

최 중
연구보고서

광역친환경농업단지 맞춤형 경축순환자원화센터의
설계와 진단을 위한 사용자 중심의 현장적용시스템
개발에 관한 연구

Development of a Graphic-User-Interface(GUI)
to Design and Assess a Resourcified Center of Crop-Animal Farming
for a Large-scale, Environment-phil Agriculture Area

서울대학교

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “광역친환경농업단지 맞춤형 경축순환자원화센터의 설계와 진단을 위한 사용자 중심의 현장적용시스템 개발에 관한 연구” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2008 년 4 월 24 일

주관연구기관명: 서울대학교

총괄연구책임자: 최홍립

연 구 원: 박성용

연 구 원: 강아람

연 구 원: 허용준

연 구 원: A. Suresh

연 구 원: HQ Yao

협동연구기관명: (주)애니인포넷

협동연구책임자: 곽병오

협 동 연 구 원: 함영화

협 동 연 구 원: 육태호

협 동 연 구 원: 박영숙

요 약 문

I. 제 목

광역친환경농업단지 맞춤형 경축순환자원화센터의 설계와 진단을 위한 사용자 중심의 현장적용시스템 개발에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

농림부가 2006년부터 2013년까지 7년간 약 50여개 지자체를 선정하여 시행하려는 광역친환경농업단지사업의 핵심개념은 첫 째 우리나라 농업을 친환경농업, 즉 궁극적으로 가축분뇨를 경축순환자원화센터 (ReCaf : Resourcified Center of Crop-Animal Farming)에서 Green(GR)되비화하여 이를 화학비료 중심의 관행농업을 유기 경축순환농업으로 재편하며, 둘째 평균경지면적이 1.5ha에 지나지 경종농가를 cluster 묶어 단지화하여 대규모 경종농업체계를 구축한다 새로운 개념의 국책사업이다.

신개념의 경축순환농업을 효율적으로 추진하기 위해서는 각 지자체의 경종특성인 유효농경지 크기, 작목, 작부체계, 토양특성, 축산특성인 사육 주축종 및 규모 등을 통합적으로 고려하여 적시(適時), 적량(適量)의 GR비료를 생산할 수 있도록 비전문가인 지자체에서 쉽게 경축순환자원화센터의 설계와 진단을 위한 사용자중심 (GUI: Graphic-User-Interface)의 현장적용시스템 개발이 절실하다. 이 software 개발을 연구의 목적으로 한다.

본 연구에서 개발하려는 사용자중심의 메뉴방식(GUI) 현장적용시스템은 궁극적으로 광역친환경농업단지화사업 시행시 지자체에서 경축순환자원화센터의 설계 및 진단을 위한 기초자료 제공을 위한 도구로 사용할 수 있다.

III. 연구개발 내용 및 범위

- 광역친환경농업단지사업의 핵심시설인 경축순환자원화센터(ReCaf)의 신축/보완을 위한 설계 및 진단을 현장적용프로그램 개발을 위한 기초입력자료 획득을 위하여 축산-토양-작물의 물질수지 산정식을 정식화(定式化)한다.
- 토양DB, 경종DB, 축산DB, 지역특성DB (지리, 기상) 등의 계량화된 기초자

료(1세부)를 수집하여 DB시스템으로 구축한다. 사업주체가 다양한 조건의 사용자중심의 메뉴방식 (GUI)선택을 통하여 사업지구 맞춤형 경축순환자원화센터를 설계·진단할 수 있도록 현장적용시스템을 개발한다.

IV. 연구개발 결과를 위한 전략체계

□ 사업지구내 작물별 질소(N), 인산(P), 칼리(K)의 요구량은 농업과학기술원의 '가축분뇨퇴비·액비 제조와 이용(1999)' 및 '가축분뇨액비사용기술(2002)', '가축분뇨액비사용조건표(2006)', '가축분뇨 액비사용 매뉴얼(2006)' 등에서 제시한 기초자료를 입력자료화하였다.

□ 사업지구내 질소(N), 인산(P), 칼리(K)의 비료 유효율은 농업과학기술원의 '가축분뇨퇴비·액비 제조와 이용(1999)' 및 '가축분뇨액비사용기술(2002)', '가축분뇨액비사용조건표(2006)', '가축분뇨 액비사용 매뉴얼(2006)' 등에서 제시한 기초자료를 입력자료화하였다.

□ 사업지구내 적용할 수 있는 가축분뇨퇴비화시스템은 크게 두 가지 형태, 기계교반식 (MSAS : Mechnically-Stirred Aeration System) 및 퇴적통풍식 (ASAS : Aerated StAtic-pile System)의 pre-process, primary process, and post-process 등 공정별 MSAS 3개소, ASAS 2개소 등 현장 시료를 채취하여 N,P,K 비효 감모율(減耗率) 외 미생물상, 중금속 등 퇴비특성변화를 GUI 입력자료로 사용하였다.

□ MSAS, ASAS는 가축분뇨퇴비화시스템의 장점중 하나는 감량인데 이 감량을 일본(1999)의 全農施設資材部, 서울대 자체실험결과를 근거로 계량화하였다.

□ 본 연구에서는 기본적으로 사업지구내 지번별 입력된 토양분석자료를 근거로 시비처방서를 GUI시스템에 입력활용 ($\sum \text{Requirement} - \sum \text{Supply} = \sum \text{Demand}$)하여 *ReCaf*의 용량을 결정할 수 있도록 하였다. 그러나 실제 토양별 토양분석자료는 전체에 20%에 지나지 않으며, 그것도 경종농가의 'privacy policy' 때문에 농과원과 호환이 불가능하였다. 그러므로 토양의 유효비료성분은 없는 것으로 가정('zero'base)하여 *Recaf* 용량을 산정하였다.

□ 일단 *ReCaf*의 용량이 결정되면 연중 일정 양의 생산되어 월별 편차를 최소화하는 것이 바람직하다. 사업지구내 주(主)재배작물을 선별하여 이를 대상으로 모사(模寫:simulation)하여 계절별 가동(운영)전략 (용량, 가동 line수 등)을 구

측할 수 있도록 GUI를 program화하였다. 이는 소요기계용량 및 수 공사단가 등을 예측할 수 있다.

□ 기본적으로 사업지구내 토양자료, 경종자료, 축산자료 등 DataBase화하여 구축되면, GUI system이 작부체계 및 *ReCaf* (MSAS, ASAS 이들의 조합 또는 이외) 시스템의 유용성 검증 뿐만 아니라, 사업계획 및 이의 타당성 검증도 가능하다.

□ 사업지구내 비료투입의 경험들을 전문가시스템에 code화함으로써 이를 최대한 활용할 수 있는 기반을 조성효과

V. 연구결과에 대한 활용

□ 사업시행시 본 연구에서 개발한 GUI software를 활용하여 광역친환경농업 단지화사업이나 이와 유사한 사업을 시행할 때 이 도구를 다음 용도로 활용할 수 있다.

- 경종농가에서 필요한 영양소 요구량
- 경종농가의 요구에 부응할 수 있도록 *ReCaf*의 축분퇴비 생산량이나 또는 타지에서 공급해야 할 공급량 산정
- 사업지역내의 경종농가-축산농가 물질수지에 근거한 *ReCaf* 시설규모 산정

SUMMARY

I. The title of the study

◦ Development of a Graphic–User–Interface (GUI) to design and assess a resourcified center of crop–animal farming (ReCaf) for a large–scale, environment–phil agriculture area

II. The necessity and purpose of the study

In 2006, the MAFF launched a very aggressive and grand project to change the agricultural paradigm in Korea. Its mission was to act as an impetus for change and to prepare the agricultural community for a new era: to move away from conventional crop farming using chemical fertilizer. The grand project involves the integration of crop farming and livestock farming (farming which recycles its biomass to crop land as an organic fertilizer). The main facility of the project is ReCaf (Resourcified center of Crop and Animal Farming) and its key function is that it converts waste (biomass) into valuable resources. As a result, it has become the project operators' priority to develop a decision–making tool to facilitate the maintaining of mass balance.

The purpose of this study is to develop a user–oriented GUI system to figure out the biomass balance for the recycling of crop farming and livestock production in a project area. Various information will be fed into the GUI system : scale of cropland, types of crop, cropping systems, and soil properties in crop farming and number of livestock and its type in animal farming.

The GUI system will provide the exact amount of organic fertilizer

necessary for crop farming based on the cropping system, and the amount of livestock manure necessary to process as organic fertilizer. This system will help planner and/or operator to design the capacity of ReCaf (Resourcified Center of Crop–Animal Farming) so that it can effectively recycle biomass generated from livestock farming and utilize it as organic fertilizer. The crop products can be used as roughage feedstock for ruminant animals.

III. The contents and scope of the research

- Formulate a mass balance equation to figure out the amount of supply and demand of biomass in a project area with respect to crop–livestock–soil sectors. This information will provide basic input data to design of the ReCaf, which is the hub facility in a project area involving for a grand–scale, environment–friendly, agricultural land.

- Collect numeric value of soil, crop, livestock, and characteristics of locality (topology, climate) in a project area and construct their DataBase.

- Develop a Graphic User–oriented Interface that responds accurately and precisely to a variety of conditions in a project area for the design of ReCaf so that it ultimately is efficient and produces a realistic outcomes.

IV. The scheme for the results of the research

- The input information of N, P, K fertilizer requirement rate in a project area with different crops for GUI system was determined based on data suggested in 'Formulation and utilization of livestock compost and liquid fertilizer (1999)' 및 'Utilization technology of livestock liquid fertilizer (2002)', 'Comparison table of livestock liquid fertilizer(2006)', 'Manual of livestock liquid fertilizer application (2006)' published by NIAST, RDA.

- Uptake rate of fertilizer components, N, P, and K may depend upon the availability of fertilizer in the soil as well as the type of crops. However, the information involving the crops being compatible to a project area was taken

from the research results of NIAST.

- Two types of compost systems, MSAS (Mechanically-Stirred Aeration System) and ASAS (Aerated Static-pile System) were taken as a ReCaf for GUI system. The systems typically comprise of a pre-process, primary process, and post-process that can take up to 60~90 days or even longer. The reduction rate of fertilizer constituents (N, P, K), heavy metals, and microbiological properties were determined through field surveys and fed into a GUI system as input data which were carried out in September, 2006 and July, 2007.

- Reduction rate of livestock composting material for MSAS and ASAS was taken from information provided by Korea Organic Fertilizer Association (KOFA) cited Japanese literature(日本全農) for input data of a GUI system.

- When mass balance ($\Sigma\text{Requirement} - \Sigma\text{Supply} = \Sigma\text{Demand}$) in a project area is formulated for a GUI system, the availability of fertilizer in the soil should be accounted for. However, because only a limited number(20%) of soil fertilizer data in a boundary is available, even NIAST takes a policy not to share with others because of 'privacy protection policy'. As a result, calculation to determine the quantity of demand must assume 'zero fertilizer' in the soil in a project area, which will ultimately allow to determine the size of ReCaf.

- Once the capacity of ReCaf and cropping system are known, it is desirable for ReCaf to maintain a constant compost production rate over the year. The GUI system may help determine the operations schemes including the number of lines in operation, monthly production rate, etc... With time, the capacity of the ReCaf can be determined by the outcome of the GUI system simulation of major crops being cultivated in a project area.

- This simulation also helps to select machine type and its capacity, and budget estimation for the project.

V. Recommendation of utilization of the results

As agriculture becomes more reliant on information that is often provided by farms that are located far away, data integration will continue to be a critical factor. Ignorance towards systems that allow better management of agriculture may be a matter of ineffective communication between the consumer and the government, or even within the farming community. However, while it may not be the solution to the entire problem, GUI can assist in solving such matters. The following is a selection of applications where GUI has been implemented in order to move toward the goal of this project.

CONTENTS

Chapter 1. The Background of Research Performance	
Section 1. Necessity of Research -----	18
Section 2. Goal and Content of Research -----	18
Chapter 2. Current Status of Technology Relates to International and Domestic Studies	
Section 1. Current Status of Related International Studies -----	23
Section 2. Current Status of Related Domestic Studies -----	23
Chapter 3. Research Implementation Strategies and Methods	
Section 1. System Logic Development -----	27
Section 2. Logical Flow of System -----	28
Section 3 Field Survey of Regional Agriculture -----	29
Chapter 4 Basic Studies of GUI System	
Section 1. System Composition of <i>ReCaf</i> -----	36
Section 2. Basic Plan for Composting System Design of <i>ReCaf</i> -----	36
Section 3. Design and Examination Manual of <i>ReCaf</i> -----	60
Section 4. Operational System of <i>ReCaf</i> -----	93
Section 5. Summary -----	98
Chapter 5 Field Survey for Input Data of <i>ReCaf</i> GUI System	
Section 1. Compost Fertilization Characteristics of Five Compost Plants in S. Korea -----	100
Section 2. Evaluation of Liquid Fertilizer Quality of Pig Slurry through Soil Enzyme Activity Study -----	124
Section 3. Expected Achievements -----	133
Chapter 6. Design Mechanism and Operational Methods of GUI Program	
Section 1 System of Operation Logic System of GUI for <i>ReCaf</i> --	146
Section 2 User Manual of GUI for <i>ReCaf</i> Design -----	148
Chapter 7. Application Case of GUI system for Wanju, Jeonbuk -----	172

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 -----	17
제 1 절 연구개발의 필요성-----	17
제 2 장 국내외 기술개발 현황 -----	22
제 1 절 연구개발대상 기술의 국내외 현황-----	22
제 3 장 연구개발의 추진전략방법 -----	26
제 1 절 개발논리체계-----	26
제 2 절 개발논리흐름-----	27
제 3 절 지역농업의 현황조사-----	28
제 4 장 설계진단 GUI를 위한 기초연구 -----	35
제 1 절 경축순환자원센터의 시스템구성-----	35
제 2 절 ReCaf 주(主)공정(퇴비화시설)설계를 기본계획-----	58
제 3 절 ReCaf 설계 및 진단지침-----	72
제 4 절 ReCaf 운영체계-----	89
제 5 절 요약-----	94
제 5 장 경축순환자원화센터 GUI 프로그램 입력자료를 위한 현장 -----	96
제 1 절 ReCaf (경축순환자원센터)의 공정별 퇴비비효실험-----	96
제 2 절 토양 시용후 토양 효소활성 시험을 통한 돈분뇨 액비품질의 평가-----	119
제 3 절 부숙 양돈액비가 작물의 생산성에 미치는 영향에 관한 현장실증실험-----	128
제 6 장 경축순환자원화센터 설계시스템 공정 및 설계관리프로그램 사용법 -----	148
제 1 절 경축순환자원화센터 설계시스템 운영논리체계-----	148
제 2 절 경축순환자원화센터 설계관리프로그램 사용법-----	150
제 7 장 전북 완주군 경축순환자원화센터 GUI시스템 적용사례 -----	175
제 1 절 적용활용 단계-----	175
제 2 절 현장 활용 계획-----	196

표 목 차

[표 2-1] 국외 관련시스템 개발현황	22
[표 2-2] 국내 시스템 개발 현황	23
[표 2-3] 국내외의 연구현황	25
[표 3-1] 전북 완주군 고산면 경종정보의 예	28
[표 3-2] 전북 완주군 고산면의 예-1	29
[표 3-3] 완주군 고산면의 축산정보 예-2	30
[표 3-4] 축종별 지역별 가축분뇨의 비료성분 생산현황	31
[표 4-1] 연도별 가축분뇨처리시설 지원현황	37
[표 4-2] 우리나라 가축분뇨처리시설 설치 현황	37
[표 4-3] 시설유형별 가동율	38
[표 4-4] ReCaf의 모형분류	42, 94
[표 4-5] 모형 I-1의 공간적 시설구성	43
[표 4-6.1] 가축분뇨 ①in-farm퇴비사의 구성공정 및 해당시설	43
[표 4-6.2] ReCaf 모형 I-1의 구성공정 및 해당시설	43
[표 4-7] 모형 I-2의 공간적 시설구성	45
[표 4-8.1] 가축분뇨 ②on-site 저장습	45
[표 4-8.2] ③ReCaf 모형 I-2의 구성공정 및 해당시설	45
[표 4-9] 모형 II-1의 공간적 시설구성	47
[표 4-10] ReCaf 모형II-1의 구성공정 및 해당시설	48
[표 4-11] 모형 II-2의 공간적 시설구성	49
[표 4-12] 돈슬러리 퇴비화를 위한 ReCaf의 구성공정 및 장치	50
[표 4-13] '모형 III-1'의 공간적 시설구성	51
[표 4-14] ReCaf 모형III-1의 퇴비화 구성공정 및 해당시설	52
[표 4-15] '모형 III-2'의 공간적 시설구성	53
[표 4-16] ReCaf 모형별 사업비 추정을 위한 분류	54
[표 4-17] ReCaf 일원화 모형의 구성공정 및 개략 사업비	54
[표 4-18] 가축분뇨 on-site 저장습	56
[표 4-19] ReCaf 이원화 모형의 구성공정 및 개략 사업비	56

