

완결과제 최종보고서

일반과제(○), 보안과제()

(과제번호 : PJ010182)

지속가능성 제고를 위한 도시텃밭 환경변화 평가 및 관리방법 개발

(Evaluation of environmental change and development of management method
for sustainable growth of urban agriculture)

국립원예특작과학원

연구수행기간
2014.02 ~ 2016.12

농촌진흥청

제 출 문

농촌진흥청장 귀하

본 보고서를 “지속가능성 제고를 위한 도시텃밭 환경변화 평가 및 관리방법 개발에 관한 연구”
(개발기간 : 2014.02. ~ 2016.12.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

제1세부연구과제 : 도시텃밭의 자원 재활용 기술 개발

제1협동연구과제 : 도시텃밭의 토양관리기술 및 활용 컨텐츠 개발

제2협동연구과제 : 도시텃밭의 무생물적 환경변화 조사 및 토양 건전성 평가기술 개발

제3협동연구과제 : 도시텃밭의 생물적 환경 변화 조사

2017. 02. 28.

제1세부연구기관장명 : 국립원예특작과학원

제1세부연구책임자 : 한 경 숙

참 여 연 구 원: 박 동 금, 문 지 혜, 유 은 하, 장 윤 아, 정 순 진

제1협동연구책임자 : 박 광 래

참 여 연 구 원: 홍 승 길, 이 상 범, 김 진 호, 이 초 롱

제2협동연구책임자 : 김 계 훈

참 여 연 구 원: 김 혁 수, 박 술 이, 손 호 완, 오 준 석, 윤 정 환, 이 단 비,
이 미 나, 이 연 규, 임 가 희, 전 다 솜

제3협동연구책임자 : 육 용 식

참 여 연 구 원: 이 상 수, 임 정 은, 박 재 남, 이 계 숙, 야 세 르, 알 리,
양 소, 아 누 스 카, 아 반 티

주관연구책임자 : 한 경 숙



주관연구기관장 :



농촌진흥청 농업과학기술 연구개발사업 운영규정 제51조에 따라 보고서
열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제번호	PJ010182		연구기간	2014.02.01. ~ 2016.12.31.
연구사업명	단위사업명	공동연구사업		
	세부사업명	농업정책지원기술개발		
	내역사업명	도시농업 및 치유농업 기술개발		
연구과제명	주관과제명	지속가능성 제고를 위한 도시텃밭 환경변화 평가 및 관리방법 개발		
	세부(협동) 과제명	(1세부) 도시텃밭의 자원 재활용 기술 개발 (1협동) 도시텃밭의 토양관리기술 및 활용 컨텐츠 개발 (2협동) 도시텃밭의 무생물적 환경변화 조사 및 토양 건전성 평가기술 개발 (3협동) 도시텃밭의 생물적 환경 변화 조사		
	구분	연구기관	소속	성명
연구책임자	1세부	국립원예특작과학원	도시농업과	한경숙
	1협동	국립농업과학원	유기농업과	박광래
	2협동	서울시립대학교	환경원예학과	김계훈
	3협동	강원대학교	환경융합학부	옥용식
총 연구기간 참여 연구원 수	총: 36 명 내부: 19 명 외부: 17 명	총 연구개발비	정부: 540,000천원 민간: 천원 계: 540,000천원	
위탁연구기관명 및 연구책임자		참여기업명		
국제공동연구	상대국명:	상대국 연구기관명:		
요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)	국내외 부산물 재활용 방법 및 국내외 기술동향, 국내 텃밭 실태조사하고 도시텃밭에서 재활용이 가능한 자원 탐색 및 분석을 통해 텃밭용 12가지 작목에 대한 연구를 수행하였다. 텃밭 부산물 재활용을 위한 퇴비화 실시 및 조건 구명연구를 통해 소량의 텃밭부산물로 퇴비만들기를 제시하였으며, 도시텃밭의 부산물 재활용 매뉴얼 개발하였다. 친환경 도시텃밭을 관리하기 위한 다양한 기술을 탐색하고 매뉴얼을 제작보급하였으며, 도시텃밭 토양의 화학적·생물적 특성을 분석하고 평가체계를 구축하여 도시텃밭 건전성 평가 및 관리 방안을 제시하였다. 국내 도시텃밭의 생물적 요소 변화를 평가하여 데이터베이스를 구축하고, 효율적 관리를 위해 토양 효소 지수와 미생물군집지수와 같은 포괄적 프로토콜을 제시하였다.		보고서 면수 : 136쪽	

〈 국 문 요 약 문 〉

연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> -지속가능한 도시농업을 위해 도시 텃밭에서 발생하는 부산물 자원의 재활용을 통해 도시 텃밭 관리 기술을 개발하고 친환경 도시텃밭을 관리하기 위한 다양한 기술을 탐색하고 매뉴얼을 제작보급하였다. -도시텃밭의 토양환경 특성을 평가하고 친환경 도시텃밭용 재배 매뉴얼 및 활용 컨텐츠를 개발하여, 도시텃밭의 건전한 관리 방안을 개발할 목적으로 본 연구를 수행하였다. -도시텃밭 토양관리 시스템의 기초를 마련을 위하여 서울 및 수도권 도시텃밭 토양 시료를 채취·분석하고 그 결과에 따라 도시텃밭 토양의 건전성을 정량적으로 평가하였다. -국내 도시텃밭의 생물적 요소 변화를 평가하여 데이터베이스를 구축하고, 효율적 관리를 위해 토양 효소지수와 미생물군집지수와 같은 포괄적 프로토콜을 제시한다. 					
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> -도시텃밭 토양의 주요 화학적 지표로 전질소, 유기물, EC, pH를 선별하고, 서울 및 수도권 지역 130개 도시농업 토양 중 이 지표를 점수화하여 정량화된 도시텃밭의 토양 화학적 지표를 기반으로 한 도시텃밭의 토양환경 관리방안을 제시하였다. -도시텃밭의 토양이화학성을 평가하고 도시텃밭의 식물상을 조사하여 친환경 도시텃밭용 친환경농자재 제조 매뉴얼과 활용 컨텐츠를 개발하였다 -유기농법과 관행농법에 따른 도시텃밭 토양의 생물학적 질(미생물 활성도 및 군집특성, 효소활성, 기초호흡량)을 평가하고, 국내 도시텃밭 토양의 생물학적 질 개선을 위한 관리방안을 제시하였다. 					
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> -본 연구를 통해 도출된 도시텃밭 토양의 건전성 평가법을 도시 농업박람회, 지역별 도시농업 네트워크 등에 홍보하여 연구 결과의 현장 활용도를 증진시킬 수 있다. 이를 통해 도시농업인들로 하여금 도시농업 환경 관리에 대한 신뢰도를 상승시킬 수 있다. -유기 및 관행농법이 시행되고 있는 도시텃밭의 농업 생산성을 제고하고 친환경 핵심농업기술의 육성을 위한 기초자료를 제공 할 수 있다. 또한 토양의 생물학적 평가을 통해 토양질을 개선하고 지속가능한 도시텃밭의 구축할 수 있다. 					
중심어 (5개 이내)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">도시농업</td> <td style="width: 20%;">텃밭</td> <td style="width: 20%;">토양 건전성</td> <td style="width: 20%;">친환경</td> <td style="width: 20%;">토양 관리</td> </tr> </table>	도시농업	텃밭	토양 건전성	친환경	토양 관리
도시농업	텃밭	토양 건전성	친환경	토양 관리		

〈 Summary 〉

Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> - This study was carried out to establish urban soil management system for sustainable urban agriculture. For this, the soils used for urban agriculture in Seoul and its vicinity were collected and analyzed for chemical properties. The results were used to evaluate soil health quantitatively. The purpose of this study was to evaluate the characteristics of soil environment in urban gardens, to develop the manuals for cultivation of environment-friendly gardens, and to develop sound management methods for urban gardens. - The objectives of this study were to establish database of soil biological environment by evaluating the changes of biological factors in an urban agricultural soil and suggest the comprehensive protocols including soil enzyme and microbial community indices for efficient management. 					
Results	<ul style="list-style-type: none"> -The soil of the urban garden soil was evaluated chemical properties and the vegetation wool of the urban garden was investigated, and the eco-friendly farm material manufacturing manual and the contents for the eco-friendly garden were developed. - Soil pH, electrical conductivity (EC), organic matter (OM), total nitrogen (T-N) were selected as 4 major chemical indicators for quantitative evaluation of soil health. Soil environment management system for urban agriculture was proposed based on 4 major chemical indicators of 130 soils collected from Seoul and its vicinity. - The biological quality of urban agricultural soils treated with organic or inorganic fertilizer was determined by microbial activity and community, enzyme activity, and basal respiration. The best management practices were also suggested for enhancement of soil biological quality. 					
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> - It can be used as a basic data for the continuous production and policy making of the gardens by providing the utilization contents for operating the experience culture program in the urban garden. - Results of the study were used to improve credibility of the product and environmental management of urban agriculture. - The outcomes of this study may contribute to the productivity in the urban agricultural fields treated with organic or inorganic fertilizer and provide baseline data for environmentally-friendly agricultural management. Moreover, the enhancement of soil quality for sustainable urban agriculture can be achieved by soil biological evaluation. 					
Keywords	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Urban agriculture</td> <td style="width: 20%;">kichen garden</td> <td style="width: 20%;">Soil health</td> <td style="width: 20%;">eco-environmental</td> <td style="width: 20%;">Soil management</td> </tr> </table>	Urban agriculture	kichen garden	Soil health	eco-environmental	Soil management
Urban agriculture	kichen garden	Soil health	eco-environmental	Soil management		

〈 목 차 〉

제 1 장 연구개발과제의 개요	8
제 2 장 국내외 기술개발 현황	10
제 3 장 연구수행 내용 및 결과	13
제 4 장 목표달성을 및 관련분야에의 기여도	123
제 5 장 연구결과의 활용계획 등	124
제 6 장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	126
제 7 장 연구개발성과의 보안등급	128
제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비현황·	128
제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적·	128
제 10장 연구개발과제의 대표적 연구실적	128
제 11장 기타사항	129
제 12장 참고문헌	130

제 1 장 연구 개발 과제의 개요

2015년 기준 우리나라 행정구역 기준 상 도시인구는 46,698천명, 농촌인구는 4,831천명이고, 전체 인구 중 도시지역 거주인구의 비율(도시지역 도시화율)이 90.6%로 조사되었다. 우리나라 는 1960년대 이후 지속적으로 급격하게 도시화가 진행되었고, 현재는 종착단계에 이르렀다 (MOLIT·LH. 2016).

최근 세계의 각 국가들과의 자유무역협정(FTA) 체결로 각종 농산물의 자급 기조가 흔들리고 있다. 에너지 문제와 안전한 농산물에 대한 우려로 푸드마일리지(food mileage)를 줄이고자 하는 환경운동이 확산되고 있으며, 친환경적인 로컬푸드(local food)와 도시농업에 대한 관심이 전 세계적으로 높아지고 있다.

도시농업은 농산물의 공급뿐만 아니라 홍수 및 가뭄예방, 온난화방지, 공기정화 등 여러 친환경적인 순기능으로 인해 각광을 받고 있다. 전 세계 주요 대도시의 대기 중 CO₂ 농도가 500 ppm을 상회하며 도심지의 높은 CO₂ 농도는 전체 CO₂ 증가 기여도의 약 78%에 달하고 있어 대책이 시급하다. 대도시의 도시텃밭, 인공습지, 녹지공간의 조성은 도시에서 발생하는 CO₂ 농도를 효율적으로 저감할 수 있어 향후 온실화 방지에 기여할 수 있는 측면이 있다.

우리나라의 도시농업의 수요가 증가함에 따라 지자체별 관련 조례를 제정하였다 (Na, 2010). 다양한 도시농업 네트워크가 결성되었으며, 2013년 ‘도시농업의 육성 및 지원에 관한 법률’이 제정되어 현재 시행중이다. 도시농업의 제도적 활성화 및 시민들의 관심은 증대되고 있으나, 환경적으로 안전한 도시농업 정착을 위한 기술적, 정책적 지원은 부족한 실정이다.

도시 환경을 쾌적하게 개선하는데 도시텃밭이 경관적, 환경적, 생태적으로 기능할 수 있도록 텃밭 경관관리 기술 및 부산물 재순환 시스템 개발이 필요하다. 농업기술과 농자재에 대한 이해가 부족한 도시민들을 위하여 안전하고 간단한 친환경 재배 및 텃밭 관리기술을 개발하고, 보급할 필요가 있다.

도시농업의 경우 안전한 농산물에 대한 대중의 인식확대 및 시장 인접성으로 인해 소규모 유기농업기술의 도입이 용이하다는 장점이 있지만 대부분 전문지식이 없는 대중에 의해 농업 활동이 이루어지기 때문에 주변 토양 및 수계의 오염, 악취 발생, 병해충발생, 생태계교란, 잔류오염물질 발생 등 많은 문제가 야기되고 있다. 또한 도시농업은 거주지와의 접근성이 높아 농약 등 위해성이 높은 물질의 엄격한 규제 및 도시화로 인한 높은 기온으로 인해 기생충, 수인성 병원균, 병해충의 피해가 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 피해는 도시환경을 저하시키고 도시거주민의 보건 및 생존권을 위협할 개연성이 높아 생물환경의 모니터링 및 관리가 도시농업의 성장을 좌우하는 필수요소이다. 특히 도시환경에서 발생한 중금속이 도시텃밭으로 유입될 경우 농산물에 전이되어 인체에 해를 끼칠 수 있으므로 도시텃밭의 중금속 함량 모니터링은 지속적으로 수행되어야 하며, 중금속 함량 조사 시 우리나라 토양 오염 기준이 중금속 전함량 뿐만 아니라 식물에 전이될 수 있는 식물유효태 중금속 함량도 동시에 진행되어야 한다 (Lim et al., 2014).

제1절 연구 개발 목적

도시농업 활성화 정책 및 도시민들의 관심 증대로 도시텃밭 면적이 증대되었으나, 재배 환경의 위험요소 노출도가 높은 도시농업에서 안전하고 질 높은 농산물을 체계적인 관리 하에 도시민들이 재배, 생산할 수 있도록 하는 관리방안 구축은 미비한 실정이다. 건강한 작물의 생산과 지속가능한 도시농업 생산 활동을 위해서는 토양의 양분 및 작물의 양분요구도 등을 고려하여 작물을 재배해야 하지만, 도시민들이 이해하기 쉽게 도시텃밭 토양환경의 건전성을 확인하고 이해할 수 있는 제도적 장치가 불충분하다.

본 연구에서는 도시 텃밭 토양의 건전성을 평가하고, 지속 가능한 도시농업 토양관리 시스템의 기초 자료 마련을 위하여 도시농업 토양의 화학적 특성을 조사하고, 이 결과를 토양 질 평가 시스템에 적용하였다. 이를 위하여 서울 및 수도권 도시텃밭 토양을 대상으로 주요 화학적 지표 선별하고 이를 정량적으로 평가하였으며, 정량화된 수치를 통해 도시 농업인들이 보다 쉽고 간편하게 토양 건전성을 확인할 수 있도록 하여 도시농업의 지속 가능성을 높이고자 하였다.

제2절 연구 개발의 필요성

도시텃밭의 활용 자재 종류 및 투입방법, 투입량, 토양 관리, 재배관리 방법 등에 대한 실태 조사가 필요하다. 또한 도시환경의 지속가능성 제고하기 위한 친환경적 도시텃밭 활용 기술의 개발이 필요하다. 우리나라 도시농업에 관한 연구는 개념정리 및 유형화, 활동실태, 정책수립에 편중 되어 있고(Hwang et al., 2010; Jang, 2007; Jang, 2009; Kang et al., 2007; Na, 2010), 구체적인 실행방안, 환경여건 고찰, 영향평가 등에 관련한 선행연구는 전무하다.

우리나라는 세계에서 유래가 없는 급속한 도시화를 이루었으나 그 이면에서는 여러 가지 환경적 문제점을 발생하고 있다. 이를 완화하기 위한 방안 중 하나로 도시농업의 활성화를 제시하고 있는 바 본 연구를 통해 도시농업의 과학적, 실질적인 연구가 수행되어야 한다. 이를 위해 우리나라 도시텃밭의 물리, 화학, 생물학적 특성 조사 및 중금속 오염도를 파악하고, 일반 농경지와는 다른 도시텃밭 건정성 평가 체계를 마련해야 한다. 도시텃밭 토양의 질을 평가할 수 있는 물리, 화학, 생물학적 지표를 탐색하고, 이에 대한 scoring system을 도입하여 웹(web) 기반 프로그램이 구축되어야 한다.

국내 도시농업관련 생물학적 환경(토양생물의 구성, 다양성, 생물수, 생체량 및 활성, 지구온난화 영향, 위생지표미생물, 기생충, 작부체계 및 재배작물별 병해충 발생 등) 조성 및 관리는 도시농업의 부가가치 극대화, 도시거주민에 대한 쾌적한 환경 제공 및 지속가능한 도시농업을 위해 필수적인 연구분야 이다.

제3절 연구 개발 범위

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
국내 (농촌진흥청)	<ul style="list-style-type: none"> ○텃밭농원 유형별 모델 및 디자인 방안 개발 ○도시 텃밭 채소 안정재배 방법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○정책건의 및 영농활용 <ul style="list-style-type: none"> - 텃밭농원 참여자 만족도조사 - 텃밭농원 관리·운영 매뉴얼 활용 - 가을 배추 포기 뚜음 시 구중 감소 정도 - 가을 무 적엽별 수량성 감소 정도 - 텃밭용 ‘채심’의 종자 공급 체계 수립 - 혹서기재배에 적합한 경엽채류 선발
대학·센터	<ul style="list-style-type: none"> ○텃밭 토양 내 중금속 오염원 및 유해 미생물 유입 원인 구명 ○심지 관수와 LED 보광 기술의 실용화 ○작물 재배 시 괴복재를 활용한 충해 피해 방제 효과 	<ul style="list-style-type: none"> ○정책건의 및 영농활용 <ul style="list-style-type: none"> - 부직포를 활용한 친환경 재배법 - 주말농장 교육교제 제작 제안 - 주말농장 친환경방제제 지원 제안
일본 (NARO)	<ul style="list-style-type: none"> ○도시민에 의한 도시근교 농지의 보전관리에 관한연구 ○채소재배지에서 녹비작물 재배로 인한 유기물 환원량 평가 ○잡초를 증가시키는 토양중 질소의 형태분석 ○토양수분함량에 따른 발효 퇴비의 분해력 평가 	<ul style="list-style-type: none"> ○도시텃밭 운영형태 <ul style="list-style-type: none"> - 시민농원촉진법 - 특정농지대부법 - 농원이용방식

제 2 장 국내외 기술개발 현황

가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

도시농업 혹은 도시텃밭에 관한 국내 연구는 매우 미흡한 실정이며, 도시농업은 현대인에게 주말/체험농장 등 생활수준 향상에 따른 레저기능에 보다 초점이 맞추어져 빠르게 보급되고 있어 종합적인 환경평가 및 관리가 시급하다 (Kim et al., 2011). 국내의 도시농업은 소규모 식량생산과 같은 1차적 기능 및 관련정책에 초점이 맞추어 있으며, 실질적이고 과학을 기초로 한 토양생물환경에 관한 연구는 전무한 실정이다. 도시 거주환경조건의 향상을 위해서 도시농업을 통한 토양의 효과적인 관리 및 생물학적 환경조성의 필요성에 대해서는 충분한 공감대가 형성되어 있지만 관련 연구는 초보단계에 있다 (Na, 2010; Jang, 2007). 우리나라 도시농업의 수요가 증가함에 따라 도시민의 환경인식도 높아지고 있으나, 농사에 대한 정보가 부족하여 무분별한 비료(예: 퇴비) 사용으로 토양 내 Cu와 Zn과 같은 중금속이 축적될 수 있다 (Kim et al., 2011). 도시 토양은 일반 농경지와는 달리 중성 또는 약알칼리성을 띠고 있으며, 이는 도시에서 제설용으로 사용되는 염화칼슘이나 콘크리트에서 용해되어 흘러나오는 알칼리 성분에 의한 것으로 도시텃밭의 관리는 현재까지 일반 농경지에서 사용되어온 관리체계와 구분되어야 한다 (Kim et al, 2001; Kim et al., 2002).

나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

도시텃밭에는 다양한 형태의 퇴비상자가 일반화되어 있어 도시농업 과정에서 나오는 부산물을 재활용하고 있으며, 지렁이를 활용하여 분해를 촉진시키거나 식물 추출물을 활용하기도 한다. 미생물의 활동을 활발하게 하는 재활용 자원 투입 방법 및 호기성 발효를 촉진시키기 위한 공기투입 방법이 개발되어 도시텃밭 지원(미국, 유럽 등)도 이루어지고 있다.

채소 재배지에 녹비작물 재배로 인한 유기물 환원량 평가(2004, 일본농연기구), 잡초를 증가시키는 토양중 질소의 형태(2000, 일본농연기구), 토양수분함량에 따른 발효퇴비의 분해력 평가(2004, 일본농연기구)가 수행되고 있다.

도시텃밭에서 재배되는 농산물을 도시환경에서 발생하는 다양한 유·무기 오염원으로부터 노출될 수 있으며, 교통 및 각종 산업활동으로 인해 일반 농경지에 비해 중금속에 의한 노출 피해 가능성성이 높다고 보고되고 있다 (Gunawardana et al., 2012; Li et al., 2001; Sämuels et al., 2012; Wei and Yang, 2010; Zechmeister et al., 2005). 도시 내 도로변 이격 거리에 따라 토양 중 중금속 함량은 급격하게 변하며, 교통량이 많은 도시 지역에서는 도로에서 최소 30m 이상 떨어진 지역에 도시텃밭을 조성해야 하는 것으로 조사되었다 (Nabulo et al., 2006). 도시 토양은 일반 농경지 토양과는 달리 다양한 환경, 다양한 요인에 영향을 받으며 생성된 토양이므로, 지역별 특성에 적합한 토양 관리 및 관련 연구가 수행되어야 한다. 또한 도시텃밭 토양 내 중금속 함량이 높은 지역 중 일부는 과거 토지 사용 시 오염된 토양이 방치되어 발생한 현상으로, 도시텃밭 조성 시 사용 부지에 대한 사전 조사가 수행되어야 함을 강조한 연구도 있다 (McClintock, 2012).

도시농업의 경우 경작에 필요한 토양을 타 지역에서 이설하는 경우가 대부분이기 때문에 토

양산도 변화, 미생물상 교란 등 지질·화학적인 토양교란으로 인한 생물상의 급격한 변화로 생태환경이 저하된다고 보고되고 있다 (Lorenz and Lal, 2009).

제 3 장 연구 수행 내용 및 결과

<제1세부과제 : 도시텃밭의 자원 재활용 기술 개발>

가. 국내외 부산물 재활용 방법 및 국내외 기술동향, 국내 텃밭 실태조사(2014)

도시텃밭에서 나오는 부산물 자원에 대한 재활용 방법을 개발하고자 국내외 문헌, 웹사이트, 제품, 특히, 매뉴얼 등을 대상으로 조사를 실시하였다.

표 1. 도시텃밭 부산물 퇴비화 국내외 연구동향

국가	연구동향	비 고	사진
미국, 유럽, 일본(80% 이상)	도시농업용 퇴비화 상자 이용 기술 연구	- 퇴비화 효율성 향상, 이용자 편 의성, 악취 발생, 해충유인 방 지, 제조비용 절감	
독일	퇴비화 촉진기술 연구	- 저탄소/질소비 퇴비 및 그 제조 방법, 퇴비화 부숙도 판정방법, 녹차함유 퇴비, 유기농 액비 제조 방법	
한국	텃밭 부산물 퇴비화 연구 미흡	- 우리나라에는 텃밭 부산물 퇴비 화는 거의 대부분 음식물쓰레 기가 주원료가 되어있음	

- 도시텃밭 부산물 퇴비화에 관한 연구동향에서 미국, 유럽, 일본은 퇴비화 상자 이용 기술 중심이고, 독일은 부산물 퇴비화 촉진 기술에 대한 연구가 이루어지고 있으나 우리나라의 경우는 텃밭 부산물 퇴비화에 관한 시험연구가 미흡한 실정이었다(황 등, 2010). 우리나라에서는 별도의 퇴비화 상자를 이용하기 보다는 일반 고무통 등을 사용하는 경우가 많으며 퇴비화 상자에 대한 인식 및 필요성이 외국에 비하여 아직 부족한 것으로 판단된다. 또한 외국에는 정원의 부산물을 직접 썩혀 이용할 수 있도록 다양한 방법의 퇴비 상자와 도구들이 구비되어 있으나 한국의 경우는 목재로 만든 퇴비 상자는 있어도 플라스틱류의 퇴비 상자는 국내에서 전혀 구할 수 없고 수입 제품도 없는 상황이었다. 가정용 퇴비화 상자에 대한 인식과 필요성을 널리 알릴 필요가 있으며, 이를 위해 퇴비화 상자를 이용하여 만든 퇴비와 일반 통에서 만들어진 퇴비를 비교 분석하는 연구가 필요할 것으로 판단되었다(표 1).

- 퇴비로서의 성능이 우수한 퇴비 및 그 제조 방법으로는 C/N비가 9.5 이하인 퇴비가 있었다(한국, 미국 특허등록). 국내 텃밭 부산물의 퇴비화 기술동향을 보면, 퇴비상자, 퇴비화 촉진 기술, 텃밭 외 부산물의 퇴비화, 텃밭 부산물의 퇴비화 중심의 기술개발이 이루어지고 있는 실정이었다.

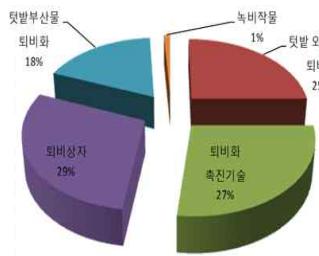


그림 1. 국내외 기술특허 동향분석

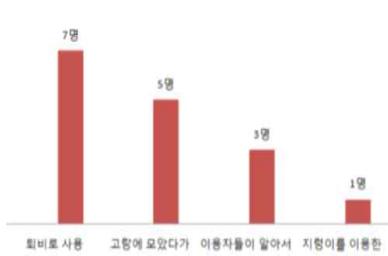


그림 2. 텃밭에서 발생되는 쓰레기(부산물) 처리방법

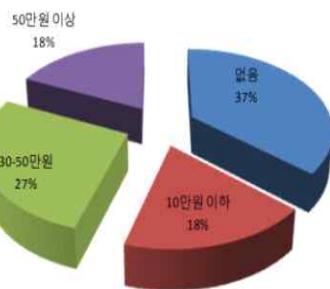


그림 3. 텃밭쓰레기 연간 처리비용(21명)

- 국내의 수도권과 수도권 주위의 텃밭(민영, 공영 포함 21개소)을 방문하여 조사한 결과, 도시 텃밭의 운영형태를 보면, 민영 71.4%, 공영 28.6%를 차지하고 있었다(표 2). 도시 텃밭 운영 규모로는 20a~2.6ha(1,980~26,400m²)이었으며, 텃밭 운영 시 가장 어려운 점은 공영의 경우는 쓰레기 처리가 문제라고 하였으며, 민영의 경우는 회원모집이라고 응답하였다. 기타사항으로는 가정의 음식물 쓰레기까지 가져와서 버리는 경우도 있다고 하였다(장 등, 2011, 2007).

도시텃밭에서 생산되는 유기성 폐자원 발생량 산출 및 처리방법 조사, 자원의 재활용 방법 및 재활용량 산출 등에 따른 조사결과 텃밭에서 발생되는 쓰레기(부산물) 처리의 방법은 퇴비로 사용이 75%, 또는 밭갈이할 때 토양에 넣는다는 비율이 31.3%를 차지하는 것으로 조사되었다(그림 2). 텃밭에서 발생되는 연간 쓰레기 처리 비용으로는 없음 37%로 가장 많았으나 10만원 이상의 처리비용이 발생한다는 응답자가 전체의 63%를 차지하였으며, 50만원 이상의 비용이 발생한다는 응답자도 18%가 되었다(그림 3). 그리고 땅 속에 묻거나 태워버릴 수 없는 쓰레기들은 주로 이용자들이 버리고 간 것(병, 비닐봉지, 깡통 등)으로 1년 정도 모였을 때, 부피뿐 아니라 수거비용이 적지 않은 상황이었다(장 등, 2011, 2007).

표 2. 도시 텃밭의 운영형태, 규모 및 운영상의 애로사항 조사 결과

번호	텃밭명	운영형태	규모(m ²)	운영상 애로사항
1	강일 텃밭	공영	6,230	회원모집
2	상일동 공동체텃밭(팀장)	〃	8,600	쓰레기 처리
3	상일동 공동체텃밭(관리인)	〃	8,600	쓰레기 처리
4	실버, 다동이 농장	〃	8,250	쓰레기 처리
5	강서 과해농장	〃	14.850	쓰레기 처리
6	강서 주말농장	〃	8,500	흙 관리
7	구로궁동 주말농장	민영	4,950	관수
8	안씨네	〃	2,640	쓰레기 처리
9	개화 텃밭농원	〃	9,900	회원모집
10	대원 주말농장	〃	16,500	쓰레기 처리
11	둔촌 텃밭	〃	4,005	-
12	과해 주말농장	〃	7,590	회원모집
13	염곡 주말농장	〃	1,980	회원모집
14	고덕 주말농장	〃	3,135	쓰레기 처리
15	산골 주말농장	〃	5,610	흙 관리
16	유재혁 농장	〃	3,960	-
17	과해 주말농장	〃	8,250	쓰레기 처리, 회원모집
18	무수골	〃	16,510	관수
19	개화2동 주말농장	〃	3,960	회원모집
20	천수 텃밭농원	〃	26,400	쓰레기 처리
21	샤론 농장	〃	-	회원모집

나. 도시텃밭에서 재활용이 가능한 자원 탐색 및 분석(2014-2015)

- 부산물 종류별 특성 조사 및 가용 자원 선발

※ 수도권 지역 도시텃밭 사이트 선정, 조사에 활용

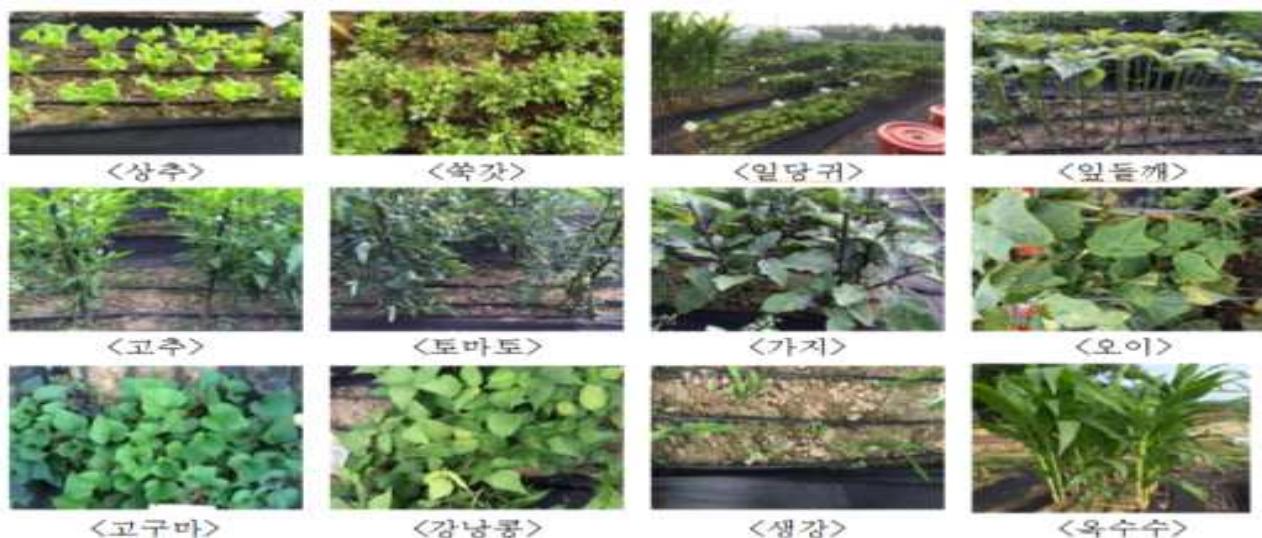


그림 4. 텃밭에서 재활용이 가능한 12작목별 재배 모습

표 3. 텃밭에서 재활용이 가능한 12작목의 재배방식과 수확량, 부산물량, 잡초량 조사결과

작목명	정식일 (년월일)	재식거리 (cm)	재식주수 (주/m ²)	수량(kg/m ²)		
				작목수확량	부산물량	잡초발생량
1. 상추	2014.5.2	30×35	12	5.2 de ^z	2.0 fg	0.28 b
2. 쪽갓	5.2	30×35	12	1.9 fg	4.1 ef	0.70 ab
3. 일당귀	5.2	30×35	12	1.3 g	0.7 g	0.52 ab
4. 잎들깨	5.2	25×25	16	4.5 e	5.5 de	0.28 b
5. 고추	5.12	50×50	4	3.5 ef	2.8 efg	1.20 a
6. 토마토	5.12	50×50	4	7.7 c	8.0 cd	0.29 b
7. 가지	5.12	50×50	4	10.5 b	9.8 c	0.12 b
8. 오이	5.12	50×50	4	6.8 cd	2.4 fg	0.04 b
9. 고구마	5.12	40×40	6	18.4 a	18.6 a	0.02 b
10. 감자	5.12	35×30	9	1.1 g	0.8 g	0.02 b
11. 생강	5.12	30×35	12	1.8 fg	1.1 fg	0.55 ab
12. 옥수수	5.12	50×50	4	4.7 de	15.6 b	0.08 b

* 시험기간 : 5.2~8.5, * 시험장소 : 탑동 시험포장, * 시험면적 : 12작물×1m²×3반복= 60m²^zMeans separation within columns by 5% DMRT.

- 12작목 중 수확량이 많은 순서로는 고구마가 가장 많고 다음은 가지, 토마토 순이었다. 또한 부산물량 많은 순서는 고구마가 가장 많고 다음은 옥수수이며, 잡초 발생량이 많은 순서는 고추가 가장 많았으며, 쪽갓, 생강, 일당귀 순이었다(표 3).

표 4. 텃밭에서 재활용이 가능한 12작목의 부산물 무기성분 분석 결과

작목명	C(%)	N(%)	C/N비	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (mg/L)
1. 상추	36.67	3.88	9.46	0.88	5.1	1.01	0.29	222.1
2. 쪽갓	62.74	6.23	10.07	0.75	6.6	1.12	0.32	324.9
3. 일당귀	52.27	3.08	16.97	0.73	4.0	1.60	0.17	236.3
4. 잎들깨	47.05	1.75	26.93	0.90	3.3	2.59	0.55	47.4
5. 고추	47.17	2.61	18.07	0.37	4.8	2.14	0.68	58.8
6. 토마토	43.83	2.25	19.48	0.51	3.2	2.36	0.29	326.6
7. 가지	50.04	2.29	21.89	0.42	4.1	2.50	0.33	66.2
8. 오이	37.00	2.92	12.68	0.92	3.2	3.32	0.50	112.8
9. 고구마	50.75	3.33	15.22	0.36	5.9	1.01	0.26	66.9
10. 강낭콩	38.60	1.44	26.89	0.29	1.8	5.72	0.37	67.3
11. 생강	50.78	2.53	20.10	0.33	4.1	0.79	0.33	61.1
12. 옥수수	42.87	1.18	36.35	0.29	1.8	0.57	0.14	124.2

상기 조사결과에 의하면 C/N가 높은 부산물은 옥수수, 강낭콩, 가지, 고추, 토마토 순이고, C/N비가 낮은 부산물은 상추, 쪽갓, 오이, 고구마, 일당귀, 잎들깨, 생강 순이었으며, 고추 작목부터는 C/N비가 30 이하에 해당되었다(표 4). 토양의 C/N비는 10전후로서 자연계의 유기물은 미생물에 의해 분해되어 흙의 C/N비에 가까워지려는 활동을 계속하는 것으로 보고된 바 있다(Toshihide, 흙과 퇴비와 유기물, 일본). 텃밭 부산물의 재

활용시 양질의 퇴비 조건은 C/N비가 25~30 정도로 알려진 바 있다(David Taylor, *The Compost Book*, 미국). 또한 완숙퇴비의 C/N비는 10~20 전후이고 미생물의 C/N비는 5~6 정도였다(Toshihide, 흙과 퇴비와 유기물, 일본).

C/N율이 30보다 높으면 탄소원의 부족 현상이 나타나고, 30보다 낮으면 질소 기아 현상이 나타난다. 따라서 퇴비를 만들 때 퇴비의 재료가 되는 유기물 종류에 따라 C/N율이 다르기 때문에 탄소원이나 질소원을 조절해 줄 필요가 생기게 된다. 예를 들어 퇴비를 만들기 위한 식물체에 분해가 어려운 리그닌(lignin)이 많은 재료는 C/N율을 낮추어 주기 위해 질소원으로 요소를 첨가하게 된다. 최근에는 석회질소를 쓰거나 쌀겨 등이 질소원으로 사용되고 있는 추세이다.

12가지 작목으로 만들어진 퇴비의 화학적 특성을 일정 간격을 두고(1차 : 8월 7일, 2차 : 8월 22일) 무기성분을 분석해 본 결과, 기간이 경과될수록 부산물별 퇴비의 무기성분 변화에 차이가 나타났다. 특히 상추, 쑥갓, 고추, 오이에서는 EC 함량에서 현저하게 증가된 것을 확인할 수 있었다. 부산물의 pH는 7.1~8.0으로 약알카리성을 띠었고, 유기물 함량은 33~43g/kg 수준이었으며, 유효인산 함량은 상추, 쑥갓, 오이에서 높은 경향이었다(표 5).

표 5. 텃밭에서 재활용이 가능한 12작목 부산물별 퇴비의 화학적 특성 변화(2014.8.22)

작목명	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	전질소 (%)	인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol/kg)				EC (dS/m)
					Ca	Mg	K	Na	
1. 상추	7.5	39	0.28	1,929	18.2	4.8	10.4	1.13	
2. 쑥갓	7.8	53	0.34	2,607	20.1	5.2	15.0	2.15	
3. 일당귀	7.2	39	0.27	1,301	15.1	4.1	4.8	0.40	
4. 잎들깨	8.6	47	0.29	1,540	15.9	3.9	8.8	0.33	
5. 고추	8.3	46	0.42	1,534	19.0	6.7	12.2	0.35	
6. 토마토	8.0	45	0.38	1,823	27.4	5.8	9.2	0.35	
7. 가지	8.3	47	0.38	1,501	21.2	4.3	9.3	0.26	
8. 오이	7.5	55	0.41	3,275	25.6	7.5	11.3	0.50	
9. 고구마	7.5	38	0.26	1,227	15.9	4.6	5.2	0.36	
10. 강낭콩	7.7	42	0.28	1,121	19.8	4.6	5.2	0.35	
11. 생강	7.3	35	0.27	1,267	15.9	4.0	4.7	0.39	
12. 옥수수	7.6	41	0.31	1,495	13.4	3.3	7.3	0.17	
대조(토양)	7.8	33	0.18	645	12.3	2.7	1.0	0.14	0.76

표 6은 부산물이 많은 7가지 작물에 대해 잎과 줄기를 부위별로 나누어 분석한 결과, C/N비가 가장 높은 부위는 강낭콩 줄기, 옥수수대, 가지대 순으로 높았고, 잎과 줄기를 포함한 부산물 전체 중에서는 옥수수 잎+줄기(43.5), 강낭콩 잎+줄기(40.4), 가지 잎+줄기(31.3)으로 높은 것으로 조사되었다. 잎과 줄기를 혼합하여 퇴비화 하는 것이 편리성과 효율화에서 우수할 것으로 판단되었다.

표 6. 텃밭에서 재활용이 가능한 주요 7작목의 부위별 탄질비(C/N) 조사 결과

작목 및 부위	C(%)	N(%)	C/N비
1. 잎들깨 잎 잎들깨 줄기 잎+줄기	55.3	6.4	8.6
	47.1	1.8	26.9
	51.2	4.1	17.8
2. 고추 잎 고추대 잎+줄기	45.0	3.6	12.3
	49.4	1.6	31.3
	47.2	2.6	21.8
3. 토마토 잎 토마토 줄기 잎+줄기	43.3	2.9	15.0
	44.4	1.6	27.7
	43.8	2.3	21.3
4. 가지 잎 가지대 잎+줄기	50.1	3.5	14.1
	50.0	1.0	48.5
	50.0	2.3	31.3
5. 오이 잎 오이 줄기 잎+줄기	38.5	4.1	9.5
	35.5	1.8	20.1
	37.0	2.9	14.8
6. 강낭콩 잎 강낭콩 줄기 잎+줄기	35.4	2.2	15.9
	41.8	0.6	64.9
	38.6	1.4	40.4
7. 옥수수 잎 옥수수대 잎+줄기	43.7	1.7	26.2
	42.1	0.7	60.8
	42.9	1.2	43.5

1년차 성적에서 보면 12가지 작물에 대한 C/N율을 분석한 결과 C/N가 높은 부산물은 옥수수, 잎들깨, 강낭콩, 가지, 생강 순이고, C/N비가 낮은 부산물은 상추, 쑥갓, 오이, 고구마, 일당귀, 고추 순이었으며, 거의 대부분의 작목은 C/N비가 30 이하에 해당되었다. 퇴비화의 효율은 잎과 줄기를 함께 혼합하는 것이 편리하였다. 텃밭 부산물을 가지고 퇴비화 하는 실험을 수행함에 앞서 고구마는 수확시기가 늦고, 생강은 부산물량이 적은 이유로 퇴비화 처리에서 제외하였으며, C/N비 등을 고려하여 옥수수, 가지, 토마토, 고추, 상추, 생강 6가지 작물을 가지고 부산물 퇴비화 시험을 위해 재배를 실시하였다.

표 7. 도시텃밭 부산물 퇴비화를 위한 주요 재배작물별 재배개요 및 부산물 발생량

작물명	재배방법	정식일 (월일)	재식거리 (cm)	부산물량* (생체중 g/10m ²)	수확수 (개/10m ²)	수량 (g/10m ²)	평균무게 (g/개)
상추	정식	4. 7	25×20	12,727 c	2,598 a	23,631 abc	9.1 b
생강	파종	5.14	70×30	4,773 d	0 c	7,182 c	60.4 b
고추	정식	5. 8	70×40	14,793 c	3,205 a	48,308 a	15.1 b
토마토	정식	5.10	70×40	14,900 c	2,359 ab	38,709 ab	16.4 b
가지	정식	5.10	70×40	26,145 a	234 bc	37,870 ab	161.6 a
옥수수	정식	5.10	35×30	19,853 b	60 c	11,998 bc	200.0 a

* 부산물량 : 줄기, 잎, 뿌리 포함

- 텃밭 주요 재배작목 6작물 중 부산물 발생량이 많은 작물은 10m²당 가지가 26kg 이상으로 가장 많았고, 다음은 옥수수, 토마토, 가지, 상추 순이었으며, 생강이 가장 적었다(표 7).

표 8. 도시텃밭 주요 재배작물별 부산물의 무기성분 함량(%, 2015)

작물명	C (%)	T-N (%)	C/N율	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)
상추	43.1a	1.91ab	22.6b	0.72a	4.06a	1.03bc	0.29b	0.063a
고추	42.1b	1.31ab	32.2b	0.45b	3.54ab	1.04bc	0.50ab	0.007c
토마토	39.3ab	1.85a	21.2b	0.50b	2.66bc	2.18ab	0.66a	0.040ab
가지	40.7a	2.22bc	18.3b	0.35b	3.36ab	2.43a	0.51ab	0.005c
옥수수	42.9a	0.65c	65.7a	0.40b	2.06c	0.41c	0.22b	0.008c
혼합	41.6ab	1.59ab	26.2b	0.48b	3.14abc	1.42abc	0.44ab	0.003bc

2015년에 재배된 텃밭 주요재배 6작물에서 2014년 성적과과 다소 차이가 있으나 유사한 경향으로 나타났으며, C/N율이 가장 높은 부산물은 옥수수가 65.7이고 고추, 혼합, 상추, 토마토, 가지 순이었다. 인산은 12작물의 부산물 중 상추가 가장 높았으며, 고추, 가지, 혼합 순이고, 칼슘은 가지, 토마토, 혼합, 고추, 상추 순으로 높았다. 재배상의 차이는 전주로 이전된 후 밭환경의 변화로 인해 생육 차이를 보인 것으로 판단되었다(표 8).

또한 1년차 시험에서는 재활용이 가능한 텃밭부산물 4개 작물로 만들어진 퇴비를 처리한 후 후작물의 작황을 비교하는 예비시험을 수행하였다(그림 5).

토입자원	초장(기장/보입)	희비 종류	액적(%)	과경(%)	높이(cm)	폭지(cm)	수확면(㎡/m²)
1. 낙엽*	17.2±b	5.60±b	9.7±b	24.0±b	26.7±b	10.0±c	49.2±b
2. 양거	17.7±b	5.97±a	11.2±c	25.4±b	26.1±a	14.2±a	53.6±a
3. 주이	17.6±b	5.63±b	9.7±b	27.4±bc	27.5±b	13.2±b	56.7±a
4. 톱밥	16.4±b	5.60±b	9.7±b	27.7±b	26.7±b	13.0±b	46.7±b
5. 양자	18.0±b	5.80±b	11.5±b	26.9±bc	25.0±b	15.2±b	53.3±b
6. 향상달걀	18.2±b	5.77±b	11.0±b	26.9±bc	27.0±b	13.6±b	55.4±b
7. 대조(말초1)	14.7c	5.50±b	8.2c	24.3c	26.2c	9.7c	34.7c
7. 대조(말초2)	14.7c	5.50±b	10.7±b	30.8a	28.3a	13.5±b	49.9c

그림 5. 예비시험 성적(2014)

다. 텃밭 부산물 재활용을 위한 퇴비화 실시 및 조건 구명

부산물 퇴비화를 위한 환경 조건 조사를 위해 공기, 수분, 온도 등 환경조건을 조사하였다.

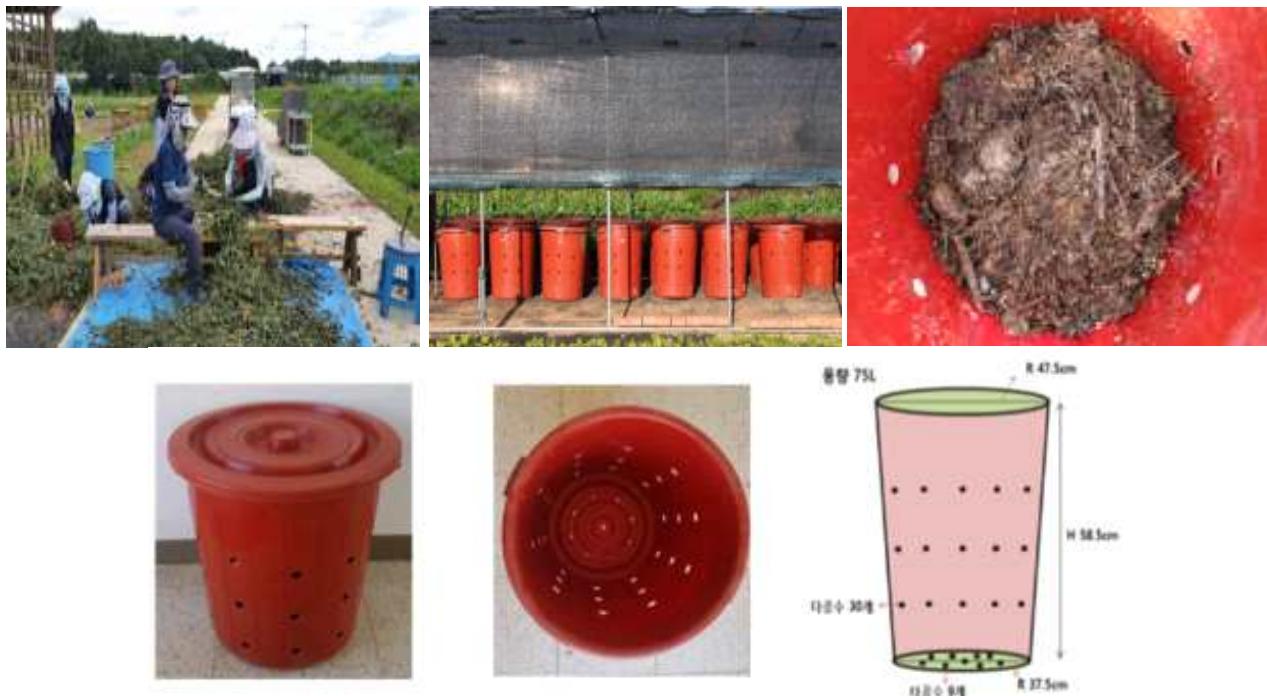


그림 6. 텃밭 부산물의 퇴비화 과정과 퇴비화 처리용 고무통 제작

텃밭 부산물 재활용을 위해 퇴비를 만들기 위해 상추 등 주요 작물을 재배한 후 부산물을 혼합하여 퇴비화를 실시하였다.

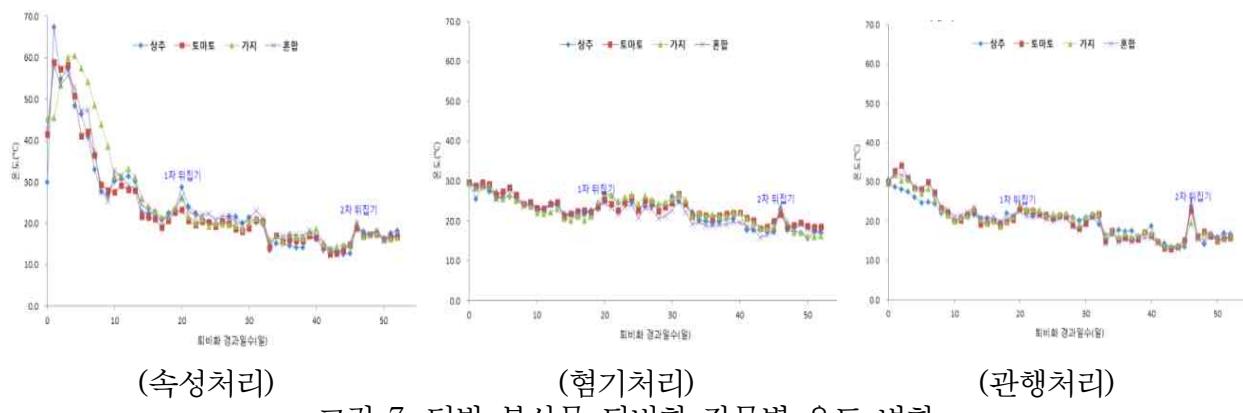


그림 7. 텃밭 부산물 퇴비화 작목별 온도 변화

온도는 퇴비화 과정 중의 온도 상승이 미생물에 의한 유기물의 분해에 기인되며, 광합성의 역과정이라 할 수 있다. 퇴비화 과정 중의 온도는 40°C 이하의 중온대와 40°C 이상의 고온대로 구분할 수 있는데, 유기물 분해에 가장 효율적인 온도 범위는 45~65°C 범위이다. 텃밭 부산물 퇴비화를 위한 속성처리의 작목별 온도 변화를 보면 퇴비

화 처리후의 약 7일 정도는 35°C 이상의 고온대가 유지되었으나 그 이후부터는 점차 떨어졌는데, 이와 같은 온도 상승이 미생물에 의한 유기물의 분해가 왕성했음을 알 수 있다. - 텃밭 부산물 퇴비화를 위한 협기처리의 작목별 온도 변화를 보면 퇴비화 처리 이후에도 35°C 이상의 고온대가 나타나지 않고 거의 30°C 정도의 온도로 유지되었으며, 이와 같은 온도 미상승이 미생물에 의한 유기물의 분해가 왕성한 피크가 없음을 알 수 있다. - 텃밭 부산물 퇴비화를 위한 대조(관행)처리의 작목별 온도 변화에서 협기처리와 유사하게 퇴비화 처리 이후에도 35°C 이상의 고온대가 나타나지 않고 거의 30°C 정도의 온도로 유지되었으며, 이와 같은 온도 미상승은 역시 미생물에 의한 유기물의 분해가 왕성한 피크가 없음을 알 수 있다. - 신선 유기물 퇴비화의 부수적 효과 중의 하나는 병원균과 잡초 종자의 사멸이므로 60°C 이상의 고온대의 퇴비화 과정이 반드시 필요하게 된다. - 혼합(상추, 토마토, 가지, 고추, 옥수수) 부산물 처리방법별 퇴비화 경과일수에 따른 온도 변화에서도 속성처리는 45°C 이상의 고온대가 나타나 미생물의 활성이 높아지는 것으로 판단되었으나, 협기처리, 대조(관행)은 나타나지 않았다.

