

# 잔디상토로서의 제지스룻지와 연탄재 이용에 관한 연구

구자형 · 김태일 · 안주원  
충남대학교 농과대학 원예학과

## Use of Paper Mill Sludge and Briquet Ash as Root Zone Soil Mixtures for Turfgrass Culture

Ku, Ja-Hyeong · Tae-Il Kim · Joo-Won Ahn  
Department of Horticulture, College of Agriculture,  
Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea.

### SUMMARY

To determine the use of waste materials as root zone soil mixtures for turfgrass culture, the effects of paper mill sludge and briquet ash on physical and chemical properties of soil and growth of turfgrasses were examined. Three turfgrass species of zoysiagrass (*Zoysia japonica* Steud.), Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L. 'Ram I') and creeping bentgrass (*Agrostis paulstris* Huds 'Penncross') were cultured in 32cm diameter plastic pots containing various soil mixtures. The basic ingredients used for mixtures included sand (SD), field soil (SL), paper mill sludge (PS), sphagnum peat moss (PM) and briquet ash (BA). Seven combinations using these ingredients were mixed in different percentage by volume as follows: SD+SL+PM(80:10:10), SH+SL+PS(80:10:10), SD-PM(80:20), SD+PS(80:20), SD+BA(80:20), SD+BA+PM(60:20:20) and SD+BA+PS(60:20:20).

1. Paper mill sludge showed pH of 6.6, more than 30% of organic matter content, and higher concentrations of total N, P, K, Ca, Mg and CEC. Bulk density, field moisture capacity and electrical conductivity of soil mixtures were increased by the combination of 10~20% PS by volume.
2. Briquet ash showed pH of 8.0, and higher levels of P, K, Ca and Mg than those of field soils. Bulk density, field moisture capacity and hardness of soil mixtures were increased but vertical water flow rate and electrical conductivity were decreased by the combination of 20% BA by volume.
3. Phytotoxic effects of PS and BA on growth of turfgrasses were not found. Shoot growth of all three species was higher in soil combination of SD+BA+PS than that of SD+SL+PM added with fertilizer. However, root growth was better in soil mixtures combined with PM. Soil mixture

\*본 논문은 1991년도 한국학술진흥재단 지방대학육성사업의 지원에 의하여 수행하였음.

composed of 60% SD, 20% BA and 20% PS by volume was most effective on growth of all three species.

4. Paper mill sludge resulted in higher N level in the leaf tissue. The contents of heavy metals such as Cd and Pb did not vary significantly among soil mixtures and species. However, the Mn level was 2~3 times higher in plants growth in mixtures containing PM compared with others, and especially it was higher in creeping bentgrass than other species.

## I. 緒 論

산업의 발달과 더불어 부차적으로 생산되는 폐기물의 처리는 환경관리에 있어서 어려운 사회문제의 하나로 대두되고 있다. 따라서 이들의 재활용에 관한 연구는 에너지자원의 절약 및 환경보전 차원에서 매우 유용한 일이다.

제지스렛지는 토양개량제로서 물리적 효과가 인정될 뿐만 아니라 유기물이 풍부하여<sup>(1,10,19)</sup> 최근 들이 스렛지의 토양처리 및 비료자원의 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>(7,8,10,11,14,18,20,21,22)</sup>. 그러나 스렛지의 사용은 유해한 중금속 이온을 함유하고 있을 경우 인축에 대한 오염물질 축적의 문제를 야기할 수 있기 때문에 식용작물에 사용하기는 아직 많은 어려움을 내포하고 있다<sup>(3,11,19)</sup>.

한편 화력발전소의 부산물인 fly ash나 가정용 연탄재 역시 많은 양이 생산되나 유용한 활용처를 찾지 못하고 있다. 그러나 이것들을 완전히 소토된 물질이기 때문에 작물의 상토로 사용시 토양소독이 전혀 필요없는 잇점과 여러가지 유용한 무기성분을 함유하고 있다<sup>(2,5,17)</sup>.

최근에 급격히 성장하고 있는 잔디재배는 타작물과는 달리 상토의 소토와 인공상토의 조성이 필요하기 때문에<sup>(1,10)</sup> 이 두가지 폐기물이 동시에 유용될 수 있는 가능성이 크다. 스렛지는 상토조성시 사용되는 peat의 대체물로 사용이 가능하며<sup>(1,12,15,20,21)</sup>, 연탄재는 상토소토의 노령을 절감시킬 수 있기 때문에, 배수와 통기조상에 다소 문제점을 내포하고 있지만 입자를 다소 큰 것을 사용할 경우에는 잔디생산을 위한 재배에 충분히 이용될 수 있다<sup>(17,20)</sup>. 특히 스렛지의 경우 잔디재배에 이용 가능성은 식용작물에서 야기될 수 있는 오염물질의 축적을 배제할 수 있다는 잇점을 들지 않을 수 없다.

따라서 본 시험은 최근 급격히 늘어나는 잔디재배를 위한 잔디상토 조성재로서 모래, 스렛지, 연탄재의 직접혼합 비율과 이들의 비료대체 효과와 토양개량효과를 밝히 폐기물의 효과적인 이용을 도모하고자 실시하였다.

## II. 材料 및 方法

관시품종은 들잔디 (*Zoysia japonica* Steud.), Kentucky bluegrass(*Poa pratensis* L. 'Ram I'), Creeping bentgrass(*Agrostis paulstris* Huds 'Penncross')를 1991년 5월 6일 비닐하우스내에서 직경 32cm plastic pot에 m<sup>2</sup>당 10g씩 파종하였다.

