



음식물류폐기물 퇴비와 계분퇴비 사용이 열무 성장과 토양이화학성에 미치는 영향

김용성, 김병태<sup>†</sup>

대전대학교 환경공학과

(2007년 2월 15일 접수, 2007년 3월 10일 채택)

Effect of food-waste and poultry manure compost on the growth of young radish and the change of soil properties

YongSeong Kim, ByungTae Kim<sup>†</sup>

Department of environmental engineering, Daejin University

ABSTRACT

Organic compost from the food waste and poultry manure is useful for a soil conditioner and fertilizer. The purpose of this study is to compare the effect of the food waste compost (FC) and poultry manure compost (PC) separately on the growth of young radish and the change of soil properties. Applying 3, 6, 9 kg/m<sup>2</sup> of FC and 1, 2, 3 kg/m<sup>2</sup> of PC, the cultivation of young radish was carried out in the crop field.

In young radish applied with FC, leaf length was positively increased with the increasing usage of the compost. Number and area of leaves, and weight of leaf and root were peaked at applying rate of 6 kg/m<sup>2</sup>. Growth of young radish with FC of 9 kg/m<sup>2</sup> was lowest in the initial period of the cultivation, and it is regarded that the applying rate of 9 kg/m<sup>2</sup> was detrimental to the germination of the young radish.

In young radish applied with PC, the growth rate was lowest at applying of 2 kg/m<sup>2</sup> than any other applying rate. Soil properties as bulk density and EC were considerably improved according to applying of food-waste and poultry manures compost. It should be considered to be needed additional study about the accurate applying rate and detailed investigation for soil properties.

Keywords : food waste compost, poultry manure compost, young radish, soil properties

<sup>†</sup>Corresponding author (btkim@daejin.ac.kr)

## 초 록

음식물류폐기물을 이용한 퇴비는 중금속과 같은 유해물질의 농도가 낮고, 유기물 농도가 높아 토양에 시비하여 토지개량제로의 역할이 기대된다. 본 연구에서는 포천시 일동면 소재의 나대지 (latitude 38°0'N, longitude 127°20'E)에 있는 음식물류폐기물 퇴비와 계분 퇴비를 각각 3, 6, 9 kg/m<sup>2</sup> 과 1, 2, 3 kg/m<sup>2</sup>로 사용하여 열무의 성장특징과 생리적 특징, 토양의 이화학적 특성을 통해 음식물류폐기물 퇴비의 답 토양에 대한 이용 가능성을 평가하고자 하였다.

음식물류폐기물 퇴비를 사용한 포장에서의 열무는 초장의 경우 시비량이 증가할수록 성장량이 좋았으며, 잎수, 잎면적, 초부와 근부의 무게는 6 kg 처리구가 가장 성장량이 컸던 것으로 나타났다. 계분퇴비 사용구에서는 2 kg 처리구가 기타 처리구와 비교하여 상대적으로 성장량이 적었다. 생육 초기 음식물류폐기물 퇴비 9kg의 성장량이 다른 처리구보다 적었으며, 이는 종자의 발아단계에서 음식물류폐기물 퇴비가 영향을 미친것으로 추측된다. 용적밀도는 모든 시비처리구에서 감소하는 것으로 나타나 물리적 성질의 개선에 긍정적인 효과가 있을 것으로 판단되어 진다. 광합성능력도 염해, 오존, 질산성 질소와 같은 일반적인 외부 스트레스로 인한 감소와는 다른 경향을 보여 답 토양에 대한 이용 가능성이 있는 것으로 나타났다.

하지만 계분퇴비를 시비한 포장에서 electric conductivity(EC)의 농도는 점차 감소하는 경향을 보인 반면, 음식물류폐기물 퇴비 6, 9 kg/m<sup>2</sup> 시비구에서는 토양내 electric conductivity(EC)가 지속적으로 증가하는 경향이 나타났다. 따라서 음식물류폐기물을 원료로 한 퇴비를 사용하는 토양의 특성과 작물의 종류 및 기후 등에 따른 염류 집적에 대한 추가적인 연구가 이루어져 시비처방시에 고려되어야 할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 음식물류폐기물 퇴비, 계분퇴비, 열무, 토양 특성

## 1. 서론

2004년 국내에서 발생한 음식물류폐기물은 11,464 ton/day로 전체 생활폐기물 발생량 50,007 ton/day의 22.9 %를 차지하고 있다<sup>1)</sup>. 음식물류폐기물은 다량의 수분을 함유하고 있어 쉽게 부패되고, 수거 및 운반시에 악취와 오수 유출 등의 문제점을 가지고 있다. 매립시 지반침하와 침출수의 발생이 문제점으로 지적되고 있으며, 2005년부터 음식물류폐기물을 비롯한 유기성폐기물은 소각, 퇴비화, 사료화, 소멸화 등의 처리를 통하여 잔재물만 매립이 가능하도록 법으로 제재하고 있다. 하지만 소각시에는 열효율과 다이옥신 생성 등 문제점의 원인으로 제기되고 있어 음식물류폐기물의 재활용에 관한 많은 연구가 이루어지고 있는 추세이다<sup>2-5)</sup>.

이중 퇴비화는 호기성 조건에서 생물학적으로 유기물을 안정화시키면서 환경에 악영향을 미치지

않는 자원화 방법의 하나이다<sup>6)</sup>. 퇴비화 산물인 퇴비는 높은 유기물 함량을 갖고 있으며, 토양에 시비함으로써 토양의 물리적, 화학적, 미생물적 성질을 개선하는 기능을 가지고 있다<sup>7), 8)</sup>. 하지만 음식물류폐기물을 원료로 한 퇴비는 과거 충분한 부숙 과정을 거치지 않고 농가에 보급되어 피해를 입힌 사례 등 음식물류폐기물을 원료로 한 퇴비가 비료로서의 가치가 떨어진다는 인식<sup>9)</sup>으로 인하여 소비처에서 기피하고 있으며, 수요처의 개발과 재활용 산물의 유통 및 운반 체계가 제대로 정착되지 않은 현 상태도 적절한 소비를 제한시키는 원인으로 작용하고 있다<sup>3)</sup>.

