

## SCB액비가 속성수의 생장 및 biomass 생산에 미치는 영향

김현철 · 여진기\* · 구영본 · 신한나 · 최진용<sup>1</sup> · 이현호<sup>2</sup>

국립산림과학원 산림자원육성부, <sup>1</sup>서울대학교 조경지역시스템공학부, <sup>2</sup>영남대학교 산림자원학과

### Growth and Biomass Production of Fast Growing Tree Species Treated with Slurry Composting and Biofiltration Liquid Fertilizer

Hyun-Chul Kim, Jin-Kie Yeo\*, Yeong-Bon Koo, Hanna Shin, Jin-Young Choi<sup>1</sup>, and Heon-Ho Lee<sup>2</sup>

Department of Forest Resources Development, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-847, Korea

<sup>1</sup>Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University

<sup>2</sup>Department of Forest Resources, Yeungnam University

Fifteen clones of poplars, 2 clones of willows, and yellow poplar were used to evaluate the effects of 5 treatments such as SCBLF (slurry composting and biofiltration liquid fertilizer), general slurry liquid fertilizer, chemical fertilizer, groundwater, and control (no treatment) on vitality, growth performance, and biomass production. Five cuttings for each tree species were planted in 3 replications. After planting cuttings, a coppice was induced by cutting off stems at 10cm above the ground. Data were collected for first growing season and trees were harvested at the end of October. Maximum mortality rate i.e. 96% was recorded in the cuttings treated with groundwater and minimum 92% with control (no treatment). In all tree species, sprouting of stump was not differ significantly among the treatments. Total nitrogen concentrations of leaves and stump sprouts were higher in the treatment of SCBLF than the control, 26.6% and 22.9%, respectively. Biomass production was highest in the stumps treated with chemical fertilizer, 1.98 Mg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, and lowest in control (1.34 Mg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>).

**Key words:** Cutting, Biomass, Coppice, Clone, Slurry composting and biofiltration liquid fertilizer (SCBLF)

## 서 언

가축분뇨는 2009년 현재 일일 발생량이 119,732 m<sup>3</sup>으로 '가축분뇨관리및이용에관한법률'에 의해 관리되어지고 있으며, 전체 가축분뇨 발생량 중 85.6%는 자체적으로 퇴비·액비화시설을 갖추어 비료로 활용되고 있고 일부 농가에서는 재활용업체 및 해양배출, 공공처리시설을 이용하여 가축분뇨를 처리하고 있다. 하지만 소규모 축산농가의 경우에는 경제적인 부담과 수거체계가 미흡하여 관리하기가 어려운 실정이며, 더구나 2012년에는 국제협약 (런던협약)에 의해 가축분뇨의 해양배출이 전면 금지되기 때문에 분뇨 처리가 더욱 어려워질 것이다. 이러한 배경에 의해 최근 가축분뇨를 퇴·액비, 전기 및 열에너지의 형태로 이용하는 순환시스템에 관한 연구가 많이 이루어지고 있으며 (Lee and Heo, 2009), 특히 SCB (Slurry composting and

biofiltration)액비는 저농도액비의 일종으로써 가축분뇨를 재활용하기 위해 친환경 공법인 퇴비단여과법을 사용하여 만든 것이다.

이러한 SCB액비는 자연순환농업의 일환으로 그 이용 범위가 점차 확대되고 있으며, 식물에 미치는 영향에 대한 연구도 최근 많이 이루어지고 있다 (Ham et al., 2009; Kim et al., 2004; Lim et al., 2008). 또한 SCB액비를 토양에 공급하면 필요한 양분 및 지력의 유지와 유기물질의 순환을 원활히 할 수 있으며 작물의 수량 및 품질을 화학비료 사용 시와 동일하게 유지할 수 있다는 보고가 있다 (Daun and Qulez, 2004; Lim et al., 2008; Misselbrook et al., 2004; Paschold et al., 2008). 최근에는 SCB액비의 활용 범위가 넓어져 기존의 농작물뿐만 아니라 속성수 바이오매스 생산, 채종원 시비 및 특용수 재배 등과 같은 임업 생산에 관한 연구가 진행되고 있으며, Park et al. (2008)은 토양 비옥도가 낮은 간척지에 포플러를 식재하여 SCB액비 처리를 한 결과 엽록소 함량 및 수목의 생장이 증가하였다고 보고하였다. 하지만 식물에 필요 이상의 과도한 공급은 질산태 질소의 용탈이 증가하여 식물의 생장 저하

접수 : 2010. 8. 17 수리 : 2011. 3. 9

\*연락처 : Phone: +82312901115

E-mail: jkyeo@forest.go.kr

및 수질 등에 나쁜 영향을 초래 할 수 있기 때문에 (Hountin et al., 1997; Jensen et al., 2000) SCB액비의 이용이 임업 생산에 미치는 영향과 적용 가능성에 관한 많은 연구가 필요하며, 아직 국내에서는 그 연구가 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구는 속성수 단벌기 바이오매스립에 SCB액비를 처리한 후 바이오매스 생산량을 추정하고 처리효과를 다른 비종과 비교 분석하여 임업 생산에 있어 SCB액비의 적용 가능성 및 SCB액비 처리에 적합한 수종 및 클론을 선발하는데 그 목적이 있다.

