

댐 부유물 톱밥과 하수슬러지를 활용한 부숙질 비료가 수목생장 및 토양특성에 미치는 영향

류지훈¹ · 박관수^{2*} · 이상진² · 이항구² · 박범환² · 이종진³

Effect of Fertilizer Composed of Dam Suspended Particle Sawdust and Sewage Sludge to Soil Properties and Tree Growth

Ji Hoon Ryu¹ · Gwan Soo Park^{2*} · Hang Goo Lee² · Sang Jin Lee² · Bum Hwan Park² · Jong Jin Lee³

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of fertilizer composted of dam suspended particle sawdust and sewage sludge to soil properties and seedling growth. The *Betula platyphylla* var *japonica*, *Zelkova serrata* and *Chamaecyparis obtusa* were used for this study. The soil organic matter, total nitrogen, phosphorous, exchangeable calcium, magnesium, and potassium were increased with fertilizer treatment. Heavy metal concentration in soil was increased with fertilizer treatment, but the level was very low. With fertilizer treatment, growth, photosynthetic capacity, and chlorophyll concentration of seedling were improved.

Key words: Dam suspended particle sawdust, sewage sludge, fertilizer

1. 서론

최근 기후변화로 인해 빈번히 발생하고 있는 집중호우와 태풍의 영향으로 홍수 피해는 매년 증가하고 있으며, 이로 인해 댐 내로 유입되는 부유쓰레기의 발생량 또한 크게 증가하고 있는 실정이다. 이러한 댐부유물 발생은 환경오염 측면과 부유물 처리에 따른 경제적 측면에서 큰 피해를 발생시키고 있다. 2008년 한국수자원공사에 따르면 다목적 댐 내 유입되는 부유쓰레기가 평년에는 3만~5만 m³ 이었으나, 태풍이나 집중호우에 의한 대규모 수해 발생시 10~20만m³로 평년의 3~4배 정도로 증가하며, 댐으로 유입되는 부유쓰레기는 매년 증가하는 추세를 보이고 있다고 보고하고 있다.

우리나라의 하수슬러지는 2007년 말 기준 전국 347개 하수처리장에서 1일 평균 7,631ton이 발생되고 있고 2011년까지 113개 하수종말처리시설의 신·증설이 계획되어 있어 이후 460개소에 달할 것으로 예상되며, 1일 발생량이 10,259ton에 이를 것으로 전망된다(류지훈 등, 2010). 현재 하수슬러지를 처리하는 방법은 약 68.5% 정도는 해양

투기, 소각이 10.9%, 재활용 18.5%로 조사되고 있다(환경부, 2008). 하지만 런던협약과 도쿄의정서 등의 협약에 따라 2012년에는 해양투기가 전면 금지됨으로서 앞으로 발생하는 모든 하수슬러지는 재활용 또는 소각으로 처리하여야 함으로써 경제적인 문제가 발생할 것으로 예상된다.

댐 내 유입되는 부유쓰레기와 하수 슬러지의 폐기물은 유기물 함량이 비교적 많아 70~80%까지 이를 때도 있으며, 각종 유효한 비료 성분이 풍부하여 토양의 이화학적 성질을 개선하는데 유용하게 활용될 수 있다(Bures and Solivia, 1983; 이규승 등, 1991). 이 때문에 최근 농업 부문에서 슬러지 등의 폐기물을 비료로 자원화 하는 연구가 다양하게 이루어져 왔다. 이들 연구 중에는 토양개량이나 생산성 증대 효과에 대한 것(Bures and Solivia, 1983; Carlile and Davies, 1983; 장기운 등, 1992), 그리고 유해중금속 축적을 포함한 토양에 대한 각종 영향을 분석하는 연구가 진행되어져 왔다(Epstein and Chaney, 1976; 장기운 등, 1992).

