

도시 생활하수 슬러지의 퇴비화를 위한 부숙공정지표 설정

이홍재 · 조주식* · 최형섭 · 허종수
 경상대학교 농화학과, 순천대학교 농화학과*

Development of Operating Parameters for Composting of Municipal Sewage Sludge

Hong-Jae Lee, Ju-Sik Cho¹⁾, Hyoung-Sub Choi and Jong-Soo Heo (Dept. of Agricultural Chemistry, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea; ¹⁾Dept. of Agricultural Chemistry, Sunchon National University, Sunchon 540-742, Korea)

Abstract : To study the optimum conditions of composting with sewage sludge, the variations of temperature and CO₂ generation amount during composting periods were investigated. The conditions were that sewage sludge added to bulking agents such as sawdust and rice hull were used and differently treated with microorganism seeding or not, initial C/N ratio, air flow rate and initial moisture contents. The results were summarized as follows :

Seeding of 5% microorganism was higher temperature than not seeding. And using rice hull as bulking agents, and adjusting 21~22 of initial C/N ratio, 200 ml / l · min. of air flow rate and 64~65% of initial moisture contents were higher temperature than any other conditions.

Seeding of 5% microorganism was more CO₂ generation amount than not seeding. And using saw dust was more CO₂ generation amount than using rice hull as bulking agents. In the case of initial C/N ratio, adjusting 21~42 was also more CO₂ generation amount than adjusting 12~14.

Judging from the result, it should be considered that the optimum conditions of composting with sewage sludges were seeding of 5% microorganism and adjusting 21~22 of initial C/N ratio, 200 ml / l · min. of air flow rate and 64~65% of initial moisture contents.

서 론

현재 국내 1일 생활하수 발생량은 약 1,463만톤으로 추정되고 있으며 이들 하수처리를 위한 하수처리장의 설치도 매년 증가하고 있다¹⁾. 국내 하수처리장은 1991년에 22개소였으며 하수처리량은 1일 540만톤이었고, 1996년에는 76개소로 증설하여 하수처리량을 1일 930만톤으로 계획하고 있다²⁾. 하수처리 부산물인 슬러지의 발생량도 연간 약 360만톤으로 추정하고 있으며, 이 양도 매년 증가할 것으로 추정하고 있다³⁾.

하수슬러지등 유기성 폐기물의 현행 처리방법은 주로 매립, 소각 및 해양투기 등의 방법으로 처리되

고 있으나, 여러가지 면에서 많은 문제점을 안고 있다⁴⁾.

이와 같은 문제를 해결하는 방법으로 유기성 폐기물의 농경지시용은 환경오염물질의 처리와 자원의 재활용이라는 양장점을 지니고 있으며 이의 시용으로 농업의 생산성 향상을 꾀할 수 있으므로 중금속등 유해물질로 인한 토양환경을 오염시키지 않는 한 가장 바람직한 방법일 것이다.

미국⁵⁾에서는 연간 850만톤의 하수슬러지중 360만톤, 유럽⁶⁾은 연간 680만톤중 250만톤, 일본⁷⁾은 연간 100만톤중 11만톤을 각각 토양개량제로 이용하고 있으나 우리나라에서는 거의 매립에 의존하고 있는 실정이다.

일반적으로 하수슬러지를 퇴비화시키지 않고 농경지에 그대로 사용하면 유기성물질의 분해로 인한 암모니아의 과다 발생, 각종 유기산등 독성물질 생산, 호기성 분해시 토양산소의 고갈, 혐기성 분해시 악취 발생, 병원성 미생물에 의한 농경지 오염, 높은 함수율로 인한 취급불편 및 잡씨앗의 활성화 등 여러가지 문제점이 발생되기 때문에 하수슬러지의 농경지사용은 퇴비화시킨 후 이루어져야 안전한 것으로 알려져 있다⁹⁾.

본 연구는 하수슬러지를 퇴비화하여 농지이용가능성을 검토하기 위하여 소형 퇴비화조를 제작 이

용하여 하수슬러지에 어분슬러지를 첨가하여 혼합하고 여기에 수분조절제인 톱밥 또는 왕겨를 처리 혼합한 다음 여기에 미생물 처리유무, 초기 C/N율, 공기 및 초기 수분함량조절 등의 조건을 달리 처리하여 퇴비화과정중 온도변화 및 CO₂발생량 등을 조사함으로써 하수슬러지의 최적퇴비화조건을 구명하였다.