이상석과 장기운<sup>5)</sup>은 열무와 상추를 이용한 실험에서 음식물류폐기물 퇴비 80, 160 Mg/ha에서 상추는 염에 의한 생육저해를 받았다고 하였다. 박등<sup>8)</sup>은 믹스라이트 배지에 1~100 %의 음식물류폐기물을 혼합하여 오이의 발아와 유묘 성장을 통해 식물독성을 연구하였으며, 발아율에서는 대조

구(믹스라이트 100 %)와 비교하여 30~84 %을 나타냈으며, 초장은 25.9~1.85 %, 경경은 16.4~2.52 %, 근장은 50.5~33.3 %, 근생장은 74.7 ~ 30.1 %, 자엽은 64.7~21.4 %로 나타나 음식물류 폐기물 퇴비에 오이의 유묘와 발아에 독성을 나타 내는 물질이 있는 것으로 밝혔다. Lee et al.<sup>10)</sup> 등 은 음식물류폐기물 퇴비 시용이 시용량에 관계없이 벼의 수확기 건물중을 감소시킨 것으로 밝혔다. 반면에 전 등<sup>11)</sup>은 배추 재배지에 사용하여 5, 10 kg/3.3m<sup>2</sup> 처리구에서 생육이 좋았으며, 특히 생육 후반기에 접어들수록 지속적인 성장을 보였다고 하였다. 유 등<sup>12)</sup>은 고추의 생육을 통하여 40 Mg/ha 이상에서 생육 및 품질 저하를 관찰하였으며, 따라서 시용량을 30 Mg/ha 이하로 할 것을 제안한 바 있다.

음식물류폐기물의 퇴비화와 관련된 연구는 국내에서 지속적으로 이루어지고 있으나, 그 이용에 관한 연구는 미진한 실정이며, 특히 직접 포장에 이용하여 작물의 생육과 토양의 특성 변화에 관한 연구는 극소수이다. 따라서 본 연구에서는 음식물류 폐기물과 계분을 원료로 한 퇴비를 작물재배에 이용되지 않았던 토양에 시비한 후 열무 재배 실험을 통하여 퇴비의 종류와 시비량에 따른 작물의 성장

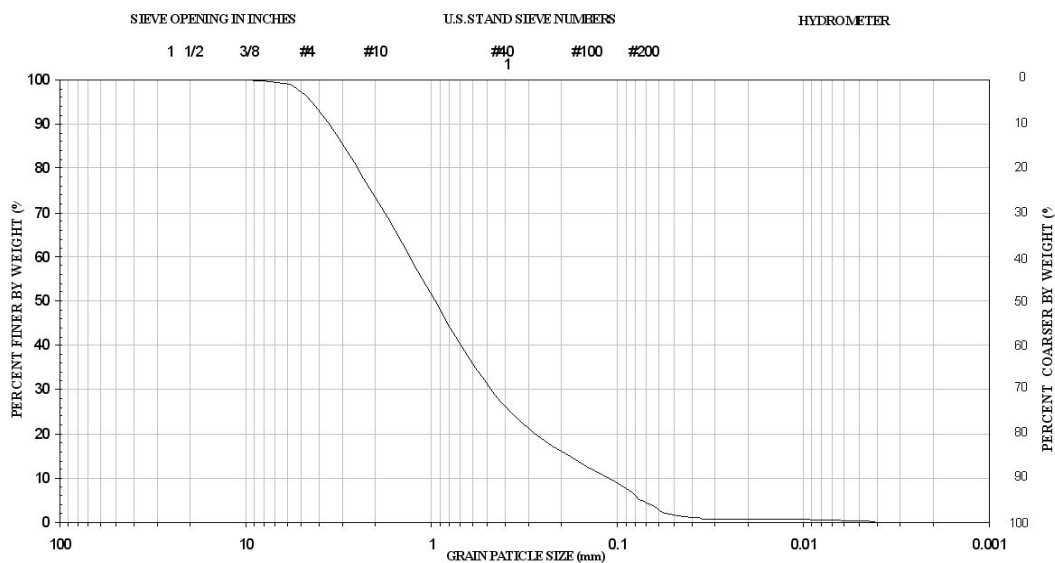
및 광합성효율 변화를 비교하고 퇴비의 시용이 토 양의 물리화학적 특성에 미치는 영향을 파악하여 음식물류폐기물을 원료로한 퇴비의 답도양에 대한 이용 가능성을 평가 하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시토양 및 재료

공시 포장은 경기도 포천군 일동면 (latitude 38 °0'N, longitude 127°20'E) 소재의 나대지로 선정하였으며, 공시 포장은 퇴비의 시비 효과를 파악 하기 위하여 최근 작물재배에 이용되지 않은 토양 을 이용하였다. 통일분류법에 따른 입도분석 결과 균등계수 11.9, 곡률계수 1.3으로 입도 분포가 우수하였으며, 토성은 SW인 것으로 나타났다(see [Fig. 1]).

공시 포장의 이화학적 특성을 다음의 [Table 1] 에 나타내었다. 정 등<sup>13)</sup>의 연구와 비교하여 pH는 7.41로 우리나라 평균 밭 토양의 pH는 5.6의 약 산성을 나타내는 것에 비해 중성을 보이고 있었으며, 유기물 함량이 약 38.7 g/kg 으로 평균 24 g/kg보다 다소 높은 값을 보이고 있었다. 이와 같 은 이유는 작물재배에 이용되지 않아 비교적 유기



[Fig. 1] Particle size distribution for soil.

물의 보존이 이루어지고 있었을 가능성과 잘 관리된 밭과 비교하여 제초제 등의 투입이 없었으므로, 잡초 뿌리 등이 유기물의 형태로 다수 섞여 있을 수 있는 가능성이 있다고 판단된다.

음식물류폐기물 퇴비는 경기도 S 지자체에서 음식물류폐기물과 톱밥을 혼합하여 생산된 후 노지에서 약 3달간 정체 상태로 부숙공정이 지속적으로 이루어진 퇴비를 이용하였으며, 계분 퇴비는 대전대학교 폐기물자원화 실험실에서 2006년 4월에 계분과 톱밥을 이용하여 생산한 퇴비를 이용하였다. 음식물류폐기물 퇴비와 계분 퇴비 모두 유기물 함량이 각각 78.9 %, 79.2 %, 염분함량이 각각 0.24 %, 0.43 %로 현행 고시<sup>11)</sup>에 따라 제품기준에 부합하였다. 본 연구에 이용된 퇴비의 이화학적 성상을 다음의 [Table 2]에 나타내었다.

