

왕겨를 이용한 축분뇨 감량형 퇴비화 및 효용성 평가

장기운* · 윤종영**

(*충남대학교 농과대학 농화학과 교수 · **충남대학교 농과대학 농화학과 대학원생)

Composting to Minimize Pig Manure Slurry Using Rice Hulls by Rotary Mixer and Evaluation of the Compost Quality

Ki-Woon Chang* · Jong-Young Yoon**

***Dept. of Agricultural Chemistry, Chungnam National University, Taejeon 305-764, Korea

적 요

왕겨를 발효조에 완전히 채운 후, 전후 왕복이동식으로 축분뇨 슬러리를 분무하면서 로타리식으로 교반하는 퇴비화 장치를 사용하였다. 이 때 왕겨가 7~8개월 발효조에 머물러 있으면서, 소량씩 배출되므로 이동하는 왕겨의 정체기간에 따른 퇴비의 부숙도를 평가하고자 이화학적 변화를 측정하였다. 생성퇴비의 활용방안으로서 부산물비료로서의 비효시험을 수행하였으며, 상토로서의 활용성을 보고자 육묘시험을 실시하였다.

퇴비화기간의 이화학적 측정결과 6~7개월 경과한 퇴비가 안정하였고, 부산물비료 공정규격에 적합하였다. 상추와 열무에 대한 비효시험 결과 증수효과가 기대되었으며 상추는 40Mg/ha, 열무는 80Mg/ha에서 최고의 수확량을 보였다. 상토에 의한 육묘시험결과 오이의 경우 퇴비와 코코피트를 30:70으로 혼합한 처리구에서 가장 우수한 생육을 보였다.

이러한 결과들로 평가할 때 본 퇴비화는 왕겨를 일시에 발효조에 투입후 로터리 교반식으로 축분뇨를 7~8개월간 지속적 분무처리함으로써 획기적인 축분뇨의 감량화와 왕겨축분퇴비를 생산할 수 있다.

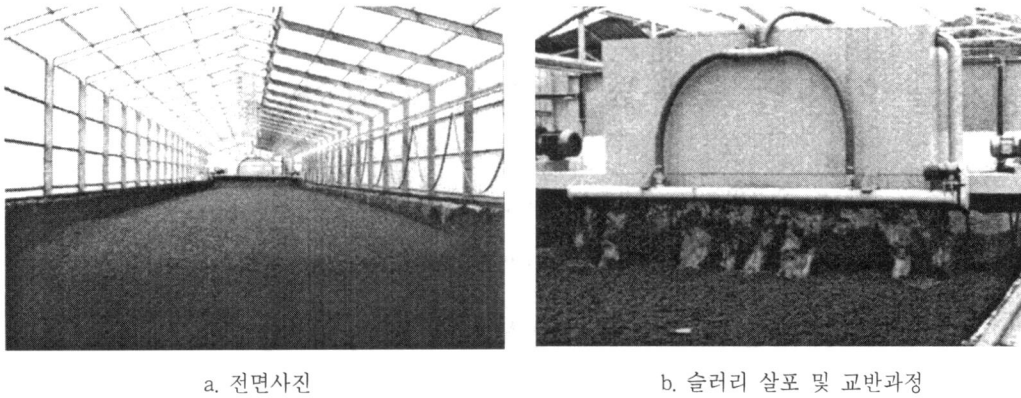
핵심용어 : 로터리 교반식 퇴비화, 왕겨, 퇴비화, 돈분슬러리

1. 서론

유기성폐자원의 처리에 퇴비화가 사용된 이래로 더 효율적인 퇴비화를 진행하기 위하여 그 동안 많은 연구가 이루어졌다. 현재 국내에서는 축분뇨 처리 방안으로서 주로 축분톱밥퇴비를 생산하고 있다. 그러나 축분뇨를 이용한 퇴비화도 중요하지만, 축산농가에서는 축분뇨를 감량화시키는 것이 급선무이다. 그동안 퇴비화에 부재료로서 많이 사용되는 톱밥은 수분조절이나 C/N을 조절에 우수한 물질로 이용도가

크게 증가하게 되었고, 그 결과 구입이 어렵게 되고 가격 또한 상승하게 되었다. 또한 축분뇨 처리를 주목적으로 진행되는 퇴비화에서 톱밥의 사용은 많은 양의 축분뇨 처리에 어려움이 있으므로 비효율적이라 할 수 있다. 따라서 축분뇨를 감량화시키면서 퇴비화에 있어 보다 효과적으로 수분조절기능과 탄소원으로서 기능을 가지면서, 보다 경제적인 부재료의 사용이 필요하게 되었다.

이러한 필요성에 의하여 톱밥대신 왕겨의 사용이 두각을 나타냈고, 그 결과 돈분뇨의 처리에 부재료로서 왕겨를 사용한 로터리식퇴비화시설이 개발되어



a. 전면사진

b. 슬러리 살포 및 교반과정

그림 1. 충청남도 공주군 소재 발효건조시설 사진

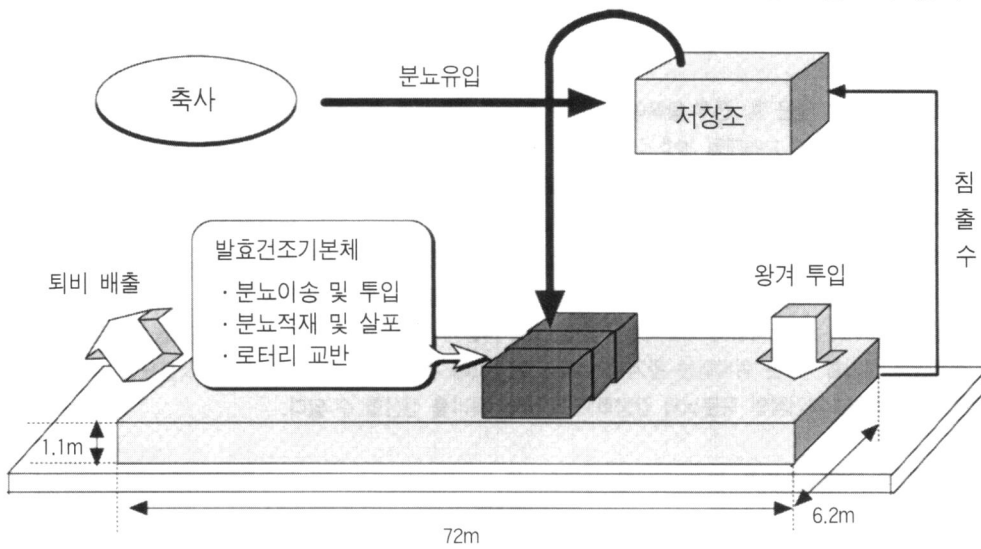


그림 2. 분뇨처리 공정도

사용되기에 이르렀다. 이 시설은 직사각형의 발효조에 일정한 높이의 왕겨를 사전에 투입한 후, 그 위를 퇴비화장치 본체가 왕복이동하며 슬러리를 분사함과 동시에 왕겨의 이송과 교반을 수행한다. 이러한 과정이 반복되므로 왕겨는 부숙기간에 따라 이동되며, 7~8개월 정도면 퇴비로 생성된다. 이렇게 생성된 퇴비는 일반적인 퇴비화와는 다른 과정에 의해 생성되

기 때문에 퇴비화 과정에 대한 분석이 필요하며, 또한 생성퇴비의 부숙도에 대한 평가와 토양과 작물에 미치는 영향에 대한 면밀한 검토가 필요하다.

따라서 본 연구는 축분뇨 처리를 주목적으로 왕겨를 사용한 로터리교반식퇴비화시설에서 퇴비화 과정 중 물리화학적인 변화를 분석하여 부숙도와 안정성을 평가하고 퇴비화과정을 통해 얻어진 퇴비제품의

품질을 조사하며, 축분뇨의 감량화에 대한 연구를 수행한다. 또한 퇴비의 작물시험을 통하여 토양에 적절한 사용량을 설정하고, 사용 전후의 토양의 물리화학적 변화와 작물에 미치는 영향을 살펴보고, 동시에 육묘용 상토로서의 활용가능성을 알아보려고 상토를 제조하여 육묘시험을 실시하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 퇴비 부숙화 연구 및 축분뇨 감량화 연구

가. 퇴비화 시설

본 연구를 위해 충청남도 공주군 우성면에 위치한 일일 12톤 돈분슬러리 처리능력을 갖춘 장치를 선정하였다(그림 1). 이 장치는 직사각형 모형의 발효조에 0.9~1m 높이의 왕겨를 투입한다. 축사에서 수집된 축분뇨 슬러리는 발효건조기 본체의 분뇨탱크에 펌핑하여 적재되고, 탱크에 충분한 슬러리가 모이면 발효건조기 본체가 레일을 따라 이동하면서 슬러리를 왕겨더미 위에 살포하게 된다. 살포와 동시에 본체의 하단에 부착되어 있는 로터리가 회전하면서 왕겨를 교반시킨다.