재료 및 방법

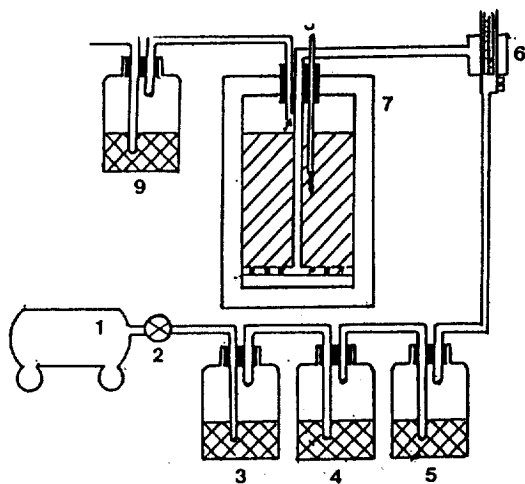
1. 공시재료

공시 하수슬러지는 경남 진주시 환경사업소 하수처리장의 슬러지를 사용하였으며, 슬러지에 첨가재료로 사용한 어분슬러지는 경남 사천시 (주)범해물산의 수산가공 폐수슬러지를 사용하였고 수분조절제로 사용한 톱밥과 왕겨는 일반농가에서 구입하여 사용하였다. 그리고 슬러지의 퇴비화를 촉진시키기 위한 미생물접종제제는 기존 퇴비공장의 퇴비화과정중 미생물활성이 가장 활발한 시기의 퇴비시료를 채취하여 미생물만 분리한 다음 미강에 접종하여 수분을 포장상태로 유지시키면서 2일간 배양하여 사용하였다.

공시 하수슬러지, 어분슬러지, 톱밥, 왕겨 및 미생물접종제제의 이화학적 특성은 Table 1에서 보는 바와 같다.

2. 퇴비화공정 제작, 설치 및 운전

본 실험에 사용한 퇴비화 공정은 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 퇴비화조의 공기주입은 Fig. 1의 1과 같이 air compressor를 이용하여 공기를 주입시키되 공기중 먼지, CO₂ 및 수분제거장치를 각각 설치하여 공기를 정화시킨 후 주입시켰다. 공기중 먼지를 제거시키기 위하여 먼지제거장치내에 증류수를 넣



- 1. Air compressor 2. Needle valve 3. Dust removal
- 4. CO₂ removal 5. Moisture removal 6. Rota meter
- 7. Composter 8. Thermometer 9. CO₂ collector

Fig. 1. Systemic diagram of composter.

Table 1. Characteristics of the sludges, bulking agents and seeding materials used in the experiment.

	pH (1:5)	Moisture ----- %	T-C ----- %	T-N ----- %	C/N ratios	Av.- P ₂ O ₅	Ex.-cations		
							K ₂ O	CaO	MgO
Sewage sludge	7.4~8.6	78.1~81.3	28.3~29.6	2.73~3.41	9.3~10.4	1.64	0.61	1.75	0.16
Fish sludge	5.6~7.2	77.6~80.3	46.1~47.8	4.87~5.26	10.8~11.7	0.74	0.74	.37	0.35
Sawdust	-	-	49.8~52.6	0.10~0.23	650~498	-	0.10	0.13	0.04
Rice hull	-	-	43.2~47.2	0.21~0.45	212~223	-	0.50	0.13	0.04
Seeding materials	7.6~8.4	64.8~67.2	53.2~54.6	4.03~4.61	14.0~14.5	1.51	0.41	0.12	0.08

어 공기를 통과시켰으며 증류수를 통과한 공기는 CO₂제거장치내에 NaOH를 넣어 공기중 CO₂를 NaOH에 포집시켜 제거시킨 후 수분제거장치내의 silica gel을 통과시켜 공기중에 함유된 수분을 제거시켰다. 이러한 과정을 거쳐 정화된 공기를 퇴비화조내에 일정하게 주입시켰으며, 퇴비화과정중 퇴비화조에서 발생하는 CO₂의 분석을 위하여 퇴비화조 상부에는 아크릴아마이드판으로 밀폐시켜 퇴비화조로부터 발생하는 배출가스를 직경 5mm관을 통과하도록 하여 배출가스중 CO₂는 CO₂포집기내의 NaOH에 포집되도록 하였다. 포집된 CO₂의 분석은 NaOH에 흡수된 CO₂를 BaCl₂로 침전시킨 다음 남은 NaOH를 phenolphthalein지시약을 사용하여 HCl로 역적정하여 CO₂ 발생량을 구하였다. 그리고 퇴비화과정중 퇴비화조내의 온도변화는 퇴비화조 내부의 3개 지점에 수은온도계를 설치하여 조사하였다.

3. 최적퇴비화를 위한 운전조건 및 처리

하수슬러지의 최적퇴비화 조건을 구명하기 위한 운전조건 및 처리는 Table 2에서 보는 바와 같이 하수슬러지에 어분슬러지를 습윤중량으로 30%첨가하여 고르게 혼합한 후 수분조절제로서 톱밥 또는

Table 2. Conditions for composting of sewage sludge.

