

음식폐기물로부터 유도된 퇴비가 채소류의 발아 및 생육에 미치는 영향

박석환

서원대학교 환경과학과

Effects of Compost Derived from Food Wastes on Germination and Growth of Vegetables

Seok Hwan Park

**Department of Environmental Sciences, Seowon University
(Received 10 August 2001 ; Accepted 10 September 2001)*

ABSTRACT

This study was performed to define the physicochemical characteristics of food waste and food wastewater, and to find the effect of salinity variation on aerobic composting for food wastes. In salinity variation experiment, the samples of 1, 2, 3 and 4 were prepared by the salinity of 1.0%, 1.5%, 2.0% and 2.5%, respectively. In experiment, aerobic composting reactors were operated by the mode which was composed of half an hour's stirring and 2 hour's aeration per day, for 45 days. Seeds of vegetables of Chinese cabbage and red pepper were seeded at compost-free control, compost 1, 2, 3 and compost 4 for the sake of investigation of germination rate and growth rate of those. The followings are the conclusions that were derived from this study. 1. In food waste, the moisture content was 60%, organic compound content was 95%, total carbon was 47.5%, total nitrogen was 1.6%(therefore, C/N ratio was 30). The values of pH were 4.0 and 3.8, the values of salinity were 0.9% and 1.2%, and the values of conductivity were 7.8 mS/cm and 18.0 mS/cm, respectively. 2. In salinity experiment, the reduction rate of volume was increased(40%) when the salinity was decreased(1.0%). Also, the reduction rate of mass was increased(52%) when the salinity was decreased(1.0%). This fact denotes that salinity hinders the process of composting. 3. Germination rate and growth rate of Chinese cabbage are more excellent than those of red pepper(97:14%, 5.2:2.5 cm). 4. In Chinese cabbage, germination rate and growth rate at compost with the lowest salinity are more excellent than those at compost-free control(97:94%, 5.2:4.5 cm).

Keywords : food waste, composting, salinity, vegetables, germination rate, growth rate

I. 서 론

국내외적으로 폐기물의 재활용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 우리나라의 경우, 협소한 국토로 말미암아 음식폐기물의 매립처분방식은 한계에 도달했으며, 음식폐기물의 경우 각 국가마다 그 특성이 서로 상이하고, 특히 염분도가 많은 우리나라의 경우 그에 대응하여 효율적인 퇴비화 조건을 유도해 내는 것이 급선무이고 이

들의 활용도를 높이기 위해서는 이들이 채소류의 발아율 및 성장율에 미치는 영향 등이 시급히 규명되어야 할 것이다.

1998년도 전국 음식물 쓰레기 발생량은 11,798 톤/일이며 생활쓰레기 발생량의 26%를 차지하며, 음식물 쓰레기 발생량은 '90년 23 천여톤/일에서 '94년에 18 천톤/일, '98년에 12 천톤/일로 해마다 감소하고 있으며, 생활쓰레기 발생량 중에서 차지하는 비중도 '93년~'95년 동안 31%수준에서 '96년 29%, '97년 27%, '98년 26%로 줄었다.^{1~5)}

음식물쓰레기 발생량 변동율을 생활쓰레기 발

*Corresponding author : Department of Environmental Sciences, Seowon University.
Tel : 043-261-8724, Fax : 043-261-8720
E-mail : shp@sewon.ac.kr

생량 증감율과 비교하면 '91년~'95년 동안은 유사한 감소율을 보였으나 '96년에는 생활쓰레기가 4.5% 증가했음에도 음식물쓰레기는 3.6% 감소했고, '98년에도 생활쓰레기는 6.9% 감소하였으나 음식물쓰레기는 이보다 훨씬 많은 9.7% 감소하였다. 음식물쓰레기 자원화가 확대되면서 발생량이 변화가 있음을 알 수 있다.

음식물 쓰레기 처리 현황을 보면 '98년도 전국 평균 70%(8,309 톤/일)가 매립되고 8%(923 톤/일)이 소각되며 22%(2566 톤/일)가 자원화 되고 있으며, 음식물쓰레기 자원화 비율은 '95년에 2.1%에서 '96년 3.3%, '97년 9.8%, '98년 22%로 짧은 기간 내에 급속히 증가하고 있다.