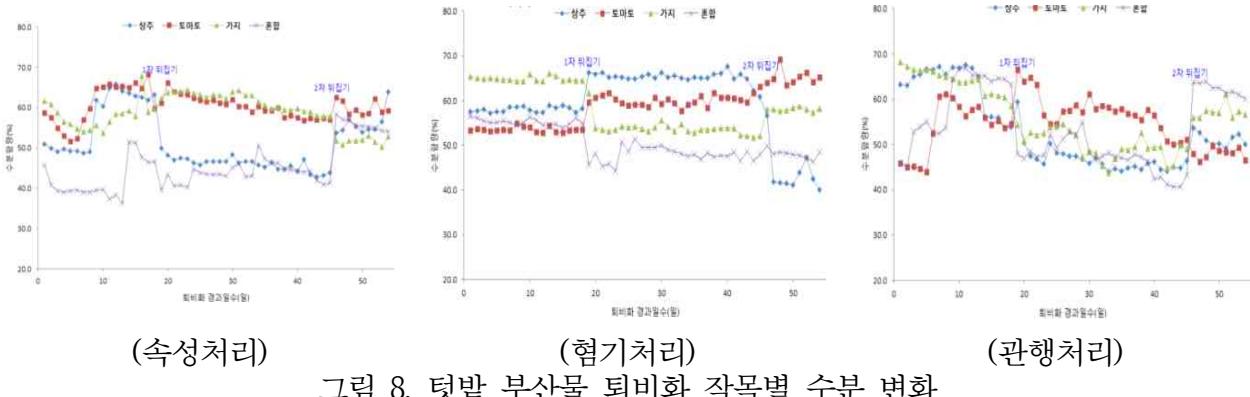


그림 8. 텃밭 부산물 퇴비화 작목별 수분 변화

퇴비화 과정의 수분함량은 퇴비화 속도를 지배하는 필수적인 요소라고 한다. 퇴비화에 적합한 초기의 수분함량은 50~65% 범위가 알맞은 것으로 알려져 있다. 수분함량이 50% 미만인 경우는 분해속도가 떨어지며, 65% 이상인 경우는 호기성 미생물의 활성이 억제되어 퇴비화가 늦어지며 퇴비더미의 형기조건을 초래하여 악취가 발생하게 된다. - 텃밭 부산물 퇴비화를 위한 협기처리의 작목별 수분함량 변화를 보면 퇴비화 과정의 수분함량이 40% 이하로 낮아질 경우에는 수분의 조절이 필요하다. 따라서 퇴비화 과정의 1차, 2차 뒤집기를 실시할 때 수분함량이 40% 이상으로 유지될 수 있도록 수분함량의 조절이 필요하게 된다. 텃밭 부산물 퇴비화를 위한 대조(관행)처리의 작목별 수분 변화에서 퇴비화 과정의 수분함량이 40% 이하로 낮아지지 않도록 수분의 추가 공급을 실시하였다. 혼합(상추, 토마토, 가지, 고추, 옥수수) 부산물에서도 가지와 거의 유사한 경향으로 부산물 퇴비화를 위한 처리별 퇴비화 경과일수에 따른 수분 변화에서 속성처리, 협기처리, 대조와의 처리별로 차이는 보이지 않았다.

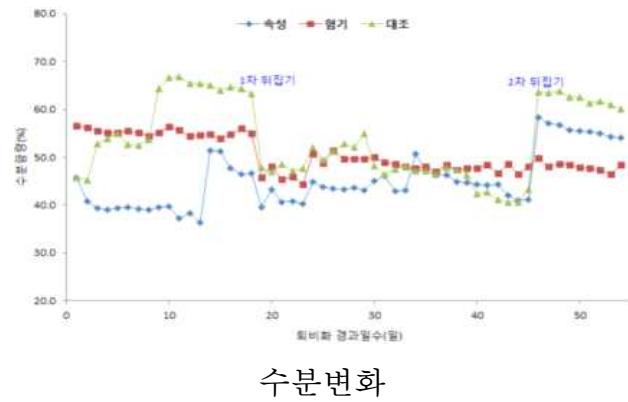
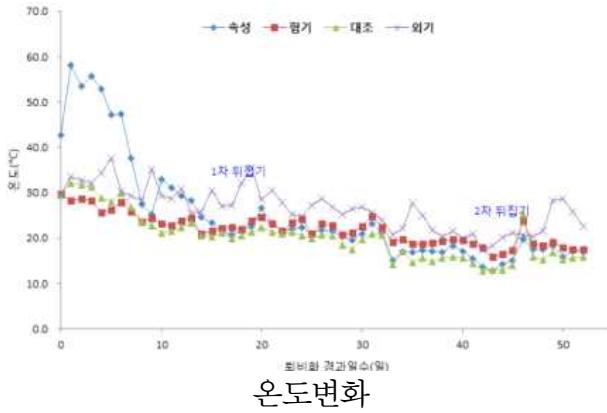


그림 10. 주요 텃밭부산물 퇴비화 과정에서 처리별 온도 및 수분 변화

텃밭 부산물 퇴비화를 위한 속성처리에 의한 작목별 퇴비화 과정인 퇴비화 경과일수 65일째의 상태에서 퇴비화가 상당히 진전되었음을 알 수 있었다. 텃밭 부산물 퇴비화를 위한 협기처리에 의한 작목별 퇴비화 과정인 퇴비화 경과일수 65일째의 상태에서도 퇴비화가 계속되고 있음을 알 수 있었다. 텃밭 부산물 퇴비화를 위한 대조(관행)에 따른 작목별 퇴비화 과정인 퇴비화 경과일수 65일째의 상태에서 퇴비화가 계속적으로 진행됨을 알 수 있었다(RDA, 2006).

라. 도시텃밭 부산물로 만들어진 퇴비의 특성 조사(2015)

이화학성, 물리성, 유해 병해충, 안전성 등 토대로 퇴비의 특성을 조사하였다. 텃밭 부산물 퇴비화를 위한 작목별 및 처리방법별 퇴비화 과정인 퇴비화 경과일수 65일째의 N는 속성, 협기에 비해 대조구가 낮은 경향이고, P, Ca에서도 같은 경향을 보였으나, 유기물, K 함량은 큰 차이가 없었다. 속성처리의 텃밭 부산물 퇴비화를 위한 작목별 퇴비화 과정에서 C, N, 유기물, P, K, Ca, EC 등에서 큰 차이는 알 수 없었다.

표 9. 주요 텃밭부산물 퇴비화 처리조건별 퇴비 성분분석(퇴비화 65일째)(2015)

작목	처리	pH	C (%)	N (%)	유기물 (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	EC (dS/m)	수분 (%)
상추	속성	8.9	12.0	1.39	24.1	2.17	1.57	4.0	0.56	0.06	3.8	56.7
	협기	8.3	11.2	1.13	22.2	1.86	1.20	3.0	0.47	0.03	3.4	63.8
	대조	9.3	12.4	0.42	24.6	0.31	1.13	0.5	0.19	0.06	2.1	61.9
토마토	속성	8.7	13.1	1.67	25.2	3.00	1.55	5.8	0.86	0.03	3.7	54.0
	협기	8.1	12.3	1.32	23.8	1.84	0.86	3.1	0.49	0.02	5.3	65.8
	대조	7.9	15.9	0.92	32.0	0.45	1.55	2.2	0.59	0.03	4.9	55.1
가지	속성	8.7	15.4	1.46	32.3	3.20	1.23	6.2	0.78	0.02	3.4	50.0
	협기	7.7	13.6	1.22	27.0	1.67	1.00	3.0	0.46	0.02	4.2	61.3
	대조	9.3	17.2	0.53	35.5	0.33	1.32	1.7	0.32	0.01	2.7	53.8
옥수수	속성	8.6	10.7	0.94	21.6	2.71	1.24	4.5	0.71	0.02	3.5	54.0
	협기	8.8	9.6	0.88	19.4	1.07	0.68	2.3	0.36	0.01	2.6	61.0
	대조	8.1	9.7	0.56	19.9	0.35	1.50	0.5	0.32	0.01	3.0	58.4
혼합	속성	8.8	11.5	1.10	23.0	2.58	1.27	4.3	0.67	0.03	3.2	61.4
	협기	8.0	15.2	1.34	30.0	1.81	1.10	3.2	0.56	0.02	4.2	57.8
	대조	9.5	13.1	0.49	25.1	0.33	1.22	0.9	0.32	0.02	2.4	60.7

마. 텃밭 부산물 퇴비의 재활용 효과평가(2016)

- 부산물 처리량, 경관성 등

2015년도에 처리한 3종의 퇴비, 부숙방법 3종(속성처리, 협기처리, 관행)에 대한 텃밭 투입 후 후작물 재배 미치는 영향 평가하였다. 실험을 위한 텃밭조성은 작토층(25cm)에 퇴비를 혼합 후 20일무를 재식한 후 생장특성과 수확량 등을 조사하였다.

그림 11. 텃밭 부산물로 만든 퇴비 시용후 텃밭조성(퇴비시용량 : 1kg/1m²)

또한 텃밭 부산물로 만든 퇴비를 토양에 사용한 후 후작물 재식전 토양의 물리성 및 텃밭 토양의 이화학적 특성을 조사하였다.

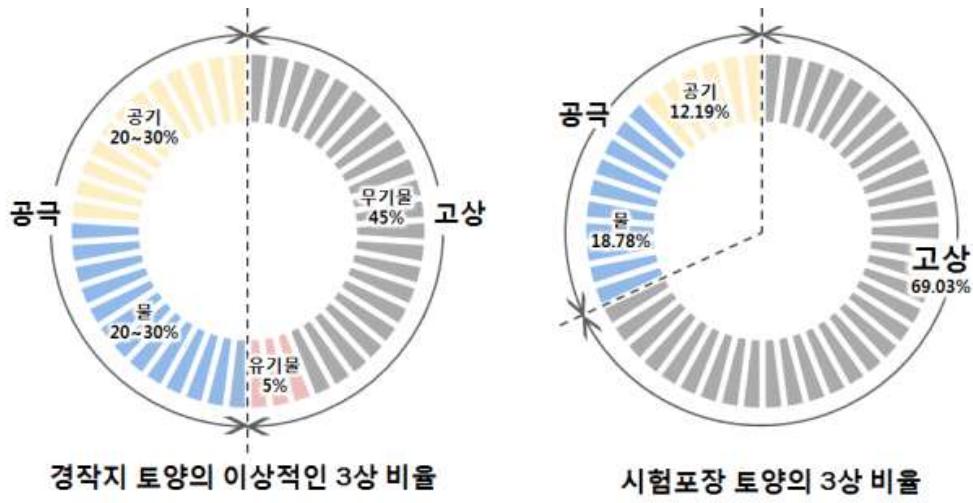


그림 12. 퇴비 투입전 텃밭의 물리성 측정

표 10. 퇴비 부산물로 만든 퇴비 사용후 텃밭 토양의 이화학적 특성

시료명	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (%)	Av.P2O5 (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	NH4-N (mg/kg)	NO3-N (mg/kg)
속성퇴비화	7.78	3.12	4.23	1238.20	3.09	50.03	3.28	26.90	24.41
혐기퇴비화	7.87	4.27	4.69	937.00	4.22	54.84	3.76	5.68	22.56
관행퇴비화	7.75	3.36	4.37	1333.61	3.99	54.20	3.77	17.77	15.60
퇴비무시용	7.50	2.34	3.94	977.05	2.28	43.99	3.15	10.09	14.57

표 11. 텃밭 부산물로 만든 퇴비사용에 따른 20일무 생육특성 비교(1차 정식, 여름수확)

시료명	지상부(잎)			지하부		
	초장(cm)	엽수(매)	엽중(g)	직경(cm)	높이(cm)	무게(g)
속성퇴비화	17.7	6.9	15.4	2.7	4.9	19.4
혐기퇴비화	15.9	6.8	12.7	2.2	4	9.4
관행퇴비화	12	6.4	7.3	2	3.3	7.8
퇴비무시용	9.9	4.9	3.8	1.2	2.4	3.8

표 12. 텃밭 부산물로 만든 퇴비사용에 따른 20일무 생육특성 비교(2차 정식, 가을수확)

처리	지상부(잎)			지하부		
	초장(cm)	엽수(매)	엽중(g)	직경(cm)	높이(cm)	무게(g)
속성퇴비화	20.5	5.6	7.4	2.5	2.2	9
혐기퇴비화	18.5	5.1	5.8	2.2	2.1	6.8
관행퇴비화	17	4.8	5.7	2.1	2	5.9
퇴비무시용	15.8	4.7	4.6	2.1	1.9	5.6

바. 부산물 퇴비화를 위한 환경 조성 기술 개발

표 13. 퇴비화 전처리 시료에 대한 화학적 특성 조사

구분	C (%)	N (%)	유기물 (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)
처리전 시료	42.55	1.73	73.36	0.79	4.64	2.01	0.77	0.083

텃밭에서 나오는 주요작목(옥수수 등)의 부산물을 가지고 실내에서 인위적인 퇴비화를 위해 환경조성 시험을 실시하였다. 봄부터 여름까지 재배한 옥수수 등 식물체의 부산물을 잘게 자르고 $20 \times 25 \times 20\text{cm}$ 밀폐식 통에 넣고 온도, 수분조건, 공기(뒤집기)를 달리하여 퇴비화 과정을 조사하였으며, 표 13은 처리 전 혼합부산물의 성분을 분석한 결과로서 인위적인 퇴비화를 위한 환경조성 처리 후 생성된 퇴비를 분석한 결과는 표 14이다.

표 14. 퇴비화 처리후 화학적 특성 조사

온도	수분	공기	pH	EC (dS/m)	C (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	수 분 (%)	유기물 (%)
15°C	O	협기	9.13	4.01	26.31	1.92	0.96	6.84	2.09	0.83	0.11	66.01	48.24
	X	협기	8.99	3.13	36.32	2.16	1.26	8.75	3.07	1.27	0.12	81.49	69.17
	O	호기	9.13	3.46	39.02	2.60	1.26	8.79	3.26	1.26	0.11	80.04	72.70
	X	호기	9.01	3.24	39.87	2.24	1.35	7.83	3.47	1.38	0.11	79.77	72.54
25°C	O	협기	9.26	3.25	23.24	1.86	1.25	6.84	3.07	1.17	0.10	67.63	44.21
	X	협기	8.74	2.60	40.87	2.33	1.04	7.17	2.59	1.02	0.10	81.72	77.22
	O	호기	9.25	4.95	36.00	2.67	1.63	8.34	3.92	1.60	0.15	68.47	68.12
	X	호기	9.13	3.02	35.34	2.73	1.75	8.40	4.49	1.68	0.12	80.07	67.12
45°C	O	협기	9.26	6.73	36.41	2.88	1.55	8.44	3.92	1.65	0.15	55.92	68.56
	X	협기	8.71	3.22	35.16	2.09	0.86	6.50	2.57	0.94	0.092	75.46	64.97
	O	호기	9.04	7.19	36.77	2.69	1.43	8.13	3.52	1.48	0.14	62.53	69.03
	X	호기	8.90	4.48	36.28	3.21	1.63	9.34	3.93	1.64	0.13	74.37	68.67

환경조건을 달리하여 퇴비화를 유도하였으나 화학성을 분석한 결과에서는 전체적으로 산도(pH)가 8 이상으로 지나치게 높아 퇴비화 기술에 개선이 필요할 것으로 판단되었다(농업과학기술원, 2000). 각 처리별로 퇴비화된 시료와 배양토를 1:5로 혼합한 후 무종자 파종후 발아율을 조사한 결과 산도가 높았던 것과는 달리 12처리 전체에 대해 종자발아율은 93% 이상으로 매우 높았으며, 단독 퇴비시용이 아닌 토양과의 혼합으로 사

용될 경우 큰 문제가 없을 것으로 판단되었다.

표 15. 퇴비화 처리후 무종자 빌아율 조사

온도	수분	공기	빌아종자수(개)	미빌아 종자수(개)	빌아율 (%)
15°C	O	협기	47	1	97.9
	X	협기	45	3	93.8
	O	호기	46	2	95.8
	X	호기	45	3	93.8
25°C	O	협기	48	0	100.0
	X	협기	47	1	97.9
	O	호기	47	1	97.9
	X	호기	46	2	95.8
45°C	O	협기	46	2	95.8
	X	협기	45	3	93.8
	O	호기	45	3	93.8
	X	호기	45	3	93.8

사. 도시텃밭의 부산물 재활용 매뉴얼 개발

- 부산물 종류별 활용 방법, 환경조성 방법 등



<수록내용>

- 퇴비란 무엇일까?
- 퇴비와 화학비료의 차이점
- 어떤 퇴비가 텃밭에 적합할까?
- 텃밭에서 퇴비를 만들어 쓰면 좋은 점
- 퇴비 만들기에 중요한 요소들
- 퇴비 만들기

- 퇴비통의 다양한 사례
- 텃밭에서 나오는 다양한 부산물을
- 재활용이 가능한 텃밭 작물
- 텃밭 작물별 탄질비(C/N율)
- 퇴비 만들 때 사용되는 부재료
- 퇴비 만들 때 주의사항
- 궁금해요(Q&A)

그림 13. 나만의 퇴비만들기 매뉴얼 책자발간 (ISBN : 978-89-480-4304-4 93520)

도시텃밭의 부산물을 재활용할 수 있는 매뉴얼 개발로서 ‘나만의 퇴비만들기’ 매뉴얼 책자를 발간하였다(그림 13). 책자에는 퇴비란 무엇인가? 퇴비와 화학비료의 차이점 등을 일반 소시민이 쉽게 이해할 수 있도록 수록하였으며, 본 연구에서 수행한 퇴비만드는 법까지 사진과 함께 제작하였다.

또한 본과제를 수행하면서 텃밭에서 나오는 부산물을 퇴비화하기 위한 “소형 퇴비화 용기(composting container)의 개발이 필요함에 따라 그림 14와 같이 고안하여 실용신안으로 등록하였다.

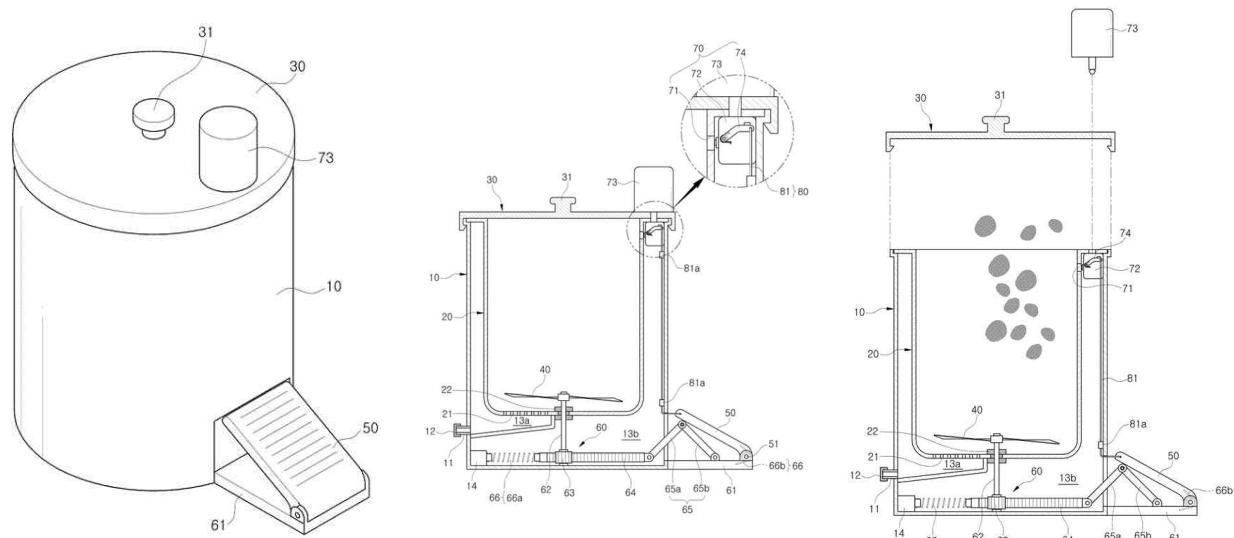


표 14. 소형 퇴비화 용기

<제2세부과제 : 도시텃밭의 토양관리 기술 및 활용 콘텐츠 개발>

제 1절 연구내용 및 방법

1. 조사지점의 선정 및 시료채취

국내 도시텃밭의 토양관리 기술을 확립하기 위하여 서울, 수원, 완주, 광주도심지에 조성된 대규모 도시텃밭을 선정하였다.

각 대상지역의 재배작물, 토양 양분관리방법 및 토양특성을 참고하여 모든 도시농업 참여자들이 공통적으로 재배하는 6개작물(상추, 감자, 고추, 토마토, 무, 배추)을 중심으로 토양의 화학성과 물리성을 분석하기 위하여 작물 재배전과 재배중 토양을 채취하여 분석하였다.

2. 토양 화학성

현장에서 채취한 토양시료건조실에서 7일 이상 풍건하여 2mm체를 통과시킨 후 화학성을 분석하였다. 토양 pH 및 EC(Electric Conductivity)는 풍건토양 5 g에 중류수 25 ml을 넣고 180 rpm에서 30분 교반 후 1시간 방치 하여 pH meter(iSTEK, CP-500L, Korea)로 측정하는 1:5 H₂O 법을 이용하여 측정하였다. 유효인산은 토양 5 g에 침출액 20 ml를 넣고 10분간 진탕한 후 No.2 여과지로 여과한 여과액을 UV-VIS spectrophotometer(SHIMADZU, UV-2600, Japan)을 사용하여 720 nm에서 흡광도를 측정하는 Lancaster법으로 분석하였다. 토양 내 총 질소 및 유기물 함량은 풍건토양 2 g을 원소분석기(Elementar, US/Vario Max CN, Germany)를 이용하여 측정하였으며, 유기물함량은 총 탄소함량에 1.724를 곱하여 계산하였다. 토양 내 치환성 양이온(Ca, K, Mg)은 풍건토양을 1N Ammonium Acetate(pH 7.0)로 침출하여 No.2 여과지로 여과한 여과액을 유도결합플라즈마(GBC, Integra XL Dual, Australia)분광계를 이용하여 측정하였다.

3. 토양 물리성

토양 물리성은 현장에서 작토층 깊이를 기준으로 표토와 심토를 구분하고 2인치 코어로 토양 시료를 채취하여 건조기에서 105°C 24시간이상 건조하여 용적밀도와 공극률, 토양수분함량을 측정였다.

4. 도시텃밭 식물상 조사

도시텃밭의 작물별 식물상이 고루 파악 될 수 있도록 대상지를 선정하여 식물의 피도를 측정하였다. 식물의 피도는 Braun-Blanquet (1964)의 방법으로 7개 등급 (r, +, 1, 2, 3, 4, 5)을 기준으로 조사하였으며 잡초조사결과는 국가표준식물목록(KNA, 2014)에 의거하여 목록을 작성하였고 분포하는 잡초의 우점순위는 중요치 분석(Curtes and Mc Intosh, 1950)으로 확인하였다.

5. 도시텃밭 설문조사 및 생태체험 프로그램

도시텃밭의 관리 및 운영 특성을 파악하고 기술수요 발굴을 위하여 도시텃밭 운영자 10곳과 도시텃밭 참여자 50인을 대상으로 설문조사를 실시하였다

제 2절 연구결과

1. 도시텃밭 현황 설문조사

도시농업 분양자와 도시농업 참여자로 구분하여 설문조사를 실시한 결과, 평균 텃밭 면적이 4평으로서 대부분의 도시텃밭이 5평 이하로 운영되고 있으며 평균텃밭 이용경력이 3.5년을 나타내 재배작물이 단조롭고 기술력이 풍부하지 못한 것으로 조사되었다. 한편 텃밭 운영자들을 대상으로 설문조사한 결과, 텃밭 수확 후 잔사 처리 비용이 년간 40만원 정도가 소요되는 것으로 파악하였다.

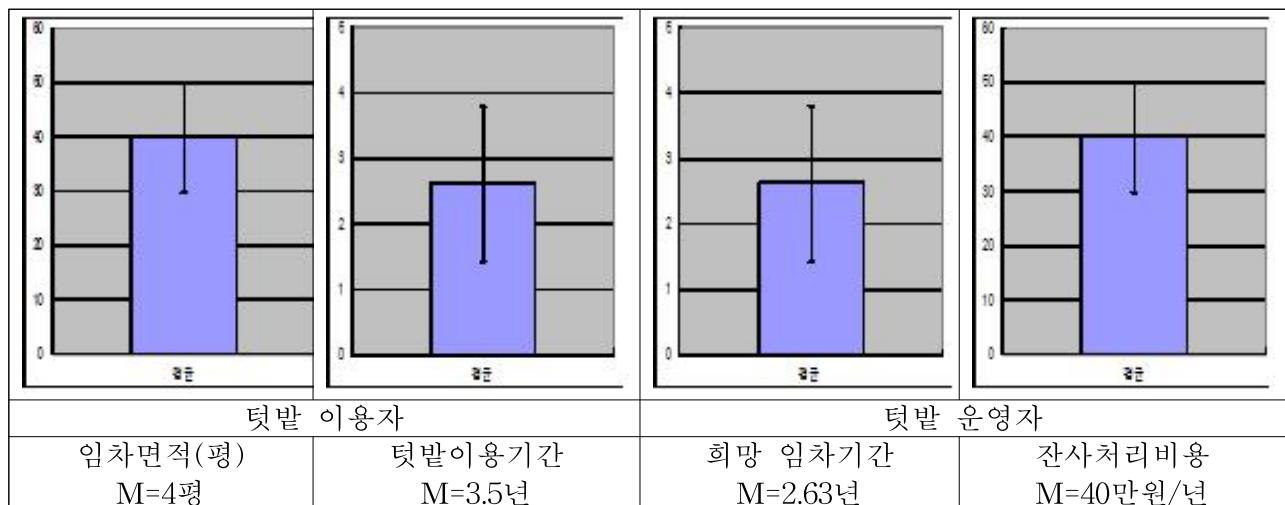


그림 2-1 선도 도시텃밭을 대상으로 활용되고 있는 재배기술 실태 조사 및 분석

2. 문헌조사를 통한 국내외 도시농업 연구사례 분석

도시텃밭에서 재배할 수 있는 작물의 특성을 구분하기 위하여 온도별 생육특성을 그룹별로 구분하여 그림 2-1에, 채소 생육형 구분과 양분흡수특성을 표 2-2 표기 하였으며 파종 및 정식 적기와 수확기 등의 재배력을 그림 2-3에 표기하였다.

표 2-1 도시 텃밭용 작물의 생육특성구분

온도	유형	분류	작물명	특 징
고온성 채소	A 그룹	과채류	백오이, 고추, 피망, 여주, 가지,	더위에 강하고 추위에 약함
		엽채류	바질, 공심채	
		근채류	고구마, 토란, 소귀나물, 생강, 참마	
		두류	완두, 동부, 작두콩	
한냉성 채소	B 그룹	과채류	호박, 오이, 수박, 멜론, 토마토, 옥수수	30°C 이상의 더위 에는 약하나 저온 에는 비교적 강함
		엽채류	아스파라가스, 독활	
		근채류	우엉,	
		두류	강낭콩, 리마콩	
한냉성 채소	C 그룹	과채류	쑥갓, 미나리, 균대, 마늘, 실파, 셀러리, 상추	D그룹보다는 다소 추위에 약함
		근채류	감자, 당근, 사탕무	
	D 그룹	과채류	딸기	추위에 강함 (잠두, 딸기, 양파 등은 월동 후 수확)
		엽채류	양배추, 배추, 브로콜리, 시금치, 양파, 파,	
		근채류	순무, 무, 와사비	
		두류	완두, 잡두	

표 2-2 채소 생육형 구분과 양분흡수특성

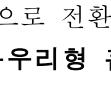
유형	채소종류	양분 흡수 패턴 (질소중심)	시비요령
I 영양 생장형	<엽채류> 시금치, 쑥갓 청경채,	영양 생장체인 잎 부분을 생육최성기에 수확함. 연속형 흡수 	<ul style="list-style-type: none"> 품질 유지 (엽색 유지) 등을 위해 비료가 부족하지 않도록 한다. 시금치는 수확기에도 5mg/100g 이상 잔존 질소가 필요
II 영양•생식 생장 동시 진행형	토마토, 가지, 오이, 파망 수박, 멜론, 호박	영양 생장 체인 줄기를 신장 하면서 생식 생장 체인 종실 의 비대·충실을 도모하며 연속으로 수확함. 연속형 흡수  언덕형 흡수 	<ul style="list-style-type: none"> 장기간 재배되고 지속적인 비효가 필요 하며 추비에 중점을 둔다. 영양 생장이 과다하면 착과가 불안정하기 쉬우며, 토마토는 토양 무기태 N을 10mg /100g 전후로 유지하면 다수확 가능. 밀거름은 영양 생장량(초기 생육)의 확보, 추비는 종실의 비대와 경엽의 신장. 영양 생장이 과다하면 착과 불안정이 되기 쉬움.
III 영양• 생식 생장 불완전 진행형	직접 결구형 간접 결구형 뿌리 비대형	<p>직접 결구형:</p> <p>양파, 마늘,</p> <p>생장점에 자극이 가장 강하게 작용하여 잎이 형성되고, 생육 상이 전환됨.</p> <p>봉우리형 흡수 </p> <p>간접 결구형:</p> <p>배추, 상추, 양배추</p> <p>외열의 생장 후 구역이 형성되어 생육상이 전환</p> <p>연속 봉우리형 흡수 </p> <p>뿌리 비대형:</p> <p>무, 순무, 당근 감자, 토란</p> <p>지상부는 중기 피크형, 지하부는 생육 양 병행형의 패턴으로, 지상부에서 양분 이행을 요구함.</p> <p>봉우리형 흡수 </p>	<ul style="list-style-type: none"> 초기 생육을 우선할 때는 밀거름에 중점을 두지만 구비대가 시작되면 추비가 필요함. 비대기의 N 부족은 비대 불량, N 과다는 잎이 무성하여 비대 불량하게 됨. 수확기에는 토양 N을 필요로 하지 않음. 양파는 구비대가 시작될 때 토양의 무기태 N이 3~5mg/100g 것이 바람직함. <ul style="list-style-type: none"> N·K의 2/3~3/4을 기비로, 나머지는 결구 전 시비하여 구의 비대 충실을 도모함. 비효는 수확기에도 필요 하지만, 너무 많아도 좋지 않음 <ul style="list-style-type: none"> 밀거름 중점으로 생육 후기에 N의 비효가 소실되어 잎이 황화 되는 것이 바람직함.
IV 영양• 생식 생장완전 진행형	옥수수, 블로콜리	영양 생장은 지엽 출현에 의해 생장으로 전환함. 봉우리형 흡수 	<ul style="list-style-type: none"> 간접 결구형 채소류처럼 거름 중점 + 추비 형의 시비법이 적당.

표 2-3 채소종류별 파종과 정식적기

파종·정식시기	봄			여름			가을			겨울		
	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月
겨울만 피함											(*한 여름은 제외)	
겨울만 피함	시금치(*), 무싹, 청경채, 순무, 콜라비, 잎상추, 쑥갓, 당근, 미나리, 대파, 파셀리, 근대										(*한 여름은 제외)	
봄												
봄	가지, 피망, 토마토, 오이, 호박, 수박, 완두콩, 바질, 고구마, 토란, 잎들깨										(*가을 파종 가능)	
봄·여름											(*가을 파종 가능)	
봄·여름	양배추(*), 감자											
봄·가을												
봄·여름·가을	부추, 파											
여름												
여름	레타스, 무											
여름·가을												
가을												
가을	방울양배추, 셀러리, 브로콜리											
여름·가을												
여름·가을	콜리플라워											
가을												
가을	크래송, 마늘											

3. 토양 화학성 및 물리성 조사

표 2-4 표토의 화학성 분석

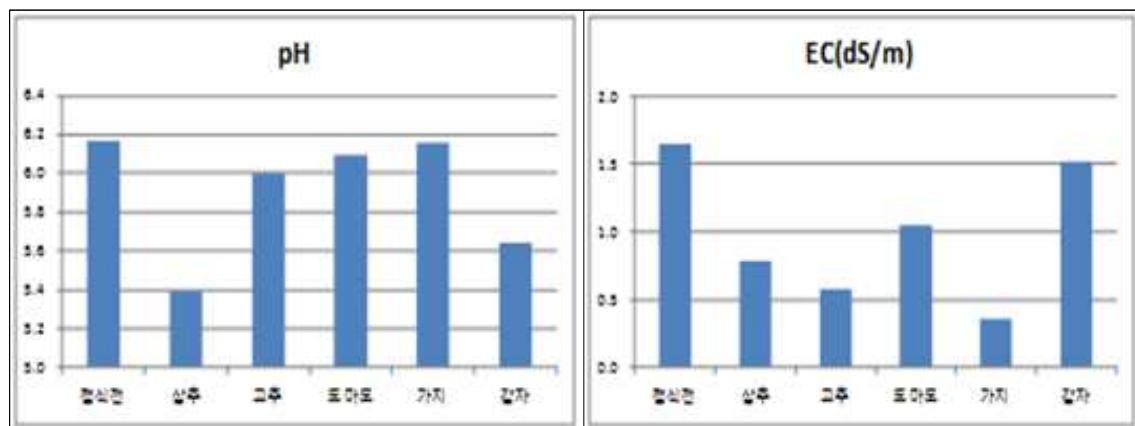
장소	작물	pH (1:5)	EC (ds/m)	O.M. (mg/kg)	C (%)	N (%)	C/N (%)	T-N (%)	유효인산 (mg/kg)	Ex.Cation(cmol+/kg)			
										K	Ca	Mg	Na
수원	열무(배추)	6.90	0.11	24.5	1.42	0.13	10.7	0.13	401.2	0.32	2.11	0.54	0.02
수원	상추	6.49	0.04	21.7	1.26	0.10	12.1	0.10	361.5	0.24	1.41	0.60	0.02
수원	토마토	5.93	0.19	21.8	1.27	0.10	12.3	0.10	149.7	0.37	1.54	0.67	0.04
수원	감자	6.12	0.29	27.7	1.60	0.17	9.7	0.17	112.6	0.28	2.23	0.57	0.06
수원	고추	6.05	0.18	23.8	1.38	0.15	9.0	0.15	275.5	0.37	1.72	0.40	0.01
광주	열무(배추)	6.98	0.09	26.0	1.51	0.11	13.4	0.11	537.1	0.44	1.37	0.53	0.03
광주	상추	6.36	0.23	22.0	1.28	0.10	13.1	0.10	186.8	0.40	1.33	0.51	0.06
광주	토마토	6.79	0.11	23.4	1.36	0.10	13.6	0.10	312.4	0.37	1.30	0.53	0.04
광주	감자	6.73	0.31	23.5	1.36	0.10	13.4	0.10	200.6	0.45	1.62	0.63	0.14
광주	고추	6.37	0.29	3.04	1.76	0.15	11.5	0.15	212.4	0.47	1.73	0.62	0.04
서울	열무(배추)	8.27	0.13	17.9	1.04	0.06	18.5	0.06	267.1	0.06	4.67	0.29	0.08
서울	상추	8.46	0.08	24.6	1.43	0.09	16.0	0.09	168.7	0.09	4.37	0.29	0.05
서울	토마토	8.55	0.08	12.9	0.75	0.04	21.1	0.04	145.7	0.05	2.54	0.26	0.06
서울	감자	8.78	0.09	14.3	0.83	0.05	17.0	0.05	172.9	0.08	4.42	0.27	0.05
서울	고추	8.64	0.11	24.2	1.40	0.07	19.8	0.07	281.1	0.06	4.87	0.31	0.11

수원과 광주는 도시텃밭으로 운영하기 전부터 작물을 재배하던 곳을 도시텃밭으로 분양하던 곳으로 pH가 6.2~6.9를 나타낸 반면 서울의 노들텃밭은 8.2~8.8를 나타내어 작물 재배를 위한 적정산도보다 높은 알칼리 토양의 특성을 나타내었다. 이는 다른 지역의 텃밭과 달리 유휴지를 텃밭으로 조성과정에 반입된 토양으로 인한 것으로 사료되며 알칼리성의 토양개량제를 시비할 경우 오히려 양분 유실등 작물에 장해를 초래할 수 있으므로 주의가 필요하다. 유기물 및 유효인산 함량 등은 적정범위 이내로 존재하나 전반적으로 일반 농경지보다는 낮은 범위를 나타내었다. 이는 텃밭 이용자들이 화학비료를 전혀 사용하지 않고 퇴비 등 친환경 농자재만 이용하는 특성이 반영되어 나타난 결과로 판단된다.

표 2-5 심토의 화학성 분석

장소	작물	pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M. (mg/kg)	C (%)	N (%)	C/N (%)	T-N (%)	유효인산 (mg/kg)	Ex.Cation(cmol+/kg)			
										K	Ca	Mg	Na
수원	열무(배추)	6.82	0.08	23.5	1.36	0.12	10.9	0.12	216.2	0.31	1.80	0.50	0.02
수원	상추	6.65	0.04	24.8	1.44	0.11	13.5	0.11	327.8	0.29	1.53	0.64	0.02
수원	토마토	5.56	0.26	19.8	1.15	0.11	10.6	0.11	202.2	0.32	1.48	0.65	0.06
수원	감자	6.43	0.33	29.7	1.72	0.19	9.2	0.19	103.0	0.31	2.44	0.66	0.10
수원	고추	5.97	0.35	24.3	1.41	0.16	8.7	0.16	315.6	0.38	2.08	0.56	0.04
광주	열무(배추)	6.92	0.10	25.4	1.47	0.10	14.2	0.10	455.5	0.41	1.46	0.54	0.04
광주	상추	6.65	0.16	24.3	1.41	0.11	12.7	0.11	183.1	0.36	1.37	0.51	0.05
광주	토마토	6.80	0.11	22.8	1.32	0.10	13.9	0.10	202.3	0.45	1.31	0.56	0.04
광주	감자	6.82	0.30	25.9	1.50	0.10	15.0	0.10	214.8	0.42	1.78	0.69	0.13
광주	고추	6.47	0.31	29.9	1.73	0.15	11.6	0.15	249.7	0.52	1.82	0.65	0.05
서울	열무(배추)	8.03	0.24	19.2	1.11	0.08	14.3	0.08	268.2	0.07	5.13	0.28	0.07
서울	상추	8.52	0.12	23.6	1.37	0.09	15.1	0.09	171.8	0.06	4.27	0.28	0.07
서울	토마토	8.37	0.10	14.7	0.86	0.04	22.6	0.04	155.5	0.05	2.62	0.27	0.08
서울	감자	8.50	0.14	16.2	0.94	0.05	17.9	0.05	201.4	0.06	4.63	0.26	0.06
서울	고추	8.40	0.15	22.6	1.31	0.07	17.8	0.07	281.1	0.06	4.94	0.30	0.11

EC와 유기물 함량은 표토와 비슷한 경향을 나타내나 pH와 유효인산 함량은 표토와 비교하여 심토에서 낮은 경향을 보였다. 이것은 유기물 투입이 이루어져 질소는 강우시 수분과 함께 하층으로 이동이 일어나나 인산은 이동이 되지 않는 특성을 반영한 것으로 사료된다.



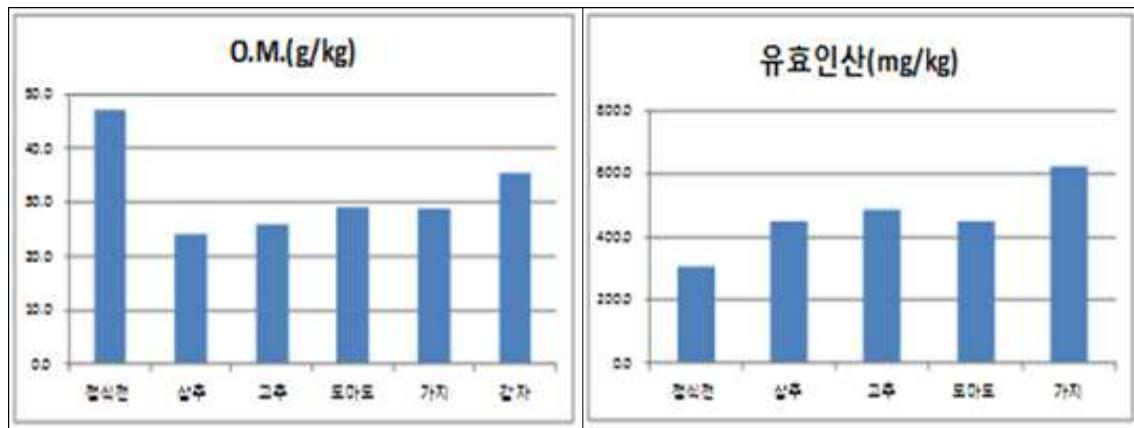


그림 2-2 도시텃밭(서울 상일)의 토양 이화학성 (2016)

2016년도에 서울텃밭의 조사지점을 노들텃밭에서 강동구 상일동 텃밭으로 변경하여 조사한 결과, pH는 5.2~6.18로 일반 농경지의 정상적인 범위를 보였다. 이는 노들 텃밭이 외부 토양을 반입하여 텃밭을 조성한 결과가 반영되었기 때문으로 사료된다.

토양 화학성은 작물별로 차이를 보여 소규모로 경작하여 생육상황별로 양분 투입을 달리하는 도시 텃밭의 특성이 반영되었다.

4. 토양물리성

표 2-6 표토의 토양 3상 분석

작목	습토	건토	용적밀도 ($Mg m^{-3}$)	공극률 (%)	중량수분함량 (%)	고상 %	액상 %	기상 %
열무(배추)	143.7	132.2	1.32	50.1	8.7	49.9	11.5	38.6
상추	144.9	128.6	1.29	45.1	5.7	48.5	7.3	44.2
토마토	134.5	125.3	1.25	52.7	7.3	47.3	9.2	43.5
감자	136.8	119.3	1.19	55.0	14.7	45.0	17.5	37.5
고추	146.4	135.1	1.35	49.0	8.4	51.0	11.3	37.7

표 2-7 심토의 토양 3상 분석

작목	습토	건토	용적밀도 ($Mg m^{-3}$)	공극률 (%)	중량수분함량 (%)	고상 %	액상 %	기상 %
열무(배추)	141.0	126.9	1.27	52.1	11.1	47.9	14.1	38.0
상추	153.8	145.5	1.46	51.5	12.7	54.9	18.4	26.7
토마토	156.0	133.5	1.33	49.6	16.9	50.4	22.5	27.1
감자	149.7	128.0	1.28	51.7	16.9	48.3	21.7	30.0
고추	143.1	126.8	1.27	52.2	12.9	47.8	16.3	35.9

토양의 용적밀도와 공극률을 측정한 결과, 표토평균은 1.28 Mg/m^3 , 심토에서는 1.32 Mg/m^3 로 일반 밭 토양의 $1.0\sim1.3 \text{ Mg/m}^3$ 범위보다 다소 높은 경향을 나타냈다. 일반적으로 유기물함량이 높을수록 용적밀도가 낮아지고 1.6 Mg/m^3 이상이면 식물 뿌리의 신장이 장애를 받기 때문에 용적밀도를 낮게 유지해야 작물의 생산성을 높일 수 있으며 유기물시용 등에 의해 토양 물리성이 개선된다는 보고(조, 2007)가 되어 있어 유기물을 사용하여 개선할 필요가 있을것으로 판단되었다.

공극율은 토양 중 물과 공기가 차지하는 비율로 통기성, 투수성, 보수성 및 작물 뿌리신장과 관련하여 중요하며 도시텃밭 조사토양의 표토 50.4 %, 심토에서는 51.4 %로 일반 밭토양의 50%와 유사한 경향을 나타내고 있었다.

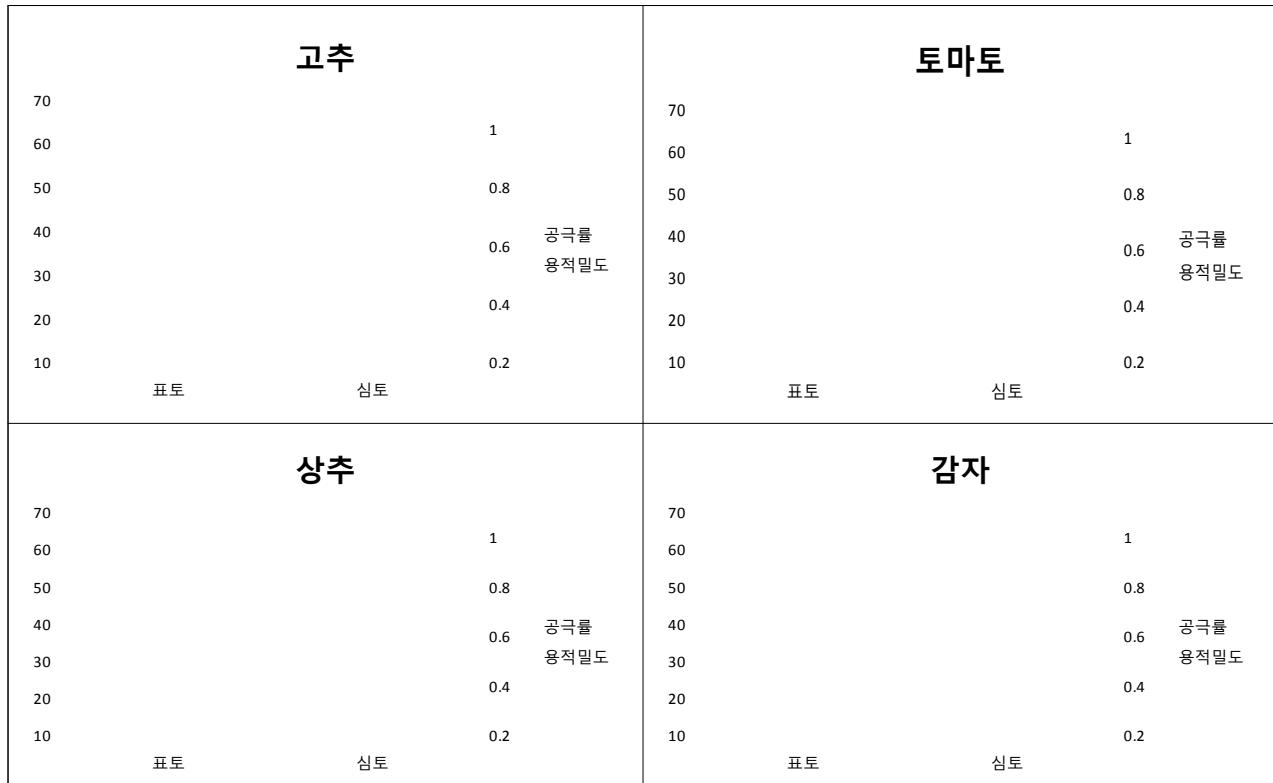


그림 2-3 도시텃밭(서울 상일)의 작물별 토양 물리성(2016)

용적밀도는 토양의 물리적인 상태를 짐작해 볼 수 있는 중요한 성질로 용적밀도가 큰 토양은 투수성이 좋지 않고 식물의 뿌리가 잘 자라지 못한 반면 용적밀도가 작은 토양은 투수성이 좋고 식물의 뿌리가 잘 자란다.

상일 텃밭의 고추, 토마토, 상추, 감자 재배토양의 용적밀도는 $1.01\sim1.17$ 였고, 표토 평균은 1.09 Mg/m^3 , 심토 평균은 1.10 Mg/m^3 로 매우 양호하였다. 동일한 토양에서도 일반적으로 표토는 심토에 비하여 유기물의 함량이 많기 때문에 입자밀도 작아지는 것으로 알려져 있다.

또한, 공극율이 높고 유기물 함량이 높아 부식함량이 많은 토양에서는 용적 밀도가 $1.1\sim1.3 \text{ Mg/m}^3$ 범위로 존재하며 입단형성이 잘 된다고 보고되었다.

5. 재배유형별 잡초 및 병해충 조사

도시텃밭에서 발생하는 병해충을 조사하기 쉽도록 텃밭에서 가장 많이 재배되는 작물을 상추, 감자, 고추, 토마토, 무, 배추 등 6가지로 선정하였다

각 작물별로 일반적으로 발생빈도가 높은 해충을 5가지씩 선정하였다.(그림2-5, 2-6)

작물	주요충해				
상추					
	거세미나방	진딧물류	달팽이류	꽃노랑총채벌	진딧물류
감자					
	감자뿔나방	오이총채벌레	거세미나방	28점무당벌레	아메리카잎굴파리
고추					
	담배나방	진딧물류	총채벌레	노린재류	꽈밤나방
토마토					
	담배거세미나방	아메리카잎굴파리	가루이루	진딧물류	총채벌레
무					
	무잎벌레	배추좀나방	진딧물	도둑나방	배추흰나비
배추					
	벼룩잎벌레	귀뚜라미	도둑나방	배추좀나방	배추흰나비

그림 2-4 도시텃밭 재배작물별 발생되는 주요해충

수원 당수동 도시텃밭 포장에서 2015년 7월에 각 작물별로 10~20주에 발생한 해충을 조사한 결과, 모든 작물에서 진딧물이 발생하였으며 고추에서 2.0마리로 가장 많이 발생하였다. 총채벌레는 토마토, 감자, 배추에서 발생하였으나 모두 주당 0.1마리로 아주 낮은 빈도였으며, 배추에서는 벼룩잎벌레, 배추흰나비, 배추좀나방 등이 발생하였다.

표 2-8 작물별 해충 발생량조사 (수원)

(마리/주)

작목	진딧물	총채 벌레	잎옹애	벼룩 잎벌레	28점 무당벌레	배추 흰나비알	배추 좀나방	담배 나방
고추	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
토마토	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
감자	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
상추	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
배추	0.4	0.1	0.0	0.5	0.0	0.2	0.1	0.0

- 병

작물	주요 병해				
상추					
	밑동썩음병	잿빛곰팡이병	흰가루병	균핵병	갈색무늬병
감자					
	잎말림바이러스	풋마름병	무름병	더뎅이병	역병
고추					
	역병	단저병	세균성접무늬병	흰가루병(시설)	시들음병
토마토					
	흰가루병	잎곰팡이병	잿빛곰팡이병	풋마름병	시들음병
무					
	무름병	검은무늬병	시들음병	바이러스병	노균병
배추					
	무름병	노균병	흰가루병	뿌리혹병	검은무늬병

그림 2-5 도시텃밭 재배작물별 발생되는 주요병해

표 2-9 작물별 해충 발생량조사 (2016 광주)

구분	종류	고추	가지	토마토	상추	감자	들깨
해충	진딧물류			82/20엽			
	노린재	알	26	53		20	
		성충 약충	45	19		7	
	(애)매미충		67				5
	28점 무당벌레		4				
	가루이			6/20엽			
	기타 나방류					자나방(1)	잎말이명나방(3)
피해	달팽이	1	1				
	담배나방	17					
	굴파리			약간			
천적	총채벌레류				일부		
	무당벌레(천적)	1					
	거미	2	5	2			1
주요 병해	풀잠자리						
						점무늬병	

텃밭에 재배 개체가 적은 가지는 10주를 조사하였고 나머지 작물은 20주에서 발생되는 해충을 조사한 결과, 노린재류가 고추, 가지, 상추에서 발생하여 가장 많은 피해를 주고 있었으며 토마토에서는 진딧물과 가루이류 피해가 많았다.

한편, 무당벌레와 거미와 같은 천적 곤충도 함께 서식하고 있는 것이 관찰되었다.

표 2-10 작물별 해충 발생량조사 (2016 서울상일)

구분	종류	고추	들깨	토마토	가지	상추	여름배추	무
해충	진딧물류	3						
	잎벌레						3	3
	노린재(성충, 약충)				2		5	
	(애)매미충				6			
	28점 무당벌레				3			
	배추좀나방							1
	가루이				2			
	선녀벌레		22	4	109			
	잎말이명나방류		2					
피해	잎벌레							8
	담배나방(+무름병)	3						
천적	거미				4	5		
주요 병해		더뎅이병	노란반점					

텃밭에 재배 개체가 적은 가지는 5주만을 선정하여 발생되는 해충을 조사하였고 고추, 토마토와 들깨는 10주를 선정하여 조사하였으며, 개체수가 충분한 배추와 무는 20주에서 발생되는 해충을 조사하였다.