Bulking agents	Conditions			
	Microorganism seeding(5%)	Initial C/N ratios	Air flow rate (ml/l · min)	Initial moisture (%)
Sawdust	without, with	14, 21, 40	200, 400	54, 65, 76
Rice hull	without, with	12, 22, 36	200, 400	54, 64, 75

All composting materials were mixed with 30% of fish sludge.

왕겨를 첨가한 다음, 미생물접종제제의 처리유무, 초기 C/N율, 공기량 및 초기 수분함량조절 등을 각각 달리하였다. 미생물첨가 유무에 따른 퇴비화효율 조사는 슬러지 및 수분조절제를 혼합한 다음 퇴비재료를 이등분하여 한부분의 퇴비재료에는 미생물접종제제를 5%첨가하고 다른 부분의 퇴비재료는 그대로 퇴비화조에 각각 투입시켜 조사하였다. 그리고 퇴비재료의 C/N율 조절은 각 처리조건에 따라 수분조절제 혹은 요소를 첨가하여 조절하였으며, 공기량은 Needle valve로 조절하였고 초기 수분함량 조절은 각 처리조건에 따라 시료를 건조시키거나

Table 3. Chemical characteristics of composting materials of sewage sludge before composting.

Conditions		pH (1:5)	Moisture -----	T-C (%) -----	T-N -----	C/N ratios	P ₂ O ₅ -----	K ₂ O -----	CaO (%) -----	MgO -----
Sawdust										
Microorganism seeding (5%)	without	8.3	68.5	32.6	1.21	26.9	1.21	0.16	0.98	0.12
	with	8.5	63.7	33.7	1.42	20.9	1.10	0.39	0.81	0.12
Initial C/N ratios	14	9.2	67.3	38.4	2.76	13.9	1.20	0.20	0.83	0.12
	21	9.0	69.2	40.2	1.94	20.7	1.17	0.21	0.83	0.12
	40	7.4	64.7	41.1	1.03	39.9	1.15	0.18	0.76	0.13
Air flow rate (ml/l · min)	200	9.0	69.0	40.2	1.92	20.9	1.17	0.19	0.93	0.12
	400	9.0	69.0	40.2	1.92	20.9	1.17	0.19	0.93	0.12
Initial moisture (%)	54	7.1	54.6	36.1	1.74	20.7	1.23	0.25	0.99	0.09
	65	7.2	64.7	36.6	1.79	20.4	1.30	0.21	0.82	0.09
	76	7.3	75.9	36.1	1.74	20.7	1.27	0.18	0.94	0.08
Rice hull										
Microorganism seeding (5%)	without	7.3	66.2	33.7	1.42	23.7	1.10	0.39	0.81	0.12
	with	7.4	64.2	34.8	1.81	19.2	1.08	0.36	0.72	0.11
Initial C/N ratios	12	7.6	69.4	33.8	2.89	11.7	1.09	0.40	0.70	0.10
	22	7.7	64.2	38.2	1.78	21.5	1.04	0.37	0.79	0.11
	36	7.1	63.7	40.9	1.15	25.6	0.99	0.38	0.74	0.09
Air flow rate (ml/l · min)	200	7.7	67.3	37.2	1.80	20.7	1.04	0.35	0.80	0.09
	400	7.7	67.3	37.2	1.80	20.7	1.04	0.35	0.80	0.09
Initial moisture (%)	54	7.7	54.1	38.6	1.75	22.1	1.13	0.31	0.83	0.09
	64	7.4	64.3	35.0	1.71	20.5	2.20	0.38	0.74	0.09
	76	7.5	76.4	36.1	1.90	19.0	1.12	0.35	0.79	0.09

All composting materials were mixed with 30% of fish sludge.

증류수를 첨가하여 조절하였다.

4. 분석방법

공시 하수 및 어분슬러지, 톱밥, 왕겨, 미생물접종제 및 혼합퇴비재료의 분석은 토양화학분석법⁹⁾ 및 비료분석법¹⁰⁾에 준하였다.

결과 및 고찰

1. 하수슬러지의 처리조건별 이화학적 특성

하수슬러지의 최적퇴비화를 위한 처리조건별 퇴비재료의 이화학적 특성을 조사한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다. 수분조절제로 톱밥 및 왕겨를 사용한 모든 처리조건에서 pH는 7.1~9.0, 수분함량은 수분함량조절을 위한 처리조건을 제외하고는 64~69%, 총탄소는 33~41%, 총질소는 C/N을 조절을 위한 처리조건을 제외하고는 1.2~1.9%, 유효인산은 1.0~1.3%였다.