협소한 국토로 말미암아 음식폐기물의 매립처분방식은 한계에 도달했으며, 각 국가마다 발생하는 음식폐기물의 형태와 특성 등이 다르기 때문에, 우리나라 음식폐기물의 특성에 맞는 퇴비화 방안을 마련할 필요가 있다.⁶⁻¹⁰⁾

따라서 본 연구는 전국적으로 날로 문제가 되고 있는 음식폐기물에 대한 호기성 퇴비화 처리에 있어서, 효율적이고 경제적인 처리를 달성하고, 염분도가 서로 다른 퇴비화 산물이 채소류의 발아와 성장에 미치는 영향을 파악하여 퇴비의 비효성과 유용도를 규명하기 위한 연구이다.

II. 실험 방법

본 연구에서는 염분도를 서로 달리한 음식폐기물에 대하여 호기성 퇴비화를 진전시키고 그렇게 발생된 퇴비를 채소류의 생육에 이용함으로써 궁극적으로 발생하는 음식폐기물에 대한 처리 및 처분 방법의 하나로, 호기성 미생물을 이용한 퇴비화 방식을 적용하여, 음식폐기물을 퇴비로 감량화 및 자원화하여 재활용하는데 그 목적이 있다.

그 구체적인 연구내용 및 방법으로 발생된 음식폐기물의 수분함량, 염분도, 전도도, pH, 총유기탄소량(Total Organic Carbon, TOC), 회분함량(Ash Content), 영양염류(Nutrients) 등의 물리화학적 특성을 파악한 다음, 이를 근거로 송풍기, 온도조절장치, 교반기, 투입구 및 배출구가 부

착된 실험장치를 고안, 설치하고, 서로 다른 염분도가 퇴비화에 미치는 영향을 파악하기 위해 음식폐기물에 팽화재로서 목재세편을 넣고 염분도를 달리한 시료 1, 2, 3 및 시료 4를 호기성 퇴비화 반응기에 넣고서, 하루 30분 교반, 2시간 송풍을 실시하여 45일간 반응시키면서, 음식폐기물의 퇴비화 과정 중 온도, pH, 수분함량, TOC, Ash Content, C/N ratio, 염분도 및 영양염류 등을 경시적으로 분석하여 그 분해특성을 파악해내며, 얻어진 퇴비를 토양과 혼합하여 배양토를 구성하고, 우리나라에서 많이 이용되고 있는 채소류로서 배추와 고추를 선택하여 그 씨앗을 파종한 후, 시간의 경과에 따른 발아율과 시간의 경과에 따른 성장율 등을 측정하고 염분도를 달리한 퇴비가 채소류의 발아 및 성장에 미치는 영향을 비교, 검토한다.¹¹⁻¹⁸⁾

수분함량, 회분함량 등은 폐기물 공정시험법에 따라서 분석하였고, 염분도는 Mohr법으로, TOC는 회분함량으로부터, T-N은 수질오염 공정시험법, 전도도와 T-P는 Standard Methods에 따라 측정하였다.¹⁹⁻²⁴⁾

III. 결과 및 고찰

음식폐기물의 수분함량은 약 60%였으며, 나머지 약 40%가 고형물이었으며, 600℃에서의 강열감량은 98%, 유기물 함량(VS/TS)은 95%로 나타나 음식폐기물이 고농도의 유기성 폐기물임을 보여주었다. 한편, 총 탄소(T-C)는 47.5%, 총 질소(T-N)는 1.6%로 나타나, 이에 따른 C/N 비는 30으로서 퇴비화 공정에 적합한 C/N 비의 범위 25~40에 적합한 것으로 나타났다.

원료로 사용된 음식폐기물과 음식폐수의 물리화학적 특성에 있어서, pH는 음식폐기물에서 약 4.0, 음식폐수에서 약 3.8로 낮게 나타났는데 이는 기본적으로 발효식품 중에 여러 가지 유기산이 다량으로 함유되거나, 또는 음식의 조리시에 인위적으로 첨가되는 유기산 등으로 인한 것으로 판단된다.

NaCl의 경우 음식폐기물 중에 0.9%, 음식폐수 속에 1.2%로 폐수 속에 더 높은 농도로 존재하는

데, 이에 따라 전도도의 경우도 7.8 mS/cm:18.0 mS/cm로 폐수 쪽에서 훨씬 높게 나왔다. 이러한 NaCl은 원료를 퇴비화 처리한 후 그 용도를 제한하는 인자로 작용할 수 있다. 특히 우리 국민의 식습관 중 짜게 먹는 습성으로 인하여 NaCl의 소비량이 일본, 미국의 6~10 g에 비해 국내 성인의 경우 20 g 이상을 섭취하는 것으로 알려져 있다.

