

# 도시농업에서 음식물퇴비 사용에 따른 환경위해성평가 기초연구

정 환 도



## 연구진

연구책임

- 정환도 / 도시기반연구실 책임연구위원

# □ 요약문 □

## 1. 연구의 필요성 및 목적

### ○ 필요성

오늘날의 도시농업은 웰빙과 안전한 먹거리라는 관심증가로 인하여, 참여인구와 이용 면적이 증가하고 있다. 한편, 도시농업은 농업이라는 측면에서 양분의 공급이 필요하다. 이때, 양분의 공급에 이용되는 것은 유기성 폐기물 자원화 계획의 일환으로 생산된 음식물퇴비를 이용하는 경향이 증가하고 있다.

과거 음식물퇴비에 관한 연구에서는 과다 시비로 인한 토양 염류집적과 수량 감소에 대한 연구가 진행되었다. 그러나 음식물퇴비를 사용하였을 때 나타날 수 있는 토양오염과 식물체의 먹거리로서의 안전성에 관한 연구는 미비하다.

### ○ 목적

본 연구에서는 음식물퇴비를 도시농업 적용에 있어서 발생할 수 있는 토양과 식물체의 환경적 안전성에 대해서 분석하였다.

특히 토양에서는 pH, EC, 유기물함량, 총 질소, 유효인산, 염소이온, 양이온(Na, K, Ca, Mg), 중금속(Al, As, Fe, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)을 분석하였다.

또한, 식물체에서는 총 질소, 총 인, 양이온(Na, K, Ca, Mg) 및 중금속(Al, As, Fe, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)을 분석하였다.

## 2. 실험 설계

### ○ 실험 장소

본 연구에서 실험은 도시농업 프로그램에서 이용되는 유성구 하기동 58-3의 밭을 이용하였다. 실험의 조건은 음식물퇴비를 시비한 실험구와 무처리의 대조구를 나누어 3개월 동안 식물(고추)을 재배하였으며, 시료의 채집은 2주 간격으로 식물 및 토양(표층 및 심층)을 채집하였다.

<표-1> 시료의 채집 시기

5월 14일	5월 28일	6월 25일	7월 09일	7월 23일
음식물퇴비 시비	고추 식재	토양, 고추 채집	토양, 고추 채집	토양, 고추 채집
8월 06일	8월 20일	9월 05일	9월 19일	
토양, 고추 채집	토양, 고추 채집	토양, 고추 채집 고추 수확	토양 채집	

### ○ 토양의 위해성 분석

토양의 물리적 특성분석으로는 토성을 분석하였다.

토양의 화학적 특성분석으로는 pH, EC, 유기물 함량, 총 질소, 유효인산, 염소이온, 양이온(Na, K, Ca, Mg), 중금속(As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn)을 분석하였다.

### ○ 식물의 안전성 분석

식물의 생육성장 분석에서는 체장, 뿌리길이, 최장잎의 길이와 폭, 식물체의 총중량, 열매의 무게, 수확량을 측정하였다.

식물체의 화학적 분석에서는 식물체 내(잎 및 열매)의 양이온(Na, K, Ca, Mg)과 중금속(As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn)을 분석하였다.

〈표-2〉 시료의 분석항목

구분	토양		식물	
	물리적 특성	화학적 특성	생육성장	화학적 특성
분석 항목	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH</li> <li>• EC</li> <li>• 유기물</li> <li>• 총 질소</li> <li>• 유효인산</li> <li>• 염소이온</li> <li>• 양이온 (Na, K, Ca, Mg)</li> <li>• 중금속 (As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 채장</li> <li>• 뿌리길이</li> <li>• 최장일 길이</li> <li>• 최장일 폭</li> <li>• 식물체 총중량</li> <li>• 열매 중량</li> <li>• 열매 수확량</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 총 질소</li> <li>• 총 인</li> <li>• 양이온 (Na, K, Ca, Mg)</li> <li>• 중금속 (As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn)</li> </ul>

### 3. 실험 결과

#### 1) 토양의 위해성 분석

##### ○ 토양의 물리적 특성

물리적 특성에서는 토성을 분석하였으며, 대조구와 실험구 모두 같은 것으로 나타났다. 구체적으로 토성은 대조구와 실험구 모두 사양토로 양분과 수분의 보유력이 낮을 것으로 나타났다.

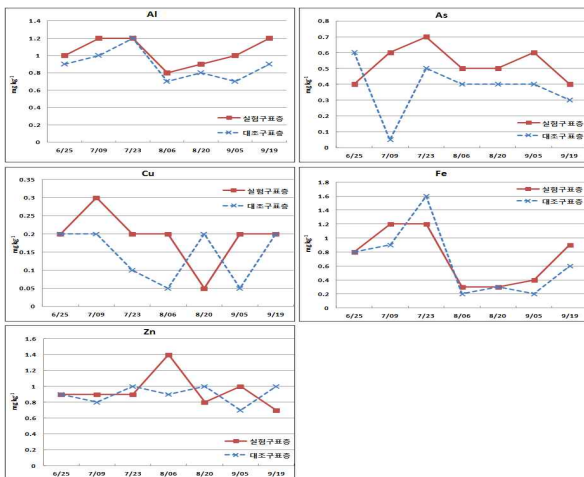
##### ○ 토양의 화학적 특성

토양의 화학적 특성에서는 pH, EC, 유기물 함량, 총 질소, 유효인산, 염소이온, 양이온, 중금속을 분석하였으며, 대조구와 실험구 모두 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

구체적으로 pH는 표층에서 대조구와 실험구 모두 토양의 적정 pH범위와 비슷한 것으로 나타났으나, 심층에서는 1낮은 것으로 나타났다. EC는 대조구와 실험구 모두 토양 염류화 가능성이 낮은 것으로 나타났다.

- v -

유기물 함량은 대조구와 실험구 모두 표층에서 고추생육의 적정 유기물 함량보다 다소 많은 것으로 나타났으나, 심층에서는 일정기간 이후 급격하게 감소하는 것으로 나타났다. 총 질소에서는 대조구와 실험구 모두 비슷한 농도로 나타났으며, 일반 경작지 표층토의 총 질소 함량 평균과 큰 차이를 보이지 않았다. 유효인산은 대조구와 실험구 모두 비슷한 농도로 나타났으며, 고추생육의 적정 유효인산 농도보다 높은 것으로 나타났다.



〈그림-1〉 토양 표층의 중금속 농도

염소이온은 대조구와 실험구 모두 비슷한 농도로 나타났으며, 수질오염 기준보다 다소 높은 것으로 나타났다. 양이온은 4가지 원소가 대조구와 실험구 모두 비슷한

농도로 나타났으며, 토양 염류화 가능성은 낮은 것으로 나타났고, 고추 생육의 적정 이온 농도에서 크게 벗어나지 않아 작물생육에도 문제가 없을 것으로 나타났다.

중금속은 9가지 원소가 대조구와 실험구 모두 비슷한 농도로 나타났으며, 토양오염 우려기준을 초과하지 않는 것으로 나타났다.

## 2) 식물의 안전성 분석

### ○ 식물체의 생육성장 분석

식물체의 생육에서는 생육초기 실험구에서 좋은 것으로 나타났으며, 생육중반 이후부터는 비슷한 것으로 나타났다.

구체적으로는 체장, 뿌리길이, 최장잎의 길이와 폭, 식물체의 총중량은 생육초기 실험구에서 급격하게 증가하는 것으로 나타났으나, 생육중반 이후부터는 비슷한 것으로 나타났다.

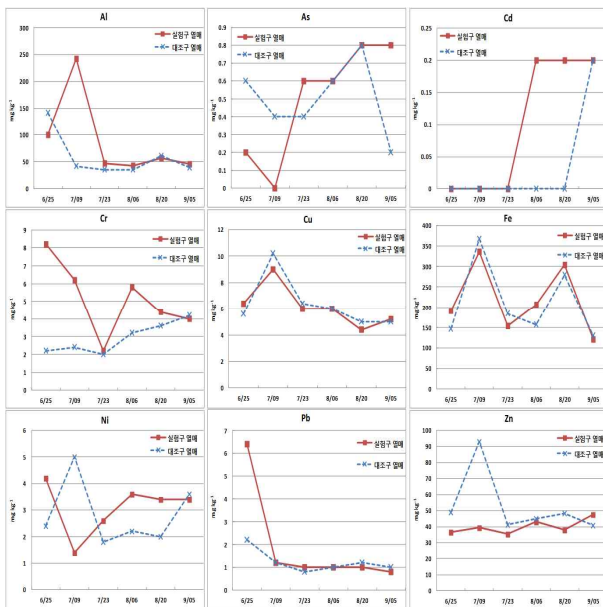
열매의 무게는 대조구와 실험구 모두 상승했다 감소하는 것으로 나타났으며, 건중량에서는 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 수확량에서는 실험구에서 더 높은 것으로 나타났다.

### ○ 식물체의 화학적 분석

식물체의 화학적 분석에서는 대조구와 실험구 모두 비슷한 것으로 나타났으며, 생육에는 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. 그러나 중금속 중 Cd와 Pb가 식품안전기준을 초과하는 것으로 나타났다.

구체적으로는 총 질소와 총 인이 대조구와 실험구 모두 비슷한 함량인 것으로 나타났다.

양이온은 4가지 원소가 대조구와 실험구 모두 비슷한 함량인 것으로 나타났으며, 식물체내 무기양분의 농도범위 내에 포함되는 것으로 나타났다.



<그림-2> 식물체 열매의 중금속 함량

중금속에서는 9가지 원소가 대조구와 실험구 모두 비슷한 함량인 것으로 나타났다. 한편, 토양에서 검출되지 않은 Cd, Cr, Pb가 검출되었으며, Cd와 Pb는 식품안전기준을 초과하는 것으로 나타났다.

#### 4. 결론 및 정책제언

본 연구는 음식물폐비를 도시농업에서 사용했을 때 발생할 수 있는 토양 및 식물체의 환경적 안전성에 대해서 조사·분석하였다.

토양에서는 토양오염의 가능성은 낮은 것으로 나타나 토양의 위해성은 적은 것으로 판단된다. 식물체의 생육에서는 악영향이 없는 것으로 나타났으며, 식물의 안전성은 문제가 없을 것으로 판단된다.

식물체내에서는 중금속이 검출되었으나, 이것은 토양에서 검출되지 않았던 것으로 음식물폐비의 영향이 아니라, 외부로의 유입경로(대기중에 녹아있는 중금속 등이 잎 등을 통해 흡수되어, 열매 등에 일부 축적)에 의한 영향으로 판단된다.

결과적으로 도시농업에서 음식물폐비의 사용에는 환경적 문제는 적은 것으로 판단되어, 음식물폐비 활성화를 위한 정책적 지원 조치가 필요할 것으로 판단된다.

#### 5. 향후 연구방향

본 연구에 이어, 후속적으로 추진되어야 하는 과제는 다음과 같다. 먼저, 외부 환경적 요인을 고려하는 토양 및 식물체의 위해성과 안정성에 대한 연구와 더불어 잔류농약실험 등이 필요하다. 특히, 대기중에 포함되어 있는 중금속 등의 영향을 받을 수 있는 도시농업은 지역적 특성에 따라 생산되는 농작물의 화학적 특성이 다를 것으로 사료된다. 이 때문에 대기적 특성과 관련하여 환경적 요인은 제한한 상태에서의 연구가 필요하다.

또한, 도시농업에서 먹거리 안전성을 위협할 수 있는 요인들에는 화학비료, 농약 등의 사용이 있을 것으로 판단된다. 따라서 도시농업에서 대체농약을 이용한 유기농업으로의 방향전환을 위한 대안 연구가 필요하다.

### □ 용 어 정 리 □

○ 음식물쓰레기퇴비, 음식물퇴비 : 음식물쓰레기퇴비란 퇴비공정규격에서 규정되어 있는 부산물퇴비로, 원료로 음식물쓰레기를 사용한다.

한편, 음식물퇴비는 음식물쓰레기퇴비와 같은 용어로서 사용되어진다. 그러나 음식물쓰레기퇴비의 경우 어감상 시민들에게 부정적인 이미지를 부여할 수 있어 사용 활성화에 영향이 있을 것으로 사료되어 음식물퇴비로 적시한다. 이때 과거사례나 국외 사례의 경우 음식물쓰레기퇴비로 적시한다.

○ 로컬푸드 : 로컬푸드란 특정 지역 내에서 생산된 식료품들을 해당 지역 내에서 소비하는 것을 의미한다. 이것은 먹거리 생산의 투명성을 부여하고, 그 결과 시민들에게 하여금 생산된 먹거리가 안전하다는 것을 부각시켜주는 효과를 가지고 있다. 또한, 지역내의 도·농 교류의 효과를 볼 수 있는 시스템이기도 하다.

○ 환경위해성평가 : 일반적인 환경위해성평가는 어떠한 물질이나 위험상황에 노출되었을 때 나타날 수 있는 개인 또는 집단의 건강 피해 확률을 추정하는 것이다.

본 연구에서의 환경위해성평가란, 음식물폐비를 토양에 사용하였을 때 발생할 수 있는 위해성이나 안전성에 대해서 토양은 토양환경보전법을, 식물체는 먹거리로 이용할 수 있는 식품안전관리기준을 척도로 하여 위해성에 대해서 평가하였다.

- 목 차 -

<b>제1장 연구의 개요</b> .....	3
제1절 연구의 배경 및 목적 .....	3
1. 연구의 배경 .....	3
2. 연구의 목적 .....	4
제2절 연구의 범위 및 방법 .....	5
1. 연구의 범위 .....	5
2. 연구의 방법 .....	5
<b>제2장 도시농업의 국내외 사례조사 및 음식물퇴비 적용사례조사</b> .....	9
제1절 도시농업 개요 및 사례조사 .....	9
1. 도시농업 개요 .....	9
2. 국내외 도시농업 사례조사 .....	11
제2절 음식물퇴비의 적용사례조사 .....	46
1. 음식물퇴비의 사례조사 .....	46
2. 음식물퇴비 사용의 문제점 .....	62
<b>제3장 음식물퇴비 사용에 대한 토양 위해성과 식물체 먹거리 안전성</b>	
<b>검토</b> .....	73
제1절 실험의 개요 및 설계 .....	73
1. 실험지의 위치 및 조건 .....	73
2. 실험방법 .....	77
3. 본 실험에서의 음식물퇴비 기본조성 .....	80
제2절 토양의 위해성 분석 .....	82
1. 토양의 물리적 특성 분석 .....	82
2. 토양의 화학적 특성 분석 .....	84
제3절 식물체의 안전성 분석 .....	104
1. 식물체의 생육성장 분석 .....	104
2. 식물체의 화학적 분석 .....	118
<b>제4장 결론 및 정책제언</b> .....	135
제1절 결론 .....	135
제2절 정책제언 .....	136
<b>참고문헌</b> .....	138

## - 그림 목 차 -

<그림 1-1> 연구 수행절차 .....	6
<그림 2-1> 대정광역시 도시농업 육성 비전 및 목적 .....	19
<그림 2-2> 대정광역시 도시농업 참여의향 .....	21
<그림 2-3> 대정광역시 도시농업 효과 설문조사 결과 .....	22
<그림 2-4> 뉴욕 맨해튼 옥상농원 .....	25
<그림 2-5> 뉴욕 브루클린 'Brooklyn Grange' 및 옥상농원 .....	26
<그림 2-6> 시카고 'Xochiquetzal Peace Garden' .....	27
<그림 2-7> 펜실베이니아 로컬푸드 운영 및 도시농업 .....	28
<그림 2-8> Tenth acre farms의 모습 .....	29
<그림 2-9> Battery urban farm의 모습 .....	30
<그림 2-10> Gotham greens에서 운영하는 푸드 마켓과 온실 .....	31
<그림 2-11> 아바나의 수경재배 농법 .....	32
<그림 2-12> 캐나다 밴쿠버 식물공장형 가든 .....	34
<그림 2-13> 독일의 도시농업 'Kelingarten' .....	37
<그림 2-14> 영국의 도시농업 'Allotment' .....	38
<그림 2-15> 러시아의 도시농업 'Dacha' .....	39
<그림 2-16> 일본의 도시농업 '시민농원' .....	43
<그림 2-17> 중국 농촌개혁 청사진 .....	45
<그림 2-18> 나가이시 음식물쓰레기 퇴비 생산 및 이용 과정 .....	48
<그림 2-19> 음식물쓰레기 퇴비화 (공장) .....	65
<그림 2-20> 음식물쓰레기 퇴비화 (개인) .....	65
<그림 2-21> 부영양화로 인한 녹조현상 .....	68
<그림 2-22> Na의 토양 입단구조 파괴 .....	69
<그림 3-1> 실험위치 .....	73
<그림 3-2> 실험구역 .....	74

<그림 3-3> 고랑만들기 .....	75
<그림 3-4> 대조구와 실험구 시비, 경운, 식재 .....	76
<그림 3-5> 표층토 채집 .....	78
<그림 3-6> 심층토 채집 .....	78
<그림 3-7> 토양 삼각도를 이용한 토성분석 .....	83
<그림 3-8> 토양의 pH 변화 .....	84
<그림 3-9> 토양의 EC 변화 .....	86
<그림 3-10> 토양의 유기물 함량 변화 .....	87
<그림 3-11> 토양의 총 질소 함량 변화 .....	89
<그림 3-12> 토양의 유효인산 함량 변화 .....	91
<그림 3-13> 토양의 염소이온 함량 변화 .....	93
<그림 3-14> 표층토양의 양이온 함량 변화 .....	96
<그림 3-15> 심층토양의 양이온 함량 변화 .....	97
<그림 3-16> 표층토양의 중금속 함량 변화 .....	101
<그림 3-17> 심층토양의 중금속 함량 변화 .....	102
<그림 3-18> 고추의 체장 및 뿌리길이 측정 .....	104
<그림 3-19> 고추의 체장 변화 비교 .....	105
<그림 3-20> 고추의 뿌리길이 변화 비교 .....	106
<그림 3-21> 최장잎의 길이 및 폭 측정 .....	107
<그림 3-22> 고추의 최장잎 길이 변화 비교 .....	108
<그림 3-23> 고추의 최장잎 폭 변화 비교 .....	108
<그림 3-24> 고추의 생체중량 변화 비교 .....	110
<그림 3-25> 고추의 건체중량 변화 비교 .....	110
<그림 3-26> 고추의 열매 생체중량 변화 비교 .....	113
<그림 3-27> 고추의 열매 건체중량 변화 비교 .....	113
<그림 3-28> 고추의 수확량 비교 .....	114
<그림 3-29> 고추의 수확량 비교 .....	115
<그림 3-30> 고추의 수확량 측정 (생체중) .....	116



<그림 3-31> 고추의 수확량 측정 (건체중) .....	117
<그림 3-32> 식물체의 총 질소 함량 변화 비교 .....	118
<그림 3-33> 식물체의 총 인 함량 변화 비교 .....	120
<그림 3-34> 식물체 잎의 양이온 함량 .....	123
<그림 3-35> 식물체 열매의 양이온 함량 .....	124
<그림 3-36> 식물체 잎의 중금속 함량 .....	127
<그림 3-37> 식물체 잎의 중금속 함량 .....	128
<그림 3-38> 식물체 열매의 중금속 함량 .....	129
<그림 3-39> 식물체 열매의 중금속 함량 .....	130

## - 표 목 차 -

<표 2-1> 전국 도시농업 면적 및 참여인구 변화 동태 .....	12
<표 2-2> 도시농업의 형태별 분류 .....	13
<표 2-3> 도시농업의 유형별 분류 .....	14
<표 2-4> 2014년 서울시 도시텃밭 현황 .....	15
<표 2-5> 서울특별시 관리대상 텃밭농원 .....	16
<표 2-6> 서울특별시 옥상농원 운영현황 .....	16
<표 2-7> 2013년 부산광역시 옥상텃밭 운영성과 .....	17
<표 2-8> 2014년 대구광역시 도시농업 주요 사업계획 .....	18
<표 2-9> 대전광역시 도시농업 중점 추진방향 .....	20
<표 2-10> 2013년 대전광역시 도시농업 유형별 현황 .....	20
<표 2-11> 2013년 대전광역시 자치구별 도시농업 현황 .....	21
<표 2-12> 광주광역시 도시농업 활성화 추진계획 .....	23
<표 2-13> 일본의 시민농원 이력과 형태 .....	42
<표 2-14> 네덜란드 유기성 가정쓰레기 퇴비의 중금속 기준치 .....	54
<표 2-15> 연도별 음식물쓰레기 발생량 .....	63
<표 2-16> 대전광역시 음식물쓰레기 발생량 .....	63
<표 2-17> 2011년 음식물쓰레기 재활용 현황 .....	64
<표 2-18> 비료공정규격 .....	66
<표 2-19> 암모니아 가스의 농도별 피해증상 .....	67
<표 3-1> 토양 및 고추 채집시기 .....	77
<표 3-2> 시료 분석 항목 .....	79
<표 3-3> 금고동매립지 음식물퇴비 화학 조성 .....	80
<표 3-4> 금고동매립지 음식물퇴비 화학 조성 분석 비교 .....	81
<표 3-5> 실험 토양의 토성 분류 .....	82
<표 3-6> 토양의 pH 변화 및 비교 .....	84

<표 3-7> 토양의 EC 변화 및 비교 .....	85
<표 3-8> 토양의 유기물 함량 .....	87
<표 3-9> 토양의 총 질소 함량 .....	89
<표 3-10> 토양의 유효인산 함량 .....	90
<표 3-11> 토양의 염소이온 함량 .....	92
<표 3-12> 토양의 양이온 함량 .....	95
<표 3-13> 토양환경오염 우려기준 및 대책기준 .....	98
<표 3-14> 토양의 중금속 함량 .....	100
<표 3-15> 고추 체장 및 뿌리길이 변화 비교 .....	105
<표 3-16> 최장잎 길이 및 폭 변화 비교 .....	107
<표 3-17> 식물체의 중량 변화 비교 .....	109
<표 3-18> 열매의 중량 변화 비교 .....	112
<표 3-19> 열매의 수확량 .....	114
<표 3-20> 식물체의 총 질소 함량 변화 .....	118
<표 3-21> 식물체의 총 인 함량 변화 .....	119
<표 3-22> 식물체내 무기양분의 농도 범위 .....	121
<표 3-23> 식물체의 양이온 함량 .....	122
<표 3-24> 식물체내 중금속의 농도 범위 .....	125
<표 3-25> 식물체의 중금속 함량 .....	126

## 제 1 장

### 연구의 개요

제1절 연구의 배경 및 목적

제2절 연구의 범위 및 방법

# 제1장 연구의 개요

## 제1절 연구의 배경 및 목적

### 1. 연구의 배경

오늘날의 도시농업은 웰빙과 안전한 먹거리라는 관심증가로 인하여, 참여인구와 이용 면적이 증가하고 있다.

국내의 도시농업은 2010년 104 ha에서 2012년 558ha로 약 5.4배 증가하였으며, 도시농업 참여자 수는 15만 3천명에서 76만 9천명으로 약 5배 증가하였다. 이중 대전광역시의 2013년도 도시농업의 텃밭면적은 5.7ha, 참여자는 24,920명으로 조사되었다.

한편, 도시농업은 농업이라는 측면에서 양분의 공급이 필요하다. 이때, 양분의 공급에 이용되는 것은 유기성 폐기물 자원화 계획의 일환으로 생산된 음식물폐비를 이용하는 경향이 증가하고 있다. 이것은 유기성 폐기물을 자연으로 순환시킴으로써 폐기물 처리와 동시에 자연으로 양분을 되돌려 보낸다는 취지다.

그러나 과거 음식물쓰레기퇴비에 관한 연구에서는 과다 사용시 토양염류 집적의 우려와 연용시 작물의 수량 감소와 같은 결과뿐이다. 이것은 일반적인 퇴비에서도 과다하게 사용하면 일어날 수 있는 현상으로 판단된다.

한편, 음식물퇴비를 사용하였을 때 일어날 수 있는 토양과 식물체에 있어서의 환경적 또는 이화학적 위해성에 대해서는 연구가 거의 없다고 할 수 있다. 또한, 음식물쓰레기의 특성상 일정하지 않은 화학적 특성 때문에 정해진 사용적정량에 따른 기준이 없다.

따라서 음식물퇴비를 도시농업의 사용에 있어서 토양과 식물체에 대한 환경적 안전성을 알아볼 필요가 있다.

### 2. 연구의 목적

음식물쓰레기퇴비의 가장 큰 문제점은 사용시 토양내 염분의 집적으로 인한 작물의 생육장애와 같은 악영향이 있을 수 있다. 이것은 음식물쓰레기퇴비의 원료 특성인 국내 음식문화에 의한 것으로, 기본적인 원료의 염분농도가 높은 데서 일어나는 현상이다.

그러나 음식물쓰레기퇴비의 생산방식에 대한 연구와 염분감량에 대한 연구들이 진행됨에 따라서 현재로서는 염분에 대한 문제는 크게 일어나지 않는 것으로 판단된다.

한편, 음식물퇴비의 환경적 안전성에 대한 연구는 진행되지 않는 것으로 나타났다. 특히, 중금속류의 함량 등에 대한 연구는 부족하다.

따라서 본 연구에서는 도시농업에서 음식물퇴비의 사용에 있어서 토양과 식물체의 안전성과 위해성에 대해서 알아보려고 한다.

## 제2절 연구의 범위 및 방법

### 1. 연구의 범위

본 연구에서는 도시농업의 대표적인 유형과 사례를 조사하고, 그 내용에 대해서 살펴본다.

다음으로 도시농업에 있어서 유기성 폐기물 자원화 계획의 산물인 음식물퇴비의 사용함에 따라 발생하는 현상에 대해서 연구한다.

마지막으로 도시농업에 음식물퇴비 사용에 따른 토양오염 위해성과 식물체 안전성을 조사한다.

### 2. 연구의 방법

본 연구는 문헌조사와 직접적인 실험을 위주로 연구를 진행하였으며, 음식물퇴비의 위해성은 도시농업의 초점에 맞춰 제시한다.

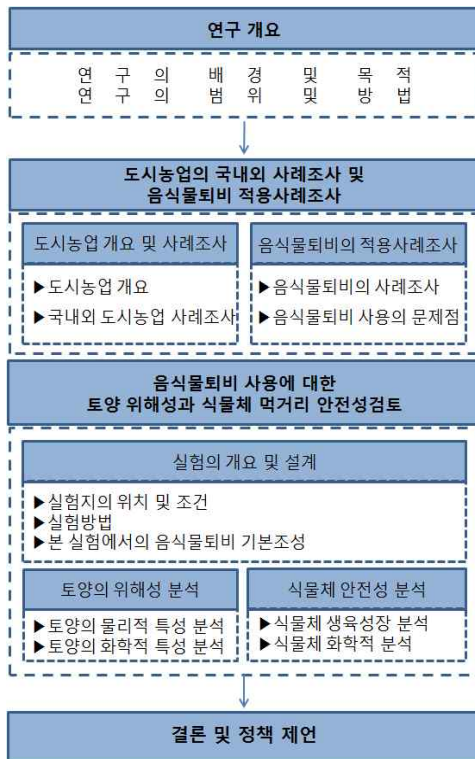
구체적으로 본 연구에서는 연구목적 달성을 위해, 국내외 도시농업의 형태와 효과를 조사하여 도시농업의 기능에 대해서 제시한다.

다음으로 연구목적 달성을 위해 음식물퇴비를 농업에 사용하였을 때 나타날 수 있는 안전성과 위해성 효과에 대해서 연구한다.

마지막으로 도시농업에서 음식물퇴비를 사용하였을 때 발생할 수 있는 안전성과 위해성에 대해서 분석한다.

연구 흐름도는 <그림 1-1>과 같다.

- 5 -



<그림 1-1> 연구 수행절차

- 6 -

## 제 2 장

---

### 도시농업의 국내외 사례조사 및 음식물폐비 적용사례조사

.....  
제1절 도시농업 개요 및 사례조사

제2절 음식물폐비의 적용사례조사  
.....

## 제2장 도시농업의 국내외 사례조사 및 음식물폐비 적용사례조사

### 제1절 도시농업 개요 및 사례조사

#### 1. 도시농업 개요

##### 1) 도시농업의 정의와 발생<sup>1)2)</sup>

###### ○ 도시농업의 정의

도시농업은 과거 도시지역에서 행해지는 농업활동으로 규정하였다. 그 사례로는 도시지역의 개인 자투리땅, 유휴지 등을 이용한 취미농업에 한정된 의미를 갖고 있었다. 구체적인 도시농업의 대상지로는 아파트 베란다, 옥상, 뒤뜰 등의 소규모 농업에 한정된 의미를 정의하기도 했다.

도시농업이 발전해 나가면서, 다원적 체계의 도시농업 형태로 변화되면서 공동체 형성, 심신치유, 친환경 공간조성 등의 역할을 강조하는 정의로 발전해 가고 있다.