이렇게 교반된 왕겨와 돈분뇨는 호기성 발효에 의해 분해 과정을 거치고, 이 때 발생하는 열에 의해 수분은 지속적으로 증발하여 감량화된다. 로터리의 교반에 의하여 왕겨는 한쪽방향으로 이동(1회 왕복

시 0.3m)하게 되며 슬러리의 지속적인 처리시 대략적으로 6~7개월 정도면 퇴비화가 완료된다. 또한 투입된 왕겨는 계속적인 분해에 의해 조금씩 그 양이 감소하게 되며 이때, 새로운 왕겨를 보충해 준다. 과다 살포된 분뇨중 침출수는 가라앉게 되고, 이 침출수는 다시 저장조로 이동되어 재 이용된다. 분뇨처리의 공정도를 보면 그림 2와 같다.

나. 퇴비화에 이용된 원료

퇴비화에 이용된 원재료인 축분뇨와 왕겨의 이화학성은 표 1 및 2와 같다. 표 1에서 보는 바와 같이 사용된 돈분슬러리는 퇴비화 장치에서 발생된 침출수가 다시 유입되어 혼합된 상태가 반복되기 때문에 질소량과 가리, 석회 및 고토의 함량이 높게 나타났으며 pH는 7.5, C/N율은 7.4 였다. 왕겨는 톱밥에 비해 공극률은 우수하지만 수분보유능은 떨어지므로 수분이 많은 슬러리를 처리하였을 때 과다한 수분은 밑으로 가라앉게 되어 65~75%정도의 수분함량을 지속적으로 유지할 수 있으며 또한, 산소공급기능에 있어 유리하다. 특히 축분뇨 톱밥퇴비제조시 톱밥의 속성분해로 지속적인 탄소공급원으로 사용하지는 못한다. 이에 반하여 왕겨는 완만한 분해 특성이 있어 지속적으로 탄소공급이 가능하므로 7~8개월간 축분뇨를 처리할 때 탄소 공급원으로 이용될 수 있는 특유의 특성이 있다.

표 1. 돈분슬러리의 화학성

T-C	T-N	C/N	P ₂ O ₅	pH	K ₂ O	CaO	MgO
%	%	ratio	%	(1:5)	mg/kg		
6.4	0.86	7.4	0.18	7.5	4081	4632	1270

표 2. 퇴비화시설에 이용된 왕겨의 이화학성

T-C	T-N	C/N	Ca	Mg	K	Water Holding
%	%	ratio	mg/kg			Capacity
49.5	0.33	150	4.31	1229	6554	116%

다. 퇴비화기간 중 시료채취

본 퇴비화 장치에서는 둔분슬러리 처리와 교반과정에 의해 왕겨는 한쪽 방향으로 조금씩 이동하게 된다. 즉, 분해가 진행되어 오래된 왕겨일수록 발효조의 끝부분에 위치하게 된다. 왕겨의 이동속도를 감안할 때 대략 7~8개월에 퇴비화가 완료되며, 이러한 이론을 바탕으로 구간별 9m의 간격으로 7개 위치에서 채취한 시료를 퇴비화 기간으로 나타내었다. 시료의 채취는 구간당 발효조의 가로선상의 3개 장소에서 채취하여 혼합한 후 사용하였다(98, 10). 분석시료의 경우 물리성 분석은 생원료를 사용하였고, 그 외의 항목은 음지에서 풍건한 후 2mm체를 통과할 수 있도록 충분히 분쇄하여 사용하였다.

라. 이화학성 분석 및 측정방법

수분보유능, 용적밀도, 공극률은 Martin R. Carter(1993), Soil의 Analysis에 의거하여 측정했고(참고문헌), 총탄소는 회화법, 총질소는 켈달법, 양이온치환능력은 1N-NH₄OAc법, NO₃⁻-N, NH₄⁺-N은 증류법을 이용하였다. pH, EC는 1:5법, Total Ca, Mg, K는 HClO₄로 분해한 후 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry)로 측정하였다.

Holocellulose, lignin은 시료를 alcohol : benzene = 1 : 2로 추출 전처리후 holocellulose는 NaClO₂법, lignin은 Klason법으로 분석하였다. 원형여지크로마토그래피법은 Inoko법을 사용하였다. 식물독성시험은 시료 5g에 증류수 200ml를 가하여 약 60°C에서 2시간 동안 환류 냉각추출하여 얻은 용액을 여과한 후, 여과지가 깔린 petri dish에 여과액 5ml를 넣고 건설한 종자를 파종하여 생장기에서 5일간 생육시켜 Germination Index(G.I.) 값을 구하였다.

2. 퇴비제품의 효용성 평가

가. 부산물비료로서의 가치평가

본 퇴비화장치에서 제조된 왕겨퇴비를 풍건시켜 수분함량을 30%로 조절하여 공시비료로 이용하였으며, 토양은 충남대학교 부속농장의 밭토양으로 1/5,000a Wagner pot에 풍건된 왕겨퇴비를 토양 3kg에 대하여 0, 10, 20, 40, 80, 160 Mg/ha을 이용하였다. 또한 대조구로서 I사에서 제조한 부숙톱밥퇴비를 20 Mg/ha 이용하였다. 공시작물은 상추와 열무로서 H사에서 생산되는 제품을 이용하였다. 공시토양의 화학성은 표 3과 같다.

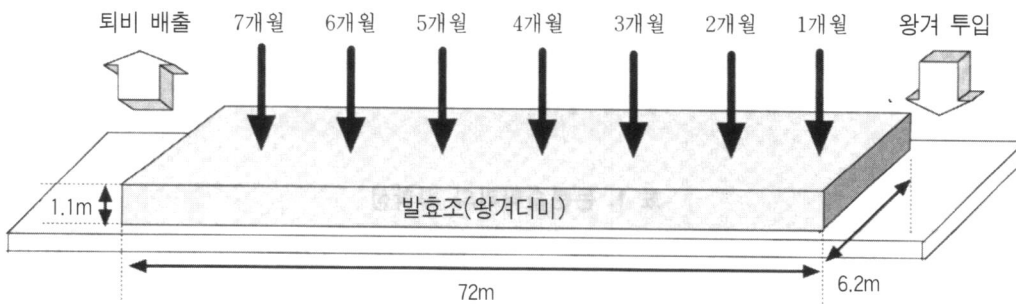


그림 3. 발효조에서의 시료채취 위치

표 3. 공시토양의 화학성

pH	EC	T-N	O.M.	Ava.P ₂ O ₅	Exchangeable Cations(cmol/kg)		
					K	Ca	Mg
(1:5)	(dS/m)	(%)	(%)	(mg/kg)			
6.3	0.8	0.11	2.4	476	0.3	1.4	1.5

작물의 생육조사는 농촌진흥청의 농사시험연구조사기준(1995)에 준해 실시하였고, 퇴비사용 후와 작물수확 후 토양시료를 채취하여 이화학성을 측정하였다.

나. 상토로서의 이용성평가

시중에 유통되는 코코피트를 구매하여 풍건된 왕겨퇴비에 대하여 70:30(v:v), 50:50, 0:100의 비율로 혼합하여 상토제품을 제조하였고, 대조구로서 K사에서 제조되는 상용상토를 전량 이용한 처리구를 설정하였다. 공시작물은 H사의 상추와 배추, 오이를 선택하였다.

상토의 이화학적 특성을 조사하기 위하여 공극률, 용적밀도, 수분보유능, pH, EC, 유기물을 측정하였다.

생육시험은 배추와 상추의 경우 168공 포트, 오이의 경우 지름 9cm인 플라스틱포트에 상토를 충전하여 20일간 육묘 후에 생육조사를 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 퇴비 부숙화 연구 및 축분뇨 감량화 연구

가. 퇴비 부숙화 연구

1) 수분함량

일반적으로 퇴비화에 적절한 수분량은 초기에 55~65% 정도가 적당하며, 열의 발생에 의한 수분의 증발로 인해 지속적으로 감소된다. 본 퇴비화장치에서는 돈분뇨를 감량하기 위한 처리가 주목적이므로 계속적으로 돈분뇨 슬러리가 투입된다. 따라서 퇴비화에서 발생하는 열에 의해 수분이 지속적으로 증발되더라도 전체적인 수분함량은 높은 수준을 유지하였다. 수분함량 측정결과 초기 65%에서 69%까지 증가하였고, 후에 지속적으로 감소되어 57%로 감소되었다[그림 4(a)]. 후반부 수분함량의 감소는 퇴비생산을 위한 후반부의 슬러리처리량의 조절과 수분의 증발에 기인한다.