[표 4-20] ReCaf'모형 I-2의 구성공정 및 개략 사업비-----	57
[표 4-21] 퇴비화처리방식 선정의 전제조건-----	60
[표 4-22] 퇴비화방식의 특징-----	68
[표 4-23] 퇴비화조건의 비교-----	71
[표 4-24] 퇴비화시설 규모산정을 위한 축종별-----	74
[표 4-25] 생분량과 수분(%)과의 관계 (1일, 1수)-----	75
[표 4-26] 퇴비화시설별 퇴비화 조건-----	77
[표 4-27] 처리일수의 지표-----	77
[표 4-28] 축분의 건물분해율과 분해발열량의 지표(건조퇴비 이용포함) -----	78
[표 4-29] 부재료 첨가 축분의 건물분해율과 분해발열량의 지표-----	78
[표 4-30] 퇴비사의 처리조건(툽밥첨가)-----	81
[표 4-31] 퇴비사의 소요용적과 면적(툽밥의 첨가)-----	82
[표 4-32] 퇴적송풍식 퇴비화시설의 처리조건(툽밥첨가) -----	83
[표 4-33] 퇴적송풍식 퇴비화공법의 용적과 면적(툽밥첨가)-----	85
[표 4-34] 개방-직선형 퇴비화시설의 처리조건(툽밥첨가)-----	86
[표 4-35] 개방-직선형 퇴비화시설의 필요용적과 면적(툽밥첨가)-----	88
[표 4-36] 운영주체별 장단점-----	90
[표 4-37] 민간제안사업 시 부가가치창출 잠재사업-----	90
[표 4-38] 단위면적당 친환경농업수준에 따른 소득보전에 (단위면적 10a) ----	93
[표 5-1] 현장조사대상 퇴비공장 특성-----	98
[표 5-2] 퇴비 시료의 특성 단계별 화학적 조성 분석-----	103
[표 5-3] 퇴비시료의 공정별 중금속특성-----	108
[표 5-4] 퇴비시료의 공정별 미생물 특성-----	109
[표 5-5] 퇴비의 여러 미생물 질량과 화학 질량 사이의 Pearson product-moment 상관계수 (r)과 확률(P)값-----	112
[표 5-6] 토양 분석 결과표-----	130
[표 5-7] 액비 분석 결과표-----	131
[표 5-8] 'CGS액비'의 물리화학적 특성 분석항목-----	132
[표 5-9] 액비살포 하우스 토마토 재배토양의 물리화학적 특성분석항목 -----	132
[표 5-10] 철원 하우스 토마토 실험계획-----	133

그림 목 차

[그림 1-1] 경축순환농업 개념도	18
[그림 3-1] 경축순환자원화센터 기초설계/진단을 위한 현장적용 GUI Programming Method	26
[그림 3-2] 경축순환자원화센터 설계진단을 위한 현장적용시스템 개발논리흐름도	27
[그림 3-3] 우리나라 전형적인 가축분뇨관리체계	32
[그림 3-4] A양돈장의 가축분뇨처리 시설 전경	32
[그림 3-5] A양돈장의 진동식 고액분리기	33
[그림 3-6] A양돈장의 액비처리 폭기시설	33
[그림 3-7] A양돈장의 축분퇴비화시설	33
[그림 3-8] 양돈장의 액비처리시설 및 자장조의 비가림 시설	34
[그림 3-9] 액비 살포차량 및 살포현장	34
[그림 4-1] 경축연계의 숙명성	39
[그림 4-2] ReCaf의 개괄적 구성 공정 및 공정의 용도	41
[그림 4-3] ReCaf 모형선택을 위한 logic flow	41
[그림 4-4] ReCaf 모형 I-1 개념도	42
[그림 4-5] ReCaf 모형 I-2 개념도	44
[그림 4-6] ReCaf'모형II-1' 개념도	46
[그림 4-7] ReCaf'모형II-2' 개념도	49
[그림 4-8] ReCaf모형III-1 개념도	51
[그림 4-9] ReCaf모형 III-2 개념도	53
[그림 4-10] 퇴비화시설 기본계획의 순서	59
[그림 4-11] 한냉·다설지역 (중부,서해지방) 적용가능 퇴비화방식	64
[그림 4-12] 온난지역에 적용가능한 처리방식	64
[그림 4-13] 퇴비화법의 분류 및 장치의 명칭	67
[그림 4-14] 퇴비화처리시설 기계의 특성	69
[그림 4-15] 퇴적송풍식 및 기계교반식 퇴비화시설 규모산정관여요인	73
[그림 4-16] 광역친환경농업단지사업의 사업비집행 및 기술체계(案)	92
[그림 5-1] 양평축분퇴비공장 공정별 실상도	98

[그림 5-2] 용인축분퇴비공장 공정별 실상도-----	99
[그림 5-3] 전주연초퇴비공장 공정별 실상도-----	99
[그림 5-4] 지리산낙협 축분퇴비공장 공정별 실상도-----	99
[그림 5-5] 논산축협 축분퇴비공장 공정별 실상도-----	100
[그림 5-6] 3M 페트리 필름 TM 상에서 퇴비의 호기성 세균 (a) 대장균군 및 대장균의 집락-----	102
[그림 5-7] 퇴비시료의 단계별 MBC의 경시적 변화-----	105
[그림 5-8] 퇴비 시료의 단계별 MBN의 경시적 변화-----	105
[그림 5-9] 퇴비 시료의 단계별 MBC/MBN 비의 경시적 변화-----	106
[그림 5-10] 퇴비 시료의 각 단계별 C/N 비의 경시적 변화-----	106
[그림 5-11] 퇴비화의 각 단계에서 퇴비의 미생물 군락의 평균 질량-----	110
[그림 5-12] 각 특성 단계별 퇴비 시료의 여러 미생물군락의 총수와 퇴비화 각 단계별 미생물 분포를 나타내는 box plot. (A, a) 호기성 미생물수, (B,b) 대장균군수, (C,c) 대장균수, (D,d) 진균수, (E,e) 방선균수-----	112
[그림 5-13] 시금치 재배 토양에서의 탈수소화 효소 및 포스파타제 효소의 활성화에 대한 영양원의 효과-----	123
[그림 5-14] 시금치 재배 토양에서의 혐기성 포스파타제, aryl sulphatase, 질산염 환원효소 및 요소화 효소의 활성화에 대한 영양원의 효과-----	123
[그림 5-15] 시금치 재배 토양에서의 -글루코시다제의 활성(g PNP/g/hr)에 대한 영양원의 효과 -----	124
[그림 5-16] 철원군 경축순환농업체계-----	129
[그림 5-17] 철원군 환경사업소 내 처리공정중-----	131
[그림 5-18] 시설 하우스 내부와 외부 온도(040706~041506) -----	134
[그림 5-19] 시설 하우스 내부와 외부 온도(041606~042806) -----	134
[그림 5-20] 시설 내의 전반적인 모습-----	137
[그림 5-21] 시설 내의 전반적인 모습-----	137
[그림 5-22] 시설 내의 전반적인 모습-----	138
[그림 5-23] 정상적으로 과실이 맺힌 상태-----	138
[그림 5-24] 정상적으로 생육중인 작물의 모습-----	138
[그림 5-25] 약간 시든 모습-----	139
[그림 5-26] 앞단의 잎들이 아래쪽으로 흰모습-----	139

[그림 5-27] 과실에 멍이 든 것 같은 모습	130
[그림 5-28] 3단내 냉해 피해로 인한 기형과 - 열과, 창문과, 줄과	143
[그림 5-29] 3단에서 냉해 피해로 인한 기형과 - 줄과(06. 07. 05)	144
[그림 5-30] 칼슘부족으로 인해 배꼽썩음과(果)가 나타난 현상(06. 07.05)	145
[그림 5-31] 정상적인 착과되었지만 정상에 비해 소과(小果)상태	145
[그림 6-1] 경축순환자원화시스템 설계관리프로그램 논리흐름도	149
[그림 7-1] 경종농가의 지면별 토지현황 등록화면	176
[그림 7-2] 경종농가의 지면별 재배현황 등록화면	177
[그림 7-3] 작물별의 영양소 요구량 및 시비방법 등록화면	178
[그림 7-4] 축산농가의 시설별 사육현황 등록화면	179
[그림 7-5] 축산농가의 농가별 축분생산 및 처리현황 조회화면	180
[그림 7-6] 선택한 지역(예:완주군 고산읍)의 축종별 NPK 발생량, 처리량 조회	180
[그림 7-7] 완주군 친환경단지 지역의 축종별 NPK 발생량, 배출량 및 축분뇨 발생량, 배출량 조회	181
[그림 7-8] 선택한 지역(예:완주군 비봉면)의 작물별 NPK 필요량 조회	182
[그림 7-9] 완주군 친환경단지 지역내의 재배작물별 필요한 NPK량의 조회	183
[그림 7-10] 완주군 친환경단지 지역내의 농가 재배작물에 따른 월별 필요량 조회	184
[그림 7-11] 완주군 친환경단지 지역내의 월별 NPK 필요량 조회	185
[그림 7-12] 완주군 지역내의 축산농가에서 월별 NPK 공급가능량 조회	186
[그림 7-13] 완주군 지역내의 경종요구량과 축산공급량의 과부족을 조회	187
[그림 7-14] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 적용하고자 하는 해당 작물을 선택하거나 지역을 선택하는 화면	187
[그림 7-15] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 필요한 NPK를 공급하기 위해 축종별 필요한 축분량과 공급 비율을 입력하는 화면	188
[그림 7-16] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 필요한 NPK를 공급하기 위한 월간 축분노량을 도출하여 생산하고자 하는 퇴비의 배합비를 입력하는 화면	189
[그림 7-17] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 필요한 NPK를 공급하기 위한 전체 퇴비를 생산하는 규모의 10% 수준으로 도출하고자 입력화면	190
[그림 7-18] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 필요한 NPK를 공급하기 위한 전체 퇴비를 생산하는 규모의 10% 수준으로 도출한 축분노량을 기준으로 퇴비 배합비율입력과 생산량	

추경조회화면	190
[그림 7-19] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 필요한 축분량의 30%를 목표로 하여 배합비율을 입력한 예제 화면	191
[그림 7-20] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 설치하고자 하는 공정을 선택한 후, 공정단계별로 공정일수를 입력하는 화면	192
[그림 7-21] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 설치하고자하는 공정을 선택한 후, 공정단계별로 공정일수를 입력하여 저장한 내역조회	192
[그림 7-22] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 저장한 공정자료를 선택하여 세부내역 조회화면	193
[그림 7-23] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 저장한 공정자료를 선택하여 세부내역 조회하여 공정단계별로 필요한 시설량과 기계 설비수량을 선택 입력하는 화면	194
[그림 7-24] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위한 예상 견적출력화면	195

제 1 장 연구개발과제의 개요

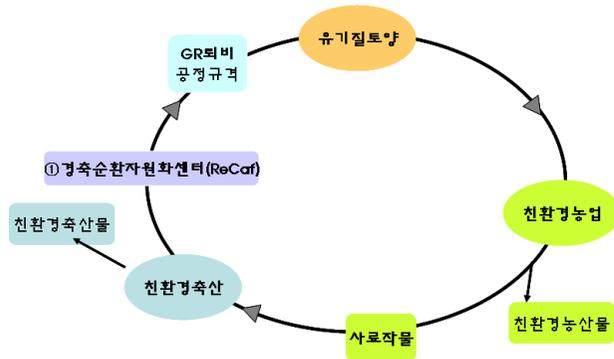
광역친환경농업단지 사업의 핵심개념인 경종과 축산의 순환농업체계를 구축하기 위하여 각 지자체 대상사업지구의 비전문가군인 사업추진단이 경축순환자원화센터(ReCaf)를 설계 또는 보완할 때, 사업지구의 농업특성, 즉 경종특성(유효농경지 크기, 작목, 작부체계 등)-토양특성-축산특성(축종, 규모, 축사, 축분뇨관리 실태 등)을 통합적으로 고려하여, 경시적(經時的)으로 적정 양의 Green퇴비를 생산할 수 있는 사용자중심 (GUI: Graphic-User-Interface) ReCaf 설계·진단현장적용시스템 개발을 본 연구의 목표로 한다. .

광역친환경농업단지 사업의 핵심개념인 경종과 축산의 순환농업체계를 구축하기 위하여 각 지자체 대상사업지구의 비전문가군인 사업추진단이 경축순환자원화센터를 기존 시설보완 또는 신축하고자 할 때, 사업지구의 농업특성, 즉 경종특성(유효농경지 크기, 작목, 작부체계 등)-토양특성-축산특성(축종, 규모, 축사, 축분뇨관리 실태 등)을 통합적으로 고려하여, 적시(適時), 적량(適量)의 Green퇴비를 생산할 수 있는 경축순환자원화센터의 설계·진단을 위한 사용자중심 (GUI: Graphic-User-Interface)의 현장적용시스템 개발을 본 연구의 최종목표로 한다.

제 1 절 연구개발의 필요성

1. 연구개발대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

○ 농림부가 2006년부터 2013년까지 7년간 약 50여개 지자체를 선정하여 시행하려는 광역친환경농업단지사업의 핵심개념은 [그림 1-1]에서 보인 바와 같이 경종과 축산의 순환농업체계를 구축하여 우리나라 농업을 친환경농업, 즉, 궁극적으로 유기농업으로 재편한다는 획기적이나 위험부담이 큰 계획이다. 경축순환농업의 출발은 전환기유기농업개념을 접목하면 [그림 1-1]의 ① 경축순환자원화센터 (Resourcified Center of Crop-Animal Farming: ReCaf)에서 Green(GR)퇴비를 생산하는 것이다.



[그림 1-1] 경축순환농업 개념도

○ 앞서 언급한 바와 같이 본 사업을 성공적이며 효율적으로 추진하기 위하여서는 각 지자체의 경종특성인 유효농경지 크기, 작목, 작부체계, 토양특성, 축산특성인 사육 주축종 및 규모 등을 통합적으로 고려하여 적시(適時), 적량(適量)의 GR비료를 생산할 수 있도록 비전문가인 지자체에서 쉽게 ①경축순환자원화센터의 설계와 진단을 위한 사용자중심(GUI: Graphic-User-Interface)의 현장적용시스템 개발이 절실하다.

○ 그러나 우리나라에는 국내외관련연구에서 재검(再檢)하였지만 첫 째, 서로 독립적인 작물, 토양, 축산 등에 대한 특정목적의 프로그램은 있으나, 토양-작물-축산 등 학제간 통합프로그램(GUI)는 없으며, 둘째 상당 수의 기존프로그램은 단순 의사결정을 목적으로 coding되어 본 연구에서 추구하는 물질변환에 따른 흐름율(flow rate) 산정할 수 있는 GUI형 프로그램은 거의 찾아보기 힘들다. 그러므로 본 연구에서 개발하려는 사용자중심의 메뉴방식(GUI) 현장적용시스템은 경축순환자원화센터의 설계·진단을 위하여, 궁극적으로 국가사업이 원활하게 수행되기 위해서는 조속 개발되어 사업선정 지자체에 제공되어야 한다.

○ 경축순환농업체계에서의 물질흐름을 해당사업지구의 기상DB, 경종DB, 토양DB, 축산DB 등 관련분야를 통합하여 과학적 산정 protocol를 algorithm화하여 광역친환경농업단지 맞춤형 경축순환자원화센터의 설계·진단프로그램에 내재(內在)시켜, 사용자 중심의 GUI형 현장적용시스템화할 수 있도록 학제간, 통합적 시스템 구축이 선행되어야 한다.

2. 연차별 연구개발의 목표 및 내용

○ 본 연구의 연차별 세부 연구목표 및 연구내용은 다음과 같다.

