관수 하였다.

파종 후 3일째부터 10일간 발아율, 평균 발아일수, 평균 발아속도 및 50% 발아 소요일수를 조사하였다 (Coolbear 등, 1984; Hartmann과 Kester, 1983).

또한 30일간 육묘 후 초장, 하배축 길이, 최대근장, 엽수, 경경, 총 엽록소 함량, 엽면적, 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, 총 생체중과 건물중, T/R을, 그리고 배지의 화학성을 조사하였다.

건물중은 생체중을 측정한 후 80°C의 항온건조기 내에서 72시간 건조한 직후에 측정하였다. T/R율은(지상부 건물중÷지하부 건물중)의 공식으로 산출하였다. 총 엽록소 함량은 Arnon(1949)의 방식으로 측정하였다. 배지의 pH와 EC는 1:5(v/v) 희석법(Kim 등, 2000)을 사용하여 측정하였다.

총 엽록소 함량을 측정하기 위하여 직경 5 mm의 코르크 보리로 동일 부위의 엽면적을 채취하여 무게를 잴 후 시험관에 넣어 80% 아세톤 10 mL을 넣고 24 시간 동안 암 상태에서 보관한 후 분광광도계(Uvikon 922, Kotron Instrument, Italy)를 사용하여 645 nm과 663 nm에서의 흡광도를 측정하였다. 총 엽록소 함량은 다음과 같은 식에 근거하여 산출하였다.

$$\text{총 엽록소 함량}(\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}\text{fw}) =$$

$$[(20.29 \times A_{645}) + (8.02 \times A_{663})] \times \frac{\text{아세톤량 (mL)}}{\text{생체중 (mg)}}$$

실험결과는 SAS(Statistical Analysis System, V. 6.12, Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 통계 분석하였다.

Table 3. pH & EC of the PBT as affected by the number of rinsing.

No. of rinsing	pH	EC ($\mu\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$)
Tap water	6.93 d ^z	77.0 b
0	8.07 a	436.5 a
1	7.37 b	40.8 c
2	7.28 bc	42.0 c
3	7.22 c	42.3 c

^zMean separation in columns by Duncan's multiple range test, $P=0.05$.

Table 4. pH & EC of growing media before & after 30 days culture of plug seedlings.

Medium ^z	pH		EC ($\mu\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$)	
	Before	After	Before	After
TS	6.08 b ^y	6.50 b	689.0 a	357.0 a
PM	4.85 d	5.29 d	119.0 b	204.5 b
PBT	7.14 a	7.48 a	46.2 d	120.5 c
PM+PBT	5.04 c	5.95 c	80.1 c	122.5 c

^zTS, Control (Commercial plug medium, Tosilee); PM, peat moss; PBT, 100% PET-bottle-particles; and PM+PBT, peat moss (50%)+PBT(50%).

^yMean separation in columns by Duncan's multiple range test, $P=0.05$.

결과 및 고찰

실험 전 배지 원료로 사용 한 PBT의 세척 횟수별 pH와 EC는 Table 3에 나타낸 바와 같다. 세척 전 pH와 EC는 높으나 세척 후에는 낮아졌으며 세척 횟수별 변화의 정도는 유사하였다. 세척 전 pH와 EC가 높은 이유는 재활용 공장에서 PBT의 세척과정에서 가성소다(NaOH)를 이용하였기 때문으로 판단된다.