2) 온도

온도의 조절은 퇴비화의 성공여부를 가늠하는 중요한 척도가 된다. 퇴비화 과정중 초기에는 호기성 미생물의 생물학적 활동에 의해 열이 발생한다. 이러한 미생물의 계속적인 활동에는 산소가 필요하기 때문에 산소의 공급량에 따라 퇴비화가 크게 달라진다. 이 장치에서는 물리적인 교반기에 의해 퇴비를 교반하여 산소를 공급함으로써 퇴비화가 계속 유지되며, 또한 왕겨의 특성인 난분해성에 의한 지속적인 탄소원의 이용과 돈분뇨 슬러리의 투입에 의한 질소원의 공급에 의해 분해가 지속된다. 그러므로 5~7개월에도 40°C 정도의 온도를 유지할 수 있는 것이다[그

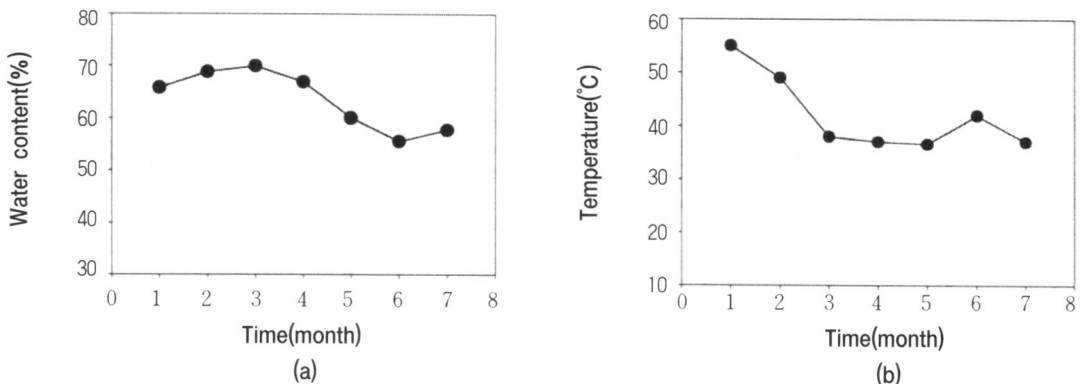


그림 4. 퇴비화 기간중의 수분함량 변화(a) 및 온도 변화(b)

림 4(b)].

3) 물리성 변화

왕겨의 수분보유능은 톱밥과 같은 다른 부재료에 비해 떨어진다. 톱밥의 수분보유능을 100으로 볼 때 상대적으로 왕겨는 49이다. 일반적인 퇴비화의 경우에 수분보유능이 높은 톱밥이 수분조절재의 기능면에서 보다 우수하지만, 연속적으로 살포되는 돈분뇨 슬러리를 처리하는데 있어서는 수분보유능이 낮아 살포되는 슬러리를 퇴비내에 끌고루 분산시킬 수 있고, 지속적으로 분해를 유지시킬 수 있는 왕겨가 더 우수하다. 퇴비가 진행될수록 수분보유능은 증가하는 경향을 나타내었고, 용적비중은 증가하였으며 공극률은 감소하였다. 이는 왕겨의 지속적인 분해와 공극사이에 유입되는 돈분뇨슬러리에 의한 결과이다.

4) 총탄소 및 총질소

퇴비화 과정중 미생물은 유기물질의 분해과정 중 에너지원으로서 탄소를, 영양원으로서 질소를 이용한다. 본 장치에서 퇴비화 기간동안 탄소는 지속적으로 서서히 분해되어 39%정도에 이르렀다. 왕겨자체가 가지는 낮은 수분보유능과 지속적인 슬러리 투입과 교반에 의해 전 기간에 걸쳐 탄소함량이 감소되었으며[그림 6(a)], 질소의 경우는 지속적인 돈분뇨슬러리의 투입에 의해 함량이 계속적으로 증가되었다[그림 6(b)].

5) 탄소/질소율(C/N ratio)

유기성 폐기물의 탄질율은 퇴비화를 효과적으로 진행시키기 위한 중요한 인자로서 퇴비화에 있어 적정 C/N율은 25~35로 알려져 있다. 퇴비화 진행초기 32를 나타냈으며 1~2개월 사이에 C/N율이 급격히

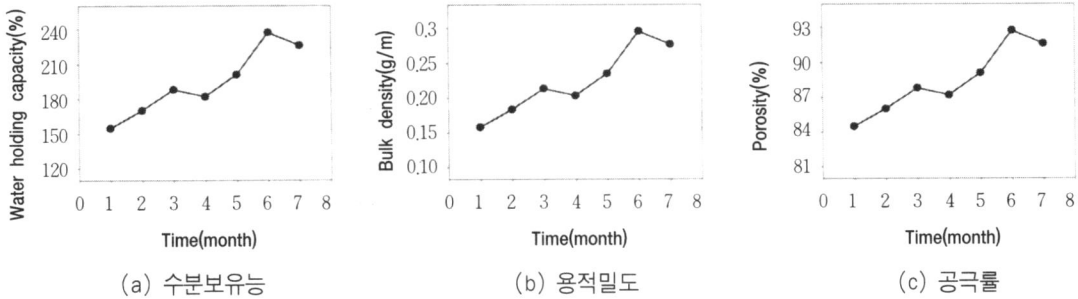


그림 5. 퇴비화 기간중의 물리성 변화

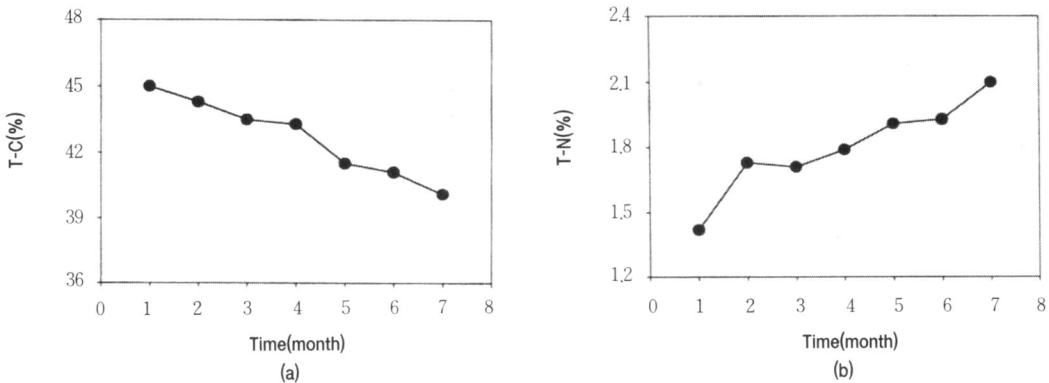


그림 6. 퇴비화 기간중의 총탄소(a) 및 총질소(b)의 변화

감소하였고 이후에 계속적으로 서서히 감소되었으며 7개월에 20이하로 되었다(그림 7). 이는 본 퇴비화에서 탄소량의 감소와 질소량의 증가에 의한 결과이며, 퇴비화에 있어 부숙도를 결정하는 지표로서 C/N율이 15~20이하로 안정화되었을 때 부숙이 되었다는 연구 결과가 보고되어 있다.

6) 양이온치환용량(CEC)

퇴비화가 진행될수록 양이온치환용량은 증가하는데 이는 유기물의 분해에 의한 lignin과 같은 물질의 증가와 phenolic hydroxyl기와 carboxyl기의 증가에 의한 것으로 설명할 수 있다.

두 시설 모두 퇴비화가 진행될수록 지속적인 양이온치환용량의 증가를 보이는데 이는 퇴비화 전기간

동안 분해가 계속되어 발생하는 음이온량의 증가에 의한다(그림 8).

7) K, Ca, Mg

퇴비화 기간동안 양이온들은 특별한 경향이 없이 지속적인 슬러리의 투입에 의해 대체로 증가하는 경향을 나타내었다(그림 9).