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
1 차 년 도	2006	○ 광역친환경농업 단지 조성사업대상 지구의 축산특성 분석, 축산분야 설계변인 선별 및 입력변인, 계수의 계량화	·사업지구의 축산특성분석 - 축종 및 사육규모 - 축분노발생량 및 관리현황 ·경축순환자원화센터의 설계진단시스템개발을 위한 일반 축산분야 입력변인 선별 및 입력변인, 이의 정량화	공간적으로 사업지구만을 대상
		○ 광역친환경농업 단지 경축순환자원화센터(ReCaf)의 설계변수 계량화를 GUI 입력자료	·경축순환자원화센터의 최적 공정구성을 위한 현장조사 - 기존 대표적 퇴비공장의 구성 공정, 공정특성 및 공정별 효율 조사 ·경축순환자원화센터의 최적 구성공정 정립 - 구성공정별 물질수지에 필요한 ·경축순환자원화센터의 지역적 특성을 고려한 최적공정 구성 및 공정별 효율제시 ·경축순환자원화센터의 설계를 위한 입력변인 선별	전국 대표적 시범 퇴비 공장대상
		○ DB 시스템 구축	·기초 DB구축을 위하여 1세부에서 제공된 기초입력자료의 Graphic 언어화, 입력자료의 재구성, 재편집, 분석 및 자료입력	DB 항목개발 DB 정규화 프로세스설계
		○경축순환자원화센터(ReCaf) 입력자료 GUI화	· 경 축 순 환 자 원 화 센 터 (ReCaf)의 구축을 위한 축산분야 계획 및 예측이 가능하도록 입력 및 분석항목 개발	입력항목개발 출력항목개발 알고리즘개발 계산식 개발

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
1차년도	2006	○경축순환자원화센터(ReCaf) 설계·진단 GUI시스템개발	·입력정보(1세부)를 통하여 경축순환자원화센터의 공정효율, 물질순환, 생산량 및 질 등 다양한 simulation, 기능 적합성 검토가 가능한 사업계획보고서를 개발	보고서개발
2차년도	2007	○ 광역친환경농업단지 조성사업대상지구 경축순환자원화센터의 설계/진단시스템개발을 위한 경종특성 분석 및 경종분야 설계 변수 선별 및 물질수지 산정식 정립	·광역친환경농업단지 조성사업대상지구의 경종특성 분석 - 작목, 식부면적, 작부체계, 표준시비량 ·사업지구내 경축순환자원화센터 생산 GR퇴비(양과 비효(肥效))와 경종특성간 물질(비료)수지 산정식 formulation - 경종특성과 경축순환자원화센터 간 물질순환 ·경축순환자원화센터의 설계/진단을 위한 경종분야 입력변인선발 - 작목, 식부면적, 작부체계, 표준시비량 등	대상 : 공간적으로 사업지구
		○ 광역친환경농업단지 조성사업대상지구 경축순환자원화센터의 설계/진단시스템개발을 위한 토양특성 분석 및 토양분야 설계 변수 선별 및 물질수지 산정식 정립	·광역친환경농업단지 조성사업대상지구의 토양특성 분석 - 작목, 식부면적, 작부체계, 표준시비량 ·사업지구내 경축순환자원화센터 생산 GR퇴비(양과 비효(肥效))와 토양특성 간 물질(비료)수지 산정식 formulation - 토양특성(토양 내의 물질수지 즉, 대기휘산 등)와 경축순환자원화센터 간 물질수지분석	

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
2 차 년 도	2007		· 경축순환자원화센터의 설계/진단을 위한 토양분야 입력변인 선발 - 토양 taxamony, 토양 물리화학적 특성 등	
		○ 광역친환경농업단지 조성사업대상지구 경축순환자원화센터의 설계·진단시스템 개발을 위한 축산-토양-경종 통합화 및 이의 유의성 검정	· 광역친환경농업단지 조성사업대상지구 경축순환자원화센터의 설계·진단시스템 개발을 위한 축산-토양-경종 통합화 및 이의 유의성 검정	
		○ 경종-토양분야 정보자료 GUI화	· 경축순환자원화센터 (ReCaf)의 구축을 위한 축산분야 계획 및 예측이 가능하도록 입력 및 분석항목 개발	입력항목 개발 출력항목 개발 알고리즘 개발 계산식 개발
		○ 현장적용시스템 통합 설계 및 개발 ([그림-4]참조)	· 입력된 값을 통하여 시뮬레이션이 가능하도록 다양한 분석 및 평가 보고서 개발 · 축산-경종-시설분야의 시스템을 통합하여 상호유기적으로 활용 분석 되도록 시스템 통합개발	보고서 개발 통합logic개발 최적logic개발
		○ 현장적용시스템의 검정(檢定) 및 시험적용	· 통합에 의한 전체적인 사업운영과 향후 경축순환자원화센터의 전반적인 사업계획 및 추진에 대한 타당성 검토가 가능한 보고서 개발 · 개발 시스템의 현장을 대상으로 시험적용하여 문제점 보완 및 정확도 개선	

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 연구개발대상 기술의 국내외 현황

1. 국외선행연구

○ 국외에서 개발된 시스템에 대한 [표 2-1]에서 제시한 바와 같이 ①, ⑥의 경우, 농업(경종)을 중심으로 한 시비량에 초점을 맞추어 개발되었으며, ③, ⑤, ⑦의 경우, 축산을 기초로 하여 발생 양분량과 퇴비화에 따른 양분량을 계산하는 software이다. 본 연구에서 개발한 광역친환경농업단지 맞춤형 경축순환자원센터(ReCaf)의 설계·진단시스템은 ③, ⑦, ⑧을 참고하였으며, 선행연구의 개발시스템 내용을 간단하게 기술하였다.

[표 2-1] 국외 관련시스템 개발현황

시스템명	개발기관	개발연도	개발국가	시스템 개발내용
① 영양예산관리자 프로그램	농무성 (AgResearch)	2004	뉴질랜드	농가의 비용절약과 효율적인 비료사용을 통한 환경의 영향과 수질관리가 가능하도록 농장, 과수원의 영양분 유입, 유출을 계산 (N, 인산염, K, Mg, Na, Ca, 메탄, 아산화질소, 이산화탄소 계산)
② 드리프트시움	농무성 (농업연구국)	2005	미국	농약 살포시 살포장치에 따라 풍속, 물방울의 크기, 낙하속도, 노즐의 높이, 분무압력, 기온 및 습도 등을 고려하여 비산거리를 계산
③ Pig Manager	AgroVision	2004	네델란드	양돈농장에서 유입된 영양분에 따라 유출이 예상되는 영양분의 항목별 배출량계산
④ 농업기상해석 software	日本 농업기술센터	1999	일본	환경 온도기록계의 측정결과에 따른 벼의 최적 농작업 시기를 판단, 이앙시기, 수확의 판단예측, 저온 화분장애 등에 대한 대비가 가능하도록 개발
⑤ 퇴비시비량 계산software	日本 群馬縣 농업기술센터	2003	일본	축산퇴비의 비료적인 성분을 평가하고 부족분을 화학비료 보충시 부족화학비료량 계산 프로그램 (돼지, 젖소, 육우 등의 퇴비 특성을 고려하여 계산)

⑥ 施肥名人	일본全農	2000	일본	화학비료, 퇴비종류 및 양, 지온 등의 데이터를 고려하여 목적기간의 무기태 질소의 발현량 模寫
⑦ Nebraska Manure Value Calculating Program	U. of Nebraska	2002	미국	가축의 사육현황, 작물 재배계획 정보를 통한 분뇨성분별 활용량, 잔여량 및 收支계산
⑧ AWM	연방자원 보전국 (NRCS)	2004	미국	가축분뇨의 총양분량을 계산하기 위하여 제작되었으나, 토양환원을 위한 양분량이나 농도산정을 위한 프로그램은 아님을 유의할 필요.

출처: ①, ②, ④, ⑤, ⑥ 농촌진흥청, 국외정보 자료실 발췌

- ③ 네덜란드 양돈기록관리 프로그램으로 정부의 환경배출량 허가제에 따른 질소, 인산 배출량을 계산하는 기능을 보유
- ⑦ 미국 네브라스카대학 extension & outreach에서 검색된 엑셀 형태의 매크로기능 적용프로그램

2. 국내선행연구

○ 국내 농업관련의사결정프로그램을 총망라하면, [표-2]의 ①, ②는 장 기간에 걸쳐 지역별 토양의 상세정보(성분 분석결과 포함), 지리정보, 물리적 특성 정보 등을 제공하도록 되어 있으며, 작물에 대해 필요로 하는 시비량을 권장하도록 되어 있다.

③,④,⑤,⑦,⑧,⑪ 등은 작물과 축산경영프로그램이며, ⑥은 농약, ⑨, ⑬은 사료 배합, ⑩, ⑫ 식물환경제어, ⑭,⑮는 퇴비공장의 크기 및 소요투입량을 결정할 때 적용할 수 있는 프로그램이다. 그러나 본 시스템에서 개발한 대단위 광역친환경 농업단지 맞춤형 경축순환자원센터의 설계·진단시스템을 개발하는 과정에서 ⑭, ⑮를 부분적으로 참고하였다. 선행연구의 연구개발기술을 개략적으로 요약하였다.

[표 2-2] 국내 시스템 개발 현황

시스템명	개발기관	개발연도	시스템 개발내용
① 배양액 계산프로그램	서울시립대	2004	실험용 배양액을 작물별, 생육단계별로 자동분류하여 최적방안을 계산

② 농업 토양정보 시스템(1)	농촌진흥청	1998 ~ 2006	지역의 토양분석 자료와 기후, 작물에 따른 시비량 및 토양관리 분석정보 제공
③ 벼생산 경영종합관리 프로그램(2)	농촌진흥청		벼생산을 위한 농가의 토지, 건물, 기계, 인력, 재배, 판매에 대한 관리기록
④ 과수원관리프로그램	농림수산정보센터	1997	과수농가의 운영 및 경영을 위한 기록관리
⑤ 낙농-양계-양돈 경영관리프로그램	농림수산정보센터	1997	축산농가의 생산-경영을 위한 기록관리
⑥ 농약혼용표 프로그램	제주도 보건환경연구원	1994	농약의 혼용에 관한 적합성 등을 평가
⑦ 농축산물표준소득 분석 프로그램	농촌진흥청	2000	농축산물에 대한 표준소득을 예측하여 계산
⑧ 농가용 품목별 진단프로그램	농촌진흥청	1999	농가에 대한 품목별 경영진단
⑨ 짓소용 최적사료 배합 프로그램	축산연구소	2001	짓소를 위한 영양소 요구량에 따른 최적의 사료배합 방안을 계산
⑩ 병벼섯 재배사 환경제어 프로그램	경남 농촌진흥원		병벼섯에 재배사의 환경을 측정 제어 관리
⑪ 시설원에 작목반 관리 프로그램(3)	농촌진흥청		다수의 작목에 대한 관리 기능과 다수농가의 운영을 통합하여 기록관리
⑫ 복합환경제어시스템(4)	농촌진흥청	1999	기후, 환경 등을 측정하여 작물의 최적 생육환경을 조성할 수 있도록 온도, 습도, 이산화탄소, 환기, 양액 등을 제어하는 시스템
⑬ 배합사료 원료평가 프로그램(5)	(주)애니인포넷	2004	배합사료에 사용되는 원료에 대한 다양한 성분의 분석 및 이용에 관한 정보를 분석 및 관리
⑭ 가축분뇨 퇴비화 시설 적정관리 프로그램	축산연구소	2004	가축분뇨 퇴비화 시설 운영에 따른 필요한 규모, 설치구조와 운전요령 등 정보 제공
⑮ MS엑셀 프로그램을 활용한 축산분뇨 자원화 프로그램	축산연구소	1999	축산분뇨 처리시설의 규모와 운영에 필요한 투입 소요량의 계산

출처, 농촌진흥청 연구결과 보고서 검색 <http://www.rda.go.kr>)

3. 국내·외의 연구현황

○ 본 시스템 개발과 관련된 국내·외의 연구현황은 [표-3]과 같으나 이의 내용을 간략하게 기술하였다. 국내외를 막론하고 가축분뇨의 퇴비화에 대한 연구가 상대적으로 많이

수행되었으며, 자원으로서의 이용에 대한 규정과 관련된 연구가 많았으나 광역친환경농업 단지 맞춤형 경축순환자원화 센터의 설계·진단을 위한 기초자료를 제공하기 위한 현장적용 tool이 없었다. 이를 해소하기 위하여 사용자 중심의 GUI를 개발하였다.

[표 2-3] 국내·외의 연구현황

연구수행기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
농촌진흥청	가축분뇨 등 유기성폐자원의 재활용기술	가축분뇨 활용 및 바이오 가스 활용 및 음식물쓰레기의 퇴비화에 대한 연구
농촌진흥청	작물별 유기농업 생산모델 설정	유기재배 논토양 관리기술 및 유기벼 양분요구량 산출에 관한 연구
농촌진흥청	지구온난화대응 농업기술 연구	논에서 밧질 처리방안에 따른 이산화탄소 배출량 및 질소시비량에 따른 밧작물별 이산화탄소 배출량 연구
농촌진흥청	OECD 농업환경지표 개발	국가간 농경지 양분수지 비교 및 농업경관 지표연구
농업환경연구소 (네델란드) ¹⁾	유럽농업에서의 유입/유출 계산시스템에 대한 연구	유럽 각국의 친환경적인 농장운동을 위한 기존의 평가방식과 유입/유출에 대한 규정 및 등급에 관한 연구
네브라스카대 (미국) ²⁾	축산분뇨에 대한 평가와 재배작물에 대한 영양소요구량 평가	질소, 인산, 칼륨, 황, 아연에 대한 유입, 유출에 대한 계산프로그램 개발 활용
농촌진흥청	작물양분 종합관리기술	친환경 시비를 위한 토양별 작목별 양분수지를 계산하여 시비관리 하는 기술 연구
농촌진흥청	기후, 토양특성, 작물생산성을 고려한 재배적지 기준설정	지형, 경사, 토성, 배수등급, 유효토심, 온도 기상등급을 통한 작목별 재배적지 기준연구 (2004년→24, 2005→36, 2006→48 작목)
축산연구소	돼지의 성장단계별 분뇨배설량 및 분뇨특성	돼지의 성장단계별 분뇨의 오염물질 농도, 돈분의 수분 및 비료성분 함량, 성장단계별 분뇨특성에 따른 활용방안 연구
농촌진흥청	농업생산 자동화를 위한 정보통신기술의 이용	컴퓨터를 이용한 농업시설의 환경정보의 자동측정과 제어를 통한 조절에 관한 기술연구
농협중앙회	양돈분뇨 처리현황 및 실태	전국의 양돈농가를 대상으로 양돈 분뇨 처리 시설현황 및 운영에 관한 실태 분석

참고, 농촌진흥청 및 축산연구소 자료는 2003 - 2004 연구결과 보고서

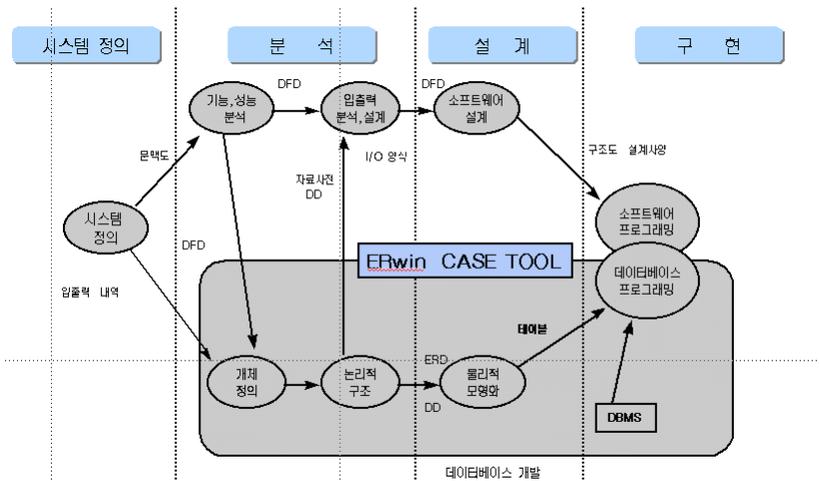
(1) 네델란드 농업환경연구소, Study Input/Output Accounting System of Agriculture in EU

(2) 미국 네브라스카대, Nebraska Manure Value Calculating Program Manual

제 3 장 연구개발의 추진전략·방법

제 1 절 개발논리체계

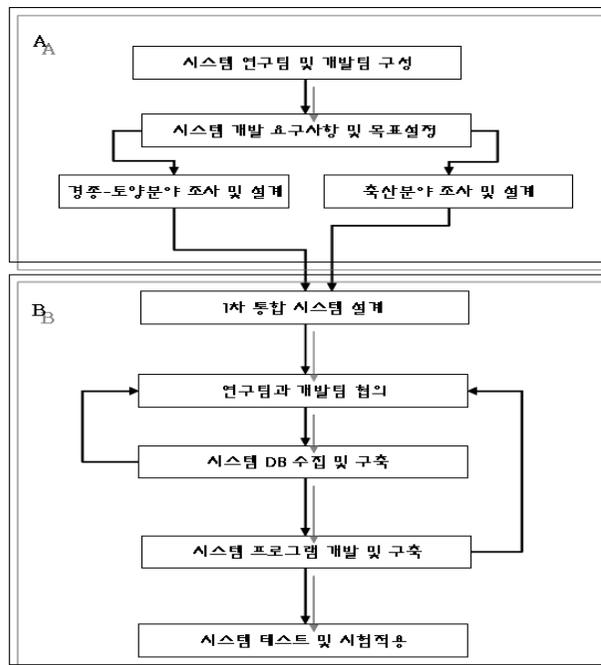
○ 광역친환경농업단지사업의 핵심시설인 경축순환자원화센터(ReCaf)의 신축, 보완을 위한 기초설계 및 진단을 위한 현장적용프로그램은 축산-토양-작물의 물질수지 산정하는 하는 산정식을 정식화한다. 물론 이때 선행연구의 연구결과를 참고하고, 현장실증 실험도 수행하여 GUI개발에 필요한 입력계수(coefficients)를 결정하였다. 제2세부과제에서 [그림 3-1]와 같은 논리체계도를 기초로 비전문가집단에서도 쉽게 ReCaf의 기초설계, 진단할 수 있도록 사용자 중심의 GUI시스템을 개발하였다.



[그림 3-1] 경축순환자원화센터 기초설계/진단을 위한 현장적용 GUI Programming Method

제 2 절 개발논리흐름

○ 연구추진의 방법으로는 [그림 3-2]에 보인 바와 같이 Box A에서는 기본적으로 제 1세부과제에서 모든 정보를 입력하면, Box B에서 사용자중심의 GUI 현장적용시스템에 입력하도록 되어 있다.