실험 전·후 배지의 pH와 EC는 Table 4에 나타낸 바와 같다. 육묘 전·후 배지의 pH는 유의적인 차이를 나타내었다. 육묘 후 대조구를 포함해서 전체적으로 pH가 다소 높아진 결과를 보였다. 이는 양액 사용의 영향일 것인데, 생육이 진전되면서 배지의 pH가 다소 높아진 것으로 판단된다. 실험 전 PBT(100%)배지의 pH는 7.14로 혼합배지의 재료로 사용된 약 산성의 피트모스와 혼합되어 pH가 낮아짐을 보였다. Choi 등 (1997)이 몇 가지 배양토 재료를 이용하여 고추를 육묘한 결과와 유사하게, 본 실험에서도 작물 재배 중에 특별한 무기원소의 결핍증상이나 독성증상이 관찰되지

않았다. 하지만 안전한 작물관리를 위해 배지재료의 혼합비율(산성배지재료와 알칼리성 배지재료)을 조절하거나, 화학물질(산 처리; 질산, 인산, 황산)의 첨가, 혹은 양액에 의한 배지의 pH를 관리할 수 있을 것이다. 또한 Bunt(1998)나 Nelson(1991)이 제시한 적정 pH 범위로 고토석회(dolomitic limestone)를 상토조제 과정에서 첨가하거나, 산성이나 알칼리성 비료를 사용하여 보정이 가능하리라 판단된다.

실험 전·후 육묘 배지의 전기전도도(EC)를 조사한 결과 육묘 전 상업적 육묘 배지인 토실이 배지($\text{EC}=689.0 \mu\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$)는 유의적으로 높았으며 이를 제외한 3 가지 배지에서 EC가 육묘 전 보다 육묘 후 증가하였다. 이는 발아 후 온실 벤치에서 양액이 공급되면서 배지 내에 염이 잔류되었기 때문으로 추정할 수 있었다. PBT(100%)와 PBT(50%)+peat moss(50%) 처리에서 EC값이 낮았다. 이는 PBT가 고농도의 염을 집적하지 않고 용탈시킴으로써 나타난 것으로 추정된다.

발아율은 모든 처리구에서 95% 이상을 나타냈으며, 평균 발아일수(MGT), 평균 발아속도(MDG), 그리고 50% 발아 소요일수(T_{50})도 유사한 결과를 나타내었다. 이는 처리 배지마다 완충작용 능력과 표토의 발아환경이 유사(Kim과 Lee, 1999)함을 의미한다(Table 5).

파종 후 30일째 '서광' 토마토 묘의 생육조사 결과는 Table 6에 나타낸 바와 같다. 대조구인 토실이 상토에서 초장과 허배축이 17.7 cm와 7.9 cm로 유의성 있게 가장 길었고, 뿌리 길이는 피트모스 100% 처리에서 유의성 있게 가장 짧았다. 나머지 항목들도 거의 유사한 경향을 보였다.

파종 후 30일째 '서광' 토마토 묘의 지상부와 지하

Table 5. Germination of 'Seokwang' tomato seeds sown in plug cells as influenced by medium composition.

Medium ^z	Germination (%)	MGT (days)	MDG	T_{50} (days)
TS	98	8.0	12.6	5.0
PM	98	7.9	12.6	5.0
PBT	95	8.0	12.2	5.0
PM+PBT	99	7.9	12.7	5.0
LSD _{0.05} ^y	0.87	0.03	0.11	0.01

^zTS, Control (Commercial plug medium, Tosilee); PM, peat moss; PBT, 100% PET-bottle-particles; and PM+PBT, peat moss (50%)+PBT(50%).

^yLeast significant difference at $P=0.05$.

Table 6. The effect of media on the growth of 'Seokwang' tomato plug seedlings measured at 30 days after sowing.

Medium ^z	Plant height (cm)	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	No. of leaves	Stem diameter (mm)
TS	17.7 a ^y	7.9 a	10.4 ab	5.1 a	0.32 a
PM	13.1 bc	5.1 b	9.2 b	4.6 b	0.26 b
PBT	12.9 c	5.9 b	11.8 a	5.0 ab	0.29 ab
PM+PBT	14.0 b	5.3 b	11.5 ab	4.9 ab	0.28 b

^zTS, Control (Commercial plug medium, Tosilee); PM, peat moss; PBT, 100% PET-bottle-particles; and PM+PBT, peat moss (50%)+PBT(50%).

^yMean separation in columns by Duncan's multiple range test, $P=0.05$.