속성퇴비화에 영향을 미치는 인자로는 퇴비화조내의 온도, 수분함량, 공기공급량, pH, C/N율 및 미생물 종류 등인 것으로 알려져 있으며, 본 실험에 사용한 하수슬러지는 수분함량이 80%였으므로 속성퇴비화를 위하여는 수분을 조절할 필요가 있다고 생각되었다. 또한 C/N율도 약 10이었으므로 이론적인 퇴비화의 최적 C/N율인 20~30보다 낮았으나, C/N율이 높은 톱밥 또는 왕겨와 같은 수분조절제의 첨가로 Schwab등¹¹⁾, Bertold등¹²⁾이 제시한 하수

슬러지의 퇴비화 최적 C/N율인 25부근으로 접근하였다.

2. 온도변화

1) 미생물 처리유무에 따른 온도변화

퇴비화과정중 온도는 미생물활동에 비례하여 증가되며, 따라서 온도는 퇴비화의 지표로 이용될 정도로 중요한 인자인 것으로 알려져 있다¹³⁾. Finstein등¹⁴⁾은 퇴비화과정중 온도가 상승함에 따라 하수슬러지의 농지사용시 문제가 되는 병원균을 사멸시킬 수 있고, 잡씨앗의 활성을 감소시키며, 불안정한 유기물을 분해 안정화시키는등 여러가지 면에서 퇴비화과정중 온도상승은 중요한 요인이라 볼 수 있으며, 퇴비화과정중 온도가 20℃이하로 내려가면 퇴비화는 어렵고, 20℃이상의 온도에서는 온도가 증가할수록 퇴비화속도가 빠르게 증가되지만 과도한 온도상승은 퇴비화에 유익한 미생물을 사멸시킬 수도 있으며 속성퇴비화에 악영향을 줄 수 있기 때문에 적절한 공기의 공급으로 최적퇴비화에 필요한 온도를 조절해야 한다고 하였으며, 일반적인 최적퇴비화 온도는 50~60℃라고 하였다.

그리고 일반적인 하수슬러지의 퇴비화에 pH는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있으며¹⁵⁾, 본 연구에서도 원슬러지의 pH가 6.4~8.6으로 퇴비화에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 생각되어 pH조절에 따른 퇴비화효율 실험은 수행하지 않았다.

미생물 처리(5%) 유무에 따른 하수슬러지의 퇴비화과정중 온도변화를 조사한 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 미생물을 첨가하고 수분조절제로 톱밥을 사용하였을 때 온도는 퇴비화 2일까지 급격히 상승하여 최고온도인 74℃에 도달하였으며 그후 감소하여 퇴비화 6일 후 35℃였고, 미생물을 첨가하지 않고 수분조절제로 톱밥을 사용하였을 때 퇴비화조내의 온도는 퇴비화 3일까지 서서히 증가하여 33℃로 증가되었다가 그후에 감소하였다. 미생물을 첨가하고 수분조절제로 왕겨를 사용하였을 경우 온도는 퇴비화 2일까지 급격히 상승하여 최고 78℃에 달하였으며 그후 감소하여 퇴비화 6일 후 29℃였으며, 미생물을 첨가하지 않고 수분조절제로 왕겨를 사용하였을 경우 퇴비화조내의 온도는 서서히 증가하여 퇴비화 3일후 약 42℃였으며 그후 서서히 감소하였다.

수분조절제로 톱밥 또는 왕겨사용시 공히 퇴비화기간중 온도는 미생물을 처리하였을 경우가 무처리에 비하여 매우 높았으며, 최고온도 도달시일도 1일 정도 빨랐다. 이는 본 실험에 사용한 하수슬러지가 혐기성소화한 다음 탈수시킨 슬러지였기에 호기성 미생물에 비하여 혐기성미생물이 우세하기 때문인

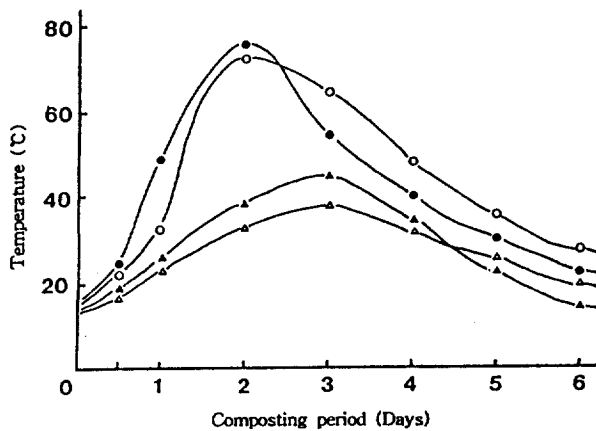


Fig. 2. Changes of temperature in composting materials of sludge added with or without seeding during composting period. All composting materials were mixed with 30% of fish sludge.