8) $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 및 $\text{NO}_3^-\text{-N}$

퇴비화 초기에 유기물의 암모니아성작용(ammonification)에 의해 생성된 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 은 질산화 작용(nitrification)에 의해 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 로 전환되거나 암모니아가스로 휘산되기 때문에 퇴비화 과정중의 암모니아 태 질소는 증가되다가 감소된다.

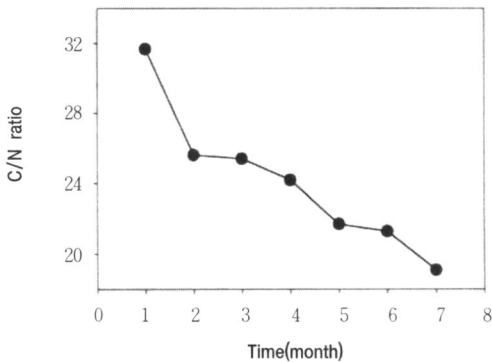


그림 7. 퇴비화 기간중의 C/N율 변화

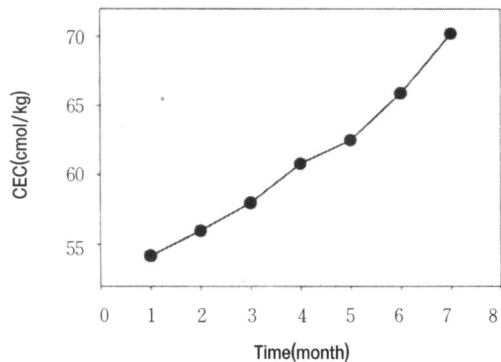


그림 8. 퇴비화 기간중 CEC의 변화

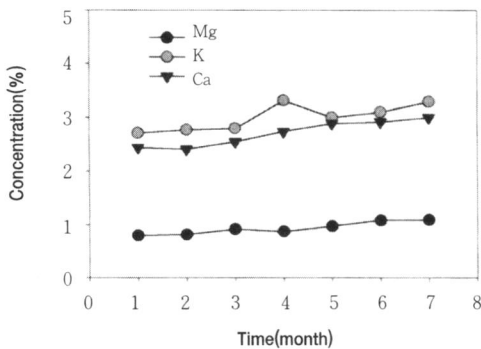


그림 9. 퇴비화 기간중 K, Mg 및 Ca의 변화

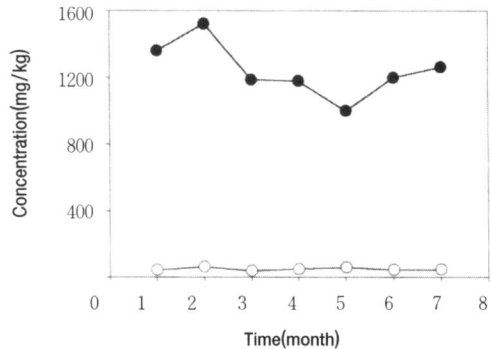


그림 10. 퇴비화 기간중 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (-) 및 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ (-)의 변화

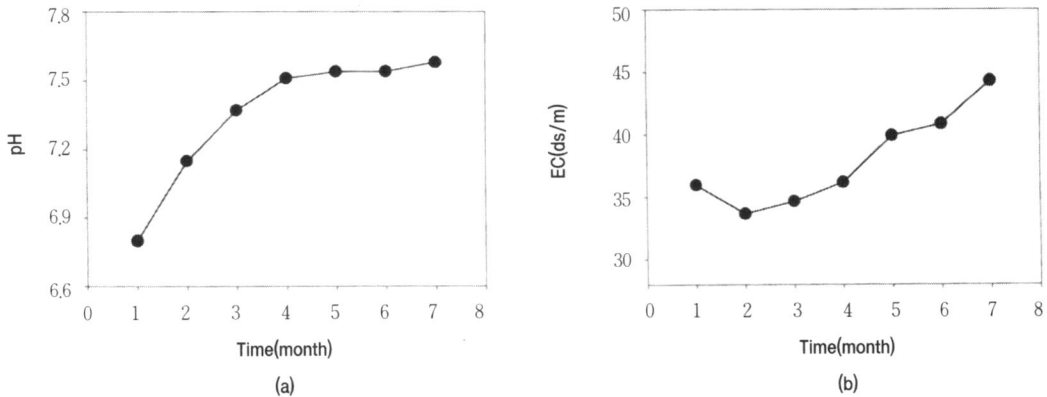


그림 11. 퇴비화 기간중 pH(a) 및 EC(b)의 변화

암모니아태 질소는 초기에 증가하다가 2개월부터 감소했으며 다시 5개월부터 증가하였고, 질산태 질소의 경우에는 두 처리구 모두 100ppm 이하에서 소폭의 변동이 있었을 뿐이다(그림 10). 이 결과에서는 암모니아태 질소와 질산태 질소 사이의 상관성을 찾을 수 없었다.

9) pH 및 EC(Electrical conductivity)

퇴비화에 있어 적절한 pH는 대체로 6.5~8.5이며 퇴비화 초기에는 유기산의 생성에 의해 감소되다가 퇴비화가 진행되면서 단백질의 분해에 의한 암모니아 가스의 생성에 의해 pH가 상승된다. 퇴비화 초기에 6.8에서 계속적으로 증가하여 7.5에서 안정화되는 경향을 나타내었다. 이는 pH 7.5인 돈분슬러리의 지속적인 투입에 의한 것으로 판단된다[그림 11(a)].

퇴비화 과정중 EC는 유기물이 분해되면서 유리되는 이온들의 활성으로 증가된다. 이 시설에서는 계속적인 슬러리의 처리로 인한 이온량의 증가에 의해 EC가 증가되었다[그림 11(b)].

10) Holocellulose 및 Lignin

일반적으로 퇴비화가 진행될수록 유기물의 호기적 분해에 따라 cellulose와 hemicellulose는 감소하고 lignin이 축적된다. cellulose와 hemicellulose를 합한 것을 holocellulose라 한다. 퇴비화 진행에 따라 holocellulose

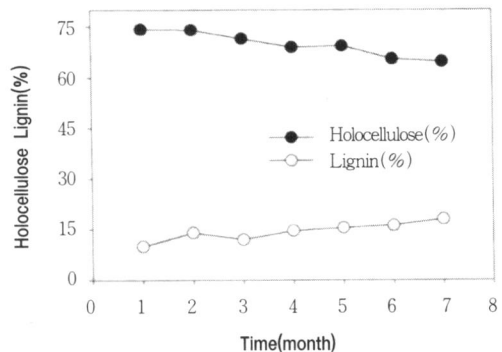


그림 12. 퇴비화 기간중 리그닌과 홀로셀룰로스의 변화

는 분해되어 계속적으로 감소하였고, lignin의 양은 조금씩 증가되었다(그림 12). 이는 퇴비화 기간동안 유기물의 계속적인 분해와, 퇴비의 감량화에 의한 상대적 lignin함량의 증가에 기인한다.

11) 원형여지크로마토그래피에 의한 부숙도 판정
원형여지크로마토그래피법은 퇴비의 부숙도를 판정하기 위한 간이법의 하나로 이동속도가 빠른 저분자 화합물은 크로마토그램이 빠르게 전개되어 이동되고, 분해가 잘 되지 않는 고분자 화합물들은 이동속도가 느려 중심부에 남아 있으면서 옅은 자주색을 나타내는 것을 이용한다.