선녀벌레가 가지, 들깨, 토마토에서 발생하였으며 가지가 가장 많은 해충에 노출된 반면 상추는 전혀 충해가 발생하지 않았고 고추와 들깨에서 더뎅이병과 노란반점의 피해가 나타났다.

표 2-11 작물별 해충 발생량조사 (2016 수원)

구분	종류	상추	토마토	고추	가지	배추	무
해충	잎벌레					3	2
	노린재(성충, 약충)				1	18	8
	(애)매미충				1		
	28점무당벌레		5		16		
	담배거세미						1
	선녀벌레				2		
피해	잎벌레					2	1
	담배거세미		5				
	담배나방(+무름병)			2			
주요병해				탄저병 심함			

재배 개체가 적은 가지는 5주, 토마토는 10주를 조사하였고 개체수가 충분한 상추, 고추, 배추, 무 등의 나머지 작물은 20주를 선정하여 발생되는 해충을 조사하였다.

가지와 무에서 가장 많은 해충이 발생되었고 상추에서는 충이 발생하지 않았으며 다른 지역 보다 비교적 충해 발생량이 적은반면 천적도 발견되지 않았고 고추에서 탄저병이 심하게 나타났다

6. 도시텃밭의 식물상 조사

도시텃밭의 식물상을 2015년도에는 서울(노들), 수원, 완주에서 조사하였으며, 2016년도에는 서울(노들, 상일), 수원, 광주의 4개 지점에서 식물의 피도를 측정하였다. 식물의 피도는 Braun-Blanquet (1964)의 방법으로 7개 등급 (r , +, 1, 2, 3, 4, 5)을 기준으로 조사하였다. 피도 조사 시 식물의 충간을 고려하여 작은 키 잡초와 큰 키 잡초 모두 기록 될 수 있도록 하였다. 잡초 조사결과는 국가 표준 식물 목록(KNA, 2014)에 의거하여 목록을 작성하였다 출현한 잡초는 Raunkiaer (1934)의 생활형을 기준으로 일년생과 다년생을 구분하였다.

분포하는 잡초의 우점순위는 중요치 분석(Curtes and Mc Intosh, 1950)으로 확인하였다

가. 2015년도 식물상 조사

표 2-12 2015년 수원 덧밭에 분포하는 잡초의 작물별 우점도

종 명	고구마	고추	무	배추	상추	토마토
가는털비름	4.7	6.0		1.7	3.6	2.8
가을강아지풀	2.4	2.9			3.6	2.8
개갓냉이	2.4					
개망초	2.4	2.9	9.5		1.9	5.7
개비름	2.4	2.9			3.6	
개여뀌					3.6	2.8
까마중	7.7			1.7	3.6	
깨풀	9.4	11.5	9.5		9.2	12.5
닭의장풀	2.4	5.7			9.2	11.2
돌소리쟁이	1.5					
돌콩					3.6	4.1
돌피	16.3	12.2	20.0	19.7	1.6	11.2
망초		2.9	9.5			2.8
메꽃	2.4	9.4		19.7	3.6	
미국가막사리						2.8
바랭이	1.5	27.4	23.6		11.9	15.2
박주가리				19.7		
별꽃아재비	2.4	2.9				
뽀리뱅이	2.4					
서양민들레					3.8	
석류풀		2.0				
소리쟁이					6.1	
속속이풀	2.4				6.1	4.5
쇠비름	12.9	8.6	20.0		7.6	8.7
쑥					3.6	2.8
좀명아주	2.4				3.6	1.7
주름잎	2.4					2.8
중대가리풀	7.7				6.1	2.8
털별꽃아재비	2.4					
토끼풀		2.9				
한련초	2.4					
환삼덩굴				19.7		2.8
흰명아주			9.5			

당수동 도시텃밭의 작물별 우점잡초는 고구마 재배지에서는 돌피, 쇠비름, 깨풀, 까마중, 가는털비름, 고추는 바랭이, 돌피, 깨풀, 메꽃, 쇠비름, 무는 바랭이, 돌피, 쇠비름, 개망초, 깨풀, 배추는 돌피, 메꼬츠 박주가리, 환삼덩굴, 가는털비름, 상추는 바랭이, 돌피, 깨풀, 닭의장풀, 쇠비름, 토마토는 바랭이, 깨풀, 닭의장풀, 돌피, 쇠비름 순으로 나타났다.

한편, 무와 배추는 다른 작물과 비교하여 발생 잡초종이 비교적 단순하게 나타났다.

표 2-13. 2015년 서울(노들) 텃밭에 분포하는 잡초의 작물별 우점도

종 명	고구마	고추	무	배추	상추	토마토
가을강아지풀			8.8			
강아지풀	5.4	4.8				2.6
개갓냉이	2.7					
개똥쑥						2.6
개망초			6.2		4.8	2.6
개비름	3.8					2.6
개쑥갓		2.5				
개질경이	2.7					
괭이눈		2.5				
괭이밥	3.8				4.8	2.6
그령			6.2			2.6
돌나물					4.8	
돌피	5.4	5.8	6.2	19.6	6.6	2.6
미국나팔꽃			8.8			
바랭이	22.6	16.7	21.1	41.7	16.3	33.2
방가지똥	2.7	1.7				
비노리					1.2	2.6
사데풀					4.8	
서양민들레	2.7	2.5				
소리쟁이		2.5				
속속이풀	2.7					
쇠비름	18.6	2.6	6.2		16.3	16.5
애기땅빈대						3.5
왕바랭이	1.4	19.5	18.8	19.6	26.6	15.6
이고들빼기	2.7	4.6				
좀개갓냉이	2.7	2.5				2.6
좀명아주	2.7					
질경이	2.7				4.8	2.6
취명아주	2.7	4.8	6.2			
코스모스	2.7					
큰방가지똥			6.2			
털별꽃아재비		3.3	6.2			2.6
토끼풀						2.6
한련초		7.2		19.6		

노들텃밭의 우점잡초는 고구마 재배구에서 바랭이, 쇠비름, 강아지풀, 개비름, 괭이밥이 고추 구에서는 왕바랭이, 바랭이, 한련초, 돌피, 강아지풀, 무는 바랭이, 왕바랭이, 가을강아지풀, 미국나팔꽃, 개망초, 배추는 바랭이, 돌피, 왕바랭이, 한련초, 상추는 왕바랭이, 바랭이, 쇠비름, 돌피, 토마토는 바랭이, 쇠비름, 왕바랭이, 애기땅빈대의 순으로 나타났다.

표 2-14. 2015년 완주군 텃밭에 분포하는 잡초의 작물별 우점도

종명	가지	고구마	고추	상추	생강
가막사리	2.5		3.1	3.4	
가을강아지풀	3.6	3.5			
개갓냉이			2.1		
개망초	2.5	1.5	2.1	5.8	
개비름	3.6				
개쑥갓	2.5	1.5	0.9		5.1
개여뀌	3.6				
괭이밥			1.3	3.4	
금강아지풀		1.3			
금방동사니	5.0	2.6	3.9		8.4
까마중	7.1				
달맞이꽃				3.4	
닭의장풀			2.1		
돌나물			0.9		
돌콩	2.5				
돌피	16.7	18.6	8.6	8.6	7.5
돼지풀	7.1	6.1			
망초		5.7	1.8		
물피		1.5			
미국가막사리	2.5	12.5	6.2	6.8	5.1
미국나팔꽃	3.6				
미국외풀	5.0	6.1	8.3	9.1	5.1
바람하늘지기	3.6	1.5	0.9		
바랭이	1.0	13.1	2.9	22.9	18.6
박주가리	7.1				
방가지똥			2.1		1.2
밭뚝외풀		1.5	3.9	4.7	
사마귀풀			1.3		
속속이풀		1.5	2.6		
쇠비름	2.5	1.3	1.3	3.4	
쑥	3.6				
여뀌바늘	2.5	8.2	3.1	7.3	17.7
왕고들빼기	3.6	1.5	1.3	3.4	
자귀풀		5.1	6.4	2.4	5.1
주름잎			1.3	6.8	
중대가리풀		1.5	7.0	6.8	
한련초		5.2	5.1	7.3	17.2
황새냉이			2.1		

가지재배지에서는 돌피, 바랭이, 까마중, 돼지풀, 박주가리, 미국외풀, 고구마는 돌피, 바랭이, 미국가막사리, 여뀌바늘, 돼지풀, 고추는 돌피, 미국외풀, 중대가리풀, 자귀풀, 미국가막사리, 상추재배구에서는 바랭이, 미국외풀, 돌피, 여뀌바늘, 한련초. 생강은 바랭이, 여뀌바늘, 한련

초, 금방동사니 돌피 순으로 나타났다.

나. 텃밭별 잡초 출현종의 과별 조성(2015)

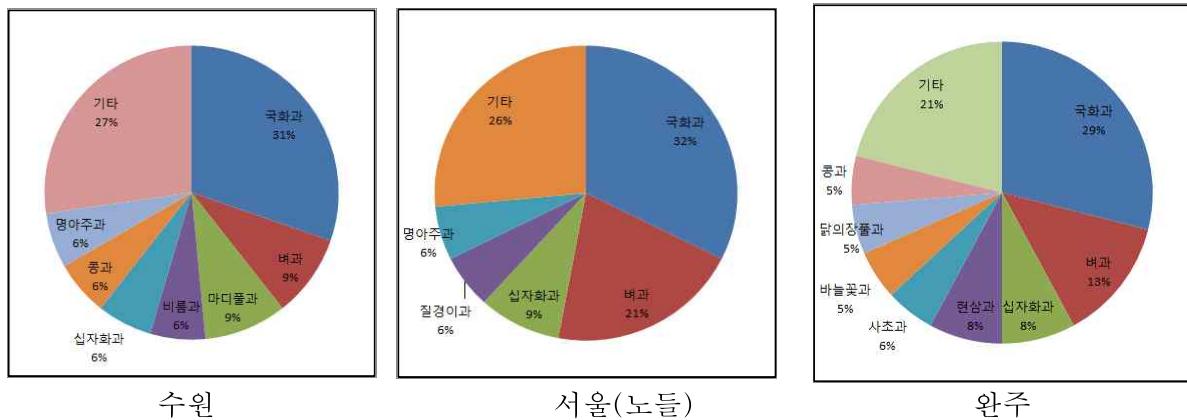


그림 2-6 지역별 텃밭에 분포하는 잡초의 과별 조성

지역별 텃밭에 분포하는 잡초의 과별 조성을 살펴보면, 2015년도에는 당수동 16과 33종 노들섬 14과 34종 완주 16과 38종으로 확인되어 완주군의 텃밭에서 가장 많은 종이 확인되었다

당수동의 도시텃밭에서는 국화과, 벼과, 마디풀과, 비름과, 십자화과, 노들섬은 국화과, 벼과, 십자화과, 질경이과, 명아주과로, 완주는 국화과 벼과 십자화과 현삼과, 사초과의 순으로 나타났다.

다. 2016년도 식물상 조사

표 2-15. 2016년 수원 텃밭에 분포하는 잡초의 작물별 우점도

종명	가지	고구마	고추	들깨	상추	토마토
바랭이	16.9	16.6	17.8	45.6	22.2	18.2
돌피	12.3	12	10.3	16.9	11.1	12
강아지풀	0	6.02	3.88	0	0	0
쇠비름	9.31	4.26	5.13	8.43	22.2	14.1
가는털비름	0	8.52	0	0	0	3.35
금강아지풀	0	4.26	0	0	0	4.99
가을강아지풀	3.9	4.26	5.13	14.6	11.1	14.1
개망초	9.31	8.52	3.88	8.43	11.1	4.99
돌콩	0	8.52	0	0	0	0
나도개피	0	0	3.88	0	0	0
참방동사니	0	0	3.88	0	0	0

쑥	0	4.26	3.88	0	0	4.99
속속이풀	3.9	0	3.88	0	0	0
깨풀	0	0	3.88	0	0	0
석류풀	9.31	0	12.6	0	11.1	9.98
한련초	3.9	0	6.38	0	0	0
큰개불알풀	0	0	3.88	0	0	0
가막사리	3.9	0	3.88	0	0	0
털별꽃아재비	0	0	3.88	6.13	0	3.35
쥐깨풀	0	0	3.88	0	0	0
닭의장풀	0	2.85	0	0	0	0
다닥냉이	0	4.26	0	0	0	0
개여뀌	0	2.85	0	0	0	0
토끼풀	3.9	4.26	0	0	11.1	0
망초	3.9	4.26	0	0	0	4.99
흰명아주	0	4.26	0	0	0	0
주름잎	7.79	0	0	0	0	0
메꽃	0	0	0	0	0	4.99
밭뚝외풀	3.9	0	0	0	0	0
중대가리풀	3.9	0	0	0	0	0
질경이	3.9	0	0	0	0	0

작물별 우점잡초는 가지의 경우 바랭이, 돌피, 쇠비름, 개망초, 석류풀 고구마는 바랭이, 돌피, 가는털비름, 개망초, 돌콩, 고추는 바랭이, 석류풀, 한련초, 쇠비름, 가을강아지풀, 들깨는 바랭이, 돌피, 가을강아지풀, 쇠비름, 개망초, 상추는 바랭이, 쇠비름, 돌피, 가을강아지풀, 개망초, 토마토는 바랭이, 쇠비름, 가을강아지풀, 돌피, 석류풀 순으로 나타났다.

표 2-16. 2016년 서울(노들) 텃밭에 분포하는 잡초의 작물별 우점도

종명	가지	고구마	고추	들깨	무	배추	상추	토마토
바랭이	6.34	20.3	16	9.93	12.5	0	31.5	9.55
돌피	6.34	6.05	12.9	6.62	12.5	16.7	6.23	11.8
강아지풀	0	0	6.46	8.27	0	0	6.23	0
쇠비름	12.7	12.1	12.9	6.62	12.5	33.3	12.5	9.55
가을강아지풀	0	0	0	3.31	0	0	0	0
개망초	0	6.05	0	0	0	0	0	0
참방동사니	0	0	0	0	0	0	0	4.77
속속이풀	0	0	0	0	0	0	0	4.77

한련초	6.34	6.05	6.46	3.31	0	0	6.23	4.77
털별꽃아재비	30.1	8.77	6.46	8.27	0	0	6.23	4.77
망초	0	0	0	3.31	0	0	12.5	0
흰명아주	0	0	0	3.31	0	0	0	0
주름잎	0	0	0	3.31	0	0	0	0
메꽃	0	8.77	0	0	0	0	0	0
중대가리풀	0	0	0	0	0	0	0	4.77
질경이	0	0	0	0	0	0	0	4.77
괭이밥	6.34	0	0	0	0	0	0	0
개비름	0	6.05	6.46	3.31	0	0	0	0
왕바랭이	19.2	6.05	12.9	6.62	12.5	16.7	6.23	4.77
미국까마중	0	0	0	0	0	0	6.23	0
금방동사니	6.34	6.05	0	6.62	0	16.7	0	11.8
까마중	0	3.88	0	0	12.5	0	0	0
취명아주	0	0	0	5.31	0	0	0	0
그령	0	3.88	0	3.31	0	0	0	0
방가지똥	0	0	12.9	3.31	12.5	0	0	9.55
개쑥갓	6.34	0	6.46	3.31	12.5	0	0	0
좀명아주	0	6.05	0	3.31	0	0	0	0
애기땅빈대	0	0	0	0	12.5	0	0	4.77
알방동사니	0	0	0	0	0	16.7	0	4.77
짚신나물	0	0	0	3.31	0	0	0	4.77
큰방가지똥	0	0	0	3.31	0	0	0	0

가지의 경우 털별꽃아재비, 왕바랭이, 쇠비름, 바랭이, 돌피 고구마는 바랭이, 쇠비름, 털별꽃아재비, 메꽃, 돌피, 고추는 바랭이, 돌피, 쇠비름, 왕바랭이, 방가지똥, 들깨는 바랭이, 강아지풀, 털별꽃아재비, 돌피, 쇠비름, 무는 바랭이, 돌피, 쇠비름, 왕바랭이, 까마중, 배추는 쇠비름, 돌피, 왕바랭이, 금방동사니, 알방동사니, 상추는 바랭이, 쇠비름, 망초, 돌피, 강아지풀, 토마토는 돌피, 금방동사니, 바랭이, 쇠비름, 방가지똥 순으로 확인되었다.

표 2-17. 2016년 서울(상일) 텃밭에 분포하는 잡초의 작물별 우점도

종명	가지	고구마	고추	들깨	무	배추	상추	토마토
바랭이	6.34	20.3	16	9.93	12.5	0	31.5	9.55
돌피	6.34	6.05	12.9	6.62	12.5	16.7	6.23	11.8
강아지풀	0	0	6.46	8.27	0	0	6.23	0
쇠비름	12.7	12.1	12.9	6.62	12.5	33.3	12.5	9.55

가을강아지풀	0	0	0	3.31	0	0	0	0
개망초	0	6.05	0	0	0	0	0	0
참방동사니	0	0	0	0	0	0	0	4.77
속속이풀	0	0	0	0	0	0	0	4.77
한련초	6.34	6.05	6.46	3.31	0	0	6.23	4.77
털별꽃아재비	30.1	8.77	6.46	8.27	0	0	6.23	4.77
망초	0	0	0	3.31	0	0	12.5	0
흰명아주	0	0	0	3.31	0	0	0	0
주름잎	0	0	0	3.31	0	0	0	0
매꽃	0	8.77	0	0	0	0	0	0
중대가리풀	0	0	0	0	0	0	0	4.77
질경이	0	0	0	0	0	0	0	4.77
괭이밥	6.34	0	0	0	0	0	0	0
개비름	0	6.05	6.46	3.31	0	0	0	0
왕바랭이	19.2	6.05	12.9	6.62	12.5	16.7	6.23	4.77
미국까마중	0	0	0	0	0	0	6.23	0
금방동사니	6.34	6.05	0	6.62	0	16.7	0	11.8
까마중	0	3.88	0	0	12.5	0	0	0
취명아주	0	0	0	5.31	0	0	0	0
그령	0	3.88	0	3.31	0	0	0	0
방가지똥	0	0	12.9	3.31	12.5	0	0	9.55
개쑥갓	6.34	0	6.46	3.31	12.5	0	0	0
줌명아주	0	6.05	0	3.31	0	0	0	0
애기땅빈대	0	0	0	0	12.5	0	0	4.77
알방동사니	0	0	0	0	0	16.7	0	4.77
짚신나물	0	0	0	3.31	0	0	0	4.77
큰방가지똥	0	0	0	3.31	0	0	0	0
털쇠무릎	0	0	0	0	0	0	6.23	0
미국가막사리	0	0	0	2	0	0	0	0

작물별 우점잡초는 가지의 경우 개비름, 털별꽃아재비, 바랭이, 돌피, 쇠비름, 고구마는 쇠비름, 중대가리풀, 바랭이, 돌피, 개비름, 고추는 개비름, 바랭이, 돌피, 괭이밥, 왕바랭이, 들깨는 왕바랭이, 쇠비름, 개비름, 돌피, 괭이밥, 무는 쇠비름, 바랭이, 개비름, 털별꽃아재비, 닭의장풀, 배추는 쇠비름, 돌피, 개비름, 중대가리풀, 털별꽃아재비, 상추는 쇠비름, 중대가리풀, 바랭이, 돌피, 한련초, 토마토는 왕바랭이, 돌피, 강아지풀, 중대가리풀, 참방동사니 순으로 나타났다.

표 2-18. 2016년 광주 텃밭에 분포하는 잡초의 작물별 우점도

번호	고구마	고추	대파	들깨	땅콩	배추	상추	생강	콩	토마토
바랭이	6.75	14.3	18.8	15.4	33.3	50	15.6	22.8	29.5	16.4
돌피	8.51	16	18.8	10.4	33.3	0	0	7.97	24.3	11.1
강아지풀	1.97	0	0	2.53	0	0	0	0	0	0
쇠비름	6.75	10.8	43.8	5.06	33.3	0	10.6	14.9	9.94	5.57
가는털비름	0	4.11	0	0	0	0	0	0	0	0
가을강아지풀	0	0	0	2.53	0	0	0	0	0	0
개망초	1.97	4.11	0	2.53	0	0	0	14.9	9.94	5.57
쑥	0	0	0	5.06	0	0	0	0	0	0
석류풀	3.37	0	0	7.18	0	0	0	0	0	0
한련초	6.75	2.56	0	5.06	0	0	0	0	9.94	0
망초	10.1	0	0	7.59	0	0	0	0	0	0
주름잎	5.34	0	0	3.59	0	0	10.6	7.97	0	11.1
밭뚝외풀	3.37	0	0	0	0	0	10.6	0	0	0
중대가리풀	5.13	6.67	0	5.06	0	0	10.6	7.97	0	5.57
질경이	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0
괭이밥	5.34	8.22	0	5.06	0	0	10.6	23.5	0	5.57
개비름	0	0	0	2.53	0	0	0	0	0	0
왕바랭이	8.51	8.22	0	3.59	0	0	0	0	0	5.57
미국까마중	3.37	0	0	0	0	0	10.6	0	0	5.57
금방동사니	6.75	2.56	18.8	5.06	0	0	0	0	0	11.1
그령	1.97	0	0	0	0	0	0	0	0	5.57
서양민들레	1.97	0	0	1.68	0	0	0	0	9.94	0
방가지똥	3.37	4.11	0	0	0	0	10.6	0	0	5.57
큰방가지똥	0	4.11	0	0	0	0	0	0	0	0
여뀌바늘	5.34	4.11	0	0	0	0	0	0	0	0
쇠뜨기	3.37	4.11	0	2.53	0	0	10.6	0	0	0
꽃마리	0	0	0	2.53	0	0	0	0	0	5.57
마디풀	0	0	0	2.53	0	0	0	0	0	0
민들레	0	0	0	0	0	0	0	0	6.43	0
흰여뀌	0	0	0	2.53	0	0	0	0	0	0

작물별 우점잡초는 고구마의 경우 망초, 돌피, 왕바랭이, 바랭이, 쇠비름, 고추는 돌피, 바랭이, 쇠비름, 괭이밥, 왕바랭이, 들깨는 바랭이, 돌피, 망초, 석류풀, 쇠비름, 땅콩은 바랭이, 돌피, 쇠비름, 배추는 바랭이, 돌피, 상추는 바랭이, 쇠비름, 중대가리풀, 괭이밥, 주름잎, 생강은 괭이밥, 바랭이, 쇠비름, 개망초, 중대가리풀, 콩은 바랭이, 돌피, 쇠비름, 개망초, 한련초, 토란은 돌피, 바랭이, 한련초, 괭이밥, 중대가리풀, 토마토는 바랭이, 돌피, 금방동사니, 주름잎, 괭이밥 순으로 나타났다.

라. 텃밭별 잡초 출현종의 과별 조성(2016)

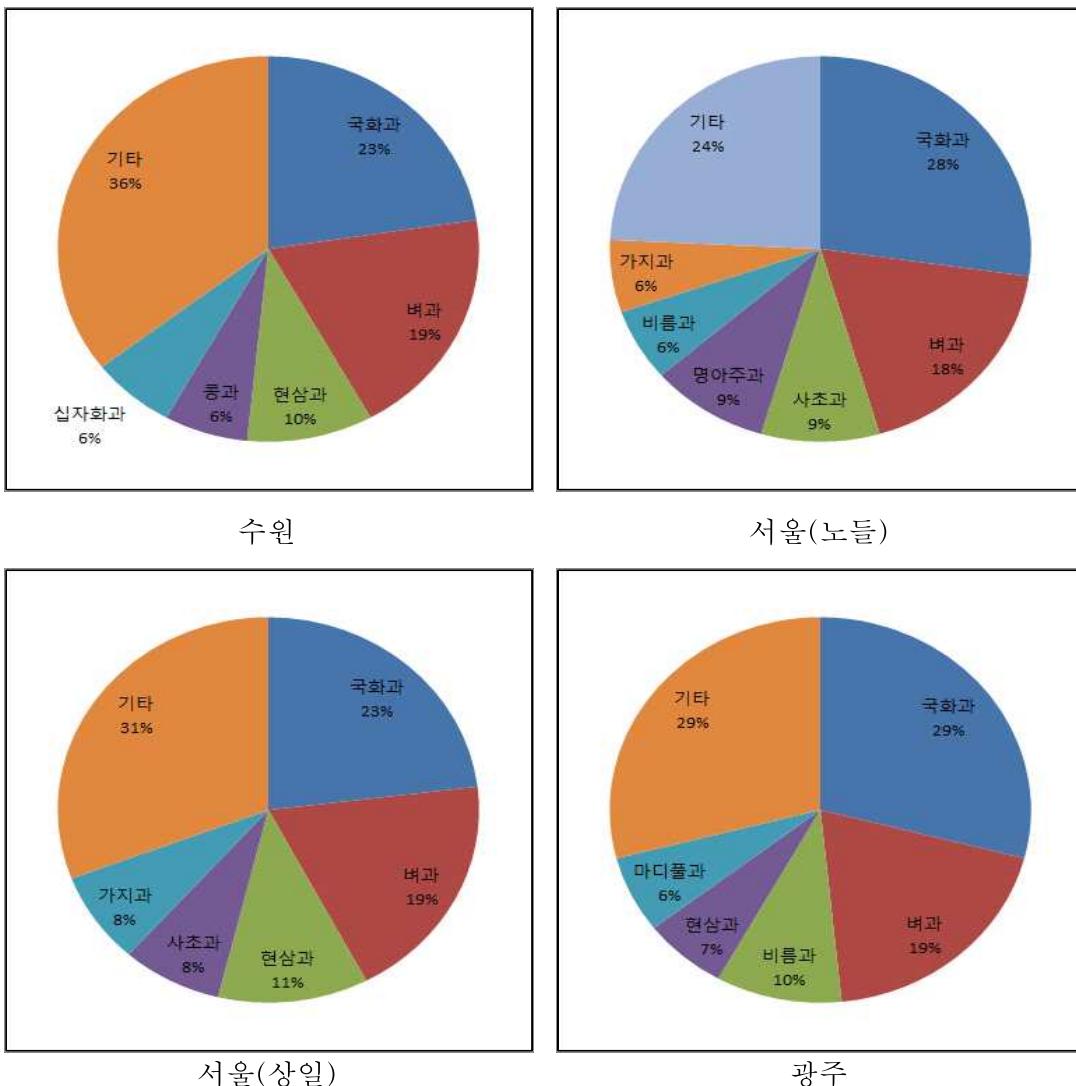


그림 2-7 지역별 텃밭에 분포하는 잡초의 과별 조성

2016년도 조사에서는 수원 16과 31종, 상일동 13과 26종, 노들섬 14과 33종, 광주 14과 31종으로 분석되어 노들섬의 텃밭에서 가장 많은 종한이 구분되었다.

과별 분포를 살펴보면 수원은 국화과, 벼과, 현삼과, 콩과, 십자화과, 상일동은 국화과, 벼과, 현삼과, 사초과, 가지과, 노들섬은 국화과, 벼과, 사초과, 명아주과, 비름과, 가지과, 광주는 국화과, 벼과, 비름과, 현삼과, 마디풀과 순으로 나타났다.

조사를 시행한 연차 모두 국화과를 포함한 상위 5개 과에 속한 잡초가 출현하는 빈도가 과반을 넘어서는 편중현상을 보였는데 이는 Lee *et al.*(2007) 이 보고한 우리나라 농경지 잡초의 과별 발생양상과 유사하게 나타났다. 조사 연차와 지점별로 각각 작물에 관계없이 발생한 잡초의 과별 조성이 비슷한 양상을 보이는데 이는 조사의 시기가 비슷하기 때문인 것으로 보이며, 지점별 종의 조성의 차이는 각 텃밭의 위치와 주변 환경이 다르기 때문인 것으로 판단된다.

7. 텃밭 토양의 작물별 토양수분 및 온도변이(완주, 2016)

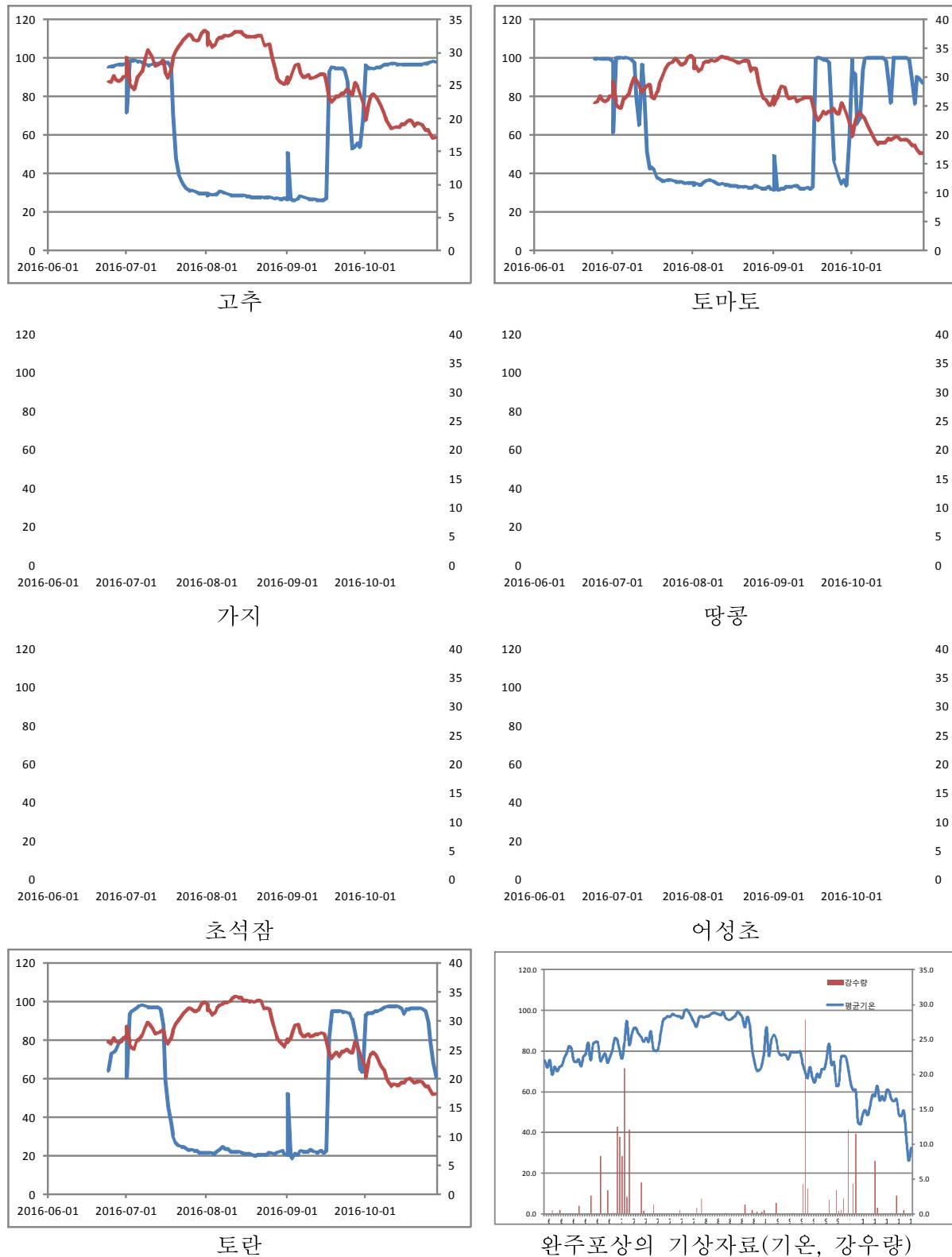


그림 2-8 완주 텃밭의 작물별 토양수분분포

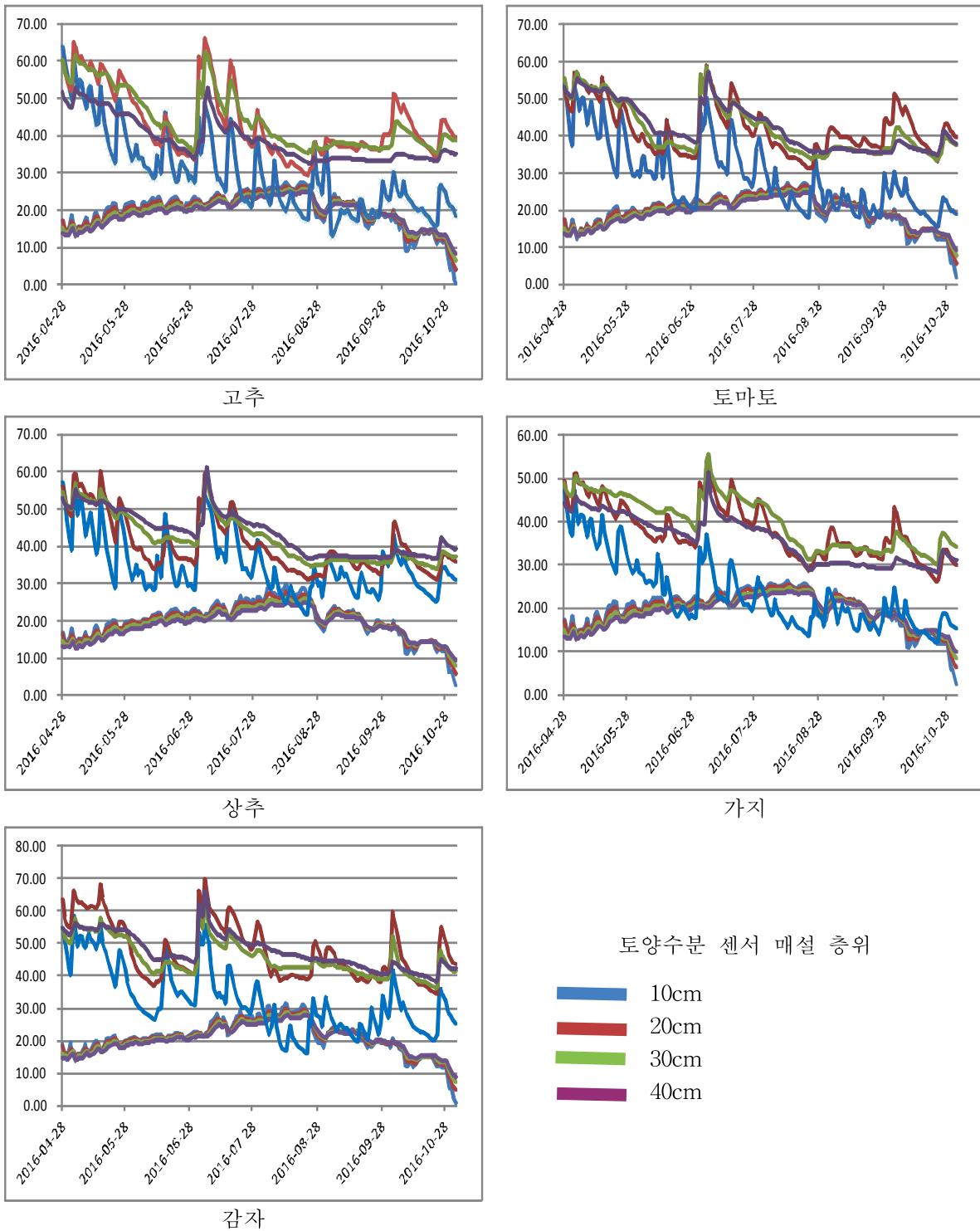


그림 2-9 텃밭 토양의 작물별 토양수분 및 온도변이(서울 상일)

8. 친환경 도시텃밭용 활용 컨텐츠

최근, 도시민들의 여가와 휴식의 공간으로서 소규모 도시텃밭(city farm)이 급격히 확대되어, 도시텃밭 참여자들이 160만명을 있으며, 거의 모든 텃밭 참여자들이 농업전문 지식이 부족하지만, 화학비료와 농약을 사용하지 않는 유기적인 재배방법을 선호하며, 또한 가족단위로 참여하는 특징을 보인다.

따라서, 도시텃밭 참여자들이 텃밭에서 작물을 생산하며 생태체험 콘텐츠를 개발하고 양분공급과 병해충 방제도 친환경적으로 자가제조하여 사용하였다.

도시텃밭에서 작물 생산뿐만 아니라 표2-19에 정리한 것처럼 텃밭 활동을 5개의 소 주제로 구분하여 작물의 생산단계와 참여 대상자들의 연령에 맞는 체험 콘텐츠를 선택하여 사용할 수 있도록 하였다.

표 2-19. 도시 텃밭을 활용한 체험용 콘텐츠 구분

콘텐츠 구분	체험활동 종류				
농작업 활동	파종	육묘	솎아주기	잡초 제거	수확
천연농자재 제조 활동	퇴비	액비	난황유	유황합제	유인트랩
관찰 활동	꽃 모으기	곤충채집	식물표본	식물생장기록	농기구 관찰
만들기 활동	텃밭 풋말	바람개비	허수아비	식물그림	짚풀 공예
기타 활동	좋은 농산물 구분하기	24절기와 농사	농사와 전통문화	생산물 교역, 나눔	먹거리 만들기 (비빔밥떡, 두부 등)

가, 식물 잎을 활용한 곤충 만들기

봄철 텃밭개장과 함께 파종또는 정식 직후부터 장마철 이전까지는 지온이 낮아 작물이나 잡초의 생장이 느리나 텃밭 참여자들은 가장 빈번하게 텃밭을 방문한다. 이시기에 텃밭 주변에 자라고 있는 식물을 활용하여 곤충이나, 그림, 문자 등의 만들기 체험을 통하여 동식물의 다양한 종류와 특징을 이해할 수 있도록 프로그램을 운영하였다.

텃밭의 둑이나 주변의 다양한 형태의 식물 잎을 채집하도록 하여, 채집한 잎의 형태나 크기별로 구분하고, 또한 꽃의 색깔 등을 효과적으로 이용하여, 주변에서 관찰되는 곤충 또는 채미나는 모양을 만들었다.

서울 노들텃밭에서 주변에서 자라고 있는 식물 잎과 꽃, 그리고 줄기 등을 채취하여 그림 2-10처럼 곤충을 만들었다.

망초 잎과 꽃눈, 나무줄기를 이용하여 왕잠자리 유충과 장구애비를 만들었고, 큰개불알풀과 살갈퀴 꽃 등을 이용하여 풍년새우를 만들었으며, 화분과 줄기 그리고 속털개밀의 소화 등을 이용하여 잠자리와 사마귀 등의 곤충을 만들어 보았다. 이것을 더 응용하면 수확한 종자를 크기와 색깔별로 구분하여 그림이나 문자를 만드는 체험도 가능하다.

이러한 만들기 체험 활동을 통하여 텃밭 주변에 다양한 형태의 식물을 세심하게 관찰하고 나비나 잠자리와 같은 곤충의 특징을 잘 이해할 수 있으리라 생각된다.



그림 2-10. 식물을 활용한 곤충 이미지 만들기

나. 텃밭 주변의 식물표본 만들기

장마가 시작되고 기온이 올라가는 여름철이 되면 텃밭 주변에는 다양한 형태의 식물을 관찰 할 수 있다. 고학년 학생들의 여름 방학 숙제로 활용할 수 있는 식물 표본을 만들었다.

표본을 만들려는 식물을 뿌리까지 온전한 형태로 식물체가 손상되지 않도록 주의하여 채집 한다. 특히, 일년생 또는 크기가 작은 다년생 초본은 뿌리, 줄기, 잎, 꽃 등을 전부 채집하도록 한다. 키가 큰 교목과 관목은 8절지 신문지에 들어갈 정도의 크기로 가지를 잘라서 채집하고 가능하면 꽃, 열매, 종자가 있는 가지를 선택하도록 하였다.

채집된 식물체를 건조시키기 위하여 신문지 사이에 잘 펼쳐놓고, 두꺼운 책등으로 눌러주어 식물체내의 수분을 제거하여 준다.

하루 정도 지난 후, 다시 꺼내어 식물체의 접혀진 부분이나 잘못 배열된 부분을 핀셋으로 재배열해주고, 동시에 젖은 신문지는 새 것으로 갈아 잘 말려주는 과정을 반복하여 식물을 손으로 잡았을 때 뺏뺏하게 될 때 까지 건조 시킨다.

잘 건조된 식물의 표본을 고정시키기 위하여 잎이 접히지 않도록 주의하고 식물의 잎의 특성을 모두 파악할 수 있도록 적어도 한 장의 잎은 뒷면이 보이도록 도화지에 붙여준다.

또한, 뿌리나 지하경에 붙어 있는 흙은 깨끗이 제거하고 키가 큰 식물체는 길이에 따라 몇 번 접어서 붙여준다.

부피가 너무 큰 것은 반쪽만 잘라내서 붙이고, 종자나 꽃 등의 쉽게 떨어지는 부분은 접은 봉지에 싸서 보관하도록 한다.

한편, 표본만들기를 하기에는 식물의 수분을 제거하는데 시간적 여유가 없을 때는 관찰일기를 쓰게 하거나, 저학년 학생들에게는 식물 그리기로 대신하여 식물의 특징을 이해할 수 있도록 운영하였다.



그림 2-11. 식물 표본 만들기 사례

다. 텃밭 주변에서 관찰되는 동식물 그리기

초등학교 저학년들에게는 텃밭 주변에서 볼 수 있는 특징이 뚜렷한 곤충이나 꽃 등을 그리게 하거나 유아들에게는 미리 밑 그림을 그려 놓은 동식물에 색깔을 칠하도록 활동을 하도록 하고, 자신이 그린 식물이나 곤충의 특징을 발표하도록 하였다.(그림 2-12)



그림 2-12. 텃밭 주변 생물 그리기

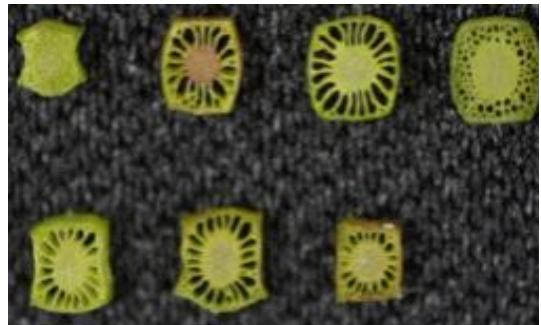


그림 2-13. 잡초 줄기의 횡단면 관찰

초등학교 고학년 이상은 글쓰기 유도하거나 식물의 형태적 특성을 관찰할 수 있도록 같은 비슷한 유형의 줄기의 단면을 잘라서 관찰하도록 하여 줄기의 형태나 통기조직의 차이 등의 보다 특징적인 관찰을 할 수 있게 한다.

그림 2-13.는 광주 텃밭 주변에서 채취한 외풀류의 줄기의 횡단면을 절단하여 줄기의 형태와 통기조직의 특징을 비교 관찰하도록 하였다.

같은 외풀속의 식물이라도 식물체 외형만으로는 구분하기가 어려우나 이처럼 줄기의 단면의 특징을 파악함으로서 손쉽게 외풀, 밭뚝외풀, 눈뚝외풀, 참새외풀, 미국외풀, 나도미국외풀, 가는미국외풀 등으로 구분하는 체험을 할 수 있다.

한편 장구애비와 메추리 장구애비와 같이 형태가 유사하여 구분하기가 어려운 곤충을 대상으로 숨관의 길이의 특징에 따라 손쉽게 구분 할 수 있도록 하였다.

(4) 도시텃밭 양분공급을 위한 천연액비 자가 제조 활용기술

(가) 유박 + 요구르트



그림 2-14. 유박과 요구르트 천연액비

유박이란 식물성 기름을 짜고 난 깻묵(oil cake)을 펠렛 형태로 압착한 순식물성 퇴비로 유기물 공급 효과가 많으며 영양생장에 필요한 유기태 질소가 함유되어 있어 양분을 안정적으로 공급하고, 과일의 맛과 향기, 당도를 현저히 높여주는 유기질 비료 중 가장 널리 쓰이며 발효를 촉진시키기 위해 요구르트를 첨가하여, 유박 1 kg을 용기에 넣고 요구르트 600 ml와 물 50 L를 첨가하여 2주 동안 실온에서 발효시킨다. 유박은 완효성으로 경작기간 내 비효가 유지되어 비절 현상이 적어 주로 장기성 작물의 후기 질소 양분공급원으로 좋으며 토양을 개량하는 효과가 있고 양분가용화를 촉진시키고, 토양 미생물에 의한 분해 생성물에 의해 토양을 부드럽게 하여 통기성, 투수성을 높여 뿌리의 생장을 촉진시키는 등 물리성, 화학성을 개선하는 효과가 있다.

(나) 난각칼슘



그림 2-15. 난각 칼슘 만들기

칼슘은 작물을 튼튼히 자라게 하고 병해충을 견딜 수 있게 하는 중요한 성분으로 자연계에 여러 가지 형태로 존재하여, 대리석, 방해석, 선석(霰石), 석회석, 회석, 백악, 빙주석, 조개껍질, 달걀껍질, 산호 등에 존재한다.

난각칼슘의 기능으로 계란껍질의 구성성분은 탄산칼슘 90.9%, 단백질 7.56%, 지질 0.24% 및 기타 인, 마그네슘 등의 다량의 무기성분 함유하며, 칼슘은 탄수화물이나 단백질의 원활한 이용에 관여하며 세포막을 형성하는 주요 인자로 세포분열을 양호하게 한다.

또한, 유기산과 결합하여 체내의 유해물질을 제거하는 역할을 하고, 작물의 건강유지에 매우 중요하며 인산흡수력을 높이고 생식생장을 돋는다.

계란껍질을 2일 이상 완전히 건조 시킨 후 분쇄하여 가루로 만들어 현미식초 1말(20ℓ)에 계란 껌질 1kg을 조금씩 저으면서 첨가하고 20-25°C로 유지하면서 하루에 한 번씩 잘 저어준다. 계란껍질이 가라앉아 더 이상 기포발생이 없으면 망사자루로 걸러 유기농 작물에 뿌려주면 고온기 칼슘장애 해소해주고 무름병 등 각종 병해 예방에도 효과가 있다.

(다) 액비 재료의 종류

일반적으로 비료의 종류는 크게 입상(粒狀)질 비료와 액상(液狀)질 비료로 나눌 수 있으며, 액비를 만드는 원료가 상품성이 낮은 종실이나 작물의 잔사 등을 활용하는 식물성 액비, 생선이나 골분, 혈분 등의 동물성 액비, 그리고 천매암 등의 천연광물액비로 구분된다. (표 2-20)

액상질 비료는 분무기 또는 관비 장치 등을 이용하여 쉽게 살포할 수 있는 형태로, 효과가 비교적 빨리 나타나는 속효성이고 주로 웃거름용으로 많이 이용된다. 화학비료를 주지 않는 유기재배 농가에서 다양한 유기자원을 미생물에 의해 발효과정을 거치거나 추출한 액비를 물에 적정농도로 희석하여 사용하고 있다.

표 2-20. 친환경 액비재료의 종류

재료	종류
식물성	감, 매실, 복숭아, 사과, 참다래, 토마토, 파프리카, 양파, 파, 인삼, 미나리, 민들레, 쇠비름, 쑥, 익모초, 산야초, 황기, 환삼덩굴, 으름열매, 은행과피, 배 어린 열매, 감껍질, 깻묵, 쌀겨, 들깨대, 물미역, 쌀뜨물
동물성	꽁치, 바다생선 (잡어), 불가사리, 생선부산물(내장, 뼈 등), 액젓부산물(해산물의 뼈가 많이 함유된 물질), 동물뼈(돼지, 닭 등), 골분, 혈분
광물성	천매암
기타	계란껍질, 조개껍질, 게껍질, 새우껍질, 굴껍질, 농가부산, 음식부산물, 구아노, 들깨 및 참깨대 솟, 오줌, 천일염

(라) 쌀겨 액비

쌀겨는 현미를 정백미로 도정하는 과정에서 생기는 과피, 종피, 호분층 등의 분쇄 혼합물로 작물에게 필요한 비타민을 비롯해 철분, 인, 미네랄 등 다양한 영양소들이 많이 함유되어 있다. 쌀겨의 표준적인 화학조성은 수분 13.5%, 지방 18.3%, 당질 38.3%, 섬유7.8%, 회분 8.9%로 질소와 인산을 공급하여 작물의 생육을 도와준다.



그림 2-16. 쌀겨 액비

쌀겨 액비 제조는 고무통에 물 1L를 채우고 쌀겨(150g), 골분(150g), 당밀(30g), 조효모(30g)를 차례로 넣고 물의 온도를 40°C 이하로 조정하여 고루 섞이도록 잘 저어 밀봉하고 상온에서 90일간 발효시킨다. 악취가 심하게 나므로 한적한 곳에서 만들고, 처음 1주일간은 1일 2회 정도 저어주고 1주일이 지나면 1일 1회 저어주며, 발효 할 때 기포가 생기면서 악취 냄새가 없어지며 구수한 냄새가 나면 상등액만을 걸러 텁발에 양분 공급용으로 사용한다.

(6) 병해충 관리를 위한 천연농약 자가 제조 활용기술

(가) 난황유

난황유는 식물체 및 병원균에 직접 닿아야 병원균의 세포벽 및 원형질파괴, 해충의 호흡 및 지방대사 방해효과가 크므로 농약 살포량의 1.5~2.0배량으로 충분히 골고루 살포해야 높은 효과를 나타낸다. 해충중 응애, 온실가루이, 진딧물, 깍지벌레, 총체벌레 등 작은 해충에 효과가 크며, 잎벌레류나 나방류 등 큰 해충에 대한 방제 효과는 낮다.

또한, 난황유는 작물표면에 물리적 피막을 형성하여 병해충 침입을 억제하여 흰가루병과 노균병의 방제 효과가 높다.

작물의 생육시기별로 난황유에 대한 반응이 다를 수 있으며 특히, 0.5% 이상의 고농도와 저온기 최저온도가 5°C 이하나 최고온도가 35°C 이상에서 작물에 장애를 유발할 우려가 있으므로 사용을 피한다. 특히 땅기 등 저온작물에서 저온기와 고온기에 생장억제 및 잎에 반점 발생 등 장애유발 우려가 있으므로 주의하여 사용한다.



그림 2-16. 난황유 제조 및 활용

난황유 제조는 소량의 물에 계란노른자를 넣고 2~3분간 믹서기로 교반하여 식용유를 첨가하고 다시 믹서기로 혼합한 후, 만들어진 난황유에 전체 사용할 물을 타서 작물에 골고루 살포한다. 오이, 상추, 장미 등의 흰가루병, 노균병, 응애류 방제에 효과가 있으며 예방적 살포는 10~14일 간격, 치료목적으로는 5~7일 간격으로 잎의 앞과 뒷면에 골고루 살포하여 사용한다.

(나) 황토유황합제

유황합제는 값이 싸고 만들기 쉬우며 살균력과 살충력을 지니고 있어 병해충의 방제용으로 텁발에서 많이 사용한다. 유황합제를 만들 때 가성소다(NaOH), 황토 등을 첨가하여 제조하여 살진균제와 살충제로 사용하며 조제할 때 가스가 발생하므로 마스크를 반드시 착용하며 또한 pH 12이상이고 온도가 100°C 이상 상승하므로 금속성통을 피하고 내열성 플라스틱통을 사용한다.



그림 2-17. 황토유황합제 제조과정

황토유황자재 제조는 내열성 재료의 고무통에 유황 250g을 넣고, 황토분말 5g과 NaOH 200g을 추가하여, 물 1ℓ를 넣고 막대로 전체를 고르게 저은 후, 가성소다와 물과 유황이 반응하여 온도가 100℃ 이상이 되어 유황이 녹은 후 3~4시간 방치하고 황토침전물이 발생하면 상층액을 300~500배로 희석하여 사용한다.

표 2-21. 황토유황합제 혼합량

용량별	유황	가성소다*	황토분말	천일염	칼슘분말 (천매암)
1ℓ	250g	200g(150g)	5g	15g	5g
100ℓ	25kg	20kg(15kg)	0.5kg	1.5kg	0.5kg

(다) 곤충 트랩

상추등의 텃밭에서 장마기 많이 발생하는 민달팽이 등을 방제하기 위하여 냄새와 먹이로 트랩으로 유인하여 포살하는 방법으로 1회용 종이컵 크기의 용기에 맥주 50ml와 담배 1개피의 가루를 혼합하여 3~5m 간격으로 텃밭에 컵을 절반정도 매몰되도록 설치하고, 약 2일 간격으로 포살된 달팽이를 제거하고 새로 맥주와 담배를 채워준다. 담배는 니코틴 함유량이 높은 제품이 더 효과적이다



그림 2-18. 민달팽이 방제트랩

(라) 나방류 매책

나방류를 유인하기 위하여 5리터 정도의 용기에 줄을 메어 직사 광선과 빛물이 직접 통에 들어 가지 않도록 하고, 막걸리 2리터와 흑설탕 100g과 식초 100ml을 넣고 잘 저어준 후, 텃밭에 설치하고

일주일 간격으로 교체하며 유인된 충은 제거하고 시막걸리 등 적정량의 유인액을 보충하여 배추좀나방, 파밤나방과 같은 해충을 방제한다.