산림수목에 대한 시비는 그 생육 촉진 효과에도 불구하고 임지의 낮은 경제적 생산성과 시비작업의 어려움 그리고 원료공급의 불안정 등으로 일부 제한적으로만 이루어지고 있는 실정이다. 또한, 본 연구와 관련된 슬러지를 이용한 산지 시비 또한 아직까지 적극적으로 검토된바 없으며, 이에 대한 연구도 빈약한 실정이다(한순교와 이화형, 1987). 어쨌든, 우리나라의 경우 산림토양이 척박하며 집중 강우에 의한 무기양료의 유실이 심한 산림환경에서 생리적으로 양료의 흡수 속도가 비교적 완만하고 지속적으로 진행되는 수목에 시비할 경우에 지효성 유기질비료의

¹ 한국수자원공사(Korea Water Resources Corporation)

² 충남대학교 산림환경자원학과(Dept. of Forest Resources, Chungnam National University)

³ (주)판코리아(Pankorea CO.,LTD)

* Corresponding author: 박관수

Tel.: +82-42-821-5743 Fax: +82-42-825-7850

E-mail: gspark@cnu.ac.kr

2010년 8월 13일 투고

2010년 9월 6일 심사완료

2010년 9월 17일 게재확정

이용도 바람직 한 것으로 보인다(권기원과 이규승, 1993).
본 연구는 댐 내에 유입되는 부유쓰레기 중 초목류와 2012년부터 해양투기가 전면 금지되는 하수슬러지의 자원 재활용 방안으로 댐부유물 톱밥과 하수슬러지(분뇨슬러지 포함)를 활용하여 개발된 조정용 부숙질 비료가 수목의 생장 및 토양특성 개선에 어떠한 영향을 주는가를 파악하기 위해 실시되었다.

II. 재료 및 방법

댐 부유물 톱밥과 하수슬러지를 활용한 부숙질 비료가 수목의 생장 및 토양의 화학적 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 2009년 4월 충남대학교 농업생명과학대학 부설 묘포장에서 실험을 실시하였다. 공시 수종으로는 자작나무, 느티나무, 그리고 편백나무가 이용되었으며, 공시 토양은 인근 산에서 채취한 마사토를 사용하였다. 실험용 포트는 플라스틱 재질의 지름 36cm, 높이 30cm의 포트를 선택하여 대조구, 처리구 1(유기물 함량 1%), 처리구 2(유기물 함량 2%), 처리구3(유기물 함량 3%)으로 시험구를 정했으며, 처리구 당 각 5분씩 3반복을 실시하여 총 180 본의 묘목을 식재하였다.

1. 토양의 화학적 특성 분석

부숙질 비료가 토양의 화학적 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 대조구 및 각 처리구별로 9월 말에 플라스틱 포트에 있는 토양을 수거하여 토양 pH, 유기물함량, 유효인산, 전질소, 치환성양이온(Ca, Mg, K), 양이온치환용량을 분석하였다. 또한, 비료관리법에서 제시한 부숙질 비료의 위해성 기준항목으로 정한 중금속류와 기타 오염물질(카드뮴, 납, 구리, 아연)에 대하여 분석을 실시하였다. 무기원소 및 중금속함량 분석은 HClO₄로 분해한 후 ICP(PE-Optima 3300DV)와 원자흡수분광기(SHIMADZU AA-6800)로 측정하였다. 총탄소(T-C)는 dry-ash법, 질소는 Kjeldahl법, 양이온치환용량(CEC)은 1N-NH₄OAc법을 이용하였고, 질산태 질소(NO³-N)와 암모니아태 질소(NH⁴⁺-N)는 2M-KCl로 침출한 후 Kjeldahl법을 이용하였다. pH는 1:5법을 이용하여 측정하였다(농업기술연구소, 1988).

2. 수목의 생장 조사

부숙질 비료 처리에 따른 수목의 생장 조사는 2009년 5월, 8월, 그리고 9월 세 차례에 걸쳐서 실시되었다. 모든 묘목의 수고는 스틸자와 줄자를 사용하여 측정하였으며, 근원경은 전자버니어캘리퍼스를 사용하여 측정하였다. 수고와 근원경의 시기별 반복 측정에 있어 정확도를 높이기 위하여 최초 측정 부위에 검정색 유성사인펜으로 가는 선을 표시하였다. 측정된 결과에 대한 통계적 비교 분석 및 유의성 검정을 위해 Duncan's multiple range test를 실시하여 수종별 그리고 시기별로 부숙질 비료의 시비 형태에 따른 효과를 통계 분석 하였다.

