

돈분과 피마자박의 혼합비율에 따른 퇴비화 연구

장기운¹ · 이종진² · 홍주화^{1*} · 김남천³ · 김완주⁴ · 최우영¹

Composting of the Mixtures with Pig Manure and Castor Meal

Ki-Woon Chang¹ · Jong-Jin Lee² · Joo-Hwa Hong^{1*} · Nam-Chean Kim³ ·
Wan-Ju Kim⁴ · Woo-Young Choi¹

ABSTRACT

This study was conducted to estimate the humificating grade according to experiment of physico-chemical characterization and phyto-toxicity during composting of using with pig manure and castor meal. The material ratios of the compost which was mixed with pig manure(P), castor meal(C), and saw dust(S) were 5 : 1 : 4(PCS- I), 5 : 2.5 : 2.5(PCS- II) and 5 : 4 : 1(PCS- III) by volume to volume, and they were decomposed for 60 days. In the result, the changes of temperature in all treatments during composting were rapidly increased more than 68°C at the incipient stage, and gradually decreased within 39°C at 60 days the after treatment. pH was slowly increased from 7.5 to 7.7, and the C/N ratio was 13~14 at the final composting stage. The low C/N ratio value in this compost was caused by the castor meal contented high nitrogen level(T-N 5.7 %). G.I.(germination index) was showed 73 to 78 range in all treatments at the 60th

이 논문은 산업자원부 기술표준원에서 시행한 학술연구용역사업(2007) 연구결과의 일부임.

¹ 충남대학교 농업생명과학대학 응용생물화학식품학부(Division of Applied Biology, Chemistry & Food Science, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

² (주) 판코리아(PANKOREA Co., Ltd, #458-7, Gung-Dong, Yuseong-Gu, Daejeon 305-335, Korea)

³ 을지대학교 보건환경학 전공(Department of Environmental Health, Eulji University, Sungnam 461-713, Korea)

⁴ 논산축산업협동조합 유기질비료공장(Nonsan Livestock Cooperative, #182, Jung-Ri, KwangSeok-myeon, Nonsan 320-951, Korea)

* 교신저자 : 홍주화(E-mail: ghdwnghk@hanmail.net, Tel: 042-821-7887)

day. Among all treatments PCS- I was appeared to be the best condition for composting.

Key words : Pig manure, Castor meal, Composting.

1. 서 론

급격한 경제성장과 산업화에 따라 식생활 양식의 변화로 육류의 소비량이 꾸준히 증가하고 있으며, 이에 따라 축산업 또한 지속적으로 발전하게 되었다. 가축 사육두수는 매년 증가하고 있으며, 그에 따라 가축분뇨 발생량도 2004년 4,117만 톤에서 2006년 4,392만톤으로 증가추세를 보이고 있다. 가축분뇨는 전체 오·폐수 발생량의 0.6% 이나, 오염물질 발생부하는 25.8%를 차지한다. 즉 동일 발생량 대비 가축분뇨의 BOD 부하량은 생활하수의 67배에 달한다.

가축분뇨 발생량은 대부분 퇴·액비로 자원화(82%)되고 있지만, 돼지 분뇨의 경우 발생량의 14%가 해양배출 등 위탁처리되고 있다. 해양배출 물량은 2005년까지 급증하다가 2006년부터 자원화 및 이용촉진 등의 영향으로 감소되는 추세를 보이고 있다(가축분뇨 자원화 연구성과, 2007).