한편, 국외사례 중 도시농업에 대한 연구의 역사가 깊은 일본에서는 도시화에 따라 발생하는 농업문제의 해결책인 도시용 농토의 공급원이라는 시각에서 시작된 개념이었다. 그러나 도시계획, 녹지 보전, 지역사회 형성, 교육·문화 등의 도시생활 문제와 연계하는 방향으로 확장해 나가고 있다.

따라서 도시농업은 안전한 먹거리생산, 도시녹화와 같은 물질적인 풍요를

1) 김태곤·박문호·허주녕(2010), 도시농업의 비전과 과제.

2) 안철환 외(2013), 도시농업의 현황과 새로운 시도.

얻을 수 있는 기존의 정의를 벗어나 현재는 심신치유, 공동체 형성과 같이 비물질적인 풍요를 중요시하게 되었다고 할 수 있다.

###### ○ 도시농업의 발생

최근 시민들의 소득 증가로 인하여 여가활동에 대한 욕구가 증가하게 되었다. 또한, 각박한 현대생활 속의 스트레스로 인하여 귀농의 꿈을 꾸는 사람들도 적지 않다.

한편, 근래에 들어서 먹거리에 대해서 발생하는 환경적 안전성 문제가 발생하게 되었고, 사람들의 안전한 먹거리에 대한 소비자 심리도 상승하게 되었다.

이러한 여가활동과 안전한 먹거리 생산, 부가적으로 도시녹화라는 기능을 충족시키는 활동에서 도시농업이 관심 받게 되었고, 그 결과 도시농업이 발전하는 계기가 되었다.

국내 도시농업의 시작은 2004년 안산의 귀농부부가 귀농자들이 적용할 수 있는 귀농실습교실을 운영한 것이 시초였다. 또한 이때 참여한 한 환경단체에 의해서 2005년 도시농부학교라는 귀농학교를 설립하여 활성화되기 시작하였다.

그러나 도시농업을 행하려면 도시에서 해야 하는 상황이 필요 했었으나, 마땅한 위치를 잡지 못하고 있었다. 도시 외곽에서 행할 수 있는 농업은 주말농장과 다를 바 없다고 판단했던 것이다. 이때 사용한 것이 도시농업의 시초가 된 상자텃밭<sup>3)</sup>이었다. 이것은 2006년 한국토지공사에서 초록사회만들기 사회공헌사업에서 3개년 지원 사업으로 선정되어 보급되었다.

결과적으로 텃밭상자 보급사업으로 인한 도시농업은 대대적인 성공을 거두었으며, 이것은 도시농업의 보급에 있어서 큰 기여를 했다는 평가가 전해지고 있다.

3) 흙살림의 이태근 회장이 만든 단어, 쿠바의 아바나에서 '오가노포니코(Organic pocket의 스페인어)'를 보고 떠올렸다(안철환 외(2013), 도시농업의 현황과 새로운 시도).

○ 도시농업의 발달

도시농업의 안전한 먹거리 생산이란 기능은 매우 중요한 점이라고 할 수 있다. 이것은 2008년 광우병 사태, 2009년 배추 파동과 같이 먹거리에 대한 불안감을 조성하는 일련의 사태에서 안전한 먹거리 생산이라는 기능이 큰 메리트가 되었다고 판단된다. 따라서 먹거리에 대한 불안감이 커지게 되면서 사람들은 도시농업에 대해 더 관심을 가지게 되었다.

도시농업이 지방정부차원에서 발달되기 시작한 것은 2009년 12월 31일 경기도 광명시에서 도시농업에 대한 조례가 제정되어 지면서이다. 이것은 도시농업의 제도화에 시발점이 되었으며, 실질적으로 도시농업에 관한 법률이 2011년 11월 제정되었으며, 2012년 5월부터 시행되었다.

제도적인 도시농업의 시발점이 된 광명시는 귀농운동본부 도시농업위원회의 이름을 텃밭보급소로 변경하였다. 이것은 경기도 최초의 민관 협력기구를 만들게 되었고, 도시농업을 다각도로 지원하는 곳이 되었다.

이후에 다른 지방자치단체에서도 도시농업에 대한 조례를 제정하고, 환경단체와 농업기술센터와 같이 민관 협력기구로서 도시농업 보급에 박차를 가하게 되었다.

## 2. 국내의 도시농업 사례조사

### 1) 국내 도시농업 현황

국내의 전국 도시농업 현황은 2010년부터 2012년까지 면적과 참여인구가 점차적으로 증가하고 있다. 2010년도와 비교하여 2012년도에는 텃밭 면적이 약 5.4배, 참여인구는 약 5배 증가한 것으로 나타났다.

특히, 2010년 이후 2011년 도시농업의 텃밭 면적과 참여인구가 급격하게 증

가한 것으로 나타났다. 이것은 2011년에 도시농업 육성 및 지원에 관한 법률이 제정되었던 이후에 증가한 것으로 판단된다.

<표 2-1> 전국 도시농업 면적 및 참여인구 변화 동태

구분	2010년	2011년	2012년
텃밭면적 (ha)	104	485	558
참여인구 (천 명)	153	373	769

자료 : 대전시 도시농업 모바일웹(<http://cityfarming.naea.co.kr/m/index.php>).

한편, 국내의 도시농업 육성 및 지원에 관한 법률에서는 도시농업의 유형별 분류를 하고 있다. 이것은 주택활용형, 근린생활권, 도심형, 농장형·공원형, 학교 교육형 도시농업으로 도시농업을 행하는 위치에 따라 나누고 있다.

이 외에 김태곤 외(2012)에 따르면 도시농업을 형태별, 유형별 분류를 하고 있다.

먼저 도시농업의 형태별 분류에는 산업형, 순환형, 교류형, 학습형, 체험형 5가지로 구분되어 있다.

특히, 이번 연구와 가장 적합하다고 생각되는 도시농업의 형태로는 음식물 퇴비를 사용하기 때문에 순환형 도시농업이라고 할 수 있다.

다음으로 도시농업의 유형별 분류로는 크게 공간, 형태, 관리주체, 참여형태 4가지로 나누어 구분한다. 그러나 유형별 분류는 도시농업의 유형에 따라 각 부분에서 포괄되는 점이 많아 구분하기에 어려움이 있다.



한편, 국내 도시농업의 주요 형태와 유형을 살펴보았을 때, 형태로는 체험형, 학습형, 교류형이, 유형으로는 주거지인근, 근린생활권의 공간에서 텃밭이나 용기의 형태로 진행되고 있으며, 관리 주체는 민영기관이 대부분인 것으로 나타났다.

<표 2-2> 도시농업의 형태별 분류

구분	내용
산업형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전 농산물 공급</li> <li>• 식량 자급률 향상</li> <li>• 국토·환경 보전</li> <li>• 경관 형성 등</li> </ul>
순환형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 음식물쓰레기 퇴비화·사료화</li> <li>• 도시·농촌 순환형 농업 등</li> </ul>
체험형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 텃밭농원</li> <li>• 관광농원</li> <li>• 가정텃밭</li> </ul>
학습형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실습농장</li> <li>• 학교급식</li> <li>• 농업공원</li> </ul>
교류형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소비자·생산자 연대</li> <li>• 소비자간 연대</li> <li>• 소비자 직관장</li> <li>• 1사 1초 운동 등</li> </ul>

자료 : 김태곤 외(2012), 도시농업 다원적기능과 활성화 방안연구.

특히, 참여형태는 민영 주말텃밭이 상당부분을 차지하고 있으며, 공동 또는 개인의 형태로 하여 도시농업을 접하고 있다.

<표 2-3> 도시농업의 유형별 분류

구분	유형	내용
공간	주거지	주택, 옥상, 베란다, 화단 등 공간
	주거지 인근	주거지 자투리 공간
	근린생활권	주말텃밭, 체재형 주말텃밭
	비주거시설	상업건물, 공공기관, 학교 등 공간
형태	텃밭	노지 활용
	용기	상자, 화분, 주머니 등 활용
	혼합	텃밭과 용기 혼합 활용
관리 및 운영주체	민영(개인, 민간단체)	개인, 단체 운영 주말텃밭
	공영(정부기관)	농업기술센터, 구청 등 기관 운영
	민관협력	공공기관이 업무를 민간에 위탁 운영
참여 형태	개인	주거지, 근린생활권 등 개인 참여
	커뮤니티	동호회, 연합하여 공동 참여
	공영 텃밭	공공기관이 운영, 위탁한 주말텃밭
	민영 주말텃밭	개인, 단체 개설 민영 주말텃밭
	학교텃밭	학교, 어린이집 운영 학습형 텃밭

자료 : 김태곤 외(2012), 도시농업 다원적기능과 활성화 방안연구.

### □ 대도시의 도시농업 현황

전국의 도시농업 현황은 지속적인 사람들의 참여율과 텃밭면적이 증가된 것으로 나타났다.

한편, 각각의 대도시의 농업형태와 현황에 대해서 어떠한 형태로 진행되고 있는지 살펴보고자 한다.

① 서울특별시

2014년 서울특별시의 농업기술센터에서 등록·관리 되고 있는 도시텃밭의 면적은 총 230,194㎡로 나타났으며, 총 13,635명(가구)의 시민들을 수용할 수 있는 것으로 나타났다.

자치구별로는 도봉구, 서초구, 양천구, 강동구 순으로, 구획은 서초구, 도봉구, 강동구, 강서구 순으로 많은 것으로 나타났다.

<표 2-4> 2014년 서울시 도시텃밭 현황

자치구	전체면적(㎡)	구획수(개)
강동구	27,745	1,572
강서구	23,121	1,300
강북구	15,173	450
양천구	29,519	900
노원구	10,000	400
도봉구	44,445	2,310
서초구	36,325	5,473
송파구	23,384	1,100
중랑구	20,482	130
합계	230,194	13,635

자료 : 서울특별시 농업기술센터(<http://agro.seoul.go.kr/>).

한편, 매년 일정한 자격요건을 심사하여 일반시민에게 분양하는 텃밭농원의 경우, 참여 회원수가 2007년과 비교하여 2012년에 약 54%가 증가한 것으로 나타났다. 특히, 도시농업 육성 법률이 제정된 2011년에는 농장수가 급격하게 증가된 것을 나타났다.

<표 2-5> 서울특별시 관리대상 텃밭농원

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012
농장수 (개)	29	25	25	25	52	55
회원수 (명)	7,239	8,477	8,170	9,000	-	13,483

자료 : 박희석 외(2012), 서울시 도시농업 현황과 시사점.

그러나 실제 텃밭농원에 참여하고자 하는 회원수에 비하여, 공급할 수 있는 농장의 텃밭 면적이 부족하여 매년 초과 수요가 발생하고 있는 것으로 나타났다.

한편, 도시농업의 또 다른 형태의 옥상농원은 2009년 서울시농업기술센터 옥상에 시범 설치되었으며, 2010년 서울시내 다중이용시설 25개소에 보급하였다. 현재는 유아원시설에 25개소, 복지관 21개소 기타단체 9개소 등 총 55개소에 설치되어 있다.

<표 2-6> 서울특별시 옥상농원 운영현황

구분	유아원 시설	복지관	기타단체	합계
2010	12	10	3	25
2011	8	4	3	15
2012	5	7	3	15
합계	25	21	9	55

자료 : 박희석 외(2012), 서울시 도시농업 현황과 시사점.

옥상농원은 설치장소의 심사를 거쳐 선정되며, 설치시 5년간 유지기간을 갖는다. 이때 농업기술센터에서는 상자, 인공용토, 모종 등을 지원하고, 기술교육도 지도하고 있다.

한편, 서울특별시의 도시농업은 경제진흥실의 생활경제과, 서울시 농업기술센터, 공원녹지국에서 관리를 하고 있다. 그러나 각각의 명칭만 다를 뿐인 도

시농업 사업을 각 부처별로 추진하고 있다.

따라서 일관성 있는 도시농업 사업을 추진하기 위해서는 하나의 부처에서 처리를 하는 방안이 필요한 것으로 판단된다.

② 부산광역시

부산광역시는 2012년 소프트파워시책으로 시작된 옥상텃밭 시범사업이 도시농업의 시작이었다. 이때 시민들의 반응은 우호적인 것으로 나타났다.

부산광역시의 2012년 도시농업 성과로는 13개의 공동체와 217가구가 참여하였으며, 총면적은 3,887㎡의 규모로 진행되었다.

한편, 부산광역시는 우호적인 시민들의 반응과 2012년 도시농업 사업의 추진성과를 바탕으로 2013년 본격적인 사업을 실시하였다.

<표 2-7> 2013년 부산광역시 옥상텃밭 운영성과

구분	조성면적 (㎡)	옥상면적 (㎡)	조성장소 (개소)	참여인원 (명)
2013	12,619	42,057	588	1,906

자료 : 부산광역시(<http://www.busan.go.kr/>).

옥상텃밭 추진 결과 생산된 작물은 총 277톤, 감량된 온실가스 2.87톤, 감량된 CO<sub>2</sub> 3.1톤으로 나타났다. 이것은 먹거리 생산과 도시녹화의 기능으로서 작용한 도시농업의 효과를 보여주고 있다.

한편, 2014년도에는 옥상텃밭 뿐만이 아닌, 일반 시민들도 이용할 수 있는 시민텃밭을 보급하고, 영구임대아파트와 같은 생활취약계층 주거지역에도 도시농업을 보급할 것으로 나타났다.

또한, 2022년까지 약 400억 원을 투입하여 도시농업공원을 조성하고, 복지시책, 소셜네트워크를 통한 소통공간 등의 계획을 세우고 있는 것으로 나타났다.

③ 대구광역시

대구광역시는 2011년 12월 30일 도시농업에 관한 조례를 제정하여, 도시농업 활성화에 기초를 다졌다.

2014년 현재 대구광역시에서 진행하고 있는 도시농업 프로그램으로는 상자텃밭, 농업체험교실, 식물공장 등 총 35개소에서 다양한 프로그램 사업계획을 시범적으로 추진하고 있다.

<표 2-8> 2014년 대구광역시 도시농업 주요 사업계획

사업명	개소수	시범요인
상자텃밭 시범	5개소	도심 유휴공간에 상자를 이용한 텃밭 조성으로 도시민이 직접 농작물을 재배할 수 있는 기회 제공
초등학교 원예활동 활성화 시범	2개소	식물과 원예활동을 이용한 초등학교 교과 영역의 효과적 교육 실현
도시민 농심 체험교육	2과정	도시민에게 도·농간 화합의 장을 마련하고, 농업·농촌에 대한 이해 증진
도심 다랭이 논 조성	5개소	다랭이 논 조성을 통한 녹색거리 조성 및 에너지 절감과 정서함양 효과 증진
LED 식물공장 운영	1개소	LED 조명을 활용한 청정 식물재배시스템 운영으로 미래 농업 육성
도시농업 전문가 및 홍보 체험관 운영	10회	도시민에게 주말 농장 및 텃밭관리에 대한 기본지식 이해
교육기부 프로그램 운영	2과정	원예활동을 통하여 청소년들의 심리적, 정서적 안정 도모
도시농업 네트워크 육성 및 세미나	8회	인간·자연·전통이 함께하는 교육 및 행사 프로그램 운영으로 도시농업 활성화

자료 : 대구광역시(<http://www.daegu.go.kr/>).

이 외에도 2013년 도시농업 박람회를 개최하여 시민들의 도시농업에 대한 관심도를 높이고, LED 식물공장 뿐만 아니라 수경재배시설의 기반을 마련하여 도시농업 인프라 확대도 도모하고 있다.

한편, 대구광역시는 2017년까지 ‘도시농부 만들기’ 프로젝트 사업을 계획

중에 있다. 이것은 총 41억 6천만 원을 투입하여 대구 인구의 10%에 해당하는 25만 명의 도시농부 육성계획이다.

④ 대전광역시

대전광역시의 도시농업 육성 목적 및 비전에 따르면, 가치, 전략, 목표, 비전의 단계를 거쳐 도시농업의 핵심 도시로서의 발전을 목표로 두고 있다.



<그림 2-1> 대전광역시 도시농업 육성 비전 및 목적  
 자료 : 대전광역시 도시농업(<http://www.daejeon.go.kr/ufa/index.do>).

또한, 대전광역시는 도시텃밭 넓히기, 도시농부 키우기, 도시공동체 만들기 등의 전략 단계를 중점적으로 추진하고 있다. 각 추진하고 있는 내용으로는 제도 정비, 유휴공간 활용, 농사기술 교육, 정보제공 및 공감대 형성 등이 있다.

<표 2-9> 대전광역시 도시농업 중점 추진방향

구분	내용
도시텃밭 넓히기	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시농업 활성화의 안정적 추진을 위한 제도 정비</li> <li>빈 땅과 자투리 토지를 활용한 도시텃밭 조성</li> <li>도심 주택·건물 유휴공간을 활용한 텃밭 조성</li> </ul>
도시농부 키우기	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시농업인을 대상으로 농사기술 교육</li> <li>현장 속으로 찾아가는 영농기술 상담 실시</li> </ul>
도시공동체 만들기	<ul style="list-style-type: none"> <li>정보제공 시스템 및 민·관 협력체계 구축</li> <li>도시농업의 공익적 가치의 공감대 형성과 확산</li> <li>베이비 붐 세대 등 도시민 귀농·귀촌 정착 지원</li> </ul>

자료 : 대전광역시 도시농업(<http://www.daejeon.go.kr/ufa/index.do>).

대전광역시는 2013년 현재 도시텃밭 229개소, 면적 86,591㎡, 참여자 24,920명으로 나타났다. 특히 근린생활권 활용형이 가장 많은 부분을 차지하고 있으며, 다음으로 학교 교육형, 도심형 순으로 많은 것으로 나타났다.

<표 2-10> 2013년 대전광역시 도시농업 유형별 현황

구분	합계	주택 활용형	근린생활권 활용형	도심형	농장형 공원형	학교 교육형	기타
텃밭 수 (개소)	229	29	18	82	2	97	1
텃밭면적 (㎡)	86,591	2,600	35,046	18,115	2,550	24,980	3,300

자료 : 대전광역시 도시농업(<http://www.daejeon.go.kr/ufa/index.do>).

대전광역시의 자치구별 도시농업의 현황으로는 유성구, 대덕구, 중구, 서구, 동구의 순으로 많은 것으로 나타났다.

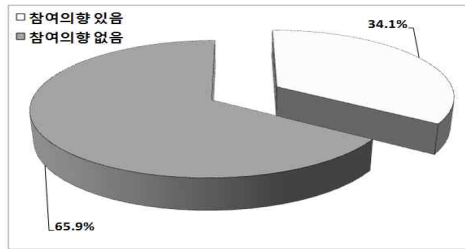
<표 2-11> 2013년 대전광역시 자치구별 도시농업 현황

구분	동구	중구	서구	유성구	대덕구	합계
텃밭 수 (개소)	41	36	31	35	86	229
면적 (㎡)	10,079	11,999	11,596	31,832	21,085	86,591

자료 : 대전광역시 도시농업(<http://www.daejeon.go.kr/ufa/index.do>).

특히, 유성구가 가장 많은 텃밭 면적을 이용하고 있는 것으로 나타났으며, 가장 적은 동구는 유성구와 비교하여 약 1/3의 면적만이 도시농업에 이용되어지고 있는 것으로 나타났다.

한편, 대전광역시에서 진행한 도시농업에 대한 참여의향 설문조사 결과에 따르면, 34.1%의 시민들이 참여의향을 가지고 있는 것으로 나타났다.

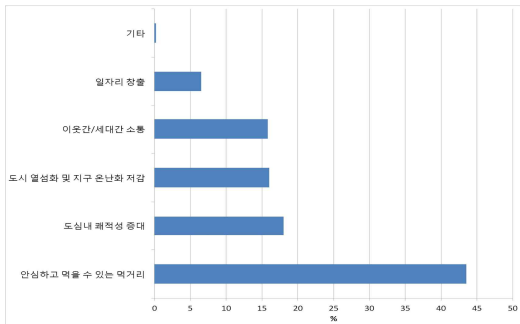


<그림 2-2> 대전광역시 도시농업 참여의향

자료 : 대전광역시 도시농업(<http://www.daejeon.go.kr/ufa/index.do>).

도시농업의 긍정적 효과라는 질문에는 안심하고 먹을 수 있는 먹거리, 도심내 쾌적성 증대, 도시 열섬화 및 지구 온난화 저감 등의 이유로 나타났다. 특히,

안심하고 먹을 수 있는 먹거리가 43.5%로 나타나, 도시농업의 가장 큰 목적의식으로 판단할 수 있다.



<그림 2-3> 대전광역시 도시농업 효과 설문조사 결과

자료 : 대전광역시 도시농업(<http://www.daejeon.go.kr/ufa/index.do>).

한편, 대전광역시는 도시농업의 활성화를 위해 2011년 4월 8일 도시농업 육성 및 지원 조례를 제정하여 시행하였으며, 2012년 5월 22일 도시농업 육성 및 지원에 관한 법률 및 하위법령을 시행 하였다.

또한, 도시농업의 공간 확대를 위해서 건물 옥상에 텃밭 조성 사업, 유휴 토지를 조사하여 도시농업용 텃밭으로 조성하여 운영하는 등의 사업을 진행하였다. 그 결과 옥상텃밭은 총 138개소, 유휴 토지를 이용한 도시텃밭은 약 3,000 가구가 이용할 수 있게 되었다.

대전광역시는 도시농업 공간 확대뿐만 아니라 농업기술센터와 협력하여 도시농업 교육을 추진하였으며, 민간단체에서도 텃밭조성, 교육프로그램 운영, 자재보급, 정보제공 등을 통해 도시농업의 활성화를 위해 활동하고 있다.

⑤ 광주광역시

광주광역시는 타 대도시와 비교하였을 때 아직까지 도시농업에 대한 활발한 활동은 하고 있지 않은 것으로 나타났다. 이것은 광주의 지역적 특성을 인한 것으로 과거 농업의 근간이 되었던 전라남도과 근거리에 위치해 있으며, 그 의존성 또한 크다.

광주광역시의 시민들은 부모나 형제들이 보내주는 농산물을 수급 받으며, 주말이나 여가시간에 직접 농사일을 도와주는 실정이다. 그 결과 광주광역시 시민들은 도시농업에 대한 수요가 타도시의 시민들보다 적다.

이 때문에 광주광역시는 아직까지 도시농업을 위한 거버넌스 구축 미비와 커뮤니티 활성화, 일자리 창출 등의 사업과의 연계도 부족하다.

한편, 광주광역시는 이러한 시민들의 적은 수요와 활성화 방안이 약한 현실에도 불구하고, 도시농업의 활성화를 위해서 조례를 제정하고, 시민단체와 부족한 점을 논의하는 등의 대응방안을 마련하고 있다.

<표 2-12> 광주광역시 도시농업 활성화 추진 계획

추진 방향	내용
도시농업 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 온실가스 흡수원 확대와 도심 열섬방지</li> <li>• 로컬푸드 활성화 및 녹색 일자리 창출</li> <li>• 1만 신규 일자리 창출</li> <li>• 식량 자립율 30% 증대</li> </ul>
지원체계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 민관협력기구 설치</li> <li>• 거버넌스 기구 구축</li> <li>• 통계 D/B 구축</li> </ul>
도시농업인 양성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광주시민 전체 인구의 20% 도시농업인 양성</li> </ul>

자료 : 안철환 외(2013), 도시농업의 현황과 새로운 시도.

광주광역시는 ‘탄소중립도시 광주 2050 계획’의 일환으로 온실가스 흡수원 확대와 도심 열섬방지의 근간이 되는 녹화 프로젝트를 도시농업으로서 활용하려는 계획에 있다.

이것은 광주광역시의 도시농업 활성화에 부족한 도시농업과의 연계사업에 큰 버팀목이 될 것으로 판단된다. 특히, 도시농업 활성화에 있어서 부족했던 부분인 거버넌스 구축과 일자리 창출과의 연계사업을 추진하면, 과거 도시농업 활성화계획보다 손쉽게 활성화 될 것으로 판단된다.

한편, 광주광역시의 주요 도시농업 사례를 살펴보면, <내 집 앞 마을가꾸기 사업>, <녹색아파트의 꿈틀이 텃밭정원>, <한새봉 개구리는>, <대촌 주말농장> 등 주로 아파트와 학교에서 진행되는 프로그램들이 주를 이루고 있다.

최근에는 아파트 및 학교를 중심으로 시민단체가 주도하는 귀농운동과 마을가꾸기 운동과 같은 형식으로 도시농업 활성화 프로그램을 진행하고 있다.

2) 국외 도시농업 사례4)

본 연구에 앞서 도시농업에 대한 기본적인 정의와 형태, 국내의 도시농업 사례들을 살펴봤다. 그러나 도시농업은 해외에서 시작한 운동으로 아직까지 국내의 도시농업 활성화에는 과제가 많다.

따라서 국외의 도시농업 사례를 살펴보고 참고자료로서 이용한다. 국외 도시농업 사례는 아메리카, 유럽, 아시아에서 많이 알려져 있는 선진국들의 사례에 대해서 살펴본다.

4) 김덕일(2006), 「도시농업 어떻게 볼 것인가?」, 지방의제21, 「지속가능한 사회를 위한 새로운 도전」, 전국지속가능발전협의회.

## (1) 남·북 아메리카<sup>5)</sup>

### ① 미국

미국의 도시농업 형태로는 커뮤니티 가든 및 식물공장 형태의 도시농업이 많이 발달되어 있으며, 생산된 농산물은 로컬푸드로 이용되고 있다. 이것은 시민들에게 농업의 중요성과 여가활동을 충족해주며, 신선하고 안전한 먹거리를 제공해주고 있다.

### ○ 뉴욕

뉴욕 맨해튼의 도시농업으로는 옥상농원 형태로 발달되어 있다. 이것은 도시화가 많이 진행된 대도시에서 사용되지 않는 유휴지인 건물의 옥상을 이용한 도시농업형태이다.

옥상농원에서 생산된 작물들은 인근에 있는 로컬푸드 음식점으로 공급되어 판매처가 확보되어 있으며, 소비자들은 안전한 먹거리를 쉽고, 간편하게 제공할 수 있다.



<그림 2-4> 뉴욕 맨해튼 옥상농원  
자료 : 한지숙·천예선(2014. 01. 07), 헤럴드경제.

5) 강진술(2012. 08. 05), 미국의 도시농업 운영사례, 조경뉴스.

대표적인 것으로는 알렉산드리아센터가 있다. 이것은 2010년 완공된 건물이 경제위기 이후로 방치되자 유휴공간에 작물을 심어보자는 아이디어에서 시작되었다. 현재는 ‘리버파크 팜’으로 도시의 경관을 담당하는 도시농업으로써 자리매김 하고 있다.



<그림 2-5> 뉴욕 브루클린 ‘Brooklyn Grange’ 및 옥상농원  
자료 : Krista Leahy(2011. 06. 22), inhabitat new york city, Manhattan, (<http://inhabitat.com>), 한지숙·천예선(2014. 01. 17), 헤럴드경제.

한편, 뉴욕의 또 다른 자치구인 브루클린은 2010년 5월 Brooklyn Grange를 실행하였다. 이것은 퀸즈 지역의 4만 평방 피트면적에 세계 최대 옥상텃밭을 경작하여 상업적으로 사용하는 도시농업이다.

각종 작물을 재배하고, 도시 농민들의 안정적인 수익을 장려하는 방향으로 실행하고 있다. 또한, 수확한 농산물은 인근의 음식점으로 판매하여 로컬푸드 기능을 갖추고 있다.

○ 시카고

시카고의 도시농업은 커뮤니티 가든 형태가 발달되어 있다. 그 중 Nighborspace라는 비영리 도시토지신탁 조직이 관리하며, 지역사회 단체를 대표하여 정원을 보호하기 위한 노력으로 도시농업을 시행하였다.



<그림 2-6> 시카고 'Xochiquetzal Peace Garden'

자료 : 시카고 주 도시토지신탁 조직(<http://neighbor-space.org/>).

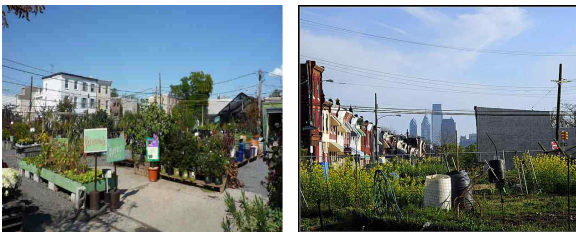
현재 Nighborspace에 등록된 커뮤니티 가든은 총 91개로 시카고 주의 전역에 퍼져있다. 커뮤니티 가든 활동을 하고 싶은 시민들은 Nighborspace의 홈페이지에서 신청할 수 있어, 접근성과 편의성이 좋은 것을 보여준다.

○ 펜실베이니아

펜실베이니아의 필라델피아에는 커뮤니티 가든 형태의 도시농업이 발달되어 있으며, 펜실베이니아원예사회를 비롯하여 일부 비영리 단체들이 운영을 하고 있다.

펜실베이니아원예사회에서 관리하고 있는 도시농업은 '도시수확프로그램'으로 현재는 활용되지 않고 있는 필라델피아 교소도에 온실, 토지를 활용하여

모종을 재배하는 것이다. 이것은 원예용품, 영양교육, 로컬푸드 발전을 위해 지역 가드너들과도 협업하여 프로그램을 진행하고 있다.