3. 수목의 생리 조사

부숙질 비료의 처리에 따른 수목의 생리 조사는 2009년 5월, 8월, 그리고 9월의 3차에 걸쳐서 실시되었다. 식물의 광합성량 측정은 휴대용 광합성 측정장치(Portable photosynthesis system, LI-6400, LI-COR Inc., USA)를 이용하여 실시하였고, 형광반응은 엽록소 형광반응 측정기(Continuous source chlorophyll fluorometer, OSI 30P, ADC, UK)를 이용하여 실시하였다. 엽록소 측정은 각 묘목의 건전엽을 대상으로 실시하였으며, 채취한 샘플은 Hiscox와 Israelstam의 방법에 따라 dimethyl-sulfoxide(DMSO)를 추출 용매로 캡 시험관(15mm×12.5cm)에 DMSO용액 10ml를 넣은 후 분석용 전자저울(CH/AB204-S, Mettler-Toled, Switzerland)로 잎의 중앙 부위에서 0.1g의 잎을 정확히 평량하여 시험관에 넣고 즉시 65±1°C의 항온욕조에 약 8시간 동안 담가 엽록소를 완전히 추출하고 UV-Vis spectrophotometer(Nicolet Evolution 100, Thermo Electron Co., USA)를 이용하여 663nm와 645nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 엽록소 a와 b의 함량을 구하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 토양의 화학적 특성

본 연구의 시험구에서 9월 말에 수집한 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같다. 토양 중 유기물함량의 경우 대조

Table 1. Chemical properties of soil with fertilizer treatments.

Treatments ¹	pH (1:5)	T-N (mg/kg)	OM %	Ava-P (mg/kg)	EX-Cation (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)
					K	Ca	Mg	
c	5.21	697	0.25	3.71	0.10	2.26	0.43	2.40
t1	6.92	859	0.51	95.4	0.28	3.47	0.81	3.85
t2	7.17	913	0.51	227.7	0.38	4.16	0.97	4.21
t3	7.21	950	1.22	328.0	1.14	5.37	1.43	5.68

Treatments¹; c: control, t1: 1%-OM treatment, t2: 2%-OM treatment, t3: 3%-OM treatment.

구에 비해 부숙질 비료를 혼합한 3개의 처리구 모두에서 높게 나타났으며, 전질소의 경우 또한 대조구에 비해 3개의 처리구에서 모두 높은 것으로 나타나서 시비처리가 토양의 화학적 특성 개선에 많은 영향을 준 것으로 보인다. 유효인산의 경우도 대조구에 비해 3개의 처리구에서 월등히 높은 것으로 나타나서 시비처리에 의한 영향으로 사료된다. 치환성양이온들의 경우에도 대조구에 비해 처리구에서 높게 나타나서 시비를 할 경우에 치환성양이온 공급에 많은 도움을 줄 것으로 보인다. 유기물함량의 경우와 유사하게 치환성양이온 또한 대조구에 비해 3개의 처리구에서 높은 것으로 나타났다. 토양 pH의 경우도 대조구에 비해 처리구에서 높은 것으로 나타났으며, 이 같은 결과는 시비로 인한 치환성양이온들의 증가 때문으로 사료된다.

토양의 유기물, 전질소, 유효인산, 그리고 치환성양이온 등의 경우 부숙질 비료를 가장 많이 투입한 제 3 처리구에서 가장 높은 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 산업폐

기물을 이용한 시비를 통해 토양 개량을 시도하는 많은 연구결과(Coosemans and Van Assche, 1983; Epstein and Chaney, 1976; 이규승 등, 1991; 허중수 등, 1987; 허중수 등, 1988)와 같이 부숙질 비료가 척박지 토양의 화학적 비옥도를 효과적으로 개선할 수 있는 가능성을 보여주었다고 생각된다.

본 연구의 처리별 토양의 중금속 함량은 Table 2와 같다. 토양 중 카드뮴은 흔적으로 나타났고, 납과 구리의 함량은 대조구와 처리구에서 유사한 값을 보였다. 반면, 아연의 경우 대조구에 비해 처리구에서 약간 높은 것으로 나타나 부숙질 비료의 시비가 토양 중 아연의 함량을 높인 것으로 사료되나, 중금속 분석 항목들 모두가 환경부의 토양오염우려기준보다 매우 낮은 값을 보이고 있다. 따라서 본 실험에 사용된 부숙질 비료는 식물의 생육에 있어 중금속에 의한 피해가 없을 것으로 판단된다.