그림 2-19. 나방류 방제트랩

9. 종자 직파 파종시 일회용 컵을 이용한 조류 피해율 조사

도시텃밭에 직파하는 대립종 작물의 조류 피해율 조사하기 위하여, 일회용 종이컵과 투명폴리에칠렌 컵으로 종자를 덮어준 처리구와 아무것도 덮지 않은 노지상태로 구분하여 대두와 옥수수를 처리구별로 3립씩 파종하고 발아한 개체 수를 조사하였다. (그림 2-20)



그림 2-20. 일회용 컵을 활용한 조수 피해 방지 처리구 사진

가. 피해율 조사

표 2-22. 일회용 컵을 활용한 대두와 옥수수의 발아율 조사

처리내용	종자취식		발아 개체		피해율(%)	
	대두	옥수수	대두	옥수수	대두	옥수수
노지재배(무처리)	14	7	16	23	42.7	23.3
종이컵	-	-	30	30	0	0
투명 폴리컵	-	-	30	30	0	0

도시텃밭은 대부분 모종을 이용하여 작물을 재배하나, 콩, 옥수수 등 대립종 종자는 직파를 하는 경우가 많으나, 도시텃밭 주변은 공원이나 산림지와 연계되어 조류 서식이 많아 직파 채

배시 조류가 발아전 종자를 먹어 피해가 많이 발생하므로, 발아전 조류의 피해를 방지하기 위하여, 텃밭에 종자를 파종하고 일회용 컵의 밑바닥이 하늘을 향하게 종자를 덮어주고 컵이 바람에 날리지 않도록 컵의 양옆을 나무 꼬챙이 등으로 고정하여, 강우시 빗물이 공급될 수 있도록 컵 바닥(천장)에 구멍을 내고 종자가 발아가 되면 일회용 컵을 제거하여, 무처리구의 피해율이 대두 43%, 옥수수는 23%를 나타내었고, 컵 처리구(종이, 폴리 에칠렌)에서는 모두 조류 피해를 방지할 수 있었다.

나. 처리구별 지온과 수분함량 조사

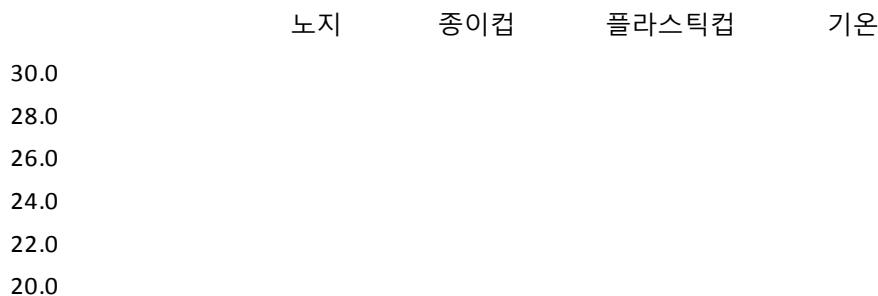
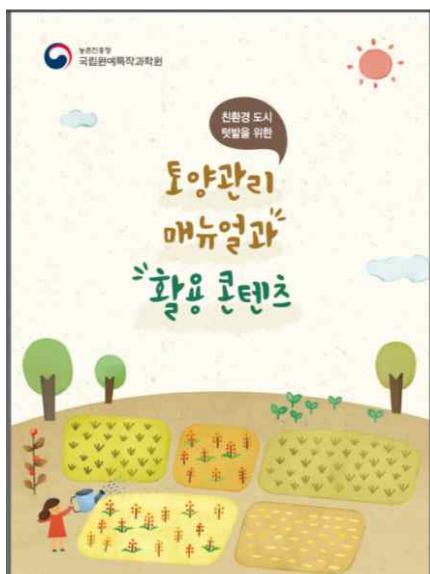


그림 2-21. 발아율 조사 포장의 지온과 수분함량

처리 기간중 노지 상태와 종이컵과 플라스틱컵으로 덮어준 토양환경을 비교하기 위하여 6월 27일부터 7월 15일까지 일평균 지온과 토양수분을 조사한 결과, 성하기를 기준으로 기온과 처리간 평균온도가 역전되는 경향을 보였으나 처리간 차이가 없었다.

10. 도시텃밭의 토양관리 기술 및 활용 콘텐츠 개발



<수록내용>

- 유기농 텃밭 관리방법
- 채소재배 특성에 맞는 토양 시비관리
- 토양 양분의 역할
- 화학성을 중심으로 한 토양진단법
- 토양과 물리성
- 도시텃밭에서 발생하는 주요 해충
- 도시텃밭에서 발생하는 주요 병
- 도시 텃밭을 활용한 여러가지 체험 콘텐츠
- 텃밭 주변의 식물표본만들기
- 텃밭 주변에서 관찰되는 동·식물 그리기
- 액비 재료 및 종류
- 병해충 관리를 위한 천연 농약 활용

그림 2-22. 친환경 도시텃밭을 위한 토양관리 매뉴얼과 활용콘텐츠책자발간

(ISBN : 978-89-480-4305-1 93520)

<제3세부과제 : 도시텃밭의 무생물적 환경변화 조사 및 토양 건전성 평가기술 개발>

1. 국내·외 도시텃밭 관련 자료 조사

국내·외 도시 토양의 이·화학적 특성 및 중금속 오염 관련 문헌조사를 수행하였다. 도시텃밭의 토양 특성을 확인하기 위해 국내·외 학술지 및 보고서 상에 도시 토양의 이·화학적 특성 및 중금속 함량과 관련해서 보고된 내용을 조사하였다.

2. 연구대상 지역 도시텃밭의 환경 인자 조사

연구대상 도시텃밭 지역의 재배 이력, 방식, 환경 등을 조사하기 위해 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 1차년도에 수행하였으며, 서울시에 위치한 도시텃밭 16개소(민영텃밭 12개소, 관영텃밭 4개소), 관행농가 7개소를 대상으로 수행하였으며, 대면 설문조사 방식으로 이루어졌다.

도로 이격거리에 따른 도시텃밭의 중금속 함량 조사를 수행하였다. 시료는 도로인접 도시텃밭 1개소를 선정하여 도로로부터 5 m 간격으로 표토(0~30 cm)와 심토(40~60 cm)를 시료를 채취하였다 (그림 3-1, 3-2). 채취한 시료는 건조하여 중금속 토양오염공정시험법에 따라 전함량을 측정하였고, 식물유효태 중금속 함량을 1 M NH_4NO_3 추출법에 의해 측정하였다.

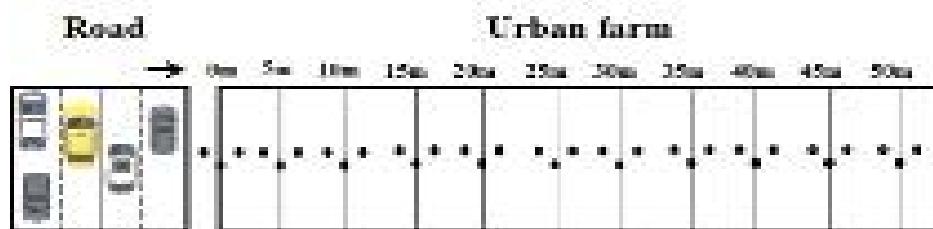


그림 3-1. 도로 이격거리에 따른 토양 중금속 함량 변화 조사를 위한 시료 채취 지점



그림 3-2. 도로 이격거리에 따른 토양 중금속 함량 변화 조사를 위한 시료 채취 모습 및 도시텃밭 인근 도로 모습

도시텃밭 토양의 중금속 안전성 평가를 위한 주변 도로 환경을 조사하였다. 조사 대상 도시텃밭 중 도로와 인접하게 위치한 도시텃밭을 대상으로 도시텃밭 주변 환경요소, 재배기법 조사를 통한 중금속 오염 주요 source를 확인하고자 하였다.

3. 도시텃밭 토양 이화학적 특성 조사

1차년도 조사의 시료채취 장소 및 방법은 다음과 같다. 상반기는 서울시에 위치한 도시텃밭 16개소(민영텃밭 12개소, 관영텃밭 4개소), 관행농가 7개소를 선정하여 총 23개소의 토양시료(표토, 0~20 cm)를 채취였다. 하반기는 서울시에 위치한 도시텃밭 15개소(민영텃밭 11개소, 관영텃밭 4개소), 관행농가 3개소를 선정하여 총 18개소의 토양시료(표토, 0~20 cm)를 채취하였다 (그림 3-3). 각 텃밭의 5~10개 지점에서 시료를 채취한 후 혼합하여 텃밭 당 하나의 시료를 만들었고, 이 시료를 풍건하여 2 mm 체로 채거름하였다.

2차년도 조사의 시료채취 장소 및 방법은 다음과 같다. 상반기는 경기도권에 위치한 도시텃밭 21개소에서 36개의 토양시료(표토, 0~20cm)를 채취하였고, 하반기는 경기도권에 위치한 도시텃밭 19개소에서 34개의 토양시료(표토, 0~20cm)를 채취하였다 (그림 3-4). 텃밭의 규모가 넓은 지역에서는 구획을 나누어 시료를 채취하였다. 각 텃밭의 5~10개 지점에서 시료를 채취한 후 혼합하여 하나의 시료를 만들었고, 이 시료를 풍건하여 2mm 체로 채거름하였다.

3차년도 조사의 시료채취 장소 및 방법은 다음과 같다. 서울(서울시 서초구, 용산구, 은평구, 도봉구, 강동구, 중랑구) 및 경기도권(경기도 안산시, 수원시, 광명시, 용인시, 고양시)에 위치한 도시텃밭 20개소에서 29개의 토양시료(표토, 0~20cm)를 채취하였다. 텃밭의 규모가 넓은 지역에서는 구획을 나누어 시료를 채취하였다 (그림 3-5, 3-6). 각 텃밭의 5~10개 지점에서 시료를 채취한 후 혼합하여 하나의 시료를 만들었고, 이 시료를 풍건하여 2mm 체로 채거름하였다. 1~3차년도 풍건한 시료는 표 3-1과 같이 토양의 이·화학적 특성을 조사하였다.



그림 3-3. 1차년도 조사
도시텃밭 위치



그림 3-4. 2차년도 조사
도시텃밭 위치



그림 3-5. 3차년도 조사
도시텃밭 위치

표 3-1. 조사항목 및 분석방법

조사항목	분석방법	측정기기
pH	1:5 (soil:water)	pH meter(S220, Mettler Toledo, Switzerland)
EC	1:5 (soil:water)	EC meter(S230, Mettler Toledo,

전질소(T-N)	Kjeldahl	Switzerland) Automated Kjeldahl distillater(Kjeltec 2300, Foss, Sweden)
유기물 함량(OM)	Walkley-Black	-
유효인산(Avail. P ₂ O ₅)	Bray No. 1	UV/Vis spectrometer(UV-160A, Shimadzu, Japan)
교환성 양이온 (Ca, Mg, K, Na)	1 M NH ₄ OAc (pH7.0)	AAS(Aanalyst 400, Perkin Elmer, USA)
양이온교환용량(CEC)	1 M NH ₄ OAc (pH7.0)	Automated Kjeldahl distillater(Kjeltec 2300, Foss, Sweden)
토성(Soil texture)	Micro-pipette법	-



그림 3-6. 연구대상 도시텃밭 전경

4. 도시텃밭 토양 중금속 함량 조사

1차년도에 연구대상(서울시) 도시텃밭 지역 토양의 형태별(total, phytoavailable) 중금속(Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) 함량을 조사하였다. 토양 시료 토양 이·화학적 특성 분석 시료와 동일한 시료를 사용하였다. 조사항목과 분석방법은 다음과 같다 (표 3-2).

표 3-2. 조사항목 및 분석방법

조사항목	분석방법	측정기기
중금속 전함량 (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)	토양오염공정시험법 (왕수분해법)	ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer)
식물유효태 중금속 함량 (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)	1 M NH ₄ NO ₃ 추출법	ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer)

2차년도 역시 연구대상(경기도권) 도시텃밭 지역 토양의 형태별(total, phytoavailable) 중금속(As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) 함량을 조사하였다. 토양 시료 토양 이·화학적 특성 분석 시료와 동일한 시료를 사용하였으며, 조사항목과 분석방법은 다음과 같다 (표 3-3).

표 3-3. 조사항목 및 분석방법

조사항목	분석방법	측정기기
중금속 전함량 (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn)	토양오염공정시험법 (왕수분해법)	ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer, 8300DV, Perkin Elmer, USA)
식물유효태 중금속 함량 (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn)	1 M NH ₄ NO ₃ 추출법	ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer, 8300DV, Perkin Elmer, USA)

3차년도에는 연구대상(서울 및 수도권) 도시텃밭 지역 토양의 중금속(Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) 전함량을 조사하였다. 토양 시료 토양 이·화학적 특성 분석 시료와 동일한 시료를 사용하였으며, 조사항목과 분석방법은 다음과 같다 (표 3-4).

표 3-4. 조사항목 및 분석방법

조사항목	분석방법	측정기기
중금속 전함량 (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)	토양오염공정시험법 (왕수분해법)	ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer, 8300DV, Perkin Elmer, USA)

5. 도시텃밭 식물체 무기원소, 중금속 함량 조사

1차년도에 연구대상(서울시) 도시텃밭 지역 식물체의 무기원소(식물영양 생리학적 측면), 중금속(Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) 함량을 조사하였다. 식물체 시료는 하반기 조사대상 지역 이었던 총 18개소에서 수확기에 다다른 배추의 곁잎 3~4개를 채취하여 중류수로 세척 후 60°C에서 건조하여 준비하였다. 건조한 시료를 막자사발을 이용하여 마쇄하여 시료로 사용하였다.

표 3-5. 조사항목 및 분석방법

조사항목	분석방법	측정기기
식물체 무기원소 (N, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu)	conc. H ₂ SO ₄ +50% HClO ₄ (분해액)	ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer)
식물체 중금속 함량 (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)	60% HNO ₃ (분해액)	ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer)

2차년도 역시 연구대상(경기도권) 도시텃밭 지역 식물체의 무기원소(식물영양 생리학적 측면), 중금속(As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) 함량을 조사하였다. 식물체 시료는 상반기 조사대상 지역이었던 21개소에서 상추를 채취하였고, 하반기 조사대상 지역이었던 19개소에서 배추를 채취하여 종류수로 세척한 후 60°C에서 건조하여 준비하였다. 건조한 시료를 막자사발을 이용하여 마쇄하여 시료로 사용하였다.

표 3-6. 조사항목 및 분석방법

조사항목	분석방법	측정기기
식물체 무기원소 (N, P, K, Ca, Mg)	conc. H ₂ SO ₄ +50% HClO ₄ (분해액)	AAS(Aanalyst 400, Perkin Elmer, USA)
식물체 중금속 함량 (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)	60% HNO ₃ (분해액)	ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer, 8300DV, Perkin Elmer, USA)

6. 도시텃밭 토양질 평가를 위한 최소단위군 구축 및 토양질의 정량적 평가(scoring system)를 통한 도시텃밭 토양질 평가체계 구축

3년 동안 수집한 62개소 130개 토양시료의 화학성 데이터를 바탕으로 토양질 평가체계를 구축하였다. 도시 텃밭의 화학적 토양질 평가를 위한 최소단위군, 선정을 위해 도시 텃밭의 화학성 분석 항목인 pH, EC, 유기물, 유효인산, CEC, 전질소, 교환성 K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺항목 데이터를 주성분 분석에 이용하였다. 최소단위군 선정을 위해서 통계프로그램인 SPSS ver. 22를 이용하여 주성분 분석(principle component analysis)을 실시하였다.

선정된 최소단위군의 토양특성 수치를 표준점수화 함수(standardized scoring function)를 이용하여 환산한 후, 각 토양 특성에 적합한 모델을 산출하기 위해 Curve Expert ver.2.2을 이용하여 최적의 모델을 도출하였다.

$$\text{Standardized scoring function} = \frac{1}{[1 + ((B-L)/(x-L))^{2S(B+x-2L)}]}$$

Where B: 토양의 기본치(baseline value)

L: 토양의 최저한계치(lower threshold)

x: 토양변수(soil variables)

S: 토양의 기본치에서의 경사 기울기(slope)

개별로 조사한 도시텃밭 주요 화학적 지표 점수를 지표별 가중치를 반영한 토양 질 지수 산정식에 대입하여 토양질 지수(soil quality index, SQI)를 계산하였다.

7. 안전한 도시 텃밭 조성을 위한 텃밭 건전성 평가 방법 및 관리 방안 제시

미국, 캐나다, 유럽 등 해외의 도시텃밭 안전 관리 방안 및 가이드라인을 조사하여 이를 통해 우리나라 실정에 적합한 도시텃밭 중금속 안전관리 기준을 제시하고자 하였다. 또한 본 연구에서 구축한 도시텃밭 화학적 토양질 평가방법을 통한 텃밭 건전성 평가 방법을 제시하고자 하였다.



그림 3-7. 선진 외국의 도시농업 안전성 관리 방안 및 가이드라인 소개 자료

제2절 연구 수행 결과

1. 국내·외 도시텃밭 관련 자료 조사 결과

우리나라는 2007년 7월 서울시에서 ‘서울특별시 친환경농업 및 주말체험영농육성지원에 관한 조례’가 제정되어 지방자치단체의 지원 하에 시민들이 도시농업에 관심을 갖게 되었다 (Kim et al., 2011). 2011년 6월에는 대통령직속 녹색성장위원회에서 도시민의 삶의 질 향상을 위한 ‘도시농업 활성화 방안’을 마련하였으며, 이는 대규모 도시농업 공간을 확보하여 도시텃밭, 농업공원, 스쿨팜 (school farm) 등 텃밭 8,000 개소, 녹색공간 3,000 ha를 조성한다는 내용을 포함하고 있다. 이에 따라 최근 도시농업을 주제로 하는 각종 연구도 크게 증가하고 있으며, 이 중 정책 방안마련 또는 활성화 방안마련을 목적으로 한 조사연구가 주로 보고되고 있다 (Kim et al., 2011).

하지만 아직 우리나라의 도시농업은 초기단계로 외부 건설현장 등에서 발생한 견증되지 않은 토양이 도시농업지역에 반입될 수 있으며, 반입된 토양의 질에 따라 작물 생산과 농산물 안전성에 많은 영향을 줄 수 있다. 도시농업 혹은 도시텃밭에 관한 국내 연구는 매우 미흡한 실정이며 특정 유·무기오염 물질(예, 중금속 등)에 대한 국지적 오염원 정화에 초점이 맞추어 있다. 도시농업은 현대인에게 주말/체험농장 등 생활수준 향상에 따른 레저기능에 보다 초점이 맞추어지고 빠르게 보급되고 있어 종합적인 환경평가 및 관리가 시급하다. 우리나라 도시농업의 수요가 증가함에 따라 도시민의 환경 인식도 높아지고 있으나, 농사에 대한 정보가 부족하여 퇴비 등의 무분별한 비료 사용으로 토양 내 Cu와 Zn과 같은 중금속이 축적될 수 있다 (Kim et al., 2011). 또한 도시 토양은 우리나라 일반 농경지와는 달리 중성 또는 약알칼리성을

띄고 있으며, 이는 도시에서 제설용으로 사용되는 CaCl_2 나 콘크리트에서 용해되어 흘러나오는 알칼리 성분에 의한 것으로 도시텃밭의 관리는 현재까지 일반 농경지에서 사용되어온 관리체계와 구분되어야 한다. 도시텃밭에서 재배되는 농산물은 도시환경에서 발생하는 다양한 유·무기 오염원으로부터 노출될 수 있으며, 교통 및 각종 산업 활동으로 인해 일반 농경지에 비해 중금속에 의한 노출 피해 가능성이 높다.

도시 내 도로변 이격거리에 따라 토양 중 중금속 함량은 급격하게 변하며, 교통량이 많은 도시 지역에서는 도로에서 최소 30m 이상 떨어진 지역에 도시텃밭을 조성해야 한다 (Nabulo et al., 2006).

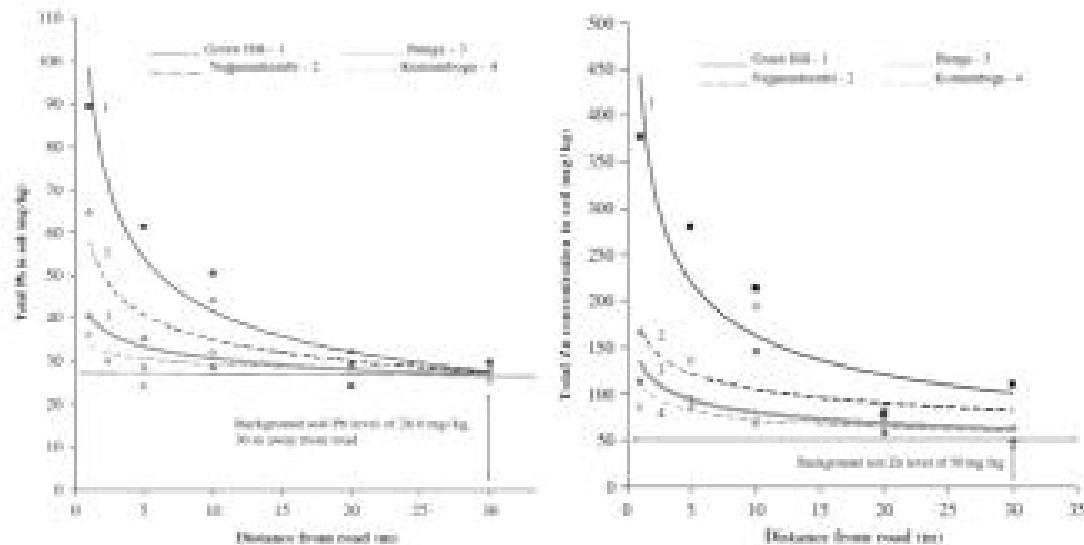


그림 3-8. 도시 내 도로변 이격거리에 따른 토양 중 Pb, Zn 함량 (Nabulo et al., 2006)

또한 도시텃밭 토양 내 중금속 함량이 높은 지역 중 일부는 과거 토지 사용 시 오염된 토양이 방치되어 발생한 현상으로, 도시텃밭 조성 시 사용 부지에 대한 사전 조사가 수행되어야 한다 (McClintock, 2012). 중금속 오염 토양에서 재배된 농산물은 인체 위해성을 증가시킬 수 있으므로 도시 환경에서 발생되는 중금속의 이동 경로 및 토양 중 식물로 전이될 수 있는 식물유효태 중금속 함량을 파악하는 것은 매우 중요하다 (Lim et al., 2014).

서울시 도시농업지역 토양의 중금속 (Cd , Pb , Cu , Zn) 전함량을 분석한 사례에서 Cd : 0.97–3.17; Pb : 8.10–46.27; Cu : 8.97–133.40; Zn : $38.97\text{--}180.06 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 조사되었으며, 우리나라 토양환경보전법에 제시된 제 1지역 토양오염 우려기준은 모두 초과하지 않았으나 식물유효태 중금속 분석결과 일부 지역의 식물유효태 Zn 함량 (0.43 mg kg^{-1})은 중금속 전함량이 전체 평균 함량에 비해 상대적으로 낮았음에도 불구하고 가장 높게 측정되는 결과가 도출되기도 하였다 (Kim et al., 2011).

2. 연구대상 지역 도시텃밭의 환경 인자 조사 결과

설문조사를 통한 도시텃밭 지역의 재배 이력 및 환경 인자 조사 결과이다 (그림 3-9, 3-10). 민영텃밭, 관영텃밭, 관행농가의 대부분이 유기농법에서 많이 사용되는 퇴비 및 유기질 비료를 처리하고 있는 것으로 나타났다. 설문조사 대상자들의 답변을 기준으로 조사대상지를 유기농법과 관행농법으로 구분하되, 관행농가가 일부 유기농법을 차용하여 운영되고 있기 때문

에 일반 유기농업지(도시텃밭)와 뚜렷한 구분은 모호하였다. 따라서 채배 시 주로 사용하는 재료의 비중에 따라 유기농업지(도시텃밭)와 관행농업지(관행농업지)로 구분하여 데이터 분석을 하였다.



그림 3-9. 관영텃밭 설문조사 결과



그림 3-10. 관행농가 설문조사 결과

도로 이격거리에 따른 도시텃밭의 중금속 함량 조사 결과이다 (그림 3-11, 3-12). Zn을 제외하고 모든 원소에서 심토층보다 표토층에서 더 높은 중금속 농도를 보였다. 도로로부터 발생하는 매연으로 인하여 그 분진들이 인근 도시텃밭 토양에 영향을 미쳐 원토양에 있는 자연 함량보다 높은 수치를 나타낸 것으로 판단된다. 이격거리에 따른 경향성은 Cr에서만 나타났다. 예상과 달리 0~25 m까지는 거리와 비례하여 오히려 중금속 농도가 증가하는 경향을 보이나 25 m부터는 감소하는 추세를 보였다. 0~25 m까지는 거리와 비례하여 중금속 농도가 증가하는 현상은 본 연구 대상지가 수고가 높은 가로수와 텃밭과 도로 경계선에 설치된 펜스의 영향을 받은 것으로 판단된다. 그러나 25 m부터는 중금속 농도가 이격거리에 따라 감소하는 것으로 보아 본 연구지에서는 도로로부터 25 m 이상 떨어진 농경지를 이용하는 것이 안전한 생산방식의 하나가 될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 이격거리에 따른 토양 중금속 문제를 거론할 때 식물체 곁표면에 분진 형태 등으로 흡착되어 있는 중금속 함량을 함께 분석하는 방법을 적용할 필요성이 있는 것으로 판단되었다.

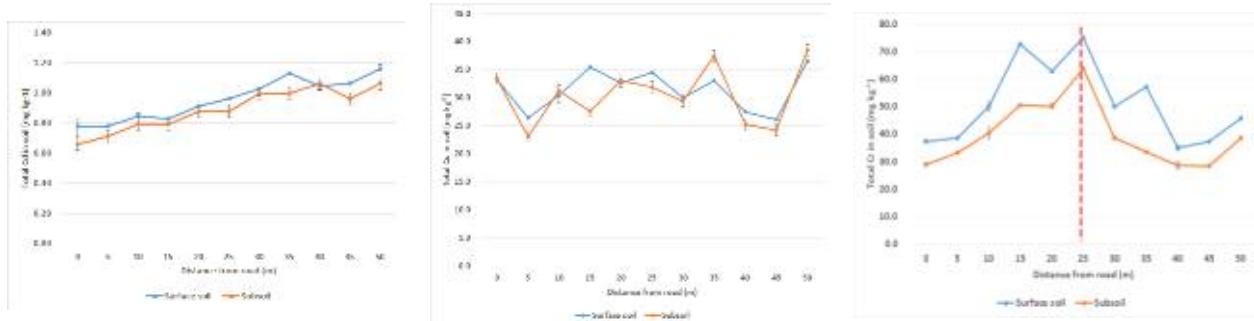


그림 3-11. 도로 이격거리에 따른 도시텃밭 토양의 Cd, Cr, Cu 총농도

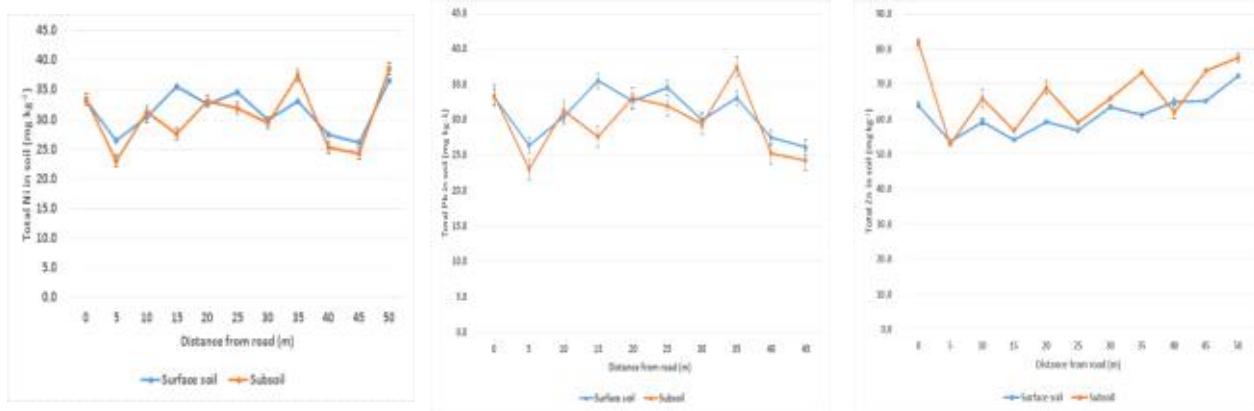


그림 3-12. 도로 이격거리에 따른 도시텃밭 토양의 Ni, Pb, Zn 총농도

도시텃밭 주변 환경요소, 재배기법 조사를 통한 중금속 오염 주요 source를 파악하고자 하였다. 1차년도와 2차년도 조사내용을 바탕으로 도시텃밭의 주요 중금속 오염 source를 ‘인접 도로 위치 여부’와 ‘가축분뇨비 사용’으로 판단하였다. 모든 조사지점의 토양 중금속 전함량은 기준치 이하로 조사되었고, 식물유효태 함량도 위험 수치를 보이지 않았으나, 주요오염 source인 ‘인접도로 위치 여부’(그림 3-13), ‘가축분뇨비 사용’ 중 가축분뇨비 사용으로 인한 Cu, Zn 함량 증가 가능성을 확인하였다. ‘인접도로 위치 여부’에 따른 비산된 중금속 오염 문제는 선행 연구들을 통해 보고되고 있어 본 연구의 조사지 대상으로 이러한 문제점을 파악하고자 했으나 조사대상 지점의 중금속 농도가 우려기준 이하로 측정되었다. 따라서 인접도로 위치 여부 및 교통량 등에 따른 중금속 농도의 양의 상관성을 나타나지 않았다. 이는 대부분의 도시텃밭이 도로에 인접해 있더라도 교통량이 많은 도로가 아니거나, 도로와 떨어진 지역에 위치해 있기 때문인 것으로 판단하였다.

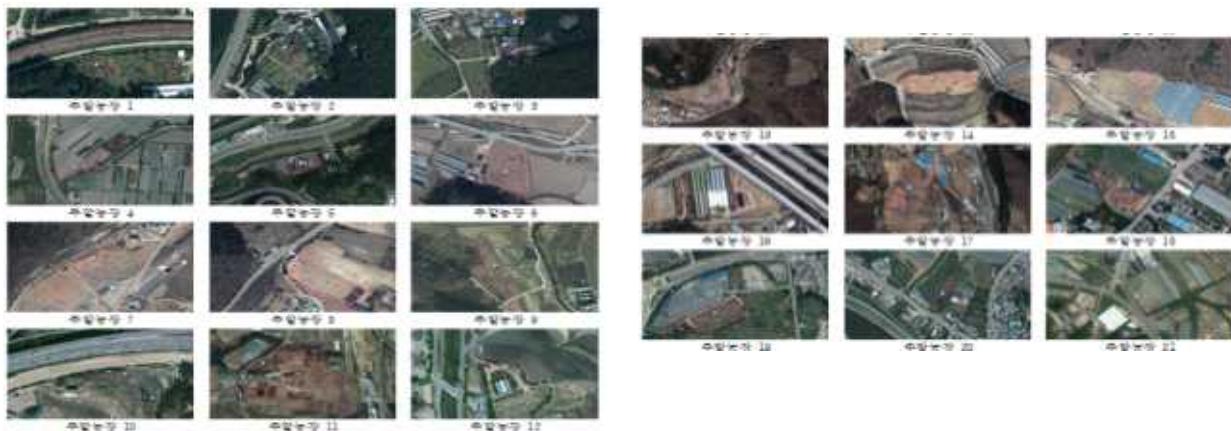


그림 3-13. 도시텃밭 주변 인접 도로와 도시텃밭 위치

3. 도시텃밭 토양 이화학적 특성 조사 결과

1차년도 상반기 조사 대상지 중 민영·관영 텃밭 토양의 이화학적 특성 결과이다 (표 3-7, 3-8). 민영·관영 텃밭 토양의 평균 pH (6.83)와 교환성 Ca 함량 ($7.69 \text{ cmolc kg}^{-1}$)은 우리나라 밭토양의 pH (6.1)와 교환성 Ca ($5.9 \text{ cmolc kg}^{-1}$)보다 다소 높게 조사되었다. 이는 농지 이용자들이 토양에 석회질 비료를 지속적으로 시용한 결과로 판단되었다. 도시텃밭 토양의 상

반기 평균 유기물 함량은 3.65%로 우리나라 밭토양 평균보다 높았으며 퇴비 및 유기질 비료 투입이 원인인 것으로 판단되었다. 유효인산 평균 함량 (484.9 mg kg^{-1})은 우리나라 밭토양의 평균 함량(628 mg kg^{-1})에 비해 다소 낮았다. 하지만 배추 재배지의 적당한 유효인산 함량 (RDA, 2006)은 $350\sim450 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 배추 단일 작물을 고려한다면 적정한 재배지임을 알 수 있었다. 그러나 텃밭별로 측정값을 살펴보면 6개소에서 우리나라 밭토양 평균 함량 이상, 또는 1000 mg kg^{-1} 이상되는 측정치가 나와 인산 과다 시비가 우려되는 것으로 조사되었다. 배추 재배지의 양이온교환용량(CEC) 적정값은 $10\sim15 \text{ cmolc kg}^{-1}$ 로 대부분의 텃밭이 적정치를 보였다. 교환성 양이온 중 K, Mg의 함량은 적정한 것으로 나타났다. 토성은 사양토, 양질 사토, 양토로 나타났고, 배추 재배지의 적합한 토성인 사양토~식양토에서 크게 벗어나지 않는 것으로 조사되었다.

표 3-7. 상반기 민영·관영 텃밭(유기농업) 토양 이화학적 특성

Site	pH	EC (1:5), dS m ⁻¹	OM (1:5), %	Avail. P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	Exch. cation			
					Ca	Mg	K	Na
민영 1	7.37 ± 0.05	0.43 ± 0.01	2.41 ± 0.21	254.78 ± 8.30	7.81 ± 0.36	1.85 ± 0.11	1.20 ± 0.01	0.42 ± 0.01
민영 2	7.37 ± 0.09	0.50 ± 0.01	3.99 ± 0.16	288.14 ± 38.66	10.55 ± 0.73	1.87 ± 0.22	1.35 ± 0.00	0.34 ± 0.03
민영 3	6.96 ± 0.01	0.41 ± 0.00	1.21 ± 0.07	278.85 ± 7.97	7.43 ± 0.51	1.13 ± 0.17	0.79 ± 0.04	0.25 ± 0.02
민영 4	7.28 ± 0.02	0.29 ± 0.02	2.65 ± 0.33	346.31 ± 3.76	6.41 ± 0.41	2.57 ± 0.05	0.84 ± 0.05	0.08 ± 0.01
민영 5	7.40 ± 0.04	0.45 ± 0.02	1.70 ± 0.23	182.72 ± 8.47	5.85 ± 0.72	1.74 ± 0.05	1.32 ± 0.08	0.38 ± 0.01
민영 6	6.11 ± 0.01	0.17 ± 0.00	4.65 ± 0.20	500.92 ± 68.55	6.97 ± 1.52	0.95 ± 0.08	0.83 ± 0.12	0.06 ± 0.02
민영 7	6.55 ± 0.07	0.27 ± 0.01	5.84 ± 0.28	1109.65 ± 108.22	7.41 ± 2.46	1.42 ± 0.02	1.49 ± 0.13	0.09 ± 0.00
민영 8	6.36 ± 0.06	0.16 ± 0.01	5.33 ± 0.11	1100.16 ± 203.91	8.74 ± 2.58	1.13 ± 0.09	1.16 ± 0.16	0.08 ± 0.00
민영 9	6.53 ± 0.03	0.68 ± 0.02	5.29 ± 0.06	635.84 ± 92.16	9.96 ± 0.96	1.75 ± 0.11	2.07 ± 0.02	0.68 ± 0.01
민영 10	7.39 ± 0.02	0.21 ± 0.00	2.46 ± 0.07	707.57 ± 73.23	6.46 ± 0.89	1.61 ± 0.05	0.66 ± 0.04	0.17 ± 0.01
민영 11	7.32 ± 0.02	0.20 ± 0.00	4.76 ± 0.23	652.05 ± 52.15	9.83 ± 1.06	2.12 ± 0.10	1.08 ± 0.10	0.33 ± 0.00
민영 12	5.64 ± 0.02	0.35 ± 0.02	2.38 ± 0.34	73.90 ± 16.38	6.64 ± 0.16	1.21 ± 0.14	0.75 ± 0.11	0.11 ± 0.00
관영 1	6.75 ± 0.02	0.43 ± 0.01	1.38 ± 0.43	252.35 ± 34.59	4.90 ± 0.90	1.81 ± 0.15	0.97 ± 0.05	0.09 ± 0.03
관영 2	7.59 ± 0.02	0.46 ± 0.03	2.01 ± 0.13	236.30 ± 23.84	4.02 ± 1.11	1.60 ± 0.21	2.27 ± 0.08	0.89 ± 0.03
관영 3	6.89 ± 0.02	0.93 ± 0.03	7.64 ± 0.57	619.61 ± 117.46	12.16 ± 0.13	2.46 ± 0.13	1.77 ± 0.03	0.77 ± 0.01
관영 4	5.77 ± 0.01	0.56 ± 0.01	4.69 ± 0.29	519.31 ± 22.42	7.93 ± 1.41	1.60 ± 0.16	1.30 ± 0.17	0.11 ± 0.00
Max.	7.59	0.93	7.64	1109.65	12.16	2.57	2.27	0.89
Min.	5.64	0.16	1.21	73.90	4.02	0.95	0.66	0.06
Ave.	6.83	0.41	3.65	484.90	7.69	1.68	1.24	0.30
2009 Ave. [†]	6.1	0.78	2.30	628.00	5.9	1.80	0.79	-

[†] Average of chemical properties for the upland soils in Korea, 2009 (Ha et al., 2010)

표 3-8. 상반기 민영·관영 텃밭(유기농업) 토양 이화학적 특성(계속)

Site	T-N %	CEC cmolc kg ⁻¹	Particle distribution			Soil texture
			clay	sand	silt	
민영 1	0.19 ± 0.01	12.52 ± 0.40	4.24	55.35	40.41	Sandy loam (사양토)
민영 2	0.24 ± 0.05	14.27 ± 0.49	4.96	61.33	33.71	Sandy loam (사양토)
민영 3	0.08 ± 0.00	10.06 ± 0.45	3.52	72.9	23.58	Sandy loam

						(사양토)
민영 4	0.15±0.01	13.41±0.34	6.00	69.865	24.135	Sandy loam (사양토)
민영 5	0.10±0.01	11.63±0.63	9.04	61.195	29.765	Sandy loam (사양토)
민영 6	0.21±0.00	15.89±0.68	9.92	61.145	28.935	Sandy loam (사양토)
민영 7	0.34±0.02	11.92±0.14	5.36	73.845	20.795	Sandy loam (사양토)
민영 8	0.27±0.02	12.94±0.08	4.64	72.41	22.95	Sandy loam (사양토)
민영 9	0.24±0.15	14.03±0.24	2.32	75.015	22.665	Loamy sand (양질사토)
민영 10	0.18±0.01	11.32±0.16	3.52	71.71	24.77	Sandy loam (사양토)
민영 11	0.28±0.02	16.31±0.88	4.56	61.81	33.63	Sandy loam (사양토)
민영 12	0.14±0.01	16.83±0.71	13.84	40.44	45.72	Loam(양토)
관영 1	0.08±0.01	9.54±0.20	6.4	66.195	27.405	Sandy loam (사양토)
관영 2	0.11±0.01	11.73±1.19	5.36	70.505	24.135	Sandy loam (사양토)
관영 3	0.46±0.04	19.42±0.50	4.08	69.255	26.665	Sandy loam (사양토)
관영 4	0.29±0.02	18.27±0.42	9.76	46.33	43.91	Loam(양토)
Max.	0.46	19.42	13.8	75.0	45.7	
Min.	0.08	9.54	2.3	40.4	20.8	-
Ave.	0.21	13.75	6.1	64.3	29.6	

1차년도 상반기 조사 대상지 중 관행농가 토양의 이화학적 특성 결과이다 (표 3-9, 3-10). 관행농가 토양의 평균 pH (6.93)와 교환성 Ca 함량 ($7.30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)은 우리나라 밭토 양의 pH (6.1)와 교환성 Ca ($5.9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)보다 높게 조사되었다. 관행농가 토양의 상반기 평균 유기물 함량은 3.06%로 우리나라 밭토양 평균보다 높았다. 유효인산 평균 함량 (501.7 mg kg^{-1})은 우리나라 밭토양의 평균 함량 (628 mg kg^{-1})에 비해 다소 낮았다. 하지만 배추 재배지의 적당한 유효인산 함량은 $350\sim450 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 배추 단일 작물을 고려한다면 충분한 인산 함량을 보이고 있다. 그러나 일부 관행농가에서는 $1,000 \text{ mg kg}^{-1}$ 이상 되는 측정치가 나와 인산 과다 시비가 우려되는 것으로 조사되었다. 배추 재배지의 양이온교환용량(CEC) 적정값은 $10\sim15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 로 대부분의 텁밭이 적정치를 보였다. 토성은 사양토, 미사질 양토, 양토인 것으로 분석되었다.

표 3-9. 상반기 관행농가 토양 이화학적 특성

Site	pH	EC	OM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. cation			
					Ca	Mg	K	Na
	(1:5) (1:5)	(1:5), dS m ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	-----	cmol _c kg ⁻¹	-----	
관행 1	5.15±0.02	0.10±0.00	2.61±0.17	1096.52±44.53	4.50±1.22	0.94±0.58	0.48±0.12	0.04±0.00
관행 2	7.68±0.00	0.15±0.01	3.56±0.40	333.67±16.26	8.58±2.51	1.76±0.14	0.82±0.11	0.08±0.01
관행 3	7.55±0.01	0.30±0.01	2.34±0.51	364.44±9.82	6.20±1.38	1.61±0.17	0.63±0.07	0.07±0.01
관행 4	7.73±0.02	0.13±0.00	2.46±0.46	273.04±6.74	8.37±0.33	1.84±0.07	0.64±0.02	0.11±0.00
관행 5	6.08±0.03	0.36±0.02	2.34±0.47	305.27±7.37	5.66±0.17	1.51±0.34	0.95±0.02	0.11±0.00
관행 6	7.79±0.04	0.13±0.02	1.64±0.25	48.92±3.11	7.16±0.36	0.88±0.06	0.57±0.04	0.10±0.01

관행 7	6.49±0.02	0.54±0.05	6.46±0.20	1090.28±237.11	10.61±0.21	1.99±0.09	1.71±0.05	0.38±0.01
Max.	7.79	0.54	6.46	1096.52	10.61	1.99	1.71	0.38
Min.	5.15	0.10	1.64	48.92	4.50	0.88	0.48	0.04
Ave.	6.93	0.25	3.06	501.74	7.30	1.50	0.83	0.13
2009 Ave.	6.1	0.78	2.30	628.00	5.9	1.80	0.79	-

* Average of chemical properties for the upland soils in Korea, 2009 (Ha et al., 2010)

표 3-10. 상반기 관행농가 토양 이화학적 특성(계속)

Site	T-N	CEC	Particle distribution			Soil texture
			clay	sand	silt	
%	cmol _c kg ⁻¹		-----	%	-----	
관행 1	0.15±0.02	13.72±0.70	4.40	66.34	29.26	Sandy loam
관행 2	0.17±0.00	14.95±0.98	10.56	51.25	38.20	Loam(양토)
관행 3	0.15±0.00	9.23±0.77	7.52	65.91	26.58	Sandy loam
관행 4	0.14±0.00	16.36±0.63	17.36	40.31	42.33	Loam(양토)
관행 5	0.15±0.01	12.99±0.77	6.48	59.31	34.22	Sandy loam
관행 6	0.07±0.01	10.27±0.54	11.68	46.86	41.47	Loam(양토)
관행 7	0.36±0.02	18.92±0.91	2.24	63.45	34.31	Sandy loam
Max.	0.36	18.92	17.36	66.34	42.33	
Min.	0.07	9.23	2.24	40.31	26.58	
Ave.	0.17	13.78	8.61	56.20	35.19	

1차년도 하반기 조사 대상지 중 민영·관영 텃밭 토양의 이화학적 특성 결과이다 (표 3-11, 3-12). 1차년도 하반기 조사 대상지 중 도시텃밭 토양의 평균 pH (7.14)와 교환성 Ca 함량 ($8.68 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)은 우리나라 밭토양의 pH (6.1)와 교환성 Ca($5.9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)보다 상대적으로 높게 조사되었다. 이는 농지 이용자들이 토양에 석회질 비료를 지속적으로 사용한 결과로 판단된다. 도시텃밭 토양의 상반기 평균 유기물 함량은 3.47%로 우리나라 밭토양 평균보다 높았으나 하반기 분석에서는 우리나라 밭토양의 평균 유기물 함량과 비슷한 수준을 보였다. 유효인산 평균 함량 (394.5 mg kg^{-1})은 우리나라 밭토양의 평균 함량 (628 mg kg^{-1})에 비해 다소 낮았다. 하지만 배추 재배지의 적당한 유효인산 함량은 $350\sim450 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 배추 단일 작물을 고려한다면 적정한 재배지임을 알 수 있었다. 배추 재배지의 양이온교환용량(CEC) 적정값은 $10\sim15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 로 대부분의 텃밭이 적정치를 보였으나 4개소가 $10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 이하 값을 나타냈고, 이 텃밭의 교환성 양이온 함량을 살펴보면 적정값(교환성 K: $0.65\sim0.80 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 교환성 Ca: $5.0\sim6.0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 교환성 Mg: $1.5\sim2.0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) 이하 또는 이상으로 적정값이 아닌 것으로 조사되었다. 토성은 사양토, 양질 사토, 양토로 나타났고, 배추 재배지의 적합한 토성인 사양토~식양토에서 크게 벗어나지 않는 것으로 판단되었다.

표 3-11. 하반기 민영·관영 텃밭(유기농업) 토양 이화학적 특성

Site	pH	EC	OM	Avail. P_2O_5	Exch. cation			
					Ca	Mg	K	Na
(1:5) dS m ⁻¹	(1:5), %	%		mg kg ⁻¹	-----	cmol _c kg ⁻¹	-----	-----

민영 1	7.32±0.01	0.75±0.02	1.30±0.08	367.40±15.40	7.82±0.97	2.66±0.27	0.92±0.04	0.23±0.01
민영 2	6.70±0.06	0.16±0.02	0.28±0.08	61.27±2.56	5.86±0.99	1.96±0.30	0.45±0.07	0.21±0.04
민영 3	7.77±0.01	0.15±0.00	0.95±0.10	426.38±25.40	7.01±0.92	0.89±0.05	1.21±0.06	0.17±0.01
민영 4	7.22±0.01	0.31±0.02	0.24±0.05	29.56±3.62	11.73±0.04	2.79±0.01	0.11±0.01	0.33±0.01
민영 5	6.09±0.00	0.16±0.00	2.04±0.00	57.69±3.14	8.88±0.12	1.62±0.02	0.79±0.05	0.43±0.00
민영 6	7.73±0.16	0.13±0.00	1.17±0.11	405.65±5.40	10.13±0.71	1.33±0.06	0.15±0.00	0.19±0.01
민영 7	6.32±0.01	0.26±0.02	3.35±0.08	386.05±13.24	10.98±0.12	1.83±0.01	0.80±0.00	0.31±0.00
민영 8	6.55±0.00	0.58±0.02	4.08±0.00	735.05±67.84	12.75±0.00	2.10±0.01	0.63±0.03	0.13±0.01
민영 9	7.09±0.04	0.20±0.01	2.16±0.16	621.03±11.82	10.22±0.06	2.03±0.02	0.78±0.00	0.17±0.00
민영 10	6.81±0.03	0.10±0.01	4.08±0.16	271.39±27.33	7.59±0.50	1.29±0.08	0.44±0.05	0.11±0.01
민영 11	7.69±0.01	0.31±0.00	0.91±0.00	907.12±37.90	5.54±0.07	0.97±0.03	0.38±0.01	0.17±0.00
관영 1	6.94±0.06	0.75±0.03	1.42±0.08	339.28±26.08	6.69±0.57	2.62±0.17	0.86±0.00	0.24±0.00
관영 2	8.30±0.01	0.19±0.00	1.19±0.08	344.14±12.16	7.72±0.43	2.06±0.11	1.45±0.07	0.71±0.04
관영 3	7.05±0.01	0.35±0.00	3.03±0.05	257.20±31.12	8.57±0.71	1.16±0.08	0.46±0.04	0.06±0.00
관영 4	7.49±0.03	0.17±0.02	4.19±0.05	695.56±6.08	8.76±0.17	1.71±0.01	1.15±0.03	0.12±0.00
Max.	8.30	0.75	4.19	920.52	12.75	2.79	1.45	0.71
Min.	6.09	0.10	0.24	29.56	5.57	0.89	0.11	0.06
Ave.	7.14	0.30	2.03	394.54	8.68	1.80	0.70	0.24
2 0 0 9 Ave.	6.1	0.78	2.30	628.00	5.9	1.80	0.79	-

[†] Average of chemical properties for the upland soils in Korea, 2009 (Ha et al., 2010)

표 3-12. 하반기 민영·관영 텃밭(유기농업) 토양 이화학적 특성(계속)

Site	T-N %	CEC cmol _c kg ⁻¹	Particle distribution			Soil texture
			clay	sand %	silt	
민영 1	0.16±0.01	10.31±0.72	6.00	69.87	24.14	Sandy loam (사양토)
민영 2	0.04±0.01	10.62±0.61	9.04	61.20	29.76	Sandy loam (사양토)
민영 3	0.11±0.00	8.98±0.17	3.52	72.90	23.58	Sandy loam (사양토)
민영 4	0.02±0.00	12.11±0.06	4.96	61.33	33.71	Sandy loam (사양토)
민영 5	0.14±0.00	11.02±0.06	4.24	55.35	40.41	Sandy loam (사양토)
민영 6	0.06±0.00	9.88±0.11	5.92	65.33	28.75	Sandy loam (사양토)
민영 7	0.23±0.00	13.64±0.44	4.56	61.81	33.63	Sandy loam (사양토)
민영 8	0.26±0.01	15.92±0.11	2.32	75.02	22.66	Loamy sand (양질사토)
민영 9	0.18±0.00	12.19±0.28	3.52	71.71	24.77	Sandy loam (사양토)
민영 10	0.24±0.02	10.19±0.33	5.36	73.85	20.80	Sandy loam (사양토)
민영 11	0.08±0.00	10.47±0.06	13.84	40.44	45.72	Loam(양토)
관영 1	0.14±0.00	8.78±0.44	6.40	66.20	27.40	Sandy loam (사양토)
관영 2	0.07±0.00	9.92±0.17	5.36	70.51	24.14	Sandy loam (사양토)
관영 3	0.16±0.01	11.25±0.94	4.08	69.26	26.67	Sandy loam (사양토)
관영 4	0.25±0.00	16.46±0.22	9.76	46.33	43.91	Loam(양토)
Max.	0.26	16.46	13.84	75.02	45.72	

Min.	0.02	8.78	2.32	40.44	20.80
Ave.	0.14	11.45	5.93	64.07	30.00

1차년도 하반기 조사 대상지 중 관행농가 토양의 이화학적 특성 결과이다 (표 3-13, 3-14). 관행농가 토양의 평균 pH (6.90)와 교환성 Ca 함량 ($6.26 \text{ cmolc kg}^{-1}$)은 우리나라 밭토 양의 pH (6.1)와 교환성 Ca ($5.9 \text{ cmolc kg}^{-1}$)보다 상대적으로 높게 조사되었으나 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 관행농가 토양의 상반기 평균 유기물 함량은 3.27%로 우리나라 밭토 양 평균보다 높았으나 하반기 분석에서는 우리나라 밭토양의 평균 유기물 함량보다 낮은 수치인 1.51%로 나타났다. 유효인산 평균 함량 (739.0 mg kg^{-1})은 우리나라 밭토양의 평균 함량(628 mg kg^{-1})에 비해 다소 높았다. 이는 배추 재배지의 적당한 유효인산 함량($350\sim450 \text{ mg kg}^{-1}$)을 상당 수준 초과하는 수치로 과다시비의 문제점을 제기할 수 있었다. 배추 재배지의 양이온교환 용량(CEC) 적정값은 $10\sim15 \text{ cmolc kg}^{-1}$ 로 1개소를 제외하면 10 cmolc kg^{-1} 이상 값을 나타냈고, 관행농가의 교환성 양이온 함량 중 K, Mg 함량을 살펴보면 적정값(교환성 K: $0.65\sim0.80 \text{ cmolc kg}^{-1}$ 교환성 Mg: $1.5\sim2.0 \text{ cmolc kg}^{-1}$) 이하인 것으로 나타나 양분 관리가 적절히 이루어지지 못하고 있을 가능성을 보였다.

