Research Report

임산부산물을 이용한 원예용 혼합상토 개발

정지영¹, 임기병², 김지수¹, 박한민¹, 양재경^{1*}¹경상대학교 농업생명과학대학 환경재료과학과(농업생명과학연구원)²경북대학교 원예과학과

Utilization of Wood by-product and Development of Horticultural Growing Media

Ji Young Jung¹, Ki-Byung Lim², Ji Su Kim¹, Han Min Park¹, and Jae-Kyung Yang^{1*}¹Division of Environmental Forest Science and Institute of Agriculture & Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea²Department of Horticultural Science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract: The main objective of this work was to identify and evaluate possible substrate alternatives or amendments to peat moss. This study involves the physical and chemical characterization and growth test of wood sawdust and wood fiber in order to evaluate their use as components of horticultural media. The carbohydrate content, C/N ratio, pH, phenolic compound, total porosity and water holding capacity were 58.9%, 425.1, 4.8, 181.8 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), 82.5% and 47.1% in wood sawdust and 41.1%, 240.8, 5.9, 29.8 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), 90.6% and 56.2% in wood fiber, respectively. Wood sawdust (K, 998.0 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$; Ca, 1196.0 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$; Mg, 105.6 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) and wood fiber (K, 1250.1 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$; Ca, 1982.6 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$; Mg, 173.1 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) showed adequate mineral elements properties compared to peat moss (K, 0.02 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$; Ca, 0.57 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$; Mg, 0.13 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) for their use as growing media. The mixtures of the horticultural media were prepared using different substrate as wood sawdust and wood fiber to grow Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.) in a greenhouse. The seed germination, leaf area and stem height were 75%, 0.50 cm^2 and 2.8 cm in PS substrate (containing 30% peat moss, 10% perlite and 60% wood sawdust) and 95%, 0.65 cm^2 and 3.3 cm in PF substrate (containing 30% peat moss, 10% perlite and 60% wood fiber), respectively. The seed germination and stem height of the PF substrate (containing 30% peat moss, 10% perlite and 60% wood fiber) was higher than those in peat moss (control). Utilization of wood by-product can be considered as an alternative media component to substitute the widely using expensive peat moss.

Additional key words: chemical properties, Chinese cabbage, horticultural media, peat moss, physical properties, wood fiber, wood sawdust

서 언

국내에 1990년대부터 도입된 플러그 육묘기술은 작은 공간에서 많은 작물을 육묘할 수 있는 효율성과 재배과정의 자동화 및 생력화로 인해 급격히 발전하고 있다(Lee et al., 2006). 플러그 육묘에 사용되는 상토의 재료에는 피트모스, 코이어, 훈탄 등과 같은 유기성 재료와 펄라이트, 제올라이트,

트, 버미큘라이트 등과 같은 무기성 재료가 주로 사용되고 있으며, 특히, 과채류 공정육묘에는 유기질 재료인 피트모스가 주재료로 사용되고 있다. 일반적으로 플러그 육묘용 상토는 작업의 용이성이나 균질성은 물론, 근권의 형성능력이나 묘의 저장성과 정식후 활착정도 등이 중요시되므로, 물리성과 화학성을 더 좋게 하기 위해 피트모스에 펄라이트, 제올라이트, 버미큘라이트 등 무기성 재료를 혼합하여 사용

*Corresponding author: jkyang@gnu.ac.kr

※ Received 23 September 2014; Revised 5 February 2015; Accepted 26 February 2015. 본 연구는 산림청 산림과학기술개발사업(과제번호: S211214L020430)의 지원에 의해 수행되었음.

© 2015 Korean Society for Horticultural Science

하고 있다(Choi et al., 1997; Choi et al., 2002; Lee et al., 2000). 또한 플러그 육묘에 사용되는 혼합상토는 구성 재료의 혼합 비율을 변화시켜 최적의 물리화학적 조건으로 조절되어야만 작물의 안정적 생육이 가능하게 되어, 작물의 품질 및 생산비에 큰 영향을 준다(Choi, 1995; Ryu and Lee, 1996; Woo et al., 2001).

플러그 육묘용 혼합상토의 주재료인 피트모스는 다량의 유기물을 함유하고 있으며, 양이온교환 능력과 보비력이 우수하여(Argo, 1998), 국내에서 가장 많이 이용되고 있으나, 전량 수입에 의존하는 고가의 자재로서, 생산비 증가의 원인이 되고 있고, 피트모스의 채취 사용이 환경 친화적이지 못한 문제로 인해 사용을 줄이려는 시도가 이루어지고 있다(Song et al., 1996).