2. 수목의 성장 반응

처리별 수목의 수고 성장 변화는 Table 3과 같다. 자작나무의 경우 이식 초기인 1차 측정 시기에는 대조구, 제 1 처리구, 제 2 처리구, 그리고 제 3 처리구에서 각각 19.43 cm, 23.93cm, 23.00cm, 19.27cm로 처리에 따른 수고의 차이는 근소한 것으로 나타났다. 하지만 2차 및 3차 측정에서는 대조구와 처리구 간에 수고는 큰 차이를 보였다.

느티나무의 경우 1차 측정에서는 대조구와 처리구의 수고가 비슷하게 나타났으며 통계적으로도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 하지만 2차, 3차 측정에서는 대조구와 처리구간 수고의 차이는 최대 2배 이상으로 나타났으며, 통

Table 2. The heavy metal concentration of soil with fertilizer treatments.

Treatments ¹	Cd	Pb	Cu	Zn
c	ND*	0.7	0.3	44.8
t1	ND	0.4	0.2	54.1
t2	ND	0.4	0.3	60.9
t3	ND	0.3	0.2	75.5
Standard**	1.5	100	50	300

Treatments¹; c:control, t1: 1%-OM treatment, t2: 2%-OM treatment, t3: 3%-OM treatment.

* ND : None Detection

** Ministry of Environment, 「Soil Environment Conservation Act」.

Table 3. The growth performance of seedling height of *Betula platyphylla* var. *japonica*, *Zelkova serrata* and *Chamaecyparis obtusa* with fertilizer treatments.

Treatments ¹	Season			
	May	August	September	
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	c	19.43±3.46b*	45.93±14.30b	62.97±20.89c
	t1	23.93±5.95a	60.20±18.18a	88.78±17.08ab
	t2	23.00±4.14ab	54.07±12.83ab	77.03±21.11bc
	t3	19.27±3.78b	64.67±10.83a	95.12±13.89a
<i>Zelkova serrata</i>	c	78.80±12.64a	81.63±14.15c	87.11±17.18c
	t1	82.93±16.84a	112.97±28.23ab	139.19±37.16b
	t2	81.23±9.71a	106.37±15.68b	127.45±18.69b
	t3	77.83±12.29a	132.07±19.27a	171.77±29.87a
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	c	58.30±9.14a	59.67±9.07a	63.62±10.77b
	t1	58.37±7.26a	63.37±7.64a	78.48±7.58a
	t2	55.23±8.46a	60.63±8.54a	77.37±10.38a
	t3	60.77±5.54a	66.37±5.60a	75.03±7.84a

Treatments¹; c:control, t1: 1%-OM treatment, t2: 2%-OM treatment, t3: 3%-OM treatment.

* Different letters within the columns indicate statistical differences at the 5% levels by Duncan's multiple range test.

Table 4. The growth performance of root collar diameter of *Betula platyphylla* var. *japonica*, *Zelkova serrata* and *Chamaecyparis obtusa* with fertilizer treatments.

Treatments ¹	Season			
	May	August	September	
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	c	2.84±0.69 ^{a*}	5.84±2.27 ^a	8.33±2.79 ^b
	t1	2.73±0.63 ^a	6.44±2.04 ^a	10.18±1.87 ^{ab}
	t2	2.68±0.38 ^a	6.39±1.41 ^a	9.68±1.98 ^{ab}
	t3	2.10±0.23 ^b	7.21±1.56 ^a	11.00±1.68 ^a
<i>Zelkova serrata</i>	c	5.42±1.04 ^a	7.29±1.34 ^c	8.36±1.52 ^c
	t1	5.23±1.03 ^a	8.51±1.88 ^{bc}	11.11±1.92 ^b
	t2	5.61±1.19 ^a	9.39±1.60 ^{ab}	11.69±2.04 ^b
	t3	5.13±0.54 ^a	10.46±1.60 ^a	13.72±2.19 ^a
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	c	7.44±1.26 ^a	8.67±1.73 ^a	9.57±2.24 ^a
	t1	7.41±1.12 ^a	8.92±1.06 ^a	10.65±1.23 ^a
	t2	7.03±1.03 ^a	8.37±1.03 ^a	10.25±1.18 ^a
	t3	7.09±0.82 ^a	8.92±0.87 ^a	10.28±1.23 ^a

Treatments¹; c: control, t1: 1%-OM treatment, t2: 2%-OM treatment, t3: 3%-OM treatment.