[그림 3-2] 경축순환자원화센터 설계진단을 위한 현장적용시스템 개발논리흐름도

제 3 절 지역농업의 현황조사

○ 본 연구의 시스템에 입력되는 변인(항목)도출과 현장 입력 가능여부를 평가하기 위하여 시·군청, 지역농업기술센터와 농가에서 작성 가능여부, 자료 유효성(availability)여부를 검토하여 이에 해당하는 변인(항목)을 선정하였다. 그리고 이런 변인(항목) 자료를 수집하기 위하여 일정한 양식(format)을 만들어 자료를 수집하였다.

1. 경종정보

주요한 변인(항목)으로는 재배지의 주소, 면적, 지목, 재배작물, 재배면적, 재배시기, 시비시기, 재배방법 등이며, 재배지의 토양정보를 수집하여 토양내 영양소의 양과 재배작물의 요구량을 함께 물질수지를 정식함으로써 실질적인 공급량을 도출하고자 하였다.

[표 3-1] 전북 완주군 고산면 경종정보의 예
복합비료

Cropping Information Survey Sheet										
순번	Basic Information					지목	용도	소유자	작물	재배시기
	군	면	리	지번	면적 m ³					
1	완주군	고산면	남봉리	401	1,048	임야	답	박춘오	벼	05월-09월
2	완주군	고산면	남봉리	20-1	765	견	답	박춘오	벼	05월-09월
3	완주군	고산면	남봉리	20-3	69	견	답	박춘오	벼	05월-09월
4	완주군	고산면	남봉리	20-4	221	도로	답	박춘오	벼	05월-09월
5	완주군	고산면	남봉리	345	1,934	견	답	유승준	벼	05월-09월
6	완주군	고산면	남봉리	338-1	1,413	답	답	유왕식	벼	05월-09월
7	완주군	고산면	남봉리	338-2	3,020	견	답	유왕식	벼	05월-09월
8	완주군	고산면	남봉리	22	423	답	답	유정섭	벼	05월-09월
9	완주군	고산면	남봉리	23	202	답	답	유정섭	벼	05월-09월
10	완주군	고산면	남봉리	127-2	3,170	답	답	유정섭	벼	05월-09월
11	완주군	고산면	남봉리	991-4	5,840	답	답	이경규	벼	05월-09월
12	완주군	고산면	남봉리	991-3	1,512	답	답	이경규	벼	05월-09월
13	완주군	고산면	남봉리	404-1	1,580	임야	답	이순미	벼	05월-09월
14	완주군	고산면	남봉리	406	512	하천	답	이순미	벼	05월-09월
15	완주군	고산면	남봉리	360-1	906	답	답	이승규	벼	05월-09월
16	완주군	고산면	남봉리	30-1	1,312	답	답	이승규	벼	05월-09월
17	완주군	고산면	남봉리	30-3	1,101	답	답	이승규	벼	05월-09월
18	완주군	고산면	남봉리	30-5	1,789	답	답	이승규	벼	05월-09월
19	완주군	고산면	남봉리	283-4	4,172	견	답	이쌍규	벼	05월-09월
20	완주군	고산면	남봉리	281	674	견	답	이쌍규	벼	05월-09월
21	완주군	고산면	남봉리	283-2	431	임야	답	이쌍규	벼	05월-09월
22	완주군	고산면	남봉리	472-49	759	답	답	이쌍규	벼	05월-09월
23	완주군	고산면	남봉리	132	2,995	답	답	이중현	벼	05월-09월
24	완주군	비봉면	백도리	355	364	답	답	이택수	벼	05월-09월
25	완주군	비봉면	백도리	1000	2,846	답	답	국경덕	벼	05월-09월
26	완주군	비봉면	백도리	1024-1	1,411	답	답	국경덕	벼	05월-09월
27	완주군	비봉면	백도리	1003-2	1,197	답	답	국경덕	벼	05월-09월
28	완주군	비봉면	백도리	1003-1	530	답	답	국경덕	벼	05월-09월
29	완주군	비봉면	백도리	1003-5	359	답	답	국경덕	벼	05월-09월
30	완주군	비봉면	백도리	955	2,169	답	답	국경덕	벼	05월-09월
31	완주군	비봉면	백도리	951-2	2,043	답	답	국경덕	벼	05월-09월
32	완주군	비봉면	백도리	947-1	202	답	답	국영호	벼	05월-09월
33	완주군	비봉면	백도리	947-2	656	답	답	국영호	벼	05월-09월
34	완주군	비봉면	백도리	947-3	444	답	답	국영호	벼	05월-09월

그러나 지번별 토지의 영양소 함량에 대한 조사가 모든 지번에 대해 이루어지지 않았으며, 정보공개에 대한 문제로 자료의 연계가 어려워 우선 시스템의 개발에서는 토양의 정보가 있을 경우 감안하도록 설계하여 토양정보를 입력할 수 있도록 했으며, 토양정보가 없을 경우 토양정보의 양을 제외하고 계산하도록 설계하였다.

이러한 변인(항목)간의 입력계수 산출을 위하여 기초정보 및 코드정보를 등록하여 관리하도록 하였으며, 기초정보에는 재배작물별 영양소 요구량, 축종별 분뇨생산량, 분뇨별 N, P, K 함량, 재배면적별 작물별 영양소 요구량, 공정별 성분변화량 등이며, 코드정보로는 축종코드, 작물코드, 토양코드, 시설코드, 공정코드 등의 정보를 등록관리하게 하였다.

2. 축산정보

○ 축산농가의 정보에 대해서는 농장주소, 축종, 사육규모, 축사의 면적, 처리시설, 처리방법, 자체활용량, 외부배출량 등에 대한 정보를 등록하게 하며 매일 같은 양으로 생산되는 것을 가정하여 추정하게 된다. 이러한 자료를 위하여 실제시·군청, 농업기술센터 등 지역센터 및 축산농가의 협조를 얻어 자료를 수집하여 현장에서 접목가능한 항목으로 도출하였다.

[표 3-2] 전북 완주군 고산면의 例-1

읍면동	리	업주명	축종	사육두수	축사면적(m ²)	법적규제		축산폐수처리							
						구분	규제일	개별처리			위탁처리				
								처리방법	처리량(톤/일)	처리비용(천원)	처리량(톤/일)	처리비용(천원)	처리량(톤/일)	처리비용(천원)	
화산	송치	박영준	한우	450	2148	허가		퇴비	6.57						
화산	송	생축장	한우	245	1480	신고		퇴비	3.58						
화산	우철	김유재	한우	170	1554	허가		퇴비	2.48						
화산	우산	유남중	한우	170	463	신고		퇴비	2.48						
화산	송치	김삼현	한우	160	757	신고		퇴비	2.34						
화산	송치	박남재	한우	160	160	신고		퇴비	2.34						
화산	화평	최덕환	한우	150	760	신고		퇴비	2.19						
화산	화평	최연수	한우	150	175	신고		퇴비	2.19						
화산	성북	서영숙	한우	150	826	신고		퇴비	2.19						
비룡	소봉	소병래	한우	130	960			퇴비	1.90						
화산	와룡	김승규	한우	130	374	신고		퇴비	1.90						
화산	우곡	김영익	한우	129	595	신고		퇴비	1.88						
화산	우곡	김영호	한우	110	479	신고		퇴비	1.81						
화산	우철	오영택	한우	107	1488	허가		퇴비	1.56						
화산	우곡	한기창	한우	102	628	신고		퇴비	1.49						
화산	우산	황호년	한우	99	958	신고		퇴비	1.45						
고산	우곡	김상근	한우	95	482	허가		퇴비	1.39						
화산	화평	박창우	한우	95	925	신고		퇴비	1.39						
화산	화평	김종채	한우	95	1250	신고		퇴비	1.39						
화산	우철	김창수	한우	91	595	신고		퇴비	1.33						
고산	성재	안대성	한우	90	892	허가		퇴비	1.31						
고산	우산	임경남	한우	90	1114	허가		퇴비	1.31						
화산	화평	김인환	한우	90	793	신고		퇴비	1.31						
화산	우철	박영기	한우	90	595	신고		퇴비	1.31						
화산	화평	한영수	한우	86	364	신고		퇴비	1.26						
고산	우곡	김상근	한우	85	2812	허가		퇴비	1.24						

3. 물질수지 정식(定式)을 위한 경축순환

가. 역별 축종별 NPK 배출추정량 조사

현장에서 수집한 경종농가의 자료와 축산농가의 자료를 분석하여 영양소 요구량과 배출량을 엑셀을 활용하여 정리하여 개발되는 시스템의 모델을 설계하고, 계산항목간의 연계성과 계산식의 적정성을 검토하였으며, 원하는 도출결과가 정해진 입력항목으로 가능한지 검토하고 불가능 한 경우 추가적인 항목의 추가와 연관된 계산식을 산출하여 적용하였다.

경축순환자원화센터의 설계기초자료 확보를 위하여 지역별 농장 방문을 통하여 양돈장의 분뇨처리 시설현황과 양돈장에서 처리한 가축분뇨의 경작지 연계방안에 대한 현황을 조사하였다. 대표적인 형태의 사례자료를 보면 제시된 형태 중에 일부 또는 전체를 적용하여 농장을 운영하고 있는 경우가 대부분이었다.

[표 3-4] 축종별 지역별 가축분뇨의 비료성분 생산현황

읍면별	분(kg년)											
	한옥우			젖소			돼지			닭		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	
경천면	1,529	1,304	405	-	-	-	-	-	-	-	1,848	540
고신면	35,797	30,533	9,476	1,954	751	1,052	90,702	58,897	29,449	46,065	13,457	3,113
동상면	426	363	113	-	-	-	-	-	-	-	10,657	3,113
비봉면	34,607	29,517	9,161	29,251	11,250	15,750	59,729	38,785	19,392	44,513	13,004	3,113
고신면	124,551	106,235	32,969	-	-	-	6,109	3,967	1,983	159,927	46,720	11,304
완주군계	196,911	167,953	52,123	31,204	12,002	16,802	156,539	101,649	50,824	263,010	76,834	19,427

읍면별	뇨(kg/년)											
	한옥우			젖소			돼지			닭		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	
경천면	962	12	962	-	-	-	-	-	-	-	-	-
고신면	22,517	281	22,517	1,069	9	975	158,496	13,367	38,192	-	-	-
동상면	268	3	268	-	-	-	-	-	-	-	-	-
비봉면	21,768	272	21,768	16,006	141	14,593	104,372	8,802	25,150	-	-	-
고신면	78,343	979	78,343	-	-	-	10,674	900	2,572	-	-	-
완주군계	123,858	1,548	123,858	17,075	151	15,568	273,542	23,070	65,914	-	-	-

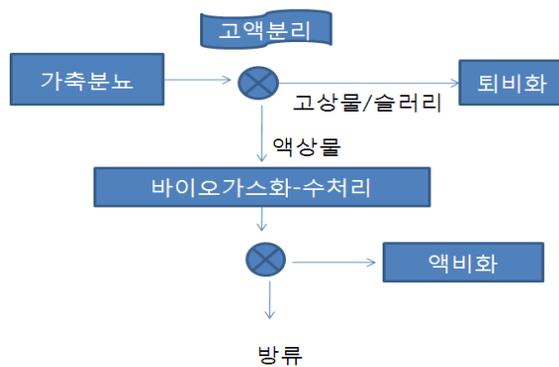
읍면별	분+뇨(kg/년)											
	한옥우			젖소			돼지			닭		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	
경천면	2,491	1,316	1,367	-	-	-	-	-	-	-	1,848	540

나. 양돈장의 축분처리 현황조사

[그림 3-3]에 제시한 바와 같이 우리나라 양돈장의 경우, 축분(상대적 고상물)은 퇴비화 시설을 활용하여 톱밥 등 부자재와 혼합을 통하여 혼합물을 발효시켜 퇴비를 만들거나 일부 축분전문처리시설에 처리를 위탁하기도 한다. 논의 경

우 액비화시설을 통하여 발효시켜 액비로 활용하거나 수처리시설에 반입하여 배출수 수질기준 이하로 정화처리한 후 배출한다.

현재까지는 슬러리 돈사의 경우 해양배출에 의존하는 양돈장도 많았으나 향후 가축분뇨의 해양배출 금지(2012)에 따른 대책따라 적극적인 가축분뇨처리대안을 마련해야 할 때이다. [그림 3-3]에서와 같이 고액분리에 의한 분/뇨의 처리 방식을 분리하는 방법, 전처리로 바이오가스화하는 방법, 슬러리 형태로 발효·비화하는 방법 등을 사용하고 있었다.



[그림 3-3] 우리나라 전형적인 가축분뇨관리체계

[그림 3-4]는 1만두 규모의 대규모 양돈장(A)으로 슬러리돈사로 구성되어 있으며, 100% 자체 처리를 통하여 퇴비화하는 농장으로, 슬러리를 고상물은 퇴비화, 액상물은 액비화로 분리처리하고 있다. 다음은 [그림 3-3]의 우리나라 가축분뇨관리체계 중 A농장의 대표적인 공정을 가시화([그림 3-5], [그림 3-6])하였다.



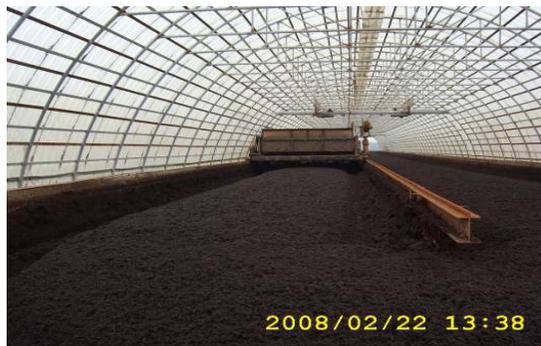
[그림 3-4] A양돈장의 가축분뇨처리 시설 전경



[그림 3-5] A양돈장의 진동식 고액분리기



[그림 3-6] A양돈장의 액비처리 폭기시설



[그림 3-7] A양돈장의 축분퇴비화시설

○ A 양돈장의 경우, 특히 다량 발생하는 액상물의 처리에 현실적 대안을 마련해야 할 것으로 판단된다. 이는 우리나라 양돈장 대부분이 안고 있는 문제로 액상물처리기술 및 해당시설, 일일처리량, 처리효율, 최종산물의 이용 등에 대한 살포방법에 대한 관련 연구도 다각도를 이루어져야 할 것으로 판단된다.



[그림 3-8] 양돈장의 액비처리시설 및 자장조의 비가림 시설



[그림 3-9] 액비 살포차량 및 살포현장

제 4 장 설계·진단 GUI를 위한 기초연구

제 1 절 경축순환자원센터의 시스템구성

1. 개요

○ 경축순환자원화센터(ReCaf : *Resourcified Center of Crop-Animal Farming*)의 모형개발을 위하여 연구팀은 1차 6월 28일~7월 3일, 충남 홍성(洪城), 전북 완주(完州), 전북 김제(金提), 전북 정읍(井邑), 전북 부안(扶安) 등 5개 지자체, 2차 현장조사는 7월 17일~ 7월 22일까지(6일간) 경북 울진, 경북의성, 경북 고령, 경남 진주, 전남 순천, 경남 남해 등 6개 지자체 등 총 11개 지자체를 대상으로 실시하였다.

○ 3차 현장조사는 8월 4일~8월 5일(2일간) 경기도 안성, 충북 청원 등 2개 지자체를 대상으로 현장조사를 수행하였다. 경기도 양평은 지난 2005년 6월 10일 이미 현장조사를 수행하였기 때문에 이번 현장조사에서 제외하였다.

○ 4차 현장조사는 11월 8일~11월 10일 (3일간) 개인소유의 가축분뇨퇴비공장인 충북 괴산 (서울돈비 이 상천 대표), 경북 상주 (한국퇴비농업기술인협회 조삼수회장), 경북 울진 (한농복구회 이 광길총재) 등을 방문하여 퇴비제조공정, 유기농 재배 및 운영실태 등을 관찰하였다.

○ 5차 현장조사는 2006. 4월 17일~4. 22일 (6일간) 경축순환자원화센터 모형개발을 위하여 일본의 가축분뇨퇴비공장, 축분을 이용한 경축순환농업 현장조사, 유통, 판매 등의 생협활동, 일본 화우농가, 후쿠오카 농업연구소 등을 견학하였으며, 이의 상세보고서는 연구결과 성과물로 첨부하여 참고하도록 하였다.

○ 6차 현장조사는 2006. 9월 19일~9월 20일 (2일간) 경축순환자원화센터 (ReCaf) 모형도출을 위하여 전남 순천의 별량농협, 한우 순천광양축협, 순천양돈장 등의 쌀겨농법을 위한 쌀겨펠렛제조, EM퇴비제조, 친환경쌀농법, 왕겨 숯 및 왕초액 제조, 가축분뇨관리시설 및 이의 친환경자재화 등을 관찰하였다. 전북 완주 고산농협의 연초퇴비공장 퇴적송풍식 퇴비제조공법, 전라축산의 기계교반식 퇴비공정, 전북고산의 한우농가를 현장조사하였다.

○ 7차 현장조사는 2007. 6월 29일-30일, 경기도 용인시 위치하는 축분퇴비공장과 양평소재 기계교반식 축분뇨퇴비공장, 충남논산축협, 전주 연초퇴비공장, 지

리산 낙협에 대한 공정구성체계, 공정별 비효저감, 미생물상 변화 등을 분석하기 위한 시료채취를 채취하였다.