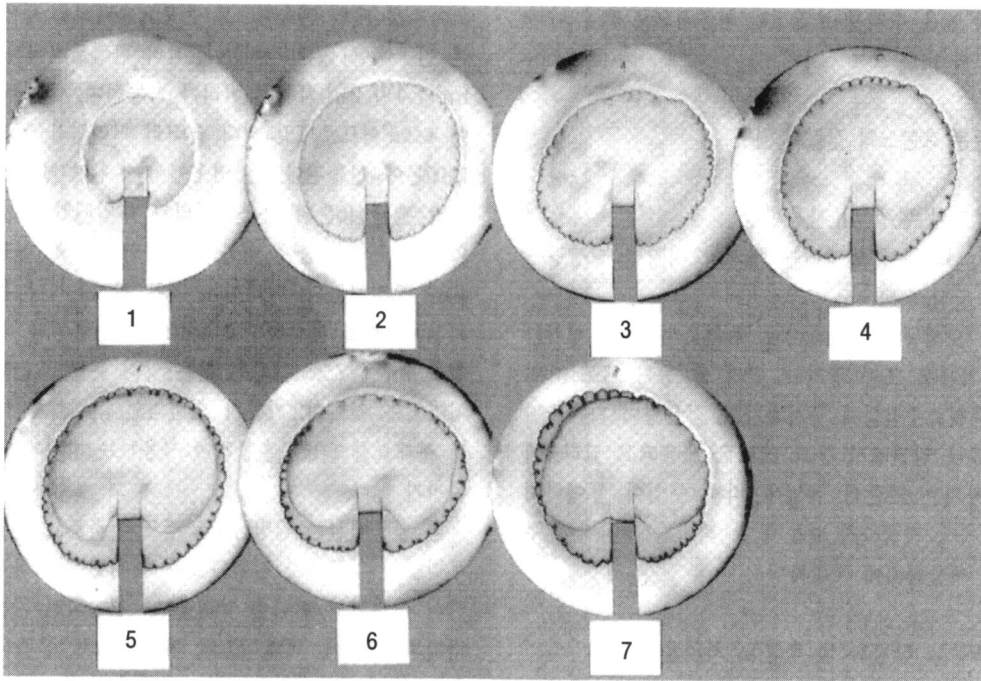


그림 13. 퇴비화 기간에 따른 원형여지 크로마토그래피 전개

부숙이 진행됨에 따라 각종 미생물의 활동이 활발해져 아미노산, 당류, 페놀성 화합물이 유기물의 분해 과정에서 유리되며 이들은 발효 과정중 비교적 고온 상태에서 중축합되어 각종의 amine, carbonyl화합물 및 멜라노이신상물질군의 양과 종류가 많게 되고 이 때문에 부숙 진행도에 따라 톱니성 부분이 형성된다.

그림 13에서 볼 수 있는 것처럼 3개월부터 톱니모양이 형성되기 시작하여 부숙이 더욱 진행된 5개월 이후에는 뚜렷한 형태로 전개되었다.

12) 식물독성시험

식물독성시험은 퇴비의 부숙도를 평가하는데 유용하게 사용된다. Germination index(G.I.) 값이 80~85이상일 때 식물체에 독성이 없다고 하였으며, 50 이상이면 퇴비로서 사용이 가능하다고 알려져 있으며, 이러한 G.I. 값을 부숙도의 지표로 삼고 있다.

그림 14에서 볼 수 있는 것처럼 5개월까지 열무와 상추의 경우 계속적으로 G.I. 값이 증가하였고 그 이후로는 조금씩 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한

결과는 퇴비화 후반에도 계속적으로 돈분노슬러리가 투입되는 이유에 의한 것으로 판단된다. 열무와 상추를 서로 비교하여 보면 내염성이 강한 열무의 경우 5개월에 이르러 G.I.값이 80 이상으로 증가하였고 최종적으로 80을 유지하였다(그림 14). 상추의 경우는 열무에 비해 상대적으로 G.I.값이 낮았고 5개월에 63으로

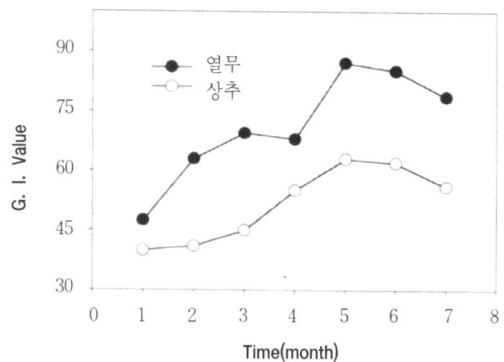


그림 14. 퇴비화 기간중 열무(●)와 상추(○)뿌리의 G. I. 변화

로 가장 높은 수치를 보였으며 최종적으로 56을 나타냈다(그림 14).

나. 돈분 축분뇨의 감량화 연구

1) 왕겨의 발생 및 사용현황

우리 나라에서 발생하는 왕겨의 지역별 발생량은 표 4와 같다.

주요 도정공장을 대상으로 표본조사 결과 왕겨는 축산농가에서 또는 왕겨탄, 왕겨 숯 등의 제조를 위해 제분원료수집상이 수거해가고, 적은량이 자체퇴비장 재료나 암면배지 등의 재료로 활용되고 있다. 이러한 왕겨는 기존의 톱밥에 비해 구입이 용이하며 가격면에서 저렴하기 때문에 본 퇴비화 장치에서 부재료로 사용하기에 적절하다.

2) 축분뇨 감량화 및 축분뇨 처리용량

본 퇴비화 장치에서는 농가에서 발생하는 축분뇨 슬러리의 처리가 주목적이므로 일정량의 슬러리가

모아지게 되면 연속적으로 돈분뇨슬러리를 투입한다. 본 연구에 사용된 장치는 최적의 환경조건에서 왕겨 1m³당 1일 25 l의 분뇨처리가 가능하며, 발효조 용적이 492m³이므로 1일 최대 슬러리 처리량을 환산하면 12.05톤이 산출된다. 본 연구에서는 왕겨 발효조내에 일일 평균 10톤의 돈분슬러리가 투입되었고, 감량화와 퇴비로의 배출에 의한 부족분의 왕겨를 한달평균 40m³ 투입하였다. 이러한 근거로 왕겨용적당 돈분슬러리처리량을 환산하면 7.5ton/m³이 산출된다. 이것은 왕겨 1m³에 7.5ton이라는 많은 양의 돈분뇨 슬러리가 처리되는 것이며, 기존의 일반적인 퇴비화에서 축분과 부재료를 1:1로 혼합하여 사용하는 방식과는 많은 차이가 있다.

본 연구에서는 일일 10ton 정도의 축분뇨 투입에도 무리없이 감량화가 진행되었다. 하지만 퇴비화기간동안의 이화학적 변화를 살펴볼 때 연속적인 돈분뇨슬러리의 투입에 의해 EC가 계속적으로 증가하였고, G.I값이 후반부에 감소되는 경향에서 볼 수 있듯이 후반부의 돈분뇨슬러리의 투입은 퇴비화의 개념으로

표 4. 우리 나라의 지역별 왕겨 발생량

지 역	벼 재배면적 (ha)	10a당 정곡수량 (kg)	왕겨 발생량 (1000t)
서울특별시	647	431	0.6
부산광역시	5419	491	5.9
대구광역시	6101	482	6.5
인천광역시	17698	503	19.6
광주광역시	8595	510	9.6
대전광역시	2902	516	3.3
경기도	123600	497	135.1
강원도	46890	471	48.6
충청북도	59853	514	67.7
충청남도	173934	561	214.7
전라북도	153683	537	181.6
전라남도	201917	538	239.0
경상북도	136655	505	151.8
경상남도	113631	485	121.2
제주도	129	444	0.1
전국	1051659	518	1198.5

본다면 양질의 퇴비생산에는 부적절한 것으로 보인다. 하지만 본 장치의 주목적이 돈분뇨의 처리이기 때문에 돈분뇨의 처리와 퇴비화를 적절하게 조화하는 것이 필요하다고 생각된다.

2. 퇴비제품의 효용성 평가

가. 부산물비료로서의 가치평가

1) 공정규격에 의한 품질평가

현행 농업과학기술원의 퇴비공정규격에 의하면 부산물비료의 경우 유기물 25%이상, 비소 50mg/kg 이하, 카드뮴 5mg/kg 이하, 수은 2mg/kg 이하, 납 150mg/kg 이하, 크롬 300mg/kg 이하, 구리 500mg/kg 이하로 규정하고 있으며 기타규격으로 유기물/질소

50 이하, NaCl 1%이하로 규정하고 있다. 최종 생산 퇴비의 화학성 분석결과는 표 5에서 보는 것처럼 Cu의 함량이 449mg/kg으로 높은 편이었고, NaCl 함량 또한 0.9%로 높았으나 공정규격에는 적합하였다.