가축분뇨를 이용한 퇴비화는 가축분과 수분조절제로 첨가하는 부재료의 배합비율에 따라 퇴비화 기간이나 이화학성에서 차이가 발생한다. 돈분, 계분 및 우분 등의 가축분을 퇴비화할 경우, 탄소의 비율이 높은 수분조절제(톱밥, 왕겨, 수피 등)를 이용하여 배합하여야 한다. 가축분 사용량을 증가시킨 퇴비는 탄소대질소비가 너무 낮아져 이용 가능한 모든 탄소가 소모되고 남은 질소는 암모니아 형태나 이산화질소 형태로 대기중에 방출되어 질소원의 손실을 가져온다. 그리고 대두박, 커피박, 유박 같은 식물성 박 등도 질소함량

이 높은 것이 대부분이기 때문에 유기물함량이 높은 수분조절제를 이용하여 배합하여야 한다. 탄소대질소비가 50 이상일 경우에는 유기물의 분해가 늦어져 결국 퇴비화 시간이 길어진다.

가축분뇨 발생량 중 약 42%를 차지하는 돈분뇨와 식물성 박 중 피마자박을 이용한 퇴비화를 통해 합리적인 배합비를 알아보고, 부숙도에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해 본 연구를 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료 및 퇴비화 시설

퇴비화에 사용된 돈분은 충남 논산시 광석면에 위치한 돈사에서 채취하여 수급하였으며, 톱밥은 논산축산협동조합 퇴비공장에서 자체 파쇄한 톱밥을 사용하였으며, 피마자박은 유기질비료 업체인 H회사를 통해 구입하였다. 돈분과 피마자박의 사용량에 따른 부숙도 영향성을 평가하기 위해 돈분과 피마자박 및 톱밥을 부피비로 5 : 1 : 4(PCS-I), 5 : 2.5 : 2.5(PCS-II), 5 : 4 : 1(PCS-III)로 배합하여, 약 60일 정도 퇴비화를 진행하였다. Table 1, 2는 돈분과 피마자박 및 톱밥의 화학적 특성과 중금속함량을 분석한 결과이다.

퇴비화 시설은 충남 논산시에 위치한 퇴비공장의 도움으로 1m³정도의 사각 PVC 통을 이용하여 정체식으로 퇴비화를 진행하였다. PVC통 아랫 부분에 파이프를 연결하여 매일 1시간 씩 송

풍을 실시하였으며, 퇴비화 기간은 60일로 1, 3, 7, 15, 20, 40, 60일째 총 7회에 시료를 채취하였다. 퇴비화 기간 동안 15일(1차)과 20일(2차)에 뒤집기를 2회 실시하였다.

2. 퇴비의 이화학적 특성 분석 및 식물독성시험

퇴비화 기간 중의 퇴비의 온도를 측정하기 위해 digital thermometer(HY-550)를 이용하여 퇴적더미의 중심부 약 30cm의 3곳에서 매일 측정 한 후, 평균값을 구하였다. 공시재료인 돈분과 피마자박 및 톱밥의 무기원소 분석은 HClO₄로 분해한 후 ICP(PE-Optima 3300DV)와 원자흡수분광도계(SHIMADZU AA-6800)로 측정하였다. 또한 퇴비시료의 화학성 분석은 pH 및 EC는 1:10 법(Jackson, 1958), 총탄소(T-C)는 dry-ash법(Karam, 1986), 질소는 Kjeldahl법(농촌진흥청, 2000), 양이온치환용량(CEC)은 1N-NH₄OAc법(Hendershot et al., 1993)을 이용하였다.

퇴비 부숙도를 평가하기 위한 방법으로 식물독성시험을 수행하였으며, 이는 퇴비시료를 약 70°C에서 2시간 동안 증류수로 환류냉각 추출하여

여과한 후, 여과지(Watman No. 42, Φ 9cm)가 깔린 petri dish에 여과액 7ml를 넣고 건실한 배추종자를 과중하여 배양기(growth chamber: 상대습도 50%, 온도 28°C)에서 5일간 생육시켜 발아된 종자의 발아율과 뿌리길이를 조사하여 G.I (Germination Index)값을 구하였다(Zucconi et al., 1981).