<그림 2-7> 펜실베이니아 로컬푸드 운영 및 도시농업

자료 : Tom LasKawy(2010. 11. 22), <http://grist.org>.

한편, 펜실베이니아의 또 다른 도시농업 단체인 'Food Tank'에서는 신선하고 안전한 식사를 위해서 도시농업을 권장하고 있으며, 도시농업을 하는 시민들이 생산한 농작물로 로컬푸드를 이용하는 활동을 하고 있다. 뿐만 아니라 휴식공간 조성, 공동체 형성 등의 기능도 갖추고 있다.

○ 기타

- Added value

Added Value란 도심지에 있는 농장을 중심으로 13-19세까지의 청소년들에게 교육프로그램을 운영하는 것이다. 이것은 농장을 방문하고, 일손을 돕는 등의 활동을 하고 있다.

또한, 농민장터를 운영하고, 직접 비료를 제작, 인근 식당과의 로컬푸드 계약을 맺는 등의 도시농업 활성화를 통한 공정한 먹거리 시스템 운영이라는 방향으로 도시농업을 진행하고 있다.



- Tenth acre farms

Jordan Hall's의 아파트에서 2009년 버려진 농구장을 인수하였다. 그 후 텃밭 상자를 이용하여 도시농업을 진행하게 되었다.

Tenth acre farms의 궁극적인 목적은 시민들에게 건강하고 신선한 채소들을 제공하는 것이며, 따라서 유기농법을 이용하여 작물을 경작하고 있다.



<그림 2-8> Tenth acre farms의 모습

자료 : Krista Leahy(2011. 06. 22), (<http://inhabitat.com>).

- Battery Urban Farm

Battery Urban Farm은 1 acre(약 4천㎡)규모의 교육용 농장이다. 이것은 2010년 12에 시작된 것으로 학생들이 재배한 농산물을 학교 식당에 공급하는 형태의 로컬푸드 기능도 취하고 있다.

또한, 농장에 대한 워크숍, 자원봉사 프로젝트 등을 실시하여 도시농업에 대한 관심과 책임감, 협동심 등을 기르는 등의 역할을 하고 있다.

한편, Battery Urban Farm는 시의 어린이들에게 건강한 먹거리를 선택할 수 있는 교육용 농장의 제공과 커뮤니티 활성화, 친환경적인 도시 만들기 등을 목적으로 운영하고 있다.



<그림 2-9> Battery urban farm의 모습

자료 : Battery urban farm(<http://www.thebattery.org/>).

- Gotham greens

Gotham greens는 건물옥상의 유휴지를 이용한 온실과 상자텃밭으로 운영하고 있다. 이것은 2010년에 건설되었으며, 2011년 6월 첫 수확에서 80톤의 농산물을 수확했다.

Gotham greens는 건물의 옥상에서 재배되는 형태로 관계순환 시스템, LED 조명 등을 이용한 식물공장의 형태를 하고 있으며, 이것은 적은 토지를 이용한 도시농업 형태에 알맞다.

한편, Gotham greens는 무농약, 친환경 농법을 이용하여 채소를 생산하여 로컬푸드를 제공하고, 식료품안전과 환경지속성에 기여하고 있다.



<그림 2-10> Gotham greens에서 운영하는 푸드 마켓과 온실  
 자료 : Gotham greens(<http://gothamgreens.com/>).

② 쿠바

○ 쿠바 도시농업의 탄생배경

쿠바는 1990년 이전만 하더라도 사회주의 체제로 국가에서 식량을 배급해주는 시스템이었으며, 국민들이 식량에 관해서 커다란 불만이 없는 생활을 하였다. 그러나 1989년 베를린 장벽 붕괴에 따른 구소련의 원조 삭감, 1992년 미국의 “톨리체리법”, 이른바 “쿠바 민주화법”의 제정으로 인한 경제봉쇄 강화, 1993년 허리케인으로 인한 농작물 피해 등으로 인해 식량위기에 봉착하게 된다. - 디트뉴스 2013. 06. 10. 지태관, “외국의 도시농업 ④ 쿠바”에서 발췌

이러한 형태로 쿠바는 식량문제가 봉착하게 되었다. 이에 따라서 시민들은 자신들의 생존을 위해서 식량자급을 하기 시작했다. 이때 이용한 것이 벽돌과 합판 등으로 돌레를 쳐서 틀을 만들고, 그 안에 퇴비와 구비를 섞은 흙을 넣어 작물을 재배하였다. 이것은 칸테로(cantero)라 불렸으며, 쿠바 도시농업의 시초가 되었다.

○쿠바 도시농업의 발달

쿠바의 도시농업의 형태는 주로 유희지를 이용한 텃밭, 화분, 주택과 도로 사이의 시민 농원 등 다양한 형태로 조성되어 있다. 특히 쿠바의 수도 아바나에서는 도시농업에서 생산된 작물로 아바나에서 소비되는 식량의 80%를 충당하고 있다.



<그림 2-11> 아바나의 수경재배 농법  
 자료 : Richard Schiffman(2013. 04. 18),  
 (<http://thecubaneconomy.com>).

또한, 아바나<sup>6)</sup>, 시엔후에고스, 산크티, 스피리투스<sup>7)</sup>와 같은 도시에서 도시농업인 1인이 1일 300g 이상의 작물 생산치를 목표로 하고 있으며, 이것은 220만 아바나 시민들에게 제공되고 있다. 이것은 로컬푸드의 기능을 하여 시민들에게 안전한 먹거리를 제공하며, 식량 문제를 해결하게 되었다.

한편, 아바나 도시농업의 제도에는 1996년 제정된 도시농업에서 화학비료나 농약을 사용하는 것을 금지하는 조례가 있다. 이것은 로컬푸드의 기능을 하면서 안전한 먹거리 제공뿐만이 아니라 수질오염 및 토양오염과 같은 환경오염

6) 쿠바의 도시 La Habana는 아바나, 하바나 등으로 불린다.

우려를 차단하는 것으로 친환경적인 도시농업의 면모를 보여주고 있다.

그러나 쿠바의 도시농업은 생활용수의 부족으로 인하여 수돗물을 농업용으로 사용하는 것을 제한하고 있다. 또한, 토양에 자갈이 많아 영양분이 부족하여 유기질비료가 대량으로 필요로 하는 등 많은 문제점을 나타내고 있다.

이러한 실정에도 불구하고 현재 쿠바는 텃밭 구획이 30만개가 넘어 있으며, 앞으로 50만개 이상의 구획을 늘리는 목표를 가지고 있다.

한편, 아바나 남부의 ‘산미구엘 델 파드론’ 구에서는 쓰레기 매립지였던 토지를 실업자들이 모여 농지로 만든 ‘아메리헤이라스 형제 농장’을 운영하고 있다.

이것은 1999년 협동조합으로 설립된 것으로, 현재 2ha 규모의 도시농업지이며, 국유지를 무상으로 임대한 형태의 소규모 농장이다. 이곳에서 유기농업으로 생산된 수확물은 모두 지역에서 소비되며, 주로 학교급식과 직판매가 이루어지고 있어 로컬푸드의 기능을 하고 있다. 또한, 커뮤니티 판매와 고품자 전용식당에 무상으로 공급되기도 한다.<sup>7)</sup>

③ 캐나다<sup>8)</sup>

○캐나다 도시농업의 탄생배경

캐나다는 산업화를 거치고 20세기 초 녹색혁명이 일어나던 때, 농업생산의 산업화된 시스템에 주목을 하게 되었다. 이것은 1921년 이래로 농업부문의 종사자들이 약 94%가 감소하게 된 계기가 되었다.

또한, 캐나다인들은 80%가 도시 지역에 거주하고 있어, 식량의 자급자족에 문제가 생기기 시작했다. 특히, 식량 생산 감소를 일으켰으며, 식료품오염의 위험성 증대, 식료품 가격의 상승 등의 문제점을 동반하게 되었다.

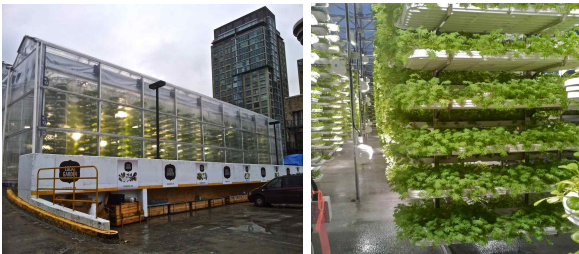
7) 지태관(2013. 09. 09), 하바나, 세계 도시농업의 수도가 되다, 세종포스트.  
8) Marc Schutzbank, Isabel Kunigk, Daniel Roehr(2011), Revival of urban agriculture, The University of British Columbia press.

이로 인하여 많은 시민들은 1950년대 이래 음식의 생산과 섭취에 대한 안전한 방법을 생각하기 시작하였으며, 해결책으로 도시농업을 시작하는 계기가 되었다.

○캐나다 도시농업의 발달

캐나다의 도시농업 형태로는 커뮤니티 가든, 식물공장 등의 형태로 발달되었으며, 개인 또는 협력 단체들의 도움을 받아 도시농업을 발전시켜 나갔다. 이것은 푸드뱅크나 푸드마켓과 같은 로컬 푸드로의 연계도 잘 정비되어 있다.

또한, 식료품의 생산뿐만 아니라 도시의 경관을 위한 원예, 공원 조성 등 다양한 형태의 도시농업이 발달하게 되었다.



<그림 2-12> 캐나다 밴쿠버 식물공장형 가든

자료 : 캐나다 밴쿠버 식물공장(<http://agritecture.com/>).

한편, 도시농업 발달의 계기가 된 것은 식량 생산량 감소로 인한 자급률 감소, 식료품안전성에 대한 위협, 식료품가격의 증가, 환경 문제 등 다양한 원인이 존재했다.

먼저 식료품안전성은 캐나다에서 2009년부터 2011년까지 약 1년 반의 기간 동안 식료품리콜이 192건 이상 발생되었다. 이것은 식료품의 수입과정에서 발

생한 것으로, 수입되는 식료품에 방부제, 잔류농약 등의 문제가 발생한 것이다. 그 결과 방대한 양의 수입 식료품의 검사가 불가능하다는 것을 알게 되었고, 시민들의 식료품에 대한 안전성에 대해서 불만을 갖게 되었다.

이에 따라서 시민들은 식료품의 안전성과 유통의 투명성을 위해 식료품을 직접 재배하는 도시농업을 선택하게 되었으며, 도시농업을 선택하지 않은 시민들은 식료품 생산자를 직접 만날 수 있는 동네 시장을 이용하는 일이 증가하게 되었다. 그 결과 커뮤니티 기반 도시농업 프로그램들이 관심을 받게 되었으며, 시민들이 직접 도시농업을 체험함으로써 식품안전에 기여하게 되었다.

다음으로 식료품 가격문제는 2000년을 기준으로 2011년의 식료품가격지수가 157% 상승하였다. 그 이유는 석유가격 상승에 따른 결과로 보았다. 작물 생산의 산업화가 발달됨에 따라서 석유는 모든 작물 생산 시스템의 주원료로써 작용하게 되었고, 이것은 석유가격 상승이 곧 식료품 가격 상승으로 이어지는 구조가 되었다.

이것을 해결하기 위한 해결책으로 밴쿠버에서는 가장 빈곤한 지역인 동부에서 도시농업의 하나인 '소울푸드'를 진행하게 되었다. 이것은 주민들에게 새로운 활기를 불어넣고 안전하고 값싼 식료품을 공급하는 효과를 내고 있다. 즉, 시민들이 직접 식료품을 생산하여 안전한 식료품을 값싼 가격에 구매할 수 있어 식료품 가격의 증가로 인한 피해를 줄일 수 있었다.

마지막으로 환경적인 문제는 근현대의 일반적인 농업에서 사용하는 화학비료와 농약 등에 의해서 발생하는 문제였다. 화학비료의 사용은 토양내 과도한 질소를 유발하게 되었고, 수질의 부영양화를 초래하는 등의 문제를 야기했다.

그 해결책으로 도시농업에서는 유기농법을 이용한 작물 재배를 실천하였으며, 결과적으로 환경에 피해가 가지 않는 친환경적인 농업을 실행하게 되었다.

이처럼 캐나다의 도시농업을 통해서 안전한 먹거리의 공급뿐만이 아닌 식량 자급률 향상, 식품 가격 상승 억제, 지속가능한 환경개발을 위한 수단으로 이용하고 있다.

#### ④ 기타

그 예로 브라질의 생태도시 '꾸리찌바(Curitiba)', 베네수엘라의 사회주의적 농업생산 방식의 '차라바레스', 그 외 아르헨티나, 볼리비아, 페루, 멕시코 등에서도 도시농업이 활성화 되어가고 있다.

한편, 베네수엘라의 '차라바레스'는 공동체 위원회, 협동조합 등이 정부허가를 받아 농사를 짓는 형태를 하고 있으며, 퇴비의 자급자족, 생산된 농산물로 먹거리를 확보하고, 공동으로 판매하는 등의 로컬푸드 기능도 갖추고 있다.

아메리카의 도시농업은 공동체 형태의 도시농업으로 많이 발달되어 있으며, 기업과 정부, 시민단체 등의 지원이 많은 것으로 나타났다.

## (2) 유럽

유럽의 도시농업은 커뮤니티 가든과 같이 커뮤니티 활성화 형태의 도시농업보다는 개인의 여가와 건강을 위한 개인적인 도시농업이 발달되어 있다.

이것은 주로 19세기 때부터 발달하게 되었으며, 그 당시에는 농업적인 측면이 아닌 산업화된 도시공간 속에서의 작은 녹지의 형태를 취하고만 있었다. 그러나 근대에 들어서 식량 자급자족과 여가활동으로서의 형태를 갖추게 되었으며, 현재 유럽의 도시농업의 모습의 근간이 되었다.

#### ① 독일

독일의 가장 넓게 전파되어 있는 도시농업의 형태는 클라인가르텐(Kleingarten)으로 소정원, 분구원 등의 의미로 사용되고 있다.

이것은 19세기 초 산업화 당시에 만들어진 제도로서, 빈곤한 시민들에게 여가의 목적으로 제공한 것이 기초가 되었으며, 20세기 초 도시계획에 필수적으로 설치하는 법을 제정하게 되었고, 이것이 독일의 도시농업의 근간이 되었다.

클라인가르텐은 다른 도시농업과는 다르게 상업적용도가 아닌 개인정원으로 쓰여 이용된다. 이때 생산된 생산물은 판매 목적이 아닌 개인의 수요와 휴식의 용도로만 사용할 수 있다는 점에서 다른 국가의 도시농업과의 차이를 보인다.



<그림 2-13> 독일의 도시농업 'Kleingarten'  
 자료 : 지태관(2013.01.06), 외국의 도시농업 ① 독일, 디트뉴스.

한편, 현재 독일에는 약 100만개의 클라인가르텐이 있으며, 대부분 공공단체, 교회, 국가기관 등에 속해있다. 이것은 시민들이 이용허가를 신청하여 일정한 면적을 임대하는 방식으로 이용되고 있다.

또한, 임대 기간은 무기한이며, 소건축물의 건설, 클라인가르텐의 관리를 위한 숙박 등의 휴식용 기능을 할 수 있는 특징을 보이고 있다.

## ② 영국

영국의 도시농업은 얼로트먼트(Allotment)로 국내의 시민농장, 주말농장 등과 비슷한 형태를 하고 있다. 그러나 독일과 마찬가지로 일정구획을 나누어 개인의 용도로 쓰여 사용하는 점에서 국내의 도시농업과는 다른 의미를 가지고 있다고 할 수 있다.



<그림 2-14> 영국의 도시농업 'Allotment'  
 자료 : 지태관(2013.01.06), 외국의 도시농업 ② 영국, 디트뉴스.

일로트먼트의 시작은 독일과 마찬가지로 산업화에 의해서 황폐화 되어가는 도시공간속의 녹지 확보에서 시작되었다.

한편, 근대에 들어서는 실업자들의 구제를 위한 방안으로 이용되기도 하였으며, 현재에는 시민들의 여가활동을 위한 도시농업 형태로 발전하게 되었다. 또한, 농장 잔재물을 이용한 퇴비로의 재활용과 빗물활용 시설 등 자원재활용적인 측면으로의 발전도 같이 진행되고 있다.

### ③ 러시아

러시아의 도시농업은 다차(Dacha)라는 개인 별장과 텃밭이 공존하고 있는 모습의 형태를 보여주고 있다. 이것은 1970년대 국가차원에서 무상으로 공급하는 것을 시작으로 현대 러시아 도시농업의 근간이 되었다.



<그림 2-15> 러시아의 도시농업 'Dacha'

자료 : 김기현(2006. 06. 18), 별장에서 주거 공간으로...젊은이들은 별로, 스카이뉴스.

다차는 독일의 클라인가르텐과 비슷한 형태를 하고 있으나, 이것은 개인 소유이며, 별장이 있어 휴식뿐만 아니라 주거기능도 가능하다는 이점이 있다.

한편, 현재와 같은 다차의 모습 이전인 소련시절의 다차는, 한 달에 두 번

있는 휴가기간에 이용하는 주말농장과 비슷한 용도로써 이용되었으나, 현대에 와서는 개인 별장으로 이용되고 있다.

그러나 러시아의 젊은 층들은 다차의 이용이 줄어들고 있다. 이것은 소련시절 사람들의 여가활동용으로 이용되어 진 것이나, 현대에 와서는 쇼핑, 운동, 외식 등의 여가활동을 선호하게 된 것이 원인이다.

이 때문에 현대의 다차는 과거 무상으로 공급하던 때와는 달리, 일정 금액을 지불하고 한 달 단위로 대여하는 모습이 많아지고 있다.

### ④ 기타

유럽의 다른 국가에서 시행하고 있는 도시농업으로는 프랑스의 '국회의사당 양봉', 네덜란드의 '호르크스투인', 스페인의 '파티오' 등이 있다.

프랑스의 국회의사당에서 실행하고 있는 양봉은, 2010년 도심양봉 금지법안 폐지와 도시의 청정함을 입증하기 위해 국회의사당 옥상에 양봉함을 설치함에 있어서 시작되었다.

이것은 꿀벌들이 살 수 있는 도시의 청정함을 나타내는 수단으로 이용되었으며, 도심에서 자라는 식물들의 수분을 도와주는 역할을 하는 등의 친환경적인 도시농업으로써 알려져 있으며, 국가차원에서 실행하는 도시농업의 표본이 되기도 하였다.

한편, 유럽의 도시농업은 개인적인 사유지 형태의 도시농업이 많이 발달되어 있으며, 생산물 또한 개인의 소비육구 및 여가활동 등에 대한 생산물로 활용되어지는 것으로 나타났다.

### (3) 아시아

#### ① 일본

##### ○일본의 도시농업 발달

일본의 도시농업 형태는 시민농원이 가장 많이 발달되어 있다.

시민농원은 20세기 초 영국의 얼로트먼트가 시초로, 교토에 소개되면서 보급되었다. 그러나 2차 세계대전 이후 거의 소멸되었으며, 1952년 농지법 개정 이후에는 제도적으로도 존재할 수 없게 되었다.

그러나 1960년대 농지개발보급원의 한사람이 시민농원을 시작했고, 이를 고베시와 농업협동조합이 지원하면서 시민농원의 본격적으로 다시 시작되었다.

시민농원 초기에는 임대차 형식의 단기간 농원으로써 이용되었으나, '특정 농지 대부에 관한 농지법' 등의 특례에 관한 법률' 과 '시민농원정비촉진법' 등이 제정되어 농지뿐 아니라, 휴게시설을 포함한 시민농원의 경비가 가능하게 되면서 발달되기 시작하였다.

이때 시민농원의 발달과 함께 식량자급률 향상과 안전성 확보, 기후변화 대응 등을 위한 제도적인 측면에서의 발달도 같이 이루어진 것이 특징이다.

한편, 시민농원에서 생산된 식료품은 생산자의 소비량을 초과하는 경우 판매소 등에서 판매가 가능한 형태의 기본적인 로컬푸드 기능을 가지고 있으며, 생태관광지, 어린이 체험농원, 옥상텃밭 등의 형태를 이루게 되었다.

시민농원의 또 다른 특징은 지방자치단체가 개설한 시민농원이 75% 넘는다는 것과 이 중 도시에 위치한 시민농원이 60%에 달한다는 것이다. 이것은 일본의 도시농업이 발달할 수 있는 원인으로서는 지방자치단체의 힘이 큰 것을 알 수 있다.

##### ○시민농원의 종류와 형태

시민농원이 가장 잘 발달되어 있는 곳은 도쿄와 가나가와로 나타났다.

특히 대부분 시민농원 및 체험농원의 형태로 도시농업이 발달되어 있으며, 관리부서는 지방자치단체가 대부분인 것으로 나타났다.

<표 2-13> 일본의 시민농원 이름과 형태

지역	이름	형태
도쿄도 네리마구	체험농원	구민농원, 시민농원
가나가와현 가와사키시	농업진흥센터	시민농원, 농업체험
가나가와현 요코하마시	시바 sea side farm	시민농원, 체험농원
도쿄도 치요다구	파소나O <sub>2</sub>	지하농원, 식물공장
도쿄도 주오구	카시와시 옥상텃밭	옥상텃밭, 농원, 정원
도쿄도 아다치구	도시농업공원	행정부서, 체험형텃밭 <sup>9)</sup>

자료 : 김갑봉(2008. 08. 24), 도시농업, 일본은 지금<1>~<3>, 시사인턴.

한편, 지방자치단체가 관리하는 시민농원은 일정구획을 임대차 형식으로 대여하여 것이 기본적인 형태로 발달되어 있다. 그러나 자치구내의 시민들에게는 지원을 해주는 반면에, 타지역구의 시민들에게는 지원이 없다는 점이 특징이다.

시민농원에서 생산된 작물들은 대부분이 농약을 적게 쓰거나 안 쓰는 추세로 호르고 있으며, 이것은 안전한 먹거리 생산이라는 시민들의 바람으로 더욱 증가하고 있다.

한편, 가나가와현의 농업진흥센터에서는 전업 농업인들이 아닌 일반 시민들을 대상으로 도시농업을 지원하고 있다. 또한, 가나가와현의 또 다른 특징은 장애인 전용 텃밭도 있어, 복지적인 차원에서의 제도도 잘 발달되어 있는 것으로 나타났다.

반면에 시민농원과 달리 기업체에서 관리를 하는 도쿄 치요다구의 파소나O<sub>2</sub>는 파소나(PASONA) 그룹에서 운영하고 있는 지하농원으로, 식물공장 형태로 되어 있다. 이것은 시민들에게 관광자원으로써의 역할을 하면서, 도시농업에 대한 관심도를 증가시켜주는 작용을 하고 있다.

9) 체험농원과 다른 형태로, 일반인들이 임대하는 형태가 아닌 직원들이 제배한 작물을 일정 시기별 이벤트 등을 통해 시민들이 농업을 체험할 수 있는 형태를 말한다.



<그림 2-16> 일본의 도시농업 '시민농원'

자료 : 김갑봉(2008. 08. 24), 도시농업, 일본은 지금<1>-<3>, 시사인천.

이처럼 일본의 도시농업의 특징은 지방자치단체의 강력한 지원으로 발달하게 되었다. 특히 시민농원으로 시작하여 시민들에게 도시농업을 제공하여 식량생산의 중요성과 안전한 먹거리 제공, 여가활동, 생태교육 등의 기능을 하고 있다.

한편, 일본의 도시농업은 국내와는 달리 이벤트성 프로그램, 체험 프로그램, 장기 교육 등의 농업에 대한 관심도를 서서히 올리는 방법으로 도시농업 활성화를 위해 노력하고 있다.

② 중국<sup>10)11)</sup>

중국의 농업은 80년대 중반 상하이의 농업형태가 교외농업으로 진입하고 있었다. 당시 상하이의 농업으로써의 기능은 기초가공 농산물의 제공 형태만이 존재했다.

90년대 도시민들의 소비욕구가 다원적으로 발전하면서 농업발전에 대한 요구가 함께 향상되었다. 이때 중국 정부의 계획아래 생태평형과 관광, 레저, 과학기술 시범, 수출 창출 등의 목적으로 다기능 도시농업 계획을 밝혔다.

1997년 상하이의 경제성장과 더불어 농업발전을 위한 재정, 금융, 과학기술 등이 지원되었으며, 이것은 도시농업의 현대화로의 변천을 이루게 되었다. 이때 농업의 시스템화, 선진기술 도입과 더불어 도시민들의 건강 및 관광 자원으로 활용되기 시작하였다.

2007년 상하이의 시정부는 현대도시 농업을 중점적으로 발전시켰으며, 도시농업의 기능을 경제, 생태, 교육 등의 다양한 분야로 확장·활용하였다. 또한, 지속적인 발전, 과학기술 시범기능, 교육기능, 사회기능, 다원화 기능을 실현하기에도 힘썼다.

한편, 중국은 2021년까지 모든 국민들이 먹고사는 데 지장이 없고 문화생활도 어느 정도 즐길 수 있는 '전면적인 소강사회' 진입을 목표로 하고 있다. 이 같은 농업의 발달을 위해서 도시화와 가정농장<sup>12)</sup>의 육성을 위해 중국 총리 리커창(李克强)의 계획이다.<sup>13)</sup>

10) 허난일보(2012. 09. 10), 상하이, 도시농업 "강대도시"로 발전.  
 11) 청두무역관(2014. 04. 30), 中 쓰촨성 도시 현대 농업시스템의 발전.  
 12) 가족 구성원이 노동력의 뼈대를 이루고 주요 수입이 농업에서 나오며, 너른 경작지를 기계화 농법을 이용해 일구는 가족농장. 이것은 현대화 농법으로 안심 먹거리를 생산해야 하며 미구과 같은 대규모 기계화 농업을 지향한다(유상철(2013. 05. 23), 리커창 농촌개혁 승부수...도시화·가정농장에 걸었다, 중앙일보).  
 13) 유상철(2013. 05. 23), 리커창 농촌개혁 승부수...도시화·가정농장에 걸었다, 중앙일보.





<그림 2-17> 중국 농촌개혁 청사진

자료: 유상철(2013. 05. 23), 리커창 농촌개혁 승부수...도시화·가정농장에 걸었다, 중앙일보.

이것은 도시화로 인한 농민의 감소가 오히려 농작물의 수요자 증가로 이어지게 된다. 그 결과 농민들의 수입이 증가하게 되고, 농민들의 생산량은 더욱 많아지게 될 것을 전략으로 삼고 있다. 또한, 농업의 개혁을 위해서 농지 거래를 장려하는 등의 정책도 제정할 계획인 것으로 나타났다.

이처럼 중국은 정부차원에서 도시농업의 발전을 위해서 과학, 경제, 교육적인 측면에서 지원을 하고 있으며, 타국가들과는 다른 기업형, 관광형 형태의 도시농업이 발달되어 있다.

### ③ 기타

아시아의 다른 국가들의 도시농업은 인도의 ‘캘커타’ 방글라데시, 네팔, 싱가포르의 도시농업, 태국의 ‘수린 공동시장’ 등 다양한 형태의 도시농업이 존재한다.

아시아 도시농업의 중점은 지방정부의 강력한 지원, 안전한 먹거리의 제공, 생태보존, 농민들의 수익 증대 등과 관련하여 발달되어 있는 것으로 나타났다.

## 제2절 음식물폐비의 적용사례조사<sup>14)</sup>

### 1. 음식물폐비의 사례조사

음식물폐비의 토양오염 위해성과 식물체 안전성을 검토하기 이전에 실질적으로 이용되고 있는 국의 사례들을 살펴보고, 어떠한 형태로 이용되는지에 대해 고찰한다.

외국의 음식물쓰레기 재활용 현황을 살펴보면 미국의 경우 재활용률은 3.5%로써 주로 퇴비화, 사료화 방법으로 처리하고 있다. 일본은 주로 소각시설에서 소각처리를 하고 있는데 ‘식품폐기물리사이클법안’ 상정을 통하여 재활용을 도모하려는 움직임을 보이고 있다.

한편, 네덜란드는 음식물쓰레기 분리수거를 1990년부터 정원, 음식물쓰레기의 30%를 퇴비화 하고 있다. 스페인은 퇴비화가 유럽지역에서 가장 활발하며 20%를 퇴비화 하고 있다. 스위스는 폐기물 관리 지침상 퇴비 가능물질은 발생된 주변에 퇴비화 하도록 권장하고 있는데, 자기·공동·중앙 퇴비화의 방법이 있다. 그밖에도 노르웨이, 벨기에, 이탈리아, 프랑스 등은 음식물쓰레기에 관련한 법적체계는 없으나 사료화나 퇴비화 등 재활용의 노력을 하고 있다.<sup>15)</sup>

#### 1) 일본

일본은 쌀, 국, 반찬이 한 세트인 이루어진 음식문화와 가지고 있다. 주요 식재료로는 생선류, 어패류 등을 이용하는 특징을 가지고 있다. 이것은 우리나라와 비슷한 음식문화와 가지고 있다.