표 3-13. 하반기 관행농가 토양 이화학적 특성

Site	pH (1:5)	EC (1:5), dS m ⁻¹	OM %	Avail. P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	Exch. cation cmolc kg ⁻¹			
					Ca	Mg	K	Na
관행 1	7.50 ± 0.26	0.15 ± 0.03	1.42 ± 0.08	349.25 ± 15.51	10.57 ± 0.22	1.39 ± 0.02	0.66 ± 0.03	0.11 ± 0.00
관행 2	6.41 ± 0.02	0.13 ± 0.04	0.96 ± 0.08	1415.10 ± 1.42	4.52 ± 0.26	1.00 ± 0.04	0.34 ± 0.01	0.07 ± 0.01
관행 3	6.80 ± 0.06	0.07 ± 0.01	2.16 ± 0.00	452.70 ± 27.73	3.68 ± 0.24	0.32 ± 0.02	0.31 ± 0.03	0.08 ± 0.01
Max.	7.50	0.15	2.16	1415.10	10.57	1.39	0.66	0.11
Min.	6.41	0.07	0.96	349.25	3.68	0.32	0.31	0.07
Ave.	6.90	0.11	1.51	739.01	6.26	0.91	0.44	0.09
2 0 0 9 Ave.	6.1	0.78	2.30	628.00	5.9	1.80	0.79	-

[†] Average of chemical properties for the upland soils in Korea, 2009 (Ha et al., 2010)

표 3-14. 하반기 관행농가 토양 이화학적 특성(계속)

Site	T-N %	CEC cmolc kg ⁻¹	Particle distribution			Soil texture
			clay	sand	silt	
관행 1	0.12 ± 0.00	11.68 ± 0.11	2.24	63.45	34.31	Sandy loam (사양토)
관행 2	0.08 ± 0.01	7.53 ± 0.22	10.56	51.25	38.20	Loam(양토)
관행 3	0.16 ± 0.00	11.84 ± 0.44	17.36	40.31	42.33	Loam(양토)
Max.	0.16	11.84	17.36	63.45	42.33	
Min.	0.08	7.53	2.24	40.31	34.31	
Ave.	0.12	10.35	10.05	51.67	38.28	

도시텃밭과 관행농가 토양의 이·화학적 특성을 비교해 보았다. 도시텃밭과 관행농가 토양의 이·화학적 특성을 위해 상·하반기 토양 이·화학성 분석 평균 결과값을 도시텃밭 데이터와 관행농가 데이터를 구분하여 종합적으로 살펴보았다 (그림 3-14). 토양 pH, EC, 유기물 함량, 전질소 함량은 서로 차이가 거의 없으며, 그 중 EC, 유기물 함량은 배추 재배지로서 적정한 범위였다. 또한 EC 값을 보아 시설재배지에서 흔히 일어나는 염류직접 현상은 크게 우려하지 않아도 되는 것으로 판단하였다. 그러나 토양 pH는 두 지역 모두 권장 범위보다 0.4 이상 초과한 결과를 보였다. 이것은 석회질 비료의 시용효과로 볼 수 있다. 유효인산 함량은 도시텃밭에서 적정수치를 보였으나 관행농가는 배추 재배지 권장 범위와 일반적인 밭토양 작물 범위 모두를 초과하였다. 관행농가에서 인산 양분함량이 높은 가축분 퇴비를 사용해 인산축적량이 더 많았을 것으로 유추할 수 있었다. 교환성 Ca 함량은 도시텃밭 토양이 관행농가 토양에 비해 다소 높았다.



그림 3-14. 도시텃밭과 관행농가 토양의 이·화학적 특성 비교

2차년도 상반기 조사 대상지인 경기도권 지역 도시텃밭 토양의 이화학적 특성 결과이다 (표 3-15, 3-16). 2차년도 상반기 조사 대상지의 평균 토양 pH (7.0)는 우리나라 밭토양의 pH (6.1)에 비해 높은 수준으로 측정되었으며, 교환성 Ca의 평균값 ($12.12 \text{ cmolc kg}^{-1}$) 또한 우리나라 밭토양 기준보다 높았다. 이는 텃밭 이용자들이 석회질 비료를 지속적으로 시용한 결과로 판단된다. 조사된 지역의 평균 유기물 함량은 3.9%로 우리나라 밭토양 평균 유기물함량보다 높게 측정되었으며, 이는 유기질 비료 및 가축분뇨 퇴비의 투입으로 인한 것으로 판단된다.

유효인산의 평균 함량은 $474.68 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 우리나라 밭토양 평균 유효인산 함량보다는 낮았지만, 상추를 재배하기 적합한 농도 ($250\text{--}400 \text{ mg kg}^{-1}$)보다 높게 측정되었다. 특히 일부 도시 텃밭 토양에서는 $1,000 \text{ mg kg}^{-1}$ 이상의 값이 측정되며 이는 인산 과다 시비에 의한 영향으로 분석되었다. 조사된 지역의 토양 중 양이온교환용량은 상추 재배 적합지의 농도 ($10\text{--}15 \text{ cmolc kg}^{-1}$)와 비슷한 수준이지만, 농장별로 큰 차이를 보였다. 교환성 K의 함량은 우리나라 밭토양 평균 ($1.5\text{--}2.5, 0.7\text{--}0.8 \text{ mg kg}^{-1}$)보다 높은 수치를 보였으며, 이는 비료의 지속적인 투입으로 인한 것으로 판단되었다. 토성은 사양토가 가장 많았으며, 양질사토, 양토, 식양토, 미사질식양토인 것으로 분석되었다.

표 3-15. 상반기 도시텃밭 지역 토양의 이화학적 특성

Site	pH	EC	OM	Avail. P ₂ O ₅	T-N	CEC
	(1:5)	(1:5), dS m ⁻¹	%	%	cmolc kg ⁻¹	
주말농장1	7.9±0.11	0.17±0.01	4.83±0.30	621.65±66.20	0.27±0.01	13.56±0.57
주말농장2	7.5±0.03	1.11±0.04	1.86±0.26	379.39±25.31	0.16±0.02	11.84±0.00
주말농장3	7.3±0.00	0.47±0.01	4.67±0.28	821.19±67.06	0.24±0.03	12.94±0.14
주말농장4	7.5±0.03	0.57±0.02	5.78±0.25	327.78±8.62	0.34±0.03	18.82±0.44
주말농장5	6.5±0.03	0.34±0.02	15.65±0.95	1363.85±107.95	0.85±0.10	22.63±1.09
주말농장6-1	7.4±0.00	0.57±0.00	6.58±0.48	733.44±46.94	0.38±0.00	17.98±0.61
주말농장6-2	7.2±0.02	0.60±0.04	7.94±0.08	611.18±81.93	0.44±0.00	20.93±0.31
주말농장7	6.8±0.02	0.17±0.01	7.05±0.08	841.35±49.44	0.35±0.01	15.65±0.16
주말농장8-1	6.8±0.02	0.25±0.01	3.06±0.07	654.70±45.31	0.19±0.01	12.02±0.24
주말농장8-2	7.3±0.02	0.24±0.01	1.75±0.14	353.33±21.15	0.12±0.01	11.45±0.14
주말농장8-3	6.7±0.01	0.26±0.00	2.09±0.08	425.11±35.12	0.14±0.02	10.82±0.28
주말농장8-4	6.9±0.01	0.32±0.01	1.75±0.08	314.81±10.96	0.13±0.01	10.48±0.20
주말농장9-1	6.8±0.01	0.15±0.01	4.47±0.14	701.09±64.21	0.22±0.00	16.78±0.28
주말농장9-2	7.0±0.01	0.13±0.00	3.40±0.49	564.87±70.59	0.17±0.01	12.28±0.16
주말농장10-1	6.9±0.01	0.24±0.01	7.76±0.25	515.10±10.35	0.42±0.00	18.97±0.28
주말농장10-2	6.5±0.01	0.26±0.01	6.83±0.16	525.47±77.59	0.41±0.04	18.22±0.24
주말농장11-1	6.8±0.01	0.23±0.01	2.74±0.14	655.69±45.35	0.18±0.01	9.72±0.88
주말농장11-2	6.4±0.01	0.16±0.00	3.18±0.85	105.70±5.60	0.17±0.01	15.58±0.27
주말농장11-3	6.7±0.03	0.18±0.00	3.92±0.08	325.58±38.06	0.27±0.02	20.72±0.28
주말농장12	6.6±0.01	0.24±0.01	5.31±0.12	1078.92±80.47	0.29±0.01	12.44±0.40
주말농장13	6.9±0.05	0.22±0.01	2.95±0.08	546.92±36.60	0.17±0.01	13.90±0.12
주말농장14-1	7.0±0.00	0.33±0.01	0.79±0.08	276.30±13.51	0.08±0.02	5.07±0.05
주말농장14-2	6.8±0.02	0.17±0.01	0.86±0.20	216.45±19.44	0.08±0.01	9.20±0.16
주말농장14-3	7.0±0.01	0.40±0.01	1.07±0.08	215.69±21.50	0.11±0.00	9.33±0.27
주말농장15-1	7.8±0.01	0.20±0.00	3.29±0.10	154.06±12.82	0.24±0.01	11.97±0.09
주말농장15-2	7.8±0.04	0.18±0.00	4.08±0.12	222.12±24.77	0.28±0.01	14.35±0.16
주말농장16-1	7.3±0.01	0.49±0.00	5.17±0.20	252.07±31.28	0.30±0.00	13.93±0.40
주말농장16-2	8.2±0.02	0.19±0.00	1.20±0.08	94.24±4.08	0.08±0.01	9.62±0.09
주말농장17	7.1±0.00	0.39±0.01	3.31±0.08	299.55±34.61	0.20±0.01	11.00±0.20
주말농장18	7.0±0.02	0.11±0.01	2.34±0.16	189.41±26.83	0.11±0.00	10.30±0.59
주말농장19-1	6.4±0.02	0.22±0.00	3.22±0.22	564.89±39.21	0.18±0.01	12.07±0.28
주말농장19-2	5.8±0.01	0.69±0.00	3.92±0.14	1019.63±67.28	0.21±0.03	11.76±0.48
주말농장19-3	6.3±0.02	0.50±0.01	4.26±0.08	798.45±39.90	0.27±0.01	12.44±0.45
주말농장20	7.0±0.00	0.28±0.01	0.41±0.12	105.34±16.81	0.07±0.01	9.20±0.05
주말농장21-1	7.6±0.04	0.74±0.01	2.06±0.17	127.53±23.52	0.15±0.00	9.07±0.12
주말농장21-2	7.6±0.03	0.93±0.01	0.98±0.10	85.80±10.24	0.08±0.00	7.24±0.24
Max.	8.2	1.11	15.65	1363.85	0.85	22.63
Min.	5.8	0.11	0.41	85.80	0.07	5.07
Ave.	7.0	0.35	3.90	474.68	0.23	13.17
2009 Ave. [†]	6.1	0.78	2.30	628.00		

[†] Average of chemical properties for the upland soils in Korea, 2009 (Ha et al., 2010)

표 3-16. 상반기 도시텃밭 지역 토양의 이화학적 특성(계속)

Site	Exch. cation				Particle distribution			Soil texture
	Ca	Mg	K	Na	clay	sand	silt	
					----- cmol _c kg ⁻¹ -----	----- % -----	-----	
주말농장1	13.93±1.07	2.79±0.07	2.36±0.05	0.38±0.02	67.88	23.16	8.96	사양토
주말농장2	9.90±0.49	3.54±0.05	2.66±0.07	1.06±0.03	39.85	52.15	8.00	미사질양토
주말농장3	10.08±0.76	3.54±0.10	3.25±0.05	0.84±0.10	66.47	27.06	6.48	사양토
주말농장4	22.80±2.85	2.58±0.06	3.97±0.15	0.32±0.02	63.50	30.43	6.08	사양토
주말농장5	19.30±1.03	2.95±0.11	1.51±0.38	0.39±0.06	77.33	19.56	3.12	양질사토
주말농장6-1	14.42±1.20	5.57±0.08	3.67±0.71	0.88±0.02	65.80	29.32	4.88	사양토
주말농장6-2	15.62±0.52	6.32±0.15	3.46±0.63	0.91±0.04	59.31	34.21	6.48	사양토
주말농장7	9.39±0.34	2.89±0.10	2.12±0.14	0.33±0.04	60.98	30.62	8.40	사양토
주말농장8-1	9.63±0.21	2.38±0.11	1.18±0.03	0.35±0.15	62.56	30.01	7.44	사양토
주말농장8-2	10.34±0.13	2.07±0.06	0.89±0.02	0.15±0.06	59.48	33.72	6.80	사양토
주말농장8-3	8.46±0.09	2.19±0.10	0.78±0.01	0.12±0.00	62.92	29.96	7.12	사양토
주말농장8-4	8.89±0.25	2.42±0.15	0.61±0.01	0.17±0.01	65.06	27.99	6.96	사양토
주말농장9-1	11.76±0.45	2.64±0.10	1.01±0.02	0.12±0.01	49.66	39.38	10.96	양토
주말농장9-2	8.95±0.10	2.36±0.07	0.97±0.00	0.08±0.00	68.78	26.26	4.96	사양토
주말농장10-1	13.76±0.20	3.28±0.08	1.45±0.14	0.48±0.03	55.81	35.63	8.56	사양토
주말농장10-2	12.80±0.33	3.31±0.05	1.12±0.03	0.26±0.01	50.84	39.96	9.20	양토
주말농장11-1	8.44±0.15	2.21±0.05	1.23±0.02	0.14±0.01	59.53	31.84	8.64	사양토
주말농장11-2	8.03±0.17	2.49±0.03	1.09±0.01	0.16±0.05	21.89	49.31	28.80	식양토
주말농장11-3	11.83±0.89	2.84±0.03	2.21±0.11	0.22±0.00	20.82	52.78	26.40	미사질양토
주말농장12	7.99±0.53	2.99±0.14	1.56±0.11	0.20±0.01	74.26	20.38	5.36	사양토
주말농장13	8.79±0.20	2.42±0.04	1.84±0.05	0.27±0.00	55.40	31.96	12.64	사양토
주말농장14-1	6.72±0.21	1.60±0.07	0.33±0.02	0.20±0.01	78.54	18.59	2.88	양질사토
주말농장14-2	7.98±0.26	2.17±0.07	0.27±0.01	0.12±0.00	68.84	26.21	4.96	사양토
주말농장14-3	9.85±0.16	2.72±0.03	0.34±0.01	0.39±0.01	65.79	29.41	4.80	사양토
주말농장15-1	18.17±0.05	2.04±0.07	0.74±0.03	0.10±0.01	65.51	28.42	6.08	사양토
주말농장15-2	19.85±1.35	2.60±0.11	0.95±0.04	0.11±0.01	56.25	32.95	10.80	사양토
주말농장16-1	9.36±0.93	3.53±0.05	3.24±0.07	0.54±0.01	64.62	26.50	8.88	사양토
주말농장16-2	13.71±0.11	1.12±0.39	0.63±0.01	0.14±0.00	61.23	31.33	7.44	사양토
주말농장17	10.17±0.31	3.22±0.15	0.60±0.01	0.14±0.00	69.96	22.84	7.20	사양토
주말농장18	8.69±0.08	1.10±0.36	0.38±0.02	0.18±0.01	65.72	27.08	7.20	사양토
주말농장19-1	9.08±0.27	1.91±0.10	1.08±0.02	0.13±0.01	61.34	29.78	8.88	사양토
주말농장19-2	9.58±0.38	2.32±0.03	1.41±0.17	0.18±0.00	60.61	32.28	7.12	사양토
주말농장19-3	10.45±0.78	2.21±0.05	1.42±0.27	0.15±0.01	59.27	31.37	9.36	사양토
주말농장20	6.32±0.54	2.34±0.11	0.50±0.01	0.20±0.00	55.06	32.70	12.24	사양토
주말농장21-1	21.05±0.94	1.23±0.27	0.96±0.02	0.44±0.00	39.69	51.35	8.96	미사질양토
주말농장21-2	20.25±1.24	0.90±0.02	0.63±0.01	0.41±0.01	48.93	43.63	7.44	양토
Max.	22.80	6.32	3.97	1.06				
Min.	6.32	0.90	0.27	0.08				
Ave.	12.12	2.63	1.46	0.31				
2009 Ave. [†]	5.0~7.0	1.5~2.5	0.7~0.8					

[†] Average of chemical properties for the upland soils in Korea, 2009 (Ha et al., 2010)

2차년도 하반기 조사 대상지의 평균 토양 pH (7.0)는 상반기와 동일하였으며, 교환성 Ca의 함량도 상반기와 비슷한 수준으로 측정되었다. 상반기와 마찬가지로 석회질 비료의 지속적인 사용으로 pH와 교환성 Ca의 함량이 우리나라 밭토양 pH (6.1)와 교환성 Ca (5.9 cmol_c kg⁻¹)보다 높은 것으로 판단된다. 하반기 역시 상반기와 마찬가지로 토양 중 평균 유기물 함량

(3.82%)이 우리나라 밭토양 평균(2.30%)보다 높게 측정되었으며, 유기질 비료 및 가축분뇨 퇴비의 지속적인 투입으로 인한 것으로 판단되었다. 하반기 유효인산의 평균 함량은 $711.27 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 우리나라 밭토양 평균 유효인산 함량보다 높았으며, 상반기에 비해 유효인산 함량이 대부분의 농가에서 증가하였다. 특히 $2,000 \text{ mg kg}^{-1}$ 이상의 유효인산 함량을 보이고 있어 인산의 과다시비가 우려된다. 조사된 지역의 토양 중 양이온교환용량은 상추 재배 적합지의 농도 ($10\text{--}15 \text{ cmolc kg}^{-1}$)와 비슷한 수준이지만, 농장별로 큰 차이를 보였다. 교환성 K의 함량은 우리나라 밭토양 평균 ($0.7\text{--}0.8 \text{ cmolc kg}^{-1}$)보다 높은 수치를 보였으며, 이는 비료의 지속적인 투입으로 인한 것으로 판단되었다. 토성은 사양토가 가장 많았으며, 양질사토, 양토, 미사질양토, 미사질식양토인 것으로 분석되었다 (표 3-17, 3-18).

표 3-17. 하반기 도시텃밭 지역 토양의 이화학적 특성

Site	pH	EC	OM	Avail. P ₂ O ₅	T-N	CEC
		(1:5)	(1:5), dS m ⁻¹	%	%	cmolc kg ⁻¹
주말농장1	7.1±0.00	0.36±0.01	3.66±0.11	1028.52±26.06	0.26±0.01	11.66±0.09
주말농장2	7.9±0.02	0.57±0.02	1.32±0.10	282.75±16.32	0.11±0.00	11.03±0.24
주말농장3	7.2±0.03	0.32±0.01	5.08±0.14	1105.20±57.64	0.26±0.01	14.01±0.23
주말농장4	6.7±0.01	0.24±0.01	13.27±0.90	2263.75±33.12	0.79±0.02	22.19±0.83
주말농장5-1	6.9±0.01	0.40±0.01	8.67±0.04	481.33±32.84	0.45±0.04	22.16±0.12
주말농장5-2	7.9±0.01	0.37±0.00	9.07±0.39	642.59±22.50	0.49±0.01	22.16±0.59
주말농장5-3	6.9±0.01	0.66±0.01	11.00±0.20	1159.01±106.69	0.63±0.02	24.90±0.24
주말농장6	6.6±0.02	1.23±0.12	9.58±0.20	2248.06±102.25	0.55±0.00	18.06±0.28
주말농장7-1	6.9±0.01	0.52±0.00	2.17±0.11	721.26±33.56	0.15±0.01	11.47±0.18
주말농장7-2	6.4±0.02	0.55±0.01	1.68±0.39	456.90±16.14	0.13±0.01	10.79±0.09
주말농장7-3	6.5±0.03	0.26±0.00	1.27±0.10	322.05±28.84	0.11±0.01	9.46±0.18
주말농장7-4	6.5±0.02	0.37±0.01	1.96±0.36	562.11±11.98	0.17±0.01	9.51±0.12
주말농장8-1	6.4±0.01	0.27±0.01	4.29±0.07	1080.80±72.15	0.26±0.00	16.12±0.09
주말농장8-2	6.8±0.01	0.19±0.01	3.96±0.05	953.42±14.66	0.23±0.01	13.28±0.30
주말농장9-1	6.6±0.03	0.20±0.00	2.48±0.03	532.19±51.59	0.14±0.01	9.20±0.20
주말농장9-2	6.1±0.02	0.53±0.01	3.83±0.04	982.99±56.82	0.27±0.00	19.52±0.34
주말농장9-3	6.4±0.02	0.16±0.00	2.88±0.04	349.90±4.78	0.20±0.01	20.20±0.50
주말농장10	6.4±0.03	0.26±0.00	3.56±0.28	1195.49±70.19	0.21±0.01	10.82±0.44
주말농장11	7.6±0.05	0.31±0.00	2.77±0.17	1236.12±34.70	0.18±0.00	11.89±0.20
주말농장12-1	7.0±0.02	0.45±0.03	0.91±0.08	413.03±17.14	0.09±0.01	5.04±0.250
주말농장12-2	6.2±0.02	0.26±0.02	1.68±0.08	308.82±22.13	0.10±0.00	9.75±0.25
주말농장12-3	7.3±0.04	0.46±0.01	1.04±0.10	239.63±19.06	0.11±0.02	9.25±0.08
주말농장13-1	7.9±0.03	0.31±0.01	3.21±0.05	266.47±15.79	0.19±0.02	13.64±1.50
주말농장13-2	8.0±0.02	0.22±0.01	2.25±0.12	254.04±10.08	0.17±0.00	9.83±0.28
주말농장14-1	7.8±0.05	0.56±0.01	4.93±0.03	307.50±22.03	0.31±0.03	13.75±0.24
주말농장14-2	8.8±0.03	0.12±0.00	0.93±0.04	70.84±4.21	0.08±0.00	10.06±0.24
주말농장15	7.8±0.03	0.20±0.00	3.04±0.14	285.11±8.45	0.15±0.00	10.27±0.36
주말농장16	7.2±0.04	0.12±0.01	2.59±0.06	304.64±6.67	0.12±0.02	9.64±0.14
주말농장17-1	6.3±0.06	0.47±0.01	3.24±0.21	805.28±34.20	0.22±0.03	12.18±0.37
주말농장17-2	5.6±0.07	1.27±0.03	4.65±0.14	1711.42±67.32	0.34±0.00	13.20±0.63
주말농장17-3	6.1±0.03	0.86±0.01	4.72±0.35	1030.55±175.29	0.34±0.01	12.86±0.28
주말농장18	7.3±0.02	0.51±0.01	1.36±0.07	313.88±17.31	0.13±0.00	9.41±0.44
주말농장19-1	7.8±0.03	0.77±0.01	1.43±0.07	121.33±0.29	0.11±0.01	7.68±0.21
주말농장19-2	7.8±0.01	0.74±0.05	1.36±0.00	146.21±14.09	0.13±0.00	7.81±0.40
Max.	8.8	1.27	13.27	2263.75	0.79	24.90
Min.	5.6	0.12	0.91	70.84	0.08	5.04
Ave.	7.0	0.44	3.82	711.27	0.24	13.02
2009 Ave. [†]	6.1	0.78	2.30	628.00		

[†] Average of chemical properties for the upland soils in Korea, 2009 (Ha et al., 2010)

표 3-18. 하반기 도시텃밭 지역 토양의 이화학적 특성(계속)

Site	Exch. cation				Particle distribution			Soil texture	
	Ca	Mg	K	Na	clay	sand	silt		
주말농장1	13.14±0.15	2.69±0.05	1.44±0.03	0.26±0.01	70.79	22.01	7.20	사양토	
주말농장2	23.94±0.89	2.34±0.07	0.96±0.03	0.65±0.04	43.04	49.36	7.60	양토	
주말농장3	10.62±0.37	4.05±0.04	2.89±0.15	0.41±0.02	67.64	27.24	5.12	사양토	
주말농장4	19.95±0.61	3.80±0.20	0.78±0.02	0.32±0.02	72.80	24.40	2.80	양질사토	
주말농장5-1	16.59±0.27	6.17±0.06	2.15±0.03	0.51±0.01	59.25	34.75	6.00	사양토	
주말농장5-2	17.45±0.24	6.69±0.11	3.68±0.06	0.70±0.02	61.40	33.80	4.80	사양토	
주말농장5-3	17.52±0.06	8.36±0.07	4.00±0.03	0.61±0.01	62.16	32.72	5.12	사양토	
주말농장6	12.48±0.05	6.85±0.08	6.54±0.09	1.75±0.04	62.42	30.78	6.80	사양토	
주말농장7-1	12.09±0.05	2.41±0.07	1.45±0.02	0.26±0.00	56.90	36.06	7.04	사양토	
주말농장7-2	7.99±0.09	2.16±0.04	1.31±0.02	0.27±0.01	63.51	31.05	5.44	사양토	
주말농장7-3	6.99±0.09	1.86±0.01	0.51±0.01	0.23±0.01	68.82	27.26	3.92	사양토	
주말농장7-4	7.61±0.09	2.23±0.02	0.80±0.02	0.18±0.00	66.31	27.37	6.32	사양토	
주말농장8-1	11.10±0.38	2.66±0.04	0.93±0.10	0.19±0.01	50.48	40.72	8.80	양토	
주말농장8-2	10.67±0.29	2.69±0.07	1.13±0.02	0.09±0.00	68.77	30.11	1.12	사양토	
주말농장9-1	6.35±0.11	1.93±0.04	1.53±0.04	0.22±0.01	56.79	33.85	9.36	사양토	
주말농장9-2	10.94±0.22	2.75±0.02	3.60±0.00	0.24±0.01	21.33	52.91	25.76	미사질양토	
주말농장9-3	10.65±0.10	2.23±0.01	1.41±0.04	0.24±0.01	18.54	53.06	28.40	미사질식양토	
주말농장10	6.74±0.34	2.13±0.06	1.22±0.07	0.26±0.01	72.67	22.53	4.80	사양토	
주말농장11	10.94±0.41	4.03±0.16	1.83±0.03	0.37±0.00	55.86	37.50	6.64	사양토	
주말농장12-1	6.87±0.24	1.48±0.02	0.24±0.00	0.23±0.00	81.17	16.51	2.32	양질사토	
주말농장12-2	6.80±0.13	1.77±0.03	0.47±0.01	0.20±0.00	69.37	24.15	6.48	사양토	
주말농장12-3	11.50±0.19	3.06±0.04	0.40±0.00	0.58±0.01	65.32	30.28	4.40	사양토	
주말농장13-1	23.56±1.24	2.52±0.11	1.04±0.01	0.19±0.01	64.11	29.25	6.64	사양토	
주말농장13-2	16.88±1.09	1.91±0.11	0.56±0.03	0.11±0.00	68.96	24.32	6.72	사양토	
주말농장14-1	11.61±0.60	3.84±0.09	3.70±0.07	0.83±0.02	64.56	28.00	7.44	사양토	
주말농장14-2	20.39±0.36	1.12±0.01	0.50±0.05	0.10±0.00	56.82	36.46	6.72	사양토	
주말농장15	9.32±0.32	3.11±0.04	0.30±0.01	0.32±0.02	70.50	23.82	5.68	사양토	
주말농장16	8.93±0.33	1.05±0.02	0.27±0.00	0.27±0.01	70.85	24.12	5.04	사양토	
주말농장17-1	10.18±0.18	1.94±0.03	1.05±0.04	0.18±0.00	62.60	29.56	7.84	사양토	
주말농장17-2	12.41±0.50	3.41±0.14	1.77±0.09	0.27±0.02	57.20	36.00	6.80	사양토	
주말농장17-3	13.34±0.48	2.51±0.06	1.10±0.01	0.32±0.01	59.87	33.01	7.12	사양토	
주말농장18	7.85±0.16	2.75±0.09	0.89±0.01	0.37±0.01	54.46	34.50	11.04	사양토	
주말농장19-1	24.49±0.51	1.16±0.03	0.90±0.03	0.30±0.00	47.49	44.83	7.68	양토	
주말농장19-2	21.49±2.19	1.16±0.01	0.71±0.03	0.25±0.01	50.74	41.51	7.76	양토	
Max.	24.49	8.36	6.54	1.75					
Min.	6.35	1.05	0.24	0.09					
Ave.	12.92	2.97	1.53	0.36					
2009 Ave. [†]	5.0-7.0	1.5-2.5	0.7-0.8						

[†] Average of chemical properties for the upland soils in Korea, 2009 (Ha et al., 2010)

3차년도 연구대상(서울 및 수도권) 도시텃밭 지역 토양의 이화학적 특성 결과이다 (표 3-19, 3-20). 3차년도 조사 대상지의 평균 토양 pH (6.1)은 우리나라 밭토양 pH (6.1)와 동일하였으며, 교환성 Ca의 함량은 12.69 cmol_c kg⁻¹로 조사되어 우리나라 밭토양 교환성 Ca (5.9 cmol_c kg⁻¹)보다 높은 것으로 나타났다. 토양 중 평균 유기물 함량 (3.82%)이 우리나라 밭토양 평균(2.30%)보다 높게 측정되었으며, 도시농업인들에게 친환경 제재로 널리 이용되는 유기질 비료 및 가축분뇨 퇴비의 사용이 원인인 것으로 판단되었다. 유효인산의 평균 함량은 499.16 mg kg⁻¹으로 우리나라 밭토양 평균 유효인산 함량인 628.0 mg kg⁻¹ 보다는 낮았다. 조사된 지역 토양의 평균 양이온교환용량은 상추 재배 적합지의 농도 (10-15cmol_c kg⁻¹)와 비슷한 수준이

었고, 약 20%의 농장이 양이온교환용량이 다소 낮은 수치를 보여 토양 양분보유능에 대한 우려가 있었다. 교환성 K의 평균 함량은 우리나라 밭토양 평균 ($0.7\text{--}0.8\text{cmol}_{\text{c}} \text{ kg}^{-1}$)과 유사한 수치를 보였다.

표 3-19. 연구대상 도시텃밭 토양의 이화학적 특성

Site	pH (1:5)	EC (1:5), dS m ⁻¹	OM %	Avail. P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	T-N %
도시텃밭1	6.61±0.04	0.13±0.02	3.40±0.14	723.86±75.18	0.29±0.05
도시텃밭2-1	6.19±0.11	0.13±0.04	2.72±0.43	721.40±95.99	0.25±0.04
도시텃밭2-2	6.75±0.01	0.13±0.01	3.40±0.05	715.73±104.00	0.26±0.00
도시텃밭3-1	7.90±0.10	0.12±0.00	1.29±0.43	215.41±0.31	0.10±0.00
도시텃밭3-2	7.98±0.02	0.15±0.02	2.62±0.38	373.34±26.34	0.17±0.01
도시텃밭4-1	5.45±0.02	0.10±0.02	3.98±0.10	691.72±54.02	0.30±0.00
도시텃밭4-2	6.44±0.05	0.08±0.00	2.18±0.05	658.29±46.33	0.17±0.01
도시텃밭5	7.04±0.03	0.11±0.00	3.33±0.43	732.38±80.45	0.26±0.01
도시텃밭6-1	6.19±0.01	0.18±0.00	2.14±0.48	708.99±113.53	0.17±0.00
도시텃밭6-2	6.83±0.01	0.49±0.02	2.45±0.72	705.20±34.96	0.21±0.02
도시텃밭7-1	7.33±0.01	0.09±0.00	4.05±0.29	370.02±18.60	0.23±0.00
도시텃밭7-2	7.14±0.00	0.18±0.01	6.23±0.19	571.57±23.41	0.36±0.01
도시텃밭8-1	7.01±0.08	0.10±0.00	4.97±0.14	611.06±11.81	0.31±0.00
도시텃밭8-2	6.60±0.01	0.20±0.00	3.64±0.10	592.11±14.99	0.24±0.01
도시텃밭9-1	5.14±0.00	0.10±0.00	2.08±0.19	449.17±11.67	0.16±0.00
도시텃밭9-2	5.50±0.02	0.05±0.00	2.01±0.00	399.58±19.93	0.13±0.02
도시텃밭10-1	6.95±0.06	0.08±0.00	3.40±0.43	387.57±6.22	0.23±0.01
도시텃밭10-2	6.84±0.01	0.34±0.00	3.03±0.38	526.41±0.00	0.23±0.00
도시텃밭11	4.82±0.01	0.22±0.01	2.59±0.43	390.88±17.40	0.22±0.02
도시텃밭12	5.96±0.06	0.07±0.00	4.93±0.19	161.15±1.27	0.21±0.05
도시텃밭13	6.60±0.04	0.13±0.01	3.71±0.48	507.42±7.25	0.22±0.01
도시텃밭14	6.45±0.04	0.15±0.00	5.46±0.70	539.99±7.43	0.30±0.02
도시텃밭15	7.32±0.09	0.20±0.01	1.12±0.00	48.62±0.72	0.09±0.01
도시텃밭16	6.88±0.01	0.15±0.01	2.93±0.05	407.83±24.79	0.16±0.02
도시텃밭17	5.70±0.00	0.09±0.00	2.04±0.05	568.41±1.35	0.16±0.00
도시텃밭18	6.66±0.14	0.03±0.00	0.44±0.10	94.69±0.24	0.07±0.01
도시텃밭19	6.92±0.02	0.00±0.00	3.61±0.24	501.32±6.10	0.35±0.02
도시텃밭20-1	7.05±0.04	0.20±0.01	2.82±0.00	421.49±0.73	0.21±0.01
도시텃밭20-2	5.88±0.02	0.19±0.01	4.93±0.96	680.13±31.92	0.27±0.01
Max.	7.98	0.49	6.23	732.38	0.36
Min.	4.82	0.03	0.44	48.62	0.07
Ave.	6.55	0.15	3.16	499.16	0.22
2009 Ave. [†]	6.1	0.78	2.30	628.00	

[†] Average of chemical properties for the upland soils in Korea, 2009 (Ha et al., 2010)

표 3-20. 연구대상 도시텃밭 토양의 이화학적 특성(계속)

Site	CEC		Exch. cation		
	Ca	Mg cmol _c kg ⁻¹	K	Na	
도시텃밭1	14.98±0.89	8.37±0.27	2.99±0.06	0.74±0.00	0.13±0.01

	pH	EC	기온	습도	기온-습도
도시텃밭2-1	13.25±0.44	5.59±0.60	1.79±0.12	0.99±0.02	0.09±0.01
도시텃밭2-2	15.45±0.22	8.09±0.23	2.81±0.04	1.02±0.00	0.11±0.01
도시텃밭3-1	6.39±0.28	8.39±0.39	2.00±0.18	0.20±0.02	0.29±0.02
도시텃밭3-2	7.96±0.50	9.47±0.01	1.82±0.08	0.45±0.02	0.34±0.01
도시텃밭4-1	13.01±0.66	3.90±0.43	1.12±0.09	1.00±0.01	0.12±0.00
도시텃밭4-2	10.74±0.44	5.01±0.40	1.58±0.11	0.62±0.01	0.12±0.01
도시텃밭5	13.80±0.89	10.28±1.05	2.08±0.16	0.99±0.03	0.09±0.00
도시텃밭6-1	11.13±0.44	6.65±0.04	1.67±0.01	1.14±0.01	0.13±0.00
도시텃밭6-2	10.82±0.00	10.52±0.20	2.41±0.15	1.03±0.05	0.22±0.04
도시텃밭7-1	12.27±0.06	10.33±0.88	2.42±0.23	0.32±0.02	0.10±0.00
도시텃밭7-2	13.37±0.28	13.09±1.14	2.77±0.12	0.35±0.01	0.21±0.03
도시텃밭8-1	18.15±0.28	12.01±0.26	2.13±0.11	1.20±0.03	0.11±0.00
도시텃밭8-2	16.54±0.55	11.68±0.37	2.55±0.05	0.71±0.02	0.18±0.00
도시텃밭9-1	8.39±0.22	2.95±0.10	1.11±0.06	0.47±0.02	0.04±0.00
도시텃밭9-2	6.90±0.44	3.31±0.19	0.93±0.05	0.23±0.00	0.10±0.01
도시텃밭10-1	13.92±0.17	11.01±0.61	2.29±0.07	0.37±0.02	0.14±0.06
도시텃밭10-2	11.84±0.66	15.89±1.26	3.12±0.09	0.54±0.03	0.33±0.02
도시텃밭11	25.25±0.78	15.61±0.30	20.82±0.18	0.35±0.01	0.11±0.01
도시텃밭12	19.01±0.06	8.54±0.39	0.76±0.11	0.63±0.02	0.14±0.06
도시텃밭13	13.21±0.17	9.85±0.18	1.30±0.01	0.76±0.01	0.19±0.01
도시텃밭14	14.11±0.44	12.82±0.43	2.94±0.60	1.09±0.00	0.13±0.01
도시텃밭15	10.66±0.78	12.81±0.76	1.87±0.04	0.28±0.01	0.19±0.00
도시텃밭16	11.96±0.06	8.45±0.25	2.30±0.11	0.77±0.01	0.17±0.01
도시텃밭17	10.82±0.44	6.47±0.10	1.28±0.02	0.62±0.01	0.10±0.00
도시텃밭18	9.57±0.11	8.11±0.01	1.87±0.02	0.24±0.00	0.16±0.00
도시텃밭19	9.60±0.06	32.83±0.83	3.26±0.01	2.09±0.01	1.96±0.05
도시텃밭20-1	11.64±0.17	10.26±0.65	2.78±0.00	0.65±0.00	0.16±0.01
도시텃밭20-2	13.41±0.11	10.64±0.13	1.74±0.03	0.87±0.06	0.18±0.01
Max.	25.25	32.83	20.82	2.09	1.96
Min.	6.39	2.95	0.76	0.20	0.04
Ave.	12.69	10.10	2.71	0.71	0.22
2009 Ave. [†]		5.0~7.0	1.5~2.5	0.7~0.8	

[†] Average of chemical properties for the upland soils in Korea, 2009 (Ha et al., 2010)

총 연구기간 3년 동안 조사한 도시텃밭 62개소 130개 토양에 대한 통합적 평가를 하였다 (표 3-21). 그 결과, 평균 토양 pH (6.9)는 우리나라 밭토양의 pH (6.1)에 비해 높은 수준으로 측정되었으며, 교환성 Ca의 평균값 ($10.94 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) 또한 우리나라 밭토양 기준($5.9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)보다 높았다. 조사된 지역의 평균 유기물 함량은 3.5%로 우리나라 밭토양 평균유기물함량 기준(2.3%) 보다 높게 측정되었으며, 이는 유기질 비료 및 가축분뇨 퇴비의 투입으로 인한 것으로 예상된다. 유효인산의 평균 함량은 526.6 mg kg^{-1} 으로 우리나라 밭토양 평균 유효인산 함량인 628.0 mg kg^{-1} 보다는 낮았지만, 일부 도시텃밭 토양에서는 $1,000 \text{ mg kg}^{-1}$ 이상의 값이 측정되었고, 이는 인산 과다 시비 결과로 보인다. 농장들의 공통 재배 작물인 상추를 기준으로 보았을 때, 조사된 지역의 토양 중 양이온교환용량은 상추재배 적합지 농도($10\text{--}15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)와 비슷한 수준이지만, 농장별로 큰 차이를 보였다.

표 3-21. 본 연구 대상 도시텃밭 토양의 화학적 특성(1~3차년도 총괄)

	pH	EC	OM	Avail. P_2O_5	T-N	CEC	Exch. cation			
	(1:5) dS m ⁻¹	(1:5), %	mg kg ⁻¹	%	-----	cmol _c kg ⁻¹	Ca	Mg	K	Na
Max	8.8	1.27	15.65	2263.8	0.85	25.25	32.83	20.82	6.54	1.96
Min	4.8	0.00	0.24	29.6	0.02	5.04	2.95	0.76	0.11	0.04
Ave.	6.9	0.33	3.47	526.6	0.22	12.90	10.94	2.52	1.20	0.29

4. 도시텃밭 토양 중금속 함량 조사

1차년도에 연구대상(서울시) 도시텃밭 지역 토양의 형태별(total, phytoavailable) 중금속(Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) 함량을 조사하였다 (표 3-22, 3-23). 모든 조사지역에서 Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn의 총농도가 우려기준 이하의 수치를 보였다. 이는 상·하반기에서 동일한 양상을 보였다. 식물유효태 중금속 함량 또한 검출되지 않아 도시텃밭 내 토양환경은 중금속으로부터 위험도가 적은 것으로 판단되었다. 그러나 토양 내 중금속 함량은 텃밭 내 안전한 농산물 생산을 위해 모니터링이 필요한 항목이고, 토양 pH, 유기물 함량과 같은 토양특성인자에 의해 식물유효도를 달리하므로 이에 대한 분석이 지속적으로 필요하다. 토양 중금속 함량 조사 결과와 식물체 중금속 함량 조사 결과가 종합적으로 해석되어 도시텃밭 내 중금속 위험성을 평가할 필요성이 있다.

표 3-22. 민영·관영 텃밭(유기농업) 토양의 형태별 중금속 함량

Site	Cd		Cr		Cu		Ni		Pb		Zn	
	T [*]	P [*]	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
민영 1	0.61	ND	10.69	ND	11.84	0.06	5.18	ND	16.74	ND	61.39	ND
민영 2	0.56	ND	7.85	ND	6.83	ND	3.69	ND	16.16	ND	32.69	ND
민영 3	0.39	ND	15.09	ND	24.44	0.04	6.48	ND	21.53	ND	100.76	ND
민영 4	0.11	ND	93.84	ND	71.80	ND	35.86	0.18	11.45	ND	67.03	0.49
민영 5	0.28	ND	41.68	ND	22.64	0.08	14.75	ND	12.48	ND	85.58	ND
민영 6	0.59	ND	51.54	ND	32.08	0.04	20.21	ND	13.40	ND	62.13	ND
민영 7	0.24	ND	61.92	ND	56.53	0.15	26.34	ND	12.62	ND	93.34	ND
민영 8	0.39	ND	48.55	ND	49.00	0.16	14.59	ND	17.34	ND	113.98	ND
민영 9	0.48	ND	44.91	ND	38.76	0.15	18.14	ND	20.20	ND	87.99	ND
민영 10	0.79	ND	12.83	ND	53.82	0.14	3.43	ND	44.25	ND	102.47	ND
민영 11	0.24	ND	43.37	ND	23.00	ND	15.99	ND	14.33	ND	53.52	0.52
관영 1	0.46	ND	3.32	ND	6.35	0.08	1.13	ND	23.74	ND	49.24	ND
관영 2	0.59	ND	4.89	ND	7.02	0.10	1.41	ND	15.48	ND	67.66	ND
관영 3	0.76	ND	37.03	ND	35.62	0.10	17.06	ND	67.49	ND	107.78	ND
관영 4	0.29	ND	64.85	ND	41.30	0.07	34.19	ND	15.08	ND	98.09	0.37
우려기준 [§]	4	-	-	-	150	-	100	-	200	-	300	-
대책기준 [§]	12	-	-	-	450	-	300	-	600	-	900	-

^{*} T: total; P: phytoavailable^{*} Not detected[§] 농경지 토양오염 우려기준, 대책기준(환경부, 2009)

표 3-23. 관행농가 토양의 형태별 중금속 함량

Site	Cd		Cr		Cu		Ni		Pb		Zn	
	T [†]	P [†]	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
	mg kg ⁻¹											
관행 1	0.54	ND*	15.24	ND	24.46	0.10	8.30	ND	19.02	ND	67.46	ND
관행 2	0.84	ND	7.99	ND	13.95	0.04	2.81	ND	20.16	ND	72.50	0.67
관행 3	0.38	ND	47.95	ND	47.30	0.19	13.55	0.48	18.72	ND	94.45	0.10
우려기준 [§]	4	-	-	-	150	-	100	-	200	-	300	-
대책기준 [§]	12	-	-	-	450	-	300	-	600	-	900	-

[†] T: total; P: phytoavailable

* Not detected

[§] 농경지 토양오염 우려기준, 대책기준(환경부, 2009)

2차년도의 연구대상(경기도권) 도시텃밭 지역 토양의 형태별(total, phytoavailable) 중금속(As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) 함량 조사 결과이다 (표 3-24, 3-25). 모든 조사지역에서 As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn의 총농도가 우려기준 이하의 수치를 보였다. 식물유효태 중금속 함량 또한 검출되지 않아 도시텃밭 내 토양환경은 중금속으로부터 위험도가 적은 것으로 판단되었다. 그러나 토양 내 중금속 함량은 텃밭 내 안전한 농산물 생산을 위해 모니터링이 필요한 항목이고, 토양 pH, 유기물 함량과 같은 토양 특성인자에 의해 식물유효도를 달리하므로 이에 대한 분석이 지속적으로 필요한 것으로 판단된다. 토양 중금속 함량 조사 결과와 식물체 중금속 함량 조사 결과가 종합적으로 해석되어 도시텃밭 내 중금속 위해성을 평가할 필요성이 있다.

표 3-24. 상반기 도시텃밭 지역 토양의 형태별 중금속 함량

Site	As		Cd		Cr		Cu		Pb		Zn	
	T [†]	P [†]	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
	mg kg ⁻¹											
주말농장1	3.46	0.03	ND	ND	42.47	ND	44.05	0.63	23.98	ND	85.91	0.07
주말농장2	2.51	0.08	ND	ND	19.88	ND	4.87	0.70	17.55	ND	43.73	0.22
주말농장3	2.74	0.05	ND	ND	62.72	ND	27.22	0.38	24.09	ND	85.52	0.03
주말농장4	6.32	0.07	0.27	ND	30.70	ND	58.08	1.16	36.12	ND	184.69	0.17
주말농장5	3.13	0.02	ND	ND	196.06	0.02	61.23	0.29	17.49	ND	203.38	0.27
주말농장6-1	4.80	0.05	ND	ND	30.71	ND	11.87	0.27	10.01	ND	61.84	0.09
주말농장6-2	6.00	0.05	ND	ND	27.01	ND	14.60	0.03	11.88	ND	77.37	0.11
주말농장7	2.69	0.02	ND	ND	49.12	ND	31.83	0.04	15.84	ND	99.60	0.12
주말농장8-1	4.40	0.02	ND	ND	37.06	ND	29.99	0.20	11.68	ND	95.23	0.05
주말농장8-2	5.82	0.03	ND	ND	34.91	ND	26.86	0.20	10.83	ND	76.54	0.02
주말농장8-3	4.10	0.03	ND	ND	48.04	ND	29.58	0.05	11.10	ND	80.44	0.05
주말농장8-4	3.31	0.02	ND	ND	43.57	ND	28.30	0.11	9.06	ND	81.13	0.12
주말농장9-1	11.19	0.04	0.11	ND	27.53	ND	25.53	ND	18.72	ND	104.37	0.25
주말농장9-2	4.12	0.03	ND	ND	28.23	ND	19.23	ND	11.43	ND	97.84	0.32
주말농장10-1	3.84	0.02	ND	ND	38.57	ND	30.55	ND	16.74	ND	117.65	0.20
주말농장10-2	5.10	0.02	ND	ND	37.14	ND	26.53	ND	17.53	0.52	106.26	0.33
주말농장11-1	1.71	0.03	ND	ND	14.20	ND	13.58	0.06	14.70	ND	97.33	0.18
주말농장11-2	8.15	0.01	ND	ND	20.74	ND	16.14	ND	15.50	ND	51.96	0.08
주말농장11-3	9.16	0.01	ND	ND	23.58	ND	24.20	ND	16.84	ND	69.91	0.09
주말농장12	3.93	0.03	ND	ND	31.75	ND	30.30	0.08	17.06	ND	129.46	0.19
주말농장13	5.11	0.03	ND	ND	62.31	0.02	27.73	0.05	12.07	ND	71.61	0.06
주말농장14-1	0.70	0.03	ND	ND	69.45	0.01	37.12	0.06	7.89	ND	60.97	0.02
주말농장14-2	4.94	0.03	ND	ND	49.49	0.01	30.04	0.02	9.44	ND	76.18	0.10
주말농장14-3	2.66	0.04	ND	ND	62.96	0.01	23.36	0.03	9.71	ND	73.09	0.01

주말농장15-1	12.58	0.10	0.03	ND	34.31	0.01	35.08	0.47	14.60	ND	91.24	N.D.
주말농장15-2	11.18	0.09	ND	ND	41.05	0.01	50.26	0.62	12.56	ND	91.94	0.01
주말농장16-1	6.16	0.05	ND	ND	43.59	0.01	48.63	0.27	15.02	ND	86.40	0.02
주말농장16-2	8.21	0.05	ND	ND	43.53	0.01	23.40	0.08	13.96	ND	75.44	N.D.
주말농장17	1.28	0.03	ND	ND	72.52	0.02	38.29	0.18	12.29	ND	82.95	0.01
주말농장18	2.32	0.04	ND	ND	46.25	0.01	46.32	0.06	16.86	ND	97.89	0.11
주말농장19-1	4.41	0.04	ND	ND	31.80	0.04	33.87	0.13	14.16	ND	85.85	0.06
주말농장19-2	4.02	0.04	ND	ND	21.14	0.03	23.58	0.15	11.93	ND	82.34	0.10
주말농장19-3	5.37	0.03	ND	ND	24.38	0.01	32.45	0.27	13.23	ND	93.62	0.06
주말농장20	7.03	0.01	ND	ND	21.15	0.01	12.08	0.08	11.05	ND	80.21	N.D.
주말농장21-1	3.57	0.12	ND	ND	52.22	ND	31.23	0.54	15.95	ND	80.81	0.03
주말농장21-2	3.56	0.08	ND	ND	64.30	ND	40.03	0.48	27.81	ND	96.53	0.04
우려기준 [§]	25	-	4	-	-	-	150	-	200	-	300	-
대책기준 [§]	75	-	12	-	-	-	450	-	600	-	900	-

^{*} T: total; P: phytoavailable^{*} Not detected[§] 농경지 토양오염 우려기준, 대책기준(환경부, 2009)

표 3-25. 하반기 도시텃밭 지역 토양의 형태별 중금속 함량

Site	As		Cd		Cr		Cu		Pb		Zn	
	T [†]	P [†]	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
----- mg kg ⁻¹ -----												
주말농장1	N.D.	0.05	ND	ND	41.19	ND	49.93	0.07	21.17	ND	92.75	ND
주말농장2	N.D.	0.07	ND	ND	22.53	ND	12.76	0.06	16.10	ND	51.62	ND
주말농장3	N.D.	0.06	0.03	ND	57.75	ND	37.62	0.07	23.80	ND	94.56	ND
주말농장4	2.07	0.04	0.03	ND	93.38	ND	68.64	0.03	16.77	ND	183.81	0.01
주말농장5-1	N.D.	0.05	ND	ND	41.01	ND	24.75	ND	10.11	ND	70.47	ND
주말농장5-2	N.D.	0.05	ND	ND	42.64	ND	35.73	0.23	8.00	ND	93.13	ND
주말농장5-3	3.36	0.05	0.08	ND	23.06	ND	25.74	0.02	12.00	ND	93.43	ND
주말농장6	N.D.	0.06	ND	ND	42.86	0.01	36.37	0.19	12.52	ND	103.48	0.04
주말농장7-1	0.53	0.05	ND	ND	33.25	ND	27.74	0.08	10.82	ND	63.71	ND
주말농장7-2	N.D.	0.03	ND	ND	32.85	ND	23.92	0.02	9.85	ND	55.77	ND
주말농장7-3	N.D.	0.04	ND	ND	53.83	ND	31.64	ND	9.07	ND	60.71	ND
주말농장7-4	N.D.	0.05	ND	ND	44.05	ND	38.63	0.01	9.57	ND	76.88	ND
주말농장8-1	5.86	0.06	0.22	ND	26.37	ND	28.28	ND	16.36	ND	93.65	0.23
주말농장8-2	N.D.	0.06	0.03	ND	25.41	ND	27.20	0.04	11.03	ND	104.90	ND
주말농장9-1	N.D.	0.04	ND	ND	12.84	0.01	12.12	ND	13.31	ND	59.24	0.04
주말농장9-2	5.15	0.04	0.06	ND	20.47	0.01	20.04	ND	12.86	ND	50.64	ND
주말농장9-3	5.15	0.04	0.05	ND	22.58	ND	22.92	ND	13.40	ND	48.49	0.04
주말농장10	5.15	0.03	0.06	ND	29.30	ND	28.66	0.12	13.19	ND	91.40	0.22
주말농장11	N.D.	0.05	ND	ND	64.34	0.01	27.99	0.04	8.80	ND	60.02	ND
주말농장12-1	N.D.	0.03	ND	ND	71.99	0.01	34.28	0.00	6.69	ND	54.29	ND
주말농장12-2	N.D.	0.03	ND	ND	50.51	0.01	36.76	ND	11.93	ND	71.42	0.06
주말농장12-3	N.D.	0.04	ND	ND	62.91	ND	26.68	0.05	8.42	ND	66.51	ND
주말농장13-1	10.70	0.10	0.25	ND	30.50	ND	41.96	0.33	13.44	ND	86.23	ND
주말농장13-2	N.D.	0.07	ND	ND	47.88	0.01	39.97	0.20	7.40	ND	63.81	ND
주말농장14-1	0.97	0.05	0.02	ND	40.22	ND	47.87	0.28	15.33	ND	77.42	ND
주말농장14-2	4.11	0.05	0.21	ND	42.86	0.01	27.63	ND	14.42	ND	69.83	ND
주말농장15	N.D.	0.04	ND	ND	66.42	ND	39.11	0.08	11.66	ND	65.51	ND
주말농장16	N.D.	0.03	ND	ND	39.96	ND	47.17	0.01	14.61	ND	84.25	ND

주말농장17-1	2.55	0.03	ND	ND	23.92	0.01	29.77	ND	12.27	ND	61.35	ND
주말농장17-2	N.D.	0.03	ND	ND	21.12	0.01	32.33	0.09	11.06	ND	90.66	0.13
주말농장17-3	N.D.	0.04	ND	ND	21.43	0.01	34.16	0.08	12.55	ND	107.21	ND
주말농장18	1.76	0.04	0.10	ND	17.13	0.01	21.32	0.07	12.10	ND	69.00	ND
주말농장19-1	N.D.	0.08	0.02	ND	46.41	0.01	32.85	0.25	16.23	ND	74.05	ND
주말농장19-2	0.76	0.10	0.09	ND	52.42	0.01	35.23	0.18	22.12	ND	75.36	ND
우려기준 [§]	25	-	4	-	-	-	150	-	200	-	300	-
대책기준 [§]	75	-	12	-	-	-	450	-	600	-	900	-

* T: total; P: phytoavailable

* Not detected

§ 동경지 토양오염 우려기준, 대책기준(환경부, 2009)

3차년도 연구대상(서울 및 수도권) 도시텃밭 지역 토양의 중금속(Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) 전함량 조사 결과이다 (표 3-26, 3-27). 모든 조사지역에서 As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn의 총농도가 우려기준 이하의 수치를 보였다. 다만 한 텃밭에서 아연 수치가 우려기준치보다 8.4 mg kg⁻¹ 초과한 것으로 나왔으나 우려할 수치는 아닌 것으로 조사되었다.