퇴비화 과정 중 과도한 수분함량을 배제하고, 호기성 미생물에 대한 충분한 공기 공급량을 공급하기 위하여, 부피비로 음식폐기물량의 1.5 배에 해당하는 팽화재로서 목재세편(0.3×0.5 cm)을 첨가하고, NaCl로 각각의 염분도를 달리한 4개의 시료 1(NaCl 1.0%), 시료 2(1.5%), 시료 3(2.0%) 및 시료 4(2.5%)를 하루 30분 교반, 2시간 송풍을 시키면서 호기성 퇴비화를 45일 동안

진행시켰다.

반응일수의 경과에 따른 반응조내 시료의 pH의 변화는 4개의 시료 공히 반응일수 14일이 경과한 후 최고의 pH를 나타내었는데, 염분도가 가장 낮은 시료1의 경우, pH 8.9로 가장 높은 수치를 나타내었으며, 시료2의 경우, pH 8.8로서 두 번째로 높았으며, 시료3의 경우, pH 8.7로서 세 번째를 나타내었고, 염분도가 가장 높은 시료4의 경우, pH 8.6으로 가장 낮은 수치를 나타내었다. 또한 45일 경과한 후 염분도가 제일 낮은 시료1의 pH가 가장 낮은 6.7을 나타내었다. 이로써 NaCl을 전혀 첨가하지 않은 상태의 시료1의 경우가 퇴비화가 빨리 그리고 높은 효율로 진행되고 있음을 간접적으로 알 수 있었다.

또한, 시료와 최초 염분도가 낮을수록(1.0%)

Table 1. Number of seeds germinated

Kinds of Vegetables	Kinds of Composts	Number of Seeds Planted	Days after Seeding						
			3	6	9	12	15	18	21
Chinese Cabbage	Control	36	-	23(64)	34(94)	34(94)	34(94)	34(94)	34(94)
	SA1	36	3(8)	28(78)	35(97)	35(97)	35(97)	35(97)	35(97)
	SA2	36	-	-	2(6)	3(8)	3(8)	3(8)	3(8)
	SA3	36	-	-	-	1(3)	1(3)	1(3)	1(3)
	SA4	36	-	-	-	-	-	-	-
Red Pepper	Control	36	-	-	2(6)	36(100)	36(100)	36(100)	36(100)
	SA1	36	-	-	-	-	2(6)	5(14)	5(14)
	SA2	36	-	-	-	-	1(3)	2(6)	2(6)
	SA3	36	-	-	-	-	-	1(3)	1(3)
	SA4	36	-	-	-	-	-	-	-

Table 2. Average height of seeds germinated

unit : cm

Kinds of Vegetables	Kinds of Composts	Days after Seeding							
		3	6	9	12	15	18	21	24
Chinese Cabbage	Control	-	0.7	1.2	2.2	2.7	3.0	3.6	4.5
	SA1	0.4	1.7	2.1	2.5	3.0	3.4	4.2	5.2
	SA2	-	-	0.2	0.3	0.9	1.5	1.8	2.4
	SA3	-	-	-	0.2	0.4	0.7	1.0	1.5
	SA4	-	-	-	-	-	-	-	-
Red Pepper	Control	-	-	0.3	0.1	2.1	3.5	4.8	6.6
	SA1	-	-	-	-	0.4	1.0	1.8	2.5
	SA2	-	-	-	-	0.3	0.8	1.3	1.7
	SA3	-	-	-	-	-	0.2	0.4	0.7
	SA4	-	-	-	-	-	-	-	-

음식폐기물의 부피감소율은 더 큰 것으로(40%) 나타났으며, 질량감소율 또한 염분도가 낮을수록(1.0%) 더 큰 것으로(52%) 나타나, 염분도가 퇴비화에 저해인자로 작용하는 것을 알 수 있었다.

한편 채소류의 발아율 및 성장을 실험에 사용된 배추는 *Brassica campestris*이었고, 고추는 *Capsicum annuum*이었으며, 채소류의 발아율 실험결과는 Table 1에서 제시되어 있다.

같은 염분도(1.0%)에서 배추의 발아율(97%)과 성장률(5.2 cm)은 고추의 발아율(30%)과 성장률(2.5 cm)보다 우수한 것으로 나타나, 전반적으로 배추의 경우가 고추의 경우보다 염분도에 대한 내성이 강한 것으로 나타났으며, 배추에 있어서도 염분도가 낮을수록 발아율이 훨씬 큰 것으로 나타났다. 최초 염분도가 1.5%(시료2) 이상에서는 배추가 거의 발아하지 못하는 것으로 판단되었고, 퇴비가 전혀 투입되지 않은 대조군의 발아율 94%보다 낮은 염분도의 퇴비가 투입된 시료1의 발아율이 97%로 더 높게 나타났다.