III. 결과 및 고찰

1. 온도변화

퇴비화 과정 중 퇴적더미의 온도변화는 미생물의 분해활동이 활발하게 일어나면 퇴적더미의 내부온도가 60°C 이상 도달하게 되며 이 온도에 도달하는 기간과 부숙온도, 온도의 유지 등으로 부숙의 정도를 판단할 수 있다(정영륜, 1992). 퇴적더미의 내부온도가 55°C 이상에서 5일 이상 유지되면 대부분 병원균은 사멸되고 65°C에서 1일간 유지되면 Salmonella종도 완전히 사멸된다(Poincelot, 1975).

Table 1. Chemical properties of raw materials used in experiment

Materials	pH	EC	T-N	T-C	M.C.	C/N	CEC
	1:10	dS/m		%		ratio	cmol _e /kg
Pig manure	6.8	28.4	2.92	44.6	66.9	15.3	22.2
Castor meal	6.3	16.6	5.69	49.2	9.85	8.6	24.0
Saw dust	5.3	3.13	0.32	55.9	22.1	175	16.5

Table 2. Content of heavy metals of raw materials used in experiment

Materials	As	Cd	Pb	Cr	Cu	Ni	Zn	Hg
	mg/kg							
Pig manure	<0.01	<0.01	13	84	243	<0.01	762	<0.01
Castor meal	<0.01	1	5	1	52	<0.01	509	<0.01
Saw dust	<0.01	<0.01	3	9	2	<0.01	12	<0.01

돈분과 피마자박 사용량에 따른 정제식 퇴비화 기간 동안의 온도변화를 조사하였으며, 그 결과는 Fig.1에 나타낸 바와 같다. 원료배합 후 퇴비더미의 초기 온도는 약 35~38℃로 외부 온도보다 약간 높게 나타났다. 퇴비화가 시작되면서 모든 처리구가 68℃ 이상으로 상승하였으며, 3일째에 PCS-Ⅲ 처리구가 71.5℃로 가장 높은 결과를 보였다. 최고 지점을 지난 온도는 급격히 감소하는 경향을 보여, 퇴비화 15일째와 20일째에 뒤집기를 2회 실시 후 온도가 약간 상승하였으며, 이후 서서히 감소하여 60일째에 모든 처리구가 39±2℃ 내외로 안정한 상태를 유지하였다. 퇴비화 과정 중 모든 처리구가 65℃ 이상을 3일 정도 유지하였으므로 대부분의 병원균이 사멸된 것으로 판단된다.

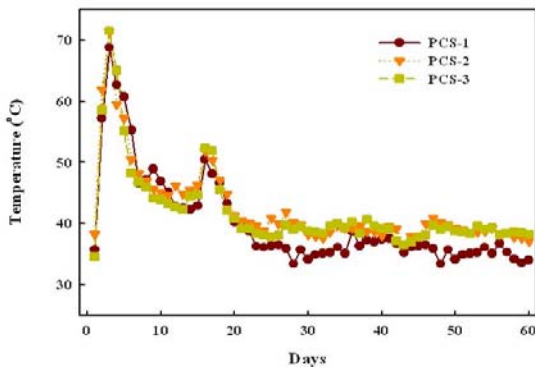


Fig. 1. Changes of temperature during composting.

2. pH 변화

퇴비화 과정 중 pH는 퇴비더미의 산도(acidity)와 알칼리도(alkalinity)를 측정하고자 실시하는 조사항목이다. 퇴비화에서 pH의 중요성은 미생물의 활성과 직접적인 관련이 있기 때문이다. 퇴비화에 있어서 pH의 적절한 범위는 6.5~8.5이며, 자연발생적인 요인에 의한 폭넓은 범위에서도 퇴

비화는 진행된다(정재춘, 1995).