* Different letters within the columns indicate statistical differences at the 5% levels by Duncan's multiple range test.

계적 유의성도 인정되었다. 편백나무의 경우 1차 및 2차 측정에서는 대조구와 처리구간에 수고가 비슷하고 통계적으로도 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 하지만 3차 측정에서는 대조구와 처리구간 수고의 차이가 10cm 이상의 차이를 보였으며, 통계적 유의성이 나타났다. 총 3차례에 걸친 측정 결과 모든 수종에서 대조구에서 보다 처리구에서 높은 생장을 보였으며 통계적으로도 유의적인 차이가 나타나서 부숙질 비료의 시비는 묘목의 수고 생장에 많은 영향을 미친 것으로 판단된다.

처리별 수목의 근원경 변화는 Table 4와 같다. 자작나무의 경우 1, 2차 측정 시 처리별 근원경 측정값은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 반면, 3차 측정에서는 부숙질 비료를 가장 많이 투입한 3 처리구에서의 근원경 값이 가장 높게 나타났으며, 대조구와 모든 처리구간에 통계적 유의성을 보였다. 느티나무의 경우도 근원경 값은 1차 측정에서는 처리구 간에 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 반면, 2차, 3차 측정에서는 대조구와 처리구간의 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다. 편백나무의 경우에는 세 차례 측정 모두에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 다른 두 수종에 비하여 상대적으로 생장이 느린 생리적 특성으로 인해 발생한 것으로 사료된다.

3. 수목의 생리적 반응

각 처리별 묘목의 엽록소 형광 반응을 측정한 결과는 Table 5와 같다. 일반적으로 식물의 건강한 잎의 형광 반응(순양자수율의 최대치)은 0.83으로 계절이 지남에 따라 순양자수율은 증가한다. 본 연구에서는 이식 초기인 1차

Table 5. Changes of Chlorophyll Fluorescence in the *Betula platyphylla* var. *japonica* and *Zelkova serrata* with fertilizer treatments.

Treatments ¹	Photochemical efficiency(Fv/Vm)			
	May	August	September	
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	c		0.763	0.820
	1	0.717	0.777	0.816
	2		0.801	0.817
	3		0.788	0.822
<i>Zelkova serrata</i>	c		0.728	0.781
	1	0.587	0.649	0.797
	2		0.741	0.780
	3		0.687	0.797

Treatments¹; c: control, t1: 1%-OM treatment, t2: 2%-OM treatment, t3: 3%-OM treatment.

측정(5월)을 제외한 나머지 2차례(8월, 9월)의 측정에서는 모두 정상 수치와 비슷하게 나타났다. 제 1차 측정값이 정상 수치보다 적게 나타난 것은 이식 초기에 발생하는 스트레스 때문으로 사료된다. 2차와 3차 측정에서는 대조구와 나머지 3개 처리구의 엽록소 형광반응은 모두 비슷한 측정 결과를 나타내어 부숙질 비료가 광화학 효율에 큰 영향을 주지는 않은 것으로 사료된다.

각 처리구별 묘목의 광합성 반응을 측정한 결과는 Fig. 1, 2와 같다. 본 연구에서는 자작나무와 느티나무를 대상으로 총 2차례에 걸쳐 광합성 반응을 측정 하여 광-광합성곡선을 작성하고 이 곡선에서 순양자수율(apparent quantum yield), 광보상점, 광포화점, 광합성 능력(photosynthetic capacity)등을 산출하였으며, 이를 토대로 처리별, 시기별