상토의 재료로서 모래(SD)는 하천모래를, 일반토양(SL)은 미사질양토인 발흙을 사용하였다. 제지스렛지(PS)는 활성처리된 것을 건조 후 마쇄하여 사용하고 연탄재(BA)는 가정용 연탄재를 수거하여 10 mesh를 통과한 입자를 상토재료로 사용하였다. Peat는 sphagnum peat moss(PM)를 사용하였다.

상토조성은 SD+SL+PM를 백분비율로 80:10:10(V/V)으로 혼합한 것을 표준상토(대조구)로 사용하고, 비료효과를 구명하기 위하여 대조구에 잔디비료를 준 시비구(SD+SL+PM+F)를 두었다. 기타의 상토는 SD+SL+PS(80:10:10), SD+PS(80:20), SD+PM(80:20), SD+BA(80:20), SD+BA+PS(60:20:20), SD+BA+PM(60:20:20)과 같이 백분비로 혼합하였다. 시비구는 잔디비료(9-9-9)를 m<sup>2</sup>당 40g을 4회 분할시비하였으며 그 이외의 구는 시비하지 않았다. 관수는 수돗물을 사용하였으며 모든 처리구는 4반복으로 실시하였다.

PS와 BA, 그리고 식물체의 분석은 농촌진흥청의 토양분석방법에 준하였으며<sup>(16)</sup>, pH는 5:1 희석법, 질 질소는 Kjeldahl법, 유기물은 Turine법, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는

Molybdo vanadate법, Ca, Mg, K, Cd, Pb, Mn 등은 원자흡광광도법으로, CEC는 Brown법으로 실시하였다.

잔디의 기간별 생산량은 6월 21일 부터 10일 간격으로 3cm 높이에서 예초하여 건물중을 측정하였고, 지상부의 생체중은 단위면적당 선시간에 예취한 clipping의 총량과 shoot의 무게를 합산하였다. 엽록소함량은 생체시료 0.5g을 채취하여 80% acetone 10ml에 48시간 동안 냉암소에서 추출 후 spectrophotometer로 663, 645nm에서 측정하여 엽록소함량으로 나타내었다.

토양의 물리적 특성을 알아보기 위해 가비중, 포장용수량, 투수성 및 경도등을 조사하였다. 가비중은 표토 10cm 깊이에서 soil core sampler를 이용하여 100 cm<sup>3</sup>의 soil core sample을 채취 후 105°C dry oven에서 24시간 건조 후 sample의 무게를 측정하여 bulk density를 계산하였다. 포장용수량은 토양을 80°C dry oven에서 1주일간 보관 후 직경 10cm 포트에 200g의 무게를 달아서 물을 충분히 준 후 중력수가 제거된 다음 토양의 무게를 측정하여 %로 나타내었다. 투수성은 직경 1.8cm, 길이 60cm 유리 column을 사용하여 100cm<sup>3</sup>의 토양을 채운 다음(길이 40cm) 50ml의 물을 부어서 15분 후 colum을 통과한 물의 양을 취하여 Darcy법으로 계산하였다. 토양경도는 직경 15cm, 무게 40kg의 원형 하중추를 30cm높이에서 10회 떨어뜨려 다진 후 토양경도계를 사용하여 절대경도를 kg/cm로 나타내었다.

pH는 토양 10g에 증류수 25ml와 1N KCl 25ml를 첨가하여 희석한 다음 1시간 이상 방치한 후 pH meter를 이용하여 측정하였다. 전기전도도는 conductivity meter(YSI Model 32)를 사용하여 pH와 같은 방법에 의해 희석된 토양에서 측정하였다.

### III. 結果

제지스렛지(PS)와 연탄재(BA)의 성분을 조사한 결과는 표 1과 같았다. PS경우는 pH 6.6으로 중성에 가깝고 유기물함량은 35%에 달하였으며 전질소 함량은 아주 낮게 나타났다. 그러나 기타의 비료성분함량이 비교적 많아 유기질비료로서의 효과가 컸다. BA는 pH 8.0으로 알칼리성을 띠고 있었으며 4% 정도의 유기물이 포함되고 전질소량은 극히 낮은 것으로 나타났다. 그러나 인산을 비롯한 비료성분의 함량은 일반토양에 비하여 크게 많은 것으로 나타났다. CEC의 양은 PS와 BA가 각각 17.2와 12.4 me/100g으로서 비교적 높은 편이었다.

토양의 물리적 특성으로 가비중과 포장용수량을 조사한 결과 bulk density는 PS가 peat moss(PM)에 비하여 다소 큰 경향을 보였으며 BA는 가비중에 별다른 영향을 주지 않는 경향이였다. 그러나 모든 상토가 작물의 재배에 있어서는 분체가 되지 않는 1.16~1.31의 범위였다. 포장용수량은 PS가 PM에 비하여 다소 높여주는 경향이였고 BA가 20% 혼합되었을 경우 크게 증진되었다. 물의 투수성에 대한 영향은 PS에 비하여 PS 혼합구에서 다소 떨어지는 경향이였고 20%의 BA 혼합은 투수성이 대조구에 비하여 2배 이상 감소하는 결과를 보였다(표 2).

토양의 경도는 잔디가 재배되었을 경우 PS와 PM 혼합구 사이에는 별다른 차이가 없었으나 BA가 혼합된 경우는 세 종류 잔디 모두에서 높아졌으며 특히 생장이 왕성한 bentgrass가 재배된 토양에서 높은 수치를 보였다(표 3). 상토의 pH를 측정한 결과 SD+BA의 경우 7.45로서 약 알칼리성을 보이고 SD+PM구에서 5.63의 산성을 보이고 나머지는 모두 약산성을 나타내었다. PM가 스렛지에 비하여 산성이 강하였으며 잔디가 재배된 후에는 모든 상토가

Table 1. Chemical properties of paper mill sludge and briquet ash used.