돈분과 피마자박 사용량에 따른 퇴비화 과정 중 pH 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 퇴비화 초기의 pH는 약 6.5 정도였으며, 퇴비화가 진행될수록 서서히 증가하는 경향을 보였다. 60일째에 모든 처리구가 7.5 이상의 결과를 보였으며, PCS-I 처리구가 7.7로 가장 높은 결과를 나타냈다. 모든 처리구가 퇴비의 적정 pH인 6.5~8.5 범위에 준하는 7.5~7.7을 보였다.

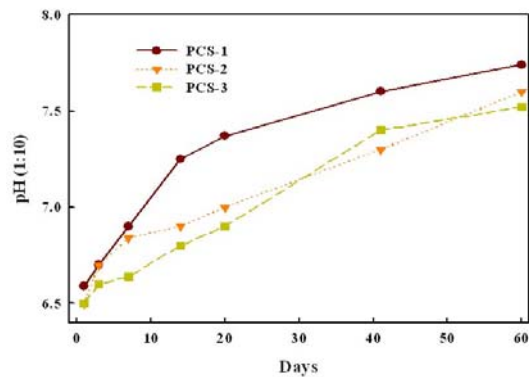


Fig. 2. Changes of pH during composting.

3. 총질소와 탄소함량 및 C/N ratio 변화

퇴비를 효율적으로 제조하는 과정에서 탄소와 질소가 가장 중요한 요인 중의 하나이다. 퇴비화 과정 중 미생물은 유기물질의 분해에 필요한 에너지원으로서 탄소를 이용하며, 미생물의 성장에 필요한 단백질 합성 등의 영양원으로 질소를 이용한다. 영양원으로서의 질소는 미생물의 단백질 합성에 필요한 중요한 인자로 쓰인다(Garcia et al., 1993). 탄소대질소비는 퇴비화 과정의 부숙도에 큰 비중을 차지하는 요인 중 하나이다. 퇴비화에서 C/N율이 20 이하일 때를 퇴비의 부숙도를 결정하는 지표로서 많은 연구자들이 보고하였으며, Juste(1980)는 C/N율이 15 이하일 때를 부

속이 되었다고 하였다.

돈분과 피마자박 사용량에 따른 퇴비화 과정 중 총질소와 총탄소함량 및 C/N율은 Fig. 3, 4, 5 와 같다. 퇴비화 과정 중 총질소함량은 모든 처리구에서 점차적으로 증가하는 경향을 보였다. 피마자박 사용량이 가장 많은 PCS-Ⅲ 처리구가 3.8%로 가장 높은 총질소함량을 보였는데, 이것은 피마자박의 총질소함량이 높았기 때문인 것으로 판단된다.

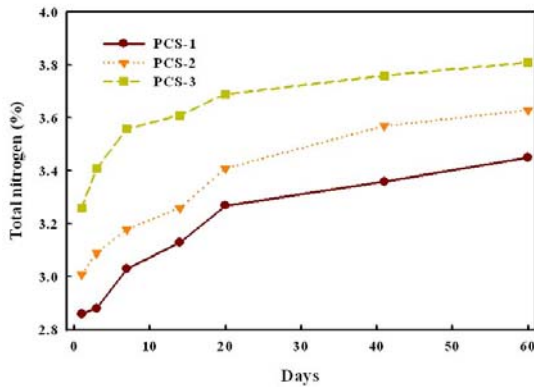


Fig. 3. Changes of total nitrogen during composting.

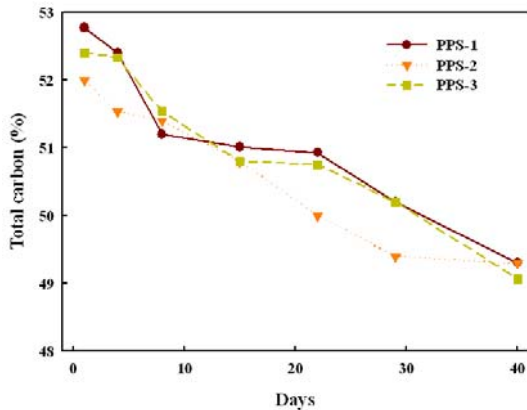


Fig. 4. Changes of total carbon during composting.

