

産業廢棄物의 잔디용 有機質 肥料化에 關한 研究

朱 泳 圭

延世大學校

Utilization of Industrial Waste to Organic Fertilizer for Lawn

Young K. Joo

Yonsei University

SUMMARY

The sludge, a waste of brewery industries, was examined for potentials as a natural organic fertilizer(or soil conditioner) for lawn. Trial products were measured for changes of physical, chemical properties in laboratory and seed germination and seedling growth in green house were also tested. The results are as the following :

1. The sludge from distilled liquor brewery contained high quantity of organic matter which had proper physical and chemical properties for lawn fertilizer(natural organic fertilizer, soil conditioner, top-dressing mix). It showed good characteristics in handling and capabilities to be developed as commercial products for golf courses.
2. Sludge from beer company needs proper treatment to improve physical properties for futher degradiation. It is because aggregation of the sludge particles prevented microbial activities and changing to soluble form.
3. Green carbon^R can be used as carbon source for organic fertilizer production using brewery sludge, but it should not contain wood extract which inhibit seed germination and seedling growth.

I. 緒 論

환경보존에 관한 관심과 자원 재활용에 관한 관심이 날로 고조되어가고 있는 현실에 비추어 볼 때 산업폐기물과 부산물의 이용에 관한 연구가 활발히 전

개되어가고 있는 것은 공업화 국가들의 세계적인 추세라고 할 수 있다. 특히 유기물을 다량 포함하고 있는 sludge 형태의 산업폐기물의 농경지 환원에 관한 연구는 매립시 야기되는 매립지 확보 및 수질공해 문제 해결과 자원의 재활용이라는 관점에서 연구의 초

*본 연구는 연세대학교 매지학술연구소의 연구비로 수행되었음.

점이 모아지고 있다(오, 1978; 정 등, 1981; 松谷, 1979).

식품산업체에서 수거되는 sludge를 비롯하여 원목가공업체, 제지산업체의 폐기물은 매립, 소각, 해양방출 등에 의하여 오염을 가중시키고 있으며 유기물 성분을 다량 포함한 산업폐기물은 수질오염의 큰 원인으로 지적되고 있다(石井 등, 1977). 지금까지의 유기부산물의 비료화에 대한 연구는 식용작물에 사용되는 유기물 비료화에 관한 연구가 주로 수행되어 왔으나 비식용작물인 잔디 면적의 확대와 특히 근년의 골프장 수의 급격한 증가는 잔디전용비료의 생산을 요하고 있는 실정에 있다(하 등, 1988; 吉田, 1981; 赤穂, 1981).

골프장의 잔디전용비료의 부재는 화학비료의 사용을 초래하고 이는 다시 잔디토양의 유기물질의 감소를 초래하여 토양원충력의 저하와 더불어 농약 사용량의 증가를 도래함에 따라 골프장은 환경오염의 한 요인으로 지목을 받게 되었다(Reddy, 1982). 따라서 잔디전용비료는 토양의 원충력과 단립화를 증대시키는 토양개량제적 성격과 심경과 토양개량이 어려운 잔디토양의 특성이 고려되어 구성성분 중에 높은 유기물 함량을 가져야 한다.

또한 잔디 전용비료는 경제성 작물의 생산이 아닌 관리적 측면의 비료이므로 생산단가가 낮은 원료를 사용하여 경제성이 고려되고, 함량에서 완효성의 비료 3요소와 미량원소가 풍부한 재료로 제조된 잔디 생육에 적합한 비료이어야 한다. 이러한 여러가지 조건에 해당하는 잔디전용비료로는 주로 미국 등지에서 개발된 sewage sludge를 원료로 제조된 Milorganite[®]와 육류 식료품 가공의 부산물인 Lawn Restore[®], 옥수수 가공부산물비료 등이 현재 생산 시판되고 있다.

① 환경과 식수에 안전 (environmental safety) 하

고,

- ② 화학비료보다 비효가 상대적으로 느리고 오래 지속되며 (slow-release),
- ③ 자체의 보유미생물로 인하여 복더기잔디 (thatch)의 함량을 감소시키며 여러가지 잔디 병 (Fusarium, Necrotic ring spot, Patch diseases)을 억제시키는 효과,
- ④ 유기물로 인한 토양의 물리성을 증대시키는 토양 개량제 (soil conditioner)의 효과를 가지는 것으로 평가되고 있다.