2) 토양의 이화학성 변화

(1) 화학성 변화

공시토양에 돈분왕겨퇴비를 시용량 수준별로 시비한 후 토양의 화학성을 측정된 결과는 표 6과 같다. 퇴비의 시용량이 증가할수록 모든 양분들이 증가되었으며 특히 pH와 EC가 크게 상승하였다. pH와 EC 값의 상승정도를 볼 때 160Mg/ha 처리구 등에서는 염에 의한 문제가 있을 것으로 예상되며, 작물 초반 생육에 피해가 있을 것으로 예상된다. 값은 시비량을

표 5. 왕겨퇴비의 공정규격

구 분	유기물	유기물/질소	As	Cd	Hg	Pb	Cr	Cu	NaCl	수분함량
	(%)									
왕겨퇴비	48.3	32.9	ND*	ND	ND	ND	17	449	0.9	30
공정규격	25이상	50이하	50 이하	5 이하	2 이하	150 이하	300 이하	500 이하	1 이하	

* : None Detection

표 6. 돈분왕겨퇴비의 시용량에 따른 토양의 화학성 변화

Treatments	T-N	O.M.	Ava. P ₂ O ₅	CEC	Exch. Cations(cmol/kg)			pH	EC
	(%)	(%)	mg/kg	(cmol/kg)	K	Mg	Ca		
Control	0.11	2.4	476	7.3	0.30	1.40	1.50	6.3	0.80
PRC*-10#	0.15	2.6	510	7.3	0.60	1.68	1.55	6.5	1.04
PRC-20	0.20	2.8	554	7.5	1.55	2.32	1.68	6.7	1.12
PRC-40	0.24	3.2	660	7.7	2.22	2.68	1.87	7.0	1.38
PRC-80	0.29	3.5	768	7.8	3.01	2.72	2.25	7.2	2.18
PRC-160	0.42	4.2	910	8.8	3.84	3.44	2.35	7.5	3.41
SDC▼-20	0.19	3.0	510	7.3	0.47	1.60	1.51	6.5	1.00

* : Pig manure-Rice hulls Compost, # : Compost Mg/ha, ▼ : Sawdust compost

처리한 PRC-20과 SDC-20을 비교하여 보면 치환성 양이온과 가용성 인산에서 PRC-20 처리구가 더 높게 나타났다. 이는 본 왕겨퇴비가 상용똥밥퇴비에 비하여 가용성 인산과 치환성 양이온 등의 비료성분을 다량으로 함유하고 있음을 의미한다.

50일간 상추재배 후 토양의 화학성을 조사한 결과는 표 7과 같다. 상추재배 후 토양 화학성 변화는 질소가 감소했으며 pH와 EC는 대체로 조금씩 감소되었다.

또한 왕겨퇴비를 시용한 토양의 경우 가용성 인산이 증가되는 경향을 보였는데 이는 토양시비 후의

총인산의 가용화에 의한 것으로 판단된다.

50일간 열무 재배 후의 토양의 화학성을 분석한 결과는 표 8과 같다. 열무재배 후의 토양화학성 변화는 상추재배 토양에 비하여 질소가 큰 폭으로 감소되었고, 그 밖의 성분들은 상추재배 토양과 유사한 결과를 보였다.

(2) 토양의 물리성

왕겨퇴비를 토양에 사용할 때 토양의 공극률을 증가시켜 통기성을 좋게 하고, 수분보유능을 증가시키며 수리전도도의 변화 등 토양물리성 개선에 효과가

표 7. 돈분왕겨퇴비 시용량에 따른 상추재배 후 토양의 화학성 변화

Treatments	T-N (%)	O.M. (%)	Ava. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations(cmol/kg)			pH (1:5)	EC (dS/m)
				K	Mg	Ca		
Control	0.10	2.3	450	0.27	1.30	1.44	6.5	0.72
PRC*-10#	0.12	2.4	548	0.57	1.60	1.52	6.4	1.03
PRC-20	0.13	2.8	641	1.74	2.45	1.75	6.5	1.16
PRC-40	0.16	3.1	855	2.26	2.87	2.01	7.1	1.40
PRC-80	0.20	3.3	914	2.44	3.01	2.21	7.1	2.09
PRC-160	0.29	4.0	1151	3.62	3.95	2.44	7.4	3.38
SDC▼-20	0.14	2.7	495	1.61	1.84	1.41	6.7	0.98

* : Pig manure-Rice hulls Compost, # : Compost Mg/ha, ▼ : Sawdust compost

표 8. 돈분왕겨퇴비 시용량에 따른 열무재배 후 토양의 화학성 변화

Treatments	T-N (%)	O.M. (%)	Ava. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. Cations(cmol/kg)			pH (1:5)	EC (dS/m)
				K	Mg	Ca		
Control	0.09	2.0	460	0.30	1.55	1.33	6.3	0.76
PRC*-10#	0.11	2.1	496	0.56	1.82	1.65	6.5	0.99
PRC-20	0.13	2.2	631	1.64	2.31	1.85	6.5	1.18
PRC-40	0.14	2.6	724	2.15	2.63	1.98	6.9	1.36
PRC-80	0.15	3.0	921	2.34	3.34	2.30	7.1	2.10
PRC-160	0.16	3.4	1119	3.83	4.01	2.10	7.4	3.44
SDC▼-20	0.15	2.3	500	1.31	1.98	1.34	6.7	0.96

* : Pig manure-Rice hulls Compost, # : Compost Mg/ha, ▼ : Sawdust compost

있으리라 기대된다. 왕겨퇴비의 시용시 토양물리성을 측정할 결과는 표 9와 같다.

퇴비의 시용 결과 처리량이 증가할수록 토양의 공극률은 증가했고, 용적비중은 감소되었으며 수분보유능은 조금씩 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 일반적인 토양에의 유기물 시용에 의한 토양물리성 변화와 일치하는 경향이며 또한 수리전도도는 시용에 따라 대체적으로 감소하는 경향을 나타내었다.

3) 생육조사

(1) 상추의 생육 및 수량조사

퇴비시용에 따른 상추의 생육상태를 관찰한 결과는 표 10과 같다. 생육초반인 20, 30일에는 20Mg/ha 과 40Mg/ha 시용구에서 생육효과가 양호하여였으며 대조구인 톱밥퇴비 처리구에 비하여 우수한 생육상태를 보였지만, 80Mg/ha 이상의 퇴비시용시에는 수량 감소현상이 뚜렷이 나타났다.

생육후반인 50일에서는 40Mg/ha에서 생육이 가장 우수하였으며 다음으로 20Mg/ha과 40Mg/ha에서 유사한 생육상태를 보였다. 50일 동안의 생육결과를 중

표 9. 돈분왕겨퇴비 시용량에 따른 토양의 물리성 변화

Treatments	Porosity	Water holding capacity	Bulk density (g/cm ³)	Hydraulic conductivity(cm/day)
	(%)			
Control	44.2	17	1.48	130.4
PRC*-10#	44.9	17	1.46	150.4
PRC-20	46.4	18	1.42	80.5
PRC-40	49.4	18	1.34	103.5
PRC-80	52.8	18	1.25	80.1
PRC-160	56.2	19	1.16	67.2
SDC▼-20	44.9	16	1.46	110.9

* : Pig manure-Rice hulls Compost, # : Compost Mg/ha, ▼ : Sawdust compost

표 10. 돈분왕겨퇴비 시용량에 따른 상추의 생육조사 결과

처리구	엽 장(mm)			엽 폭(mm)			엽 수			엽록소(mg/100cm ²)		
	20\$	30	50	20	30	50	20	30	50	20	30	50
Control	58	75	115	32	41	56	4	5	6	1.5	2.1	2.1
PRC*-10#	59	83	131	34	42	72	4	6	7	1.4	2.1	2.2
PRC-20	62	82	134	34	42	75	4	6	7	1.5	2.3	2.4
PRC-40	57	84	151	33	41	76	4	6	8	1.5	2.3	2.5
PRC-80	55	74	140	29	40	73	3	6	8	1.7	2.3	2.6
PRC-160	31	40	98	24	30	56	4	4	6	1.7	2.4	2.6
SDC▼-20	59	78	136	31	43	76	4	6	7	1.5	2.0	2.1

* : Pig manure-Rice hulls Compost, # : Compost Mg/ha, ▼ : Sawdust compost, \$: Cultivating days

합하면 퇴비시용량이 증가할수록 엽록소함량은 증가되었으며, 40Mg/ha 시용구에서 가장 우수한 생육을 보였고, 80Mg/ha 시용구에서는 초기에 생육장애가 나타났으나 후반기에 양호한 생육효과가 있었으며, 160Mg/ha 시용구에서는 수량감소 현상이 뚜렷했다. 또한 동일한 양의 톱밥퇴비처리구와 비교하여 볼 때 우수한 생육효과를 보였다.

상추생육 50일부터 10일 간격으로 세 번에 걸쳐 수확량을 조사한 결과는 표 11과 같다. 상추의 수확량을 평균적으로 볼 때 40Mg/ha과 80Mg/ha 시용구에서 가장 큰 증수효과를 보였고 시기적으로 보았을 때 1차 수확시에는 40Mg/ha에서 가장 많았으나, 2차 수확부터는 80Mg/ha에서 많은 수확량을 나타냈다.

80Mg/ha 이상의 퇴비시용구는 작물의 초반생육에 저해현상을 유발하였으나, 작물의 생육에 따른 양분의 소실에 따라 상대적으로 질소함량이 높은 80Mg/ha 이상의 퇴비시용구에서 후반부에 생육이 양호하였다.