## 재료 및 방법

**시험림 조성** SCB액비 처리에 따른 속성수의 바이오매스 생산량을 추정하기 위해 2008년 3월에 수원시 권선구 호매실동에 현사시 4클론, 양황철 2클론, 이태리포플러 2클론, 수원포플러, 미루나무 및 미루나무 교잡종, 버드나무 등의 1년생 삼목묘와 백합나무 1년생 실생묘를 수종 및 클론별로 18종 (Table. 1) 식재한 후 줄기 (Coppice) 생산을 위해 지상부 10 cm 지점에서 대절을 하였다.

SCB액비 (Slurry composting and biofiltration liquid fertilizer), 저장액비 (General liquid fertilizer), 화학비료

(Chemical fertilizer)와 지하수 (Groundwater)를 처리한 처리구와 아무런 처리를 하지 않은 무처리구 (Control) 등 5개의 처리구를 3반복으로 두었으며 각 처리구내 수종 (클론) 별로 5본씩 식재하였다. 처리구내 수종 및 클론의 식재 간격은 1×1 m로 하였으며, 총 1,350본의 묘목을 0.2 ha 면적에 식재하여 시험림을 조성하였다 (Fig. 1).

**실험방법** SCB액비, 저장액비 및 지하수는 묘목의 잎이 완전히 자란 2008년 6월부터 생장이 정지하기 시작하는 9월까지 표토가 건조할 때 시비하였으며, 시험림에 설치된 물탱크에 저장한 후 파이프를 된 관수시설을 이용하여 매회 본당 3 L 씩 총 37회 111 L를 시비하였다. 이 때 처리구에 식재한 묘목 주변을 직경 50 cm 범위로 둥글게 판 다음 SCB액비, 저장액비 및 지하수가 흘러넘치거나 토양의 과습에 의한 피해가 나타나지 않도록 관수하였으며 (Fig. 2), 본 연구에 사용된 저장액비는 돈분뇨를 저장탱크에서 발효시킨 것이다. 화학비료는 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 성분비가 12:16:4 인 산림용 고품복합비료를 사용하였으며, SCB액비 및 화학비료의 질소기준 시비량은 각각 본당 84 g, 84.7 g으로 거의 동일하였으나 저장액비의 본당 질소기준 시비량은 52.4 g으로 SCB액비에 비해 적었다. 이는 공급한 SCB액

**Table 1. List of poplar clones and fast growing tree species used for this experiment.**

Species	Clone	Number of trees planted in each treatment
<i>Populus alba</i> × <i>Populus glandulosa</i>	Clivus, 72-30, 72-31, Bonghwal	5
<i>Populus nigra</i> × <i>Populus maximowiczii</i>	62-7, 62-10	5
<i>Populus euramericana</i>	Eco28, I-476	5
<i>Populus koreana</i> × <i>Populus nigra</i> var. <i>italica</i>	Suwon	5
<i>Populus deltoides</i>	Ay48	5
<i>Populus deltoides</i> × <i>Populus deltoides</i>	97-18, 97-19	5
<i>Populus deltoides</i> × <i>Populus maximowiczii</i>	97-12	5
<i>Populus euramericana</i> × <i>Populus deltoides</i>	97-13	5
<i>Populus deltoides</i> × <i>Populus nigra</i>	Dorskamp	5
<i>Salix alba</i>	131-25, 131-27	5
<i>Liriodendron tulipifera</i>	-	5



**Fig. 1. Experimental site established for biomass production with slurry composting and biofiltration liquid fertilizer.**

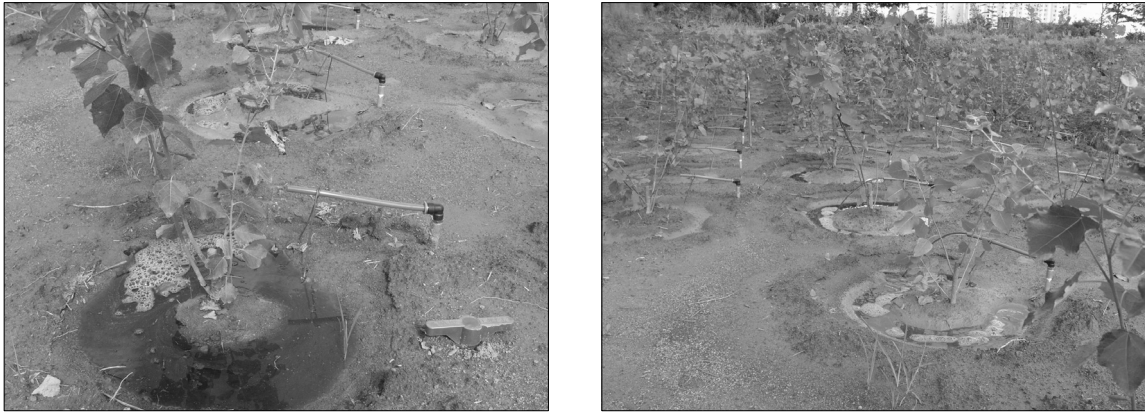


Fig. 2. Treatment of slurry composting and biofiltration liquid fertilizer for biomass production.