### 2.2 파종 및 시비방법

공시 작물은 아시아종묘의 춘하열무를 사용하였다. 묘상은 가로 세로 각각 1 m로 하였으며, 각 묘상은 20 cm 높이의 이랑을 조성하여 구분하였다. 파종은 각 묘상당 5 줄로 직과 줄뿌림 하였으며, 2006년 8월 30일에 파종하여 2006년 10월 29일에 최종 수확하였다. 각 퇴비의 시비처리는 음식물류폐기물 부숙토는 현행 고시<sup>14)</sup>를 참고하여 건량기준 3, 6, 9 kg/m<sup>2</sup>으로 하였으며, 계분퇴비는 이등<sup>15)</sup>의 연구를 참고하여 건량기준 1, 2, 3 kg/m<sup>2</sup>으로 시비하였다. 시비방법은 총 시비량의 50 %를 기비로 2006년 8월 25일에 시비하였으며, 나머지 50 %를 추비로 2006년 9월 15일에 시비하였다. 기비시에는 토양과 충분이 혼합되도록 하였으며, 추비시에는 퇴비가 식물체에 직접 접촉하지 않도록

[Table 1] Physico-Chemical Properties of Soil

pH (1:5)	Total organic carbon (%)	Total kjedahl nitrogen (%)	Organic matter (g/kg)	Carbon/Nitrogen	Volatile solid (%)	Electrolytic conductivity (dS/m)	NaCl (%)	Soil texture <sup>4)</sup>
7.41 <sup>1)</sup> ±0.15 <sup>2)</sup>	2.2±0.5	0.1±0.1	38.7±8.8	18.0±5.9	5.1±0.2	0.09±0.01	N.D. <sup>3)</sup>	SW

- 1) Values are the mean of triplicate
- 2) Mean ± standard deviation
- 3) N.D. is none detected
- 4) Unified soil classification system

[Table 2] Physico-Chemical Properties of Food-Waste Compost and Poultry Manures Compost

	Moisture content (%)	pH (1:5)	Total organic carbon (%)	Total kjedahl nitrogen (%)	Organic matter (g/kg)	Carbon/Nitrogen	Volatile solid (%)	Electrolytic Conductivity (dS/m)	NaCl (%)
FC <sup>1)</sup>	48.4 <sup>3)</sup> ±5.2 <sup>4)</sup>	7.52 ±0.03	45.7 ±4.3	2.7 ±0.8	788.7 ±74.1	18.3 ±5.1	86.2 ±0.4	1.52 ±0.03	0.24 ±0.02
PC <sup>2)</sup>	50.7 ±2.5	5.79 ±0.08	46.0 ±1.0	1.6 ±0.1	792.4 ±17.2	28.9 ±1.4	95.1 ±0.4	1.97 ±0.11	0.43 ±0.01

- 1) FC is composted food waste and saw dust mixture
- 2) PC is composted poultry manures and saw dust mixture
- 3) Values are the mean of triplicate
- 4) Mean ± standard deviation

록 시비하였다. 모든 시비처리구는 분할구배치법으로 3반복 하였으며, 대조구로 무시비구를 3개구 설치하였다. 다음의 [Table 3]에 시비 처리구별 단위면적당 시비량과 질소시비량을 나타내었다.

### 2.3 시료조제 및 분석방법

토양 및 식물체 시료의 조제 및 이화학성 분석은 농업과학기술원의 토양 및 식물체분석법<sup>16)</sup>에 준하여 분석하였다. 토양 분석 시료는 시비 전과 시비 후, 최종 작물 수확 후에 표층의 흙을 걷어낸 후 표면에서부터 5 ~ 10 cm 사이의 시료를 채취하였으며, 풍건 후 2 mm 체로 쳐서 조제하였다. pH, EC, NaCl은 증류수와 1:5로 희석하여 30°C에서 30 분간 진탕하여 pH는 713 pH meter (metrohm, Switzeland), electric conductivity(EC)와 NaCl은 EC-400L (Istek Kora)로 각각 측정하였으며, EC는 희석배수 5를 곱하여 구하였다. 유기물 함량은 Tyurin 법, T-N은 conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 와 촉매제 (CuSO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)를 넣고 분해하여 2% 붕산용액을 수기로 받아 0.1N 황산표준용액으로 적정하여 구하였다. 식물체 시료는 한 처리구 내에서도 각 개체별 편차가 심하여 매주 한 처리구에서 성장상태가 양호한 집단과 미숙한 집단에서 각각 1본의 개체를 취하였으며, 실험실에서 깨끗이 씻은 후 수분을 제거하고 지상부와 지하부로 나누어 측정에 이용하였다.

광합성 및 수분이용효율은 LI-6400 휴대용 광

합성 측정기(LI-COR Inc., USA)를 이용하여 과종 후 45일, 60일에 측정하였다. 측정 광량은 PPFD 1,000  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , 습도는 40 ~ 60 %로 고정하였다. CO<sub>2</sub>는 45일에는 600  $\mu\text{mol}/\text{s}$ , 60일에는 700  $\mu\text{mol}/\text{s}$  로 측정하였으며, 최 외각의 잎을 1개체당 10분간 30회 측정하였으며, 처리구당 3번 반복 실험하여 평균하였다.

식물체의 성장량과 광합성효율은 5% 범위내에서 Duncan's multiple range test로 행하였으며, 통계처리는 SAS 9.1.3을 이용하여 실시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 열무의 성장기간에 따른 성장변화

음식물류폐기물 퇴비와 계분 퇴비를 사용한 포장에서의 열무 성장량을 다음의 [Table 4]에 나타내었다. 초장은 11일에 FC는 5.85 ~ 4.95 cm, PC는 5.77 ~ 5.27 cm 로 시비량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 최종 수확기인 60일 차에 FC는 32.42 ~ 44.92 cm로 시비량 증가에 따라 성장이 증가하는 경향을 나타내었으나, PC는 35.83 ~ 49.33 cm 로 PC2에서 가장 낮았으며, PC3 처리구가 49.33 cm 로 가장 컸던 것으로 나타났다.