한편, 일본의 음식물쓰레기 퇴비화는 퇴비화에 대한 재인식과 재활용에 관심이 증가하고 있으며, 사업소용 처리장지에는 지방의 중소기업이 다수 참가하고 있다.

14) 유수(2003), Zero Food Waste 음식물쓰레기줄이기 외국사례모음, (사)한국불교환경교육원.

15) 박진서·차동원·서승직(2009), 우리나라의 음식물쓰레기처리 방법의 개관, 대한설비공학회, 하계학술발표대회 논문집, 427~432.

① 미야자키현 미야자키시 아야초

미야자키현 미야자키시 아야초에서는 1988년 일본 최초로 유기농업을 추진하는 ‘자연 생태계 농업의 추진에 관한 조례’를 만든 것으로 알려져 있다. 이 시책의 추진에 큰 역할을 한 것은 1987년에 완성된 음식물쓰레기 퇴비화 시설이었다.

이 마을에서는 음식물쓰레기만이 아니라, 과거 1976년에는 배설물을 액체비료로, 1981년에는 가축분뇨를 퇴비로 만드는 시설을 건설하는 등 유기성 폐기물<sup>16)</sup>의 재활용 시설을 꾸준히 건설하였다.

한편, 이와 동시에 무농약·저농약 농법에도 신경을 써서, 농약과 화학비료의 사용정도에 따른 마을의 독자적이고 엄격한 저농약 자원농법을 부가가치로 하는 것에 성공하였다.

② 야마가타현 나가이시

야마가타현의 나가이시에서는 주방과 농업을 잇는 계획 실현을 위해서 음식물쓰레기의 퇴비화 연구를 시작하였다. 이것은 1991년부터 적합한 방법을 찾아왔다. 그 결과 시민 중심의 음식물쓰레기 퇴비화 시설 공장이 건설되었으며, 이것은 연간 2,500백 톤의 처리 능력을 가지고 있다.

한편, 나가이시에서 생산된 음식물쓰레기퇴비에서는 중금속 등이 검출되지 않고, 비료성분 또한 지나치지 않기 때문에 비료의 과잉이라는 폐해가 없다. 그 결과 토양 개량제로서 충분한 효과를 기대할 수 있으며, 많은 시민들이 이용하고 있다. 이곳에서 생산된 음식물쓰레기퇴비를 이용하여 생산한 농산물은 시의 독자적인 상표로 등록하여 확립시키기도 하였다.

16) 유기성 폐기물이란, 동식물에서 유래한 유기물 함량 40% 이상의 폐기물로서 가축분뇨, 하수슬러지, 음식물쓰레기 등이 여기에 해당한다(산은조사원보(2010), 유기성 폐기물 에너지화 산업의 사업구조와 시사점, 산업이슈, pp 55~72).



<그림 2-18> 나가이시 음식물쓰레기퇴비 생산 및 이용 과정

자료 : 유수(2003), Zero Food Waste 음식물쓰레기줄이기 외국사례모음, (사)한국불교환경교육원.

### ③ 도쿄도 무사시노시

도쿄도의 무사시노시에서는 1997년 시내의 아파트 단지 재건축에 맞춰서 단지 내에 음식물쓰레기 처리기를 도입하는 방안을 검토하였다. 이것은 단지 내의 2,300가구에서 배출되는 음식물쓰레기를 퇴비화 하기 위한 것으로, 연간 약 840톤이 배출될 것으로 전망하였다.

무사시노시는 아파트에서 발생하는 소각비용의 경감을 위해서 음식물쓰레기를 이용하여 퇴비를 생산하는 것을 목표로 하고 있다. 또한, 생산된 음식물쓰레기퇴비는 단지 내의 화단과 식목의 비료로서 공급된다. 이것은 시내에 발이 적은 도시에서의 음식물쓰레기 줄이기 실천사례로서 큰 주목을 끌고 있다.

한편, 가정용 쓰레기 외에 사업장 쓰레기에서도 음식물쓰레기의 퇴비화는 진행되고 있다. 학교급식, 음식점, 호텔, 식품 공장 등을 대상으로 하고 있으며, 이것은 전국적으로 확대될 것으로 보인다.

그러나 가정, 사업소, 지방자치단체 등 각 방면에서 급속히 도입되고 있는 음식물쓰레기 퇴비화 공장이 새로운 시장인 만큼 업체마다 퇴비화 방법이 달라 확립된 기준이 없다. 또한 공장 건설 후 퇴비화가 순조롭지 않은 경우 악취문제 등의 마이너스적 요소도 해결해야 할 과제가 남아있다.

## 2) 호주

호주의 음식문화는 육류 및 생선류가 주를 이루고 있으며, 야채, 과일, 곡식의 음식 또한 선호하는 것으로 나타났다.

한편, 호주는 고품질 쓰레기 총량 중 매립쓰레기가 약 40%를 차지하고 있으며, 대부분이 가정생활 쓰레기이다. 호주의 한 가구당 배출하는 생활쓰레기는 연간 400kg으로 OECD 국가 중 10위 안에 든다. 이때 배출되는 생활쓰레기 중에서 유기성 폐기물은 50% 이상의 비율을 차지하고 있다. 또한, 음식물쓰레기는 이 중에서 50% 이상을 차지하고 있다.

호주와 뉴질랜드는 1992년부터 2000년까지 전체 쓰레기 배출량의 50%를 감

량하고, 각 주 단위로 사무국을 신설하여 지역정부와 함께 쓰레기 감량을 추진해 나가고 있다.

### ① 캔버라

캔버라에서 발생하는 가정쓰레기 중 52%가 음식물과 주방에서 발생한다. 캔버라에서 실행한 유기성 폐기물 재활용 프로젝트는 주거지역에서 발생한 음식물 및 주방쓰레기를 효과적으로 분리수거하고, 그로 인한 음식물쓰레기의 감량과 자원재활용화에 목적을 두고 있다.

프로젝트에는 90%의 가구가 프로젝트에 참가했고, 결과적으로 60%의 가구만이 매주 거르지 않고 폐기물 처리통을 이용하였다. 수거된 폐기물 쓰레기의 52%가 음식물 쓰레기였던 과거와 달리, 프로그램 실행이후 20%이하로 감량되었다.

시는 이 폐기물을 이용하여 유기성 폐기물 재활용 퇴비를 생산하였다. 그러나 생산초기 음식물쓰레기의 오염정도가 약 1.3%로 낮았는데, 시행기간의 중간부터 마무리까지 점차 늘어 8% 이상 증가하게 되었다.

그 결과 음식물쓰레기 퇴비화에 앞서서 음식물쓰레기의 오염도를 낮추는 문제가 과제로 남아있게 되었다.

### ② 뉴 사우스 웨일즈 주 '사업장 쓰레기 제로' 운동

호주의 뉴 사우스 웨일즈 주에서는 1995년부터 쓰레기 저감과 관리대책 법률안을 제정하였으며, 오물세와 환경오염, 쓰레기에 대한 범칙금을 증가, 2000년도까지 60%의 매립쓰레기 줄이기 등의 목표를 제정 및 설정하였다. 또한, 주에서는 쓰레기 최소화를 위한 '사업장 쓰레기 제로' 운동을 전개하였다.

그 결과 시드니의 한 카페에서는 연간 배출되던 24톤의 매립쓰레기가 37%가 감소되고, 한 식당에서는 연간 배출되던 15톤의 매립쓰레기가 25,200 톤이 감소되었다.

### 3) 미국

미국의 음식문화는 주로 육류 위주의 식사와 달고 기름진 후식을 선호한다. 주식은 햄버거, 토스트, 샌드위치, 핫도그와 같은 빵과 고기, 야채 등이 섞인 음식들이며, 이 외에도 스프, 샐러드 등이다.

미국의 캘리포니아 주에서는 주정부의 쓰레기 감량을 위하여 환경교육을 적극적으로 권장하고 있다. 이것은 자연자원의 보존과 생활 속의 친환경적 생활 등의 정보를 제공하고 있다.

특히, 쓰레기 감량 프로그램 기관은 주의 유치원에서 고등학교까지 환경교육 커리큘럼을 제공하고, 지역 및 학교의 쓰레기 처리와 관련된 운영정보를 지원하는 등의 활동을 하고 있다. 또한, 2001년에는 학교 환경법안이 입법화되어 매립쓰레기 처리 시스템을 각 학교와 기관에 설치하여 학생들에게 구체적인 교육을 제공하고 있다.

한편, 미시간 주의 앤아버시에서는 1996년도에 1989년과 비교하여 전체 생활쓰레기의 52%를 감량하였고, 그 중 생활쓰레기의 23%를 퇴비화 하는데 이용하였다. 또한, 1988년 '클린 미시간' 협회에서 전국적인 쓰레기 줄이기 모금을 하였으며, 이것은 시의 재활용 쓰레기통과 운반차량을 구입, 퇴비 만들기 위한 부지확보, 환경 교육 등을 위해 사용되었다.

특히, 1993년에는 정부에서 매립지에 쓰레기를 매립하는 것을 금지시켰고, 이것을 1995년까지 단계적으로 완성해 나갔다. 이에 따라서 앤아버 시는 시내 중심가와 가까운 공원에 0.25 에이커에 해당하는 부지에 가정퇴비교육장이라는 퇴비 실험장을 운영하였으며, 1996년에는 전체 쓰레기 중 23%를 퇴비화 시키는데 성공하였다.

이때 가정 쓰레기와 정원쓰레기를 구분하여 분리하고, 퇴비를 생산하게 되고, 생산된 퇴비는 심사를 거쳐 각 가정이나 사업장으로 팔리게 되었다.

#### ① 델마 축제마당, 샌디에고

샌디에고 지역의 375 에이커 넓이에 마련된 델마 축제마당은 매년 약 20일 가

량 샌디에고 지역주민들을 대상으로 개최된다. 이 축제마당은 축제기간동안 발생된 전체 음식물쓰레기의 약 75%에 달하는 38톤의 음식물쓰레기를 자원화 하였다.

1996년에 이 축제에 참여한 주민들은 소비하고 남은 음식물쓰레기를 지역퇴비시설과 지렁이퇴비시설에 분배하여 퇴비화 시켰으며, 기름과 같은 유류 물질들은 공장으로 보내져 비누나 재활용품으로 활용하였다.

한편, 이 축제마당에서는 음식을 파는 상인들에게 미리 철저한 분리수거를 의무사항으로 계약하였으며, 이로 인하여 축제기간 동안 발생한 모든 음식물쓰레기를 자원화 하게 되었다.

#### ② 슬라이트 슈퍼마켓

슬라이트는 미국에 있는 글로벌 슈퍼마켓이다. 이곳은 1995년 이후, 25개의 지부에서 연간 3,000 톤의 유기성 폐기물을 퇴비화 하고 있다. 이것은 사업장 전체에서 발생하는 유기성 폐기물 중 80%에 해당하는 양이다.

퇴비화에 이용되는 원료는 야채 부식물, 부식된 조리 음식, 오래된 해물, 시들어버린 생화, 유효기간이 지난 음식물 및 유제품, 쏟아져서 더러워진 음식물, 종이 등을 모두 퇴비화 한다.

이곳에서 일하는 직원들은 각 담당구역마다 유기성 폐기물을 버리는 상자를 따로 수거한다. 별도로 수거된 상자들은 다시 퇴비화 시설의 회사로 운반되어 정원쓰레기와 함께 퇴비화 시킨다. 영양분이 많은 퇴비를 생산하면, 유해성 물질 검증을 받고 난 후, 농민들이나 골프장의 땅을 윤택하게 하고 싶어 하는 사람들에게 판매된다.

#### ③ 플레처 알렌 헬스케어

버몬트 의과대학의 부설 병원인 플레처 알렌 헬스케어에서는 매년 발생하는 90%의 음식물쓰레기를 썬서 외부 퇴비시설에 위탁한다. 1997년에는 90톤의 음식물쓰레기를 배출하였고, 이것은 병원 구내식당의 음식물쓰레기 수거팀에 의

하여 수거된다. 수거된 음식물쓰레기는 농장으로 운반되며, 농장 주인이 직접 유기질 퇴비를 생산한다. 이것은 농장에서 사용하며, 그 대가로 농장에서 재배된 유기농 채소를 도매값으로 제공하는 방식으로 구성되어 있다.

#### 4) 네덜란드

네덜란드의 음식문화는 감자, 치즈, 혼제요리 등이 주식으로 이용된다. 또한 네덜란드의 식민지였던 인도네시아의 영향을 받아, 인도네시아 전역에 퍼져있던 중국 음식과의 조화를 이룬 음식들이 대중화 되어있다.

특히, 간편한 식사를 선호하는 네덜란드 사람들은 샌드위치, 가공식품, 야채 등의 간단한 음식을 주로 이용한다.

##### ① 유기성 가정 쓰레기 감량 프로그램

유기성 가정 쓰레기 감량 프로그램은 1991년 네덜란드의 지방정부에서 시작된 프로그램이다. 이것은 1994년 1월 1일 현재 유기성 가정쓰레기의 분리수거 의무를 부과하고 있으며, 일정 수준 이상을 갖춘 퇴비를 생산하기 위한 공정 능력을 갖추고 있다. 그 결과 매립장이나 소각장으로 처리되는 폐기물의 양이 최소화 할 수 있었다. 또한 1996에는 유기성 폐기물의 매립이 금지되는 법안이 제정되었다.

한편, 1997년부터 1999년까지 분리수거된 유기성 가정쓰레기는 매년 150만 톤에 달했으며, 이것은 60만 톤의 퇴비로 가공되어 판매되었다.

유기성 폐기물의 처리는 호기성과 혐기성 기술로 행해진다. 현재의 네덜란드에서는 대부분이 호기성 기술로 이뤄지고 있다. 1999년 말에는 23기의 퇴비화 시설과 2기의 발효 시설을 운영하였다.

이곳에서 생산된 유기성 가정 쓰레기 퇴비는 '깨끗한 퇴비'의 기준을 통과해야 하며 그 기준은 <표2-14>와 같다. 이것은 국내 퇴비공정 규격보다 상당히 낮은 수치를 제한하고 있으며, 그만큼 음식물쓰레기를 사용한 퇴비의 품질이 엄격하게 관리되고 있다는 것을 알 수 있다.

<표 2-14> 네덜란드 유기성 가정쓰레기 퇴비의 중금속 기준치

성분	최소 기준치 (mg kg <sup>-1</sup> )
아연(Zn)	200
납(Pb)	100
구리(Cu)	60
크롬(Cr)	50
니켈(Ni)	20
비소(As)	15
카드뮴(Cd)	1
수은(Hg)	0.3

자료 : 유수(2003), Zero Food Waste 음식물쓰레기줄이기 외국사례모음, (사)한국 불교환경교육원.

그러나 네덜란드의 유기성 가정 쓰레기 분리수거 및 처리는 폐기물의 질, 수거, 개인의 작업 환경, 수거 용기의 청결성 등의 문제가 남아 있으며, 여전히 개선되어야 할 점으로 지적되고 있다.

#### 4) 독일

독일의 음식문화는 주로 빵, 우유, 커피 등의 조식과 육류와 어류 등과 함께 샐러드를 먹는다. 또한 감자요리, 돼지고기, 햄과 소시지와 같은 가공육 등이 대표적이다.

한편, 독일의 음식물쓰레기는 지난 10년 전부터 체계적인 시스템을 개발하여 전 독일지역에서 이뤄지고 있다. 독일의 시스템은 음식물쓰레기를 분리수거 하는 것에서부터 시작하며, 수거, 퇴비화, 판매의 단계를 거친다.

독일은 16개의 주로 이루어져 있으며, 지방자치체가 잘 발달되어 있다. 그 결과 쓰레기 분리배출에 관한 기본적인 원칙은 나라 전체가 적용받고 있지만, 각각의 처리방법과 규칙들은 각 지방자치단체에서 각각 처리하고 있다.

독일의 주민들은 쓰레기 재활용 시스템에 상당한 참여를 보이고 있다. 특히,

각각의 가정에서 쓰레기들을 색이 다른 통으로 구분하여 배출한다. 이때 음식물쓰레기통은 갈색 통17에 버린다. 이것은 각각의 관할 구역시청의 청소과에서 수거하고, 퇴비화 하는 것을 원칙으로 하고 있다. 수거는 보통 민간업체에 위탁해서 하는 경우가 대부분이고, 수거된 음식물쓰레기는 퇴비화와 동시에 바이오가스 생산에 활용되기도 한다.

음식물쓰레기가 퇴비화 된 후에는 다시 필요한 시민들에게 판매하거나, 대량으로 국외에 수출하기도 한다. 이것은 타국가에도 팔 수 있을 정도로 퇴비의 질이 엄격하게 관리되고 있다는 것을 보여주고 있다.

한편, 가정에 개인정원이 있다면 직접 퇴비화를 하도록 권장하고 있으며, 음식물 쓰레기를 소각하는 것을 절대적으로 금지하고 있다.

#### ① 바이에른 주

바이에른 주에서는 음식물쓰레기를 포함한 유기성 폐기물을 재활용 할 때, 퇴비화가 가장 많은 부분을 차지하고 있다.

현재 독일에서는 해마다 500만에서 600만 톤의 음식물쓰레기와 생활쓰레기가 500여 곳의 퇴비화 시설로 수거되어 질 좋은 퇴비로 생산되어지고 있다. 독일 국민 개개인이 버리는 유기성 폐기물은 연평균 60kg을 넘어서고 있으며, 이것을 퇴비화 하여 대부분 비료로 활용하고 있다. 독일 전역에서는 잠재적 유기성 폐기물이 연간 1,000만에서 1,200만 톤에 이를 것으로 추정하고 있다.

한편, 바이에른 주에서는 1997년 약 47만 톤의 음식물 쓰레기가 일반가정에서 배출되었고, 개인 정원과 지방 녹지에서 배출된 정원쓰레기는 약 2배인 90만 톤 이상에 이르렀다. 이것은 바이에른 시민 한 사람당 75kg의 정원쓰레기와 57kg의 음식물 쓰레기를 배출하고 있는 것이다.

1997년에는 239군데의 퇴비가공시설과 53곳의 발효시설에서 약 53만 톤의

17) 갈색 통에는 음식물쓰레기와 정원쓰레기가 모두 들어가는데, 이것은 2주마다 한 번씩 시청의 청소과에서 수거해 간다. 대부분의 시 청소과는 퇴비공장에 수거를 위임하고, 퇴비공장 회사의 수거용 차는 정해진 날에 쓰레기통을 밖에 내어놓으면 수거해 간다. 이때 음식물쓰레기를 버릴 때 비닐봉지의 사용을 금하고 있으며, 정해진 종이봉투나 신문지 등을 이용하게 하고 있다.

정원쓰레기가 재활용 되었다. 또한, 가정에서 배출된 음식물쓰레기와 정원이나 농장에서 배출된 쓰레기 약 63만 톤은 바이에른 주의 퇴비가공시설 78곳, 발효시설 13곳에서 퇴비화를 하였고, 동시에 바이오가스를 생산하기도 한다.

그 결과 1997년에 발생한 음식물쓰레기와 정원쓰레기의 약 75%가 퇴비화되었고, 16%는 농업용으로 바로 재활용 되었으며, 7%는 발효, 나머지는 임시 보관창고에 저장되거나 쓰레기로 처리되었다. 이때 생산된 퇴비는 필요한 주민들에게 판매하였고, 그 구매자는 36%가 농업, 17%가 조경, 15%가 정원 및 개인적 용도로 이용하였다.

#### ② 니더작센 주

니더작센 주에서는 음식물쓰레기, 정원쓰레기, 가축 분뇨, 종이상자 등을 이용하여 퇴비를 생산하고 있으며, 퇴비화 할 수 없는 음식물쓰레기도 합부로 소각하는 것을 금지하고 있다.

니더작센 주는 1994년부터 음식물쓰레기를 분리수거하여 회수하고, 퇴비화 하고 있었으며, 이것은 1999년 말 이후에는 주 전체에서 시행되고 있다. 주에서는 가정용 음식물쓰레기 용기를 무료로 지급하고, 2주에 한 번 회수하여, 시외의 퇴비화 공장에서 원료로 이용된다.

퇴비화 공장에서는 3개월에 걸쳐서 퇴비를 생산해내며, 완성된 퇴비는 50리터씩 포장하여 개인정원, 농가 등 필요한 시민들에게 판매하고 있다.

#### ③ 노르트 라인 베스트 팔렌 주

노르트 라인 베스트 팔렌 주에서는 음식물쓰레기퇴비를 상차화단에 이용한 야채재배를 권장하고 있다. 이것은 시청에서 지역 주민들을 대상으로 운영하고 있는 생태정원 가꾸기 수업에서 정보 제공 및 운영을 하기도 한다.

## 5) 스위스

스위스의 음식문화는 인접해있는 독일, 프랑스, 이탈리아, 오스트리아의 영향을 많이 받았으며, 토마토, 양파, 치즈, 감자, 소시지 등의 음식이 주식으로 이용된다.

한편, 스위스에서는 국가적으로 음식물쓰레기를 이용한 퇴비화를 권장한 것이 약 10년이 되었다. 음식물쓰레기통에 분리 배출된 유기성 폐기물은 독일이나 오스트리아와는 다르게 기업이나 시에서 수거해 가는 것보다 개인적으로 퇴비화 시키는 것을 권장하고 있다.

이것은 개인 정원이나 주거지역 인근의 공동퇴비화 시설을 이용하여, 수거와 처리비용을 절감하는 효과도 가지고 있다.

### ① 바젤시

바젤시에서는 음식 준비과정에서 발생한 쓰레기와 정원쓰레기 등의 유기성 폐기물을 가능한 지역별로 재활용 할 수 있도록 하기 위해 1,360군데 이상의 개인정원, 학교 등을 퇴비화 장소로 지정, 보호하고 있다.

### ② 베른시

베른시에서는 유기성 폐기물을 수거하는 전문가들이 있으며, 이들은 시민들에게 방문서비스와 퇴비화에 관한 규정을 제공, 공동 및 개인 퇴비시설 설치, 정원쓰레기 수거 등의 업무를 하고 있다.

이 외에도 스위스에서는 국가 및 지방자치단체 등의 지원으로 퇴비화 캠페인을 개최하였다. 이것은 유기성 폐기물을 이용한 개인의 퇴비화율 증가, 유기성 폐기물의 분리수거율 증가, 퇴비화 시설의 남비현상 극복 등을 목표로 하고 있다.

## 6) 오스트리아

오스트리아의 음식은 인접해 있는 독일이나 이탈리아의 영향을 받아 주로

빵, 커피, 수프, 육류, 생선, 감자, 밥, 샐러드 등이 주식으로 이용되고 있다.

오스트리아에서는 가정에서 발생하는 쓰레기의 30%가 음식물쓰레기다. 오스트리아는 독일과 마찬가지로 쓰레기 분리수거 정책을 실시하고 있으며, 수거와 처리 및 재활용 방법도 거의 유사하다.

음식물쓰레기는 각 가정에서 분리수거하여 갈색이나 녹색으로 된 음식물쓰레기통에 넣어두면, 각 도시나 지역구마다 정해진 날짜에 수거해 간다. 이때 수거해가는 것은 국가에서 위탁한 민간업체로 공장마다 구역이 정해져 있다.

한편, 주민들은 주정부나 지방자치단체의 환경국에 발표한 쓰레기 통계자료를 통해서 자기가 속한 지역에서의 쓰레기가 어느 장소로 이동하고, 어떻게 쓰이는지에 대한 자료를 볼 수 있게 되어있다.

이렇게 수거된 음식물쓰레기는 유럽의 환경 정책에 맞추어 대부분 퇴비화하거나 바이오가스 생산의 원료로 이용된다. 그러나 음식물쓰레기를 대부분 퇴비화하여 재활용하는데 초점이 맞추어져 있는 관계로, 정원이 있는 가정에서는 정부적인 차원에서보다 가능한 개인적으로 퇴비화를 권장·유도하고 있다.

### ① 정부

오스트리아의 정부는 음식물쓰레기 퇴비화를 위한 운동을 지속적으로 늘리고 있다. 특히, 퇴비화 시설 조성, 유기성 폐기물 분리수거법 제정, 쓰레기 매립법 제정, 오염부지 정화법 제정 등을 통하여 매립되는 쓰레기를 감소시키고 있으며, 유기성 폐기물의 자원화를 활성화하고 있다.

### ② 개인

오스트리아의 주민들은 개인의 정원 또는 공동체 퇴비화 시설에서 각 가정의 음식물쓰레기를 퇴비화 시키기 위해서 각고의 노력을 기울이고 있다.

일반적으로 개인의 퇴비화 방안에는 개인 정원 이용, 지역 쓰레기 수거센터에서 처리를 한다. 이것은 퇴비화 공정을 통하여 질 좋은 퇴비로 생산되어 다시 주민들의

개인 정원이나 농업에 이용된다. 이러한 개인 퇴비화의 장점은 개인 정원에서 이용할 퇴비의 자가적 공급이 가능하며, 유기성 폐기물의 처리비용 감소효과가 있다.

한편, 퇴비를 생산할 때 부가적으로 발생하는 바이오가스는 난방과 전기발전에 이용된다.

### ③ 사업장

오스트리아의 슈타이어마르크 주에서는 유기성 폐기물을 이용하여 퇴비화시키는 사업장이 있다. 이것은 주에서 수거된 음식물쓰레기를 건조와 분쇄과정을 통해 정원쓰레기와 혼합하여 퇴비화를 시킨다. 이때 음식물쓰레기는 안전점검을 통해 안전성을 평가 한다. 최종적으로 생산된 퇴비는 퇴비장에서 부숙과정을 거치고 난 후, 정원용 퇴비거름으로 판매한다.

## 7) 이탈리아

이탈리아의 음식문화는 낙농제품을 이용한 크림소스가 많이 발달되어 있다. 한편, 남부에서는 밀가루를 이용한 파스타와 올리브, 토마토, 해산물을 이용한 요리가 발달되어 있으며, 북부에서는 옥수수를 이용한 플레타, 쌀을 이용한 리조토 등이 유명하며, 육류요리, 해물요리, 소시지, 피자 등의 요리가 많이 발달되어 있다.

### ① 쿠엘로 퇴비 생산시스템

쿠엘로는 이탈리아 남부에 위치하고 있는 도시로, 각 가정마다 주방쓰레기를 포함하여 분리수거하는 시스템을 구축하였고, 그 결과로 연간 1인당 발생하는 75kg의 음식물 쓰레기를 35kg까지 감량시켰다.

쿠엘로의 퇴비 생산시스템은 ‘쓰레기 분리수거와 자연분해 가능한 쓰레기 퇴비화’의 프로젝트에서 시작되었다. 이것은 유기성 폐기물을 포함하여 생활쓰레기를 집중적으로 관리하며, 지역내에서 발생하는 유기성 폐기물을 이용하

여 가정퇴비를 개발하는 것을 목적으로 하고 있다. 또한, 쓰레기 분리수거 확산을 위해 민원시설 설치와 정보와 기술, 운영을 지원하고 있다.

쿠엘로의 퇴비 생산 시스템은 주 3회 쓰레기를 수거하며, 이것은 지역 10km 내에 위치한 퇴비장으로 운반된다. 퇴비 공장은 지역정부의 공동소유이며, 지역 주민들이 배출하는 주방쓰레기와 정원쓰레기 모두 처리한다.

한편, 이 시스템으로 생산되는 퇴비는 연간 약 4만 톤이다. 생산된 퇴비는 이탈리아 비료에 대한 법조항에 의해 검사를 실시한다. 최종적으로 생산된 퇴비는 공장과 지역의 공동 관리인들의 동의하에 거래가 된다. 이것은 퇴비의 공급처 확보와 퇴비사용의 효과 실험을 위한 방안이기도 하다.

### ② 몬자 퇴비시스템

몬자는 이탈리아 북부의 밀란 근교에 위치하고 있다. 이곳의 퇴비 생산시스템은 1998년 분리수거와 함께 시작되었다. 이것은 시에서 비용을 줄이기 위해 수거작업을 주민들과 계약한 것이 특징이다.

음식물쓰레기는 여러 곳의 퇴비공장으로 수거된다. 이것은 공장폐쇄나 다른 문제로 발생하는 문제를 줄이기 위한 방안이다. 공장은 가장 저렴한 쓰레기 처리비용과 운반비용에 따라 선택되어 진다.

몬자의 퇴비시스템의 특징은 유기성 폐기물 수거를 위하여 가구당 분해되는 쓰레기봉투를 배포하고 있으며, 수거일에 일괄적으로 수거해 가는 방법을 이용하고 있다.

그러나 이때 유기성 폐기물 중 정원쓰레기의 경우에는, 배출자가 직접 쓰레기를 운반하여 수거비용을 줄이고 있다.

한편, 밀란지역은 장소의 제약과 함께 인구 밀집 지역에 접근성이 불편함에 따라 지역에서 퇴비화 되는 양이 상대적으로 적다. 그러나 몬자의 퇴비시스템은 가장 성공적인 퇴비시스템으로 손꼽힌다. 그 이유는 시작단계에서 정보제공 위주의 홍보캠페인을 벌였고, 실질적으로 주민들이 분리수거와 쓰레기 관리에 대한 경험들을 토대로 문제점을 해결해 나가는 방식으로 운영되었기 때문이다.