Table 7. Fresh and dry weights, and T/R ratio of 'Seokwang' tomato plug seedlings measured at 30 days after sowing.

Medium ^z	Fresh wt. (g)		Dry wt. (g)		T/R ratio
	Shoot	Root	Shoot	Root	
TS	2.48 a ^y	0.27 a	0.14 a	0.02 a	7.7 a
PM	1.22 b	0.15 a	0.07 b	0.01 a	8.2 a
PBT	1.46 b	0.27 a	0.08 b	0.02 a	3.4 b
PM+PBT	1.43 b	0.23 a	0.09 b	0.02 a	5.7 ab

^zTS, Control (Commercial plug medium, Tosilee); PM, peat moss; PBT, 100% PET-bottle-particles; and PM+PBT, peat moss (50%)+PBT(50%).

^yMean separation in columns by Duncan's multiple range test, $P=0.05$.

부의 생체중, 건물중, 그리고 T/R율은 Table 7에 나타난 바와 같다. 대조구에서 지상부의 생체중과 건물중이 유의성 있게 가장 컸으며 나머지 처리들은 유사한 결과를 나타내었다. T/R율은 PBT처리에서 유의성 있게 가장 낮았다.

Fig. 1은 피종 후 30일째 '서광' 토마토 묘의 엽면적과 엽록소 함량을 조사한 결과를 나타낸 것이다. 대조구에서 엽면적이 유의성 있게 가장 컸으나 엽록소 함량은 가장 낮게 나타났다. 반면 나머지 처리들은 엽면적과 엽록소 함량이 유사하게 나타났다. 이는 대조구인 토실이 배지의 EC가 높아 양분과 수분이 과다하여 다소 웃자랐기 때문으로 판단된다(Table 4).

생육조사 결과 모든 처리의 배지에서 특별한 생육억제 효과나 결핍증상 또는 악영향 없이 우수한 생육을 보였다(Photo 1).

재활용 물질을 배지로 이용하려면 일부 전처리가 필요하지만 유기물 배지재료를 혼합하여 채소류의 육묘에 이용할 수 있음이 본 연구결과로 증명되었다. 그러

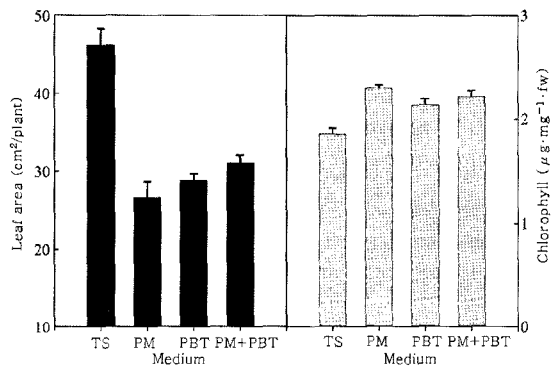


Fig. 1. Leaf area and chlorophyll concentration of 'Seokwang' tomato plug seedlings measured at 30 days after sowing. TS, Control (Commercial plug medium, Tosilee); PM, peat moss; PBT, 100% PET-bottle-particles; and PM+PBT, peat moss (50%)+PBT(50%). Also see (Photo. 1).



Photo. 1. *Lycopodium esculentum* Mill. 'Seokwang' plug seedlings at 30 days after sowing as affected by the medium composition. TS, Control (Commercial plug medium, Tosilee); PM, peat moss; PBT, 100% PET-bottle-particles; and PM+PBT, peat moss (50%)+PBT(50%).

므로 PET를 재활용하여 육묘용 배지원료로 이용할 경우 묘의 정식에 의한 자연적이고 환경에 부담을 거의 주지 않을 것으로 예상되며, 단지 가공을 통한 재료의

균질화 또는 혼합배지의 표준화, 그리고 안정적이며 균일성 있는 배지재료의 생산과 공급방법이 과제로 남아 있다고 판단된다.