Material	pH	O.M	T.N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca	Mg	C.E.C
	(1:5)	(%)	(%)	(ppm)		(me /100g)		
Paper mill sludge	6.6	34.9	0.190	189	1.07	9.5	5.5	17.2
Briquet ash	8.0	4.0	0.035	120	0.73	6.3	4.7	12.4

약산성을 나타내어 서로 차이가 없었다(표 4).

토양의 EC를 측정한 결과(표 5) PS와 BA는 EC를 높였으며 두 물질이 같이 혼합될 경우 SD+BA+PS구는 상대적으로 높아졌다. 또한 잔디가 재배되었을 경우에는 대체적으로 EC가 크게 증가하는 경향이였다.

그림 1은 들잔디에 있어서 상토재료의 혼합비율에 따른 시기별 예취량 증가를 건물중으로 나타낸 것이다. 생체중의 경우 SD+BA+PS(모래+연탄재+제지스룻지)구와 SD+SL+PS(모래+일반토양+제지스룻지)가 SD+SL+PM(F(대조구+잔디비료 또는 시비구))에 비하여 예취량이 월등히 높았고

대체적으로 PS 함유구가 생육이 좋았다. 그러나 시비를 한 경우에는 생체중에 대한 건물중의 비율이 다른 상토에 비하여 다소 높은 것으로 나타났다(data not shown). SD+PS(모래+제지스룻지)를 혼합한 토양도 잔디의 생육이 비교적 양호하여 표준상토에 시비한 구와 큰 차이를 보이지 않았다. 시비하지 않은 SD+SL+PM(대조구 또는 표준토양), SD+PM, SD+BA, SD+BA+PM의 혼합토양에서의 생육은 극히 저조하였다.

시험기간중 들잔디 예취량의 변화와(그림 1) 수확 후 shoot의 밀도와 총 clipping 생산량과 지상부 및 뿌리의 생체중을 측정한 결과는 표 6과 같았다. 시기

**Table 2.** Effect of paper mill sludge and briquet ash on bulk density, field moisture capacity and vertical water flow rate of soil mixtures.

Treatment	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Field moisture capacity(%)	Vertical water flow rate(cm/s)
SD+SL+PM(Control)	1.24 b <sup>c</sup>	25.6 cd	4.60 × 10 <sup>-3</sup> a
SD+SL+PS	1.31 a	25.9 d	5.12 × 10 <sup>-3</sup> a
SD+PM	1.16 d	28.9 bc	5.44 × 10 <sup>-3</sup> a
SD+PS	1.21 bc	30.7 b	5.88 × 10 <sup>-3</sup> a
SD+BA	1.29 a	30.9 ab	1.84 × 10 <sup>-3</sup> b
SD+BA+PM	1.19 cd	27.8 cd	4.16 × 10 <sup>-3</sup> a
SD+BA+PS	1.30 a	33.3 a	2.16 × 10 <sup>-3</sup> b

<sup>c</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

SD(sand), SL(field soil), PS(paper mill sludge), PM(sphagnum peat moss), BA(briquet ash)

**Table 3.** Effect of paper mill sludge and briquet ash on hardness of soil mixtures.

Treatment	Soil hardness(kg/cm)			
	Uncultivated soil	Cultivated soil		
		Zoysiagrass	Kentucky bluegrass	Bentgrass
SD+SL+PM(Control)	1.03 a <sup>c</sup>	1.55 c	2.93 bc	3.82 c
SD+SL+PM(Fertilizer) <sup>y</sup>	-	1.73 bc	2.68 bc	4.65 b
SD+SL+PS	1.00 a	1.63 c	3.18 b	3.35 cd
SD+PM	0.95 a	1.25 d	2.55 c	3.58 c
SD+PS	0.85 a	1.65 c	2.63 c	2.98 d
SD+BA	0.97 a	1.70 bc	2.80 bc	4.95 b
SD+BA+PM	0.95 a	2.58 a	4.13 a	6.43 a
SD+BA+PS	0.95 a	2.23 b	3.80 a	4.68 b

<sup>c</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

<sup>y</sup> Jandibiryo(N : P : K = 9 : 9 : 9) was applied 4 times at rate of 10g/m<sup>2</sup>.

**Table 4.** Effect of paper mill sludge and briquet ash on pH of soil mixtures.

Treatment	pH			
	Uncultivated soil	Cultivated soil		
		Zoysiagrass	Kentucky bluegrass	Bentgrass
SD+SL+PM(Control)	6.12 e <sup>z</sup>	6.10 c	6.27 c	6.17 b
SD+SL+PM(Fertilizer) <sup>y</sup>	—	6.00 c	6.12 c	6.00 c
SD+SL+PS	6.44 d	6.80 a	6.77 a	6.43 ab
SD+PM	5.63 f	6.23 b	6.30 bc	6.40 ab
SD+PS	6.24 e	6.70 a	6.60 a	6.63 a
SD+BA	7.41 a	6.57 a	6.63 a	6.53 a
SD+BA+PM	6.69 c	6.33 b	6.53 ab	6.57 a
SD+BA+PS	6.89 b	6.70 a	6.63 a	6.57 a

<sup>z</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

<sup>y</sup>Jandibiryo(N : P : K = 9 : 9 : 9) was applied 4 times at rate of 10g /m<sup>2</sup>.