- △ : Without seeding, sawdust
- ▲ : Without seeding, rice hull
- : With seeding, sawdust
- : With seeding, rice hull

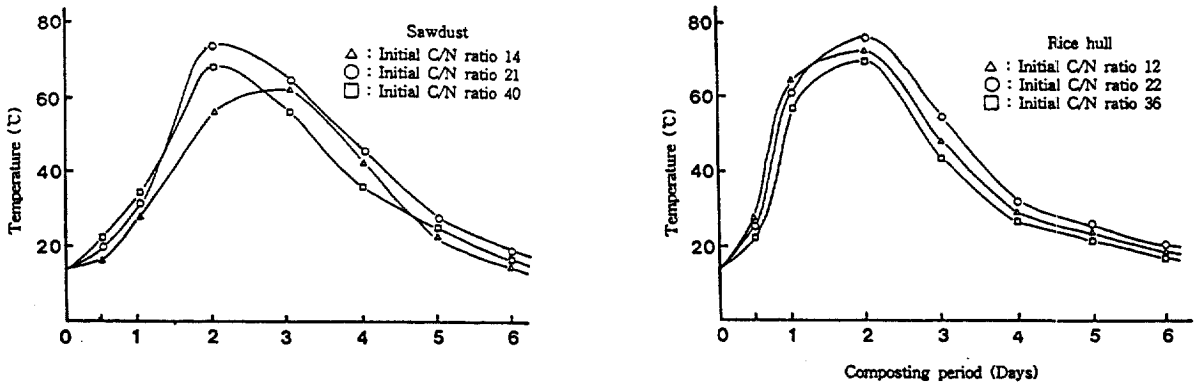


Fig. 3. Changes of temperature in composting materials of sludge according to initial C/N ratios during composting period.

All composting materials were mixed with 30% of fish sludge and 5% of seeding.

것으로 사료되었다. 또한 전반적으로 수분조절제로 왕겨를 사용했을 경우가 톱밥을 사용했을 경우에 비하여 퇴비화 온도가 최고온도에 도달될 때까지는 높았으나 그후 큰 폭으로 감소하였다. 이러한 결과는 수분조절제인 왕겨와 톱밥의 비중이나 통기성의 차이 때문인 것으로 생각되었다.

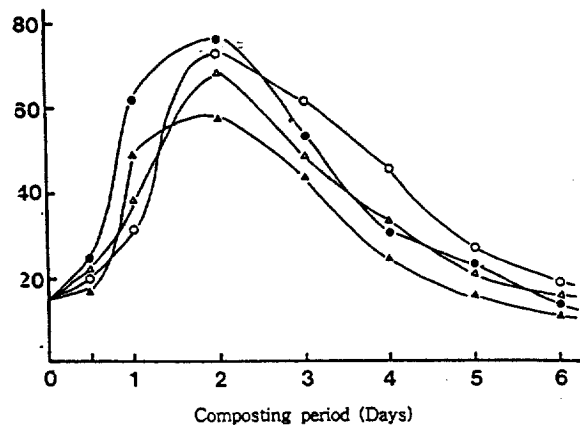
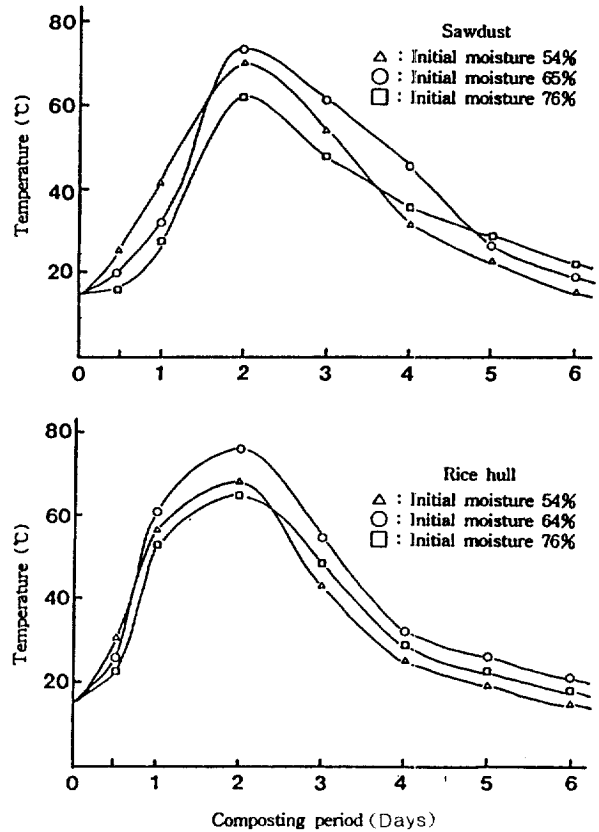


Fig. 4. Changes of temperature in composting materials of sludge according to air flow rate during composting period.

All composting materials were mixed with 30% of fish sludge and 5% of seeding. C/N ratios of the materials were controlled to 21~22

- △ : 200ml air/l · min, sawdust
- ▲ : 200ml air/l · min, rice hull
- : 400ml air/l · min, sawdust
- : 400ml air/l · min, rice hull

Fig. 5. Changes of temperature in composting materials of sludge according to initial moisture contents during composting period.