탄소함량은 총질소함량과는 반대로 퇴비화가 진행될수록 감소하는 경향을 보였으며, 60일째에는 모든 처리구에서 49~50% 정도를 보였으며, PCS-Ⅰ 처리구가 49.3%로 가장 높은 탄소함량을 나타냈다.

퇴비화 초기 탄소대질소비는 16~18 정도였다. 퇴비화 과정 중 유기물의 감소 경향과는 대조적으로 질소의 함량은 점진적으로 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 지속적인 유기물대질소비의 감소를 가져왔으며, 피마자박 사용량이 가장 적은 PCS-Ⅰ 처리구가 14.2로 가장 높은 결과를 보였다. 본 실험에서는 퇴비화 초기부터 C/N율이 20 이하였는데, 이는 피마자박의 높은 질소함량 때문인 것으로 판단된다. 그러므로 C/N율 한 가지만으로 부숙의 완료점을 판단하는 것은 어려울 것으로 판단된다.

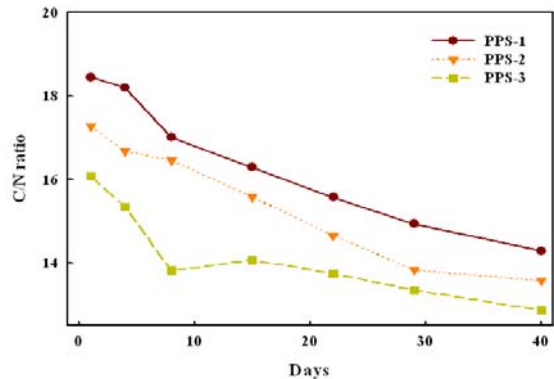


Fig. 5. Changes of C/N ratio during composting.

4. 양이온치환용량(CEC) 변화

양이온 치환용량 변화는 퇴비화 과정 중 유기물 질내 cellulose, hemicellulose 및 난분해성 lignin 과 같은 고분자화합물이 저분자화합물(당, 아미노산 등)로 분해되면서 교질물의 변두리에 carboxyl group, phenol groups, hydroxyl groups 및 amine

groups들로 구성된 많은 작용기들을 갖기 때문이다. 따라서 유기물질이 분해되면서 이와 같은 작용기들의 증가가 양이온 치환용량을 증가시키므로 밀접한 상관관계가 있다(Harada and Inoko, 1980).

돈분과 피마자박 사용량에 따른 퇴비화 과정에서 양이온치환용량 변화는 그림 6과 같다. 모든 처리구에서 초기 양이온 치환용량은 약 19~22cmol+/kg 정도였으며, 퇴비화가 진행되는 동안 계속해서 증가하는 경향을 보였다. 퇴비화 60일째에 양이온 치환용량은 38~40 cmol+/kg을 나타냈으며, PCS-III 처리구가 40.2cmol+/kg으로 가장 높은 결과를 보였다.

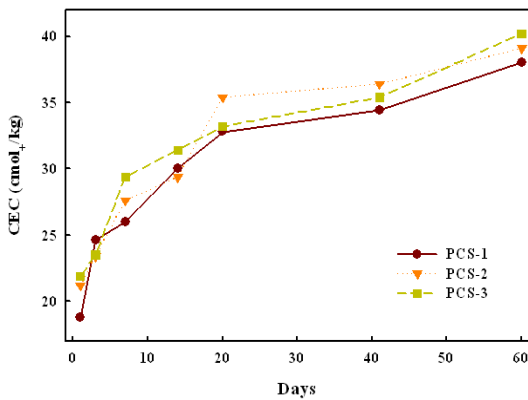


Fig. 6. Changes of cation exchange capacity during composting.