표 3-26. 3차년도 도시텃밭 지역 토양의 형태별 중금속 함량

Site	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	-----	mg kg ⁻¹	-----
도시텃밭1	N.D.	51.30	56.1	20.1	13.5	189.3			
도시텃밭2-1	N.D.	59.26	53.4	23.1	17.7	144.3			
도시텃밭2-2	N.D.	57.98	59.0	24.5	18.1	162.8			
도시텃밭3-1	N.D.	55.28	33.9	39.4	35.9	136.7			
도시텃밭3-2	N.D.	63.68	53.0	44.8	43.8	169.3			
도시텃밭4-1	N.D.	92.14	51.4	39.5	31.5	121.8			
도시텃밭4-2	N.D.	93.41	44.7	43.0	28.9	120.1			
도시텃밭5	0.17	77.97	72.4	17.4	32.9	297.1			
도시텃밭6-1	N.D.	32.24	29.8	20.5	13.6	114.2			
도시텃밭6-2	N.D.	42.43	22.5	16.9	10.6	156.2			
도시텃밭7-1	N.D.	47.71	34.4	25.9	13.3	104.9			
도시텃밭7-2	N.D.	51.48	40.6	29.5	13.1	131.6			
도시텃밭8-1	N.D.	52.62	39.4	28.9	16.7	118.3			
도시텃밭8-2	N.D.	53.44	32.0	29.7	15.9	109.9			
도시텃밭9-1	N.D.	70.10	19.2	24.0	15.3	87.0			
도시텃밭9-2	N.D.	88.31	18.8	23.1	19.7	73.8			
도시텃밭10-1	N.D.	51.27	29.2	26.8	17.2	134.9			
도시텃밭10-2	N.D.	50.93	34.9	31.0	17.4	146.7			
도시텃밭11	N.D.	39.52	33.5	26.1	34.4	98.5			
도시텃밭12	N.D.	67.59	41.6	38.0	24.2	151.1			
도시텃밭13	N.D.	30.30	24.6	18.4	23.5	135.0			
도시텃밭14	N.D.	30.34	22.5	17.7	17.4	104.0			
도시텃밭15	N.D.	74.76	34.3	32.5	21.5	142.1			
도시텃밭16	N.D.	13.39	31.6	9.6	19.7	308.4			
도시텃밭17	N.D.	20.95	26.9	13.6	19.7	86.3			
도시텃밭18	0.67	44.78	38.9	31.1	58.1	173.6			
도시텃밭19	N.D.	36.35	36.0	18.2	36.7	194.9			

도시텃밭20-1	N.D.	64.79	29.4	32.6	13.7	132.1
도시텃밭20-2	N.D.	60.39	31.4	34.7	19.0	117.5
Max.	0.67	93.41	72.4	44.8	58.1	308.4
Min.	ND	13.39	18.8	9.6	10.6	73.8
Ave.	0.03	54.3	37.1	26.9	22.9	143.5
우려기준 [§]	4	-	150	100	200	300
대책기준 [§]	12	-	450	300	600	900

* Not detected.

§ 농경지 토양오염 우려기준, 대책기준(환경부, 2009).

5. 도시텃밭 식물체 무기원소, 중금속 함량 조사

1차년도 연구대상(서울시) 도시텃밭 지역 식물체의 무기원소(식물영양 생리학적 측면), 중금속(Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) 함량 조사 결과이다 (표 3-28, 3-29, 3-30, 3-31). 하반기 조사 대상지 18개소 중 17개소의 배추시료만을 분석하였다(1개소에서는 농장주가 시료채취를 완강히 거부함). 도시텃밭에서 재배된 배추와 관행농가에서 재배된 배추의 무기원소 간에는 큰 차이가 없어 식물영양 생리학적 측면에서 보았을 때 두 재배방식이 작물 생장에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

표 3-28. 민영·관영 텃밭(유기농업) 재배 배추의 무기원소 함량

Site	T-N	CaO %	K ₂ O	MgO
민영 1	2.91	0.13	0.19	0.11
민영 2	2.31	0.18	0.15	0.12
민영 3	2.68	0.23	0.20	0.05
민영 4	2.21	0.23	0.26	0.07
민영 5	2.50	0.44	0.36	0.09
민영 7	3.03	0.19	0.21	0.06
민영 8	1.99	0.09	0.14	0.07
민영 9	2.22	0.10	0.12	0.10
민영 10	2.86	0.09	0.10	0.10
민영 11	1.77	0.04	0.08	0.10
관영 1	2.20	0.22	0.21	0.06
관영 2	2.59	0.14	0.15	0.08
관영 3	2.57	0.21	0.19	0.05
관영 4	2.47	0.18	0.22	0.10
Max.	3.03	0.44	0.36	0.12
Min.	1.77	0.04	0.08	0.05
Ave.	2.45	0.18	0.18	0.08

표 3-29. 관행농가 재배 배추의 무기원소 함량

Site	T-N	CaO	K ₂ O	MgO
		% -----		
관행 1	2.42	0.09	0.11	0.05
관행 2	2.35	0.10	0.12	0.08
관행 3	3.03	0.19	0.21	0.06
Max.	3.03	0.19	0.21	0.08
Min.	2.35	0.09	0.11	0.05
Ave.	2.60	0.13	0.14	0.06

식물체 미량원소인 Cu, Zn을 제외한 중금속은 검출이 되지 않았다 (표 3-30, 3-31). 농산물의 중금속 안전성에 있어 본 연구 대상지는 문제가 없는 것으로 판단되었다. 농산물의 중금속 안전성을 관리하기 위해 토양 내 식물유효태 중금속 농도와 식물체 중금속 농도의 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다. 또한 토양-식물 간의 중금속 전이는 토양 이·화학성에 의해 영향을 받으므로(Lim et al., 2014) 중금속 분석 외에 도시텃밭 토양의 이·화학성도 함께 고려해야 할 변수이다.

표 3-30. 민영·관영 텃밭(유기농업) 재배 배추의 중금속 농도

	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
			mg kg ⁻¹			
민영 1	ND	ND	4.65	ND	ND	20.40
민영 2	ND	ND	4.85	ND	ND	28.15
민영 3	ND	ND	6.05	ND	ND	22.35
민영 4	ND	ND	5.65	ND	ND	20.60
민영 5	ND	ND	4.10	ND	ND	27.55
민영 7	ND	ND	7.90	ND	ND	19.65
민영 8	ND	ND	5.70	ND	ND	31.15
민영 9	ND	ND	4.40	ND	ND	20.40
민영 10	ND	ND	4.85	ND	ND	69.60
민영 11	ND	ND	5.55	ND	ND	28.00
관영 1	ND	ND	12.82	ND	ND	28.15
관영 2	ND	ND	3.50	ND	ND	27.75
관영 3	ND	ND	7.55	ND	ND	28.50
관영 4	ND	ND	8.35	ND	ND	52.25

* Not detected

표 3-31. 관행농가 재배 배추의 중금속 농도

	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
			mg kg ⁻¹			
관행 1	ND	ND	4.65	ND	ND	20.40
관행 2	ND	ND	4.85	ND	ND	28.15
관행 3	ND	ND	6.05	ND	ND	22.35

* Not detected

2차년도 연구대상(경기도권) 도시텃밭 지역 식물체의 무기원소(식물영양 생리학적 측면), 중금속(As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) 함량 조사 결과이다 (표 3-32, 3-33, 3-34, 3-35). 상반기 21개소의 상추시료, 하반기 19개소 중 18개소의 배추시료를 분석하였다(1개소에서 한 구획은 배추를 재배하지 않았음). 조사된 지역의 상추와 배추 내 무기원소의 함량은 비슷한 양상을 보였다. 토양 중 유효인산과 교환성 양이온 함량은 높은 편이었으나, 식물체 내 함량과는 관련성이 없는 것으로 조사되었다.

표 3-32. 상반기 도시텃밭 지역 재배 상추의 무기원소 함량

Site	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	%
주말농장1	2.84±0.03	0.78±0.00	5.34±0.05	0.44±0.01	1.18±0.03	
주말농장2	3.32±0.05	0.80±0.03	5.58±0.10	0.43±0.01	0.98±0.06	
주말농장3	3.83±0.13	1.66±0.02	7.17±0.18	0.60±0.01	0.98±0.02	
주말농장4	3.90±0.23	1.22±0.04	6.62±0.52	0.65±0.01	1.88±0.06	
주말농장5	3.52±0.16	1.45±0.02	6.41±0.19	0.52±0.03	1.54±0.06	
주말농장6-1	3.48±0.09	1.50±0.03	7.63±0.30	0.55±0.00	0.98±0.01	
주말농장6-2	3.77±0.33	1.60±0.06	6.40±0.61	0.55±0.02	0.94±0.04	
주말농장7	3.00±0.14	1.36±0.06	5.77±0.14	0.45±0.02	1.02±0.15	
주말농장8-1	4.03±0.34	1.54±0.01	7.54±0.11	0.53±0.00	1.45±0.01	
주말농장8-2	3.62±0.09	1.12±0.01	3.91±0.53	0.45±0.00	1.10±0.01	
주말농장8-3	3.48±0.28	1.05±0.11	5.48±0.81	0.56±0.05	1.40±0.12	
주말농장8-4	4.01±0.03	1.37±0.02	5.46±1.13	0.55±0.04	1.14±0.01	
주말농장9-1	3.62±0.04	1.54±0.04	6.23±1.54	0.58±0.01	1.46±0.04	
주말농장9-2	3.59±0.11	1.76±0.06	5.42±0.64	0.56±0.01	1.48±0.05	
주말농장10-1	3.74±0.12	1.64±0.07	6.02±0.33	0.68±0.01	1.83±0.02	
주말농장10-2	3.49±0.42	1.46±0.23	5.80±1.71	0.62±0.09	1.35±0.18	
주말농장11-1	3.50±0.16	1.52±0.05	5.76±1.77	0.60±0.02	1.34±0.06	
주말농장11-2	3.17±0.09	0.95±0.05	6.21±0.15	0.61±0.01	1.41±0.06	
주말농장11-3	3.50±0.02	1.20±0.01	6.47±0.15	0.54±0.01	1.28±0.10	
주말농장12	3.13±0.06	1.30±0.02	6.36±1.26	0.66±0.00	1.42±0.16	
주말농장13	3.44±0.13	1.28±0.04	6.62±0.02	0.51±0.01	1.38±0.01	
주말농장14-1	3.69±0.05	1.17±0.03	5.43±0.16	0.92±0.01	2.05±0.01	
주말농장14-2	3.64±0.11	0.95±0.03	4.15±0.12	0.89±0.01	1.52±0.04	
주말농장14-3	3.49±0.05	1.28±0.02	6.29±0.18	0.71±0.01	1.72±0.07	
주말농장15-1	2.43±1.69	1.03±0.02	6.67±0.75	0.42±0.01	1.45±0.04	
주말농장15-2	3.08±0.09	1.15±0.02	6.20±0.23	0.41±0.01	1.57±0.04	
주말농장16-1	3.01±0.05	1.26±0.03	6.57±0.25	0.49±0.01	0.90±0.05	
주말농장16-2	3.05±0.04	1.06±0.01	7.34±0.50	0.43±0.00	1.53±0.05	
주말농장17	3.37±0.13	1.30±0.02	7.34±0.33	0.61±0.00	1.53±0.04	
주말농장18	2.16±0.03	1.14±0.05	6.44±0.20	0.55±0.01	2.42±0.09	
주말농장19-1	3.04±0.09	0.98±0.02	5.76±0.35	0.65±0.02	1.84±0.09	
주말농장19-2	3.18±0.13	1.55±0.03	6.43±0.16	0.81±0.01	2.31±0.02	
주말농장19-3	3.04±0.03	1.10±0.05	7.65±0.05	0.68±0.01	2.31±0.03	
주말농장20	2.90±0.09	0.73±0.03	6.76±0.30	0.82±0.00	1.87±0.00	
주말농장21-1	3.19±0.15	0.97±0.08	7.62±0.12	0.47±0.01	1.65±0.01	
주말농장21-2	3.04±0.09	1.14±0.07	7.71±0.21	0.45±0.01	1.29±0.02	

표. 하반기 도시텃밭 지역 재배 배추의 무기원소 함량

Site	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
				%	
주말농장1	2.46±0.20	0.79±0.02	3.27±1.07	1.15±0.01	7.11±1.61
주말농장2	2.75±0.08	0.70±0.03	3.06±0.30	0.70±0.01	6.11±0.38
주말농장3	2.16±0.05	0.88±0.03	4.07±1.20	1.58±0.07	5.90±1.00
주말농장4	2.53±0.05	1.15±0.03	4.92±0.37	1.10±0.03	7.73±0.85
주말농장5-1	2.78±0.10	0.88±0.02	3.68±0.34	1.17±0.02	4.31±0.13
주말농장5-2	2.23±0.20	1.03±0.04	4.69±0.61	1.34±0.09	4.97±0.34
주말농장5-3	2.75±0.03	0.82±0.02	4.75±1.13	1.57±0.01	4.00±0.21
주말농장6	2.55±0.04	0.96±0.03	4.46±0.68	1.21±0.00	4.81±0.19
주말농장7-1	2.72±0.10	0.85±0.02	5.27±0.95	0.87±0.01	5.62±0.27
주말농장7-2	2.42±0.13	0.75±0.03	3.48±0.89	0.95±0.02	4.55±1.03
주말농장7-3	2.25±0.07	1.11±0.03	3.48±0.71	1.06±0.01	4.91±1.14
주말농장7-4	2.81±0.12	1.11±0.03	4.62±0.66	1.30±0.01	6.46±0.80
주말농장8-1	2.78±0.07	1.02±0.05	4.53±0.95	0.99±0.01	5.58±0.59
주말농장8-2	2.60±0.09	0.76±0.02	4.53±0.20	0.93±0.02	4.40±0.13
주말농장9-1	2.58±0.03	0.79±0.01	3.48±0.39	1.16±0.02	4.50±0.42
주말농장9-2	2.95±0.05	0.76±0.01	4.21±0.64	0.76±0.01	5.23±0.44
주말농장9-3	2.45±0.03	0.76±0.02	3.56±0.72	0.84±0.03	4.74±0.78
주말농장10	3.02±0.36	0.81±0.04	5.56±0.18	0.99±0.01	4.31±0.46
주말농장11	3.20±0.32	0.79±0.02	4.17±0.91	1.37±0.02	4.82±0.40
주말농장12-1	2.85±0.08	1.06±0.02	4.08±0.52	0.83±0.01	4.86±0.44
주말농장12-2	2.73±0.06	1.09±0.03	3.87±0.97	0.77±0.02	5.17±0.51
주말농장12-3	2.24±0.07	0.67±0.03	2.76±0.38	1.07±0.03	4.12±1.15
주말농장13-1	2.46±0.07	0.95±0.04	3.85±0.44	0.60±0.01	5.70±0.74
주말농장13-2	1.91±0.06	0.86±0.02	2.55±0.20	0.61±0.02	4.04±0.66
주말농장14-1	2.57±0.02	0.89±0.05	3.32±0.09	1.19±0.02	3.89±0.20
주말농장15	1.89±0.06	0.85±0.01	3.21±0.15	1.17±0.02	4.81±0.33
주말농장16	1.95±0.09	0.98±0.04	3.18±0.03	0.47±0.00	5.16±0.06
주말농장17-1	2.55±0.04	0.65±0.02	3.88±1.15	0.92±0.03	6.35±1.74
주말농장17-2	2.83±0.11	0.74±0.02	3.73±0.63	0.63±0.47	5.66±0.57
주말농장17-3	2.55±0.07	0.72±0.03	3.17±0.72	0.99±0.04	4.47±1.77
주말농장18	2.44±0.05	0.69±0.01	2.54±0.20	1.27±0.02	3.79±0.80
주말농장19-1	2.62±0.16	0.59±0.01	2.78±0.85	0.44±0.01	4.05±1.29
주말농장19-2	2.65±0.12	0.66±0.01	3.72±1.13	0.47±0.01	5.35±1.46

식물체 미량원소인 Cu, Zn은 모든 농장의 식물체에서 측정되었으며, 그 외의 중금속은 대부분 검출되지 않았다 (표 3-34, 3-35). 식품의약품안전처에서 제시한 농산물의 카드뮴, 납 허용치는 상추/배추 생중량(FW) 기준 카드뮴 0.2 mg kg⁻¹, 납 0.3 mg kg⁻¹ (MFDS, 2009)으로 이를 초과하는 시료는 없었다. 농산물의 중금속 안전성에 있어 본 연구 대상지는 문제가 없는 것으로 판단된다. 농산물의 중금속 안전성을 관리하기 위해 토양 내 식물유효대 중금속 농도와 식물체 중금속 농도의 지속적인 모니터링이 필요하다. 또한 토양-식물 간의 중금속 전이는 토양 이·화학성에 의해 영향을 받으므로 중금속 분석 외에 도시텃밭 토양의 이·화학성도 함께 고려해야 할 변수이다.

표 3-34. 상반기 도시텃밭 지역 재배 상추의 중금속 농도

Site	Cd	Cr	Cu mg kg ⁻¹ (DW)	Ni	Pb	Zn
주말농장1	N.D.	N.D.	6.26	N.D.	N.D.	13.49
주말농장2	0.41	N.D.	9.60	N.D.	N.D.	43.50
주말농장3	0.20	N.D.	10.46	N.D.	N.D.	40.49
주말농장4	N.D.	N.D.	9.38	N.D.	N.D.	41.55
주말농장5	N.D.	N.D.	8.31	N.D.	N.D.	46.10
주말농장6-1	0.06	N.D.	8.87	N.D.	N.D.	57.39
주말농장6-2	0.03	N.D.	8.22	N.D.	N.D.	50.13
주말농장7	0.06	N.D.	5.98	N.D.	N.D.	26.35
주말농장8-1	N.D.	N.D.	8.15	N.D.	N.D.	27.95
주말농장8-2	N.D.	N.D.	8.27	N.D.	N.D.	32.44
주말농장8-3	0.19	N.D.	7.72	N.D.	N.D.	37.02
주말농장8-4	0.02	N.D.	9.49	N.D.	N.D.	29.39
주말농장9-1	0.06	N.D.	8.53	N.D.	N.D.	52.06
주말농장9-2	0.05	N.D.	8.52	N.D.	N.D.	52.80
주말농장10-1	N.D.	N.D.	12.05	N.D.	N.D.	59.32
주말농장10-2	N.D.	N.D.	9.46	N.D.	N.D.	72.23
주말농장11-1	N.D.	N.D.	8.66	N.D.	N.D.	60.17
주말농장11-2	N.D.	0.62	10.68	N.D.	N.D.	35.55
주말농장11-3	N.D.	N.D.	9.41	N.D.	N.D.	54.86
주말농장12	N.D.	N.D.	7.59	N.D.	N.D.	79.36
주말농장13	0.11	1.36	7.03	N.D.	N.D.	30.97
주말농장14-1	N.D.	0.59	6.11	N.D.	N.D.	26.67
주말농장14-2	N.D.	0.54	8.92	N.D.	N.D.	32.04
주말농장14-3	0.18	N.D.	8.01	N.D.	N.D.	26.94
주말농장15-1	N.D.	N.D.	8.14	N.D.	N.D.	27.63
주말농장15-2	N.D.	N.D.	6.43	N.D.	N.D.	25.35
주말농장16-1	N.D.	N.D.	7.06	N.D.	N.D.	44.26
주말농장16-2	0.58	N.D.	10.76	N.D.	N.D.	41.82
주말농장17	N.D.	4.45	9.15	4.24	N.D.	45.23
주말농장18	N.D.	3.46	9.00	2.54	N.D.	56.48
주말농장19-1	N.D.	N.D.	8.73	N.D.	N.D.	37.88
주말농장19-2	N.D.	N.D.	9.77	N.D.	N.D.	67.46
주말농장19-3	N.D.	N.D.	7.96	N.D.	N.D.	47.19
주말농장20	0.15	1.09	7.77	2.13	N.D.	59.89
주말농장21-1	0.14	N.D.	8.97	N.D.	N.D.	49.85
주말농장21-2	0.62	N.D.	14.65	N.D.	N.D.	63.51

* Not detected.

표 3-35. 하반기 도시텃밭 지역 재배 배추의 중금속 농도

Site	Cd	Cr	Cu mg kg ⁻¹ (DW)	Ni	Pb	Zn
주말농장1	N.D.	N.D.	21.45	N.D.	N.D.	15.76
주말농장2	0.04	N.D.	1.02	N.D.	N.D.	16.41
주말농장3	0.06	N.D.	0.21	N.D.	N.D.	13.20

주말농장4	N.D.	N.D.	0.40	N.D.	N.D.	25.30
주말농장5-1	N.D.	N.D.	1.75	N.D.	N.D.	14.10
주말농장5-2	N.D.	N.D.	0.29	N.D.	N.D.	14.78
주말농장5-3	N.D.	N.D.	1.46	N.D.	N.D.	16.77
주말농장6	N.D.	N.D.	2.20	N.D.	0.19	29.12
주말농장7-1	N.D.	N.D.	0.51	N.D.	N.D.	12.10
주말농장7-2	0.02	N.D.	2.77	N.D.	N.D.	11.29
주말농장7-3	0.02	N.D.	0.67	N.D.	N.D.	17.34
주말농장7-4	N.D.	N.D.	0.57	N.D.	N.D.	12.78
주말농장8-1	0.01	N.D.	2.61	N.D.	0.34	21.21
주말농장8-2	N.D.	N.D.	0.99	N.D.	0.21	11.44
주말농장9-1	N.D.	N.D.	1.68	N.D.	0.09	24.64
주말농장9-2	0.20	N.D.	2.77	N.D.	N.D.	13.88
주말농장9-3	0.02	N.D.	0.97	N.D.	N.D.	7.55
주말농장10	N.D.	N.D.	1.57	N.D.	N.D.	45.87
주말농장11	N.D.	N.D.	0.33	N.D.	N.D.	N.D.
주말농장12-1	N.D.	N.D.	1.81	N.D.	0.12	20.37
주말농장12-2	0.02	N.D.	0.90	N.D.	N.D.	13.57
주말농장12-3	0.04	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
주말농장13-1	N.D.	N.D.	1.24	N.D.	N.D.	5.07
주말농장13-2	N.D.	N.D.	1.38	N.D.	N.D.	6.76
주말농장14-1	N.D.	N.D.	0.91	N.D.	N.D.	21.15
주말농장15	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.46	14.46
주말농장16	N.D.	N.D.	2.35	N.D.	0.06	23.51
주말농장17-1	0.01	N.D.	1.20	N.D.	N.D.	30.51
주말농장17-2	0.04	N.D.	3.23	N.D.	N.D.	158.76
주말농장17-3	N.D.	N.D.	0.79	N.D.	N.D.	39.51
주말농장18	0.04	N.D.	1.35	N.D.	N.D.	20.97
주말농장19-1	0.14	N.D.	1.54	N.D.	N.D.	23.82
주말농장19-2	0.32	N.D.	2.09	N.D.	N.D.	27.74

6. 도시텃밭 토양질 평가를 위한 최소단위군 구축 및 토양질의 정량적 평가(scoring system)를 통한 도시텃밭 토양질 평가체계 구축(1~3차년도 통합, 62개소 130개 도시텃밭 토양 대상)

도시텃밭 토양질 평가체계 구축 과정은 다음과 같다. 첫 단계로 주성분 분석을 통한 도시텃밭 토양질 평가용 주요 변수를 도출한다 (최소단위군 선정·구축). 도시 텃밭의 화학적 토양질 평가를 위한 최소단위군 선정을 위해 도시 텃밭의 화학성 분석 항목인 pH, EC, 유기물, 유효인산, CEC, 전질소, 교환성 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 항목 데이터를 주성분 분석에 이용하였다. 주성분 분석 결과 (표 3-36), 고유값 (eigenvalue)이 1 이상인 주성분이 총 3개이며, 이들의 축적지수 (cumulative)는 72.3%였다. 주성분 1 (PC1)에서 고유벡터 값이 큰 항목은 유기물 함량, 전질소였고, 주성분 2 (PC2)에서 고유벡터 값이 큰 항목은 EC였다. 주성분 3 (PC3)에서 고유벡터 값이 큰 항목은 pH였다. 이 결과를 바탕으로 도시 텃밭 토양 질 평가를 위한 지표로 전질소, 유기물, EC, pH를 포함한 4개 인자들을 선정하였다.

표 3-36. 주성분 분석 결과

Eigenvector	Principal component, PC		
	PC1	PC2	PC3
pH	-0.232	0.110	0.801
EC	-0.005	0.843	0.008
Organic matter, OM	0.915	0.174	-0.044
Available P ₂ O ₅	0.576	0.369	-0.448
Total nitrogen, TN	0.921	0.205	-0.039
Cation exchangeable capacity, CEC	0.898	0.008	-0.014
Exchangeable K ⁺	0.479	0.721	0.065
Exchangeable Ca ²⁺	0.369	0.209	0.748
Exchangeable Mg ²⁺	0.566	0.140	0.103
Exchangeable Na ⁺	0.204	0.751	0.346
Eigenvalue	3.604	2.080	1.540
Percent (%)	36.04	20.80	15.40
Cumulative percent (%)	36.04	56.84	72.25

두 번째 단계로 도시텃밭 토양의 개별 화학적 지표별 정량적 평가를 실시하였다. 토양 질의 정량적 평가는 토양의 건전성 평가방법으로서 도시텃밭 토양특성과 토양의 주요기능과의 관계를 고려하여 토양특성을 점수화(scoring)하는 것이다. 정량적 평가를 위해 토양특성 값의 등급화가 필요하며, 이를 위해 표준등급 모델을 산출하여야 한다. 연구대상 도시농업지 토양특성 중 선정된 4개 토양특성 수치를 정규분포화 된 값으로 변환하기 위해 표준등급화 함수를 이용하여 4개 토양특성 수치를 점수화하였다. 4개 토양특성 중 pH, EC는 최적범위가 있는 변수(optimum), 유기물, 전질소는 높을수록 좋은 변수 (more is better)임 (Andrews et al., 2002; Smith and Doran, 1996; Tiessen et al., 1994). 각 토양특성의 점수를 표준등급화 함수의 매개변수를 달리하여 산정하였다.

최소 0부터 최대 1까지의 점수로 변환된 130개 토양의 전질소, 유기물, EC, pH 지표별 점수 분포도를 살펴본 결과, 변환된 화학성 지표 점수가 0.5점 이하인 토양의 개수 비율은 pH 항목에서 75%, EC 항목에서 49%, 유기물 항목에서 26%, 전질소 항목에서 38%인 것으로 나타났다 (그림 3-15).

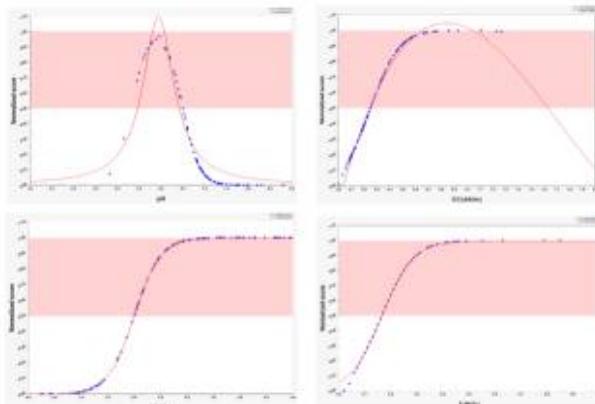


그림 3-15. 서울 및 수도권 지역 도시텃밭 토양의 화학적 지표별 점수 분포

130개 도시농업 토양의 각 지표별 평균 점수는 pH 0.26, EC 0.56, OM 0.71, T-N 0.60

인 것으로 조사되었다 (그림 3-16). 도시텃밭 토양질 주요지표 중 토양 pH가 가장 관리가 시급한 지표임을 확인할 수 있었다. 향후 도시텃밭별 또는 텃밭 내 구획별 토양질 radar plot을 제시한다면 도시민들이 토양 환경의 전전성을 쉽게 파악 할 수 있을 것으로 판단된다.

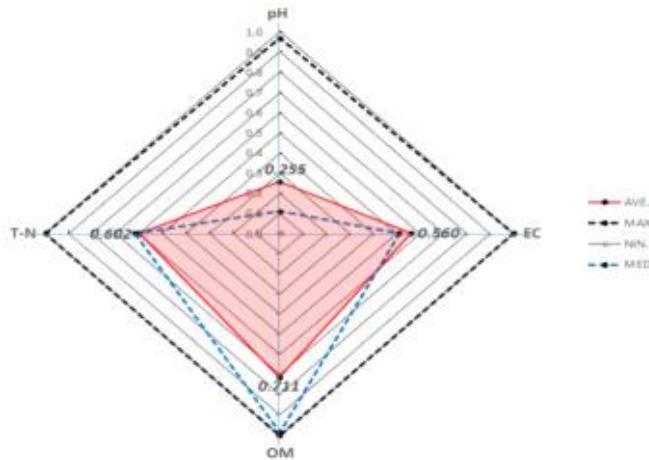


그림 3-16. 서울 및 수도권 지역 도시텃밭 토양의 화학적 지표별 평균, 최대, 최소, 중앙값(radar plot)

세 번째 단계로 도시텃밭 토양질 정량적 평가를 통한 토양질 지수(Soil Quality Index)를 산정하였다 (그림 3-17). 개별로 조사한 도시텃밭 주요 화학적 지표 점수를 지표별 가중치를 반영한 토양 질 지수 산정식에 대입하여 토양 질 지수(soil quality index, SQI)를 계산하였다. 토양 질 지수는 최소 0부터 최대 1까지 산출된다. 최소단위군 선정에 이용했던 주성분 분석 결과로부터 도출한 pH, EC, 유기물, 전질소의 가중치는 각각 0.154, 0.208, 0.180, 0.180인 것으로 나타났다. 이 가중치를 반영한 토양 질 지수 계산식은 다음과 같다.

$$\text{Normalized } \text{SQI} = \frac{(0.180 \times TN + 0.180 \times OM + 0.208 \times EC + 0.154 \times pH)}{0.722}$$

앞의 식을 이용하여 구한 130개 도시 텃밭 토양의 토양 질 지수는 평균 0.543, 최소 0.109, 최대 0.964인 것으로 나타났다.

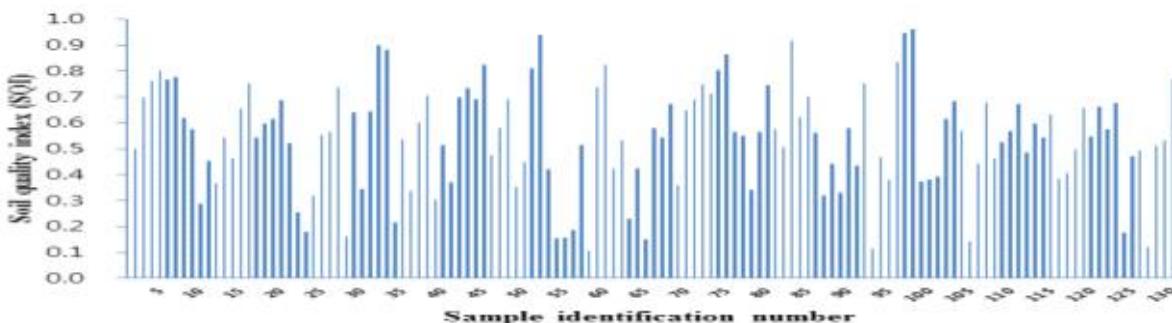


그림 3-17. 연구대상 도시텃밭 토양질 지수(Soil Quality Index, SQI)

도시텃밭 토양질 평가 체계에 대한 검증 과정을 거쳤다. 2014, 2015년에 수도권 도시텃밭을 대상으로 하여 구축한 도시텃밭 토양질 평가체계의 검증을 위한 연구로서 기존에 구축한 평가체계에 2016년 조사한 도시텃밭 토양의 화학성 데이터를 적용하여 유사한 연구결과가 도출되는지 확인하는 방식을 사용하였다. 2014년, 2015년 연구결과에서 주성분 분석을 통해 도출된 도시텃밭 화학성 중요 변수는 유기물, 전질소, EC, pH인 것으로 나타났다 (그림 3-18). 2016년에 조사한 도시텃밭 토양 화학성을 기데이터와 함께 분석하여 비슷한 결과가 도출되는지 확인하였다. 2016년 조사한 서울, 경기지역 도시텃밭 29지점 토양 화학성 분석 결과를 기존의 데이터에 추가하여 주성분 분석을 한 결과, 2014년/2015년 분석결과와 유사한 토양특성이 도출되었다 (그림 3-19). 2016년 주성분분석 결과, 2014년/2015년과 유사하게 유기물, 전질소, EC, 교환성 나트륨, pH가 주요 토양특성(변수)로 나타났다. 따라서 도시텃밭 토양질 평가 체계 구축 과정이 적절했다고 판단하였다.

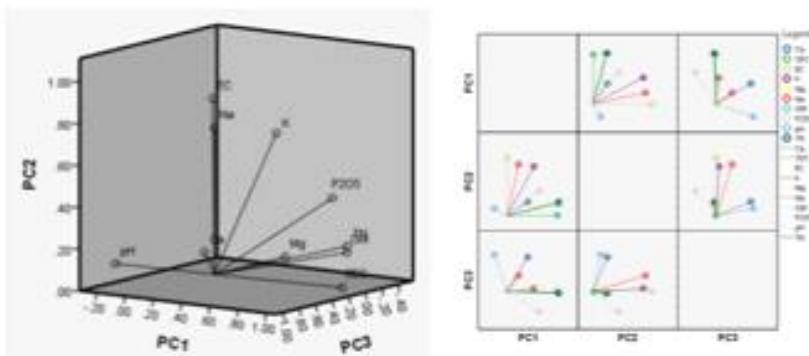


그림 3-18. 1, 2차년도 주성분 분석 결과

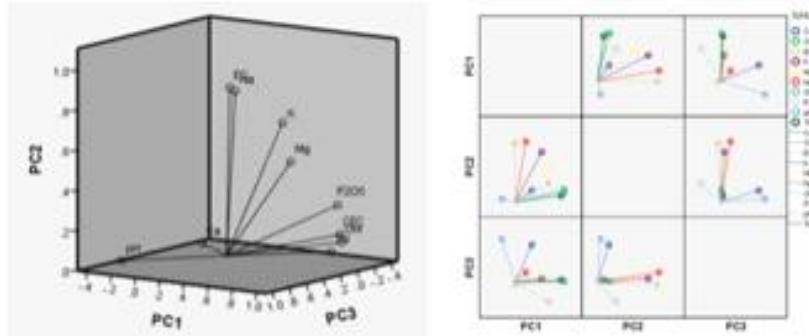


그림 3-19. 3차년도 주성분 분석 결과

7. 안전한 도시 텃밭 조성을 위한 텃밭 건전성 평가 방법 및 관리 방안 제시

도시텃밭의 중금속 안전 관리 기준 마련을 위해 미국, 캐나다, 유럽 등 해외의 도시텃밭 안전 관리 방안 및 가이드라인 관련 자료를 조사하였다. 조사 내용은 표 3-37과 같다.

표 3-37. 선진 외국의 도시농업 안전성 관리 관련 자료 주요 내용

자료명	연급 주제	내용
『SOIL CONTAMINATION AND URBAN AGRICULTURE』(캐나다, McGill University)	토양 오염 source	<ul style="list-style-type: none"> - 토양 오염은 여러 가지 원인에서 비롯 될 수 있음. - 과거의 토지 이용으로 인한 오염 물질의 토양 유입 가능성이 있음. 예를 들어 주유소 또는 정비소 차고로 이용되었던 토지가 있음. 또한 도로 등 납 또는 수은과 같은 중금속을 유발하는 기타 구조물이 강우에 의

		해 유실되어 오염물이 토양으로 유입될 수 있음. - 토양 오염 물질은 지하수 및 토양수의 이동을 통해 유입될 수 있음.
	도시농업에 서 수용가 능한 토양 오염 수준	- 도시텃밭 토양은 토양에 자연적으로 존재하는 수준 이상의 오염 물질이 없는 것이 이상적임. 그러나 특히 도시 환경에서는 토양 오염 물질이 자연 수준을 초과 할 수밖에 없음. - 정부의 모든 수준에서 허용되는 토양 오염의 허용 기준에 대한 표준 기준이 있음. 보통 토지의 산업, 주거 또는 농업 사용과 관련된 서로 다른 기준이 있음. 이들 중 농업에 이용되는 토양은 가장 엄격한 기준이 적용됨.
	도시텃밭의 토양 오염 도 수준 평 가법	- 토양 오염을 평가하는 주요 형태는 토양 테스트임. 일반적으로 토지에 대한 여러 샘플을 채취한 다음 분석을 위해 실험실로 가져감. 테스트 비용은 테스트에서 다루는 오염 물질의 범위에 따라 크게 다를 수 있음. 검사 대상 오염원이 많을수록 검사 비용이 높아짐. 캐나다의 토양 테스트 실험실 목록을 자료에 첨부함. - 테스트 비용을 줄이기 위해 취할 수 있는 조치가 있음. 시험 할 필요가 있는 오염 물질의 범위를 좁히기 위해 이전의 토지 이용에 대한 검토를 수행한 후 잠재적인 오염원이 있는지를 결정함. 이것은 토지이용 내역 검토를 통해 확인 가능함. 토지이용 내역 검토는 지역구 행정관할 부서에 의뢰하여 확인해 볼 수 있음.
BROWNFIELDS AND URBAN AGRICULTURE: Interim Guidelines for Safe Gardening Practices (미국, EPA)	도시농업지 선정을 위 한 가이드 라인	- 도시농업지로 선정하고자 하는 부지 주변의 건물 확인 필요함. 실제 도시농업 활동을 시작하기 전에 부지에 대한 충분한 정보를 수집하여 추가 부지를 조정 할 수 있도록 하는 것이 중요함. - 남겨진 오염 가능성에 대한 조사가 필요하며, 대부분의 상업 및 산업 시설에 대한 특수 환경 평가가 필요함. - 부지의 이전 용도에 대해 더 많은 이력을 확인하는 것이 중요함..
Urban Gardening - Managing the Risks of Contaminated Soil (http://dx.doi.org/10.1289/ehp.121-A326.)	도시텃밭을 위한 최적 관리	- 기존 도로와 철도에서 멀리 텃밭을 조성하고, 울타리를 세워 바람으로 인해 불러 들어오는 공기 매개 오염물을 줄임. - 멀칭, 돌 또는 벽돌을 사용하여 토양 및 통로를 덮음. - 텃밭 토양에 덮개를 덮어 먼지와 토양의 번짐을 줄이고 잡초를 제거하며, 토양 온도와 습도를 조절하고 유기물을 첨가함. - 토양 pH를 중성으로 유지하고, 토양 구조를 개선하기 위해 토양 개량제를 사용함. - 복토를 하는 경우 안전성이 인증된 토양을 사용함.

이 조사결과를 바탕으로 우리나라 실정에 적합한 도시텃밭 중금속 안전 관리 기준을 제시하고자 하였다.

- 작물을 재배하기 전, 토양시료를 채취하여 중금속(As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)을 분석한 후 그 결과치를 환경부의 ‘토양오염 우려 및 대책기준(1지역)’기준과 비교하여 텃밭 토양의 중금속 안전성을 평가할 것.
- 도시텃밭을 조성하기 전 부지의 용도 이력을 조회하여 부지 내 토양의 안전성을 예측할 것.
- 도시텃밭 토양을 객토 또는 복토할 때 외부로부터 가져오는 토양의 안전성 검사를 사전에 실시할 것.

- 도시농업에 이용되는 농자재 중 병해충 관리 제재 등은 중금속 성분이 함유되어 있는 경우가 있으므로 이와 관련된 제재 사용에 주의를 기울일 것.
- 도시텃밭 인근 교통량이 많은 도로는 공기 매개 오염물이 오염 source가 될 수 있으므로 이런 곳은 토양 표면을 멀칭하거나 재배한 작물을 깨끗이 세척해서 섭취할 것.

또한 도시텃밭용 토양 양분 건전성 평가방법 및 관리 방안을 제시하고자 하였다. 토양 양분 건전성 평가를 통한 도시농업 토양 관리 방안은 다음과 같다. 도시텃밭 농장주 또는 도시농업인은 당해 작물을 재배하기 전, 자신이 관리하는 구역의 토양시료 채취를 하고, 인근 농업기술센터 또는 도시농업지원센터 등에 토양검정을 의뢰한다. 토양검정 결과 중 토양 pH, EC, 유기물, 전질소 항목 수치를 본 연구에서 구축한 토양질 평가 체계를 통해 각 항목의 건전성을 판단한다. 또한 이 항목들의 표준화된 점수에 가중치를 곱하여 합산한 결과인 토양질 지수로 종합적인 건전성을 평가한다. 평가 결과를 바탕으로 건전성이 다소 떨어지는 것으로 평가 받은 토양 화학성 항목을 친환경 퇴비 또는 화학비료를 적절하게 사용하고, 적정 양분상태에 도달하게 한 후 작물을 재배하는 것을 권장한다. 이와 관련하여 도시농업 관련 단체 및 개인들에게 매뉴얼을 통한 안내를 하고자 한다. 작성한 매뉴얼은 다음과 같다 (그림 3-20).



그림 3-20. 우리 텃밭 토양 건전성 알아보기 매뉴얼 작성

<제4세부과제 : 도시텃밭의 생물적 환경변화 조사>

가. 국내·외 주요 도시텃밭을 대상으로 생물학적 요소 변화 조사 관련 문헌분석

도시농업(urban agriculture)이란 도시 내부에 위치한 소규모 농지에서 수행되는 일련의 농업활동으로, 농산물 공급뿐만 아니라 홍수 및 가뭄예방, 온난화 방지, 공기정화 등 여러 친환경적인 순기능으로 인해 전 세계적인 주목을 받고 있다(황 등, 2010; Pickett 등, 2001). 도시농업이 정착된 국외 모범사례로는 영국과 일본의 얼라트먼트 가든(Allotment garden), 독일의 클라인 가르텐(Klein garten) 미국의 버티컬 팜(Vertical farm)과 함께 도시 전체가 생계형 유기농업을 실시하고 있는 쿠바의 아바나(Havana) 등이 있음(장동현, 2007, 2011; Matos와 Batista, 2013). 이와 같은 도시농업은 채소 및 과수를 도시 인근에서 재배함으로써 도시민들에게 신선한 농작물의 직접적인 제공이 가능하며 사회적·교육적으로 활용가치가 높다고 판단된다(이 등, 2012).

도시농업 환경은 일반 농업 환경과 달리 도시로부터 배출되는 외부오염에 쉽게 노출될 가능성이 있음(Bridges, 1991). 일례로 도시텃밭에 사용되는 토양은 외부로부터 들여오는 경우가 많으며, 이 경우 유입된 토양의 오염 여부 및 그 정도를 파악하기 어려워 기존의 토양과 혼합될 경우 직·간접적으로 토양오염의 원인이 될 수 있다(김 등, 2011; Rossiter, 2007). 특히 도시텃밭 내 작물의 생장 증진 효과를 목표로 화학비료, 퇴비 등을 과다 투입할 경우 도시 비점오염원으로써 주변 환경을 악화시킬 수 있어 이에 대한 관리가 필요하다.

현대인의 생활수준 향상에 따라 도시농업이 가지고 있는 폭넓은 레저기능(주말/체험농장 등)이 주목 받고 있으며, 따라서 전술한 오염가능성에 대한 종합적인 환경평가 및 관리가 필요할 것으로 판단된다. 하지만 도시농업과 관련된 국내의 연구는 매우 미흡한 실정이며 특정 유·무기오염물질에 대한 국지적 오염원 정화에만 초점이 맞추어져 있어 보다 포괄적인 연구가 절실한 상황이다.

토양질을 평가할 수 있는 지표는 크게 물리·화학·생물학적 지표로 분류되며, 각 지표를 통해 최소자료군(minimum data set)을 구축하여 상황에 맞게 토양질(soil quality)을 평가하는 것이 효과적이라고 판단된다(옥 등, 2005; Lorenz와 Kandeler, 2005). 토양효소(soil enzyme)는 토양의 생물학적 지표로써 토양질 변화에 대한 반응이 가장 빠르게 나타나므로 예측이 어려운 토양 생태계를 직·간접적으로 평가할 수 있음. 일례로 토양효소 중 하나인 탈수소효소(dehydrogenase)는 살아있는 미생물에 존재하며 에너지 생산과정에 유기·무기성분을 분해하거나 변화시키는 역할을 하기 때문에 이에 대한 측정을 통해 실질적인 미생물의 활성도를 유추할 수 있음이 보고된 바 있다(박현, 1998). 토양 호흡(soil respiration)의 경우 토양의 미생물학적 지표 중 하나로써 이로 인해 발생하는 이산화탄소(CO₂)의 측정을 통해 토양질과 비옥도를 직·간접적으로 평가할 수 있으며(Byrne, 2007), 특히 Solvita Vasal Respiration Test Kit는 토양에서 발생되는 CO₂를 포집하여 패드(pad)의 발색정도에 따라 간접적으로 토양 내 생물학적 활성도를 측정할 수 있으며, 이를 통해 다양한 관련 연구들이 수행되었다(Koerner와

Klopatek, 2002).

나. 국내 연구대상 도시텃밭 지역의 선정

본 연구에서는 국내 도시텃밭 토양의 생물학적 요소 변화를 평가하기 위해 1차로 서울특별시 농업기술센터의 협조를 받아 서울 근교의 주말 농장 및 개인 텃밭을 포함한 총 4곳을 연구대상 지역으로 선정하였다. 먼저 4개 지역에 대하여 토양의 특성 및 생물학적 변동을 평가하기 위해 지표로부터 약 30cm 깊이의 토양을 난괴법으로 1차 시료를 채취하였다. 채취된 토양시료는 2mm로 체거름을 실시한 후 7일간 상온에서 풍건을 실시하였고, 1차 채취된 토양에 대한 미생물 군집의 예비평가를 위해 구성 주성분 분석(principal component analysis: PCA), 지방산 메틸 에스테르 분석(fatty acid methyl ester analysis: FAME), 효소 활성도(enzyme activity) 분석을 실시하였다.

2차 토양시료는 추가적으로 20곳을 선정하여 1차 토양시료를 포함하여 총 24곳(유기농법 16개소, 관행농법 8개소)에서 확대 채취하였다. 확대 채취된 2차 토양시료의 경우 1차와 마찬가지로 토양의 특성 및 생물학적 변동을 평가하기 위해 지면으로부터 약 30cm 깊이의 토양을 난괴법으로 채취하였으며, 채취된 토양시료는 2mm로 체거름을 실시한 후 7일간 상온에서 풍건을 실시하였다.

연구대상지역의 구분은 도시텃밭 농장주와 실경작 도시농민들의 서면조사와 청취조사를 통해 수집된 적용농법을 기초로 유기농법 16개소, 관행농법 8개소로 구분하였다. 유기농법 포장은 무기질비료나 기타 토양보조제 등의 처리 없이 자연적으로 발생한 유기물, 미생물 등을 이용하고 있었으며, 관행농법 포장은 무기질비료를 투입하고 있었다.

3차 토양시료는 1, 2차 토양시료와는 별도로 서울시립대학교에서 수도권을 중심으로 36개 지점의 표토(0-15cm)를 채취하여 풍건한 후 2mm 체거름을 실시한 후 토양의 이화학적 특성을 분석하고 중금속 농도를 측정하였다.