Table 2. Chemical characteristics of SCBLF and GSLF.

	pH	T-N	T-P	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>3</sub> -N
	----- mg L <sup>-1</sup> -----				
SCBLF <sup>†</sup>	7.95	767	110	56.5	211.9
GSLF	7.47	475	99	92.5	12.9

<sup>†</sup>SCBLF : Slurry composting and biofiltration liquid fertilizer.  
GSLF : General slurry liquid fertilizer.

비 및 저장액비의 양은 동일하였지만 저장액비에 함유된 질소량이 SCB액비와 동일하지 않았기 때문이다 (Table 2).

**생장조사 및 수체분석** SCB액비, 저장액비, 화학비료 및 지하수 처리에 따른 클론 및 품종들의 생장특성을 조사하기 위해 2008년 10월에 각 처리구에 대하여 수종 및 클론별 활착율, 줄기 수를 측정하였으며, SCB액비 처리에 따른 줄기와 잎의 질소 함량을 비교하기 위해 2008년 10월에 SCB액비 처리구와 무처리구의 수종 및 클론들의 잎과 줄기를 채취하여 분석하였다 (GARES, 2008).

**바이오매스 추정** SCB액비, 저장액비, 화학비료 및 지하수 처리에 따른 지상부 바이오매스 추정식을 구하기 위해 2008년 10월에 각 처리구별 수종 및 클론들의 줄기 (Stump sprout)기부 직경 전체를 측정한 후 SCB액비, 무처리구에 대해서만 각각의 수종 및 클론별로 줄기기부 직경이 작은 것부터 큰 것까지 10개의 표본을 선정하였으며 (Table 3), 선정된 표본들을 수집하여 잎과 줄기의 건중량을 측정하였다. 수집된 표본의 건중량과 줄기기부 직경간의 바이오매스 추정을 위해 회귀모델을 유도하였으며 (equation 1), 이 모델을 이용하여 처리구별 품종들의 전체 지상부 바이오매스 생산량을 추정하였다.

$$y = ax^b \quad (1)$$

여기서  $y$  : parameter(aboveground biomass),  $x$  : stump

sprout diameter,  $a$  and  $b$  : parameter estimates이다.

이때 변수의 자연대수 변환 시 발생하는 편이는 Baskerville (1972)의 모델을 통하여 다음과 같이 수정되었다 (식 2).

$$y' = e^{zi * \frac{mse}{2}} \quad (2)$$

여기서  $y'$  : bias corrected parameter,  $zi = \log(y)$ ,  $MSE$  : mean squared error이다.

**토양분석** SCB액비 처리에 따른 토양의 화학적 특성 변화를 조사하기 위해 SCB액비 및 무처리구 묘목 주변의 표토 및 40 cm 깊이의 토양을 각각 2008년 10월에 채취하여 질소, 전인산, 질산태 및 암모늄태 질소의 함량을 분석하였다 (GARES, 2008).

**통계분석** SCB액비 처리에 따른 품종 및 수종의 질소 함량과 처리별 바이오매스 추정 생산량을 비교하기 위하여 SAS/STAT (ver. 8.01) 프로그램의 t-test와 분산분석 (ANOVA)을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

**SCB액비 처리에 따른 속성수의 생장특성** SCB액비, 저장액비, 화학비료, 지하수 및 무처리에 따른 포플러 및 버드나무 클론, 백합나무의 생존율은 SCB액비 처리구가 93.2%, 저장액비 처리구 94.0%, 화학비료 처리구 95.8%,

**Table 3. Growth characteristics of fast growing tree species sampled for estimation of biomass treated with slurry composting and biofiltration liquid fertilizer.**

Treatment	Clone	Number of Shoots	Shoot diameter <sup>†</sup>
			mm
SCBLF <sup>‡</sup>	Clivus	10	10.5 ± 3.7 (4.7-17.7)
	72-31	10	11.5 ± 4.2 (5.9-20.4)
	72-30	10	10.5 ± 3.1 (4.9-15.7)
	Bonghwal	10	9.3 ± 2.3 (5.7-12.4)
	62-7	10	9.3 ± 2.9 (4.7-13.2)
	62-10	10	11.1 ± 4.4 (5.7-18.7)
	Suwon	10	9.3 ± 3.5 (4.8-15.9)
	Eco28	10	8.5 ± 2.3 (4.7-12.5)
	I-476	10	8.6 ± 2.8 (4.6-13.8)
	97-12	10	6.6 ± 1.7 (4.3-9.9)
	97-13	10	8.3 ± 3.3 (3.5-12.8)
	97-18	10	8.5 ± 3.8 (2.6-15.3)
	97-19	10	6.6 ± 2.4 (2.8-10.8)
	Dorskamp	10	8.6 ± 2.2 (5.5-12.1)
	Ay48	10	8.4 ± 2.2 (5.1-12.9)
	131-27	10	4.5 ± 1.8 (2.4-8.6)
	131-25	10	3.6 ± 1.3 (1.6-5.8)
<i>L. tulipifera</i>	10	7.5 ± 2.5 (3.7-10.7)	
Control	Clivus	10	9.8 ± 2.7 (4.4-13.9)
	72-31	10	10.7 ± 3.3 (5.8-16.2)
	72-30	10	9.9 ± 3.1 (5.8-16.5)
	Bonghwal	10	10.3 ± (5.4-15.8)
	62-7	10	9.3 ± 2.3 (5.7-13.2)
	62-10	10	9.7 ± 4.4 (4.3-17.3)
	Suwon	10	7.9 ± 3.8 (3.6-17.1)
	Eco28	10	6.9 ± 1.8 (3.9-9.7)
	I-476	10	8.0 ± 2.6 (4.5-13.0)
	97-12	10	6.4 ± 1.7 (3.3-9.1)
	97-13	10	8.3 ± 3.3 (3.5-13.3)
	97-18	10	7.5 ± 2.5 (4.3-12.6)
	97-19	10	6.3 ± 1.6 (3.9-9.3)
	Dorskamp	10	8.2 ± 3.1 (4.4-15.1)
	Ay48	10	9.16 ± 3.4 (4.4-16.5)
	131-27	10	4.8 ± 2.1 (2.5-9.2)
	131-25	10	3.5 ± 1.3 (1.8-5.7)
<i>L. tulipifera</i>	10	7.5 ± 2.5 (3.7-10.7)	