본 연구는 식품산업체 중 주정생산 과정에서 수거되는 sludge를 주원료로 하여 비수확성 작물, 특히 잔디용 부산물 유기물 비료(또는 토양개량제)를 개발하는데 연구목적을 두고 실험을 수행하였으며 조제된 시제품의 실용성 검정을 위한 토양의 물리, 화학성의 변화 및 잔디의 종자 발아와 초기 생육반응에 대한 기본 연구를 수행하였다.

II. 材料 및 方法

본 실험은 1990년 3월초 부터 1991년 2월말까지 연세대학교 연희농장(서울특별시 서대문구 연희동)과 실험실, 수원농농(경기도 신갈)의 무균배양실에서 실시하였으며 공시재료는 맥주회사에서 수거된 오니(汚泥)와 주정공장에서 발생된 1차 폐기물을 주원료로 사용하였으며 분석된 성분 함량은 다음과 같다(농업기술연구소).

1. 포장 예비실험

맥주의 오니와 가공되지 않은 carbon source를 배합하여 부숙과정과 토양개량제로서의 사용 가능성을 고찰하기 위하여 6월부터 4개월간 소규모 포장실험을 행하였는데 포장토양의 화학분석은 유기물량

Table 1. Analysis of sludge used for experiment

Sludge source	pH (1:5)	Organic matter (%)	Total nitrogen	Available P ₂ O ₅ (%)	Exchangeable (%)		
					K ₂ O	CaO	MgO
Beer	6.8	73.6	5.6	1.8	0.3	2.0	0.2
Brewery	6.5	74.5	2.3	1.0	1.2	0.1	*

*Not measured.

(O.M) 2.0%, 인산(P_2O_5) 0.63%, 칼리(K_2O) 0.57me, C.E.C(cation exchange capacity) 7.4 me/100g의 식양토이었다. 각 plot의 크기는 폭 25 cm×25cm, 깊이 10cm로 3반복을 실시하였다. Control은 sludge 350g만을 사용하고, 처리구로서는 sludge 외에 탄소원으로 톱밥 128g, 왕겨 127g(건중량)을 몇가지 조합으로 혼합 처리하였다.

2. 담자균류를 이용한 incubator 내의 sludge의 부숙실험

토양곰팡이 중 유기물 분해능력이 우수한 담자균류를 이용하여 효과적인 부숙과정을 취하기 위하여 미생물 배양 및 접종 설비가 갖추어진 수원균농(주)의 실험실에서 부숙실험을 행하였다. 맥주 오니를 1.2기압, 120°C에서 20분간 완전멸균한 후 건조분쇄하여 이 시료에 Perlite, 포플러 톱밥, 그린탄소^R(목초액 포함 또는 제거된 제품) 등을 combination 하되 조합을 달리하였으며 함수율 60%, 25°C의 고정 온도에서 부숙시험을 행하였다. 시험에 사용된 그린탄소^R는 골프장의 그린(green) 조성시 토양개량재로 사용되는 탄소원으로 O.M 40.1%, P_2O_5 62ppm, K_2O 1.24me, C.E.C 5.5me의 성분이었다.

3. 잔디종자발아 및 유묘(seedling) 생육실험

Sludge를 주원료로 부숙, 제조된 유기질 시료를 콜프코스 그린(green)용 한지형 잔디인 Creeping Bentgrass(*Agrostis palustris* Huds.)와 우리나라의 대표적 잔디로 콜프코스의 페어웨이(Fairway)에 가장 많이 쓰이는 한국들잔디인 Zoysiagrass(*Zoysia japonica* Steud.)의 종자발아 실험을 통하여 암모니아(NH_3) gas에 의한 유독성 여부 및 비료안전도, 유묘의 초기 생육상태를 조사하여 유기질 잔디전용비료로서의 실용 여부를 판정하였다.