All composting materials were mixed with 30% of fish sludge and 5% of seeding. C/N ratios of the materials were controlled to 21~22. Air inflow rate into the composter was controlled to 200ml/l · min.

2) 초기 C/N을 조절에 따른 온도변화

미생물을 5% 처리하는 것이 처리하지 않은 것에 비하여 온도가 월등히 증가되었으므로 미생물을 5% 처리한 후 초기 C/N율, 공기주입량 및 초기 수분함량 등을 조절하여 퇴비화과정중 온도변화를 조사하였다.

하수슬러지에 수분조절제인 톱밥이나 왕겨로서 초기 C/N율을 조절함으로써 퇴비화과정중 온도변화를 조사한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 먼저 톱밥을 사용하여 초기 C/N율을 14, 21 및 40으로 조절하였을 경우 초기 C/N율이 21 및 40일 경우 퇴비화 2일후 최고인 각각 75℃ 및 72℃에 달했으며, 40으로 조절시에 퇴비화 3일후 최고온도인 62℃에 달했고 이후 감소폭이 비슷하였다. 왕겨를 사용하여 초기 C/N율을 12, 22 및 36으로 조절하였을 경우 퇴비화과정중 온도변화 경향은 비슷하였으나 퇴비화전기기간 동안 초기 C/N율이 22 > 12 > 36순으로 온도가 높았다.

3) 공기주입량 및 초기 수분함량에 따른 온도변화

퇴비화조내 공기주입량에 따른 퇴비화과정중 온도변화를 조사한 결과는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 수분조절제로 톱밥 또는 왕겨를 사용하였을 경우 퇴비화조내 공기주입량을 200ml/l · min.로 조절하였을 경우가 400ml/l · min.로 조절하였을 때에 비하여 퇴비화 전기기간 동안 온도가 높았으며 특히 퇴비화 후반기로 갈수록 온도감소 폭이 심하였다. 퇴비화과정중 최적공기량은 슬러지 및 수분조절제의 종류 그리고 퇴비화공정 등에 따라 다르나 일반적으로 퇴비화 초기에는 많은 양의 공기가 필요하

며 퇴비화가 진행됨에 따라 공기량을 줄여야 하는 것으로 보고⁸⁾되고 있다. 본 실험에서의 수분조절제 톱밥 및 왕겨사용시 공히 퇴비화과정중 최적 공기주입량은 200ml/l · min.인 것으로 나타났다.

초기 수분함량 조절에 따른 퇴비화과정중 온도변화를 조사한 결과는 Fig. 5에서 보는 바와 같다. 초기 수분함량을 수분조절제인 톱밥 또는 왕겨를 처리하여 시료를 건조시키거나 증류수를 첨가하여 54%, 64~65% 및 76%으로 조절하여 퇴비화과정중 온도변화를 조사한 결과 전반적으로 온도변화 경향은 비슷하였으나 초기 수분함량을 64~65%로 조절하였을 경우에 온도가 가장 높았다.

따라서 퇴비화과정중 온도변화로 판단한 최적함수율은 하수슬러지의 경우 64~65%였으며 이것은 이미 보고된¹⁶⁾ 슬러지의 퇴비화과정중 최적함수율 50~60%에 비하여 높게 나타났으며, 이는 수분조절제와 슬러지를 고르게 혼합함으로써 퇴비화조내의 통기성이 양호하였기 때문인 것으로 생각되었으며, 이등¹⁷⁾도 수분함량 70%이상에서는 퇴비화가 잘 이루어지지 않는 것은 수분과다로 인한 공기의 확산이 저해되어 미생물성장에 지장을 주기 때문이라 하였다. 따라서 슬러지의 퇴비화에 가장 중요한 수분조절제의 처리는 퇴비원료와 균일하게 혼합하는 것이 중요할 것으로 사료되었다.