앞으로 좀 더 다양한 식물들에 사용될 수 있는 원예용 인공상토의 원료로서 재활용 PET-Bottle-Particles (PBT)의 이용 가능성에 대한 추가적인 실험이 필요할 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 재활용 PET-Bottle-Particles(PBT)가 함유된 4가지 생육배지를 이용하여 플러그묘 재배의 가능성을 실험하기 위해 유리온실에서 수행되었다. 토마토 ‘서광’의 플러그묘를 PBT 100%, peat moss 100%, 그리고 PBT 50%+peat moss 50%가 함유된 배지 및 상업적으로 이용되는 배지(토실이)를 대조구로 이용하여 육묘하였다. 128공 플러그 트레이에서 2004년 7월 12일에 파종하여 플러그묘의 생육은 파종 후 30일째 측정하였다. 모든 처리에서 95% 이상 발아하였다. 초장, 지상부 생체중과 건물중, 엽면적, 그리고 하배축 길이는 대조구에서 가장 컸다. 뿌리 길이와 무게는 PBT 100%처리에서 가장 컸으며, 이 배지의 pH는 7.3이었다. PBT 50%+peat moss 50%처리에서 엽면적과, 지상부 건물중이 PBT 100% 처리에서 보다 컸으며, peat moss 100%처리에서 가장 작았다. PBT를 사용함으로써 인한 독성증상은 관찰되지 않았다. 이 결과는 원예 묘종 생산에 있어 배지의 물리성 개선을 위한 구성요소로서 재활용 가능한 PBT의 이용 가능성을 제시해 준다.

주제어 : 독성증상, 플러그 묘, 피트모스, 하배축 길이

인 용 문 헌

1. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24:1-15.

2. Bunt. A.C. 1998. Media and mixes for container grown plants. Unwin Hyman, London. Choi, J.M., J.W. Ahn, J.H. Ku, and Y.B. Lee. 1997. Effect of medium composition on physical properties of soil and seedling growth of red-pepper in plug system. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 36:618-624.

3. Choi, J.M., J.W. Ahn, J.H. Ku, and Y.B. Lee. 1997. Effect of medium composition on physical properties of soil and seedling growth of red-pepper in plug system. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 36:618-624.

4. Coolbear, P., A. Francis, and D. Grierson. 1984. The effect of low temperature presowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. *J. Exp. Bot.* 35:1609-1617.

5. Hartmann, H.T. and D.E. Kester. 1983. *Plant propagation: Principles and practices*. 4th Ed. p. 127. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.

6. Hwang, S.J. and B.R. Jeong. 2002. Effect of medium composition of cellular glass foam particles and carbonized chestnut woodchips on growth of plug seedlings of ‘Nokkwang’ pepper and ‘Segye’ tomato. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:399-405.

7. Hwang, S.J. and B.R. Jeong. 2004. Use of CGF and CCW as medium components for commercial production of plug seedlings of ‘Seogun’ tomato. *J. Bio-Environment Control.* 13:81-89.

8. Jeong, B.R. 2000. Current status and perspective of horticultural medium reuse. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 18:876-883.

9. Kim, H.J. and J.M. Lee. 1999. Seed germination of *Sicyos angulatus* L. as affected by seedcoat clipping, low temperature treatment and germination media. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 17:627 (Abstr.).

10. Kim, J.E., S.J. Choi, and H.Y. Kim. 1999. Effects of waste tire chips on the growth and nutrient absorption of *Cymbidium* Lucky Rainbow ‘Lapin Hat’ seedlings. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 17:623 (Abstr.).

11. Kim, O.L., J.Y. Cho, and B.R. Jeong. 2000. Medium composition including particles of used rockwool and wood affects growth of plug seedling of petunia ‘Romeo’. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 18:33-38.

12. Lee J.W. 1994. The properties, compositions and managements of plug media. *Conference for korea society for bio-environment control*, October, Symposium and abstract. p. 48-61.

13. Nelson, P.V. 1991. *Greenhouse operation and management*, 4th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.