또한 고추의 발아율은 염분도에 매우 민감하여 가장 낮은 염분도의 시료1에서도 발아율 14%로, 대조군의 100%에 비하여 현저히 낮게 나타났으며 그 이상에서는 발아가 거의 이루어지지 않는 것으로 나타났다.

과종 후 경과일수에 따라, 발아된 채소류의 높이의 평균치로 나타낸 성장률은 Table 2에 제시되어 있는데, 발아율 실험에서와 마찬가지로 전반적으로 배추의 성장률이 고추의 경우보다 커서, 염분도에 대한 내성이 강한 것으로 나타났으며, 특히 배추에 있어서 낮은 농도의 염분도를 함유한 퇴비가 투입된 시료1의 성장률이 퇴비가 투입되지 아니한 대조군의 성장률보다 더욱 큰 것으로 나타나 음식폐기물로부터 유도된 퇴비의 비효성이 우수한 것으로 나타났는데, 이는 시료1의 염분도 1.0%가 배추의 발아 및 성장에 영향을 미치지 않으면서도, 시료중에 함유된 퇴비속의 질소, 인 등의 비료성분이 배추의 발아와 성장에도움을 주었기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 최초염분도 1.5%(시료2) 이상에서는 배추의 발아율과 마찬가지로 성장률도 크게 제한되는 것으로 나타났다.

또한 고추의 성장률은 염분도에 크게 영향을 받아서, 대조군의 경우 24일이 경과한 후 6.6 cm가 성장한데 비하여 염분도가 1.0%이었던 시료1의 경우 2.5 cm 성장하는데 그쳤고, 염분도가 1.5%, 2.0%로 더 높은 시료2와 시료3의 경우 각각 1.7 cm와 0.7 cm로 나타나, 퇴비속의 염분도가 고추의 생육에 저해요인으로 작용하는 것으로 나타나, 음식폐기물로부터 유도된 퇴비의 직접적인 투입은 신중을 기해야 할 것으로 판단된다.

IV. 결 론

발생된 음식폐기물에 대한 물리화학적 성질을 규명해내고, 서로 다른 염분도가 퇴비화에 끼치는 영향을 파악하기 위해 음식폐기물의 염분도를 각각 1.0, 1.5, 2.0 및 2.5%로 조절한 시료1, 2, 3 및 시료4를 호기성 퇴비화 반응기에 넣고서, 하루 30분 교반, 2시간 송풍을 실시하여 45일간 반응시켜 퇴비를 생산한 다음, 얻어진 퇴비를 토양과 혼합하여 배양토를 구성하고 채소류의 씨앗을 파종한 후, 시간의 경과에 따른 발아율과 시간의 경과에 따른 성장률 등을 측정하고 염분도를 달리한 퇴비가 채소류의 발아 및 성장에 미치는 영향을 비교, 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 음식폐기물의 수분함량은 약 60%였으며, 유기물 함량은 95%를 나타내었고 총 탄소가 47.5%, 총 질소는 1.6%로 나타나 C/N 비는 30으로서 퇴비화에 적절한 범위였고, pH는 각각 4.0과 3.8로 낮게 나왔으며, NaCl로 본 염분도는 음식폐기물의 0.9%보다 음식폐수 중에서 1.2%로 높게 나왔으며, 이에 따라 전도도의 경우도 7.8 mS/cm:18.0 mS/cm로 폐수 쪽에서 훨씬 높게 나왔다.

2. 염분도가 낮을수록(1.0%) 음식폐기물의 부피감소율은 더 큰 것으로(40%) 나타났으며, 질량감소율 또한 염분도가 낮을수록(1.0%) 더 큰 것으로(52%) 나타나, 염분도가 퇴비화에 저해요인으로 작용함을 확인하였다.

3. 같은 염분도(1.0%)에서 배추의 발아율(97%)과 성장률(5.2 cm)은 고추의 발아율

(30%)과 성장률(2.5 cm)보다 우수한 것으로 나타나, 전반적으로 배추의 경우가 고추의 경우보다 염분도에 대한 내성이 강한 것으로 나타났으며, 배추에 있어서도 염분도가 낮을수록 발아율과 성장율이 훨씬 큰 것으로 나타났다.