피트모스를 대체하기 위한 연구로서 폐목재, 코코넛 섬유, 왕겨, 음식물쓰레기, 하수슬러지, 폐지(Bugbee, 2002, Wrigth et al., 2006, Salifu et al., 2006, Ostos et al., 2008; Bustamante et al., 2008) 등에 대한 연구가 이루어지고 있고, 적절한 혼합이나 전처리를 통해 피트모스 대체 가능성에 대한 좋은 결과를 나타내고 있다. 또한 훈탄 왕겨(Park et al., 2014), 버섯폐배지(Kim et al., 2014), 톱밥 및 코코피트(Kim et al., 2010), 목질탄화물(Jeong et al., 2008), 토탄(Oh and Kim, 2007) 등 국내에서 발생하는 산업부산물을 혼합상토의 구성 재료로 활용하는 연구가 이루어지고 있다.

임산부산물은 산림으로부터 생산되는 임산물이 가공되는 과정에서 발생하는 자원을 말하는 것으로 연간 국내 숲가꾸기에 의해 발생하는 물량은 115,000톤, 산림 내 방치되는 물량을 모두 합하면 2,483,000톤으로 각각 나타나며, 숲가꾸기 사업지('09) 25만 ha → ('10) 49만 ha → ('11) 75만 ha → ('12) 101만 ha → ('13) 127만 ha으로 늘어나고 있으므로 임산부산물의 이용에 대한 연구가 요구되고 있다. 또한 임산부산물을 가공하여 원예작물 생장제, 식물 병해 방제제 등을 생산하는 산업체에서 발생하는 가공부산물인 목질섬유는 대부분 폐기되고 있으므로, 이들 가공부산물의 활용에 대한 연구도 필요하다.

이에 본 연구는 혼합상토의 주 원료인 피트모스를 대체하기 위하여 국내의 임산부산물로 발생하는 톱밥 및 목질섬유의 물리화학적 특성을 분석하고, 국내에서 주요한 채소 품종 중 하나인 배추를 이용하여 생육효과를 검증함으로써 혼합상토 원료로서의 임산부산물 적용가능성에 대한 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

물리화학적 특성 평가를 위한 유기질 상토재료는 피트모스(20-80 mesh size sphagnum, Sunshine, Canada), 참나무 톱밥(wood sawdust, 20-80 mesh size, 국립산림과학원) 및 목질섬유(wood fiber, 20-80 mesh size, 유림하이텍, 대구)를 사용하였고, 생육특성 평가를 위한 혼합상토 제조에는 무기질 재료인 펄라이트(0.2-0.8mm, 삼손, 서울)를 사용하였다. 임산물이 가공되는 과정에서 발생하는 톱밥과 원예작물 생장제, 식물 병해 방제제 등을 생산하는 산업체에서 발생하는 가공부산물인 목질섬유의 발생공정은 Fig. 1과 같다. Heat treatment는 225°C에서 5분동안 실시하였고, water extraction은 60°C에서 2시간 동안 실시되었다. 본 실험에 사용된 목질섬유(heat treatment 및 water extraction 후 회수된 잔사)는 건조 후 사용하였기 때문에 수분제거 정도를 기술하지 않았다.

공시재료의 물리화학적 특성 분석

공시재료의 탄수화물 분석은 Alditol acetate법(Voiges et al., 2012)에 의해 Gas chromatography(YL-6100, Young Lin Ins. Co., Ltd. Korea)로 분석하였고, C/N비는 원소분석기(Flash 2000 Series, Thermo Fisher Scientific Inc, USA)로 탄소 및 질소의 함량을 측정 후 탄소함량에 대한 질소 함량의 비율로 계산하였다. 무기성분은 습식분해액($\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HClO}_4 = 10:1:4$)으로 분해한 후 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry)로 측정하였고, pH는 1:5법

Fig. 1. Schematic diagram of produced wood sawdust and wood fiber.

(Jeong et al., 2008)으로 측정하였다. 생장저해물질인 페놀성 화합물의 함량은 Folin-Denis법(Holderbauma et al., 2014)에 의해 폴리페놀류의 양을 정량하여 간접적인 방법으로 판단하였다.

공시재료의 물리적 특성인 공극률 및 수분보유력은 Choi et al.(1999)의 방법에 의거하여 높이 및 직경 7.62cm, 그리고 내부용적 347.5mL인 알루미늄 실린더를 이용하여 측정하였다.

혼합 상토의 작물 생육 특성 시험

Table 1과 같은 혼합비율로 임산부산물 혼합상토를 제조하여 작물의 생육특성시험을 실시하였다. 시험작물은 엇갈이 배추(*Brassica campestris* L., 동부한농, 한국)를 공시 품종으로 정하고, 각 처리구별로 32공 육묘포트에 5반복하여 파종한 후 경상대학교 온실(최저 온도 15°C 및 최고 온도 27°C)에서 7일 동안 수행(1일 1회 관수)하였다.