5. 식물독성(발아지수) 변화

식물독성시험은 퇴비의 부숙도와 식물에 대한 안정성을 최종적으로 종합 평가할 수 있는 유용한 생물학적 검정방법이며 가장 정확한 수단으로 평가받고 있다. 장 등(1995, 1996)은 음식물쓰레기 퇴비화 연구에서 휘발성 유기산에 의한 식물독성을 야기한다고 하였고, 발아율에 영향을 미

치는 인자는 휘발성 유기산뿐만 아니라 염분함량에 의한 식물독성 가능성도 높다고 보고하였다. Saviozzi(1992)와 Zucchini 등(1985)은 퇴비추출물에서 발아지수 값이 80 이상일 때는 식물독성이 소실되는 시기로 판정할 수 있고, Jimenez(1989)와 Garcia 등(1991)은 50 이상일 때를 퇴비로서 사용이 가능하다고 보고했다.

돈분과 피마자박 사용량에 따른 퇴비화에서 배추종자를 이용한 발아지수 결과는 그림 7에 나타난 것과 같다. 퇴비화 초기에는 7~10 정도를 보였으며, 퇴비화가 진행될수록 서서히 증가하는 경향을 나타냈다. 60일째에는 73~78 정도의 결과를 보였으며, 피마자박 사용량이 가장 적은 PCS-I 처리구가 78.2로 가장 높은 발아지수를 보였다. 식물독성이 소실하는 발아지수 80보다는 약간 낮은 결과이지만, 퇴비로 사용함에 있어 문제가 없을 것으로 판단된다.

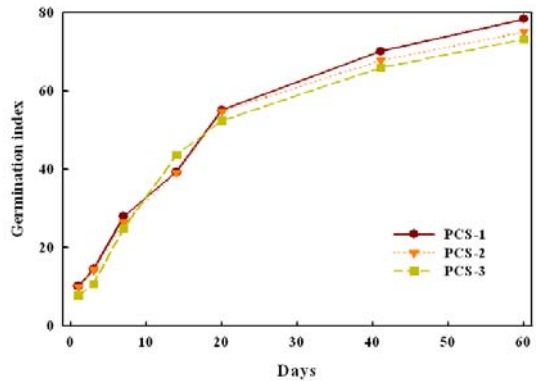


Fig. 7. Changes of germination index during composting.

IV. 결 론

돈분과 피마자박의 사용량에 따른 퇴비화를 통

해 합리적인 배합비와 부숙도에 미치는 영향을 알아보기 위해 본 연구를 수행하였다.

돈분과 피마자박의 사용량에 따른 퇴비화 과정 중 이화학적 특성 변화를 살펴보면, 온도 변화는 초기 35~38°C에서 시작하였으며, 급격히 상승하여 최고점 71.5°C 이후 서서히 감소하여, 60일째에 40°C 내외에서 안정화 되었다. 퇴비화 초기 pH는 6.5~6.6에서 시작하여, 서서히 증가하는 경향을 보였다. 모든 처리구는 약알칼리성을 보였으며, PCS-I 처리구 7.7로 가장 높은 결과를 보였다. 총질소함량은 퇴비화가 진행될수록 증가하는 경향을 보였으며, 피마자박 사용량이 가장 많은 PCS-III 처리구가 3.81%로 가장 높은 결과를 보였다. 이는 질소함량이 높은 피마자박을 가장 많이 사용했기 때문인 것으로 판단된다. 모든 처리구에서 탄소함량은 퇴비화가 진행될수록 감소하는 경향을 보였다. 초기 C/N율은 16~18 정도였으며, 퇴비화가 진행될수록 감소하는 경향을 보였다. 피마자박을 가장 적게 배합한 PCS-I 처리구가 14.3으로 가장 높은 결과를 보였다.