## 8) 프랑스

프랑스의 음식문화는 지리적 특성으로 인하여 농산물, 축산물, 수산물, 주류 등이 풍부해 여러 음식들이 발달하였다. 특히 육류, 채소류, 향신료, 빵, 가공육, 주류 등 대부분 종류의 음식을 주식으로 삼고 있는 것이 특징이다.

### ① 바푸앙 퇴비 생산시스템

바푸앙의 퇴비 생산시스템은 부엌에서 발생하는 쓰레기와 정원쓰레기를 분리수거한다. 이것은 퇴비를 생산하는 집중화된 퇴비생산 시설로 수거되며, 1년에 6,000톤의 쓰레기로 2,500톤의 퇴비를 생산한다.

바푸앙의 퇴비생산 시스템은 1998년 개시되었다. 이전에는 기업에서 퇴비생산 시설을 운영하고 있었으나, 1998년 이후에는 정부에서 운영하고 있다.

퇴비 생산시스템을 거쳐 생산된 퇴비는 A1 농협에 판매가 된다. 이것은 다시 지역 농부들에게 판매된다. 특히, 바푸앙은 경작지대로 퇴비 부족 문제를 겪고 있어, 음식물쓰레기퇴비의 시장이 존재하기 알맞은 조건을 갖추고 있다.

한편, 바푸앙의 퇴비생산 시설은 연간 7,000 톤의 생산용량을 지니고 있으며, 종이, 판자, 부엌, 정원쓰레기와 음식물 쓰레기를 합쳐서 퇴비를 생산하고 있다.

### ② 니와르트 퇴비 생산시스템

니와르트의 퇴비 생산시스템은 지역공동체에 의해 시행되었다. 이것은 1998년 4,500톤의 퇴비를 생산되었으며, 그 중 2,500톤은 주민들에게 분배되었다.

니와르트의 퇴비 생산시스템은 지역에서 발생하는 모든 유기성 폐기물을 소화할 수 있는 용량으로 설계되어, 퇴비화의 장애가 발생하지 않으며, 생산 초기에 정보홍보를 위한 캠페인 덕분에 성공하게 되었다. 이것은 프랑스에서도 성공적인 퇴비 생산시스템으로 꼽히고 있다.

한편, 니와르트 퇴비 생산시스템의 주목적은 매립, 소각쓰레기를 다른 방향으로 전환하는 것이다. 퇴비생산은 이 분야에서 큰 비중을 차지하고 있고, 투

- 61 -

자와 운영비용은 소각비용보다 적게 든다.

특히, 퇴비생산 과정은 소각이나 매립보다 환경에 영향을 덜 끼치며, 퇴비생산은 공공부분에서 정원쓰레기 문제를 해결해 주고 있으며, 지역 토양 특성인 점토질과 백악질의 토양을 개선시키는 역할을 하고 있다.

## ■ 소결

도시농업에서 음식물퇴비 사용에 있어서, 우선적으로 국외의 음식물쓰레기를 이용한 퇴비의 생산과 적용 사례를 살펴보았다.

국외의 음식물퇴비는 대부분 국가 또는 지방자치단체에서 주관하고 있으며, 시민들이 적극적인 이용을 하고 있는 것으로 나타났다.

또한, 국외는 음식물쓰레기와 정원쓰레기를 합쳐 유기성 폐기물의 매립을 대폭 감소시키며, 퇴비를 이용하여 농업, 정원 등으로 환원시키는 것으로 나타났다.

그러나 이것은 국내와는 다른 음식문화, 지형적 여건, 시민의식과 같은 다방면의 영향에 의한 결과로 사료된다. 따라서 국내에서는 국내 실정에 맞는 음식물퇴비의 적절한 기준과 대책이 필요할 것으로 판단된다.

## 2. 음식물퇴비 사용의 문제점

### 1) 음식물퇴비의 발달<sup>18)</sup>

우리나라의 음식물쓰레기 발생량은 2012년 일일 13,209톤, 연간 약 500만 톤의 음식물쓰레기가 발생하고 있다. 또한, 음식물쓰레기에서 발생하는 음폐수의 경우 2013년 일일 9,431톤, 연간 약 350만 톤이 발생하고 있다.

18) 이석길(2013). 음식물류 폐기물의 자원화 현황과 발전방향. 한국음식물류폐기물자원화협회.

<표 2-15> 연도별 음식물쓰레기 발생량 [단위 : 톤 일<sup>-1</sup>]<sup>19)</sup>

비고	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
발생량	13,372	14,452	15,142	14,118	13,671	13,537	13,209

자료 : 전국 폐기물 발생 및 처리현황(2007~2013), 환경부, 한국환경공단.

한편, 대전광역시시의 경우 2012년 일일 437.0톤의 음식물쓰레기가 발생하고 있는 것으로 나타났다. 이것은 전국 음식물쓰레기 발생량의 약 3.3%를 차지하는 것으로 나타났다.

<표 2-16> 대전광역시 음식물쓰레기 발생량 [단위 : 톤 일<sup>-1</sup>]

비고	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
발생량	397.6	507.1	567.6	509.7	492.7	509.9	437.0

자료 : 전국 폐기물 발생 및 처리현황(2007~2013), 환경부, 한국환경공단.

음식물쓰레기는 2005년부터 직매립 금지, 읍폐수는 2013년부터 해양투기 금지에 대한 법으로 인하여 전부 육상처리를 해야 하는 실정이다. 따라서 음식물쓰레기의 효율적인 처리를 위해서 자원화를 결정하게 되었다.

한편, 우리나라의 음식물쓰레기의 관리는 1961년 오물청소법을 시작으로 쓰레기와 분뇨 처리의 시초가 되었다. 이후 1977년 쓰레기처리를 포함한 환경보전법이 제정되었다. 또한, 1986년 오물청소법과 환경보전법상의 산업폐기물 관리부분을 통합하여 폐기물 관리법을 제정하였다.

음식물쓰레기의 재활용은 1994년 집단급식소 및 대형음식점의 의무적 퇴비화시설 설치에서부터 기초하였다. 이를 기점으로 1996년 음식물쓰레기 줄이기 종합대책을 수립하였으며, 1998년 음식물쓰레기 감량 및 자원화 기본계획을

19) 음식물쓰레기 발생량은 가정폐기물과 사업장폐기물의 발생량을 합하였고, 생활폐기물류 중 가연성의 음식물채소류와 남은 음식물류 배출의 수치를 합한 값이다.

추진하였다. 또한, 2005년 음식물쓰레기 직매립 금지가 시행되었으며, 2006년 음식문화 개선 및 음식물류 폐기물 종합대책이 수립되었다.

한편, 현재 국내에서 재활용되고 있는 음식물쓰레기는 2011년 일일 12,905톤으로, 이중 사료화는 6,291톤, 퇴비화는 5,237톤, 기타 1,377톤, 매립과 소각 각각 167톤 465톤으로 나타났다. 또한, 2012년에는 일일 12,675톤을 재활용, 152.3톤을 매립, 381.1톤을 소각 하는 것으로 나타났다.

<표 2-17> 2011년 음식물쓰레기 재활용 현황 [단위 : 톤 일<sup>-1</sup>]

재활용방법	재활용				매립	소각
	계	사료화	퇴비화	기타		
재활용 양	12,905	6,291	5,237	1,377	167	465
비율 (%)	95.3	46.4	38.7	10.2	1.2	3.4

자료 : 이석길(2013), 음식물류 폐기물의 자원화 현황과 발전방향, 한국음식물류폐기물자원화협회.

국내의 음식물쓰레기 퇴비화는 지방자치단체에서 관리하고 있으며, 유기성 폐기물 자원화시설에서 진행하고 있는 퇴비공장이나 개인이 직접 음식물쓰레기와 톱밥이나 흙을 이용하여 만드는 퇴비상자 등을 통해서 퇴비를 만들고 있다.

한편, 음식물퇴비는 재료의 특성상 다량의 유기물과 영양분을 함유하고 있어 작물이 자라는데 긍정적인 영향을 끼친다.

그러나 퇴비화 과정 중 80% 정도의 다량의 수분에 의하여 부패되는 일도 있어 양질의 퇴비를 생산하는데 어려움이 따른다. 또한, 초기 생산당시 과도한 염분으로 인해 완성된 후의 퇴비는 고농도의 염을 함유하고 있어, 밭에 사용할 경우 염해를 불러일으키는 원인이 되기도 한다.



<그림 2-19> 음식물쓰레기 퇴비화 (공장)

자료 : 철수(2012. 04. 03), 여주군 야심찬 음식물쓰레기처리장...  
총체적 부실, 동부신문.



<그림 2-20> 음식물쓰레기 퇴비화 (개인)

자료 : 오창균(2014. 01. 06), 역한 냄새나는 퇴비,  
이것 때문이었네, 오마이뉴스.

현재는 음식물쓰레기를 이용한 퇴비화 방법에 대한 연구 및 개발이 많이 진행되어 대부분의 생산 문제를 해결한 상태이다. 또한, <표 2-18>과 같이 국내 비료공정규격에 부합한 음식물퇴비는 정식 출하가 가능하다.

<표 2-18> 비료공정규격

구분	주성분 최소량 (%)	유해성분 최대량	기타규격
퇴비	유기물 : 30 (개정 13.02.14)	1. 건물중에 대한 성분 최소량 비소 45 mg kg <sup>-1</sup> 카드뮴 5 mg kg <sup>-1</sup> 수은 2 mg kg <sup>-1</sup> 납 130 mg kg <sup>-1</sup> 크롬 200 mg kg <sup>-1</sup> 구리 360 mg kg <sup>-1</sup> 니켈 45 mg kg <sup>-1</sup> 아연 900 mg kg <sup>-1</sup> (개정 13.02.14) 2. 다음 병원성미생물 불검출 : 대장균 O157, 살모넬라	1. 유기물대 질소의 비율 45이하 2. 건물중에 대하여 염분(NaCl) : 1.8% 이하 3. 수분(H2O) : 55% 이하 4. 부속도 기계적측정방법 : 숯비타 4이상 또는 콤팩 부속완료 종자발아법 : 무 발아지수 70이상 5. 염산불용해물 25이하

자료 : 비료의 정의(2013. 11. 26), 농촌진흥청.

## 2) 음식물퇴비의 사용 문제

일반적으로 음식물퇴비를 이용한 경작지에서 발생할 수 있는 문제는 여러 가지 환경적 문제를 동반한다.

먼저 음식물쓰레기의 부숙과정에서 생기는 암모니아가스에 의한 대기오염과 미부숙 퇴비를 이용했을 때 발생할 수 있는 종자발아의 감소 문제가 있다.

식물체에 대한 암모니아가스의 피해는 100 mg kg<sup>-1</sup> 이상에서부터 발생하는 것으로 보여, 음식물퇴비에 의해 식물체가 직접적인 피해가 발생하는 일은 없을 것으로 판단된다.<sup>20)</sup>

그러나 종자의 경우는 암모니아 가스가 2 mg kg<sup>-1</sup> 이상의 환경에서 발아억제가 현저하게 일어나는 것으로 나타났다. 또한, 10 mg kg<sup>-1</sup>이 넘어가는 경우에는 종자의 발아뿐만 아니라 뿌리의 신장까지 억제되는 것으로 나타났다.<sup>21)</sup>

한편, 암모니아 가스가 대기중에 있을 때 발생할 수 있는 인체에 대한 피해는 <표 2-19>와 같다.

<표 2-19> 암모니아 가스의 농도별 피해증상

농도 (mg kg <sup>-1</sup> )	증상
5이하	특유의 냄새
6-20이하	눈 자극과 호흡기계 문제 발생
40-200이하	두통, 메스꺼움, 식욕감퇴, 기도와 코, 목구멍 자극
400이하	목 자극
700이하	눈 자극
1700이하	기침 및 호흡문제 발생, 순간적인 호흡 곤란 발생
2500-4500	장시간 노출시 치명적
5000이상	호흡 정지 및 사망

자료 : 위키백과(http://ko.wikipedia.org/wiki).

다음으로 과도한 양분 및 염분으로 인한 수질오염이다. 특히 과도한 화학비료 및 퇴비의 사용으로 인해서 발생할 수 있는 것은 부영양화 이다. 이것은 주로 질소나 인의 과도한 수계 유입으로 인해서 발생할 수 있는 환경오염이다.

특히, 화학비료와 달리 퇴비는 양분의 개념보다는 토양의 물리성 개선이라는 목적에 있으나, 음식물퇴비의 경우 질소와 인과의 함량차이가 크게 차이나

20) 이영란·정순진·이동수(2011), 암모니아가스에 의한 난과 식물의 피해증상, J. Korean Soc. People Plants Environ 14(6):363-367.

21) 권순익 외(2010), 미부속 퇴비에서 발생한 암모니아 가스에 의한 종자발아 억제, 한국토양비료학회 춘계학술발표회 논문 초록집 PC-23.

지 않으며, 하나의 양분에 맞춰서 시비를 할 경우 다른 양분의 과도한 증가로 수질오염을 유발시킬 수 있는 원인이 된다.



<그림 2-21> 부영양화로 인한 녹조현상

자료 : 김시범(2013. 06. 20), '녹조 막아라' 용인시 수질개선 돌입, 경기일보

다음으로 식물체에 미치는 영향으로는 음식물퇴비의 과도한 시비로 인한 고농도의 염이 토양에 집적되게 된다. 이것은 토양의 초기 생물저해를 일으키며, 생육 중반 이후까지도 영향을 미친다. 특히, 음식물퇴비의 시비량이 증가할수록 더 강하게 나타나며, 결과적으로 수확량 감소가 발생하게 되었다.<sup>22)</sup>

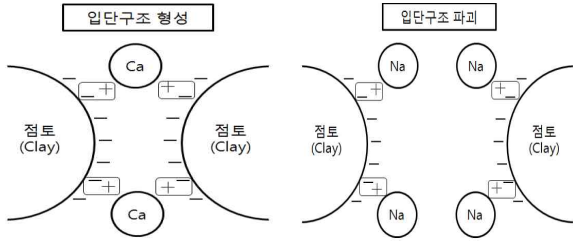
한편, 음식물퇴비를 연용 하였을 경우에는 유기물, 기타 이온, NaCl 등의 양이 증가함을 보여 염류집적이 발생하게 되었다. 또한, 음식물퇴비의 사용량이 증가할수록 초기 생육이 저조한 것을 보였으며, 그 결과 수확량이 감소되었으며,

22) 유영석 외(2001), 남은 음식물쓰레기퇴비 시용에 따른 토양의 이화학적 변화와 고추생육에 미치는 영향, 폐기물자원화 제9권 제4호, pp 81-88.

품질 저하를 초래하였다.<sup>23)</sup>

이처럼 음식물퇴비를 무분별하게 사용할 경우 대기, 수질, 토양, 식물체 등 환경오염을 초래할 수 있으며, 그 결과로 인간에게 피해를 가져올 수 있다.

마지막으로 토양에서는 국내 음식문화의 특성상 과도하게 첨가되는 염화나트륨(NaCl)에 의해 발생하는 문제이다.



<그림 2-22> Na의 토양 입단구조 파괴

토양의 점토(Clay)입자들은 표면이 음전하로 하전 되어 있다. 따라서 NaCl이 토양에 침투되면, Na이온이 발생하게 되며, 이것은 점토입자 표면에 흡착되게 된다.

그 결과 토양이 이루고 있는 입단구조를 파괴하는 원인이 된다. 이것은 토양의 통기성과 배수성 등의 물리성에 악영향을 일으키는 원인이다. 또한, 이로 인하여 작물 생육에 장애가 발생한다.

23) 전한기 외(2003), 음식물쓰레기퇴비의 연용 사용에 따른 고추의 생육과 수량에 미치는 영향, 폐기물 자원화 제 11권 제1호, pp 129-129.

## 제 3 장

---

### 음식물퇴비 사용에 대한 토양 위해성과 식물체 먹거리 안전성 검토

제1절 실험의 개요 및 설계

제2절 토양의 위해성 분석

제3절 식물체 안전성 분석

# 제3장 음식물폐비 사용에 대한 토양 위해성과 식물체 먹거리 안전성 검토

## 제1절 실험의 개요 및 설계

본 연구에서는 도시농업에서 음식물폐비의 사용에 있어서 발생할 수 있는 토양과 식물체에 대한 안전성과 위해성에 대해서 검토하기 위하여 실질적인 실험을 통하여 분석하였다.

### 1. 실험지의 위치 및 조건

실험은 도시농업이라는 초점에 맞춰 도시농업 활동에 이용되고 있는 경작지를 선택하였다. 경작지는 대전광역시 유성구 하기동 58-3에 위치한 밭이다.



<그림 3-1> 실험위치 - 대전광역시 유성구 하기동 58-3  
출처 : 네이버지도(<http://map.naver.com/>).

- 73 -

실험에 이용된 구역은 도시농업지로 이용되어 지는 경작지 중에서 좌측 끝으로, 좌측과 상측에 울타리가 쳐져 있어 실험중 타 구역에서 발생하는 현상에 대한 영향은 적을 것으로 판단된다.

그러나 우측과 하측에 다른 시민들이 이용하는 밭이 위치하고 있다. 따라서 실험 결과에 있어서, 타 구역의 영향을 완벽히 배제하기는 힘들 것으로 판단된다.



<그림 3-2> 실험구역

한편, 실험구역의 지형적인 형태를 살펴본 결과, 산과 가까운 상측부분이 하측부분보다 고도가 높을 것으로 판단하였다. 따라서 무처리의 대조구를 상측부분, 음식물폐비를 시비하는 실험구를 하측부분으로 설정하였다.

실험구역으로 지정된 곳의 면적은 약 30㎡이다. 따라서 대조구와 실험구를 각각 약 15㎡로 나누었고, 가로 80cm, 세로 3m 정도의 고랑 세 개를 만들었다.

- 74 -



<그림 3-3> 고랑만들기

실험구에는 5월 14일 약 35kg의 음식물퇴비를 고랑에 표층 시비하였으며, 충분히 건조후에 경운을 실시하여 토양과 퇴비를 섞어주었다.<sup>24)</sup>

이때 음식물퇴비가 미부숙퇴비로, 토양에 사용하면 부숙과정에서 발생하는 암모니아 가스로 인한 생육장애가 있을 것으로 판단되어 완전 건조될 때까지 건조시켰다.

한편, 공시작물은 노지재배용 고추(품종 : 왕건)를 이용하였으며, 5월 28일 대조구와 실험구에 각각 50주(株)씩 식재하였다.

24) 이것은 유영석 외(2001)에서 제시한 음식물퇴비 적정 사용량인 10a 당 2.5t을 참고하여 시비하였다.



<그림 3-4> 대조구와 실험구 시비, 경운, 식재



## 2. 실험방법

### ○ 시료의 채집

실험은 식물체를 식재한 5월 28일을 시작일로 하였다. 식물의 생육은 5월 28일부터 9월 5일까지, 약 3개월간 재배하였다.

식물은 식재한 5월 28일부터 2주간은 뿌리가 정착되기까지 기다렸다. 그 후 다시 2주가 지난 6월 25일부터 2주 간격으로 9월 5일까지 채집하였으며, 9월 5일 마지막 시료 채집 후, 남아있는 식물체에서 고추를 수확하여 수확량을 계산하였다.

이때 대조구와 실험구는, 식물체끼리 서로 근접하지 않는 위치의 식물체를 선정하여, 각각 3주(株)씩 채집하였다.

한편, 토양은 식물을 채집하기 시작한 6월 25일부터 채집하였으며, 식물체를 걷어낸 위치에서 채집하였다. 또한, 토양은 식물체의 재배기간이 지난 9월 5일 이후 2주 뒤인 9월 19일까지 시료를 채집하였다.

이때 토양은 깊이에 따라서 0-20cm는 표층, 20-40cm는 심층으로 구분하여 채집하였다.

<표 3-1> 토양 및 고추 채집시기

5월 14일	5월 28일	6월 25일	7월 09일	7월 23일
음식물퇴비 시비	고추 식재	토양, 고추 채집	토양, 고추 채집	토양, 고추 채집
8월 06일	8월 20일	9월 05일	9월 19일	
토양, 고추 채집	토양, 고추 채집	토양, 고추 채집 고추 수확	토양 채집	



<그림 3-5> 표층토 채집 (0-20cm)



<그림 3-6> 심층토 채집 (20-40cm)

○ 시료의 분석

도시농업에 음식물퇴비 사용에 있어 토양과 식물의 안전성과 위해성을 알아 보기 위해서 토양의 이화학적, 식물의 생육성장, 식물의 화학성을 분석하였다.

토양의 이화학적 변화는 토성, pH, EC, 유기물함량, 총 질소, 유효인산<sup>25)</sup>, 염소이온, 양이온(Na, K, Ca, Mg), 중금속(As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn)을 분석하였다.

다음으로 식물의 생육성장 분석은 식물의 체장, 뿌리길이, 최장잎<sup>26)</sup>의 길이와 폭, 식물체의 무게를 측정하였다. 또한, 생육성장 분석이 끝난 후 고추를 채집하여 수확량을 산출하였다.

마지막으로 식물의 화학성은 총 질소, 총 인산, 양이온(Na, K, Ca, Mg), 중금속(As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn)함량을 분석하였다.

<표 3-2> 시료 분석 항목

구분	토양		식물	
	물리적 특성	화학적 특성	생육성장	화학적 특성
분석 항목	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH</li> <li>• EC</li> <li>• 유기물</li> <li>• 총 질소</li> <li>• 유효인산</li> <li>• 염소이온</li> <li>• 양이온 (Na, K, Ca, Mg)</li> <li>• 중금속 (As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 체장</li> <li>• 뿌리길이</li> <li>• 최장잎 길이</li> <li>• 최장잎 폭</li> <li>• 식물체 총중량</li> <li>• 열매 중량</li> <li>• 열매 수확량</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 총 질소</li> <li>• 총 인</li> <li>• 양이온 (Na, K, Ca, Mg)</li> <li>• 중금속 (As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn)</li> </ul>

25) 인산은 토양표면과 유기물, 기타 이온들에 의해서 화합물이 형성되어 불용화되는 것이 많다. 따라서 식물이 이용할 수 있는 인산을 유효인산이라 하며, 실질적으로 이용되는 인산을 측정한다.

26) 한 그루의 식물체에서 가장 큰 잎을 의미하며, 선정기준은 폭보다는 길이에 초점을 두었다.

### 3. 본 실험에서의 음식물퇴비 기본조성

본 연구에서 사용된 음식물퇴비는 대전광역시외의 지방자치단체에서 관리하는 금고동 매립지의 유기성 폐기물 자원재활용의 일환으로 생산된 음식물퇴비를 이용하였으며, 화학적 특징은 <표 3-3>, <표 3-4>와 같다.<sup>27)</sup>

<표 3-3> 금고동 매립지 음식물퇴비 화학 조성

구분	pH	EC (ds m <sup>-1</sup> )	유기물 (%)	총 질소 (mg kg <sup>-1</sup> )	유효인산 (mg kg <sup>-1</sup> )
퇴비	8.80	12.1	28.07	2,870.0	1,284.8

음식물퇴비의 화학 조성을 살펴보면 유기물은 퇴비공정규격인 30%보다 2% 가량 낮으며, C/N(탄질비)가 97로 퇴비공정규격인 45이하보다 2배 이상을 초과하는 것으로 나타났다.

그러나 이것은 퇴비의 상태가 미부숙된 상태로, 완벽하게 부숙이 된 상태의 퇴비를 이용하여 분석하였을 경우 다른 양상을 나타냈을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에 있어서 사용된 음식물퇴비의 경우 시비 후, 완전 건조를 시킨 다음 경운하여 사용하였다.

한편, 유효중금속과 관련하여 분석한 결과에서는 금고동매립지의 음식물퇴비는 비료공정규격을 만족하는 것으로 나타났다.

음식물퇴비의 화학적 특성 중 중금속은 농촌진흥청에서 납 5.35, 크롬 8.90, 구리 35.40, 니켈 7.40, 아연 84.80 mg kg<sup>-1</sup>로 검출되었으며, 충남대학교 공동 실험실습관에서는 비소, 카드뮴, 납, 크롬, 니켈이 1 mg kg<sup>-1</sup>이하로 검출되었으며, 구리 6, 아연 27 mg kg<sup>-1</sup>로 검출되었다.

27) 음식물퇴비는 금고동매립장에서 20L 봉지로 4봉지를 받아 왔다.

<표 3-4> 금고동 매립지 음식물퇴비 화학 조성 분석 비교

분석항목	단위	농촌진흥청	충남대학교 공동실험실습관	비료공정규격 2014. 07. 0 1 개정
비소	mg kg <sup>-1</sup>	-	1 이하	45
카드뮴	mg kg <sup>-1</sup>	1 이하	1 이하	5
납	mg kg <sup>-1</sup>	5.35	1 이하	130
크롬	mg kg <sup>-1</sup>	8.90	1 이하	200
구리	mg kg <sup>-1</sup>	35.40	6	360
니켈	mg kg <sup>-1</sup>	7.40	1 이하	45
아연	mg kg <sup>-1</sup>	84.80	27	900

한편, 중금속 농도에서는 검출기관마다 미량의 차이를 보이는 것으로 나타났으나, 모두 비료공정규격에 적합한 농도로 나타났다. 이것은 음식물퇴비를 분석할 때, 미량(0.5~1 g)을 이용하여 분석하므로, 시료의 선택에서 나타날 수 있는 오차로 판단된다.

결과적으로 음식물퇴비의 유해중금속은 비료공정규격을 만족하는 것으로 나타났으나, 유기물함량, 탄질비에서는 기준치보다 약간 낮은 것으로 나타났다. 이것은 음식물퇴비가 미부숙 된(2차 발효중) 가져온 것 때문에 나타난 현상으로 판단된다.

## 제2절 토양의 위해성 분석

토양의 이화학적 특성 변화는 토성, pH, EC, 유기물함량, 총 질소, 유효인산, 염소이온, 양이온(Na, K, Ca, Mg), 중금속(As, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn)을 분석하였다. 또한, 분석 결과를 토대로 도시농업에 음식물퇴비 사용시 토양의 위해성에 대해서 검토하였다.

### 1. 토양의 물리적 특성 분석

#### ○ 토성

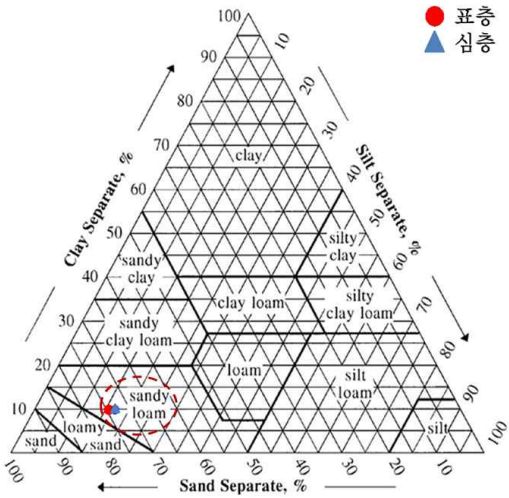
토양의 토성은 토양의 물리적 화학적 특성을 결정짓는 역할을 한다. Sand와 Silt가 많을수록 토양내 통기성과 배수성이 좋지만 양분보유력과 수분보유력이 나쁘다. 반면에, Clay가 많을수록 양분보유력과 수분보유력은 우수하지만 통기성과 배수성은 나쁘다.

따라서 토양은 Sand와 Clay Silt가 잘 어우러져야 식물체가 자라는데 긍정적인 역할을 한다.

토양의 토성은 농촌진흥청에서 공시하고 있는 비중계법을 이용하여 측정하였다.

<표 3-5> 실험 토양의 토성 분류

구분	Sand	Silt	Clay	토성
표층	75.88	14.96	9.16	Sandy loam(사양토)
심층	74.48	16.36	9.16	Sandy loam(사양토)



<그림 3-7> 토양 삼각도를 이용한 토성분석

표층의 토양은 Sand 75.88%, Silt 14.96%, Clay 9.16%로 나타났으며, 심층의 토양은 Sand 74.48%, Silt 16.36%, Clay 9.16%로 나타났다. 이 결과를 토성 삼각표에 대입해본 결과 표층과 심층 모두 Sandy loam(사양토)로 나타났다.

한편, Sandy loam(사양토)는 비교적 Clay의 함량이 적은 토양으로 기본적인 토양의 양분 또는 수분의 보유력이 낮을 것으로 판단된다.

## 2. 토양의 화학적 특성 분석

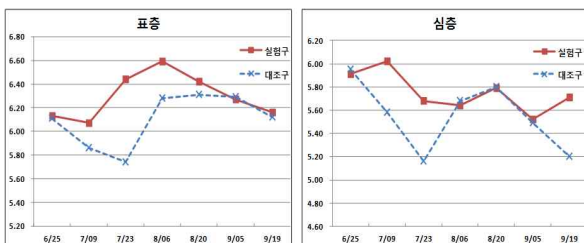
### ○ pH

토양의 pH는 토양내 양분의 이동특성에 영향을 주며, 적정 pH는 5-7사이다.