가. 목적

본 연구는 「광역친환경농업단지조성사업」을 수행하고자 하는 지자체가 경축순환자원화센터 설계를 하고자 할 때 필요한 기초설계변수를 도출하기 위한 GUI 개발을 그 목적으로 한다. 구체적으로,

① 범용 경축순환자원화센터(ReCaf) 모형제시와 이의 구성공정 중 주공정인 발효공정의 설계논리를 예시하고자 함이며,

② 사업지구내 경종의 비료요소인 N, P, K의 물질수지를 산정하여 경축순환자원화센터 설계를 위한 GUI개발을 목적으로 한다.

나. 조사주안점 및 조사범위

본 연구팀은 7차에 걸친 현장조사중 광역친환경농업단지조성사업 경축순환자원화센터(ReCaf)의 모형개발을 위하여 특히 구성공정과 공정별 비료효율을 중점적으로 조사, 분석하였다.

2. 경축순환자원화센터(ReCaf) 모형개발

가. 경축순환농업체계의 속명성

1) 국내 경종농업 환경의 변화

◦ DDA 쌀협상 이후, 농가소득의 향상을 위한 대안적 농업정책으로 소규모 관행농업에서 대규모 유기농업 방식으로 수준을 전환하기 위해 현재 친환경농축산물 20%를 2010년까지 10%로 제고할 계획이다.

◦ 「친환경농업육성법」 제2조 1항 ‘친환경농업의 定義’에 의하면 ‘가축분뇨의 적절한 처리 및 재활용 등을 통하여...’으로 정의되어 친환경 농축산물 생산을 위하여 친환경적 농법으로 경작하여야 하며, 이를 위하여 가축분뇨를 원료로 하는 양질의 유기질 액·퇴비가 필요하게 되었다.

◦ 지난 반세기 동안 농약, 화학비료 등의 과도한 농자재를 투입하여 토양에서 최대 생산성을 취탈하는 농업에서 이제는 친환경적, 토양보전적 농업으로 전환하

지 않으면 안되는 현실 속에 농림부는 올 7월부터 화학비료 보조를 완전 폐지하는 대신 유기질비료 지원을 올해 70만ton, 245억원에서 내년 120만ton, 420억원으로 늘리고, 2007년에 종전 화학비료 보조수준인 연간 150만ton, 750억원 수준으로 확대할 계획이다.

2) 우리나라 가축분뇨관리현황

◦ [표 4-1]과 같이 농림부는 1991~2002년까지 가축분뇨처리시설확충사업에 74,188개소에 5,920억원이 투자되었으며, 이의 결과로 [표 4-2]에서 제시한 바와 같이 허가대상 축산농가는 총 9,608개소 중 9,579개소가 설치되어 거의 100%에 이르며, 신고규모농가에서는 총 49,283개소 중 47,918개가 설치되어 약 97%이른다. 이는 전체 축산농가 중 98%가 이미 1~2차례 정부의 지원을 받아 어떤 시설이든 설치를 하였음을 알 수 있다.

[표 4-1] 연도별 가축분뇨처리시설 지원현황

구 분	'91-96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	계
사업량 (개소)	53,567	5,546	4,662	4,686	2,430	1,597	1,700	74,188
지원액 (억원)	4,520	1,274	794	1,265	624	362	362	5,920

출처 : 농림부 자체자료, 2004

[표 4-2] 우리나라 가축분뇨처리시설 설치 현황

구 분	설치대상 농가수	설 치 실 적			계	미설치
		자원화 시설	퇴비 + 정화처리	정화처리		
허가대상	9,608 (100%)	8,444	744	361	9,579 (100%)	29 (-)
신고대상	49,283 (100%)	41,233	2,302	1,383	47,918 (97%)	1,365 (3%)
합 계	58,891 (100%)	52,677 (92%)	3,076 (5%)	1,744 (3%)	57,497 (98%)	1,394 (2%)

출처 : 농림부 자체자료, 2004

◦ 농림부 자체조사 자료(2004)에 의하면 [표 4-3]과 같이 처리시설을 설치한

전체 57.5천개소 중 97.5%가 정상가동 중이며, 2.5%만이 관리부실 등으로 가동이 중단되어 있다. 특히 정화방류시설 설치농가의 12.8%가 가동 중단되어 정화방류 시설+자원화 시설보다 문제가 많은 것으로 나타났으나 정상가동은 전체적으로 97.5%에 이르는 것으로 보고하였다.

[표 4-3] 시설유형별 가동율

구분	설치 개소수	정상가동	일부가동	가동중단
자원화시설	52,0741(100%)	51,003(98.0%)	194(0.4%)	874(1.6%)
정화방류시설	2,456(100%)	2,131(87.2%)	37(1.5%)	278(11.3%)
자원화+정화	2,970(100%)	2,899(97.6%)	7(0.2%)	64(2.2%)
계	57,497(100%)	56,043(97.5%)	238(0.4%)	1,216(2.1%)

출처 : 농림부 자체자료, 2004

◦ 또한 환경부에서도 축산폐수를 적정관리하기위해서 2002년 12월 현재 총 4,583억원을 투자하여 69개 사업을 추진 중에 있다. 이 중 40개소는 운영 중이며, 29개소는 건설 중에 있다.

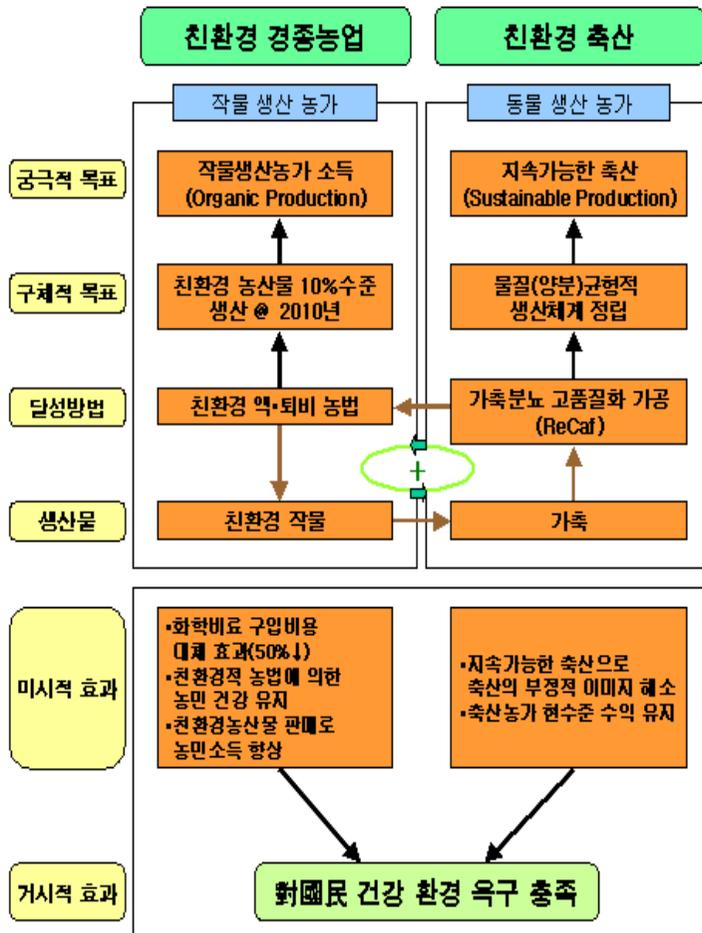
◦ 농림부·환경부가 가축분뇨처리시설에 투자한 예산은 어렵잡아 1.5조원에 이르며, 가동율은 97.5%에 이르러, 통계상으로는 가축분뇨로 인한 환경문제가 유발되지 말아야 한다. 그러나 현실은 그렇지 않다. 특히, 폐수의 문제는 더욱 그러하다. 최근 농림부 축산경영과에서는 축산자체만으로는 더이상 가축분뇨를 친환경적으로 관리할 수 없음을 인식하여 경종농업과의 연계관리를 시도하였다. 즉, 2001년부터 액비저장고 사업을 추진하여 2003년까지 약 100억원 이상을 투자하여 전국에 200t의 액비저장고 약 680여개소를 경종농가의 작물포 인근에 시설하여, 이를 경종농가에서 6개월 경과 후 액비로 사용하게 하였다. 그러나 액비를 살포하는 과정에서 악취가 완전 휘산되는 데는 약 20여일이 소요되어 마을 주민들의 민원으로 살포 작물포가 마을에 근접한 지역에서는 사실상 액비살포가 불가능하게 되었다. 이 사업은 액비의 악취저감을 위한 특단의 처리기술이나 처리체계를 개발하지 않으면 지속적인 사업시행이 현실적으로 불가능하다.

그러므로 우리나라 축산에서 발생하는 가축분뇨 액·퇴비를 Green(1급)비료 수준으로 가공하여 이를 농경지에 환원할 경우, 경종의 입장에서는 양질의 액·퇴비를 쉽게 사용할 수 있으며, 축산의 입장에서는 가축분뇨를 일정 양 처리할

수 있는 여유가 생길 수 있으므로 경종-축산이 상생(上生)하는 친환경순환 농업은 선택이 아닌 필연으로 판단된다.

3) 요약

앞서 기술한 경종농업과 축산과의 연계구축의 필연성은 그림으로 표현하면 [그림 4-1]과 같다.



[그림 4-1] 경축연계의 속명성

나. 경축순환자원화센터(ReCaf) 모형

1) 모형분류기준

경축순환자원화센터 (*ReCaf* : *Re*sourcified *C*enter of *C*rop-*A*nimal *F*arming)은 [그림 2-1]에서 보인 바와 같이 경축순환농업을 위한 유기농자재의 생산시설의 핵심요소이다. 현지조사한 후 분석한 결과, 각 지자체 별 사업제안지구에서 사육되는 주축종으로 소 (한우 및 젓소), 돼지, 닭 (산란계, 육계) 등에 의하여 발생하는 ① 가축분뇨의 성상에 따라 상대적 고상물과 슬러리(slurry)으로 분류하는 것이 타당하다고 판단되었다.

사업대상 작물포(作物圃)와 축산농가군집과의 ② 이격거리를 경축순환자원화센터(*ReCaf*)의 모형의 두 번째 분류기준으로 설정하였다. 1~3차의 결친 현장조사결과 한 유형은 축산농가군이 작물포와 가까운 거리에 있는 일원화되어 있거나, 다른 유형은 축산농가군이 작물포와 상당한 거리에 물질순환을 위하여 운반체계의 구축이 필요한 이원화된 경우이었다. 특히, 어떤 지자체의 경우, 거의 신청사업대상지구 내 거의 축산농가군이 없는 경우도 있었다. 이는 해당 군내 다른 축산농가군집지역에서 유기질 액·퇴비를 운반하여 사용해야 하므로 이도 후자의 경우로 분류하였다.

나. *ReCaf*의 구성공정

발생가축분뇨의 성상 (축종)과 작물포-축산농가군집 간의 이격거리로 분류되는 *ReCaf*의 구체적인 모형은 다)절에서 상세히 기술한다. 다만 본 절에서는 *ReCaf*를 구성하는 포괄적 공정과 이의 용도를 [그림 4-2]에 밝히므로써 *ReCaf*의 기술적 작동기작에 대한 이해를 돕고자 하였다.

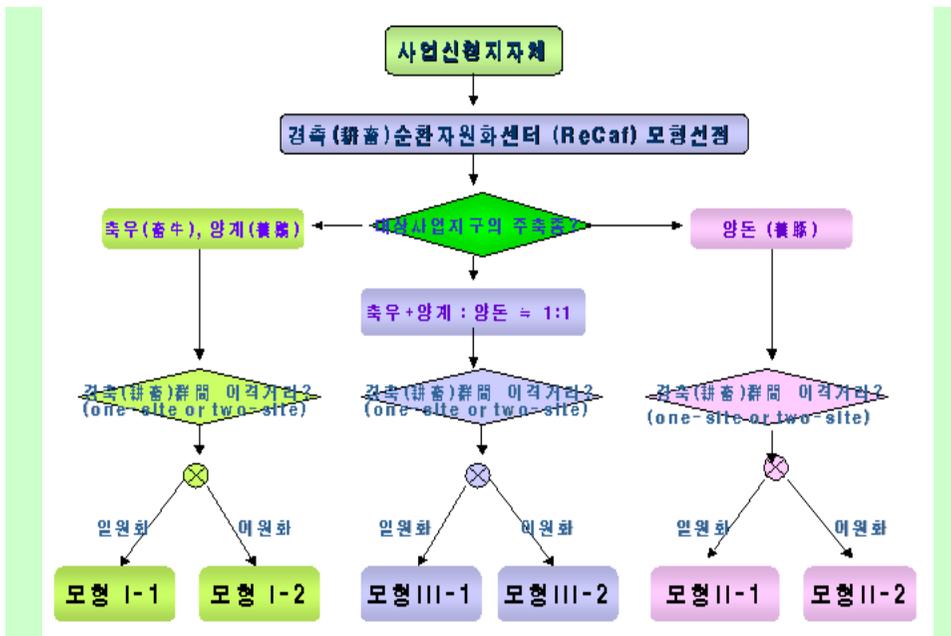
다. *ReCaf*의 모형

1)절에서 제시한 ① 발생가축분뇨의 성상에 따라, ② 작물포-축산농가군집의 이격거리에 따라 *ReCaf*의 모형을 분류하면 [표 4-4]와 같으며, 이를 logic flowchart화하면 [그림 4-3]과 같다.

각 지자체들은 기본적으로 [표 4-4]에서 제시한 6개 모형 I-1 ~ III-2 중 해당 사업지구의 환경과 조건을 고려하여 [그림 4-3]에서 제시한 flow를 따라가면 가장 근접한 하나의 모형 또는 이들의 조합을 선정하여, 이를 기초로 최종 *ReCaf* 공정 및 운영·관리 방법을 구체화하여 최종계획서를 작성할 수 있다.

공정 구분 번호	중분류	공정명	목적
① ② ③	전(前) 처리 공정	반입공정	축산농가-Recaf
		저장공정	처리물량 조절
		혼합공정	수분조절
④ ⑤	주 공정	탈취공정	혼합, 퇴비화 공정에서 발생하는 악취 저감
		퇴비화 공정	고상 분뇨
		액비화 공정	슬러리 분뇨
⑥	후숙 공정	후숙 공정	액·퇴비 반출 성상
⑦ ⑧ ⑨	후처리 공정	품질평가공정	액·퇴비품질평가
		액·퇴비의 가공 포장 공정	벌크(bulk), 펠레트(Pellet), 액상
		반출·살포 공정	대상 농경지 시비

[그림 4-2] ReCaf의 개괄적 구성 공정 및 공정의 용도



[그림 4-3] ReCaf 모형선택을 위한 logic flow

[표 4-4] ReCaf의 모형분류

분류	EP ₂ A 대상여부	최종산물	모형 분류 기준			Model名
			발생분뇨		군집성	
			성상 ^{性狀}	추출종 ^{抽出種}		
A	대상	퇴 비	고상 ^{固狀}	한우, 젖소, 육계, 산란계 우점 ^{優點}	일원화 ^{一元化} (one-site)	I-1
					이원화 ^{二元化} (two-site)	I-2
B	대상	퇴 비	액상 ^{液狀}	돼지 우점 ^{優點}	일원화	II-1
	비대상 ^非	액 비			이원화	II-2
C	대상	퇴 비	액상, 고상	축우 (양계 포함) : 양돈 거의 동비 ^{同比}	일원화	III-1
	비대상 ^非	액 비			이원화	III-2

농업현장에서 흔히 고려할 수 있는 경축순환자원화센터의 다양성을 크게 분류하면 [표 4-4]와 [그림 4-3]과 같다. 물론 이를 모형별로 보다 구체적으로 기술하면 ‘가~바’와 같다.

1) ReCaf모형 I-1

가) 해당사업지구의 경종-축산특성

기본적으로 이 모형은 [그림 4-4]와 같이 깔개가 있는 한우사, 유우사, 육계사 및 산란계사가 대상 사업지구 작물포 내에 있거나, 매우 근접한 거리에 있어 상대적으로 장거리 이송이 필요없는 경우에 해당한다. 기본적으로 발생하는 축산부산물은 축우, 양계로 인한 가축분뇨와 깔개의 혼합물로서 고상물 형태로 발생된다.



[그림 4-4] ReCaf 모형 I-1 개념도

나) 공간적 시설구성, 공정구성 및 공정별 해당시설

[그림 4-4]의 ‘모형 I-1’ 사업지구의 공간적 시설구성 (spatial arrangement)는

[표 4-5]와 같다. 즉 개별농가단위 ①in-farm퇴비사의 고상물(축분뇨+갈래 등의 혼합물)을 축산집락지의 ②ReCaf로 이송·퇴비화하여 이를 농경지로 환원한다. 이때 포함시켜야 할 구성공정 (composite processes)과 해당 공정별 시설, 장비 및 장치는 기본골격인 [그림 4-4]를 참조하여 서술하면 [표 4-6]과 같다.