발아율은 유근이 1mm 정도 자랐을 때를 기준으로, 파종한 립수에 대해 발아한 립수로 계산하였고, 엽면적은 잎의 길이와 폭을 측정하여 계산하였으며, 초장은 지체부로부터 정단부위까지 길이를 측정하였다(Byun et al., 2012). 발아율 및 엽면적의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{발아율(Seed germination, \%)} = \frac{\text{총 발아 수}}{\text{총 공시 종자 수}} \times 100$$

$$\text{엽면적(Leaf area, cm}^2\text{)} = \text{잎의 길이} \times \text{잎의 폭}$$

통계 분석

통계분석을 위하여 각 계통의 5반복 값을 MS Excel을 이용하여 표준편차를 나타내었으며, 각 실험구 사이의 유의성은 SAS(Statistical Analysis System) 프로그램을 이용하여 $p \leq 0.05$ 수준의 Duncan 다중 검정(Duncan's Multiple Range Test)을 실시하였다.

결과 및 고찰

물리화학적 특성

혼합상토 원료의 유기물 함량, pH, 미량원소 함량 등의 화학적 특성은 식물생육에 적합한 근권 환경의 양분을 결정하는 중요한 요인이기 때문에 혼합상토의 적절한 화학적 성분은 매우 중요하며(Gabriels et al., 1986) 공극률, 수분보유력, 가밀도, 진밀도 등과 같은 상토의 물리적 특성 또한 발아율 및 줄기 생장과 같은 식물 생육에 영향을 미친다고 알려져 있다(Boodley, 1998; Verdonck et al., 1983).

혼합상토의 유기물 함량 지표인 탄수화물 함량은 지상부 생산력을 좌우하는 지력 및 식물 생육에 있어서 매우 중요한 영향을 준다. 또한 탄수화물은 식물이 직접 흡수할 수는 없으나 탄소원으로서 미생물의 에너지원이 되며, 미생물이 탄수화물을 분해하여, 질소 및 인산의 수용성 형태로 변화시킴으로써, 최종적으로 식물의 에너지를 생성하게 된다(Lee and Sang, 1991).

피트모스, 톱밥 및 목질섬유의 총 탄수화물 함량 및 조성은 Table 2에 나타냈다. 목질섬유에는 arabinose, mannose

Table 1. Substrate mixtures used in this study.

Treatment	Formulation	Designation
1	100% Peat moss (commercial substrate)	P
2	30% Peat moss + 10% Perlite + 60% Wood sawdust	PS
3	30% Peat moss + 10% Perlite + 60% Wood fiber	PF

Table 2. Carbohydrate content ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ dry weight) of the raw materials.

Raw material	Arabinose	Xylose	Mannose	Galactose	Glucose	Total carbohydrate	Optimal range of total organic matter ^z
Peat moss	0.8 a ^y	1.6 c	2.2 b	2.9 a	26.4 c	33.9 c	
Wood sawdust	0.9 a	10.5 a	3.2 a	1.8 b	42.5 a	58.9 a	> 80
Wood fiber	0.0 c	5.4 b	0.0 c	0.0 c	35.7 b	41.1 b	

^zDifferent letters within same column indicate the significant difference at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

^yOptimal range in growing media according to Abad et al. (2001).

및 galactose 성분이 함유되어 있지 않았고, glucose 함량은 35.7%, xylose 함량은 5.4%로 톱밥의 glucose(42.5%) 및 xylose(10.5%) 함량보다 낮은 함량을 나타냈다. 이러한 결과는 업체 공정의 일부인 고온처리 공정 동안 탄수화물이 분해되어 furfural과 5-hydroxymethyl furfural 같은 휘발성 화합물로 변화되고 휘발되어 함량의 손실이 일어난 것으로 판단된다(Ruiz et al., 2008). 피트모스, 톱밥 및 목질섬유의 탄수화물은 공통적으로 glucose가 차지하는 비율이 가장 높았고, 이것은 유기물을 구성하는 cellulose로부터 유래되었다고 판단된다. 톱밥 및 목질섬유의 총 탄수화물 함량은 각각 58.9%, 41.1%로 피트모스(33.9%)보다 높은 총 탄수화물 함량을 나타냈다.

질소 고정활성은 유기물의 첨가에 의해 증가될 수 있고, 또한 질소 고정세균(diazotroph)이 질소고정을 위한 에너지 원으로 탄수화물을 필요로 한다고 알려져 있다. 특히, 탄수화물의 다양한 당 중 glucose 또는 mannitol이 질소고정 활성을 증가시킨다는 연구결과가 있다(Malik et al., 2001). 따라서, glucose 함유량이 높은 톱밥 및 목질섬유는 상토원료로써 활용가능할 것으로 판단된다.