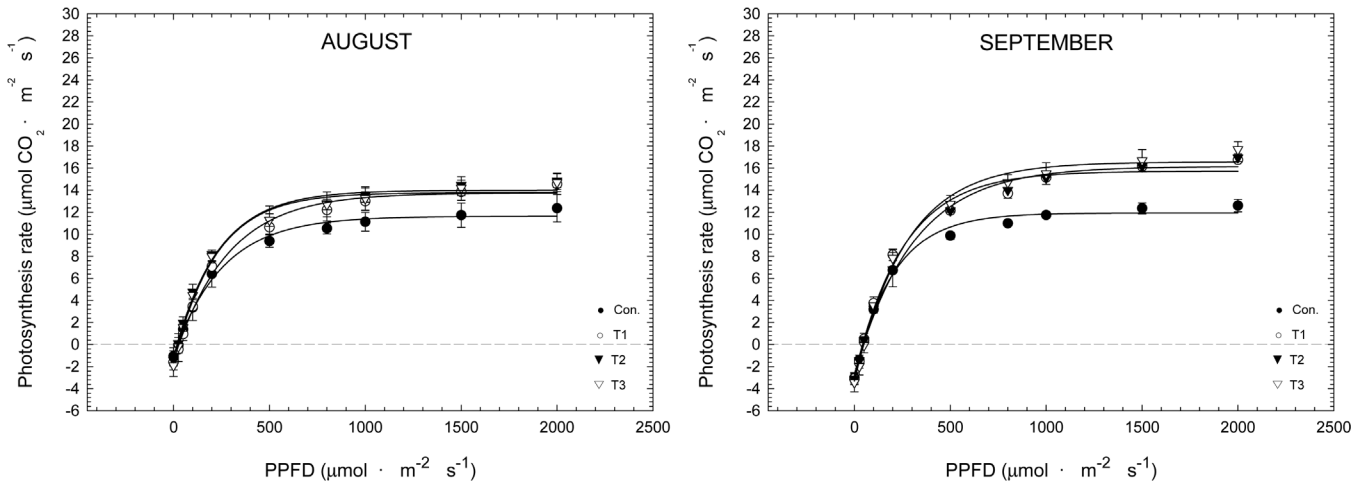


Fig. 1. Effect of fertilizer treatments on the photosynthetic rate of *Betula platyphylla* var. *japonica*(left; August, right; September). Treatments¹; c:control, t1: 1%-OM treatment, t2: 2%-OM treatment, t3: 3%-OM treatment.