표 4-1. 연구대상 도시텃밭 지역의 선정 및 1, 2차 토양시료 채취

연번	지역	농장명	농장위치	비고
1	강동구	둔촌텃밭농원	둔촌동 125-1	유기농법 [†]
2	강동구	암사텃밭농원	암사동 380-2	유기농법
3	강동구	고덕주말농장2	고덕1동 479	유기농법
4	강서구	과해주말농장	오곡동 518-2	유기농법
5	강서구	개화텃밭농장	개화동 643-3	유기농법
6	양천구	신정텃밭농장	신월7동 728-10	유기농법
7*	노원구	천수텃밭농원	중계본동 산114	유기농법
8*	도봉구	무수풀주말농장	도봉1동 469	유기농법
9	서초구	대원	원지동 254-21	유기농법
10	서초구	염곡주말농장	염곡동 26	유기농법
11	서초구	청계주말농장	원지동 530	유기농법
12	송파구	산골주말농장	방이동 436-17	유기농법
13	강서구	1농장	오곡동 417-2	유기농법
14	강서구	2농장	과해동 22-2	유기농법
15	강동구	1농장	강일동 138-21	유기농법
16	강동구	2농장	강일동 33-3	유기농법
17	강동구	개인텃밭	강일동 117-4	관행농법 [‡]
18	강동구	개인텃밭	암사동 300-3, 301, 302, 303	관행농법
19*	강서구	개인텃밭	오곡동 201	관행농법
20*	강서구	개인텃밭	오곡동 537-1	관행농법
21	강서구	개인텃밭	외발산동 398, -1	관행농법
22	강서구	개인텃밭	오곡동 585-4	관행농법
23	강서구	개인텃밭	오곡동 600-1	관행농법
24	강남구	개인텃밭	강남구 율현동	관행농법

*1차 시료 채취 지역

[†] 화학비료나 농약을 전혀 또는 거의 사용하지 않고 작물을 재배하는 농법[‡] 작물의 생산증대를 위해 무기질 비료 및 토양 개량제를 투입하는 농법

표 4-2. 연구대상 도시텃밭 지역의 3차 토양시표 채취 36개소

연번	농장이름	주 소
1	세종주말농원	경기도 고양시 덕양구 성사동 427-4번지
2	원당텃밭	경기도 고양시 덕양구 성사1동 471번지
3	노고산주말농장	경기도 양주시 장흥면 삼상리 190
4	우렁이주말농장	경기도 남양주시 진건읍 신월리 609-6
5	모모주말농장	경기도 구리시 사노동 464-2
6	교동농장87-1	경기도 양평군 양서면 부용리 87-1
7	교동농장87-2	
8	수능리농장	경기도 양평군 서종면 수능리 398-1
9	삼봉리농장1	경기도 남양주시 조안면 삼봉리 375-13
10	삼봉리농장2	
11	삼봉리농장3	
12	삼봉리농장4	
13	장앗뜰주말농장1	경기도 화성시 봉담읍 내리 44번지
14	장앗뜰주말농장2	
15	연꽃주말농장1	경기도 수원시 장안구 하광교동 259
16	연꽃주말농장2	
17	수원시시민농장1	경기도 수원시 권선구 당수동 434
18	수원시시민농장2	
19	수원시시민농장3	
20	수원들꽃농원주말농장	경기도 수원시 상광교동 148-1번지
21	남한산성초성농장	경기도 광주시 중부면 오전리 24번지
22	도마리농장1	경기도 광주시 퇴촌면 도마리 200
23	도마리농장2	
24	도마리농장3	
25	귀여리농장1	경기도 광주시 남종면 귀여리 393-1
26	귀여리농장2	
27	하번천리농장1	경기도 광주시 중부면 하번천리 120
28	하번천리농장2	
29	지월리농장	경기도 광주시 초월면 지월리 680
30	일산산천초목주말농장	경기도 고양시 일산동구 백석동 1127-2번지
31	너른마당주말농장1	경기도 부천시 오정구 고강동 2-20
32	너른마당주말농장2	
33	너른마당주말농장3	
34	화전역농장	경기도 고양시 덕양구 화전동 529
35	논곡동농장1	경기도 시흥시 논곡동 22-2
36	논곡동농장2	

국내 도시텃밭 지역의 토양 생물적 환경변화 분석 실험법

- 토양의 화학적 특성과 생물적 환경변화의 상관관계를 분석하였다.
 - pH와 EC 측정의 경우 시료와 종류수의 비를 1:5로 혼합하여 교반한 후 각각 pH meter(METTLER TOLEDO Sevenmulti, Switzerland)와 EC meter(Orion3 star, Thermo, USA)를 이용하여 측정하였고, 치환성 양이온은 1N ammonium acetate(NH₄OAc)를 이용하여 추출한 후 유도결합플라스마 발광광도계(ICP-OES, GBC Integra XL, Australia)로 측정하였다(농업과학기술원, 2000).
- 전처리 후 피펫법(pipette)을 이용하여 채취된 토양의 토성을 분석하였다(Anderson과 Ingram, 1994)
- 토양의 생물적 지표를 판단하기 위하여 대표적인 토양 효소의 활성을 측정하였다.
 - 탈수효소(dehydrogenase) 활성 분석
 - ① 토양 20g을 CaCO₃ 0.2g과 혼합 후 각각 6g씩 3개의 유리관에 나누어 담고 3% TTC 용액 1mL 및 종류수 2.5mL를 투입한 뒤 혼합하였다.
 - ② 혼합시킨 유리관은 밀봉 후 37°C의 항온배양기에서 24시간 동안 배양을 실시하고, 배양 후에는 methanol 10mL를 넣고 솜과 여과지를 이용하여 추출하였다.
 - ③ 여액은 붉은색 계열의 용액이었으며, 파장 485nm에서 UV spectrophotometer(UV-1800 240V, Shimadzu Corporation, Japan)를 이용하여 탈수효소를 정량하였다(Weaver 등, 1994).
 - 요소가수분해효소(urease) 활성 분석
 - ① 토양 5g에 toluene 0.2mL와 THAM solution 9mL를 메스플라스크에 넣고 혼합함.
 - ② Urea solution 1mL를 투입한 후 토양과 혼합 용액이 들어있는 메스플라스크를 37°C의 항온배양기에서 2시간 동안 배양하고, 이후 KCl-Ag₂SO₄ 35mL를 넣고 교반 뒤 방냉을 실시하였다.
 - ③ 완성된 용액 20mL를 Kjeldah tube에 MgO 2.0g와 함께 투입한 뒤 Kjeldahl(UDK 129, Velp Scientifica, Europe)을 이용하여 분석하였다.
 - ④ 추출된 용액은 4% boric acid 25mL와 지시약이 혼합된 삼각플라스크에 수집하고, 적정 시 0.01M H₂SO₄를 이용하여 수기 적정을 실시하였다.
 - ⑤ 적정 시 0.001M H₂SO₄ 1mL 당 질소 0.028mg으로 계산하고, 이를 이용하여 요소가수분해 효소를 정량하였다(Weaver 등, 1994).
 - 아릴설파타아제(arylsulfatase) 활성 분석
 - ① 토양 1g과 toluene 0.25mL, acetate buffer solution 4mL, *p*-nitrophenyl sulfate solution 1mL를 50mL 메스플라스크에 넣었다.
 - ② 혼합 용액을 토양과 교반시킨 후 37°C의 항온배양기에서 1시간 동안 배양한 후 0.5M CaCl₂ 1mL와 0.5M NaOH 4mL를 혼합 후 여과하였다.
 - ③ 추출한 여액은 400nm의 파장에서 UV spectrophotometer(UV-1800 240V, Shimadzu Corporation, Japan)를 이용하여 아릴설파타아제를 정량하였다(Weaver 등, 1994).
 - 인산가수분해효소(phosphatase) 활성 분석
 - ① 토양 1g에 0.2mL의 toluene을 첨가한 후 1mL의 0.025M *p*-nitrophenyl phosphate(*p*-NPP)와 4mL의 modified universal buffer(pH 6.5)를 넣고 혼합·밀봉하여 37°C의 항온배양기에서 1시간 동안 배양하였다.
 - ② 1시간 배양 후 4mL의 0.5M NaOH와 1mL의 0.5M CaCl₂를 넣어 혼합한 다음, 거름종으로 걸러서 추출된 *p*-nitrophenol을 표준용액과 더불어 400nm의 파장에서 UV spectrophotometer(UV-1800 240V, Shimadzu Corporation, Japan)를 이용하여 인산가수분해효소를 정량을 실시함(Weaver 등, 1994).
 - β -글루코시다아제(β -glucosidas) 활성 분석
 - ① 토양 1g에 modified universal buffer(pH 6.5) 4mL와 0.025M *p*-nitrophenyl β -D-glucopyranoside(PNG) 1mL를 첨가한 후 37°C 항온배양기에서 1시간 동안 배양을 실시하였다.
 - ② 1시간 배양 후 0.5M CaCl₂ 1mL와 0.1M THAM-NaOH 4mL를 첨가해 혼합한 후, 용액을 여과하여 400nm의 파장에서 UV spectrophotometer(UV-1800 240V, Shimadzu Corporation, Japan)를 이용하여 β -글루코시다아제를 정량하였다(Weaver 등, 1994).

○ 도시텃밭 토양의 생물학적 지표로 토양의 기초 호흡량을 측정하였다.

- 토양의 미생물상 지표중 하나인 미생물의 호흡량을 측정하기 위해 Solvita Vatal Respiration Test Kit(Woods End Laboratories, Inc., ME, USA)를 이용하였다.
 - ① 준비된 토양을 40°C에서 24시간 건조시킨 후 측정에 사용하였다.
 - ② 유리병에 비커를 넣고 토양 40g을 투입한 후 20mL의 증류수를 유리병의 기벽을 따라 넣은 후 CO₂ 측정용 패드(pad)가 물에 젖지 않도록 단단히 고정시킨 후 전용 밀폐용 뚜껑 닫았다.
 - ③ 이후 25°C의 항온배양기에서 4시간 동안 보관한 뒤 패드를 꺼내 digital colour reader를 이용하여 CO₂ 발생량을 측정하였다.



그림 4-1. Solvita Vatal Respiration Test Kit를 이용한 CO₂ 발생량 측정

○ 통계분석

- 도시텃밭 토양 내 효소 변화를 평가하기 위하여 SAS package (Ver. 9. 3, SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용한 ANOVA 검정을 실시하였다.
- 각 포장 내에서 반복 시료에 대한 분석값을 산출 한 후 토양의 생물학적 특성간의 유의성 ($p<0.05$)을 검정하였다.

다. 도시텃밭 토양시료 분석결과

토양의 생물학적 환경은 온도, 수분, pH, 유기물, 무기성분의 함량 등 토양의 화학적 조성에 큰 영향을 받는다(서영호와 정영상, 2008). 이에 채취한 토양의 이화학성 분석시 pH, 유기물, 무기성분에 중점을 두어 분석하였다. 평균 pH는 유기농법과 관행농법 포장에서 각각 6.68, 7.17로 나타났으며, 이는 관행농법의 토양관리 시 토양 산성화 방지를 위해 석회질 처리제를 투입함에 따라 높게 나타난 것으로 판단된다. 유기물은 식물 및 토양미생물의 양분뿐만 아니라 미생물의 활성과 다양성을 변하게 하여 식물의 생육이 미생물에 의해 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 이에 유기농법 포장의 평균 유기물 함량이 관행농법 포장보다 높게 나타났으므로 미생물의 활성도와 다양성이 높을 것으로 판단된다. 치환성양이온의 경우 농법에 따라 유의적 차이를 나타냈으며, 칼륨, 칼슘, 마그네슘의 함량이 적정 범위(칼륨: 0.40-0.60cmol₍₊₎/kg, 칼슘: 6.0~7.0cmol₍₊₎/kg, 마그네슘: 2.0~2.5cmol₍₊₎/kg)를 약간 상회하는 것으로 나타났으며, 치환성 양이온은 작물의 뿌리 발육 촉진 및 미생물의 번식 촉진 등의 역할을 하므로 토양 관리 시 결핍되지 않도록 적정 범위를 유지해야 된다고 사료된다.

표 4-3. 유기농법과 무기농법 토양의 이화학적 특성(2014)

	유기농법		관행농법	
	실험군 [†]	대조군 [‡]	실험군	대조군
pH (1:5)	6.68±0.16 a	6.90±0.17 b	7.17±0.05 ab	7.83±0.84 b
EC (dS/m)	0.74±0.16 a	0.22±0.17 b	0.27±0.10 b	0.38±0.04 b
OM (g/kg)	54.08±14.53 a	32.08±29.81 ab	16.59±5.90 b	18.52±2.93 b
Ca (cmol ₍₊₎ /kg)	10.89±1.40 ab	6.09±3.72 b	8.59±1.25 b	19.16±9.56 a
K (cmol ₍₊₎ /kg)	1.62±0.20 a	1.21±1.11 ab	0.59±0.03 b	0.71±0.20 ab
Mg (cmol ₍₊₎ /kg)	2.58±0.26 a	1.42±0.63 b	2.57±0.04 a	1.59±0.22 b
Na (cmol ₍₊₎ /kg)	0.66±0.02 a	0.29±0.22 b	0.36±0.02 b	0.21±0.10 b
P ₂ O ₅ (mg/kg)	1831.33±16.40 a	760.67±611.15 b	372.17±8.08 b	245.67±223.52 b
NO ₃ (mg/kg)	95.83±27.42 a	20.11±18.68 b	15.40±11.62 b	7.70±5.44 b

[†] 유기 및 관행농법이 진행되고 있으며, 작물을 재배중인 포장[‡] 유기 및 관행농법이 진행되고 있지 않으며, 작물을 재배하지 않는 포장

유기농법 포장에서 토양 미생물 활성이 높게 나타났으며, 이는 유기농법이 무기질 비료나 토양 개량제 등의 처리 없이 자연적으로 발생한 유기물, 미생물 등을 이용하므로 토양조건이 미생물의 활성 및 다양성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 반면 무기질비료를 투입한 관행농법 포장은 미생물 다양성 및 군집이 상대적으로 낮게 나타났다. 이는 도시텃밭 내 작물의 생장 증진 효과를 목표로 무기질비료 등의 투입량에 기인한 것으로 판단된다.

표 4-4. 유기농법과 무기농법 토양의 미생물상(2014)

	유기농법		관행농법	
	실험군 [†]	대조군 [‡]	실험군	대조군
그램음성균 (nmol/g)	77.81 a	78.56 a	28.90 b	26.16 b
그램양성균 (nmol/g)	88.02 a	86.57 a	28.69 b	28.31 b
균류 (nmol/g)	16.70 a	12.31 b	3.48 c	2.93 c
방선균류 (nmol/g)	135.09 a	138.00 a	42.76 b	38.21 b
수지상 균근균 (nmol/g)	10.02 a	9.94 a	4.92 b	4.37 b
그램음성균/ 그램양성균 균류/박테리아 글로말린 (μ g/g)	0.91 a	0.89 a	1.03 a	0.94 a
	0.77 a	0.78 a	0.71 b	0.67 c
	1385.80 a	920.47 b	653.72 d	710.07 c

[†] 유기 및 관행농법이 진행되고 있으며, 작물을 재배중인 포장[‡] 유기 및 관행농법이 진행되고 있지 않으며, 작물을 재배하지 않는 포장

여러 선행 연구에서 온도와 수분함량이 효소활성에 큰 영향을 준다고 보고된 바 있다(Anderson, 1991; Kirschbaum, 1995; Koch 등, 2007; Nobili 등, 2006; Paul과 Clark,

1989; Skujins, 1976). 본 연구에서는 선행연구와 비교하였을 때 효소활성이 현저히 낮았는데, 이는 채취된 토양의 풍건 과정에서 효소가 토양콜로이드와 흡착하여 비활성화 형태로 전환되어 상대적으로 반습토에서 측정한 효소 활성도 보다 낮게 나타난 것으로 사료된다.

탈수소효소, 요소가수분해효소의 활성도는 유기농법 포장에서 높게 나타났으며, 농법간의 유의적 차이를 보였다. 이는 효소 활성도와 토양 이화학성간의 상관관계 분석 시 활성도에 영향을 미치는 요인 중 하나인 pH와 정의 관계를 갖기 때문인 것으로 사료된다. 탈수소반응은 탄소 화합물의 산화과정으로 알려져 있으며, 토양호흡의 지수로 사용되기 때문에 탈수소효소의 활성도는 토양 미생물 군집과 토양미생물의 대사 수준을 잘 나타내는 것으로 알려져 있다. 탈수소효소의 활성도 수치는 유기농법 및 관행농법에 따라 각각 평균 2.81 , $3.32 \mu\text{g TPF/g soil/h}$ 로 상대적으로 관행농법의 도시 토양에서 높게 나타났다. 이는 유기농법이 합성화학물질을 사용하지 않고 유기물, 미생물 등을 이용하여 자연적으로 만들어낸 농자재를 사용하는 반면, 관행농법의 경우 무기질비료 등의 처리제 투입으로 인해 양분 균형 등으로 인해 활성도의 차이가 나타난 것으로 판단된다. 요소가수분해효소는 유기질소의 무기화를 촉진시켜 토양 내 미생물들이 이용할 수 있는 질소원(주로 암모니아태 질소)을 공급하는 역할을 수행한다고 알려져 있다(Garcia-Gil 등, 2000). 조 등(1998)의 연구결과 보고에 의하면 토성 및 이화학적 특성에 따라 효소 활성도에 영향을 준다고 보고한 바 있다. 또한 사질토에서 비교적 낮은 효소 활성도를 보이며, 토성이 식질화될수록 증가한다고 보고하였다. 유효인산, 규산, 수분함량 등과 높은 유의적 상관관계가 있고, pH, 유기물, 질소 등과는 상관관계가 없다고 보고하였다.

본 연구 결과는 토양의 이화학성과 효소 활성도 간의 상관관계가 없는 것으로 나타났으며, 선행연구들과 유사하게 유효인산의 함량이 높은 토양에서 상대적으로 높은 활성도가 나타났다. 이는 단순히 유효인산 뿐만 아니라 규산, 수분함량 등에 의한 영향을 받은 것으로 사료된다. 선행연구(김요한, 2011)에서 무처리구($14.67 \mu\text{g NH}_4^+/\text{g soil/h}$)에 비해 무기질 비료($11.94 \mu\text{g NH}_4^+/\text{g soil/h}$)를 처리한 토양에서 효소 활성도가 낮은 것으로 보고하였다. 유사하게 본 연구결과에서도 유기농법($56.93 \mu\text{g NH}_4^+/\text{g soil/h}$)의 토양의 요소가수분해효소 활성도가 관행농법($43.98 \mu\text{g NH}_4^+/\text{g soil/h}$)에 비해 22.75% 유의적으로 높은 것으로 측정되었다. 이는 요소가수분해효소가 암모니아태 질소를 공급하는 중요역할을 수행함으로, 유기농법에서 균형 토양 미생물이 이용하는 질소원 공급을 더 원활히 하였다고 판단된다.

Turner 등(2014)의 연구결과에 의하면 유기물이 많은 토양조건에서의 요소가수분해효소는 유기질소 농도에 의해 활성도가 제한되는 것을 보고한 바 있으며, 상관관계 분석 시 부의 관계를 나타내므로 유사한 경향이 도출된 것으로 판단된다. 이에 과다한 유기물은 일부 효소 활성도에 저해를 줄 수 있으므로 토양 관리 시 고려할 부분으로 판단된다. 아릴설파타제는 농법에 따른 유의적 차이를 나타내지 않았다. Bowles 등

(2014)의 연구결과에 의하면 토양에 존재하는 N^+ 의 농도가 β -글루코시다아제의 활성도에 정의관계를 갖는다고 보고한 바 있지만, 본 연구 결과 상관관계가 나타나지 않았다. 아릴설파타제는 방향족 sulfuric ester, 즉 phenol의 monoestersulfate를 가수분해하는 효소로, 2-hydroxy-5-nitrophenylsulfate이나 4-nitrophenylsulfate을 기질로 사용하는 것으로 알려져 있다. 토양의 황(S) 순환에 중요한 역할을 하며, 아릴설파타제의 활성도는 유기탄소와 정의 관계가 있다고 보고된 바 있다(Tabatabai, 1994). 본 연구에서 아릴설파타제 활성도 분석 결과 유기농법을 시행한 토양에서 평균 $4.52 \mu\text{g } p\text{-PN/g soil/h}$, 관행농법을 시행한 토양에서 $5.12 \mu\text{g } p\text{-PN/g soil/h}$ 로 나타났다. 이는 관행농법의 경우 무기질비료 등의 투입으로 비교적 황이 풍부해져 아릴설파타제의 활성도가 유기농법의 토양보다 높게 나타난 것으로 판단된다.

탈수소효소와 마찬가지로 무기질비료 등을 장기연용 할 경우 비점오염원으로써 도시주변 환경 및 토양질에 악영향을 줄 개연성이 있으며, 토양 산성화 및 염류농도 증가로 인해 향후 관행농법에서의 아릴설파타제 활성도가 유기농법보다 낮아질 것으로 판단된다. 인산가수분해효소는 알칼리성과 산성으로 나눌 수 있으며, 인산가수분해효소의 활성도는 유기농법 포장에서 상대적으로 높은 경향을 나타냈는데, 이는 유효 탄소 함량에 기인한 것으로 판단된다. 전반적으로 관행농법 포장의 효소 활성도가 낮은데, 이는 선행연구(Saha 등, 2008)와 유사한 경향을 보였다. 전반적으로 토양효소 활성도의 일관성이 부족한 것으로 판단되며, 토양의 이화학적 특성 간의 상관관계를 평가하기에 용이하지 않았다. 이는 토양효소가 외부 기온의 변화 및 강우에 의한 수분함량 변화 등의 외부요소에 의해 활성도의 변화가 커던 것으로 판단된다. 결론적으로 볼 때 도시농업의 경작 특성상 뚜렷한 농법에 따른 유의적 차이가 나타나지 않았다.

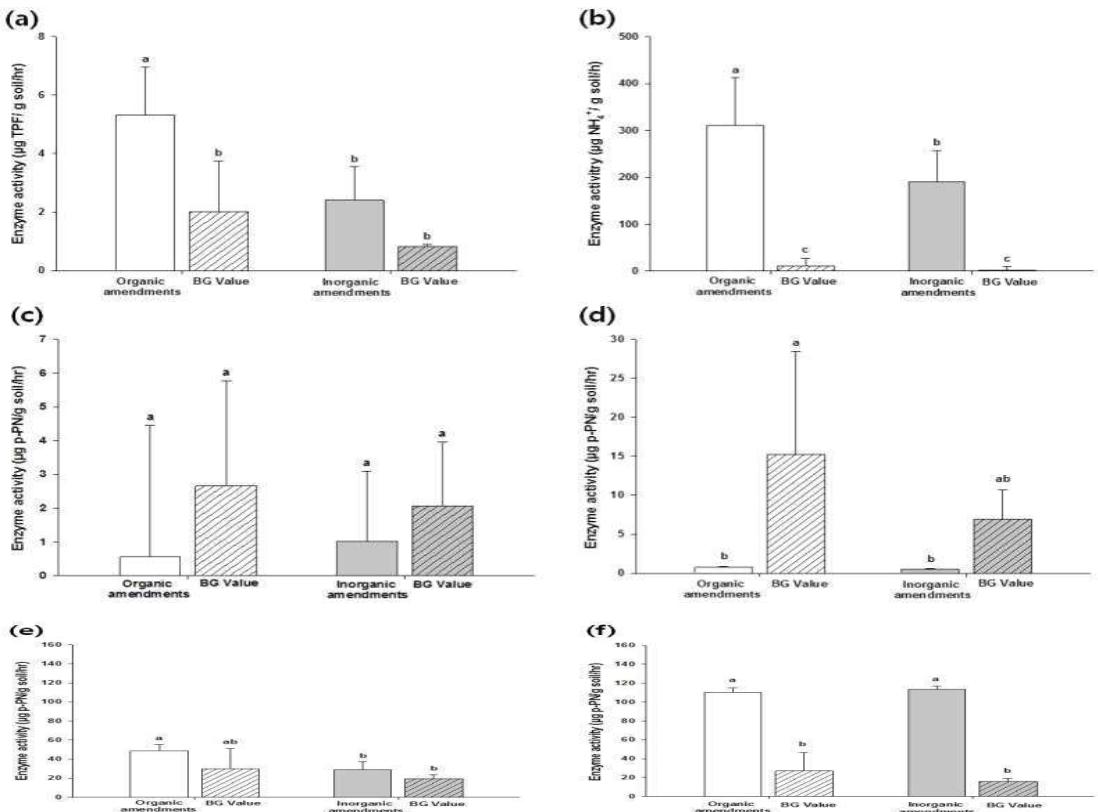


그림 4-2. 도시텃밭 토양에서의 (a)탈수소효소, (b)인산가수분해효소, (c)아릴설파타제, (d) β -글루코시다아제, (e)알칼리성 인산가수분해효소, (f)산성 인산가수분해효소의 활성도 평가

표 4-5. 유기농법포장 토양의 이화학적 특성과 효소 활성도간의 상관관계(2014)

	pH	EC	OM	Ca^{2+}	K^+	Mg^{2+}	NO_3^-
산성 인산가수분해효소 알칼리성 인산가수분해효소 β -글루코시다아제							0.85*
아릴설파타제	0.90*	0.88*	-0.89*	-0.89*			-0.88*
탈수소효소	0.97**	0.98**	-0.98**	-0.98**	0.95**	0.82*	-0.98**
요소가수분해효소	0.83*	0.87*	-0.85*		0.93*		-0.84*

* $p<0.05$, ** $p<0.005$

표 4-6. 관행농법포장 토양의 이화학적특성과 효소 활성도간의 상관관계(2014)

	pH	EC	OM	Ca^{2+}	K^+	Mg^{2+}	Na^+	NO_3^-
산성 인산기수분해효소						-0.83*		
알칼리성 인산기수분해효소	-0.84*	-0.97**	0.99**	0.96**	-0.91*			-0.99**
β -글루코시다아제								
아릴설파타제	-0.92*	-0.98**	1.00***	0.99**	-0.93*		0.92*	-0.99***
탈수소효소		-0.93*	0.93*	0.93*			0.98**	-0.94*
요소기수분해효소					-0.83*			

* $p<0.05$, ** $p<0.005$, *** $p<0.0001$

지방산 메틸 에스테르 분석(fatty acid methyl ester analysis, FAME)은 토양 기능 및 품질을 평가할 수 있는 신속하고 신뢰도가 높은 분석법 중 하나로써, 본 연구에서 토양의 미생물 함량을 관찰하기 위해 미생물이 가지고 있는 고유 세포벽 지방산을 분석하는 FAME 분석을 실시하였다(Schutter와 Dick, 2002). 유기농법에서의 β -글루코시다아제 활성도는 그람양성·음성 박테리아의 수와 정의 상관을 나타냈으며, 이는 무기질비료 투입 시 β -글루코시다아제의 활성도를 저해한다는 결과와 유사하였다(Lee 등, 2011).

FAME 분석을 통해 유기농법과 관행농법에 따라 상호 관계를 갖는 미생물 군집이 각각 다르게 나타났다.

표 4-7. 유기농법포장 토양의 미생물성과 효소 활성도간의 상관관계(2014)

	그램음성 균	그램양성 균	방선균	균류	그램음성 균/그램 양성균	균류/ 박테리아	글로말린
산성 인산기수분해효소	-	-	0.83*	0.87*	-	0.84*	-
알칼리성 인산기수분해효소	-	-	-	-	-	-	-
β -글루코시다아제	0.85*	0.88*	-	-	-	-	-
아릴설파타제	-	-	-	-	-	-	-
탈수소효소	-	-	-	0.86*	-	0.91*	-0.94**
요소기수분해효소	-	-	-	0.89*	-	0.89*	-0.89*

* $p<0.05$, ** $p<0.005$

표 4-8. 관행농법포장 토양의 미생물성과 효소 활성도간의 상관관계(2014)

	그람음성균	그람양성균	균류	술진상균 균근균	그Gram음성균 /그램양성균	글로말린
산성						
인산가수분해효소	-	-	-	-	-	-
알칼리성 인산가수분해효소	0.93*	0.88*	0.98**	0.96**	-0.87*	0.93*
β -글루코시다아제	-	-	-	-	-	-
아릴설파타제	0.90*	0.87*	0.94**	0.94**	-0.87*	0.93*
탈수소효소	-	-	0.90*	0.92*	-	-
요소가수분해효소	-	-	-	-	-	0.86*

* $p<0.05$, ** $p<0.005$

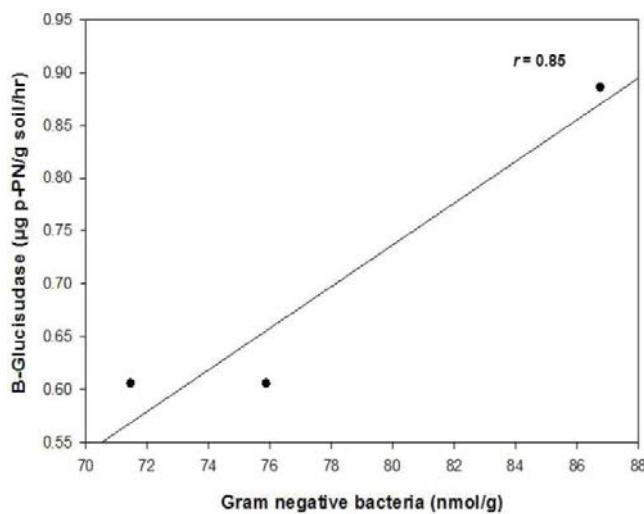
그림 4-3. 유기농법이 투입된 토양의 β -글루코시다아제와 그람음성균의 상관관계(2014)

표 4-9. 유기농법과 관행농법이 적용된 토양에서의 토양효소활성과 지방산의 상관관계(2014, 2015)

	Acid phosphatase	Alkaline phosphatase	β -glucosidase	Arylsulfatase	Urease	Dehydrogenase
<u>Organic fertilizer</u>						
<i>Gram-positive bacteria</i>						
a15:0	0.25	-0.12	0.54	-0.06	0.16	0.23
i15:0	-0.23	0.78**	0.29	0.71*	0.37	0.09
i16:0	-0.44	0.40	0.84**	0.29	0.28	0.17
a17:0	0.02	-0.24	-0.29	-0.30	-0.31	-0.02
i17:0	-0.36	0.45	0.02	0.39	0.09	0.17
cy17:0	-0.61**	0.65*	0.53	0.39	0.08	-0.16
<i>Gram-negative bacteria</i>						
cy19:0 ω 8c	-0.43	0.59*	0.73*	0.37	0.34	0.06
sum in feature 3 (16:1 ω 7c/16:1 ω 6c)	0.17	-0.83**	-0.62*	-0.94***	-0.80**	-0.68*
sum in feature 5 (a18:0/18:2 ω 6, 9c)	0.09	0.69*	0.51	0.83**	0.82**	0.79**
sum in feature 8 (18:1 ω 7c)	0.44	-0.11	0.01	-0.18	0.07	0.06
<i>Actinomycetes</i>						
10Me18:0	0.12	0.41	0.52	0.49	0.75*	0.55
<i>Fungi</i>						
18:1 ω 9c	0.34	0.41	0.39	0.62*	0.68*	0.86**
AMF [#]						
16:1 ω 5c	0.19	0.10	-0.45	0.15	-0.05	0.01
<u>Inorganic fertilizer</u>						
<i>Gram-positive bacteria</i>						
a15:0	0.36	-0.04	0.93	0.46	0.38	0.43
i15:0	-0.55	0.33	0.21	-0.77	-0.65	-0.87*
i16:0	0.10	0.28	0.95**	0.04	0.11	0.01
a17:0	-0.49	0.37	-0.18	0.48	-0.26	0.32
i17:0	-0.69	0.42	-0.36	0.31	-0.46	0.07
cy17:0	-0.79	0.59	0.22	-0.47	-0.76	-0.64
<i>Gram-negative bacteria</i>						
cy19:0 ω 8c	-0.45	0.58	0.25	-0.81*	-0.53	-0.74
sum in feature 3 (16:1 ω 7c/16:1 ω 6c)	-0.73	0.38	0.06	-0.79	-0.81	-0.91*
sum in feature 5 (a18:0/18:2 ω 6, 9c)	0.71	-0.32	0.11	0.83	0.80	0.96**
sum in feature 8 (18:1 ω 7c)	0.25	0.35	0.91*	0.40	0.36	0.35
<i>Actinomycetes</i>						
10Me18:0	0.80	-0.19	-0.03	0.31	0.80	0.66
<i>Fungi</i>						
18:1 ω 9c	0.68	-0.11	0.59	0.87*	0.80	0.92*
<i>Arbuscular mycorrhizal fungi</i>						
16:1 ω 5c	-0.44	0.49	0.42	-0.63	-0.49	-0.69

* $p<0.05$, ** $p<0.005$, *** $p<0.0001$

주성분분석(principal component analysis: PCA) 결과 유기농법을 시행하는 포장에서의 미생물 군집이 관행농법 포장보다 더 높게 나타났다. Ai 등(2012)의 연구결과에 의하면 유기농법은 토양의 미생물의 수와 다양성을 증진시킨다고 보고한 바 있으며, 본 연구결과 또한 같은 경향을 보였다. 효소 활성도 결과와 동일한 경향을 나타내므로 미생물의 군집이 많이 형성된 것으로 판단된다.

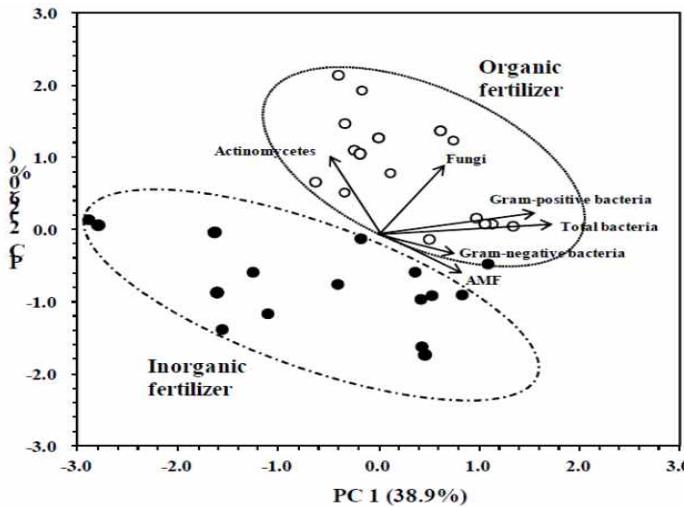


그림 4-4. 도시텃밭 토양의 토양미생물 군집 구성 주성분분석(2014, 2015)

농법(유기농법, 관행농법)에 따른 토양 내 중금속과 토양의 화학적 특성의 상관관계를 평가하였다. 중금속으로 오염되어 있는 토양에서의 효소활성은 중금속의 종류에 따라 상이하지만 일반적으로 감소한다고 알려져 있다(Reddy 등, 1987). 하지만 본 연구 결과에서는 토양 내 효소활성과 중금속은 상관관계가 미비한 것으로 나타났으며, 이는 채취한 토양의 중금속 농도가 토양 효소활성에 영향을 줄 만큼 높지 않았기 때문으로 판단된다. 하지만 관행농법이 투입된 토양의 경우 As의 함량이 제1지역 토양오염 우려 범위를 초과하는 경우(18지역)도 있었지만, 이는 다른 중금속과 다르게 As은 세포내 전환에 의해 독성이 낮은 형태인 AsO_3^{2-} 에서 AsO_4^{3-} 로 산화하여 효소활성에 큰 영향을 끼치지 못한 것으로 판단된다(Mera 등, 1992). 그 외 제1지역 토양오염 우려범위를 초과하지 않은 중금속들은 대부분 농도가 낮을 뿐만 아니라 효소활성과 상관관계가 없는 것으로 판단된다. 중금속의 농도가 우려기준보다 낮고 효소 활성도와 상관관계가 없지만, 중금속으로 인한 작물 피해가 있을 수 있으므로 이를 방지 위해 향후 식물 유효태 중금속 분석 실험이 필요할 것으로 판단된다.

Pb의 경우 화학적 특성상 토양에 강하게 흡착하는 성질이 있으므로 pH의 증가에 따른 금속의 불용화 작용과, 경작 중 혐기적 조건에 의해 유기물과의 흡착, 복합체를 형성하여 안정한 상태가 된 것으로 판단되며, Cu는 호기성 개체의 성장과 생리에 중요한 역할을 수행하는 필수 중금속으로 소량 존재 하므로 개체의 성장과 생리에 긍정적인 영향을 야기한 것으로 사료된다(Nies, 1999). 다만, 다량으로 존재할 경우 세포의 핵산이나 효소활성부위와 결합하여 효소의 불활성화를 초래하는 것으로 알려져 있으므로 토양 관리 시 주의가 필요하다(Gupta 등, 1995). 또한 Howlett와 Avery(1997)의 연구결과에 따르면 Cd는 free-radical을 제거하는 glutathione나 단백질을 통해서 또는 Zn을 함유한 효소의 경우 Zn과 치환됨으로써 세포를 파괴하는 특징을 가지고 있다고 보고한 바 있다. 본 연구에서는 토양 내 중금속의 농도가 낮고 미생물의 저항기작에 의해 중금속이 효소활성에 크게 영향을 끼치지 못한 것으로 판단된다.

표 4-10. 도시농업 토양의 중금속농도와 효소 활성도간의 상관관계 분석(2015)

토양효소	Pb	Cu	As	Cd	Ni	Zn
탈수소효소	0.12	0.04	-0.06	-0.03	-0.18	-0.03
요소가수분해 효소	-0.10	-0.04	0.08	-0.01	0.08	-0.15
아릴설파타제	-0.01	0.12	-0.12	-0.17	-0.02	0.02

토양의 미생물상 지표중 하나인 미생물의 호흡량을 측정하기 위해 Solvita Vatal Respiration Test Kit를 이용하였다(Woods End Laboratories, Inc., ME, USA). 전반적 유기물함량이 높은 포장에서의 CO₂ 발생량이 높았으며, 이는 효소가 유기물을 분해하면서 발생된 것으로 판단된다. 상관관계 분석결과 아릴설파타제의 활성도가 CO₂ 발생량과 정의 관계를 나타내므로, 토양호흡 측정 시 발생한 CO₂의 대부분은 아릴설파타제와 관련된 미생물 군집으로부터 발생된 것으로 추측된다.

표 4-11. 도시농업 토양의 CO₂ 발생량 측정(2015, 2016)

연 번	CO ₂ 발생량(ppm)	비 고
1	3.29	유기농법
2	2.70	유기농법
3	2.50	유기농법
4	3.40	유기농법
5	5.68	유기농법
6	2.40	유기농법
7	2.50	유기농법
8	2.50	유기농법
9	2.73	유기농법
10	2.40	유기농법
11	8.50	유기농법
12	2.40	유기농법
13	2.50	유기농법
14	4.32	유기농법
15	78.37	유기농법
16	12.79	유기농법
17	74.60	관행농법
18	3.90	관행농법
19	4.32	관행농법
20	3.20	관행농법
21	9.32	관행농법
22	3.72	관행농법
23	3.20	관행농법
24	12.24	관행농법

표 4-12. 도시농업 토양의 CO₂ 발생량과 효소 활성도간의 상관관계 분석(2015, 2016)

토양효소	탈수소효소	요소가수분해효소	아릴설파타제
CO ₂ 발생량	r	0.46632*	0.22304

* $p<0.05$, ** $p<0.005$

r= Pearson correlation

○ 3차 토양시료 분석결과

토양시료는 총 5개의 토성(식양토, 양질토, 양질사토, 사양토, 미사질양토)으로 측정되었으며, 대부분 사양토였다. 이는 대부분의 도시텃밭에서 객토를 하였다고 판단되며, 낮은 양분 및 수분보유능과 높은 무기염류의 용출 특성을 가지고 있는 사양토의 특성상 작물의 생산성 유지를 위해서는 퇴비 등과 같은 유기물의 투입이 지속적으로 필요했을 것으로 판단된다.

토양 특성평가(3차 토양시료의 토양 화학성 및 중금속 분석 결과는 서울시립대학교에서 제공함) 결과 수도권 인근 도시텃밭의 평균 pH와 칼슘(Ca²⁺) 함량이 각각 7.03 ± 0.50 , $12.12 \pm 4.58 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ 으로, 국립농업과학원(NIAST, 2000)에서 제시한 국내 밭 토양의 평균값(각각 5.6, 6.8cmol_c/kg)을 상회하였다. 이는 도시텃밭의 관리와 작물을 재배하는 텃밭 사용자들에 의해 석회질 토양개량제가 투입된 것으로 판단된다.

작물의 재배를 위한 토양의 적정 산도(6.5~7.0)의 범위를 유의적으로 초과하지는 않았지만 향후 과도한 석회질 토양개량제를 시비할 경우 작물 또는 토양 생물상에 장해를 유발할 수 있으므로 적절한 시비처방이 필요한 것으로 판단된다.

유기물 함량의 경우 일반 밭토양에 비해 다소 높게 측정되었으며, 이는 도시텃밭의 대부분을 차지하고 있는 사양토를 개량하고 작물의 생산성을 높이기 위하여 퇴비 등과 같은 유기질 비료를 시비한 것으로 판단된다. 토양 내 유기물 함량이 적절한 수준 혹은 다소 과다한 수준이더라도 작물의 생산성과 토양의 생물 환경에 긍정적 요인으로 작용한다고 알려져 있지만, 추가적인 유기물의 투입은 필요하지 않은 것으로 사료된다. 유효인산의 경우 $447.94 \pm 295.46 \text{ mg/kg}$ 으로 측정되었으며 이는 밭토양의 적정 범위인 250-400mg/kg을 상회하였다. 이는 농수산 부산물 퇴비와 무기질 비료의 과도한 투입에 기인한 것으로 판단되며, 도시텃밭 주변의 비점오염원으로써 시비량의 관리가 필요한 것으로 사료된다.

표 4-13. 도시텃밭 토양의 토성분류(2015, 2016)

토성	도시텃밭 위치
식양토(clay loam)	18
양질토(loam)	13, 16, 36
양질사토(loamy sand)	5, 22
사양토(sandy loam)	1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34
미사질양토(silt loam)	2, 19, 35

표 4-14. 도시텃밭 토양의 화학적 특성($n=36$)(서울시립대학교 제공, 2015)

Property	Mean \pm sd	Median	Min-Max
pH (1:5 soil:water)	7.03 \pm 0.50	7.00	5.8-8.2
EC (1:5 soil:water) (dS/m)	0.35 \pm 0.23	0.26	0.11-1.11
Organic matter (g/kg)	39.04 \pm 28.61	33.01	4.08-156.52
Avail. phosphorous (mg/kg)	447.94 \pm 295.46	378.74	76.40-1297.45
CEC (cmol/kg)	13.17 \pm 4.05	12.18	5.07-22.63
Ex. K ⁺ (cmol/kg)	1.46 \pm 1.02	1.11	0.27-3.97
Ex. Ca ²⁺ (cmol/kg)	12.12 \pm 4.58	10.13	6.32-22.80
Ex. Mg ²⁺ (cmol/kg)	2.63 \pm 1.06	2.46	0.90-6.32
Ex. Na ⁺ (cmol/kg)	0.31 \pm 0.25	0.20	0.08-1.06
Total nitrogen (%)	0.23 \pm 0.15	0.20	0.07-0.85

본 연구의 상관관계 분석 결과 요소가수분해 효소는 36개 지점의 도시텃밭 토양의 화학적 특성과 상관관계가 없는 것으로 나타났으나, 선행연구에서 보고한 바와 같이 유효인산의 함량이 높은 지역에서 요소가수분해효소의 활성도가 높게 나타났다. 이는 요소가수분해효소가 토양 내 존재하는 높은 요소의 함량으로 인해 요소의 무기화를 촉진시켜 토양 내 미생물들이 이용할 수 있는 암모니아태 질소의 공급에 유리하여 유효인산의 함량이 높은 지역에서 효소활성이 높게 나타난 것으로 판단된다.

선행연구에 따르면, 토양에 시비하는 처리제의 종류(무기질비료, 퇴비 등)에 따라 토양내 존재하는 효소들의 활성에 변화를 준다고 보고한 바 있으며, 본 연구 또한 일부 지역을 제외하고 전반적으로 유효인산의 함량이 높은 것으로 보아 요소가수분해효소의 활성이 높은 이유는 인산질비료의 투입에 기인한 것으로 판단된다.

우리나라의 토양은 약산성을 띠고 있어 인산질비료의 유효도가 떨어져 과잉 시비하는 경우가 많은데, 이는 강우 시 인근 수계에 유입될 경우 부영양화를 야기할 수 있으므로 적정량의 시비가 행해져야 할 것으로 판단된다. 또한 무기질 비료를 장기간 연용하면 토양에 염류가 과다하게 축적되어 장애를 유발하거나 토양산성화를 야기할 수 있고, 비점오염원으로써 도시주변 환경 및 토양질에 악영향을 줄 개연성이 있으므로 토양관리 시 고려해야 할 부분으로 판단된다.

표 4-15. 토양 효소 활성(2015)

	Dehydrogenase (μ g TTF/g soil/h)	Alkaline phosphatase (μ g p- PN /g soil/h)	β -glucosidase (μ g p- PN /g soil/h)	Arylsulphatase (μ g NH_4^+ /g soil/h)	Urease (μ g NH_4^+ /g soil/h)
Mean \pm sd	6.14 \pm 4.86	8.46 \pm 9.75	1.01 \pm 1.44	1.03 \pm 0.40	82.48 \pm 48.84
Median	4.72	7.08	0.53	0.98	73.02
Min-Max	0.79-21.71	0.67-58.89	0.09-5.27	0.27-1.67	25.07-219.38

표 4-16. 토성별 효소 활성(2015)

Soil texture (site#)	Dehydrogenase (μ g TTF/g soil/h)	Alkaline phosphatase (μ g p- PN /g soil/h)	β -glucosidase (μ g p- PN /g soil/h)	Arylsulphatase (μ g NH_4^+ /g soil/h)	Urease (μ g NH_4^+ /g soil/h)
Clay loam (1)	5.03	7.02	0.52	1.06	53.04
Loam (3)	5.81 \pm 2.33 (5.48)	5.67 \pm 5.33 (4.63)	0.51 \pm 0.13 (0.52)	1.39 \pm 0.17 (1.43)	80.68 \pm 6.10 (81.96)
Loamy sand(2)	2.64 \pm 2.20 (2.64)	1.90 \pm 0.71 (1.90)	0.66 \pm 0.70 (0.66)	0.94 \pm 0.88 (0.94)	78.34 \pm 75.32 (78.34)
Sandy loam(27)	6.69 \pm 5.40 (4.99)	9.17 \pm 10.96 (7.13)	0.99 \pm 1.45 (0.53)	0.99 \pm 0.37 (0.88)	83.84 \pm 52.70 (68.16)
Silt loam (3)	4.15 \pm 2.14 (3.17)	9.66 \pm 1.86 (9.74)	2.10 \pm 2.55 (0.72)	1.13 \pm 0.56 (1.42)	84.60 \pm 47.86 (73.83)

미생물 군집 구성(FAME) 분석결과 도시텃밭 토양의 미생물 군집 구성은 아주 낮은 수준에서 높은 수준까지 넓은 범위를 가지는 것으로 측정되었다. 전반적으로 미생물

군집의 구조가 취약한 것으로 판단된다.

표 4-17. 미생물 군집 주성분 분석(2015)

	FAME	Factor 1	Factor 2
		--- nmol/g soil ---	
Gram-negative bacteria	cy 17:0	0.93	0.13
	cy 19:0ω8c	0.85	0.36
	Sum In Feature 3 (16:1ω7c/16:1ω6c)	0.88	0.10
	Sum In Feature 7 (cy19:0ω10/19ω6)	0.02	0.10
	Sum In Feature 8 (18:1ω7c)	0.86	0.27
Gram-positive bacteria	a15:0	0.96	0.15
	i15:0	0.86	0.13
	i16:0	0.87	0.31
	a17:0	0.92	0.27
	i17:0	0.87	0.21
Actinomycetes	18:0 10Me	0.25	0.21
Fungi	18:1ω9c	0.95	0.22
Arbuscular mycorrhizal fungi	16:1ω5c	0.70	0.07
Proportion of variance explained		61.8%	10%

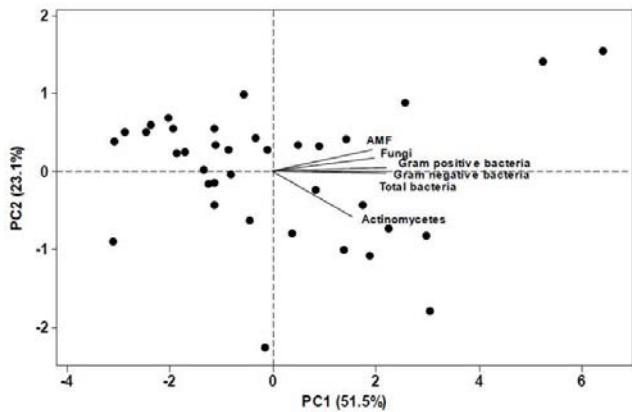


그림 4-5. 도시텃밭 토양 미생물 주성분 분석(n=36)(2015, 2016)

표 4-18. 도시텃밭 토양의 토성별 미생물 군집 비교(2015, 2016)

Soil texture (site#)	Total bacteria	Gram- bacteria	Gram+ bacteria	Actinomycetes	Fungi	AMF

Clay loam (1)	28.43	14.54	12.65	2.01	24.93	4.25
Loam (3)	25.32±1.56 (25.98)	12.00±1.08 (11.76)	11.77±0.99 (11.65)	2.43±1.80 (1.77)	23.85±8.06 (24.92)	2.24±0.25 (2.21)
Loamy sand (2)	24.63±3.16 (24.63)	12.83±0.41 (12.33)	10.76±2.12 (10.76)	1.83 ± 0.99 (1.83)	27.02±8.11 (27.02)	2.31±0.13 (2.31)
Sandy loam (27)	25.39±1.93 (25.45)	12.16±1.05 (12.05)	11.72±1.28 (11.84)	1.79±1.12 (1.49)	27.14±4.67 (27.37)	2.78±1.17 (2.68)
Silt loam (3)	25.30±2.44 (25.67)	12.52±1.25 (12.12)	11.43±2.68 (10.55)	1.68±0.54 (1.45)	33.53±10.70 (31.58)	2.09±0.52 (2.25)

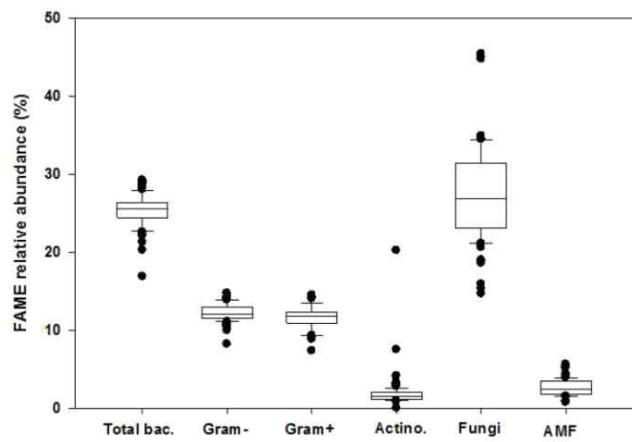


그림 4-6. 도시텃밭 토양 미생물 군집 구성(FAME) 분석(n=36)(2015, 2016)

도시텃밭 토양 미생물 주성분 분석을 통해 미생물 군집 구성에 대한 검증을 실시한 결과 미생물 군집 구성과 유사하게 매우 취약한 미생물의 군집 특성을 보였다. 조사된 도시텃밭 토양은 생물적 환경에서 매우 취약하며, 토양 환경 개선을 위하여 지력을 보강할 수 있는 두과작물이나 헤어리베치와 같은 녹비작물을 재배하거나 적절한 경운 방법을 통한 토양 입단의 형성을 통해 토양의 생물적 환경을 개선하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 부숙된 양질 퇴비의 적절한 시비를 통한 미생물의 에너지원의 공급도 좋은 방안으로 사료된다.