**Table 5.** Effect of paper mill sludge and briquet ash on electrical conductivity of soil mixtures.

Treatment	Electrical conductivity ( $\mu$ mhos / cm)			
	Uncultivated soil	Cultivated soil		
		Zoysiagrass	Kentucky bluegrass	Bentgrass
SD+SL+PM(Control)	171.0 d <sup>z</sup>	223.7 f	276.7 e	310.7 d
SD+SL+PM(Fertilizer) <sup>y</sup>	—	365.7 c	439.7 c	415.7 c
SD+SL+PS	270.7 c	302.0 de	355.3 d	331.3 d
SD+PM	126.3 e	271.0 e	350.3 d	401.3 c
SD+PS	485.0 b	688.7 b	705.0 b	721.3 a
SD+BA	281.7 c	324.3 cd	231.3 e	417.0 c
SD+BA+PM	177.7 d	734.0 a	415.7 c	525.3 b
SD+BA+PS	698.0 a	701.3 ab	781.3 a	675.0 a

<sup>z</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

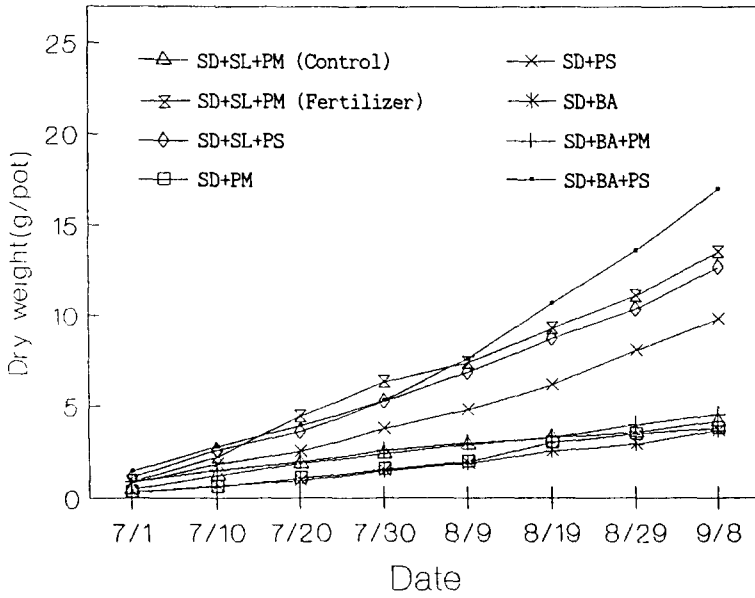
<sup>y</sup>Jandibiryo(N : P : K = 9 : 9 : 9) was applied 4 times at rate of 10g /m<sup>2</sup>.

별로 보아 상토간의 예취량에 특별한 변화를 초래한 경우는 없었으며 PS가 함유된 상토에서는 표준상토에 시비한 것 이상으로 shoot의 밀도와 지상부의 생산량이 많았다. 그러나 뿌리의 발달은 반대로 시비를 하지 않아 shoot의 밀도가 적었던 대조구에서 가장 좋았고 시비구와 SD+BA+PS구를 제외하고는 아주 저조한 편이었다.

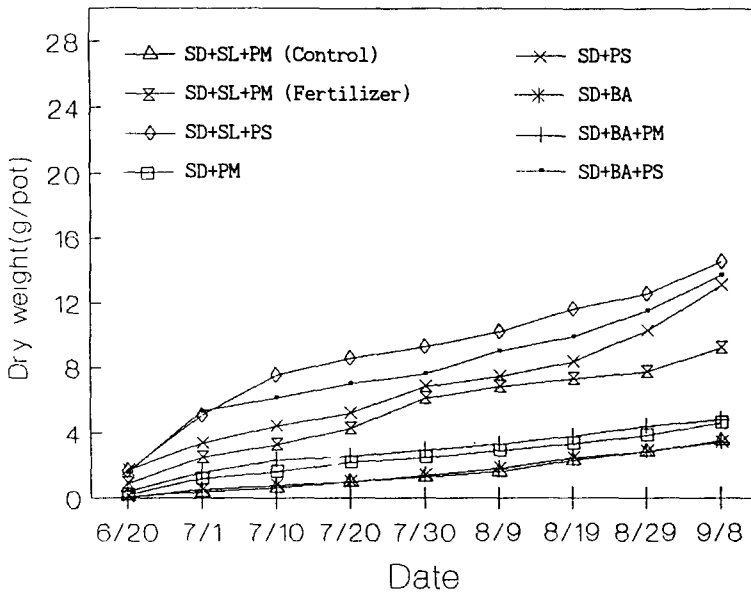
Kentucky bluegrass의 경우도 들잔디와 비슷한 경향으로 예취량은 시비구에 비하여 PS가 혼합된 상토에서 좋은 효과를 보여 SD+SL+PS와 SD+

BA+PS에서 가장 높았으며 피해를 초래하여 감소를 가져온 경우는 없었다(그림 2). Shoot의 밀도와 지상부의 생육도 같은 경향을 보였으며 뿌리의 발달은 전체적으로 시비하지 않거나 PS가 함유되지 않은 상토에서 좋았다(표 7).

Bentgrass에서는 앞서의 두 잔디와는 달리 예취량이 SD+PS와 SD+BA+PS 혼합구에서 표준상토에 시비한 경우보다 높았다(그림 3). Shoot의 밀도 역시 PS 혼합구에서 높았으나 상토간에 큰 차이는 없었다. 지상부의 생육에서도 PS처리는 시비한 표준구



**Fig. 1.** Comparison of the effects of soil mixtures on dry weight of total clippings of zoysiagrass.



**Fig. 2.** Comparison of the effects of soil mixtures on dry weight of total clippings of Kentucky bluegrass.

**Table 6.** Comparison of the effects of soil mixtures on the growth of zoysiagrass.

Treatment	Shoot density (No. /100 cm <sup>2</sup> )	Total clipping	
		+ shoot Fresh wt (g /100 cm <sup>2</sup> )	Root Fresh wt (g /100 cm <sup>2</sup> )
SD+SL+PM(Control)	179.3 c <sup>z</sup>	3.95 b	4.40 a
SD+SL+PM(Fertilizer) <sup>y</sup>	363.3 b	10.60 a	3.45 b
SD+SL+PS	460.0 a	11.40 a	2.05 cd
SD+PM	143.0 c	3.98 b	1.43 d
SD+PS	366.0 b	9.68 a	2.60 bc
SD+BA	349.0 b	4.93 b	2.08 cd
SD+BA+PM	278.8 bc	3.78 b	2.05 cd
SD+BA+PS	453.3 a	13.23 a	3.13 b

<sup>z</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

<sup>y</sup> Jandibiryo(N : P : K = 9 : 9 :9) was applied 4 times at rate of 10g /m<sup>2</sup>.