3. CO₂발생량

1) 미생물 처리 유무에 따른 CO₂발생량

슬러지등 유기물은 퇴비화가 진행됨에 따라 분해되어 안정화되며 분해최종산물로 발생하는 CO₂는 퇴비화과정중 온도변화와 더불어 퇴비화의 진행상

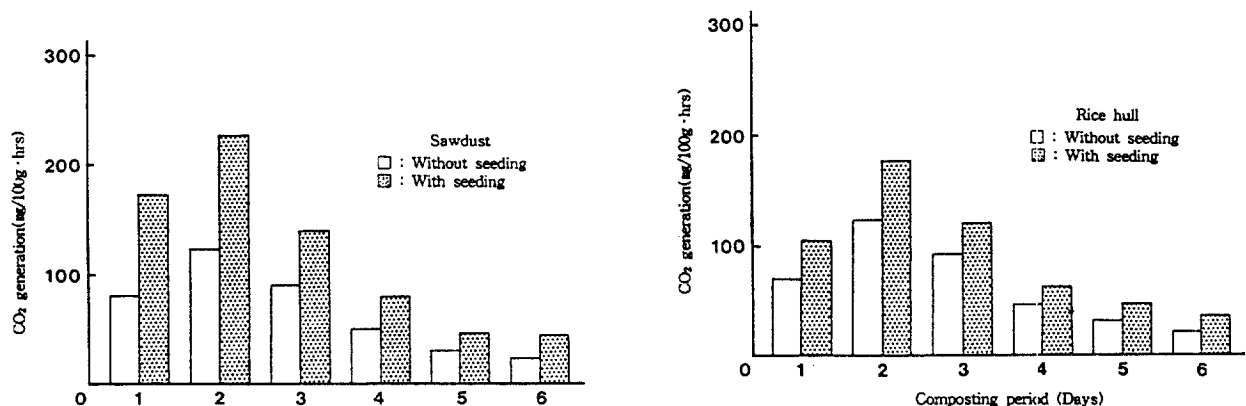


Fig. 6. CO₂ generation out of the composting materials of sludge added with or without seeding during composting period. All composting materials were mixed with 30% of fish sludge.

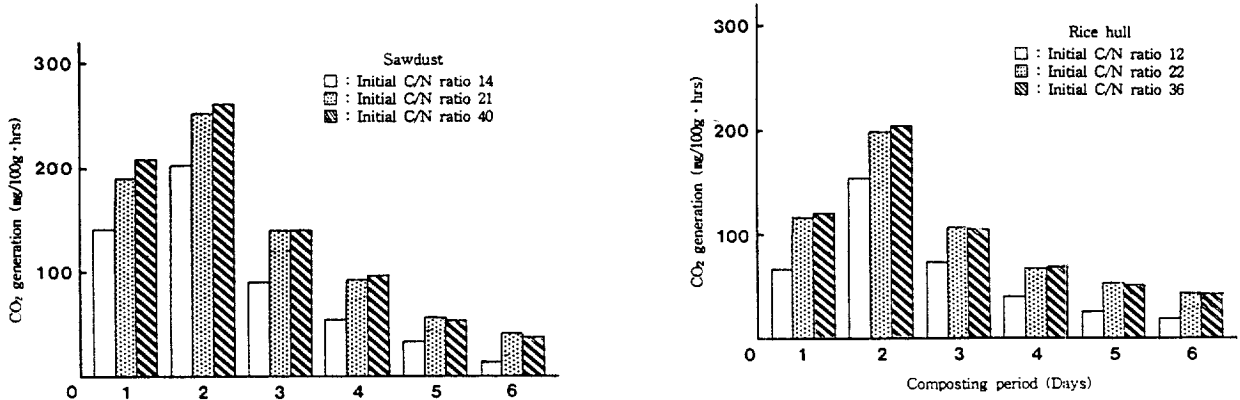


Fig. 7. CO₂ generation out of the composting materials of sludge according to initial C/N ratios of the materials during composting period. All composting materials were mixed with 30% of fish sludge and 5% of seeding.

태를 파악하는 중요한 지표로 이용될 수 있다¹⁶⁾.

미생물 첨가유무에 따른 퇴비화과정중 CO₂발생량을 조사한 결과는 Fig. 6에서 보는 바와 같다. 수분조절제로 톱밥 또는 왕겨를 처리하였을 경우 공히 퇴비화 2일까지 급격히 증가하였으며 그후부터 점점 감소하는 경향이었고, 전반적으로 수분조절제로 톱밥을 처리한 것이 왕겨를 처리한 것에 비하여 CO₂발생량이 약간 증가하였다. 그리고 미생물을 첨가했을 경우와 미생물을 첨가하지 않았을 경우와는 CO₂발생량의 경향은 비슷하였으나 미생물을 첨가한 경우가 미생물을 첨가하지 않은 경우에 비하여 CO₂발생량은 월등히 증가하였다.

2) 초기 C/N율 조절에 따른 CO₂발생량

초기 C/N율 조절에 따른 퇴비화과정중 CO₂발생량을 조사한 결과는 Fig. 7에서 보는 바와 같이 전반적으로 CO₂발생량은 수분조절제로 톱밥을 처리한 것이 왕겨를 처리한 것에 비하여 높았으며, 톱밥과 왕겨처리 공히 초기 C/N율이 12~14인 것에 비하여 초기 C/N율을 21~33 및 36~40으로 조절한 것이 CO₂발생량이 높았으며, 초기 C/N율 21이상에서는 CO₂발생량이 별 변화가 없었다. 이는 초기 C/N율 조절시 C/N율이 높을수록 수분조절제인 톱밥이나 왕겨가 많이 첨가되어 퇴비화조내의 통기성 또는 물리성의 차이인 것으로 사료되었으며 이것은 앞으로 계속 연구해야할 과제로 생각되었다.