잎의 수는 60일 시점에서 FC의 경우 12.7 ~ 16.8개의 분포를 보였으며, FC6이 16.8의 최대값을 보였다. PC의 경우에는 PC3가 17.7로 최대값

[Table 3] Application rate of N and Organic Matter

Division	Source of composting	Compost application rate (dry base, kg/m <sup>2</sup> )	Nitrogen application rate (g/m <sup>2</sup> )	Organic matter application rate (kg/m <sup>2</sup> )
NF <sup>1)</sup>	-	-	-	-
FC3	Food waste	3	79.6	2.4
FC6	+	6	159.2	4.7
FC9	Saw dust	9	238.9	7.1
PC1	Poultry manures	1	15.9	0.8
PC2	+	2	31.9	1.6
PC3	Saw dust	3	47.8	2.4

1) NF is none fertilize treatment

[Table 4] Growth of Young Radish According to Cultivation Period

Division	Cultivating period						
	11day	16day	25day	32day	39day	46day	60day
Length of leaves							
..... cm .....							
FC3	5.85a <sup>1)</sup>	9.65a	17.85a	25.33a	25.17a	25.08b	32.42b
FC6	5.45a	7.97a	19.12a	28.08a	26.33a	37.62a	42.67ab
FC9	4.95a	7.67a	19.43a	25.83a	29.42a	32.75ab	44.92ab
PC1	5.77a	8.13a	19.38a	25.92a	26.83a	30.75ab	38.17ab
PC2	5.47a	9.72a	18.78a	21.75a	26.17a	26.42ab	35.83ab
PC3	5.27a	7.73a	16.78a	25.83a	29.00a	34.58ab	49.33a
NA	5.52a	11.12a	21.73a	27.50a	29.17a	37.33ab	38.58ab
Number of leaves							
..... number .....							
FC3	2.3a	3.7ab	6.3b	11.7a	9.7a	11.0a	12.7a
FC6	2.2a	3.0ab	6.5b	11.2ab	11.5a	12.7a	16.8a
FC9	1.7a	3.0ab	8.0ab	8.8b	10.3a	12.7a	14.3a
PC1	2.8a	3.5ab	6.3b	10.2ab	11.2a	11.0a	13.8a
PC2	2.3a	3.5ab	9.0a	9.8ab	12.3a	10.3a	11.5a
PC3	2.7a	2.7b	7.0b	11.2ab	13.3a	12.5a	17.7a
NA	2.0a	4.0a	7.0b	11.7a	11.3a	15.0a	14.8a
Area of leaf							
..... cm <sup>2</sup> .....							
FC3	3.29a	10.38a	49.63a	87.25a	67.00ab	106.33ab	116.67a
FC6	2.98a	9.13a	65.08a	99.42a	122.17a	139.67ab	217.33a
FC9	2.10a	12.00a	65.79a	95.96a	39.08b	42.58b	132.42a
PC1	2.08a	12.29a	49.83a	122.50a	102.83a	78.50ab	181.00a
PC2	2.67a	13.46a	74.17a	78.00a	105.00a	91.50ab	165.83a
PC3	2.31a	8.58a	60.63a	96.67a	105.50a	126.67ab	260.33a
NA	1.59a	12.54a	67.33a	129.83a	113.67a	158.33a	178.67a
Weight of leaves(fresh)							
..... g .....							
FC3	0.47a	2.69a	13.69a	44.95a	35.26a	68.48a	152.86a
FC6	0.53a	2.27a	19.46a	56.67a	83.92a	109.39a	264.62a
FC9	0.52a	1.66a	-2)	37.97a	75.75a	99.83a	229.49a
PC1	0.42a	2.22a	11.14a	56.14a	62.99a	62.77a	127.40a
PC2	0.43a	2.49a	19.21a	37.59a	54.40a	71.37a	135.13a
PC3	0.33a	1.77a	12.91a	58.94a	80.01a	131.14a	264.23a
NA	0.40a	2.84a	19.57a	54.82a	71.48a	161.20a	208.41a
Weight of radish(fresh)							
..... g .....							
FC3	0.02a	0.07a	0.73a	8.81a	9.39a	49.08a	61.90a
FC6	0.02a	0.07ab	1.57a	7.61a	33.44a	61.42a	354.51a
FC9	0.02a	0.02bc	-	3.43a	21.84a	36.06a	152.83a
PC1	0.01a	0.03bc	0.53a	15.58a	37.89a	45.84a	200.09a
PC2	0.01a	0.03bc	1.40a	6.14a	17.43a	47.29a	178.03a
PC3	0.01a	0.02bc	2.47a	11.04a	34.21a	112.61a	307.20a
NA	0.01a	0.01c	1.66a	8.18a	32.97a	85.20a	264.75a

1) Mean separation by Duncan's multiple range test, 5% level.

2) Missing value by sample loss.

을 보였으며, PC2가 11.5 개로 가장 적었다.

잎면적에 있어서는 FC의 경우 FC6 처리구에서 217.33 cm<sup>2</sup>로 최대값을 보였다. PC의 경우에는 PC3이 260.33 cm<sup>2</sup>으로 가장 큰 성장을 보였으나, PC2가 165.83 cm<sup>2</sup>로 잎의 수와 유사한 경향이 관찰되었다.

초부의 무게는 최종 수확기인 60일에 FC처리구에서 FC6이 264.62 g으로 가장 컸으며, FC9, FC3 순으로 크기가 나타났다. PC는 127.40 ~ 264.23 g 으로 시비량이 증가할수록 성장량이 컸던 것으로 나타났다.

근부의 무게는 FC의 경우 FC6 처리구가 354.51 g으로 가장 컸으며, 다음으로 FC9, FC3 순으로 컸던 것으로 나타났으며, PC의 경우에는 PC3가 307.2 g으로 가장 컸으며, 다음으로 PC1, PC2 순으로 컸던 것으로 나타났다.