C/N비는 미생물에 의한 유기물 분해도 지표로 활용되는 중요 인자로서 상토로 사용하기 위해서는 50-70 수준의 C/N비가 적합하다고 알려져 있다(Han et al., 2008). Table 3은 피트모스, 톱밥 및 목질섬유의 탄소함량, 질소함량 및 C/N비

를 나타낸 결과로, 톱밥과 목질섬유의 탄소함량은 48.6-50.2% 수준으로 피트모스(45.0%)와 유사한 수치를 나타냈으나, 질소함량은 톱밥 0.1%, 목질섬유 0.2%로 피트모스 0.8%로 다른 유의성을 나타냈다. 또한 C/N비는 피트모스 56.3, 톱밥 486.0, 목질섬유 251.0로 재료에 따른 유의성을 나타냈다. 피트모스 대체를 위한 상토로의 적용을 위해서는 톱밥보다 목질섬유가 더 적합할 것으로 사료되며, 단독으로 작물재배에 상토로 이용하기보다는 C/N비를 조절할 수 있는 질소보충제나 다른 원료의 혼합 사용이 작물재배에 유리하다고 판단된다.

Table 4는 피트모스, 톱밥 및 목질섬유의 무기성분을 나타낸 결과로, 피트모스는 K, Ca, Mg, Fe 성분만을 소량 함유(0.02-0.57mg·100g⁻¹)하고 있었다. 톱밥 및 목질섬유는 K, Ca성분이 약 1-2%로 다량 함유되어 있고, Mg, Na, Zn, Fe, Mn 및 P 성분(15.3mg·100g⁻¹-481.2mg·100g⁻¹)은 소량 함유하는 것으로 나타났다. 목질섬유는 Zn, Fe 성분을 제외한 K, Ca, Mg, Na, Mn, P성분이 각각 1250.1, 1982.6, 173.1, 481.2, 24.1, 94.6mg·100g⁻¹으로 톱밥에 비해 높은 함량을 나타냈다. Meiwe et al.(1995)는 무기성분 중 K, P 및 Ca와 같은 성분은 토양 중에 용해되어 흡수되면 식물의 무기영양보충에 도움을 줄 수 있는 장점이 있는 반면에 Fe 및 Al 등의 금속성분은 토양중의 중금속 농도에 영향을 미칠 수 있는 단점이 있다고 보고하였다. 따라서 K, Ca, Mg 등 식물의 무기영양보충에 도움을 줄 수 있는 성분이 다량 함유된 톱밥 및 목질섬유는 상토원료로서 활용가능할 것으로 판단된다.

상토 원료의 pH는 식물 양분의 유효성 및 독성원소의 용해도 조절에 영향을 미치며(Degryse et al., 2009), 일반적으로 식물은 약산성(pH 5.0-7.0)에서 생육이 가장 좋은 것으로 알려져 있다. Table 5는 피트모스, 톱밥 및 목질섬유의 산도를 나타낸 결과로, 피트모스는 pH 5.1, 목질섬유 pH 5.9로 작물의 발아 및 생육에 적합한 수준이이었으나, 톱밥은 pH 4.8로 강산성을 나타내었다(Table 5). 강산성조건은 알루미늄, 망간 및 철 등의 용해도가 증대하여 중금속이 작물에 과잉 흡수되고, 토양 병원균에 감염되기 쉽기 때문에 강알칼리

Table 3. C/N ratio of the raw materials.

Raw material	C (%)	N (%)	C/N ratio
Peat moss	45.0 b ^z	0.8 a	56.3 c
Wood sawdust	48.6 ab	0.1 b	425.1 a
Wood fiber	50.2 a	0.2 b	240.8 b
Optimal range ^y	50 - 70		

^zDifferent letters within same column indicate the significant difference at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

^yOptimal range in growing media according to Bunt (1988).

Table 4. Content of mineral elements (mg·100 g⁻¹ dry weight) of the raw materials.