실험은 그린하우스내에서 3반복으로 직경 10cm의 Petri-dish에 파종한 후 4주간 생육을 조사하였고 Control 구로는 세척한 순모래를 사용하였다. Petri-dish의 유리뚜껑(canopy)은 파종 후 닫아 토양내에서 발생되는 gas의 외부로의 이동을 차단하였다. 골프장에서 토양물리성을 개선시키기 위해 sludge와 혼용되는 perlite는 C.E.C 17me, pH 7.8의 1, 100°C에서 원석을 처리한 토양개량재이었다. 부숙

은 perlite를 비롯한 토양, 그린탄소(GC), 순모래를 혼합하여 3주간 자연부숙을 행하고 완숙된 시료는 농업기술연구소에서 soil test를 행하였다.

III. 結果 및 考察

1. 포장 예비실험 및 incubator 부숙실험

포장에서의 예비실험 결과 맥주 sludge는 그 자체로서의 화학적 성분은 양호하였으나 시료의 물리성으로 인해 다른 시료(토양, 톱밥, 왕겨)의 혼합없이 부숙이 매우 느리게 진행되었으며 사용된 톱밥과 왕겨는 C/N율이 70 이상인 탄소원으로 sludge의 부숙에 있어 화학적 역할보다는 물리적 역할(통기성, 보수성)을 행한 것으로 판단되었다. 탄소원과 혼합되지 않아도 토양과 혼합되면 sludge의 부숙에는 큰 문제는 발생하지 않았다. 토양이나 탄소원과의 혼합되지 않은 Control구는 4개월 후에도 부숙이 진행되지 않고 고형의 상태를 유지하였다. 즉 맥주 sludge의 부숙은 물리적 성질의 개선이 필수적이며 sludge 입자간에 묻혀져 고형체로 남게 되면 미생물의 활동이 진행되지 않아 불용태의 상태로 존재하게 된다. 이는 담자균을 이용한 부숙 시험에서도 마찬가지로 결과로 perlite가 혼합된 시료에서는 포플러 톱밥(버섯종균 배양시 사용되는 탄소원)에서와 비슷한 성적을 낸 것을 알 수 있다(Fig. 1). 그린탄소^R(G.C)는 목초액이 제거된 경우에만 부숙이 진행되었고 목초액의 주성분 중 하나인 phenol류의 성분이 다량 포함된 그린탄소 시료에서는 부숙이 진전되지 못하였다. 이는 그린탄소에 포함된 phenol류가 미생물의 활동을 억제하거나 살균이 진행된 결과라고 고찰된다(山家 등, 1988).

2. 잔디종자 발아 및 유묘(Seedling) 생육실험

실험포장에서 자연부숙시켜 제조된 sample을 농업기술연구소 토양화학분석실에서 행한 soil test의 결과는 Table 2와 같다.

Table 2에 나타난 바와 같이 주정공장에서 발생된 1차 sludge가 맥주회사의 오니보다 양호한 성분을 보유하고 있으며 유기물함량과 인산, 칼리의 함량 및 양이온교환능(C.E.C)이 높아 잔디전용비료로 사용

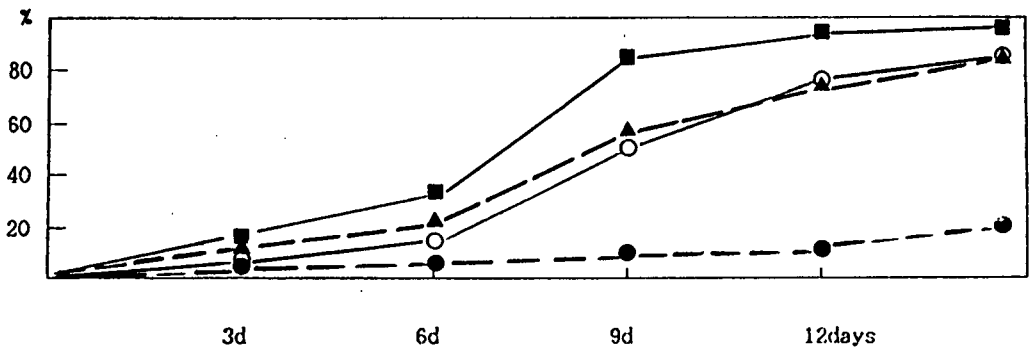


Fig. 1. Degradation of sludge-mixed sample by *Basidiomycetes* in incubator under 25°C in 15day -period. Rates of degradation were compared with saw-dust sample(100%).