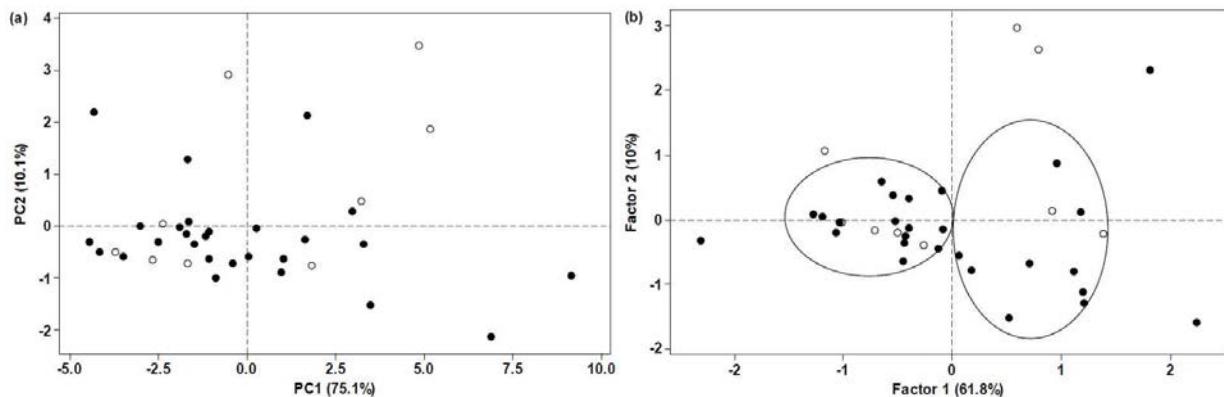


그림 4-7. (a)토양시료의 FAME 결과를 이용한 주성분분석(PCA) 및 (b)토양시료의 주성분 요인분석($n=36$)(2015, 2016)

표 4-19. 도시텃밭 토양의 토성별 토양효소활성 비교(2016)

Soil texture	Dehydrogenase	Alkaline phosphatase	β -Glucosidase	Arylsulphatase	Urease
	$\mu\text{g TPF/g soil/h}$	$\mu\text{g } p\text{-PN/g soil/h}$	$\mu\text{g NH}_4^+/\text{g soil/h}$		
Clay loam (1)	5.03	7.02	0.52	1.06	53.04
Loam (3)	5.81 ± 2.33 (5.48)	5.67 ± 5.33 (4.63)	0.51 ± 0.13 (0.52)	1.39 ± 0.17 (1.43)	80.68 ± 6.10 (81.96)
Loamy sand (2)	2.64 ± 2.20 (2.64)	1.90 ± 0.71 (1.90)	0.66 ± 0.70 (0.66)	0.94 ± 0.88 (0.94)	78.34 ± 75.32 (78.34)
Sandy loam (27)	6.69 ± 5.40 (4.99)	9.17 ± 10.96 (7.13)	0.99 ± 1.45 (0.53)	0.99 ± 0.37 (0.88)	83.84 ± 52.70 (68.16)
Identified groups by factor analysis					
Good (11)	7.89 ± 4.03 (8.78)	8.29 ± 6.40 (9.44)	1.77 ± 2.06 (0.68)	1.21 ± 0.38 (1.28)	99.91 ± 46.19 (90.55)
Not Good (16)	5.87 ± 6.16 (4.03)	9.78 ± 13.42 (6.87)	0.45 ± 0.23 (0.38)	0.84 ± 0.29 (0.83)	72.80 ± 55.42 (57.77)
After removing outliers					
Good (10)	8.47 ± 3.72	8.17 ± 6.74	1.90 ± 2.12	1.25 ± 0.37	104.04 ± 46.50
Not Good (10)	3.16 ± 1.32	5.50 ± 2.75	0.36 ± 0.17	0.69 ± 0.23	45.96 ± 12.65
Silt loam (3)	4.15 ± 2.14 (3.17)	9.66 ± 1.86 (9.74)	2.10 ± 2.55 (0.72)	1.13 ± 0.56 (1.42)	84.60 ± 47.86 (73.83)

Sandy loam textural class used to develop the index. Sites belong to sandy loam soil texture divided into two groups based on the factor analysis of microbial community structure (FAME data). These two groups (G and NG) used as the classification variables for the development of index based on soil enzyme activity. Median was not recorded in sandy loam textural class after removal of outliers in two identified groups. TPF: triphenyl formazan, p -PN: p -nitrophenol.

토양특성과 효소활성간의 상관관계 분석 결과 요소가수분해효소를 제외한 2종의 효소는 유기물과 상관관계를 갖는 것으로 나타났으며, 다른 요인들의 경우 3종의 효소 모두 상관관계를 갖지 않는 것으로 판단된다. 이에 탈수소효소와 아릴설파타아제의 경우 유기물의 함량에 따라 활성에 영향을 받는 것으로 판단된다.

표 4-20. 도시텃밭 토양 특성과 토양 미생물간의 상관관계(2016)

Enzyme	pH	EC	OM	Avail. P_2O_5	T-N	Ca^{2+}	K^+	Mg^{2+}	Na^+	CEC
Dehydrogenase	0.19	-0.04	0.50***	0.12	-0.14	0.06	-0.09	-0.07	-0.08	-0.16
Urease	-0.05	-0.07	0.19	0.09	0.03	-0.14	-0.14	-0.02	-0.14	0.07
Arylsulphatase	0.16	-0.05	0.58***	0.26	-0.10	0.14	-0.14	-0.05	-0.09	-0.13

*** $p<0.001$

3차 토양시료의 기초 호흡량의 경우 36개 지점의 도시텃밭 토양의 호흡량을 매우 높음, 높음, 중간, 다소 낮음-낮음으로 분류하여 비교·분석함. 많은 수의 도시텃밭의 토양의 경우 CO_2 의 양이 매우 높음으로 분류하였다. 차후 토양 내 질소를 포함한 양분 유효도와 비교하여 상관관계의 정립이 필요할 것으로 판단된다. 측정된 75%의 도시텃밭 토양에서 발생하는 토양 기초 호흡량은 160ppm으로, 전반적으로 유기물함량이 높은 포장에서 CO_2 의 발생량이 높았으며, 이는 효소가 유기물을 분해하는 과정에서 발생된 것으로 판단된다.

토양호흡 시 발생하는 CO_2 는 호기성 미생물에 의해 발생하는 것이 대부분이나 유기물, 질소, 탄소나 영양염류 등의 함량이 높은 경우도 토양호흡이 높아지는 것으로 판단된다(Kave 등, 2006). Solvita에서 제공하는 토양 기초 호흡량 분류표를 보면 조사된 도시텃밭의 유효한 질소량이 제한적인 것으로 판단된다. 이는 도시텃밭의 지속적인 작물 생산성 유지를 위하여 적절한 농경방법이나 유기질 비료를 통한 질소원의 공급이 필요할 것으로 판단된다. 하지만 탄소를 에너지원으로 이용하는 미생물은 온도 증가에 따라 지수적인 호흡속도 증가를 보이는 특성을 가지기 때문에 기후변화에 의한 온도 증가는 토양권 탄소의 저장량을 크게 감소시켜 그 결과 대기의 CO_2 농도는 큰 폭으로 증가시킬 수 있으므로 처리제 투입시 적정 시비량을 준수해야 할 것으로 판단된다.

CO_2 (ppm)	Potential N mineralization	Soil Condition
<160	High. Sufficient N for many crops without added N-fertilizer	Soil is well supplied with organic matter
>70	Moderate. Soil has limited need for supplemental N	Moderately well supplied active organic matter
<30	Moderate - Low. Supplement N required for some crops	Medium - Low in active organic matter
<12	Low. Will not provide sufficient N for most crops	Low in microbial activity
<5	Very Low. Little biological activity. Insufficient humus	Soil very low in microbes

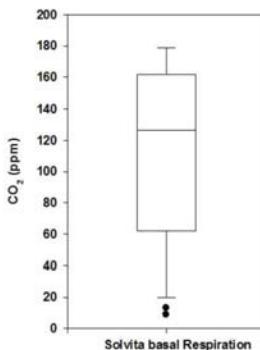


그림 4-8. 도시텃밭 토양호흡량의 측정($n=36$) (2014, 2015, 2016)

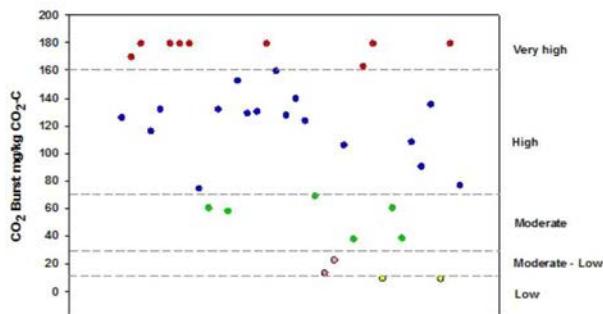


그림 4-9. 도시텃밭 토양호흡량의 측정($n=36$)(2014, 2015, 2016)

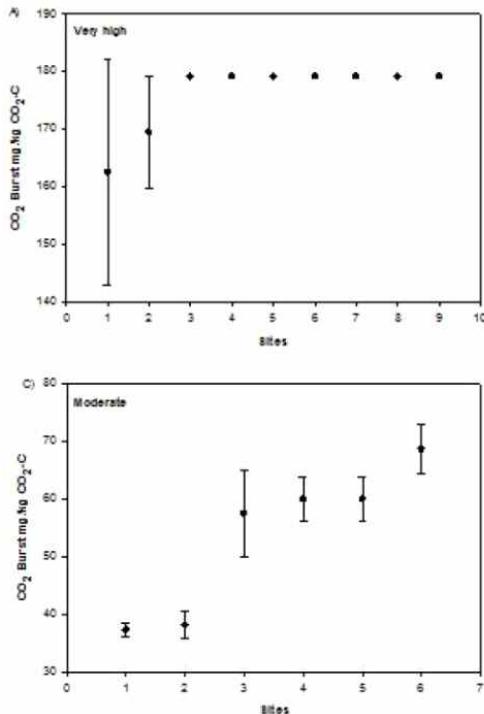


그림 4-10. 도시텃밭 토양호흡량별 분류($n=36$); a) 매우 높음, b) 높음, c) 중간, d) 낮음(2015, 2016)

토양효소 활성과 CO_2 발생량간의 유의적 상관관계가 없는 것으로 판단된다. 하지만 토양 특성결과(유기물, 총질소)와 토양 CO_2 발생량간의 결과를 통해 토양의 건전성을 간접적으로 평가할 수 있을 것으로 사료된다(Haney 등, 2008). 도시텃밭 토양의 유기물과 총질소 함량이 증가할수록 토양에서 발생하는 CO_2 는 기하급수적으로 증가하였다.

표 4-21. 도시텃밭에서 토양호흡과 토양효소활성과의 상관관계(2015, 2016)

Enzyme	Dehydrogenase	Urease	Arylsulphatase
Soil respiration (ppm CO ₂)	<i>r</i>	0.37	0.16

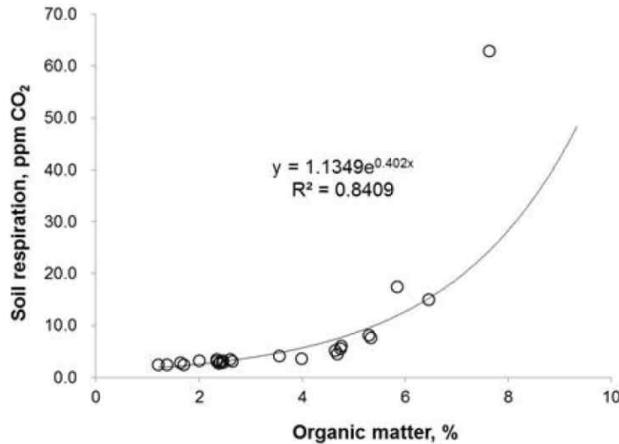


그림 4-11. 토양호흡과 유기물의 상관관계(2015)

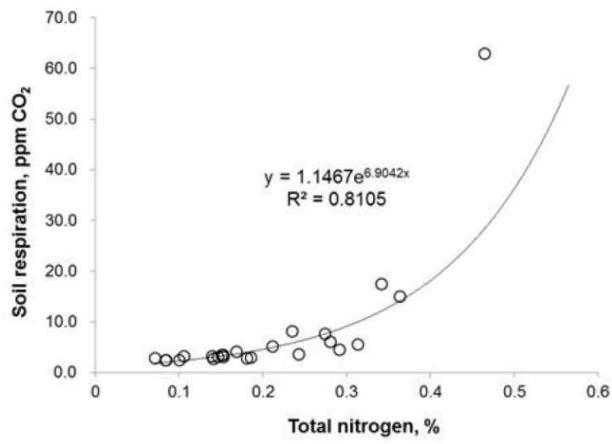


그림 4-12. 토양호흡과 총질소의 상관관계(2015)

토양 효소지수(SEI, soil enzyme index) 산정식에서 pool within-class standardized canonical coefficients를 이용한 각각 효소의 상대 중요도는 탈수소효소(1.63), β -글루코시다아제(0.84), 아릴설파타아제(0.64), 요소가수분해효소(0.51), 알칼리성 인산가수분해효소(0.49)로 나타났다. 낮은 SEI를 갖는 토양일수록 토양의 비옥도 측면에서 긍정적 효과를 지닌다.

$$\begin{aligned} \text{SEI} = & (0.32 * \text{탈수소효소}) - (0.04 * \text{알칼리성 인산가수분해효소}) + \\ & (0.61 * \beta\text{-글루코시다아제}) - (1.71 * \text{아릴설파타아제}) - \\ & (0.01 * \text{요소가수분해효소}) \end{aligned}$$

*Raw canonical coefficients

**탈수소효소: $\mu\text{g TPF/g soil/h}$

알칼리성 인산가수분해효소: $\mu\text{g p-PN/g soil/h}$

β -글루코시다아제: $\mu\text{g p-PN/g soil/h}$

아릴설파타아제: $\mu\text{g p-PN/g soil/h}$

요소가수분해효소: $\mu\text{g NH}_4^+/\text{g soil/h}$

표 4-22. 사양토를 제외한 다른 토성의 토양효소지수(SEI)(2016)

Site#	Soil texture	SEI
2	Silt loam	3.06
5	Loamy Sand	4.11
13	Loam	1.89
16	Loam	0.54
18	Clay loam	0.34
19	Silt loam	0.31
22	Loamy Sand	0.25
35	Silt loam	0.88
36	Loam	1.05

표 4-23. 토성별 토양효소지수(SEI)의 적용(2016)

Soil group [‡]	Soil texture	Dehydrogenase	Alkaline phosphatase	β -Glucosidase	Arylsulphatase	Urease	Index score	Mean
		µg TPF/g soil/h	----- µg p-PN/g soil/h -----	----- µg NH ₄ ⁺ /g soil/h -----				
Good (G)	Silt loam	2.26	9.74	5.04	0.49	136.93	3.46	3.87*
	Loamy sand	4.19	1.39	1.16	1.56	131.60	4.26	
	Loam	5.48	11.64	0.37	1.43	86.04	3.95	
	Loam	8.29	0.74	0.64	1.54	74.05	3.82	
Not good (NG)	Silt loam	3.71	11.48	0.54	1.49	73.83	3.09	2.53
	Clay loam	5.03	7.02	0.52	1.06	53.04	2.75	
	Loamy sand	1.08	2.40	0.17	0.31	25.07	0.98	
	Silt loam	6.48	7.76	0.72	1.42	43.04	2.76	
	Loam	3.66	4.63	0.52	1.21	81.96	3.09	

[‡]Identified groups from factor analysis of soil FAMEs*significance at $p<0.05$

TPF: triphenyl formazan

 p -PN: p -nitrophenol

표 4-24. 기준 출판된 데이터를 이용한 토양효소지수(SEI)의 적용 및 검증(2016)

Soil	Dehydrogenase	Alkaline phosphatase	β -Glucosidase	Arylsulphatase	Urease	Measured other enzymes	SEI score	Reference
	µg TPF/g soil/h	----- µg p-PN/g soil/h -----	----- µg NH ₄ ⁺ /g soil/h -----					
Naples altered	Subjected to 20 yrs of repeated flooding by water contaminated with oils, heavy metals and other toxic substances	0.41	2.16	1.45	0.15	9.00	Invertase	0.01
Naples unaltered	Not subjected to flooding by contaminated water	0.16	2.95	0.74	0.06	16.20	Invertase	0.32
Cremona altered	More than 20 years of intensive cultivation without any organic amendments	0.23	0.75	0.93	0.19	42.72	Invertase	0.69
Cremona unaltered	Highly productive soil amended with organic fertilizers	0.34	2.02	0.68	0.22	41.02	Invertase	0.80
Bari altered	Subjected 20 yrs to intensive tillage and irrigation with moderately brackish water (4.5 dSm)	1.19	0.97	0.82	0.05	19.42	Invertase	0.53
Bari unaltered	Subjected 20 yrs to minimum tillage, organic amendment and irrigation with fresh water	1.94	1.39	2.10	0.28	103.94	Invertase	2.08

Acidic soil	100 mg/kg 2,4-DCP applied	99.00	97.00	-	104.00	Catalase, Acid phosphomonoesterase	3.57	Bello et al., 2013
Acidic soil	500 mg/kg 2,4-DCP applied	84.00	95.00	-	83.00	Catalase, Acid phosphomonoesterase	-0.25	Bello et al., 2013
Acidic soil	1000 mg/kg 2,4-DCP applied	56.00	94.00	-	55.00	Catalase, Acid phosphomonoesterase	-7.84	Bello et al., 2013
Calcareous soil	100 mg/kg 2,4-DCP applied	94.00	103.00	-	95.00	Catalase, Acid phosphomonoesterase	0.59	Bello et al., 2013
Calcareous soil	500 mg/kg 2,4-DCP applied	84.00	105.00	-	90.00	Catalase, Acid phosphomonoesterase	-2.61	Bello et al., 2013
Calcareous soil	1000 mg/kg 2,4-DCP applied	44.00	96.00	-	43.00	Catalase, Acid phosphomonoesterase	-11.70	Bello et al., 2013
Acidic soil	100 mg/kg 2, 4, 5-TCP applied	97.00	100.00	-	104.00	Catalase, Acid phosphomonoesterase	2.30	Bello et al., 2013
Acidic soil	500 mg/kg 2, 4, 5-TCP applied	70.00	92.00	-	85.00	Catalase, Acid phosphomonoesterase	-3.10	Bello et al., 2013
Acidic soil	1000 mg/kg 2, 4, 5-TCP applied	56.00	92.00	-	68.00	Catalase, Acid phosphomonoesterase	-7.08	Bello et al., 2013
Acidic soil	5000 mg/kg 2, 4, 5-TCP applied	28.00	83.00	-	22.00	Catalase, Acid phosphomonoesterase	-13.03	Bello et al., 2013
Calcareous soil	100 mg/kg 2, 4, 5-TCP applied	84.00	96.00	-	95.00	Catalase, Acid phosphomonoesterase	-0.26	Bello et al., 2013
Calcareous soil	500 mg/kg 2, 4, 5-TCP applied	46.00	90.00	-	80.00	Catalase, Acid phosphomonoesterase	-8.94	Bello et al., 2013
Calcareous soil	1000 mg/kg 2, 4, 5-TCP applied	21.00	87.00	-	47.00	Catalase, Acid phosphomonoesterase	-15.35	Bello et al., 2013
Calcareous soil	5000 mg/kg 2, 4, 5-TCP applied	5.00	73.00	-	9.00	Catalase, Acid phosphomonoesterase	-16.77	Bello et al., 2013
Non-polluted	heavy metal-contaminated	71.4	259.8	161.5	51.8	76.4	Acid phosphatase	-16.62 Hinojosa et al., 2004
Polluted	heavy metal-contaminated	2.9	58.4	25.8	1.58	2.9	Acid phosphatase	-3.00 Hinojosa et al., 2004
Reclaimed	heavy metal-contaminated	53	98.9	95.5	13.8	53	Acid phosphatase	-6.57 Hinojosa et al., 2004
2004								
Point adjacent to the effluent outlet	Tanning effluent contaminated soils from effluent containing Cr ⁺³ 21mg/L, total Pb content 0.34 mg/L	0.853	6.41	2.64	-	13.76	-	0.16 Trasar-Cepeda et al., 2000
From a nearby point which the soil was covered with deposited from the effluent hairs	Tanning effluent Contaminated soils from effluent containing Cr ⁺³ 21 mg/L, total Pb content 0.34 mg/L	0.616	12.49	3.32	-	15.44	-	0.26 Trasar-Cepeda et al., 2000
From a point somewhat furtherrem ovedwhere thesoilsur acewashair -free	Tanning effluent Contaminated soils from effluent containing Cr ⁺³ 21mg/L.total Pbcontent 0.34mg/L	0.333	5.2	1.29	-	8.16	-	0.19 Trasar-Cepeda et al., 2000
Pollution-free point far from the effluent source	Tanning effluent Contaminated soils from effluent containing Cr ⁺³ 21mg/L, total Pb content 0.34mg/L	1.395	5.85	2.42	-	29.28	-	0.64 Trasar-Cepeda et al., 2000
Polluted pointsclosetotheeffluentoutlet	Landfill effluent of pH 9.74 with a total C content of 548 mg/L and a total inorganic N content of 106 mg/L	0.666	4.37	1.97	-	18.94	-	0.28 Trasar-Cepeda et al., 2000

Polluted points close to the effluent outlet	Landfill effluent of pH 9.74 with a total C content of 548 mg/L and a total inorganic N content of 106mg/L	0.31	1.72	0.33	-	11.54	-	0.31	Trasar-Cepeda et al., 2000
Shallow depression in which the effluent had remained stagnant for several days	Landfill effluent of pH 9.74 with a total C content of 548 mg/L and a total inorganic N content of 106mg/L	0.612	1.35	0.38	-	23.37	-	0.60	Trasar-Cepeda et al., 2000
Unaffected point	Landfill effluent of pH 9.74 with a total C content of 548 mg/L and a total inorganic N content of 106 mg/L	0.745	3.62	2.1	-	28.91	-	0.43	Trasar-Cepeda et al., 2000
Point close to the leak: with clear traces of hydrocarbons on the surface	Hydrocarbons leaking from a faulty oil pipeline	1.391	5.61	2.4	-	11.83	-	0.28	Trasar-Cepeda et al., 2000
More distant points with no surface signs of hydrocarbons	Hydrocarbons leaking from a faulty oil pipeline	0.858	3.7	1.57	-	11.51	-	0.25	Trasar-Cepeda et al., 2000
More distant points with no surface signs of hydrocarbons	Hydrocarbons leaking from a faulty oil pipeline	0.728	1.8	1.3	-	4.87	-	0.05	Trasar-Cepeda et al., 2000
Unpolluted point far from the effluent source	Hydrocarbons leaking from a faulty oil pipeline	0.553	2.16	0.96	-	6.11	-	0.13	Trasar-Cepeda et al., 2000

TPF: triphenyl formazan, *p*-PN: *p*-nitrophenol

토양미생물군집지수(SMCI, soil microbial community index) 산정식에서 미생물의 상대 중요도는 총미생물(9.16), 그람+(5.38), 그람-(3.71), AMF(0.75), 방선균(0.65), 곰팡이(0.57)로 나타났다.

$$\text{SMCI} = (4.77 * \text{총미생물}) - (3.72 * \text{그람- 박테리아}) + (5.38 * \text{그람+ 박테리아}) + (0.57 * \text{방선균}) + (0.13 * \text{곰팡이}) + (0.69 * \text{AMF})$$

*Raw canonical coefficients

**AMF: Arbuscular mycorrhizal fungi

**단위: %

표 4-25. 사양토를 제외한 다른 토성의 토양미생물군집지수(SMCI)(2015, 2016)

Site#	Soil texture	SMCI
2	Silt loam	20.83
5	Loamy Sand	20.97
13	Loam	19.47
16	Loam	18.35
18	Clay loam	20.80
19	Silt loam	16.87
22	Loamy Sand	18.76
35	Silt loam	20.56
36	Loam	18.63

○ 연구수행 결론

본 연구에서는 도시텃밭의 생물학적 요소 변화의 평가체계를 구축하기 위하여 유기농법 및 관행농법이 시행되고 있는 서울시 근교 도시텃밭 토양을 대상으로 연구를 실시하였으며, 도시텃밭 토양의 화학·생물학적 주요지표를 측정하고 지수화 체계를 확립 및 검증함으로써 도시텃밭 토양의 종합적인 생물학적 질 평가를 위한 토대를 마련하였다.

도시텃밭의 토양은 인간의 경작을 통한 유기질 비료와 무기질 비료의 장기연용으로 인해 토양의 미생물상과 세포의 효소의 활성에 큰 영향이 있는 것으로 분석되었다. 무기질 비료와 비교하여 도시텃밭의 유기질 비료의 투입은 대부분의 토양 내 효소활성과 유효양분을 증가시키는 경향을 나타냈다. 또한 도시텃밭에서 발생한 CO₂의 양을 측정한 결과, 일부의 경우를 제외하고는 전반적으로 무기질 비료가 투입된 도시텃밭에서 높은 양의 CO₂가 발생하는 것으로 측정되었다. 이는 도시텃밭 토양의 효소 활성과 밀접한 상관관계가 있는 것으로 사료된다. 장기적이고 지속가능한 도시텃밭을 위한 토양 관리를 위해서는 무기질 비료보다는 유기질 비료의 시비가 도움이 될 것으로 판단된다.

우리나라의 도시텃밭 토양에서 화학·생물학적 지표들은 뚜렷한 상관관계가 없는 것으로 분석되었다. 이는 도시텃밭에서 농사를 짓는 주체가 연 단위로 바뀌는 도시농업의 특징에서 기인한 것으로 판단되며, 따라서 도시텃밭 토양은 많은 변화와 스트레스를 받고 있으며 뚜렷한 생물학적인 환경저하가 우려된다. 도시텃밭 내 토양의 질 평가를 위한 화학적 지표 분석결과 토양의 질적 수준이 다소 낮은 것으로 측정되었다. 도시텃밭 토양의 미생물 군집분석(FAME) 및 토양효소활성을 통해 생물학적인 환경을 측정한 결과 인간의 활동에 의해 측정한 시료마다 그 변동성과 상이성이 매우 크며, 이는 향후 도시텃밭의 체계적이고 맞춤형 관리가 필요할 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 도시농업 종사자가 쉽게 접근할 수 있도록 측정된 결과를 바탕으로 차별화된 지수화 체계를 제시하고, 도시농업에 적합한 토양과 적합하지 않은 토양으로 구분하였다. 향후 폭넓은 지수화 체계의 적용을 위하여 다양한 토양, 경작체계, 오염물질 영향 등이 추가적으로 고려되어야 할 것으로 판단된다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도

제1절 : 목표대비 달성도

당초 목표	가중치 (%)	개발 내용	달성도 (%)
1) 지속가능한 도시텃밭을 위한 부산물 재활용 매뉴얼 개발	25%	1) 지속가능한 도시텃밭을 위한 부산물 재활용 매뉴얼 개발	25%
2) 도시텃밭 건정성 평가 및 관리 방안 제시	25%	2) 도시텃밭 건정성 평가 및 관리 방안 제시	25%
3) 친환경 도시텃밭 관리기술 매뉴얼 제작	25%	3) 친환경 도시텃밭 관리기술 매뉴얼 제작	25%
4) 도시텃밭 생물적 토양질 변동 특성 분석을 위한 평가체계 구축	25%	4) 도시텃밭 생물적 토양질 변동 특성 분석을 위한 평가체계 구축	25%
	100%		100%

제2절 : 정량적 성과(논문게재, 특허출원, 기타)를 기술

성과지표명	연도	당초 목표(전체)	실적	달성도 (%)	가중치 (%)
논문게재	SCI	4	1	25	15
	비SCI	4	3	50	15
산업재산권	출원	1	1	100	10
	등록	0	0	0	0
학술발표	국제	5	8	160	15
	국내	8	10	125	15
정책자료 기관제출		2	2	100	0
영농기술·정보 기관제출		5	5	100	10
기술이전(무상)		0	1	0	10
자료발간		2	2	100	10
홍보성과		5	106.7	2,134	10
농기술지도·컨설팅·현장기술지원		0	5	0	0
현장적용·실증		0	2	0	0
전문서 등 저술활동		0	1	0	0
계		36	-	-	100

제 5 장 연구 결과의 활용 계획

가. 연구개발결과의 활용방안

- 도시텃밭의 자원 재활용 기술의 매뉴얼화를 통한 현장 보급
- 재활용 기술이 투입된 제품 개발을 통한 사업화
- 도시텃밭의 관행농업과 유기농법별 토양 및 환경생태 특성을 평가하기 위한 기초자료로 활용
- 도시텃밭의 체험문화 프로그램을 운영을 위한 콘텐츠 제공
- 본 연구를 통해 구축된 관리 방안 매뉴얼은 도시농업박람회와 같은 전시회, 지역별 도시농업 네트워크, 민간단체 및 시민대학 등에 홍보하여 실용적으로 활용될 수 있도록 할 계획
- 또한 관리 방안 매뉴얼은 아래와 같이 다양한 주체와 지역에서 활용할 수 있도록 다양한 버전으로 제작할 계획

활용주체	활용대상지역
- 환경부	- 소규모 도시농업지역
- 농림축산식품부	- 근교농업지역
- 국토교통부	- 도시인근 녹지조성 사업지구
- 도시거주민 및 도시농업종사자	- 도시 및 근교 거주지

- 최종 도시텃밭 관리 방안은 지자체 농업기술센터와 연계하여 현장 적용을 수행하고, 이후 발생되는 문제점을 보완함과 동시에 언론 및 인터넷(도시농업연구회 홈페이지)을 활용하여 관리 방안이 널리 보급될 수 있도록 할 계획

나. 기대성과

(1) 기술적 측면

- 도시텃밭이나 도시에서 발생하는 폐자원의 재투입 효율성 및 안전성을 분석하고 도시 환경친화적, 보편적 활용기술 개발
- 도시텃밭의 환경적, 경관적 지속성 향상으로 도시텃밭 확산에 기여
- 도시텃밭의 교육, 복지, 녹지공간으로서의 정책적 입지 강화
- 도시텃밭에 투여된 각종 농자재 사용에 따른 토양의 이화학적 특성 및 생산성 변동 등에 대한 토양환경을 평가하고 지속적 작물생산성 유지를 위한 토양의 건전성 여부 평가를 위한 기초자료로 활용
- 주말텃밭에서 활용 가능한 생산관리 매뉴얼 개발
- 효과적인 도시 및 근교농업기술 개발
- 급속한 도시화에 적합한 비점저감 및 생태보존기술 확보
- 안정적인 도시텃밭 관리로 인한 도시 환경 위해성 저감 효과 기대
- 도시농업을 통한 기후변화대응 원천기술 확보

(2) 경제적·산업적 측면

- 도시텃밭 및 도시의 폐자원 처리비용 감소

- 도시농업을 위한 자원 재활용 자재 산업 성장
- 주말텃밭 지속적 생산 및 정책입안의 과학적 근거 기초자료로 활용함
- 농경지 친환경유기농자재 관리기준 등 토양관리방안을 개발하여 텃밭농업의 수요 창출기반 구축
- 주말텃밭 생태문화 프로그램 운영을 위한 활용 콘텐츠 개발
- 도시농업 활성화로 인해 다양한 계층의 도시농업 전문 인력 일자리 창출
- 누구나 도시농업에 참여 가능한 사회복지적 효과 창출
- 안전한 먹거리의 자급자족을 통한 경제적 부가가치 창출
- 소규모 유기농업을 통한 지역특성화
- 레저 및 관광자원으로의 부가가치 창출
- 자연생태 보존기능 및 서식처 공급기능
- 지구온난화 가스저감에 따른 탄소배출권 확보

* 현재 추진중인 추가적인 논문제재, 산업체산권 출원 사항

성과물명	성과물 제목	현황	증빙
SCI논문	1. Effects of biochar and polyacrylamide on decomposition of soil organic matter and ¹⁴ C-labeled alfalfa residues. Journal of Soils and Sediments (DOI 10.1007/s11368-016-1368-7)	2016, 온라인게재	
	2. Interactive effects of biochar and polyacrylamide on decomposition of maize rhizodeposits: implications from ¹⁴ C labeling and microbial metabolic quotient. Journal of Soils and Sediments (DOI 10.1007/s11368-016-1576-1)	2016, 온라인게재	
	3. Determining soil quality in urban agricultural regions in Korea: A soil-enzyme-based index. Sustainability.	2016, 게재 확정	
	4. Assessment of soil health in urban agriculture: Soil enzymes and microbial properties. Sustainability.	2016, 게재 확정	
	5. Biochar as potential adsorbers of CH ₄ , CO ₂ and H ₂ S. Sustainability	2016, 심사중	

제 6 장 연구 과정에서 수집한 해외 과학 기술 정보

<도시농업 및 토양환경 관리 관련 해외 웹사이트 정보 수집>

1) 미국

○ 개요

- 1987년에 시작된 ATTRA는 국가 친환경 농업정보 서비스로서 NCAT(The National Center for Appropriate Technology)에 의해 개발 및 관리 프로그램임.
- 농부, 목축업자, 교육자 및 관심 있는 이용자들에게 친환경 정보와 기술 제공함.
- 대부분 미국 농무부의 농촌 비즈니스 협력 서비스를 지원되며, 일부 자료의 및 가입자의 후원금으로 운영됨.

○ 웹사이트 주요 내용

- 교육, 대체 에너지, 초심자, 필드 작물, 원예 작물, 가축 및 목장, 로컬 푸드 시스템, 마케팅, 비즈니스 및 위험관리, 유기농업, 해충관리, 토양 및 퇴비, 물 관리 등 관련된 세미나 교육 일정을 PDF 및 동영상 자료 제공

○ 웹사이트 주소

- <https://attra.ncat.org/index.php>

The screenshot shows the homepage of the ATTRA website. At the top, there's a header with the NCAT logo, the ATTRA logo, a search bar, and buttons for 'SUBSCRIBER SIGN IN' and 'SUBSCRIBE TO ATTRA'. Below the header is a phone number: 'Call our experts: 1-800-346-9140'. The main navigation menu includes Home, Contact, Events, News, Funding, Tutorials, Webinars/Videos, Publications, Internships, Español, About, Donate, and Search. The 'Publications' menu item is currently selected. A sub-menu for 'Soils & Compost' is displayed, containing links to various publications like 'A Brief Overview of Nutrient Cycling in Pastures - IP221', 'Alternative Soil Amendments - IP054', and 'Assessing the Pasture Soil Resource - IP128'. On the right side of the page, there's a photo of three people working in a field. At the bottom left, there's a 'DONATE' button with the text 'click here to DONATE'.

그림. 미국 ATTRA(국가 친환경 농업정보 서비스) 홈페이지 중 토양과 퇴비 관련 정보

2) 일본

○ 개요

- 우리나라와 유사한 농경문화를 가진 일본은 도시농업을 시민농원이라 부르며, 장소, 개설주체, 기능에 따라 구민농원, 레크레이션 농원, 레저 농원, 취미농원, 상호 교류 농원, 고향체험 농원으로 불리기도 함.
- 시민농원의 개설현황은 1989년 『특정 농지 대출에 관한 농지법 등의 특례에 관한 법률』과 1990년 『시민농원정비촉진법』을 근거하여 개설된 시민농원의 수는 2009년 까지 전국적으로 3,382개소(3,521,100평)에 이르고 있으며, 도시지역에 있는 시민농원은 2,643곳(2,174,975평)으로 시민농원의 약 78%가 도시지역에 있음.
- 농림수산성에서는 전국시민농원 리스트를 제공하고, 지방자치단체의 소식지와 홈페이지에서 임대형 텃밭에 대한 정보를 제공하고 있음.

○ 웹사이트 주요 내용

- 시민농원의 정의, 이용방법, 현황, 전국시민농원 목록 및 시민농원 개소 방법 등 소개
- 웹사이트 주소
- http://www.maff.go.jp/j/nousin/nougyou/simin_noen/index.html

農林水産省

English キッズサイト サイトマップ 文字サイズ

標準

大きく

逆引き事典から探す 組織別から探す キーワードから探す Google®カスタム検索 検索

会見・報道・広報 政策情報 統計情報 申請・お問い合わせ 農林水産省について

[ホーム](#) > [組織・政策](#) > [農村振興](#) > [市民農園をはじめませんか](#)

市民農園をはじめませんか

ツイート いいね！ 2.4万 印刷

市民農園は、ゆとりとやすらぎの場として広く活用されています。

トップページ

- [市民農園とは？～事例～](#)
- [市民農園を利用するには](#)
- [市民農園をめぐる状況](#)
- [全国市民農園リスト](#)
- [市民農園を開設するには](#)
- [農ある暮らしはじめよう](#)
- [トピックス](#)
- [リンク集](#)



그림. 일본 농림수산성 홈페이지 중 시민농원 소개

제 7 장 연구 개발 결과의 보안 등급

보안등급분류	일반과제
결정사유	국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제24조의4에 해당하지 않음

* 일반과제일 경우 “일반과제”로만 표시하고 결정사유에는 “「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의4에 해당하지 않음”으로 작성

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입기관	연구 시설/ 연구 장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 원	구입처 (전화번호)	비고 (설치장소)	NTIS장비 등록 번호

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

- 분기별 1회 실험실 안전 교육실시 및 연구실 장비 자체 안전점검

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문 /특허 /기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국가	Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/ 인용횟수 등)
1	논문	Lead Stabilization in Soil Amended with Lime Waste: An Extended X-ray Absorption Fine Structure (EXAFS) Investigation	강원대학교	주저자	한국토양비료학회	-	2014.12.31	단독사사	등재지
2	논문 (비SCI)	Quality assessment of the soils used for urban agriculture in Seoul and its vicinity	서울시립대	교신저자	한국토양비료학회지	0.3929	2016.10.	단독사사	
3	국외 학술 발표	Characteristics of the soils used for urban agriculture in Seoul, Korea	서울시립대	주저자	8th International Conference of The Working Group on Soils In Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas (SUITMA)	-	2015.10.	단독사사	
4	국외 학술 발표	Chemical properties of the soils used for urban farming in Soeul metropolitan area	서울시립대	교신저자	12th International Conference of The East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies (ESAFS)	-	2015.10.	단독사사	
5	정책 제안	도시텃밭 통한 토양 전·통·양· 환경 정비 최적화	서울시립대	-	-	-	2016.11.	-	

제 11 장 기타사항

○ 중요 연구변경사항

연차	당초계획	변경내용	변경사유 (근거문서 포함)
1년차 (2014)	소과제 책임자: 문지혜 1세부과제 책임자: 문지혜	소과제 책임자: 최장전 1세부과제 책임자: 최장전	인사이동(2014.7.1.)
	인건비 : ₩10,340,000 학생인건비 : ₩14,190,000	인건비 ₩5,900,000(₩4,440,000 감액) 학생인건비: ₩18,630,000 (₩4,440,000 증액)	연구원 직위변경 · 소속변경 · 참여기간 · 참여율 변경으로 인한 인건비 및 학생인건비 변경
2년차 (2015)	1세부과제 연구원변경: 최장전, 정순진, 문지혜, 박동금, 김애경	1세부과제 연구원변경: 최장전, 장윤아, 정순진, 박동금, 윤정혜	인사발령 운영지원과-1077, (2015.02.06.)
	1협동과제 연구원변경 박광래, 이상범, 이민호, 남홍식, 김진호, 장수지	1협동과제 연구원변경 박광래, 이상범, 이초롱, 김진호	인사발령, 의원면직 유기농업과-121, (2015.02.02.)
3년차 (2016)	소과제 책임자: 최장전 1세부과제 책임자: 최장전	소과제 책임자: 유은하 1세부과제 책임자: 유은하	인사이동 운영지원과-8027, 8028, (2015.12.30.) 기획조정과-535, (2016.02.02.)
	소과제 책임자: 유은하 1세부과제 책임자: 유은하	소과제 책임자: 한경숙 1세부과제 책임자: 한경숙	인사이동 원예원 운영지원과 -6119(2016.09.13.), 본청 운영지원과 -17727(2016.09.18.)
	1협동과제 연구원변경 박광래, 이상범, 이초롱, 김진호	1협동과제 연구원변경 박광래, 이상범, 홍승길, 이초롱, 안민실	인사발령, 업무조정 유기농업과-963 (2015.08.20.)

제 12 장 참고문헌

- 국립수목원(KNA). 2014. 국가표준식물목록. 경기도, 포천시.
- 김요환 (2011). 토양 metagenomics와 토양효소활성을 통한 윤작지 토양의 미생물 다양성 분석 및 모니터링. 영남대학교 대학원 석사학위 논문.
- 김혁수, 김영남, 김진원, 김계훈 (2011) 서울시 도시농업지역 토양의 이화학적 특성 및 중금속 함량. 한국토양비료학회지. 44(6):1048-1051.
- 농업과학기술원 (2000) 토양 및 식물체 분석법.
- 박현 (1998) 탈수소효소, 탈질균 및 황산환원균의 정량을 통한 온산공단과 마니산 산림토양의 동태고찰. 한국임학회지. 87(1):106-112.
- 서영호, 정영상 (2008) 양분 균형의 측면에서 화학비료의 필요성. 한국토양비료학회지. pp50-62.
- 신재훈, 이상계, 윤종철, 김성환, 김현숙. 2007. 유기농재배 토양의 유기물 시용실태 및 화학적 특성 평가. 시험연구보고서(농업환경연구). 국립농업과학원. p.442-451.
- 오영주, 이옥재, 홍선희, 이용호, 나채선, 이인용, 김창석. 2014. 경기 북부 밭잡초 분포. 한국잡초학회. 3(4):276-283
- 옥용식, 양재의, 박용하, 정영상, 유경열, 박철수 (2005) 지속가능한 토양환경 관리를 위한 토양 질 지표의 선정과 평가체계. 환경정책연구. 4(1):69-87.
- 이인용, 박재읍, 김창석, 오세문, 강충길, 박태선, 조정래, 문병철, 권오석, 김광호, 임순택, 박종현, 송득영, 성기영, 임일빈, 강종국, 김선, 구연충, 황재복, 송석보, 박남일, 지승환, 강대성, 정경임. 2007. 우리나라 농경지에 발생하는 잡초 현황. 한국잡초학회. 27(1):1-21.
- 이행우, 김용성, 이재일 (2012) Ubiquitous Vertical Farm의 u-주거공간 서비스 도출에 관한 연구. 한국주거학회논문집. 23(5):51-60.
- 장동현 (2011) 일본 시민농원의 전개 양상과 사례 분석. 산업경제연구. 24(4) :2429-2450.
- 장동현 (2007) 도시농업의 영농실태와 존속 가능성 모색: 전주시를 사례로. 지역사회연구 15(4):79-102.
- 조주식, 이홍재, 이영한, 손보균, 정연규, 혀종수 (1998). 중금속 내성균의 세포내 중금속 결합 위치. 한국환경농학회지. 17:246-253.
- 조현준, 김이열, 오동식, 한경화, 황선웅. 2007. 유기농재배 토양의 물리적 특성 연구. 시험연구 보고서(농업환경연구). 국립농업과학원. p.452-464.
- 정기열, 윤을수, 박창영, 황재복, 최영대, 전승호, 이황아. 2012. 토양 경반층 강도가 콩 뿌리신장 및 생육에 미치는 영향. Soil Sci. Fert. 45: 332-338.
- 황정임, 최윤지, 장보경, 이상영 (2010) 도시농업 활동 유형화 연구. 한국지역사회생활과학회지 21(4):619-631.
- Ai, C., Liang, G., Sun, J., Wang, X., and Zhou, W. (2012). Responses of extracellular enzyme activities and microbial community in both the rhizosphere and bulk soil to long-term fertilization practices in a fluvo-aquic soil. Geoderma, 173-338.
- Anderson, J. M. (1991). The effects of climate change on decomposition processes in grassland and coniferous forests. Ecological Applications. 1:326-437.
- Anderson, J. M., and J. S. I. Ingram (1994). Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. Soil Science. 157(4): 265.
- Andrews, S.S., D.L. Karlen, and J.P. Mitchell. 2002. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. Agr. Ecosyst. Environ. 90:25-45.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensociologie, Grundzüge der Vegetationskunde, 3rd. Springer,

- Wine-New York. USA. P.865
- Bridges, E. M. (1991). Waste materials in urban soils. pp. 28-46. In P. Bullock, P. J. Gregory (ed.) *Soils in the urban environment*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, UK.
- Bowles, T.M., Acosta-Martínez, V., Calderón, F., and Jackson, L.E. (2014). Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively-managed agricultural landscape. *Soil Biology and Biochemistry*. 68:252-262.
- Byrne, L. B. (2007) Habitat structure: a fundamental concept and framework for urban soil ecology. *Urban Ecosystems* 10(3):255-274.
- Curtes, J.T. and McIntosh, R.P. 1950 The interrelation of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecol.* 31:434-455.
- Garcia-Gil, J. C., Plaza, P., Soler-Rovira, P., and Polo, A. (2000). Long-term effects on municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology Biochemistry* 32:1907-1913.
- Gunawardana C., A. Goonetilleke, P. Egodawatta, L. Dawes, and S. Kokot. 2012. Source characterization of road dust based on chemical and mineralogical composition. *Chemosphere* 87:163-170.
- Gupta, S. D., Lee B. T. O., Camakaris, J., and Wu, H. C. (1995). Identification of cutC and cutF (nlpE) Genes Involved in Copper Tolerance in *Escherichia coli*. *Journal of Bacteriology*. 177:4207-4215.
- Ha, S.K., M.S. Kim, J.S. Ryu, G.L. Jo, S.C. Choi, Y.S. Kim, M.T. Choi, B.K. Ahn, H.W. Kim, C.Y. Kim, Y.H. Lee, and S.H. Yang. 2010. In: Proceedings of the 2010 Korean Soil Sci. Fert. spring symposium. p. 357.
- Haney, R.L., Brinton, W.F., and Evans, E. (2008). Soil CO₂ respiration: Comparison of chemical titration, CO₂ IRGA analysis and the Solvita gel system. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 23(2):171-176.
- Howlett, N. G., and Avery, S. V., (1997). Incusion of Lipid peroxidation during heavy metal stress in *Saccharomyces cerevisiae* and influence of plasma membrane fatty acid unsaturation. *Applied and Environmental Microbiology*. 63:2971-2976.
- Hwang, J.I., Y.J. Choi, B.G. Jang, and S.Y. Rhee. 2010. Segmentation and characteristic analysis of urban farmers behavior. *Korean J. Community Living Science* 21:619-631.
- Jang, D.H. 2007. Study on farming status and continuation possibility of urban agriculture (with special reference to Jeonju-city). *Korean J. Association of Regional Studies* 15:79-102.
- Jang, D.H. 2009. Policy implication for improving urban agriculture. *Journal of Industrial Economics and Business* 22:979-994.
- Kang, K.N., J.K. Lee, K.H. Kim, and M.H. Lee. 2007. Revitalization planning of urban farming based on vegetable gardens. *Journal of the Institute of Construction Technology* 26:167-176.
- Kim, H.S., Y.N. Kim, J.W. Kim, K.H. Kim. 2011. Properties and Heavy Metal Contents of Urban Agricultural Soils in Seoul. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(6):1048-1051.
- Kim, K.R., H.J. Ryu, J.B. Jung, and K.H. Kim. 2001. Investigation of soil contamination at major roadside in Seoul - I. Manguro in Chungnang-gu. *J. Appl. Biol. Chem.* 44:103-108.
- Kim, K.R., H.H. Lee, C.W. Jung, J.Y. Kang, S.N. Park, and K.H. Kim. 2002. Investigation of soil contamination of some major roadsides in Seoul -II. Major roadsides in Gangdong-,

- Gwangjin-, Nowon-, Seodaemun- and Seongdong-gu. *J. Appl. Biol. Chem.* 45:92-96.
- Kaye, J. P., Groffman, P. M., Grimm, N. B., Baker, L. A., and Pouyat, R. V. (2006). A distinct urban biogeochemistry?. *Trends in Ecology & Evolution* 21(4):192-199.
- Kirschbaum, M. U. F. (1995). The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic C storage. *Soil Biology Biochemistry*. 31:205-211.
- Koch, O., Tscherko, D., and Kandeler, E. (2007). Temperature sensitivity of microbial respiration, nitrogen mineralization, and potential soil enzyme activities in organic alpine soils. *Global Biogeochemical Cycles*. 21:GB4017.
- Koerner, B., and Klopatek, J. (2002). Anthropogenic and natural CO₂ emission sources in an arid urban environment. *Environmental Pollution* 116:S45-S51.
- Lee, Y. H., Ahn, B. K., and Sonn, Y. K. (2011). Relationship of topography and microbial community from paddy soils in Gyeongnam Province. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 6:1158-1163.
- Li, X., C. Poon,, and P.S. Liu. 2001. Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. *Applied Geochemistry* 16:1361-1368.
- Lim, G.H., K.H. Kim, B.H. Seo, and K.R. Kim. 2014. Distribution of phytoavailable heavy metals in the Korean agricultural soils affected by the abandoned mining sites and soil properties influencing on the phytoavailable metal pools. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 47(3):191-198.
- Lorenz, K., and Kandeler, E. (2005). Biochemical characterization of urban soil profiles from Stuttgart, Germany. *Soil Biology and Biochemistry* 37(7):1373-1385.
- Lorenz, K. and R. Lal. 2009. Biogeochemical C and N cycles in urban soils. *Environment International* 35(1):1-8.
- Matos, R. S., and Batista, D. S. (2013). Urban Agriculture: The Allotment Gardens as Structures of Urban Sustainability. *Advances in Landscape Architecture*. 457-512.
- McClintock N. 2012. Assessing soil lead contamination at multiple scales in Oakland, California: Implications for urban agriculture and environmental justice. *Applied Geography* 35: 460-473.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2009. Korean Food Standards Codex. MFDS, Seoul, Korea (in Korean).
- Mera, M. U., Doyle, K. R., and Beveridge, T. J. (1992). The membrane-induced proton motive force influences the metal binding ability of *Bacillus subtilis* cell walls. *Applied and Environmental Microbiology*. 51:730-750.
- MOLIT·LH (Ministry of Land, Infrastructure, and Transport·Korea Land & Housing Corporation). 2016. Current status of urban planning(2015). p. 56. Ministry of Land, Infrastructure and Transport · Korea Land & Housing Corporation, Korea (in Korean).
- Na, Y.E. 2010. Driving projects of urban agriculture for the energy independence. *Korean J. Environ. Agric.* 29:304-308.
- Nabulo G, Oryem-Origa H, Diamond M. 2006. Assessment of lead, cadmium, and zinc contamination of roadside soils, surface films, and vegetables in Kampala City, Uganda. *Environmental Research* 101:42-52.
- RDA (Rural Development Administration). 2006. Standard of fertilization prescription affected by crops. RDA, Suwon, Korea (in Korean).
- Nies, D. H. (1999). Microbial heavy metal resistance. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 51:730-750.

- Nobili, D. M., Contin, M., and Brookes, P. C. (2006). Microbial biomass dynamics in recently air-dry for up to 103 years. *Soil Biology Biochemistry* 38:2871-2881.
- Paul, E. A., and Clark, F. E. (1989). *Soil microbiology and biochemistry*. Academic press, San Diego, CA, USA.
- Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Nilon, C. H., Pouyat, R. V., Zipperer, W. C., and Costanza, R. (2001). Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32:127-157.
- Raunkiaer, C. 1934. *Plant life forms*. Clarendon press. Oxford, UK. Curtes and Mc Intosh, 1950
- Reddy, G. B., Faza, A., and Bennett, R. J. (1987). Activity of enzymes in rhizosphere and non-rhizosphere soils amended with sludge. *Soil Biology Biochemistry*. 19(2):203-205.
- Rossiter, D. G. (2007). Classification of urban and industrial soils in the world reference base for soil resources. *Journal of Soils and Sediments* 7(2):96-100.
- Saha, S., Prakash, V., Kundu, S., Kumar, N., and Mina, B. L. (2008). Soil enzymatic activity as affected by long term application of farm yard manure and mineral fertilizer under a rainfed soybean-wheat system in N-W Himalaya, *European Journal of Soil Biology*. 44:309-315.
- Säumel I, Kotsyuk I, Hölscher M, Lenkereit C, Weber F, Kowarik I. 2012. How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Environmental Pollution* 165:124-132.
- Schutter, M. E., and Dick, R. P. (2002). Comparison of fatty acid methyl ester (FAME) methods for characterizing microbial communities. *Soil Science Society of America Journal*. 64:1659-1668.
- Skujins, J. (1976). Extracellular enzymes in soil. *Critical Reviews in Microbiology*. 4:383-421.
- Smith, J.L. and J.W. Doran. 1996. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. p. 169-185. In J.W. Doran, A.J. Jones (ed.). *Methods for assessing soil quality*. SSSA Special Publication No. 49, SSSA, Madison, WI.
- Tabatabai, M. A. (1994). Soil enzymes. In: Weaver, R.W., Angel, J.S., BottomLey, P.S. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Microbiological and Biochemical Properties*, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pp. 775-833.
- Tiessen, H., E. Cuevas and P. Chacon. 1994. The role of organic matter in sustaining soil fertility. *Nature* 371:783-785.
- Toshihide, 흙과 퇴비와 유기물, 일본
- Turner, S., Schippers, A., Meyer-Stüve, S., Guggenberger, G., Gentsch, N., Dohrmann, R., Condron, L. M., Eger, A., Almond, P. C., Peltzer, D. A., Richardson, S. J., Mikutta, R. (2014). Mineralogical impact on long-term patterns of soil nitrogen and phosphorus enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*. 68:31-43.
- Weaver, R. W., Scott, A. J., BottomLey, P. J. (1994). *Methods of Soil Analysis: Part 2—Microbiological and Biochemical Properties*. Soil Science Society of America. 903-943.
- Wei B. and L. Yang. 2010. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal* 94:99-107.
- Zechmeister H.G., D. Hohenwallner, A. Riss, and A. Hanus-Illnar. 2005. Estimation of element deposition derived from road traffic sources by using mosses. *Environmental*

Pollution 138:238-249.

주 의

1. 이 보고서는 농촌진흥청에서 시행한 「농업정책지원기술개발사업」의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농촌진흥청에서 시행한 「농업정책지원기술개발사업」의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.