Raw material	K	Ca	Mg	Na	Zn	Fe	Mn	P
Peat moss	0.02 ± 0.0 c ^z	0.57 ± 0.1 c	0.13 ± 0.0 c	0.00 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 c	0.02 ± 0.0 c	0.00 ± 0.0 c	0.00 ± 0.0 c
Wood sawdust	998.0 ± 10.4 b	1,196.0 ± 20.8 b	105.6 ± 2.0 b	296.7 ± 5.6 b	9.4 ± 0.0 a	165.7 ± 0.3 a	15.3 ± 0.0 b	60.5 ± 1.3 b
Wood fiber	1,250.1 ± 9.7 a	1,982.6 ± 19.9 a	173.1 ± 2.0 a	481.2 ± 3.0 a	5.1 ± 0.1 b	58.3 ± 0.6 b	24.1 ± 0.2 a	94.6 ± 0.2 a

^zDifferent letters within same column indicate the significant difference at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

조건보다 식물 생육에 크게 영향을 미치기 때문에(Fernandez et al., 2009) 톱밥을 상토원료로 이용할 경우 작물의 생육에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

수피나 왕겨 등 임산부산물에는 resin, tannin, turpentine 및 polyphenol류의 함량이 높으며, 상토원료로 이용할 경우 이들 물질이 식물 생장을 저해할 수 있다고 보고한 바 있다(Nelson, 2003; Maher et al., 2008; Park et al., 2014). 따라서 성장저해물의 함량을 간접적으로 측정하기 위하여 페놀성 화합물을 분석하였다. 페놀성 화합물 함량은 피트모스 $103.1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 톱밥 $181.8 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 및 목질섬유 $29.8 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 으로 원료에 함유된 페놀성 화합물 함량이 높을수록 pH 수치가 낮아지는 것을 확인할 수 있었고, 이러한 결과는 원료에 함유된 페놀성 화합물 함량 수준이 원료의 pH에 영향을 미칠 수 있는 것으로 추측된다.

공극률은 보수성, 배수성, 통기성, 미생물 활성 등에 영향을 미치고, 수분보유력은 수분 함유뿐만 아니라 영양분의 용출성에도 관여하는 물리적 지표로서, 식물생육에 가장 적합한 상토의 물리성은 공극률 85% 이상, 수분보유력 60-100%

으로 알려져 있다(Abad et al., 2001). 본 실험결과에서는 톱밥 및 목질섬유의 공극률은 각각 82.5, 90.6%로 피트모스 공극률(89.9%)과 비교했을 때, 톱밥은 유의한 차이를 나타냈고, 목질섬유는 상토로의 사용에 적합한 범위에 해당하는 것으로 나타났다(Table 6). 톱밥 및 목질섬유의 수분보유력은 각각 47.1 및 56.2%로 측정되었고, 상토의 적절한 수분보유력이 60-100% 범위임을 고려할 때, 두 종류 원료 모두 적절한 범위보다 낮은 수분보유력을 나타냈다. 현재 일반적으로 유통되고 있는 상토인 피트모스의 수분보유력이 62-75%(Shin et al., 2012)로 적정 수분보유력 범위인 것을 고려할 때, 낮은 수분보유력을 가지는 톱밥 또는 목질섬유의 사용은 식물의 생육에 일부 영향을 미칠 것으로 판단된다.

혼합 상토의 작물 생육특성

톱밥 및 목질섬유에 피트모스와 펄라이트를 혼합하여, 물리화학적 특성이 대조구(피트모스)와 유사하게 제조된 혼합 상토의 작물생육특성을 평가하기 위해 배추를 육묘하여 발아율, 엽면적 및 초장을 측정하였다. 배추종자의 7일 육묘 후 발아율은 목질섬유 혼합상토가 95%로 대조구인 피트모스(90%)보다 높은 수치를 나타냈지만, 톱밥 혼합상토(75%)는 피트모스보다 약 15% 감소된 발아율을 나타냈다(Fig. 2).

또한 목질섬유 혼합상토에서 배추종자의 초기발아는 3일 경과 후부터 발아가 시작되어 피트모스에서 배추종자의 초기발아와 유사한 경향을 나타냈으나, 톱밥 혼합상토에서 배

Table 5. pH and phenolic compound of the raw materials.

Raw material	pH	Phenolic compound ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
Peat moss	$5.1 \pm 0.0 \text{ b}^z$	$103.1 \pm 0.1 \text{ b}$
Wood sawdust	$4.8 \pm 0.0 \text{ c}$	$181.8 \pm 0.4 \text{ a}$
Wood fiber	$5.9 \pm 0.0 \text{ a}$	$29.8 \pm 0.0 \text{ c}$
Optimal range ^y	5.3 - 6.5	

^zDifferent letters within same column indicate the significant difference at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

^yOptimal range in growing media according to Abad et al. (2001).

Table 6. Total porosity and water holding capacity of the raw materials.