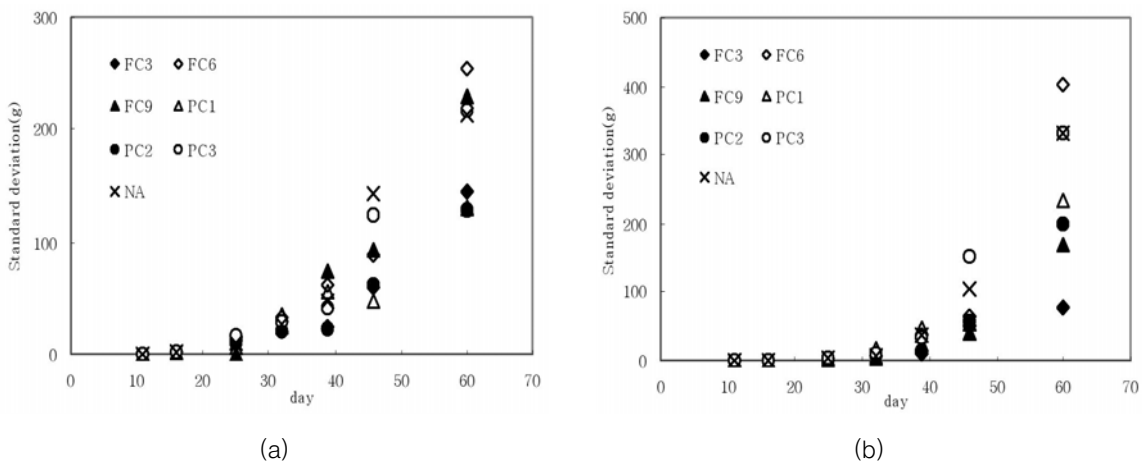
FC 처리구에서는 초장, 엽수, 엽면적에서 초기 11 일 시점에서는 시비량이 증가함에 따라 성장량이 감소하는 경향을 보이다가 초장은 시비량 증가와 정(正)의 관계를 보였으며, 엽수, 엽면적 엽중량, 근중량에서 FC6이 최고값을 보이는 것으로 나타났다.

초장의 성장과 잎의 수에서 초기 FC9 처리구에서의 성장량이 가장 적었으며, 이는 초기 발아단계에 음식물류폐기물 퇴비가 다량 들어감으로서 토양내의 EC가 증가하여 나타난 결과인 것으로 판단된다<sup>8), 17)</sup>.

옆면적, 초부의 생물량, 근부의 생물량에 있어서 실제 평균값에는 많은 차이를 보이고 있으나 분산 분석을 통해서서는 그 차이가 유의하지 않은 것으로 나타나고 있으며, 이는 한 처리구 내에서의 성장량의 편차가 심하였기 때문이라고 판단된다. 이러한 결과는 본 연구에서 과중방법과 채취한 샘플링 방법과 관계가 있는 것으로 사료된다.

본 연구기간 동안 각 처리구에서 측정된 초부와 근부의 무게의 표준편차를 보면 초부에서는 FC3, PC1, PC2 의 비교적 시비량이 적었던 처리구에서 안정된 성장을 보이는 것으로 나타났다((Fig. 2) (a)). 이러한 이유는 음식물류폐기물과 계분 퇴비가 다량으로 토양에 사용되었을 경우 종자의 발아에 영향을 미쳐 발아가 늦어지거나 발아가 이루어진 이후에도 한 동안 성장에 영향을 미쳤으리라 판단된다. 하지만 근부의 측정((Fig. 2) (b))에 있어서 그러한 경향은 나타나지 않았으며, 이는 뿌리의 성장이 밀식 등에 추가적인 영향을 받았기 때문인 것으로 사료된다.

전체적으로 생육 초기에는 무시비구가 시비구와 비교하여 성장상태가 우수한 것으로 나타나고 있으나, 생육기간이 길어질수록 이러한 차이는 줄어들거나 시비구의 성장상태가 양호하게 나타나고 있다. 이러한 결과는 퇴비 사용에 대한 작물의 성장을 분석한 전 등<sup>11)</sup>, 유 등<sup>12)</sup>, 홍 등<sup>18)</sup>의 연구결과와도 유사한 것으로 나타났다.



[Fig. 2] Standard deviation of fresh weight of leaves(a) radish(b).

### 3.2 생장기간에 따른 광합성능력

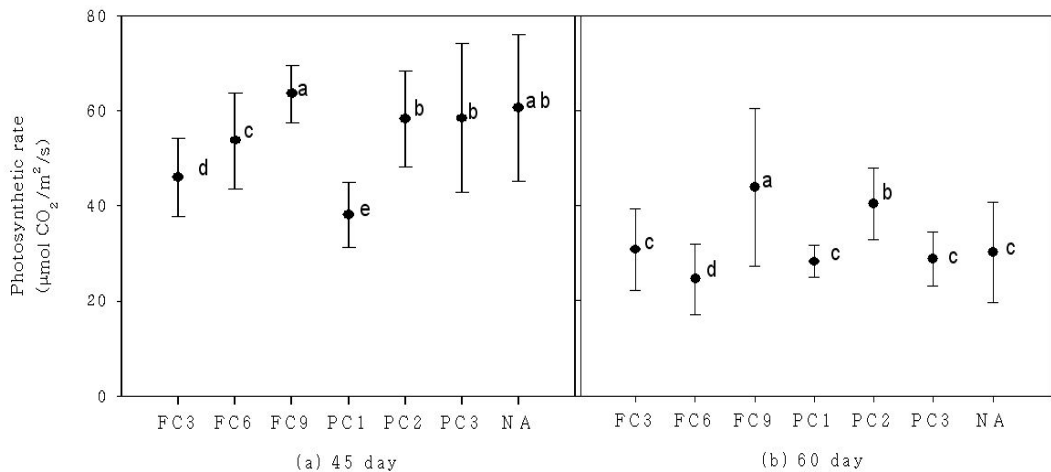
과중 이후 45일과 60일 경과한 열무의 광합성능력을 나타낸 그림은 다음의 [Fig. 3]과 같다. 전체적으로 생육기간이 길어짐으로써 광합성효율이 감소하는 경향을 보이고 있으며, 45일차에는 시비량이 증가할수록 광합성능력이 FC는 45.97 ~ 63.48  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , PC는 38.08 ~ 58.38  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 증가하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 45 일차와 60 일차에서 FC9 처리구가 각각 63.48  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 과 43.78  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 유의한 차이로 가장 높았던 것으로 나타났다. 이는 식물체의 노화와 상관성이 있는 것으로 판단되며, 초기 생육이 불량하였던 FC9 처리구에서의 옆생장이 생육 후반에 이러한 결과의 원인일 것으로 추측된다.