4. 음식폐기물로부터 유도된 퇴비의 염분도가 낮은 경우에, 퇴비가 사용되지 않는 대조군에 비하여 배추의 발아율(97%:94%) 및 성장률(5.2 cm:4.5 cm)이 우수한 것으로 나타나 그 비효성을 확인할 수 있었으나, 고추의 경우에는 대조군에 비하여 발아율(14%:100%) 및 성장율(2.5 cm:6.6 cm)이 현저히 떨어지는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2000학년도 서원대학교 응용과학연구소 연구비 지원에 의한 연구결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고 문헌

- 1) 환경부 : '98 환경백서, 1998.
- 2) 환경관리연구소 : '97 환경산업총람, 1998.
- 3) 신항식 : 축산폐기물 퇴비화의 현황 활성화방안, 월간폐기물, 1월호, pp74-80, 1996.
- 4) 서은희 외 5인 : 종균첨가에 의한 음식물 찌꺼기의 발효 사료화, 한국유기성폐자원학회지, 5(1), 1-14, 1997.
- 5) 황응주 : 소규모 음식물찌꺼기 퇴비화기의 성능평가 및 효율개선, 한국과학기술원 박사학위 논문, 1998.
- 6) 정재춘 외 5인 : 퇴비화 공정에 출현하는 미생물의 종류 및 생태학적 기능, 한국유기성폐자원학회지, 7(2), 1-23, 1999.
- 7) 배재근 외 3인 : 하수슬러지퇴비의 식물생육에 대한 적정 시비량 검토, 한국유기성폐자원학회지, 7(2), 35-46, 1999.
- 8) 신항식 외 2인 : 소멸식 퇴비화 장치의 운전성능평가, 한국유기성폐자원학회 가을학술대회 발표논문집, pp11-19, 1997.
- 9) Gillett, J.W. : Issues in risk assessment of compost from municipal solid waste-Occupational health and safety, public health, and environmental concerns, Biomass and Bioenergy 3, 145-162, 1992.
- 10) Kissel, J.C., et al. : Potential emissions of volatile and odorous organic compounds from municipal solid waste composting facilities, Biomass and Bioenergy 3, 181-194, 1992.
- 11) 김남천 외 1인 : 발효된 음식폐기물의 사료화 잠재력에 관한 연구, 유기성폐기물 자원화협 의회지, 3(1), 13-20, 1995.
- 12) 장기운 외 2인 : 음식물찌꺼기를 이용한 퇴비의 부숙과정 중 이화학적 특성의 변화, 한국유기성폐기물자원화협의회지, 3(1) : 3~11, 1995.
- 13) 장기운 외 3인 : 부숙과정중 음식물찌꺼기의 식물독성평가, 한국토양비료학회지, 29(3), 312~320, 1996.
- 14) 이상은 외 1인 : 염류가 집적된 시설재배 토양에서 질소와 가리의 시비 효과 및 양분수지, 한국토양비료학회지, 27(2) : 78~84, 1994.
- 15) 김필주 외 2인 : 음식물찌꺼기 고속발효기에 의해 처리된 퇴비의 안정성 검토, 한국유기성폐기물 자원화협의회지, 3(1), 35~42, 1995.
- 16) 김남찬 외 1인 : 염분함량이 음식물 쓰레기의 호기성 퇴비화에 미치는 영향, 한국유기성폐자원학회지, 8(2), 124-129, 2000.
- 17) 배일상 외 4인 : 토양미생물에 의한 음식폐기물의 퇴비화, 한국유기성폐자원학회지, 8(4), 160-167, 2000.
- 18) 임현택 외 1인 : 옥수수 재배토양에서 제지슬러지 퇴비의 시용 효과, 한국유기성폐자원학회지, 9(1), 99-108, 2001.
- 19) 이기열 : 식이요법, 수학사 1996.
- 20) Gill, K. S. : Some Physiological parameters of salt tolerance in husked and huskless barley(*Hordeum vulgare* L.) varieties, Indian J. Plant Physiol, 35(1), 7~15, 1992.
- 21) Gill, K. S. and Sharma, P.C. : Mechanism of salt injury at seeding and vegetative growth stages in *Cajanus cajan*(L.) Millsp. Plant Physiol. and

- Biochem., 20(1), 49~52, 1993.
- 22) APHA, AWWA and WEF : Standard Methods, 19th ed., 1995.
- 23) 환경부 고시 제 91-73호 : 수질오염공정시험방법, 1996.
- 24) 환경부 고시 제 96-32호 : 폐기물공정시험방법, 1996.