(2) 열무의 생육 및 수량조사

퇴비시용에 따른 열무의 지상부 생육조사 결과는 표 12와 같다. 열무의 생육은 상추의 생육과는 달리 퇴비시용량이 증가할수록 우수한 생육효과를 나타내었으나, 160Mg/ha 시용구에서 초반에 수량감소가 있

었다. 또한 중반기 이후에 무처리구, 10Mg/ha, 20Mg/ha, SDC-20 처리구에서 생육상태가 불량했고, 후반기에는 네 처리구에서 질소결핍증상이 나타났다. 본 시험에서 처리구중 20Mg/ha이하의 퇴비처리구에서는 부족한 질소량의 첨가가 필요할 것으로 보인다.

열무의 생육상태를 볼 때 8Mg/ha 시용구에서 가장 우수한 생육효과를 보였고 퇴비시용량이 증가될 수록 엽록소 함량 또한 증가하였다.

3차 지상부 생육조사 후 전량 수확하여 수량을 조사한 결과는 표 13과 같다. 열무의 수량조사결과 지상부와 지하부 모두 80Mg/ha 시용구에서 가장 우수한 생육효과를 보였다. 160Mg/ha 시용구에서는 초반 생육상태가 불량했으나 중반이후에 우수한 생장을 보여 40Mg/ha 시용구보다 높은 수량을 얻을 수 있었다.

나. 상토로서의 이용성 평가

육묘시험결과 상추와 배추의 경우에 상용상토를 제외한 모든 처리구에서의 발아가 저조하였다. 이는 돈분왕겨퇴비의 혼합에 의한 이화학성 악화에 원인을 둔다. 다만 오이의 경우에 우수한 생육과 발아상태를 보였으므로, 오이 생육시의 물리화학성과 생육조사 및 발아율에 대하여 제시하였다.

1) 상토의 물리화학성 변화

표 11. 돈분왕겨퇴비 시용량에 따른 상추의 수량조사 결과

처리구	구 중(g/ea)				엽 중(g/ea)			
	1차	2차	3차	평균	1차	2차	3차	평균
Control	6.8	6.7	6	6.5	1.3	1.1	0.8	1.1
PRC*-10#	14.0	13.0	11.1	12.7	1.7	1.6	1.3	1.5
PRC-20	18.3	14.7	13.5	15.5	2.3	2.0	1.8	2.0
PRC-40	24.8	30.4	22.4	25.9	2.4	2.6	2.0	2.3
PRC-80	15.6	35.7	23.7	25.0	1.9	3.0	2.1	2.3
PRC-160	12.0	16.2	18.1	15.4	1.5	2.8	2.0	2.1
SDC▼-20	13.9	9.9	11.8	11.9	1.8	1.4	1.3	1.5

* : Pig manure-Rice hulls Compost, # : Compost Mg/ha, ▼ : Sawdust compost

(1) 제조상태의 물리화학성

상태의 물리화학성 측정은 조제된 상태를 풍건시킨 후 물리성을 측정하였다. 화학성으로 볼 때 퇴비의 혼합비가 높아질수록 pH, EC, 유기물이 증가하였고 양이온치환용량은 감소되었다. 퇴비자체의 EC값이 높기 때문에 30%이상의 혼합은 작물에 있어 해가 되리라 판단된다. 또한 퇴비혼합이 증가될수록 수분보유능, 공극률이 저하되고 용적비중과 삼상중 고상이 증가하므로 물 빠짐에 의해 쉽게 굳어지게 되어 작물생육에 해가 된다. 제조상태의 이화학성은 표 14

와 같다.

왕겨퇴비의 함량이 증가할수록 pH와 EC, 유기물이 증가하였고 특히 PRC-50과 PRC-100은 EC값이 5.9, 7.5로 높은 수치를 나타냈다. 물리성의 경우 코코피트가 70% 함유된 PRC-30처리구에서 가장 높은 수분보유능과 공극률을 나타내었다. 또한 왕겨퇴비의 함량이 높아질수록 용적밀도도 높게 나타났다. 일반적인 상토원료로 쓰이고 있는 원료의 용적밀도가 0.1~0.2g/cm³정도이므로 PRC-30, PRC-50은 상토로서 적절한 용적밀도와 공극률을 가지고 있는 것으로 판단

표 12. 돈분왕겨퇴비 사용량에 따른 열무의 생육조사 결과

처리구	엽 장(mm)			엽 폭(mm)			엽 수			엽록소(mg/100cm ²)		
	20 [§]	30	50	20	30	50	20	30	50	20	30	50
Control	6.0	11.5	11.5	3.8	5.2	6.8	4.2	4.2	4.5	2.8	2.9	1.8
PRC*-10 [#]	6.4	14.3	14.8	4.0	5.7	7.0	4.3	4.6	5.4	2.8	2.7	2.2
PRC-20	7.8	15.8	16.4	4.8	6.5	10.0	6.0	6.5	7.1	2.6	3.0	2.4
PRC-40	8.2	17.9	19.0	5.0	7.0	11.0	6.2	7.8	8.3	2.9	3.0	2.7
PRC-80	8.0	18.7	21.6	4.7	7.1	12.0	5.8	7.1	9.3	3.5	3.6	2.9
PRC-160	5.1	13.6	18.1	3.7	5.6	11.3	4.9	5.6	7.8	3.6	3.6	3.6
SDC▼-20	6.7	11.4	13.3	3.8	4.6	7.0	4.2	4.6	4.8	2.7	2.8	2.1

* : Pig manure-Rice hulls Compost, # : Compost Mg/ha, ▼ : Sawdust compost, § : Cultivating days

표 13. 돈분왕겨퇴비 시용량에 따른 열무의 수량조사 결과

처리구	총중량	근중	근장	근경
	(g/ea)		(mm)	
Control	15.2	5.1	4.0	1.1
PRC*-10 [#]	18.8	6.5	4.2	1.2
PRC-20	22.5	8.5	4.3	1.4
PRC-40	48.3	16.6	5.8	2.0
PRC-80	76.4	25.2	8.0	3.0
PRC-160	57.9	20.5	6.1	2.3
SDC▼-20	18.2	6.2	4.4	1.1

* : Pig manure-Rice hulls Compost, # : Compost Mg/ha, ▼ : Sawdust compost

된다. 조제된 상토의 이화학적 성질을 종합하여 볼 때 PRC-50과 PRC-100은 pH와 EC가 높아 작물의 발아와 초반생육에 문제가 있을 것으로 보이며, PRC-30이 가장 우수한 이화학적 성질을 가지고 있었다.

2) 오이의 생육조사

오이의 생육실험결과는 표 15와 같다. PRC-30 처리구에서 95%의 발아율을 나타내었고 다른 처리구에 비하여 초장, 엽수, 생중량 모두 가장 우수한 생육효과를 나타내었다. 그러나 PRC-50 처리구부터 발아율이 저조하였고 생육상태도 저해되었다. 이는 왕겨퇴비 혼합에 의한 염농도의 증가에 의한 것으로 판단된다. 왕겨퇴비 100% 처리구에서는 발아가 되지 않았다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 상토의 조제에 있어 왕겨퇴비 혼합은 EC의 증가를 가져오기 때문에

상추와 같은 염에 대한 저항성이 약한 작물은 육묘에 적절하지 않다. 그러나 오이와 같은 비교적 염의 피해가 적은 작물의 경우에 왕겨퇴비 30% 혼합시 높은 발아율과 우수한 생육효과를 보였다. 다만 퇴비혼합율이 증가될수록 물리성과 화학성이 악화되기 때문에 왕겨퇴비의 혼합은 30% 이내가 적절하다고 판단된다.