토양의 pH는 농촌진흥청에서 공시하고 있는 토양화학 분석법에 따라 토양과 물을 1 : 5의 무게비율로 혼합하여 측정하였다.

<표 3-6> 토양의 pH 변화 및 비교

구분	표층		심층	
	대조구	실험구	대조구	실험구
6월 25일	6.11	6.13	5.95	5.91
7월 09일	5.86	6.07	5.58	6.02
7월 23일	5.74	6.44	5.16	5.68
8월 06일	6.28	6.59	5.68	5.64
8월 20일	6.31	6.42	5.80	5.79
9월 05일	6.29	6.27	5.49	5.52
9월 19일	6.12	6.16	5.20	5.71



<그림 3-8> 토양의 pH 변화

토양의 pH는 대조구와 실험구 모두 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 또한, 심층보다는 표층에서 pH가 약간 높은 것으로 나타났다.

한편, 심층토양에서는 식물재배가 끝나갈 무렵 토양의 적정 pH인 6.5보다 1 정도 낮은 것으로 나타났다.

○ EC

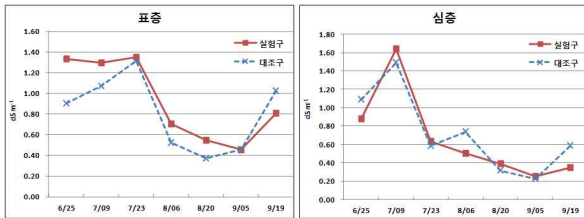
EC란 전기전도도로 토양용액 중 전해질 이온의 세기를 나타내는 척도이다. 토양 EC의 값이 4 dS m<sup>-1</sup> 이상일 경우 염류토로 분류하고 있다.<sup>28)</sup>

토양 EC 또한 농촌진흥청에서 공시하고 있는 토양화학분석법에 따라 토양과 물을 1 : 5의 무게비율로 혼합하여 측정하였다.

<표 3-7> 토양의 EC 변화 및 비교 [단위 : dS m<sup>-1</sup>]

구분	표층		심층	
	대조구	실험구	대조구	실험구
6월 25일	0.90	1.33	1.09	0.88
7월 09일	1.07	1.30	1.49	1.64
7월 23일	1.31	1.35	0.58	0.63
8월 06일	0.52	0.71	0.74	0.50
8월 20일	0.37	0.55	0.32	0.39
9월 05일	0.46	0.45	0.23	0.25
9월 19일	1.02	0.81	0.59	0.35

28) 토양비료 용어사전(2012), 한국토양비료학회, 농촌진흥청 국립농업과학원.



<그림 3-9> 토양의 EC 변화

토양의 EC는 대조구와 실험구 모두 비슷한 것으로 나타났다. 식물 재배 초기 실험구에서 EC가 약간 높은 것은 음식물퇴비에 함유되어 있는 이온들이 토양용액으로 추출되어 나타난 것으로 판단된다.

한편, EC값이 4 dS m<sup>-1</sup>을 초과하지 않은 것으로 나타났으며, 이것은 토양염류화의 가능성이 낮다는 것을 의미한다. 따라서 음식물퇴비를 이용했을 때 토양염류화의 가능성은 낮을 것으로 판단된다.

○ 유기물 함량

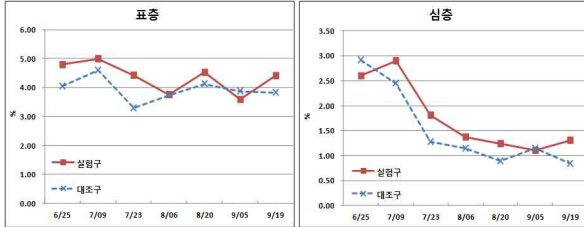
토양내 적당한 유기물은 토양의 입단화를 촉진시켜 통기성 및 배수성과 같은 물리성, 양분 및 수분 보유력과 같은 이화학적 특성을 개선시켜주는 역할을 한다. 이 외에도 토양미생물의 주거기능 및 활성화, 양분공급, 유해물질 흡착능 증대 등의 기능을 한다.

그러나 과도한 유기물은 C/N(탄질비)<sup>29)</sup>을 증가시키게 되어 유기물의 분해를 억제시켜 미생물의 활성과 양분공급능력을 감소시킨다.

29) 탄질비란, 유기물 중의 탄소와 질소의 질량비를 의미한다. 탄질비가 높으면 미생물에 의한 유기물의 분해가 어렵게 된다. 탄소는 미생물의 에너지원이며, 질소는 미생물의 증식원으로 작용한다. 즉, 탄소가 많고 질소가 적으면 에너지원은 충분하나, 분해할 수 있는 미생물이 적어 유기물의 분해속도가 감소하게 된다. 반면에 탄소가 적고 질소가 많으면 에너지원은 적으나 미생물이 많아 분해속도가 빠르고 할 수 있다(이동범(2000), 자연을 꿈꾸는 밭간, 도서출판 들녘).

<표 3-8> 토양의 유기물 함량 [단위 : %]

구분	표층		심층	
	대조구	실험구	대조구	실험구
6월 25일	4.04	4.80	2.91	2.60
7월 09일	4.59	5.00	2.45	2.90
7월 23일	3.29	4.43	1.27	1.81
8월 06일	3.74	3.76	1.14	1.38
8월 20일	4.13	4.53	0.89	1.24
9월 05일	3.87	3.59	1.14	1.11
9월 19일	3.82	4.41	0.84	1.31



<그림 3-10> 토양의 유기물 함량 변화

토양의 유기물 함량은 대조구와 실험구 모두 비슷한 것으로 나타났다.

한편, 고추의 생육에 있어서 적정 유기물 함량은 2.5~3.5%로 표층에서의 유기물은 다소 높은 함량으로 나타났다. 반면에, 심층에서는 7월 9일 이후 급격하게 감소하여 적정 유기물 함량 이하로 떨어지는 것으로 나타났다.

표층의 경우에는 강우로 인한 낙엽과 낙과에 의해 유기물 함량이 감소하지 않는 것으로 판단된다.

반면에, 심층에서는 지속적으로 유기물의 함량이 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 식물체가 생육하면서 분해가 되었거나, 토양 특성에 따라서 침출되는 등으로 인하여 감소한 것으로 판단된다.

따라서 음식물퇴비를 사용할 때에는 경운을 깊게 하거나, 유기물을 자주 시용해줘야 할 것으로 판단된다.

○ 총 질소

식물체는 질소를 질산태질소( $\text{NO}_3^-$ -N)와 암모니태질소( $\text{NH}_4^+$ -N)의 형태로 흡수를 한다. 이때 식물체는 대부분  $\text{NO}_3^-$ -N의 형태로 흡수한다. 이것은 식물체 내에서  $\text{NH}_4^+$ -N로 변하고 다시 아미노산이나 단백질로 변환된다.

총 질소를 분석하는 이유는 식물체는  $\text{NO}_3^-$ -N와  $\text{NH}_4^+$ -N 모두 흡수가 가능하기 때문이며, 토양내에서 순환되는 질소의 종류가 계속 변하기 때문이다.

질소는 식물체내의 단백질을 구성하는 원료가 되며, 엽록소, 호르몬, 핵산 등의 구성요소로 이용된다. 또한, 질소의 농도가 높아질수록 엽면적이 증대되어 탄소동화작용<sup>30)</sup>을 하는 표면적이 증가하게 된다. 즉, 식물체의 생육에 및 발달에 중요한 원소로서 작용한다.

질소는 부족하게 되면 늙은 잎이 황변하게 되며, 질소가 부족한 경우 초장이 짧아지고 분얼이 나빠지며 성장하지 않게 된다. 또한, 개화기를 전후하여 질소의 흡수량이 급격하게 높아지는데, 이때 질소가 부족하면 결실률<sup>31)</sup>이 감소하게 된다. 반면에 질소가 과잉되면 초장이 길어져서 웃자라게 되며, 열매의 결실에 불량이 생긴다.<sup>32)</sup>

총 질소의 분석은 농촌진흥청에서 고시하고 있는 Kjeldahl 증류법을 이용해서 분석하였다.

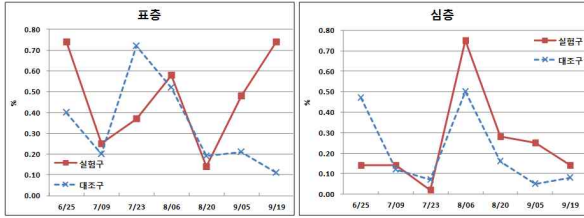
30) 탄소동화작용이란, 녹색식물 등이 주로 잎의 엽록체 안에서 공기중의 이산화탄소와 뿌리에서 흡수한 물을 광 에너지를 이용하여 탄수화물을 만드는 작용을 말한다(토양비료 용어사전(2012), 한국토양비료학회, 농촌진흥청 국립농업과학원).

31) 총 개화수에 대한 정상 고부리수의 백분율을 의미한다(강병화(2012), 약과 먹거리로 쓰이는 우리나라 자원식물, 한국학술정보).

32) 비금농협(<http://www.bigumnh.com/>).

<표 3-9> 토양의 총 질소 함량 [단위 : %]

구분	표층		심층	
	대조구	실험구	대조구	실험구
6월 25일	0.40	0.74	0.47	0.14
7월 09일	0.20	0.25	0.12	0.14
7월 23일	0.72	0.37	0.07	0.02
8월 06일	0.52	0.58	0.50	0.75
8월 20일	0.19	0.14	0.16	0.28
9월 05일	0.21	0.48	0.05	0.25
9월 19일	0.11	0.74	0.08	0.14



<그림 3-11> 토양의 총 질소 함량 변화

토양내 총 질소의 농도는 대조구와 실험구 모두 비슷한 수준으로 나타났으며, 별다른 경향을 보이지 않았다.

특히, 총 질소가 상승한 날은 100mm 이상의 강우가 내렸고, 식물체에서는 낙엽과 낙과가 발생하였다. 그 결과 토양내 질소가 증가한 것으로 판단된다.

한편, 일반 경작지의 표층토에서 총 질소의 평균농도는 0.5%이며, 실험의 결과와 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 작물 생육에 있어서 큰 문제가 되지 않을 것으로 판단되며, 질소에 의한 환경적 위해성은 적을 것으로 판단된다.

○ 유효인산

인산은 식물체 내의 에너지 대사에 관여하는 요소로서 주로 생장점 부위의 생육에 영향을 미친다. 또한, 열매의 결실과 비대에도 영향을 미친다.

인산은 많은 양을 시비하여도 그 효과를 보지 못한다. 그 이유는 화산회 토양과 산성토양에 함유된 가용성 알루미늄과 결합하여 난용성 화합 물질을 형성하기 때문이다.<sup>33)</sup>

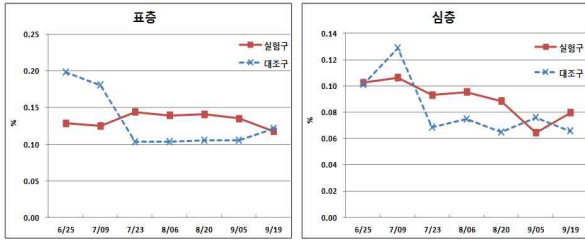
즉, 토양내 식물체가 이용할 수 있는 인산은 토양표면에 흡착된 인산과 화합 물질 중 제1인산칼슘의 형태와 같이 용해가 되는 인산뿐이므로, 총 인산이 아닌 유효인산만을 분석하였다.

유효인산의 분석방법은 농촌진흥청에 고시하고 있는 Lancaster법으로 분해하였으며, 몰리브덴정법을 이용하여 적정하였다.

<표 3-10> 토양의 유효인산 함량 [단위 : %]

구분	표층		심층	
	대조구	실험구	대조구	실험구
6월 25일	0.20	0.13	0.10	0.10
7월 09일	0.18	0.12	0.13	0.11
7월 23일	0.10	0.14	0.07	0.09
8월 06일	0.10	0.14	0.07	0.10
8월 20일	0.10	0.14	0.06	0.09
9월 05일	0.10	0.13	0.08	0.06
9월 19일	0.12	0.12	0.07	0.08

33) 서울특별시 농업기술센터(agro.seoul.go.kr).



<그림 3-12> 토양의 유효인산 함량 변화

유효인산은 대조구와 실험구 모두 비슷한 것으로 나타났다. 초기 대조구의 유효인산 농도가 급격하게 감소한 것으로 나타났는데, 이것은 양분세탈이나 불용화가 일어난 것으로 판단된다.

한편, 실험구 및 대조구의 토양에서는 고추 생육의 적정 유효인산 농도인 0.045%-0.055%로 적정 유효인산의 약 2배가량 높은 농도를 나타냈다. 이것은 대조구와 실험구에서 큰 차이를 보이지 않는 결과에 따라서, 기본적으로 토양 내 유효인산이 함유되어 있는 것으로 판단된다.

따라서 음식물퇴비에 의한 영향으로 토양내 유효인산이 높은 것은 아닌 것으로 판단된다.

○ 염소이온

토양내 염소이온은 매우 빠르게 이동되며, 토양 표면 및 광물에 흡착되지 않는 특성을 갖고 있어 배수가 잘되는 조건에서는 쉽게 용탈된다. 그러나 배수불량지에서는 염소이온의 농도가 높을 수 있다.

염소이온은 광(光) 환경이 좋거나 pH 낮을 때 흡수가 촉진되며, 저상부 식물은 염화물 또는 염소가스로 흡수된다.

한편 염소이온이 과다한 경우 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>나 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 등과 같은 이온들과 길항작용으로 흡수를 저해할 수 있다. 또한, 과다한 경우 조기낙엽의 원인이 되기도 한다.

반면에 염소이온이 적은 경우 잎 끝의 위조현상과 증산작용에 영향을 미치며, 황백화 현상이 일어나기도 하지만, 식물체가 필요로 하는 양이 극히 적어 일어날 가능성은 낮다.<sup>34)</sup>

염소이온은 우리나라 음식의 특성상 다량의 NaCl의 첨가된 음식물로 음식물 퇴비를 만들게 되며, 완성된 퇴비에도 다량의 NaCl을 함유하고 있다. 따라서 음식물퇴비 사용시 토양내 염소이온의 농도를 확인할 필요가 있다.

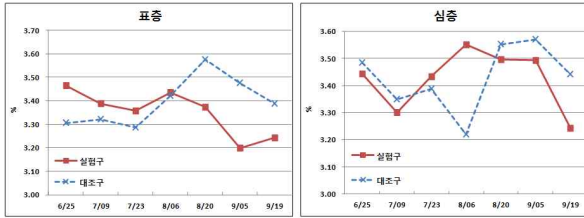
이것은 토양을 물과 1 : 5의 비율로 혼합하여 추출한 후 이온크로마토그래피(IC)를 이용하여 분석하였다.

<표 3-11> 토양의 염소이온 함량 [단위 : %]

구분	표층		심층	
	대조구	실험구	대조구	실험구
6월 25일	3.31	3.46	3.48	3.44
7월 9일	3.32	3.39	3.35	3.30
7월 23일	3.29	3.36	3.39	3.43
8월 6일	3.42	3.44	3.22	3.55
8월 20일	3.57	3.37	3.55	3.50
9월 5일	3.48	3.20	3.57	3.49
9월 19일	3.39	3.24	3.44	3.24

34) 작물의 생리 및 결핍증상과 대책, 농업과학기술원 농업환경부 식물영양과(분소사망http://putso.com.ne.kr/)에서 인용.





<그림 3-13> 토양의 염소이온 함량 변화

토양의 염소이온은 대조구와 실험구 모두 큰 차이를 보이지 않은 것으로 나타났다. 그러나 식물 재배 초기에는 실험구에서 높은 것으로 나타났으며, 이것은 음식물퇴비에 의한 것으로 판단된다.

한편, 토양의 염소이온은 3.5%로 수질오염 기준인 0.025%보다 높은 값을 나타내는 것으로 나타났다. 그러나 이것은 대조구와 실험구 모두 높은 값으로 나타나 음식물퇴비에 의한 영향보다는 기본적인 토양의 특성인 것으로 판단된다.

○ 양이온

토양내 존재하는 이온은 치환성 양이온과 수용성 양이온으로 나뉜다.

치환성 양이온은 토양에 있는 양이온 중에서 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 혹은 K<sup>+</sup>으로 교환이 가능한 형태의 양이온을 말한다. 이것은 주로 토양 콜로이드 입자의 음이온과 결합되어 있는 것과 토양용액에 용해되어 있는 것으로 식물이 이용할 수 있는 양이온이다.

수용성 양이온은 토양에 약하게 결합되어 있는 이온들로, 대부분 수분에 의하여 탈착되며, 강우에 의해서 쉽게 씻겨내려 갈 수 있다.

한편, 일반적으로 토양에서 분석하는 치환성 양이온은 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>이다. 이것은 SAR(Sodium Adsorption Rate)<sup>35)</sup>과 ESP(Exchangeable Sodium

Percent)<sup>36)</sup>의 계산에 이용된다. 이때 SAR의 값이 13 이상이거나 ESP의 값이 15이상인 토양의 경우는 염류 나트륨성토양으로 분류된다.<sup>37)</sup>

음식물퇴비의 경우 Na<sup>+</sup>의 함량이 높을 것으로 예상되어 염류토양화의 가능성을 알아보려고 분석하였다.

분석은 농촌진흥청에서 고시한 방법으로 1N의 아세트산암모늄으로 침출한 후 ICP를 이용하여 분석하였다.<sup>38)</sup>

35) SAR은  $SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$ 에 의한 식으로 계산되며, 이것은 토양의 알칼리 정도를 나타낸다(이승원(2011), 토양환경기사, 성안당).

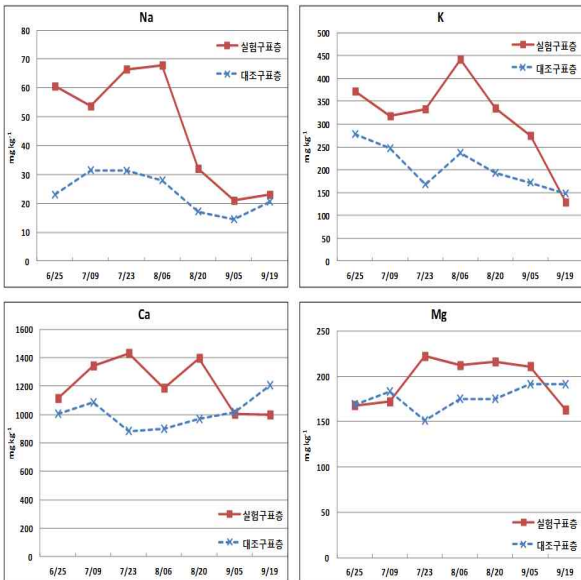
36) ESP는  $Na+CEC(\text{양이온 치환용량}) \times 100$ 으로 계산하며, 이것은 토양에 흡착된 양이온 중 이온이 차지하는 비율을 나타낸다(이승원(2011), 토양환경기사, 성안당).

37) 홈페이지(<http://www.heuk.or.kr/main/main.asp>).

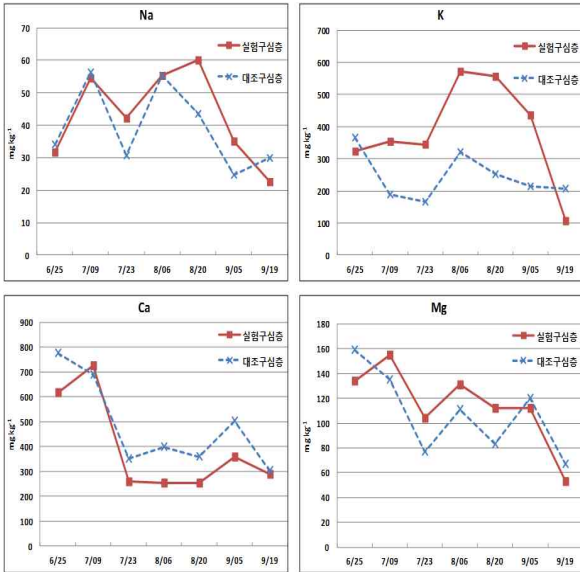
38) 이때 토양의 수용성을 제거하지 않은 상태로 양이온을 치환하여 총 양이온 함량을 분석하였다. 그 이유는 토양의 양이온 치환능력을 결정짓는 Clay의 함량이 약 10% 이하로 나타나 큰 영향이 없을 것으로 판단되었기 때문이다.

<표 3-12> 토양의 양이온 함량 [단위 mg kg<sup>-1</sup>]

구분		Na	K	Ca	Mg	
표토	대조구	6월 25일	23	278	1,004	169
		7월 09일	31.5	247	1,084	183
		7월 23일	31.3	168	883	151
		8월 06일	28	237	898	175
		8월 20일	17.2	193	967	175
		9월 05일	14.5	172	1,016	191
		9월 19일	20.6	148	1,205	191
	실험구	6월 25일	60.6	372	1,114	168
		7월 09일	53.7	318	1,343	172
		7월 23일	66.5	333	1,432	222
		8월 06일	67.9	442	1,186	212
		8월 20일	32.1	335	1,397	216
		9월 05일	21	275	1,003	211
		9월 19일	23.1	129	999	163
심토	대조구	6월 25일	34.1	366	776	159
		7월 09일	56.3	189	689	135
		7월 23일	30.7	166	351	77
		8월 06일	55.3	321	399	111
		8월 20일	43.5	252	360	83
		9월 05일	24.7	214	503	120
		9월 19일	29.9	207	304	67
	실험구	6월 25일	31.7	323	618	134
		7월 09일	54.5	354	726	155
		7월 23일	42.2	345	259	104
		8월 06일	55.3	572	254	131
		8월 20일	60.1	556	254	112
		9월 05일	35.1	436	359	112
		9월 19일	22.6	107	289	53



<그림 3-14> 표층토양의 양이온 함량 변화



<그림 3-15> 심층토양의 양이온 함량 변화

토양내 양이온은 대조구와 실험구 모두 비슷한 경향으로 나타났다. 특히 식물 재배 초기에는 표층에서 실험구의 Na와 K가 약간 높았으나, 식물 재배 후에는 대조구와 실험구 모두에서 비슷한 수준으로 나타났다.

또한, 토양내 양이온 중 Na의 함량이 Mg와 Ca보다 적은 것으로 나타나 염류화 가능성이 낮을 것으로 판단된다.

한편, 음식물퇴비를 사용한 실험구의 양이온 함량은 재배가 끝난 후, 대부분 대

조구보다 낮거나 비슷한 양이 남아 있는 것으로 나타났다. 이 결과로 보아 도시농업에서 음식물퇴비의 사용에 있어서 토양 염류집적의 가능성은 낮다고 판단된다.

또한, 고추 생육에 있어서 적정 양이온 농도인 K(266 ~ 304 mg kg<sup>-1</sup>), Ca(1000 ~ 1200 mg ka<sup>-1</sup>), Mg(180 ~ 240 mg ka<sup>-1</sup>)에서 K를 제외한 나머지가 크게 벗어나지 않아 작물생육에도 문제가 없을 것으로 판단된다.

○ 중금속

중금속은 비중이 4이상인 금속을 말한다. 이것은 지각에 일반적으로 분포되어 있으며, 생물체에게 필수적으로 필요한 원소도 있다. 그러나 다량의 섭취에 의해 유해한 작용을 보이는 원소도 있다.

특히 As, Cd, Hg, Pb와 같은 원소들이 문제시 된다. As는 이산화물이 되면 큰 독성을 갖으며, 장기간 노출되면 피부암에 걸리게 된다. 또한, Cd는 이타이이타이병, Hg는 미나마타병 등을 유발한다.<sup>39)</sup>

한편, 국내에서는 토양환경보전법에 의해서 토양의 중금속 농도에 대한 우려기준과 대책기준을 공시하고 있다.

<표 3-13> 토양환경오염 우려기준 및 대책기준 [단위 : mg kg<sup>-1</sup>]<sup>40)</sup>

물질	우려기준	대책기준
카드뮴	4	12
구리	150	450
비소	25	75
수은	4	12
납	200	600
6가 크롬	5	15
아연	300	900
니켈	100	300

출처 : 토양환경보전법 시행규칙(2014. 04. 30).

39) 식품과학기술대사전(2008), 한국식품과학회, 광일문화사.

40) 이것은 제1지역 기준이며, 1지역은 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률」에 따른 지목이 전·답·과수원·목장용지 등으로 이용하는 부지를 말한다.

중금속은 음식물퇴비의 사용에 따라서 우려기준을 초과할 수준은 되지 않는다. 하지만 연작 또는 장기간 사용할 경우 중금속 함량이 어느 정도 증가할 수 있는지에 대한 조사가 필요할 것으로 판단된다.

이것은 광산 인근의 식물체의 경우, 대책기준을 초과하는 중금속 농도에 의해서 식물체로의 전이가 발생하기도 하며, 식물체 내에 중금속이 축적되어 인체에 흡수되면 피해를 입을 수 있다.<sup>41)</sup>

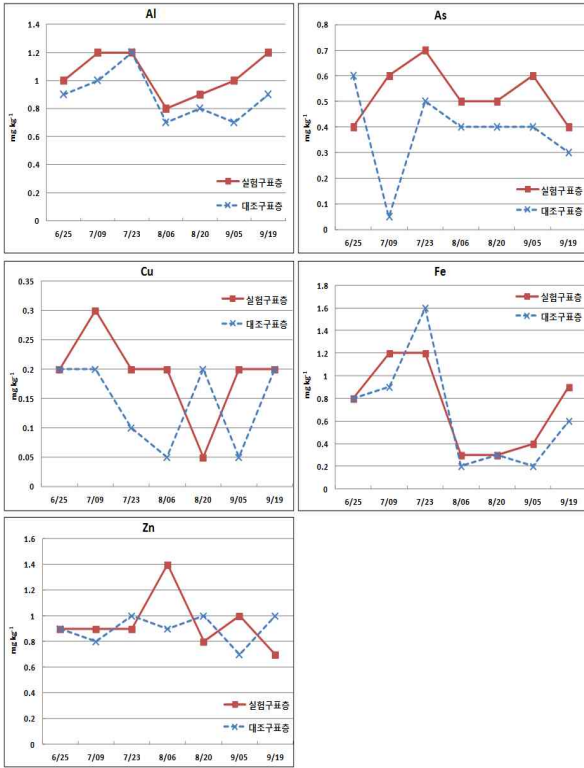
따라서 음식물퇴비를 사용했을 때 발생할 수 있는 중금속 함량 증가 정도와 그 결과로 토양에 대한 위해성에 대해 알아보기 위해 분석하였다.

중금속은 토양환경보전법에서 공시하고 있는 왕수분해법을 이용하지 않고, 치환성 양이온 추출과 같은 방법을 이용하였다. 이것은 왕수분해법을 이용하면 토양의 기본적으로 함유되어 있는 중금속의 양이 분석된다. 그러나 본 연구는 음식물퇴비를 사용했을 때의 토양에 대한 위해성을 알아보기 위한 것으로 치환되어 발생할 수 있는 중금속의 양을 고려하기 위하여 치환성 양이온과 같은 방법인 IN 아세트산암모늄으로 추출하여 ICP를 이용하여 분석하였다.

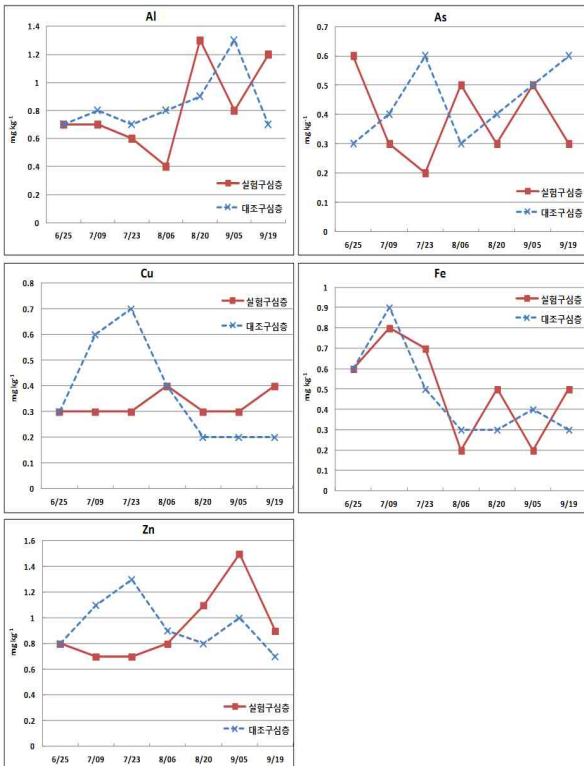
41) 이진수·전효택(2004), 금속광산지역 독성 중금속원소들의 인체 위해성평가, 자원환경지질, 제37권 제1호, pp73-86.