**Table 7.** Comparison of the effects of soil mixtures on the growth of Kentucky bluegrass.

Treatment	Shoot density (No. /100 cm <sup>2</sup> )	Total clipping	
		+ shoot Fresh wt (g /100 cm <sup>2</sup> )	Root Fresh wt (g /100 cm <sup>2</sup> )
SD+SL+PM(Control)	206.8 c <sup>z</sup>	2.92 d	3.68 a
SD+SL+PM(Fertilizer) <sup>y</sup>	308.8 ab	9.12 c	2.70 b
SD+SL+PS	290.5 ab	11.73 b	2.75 b
SD+PM	199.8 c	4.07 d	3.70 a
SD+PS	279.3 abc	13.75 a	2.18 b
SD+BA	228.0 bc	4.31 d	4.00 a
SD+BA+PM	263.0 abc	4.08 d	3.95 a
SD+BA+PS	316.5 a	13.97 a	2.73 b

<sup>z</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

<sup>y</sup> Jandibiryo(N : P : K = 9 : 9 :9) was applied 4 times at rate of 10g /m<sup>2</sup>.

**Table 8.** Comparison of the effects of soil mixtures on the growth of bentgrass.

Treatment	Shoot density (No. /100 cm <sup>2</sup> )	Total clipping	
		+ shoot Fresh wt (g /100 cm <sup>2</sup> )	Root Fresh wt (g /100 cm <sup>2</sup> )
SD+SL+PM(Control)	608.0 bc <sup>z</sup>	6.45 c	9.98 a
SD+SL+PM(Fertilizer) <sup>y</sup>	692.7 ab	11.53 b	6.98 b
SD+SL+PS	739.0 a	17.00 b	4.38 c
SD+PM	583.8 c	7.78 c	8.05 b
SD+PS	779.3 a	23.68 a	3.13 c
SD+BA	678.5 ab	5.63 c	7.40 b
SD+BA+PM	658.3 b	6.00 c	8.48 ab
SD+BA+PS	764.0 a	26.33 a	4.98 c

<sup>z</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

<sup>y</sup> Jandibiryo(N : P : K = 9 : 9 :9) was applied 4 times at rate of 10g /m<sup>2</sup>.

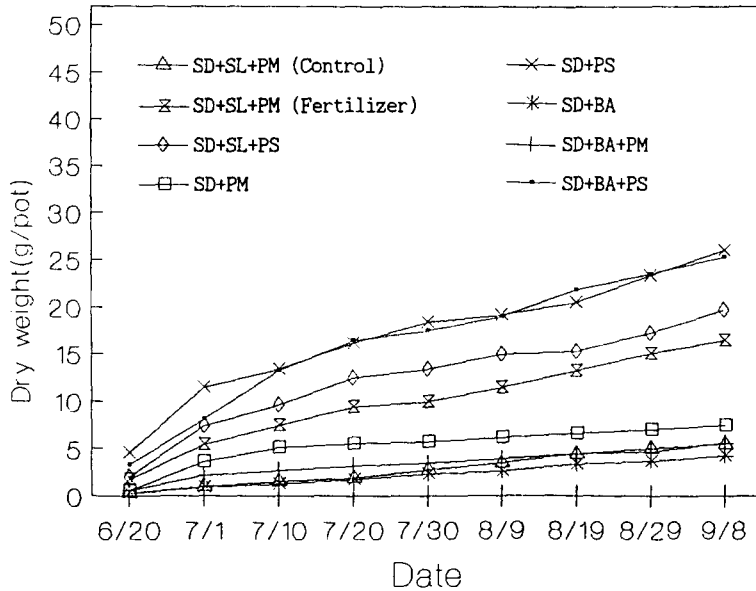


Fig. 3. Comparison of the effects of soil mixtures on dry weight of total clippings of creeping bentgrass.

에 비하여 SD+PS구와 SD+BA+PS구에서는 2배 이상의 증가를 나타내었다. 뿌리는 PS가 혼합되지 않고 시비하지 않은 PM의 혼합구에서 대체적으로 생육이 좋았다(표 8).

엽록소의 함량을 측정된 결과(표 9) 들잔디와 bentgrass는 생육이 왕성하였던 PS 처리구에서 시비구에 비하여 크게 높았으나 kentucky bluegrass는 비료시비구와 PS 혼합구간에 차이가 없거나 오히려 PS구에서 다소 높은 결과를 보였다.

표 10, 11, 12는 각각 들잔디, Kentucky bluegrass, bentgrass의 식물체 분석 결과로서 질소함량은 시비구에 비하여 PS 혼합구에서 비슷하거나 많은 것으로 나타났다. 기타의 비료성분과 중금속이온의 경우는 Mn을 제외하고는 상토간에 큰 차이가 없었다. Mn은 주로 PM가 혼합된 상토에서 포함되지 않은 상토의 3~5배 정도의 함량을 보였고 식물체 중에는 특히 bentgrass에서 높은 것으로 나타났다.