식물체의 광합성능력은 외부의 스트레스로 인한 감소를 보이며, NaCl에 대한 스트레스<sup>19), 26)</sup>, 오존의 흡입에 대한 스트레스<sup>20)</sup>, 세균의 감염<sup>21)</sup>, 질산성 질소의 스트레스<sup>30)</sup> 등으로 인하여 감소한다고 보고되고 있어 부정적인 환경의 영향의 지표로 이용되고 있으며, 광합성량의 감소는 식물 성장에 장애로 작용하거나 식물이 고사하는 이유가 되기도 한다. 하지만 본 연구에서는 무시비구와 시비구간에 특별한 경향을 발견할 수는 없었으며, 오히려 60일 경과 시점에서는 음식물류폐기물 퇴비의 경

우 성장량 분석에서 가장 적은 값을 나타내고 있는 FC9과 PC2 처리구에서 광합성효율이 높아지는 경향을 보이고 있다. 열무가 비교적 염분 저항성이 약한 식물<sup>16)</sup>임에도 불구하고 이러한 결과를 보인 이유는 사용한 퇴비의 NaCl과 EC의 농도가 높지 않은 수준이었기 때문이라고 판단된다.

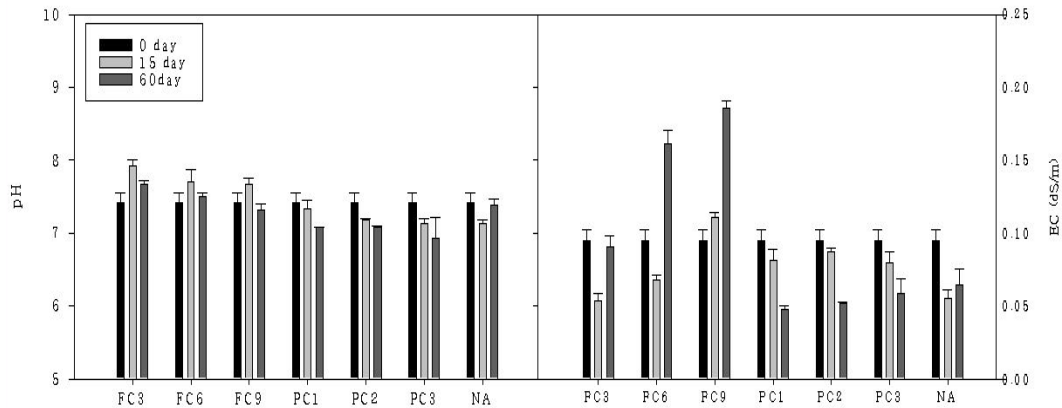
### 3.3 토양 pH 및 EC 변화

열무를 재배 한 포장에서의 작물재배 기간에 따른 토양의 pH와 EC의 변화를 다음의 [Fig. 4]에 나타내었다. FC 처리구의 경우 과중 15일 시점에서 초기 시비전과 비교하여 pH가 소폭 상승하였으며, 다시 감소하는 추세를 보이고 있었다. PC 처리구에서는 지속적으로 pH가 감소하는 경향이 나타나고 있다. 이 등<sup>5)</sup>의 연구에 따르면 퇴비 사용구에서 pH는 일시적으로 감소한 후 다시 소폭 상승하는 경향이 있다고 밝히고 있으며, 이는 본 연구에서는 무시비구에서만 나타난 현상으로 본 연구와는 차이가 있었다. 김 등<sup>22)</sup>과 김 등<sup>23)</sup>의 연구에서도 계분퇴비를 이용한 처리구에서 초기 포장의 pH와 비교하여 상승하는 결과가 나타났으나, 본 연구에서는 반대의 경향이 나타났다. 하지만 다른 연구 결과에서는 약 산성 토양에서 중성토양으로 변화하는 과정이었으며, 본 연구에서는 중성 토양을 유



[Fig. 3] Change of photosynthetic rate (analysis at PPFD : 1.000  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ,  $\text{CO}_2$  : 600  $\mu\text{mol}/\text{s}$  (a), 700  $\mu\text{mol}/\text{s}$  (b), each value represents the mean  $\pm$  standard deviation).





[Fig. 4] Variation of pH and Electric Conductivity(EC).

지하는 수준에서의 변화로 작물생육에 영향을 끼치는 수준은 아니었다고 판단된다.

EC의 변화를 살펴보면 식물물류폐기물 퇴비의 경우 15일 경과 후 소폭 감소했다가 다시 증가하는 경향을 보이고 있어 유 등<sup>12)</sup>의 연구와 유사한 결과를 보이고 있으며, 특히 식물물류폐기물 퇴비 6, 9 kg/m<sup>2</sup> 시비구에서는 그 증가폭이 초기와 비교하여 170%, 195% 증가하였다. 이러한 EC의 증가는 추비 이후에 나타난 결과로 상대적으로 염류농도가 높았던 식물물류폐기물 퇴비의 시비가 토양 염류 집적에 직접적인 영향을 나타낸 것으로 사료된다.

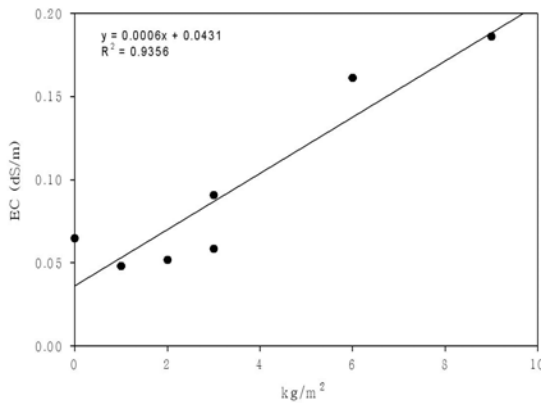
계분퇴비와 무시비구에서는 식물물류폐기물 퇴비와는 반대로 생육기간이 증가함에 따라 지속적으로 EC가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이 등<sup>5)</sup>의 연구에서도 시비 이후 EC는 점차 감소하였음을 밝히고 있으며, 감소하는 이유는 작물의 염류 흡수량과 관수에 의한 토양하층으로의 용탈과 관련이 있다고 하였다. 식물물류폐기물 퇴비를 이용한 Lee et al.<sup>10)</sup>과 계분퇴비를 이용한 김 등<sup>23)</sup>의 연구에서도 이와 유사한 결과가 나타난 것으로 밝히고 있다.