<sup>†</sup>Data are means ± SD. The values in parenthesis are ranges.

<sup>‡</sup>SCBLF : Slurry composting and biofiltration liquid fertilizer.

지하수 처리구 95.9%, 무처리구가 92.8%로 나타났으며, 전체 처리구 평균은 94.4%로 전체적으로 양호하게 나타났다 (Fig 3). 포플러 및 버드나무 클론, 백합나무의 전체 처리구별 잎과 줄기의 건물중 비율은 각각 63.5%, 36.5%로 나타나 잎의 비율이 더 높았으며, 이는 묘목의 이식이 수확 당년에 이루어졌을 뿐만 아니라 수령이 낮아 줄기의 직경 생장이 상대적으로 잎에 비해 저조하여 나타난 결과로 생각된다.

Figure 4에 나타난 바와 같이 맹아 (Coppice) 유도에 의한 처리구별 수종 및 품종의 줄기 (Stump sprout) 발생 수는 버드나무인 131-27 클론과 131-25 클론이 SCB액비, 저장

액비, 화학비료, 지하수 및 무처리구에서 각각 7.5, 7.1, 7.9, 7.3, 8.1개와 6.4, 6.8, 5.7, 6.7, 8.2개로 나타나 다른 수종 및 품종보다 높게 나타났으며 ( $p < 0.05$ ), 백합나무의 경우에는 SCB액비, 저장액비, 화학비료, 지하수 및 무처리구에서 2.1, 2.3, 2.3, 2.3, 1.9개로 가장 낮게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 이는 Labrecque and Teodorescu (2005)의 연구에서 단별기 바이오매스 생산 1년차 버드나무클론이 포플러클론 보다 줄기 수가 높게 나타난 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 처리구별 줄기발생 수는 SCB액비, 저장액비, 화학비료, 지하수 및 무처리구가 평균 4.2, 4.6, 4.5, 4.7, 4.9개로 크게 차이가 나타나지는 않았다 ( $P > 0.05$ ,  $F = 0.54$ ).

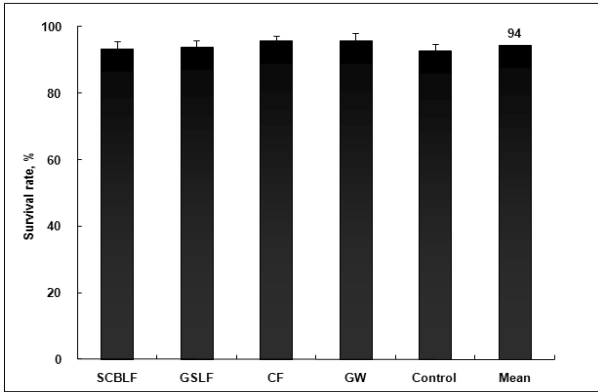


Fig. 3. Survival rate of fast growing tree species treated with various fertilizers. SCBLF: Slurry composting and biofiltration liquid fertilizer, GSLF: General slurry liquid fertilizer, CF: Chemical fertilizer, GW: Groundwater.

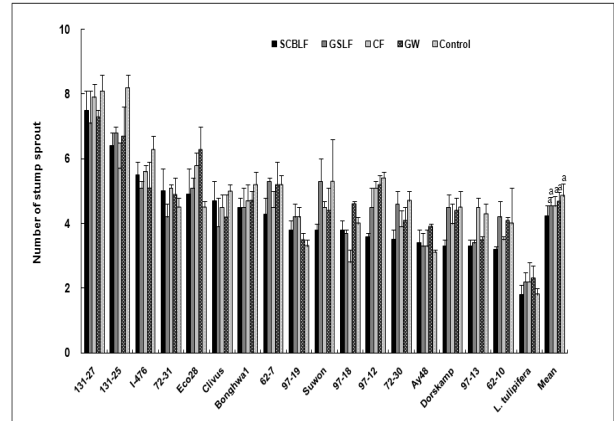


Fig. 4. Number of stump sprout of poplar clones and fast growing tree species treated with various fertilizers.