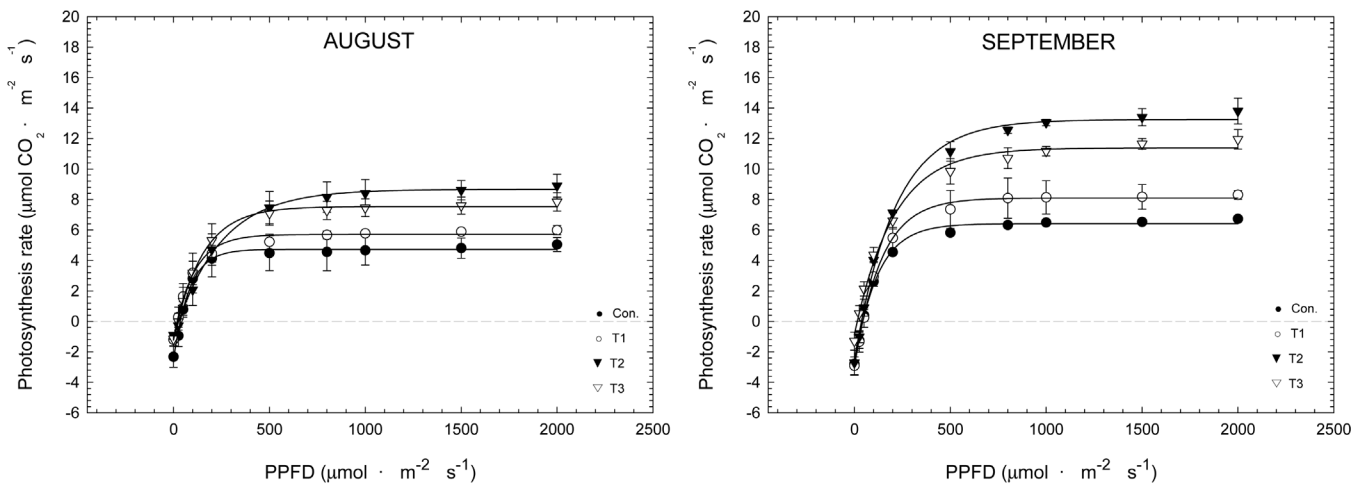


Fig. 2. Effect of fertilizer treatments on the photosynthetic rate of *Zelkova serrata* (left; August, right; September). Treatments¹; c:control, t1: 1%-OM treatment, t2: 2%-OM treatment, t3: 3%-OM treatment.

Table 6. Changes of chlorophyll contents with fertilizer treatments.

Treatment ¹	Chl. a(mg/g f. w.)			Chl. b(mg/g f. w.)			Total Chl. (mg/g f. w.)			Chl. a/b(mg/g f. w.)				
	May	Aug.	Sep.	May	Aug.	Sep.	May	Aug.	Sep.	May	Aug.	Sep.		
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	c	17.27	22.17	6.63	9.16		23.90	31.33		2.60	2.44			
	1	10.51	17.19	21.12	3.74	6.70	8.03	14.25	23.88	29.16	2.79	2.57	2.65	
	2		18.89	21.79		6.92	8.20		25.80	29.99		2.73	2.65	
	3		17.89	24.11		7.23	11.48		25.11	35.58		2.47	2.11	
<i>Zelkova serrata</i>	c		13.19	20.02		4.80	7.64		17.99	27.67		2.71	2.65	
	1		7.93	7.27	18.47	2.86	2.78	7.18	10.79	10.05	25.65	2.76	2.63	2.60
	2			10.46	19.31		3.71	8.07		14.17	27.38		2.72	2.54
	3			7.91	17.82		2.99	11.89		10.91	29.71		2.62	1.92
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	c		8.78	7.75		3.26	2.80		12.04	10.56		2.65	2.75	
	1		7.16	8.08	7.75	2.47	2.87	2.80	9.64	10.95	10.55	2.88	2.82	2.75
	2			9.08	8.15		2.99	2.82		12.07	10.97		3.03	2.89
	3			10.20	8.06		3.38	2.88		13.58	10.95		3.00	2.79

Treatments¹ ; c:control, t1:1%-OM treatment, t2:2%-OM treatment, t3:3%-OM treatment.

광합성 특성을 비교 분석하였다. 광합성 반응 측정 결과, 본 연구의 두 수종 모두에서 3개 처리구 간에 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 반면, 대조구와 처리구간에는 큰 차이를 보이는 것으로 나타나서 부숙질 비료 처리는 광합성 반응에 많은 영향을 준 것으로 판단된다. 일반적으로 광합성 효율은 가을이 되면 줄어든다. 본 연구에서 자작나무와 느티나무의 대조구에서 광합성 반응은 여름과 가을의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 반면, 제 1, 2, 3 처리구에서 광합성 효율은 8월에서 보다 9월에 증가한 것으로 나타났으며, 이는 부숙질 비료의 영향으로 생육이 지속되었기 때문으로 사료된다.

각 처리별 묘목의 엽록소 함량을 측정한 결과는 Table 6과 같다. 일반적으로 모든 수종의 총 엽록소 함량은 봄, 가을 그리고 여름 순으로 증가한다(Demarez 등, 1999; Choi 등, 2006). 하지만 본 연구에서는 대조구와 나머지 3개의 처리구 모두에서 봄, 여름, 그리고 가을의 순서로 증가하였다. 이 같은 결과는 본 연구 3개 처리구의 경우 부숙질 비료의 영향을 받았기 때문으로 사료되며 각 처리구별 총 엽록소 함량이 비슷한 것으로 미뤄 볼 때 혼합 비율에 따른 차이는 보이지 않은 것으로 사료된다. 대조구에서 엽록소 함량이 높은 이유는 묘목의 생장이 좋지 않아서 가지 끝에 있는 신초의 생장이 제대로 이루어지지 않아 신초보다 비교적 엽록소 함량이 높은 엽의 엽록소 함량을 분석했기 때문인 것으로 사료된다.