Raw material	Total porosity (%)	Water holding capacity (%)
Peat moss	$89.9 \pm 0.4 \text{ a}^z$	$47.0 \pm 0.7 \text{ b}$
Wood sawdust	$82.5 \pm 1.2 \text{ b}$	$47.1 \pm 0.8 \text{ b}$
Wood fiber	$90.6 \pm 0.9 \text{ a}$	$56.2 \pm 1.5 \text{ a}$
Optimal range ^y	> 85	60 - 100

^zDifferent letters within same column indicate the significant difference at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

^yOptimal range in growing media according to Abad et al. (2001).

Fig. 2. Seed germination of Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.) grown in P (Peat moss), PS (containing 30% Peat moss, 10% Perlite and 60% Wood sawdust) and PF (containing 30% Peat moss, 10% Perlite and 60% Wood fiber) for seven day. Vertical bars represent the standard error of the mean.

추종자의 초기발아는 4일 경과 후부터 발아가 초기발아가 시작되어 톱밥을 상토에 혼합하였을 때 작물의 발아에 영향을 미치는 것을 간접적으로 확인할 수 있었다(Fig. 2).

Fig. 3과 Fig. 4는 톱밥 및 목질섬유를 혼합한 상토에서 생장된 배추의 엽면적 및 초장을 각각 나타낸 결과이다. 목질섬유 혼합상토는 피트모스와 유사한 수준의 생육특성을 나타냈다. 목질섬유 혼합상토에서 7일 육묘 후 배추종자의 엽면적과 초장은 각각 0.65cm^2 , 3.3cm 로 피트모스의 엽면적

Fig. 3. Leaf area of Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.) grown in P (Peat moss), PS (containing 30% Peat moss, 10% Perlite and 60% Wood sawdust) and PF (containing 30% Peat moss, 10% Perlite and 60% Wood fiber) for seven day. Vertical bars represent the standard error of the mean.

Fig. 4. Stem length of Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.) grown in P (Peat moss), PS (containing 30% Peat moss, 10% Perlite and 60% Wood sawdust) and PF (containing 30% Peat moss, 10% Perlite and 60% Wood fiber) for seven day. Vertical bars represent the standard error of the mean.

(0.70cm^2) 및 초장(3.2cm)과 비슷한 수치를 나타냈으며, 톱밥 혼합상토에서의 엽면적과 초장은 각각 0.50cm^2 , 2.8cm 로 피트모스의 엽면적과 초장 수치에 비해 상대적으로 낮은 수치를 나타냈다. 이러한 결과는 톱밥과 같이 목질화가 높은 유기성 재료를 상토 표면에 멀칭하면 작물의 생육이 증대되는 효과를 나타내지만, 상토에 혼합될 경우 미생물 증가, 질소 고정화반응 등으로 인하여 작물의 생육을 저해한다는 결과와 거의 유사한 결과를 나타냈다(Olayinka and Adebayo, 1985). 또한 천연톱밥을 상토로 이용하는 경우에 있어서, 식물생장의 저해를 초래할 수 있으며(Nelson, 2003; Maher et al., 2008) 이러한 결과의 원인은 톱밥에 함유된 페놀성 화합물 등과 같은 생육저해물질에 의한 것으로 추측하고 있다. 페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나로, 식물 생장에 있어서 미생물의 공격으로부터 보호 및 산화환원 반응 시 기질로 작용하기도 하지만, 농도 및 성분에 따라 식물 생장저해를 일으키는 것으로 알려져 있다(Karp et al., 2006). 따라서, 톱밥을 상토로 이용하기 위해서는 부속 또는 생장저해물질을 제거하기 위한 전처리 과정이 요구되지만, 목질섬유는 산업체 제조공정에 있어서, 고온처리 공정이 존재함으로써, 생장저해물질로 작용할 수 있는 리그닌이 일부 저분자화되고, 휘발 및 추출되어 혼합상토원료로 이용하기에 유리하다고 판단된다.

초 록

본 연구는 임산부산물인 톱밥과 목질섬유를 원예작물용 혼합상토 원료로서의 적용가능성을 검토하고자 물리화학적 특성 분석 및 배추 육묘를 위한 종자발아 단계부터 생육과 관련된 실험을 수행하였다. 톱밥 및 목질섬유를 기존 사용되고 있는 피트모스와 물리화학적 특성을 비교 분석한 결과, 총 탄수화물 함량은 톱밥과 목질섬유가 각각 58.9, 41.1%로 피트모스(33.9%)보다 높은 총 탄수화물 함량을 나타냈고, C/N비는 톱밥 425.1, 목질섬유 240.8로 피트모스(56.3)보다 높은 수치를 나타냈다. 또한 피트모스의 무기성분함량은 K ($0.02\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$), Ca($0.57\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$), Mg($0.13\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) 성분만을 소량 함유하고 있으나, 톱밥 및 목질섬유는 작물 재배 시 무기영양보충에 도움을 줄 수 있는 K, Ca, Mg, P성분이 다량 함유되어 있는 것으로 나타났다. 그러나 톱밥은 pH 4.8로 피트모스(pH 5.1)와 목질섬유(pH 5.9)에 비해 산성을 나타내었고, 생장저해물질인 페놀성 화합물 함량도 톱밥이 $181.8\text{mg}\cdot \text{g}^{-1}$ 으로 피트모스 $103.1\text{mg}\cdot \text{g}^{-1}$ 및 목질섬유 $29.8\text{mg}\cdot \text{g}^{-1}$