발아지수는 초기 7~10 정도의 결과를 보였으며, 퇴비화가 진행될수록 서서히 증가하는 결과를 보였다. 퇴비화 60일째에는 73~78의 결과를 나타냈으며, 피마자박의 사용량이 가장 적은 PCS-I 처리구가 가장 높은 78의 결과를 보였다. 식물독성이 거의 소실되는 80과 비슷한 결과로 퇴비로 사용함에 있어 문제가 없을 것으로 판단된다.

이와 같은 결과를 종합하여 볼 때 질소함량이 높은 피마자박의 사용량이 많아질수록 퇴비의 부숙이 지연되는 결과를 보였다. 그러므로 피마자박을 이용한 돈분 퇴비화시 배합비 선정이 중요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Garcia, C., T. Hernandez, and F. Costa. 1991. Study on water extract of sewage sludge composts. *Soil Sci. Plant Nutr.* 37(3) : 409-417.
2. Garcia, C., T. Hernandez, F. Costa, and B. G. Masciandaro. 1993. Kinetics of phosphatase activity in organic wastes. *Soil Biol. Biochem.* 25(5) : 561-565.
3. Harada, Y. and A. Inoko. 1980. Relationship between cation-exchange capacity and degree of maturity of city refuse composts. *Soil Sci. Plant Nutr.* 26(3) : 353-362.
4. Hendershot, W., H. Lailande, and M. Duquette. 1993. Ion exchange and exchangeable cations. *Soil Sampling and Methods of Analysis*. M. R. Carter, ed., Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers, 167-176.
5. Jackson, M. L. 1958. *Soil Chemistry Analysis*. Prentice-Hall.
6. Jimenez, E. I. and V. P. Garcia. 1989. Evaluation of city refuse compost maturity : A review. *Biological Wastes*. 271 : 115-142.
7. Juste, C. 1980. Advantages et inconvenients de l'utilisation des composts d'ordures menageres comme amendement organique des sols ou supports de culture. *International Conference on Compost*, 22-26 January, Madrid, Spain. Min. Obras Publicas.
8. Karam, A. 1993. Chemical properties of organic soil. *Soil Sampling and Methods of Analysis*. M. R. Carter, ed., Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers, 459-471.
9. Poincelot, R. P. 1975. The biochemistry and methodology of composting. *Bull.* 754. The Connecticut Agr. Expt. Station, New Haven, CT.
10. Saviozzi, A., R. Levi-Minzi, R. Riffaldi, and A.

- Benetti, Evaluating garbage compost : Part II. Biological transformation, BioCycle. 72-75.
11. Zucconi F., A. Monaco, M. Forte, and M. de Bertoldi. 1985 : Phytotoxins during the stabilization of organic matter. In Composting of agricultural and other wastes, Ed. JKR Gasser, P. 73-85, Elsevier Applied Science Publ., London.
 12. Zucconi F., A. Pera, M. Forte, and M. de Bertoldi. 1981. Evaluating toxicity of immature compost. Biocycle, Mar./Apr., 54-57.
 13. 농촌진흥청. 2000. 토양 및 식물체 분석법.
 14. 농촌진흥청. 2007. 가축분뇨 자원화 기술 연구성과.
 15. 장기운, 이인복, 임재신. 1995. 음식물찌꺼기를 이용한 퇴비의 부숙과정 중 이화학적 특성 및 유식물 생장에 의한 부숙도 평가. 한국유기성폐자원학회 79-96.
 16. 장기운, 이인복, 임재신, 임현택. 1996. 부숙과정 중 음식물찌꺼기의 식물독성 평가. 한국토양비료학회지 29(3) : 312-320.
 17. 정영륜. 1992. 유기성 폐기물의 자원화 기술(퇴비화 기술의 생물학적 분석). 한국 과학기술원 3-24.
 18. 정재춘. 1993. 축산 폐기물의 퇴비화 및 운용지표 개발 : I. 우분의 퇴비화에 있어서 최적 공정은 운용지표의 개발. 유기성폐기물자원학회지 1(1) : 69-84.