[표 4-5] 모형 I-1의 공간적 시설구성

주축종	공간적 시설순서			
	①기초	②중역	③광역	최종산물
축우, 양계	in-farm 퇴비사	x	ReCaf	농경지 환원

[표 4-6.1] 가축분뇨 ①in-farm퇴비사의 구성공정 및 해당시설

공정고유 번호	공정명	해당시설, 장비, 장치
①	반입공정	· 소형운반차(축사→퇴비사) - on-farm 공용 트랙터견인loader, 소형운반차량 등 · in-farm 퇴비사 - 양단(兩端) 개폐형 비가림 구조물
②	저장공정	- 침출수가 누수(漏水)되지 않도록 방지턱 설치와/ 또는 침출수방지를 최소 양의 수분조절재 (톱밥 등) 저장보유

[표 4-6.2] ReCaf 모형 I-1의 구성공정 및 해당시설

공정고유 번호	공정명	해당시설, 장비, 장치
①	반입공정	·고상가축분뇨 운반차량(밀폐형)
②	저장공정	·비가림 bin형 가축분뇨(고상) 저장사 ·톱밥 저장사
③	혼합공정	·비가림혼합공간, 스키드로우더(skid loader) 또는 바켓부착트랙터(bucket tractor)
④	탈취공정	·탈취시스템 - 다양하여 범용화하기 어려우나, T/F탑과 사전상의
⑤	퇴비화공정	·폭기시설 ·침출수 배수시설

		·기계교반장치(스크류, 에스칼레이트 등) ·탈취시설
⑥	후숙공정	·후숙 및 반출을 위한 bin형 저장솥 ·포장공정까지 운반장비 - 스키드 로우더, 바켓 트렉터
⑦	포장공정	·반출성상에 따라 - 벌크(bulk), 펠레트(pellet), 플라스틱 포대 또는 마대(plastic bags)
⑧	품질평가공정	·대상작목에 따라 - 과수, 전작, 수도작, 화훼에 의함 ·GR(1급), 2급, 불합격 판정 (농업기술센터)

2) ReCaf '모형 I-2'

가) 해당사업지구의 경종-축산특성

기본적으로 이 모형은 [그림 4-5]와 같이 깔개 한우사, 깔개 유우사 또는 깔개 육우사, 육계사, 산란계사 등에서 발생하는 축산부산물은 ReCaf '모형 I-1'과 같은 고상물이나, 대상사업지구의 작물포와 상당히 떨어져 있는(二元化) 경우에 해당한다.

나) 공간적 시설구성, 공정구성 및 공정별 해당시설

[그림 4-5]에서와 같이 '모형 I-2' 사업지구의 공간적 시설구성 (spatial arrangement)은 [표 4-7]과 같다. 즉 개별농가단위 ①in-farm퇴비사의 고상물(축분뇨+깔개 등의 혼합물)을 축산집락지의 ②on-site퇴비사로 이송하여 상대적 장 거리에 위치하고 있는 대상사업지구 작물포의 ③ReCaf로 이송·퇴비화하여 이를 농경지로 환원한다.



[그림 4-5] ReCaf 모형 I-2 개념도

[표 4-7] 모형 I-2의 공간적 시설구성

주축종	공간적 시설순서			
	①기초	②중역	③광역	최종산물
축우, 양계	in-farm 퇴비사	on-farm 퇴비사	ReCaf	농경지환원

[표 4-8.1] 가축분뇨 ②on-site 저장소

공정번호	공정명	해당시설, 장비, 장치
①	반입공정	·중형운반체 및 퇴비사 내 이송(농가→퇴비사) - bucket/trailer 탈착(脫着) 트랙터 trailer/bucket, 소형운반차량 등
②	저장공정	·on-site 퇴비사 - 양단(兩端) 개폐형 비가림 구조물 - 침출수가 누수되지 않도록 방지턱 설치와/또는 침출수방지를 최소 양의 수분조절재(톱밥 등) 저장보유

[표 4-7]의 ReCaf ‘모형 I-2’ 사업지구가 포함시켜야 할 구성공정(composite processes)과 해당 공정별 고려해야 할 시설, 장비 및 장치는 [표 4-8.1] 및 [표 4-8.2]와 같다. 다만 [표 4-7]의 ②의 on-farm 퇴비사(마을단위)는 ①in-farm 퇴비사(개별농가단위_소규모)는 중규모일 뿐 기본공정은 같다.

[표 4-8.2] ③ReCaf 모형 I-2의 구성공정 및 해당시설

공정번호	공정명	해당시설, 장비, 장치
①	반입공정	·고상(固狀)가축분뇨 운반차량(밀폐형)
②	저장공정	·비가림구조물 내 bin형 가축분뇨(고상)저장소 ·톱밥 저장소 - 新舊퇴비판단가능
③	혼합공정	·비가림 혼합공간, Skid loader or bucket tractor
④	탈취공정	·탈취시스템 - 다양하여 범용화하기 어려우나 T/F의 기술지원
⑤	퇴비화공정	·폭기(曝氣)시설 ·침출수 배수(排水)시설 ·기계교반장치(스크류, 에스칼레이트교반기 등)

		·탈취시설
⑥	후숙공정	·후숙 및 반출을 위한 bin형 저장솥 ·포장공정까지 운반장비 - 스키드 로우더, 바켓 트랙터
⑦	포장공정	·반출성상에 따라 - 벌크(bulk), 펠레트(pellet), 플라스틱 포대 또는 마대(plastic bag)
⑧	품질평가공정	·대상작목에 따라 - 과수, 전작, 수도작, 화훼 등 ·GR (1급), 2급,不合格 판정 (농업기술센터)
⑨	반출·살포공정	·퇴비살포차량 - 살포차량, 트랙터 견인 살포기

3) ReCaf모형 II-1

가) 해당사업지구

기본적으로 이 모형은 [그림 4-6]과 같이 사업지구 내 축우, 양계보다 양돈이 주된 축산으로 대상 사업지구 작물포 내에 있거나, 매우 근접한 거리에 있어 상대적으로 장거리 이송이 필요없는 경우에 해당한다. 즉, 대상축종인 돼지로서 사육시설의 특성상 분과 뇨가 혼합된 슬러리(slurry)상태로 발생된다.

나) 공간적 시설구성, 공정구성 및 공정별 해당시설



[그림 4-6] ReCaf ‘모형 II-1’ 개념도

[그림 4-6]에서와 같이 ‘모형 II-1’ 사업지구의 공간적 시설구성 (spatial arrangement)은 [표 4-9]와 같다. 즉 개별농가단위 ①in-farm저류조의 돈슬러리를 축산집락지의 ②상대적 근거리 또는 대상사업지구 작물포 내에 위치한 ③

ReCaf로 이송·퇴비화하여 안정화되면 이를 농경지로 환원한다. 모형Ⅱ-1의 구성공정 및 해당공정별 시설을 [표 4-10]에 구체적으로 기술하였다.

[표 4-9] 모형Ⅱ-1의 공간적 시설구성

주축종	사업대상 시설여부	공간적 시설순서			
		①기초	②중역	③광역	최종산물
양돈	대상 ¹⁾	in-farm 저류조	x	ReCaf	농경지환원
	비대상	in-farm 저류조	on-farm 액비화시설	액비저장조 (MAF) 공공처리장, 해양배출	농경지환원

[표 4-9]에서 제시한 바와 같이 경우 모형Ⅱ-1과 같이 양돈분뇨는 슬러리상태로 발생하므로 이를 전량(全量) 광역친환경농업단지화사업에서 바람직하다고 할 수 없다. 그러므로 개별농가에서 또는 on-farm단위에서 ReCaf에 의해 퇴비화할 수 있는 양(量)은 [표 4-9]에서 제시한 바대로 사업대상시설로 지원하고, 퇴비화할 수 없는 양은 관리주체의 판단에 따라 관리할 수 있도록 비대상시설로 분류하였으며, 이에 대한 물류수지(物流收支)는 식(4.1)~(4.2)와 같다.

$$\text{사업대상시설 퇴비화를 위한 슬러리량} = \beta Q_t \text{ -----(4.1)}$$

$$\text{사업 비대상시설 슬러리량} = (1-\beta) Q_t \text{ -----(4.2)}$$

여기서, Q_t : 총발생 양돈슬러리량, $m^3/\text{년}$

β : 퇴비화율, 무차원

경축순환자원화사업에서는 [표 4-9] 및 [그림 4-5]에서 제시한 바와 같이 ‘모형Ⅱ-1’ 중 사업대상시설에 대해서만 구성공정 및 해당공정의 소요시설, 장치, 장비 등은 본 연구보고서에 서술하였다. 물론 비대상시설에 대해서도 구성공정 등을 상세히 기술할 수 있지만 우선 연구범위에 벗어나며, 설사 서술한다하더라도 보고서 자체가 산만해져 해당지자체에서 본보고서 작성 시 혼란의 여지가 있어 이를 제외하였다. 다만 해당지자체에서 비(非)대상시설에 대해서 T/F팀에게 기술자문요청을 할 경우, 이에 적극 협의할 수 있다.

[표 4-10] ReCaf 모형Ⅱ-1의 구성공정 및 해당시설

공정 고유번호	공정명	해당시설, 장비, 장치
①	반입공정	·고상가축분뇨 운반차량 (밀폐형)
②	저장공정	·비가림 bin형 가축분뇨(고상) 저장사 ·톱밥 저장사
③	혼합공정	·비가림혼합공간, 스키드로우더(skid loader) 또는 바켓부착트랙터(bucket tractor)
④	탈취공정	·탈취시스템 - 다양하여 범용화하기 어려우나, T/F팀과 사전협의
⑤	퇴비화공정	·폭기시설 ·침출수 배수시설 ·기계교반장치(스크류, 에스칼레이트 등) ·탈취시설
⑥	후숙공정	·후숙 및 반출을 위한 bin형 저장솜 ·포장공정까지 운반장비 - 스키드 로우더, 바켓 트랙터
⑦	포장공정	·반출성상에 따라 - 벌크(bulk), 펠레트(pellet), 플라스틱 포 대 또는 마대(plastic bags)
⑧	품질평가공정	·대상작목에 따라 - 과수, 전작, 수도작, 화훼에 의함 ·GR(1급), 2급, 불합격 판정 (농업기술센터)

4) ReCaf모형 Ⅱ-2

가) 해당사업지구의 경종-축산특성

기본적으로 이 모형은 [그림 4-7]과 같이 사업지구 내 축우, 양계보다 양돈이 주된 축산으로 축산군집지가 대상 사업지구 작물포와 상대적으로 멀리 떨어져 있어 장거리 이송이 필요한 경우에 해당한다. 이 모형의 경우, 대상 주축종인 돼지로서 사육시설의 특성상 분과 뇨가 혼합된 슬러리(slurry)상태로 발생된다.

나) 공간적 시설구성, 공정구성 및 공정별 해당시설

[그림 4-7]에서와 같이 ‘모형Ⅱ-2’ 사업지구의 공간적 시설구성 (spatial arrangement)은 [표 4-11]과 같다. 즉 개별농가단위 ①in-farm저류조의 돈슬러리를 축산집락지에서 상대적 원거리에 이격되어 사업지구 내 위치한 ③ReCaf로 이

송·퇴비화하여 안정화되면 이를 농경지로 환원한다. ‘모형Ⅱ-2’의 구성공정 및 해당공정별 시설을 [표 4-12]에 구체적으로 기술하였다.



[그림 4-7] ReCaf ‘모형Ⅱ-2’ 개념도

[표 4-11] 모형Ⅱ-2의 공간적 시설구성

주축종	사업대상 시설여부	공간적 시설순서			
		①기초	②중역	③광역	최종산물
양돈	대상 ¹⁾	in-farm 저류조	X	ReCaf	농경지환원
	비대상	in-farm 저류조	on-farm 액비화시설	액비저장조 (MAF) 공공처리장, 해양배출	농경지환원

[표 4-11]의 대상, 비대상에 대한 설명은 이미 ‘모형Ⅱ-1’에서 서술(敍述)하였으며, 이에 대한 물류수지(物流收支)도 식(1)~(2)와 같다. 다만 ‘모형Ⅱ-2’와 ‘모형Ⅱ-1’의 차이는 사업지구의 작물포와 축산집락지 간의 이격(離隔)거리이다. 물론 두 모형 공히 ReCaf 내에서 관리해야 할 돈분뇨량이 상대적으로 크므로 이를 이송하기 위한 중대형 바켓부착 트랙터 또는 skid loader 등이 필요하다하더라도, ‘모형Ⅱ-2’는 ‘모형Ⅱ-1’과 달리 이격거리가 커서 상대적으로 중대형 차량으로 이송하여야 하는 차이가 있다. 반면에 ‘모형Ⅱ-1’의 경우, 이격거리가 짧기 때문에 중소형 차량에 의한 차집이나, 동일 용량의 차량이라하더라도 차집 빈도가 적을 수 있다.

[표 4-12] 돈슬러리 퇴비화를 위한 ReCaf의 구성공정 및 장치

공정고유번호	공정명	해당시설, 장비, 장치
①	반입공정	·고상가축분뇨 운반차량 (밀폐형)
②	저장공정	·비가림 bin형 가축분뇨(고상) 저장사 ·톱밥 저장사
③	혼합공정	·비가림혼합공간, 스키드로우더(skid loader) 또는 바켓부착트랙터(bucket tractor)
④	탈취공정	·탈취시스템 - 다양하여 범용화하기 어려우나, T/F팀과 사전상의
⑤	퇴비화공정	·폭기시설 ·침출수 배수시설 ·기계교반장치(스크류, 에스칼레이트 등) ·탈취시설
⑥	후숙공정	·후숙 및 반출을 위한 bin형 저장솥 ·포장공정까지 운반장비 - 스키드 로우더, 바켓 트랙터
⑦	포장공정	·반출성상에 따라 - 벌크(bulk), 펠레트(pellet), 플라스틱 포대 또는 마대(plastic bags)
⑧	품질평가공정	·대상작목에 따라 - 과수, 전작, 수도작, 화훼에 의함 ·GR(1급), 2급, 불합격 판정 (농업기술센터)

5) ReCaf모형 III-1

가) 해당사업지구의 경종-축산특성

기본적으로 이 모형은 [그림 4-8]과 같이 사업지구 내 축우 및 양계가 양돈의 loading이 비슷하며, 축산군집지와 대상 사업지구 작물포의 이격거리가 상대적으로 짧거나 ReCaf가 작물포 내에 위치한 경우에 해당한다. 이 모형의 경우, 대상 축산이 축우, 양돈, 양계 등이 총집합되어 있으므로 ReCaf에 반입되는 축산분뇨도 축우분뇨, 양돈분뇨, 양계분뇨 등이며, 발생성상도 고상, 액상물 등이 혼재되어 있다.



[그림 4-8] ReCaF모형Ⅲ-1 개념도

나) 공간적 시설구성, 공정구성 및 공정별 해당시설

[표 4-13] '모형 Ⅲ-1'의 공간적 시설구성

주축산	사업대상 시설여부	공간적 시설순서			
		①기초	②중역	③광역	최종산물
축우·양계	대상 ¹⁾	in-farm퇴비사	X	ReCaF	농경지환원
	대상 ¹⁾	in-farm저류조	X		
양돈	비대상 ²⁾	in-farm 저류조	on-farm 액비화시설	액비저장조(MA F)	농경지환원
공공처리장, 해양배출					

[그림 4-8]에서와 같이 '모형Ⅲ-1' 사업지구의 공간적 시설구성 (spatial arrangement)은 [표 4-13]과 같다. 주축산에 따라 축우·양계의 경우는 개별농가 단위 ① in-farm퇴비사의 상대적 고상물인 축산부산물을 ③ ReCaF로 반입하며, 양돈의 경우, ① in-farm저류조의 돈슬러리를 적정 양을 ③ ReCaF에 반입하여, 이들 분뇨를 혼합퇴비화하여 안정화되면 이를 농경지로 환원한다. 모형Ⅲ-1의 구성공정 및 해당공정별 시설을 [표 4-14]에 구체적으로 서술하였다.

[표 4-14] ReCaf 모형Ⅲ-1의 퇴비화 구성공정 및 해당시설

공정 고유번호	공정명	해당시설, 장비, 장치
①	반입공정	·고상가축분뇨 운반차량(밀폐형)
②	저장공정	·비가림 bin형 가축분뇨(고상) 저장솥 ·톱밥 저장솥 -新舊퇴비판단가능
③	혼합공정	·비가림 혼합공간, Skid loader or bucket tractor
④	탈취공정	·탈취시스템(다양하여 범용화하기 어려움)
⑤	퇴비화공정	·폭기시설 ·침출수 배수시설 ·기계교반장치(screw, 에스칼레이트 등) ·탈취시설
⑥	후숙공정	·후숙 및 반출을 위한 bin형 저장솥 ·포장공정까지 운반장비 - 스키드 로우더, 바켓 트랙터
⑦	포장공정	·반출성상에 따라 - 벌크(bulk), 펠레트(pellet), 플라스틱 포대/마대
⑧	품질평가공정	·대상작목에 따라 - 과수, 전작, 수도작, 화훼 ·GR(1급), 2급, 不合格 판정 (농업기술센터)
⑨	반출·살포공정	·퇴비살포차량 - 살포차량, 트랙터 견인 살포기

다. ReCaf모형 Ⅲ-2

1) 해당사업지구의 경종-축산특성

기본적으로 이 모형은 [그림 4-9]와 같이 해당사업지구 내 축우 및 양계가 양돈의 loading이 비슷하나, 축산군집지와 대상 사업지구 작물포의 이격거리가 상대적으로 멀어 이를 차집(車集)하여 사업지구에 위치한 ReCaf로 이송하는 것에 해당한다. 이 모형의 경우, 대상축산이 축우, 양돈, 양계 등이 총집합되어 있으므로 ReCaf에 반입되는 축산분뇨도 축우분뇨, 양돈분뇨, 양계분뇨 등이며, 발생성상도 고상, 액상물 등이 혼재되어 있다.