■ — ■ Saw dust ▲ — ▲ Perlite ● — ● G.C.(with wood extract) ○ — ○ G.C. (without extract)

Table 2. Result of soil test for sludge-mixed samples

Sample treated*	Organic matter (%)	Total N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ (me)	C.E.C (me/100g)
Soil used	1.99	0.46	0.63	0.57	7.4
Slg I + Prlt+GC (2 : 2 : 1)	12.73	0.53	1.23	0.96	10.2
Slg I + Soil+Prlt+GC (2 : 2 : 2 : 1)	5.90	0.32	1.04	1.07	9.5
Slg I + Sand**+Prlt (1 : 1 : 1)	1.04	0.11	0.37	0.29	3.6
Slg II+Prlt (1 : 1)	34.5	1.79	1.28	6.84	45.3
Slg II+GC (2 : 1)	29.5	1.05	2.22	4.92	21.1
Slg II+Prlt+GC (2 : 2 : 1)	21.6	0.81	1.92	1.46	13.2

*Slg I = sludge from beer company, Slg II = sludge from distilled liquor brewery, Prlt = perlite, GC = green carbon[®].

**washed sand(pH 6.6, C.E.C 1.2me) was used.

될 수 있음을 보여주고 있다. 이 시료는 맥주의 오니의 처리 때와는 달리 악취가 발생하지 않으며 물리적 성질도 양호하여 각종 첨가물과도 잘 혼합되는 물리적 성질을 가지고 있었다. 그린탄소의 혼합은 맥주오니의 처리과정에서 발생하는 악취를 제거할 수 있었는데 이는 다공질성인 활성탄소로서의 역할이라고 고찰된다.

부숙, 제조된 시료로 Bentgrass와 Zoysiagrass의 종자 발아에 미치는 영향을 검정하여 비료로서의 안전도, 유묘의 초기 생육상태를 조사한 data를 Table 3에 정리하였다.

Table 3의 결과에 의하면 주정공장에서 발생된 1차 sludge는 맥주의 오니보다 잔디종자의 발아와 생육에서 양호한 성적을 나타내었다. 이는 비료로서의

Table 3. Germination and seedling growth rate of turfgrasses with degraded sludge samples.

Sample tested*	Turfgrass spp.	Germination**	Growth rate**
Pure sand	Bentgrass	+++	+
	Zoysiagrass	+++	+
Sand+Slg I +GC ¹ (3 : 2 : 1)	Bentgrass	++	+++
	Zoysiagrass	+++	+++
Sand+Slg I +GC ² (3 : 2 : 1)	Bentgrass	++	+
	Zoysiagrass	+	++
Sand+Slg I +Prlt+GC ¹ (3 : 2 : 1)	Bentgrass	+	+
	Zoysiagrass	+	++
Sand+Slg I +Prlt+GC ¹	Bentgrass	+++	+++
Sand+Slg I +Prlt+GC ² (5 : 2 : 2 : 1)	Bentgrass	+	+
	Zoysiagrass	+	++
Sand+Slg II+Prlt	Bentgrass	++++	++++
Sand+Slg II+GC ¹ (3 : 2 : 1)	Bentgrass	++++	++++

*Abbreviations are same as Table 2.

**+= poor, ++++= excellent.

¹Green carbon product removed wood extract.

²Green carbon product containing wood extract.

안전성이 높고 시료의 물리, 화학적 성분이 양호하며 부숙이 충분히 진행되어 NH₃의 발생에 의한 발아단계의 종자 피해나 유묘의 생육장애가 적은 것을 보여 준다. 그린탄소에 목초액을 제거하지 않은 시료는 발아와 초기생장에 피해를 주는 것으로 밝혀졌는데 이는 목초액내의 강한 tar와 phenol 성분류에 의해 부숙미생물의 생육이 제한되어 sludge는 부숙되지 않고 목초액 성분과 계속적으로 발생하는 NH₃는 종자의 발아와 유묘의 생장을 제한시키는 것으로 고찰되고 있다(山家 등, 1988). 본 실험에 사용된 perlite는 직접적인 비료로서의 효과는 없으나 토양물리성 향상에 효과가 커 잔디종자의 발아와 초기 유묘생장에 효과가 있는 것으로 판명되나 실제 잔디토양에 사용될 경우 답압(traffic injury)에 의해 구조가 파괴되므로 사용에 제한을 받을 것으로 판단된다. 잔디의 초중간에는 발아, 초기생장에 차이점은 없으나 목초액이 함유된 시료에서도 한국잔디가 Bentgrass에 비해 비교적 강한 생육을 보이는데 이는 Bentgrass에 비해 NH₃에 대한 내성이 강하고 발아시기가 상

대적으로 늦음에 기인하는 것으로 해석된다.