#### IV. 考 察

PS는 유기물의 함량이 높고 전질소, 총인산 등의

함량도 높아 비료의 성분이 많을 뿐만 아니라 토양의 미생물을 증가시켜 유기질 자원으로서 가치가 크다<sup>7,8, 20</sup>. 토양의 이화학적 특성에 대한 영향은 수분함량과 보수력을 증진시키고 CEC를 크게 높혀준다<sup>(6,20)</sup>. 그러나 PS의 사용량이 과다할 경우는 pH를 낮게 하며, 처리초기에는 염류의 농도를 높이거나 높은 C/N을 때문에 식물과 토양미생물과의 질소경합에서 야기되는 질소기아현상 및 유기산의 생성 등으로 뿌리의 생육에 장애를 초래할 수도 있다<sup>(6,9)</sup>. BA 역시 2~3mm 크기의 입자를 사용할 경우 투수성과 보수력이 좋아 국화의 삼목용토로서 이용이 가능하며<sup>(23)</sup> 잔디에도 사용이 시도되어 왔다<sup>(1,5)</sup>.

본 시험의 재료로 사용한 PS는 35%의 유기물과 N, P, K 등의 비료성분이 풍부하고 pH는 중성에 가까웠으며, BA는 유기물과 전질소는 적었으나 인산을 비롯한 Ca, Mg은 풍부하고 CEC가 높은 약 알칼리성이었다(표 1). PS는 잔디상토에 주로 사용되는 PM에 비하여 가비중을 약간 증가시켜 통기성을 다소 떨어지게 하였으나 많은 양의 모래와 혼합되었기 때문에 전혀 잔디에 문제가 되는 수치는 아니었다. 또한 포장용수량을 약간 증가시켰으나 투수성은 다소



**Table 9.** Comparison of the effects of soil mixtures on the chlorophyll contents of fufgrasses.

Treatment	Chlorophyll content (mg /g fresh wt)		
	Zoysiagrass	Kentucky bluegrass	Bentgrass
SD+SL+PM(Control)	0.59 d <sup>2</sup>	2.77 ab	1.87 c
SD+SL+PM(Fertilizer) <sup>y</sup>	1.62 bc	4.07 a	2.57 bc
SD+SL+PS	2.25 ab	4.27 a	4.20 a
SD+PM	0.90 cd	2.70 ab	1.83 c
SD+PS	2.74 a	3.27 ab	4.13 a
SD+BA	0.44 d	2.30 b	1.43 c
SD+BA+PM	1.69 bc	2.03 b	2.53 bc
SD+BA+PS	2.32 ab	3.00 ab	3.40 ab

<sup>2</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

<sup>y</sup> Jandibiryo(N : P : K = 9 : 9 :9) was applied 4 times at rate of 10g /m<sup>2</sup>.

**Table 10.** Comparison of the effects of soil mixtures on the chemical properties of zoysiagrass.

Treatment	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca	K	Mg	Cd	Pb	Mn
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
SD+SL+PM(Control)	1.43	1.02	0.34	1.42	0.15	0.67	5.7	490
SD+SL+PM(Fertilizer) <sup>z</sup>	1.70	0.61	0.35	1.10	0.16	0.83	7.1	500
SD+SL+PS	2.62	0.63	0.33	1.46	0.19	0.88	4.3	160
SD+PM	1.19	0.56	0.29	1.09	0.15	0.44	4.3	420
SD+PS	2.38	0.53	0.36	1.51	0.21	0.67	5.7	130
SD+BA	1.05	0.69	0.38	1.04	0.17	0.44	2.9	100
SD+BA+PM	0.84	0.58	0.44	0.85	0.19	0.67	7.1	380
SD+BA+PS	2.45	0.46	0.36	1.51	0.22	0.88	5.7	60

<sup>z</sup> Jandibiryo(N : P : K = 9 : 9 :9) was applied 4 times at rate of 10g /m<sup>2</sup>.

**Table 11.** Comparison of the effects of soil mixtures on the chemical properties of Kentucky bluegrass.

Treatment	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca	K	Mg	Cd	Pb	Mn
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
SD+SL+PM(Control)	1.05	0.44	0.58	2.64	0.29	0.44	4.3	640
SD+SL+PM(Fertilizer) <sup>z</sup>	3.15	1.00	0.39	3.20	0.25	0.67	7.1	430
SD+SL+PS	4.34	0.65	0.56	2.44	0.31	0.67	7.1	150
SD+PM	1.75	0.41	0.56	1.43	0.29	0.44	5.7	730
SD+PS	4.55	0.64	0.55	2.28	0.34	0.88	5.7	140
SD+BA	1.08	0.36	0.87	1.16	0.27	0.44	4.3	230
SD+BA+PM	0.91	0.37	0.96	1.34	0.32	0.44	5.7	550
SD+BA+PS	4.44	0.58	0.63	3.36	0.31	0.67	8.6	130

<sup>z</sup> Jandibiryo(N : P : K = 9 : 9 :9) was applied 4 times at rate of 10g /m<sup>2</sup>.

**Table 12.** Comparison of the effects of soil mixtures on the chemical properties of bentgrass.

Treatment	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Ca (%)	K (%)	Mg (%)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Mn (ppm)
SD+SL+PM(Control)	1.36	0.65	1.02	1.10	0.30	0.44	4.3	1840
SD+SL+PM(Fertilizer) <sup>2</sup>	3.43	1.16	0.52	2.56	0.26	0.67	1.4	850
SD+SL+PS	2.73	0.80	0.79	2.06	0.28	0.44	2.9	430
SD+PM	1.33	0.53	0.89	1.04	0.29	0.67	7.1	1830
SD+PS	3.50	0.75	0.84	2.22	0.32	0.67	8.6	330
SD+BA	1.40	0.69	0.74	0.97	0.28	0.44	8.6	1070
SD+BA+PM	1.01	0.48	1.07	0.88	0.29	0.44	7.1	1550
SD+BA+PS	3.95	0.54	0.81	2.45	0.32	0.44	7.1	150

<sup>2</sup>Jandibiryo(N : P : K = 9 : 9 : 9) was applied 4 times at rate of 10g /m<sup>2</sup>.