Table 4. Total nitrogen concentrations in leaf and stump sprout of fast growing tree species treated with slurry composting and biofiltration liquid fertilizer.

Clone	Leaf - N		Clone	Stump sprout - N	
	SCBLF <sup>§</sup>	Control		SCBLF	Control
	%			%	
72-30	3.26 ± 0.37 a <sup>‡</sup>	3.05 ± 0.52	131-27	0.82 ± 0.12 a	0.78 ± 0.09
72-31	3.20 ± 0.14 ab	2.05 ± 0.10	131-25	0.75 ± 0.05 ab	0.91 ± 0.18
Dorskamp	2.99 ± 0.15 bc	1.97 ± 0.20	62-10	0.73 ± 0.09 bc	0.61 ± 0.06
I-476	2.86 ± 0.2 bcd	2.01 ± 0.08	62-7	0.69 ± 0.07 bcd	0.44 ± 0.08
62-7	2.78 ± 0.30 cd	1.86 ± 0.09	<i>L. tulipifera</i>	0.67 ± 0.01 bcd	0.42 ± 0.04
Bonghwal	2.76 ± 0.08 cd	2.13 ± 0.14	Dorskamp	0.67 ± 0.02 bcd	0.46 ± 0.01
131-27	2.68 ± 0.20 de	3.14 ± 0.19	72-30	0.63 ± 0.01 bcd	0.49 ± 0.02
97-13	2.61 ± 0.22 def	1.75 ± 0.18	97-12	0.59 ± 0.01 cd	0.44 ± 0.05
Ay48	2.58 ± 0.14 ef	1.71 ± 0.08	Suwon	0.59 ± 0.05 cd	0.53 ± 0.01
Eco28	2.57 ± 0.21 ef	2.30 ± 0.09	I-476	0.56 ± 0.06 cd	0.43 ± 0.08
62-10	2.41 ± 0.11 efg	1.89 ± 0.07	Clivus	0.54 ± 0.08 cd	0.38 ± 0.01
97-12	2.24 ± 0.32 fg	1.66 ± 0.11	Eco28	0.54 ± 0.08 cd	0.52 ± 0.07
97-18	2.24 ± 0.32 fg	1.41 ± 0.06	Bonghwal	0.53 ± 0.13 cd	0.33 ± 0.03
Clivus	2.17 ± 0.12 fg	1.50 ± 0.07	72-31	0.53 ± 0.01 cd	0.29 ± 0.04
<i>L. tulipifera</i>	2.14 ± 0.24 fg	1.50 ± 0.09	97-13	0.51 ± 0.01 cde	0.38 ± 0.04
131-25	2.08 ± 0.02 fgh	2.72 ± 0.31	Ay48	0.51 ± 0.06 cde	0.40 ± 0.01
Suwon	2.01 ± 0.12 gh	1.64 ± 0.03	97-18	0.48 ± 0.05 de	0.38 ± 0.03
97-19	1.91 ± 0.03 h	1.61 ± 0.15	97-19	0.37 ± 0.02 e	0.40 ± 0.05
Mean <sup>†</sup>	2.52 <sup>**</sup>	1.99	Mean	0.59 <sup>*</sup>	0.48

<sup>†</sup>\* and \*\* show significance at the 0.05 and 0.01 level, respectively.

<sup>‡</sup>Different letters means statistical differences at 5% level by Duncan's new multiple range test.

<sup>§</sup>SCBLF : Slurry composting and biofiltration liquid fertilizer.

SCB액비 처리에 따른 포플러 클론, 버드나무 클론 및 백합나무의 질소함량을 조사하기 위해 잎과 줄기의 수체 분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 잎의 질소함량은 SCB액비 처리구가 무처리구 보다 26.6% 높게 나타났다 (P<0.01). SCB액비 처리구의 클론간 잎의 질소함량은 72-30, 72-31 등과 같은 현사시 클론이 각각 3.26%, 3.20%로 높게 나타났으며, 미루나무 교잡종인 97-19클론이 1.91%로 가장 낮

게 나타났다. 줄기의 질소함량은 잎의 질소함량 보다 낮게 나타났으며, SCB액비 처리구가 무처리구 보다 22.9% 높게 나타났다 (P<0.05). SCB액비 처리구의 클론간 줄기의 질소함량은 131-27, 131-25 등과 같은 버드나무 클론이 각각 0.82%, 0.75%로 가장 높게 나타났으며, 97-19클론이 0.37%로 가장 낮게 나타났다.