<표 3-14> 토양의 중금속 함량 [단위 mg kg<sup>-1</sup>]

구분	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn				
표토	대조구	6월 25일	0.9	0.6	N.D	N.D	0.2	0.8	≤0.1	N.D	0.9		
		7월 09일	1	≤0.1	N.D	N.D	0.2	0.9	≤0.1	N.D	0.8		
		7월 23일	1.2	0.5	N.D	N.D	0.1	1.6	≤0.1	N.D	1		
		8월 06일	0.7	0.4	N.D	N.D	≤0.1	0.2	≤0.1	N.D	0.9		
		8월 20일	0.8	0.4	N.D	N.D	0.2	0.3	≤0.1	N.D	1		
		9월 05일	0.7	0.4	N.D	N.D	≤0.1	0.2	≤0.1	N.D	0.7		
		9월 19일	0.9	0.3	N.D	N.D	0.2	0.6	≤0.1	N.D	1		
		실험구	6월 25일	1	0.4	N.D	N.D	0.2	0.8	≤0.1	N.D	0.9	
			7월 09일	1.2	0.6	N.D	N.D	0.3	1.2	≤0.1	N.D	0.9	
	7월 23일		1.2	0.7	N.D	N.D	0.2	1.2	≤0.1	N.D	0.9		
	8월 06일		0.8	0.5	N.D	N.D	0.2	0.3	≤0.1	N.D	1.4		
	8월 20일		0.9	0.5	N.D	N.D	≤0.1	0.3	≤0.1	N.D	0.8		
	9월 05일		1	0.6	N.D	N.D	0.2	0.4	≤0.1	N.D	1		
	9월 19일		1.2	0.4	N.D	N.D	0.2	0.9	≤0.1	N.D	0.7		
	심토		대조구	6월 25일	0.7	0.3	N.D	N.D	0.3	0.6	≤0.1	N.D	0.8
				7월 09일	0.8	0.4	N.D	N.D	0.6	0.9	≤0.1	N.D	1.1
		7월 23일		0.7	0.6	N.D	N.D	0.7	0.5	≤0.1	N.D	1.3	
		8월 06일		0.8	0.3	N.D	N.D	0.4	0.3	≤0.1	N.D	0.9	
8월 20일		0.9		0.4	N.D	N.D	0.2	0.3	≤0.1	N.D	0.8		
9월 05일		1.3		0.5	N.D	0.2	0.2	0.4	≤0.1	N.D	1		
9월 19일		0.7		0.6	N.D	N.D	0.2	0.3	≤0.1	N.D	0.7		
실험구		6월 25일		0.7	0.6	N.D	N.D	0.3	0.6	N.D	N.D	0.8	
		7월 09일		0.7	0.3	N.D	N.D	0.3	0.8	0.2	N.D	0.7	
		7월 23일	0.6	0.2	N.D	N.D	0.3	0.7	N.D	N.D	0.7		
		8월 06일	0.4	0.5	N.D	N.D	0.4	0.2	≤0.1	N.D	0.8		
		8월 20일	1.3	0.3	N.D	N.D	0.3	0.5	≤0.1	N.D	1.1		
		9월 05일	0.8	0.5	N.D	N.D	0.3	0.2	≤0.1	N.D	1.5		
		9월 19일	1.2	0.3	N.D	N.D	0.4	0.5	N.D	N.D	0.9		



<그림 3-16> 표층토양의 중금속 함량 변화



<그림 3-17> 심층토양의 중금속 함량 변화

토양의 중금속 함량은 대조구와 실험구 모두에서 토양오염 우려기준을 초과하지 않는 것으로 나타났다. 이것은 음식물퇴비에서 중금속의 함량이 거의 포함되지 않아 나타난 결과로 판단된다.

대부분의 중금속 함량은 대조구와 실험구 모두 비슷한 것으로 나타났으며, 식물이 자라는데 있어서 큰 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.

또한, 토양환경보전법에서 공시하고 있는 중금속 오염농도를 모두 초과하지 않는 것으로 나타나, 환경적 위해성에서도 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.

한편, 대조구와 실험구 모두에서 급격하게 증가하는 구간이 있으나, 이것은 극미량으로도 변할 수 있는 기기적 특성의 오차이거나, 토양의 모계특성 등에 의해서 나타날 수 있는 실험적 오차로 판단된다.

## ■ 소결

도시농업에 음식물퇴비를 사용했을 때, 나타날 수 있는 토양의 위해성에 대해서 분석해 보았다. 그 결과, 음식물퇴비에서는 질소와 인, 다량의 양이온과 염소이온이 검출되었다.

실험구의 토양에서는 인과 염소이온이 작물생육의 적정량보다 많은 수치를 나타내었으며, 수계로 유입되면 수질 오염의 가능성을 가지고 있을 것으로 판단된다. 그러나 이것은 대조구와 실험구 모두 높은 경향을 나타내고 있어 음식물퇴비에 의한 것이 원인이라고 하기에는 어려울 것으로 판단된다.

반면에, 가장 문제시 될 것으로 예상되었던 중금속에 한해서는, 토양오염 우려기준에도 미치지 않는 극미량의 양이 검출되는 결과를 나타내었다.

한편, 식물재배를 함으로써 토양내 존재하는 양분과 이온들은 감소하는 경향을 나타내었다. 그 결과 실험구의 양분과 이온은 대조구와 비슷한 수준으로 감소하였다.

이것은 음식물퇴비를 도시농업에 사용하였을 때, 식물을 재배함으로써 토양의 염류직접 및 오염에 대한 가능성이 감소할 것으로 판단된다.

- 103 -

## 제3절 식물체의 안전성 분석

### 1. 식물체의 생육성장 분석

식물체의 생육성장 분석은 음식물퇴비를 사용하였을 때, 무처리구보다 얼마나 더 생육이 좋은지를 비교해 보는 지표로 이용하였으며, 음식물퇴비의 활용도에 대한 고찰자료로 이용하였다.

식물체의 생육성장 분석에서는 식물체의 체장, 뿌리길이, 최장잎의 길이와 폭, 식물체의 무게를 측정하였으며, 채집된 열매로 수확량을 산출하였다.

#### ○ 식물체의 체장 및 뿌리

식물체의 체장 및 뿌리는 양분의 차이가 있을 때, 그 차이가 뚜렷하게 나타난다. 토양내 양분이 많으면 식물체의 생육이 좋으며, 양분이 적으면 생육이 좋지 못하다.

고추의 체장은 뿌리가 발달되기 시작한 부분에서 끝부분까지를 측정하였으며, 뿌리길이는 뿌리가 발달된 부분에서 가장 끝 부분까지 측정하였다.

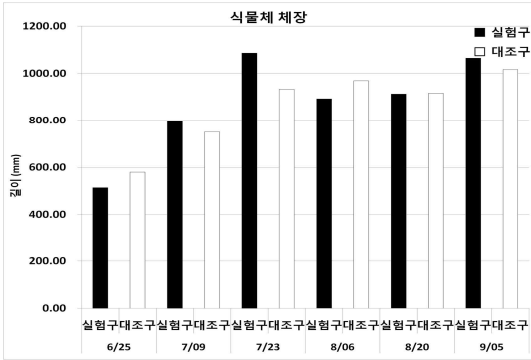


<그림 3-18> 고추의 체장 및 뿌리길이 측정  
(좌 : 체장, 우 : 뿌리길이)

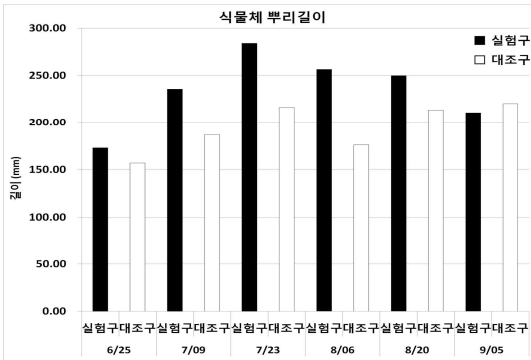
- 104 -

<표 3-15> 고추 체장 및 뿌리길이 변화 비교 [단위 : mm, (n=3)]

구분	6월 25일	7월 09일	7월 23일	8월 06일	8월 20일	9월 05일	
대조구	체장	580.00	750.67	933.33	969.33	916.67	1,016.67
	뿌리길이	157.00	186.67	216.33	176.00	213.33	220.00
구연산	체장	513.67	795.67	1,086.67	893.00	913.33	1,065.67
	뿌리길이	173.00	235.67	284.00	256.67	250.00	210.67



<그림 3-19> 고추의 체장 변화 비교



<그림 3-20> 고추의 뿌리길이 변화 비교

고추의 체장은 실험구에서 생육초기에 급격하게 성장한 것으로 나타났다. 또한, 뿌리의 길이도 실험구에서 급격하게 성장하는 것으로 나타났다. 이것은 음식물퇴비에 의한 양분 증가의 영향으로 판단된다.

한편, 생육중반 이후에는 대조구와 실험구 모두 비슷한 수준인 것으로 나타났다. 이것은 음식물퇴비가 생육초기에는 효과를 보이고 있으나, 생육중반 이후에는 추비가 없었으므로 그 효과가 적어진 것으로 판단된다.

○ 최장잎의 길이 및 폭

최장잎은 주로 토양내 질소가 충분할 경우 잎이 비대해지며, 광합성을 할 수 있는 면적이 늘어나게 된다. 즉, 잎의 면적이 넓어지면 탄소동화작용이 활발하게 일어나며, 이것은 식물의 생육이 활발해지는 것을 의미한다.

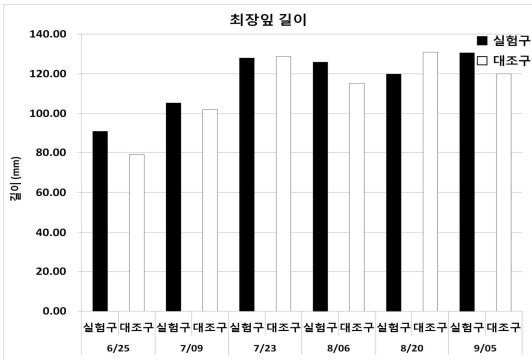
최장잎은 잎의 폭보다 길이가 긴 것을 우선적으로 선별하여 측정하였으며, 폭은 길이를 측정한 동일 잎으로 측정하였다. 이때 길이는 줄기까지의 거리가 아닌 잎 면적이 시작되는 부분을 기준으로 하였다.



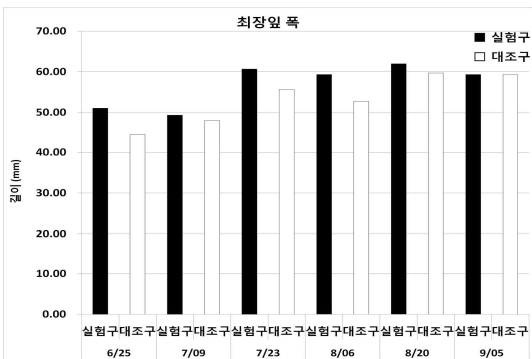
<그림 3-21> 최장잎의 길이 및 폭 측정(좌 : 길이, 우 : 폭)

<표 3-16> 최장잎 길이 및 폭 변화 비교 [단위 : mm, (n=3)]

구분		6월 25일	7월 09일	7월 23일	8월 06일	8월 20일	9월 05일
대조구	길이	79.00	102.00	128.67	115.33	131.00	120.00
	폭	44.33	48.00	55.67	52.67	59.67	59.33
실험구	길이	90.67	105.33	128.00	126.00	120.00	130.67
	폭	51.00	49.33	60.67	59.33	62.00	59.33



<그림 3-22> 고추의 최장잎 길이 변화 비교



<그림 3-23> 고추의 최장잎 폭 변화 비교



최장일의 길이와 폭 모두 대조구와 비교하였을 때, 실험구에서 생육초기에 더 큰 것으로 나타났다.

이것은 음식물퇴비를 사용함으로써 토양내 양분이 증가하게 되었으며, 그 결과 최장일의 길이와 폭 모두 대조구보다 초기 생육이 좋아지게 된 것으로 판단된다.

한편, 잎의 면적이 커지면 탄소동화작용이 활발해지고, 이것은 식물체의 체장변화에 영향을 줄 것으로 판단된다.

따라서 생육초기 실험구의 체장이 더 큰 이유는 최장일의 변화와 관련이 있을 것으로 판단된다.

○ 식물체 총중량

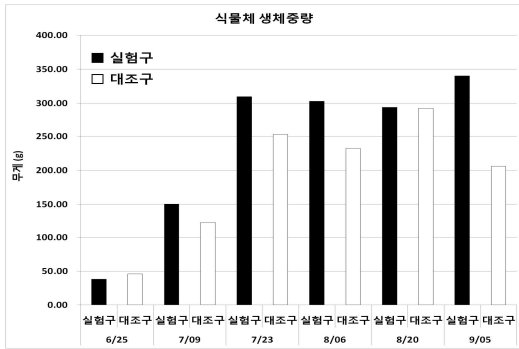
식물체의 중량은 신장이 일정 수준에 달했을 때, 길이신장이 아닌 부피신장이 식물 생육의 지표가 될 수 있다고 판단한다. 이것은 식물체가 생육하면서 생육초기 길이신장이 일어나고, 길어진 신장을 지지하기 위한 부피신장이 일어난다. 또한, 고추의 경우 줄기의 목질화가 진행되어 더욱 단단해진다.

따라서 식물체의 중량을 비교하여 생육의 차이를 비교하는 지표로서 이용하였다.

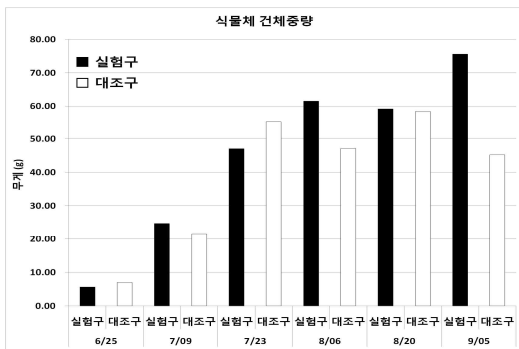
식물체의 총중량은 열매를 제외한 잎, 줄기, 뿌리부분의 무게만을 측정하였다.

<표 3-17> 식물체의 중량 변화 비교 [단위 : g, (n=3)]

구분		6월 25일	7월 09일	7월 23일	8월 06일	8월 20일	9월 05일
대조구	생체중	45.82	123.41	252.44	232.10	292.25	205.88
	건체중	7.00	21.62	55.00	47.08	58.35	45.16
실험구	생체중	37.74	150.30	309.62	303.00	294.02	340.33
	건체중	5.65	24.73	46.96	61.48	59.15	75.59



<그림 3-24> 고추의 생체중량 변화 비교



<그림 3-25> 고추의 건체중량 변화 비교

식물체의 총중량은 생육초기 실험구에서 급격하게 증가한 것으로 나타났다. 이것 또한 음식물퇴비의 영향으로 생육초기에 성장이 빠른 것으로 판단된다.

한편, 대조구와 실험구는 8월 20일을 제외한 나머지에서 체장이나 잎 등의 신장과는 다르게 그 차이가 좁혀지지 않는 것으로 나타났다.

이것은 식물체가 성장해가면서, 체장이나 잎의 길이, 뿌리 길이 등이 증가하게 된다. 이때 중량은 수분을 제외한 나머지는 기타 양분의 흡수에 의해서 증가하게 된다.

즉, 음식물퇴비를 사용한 실험구에서는 대조구보다 더 많은 양분을 흡수했을 것으로 판단되며, 이것은 식물체의 육안으로 보이는 생육 성장에서는 확인할 수 없는 것으로, 식물체내 양분의 흡수차이가 발생한 것을 알 수 있는 결과로 판단된다.

결과적으로 육안으로 확인 가능한 식물생육 성장에서는 나타나지 않았으나, 실험구의 식물체가 대조구와 비교하여 더 많은 양분을 흡수하였을 것으로 판단되며, 이것은 식물체의 건중량에서 차이가 나타난 것으로 판단된다.

○ 수확량

수확은 농업에 있어서 최종목표이며, 퇴비와 비료를 사용하는 이유는 수확량의 증가를 위해서이다.

수확량은 식물체 채집당시 식물체에 맺혀있던 열매의 무게를 측정하여, 각 채집시기마다의 열매 체중을 측정하였다. 또한, 마지막 식물체 채집시기인 9월 5일 모든 식물체의 열매를 채집하고, 체중을 측정하여 10a당 수확할 수 있는 수확량을 산출했다.

<표 3-18> 열매의 중량 변화 비교 [단위 : g]

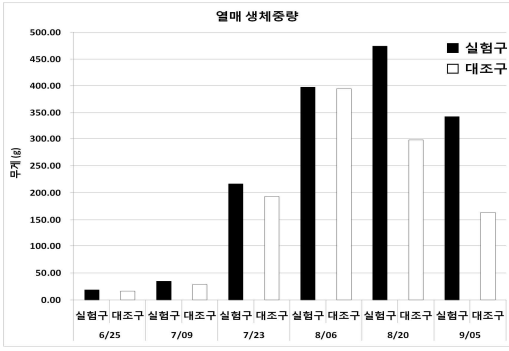
구분	6월 25일	7월 09일	7월 23일	8월 06일	8월 20일	9월 05일	
대조구	생체중	16.50	28.59	193.14	394.70	297.74	163.61
	건체중	1.66	3.80	20.94	39.81	37.83	20.61
실험구	생체중	19.11	34.72	216.50	397.48	474.18	340.91
	건체중	1.98	4.58	20.03	40.26	47.03	42.15

열매의 생체중과 건체중 모두 대조구보다 실험구에서 더 높은 것으로 나타났다. 이것은 대조구의 토양에서보다 실험구의 토양에서의 유효인산의 농도가 높았으며, 그 결과 과실의 비대에 영향을 준 것으로 판단된다.

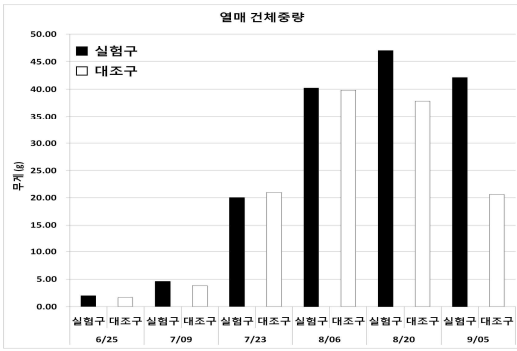
한편 열매의 수확량은 9월 5일 식물체의 마지막 채집시기에 수확한 것으로, 청고추와 홍고추<sup>42)</sup>를 나눠서 무게를 측정하였다. 이때 홍고추는 모든 면이 완벽하게 홍색을 띠고 있는 것만 선별하였으며, 일부 청색을 띠고 있는 고추는 청고추로 분류하였다.

또한, 고추는 수확 후 세척을 한 뒤, 일주일간 음지에서 열매 외피의 수분을 건조하였다. 일주일이 지난 후, 상태가 고르지 못한 열매를 제외한 후 무게를 측정하였다.<sup>43)</sup>

42) 여기서 홍고추는 마른 고추가 아닌, 수분을 함유하고 있는 상태의 고추를 의미한다.  
 43) 이때 열매중의 수분함량이 일부 감소한 것으로 보였다. 그러나 동일 조건상에서 건조하여 개별 구분의 차이는 없을 것으로 판단된다.



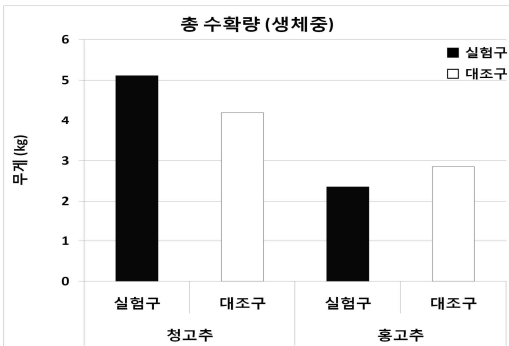
<그림 3-26> 고추의 열매 생체중량 변화 비교



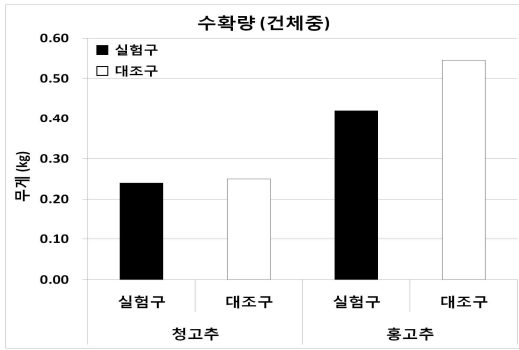
<그림 3-27> 고추의 열매 건체중량 변화 비교

<표 3-19> 열매의 수확량 [n=28]

구분	생체중 (kg)	건체중 (kg)	함수율 (%)	
대조구	청고추	1.710	0.250	85.38
	홍고추	2.620	0.545	79.20
	소계	4.330	0.795	81.64
실험구	청고추	2.135	0.240	88.76
	홍고추	2.255	0.420	81.37
	소계	4.390	0.660	84.97



<그림 3-28> 고추의 수확량 비교



<그림 3-29> 고추의 수확량 비교

열매의 중량은 대조구와 실험구 모두 상승했다 8월 20일 이후 생체중량이 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 8월 20일 이후의 중량 감소에서는 건중량에서의 감소폭이 생체중에서의 감소폭보다 적은 것으로 나타났다.

이것은 8월 20일 이후의 열매에서는 열매내의 수분함량이 감소한 것으로 판단된다. 고추의 경우 숙기를 거쳐 청고추에서 홍고추로 변하게 되면, 함수율이 감소하게 되는데, 식물생육 후기의 식물체에서는 주로 홍고추가 채집되어 나타난 현상으로 판단된다.

한편, 고추의 수확량은 대조구와 실험구가 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

결과적으로 식물체에서 채집된 열매는 실험구에서 더 높았으나, 수확량은 대조구와 실험구 모두 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 그러나 연작 또는 시비량의 차이를 달리한 실험을 해봐야 음식물퇴비의 영향을 판단할 수 있을 것으로 사료된다.



<그림 3-30> 고추의 수확량 측정 (생체중)



<그림 3-31> 고추의 수확량 측정 (건체중)

## 2. 식물체의 화학적 분석

식물체의 화학적 분석은 음식물폐비의 양분이 얼마나 더 이용되었는지 알아보는 지표로 이용하였으며, 중금속 농도는 음식물폐비를 사용하여 재배한 식물체의 안전성 여부를 알아보기 위해 분석하였다.

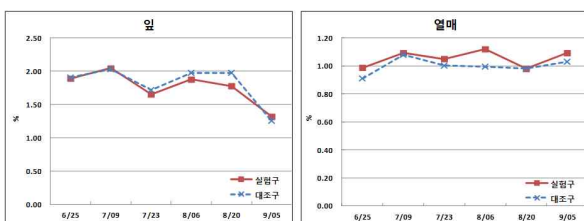
식물체의 화학적 분석은 총 질소, 총 인, 양이온, 중금속 함량을 분석하였다.

### ○ 총 질소

식물체 내의 질소는 세포의 단백질을 구성하는 주요성분으로써 작용한다. 식물체 내의 질소 함량이 증가하게 되면, 식물체는 성장하게 되어 비대해진다.

<표 3-20> 식물체 총 질소 함량 변화 [단위 : %]

구분		6월 25일	7월 09일	7월 23일	8월 06일	8월 20일	9월 05일
대조구	잎	1.90	2.03	1.72	1.97	1.97	1.25
	열매	0.91	1.08	1.00	0.99	0.98	1.03
실험구	잎	1.89	2.04	1.65	1.88	1.78	1.32
	열매	0.99	1.09	1.05	1.12	0.98	1.09



<그림 3-32> 식물체 총 질소 함량 변화 비교

식물체 내의 총 질소 함량은 대조구와 실험구의 잎과 열매 모두 비슷한 것으로 나타났다.

한편, 식물체의 총 질소 함량의 변화는 토양의 총 질소 함량의 변화와 반대의 경향을 나타내었다. 이것은 일반적으로 흡수에 의한 질소 함량 증가는 가능하나 감소하는 것으로도 나타났다.

질소는 토양내 미생물에 의하여 고정되어 되며, 이것은 다시 식물에게 공급이 된다. 또한, 식물이 죽게 되면 근권에 있던 미생물들이 죽어 분해가 되면 질소가 생성된다.

이러한 식물체의 질소순환과정을 봤을 때, 다른 환경적 요인에 의한 것으로 판단된다.

○ 총 인

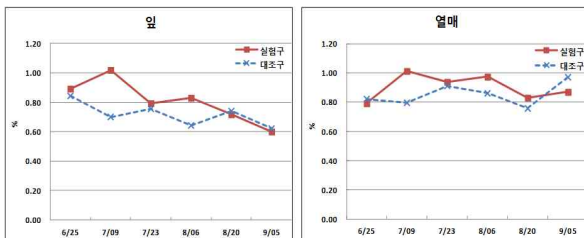
식물체의 인은 토양에서 가용성 인산을 흡수한 형태로 주로 세포핵의 주요 성분으로 이용된다. 특히 화아분화40과 과실비대에 관여한다. 따라서 식물체에 인이 부족하게 되면 개화가 되지 않고 과실의 생육이 늦어지거나 불임이 발생해 수확에 큰 차이가 생긴다.

식물체의 총 인은 Vanadate법을 이용하여 분석하였다.

<표 3-21> 식물체 총 인 함량 변화 [단위 : %]

구분		6월 25일	7월 09일	7월 23일	8월 06일	8월 20일	9월 05일
대조구	잎	0.84	0.70	0.76	0.64	0.74	0.62
	열매	0.82	0.80	0.91	0.86	0.76	0.97
실험구	잎	0.89	1.02	0.79	0.83	0.72	0.60
	열매	0.79	1.01	0.94	0.97	0.83	0.87

44) 화아분화란 엽의 생육을 중지하고, 꽃으로 발육되는 화아형성을 개시하는 것을 의미한다(강병화, 2012. 약과 버거리로 쓰이는 우리나라 자원식물, 한국학술정보).



<그림 3-33> 식물체 총 인 함량 변화 비교

총 인은 대조구와 실험구에서 모두 비슷한 것으로 나타났다. 특히 생육 초기의 총 인 함량에 실험구에서 약간 높은 것으로 나타났으며, 9월 5일의 식물체에서는 비슷한 것으로 나타났다.

한편, 잎에서 인의 함량이 점점 감소하는 반면에, 열매에서는 큰 변화를 나타내지 않는 것으로 나타났다. 이것은 실험에 사용된 시료에서 청·홍고추가 혼합되어 있던 것이 원인으로 판단된다.

일반적으로 숙성이 된 고추에서 더 많은 인을 함유할 것으로 예상하였으나, 그 경향을 보이지 않았다. 이것은 실험당시 사용된 고추의 시료가 청고추와 홍고추가 섞여 있는 것을 이용하였고, 그 결과 총 인의 함량에서 증가하는 경향을 보이지 않은 것으로 판단된다.

○ 양이온

식물에서의 양이온은 식물의 성장 및 생리를 담당한다. 본 연구에서 분석한 양이온은 Na, K, Ca, Mg로 다량원소인 K와 미량원소인 Ca, Mg로 나뉜다.

한편, Na의 경우 필수원소로 이용되지는 않으나, 음식물퇴비의 사용으로 인한 토양내 Na의 증가로 인하여, 그 함량이 증가했을 것으로 판단된다. 이것은

토양내 Na의 함량 증가의 지표로서 이용한다.

K는 광합성과 호흡에 관여하는 효소들을 활성화시키며, 녹말과 단백질 합성, 삼투 포텐셜 조절, 음이온들의 전하 평형 등의 기능을 한다. 그러나 K가 부족하면 높은 잎의 가장자리에서 얼룩무늬가 생기거나 황백화 현상이 나타나거나, 괴사, 줄기가 짧거나 약해지며, 뿌리가 썩고, 곰팡이에 의한 피해가 증가한다.

Ca는 분열중인 세포에서 세포분열을 도우며, 세포막을 물리적으로 보전, 단백질 인산화를 돕는다. Ca가 부족하게 되면 세포에 기형이 발생하거나 괴사하며, 분열조직이 죽으며, 뿌리 생장이 약하게 되는 등의 증상이 있다.

Mg는 엽록소 분자내의 리보솜 구조를 안정화, 효소의 활성제, 광합성의 탄소고정 활성제 등의 역할을 한다. Mg가 부족하게 되면 엽록소가 파괴되고, 황백화 현상 등이 나타난다.

한편, 각 양이온의 식물체내 농도 범위는 표 <3-22>와 같다.