IV. 결론

본 연구는 땀 부유물과 하수 슬러지를 활용한 부숙질 비료의 시비가 묘목의 생장과 토양 특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 실시되었다. 부숙질 비료를 시비한 토양의 화학적 성질은 대조구에 비해 3개의 처리구에서 월등히 개선된 것으로 나타났다. 토양 내 중금속류 함량의 경우 모든 처리구에서 환경부 토양오염기준치(2002)보다 매우 적게 나타났다. 따라서 본 연구에 사용된 부숙질 비료는 식물 생육에 있어 중금속에 의한 피해가 없을 것으로 판단된다. 묘목의 생장은 대부분의 경우 대조구에 비해 처리구에서 유의적으로 높은 생장을 보인 것으로 나타났다. 엽록소 형광 반응은 이식 초기인 1차 측정을 제외한 나머지 2차례 측정에서 대조구와 모든 처리구에서 비슷한 측정 결과를 나타내어 시비 처리는 광화학 효율에 큰 영향을 주지는 않은 것으로 나타났다. 광합성 효율은 가을이 되면 줄어드는 것이 일반적이지만 본 연구의 3개 처리구에서는 시비처리로 인해 광합성 효율이 증가하는 것으로 나타났다. 부숙질 비료 시비효과로 인해 엽록소 함량은 본 연구 세 개 수종의 모든 처리구에서 봄, 여름, 그리고 가을의 순서로 증가하였다.

참고문헌

1. 권기원, 이규승. 1993. 제지슬러지 가공비료의 시용이 수묘의 생육에 미치는 영향. 한국환경농학회지. 12(3): 219-229.
2. 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법. 농촌진흥청. 450 p.
3. 류지훈, 이종진, 홍주화, 장기운, 이규승, 박관수, 한기필. 2010. 땀부유물 톱밥과 하수슬러지를 이용한 퇴비화 연구. 유기성자원학회지. 18(1): 98-103.
4. 이규승, 최중우, 송재영, 김문규. 1991. 제지스룻지 시용토양의 성질 변화. 충남대. 농업과학연구보고. 18(1): 74-79.
5. 장기운, 김상덕, 최우영, 이규승. 1992. 제지 스투지 퇴비의 농업적 이용연구. I, 강낭콩에 대한 시용효과. 한토비지. 25(2): 149-154.
6. 허중수, 김광식, 하오성. 1988. 제지슬러지의 시용이 논토양의 화학성과 수도생육에 미치는 영향 III, 슬러지 시용이 수도생육에 미치는 영향. 한국환경지. 7(1): 26-33.
7. 허중수, 김광식, 하오성. 1987. 제지슬러지의 시용이 논토양의 화학성과 수도생육에 미치는 영향 IV, 슬러지 시용이 토양중 휘발성 저급 지조산 변화에 미치는 영향. 한국환경지. 7(1): 34-42.
8. 한국수자원공사. 2008. 전국다목적댐 탁수 및 부유물 발생원 사전 합동 점검 계획 보고.
9. 환경부. 2002. 토양환경보전법 시행령.
10. 환경부. 2008. 하수슬러지 관리 종합 대책(수정).
11. 한순교, 이화형. 1987. 제지 스투지 비료화 연구, 한국펄프·종이공학회지. 19(2): 56-63.
12. Bures, D. and Soliva, M. 1983. Composting sewage sludge-pine bark. Acta Horticulture. 150: 545-551.
13. Choi, Y.B. and J.H. Kim. 1995. Change in needle chlorophyll fluorescence of *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii* treated with artificial acid rain. Jour. Korean For. Soc. 84(1): 97-102.
14. Coosemans, J., C. Van Assche. 1983. possibilities of sewage sludge used as a fertilizer in agriculture, Acta Horticulture 150: 491-502.
15. Demarez, V., J.P. Gastellu-etchegorry, E. Mougin, G. Marty, C. Proisy. 1999. Seasonal variation of leaf chlorophyll content of a temperate forest. Inversion of the PROSPECT model. Int. J. Remote Sensing. 20(5): 879-894.
16. Epstein, E., J.M. Taylor, R.L. Chaney. 1976. Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some physical and chemical properties. J. Environ. Qual. 5(4): 422-426.