2) 공간적 시설구성, 공정구성 및 공정별 해당시설

[그림 4-9]에서와 같이 ‘모형Ⅲ-2’ 사업지구의 공간적 시설구성 (spatial arrangement)은 [표 2-15]와 같다. 주축산에 따라 축우·양계의 경우는 개별농가 단위 ① in-farm퇴비사에서 ② on-farm퇴비사으로 이송된 축산부산물을 임시저장하였다가 ③ ReCaf로 반입하게하며, 양돈의 경우, ① in-farm저류조에서 적정

양의 돈슬러리를 ③ ReCaf에 반입하여, 이들 분뇨를 혼합퇴비화하여 안정화되면 이를 농경지로 환원한다. ‘모형Ⅲ-2’의 구성공정 및 해당공정별 시설을 [표 4-16]에 구체적으로 기술하였다.



[그림 4-9] ReCaf모형 Ⅲ-2 개념도

[표 4-15] ‘모형 Ⅲ-2’의 공간적 시설구성

주축산	사업대상 시설여부	공간적 시설순서			
		①기초	②중역	③광역	최종산물
축우·양계	대 상 ¹⁾	in-farm퇴비사	on-farm 퇴비사	ReCaf	농경지환원
	대 상 ¹⁾	in-farm저류조	X		
양돈	비대상 ²⁾	in-farm 저류조	on-farm 액비화시설	액비저장조 (MAF)	농경지환원
공공처리장, 해양배출					

3) 경축순환자원화센터 (ReCaf)모형별 개략사업비 추정

경축순환자원화센터 (ReCaf)는 발생 가축분뇨의 성상(性狀)과 광역친환경농업단지-축산군집지와의 이격(離隔)거리에 따라 [표 4-4]에서 제시한 바와 같이 모형 I-1 ~ 모형Ⅲ-2까지 총 6개의 범용모형의 구성공정에 따른 추정사업비를 본 절에서 추정, 제시하므로써 사업선정 지자체가 향후 구체적인 ReCaf를 설계할 때 본 보고서를 참고할 수 있도록 하였다.

그러나 경축순환자원화센터 (ReCaf)의 구성공정에 대한 설계 예시(例示)는 워낙 많은 변수가 있어, 이를 모두 고려하여 설계하는 것은 현실적으로 불가능하며,

동시에 설사 그리하였다하더라도 크게 의미가 없어 보인다. 왜냐하면 실제 적용될 사업선정 지자체의 환경 및 조건은 설계예시와 크게 다를 수 있기 때문이다.

또한 매우 복잡한 환경과 조건을 단순화하여 설계를 한다는 것도 또한 비현실적이다. 이는 오히려 4장에 서술한 설계논리와 설계절차를 지침으로하여 주공정의 공법과 크기를 결정하면 각 지자체에 맞는 (local government-specific) *ReCaf*를 쉽게 설계 수 있어 본 보고서에서는 이용될 가능성이 거의 없는 개략설계도는 제외하였다.

다만 *ReCaf*는 기본적으로 축산분뇨의 성상에 관계없이 퇴비화시설이기 때문에 ‘모형 I-1’에서 ‘모형 III-2’ 까지 6개의 모형에 대한 사업비를 추정할 때는 [표 4-4]를 [표 4-16]과 같이 두 가지 유형인 일원화, 이원화로 재정리할 수 있다.

[표 4-16] *ReCaf* 모형별 사업비 추정을 위한 분류

모형별	일원화(one-site)	이원화(two-site)
	I-1, II-1, III-1	I-2, II-2, III-2

3. 경축순환자원화센터(*ReCaf*) 모형별 개략사업비 추정

가. *ReCaf*의 일원화모형의 개략 사업비

1) 해당사업지구의 특성

기본적으로 일원화 모형은 한우, 젓소, 돼지, 닭 등의 고상분뇨가 대상 사업지구 작물포 내에 있거나, 매우 근접한 거리에 있어 상대적으로 장거리 이송이 필요없는 경우에 해당한다.

2) 공정별 개략사업비

‘모형 I-1’은 일원화된 사업지구로서 *ReCaf*의 구성공정 (composite processes) 과 해당 공정별 시설, 장비 및 장치의 규격과 이의 규격(specifications)과 해당 사업비는 [표 4-17]와 같다. 단, 여기서 기본적인 *ReCaf*일원퇴비생산량은 20톤이며, 총건축면적은 640여평에 이른다.

[표 4-17] *ReCaf* 일원화 모형의 구성공정 및 개략 사업비

공정	공정명	규격	사업비, 만원
----	-----	----	---------

번호			
①	반입공정	·토목건축비 : 15m(W)×15m(L) @90만원/평당 & @표준퇴비사:재료KS품 및 고강도설계	6,140
		·반입차량 구입비 @ 5톤 초장축	4,000
		소계	10,140
②	혼합공정	·토목건축비 : 15m(W)×20m(L) @90만원/평당 & @표준퇴비사:재료KS품 및 고강도설계	8,180
		·혼합기(굴삭기) @ capacity:2.0m ³	23,500
		·이송기(payload loader) @ capacity:4.8m ³	24,800
		소계	56,480
③	발효공정	·토목건축비 : 15m(W)×70m(L)=68평@90만원/평당	22,900
		·송풍식&기계교반식 발효조 : 12m(W)× 70m (L)×2.4m(L) @20톤/일	11,000
		·송풍기 5ea @10마력	
		·전기 및 제어기	
		소계	33,900
④	후숙공정	·토목건축비 : 15m(W)×20m(L) @90만원/평당 @표준퇴비사:재료KS품 및 고강도설계	8,180
⑤	포장공정	·토목건축비 : 15m(W)×15m(L) @90만원/평당 @표준퇴비사:재료KS품 및 고강도설계	6,140
		·포장기기일체 @500포/시간&20kg포	12,000
		소계	26,320
		⑥	탈취공정	·화학·물리적 탈취장치@500m^{3}/min	30,000
·흡입덕트장치 @ plastic pipe	8,000		
소계	38,000		
⑦	퇴비살포차량 (bulk)	·5톤 반출차량 @ 초장축차량	4,000
		·퇴비살포기 @ 4,200kg, 70HP	800
		소계	4,800
합계			169,640

2) ReCaf 이원화모형의 개략 사업비

가) 해당사업지구의 특성

기본적으로 [표 4-16]의 이원화모형은 한우, 젓소, 돼지, 닭의 고상분뇨 발생지와 대상 사업지구 작물포가 상당히 떨어져 있어 상대적으로 장거리 이송이 필요한 경우에 해당한다.

나) 공정별 개략사업비

이원화모형의 사업지구로서 on-farm 간이퇴비사와 ReCaf의 구성공정 (composite processes)과 해당 공정별 시설, 장비 및 장치의 규격과 이의 규격 (specifications)과 해당 사업비는 각각 [표 4-18], [표 4-19]와 같다. 단, 여기서 기본적인 ReCaf의 1일퇴비생산량은 20톤이며, 총건축면적은 640여평에 이른다.

[표 4-18] 가축분뇨 on-site 저장소

공정 번호	공정명	spec	해당사업비,만원
①	반입공정	·반입차량 구입비 @ 5톤 초장축	4,000
②	저장공정	·토목건축비:15m(W) × 35m(L) @80만원/평당 & @표준퇴비사:재료KS품 및 고강도설계	12,730
		·혼합용: 트랙터로더	500
		·살포기 @4.0톤	700
		소 계	13,930
		합 계	17,930

[표 4-19] ReCaf 이원화 모형의 구성공정 및 개략 사업비

공정 번호	공정명	규격	사업비,만원
①	반입공정	·토목건축비 : 15m(W)×15m(L) @90만원/평당 & @표준퇴비사:재료KS품 및 고강도설계	6,140
		·반입차량 구입비 @ 5톤 초장축	4,000
		소 계	10,140
②	혼합공정	·토목건축비 : 15m(W)×20m(L) @90만원/평당 & @표준퇴비사:재료KS품 및	8,180

	고강도설계	
	·혼합기(굴삭기) @ capacity:2.0m ³	23,500
	·이송기(payload loader) @ capacity:4.8m ³	24,800
	소계	56,480
④	·토목건축비 :	22,900
	15m(W)×70m(L)=68평@90만원/평당	
	·송풍식&기계교반식 발효조 : 12m(W)×70m(L)×2.4m(L) @20톤/일	11,000
	·송풍기 5ea @10마력	
	·전기 및 제어기	
	소계	33,900
⑤	·토목건축비 : 15m(W)×20m(L)	
	@90만원/평당	8,180
	@표준퇴비사:재료KS품 및 고강도설계	
⑥	·토목건축비 : 15m(W)×15m(L)	
	@90만원/평당	6,140
	@표준퇴비사:재료KS품 및 고강도설계	
	·포장기기일체 @500포/시간&20kg포	12,000
	소계	26,320
⑦	·화학·물리적 탈취장치@500m ³ /min	30,000
	·흡입덕트장치 @ plastic pipe	8,000
	소계	38,000
⑧	·5톤 반출차량 @ 초장축차량	4,000
	·퇴비살포기@ 4,200kg, 70HP	800
	소계	4,800
	합계	169,640

[표 4-20] ReCaf 이원화 구성공정 및 개략 사업비

on-farm 간이퇴비사	ReCaf	총사업비, 만원
17,930	169,640	187,570

제 2 절 ReCaf 주(主)공정(퇴비화시설)설계를 기본계획

1. ReCaf 주공정 공법선택의 기본방향

ReCaf의 전(全) 구성공정은 기본적으로 [그림 4-2]와 같으며, 본 연구에서 제안한 모형 [표 4-4]에 따른 구체적 구성공정 및 해당시설, 장비, 장치 등은 모형 I-1은 [표 4-6], 모형 I-2는 [표 4-8], 모형 II-1은 [표 4-10], 모형 II-2는 [표 4-11] 를 모형 III-1은 [표 4-14], 모형 III-2는 [표 4-16]에 구체적으로 제시되어 있으므로 이를 검토할 수 있다.

[그림 4-2] ReCaf의 구성공정을 보면 크게 전처리-주처리-후처리공정으로 구성되어 있으나, 이들 구성공정 모두 설계를 위한 조건, 예를 들면, 발생분뇨의 성상, 발생량 등이 주어지지 않으면, 모든 경우의 수를 고려하여야 하기 때문에 비현실적이다. 또한 전처리나 후처리공정은 정형화(定型化)되어 있으므로 본 연구에서는 주처리공정만 개략설계를 예시(例示)하고자 한다.

ReCaf에서 고려할 수 있는 자원화시설은 에너지화, 액비화, 퇴비화공정으로 판단된다. 이중 에너지화(biogas)공정은 여러 가지 장점에도 불구하고, 해외선진지에서 도입한 혐기발효기술마저 우리나라에서는 안정화되어 있지 않으며, 내년(2006년)에 당장 적용해야 하는 현실 때문에 주처리공정 후보에서 제외하였다.

두 번째 ReCaf에서 고려할 수 있는 액비화공정은 기본적으로 발생성상이 슬러리이며, 이를 액비화하여, 농경지로 환원하는 공정이다. 최종생산물은 액비(液肥)이기 때문에 액비가 가지고 있는 저장성이나 이송, 살포의 어려움과 악취취산의 잠재성 때문에 본 사업의 대상에서 제외하였다.

그러므로 본 사업에서 퇴비화공정을 주공정으로 채택하였다. 물론 이 공정도 수분조절재(톱밥, 왕겨 등)의 안정적 공급, 최종산물인 퇴비품질의 안정성, 생산 퇴비 판매 등이 선결되어야 한다. 그러나 이 공정은 우선 분뇨악취가 수분조절재에 흡착되어 불쾌취가 저감되며, 처리공정이 기술적으로 매우 안정되어 있다. 또한 퇴비는 저장성이 좋으며, 살포, 이송 등이 용이하여 내년 사업에 즉시 투입할 수 있는 장점이 있다.

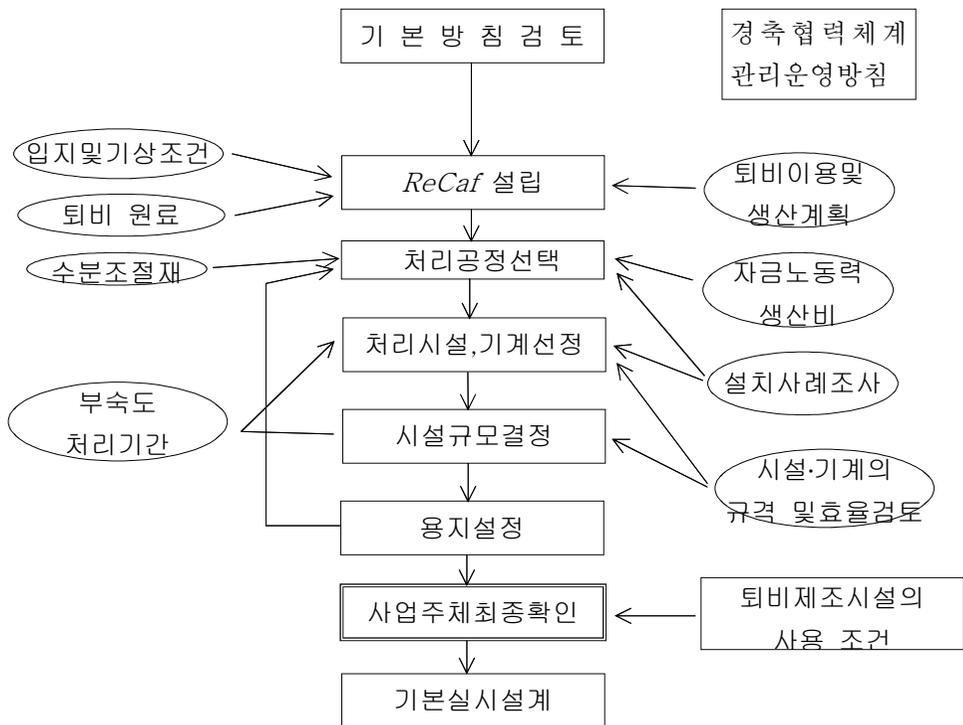
기술적, 경제적, 사회·문화적 여건을 고려하여 본 광역친환경농업단지화사업의 경축순환자원화센터(ReCaf)의 주공정으로 퇴비화공정을 선택하였다.

2. 퇴비화시설의 기본방향

퇴비화시설의 기본계획작성을 위하여는 합리적인 처리방식과 기계시설의 선정, 시설의 효율적인 운영과 퇴비의 합리적인 이용을 도모하는 것이 기본이며, 주변의 환경보전을 충분히 배려하여야 한다.

가. 기본계획의 수립절차

퇴비화시설은 설치의 목적과 역할을 분명히 하기 위하여 축산농가와 경종농가를 포함하여 관계자 모두가 충분히 협의하고 여러 가지의 조건에 적합한 시설을 설치하는데 검토하는 [그림 4-10]은 아래와 같다.



[그림 4-10] 퇴비화시설 기본계획의 순서

나. 기본계획 수립시 유의사항

① 퇴비화시설의 설계조건은 유동적이므로 가축분뇨량의 신뢰성 있는 설계값을 파악하기 곤란한 경우가 많다. 예를 들면 가축분뇨 및 수분조절제 함수를 변화, 수분조절제(톱밥, 왕겨 등)의 안정적 공급, 최종산물인 퇴비품질의 안정성, 생산퇴비 판매 등이 퇴비화시설의 영향인자로 작용할 수 있다.

② 기본계획을 검토하는 단계에서 지자체 대상사업지역의 실태를 충분히 파악하고 나서 퇴비화공정 설계의 필요조건을 선정하는 것이 필요하다.

③ 사업주체, 영농조합, 작목반, 용역회사 등, 퇴비화시설을 관리, 운영 등의 기본방침을 정하기 전에 장기적으로 어떻게 될 것인가를 검토하고 나서 기본방침을 확정하여야 한다.

3. 퇴비화 처리방식과 시설·기계의 선정

가. 전제조건외 검토·정리

퇴비화공정에 필요한 시설·기계장치의 선정에 관해서는 최초의 전제조건과 함께 검토하여야 하며, 주요 조건은 [표 4-1]과 같다. 이는 사업대상지역의 현재 농업실태와 미래, 향후 계획 등을 충분히 파악하고, 장기적으로 도입조건을 설정하여야 한다.

1) 입지 및 기상조건

① 기상조건과 처리방식의 상관성

a. 자연건조를 병용하는 경우에 적설량, 장마기간 등 고려

b. 건조퇴비를 이용하는 경우, 한냉·적설지역에서는 건조퇴비의 함수율을 50% 이하로 하며, 원료 중 건물량(乾物量) 및 발열량이 큰 재료 선택

② 여름과 겨울에는 발효처리기간(발효효율)이 각기 다르므로 발효조건이 나쁜 상태를 전제로 하여 소요면적 산정(算定) 필요.