IV. 결론

본 연구는 양돈농가에서 발생되는 돈분뇨 슬러리를 감량화시키며 동시에 퇴비화를 수행하기 위해 장기간 탄소원을 지속적으로 공급할 수 있는 왕겨를 이용하는 로터리 교반식 퇴비화시설에서의 퇴비의 이화학적 성질 변화를 측정하였고 생성퇴비의 부숙도를 검증하였다. 또한 생성퇴비의 활용방안으로써 첫째,

표 14. 돈분왕겨퇴비 배합비를 달리한 제조상토의 이화학적 변화

Treatments	pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M. (%)	CEC (cmol/kg)	Water holding capacity(%)	Porosity (%)	Bulk density (g/cm ³)
CGM [#]	6.0	0.9	38.4	55	130	85.1	0.24
PRC*-30 ^{\$}	6.6	2.6	62.5	100	320	90.4	0.17
PRC-50	7.2	5.9	65.7	95	302	89.8	0.20
PRC-100	7.5	7.5	70.0	70	226	83.0	0.30

: Common growth media, # : Pig manure-Rice hulls Compost, \$: Compost %

표 15. 돈분왕겨퇴비의 배합비를 달리한 제조상토에서 육묘한 오이의 생육조사 결과

처리구	초장 (mm)	엽수	생중량 (g/ea)	발아율 (%)
CGM [#]	130	4.9	2.6	100
PRC*-30 ^{\$}	151	5.9	3.3	95
PRC-50	97	4.7	1.5	56
PRC-100	-	-	-	0

: Common growth media, # : Pig manure-Rice hulls Compost, \$: Compost %

비효시험을 통하여 부산물비료로서의 효능을 평가했으며 둘째, 상토 부재료로서의 활용 가능여부를 판단하기 위한 육묘시험을 수행하였다. 이상의 결과를 종합하면 다음과 같다.

1. 퇴비화 장치내의 기간에 따른 이화학성 변화 를 요약하면,

- 1) 퇴비화 기간동안 온도는 초기 55°C에서 전기간 동안 40°C 전후의 온도를 유지하였고, 수분함량은 초기 65%에서 55%를 유지하였다.
- 2) 수분보유능과 용적밀도는 기간에 따라 계속적으로 증가하였고 공극률은 감소하였다.
- 3) pH는 초기에 감소했다가 다시 증가하여 6.8에 이르렀고, EC는 기간에 따라 계속적으로 증가되었다.
- 4) C/N율은 초기 32에서 20 이하로 감소되었고, 양이온 치환능력은 계속적으로 증가되었다.
- 5) 홀로셀룰로스는 75%에서 65%로 감소했고, 리그닌은 10%에서 17%로 증가하였다.
- 6) 원형여지크로마토그래피는 5개월부터 톱니모양이 형성되어 6·7개월에 비교적 뚜렷하게 나타났다.
- 7) 열무와 상추에 대한 G.I 값 측정결과 열무는 퇴비화 5개월째에 80 이상의 값을 유지하였으나, 상추의 경우 5개월째에 60에서 조금씩 감소하는 경향을 보였다.

2. 퇴비시비량별 공시토양에 퇴비를 사용한 결과 퇴비량의 증가에 따라 토양내의 모든 비료성분이 증가하였으며, EC와 pH 값의 증가가 크게 나타났다. 물리성의 경우 퇴비 처리량이 증가할수록 공극률과 수분보유능은 증가했고 용적밀도와 수리전도도는 감소하는 경향을 나타냈다. 상추와 열무 재배후의 토양의 화학성을 살펴볼 때 질소와 pH, EC가 감소했으며, 가용성인산이 증가했다. 특히 열무재배의 경우 질소가 큰 폭으로 감소했으며 적은 사용량의 처리구에서의 질소결핍이 나타났다. 퇴비시비량별 열무 및 상추에 대한 생육시험결과 상추는 40Mg/ha에서, 열무는 80Mg/ha에서 최고의 수량을 나타내었다. 상추의 경우 80Mg/ha에서 초기 생육이 불량하였으나 후반기에 빠른 생육을 보여 최종적으로 40Mg/ha과 유사

한 수준의 수확량을 나타내었다. 열무의 경우 160Mg/ha에서 초기 생육이 불량하였으나 중반기 이후에 양호한 성장을 보여 최종적으로 40Mg/ha보다 높은 수확량을 얻을 수 있었다.

3. 처리구별 왕겨를 코코피트와 혼합하여 상추와 배추 및 오이를 육묘한 결과 상추와 배추는 발아율이 크게 저하되었고 오이의 경우 왕겨퇴비를 30% 혼합한 처리구에서 높은 발아율과 가장 우수한 생육효과를 보였다. 혼합상토의 조제에 있어 본 왕겨퇴비의 혼합은 염에 대한 저항성이 약한 작물의 경우 육묘에 적절치 않으며, 혼합시에 30 : 70 으로 혼합한 처리구가 상토의 물리성 및 화학성 면에서 가장 우수하였다.

이와 같은 결과를 종합하면 본 퇴비화 장치에서는 연속적인 돈분뇨 슬러리의 처리에도 불구하고 왕겨가 가지는 이화학적 특성에 의해 장치내에서 원활한 퇴비화가 진행되었고, 안정된 퇴비가 생산되었다. 본 퇴비를 토양에 시용하여 열무와 상추에 대한 비효성을 평가한 결과 수량증대 효과를 얻을 수 있었으며 토양의 물리성 개선 효과를 기대할 수 있었다. 적정 사용량은 상추의 경우 40Mg/ha, 열무의 경우 80Mg/ha에서 최대의 수량을 얻을 수 있었다. 상토 부재료로서 활용하기 위한 육묘실험결과 오이의 경우 퇴비 30% 혼합 처리구에서 가장 우수한 생육을 보였으며, 그 이상의 혼합은 생육상태가 저해되었다.

결론적으로 이 장치는 축분뇨를 획기적으로 감량화시키면서 왕겨축분퇴비를 생산할 수 있는 퇴비화 장치로서의 가치가 크다. 그러나 퇴비화가 끝나는 시점인 마지막 부분에도 생슬러리가 투입되므로 수분함량이 높고, 미부숙상태를 유발할 수 있기 때문에 생산퇴비의 취급성과 안정성 면에서 문제가 발생할 수 있다. 또한 최종 퇴비의 NaCl 함량이 0.9%로 높은 편이기 때문에 돈분뇨 슬러리 처리량에 있어 일일 10ton 이상의 많은 양을 처리한다면 퇴비의 공정규격을 넘는 퇴비가 생산될 수 있다. 이점을 감안하여 후반부의 슬러리처리량을 조절하고 문제점을 개선하면 양질의 퇴비를 생산할 수 있으리라고 판단된다.

참고문헌

1. 김필주, 장기운, 민경훈, 1995, 음식물찌꺼기 고속발효기에 의해 처리된 퇴비의 안정성 검토, 유기성폐자원학회지 Vol. 3, No. 1, pp.35~42.
2. 농촌진흥청 농업기술연구소, 1998, 토양화학분석법.
3. 농촌진흥청, 1995, 농사시험연구조사기준.
4. 박완철, 하준수, 김태형, 신남철, 1996, 축분퇴비 화장치 설계인자의 퇴비안정도에 대한 영향 평가, 한국폐기물학회지 Vol. 13, No. 4, pp.476-486.
5. 손보균, 홍지형, 박금주, 1996, 우분뇨와 왕겨 혼합물의 퇴비화에서 정치식과 통기퇴적식의 비교연구, 한토비지 Vol. 29(4): pp.403~410.
6. 유영석, 1997, 공극개선제의 혼합비율에 따른 제지·하수슬러지의 퇴비화과정중 이화학성변화, 석사학위논문, pp.11~36.
7. 윤세영, 1996, 팽화왕겨의 퇴비화에 관한 연구, 한토비지 Vol. 29(2): pp.124~129.
8. 이상석, 장기운, 1998, 음식물찌꺼기 퇴비의 시용에 따른 토양의 이화학성 변화 및 작물 체내 염류의 흡수, J. of KOWREC 6(2): pp.81-94.
9. 장기운, 이인복, 임재신, 1995, 음식물찌꺼기를 이용한 퇴비의 부숙과정중 이화학성 특성의 변화, 유기성폐자원학회지 Vol. 3, No 1, pp.3~11.
10. 장기운, 조성현, 이인복, 1998, 지속적 농업을 위한 고성능 토양의 개발 연구 I. 계분 및 돈분 퇴비의 연용이 방울토마토의 생육 및 토양의 이화학성에 미치는 영향, J. Korean Agric. Chem. Soc. 41(6): pp.451-156.
11. Epstein, E., 1997, The science of composting. Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, PA, USA, pp.1-18.
12. Foster J. C., Zech and E. Wurdinger., 1993, Comparison of chemical and Microbiological Methods for the Characterization of the maturity of Composts from Contrasting Sources, *Biol Fertil Soil*, 16: pp.93-99.
13. Martin R. Carter., 1993, Soil Sampling and Method of Analysis, Canadian Society of Soil Science, pp.529-555.
14. Ranta, F., S. Darmijati, Sukarman, and F. Muhadjir., 1996, Carbonized rice husk as soil ameliorant in agriculture. Indonesian-Agricultural-Research-and-Development-Journal, 18(2): pp.27-30.