SCB액비 처리에 따른 속성수의 바이오매스 추정 포플러 및 버드나무 클론, 백합나무의 표본목 줄기직경과 지상부 biomass에 대하여 유도된 회귀모형의 추정모수는 Table 5와 같으며 추정된 biomass 생산량은 Table 6과 같다. 이때 저장액비와 화학비료 처리구의 지상부 biomass는 SCB액비 처리구에서 유도된 회귀모형을 적용하였으며, 지하수 처리구는 무처리구에서 유도된 회귀모형을 적용하였다. SCB액비, 저장액비, 화학비료, 지하수 및 무처리구의 지상부 biomass 생산량 추정값은 각각  $1.66 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ,  $1.98 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ,  $2.13 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ,  $1.85 \text{ ton ha}^{-1}$

$\text{year}^{-1}$ ,  $1.34 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ 로 화학비료>저장액비>지하수>SCB액비>무처리구 순으로 나타났으며, 처리간 통계적인 차이를 나타내었다 ( $P < 0.05$ ). 지하수 처리구의 경우 SCB액비 처리구보다 바이오매스 생산량이 높게 나타났는데 이는 삼목묘를 식재한 입지의 차이로 인해 지하수 처리구의 뿌리활착이 SCB액비 처리구보다 우수하였기 때문이라고 판단된다. SCB액비, 화학비료 및 무처리구에서는 현사시 72-31 클론이 각각  $3.66 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ,  $3.97 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$  및  $2.42 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ 으로 가장 우수하였으며, 저장액비 처리구에서는  $3.10 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ 으로 현사시 72-30

**Table 5. Parameter estimates of regression equations used for estimating aboveground biomass (AGB) of poplar clones and fast growing tree species.**

Treatment	Response variable ( $y$ ) <sup>†</sup>	$a$	$b$	MSE	Adjusted $r^2$
SCBLF <sup>‡</sup>	AGB				
	Clivus	0.4614	1.5357	0.0399	0.902
	72-31	-0.1459	1.7317	0.1078	0.840
	72-30	-2.2620	1.7507	0.0161	0.960
	Bonghwal	0.3707	1.5551	0.0294	0.863
	62-7	0.1293	1.6135	0.329	0.905
	62-10	-0.0498	1.7317	0.1078	0.840
	Suwon	-0.3844	1.8593	0.0994	0.849
	Eco28	-0.3520	1.7206	0.0789	0.905
	I-476	1.1525	1.1655	0.0365	0.822
	97-12	-0.2638	1.8714	0.0581	0.801
	97-13	-0.4988	1.9760	0.1754	0.833
	97-18	0.0640	1.7470	0.0768	0.920
	97-19	-0.6232	2.0363	0.1421	0.924
	Dorskamp	-0.5870	1.9899	0.0697	0.951
	Ay48	1.5462	1.0617	0.0098	0.901
	131-27	0.9053	1.0718	0.2260	0.422
	131-25	1.4605	0.5957	0.2398	0.193
<i>L. tulipifera</i>	-0.9272	1.6206	0.0302	0.927	
Control	AGB				
	Clivus	-1.6339	2.3677	0.1610	0.807
	72-31	-1.2317	2.1949	0.0420	0.931
	72-30	-1.7214	2.3942	0.0402	0.938
	Bonghwal	-2.3257	2.6462	0.0629	0.928
	62-7	-1.0593	2.1063	0.0569	0.847
	62-10	-1.0620	2.1172	0.0552	0.951
	Suwon	-1.1364	2.1074	0.0695	0.929
	Eco28	-1.4054	2.3300	0.1484	0.759
	I-476	-1.2806	2.1543	0.0364	0.939
	97-12	-1.2597	2.4152	0.0900	0.872
	97-13	-0.9936	2.1897	0.0661	0.941
	97-18	-0.9831	2.2140	0.0657	0.900
	97-19	-2.0682	2.7773	0.0865	0.869
	Dorskamp	-1.8670	2.5971	0.0864	0.918
	Ay48	-1.1642	2.2324	0.1423	0.842
	131-27	-0.4406	1.7994	0.0954	0.863
	131-25	0.5872	0.9296	0.4562	0.700
<i>L. tulipifera</i>	-0.9272	1.6206	0.0302	0.927	

<sup>†</sup>The equations used were of the form  $\ln(\text{response variable}; y) = \ln(a) + b \times \ln(\text{regressor variable})$ . The regressor variable in all cases was stump sprout diameter. MSE is mean squared error.

<sup>‡</sup>SCBLF : Slurry composting and biofiltration liquid fertilizer.

Table 6. Aboveground biomass of poplar clones and fast growing tree species by the fertilization treatments.

Clone	Aboveground biomass				
	SCBLF <sup>†</sup>	GLF	CF	GW	Control
----- ton ha <sup>-1</sup> year <sup>-1</sup> -----					
Clivus	2.64	2.43	3.15	3.13	2.39
72-31	3.66	2.77	3.97	2.30	2.42
72-30	2.50	3.10	3.5	1.73	1.18
Bonghwal	1.74	2.21	3.38	1.95	1.58
62-7	1.91	2.47	2.33	2.67	1.90
62-10	1.42	1.37	1.26	1.86	1.66
Suwon	1.94	2.18	2.29	1.63	1.21
Eco28	1.04	1.69	1.71	1.93	1.06
I-476	2.04	2.65	2.95	2.23	1.35
97-12	1.15	2.43	1.63	1.92	1.35
97-13	1.68	2.41	2.54	1.59	1.46
97-18	1.92	1.75	1.33	2.04	1.24
97-19	1.09	1.28	1.08	1.36	0.70
Dorskamp	1.61	3.04	2.75	3.38	1.69
Ay48	1.77	1.78	2.23	2.46	1.49
131-27	0.77	0.96	1.02	0.53	0.62
131-25	0.56	0.64	0.55	0.41	0.39
<i>L. tulipifera</i>	0.52	0.47	0.7	0.38	0.51
Mean	1.66ab	1.98a	2.13a	1.85ab	1.34b

<sup>†</sup>SCBLF : Slurry composting and biofiltration liquid fertilizer, GSLF : General slurry liquid fertilizer, CF : Chemical fertilizer, GW : Groundwater

Table 7. Chemical characteristics of soil at the experimental site by slurry composting and biofiltration liquid fertilizer.