본 연구에서 사용된 식물물류폐기물 퇴비와 계분퇴비의 단위 면적당 시비량과 EC와의 관계를 다음의 [Fig. 5]에 나타내었으며, 상관계수  $R^2 = 0.93$

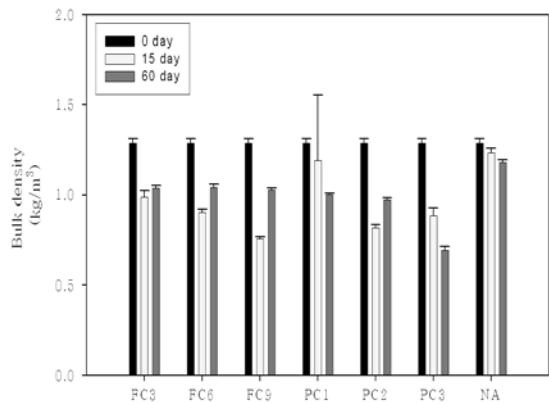
으로 시비량과 EC의 관계는 고도의 정(正)의관계를 나타내고 있다. 이러한 퇴비 시비량과 EC와의 관계는 정 등<sup>17)</sup>의 연구에서도 확인되고 있다. 일반적으로 농업에 이용되는 토양의 전기전도도는 2.0 dS/m 이하인 것으로 알려져 있다<sup>17)</sup>. 본 연구에서는 최대 0.2 dS/m 로 최적범위에는 부합하였으나, 식물물류폐기물 퇴비의 연용에 따른 염류의 용탈과 축적 등이 식물물류폐기물 퇴비의 시비량과 더불어 추가적인 연구과제로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

### 3.4 용적밀도 변화

토양내의 용적밀도는 유기물 함량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타낸다<sup>15)</sup>. 본 연구에서도 시비 종료시점인 과중 15일 경과 후에 용적 밀도가 최대로 감소하는 것으로 나타났으며, 식물물류폐기물 퇴비의 경우 시험 종료 시점에서는 다시 소폭 상승하는 것으로 나타났다. 계분퇴비의 경우에는 FC2 처리구를 제외하고 FC1과 FC3 처리구에서는 지속적으로 용적밀도가 감소하고 있는 것으로 나타났다. 전체적으로 모든 시비처리구에서 무시비구와 비교하여 낮은 용적밀도를 나타내고 있으며, 유기물 시용을 통한 토양의 용적밀도의 감소는 작물의 뿌리 생육에 긍정적인 영향을 가져오는 것으로 알려져 있다<sup>15), 24)</sup>.



**[Fig. 5]** Change in Electric Conductivity(EC) according to the application rate of compost.



**[Fig. 6]** Variation of bulk density.

#### 4. 결론

본 연구에서는 음식물류폐기물과 계분을 이용한 퇴비를 사용한 포장에서 열무 재배를 통하여 음식물류폐기물 퇴비의 답토양에 대한 이용 가능성에 대한 평가를 하고자 하였다.

연구 결과 음식물류폐기물과 계분을 원료로 한 퇴비 시비구에서 용적밀도가 감소되었으며, pH는 중성부근으로 수렴하는 경향을 관찰할 수 있었다. 식물의 생장량에 있어서는 음식물류폐기물 퇴비 6kg 처리구에서 엽수, 엽면적, 엽중량, 근중량이 최고값을 보였다. 하지만 9kg 처리구에서는 6kg 처리구와 비교하여 초장을 제외한 모든 측정 자료에서 작아지는 경향을 보여 열무에 대한 음식물류폐기물 퇴비의 시비량은 최대 6kg 이하가 적절할 것으로 판단된다. 이와 같은 시비량 증가에 따른 식물 생육 저해 현상에 대해 박 등<sup>8)</sup>과 장 등<sup>25)</sup>은 음식물류폐기물을 원료로 한 퇴비의 작물 저해작용은 각각 토양 시비 후 짧은 안정화 기간과 휘발성 지방산과 Na의 함량이 지속적으로 성장에 영향을 준다고 보고한 바 있으며, 초기 종자의 발아에 부정적인 영향을 끼친다고 한 박 등<sup>8)</sup>의 연구에 비추어보아 따라서 본 연구 결과와 일치한다고 판단된다.

퇴비를 시비한 토양에서 시비량에 따라 electric conductivity (EC)가 증가하는 것을 확인할 수 있

었으며, 특히 음식물류폐기물 퇴비를 시비한 토양에서는 6, 9 kg/m<sup>2</sup> 시비구에서 생육기간에 따라 지속적으로 증가하는 경향이 나타나고 있었다. 따라서 음식물류폐기물 퇴비 내에 존재하는 NaCl은 현행 고시로서 1% 이하로 규정하고 있지만, 실제로 포장에 시용시에는 토양의 현재 염류집적도와 토성에 따른 용탈특성 등을 고려하여야 할 것으로 판단된다.

퇴비를 시비함으로써 유기물이 토양에 공급되게 되고, 이에 따라 용적밀도의 감소와 성장량이 증가하는 효과를 나타낼 수 있지만, 다량의 유기물 시용은 식물의 생육을 오히려 저해하는 것으로 보고되고 있다.<sup>24), 27), 28)</sup> 김 등<sup>29)</sup>은 연구를 통하여 유기성 물질의 시용은 화학비료와 혼용시에 적절한 혼합비를 갖춰야 최대 효과를 거둘 수 있음을 시사하고 있다. 따라서 직접적인 수요처의 토양 특성에 맞는 시비처방전과 적절한 토양내 유기물 함량을 유지할 수 있는 범위 내에서의 음식물류폐기물 퇴비 시용량 산정 등이 추가적으로 연구되어야 할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 환경부, 환경통계연감, pp. 135~140 (2006).