에 비해 높은 함량을 나타냈으며, 톱밥의 공극률 및 수분보유력은 각각 82.5, 47.1%, 목질섬유의 공극률 및 수분보유력은 각각 90.6, 56.2%로서 피트모스의 공극률(89.9%) 및 수분보유력(47.0%)과 유의한 차이를 나타내지 않았다. 톱밥 및 목질섬유를 혼합한 상토에서 작물생육특성을 분석하기 위해 배추를 육묘 하여 발아율, 엽면적 및 초장을 측정한 결과 목질섬유 혼합상토는 피트모스와 유사한 수준의 생육특성을 나타내었고, 톱밥 혼합상토는 피트모스에 비해 상대적으로 낮은 수준의 생육특성을 나타냈다. 이는 물리적인 특성보다 화학적인 특성, 특히 원료의 pH 또는 생장저해물질의 함량이 작물의 생육에 영향을 미친 것으로 판단된다. 이러한 물리화학적 특성 및 생육 특성의 결과를 고려했을 때, 목질섬유는 피트모스를 부분적으로 대체할 수 있는 혼합상토 원료로서 적합할 것으로 판단된다.

추가 주요어 : 화학적 특성, 배추, 상토, 피트모스, 물리적 특성, 목질섬유, 톱밥

인용문헌

- Abad, M., P. Noguera, and S. Bures. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresour. Technol.* 77:197-200.
- Argo, W.R. 1998. Root medium physical properties. *HortTechnology* 8:481-485.
- Boodley, J.W. 1998. The commercial greenhouse (2nd ed.). Delmar Publ., New York. p.140-142.
- Bugbee, J.G. 2002. Growth of ornamental plants in container media amended with biosolids compost. *Compost Sci. Util.* 10:92-98.
- Bunt, A.C., 1988. Media and mixes for container-grown plants (2nd ed.). Unwin Hyman Ltd, London, UK.
- Bustamante, M.A., Paredes, C., Moral, R., Agullo, E., Perez-Murcia, M.D., Abad, M. 2008. Composts from distillery wastes as peat substitutes for transplant production. *Resour. Conserv. Recycl.* 52:792-799.
- Byun, H.J., Y.S. Kim, H.M. Kang and I.S. Kim. 2012. Physico-chemical characteristics of used plug media and its effect on growth response of tomato and cucumber seedlings. *J. Bio-Environment Cont.* 21:207-212.
- Choi, J.M. 1995. Changes of physical properties of feather-amended media. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 36:707-714.
- 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.* 38:618-624.
- Choi, J.M., J.H. Chung, and J.S. Choi. 1999. Physical properties of pine bark affected by peeling method and improving moisture retention capacity. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:363-367.
- Choi, J.M., C.Y. Shim, and J.S. Choi. 2002. Effect of phosphorus fertilization on changes of nutrient concentrations in rice hull based root media, crop growth, and nutrient contents of chrysanthemum. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:235-238.
- Degryse, F., E. Smolders, D.R. Parker. 2009. Partitioning of metals (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn) in soils: concepts, methodologies, prediction and applications- a review. *Eur. J. Soil Sci.* 60: 590-612.
- Fernandez-Calvino, D., C. Perez-Novo, J.C. Novoa-Munoz, M. Arias-Estevéz. 2009. Copper fractionation and release from soils devoted to different crops. *J. Hazardous Materials.* 167:797-802.
- Gabriels, R., O. Verdonck and O. Mekers. 1986. Substrate requirement for pot plants in recirculating water culture. *Acta Hortic.* 178: 93-99.
- Han, S.I., M.H. Cho, K.S. Hwang. 2008. Comparison of phylogenetic characteristics of bacterial populations in a *Quercus* and pine humus forest soil. *Kor. J. Microbiol.* 44:237-243.
- Holderbaum, D.F., T. Konb and M.P. Guerra. 2014. Dynamics of total phenolic content in different apple tissues and genotypes: impacts and relevance for breeding programs. *Sci. Hortic.* 168:58-63.
- Jeong, S.J., J.S. Oh, W.Y. Seok and M.Y. Cho. 2008. The effect of treatment of woody charred materials on the growth and components of tomato and Chinese cabbage. *Kor. J. Organic Agri.* 16:455-469.
- Karp, K., M. Noormets, M. Starast and T. Paal. 2006. The influence of mulching on nutrition and yield of 'Northblue' blueberry. *Acta Hortic.* 715:301-306.
- Kim, H.L., H. D. Kim, J. G. Kim, Y. B. Kwack and Y. H. Choi. 2010. Effect of organic substrates mixture ratio on 2-year-old high bush blueberry growth and soil chemical properties. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 43:858-863.
- Kim, C.H., T.S. Oh, D. G. Shin, Y. K. Cho, Y. W. Kim and S. W. Ann. 2014. Study on the development of horticultural media using recycled used-mushroom-media. *J. Environ. Sci. Int.* 23:303-312.
- Lee, J.S and C. G. Sang. 1991. Studies on the present status of cultivation and utilization of foliage plants. *Kor. Soc. Hort. Sci.* 32:368-381.
- Lee, J.W., B.Y. Lee, K.Y. Kim, and S.H. Kang. 2000. Influence