Treatment	Soil depth	T-N	T-P	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N
		----- mg kg <sup>-1</sup> -----			
		-----			
SCBLF <sup>‡</sup>	0	522.6 ± 44.9	171.7 ± 5.0*	8.5 ± 0.4*	29.9 ± 1.1**
	40	334.6 ± 9.5**	162.9 ± 6.1*	3.6 ± 0.4	10.7 ± 0.4**
Control	0	382.6 ± 45.3	150.5 ± 0.6	4.5 ± 0.6	2.9 ± 0.3
	40	295.6 ± 8.6	136.4 ± 6.5	3.5 ± 0.5	2.7 ± 0.3

<sup>†</sup>\* and \*\* show significance at the 0.05 and 0.01 level, respectively.

<sup>‡</sup>SCBLF : Slurry composting and biofiltration liquid fertilizer.

클론, 지하수 처리구에서는 현사시 Clivus클론이 3.13 ton ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>으로 가장 우수하게 나타나 모든 처리구에서 현사시 클론들의 biomass 생산량이 우수하게 나타났다. Koo et al. (1992)은 매년수확구의 현사시, 수원포플러 및 양황철의 지상부 biomass는 각각 3.96 ton ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, 2.24 ton ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, 2.92 ton ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>으로 나타난다고 하였으며, 본 연구에서도 비슷한 경향을 나타내었다.

일반적으로 포플러의 경우 단벌기 집약재배로 20-25 ton ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>를 생산할 수 있으며, 집약관리를 하지 않으면 8-12 ton ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>을 생산할 수 있다고 알려져 있지만 (Koo and Yeo, 2003), 본 연구에서는 매년수확구 식재당 년의 biomass 생산량으로 외국의 사례와 비교해 볼때 매우 낮았다. 이러한 이유는 뿌리의 활착과 생장이 미흡하기 때문에 biomass 생산량이 낮은 Koo et al. (1992)의 연구결과와 일치하며, 차후 지속적인 연구에 의해 biomass 생산

량을 구명해야 될 것으로 판단된다.

**SCB액비 처리에 따른 토양의 화학적 특성 변화** SCB액비 처리구와 무처리구의 토양을 깊이별로 조사하여 분석한 결과를 Table 7에 나타내었다. T-N은 SCB액비 처리구가 무처리구 보다 0 cm, 40 cm 깊이에서 각각 1.4배, 1.1배 높게 나타났으며, 40 cm 깊이에서만 유의차 (P<0.05)가 인정되었다. T-P는 SCB액비 처리구가 무처리구 보다 0 cm, 40 cm 깊이에서 1.1배, 1.2배 높게 나타났으며, 모두 유의차 (P<0.05)가 인정되었다. NH<sub>4</sub>-N은 SCB액비 처리구가 무처리구 보다 0 cm 깊이에서 1.9배 높게 나타났으며, 0 cm 깊이에서만 유의차 (P<0.05)가 인정되었다. NO<sub>3</sub>-N은 SCB액비 처리구가 무처리구 보다 0 cm, 40 cm 깊이에서 10.3배, 4.0배 높게 나타났으며, 모두 유의차 (P<0.01)가 인정되었다. 깊이별 토양 T-N, T-P, NH<sub>4</sub>-N 및 NO<sub>3</sub>-N를 분석

한 결과, SCB액비 처리에 의해 토양 내 질소 및 인 성분 함량이 높아진 것으로 판단되며, 토양깊이가 깊을수록 질소 및 인의 함량이 줄어들었다. SCB액비 내에 함유된 질소는 아질산균 (Nitromonas)과 질산균 (Nitrobacter)에 의해 질산태 ( $\text{NO}_3^-$ ) 질소의 형태로 바뀌며, 이러한 질산태 질소는 식물에 의한 직접적인 흡수와 물에 의한 용탈, 유기 및 환원조건에서의 탈질작용으로 인해 대부분 제거될 수 있다 (Jeong et al., 2003). 하지만 본 연구에서는 짧은 기간 동안 SCB액비를 처리하였기 때문에 장기적으로 처리할 경우 피해가 발생할 수도 있다. 따라서 차후 계속된 연구를 통해 SCB액비 처리로 인한 2차 오염에 대하여 구명할 필요가 있을 것으로 판단된다.