감소되는 경향이였다. SD에 BA의 혼합 역시 통기를 다소 감소시켰으나 보수력을 높혀주었다(표 3). 이러한 원인은 PM의 부식정도가 PS에 비하여 낮기 때문으로 보이며 BA의 경우는 ash와 점토의 함량이 다소 높았던데 기인된 것으로 풀이된다<sup>(17)</sup>. 따라서 BA가 재배토양에서 경도를 높히는 것으로 미루어(표 4) BA의 사용은 답압이 많이 가해지는 장소에서의 사용보다는 잔디의 생산을 주로 하는 포장에 사용하는 것이 유리할 것으로 판단되나, 적당한 크기의 입자를 사용한다면 답압이 많이 가해지는 포장에서도 토양개량제인 vermiculite나 perlite등을 대신하여 사용이 충분히 가능할 것으로 생각된다<sup>(1,19)</sup>.

잔디를 재배하면서 토양의 pH(표 4)와 EC(표 5)를 측정된 결과 PS와 BA는 중성 또는 약알칼리성이기 때문에 PM에 의한 산성화를 막아줄 수 있을 것으로 생각된다. 한편 두 폐기물의 혼합사용은 EC를 증가시켜 염류농도가 증가되는 경향이였으나 최고치가 734 $\mu$ mhos/cm로서 잔디생육에 해로운 영향을 미칠 수 있는 범위는 아니었다<sup>(6)</sup>. 따라서 이 두가지 물질이 단독 또는 복합으로 모래에 혼합되어도 토양의 물리·화학적 성질은 잔디의 재배에는 전혀 문제 되지 않을 것으로 판단된다.

잔디의 생육효과를 비교한 결과 두가지 폐기물의 으며, clipping의 생산량과 shoot의 밀도는 들잔디에 으며, clipping의 생산량과 shoot의 밀도는 들잔디에 으며 SD에 PS와 BA가 각각 20%씩 혼합된 상토가 좋았고(그림 1, 표 6), kentucky bluegrass에서는

SL과 PS가 각각 10%씩 혼합된 것이 우수 하였다(그림 2, 표 7). Bentgrass에서는 위 두 종류와는 달리 SD에 PS만 20% 혼합된 상토가 좋았는데(그림 3, 표 8), 대체적으로 모래에 BA와 PS가 각각 20% 혼합된 상토가 모든 공시잔디의 생육에 좋은 것으로 나타났다. 특히 PS가 혼합된 구에서 뿌리에 발달이 미약했던 원인은 적박하거나 수분이 결핍될 시 뿌리의 발달이 좋아지는 잔디의 생육 특성에서 온 차이로 풀이된다. 표준상토에 시비를 한 경우보다 PS가 혼합된 상토에서 잔디의 생육이 왕성 했던 결과는 스렛지의 비료효과가 매우 우수하다는 사실을 시사한다. 잔디질의 평가로서 염복소의 함량(표 9)을 비교하였을 경우도 PS가 혼합된 상토에서 많았으나, 한자형 잔디에서는 한여름 고온기에 병의 발생이 심한 것을 관찰할 수 있었다(data not shown).

식물체조직의 분석 결과 PS는 질소함량을 높인 것은 유기질 비료로서의 효과가 충분히 인정되고, Cd와 Pb는 상토의 종류에 따라서 별 차이가 없이 극히 미량이 검출된 사실로 볼 때 PS의 토양사용이 토양오염문제를 크게 야기하지 않을 것으로 생각된다. Mn의 경우는 PM가 혼합된 토양에서 PS나 BA혼합에 비하여 3~5배 이상 많았다(표 10, 11, 12). 그러나 이는 작물에 해를 미칠 수 있는 농도 100 $\mu$ g/g에 훨씬 미달되는 농도이며, 농도가 높아진 원인은 sphagnum peat moss가 pH 3~4의 강산성을 가진 토양개량제이기 때문에 상토의 산도가 낮아져서 온 결과로 풀이된다<sup>(1,3)</sup>.

위의 결과를 종합하여 볼 때, 산업폐기물인 PS는 풍부한 유기물과 식물의 필수원소를 다량 함유하고 있을 뿐만 아니라 토양의 이화학적 성질을 작물에 유리하게 하는 토양개량의 효과가 인정되어 잔디상토 조성시 유기물로 사용되는 peat의 대체물로서 사용이 가능하였다. 아울러 가정용 BA 역시 토양소독을 절감할 수 있고 무기비료분을 많이 함유하고 있어 잔디상토의 개량제로서 vermiculite, zeolite 및 perikite 등을 대신하여 사용이 가능할 것으로 판단된다. 더우기 두가지 폐기물의 혼합사용은 잔디의 생육을 최대로 하는 효과를 보여 늘어나는 잔디산업에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 이들의 직접적인 토양 처리방법 및 다른 토양개량제들과의 적정혼합 비율등이 더욱 자세히 밝혀져야 할 것이다.