- of rice hull ratio and nutrient solution strength on the growth of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) seedling in expanded rice hull-based substrate. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41:31-35.
- Lee, H.H., S.G. Ha, G.H. Kim, E.H. Park and J.H. Yu. 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. 24:330-337.
- Nelson, P.V. 2003. Greenhouse operation and management. 6th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Maher, M., M. Prasad and M. Raviv. 2008. Organic soilless media components, p. 459-504. In: M. Raviv and J.H. Leith (eds.). Soilless culture: Theory and practice. Elsevier, London.
- Malik, F.R., S. Ahmed, and Y. M. Rizki. 2001. Utilization of lingo cellulosic waste for the preparation of nitrogenous bio fertilizer. Pak. J. Biol. Sci. 4:1217-1220.
- Meiwees, K.J. 1995. Application of lime and wood ash to decrease acidification of forest soils. Water Air Soil Pollut. 85:143-152.
- Oh, T.S. and C.H. Kim. 2007 Effect of the mixing ratio of pot media on the germination and early growth in vegetable crops. Kor. J. Organic Agri. 15:319-330.
- Olayinka, A. and A. Adebayo. 1985. The effect of methods of application of sawdust on plant growth, plant nutrient uptake and soil chemical properties. Plant and Soil 86:47-56.
- Ostos, J.C., R. Lopez-Garrido, J.M. Murillo, R. Lopez. 2008. Substitution of peat for municipal solid waste and sewage sludge based composts in nursery growing media: effects on growth and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L. Bioresour. Technol. 99:1793-1800.
- Park, E.Y., J.M. Choi, C.Y. Shim. 2014. Development of root media containing carbonized and expanded rice hull for container cultivation of horticultural crops. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 32: 157-164.
- Ruiz, E., C. Cara, P. Manzanares, M. Ballesteros, E. Castro. 2008. Evaluation of steam explosion pretreatment for enzymatic hydrolysis of sunflower stalks. Enzyme Microb. Technol. 42:160-166.
- Ryu, B.Y. and J.S. Lee. 1996. Property change in Mixed for pot flower made of several organic materials. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37:127-135.
- Salifu, K.F., M.A. Nicodemus, F.J. Douglas, A.S. Davis. 2006. Evaluating chemical indices of growing media for nursery production of *Quercus rubra* seedlings. Hortic. Sci. 41:1342-1346.
- Shin, B.K., J.E. Son and J.M. Choi. 2012. Physico-chemical properties of peatmoss and coir dust currently used as root medium components for crop production in Korean plant factories. J. Bio-Environ. Control. 21:362-371.
- Song, C.Y., J.M. Park, J.M. Choi, C.S. Bang, and J.S. Lee. 1996. Effect of composted rice-hull on physico-chemical properties of growing media and growth of *Petunia hybrida* J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37:451-454.
- Verdonck, O., R. Penninck and M. De Boodt. 1983. The physical properties of different horticultural substrates. Acta Hortic. 150:155-159.
- Voiges, K., R. Adden, M. Rinken and P. Mischnick. Critical re-investigation of the alditol acetate method for analysis of substituent distribution in methyl cellulose. Cellulose 19:993-1004.
- Woo, J.H., Y.G. Sim, Y.Y. Han, H.H. Nam, K.B. Choi, and K.W. Kim. 2001. Effect of culture medium and its physico-chemical properties on bulblet growth of *Lilium* Oriental hybrid. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42:465-468.
- Wright, R.D., J.F. Browder, and B.J. Jackson. 2006. Ground pine chips as a substrate for container-grown woody nursery crops. J. Environ. Hortic. 24:181-184.