## 요 약

SCB액비, 저장액비, 화학비료, 지하수 및 무처리에 따른 포플러 및 버드나무 클론, 백합나무의 생존율은 전체 평균 94.4%로 나타나 양호하였으며, 잎과 줄기의 비율은 각각 63.5%, 36.5%로 매년수확구의 식재당년 지상부 biomass는 잎의 비율이 높았다. 처리구별 줄기발생 수는 SCB액비, 저장액비, 화학비료, 지하수 및 무처리구가 평균 4.2, 4.6, 4.5, 4.7, 4.9개로 크게 차이가 나타나지 않았으며 버드나무 클론들의 줄기 수가 포플러 클론 및 백합나무 보다 많았다. 줄기직경과 지상부 biomass에 대하여 개체당 유도된 회귀 모델을 통해 추정된 biomass 생산량은 화학비료>저장액비>지하수>SCB액비>무처리구 순으로 나타났다. 수종 및 클론별 지상부 biomass 생산량은 모든 처리구에서 현사시 클론들이 우수하게 나타났으며, SCB액비 처리에 따른 잎과 줄기의 질소함량을 분석한 결과 무처리구 보다 질소함량이 높게 나타나 SCB액비에 함유된 질소를 체내에 흡수하는 것으로 판단된다.

따라서, SCB액비를 biomass 매년수확구에 처리한 결과 화학비료, 저장액비, 지하수 처리구보다 생산량이 적게 나타났지만 무처리구 보다는 생산량이 증가하여 향후 처리방법이나 적정 처리량 등을 구명하여 적용한다면 화학비료와 비슷한 효과를 얻을 수 있고 가축분뇨 처리비용도 절감할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 본 연구는 biomass 매년수확구의 식재당년의 결과이며, 식재한 묘목의 수령이 증가하고 입지환경에 적응되면 바이오매스 생산량도 대폭 증가할 것이므로 이와 같은 연구가 반복적으로 수행되어야 보다 확실한 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호 PJ005866)에서 연구비를 지원받았습니다.

## 인 용 문 헌

- Baskerville, G.L. 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Can. J. Forest Res.* 2:49-53.
- Dauen, A. and D. Quilez. 2004. Pig slurry versus mineral fertilization on corn yield and nitrate leaching in a mediterranean irrigated environment. *Eur. J. Agron.* 21: 7-19.
- GARES. 2008. Methods of soil and compost analysis. Gyeonggido Agricultural Research and Extension Services, Hwaseong, Korea.
- Ham, S.K., Y.S. Kim, T.S. Kim, K.S. Kim, and C.H. Park. 2009. The effect of SCB (Slurry compostion and biofilter) liquid fertilizer on growth of creeping bentgrass. *Kor. Turfgrass Sci.* 23:97-100.
- Hountin, J.A., D. Couillard, and A. Karam. 1997. Soil carbon, nitrogen and phosphorus contents in maize plots after 14years of pig slurry applications. *J. Agri. Sci.* 129: 187-191.
- Jensen, L.S., I.S. Pedersen, T.B. Hansen, and N.E. Nielsen. 2000. Turnover and fate of  $^{15}\text{N}$ -labelled cattle slurry ammonium-N applied in the autumn to winter wheat. *Eur. J. Agron.* 12:23-35.
- Jeong, B.R., J.B. Chung, S.H. Kim, Y.D. Lee, H.J. Cho, and N.J. Baek. 2003. Rhizosphere enhances moval of organic matter and nitrogen from river water in floodplain filtration. *Korean J. Soil Sci.* 36:8-15.
- Kim, J.S., K.B. Lee, D.B. Lee, S.B. Lee, and S.Y. Na. 2004. Influence of liquid pig manure on rice growth and nutrient movement in paddy soil under different drainage conditions. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37:97-103.
- Koo, Y.B. and J.K. Yeo. 2003. The status and prospect of poplar research in Korea. *J. Kor. For. En.* 22:1-17.
- Koo, Y.B., E.R. Noh, S.K. Lee, and C.S. Kim. 1992. Selection of superior hybrid poplar clones for above-ground biomass production. *Res. Rep. For. Gen. Res. Inst. Korea* 28:90-95.
- Labrecque, M. and T.I. Teodorescu. 2005. Field performance and biomass production of 12 willow and poplar clones in short-rotation coppice in southern Quebec (Canada). *Biom. Bioe.* 29:1-9.
- Lee, J.E. and S.W. Heo. 2009. A study on recycling systems of livestock excretions and benefits analysis. *Korean J. Agri. Manage. Poli.* 36:371-393.
- Lim, T.J., S.D. Hong, S.H. Kim, and J.M. Park. 2008. Evaluation of yield and quality from red pepper for application rates of pig slurry composting biofiltration. *Korean J. Envir. Agri.* 27:171-177.
- Misselbrook, T.H., K.A. Smith, D.R. Jackson, and S.L. Gilhespy. 2004. Ammonia emissions from irrigation of dilute pig slurries. *Biosys. Engi.* 89(4):473-484.



Park, J.H., J.K. Yeo, Y.B. Koo, W.W. Lee, H.C. Kim, and C.H. Park. 2008. Effects of slurry composting and biofiltration liquid fertilizer on growth characteristic of poplar clones in a reclaimed land mounding soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41:318-323.

Paschold, J.S., B.J. Wienhold, D.L. McCallister, and R.B. Ferguson. 2008. Crop nitrogen and phosphorus utilization following application of slurry from swine fed traditional or low phytate corn diets. *Agron. J.* 100:997-1004.