Table 1과 2에서와 같이 주정공장에서 발생된 1차 sludge는 부숙속도, 물리화학적 성이 우수하고 악취 등이 없어 취급이 용이하며 색상이 양호하므로 잔디 전용 유기질비료로 개발할 가치가 있다고 판명된다. 또한 일정한 부숙처리 후에는 여러가지 토양미생물의 함량이 풍부하여져 이를 토양개량재(soil conditioner)로 하여 잔디토양 조성시 이용된다면 토양 미생물군락의 恒常性(homeostasis)에 의해 잔디병 발생과 토양미생물이 활동강화로 인한 탯치(thatch) 축적을 감소시킬 수 있다고 예상된다. 또한 토양완충력의 강화와 가비중(bulk density)의 감소로 인한 토양 물리성의 개선효과로 토양구조의 단립화, 내답압성의 증진효과를 기대할 수 있을 것으로 예상되므로 배토혼합용 유기질비료로 개발될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구와 더불어 부숙속도의 가속화에 대한 토양미생물군의 연구, 1차부숙후의 안정화 방안에 관한 연구, 새로운 sludge 및 carbon source의 모색에

관한 지속적인 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

IV. 摘 要

주정생산 과정에서 수거되는 sludge를 주원료하여 비수확성 작물, 특히 잔디용 부산물 유기질비료(또는 토양개량제)를 개발하는데 연구목적을 두고 본 실험을 수행하였으며 조제된 시제품의 실용성 검정을 위한 토양의 물리, 화학성의 변화 및 잔디의 종자발아와 초기 생육반응에 대한 기본 연구를 수행하였다.

1. 주정공장에서 발생된 1차 sludge는 물리화학성이 우수하고 함량과 질에서 양호한 유기물을 다량 포함하고 취급이 용이하며 색상이 양호하므로 잔디전용비료(천연유기질비료, 토양개량제, 배토혼합용 유기질비료)로 연구, 개발될 가능성이 높다.
2. 맥주 sludge의 부숙은 물리적 성질의 개선이 필수적이며 sludge 입자간에 뭉쳐져 고형체로 남게 되면 미생물의 활동이 진행되지 않아 불용태의 상태로 존재하게 된다.
3. 잔디토양개량제로 사용되고 있는 그린탄소는 다공질성인 활성탄소로서 sludge와 혼용될 때 양호한 탄소원으로 이용되었으나 목초액을 포함하면 잔디종자 발아와 유묘의 초기생장을 제한하는 것으로 밝혀졌다.

V. 引用文獻

1. 오왕근. 1978. 유기물의 시용이 토양의 화학적 성질에 미치는 영향. 한국토양비료학회지. 11(3) : 161-174.
2. 정갑영, 전재성, 박영선, 한기각. 1981. 산업폐기물의 비료화에 관한 연구. 한국토양비료학회지. 14(2) : 83.
3. 하중수, 김광식, 하호성. 1988. 제지슬러지의 사용이 논토양의 화학성과 수도생육에 미치는 영향(III). 한국환경농학회지. 7(1) : 26-33.
4. Reddy, K.R. 1982. Mineralization of nitrogen in organic soils. Soil Sic. Soc. Am. J. 46 : 561.
5. 吉田忠幸, 1981. 汚泥의 자원화 이용. 造水技術 7(1) : 33-36.
6. 山家義人, 小川 眞, 1988. 목질탄화물과 미생물, 이의 농림업 이용. 목질탄화물의 농림업 이용 특별 세미나. 임업연구원·한국임산에너지학회. 13 pp.
7. 石井 猛, 平井孝志, 森本高正. 1977. 유기폐기물 처리자원화·재개발혁신への 제안(III). 水處理技術 18(12) : 3-15.
8. 松谷 隆. 1979. 汚泥의 재자원화의 동향. 산업과 환경(1979년 7월호) : 96-102.
9. 赤穂治俊. 1981. 余剩汚泥의 熱風乾燥による肥料化. 造水技術 7(2) : 33-38.