## V. 摘 要

잔디재배를 위한 토양개량제로서 제지스룻지와 가정용 연탄재의 사용가능성을 알아보기 위하여 상토재료의 종류와 배합비율에 따른 토양의 물리 화학적 특성 및 잔디에 대한 생육효과를 검토하였다. 공시된 잔디의 종류는 들잔디 (*Zoysia japonica* Steud.), Kentucky bluegrass(*Poa pratensis* L. 'Ram I'), Creeping bentgrass(*Agrostis paulstris* Huds 'Penncross')로 직경 32cm 플라스틱 포트에 파종하여 재배하였다. 상토는 보래(SD), 일반토양(SL), paper mill sludge(PS), sphagnum peat moss (PM), 연탄재(BA)를 재료로 하여 SD+SL+PM(80:10:10, 대조구), SD+SL+PS(80:10:10), SD+PM(80:20), SD+PS(80:20), SD+BA(80:20), SD+BA+PM(60:20:20), SD+BA+PS(60:20:20)와 같이 백분율로 혼합하였다.

1. PS는 pH 6.6으로 중성에 가까웠고, 유기물의 함량이 30% 이상이며 N, P, K, Ca, Mg와 CEC의 함량도 높았다. 또한 PM에 비하여 상토의 bulk density, 포장용수량 및 전기전도도를 높혔다.

2. BA는 K, P, Ca 및 Mg의 함량이 높고 pH 8.0의 약 알칼리성으로서 상토의 가비중과 포장용수량을 높이고 투수성을 감소시켰다. 그러나 EC와 잔디생육

후 토양의 경도는 BA 첨가로 다소 높아졌다.

3. PS와 BA는 잔디생육에 피해를 나타내지 않았으며 kentucky bluegrass와 bentgrass의 생육은 대조구에 잔디비료를 시비한 경우보다 PS가 혼합된 상토에서 증진되었다. 일반적으로 상토의 조성을 SD+BA+PS로 하였을 때 공시된 모든 잔디에서 생육이 가장 좋았다.

4. 식물체의 분석 결과 중금속 오염물질인 Cd와 Pb는 상토의 종류에 따라서 별 차이가 없이 극히 미량이 검출되었는데, Mn의 경우는 PM가 혼합된 토양에서 PS나 PA혼합에 비하여 2~3배 이상 많았다. 그리고 잔디중에는 특히 bentgrass에서 다른 잔디에 비하여 높은 함량을 보였다.

## V. 引用文獻

1. Beard, J.B. 1973. Turfgrass: Science and Culture. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, H.J.
2. Breadakis, E. and H. Page. 1966. Can flyash support plant life?. Massachusetts Turf Bulletin, 3(3):3-4.
3. Carlile, W.R. and K.G. Davies. 1983. The use of composted peat-sludge mixtures in horti field using powerstation waste-ash. Journal of Sport turf Research Unstitute. 40:51-66.
4. Coosemans, J. and C. Van Assche. 1983. Possibilities of sewage sludge used as a fertilizer in agriculture. Acta Horticulturae. 150:491-502.
5. Cope, F. 1964. The establishment of playing field using powerstation waste-ash. Journal of the Sport turf Research Institute. 40:51-66.
6. Epstein, E., J.M. Tayler and R.L. Chaney. 1976. Effect of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some soil physical and chemical properties. J. Environ. Qual. 5(4):422-426.
7. 한수교, 이화영. 1987. 제지스룻지의 비료화 연구. J. TAPPIK. 19:56-53.

8. 허종수, 김광식, 1985. 제지스룻지 시용이 논토양의 화학성과 수도생육에 미치는 영향. I. 토양중 질소형태 및 무기성분 변화에 미치는 영향. 한국환경농학회지. 4:78-87.
9. 허종수, 김광식, 하성균. 1988. 제지스룻지의 시용이 논토양의 화학성과 수도생육에 미치는 영향. III. 수도의 생육에 미치는 영향. 한국환경농학회지. 7:26-32.
10. 정갑영, 전재성, 박영선, 한기각. 1981. 산업폐기물의 비료화에 관한 연구. 한국토양비료학회. 14:83-87.
11. 주영규. 1991. 산업폐기물의 잔디용 유기질 비료화에 관한 연구. 한국산과학회지. 5:81-86.
12. Juncker, P.H. and J.J. Madison. 1967. Soil moisture characteristics of sand-peat mixtures. 3(1):5-8.
13. 김성조, 백승화, 김주영, 권종한. 1991. 도시하수 sludge의 경작지 처리가 식물체중 Cd 및 Zn 함량에 미치는 영향. 한국환경농학회지. 9:121-131.
14. 이규승, 최종우, 송재영, 김문규. 1991. 제지스룻지 시용토양의 성질변화. 충남대학교 농업과학연구지. 18(1):74-79.
15. Neel, P.L., E.O. Burt and P. Busey. 1978. Sod production in shallow beds of waste materials. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103(4):549-553.
16. 농업기술연구소. 1988. 토양화학 분석법.
17. 박만, 허남호, 최정. 1991. Fly ash 처리가 토양의 물리·화학성에 미치는 영향. 한국환경농학회지. 10:133-137.
18. 신제성, 한기각. 1984. 산업폐기물의 비료화. 한국농화학회지. 27:68-79.
19. 박찬무, 한동욱, 황규석, 이용범. 1991. 토양개량제 혼합비율이 green topsoil의 물리화학성에 미치는 영향. 한국산과학회지. 5:50-68.
20. Sikora, L.J., C.F. Tester, J.M. Taylor and J.F. Parr. 1980. Fescue yield response to sewage sludge compost amendments. Agron. J. 72:79-84.
21. Sikora, L.J., C.F. Tester, J. M. Taylor and J.F. Parr. 1980. Fescue yield response to cue from soils amended with sewage sludge compost. Agron. J. 74:27-32.
22. Simson, C.R., K.A. Kelling and E.A. Liege. 1981. Paper mill sludge as an alternative liming material. Agron. J. 73:1003-1008.
23. 서영교, 구자형. 1976. 삼복용토로서의 연탄재 이용에 관한 연구. 충남대학교 농업기술연구보고. 3(1):53-59.