<표 3-22> 식물체내 무기양분의 농도 범위 [단위 : mg kg<sup>-1</sup>]

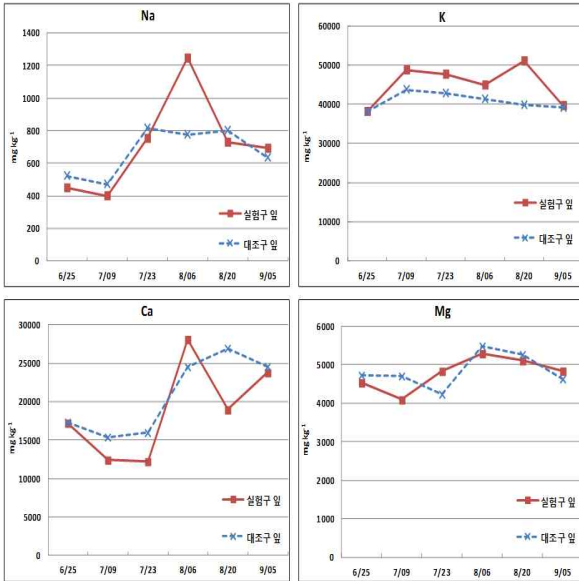
구분	농도
Na	10-80,000
K	8,000-80,000
Ca	1,000-60,000
Mg	500-10,000

자료 : William G. Hopkins, Norman P. A. Huner 저, 홍영남 역(2012), 식물생리학 제 4판, 윌드사이언스.

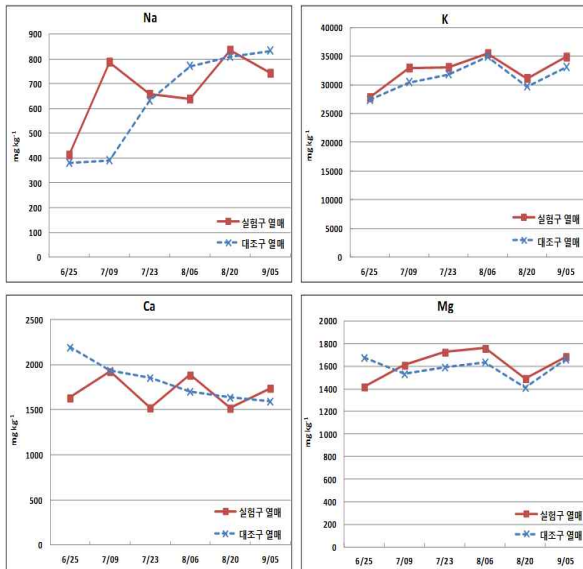
식물체의 양이온은 HClO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 분해법을 이용하여 분해하였고, ICP를 이용하여 분석하였다.

<표 3-23> 식물체의 양이온 함량 [단위 mg kg<sup>-1</sup>, d.w]

구분		Na	K	Ca	Mg	
잎	대조구	6월 25일	522	38,040	17,316	4,726
		7월 09일	471	43,740	15,368	4,704
		7월 23일	814	42,800	15,954	4,230
		8월 06일	775	41,320	24,520	5,482
		8월 20일	800	39,800	26,940	5,264
	실험구	9월 05일	633	39,100	24,560	4,628
		6월 25일	449	38,200	17,226	4,538
		7월 09일	400	48,800	12,436	4,094
		7월 23일	752	47,700	12,226	4,834
		8월 06일	1,245	44,940	28,120	5,292
열매	대조구	8월 20일	729	51,100	18,970	5,108
		9월 05일	691	39,700	23,820	4,838
		6월 25일	379	27,340	2,192	1,675
		7월 09일	390	30,440	1,937	1,531
		7월 23일	630	31,800	1,855	1,591
	실험구	8월 06일	771	34,880	1,703	1,637
		8월 20일	807	29,680	1,636	1,410
		9월 05일	832	33,060	1,594	1,662
		6월 25일	412	27,780	1,634	1,419
		7월 09일	787	32,920	1,926	1,610
실험구	7월 23일	657	33,020	1,523	1,726	
	8월 06일	638	35,460	1,888	1,760	
	8월 20일	835	31,140	1,519	1,493	
	9월 05일	742	34,820	1,741	1,686	



<그림 3-34> 식물체 잎의 양이온 함량



<그림 3-35> 식물체 열매의 양이온 함량

식물체 양이온 함량은 대조구와 실험구 모두 비슷한 것으로 나타났다.

또한, 대조구와 실험구 모두 식물체 내의 양이온 농도 범위 내에 포함되어 특별한 위험성은 없을 것으로 판단된다.

한편, 실험구의 양이온 농도가 급변하는 경향을 나타내는 것이 있는데, 이것은 실험구의 식물체가 양분을 흡수할 때, 토양내 양분이 급변하는 것과 관련이 있을 것으로 판단된다.



○ 중금속

중금속은 일반적으로 토양의 광물특성상 미량 포함되어 있다. 이것은 주로 중금속의 함량이 높은 폐광산 인근에서 채배된 식물체의 경우, 중금속의 전이에 의해서 식물체로 이동한다.

중금속은 생물농축으로 인하여, 토양-식물체-동물로 농축된다. 특히, 고추는 고추를 열매로 섭취하지만, 고춧잎과 고춧가루와 같은 형태로도 섭취한다.

식물체 내의 중금속 함량이 높게 될 경우 동일 질량대비 가장 많은 중금속이 농축될 수 있는 것은 고춧가루이다. 이것은 생체중이 많이 나가는 생물의 고추<sup>45)</sup>는 건조된 고추와 비교하여 수분함량이 80-90%이상 차지하고 있다. 그 결과 동일 질량대비 섭취되는 물질의 함량은 9~10배가량 높다.

따라서 식물체를 섭취할 때, 건조된 식물이 인체에 미칠 수 있는 해가 더 높을 것으로 판단된다.

한편, 식물체내 중금속의 농도 범위는 <표 3-24>와 같다.

<표 3-24> 식물체내 중금속의 농도 범위 [단위 : mg kg<sup>-1</sup>]

구분	농도
Al	1,000-5,000,000
Cu	2-50
Fe	20-600
Ni	0.05-5
Zn	10-250

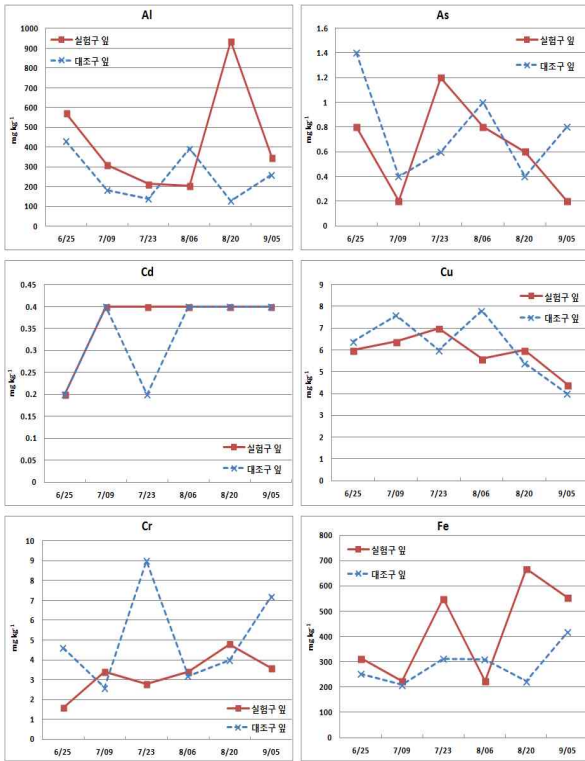
자료 : William G. Hopkins, Norman P. A. Huner 저, 흥영남 역(2002), 식물생리학 제 4판, 윌드사이언스,

식물체의 중금속은 식물체의 양이온은 HClO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 분해법을 이용하여 분해하였고, ICP를 이용하여 분석하였다.

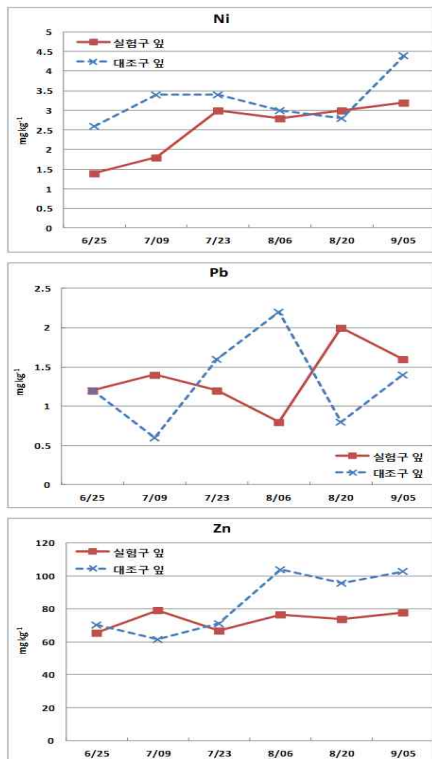
45) 생물 고추란 건조하지 않은 수분함량 8~90%의 고추를 의미한다.

<표 3-25> 식물체의 중금속 함량 [단위 mg kg<sup>-1</sup>]

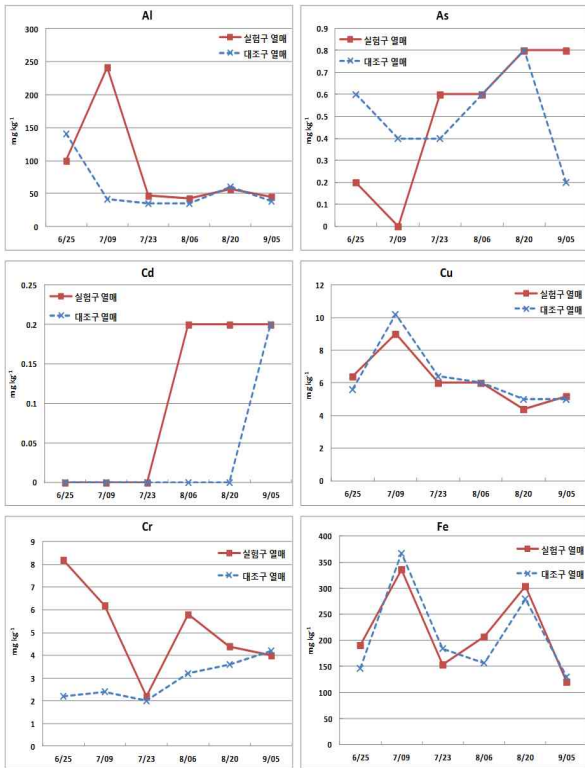
구분		Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn		
원	대조구	6월 25일	431	1.4	0.2	4.6	6.4	253	2.6	1.2	70.2	
		7월 09일	184	0.4	0.4	2.6	7.6	208	3.4	0.6	61.4	
		7월 23일	140	0.6	0.2	9.0	6.0	313	3.4	1.6	71.0	
		8월 06일	392	1.0	0.4	3.2	7.8	309	3.0	2.2	103.8	
		8월 20일	128	0.4	0.4	4.0	5.4	222	2.8	0.8	95.6	
		9월 05일	262	0.8	0.4	7.2	4.0	417	4.4	1.4	102.8	
		실시간	6월 25일	572	0.8	0.2	1.6	6.0	314	1.4	1.2	65.4
			7월 09일	309	0.2	0.4	3.4	6.4	224	1.8	1.4	79.2
			7월 23일	214	1.2	0.4	2.8	7.0	550	3.0	1.2	66.8
	8월 06일		204	0.8	0.4	3.4	5.6	224	2.8	0.8	76.6	
	8월 20일		935	0.6	0.4	4.8	6.0	668	3.0	2.0	73.8	
	복합원	대조구	6월 25일	141	0.6	N.D	2.2	5.6	146	2.4	2.2	49.0
			7월 09일	41.8	0.4	N.D	2.4	10.2	367	5.0	1.2	93.0
			7월 23일	35.2	0.4	N.D	2.0	6.4	184	1.8	0.8	41.2
			8월 06일	35.2	0.6	N.D	3.2	6.0	157	2.2	1.0	45.0
			8월 20일	60.6	0.8	N.D	3.6	5.0	280	2.0	1.2	48.4
			9월 05일	38.8	0.2	0.2	4.2	5.0	130	3.6	1.0	40.8
			실시간	6월 25일	100	0.2	N.D	8.2	6.4	191	4.2	6.4
7월 09일				242	N.D	N.D	6.2	9.0	336	1.4	1.2	39.4
7월 23일				47.0	0.6	N.D	2.2	6.0	154	2.6	1.0	35.4
8월 06일		42.8		0.6	0.2	5.8	6.0	207	3.6	1.0	43.0	
8월 20일		57.0		0.8	0.2	4.4	4.4	304	3.4	1.0	38.0	
9월 05일		45.4		0.8	0.2	4.0	5.2	121	3.4	0.8	47.6	



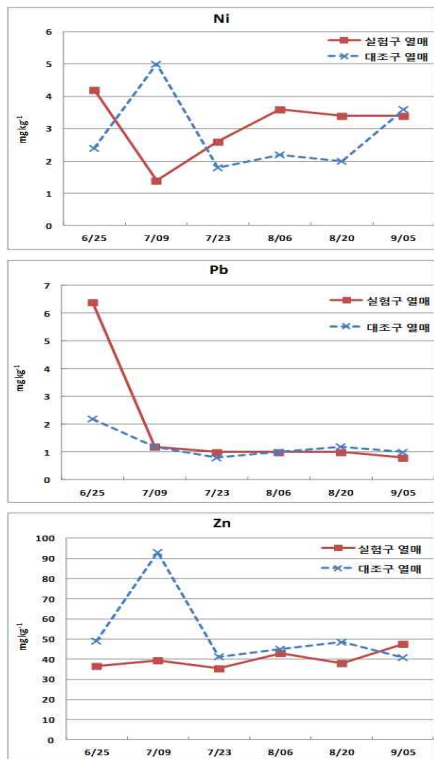
<그림 3-36> 식물체 위의 중금속 함량



<그림 3-37> 식물체 위의 중금속 함량



<그림 3-38> 식물체 열매의 중금속 함량



<그림 3-39> 식물체 열매의 중금속 함량

식물체의 중금속 함량은 대조구와 실험구 모두 비슷한 것으로 나타났다.

한편, 중금속 이지만 식물체의 미량원소인 Cu, Fe, Ni, Zn과 식물체 필수 원소로 지정되지 않은 Si은 모두 식물체 내의 적정 농도인 것으로 나타났다.

반면에, 토양에서 검출되지 않았던 원소인 Cd, Cr, Pb가 식물체에서 검출되었다. 이것은 두 가지 원인으로 추측할 수 있다.

첫째로 토양의 치환가능한 중금속이 아닌 토양입자 자체의 성분 때문일 수 있다. 토양의 광물특성상 중금속을 함유하고 있는 광물이 있으며, 식물이 자라면서 광물의 풍화 및 분해가 일어나고, 그 속에서 미량의 중금속이 유출될 수 있다.

둘째로 도시농업 중에서 노지재배라는 환경적 특성이 원인일 수 있다. 김혁수(2012)에 따르면, Pb의 경우 도시 대기 중에 존재하는 오염물질들이 분진 형태로 흡착되어 검출 가능성이 있다는 연구 결과가 있다.

도시농업은 도시내에서 발생하는 자동차의 매연, 공장 매연 등에 의해서 분진 형태로 중금속이 존재할 수 있으며, 노지재배의 특성상 그 영향을 받을 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 토양내에서 검출되지 않은 중금속이 식물체에서 검출된 것은 음식물퇴비에 의한 영향보다는 환경적 요인이 클 것으로 판단된다.

한편, 식물체의 중금속 함량중, 국내에서 규제하고 있는 농도는 Cd와 Pb가 있으며, 이것은 고추기준으로 각각  $0.1 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $0.05 \text{ mg kg}^{-1}$ 인 것으로 나타났다.<sup>46)</sup>

결과적으로 실험에서 재배된 고추에서는 실험구와 대조구 모두 기준치를 초과하는 것으로 나타났다. 그러나 이것은 토양에서는 검출되지 않았으므로, 음식물퇴비에 의한 영향이 아니라, 외부로의 유입경로(공기중에 분진 형태로 녹아있는 중금속 등)로 식물체의 잎을 통해서 흡수되며, 이것이 열매 등에 일부 축적된 것으로 판단된다.

특히, 노지재배라는 특성상 도시라는 환경적, 지리적 요소 등 여러 가지 복합적인 환경적 요인에 의한 영향으로 판단된다. 따라서 식물체의 재배중 중금속의 출처를 음식물퇴비에 의한 것으로 단정하기는 어려운 것으로 판단된다.

46) 식품오염물질 포털-식품나라([www.foodnara.go.kr/pollution](http://www.foodnara.go.kr/pollution)).

## ■ 소결

도시농업에 있어서 음식물퇴비를 사용하였을 때, 식물체의 생육 및 양분적인 안전성에 대해서 실험을 통하여 분석하였다.

그 결과 음식물퇴비는 식물체의 생육에는 악영향은 없는 것으로 나타났으며, 수확량은 대조구보다 적은 것으로 나타났다. 또한, 양분적인 면에서는 식물체내의 농도 범위내에 포함되어 위해성을 발현할 가능성은 적은 것으로 나타났다.

한편, 대조구와 실험구 모두에서 중금속인 As, Cd, Cr, Pb가 검출되었다. 그러나 이것은 음식물퇴비에 의한 것이 아닌 도시농업의 환경적 요인(대기중의 분진, 중금속 등)의 영향이 더 클 것으로 판단된다.

따라서 원인규명을 위해서는 노지재배와 포트재배를 통한 제한적인 환경과 일반적인 환경의 차이에서 시계열적인 비교 연구가 필요하다.

## 제 4 장

---

### 결론 및 정책제언

제1절 결론

제2절 정책제언

---

## 제4장 결론 및 정책제언

### 제1절 결론

본 연구는 도시농업에서 음식물폐비의 사용에 있어서 환경위해성평가를 위하여 토양의 위해성 및 식물체의 먹거리에 대한 안전성 대해서 실험하여 분석하였다.

그 결과, 토양에서의 경우는 다음과 같다.

토양의 물리적 특성인 토성은 사양토로 나타났다. 토양의 화학적 특성(pH, EC, 유기물, 음이온, 양이온) 및 중금속은 식물체를 재배한 이후 대조구와 실험구 모두에서 비슷한 정도로 나타났다. 이것은 음식물폐비를 이용한 농업에서 토양오염 가능성이 낮을 것으로 판단되는 결과이다.

그러나 이것은 일년작을 했을 때의 결과도 다년작의 경우는 다른 결과를 보일 것으로 예상된다. 따라서 음식물폐비 사용에 대한 확실한 영향을 알아보기 위해서는 다년간의 결과가 바탕이 되어야 할 것으로 사료된다.

한편, 식물체에서의 경우는 다음과 같다.

식물체의 생육은 대조구와 비교하였을 때, 식물생육에서의 악영향은 없는 것으로 나타났다. 그러나 식물체에서 As, Cd, Cr, Pb가 검출된 것으로 나타났다. 이것은 음식물폐비 사용에 의한 것으로 판단하기 어려우며, 환경적요인(도시의 대기중 녹아있는 오염물질, 중금속 등)에 의하여 식물체의 잎을 통해 식물체 내에 축적된 것으로 판단된다.

따라서 음식물폐비는 도시농업에서 사용하였을 때, 토양 위해성과 식물체의 먹거리로서 안전성에 대한 위해성이 낮을 것으로 판단된다.

### 제2절 정책제언

도시농업에서 음식물폐비의 사용은 토양 위해성과 식물체의 먹거리로서의 안전성과 같은 환경적 위해성에 관련된 요소는 적은 것으로 나타났다.

따라서 음식물폐비는 도시농업에서 사용의 활성화를 위해서 도시농업과의 연계성을 갖춘 정책적 지원이 필요할 것으로 판단된다.

구체적으로는 도시농업 프로그램에서 퇴비 공급의 주체를 음식물폐비 생산업체로 지정하거나, 도시농업을 하는 개인 또는 단체에 저렴한 가격으로 퇴비를 판매하는 형식으로 퇴비사용을 활성화 시키는 방안이 필요할 것으로 사료된다.

또한, 도시농업 프로그램에서는 음식물쓰레기를 이용한 퇴비화 교육을 실시하거나, 도시농업지에서 퇴비시설을 만들어, 가정내의 음식물쓰레기를 이용한 퇴비화를 권장하는 등의 음식물폐비 생산 및 사용을 권장하는 프로그램이 필요할 것으로 사료된다.

이 외에도, 음식물폐비의 생산 및 관리에 대한 지표로 네덜란드의 음식물폐비 중금속 기준과 같은 독립된 기준안이 필요할 것으로 사료된다.

한편, 토양에서는 검출되지 않았던 중금속이 식물체에서 검출된 것은 음식물폐비의 영향보다는 환경적 특성에 따른 영향이 더 큰 것으로 판단된다. 이것은 도시농업이 도시라는 지역적 환경특성의 영향을 많이 받을 것으로 예상된다.

그러나 본 연구에서 실행한 노지재배는 환경적인 영향을 평가하기에는 어려울 것으로 사료된다. 따라서 음식물폐비를 사용했을 때 발생할 수 있는 위해성은 제한된 환경에서의 실험이 이루어져야 된다고 판단된다.

따라서 본 연구에 이어, 후속적으로 추진되어야 하는 과제는 다음과 같다. 그것은 외부 환경적 요인을 고려하는 토양 및 식물체의 위해성과 안전성에 대한 연구와 더불어 잔류농약실험 등이 필요하다. 특히, 대기중에 포함되어 있는

중금속 등의 영향을 받을 수 있는 도시농업은 지역적 특성에 따라 생산되는 농작물의 화학적 특성이 다를 것으로 사료된다. 이 때문에 대기적 특성과 관련하여 환경적 요인은 제한한 상태에서의 연구가 필요하다.

또한, 도시농업에서 먹거리 안전성을 위협할 수 있는 요인들에는 화학비료, 농약 등의 사용이 있을 것으로 판단된다. 따라서 도시농업에서 대체농약을 이용한 유기농업으로의 방향전환을 위한 대안 연구가 필요하다.

## 참고문헌

### ○ 보고서·서적

- 강병화(2012), 약과 먹거리로 쓰이는 우리나라 자원식물, 한국학술정보.
- 김덕일(2006), 「도시농업 어떻게 볼 것인가?」, 지방의제21, 「지속가능한 사회를 위한 새로운 도전」, 전국지속가능발전협의회.
- 김태곤·박문호·허주녕(2010), 도시농업의 비전과 과제. [기본연구보고-R629] 도시농업의 비전과 과제.
- 김태곤·허주녕·김예슬(2012), 도시농업의 다원적 기능과 활성화 방안 연구, 한국농촌경제연구원.
- 유수(2003), Zero Food Waste 음식물쓰레기줄이기 외국사례모음, (사)한국불교환경교육원.
- 이동범(2000), 자연을 꿈꾸는 뒷간, 도서출판 들녘.
- 이승원(2011), 토양환경기사, 성안당.
- 이석길(2013), 음식물류 폐기물의 자원화 현황과 발전방향, 한국음식물류폐기물자원화협회.
- 비료의 정의(2013), 농촌진흥청.
- 박희석·양승희(2012), 서울시 도시농업 현황과 시사점, 생생리포트, 서울경제.
- 산은조사월보(2010), 유기성 폐기물 에너지화 산업의 사업구조와 시사점, 산업이슈.
- 식품과학기술대전(2008), 한국식품과학회, 광일문화사.
- 정용수(2006), 「도시농업 어떻게 볼 것인가?」, 지방의제21, 「지속가능한 사회를 위한 새로운 도전」, 전국지속가능발전협의회.
- 작물의 생리 및 결핍증상과 대책, 농업과학기술원 농업환경부 식물영양과.

전국 폐기물 발생 및 처리현황(2007-2013), 환경부, 한국환경공단.

정환도(2010), 건강영향평가제도의 시행과 기법적용 방안, 대전발전연구원.

정환도(2011), 대기오염과 환경지표종에 대한 기초연구, 대전발전연구원.

정환도(2012), 대기오염과 식물생태에 관한 기초연구, 대전발전연구원.

정환도(2013), 대전시 음식물폐기 이용의 활성화 방안, 대전발전연구원.

정환도(2013), 발효퇴비 적정혼합비와 토양오염에 관한 연구, 대전발전연구원.

정환도·이재근·이은재(2013), 대전시 환경복지 정책방향에 관한 연구, 대전발전연구원.

토양비료 용어사전(2012), 한국토양비료학회, 농촌진흥청 국립농업과학원.

William G. Hopkins, Norman P. A. Huner 저, 홍영남 역(2012), 식물생리학 제 4판, 윌드사이언스.

Marc Schutzbank, Isabel Kunigk, Daniel Roehr(2011), Revival of urban agriculture, The University of British Columbia press.

## ○ 논문

권순익·홍승길·오승용·장연아·김권래·신중두·박우균(2010), 미부속 퇴비에서 발생한 암모니아 가스에 의한 종자발아 억제, 춘계학술발표회 논문 초록집, 한국토양비료학회.

김혁수·임가희·김진원·김계훈(2012), 서울시 도시농업 토양 및 식물체 내 Cd, Pb, Cu, Zn, As 함량분석, 추계학술발표회 논문 초록집, 한국토양비료학회.

박진서·차동원·서승직(2009), 우리나라의 음식물쓰레기처리 방법의 개관, 하계학술발표대회, 대한설비공학회.

안철환·이강오·박영주·임성복·김경일·김인호·임주호·이보은·윤인숙

- 139 -

(2013), 도시농업의 현황과 새로운 시도, 도시정보 8월호(NO.377), 대한국토도시학회.

유영석·이지환·장기운(2001), 남은 음식물쓰레기퇴비 시용에 따른 토양의 이화학적 변화와 고추생육에 미치는 영향, 폐기물자원화 제9권 제4호, 유기성자원학회.

이영란·정순진·이동수(2011), 암모니아가스에 의한 난과 식물의 피해증상, 한국인간·식물·환경학회 제14권 6호, 한국인간·식물·환경학회.

이진수·전효택(2004), 금속광산지역 독성 중금속원소들의 인체 위해성평가, 자원환경지질 제37권 제1호, 대한자원환경지질학회.

전한기·장기운·홍성길·유영석·권혁영(2003), 음식물쓰레기퇴비의 연용 시용에 따른 고추의 생육과 수량에 미치는 영향, 폐기물자원화 제 11권 제1호, 유기성자원학회.

## ○ 기타

토양환경보전법 시행규칙(2014.4.30. 개정)

강진술(2012.8.5), 미국의 도시농업 운영사례, 조경뉴스.

김갑봉(2008.8.24), 도시농업, 일본은 지금<1>-<3>, 시사인천.

김기현(2006.6.18), 별장에서 주거 공간으로...젊은이들은 별로, 스카이뉴스.

김시범(2013.6.20), '녹조 막아라' 용인시 수질개선 돌입, 경기일보.

오창균(2014.1.6), 역한 냄새나는 퇴비, 이것 때문이었네, 오마이뉴스.

유상철(2013.5.23), 리커창 농촌개혁 승부수...도시화·가정농장에 걸었다, 중앙일보

지태관(2013.1.6.), 외국의 도시농업 ① 독일, 디트뉴스.

지태관(2013.1.6.), 외국의 도시농업 ② 영국, 디트뉴스.

- 140 -



지태관(2013.9.9), 하바나, 세계 도시농업의 수도가 되다, 세종포스트.  
철수(2012.4.3), 여주군 야심찬 음식물쓰레기처리장...총체적 부실, 동부신문.  
청두무역관(2014.4.30), 中 쓰촨성 도시 현대 농업시스템의 발전.  
한지숙, 천예선(2014.1.7), 헤럴드경제.  
허난일보(2012.9.10), 상하이, 도시농업 “강대도시” 로 발전.  
Krista Leahy(2011.6.22), inhabitat new york city, Manhattan,  
(<http://inhabitat.com>).  
Richard Schiffman(2013.4.18), The Atlantic (<http://thecubaneconomy.com>).  
Tom Laskawy(2010.11.22), (<http://grist.org>).  
네이버지도(<http://map.naver.com/>).  
대구광역시(<http://www.daegu.go.kr/>).  
대전광역시 도시농업(<http://www.daejeon.go.kr/ufa/index.do>).  
대전시 도시농업 모바일 웹(<http://cityfarming.naea.co.kr/m/index.php>).  
미국 battery (<http://www.thebattery.org/>).  
미국 옥상온실 관리기업 (<http://gothamgreens.com/>).  
부산광역시(<http://www.busan.go.kr/>).  
비금농협(<http://www.bigumnh.com/>).  
서울특별시 농업기술센터(<http://agro.seoul.go.kr/>).  
시카고 주 도시농업 관리단체 neighborspace, (<http://neighbor-space.org/>).  
식품오염물질 포털-식품나라([www.foodnara.go.kr/pollution](http://www.foodnara.go.kr/pollution)).  
위키피디아(<http://ko.wikipedia.org/wiki>).  
캐나다 벤쿠버 도시농업 관리단체 (<http://agritecture.com/>).  
흙살림(<http://www.heuk.or.kr/main/main.asp>).

기본연구보고서 2014-18

---

도시농업에서 음식물퇴비 사용에 따른  
환경위해성평가 기초연구

---

발행인 유 재 일  
발행일 2014년 11월  
발행처 대전발전연구원  
301-763 대전광역시 중구 중앙로 85  
전화: 042-530-3515 팩스: 042-530-3575  
홈페이지 : <http://www.djdi.re.kr>

---

인쇄: 〇〇〇〇〇 TEL 042-〇-〇 FAX 042-〇-〇

---

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시의 정책적 임점과는 다를 수 있습니다.  
출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.