2. 유기영, 유명진, 이동훈, “도시쓰레기 질의 변화가 저위발열량에 미치는 영향”, 한국폐기물학회지, 11(3), pp. 368~376 (1994).
3. 홍상표, “대도시 음식물쓰레기 재활용 방안 평가”, 환경영향평가, 8(1), pp. 133~139 (1999).
4. 배재근, 폐기물처리공학, 초판, 구미서관, pp. 780~823 (2005).
5. 이상석, 장기운, “음식물찌꺼기 퇴비의 시용에 따른 토양의 화학성 변화 및 작물체내 염류의 흡수”, 유기물자원화, 6(2), pp. 59~67 (1998).
6. 신항식, 황응주, “유기성 폐기물의 자원화 가능성 및 퇴비 이용 전망 평가”, 유기물자원화, 6(2), pp. 7~30 (1998).
7. 김이열, 조현준, 환경화, “유기성 물질 시용에 따른 농경지 토양물리성 변화 연구”, 한국토양비료학회지, 37(5), pp. 304~314 (2004).
8. 박진영, 조경철, 김희경, 지연태, 정순주, “음식물 쓰레기 퇴비가 오이 발아와 유묘생장에 미치는 영향”, 농업과학기술, 36, pp. 101~108 (2001).
9. 김기주, 공성호, 강혜련, “호기성 퇴비화 공정을 중심으로 음식물쓰레기에 대한 숙성퇴비의 적정성 연구”, 한양대학교 환경과학논문집, 23, pp. 39~46 (2002).
10. Lee SangEun, HyunJin Ahn, SeungKil Youn, SeakMin Kim, KwangYoung Jung, “Application effect of food waste compost abundant in NaCl on the growth and cationic balance of rice plant paddy soil”, Korean J. Soil Sci. & Fert., 33(2), pp. 100~108 (2000).
11. 전운태, 박길환, 조경철, 김희경, 지연태, 정순주, “저염도 음식물 쓰레기를 이용한 퇴비 시여가 배추의 생육에 미치는 영향”, 농업과학기술, 36, pp. 91~99 (2001).
12. 유영석, 장기운, 이지환, “남은 음식물 퇴비 시용에 따른 토양의 이화학적 변화와 고추생육에 미치는 영향”, 유기물자원화, 9(4), pp. 81~88 (2001).
13. 정병간, 최정원, 윤을수, 윤정희, 김유학, “우리나라 밭 토양 화학적 특성”, 한국토양비료학회지, 34(5), pp. 326~332 (2001).
14. 유기성오니등을토지개량제및매립시설복토용도로의재활용방법에관한규정, 환경부, (2003).
15. 이춘수, 신관용, 이정태, 이계준, 안재훈, “계분퇴비 시용시 고랭지 배추에 대한 질소 시비량 결정”, 한국토양비료학회지, 36(5), pp. 280~289 (2003).
16. 농업과학기술원, 토양 및 식물체분석법 (2000).
17. 정희돈, 장인석, 최영준, “토양 EC가 오이의 종자발아, 유묘의 생장, 자화착생 및 과실비대에 미치는 영향”, 원예과학기술지, 19(4), pp. 495~200 (2001).
18. 홍순달, 석영선, 사동민, “발효부산물 오니의 시용이 열무 성장과 토양이화학적성에 미치는 영향”, 한국환경농학회지, 20(1), pp. 8~14 (2001).
19. 천상욱, 박종환, “염분에 대한 콩의 생리학적 반응지표 연구”, 한국환경농학회지, 22(3), pp. 185~191 (2003).
20. 이재천, 한심희, 장석성, 조경진, 김용을, “작나무류 잎의 오존흡입량이 광합성 및 항산화효소 활성에 미치는 영향”, 한국농림기상학회지, 4(2), pp. 72~79 (2002).
21. Guo De-Ping, Yang-Ping Guo, Jian-Ping Zhao, Hui Liu, Yan Peng, , Qiao-Mei Wang, Ji-Shuang Chen, Gui-Zhen Rao, “Photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in leaves of stem mustard(Brassica juncea var. tsatsai) after turnip mosaic virus infection”, Plant Science, 168, pp. 57~63 (2005).
22. 김종구, 이경보, 이덕배, 이상복, 김성조, “계분퇴비 시용이 채소류 생육과 양분이용률에 미치는 영향”, 한국토양비료학회지, 31(2), pp. 177~182 (1998).

23. 김종구, 이경보, 김재덕, 한상수, 김성조, “유기물원이 다른 퇴비연용 밭토양에서 양분유효성 변화”, 한국토양비료학회지, 33(6), pp. 432~445 (2000).
24. 황기성, 유봉식, 김영철, “가축분 퇴비 사용량에 따른 고추나무의 생육상황 변화”, 한국환경농학회지 25(2), pp. 170~173 (2006).
25. 장기운, 이인복, 임재신, 임현택, “부숙과정 중 음식물찌꺼기의 식물독성 평가”, 한국토양비료학회지, 29(3), pp.312~320 (1996).
26. R. Romero-Aranda, T. Soria, J. Cuartero, “Tomato plant-water uptake and plant waer relationships under saline growth conditions”, plant Science, 160, pp. 265~272 (2001).
27. 강보구, 김현주, 이경자, 박성규, “고추에 대한 돈분액비 사용기준 설정”, 한국토양비료학회지, 37(6), pp. 388~395 (2004).
28. 강성수, 홍순달, “토양의 질산태 질소 검정에 의한 시설재배 방울토마토의 질소 적정시비량 추정”, 한국토양비료학회지, 37(2), pp. 74~82 (2004).
29. 김복진, 홍성범, 김태주, “무 생육에 대한 도시하수오니의 사용효과”, 한국토양비료학회지, 29(4), pp. 419~423 (1996).
30. Ashraf M., Habib-ur-Rehman, “Interactive effects of nitrate and long-term waterlogging on growth, water relations, and gaseous exchange properties of maiz(Zea may L.), Plant Science, 144, pp. 35~43 (1999). 