적 요

하수슬러지를 퇴비화하여 농지이용가능성을 검토

하기 위하여 소형 퇴비화조에서의 하수슬러지에 수분조절제로 톱밥 또는 왕겨를 사용하여 미생물 처리유무, 초기 C/N율, 공기 및 초기 수분함량조절등 조건을 달리 처리하여 퇴비화과정중 온도변화 및 CO₂발생량 등을 조사함으로써 하수슬러지의 최적 퇴비화조건을 조사한 결과는 다음과 같다.

퇴비화과정중 온도는 퇴비재료에 미생물을 처리하였을 경우 미생물을 처리하지 않았을 경우에 비하여 높았으며, 수분조절제로 왕겨를 사용한 경우가 톱밥을 사용한 경우에 비하여 전반적으로 온도가 높았다. 또한 퇴비재료의 초기 C/N율을 21~22, 공기주입량을 200ml/l·min., 초기수분함량을 64~65%로 조절하였을 경우가 전반적으로 다른 조건에 비하여 온도가 높았다.

퇴비화과정중 CO₂발생량은 퇴비화 재료에 미생물을 처리하였을 경우가 미생물을 처리하지 않았을 경우에 비하여 많았고, 수분조절제로 톱밥을 사용한 경우가 왕겨를 사용한 경우에 비하여 많았다. 초기 C/N율을 21~40으로 조절하였을 경우에 12~14로 조절하였을 경우에 비하여 CO₂발생량이 많았다.

이상의 결과를 종합해 보면 하수슬러지 퇴비화의 최적조건은 퇴비원료에 미생물을 5%정도 첨가하고, 초기 C/N율을 약 21~22로, 퇴비화조내 공기주입량은 200ml/l·min.로, 그리고 초기 수분함량은 64~65%로 각각 조절하는 것이라 판단되었다.

참고문헌

1. 환경백서(1996). 168~183.
2. Choi, E. S., H. W. Park and W.M. Park(1995).

- Utilization of sewage on agriculture, Korean J. Environ. Agric., 14(1) : 72~81.
3. 환경처(1986). 전국환경보전장기종합계획 사업, 폐기물부분 보고서.
 4. Jung, S. J. and Y. T. Gang(1986). Aerobic composting of sewage sludge mixed rice hulls and sawdusts, J. Korean agri. and Engineering Society, 28(3) : 99~106.
 5. U.S. EPA(1991). Sludge management practices in U.S., Biocycle, 2(3) : 46~52.
 6. Garvey, D.(1991). Treatments and disposal of sewage sludge, proc. of sludge 2000, sewage sludge use and disposal, Robinson College, Cambridge.
 7. Tamaka, K.(1991). Present and future status of sewage sludge treatment and disposal in Japan, Waste Water Pacific Rim News.
 8. Chino, M., C. K. Shinhiro, M. Tadahiro, A. Michio and K. Bunzaemon(1983). Biochemical studies on composting of municipal sewage sludge mixed with rice hull, Soil Sci. plant Nutr, 29(2) : 159~173
 9. 토양화학분석법(1989). 농촌진흥청 농업기술수련소.
 10. 김영일(1985). 비료분석법 해설.
 11. Schwab, B. S., C. J. Ritchie, D. J. Kain, G. C. Dobrin, L. W. King and A. C. Palmisano(1994). Characterization of compost from a pilot plant ~scale composter utilizing simulated solid waste, Waste Mana. and Res., 12 : 289~303
 12. Bertold, M., G. Vallini., A. Pera and F. Zucconi(1989). The biology of composting : A review waste systems, Biocycle, 23 : 45~50.
 13. Chung, J. C. and J. H. Hong(1994). Physico-chemical indicators composting and process control, J. of KOWREC, 2(2) : 99~127.
 14. Finstein, M, S., K. W. Lin and G. E. Fischler(1982). Sludge composting and utilization : review of the literature on the temperature inactivation of pathogens, New Brunswick, NJ.
 15. 최홍립, 김현태, 하호성, 남상일, 서형덕, 장원준, 정영륜(1991). 진주 상평공단내 제지공장에서 배출되는 폐수슬러지케이크의 퇴비화를 위한 모형 실험, 경상대학교 농자원이용연구소보, 25(2) : 215~261.
 16. Torisu, R., S. Kimula and K. Tashiro(1980). Effect of moisture contents and flow rate on the high rate composting of cattle manure, J. Soc. of Agr., 42(1) : 135~140.
 17. Lee, T. Y. and C. D. Heo(1996). Composting of industrial leader process wastes, J. of Environ. Manag., 37~52.
 18. Sikoka, L. J. and G. B. Willson(1981). Materials balance in aerated static pile composting, J. WPCF., 53(12) : 123~132.