③ 지형이나 풍향, 풍속 등은 수분증발량에 영향을 크게 미치며, 악취공기의 비산(飛散)과도 밀접한 관계가 있음. 또 적설량은 건물의 구조에도 영향을 줌.

[표 4-21] 퇴비화처리방식 선정의 전제조건

검토항목	검 토 내 용	비 고
입지·기상 조건	지형, 기후, 온도와 습도, 일사량, 강수(설)량, 풍향과 풍량	겨울의 기상조건, 특히, 태양건조를 병용하는 경우

사회적 조건	주변 환경 (주택 기타)	특히 악취대책
퇴비 이용계획	년간 필요량과 이용시기 부숙의 정도 이용형태와 희망가격	시기 : 봄•가을 부숙정도 : 완숙, 중숙 포장: 벌크(bulk), 포대(pack)
퇴비 생산계획	퇴비원료의 종류와 성상, 연간처리량, 퇴비 함수율과 품질	축종, 수분, 계절성
수분조절재의 확보	종류와 연간 필요량, 가격, 구입의 난이(難易)도와 향후 전망	톱밥, 왕겨, 수피 (생산퇴비의 재이용)
노동력과 자금	관리•운영체제와 소요노동력, 투자액	생산비와 판매가
시설과 기계	구조•기능과 성능, 취급의 난이도, 내구성과 가격, 운영비	생산비와 판매가
생산비용	감가상각비와 수리비, 원료 및 수분조절재 구입비와 전기료, 인건비	판매가격(수지계획)

2) 사회·문화적 조건

① 지역주민의 환경에 대한 관심이 고조됨에 따라 퇴비화시설 부지를 선정하는 데 어려움이 있음.

② 퇴비화시설을 하기 위하여는 시설이 주변환경에 미치는 영향을 계량(計量)화하여 문제가 있으면 이를 적극적으로 해소하여야 함. 특히 악취는 지형과 풍향에 따라 먼거리까지 비산하기 때문에 이를 심도있게 검토할 필요가 있음.

③ 퇴비원료(특히 축분뇨)를 퇴비화시설까지 이송하는 방법 및 이송차량에 대해서도 이송중 환경오염이 유발되지 않도록 유의해야 함.

3) 퇴비 이용계획

퇴비의 최종 소비자인 경종농가집단, 작목반 등과 검토하여야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 시기별 퇴비소요량
- ② 부숙(腐熟)의 정도-중숙(中熟), 완숙(完熟) 등 퇴비품질
- ③ 이용형태(벌크_bulk, 포장_packing 등)와 희망구입가격

4) 퇴비 생산계획

퇴비 이용계획에 상응하는 생산량을 확보하기 위한 생산계획은 다음 사항을 중점적으로 검토하여야 한다.

- ① 퇴비원료 (수분조절재 포함)의 종류와 성상, 가축분뇨를 사용하는 경우에

축종과 함수율 등.

- ② 계절별 퇴비원료의 현재 및 미래생산량 전망
- ③ 퇴비의 함수율과 생산량

5) 수분조절재의 확보

수분조절재 사용량은 처리방법, 퇴비 생산단가 등과 밀접한 관계가 있으므로 미리 계획하여야 함.

- ① 수분조절재의 종류, 연간 필요량, 퇴비가격 등.
- ② 현재 및 향후 퇴비구매 용이성

6) 노동력과 자금계획

퇴비의 생산비용은 판매가격과 깊은 관계가 있으므로 다음 사항에 대하여 유의해야 한다.

- ① 시설의 관리, 운영체제
- ② 작업인의 배치계획
- ③ 시설에 투자가능액

7) 퇴비화시설과 기계

퇴비화시설은 처리방식, 해당 기계장치 등과 밀접한 관계가 있으며, 따라서 생산단가에도 영향을 미치므로 신중한 검토가 필요하다.

8) 생산단가

퇴비생산단가는 전(全)공정의 영향도 받지만 특히 다음 사항과 밀접한 관계가 있다.

- ① 퇴비화 시설의 내구성 및 감가상각비와 수리비
- ② 가축분뇨 반입비, 수분조절재 구입비 및 시설 전기료, 연료비
- ③ 인건비
- ④ 퇴비품질 (부숙도와 처리기간)
- ⑤ 이외 관련 생산비용

나. 퇴비화방법의 선정

퇴비화방식은 아래 전제조건에 관하여 종합적으로 검토한 후 적정 처리방식을 선정하여야 한다.

1) 전제조건

지자체는 퇴비화방식을 선정할 때 다음 전제조건을 검토하여야 한다.

가) 단위농가 처리량

ReCaf의 연간 퇴비화량은 산정할 때 소규모 퇴비화시설 용량 기본단위를 1CU로 한다. 중규모는 1.5CU, 대규모는 2.0CU로 산정된다. 만약 대규모퇴비화시설의 일일 20kg 생산포대수는 375개에 해당한다.

① 소 : 연간 1,000~1,500t 이하 (일 3~4t 이하) = 1.0 CU

② 중 : 연간 1,500~2,000t 이하 (일 5~7t 이하) ≈ 1.5 CU

③ 대 : 연간 2,000t 이상 (일 7~8t/일 이하) ≈ 2.0 CU

나) 수분조절 난이도

수분조절용 수분조절재 필요량의 확보 정도에 따라서 ‘어려움’, ‘중간’, ‘쉬움’ 정도로 구분한다.

다) 처리능력

퇴비화처리에 필요로 하는 노동력(인원)의 정도에 의하여 ‘적음’, ‘중간’, ‘많음’ 등으로 구분한다.

라) 퇴비품질

뒤집기 또는 교반회수의 빈도에 의하여, 품질을 ‘균일’, ‘불균일’로 정한다.

마) 생산비

시설, 기계구입시 운영비용 등에 의한 ‘낮음’, ‘중간’, ‘높음’ 등 3단계로 구분한다. 또한 생산비는 이외에도 수분조절재 구입비, 인건비 등도 포함한다.

2) 지역별(기상별) 퇴비화방식

가) 한냉(寒冷)·다설(多雪)지역 ([그림 4-11]참조)

① 수분조절재 소요량만큼 확보가 가능한 지역에는, 처리량과 기타 조건에 의하여, 퇴적통풍식, 기계교반식 등을 처리방식으로 선정한다.

② 한냉·다설지역에는, 태양열을 이용한 자연건조방식을 병용(並用)하는 것이 어렵기 때문에 수분조절재 확보가 곤란한 경우에는, 고액분리를 병용하는 것을 고려할 수 있다. 온난지역이나 중간지역과 비교하여 보면 퇴비화방법이 한정되어 있다.

③ 계분(일부 돈분)은 직립식케이징인 경우, 계사 내에서 예비건조한 뒤에 수거하여 기계교반식으로 퇴비화한다.

[그림 4-11] 한냉·다설지역 (중부,서해지방) 적용가능 퇴비화방식

대상지역	전 제 조 건						처 리 방 식				
	처리량	수분조절	처리노동력	품질	생산비	비고	원료	전처리	주처리	2차처리	
한 냉 · 다 설 지 역	적다	쉽다	많다	불균일	적다		생분	→→→	↓부자재 퇴적발효(후숙)		
	중간	쉽다	중간	불균일	중간		생분	→→→	↓부자재 퇴적통풍식 → 후숙		
	많다	쉽다	적다 어렵다	적다 많다	균일	높다	적설지 부적합 돈슬러리	생분	→→→	↓부자재 기계교반식 → 후숙	
		생분노						→	고액분리 → 고 → 퇴적발효 액 → 가공 → 액비		
	적다 ~ 중간	어렵다	적다	균일	높다	주로 돈분 계분	생분	→	예비건조 → 반응조발효(교반통기) ↑ 열원(경유, 전기)		

[그림 4-12] 온난지역에 적용가능한 처리방식

대상지역	전 제 조 건						처 리 방 식			
	처리량	수분조절	처리노동력	품질	생산비	비고	원료	전처리	주처리	2차처리
온 난 지 역	적다	어렵다	많다	가끔 불균일	적다	건조 시설 부지 필요	생분	→	퇴적발효	
	중간	어렵다	중간	균일	중간		자연건조 → 퇴적통풍식 → 후숙			
	많다	어렵다	적다	균일	높다		기계교반식 → 후숙			
	중간 ~ 많다	중간~ 어렵다	중간	균일	중간		생분	→ →	↓부자재 퇴적통풍식 → 퇴적발효 → 건조퇴비 ↑살포 노	
	크다	중간 (퇴비를 재이용)	적다	균일	높다		생분노	→ →	↓부자재 기계교반식 → 퇴적발효 → 건조퇴비 ↑살포 노	
	크다	어렵다	많다	균일	높다	돈슬러리	생분노	→ →	↓부자재 기계교반식 → 퇴적발효 → 건조퇴비	

나) 온난지역([그림 4-2] 참조)

- ① 부자재의 확보가 용이한 경우에는, 그 I-2의 처리방식 채용이 가능하다.
- ② 부자재의 구입이 곤란한 경우에는, 자연건조를 병용, 퇴비의 재이용등도 가능하다. 한냉지역, 적설지역과 비교하여 보면, 처리방식의 선정이 용이하다.
- ③ 퇴비를 재이용하는 경우에는 퇴비의 수분을 50%이하로 하는 것이 요구된다. 이것을 위하여, 자연건조나 통기 등에 의하여 수분을 적게 하거나. 여름철에 만든제품을 저장하는 등의 노력이 필요하다.
- ④ 우리나라 특유의 퇴비화시설의 하나로 일반적으로 액상분뇨, 즉, 돈슬러리를 퇴비화하는 것은 수분조절재의 다량 소요로 바람직하지 못한 것으로 인식되고 있다. 그러나 우리나라에서는 악취 비산과 한정공간 등으로 돈슬러리의 퇴비화도 하나의 처리시설로 분류할 수 있다.

다. 퇴비화 시설·기계의 선정

퇴비화시설·기계는 처리방식에 따라 다르므로 가장 적당한 것을 선정해야 한다. 특히 기계장치를 선정할 때, 정보나 가격에 구애받지 말고, 각 사(社)의 사양과 현장적용실태 조사, 전문가의 의견 등을 종합하여 결정해야 한다.

1) 선정상 유의할 점

퇴비화시설·기계를 선정할 때 유의해야 할 점은 다음과 같다.

- ① 구조(재질포함)와 기능 및 성능
- ② 내구성과 가격
- ③ 취급의 용이성. 단, 가격에 얽매이지 말고 각사의 사양과 비교,검토요망
- ④ 운영비용
- ⑤ 고장시의 대책과 A/S

2) 퇴비화방식의 특성

- ① 퇴비화방식의 구분과 기계장치의 명칭 등에 관해서는 통일을 기하여야 한다. 우리나라 학회차원에서 관련 명칭은 논의된 적이 없으므로 본 연구에서 [그림 4-12]에 제안한 것과 같이 사용할 수 있을 것으로 기대한다.
- ② 현재 일반적으로 이용되고 있는 퇴비화법 분류 및 특성은 [표 4-22]와 같다.
- ③ 주요한 퇴비화 시설·기계의 특성과 이용현황은 [그림 4-13]와 같다.

라. 퇴비화시설 부지 선정

퇴비화시설의 부지는 가축분뇨, 수분조절재 등 원료 및 최종산물의 반출입이

편리한 장소에 입지하여야 한다. 부지 선정 시 특히 주변 환경을 배려하여야 한다.

① 부지는 시설이 합리적으로 배치가 될 수 있도록 되어야 하지만, 실제 한정 공간으로 어려운 경우가 많다.

② 발효촉진을 위해서는 일조(日照) 및 통풍(通風)이 양호한 장소에 입지하여야 한다.

③ 부지선정 시 인근 주민의 동의가 필요하다.

④ 지형이나 풍향에 의해 상당히 먼 거리까지 악취가 비산되기 때문에 특히 악취대책이 필요하다. 토양탈취방법을 사용할 수 있지만, 넓은 면적을 요구되므로 충분한 공간을 확보하지 못할 경우 문제점이 있다.

구분	명칭	실용상의 명칭		
퇴비화 (발효) 처리	퇴 적 식	퇴비단(windrow)	송풍형 퇴비사	
		무송풍식		퇴비사
				간이발효조
		백(bag), 컨테이너		
	송풍식	퇴비사	퇴적송풍발효조(bin)	
		퇴적송풍식	개방, 왕복형, 무송풍 발효장치(단열, 복열)	
	교 반 식	무송풍형	왕복형 발효장치 (單列, 複列)	개방, 무송풍순환형장치 (회전형)
			회전형발효장치	
		송풍형	왕복형 발효장치 (단열, 복열)	개방, 왕복형 발효장치 (단열, 복열)
			순환형 발효장치	개방, 회전형 발효장치 (회전형)
		반응조	종형반응조	밀폐, 교반종형 발효장치
			횡형반응조	밀폐, 교반횡형 발효장치

[그림 4-13] 퇴비화법의 분류 및 장치의 명칭

[표 4-22] 퇴비화방식의 특징

처리방식	처리시설	장점	문제점	적용지역	
퇴비발효처리	간이퇴적처리	퇴비사, 간이발효조, bag, 용기	① 시설비 및 처리경비가 적고, 퇴비의 생산비가 싸다. ② 고장 등 문제가 없다 ③ 소량처리에 적합	① 퇴적, 교반 등에 많은 노동력 필요 ② 퇴비화 장기간 소요 ③ 퇴비품질 불안정 ④ 수분조절필요(70%전후)	전지역 (전기상) (소량처리)
	송풍(送風) 발효처리	퇴적통풍식 발효시설과 퇴비사	① 구조가 간단하고 고장이 적음 ② 시설비가 비교적 적음	① 통기방식에 의한 발효는 고르지 못하다. ② 수분조절 필요(70%이하)	전지역
교반송풍발효처리	기계교반식 발효처리	기계교반식 발효시설과 퇴비사	① 교반자동으로 생력화 ② 퇴비화기간 단축가능 ③ 대량처리가 가능 ④ 퇴비 품질 안정	① 교반기 부식이 현저하고 고장이 잦음 ② 생산비가 높음 ③ 수분조절 필요(70%이하) ④ 악취문제	전지역
	밀폐형(반응조) 발효처리	밀폐형발효 시설과 퇴비사	① 가장 생력화 ② 부속속도 가장 빠름 ③ 용지면적이 가장 적음 ④ 위생적, 탈취용이	① 생산비 가장 높음 ② 수분조절필요(60%이하) ③ 악취 가장 심각	전지역 (주요계분 처리에 이용)

마. 사용조건의 최종확인

퇴비화시설의 구체 설계작업 전에, 사업주체 측에서 지금까지 협의된 사용조건(설계조건)등에 관하여, 최종확인 후 양자 합의되어야 한다.

① 퇴비화시설의 효율이 당초계획보다 저하되어 있는 경우를 종종 본다. 그 원인은 투입 축분의 함수율이 설계조건보다 높고, 수분조절제의 확보가 곤란하기 때문에 발효가 순조롭게 진행되지 않기도 하고, 교반기가 과부하에 의하여 고장이 빈번하기 때문이다.

② 이는 당초 사용조건의 설정에 무리가 있거나 또는 사용조건이 지켜지지 않는데 (축산농가의 협력 불가 등)기인하는 경우가 많다.

③ 이러한 사태가 발생되지 않도록 설정된 사용조건(설계조건)이 실행가능한가? 부적절한가? 를 사업주체와 최종확인하는 일이 필요하다.

[그림 4-14] 퇴비화처리시설 기계의 특성

구 분		시 설 의 특 징						처 리 기 간	운 영 별						적용지역		설 치 및 사 용 상 주 요 점
		태양열 이 용	수분조절 필요성	탈취 난이	노동 력	소요 면적	시설 과 운영 비		축종별				규모별		적설 지역	기타 지역	
									낙농	비육 우	양돈	양계	대·중 소	소			
퇴 리 시 설 별	퇴 비 사	이용	있음	어려움	많음	크다	적다	길다	◎	◎	○	△	△	○	○	○	*배수구 설치 필요 *퇴적더미 바닥에 깔개_건조재료 *송풍구 바닥에 깔개_건조재, 송풍천공 수시 확인 및 보수 *통기(通氣) 양호한 재료이용 *수분조절제로 건조퇴비를 제어용
	송풍식 퇴비사	이용	있음	쉬움 (툽밥,토양)	많음	중간	고,운 영비 중간	중간	○	○	○	○	○	○	○	○	
	퇴적 송풍식	이용	있음	쉬움 (툽밥,토양)	많음	중간	중간	중간	○	○	○	○	○	○	○	○	
교 반 식	개 방 식	로타리식	이용	있거나 불필요	어려움 (토양)	적음	크다	크다	중간 짧다	○	△	○	○	△	△	○	*분뇨 중에 헤파물 혼입되지 않도록 *고(高)수분 상태 축분 사용금지
		에스컬 레이트식	이용	있거나 불필요	어려움 (토양)	적음	크다	크다	중간 짧다	○	○	○	○	△	△	○	*통기천공 수시확인,보수 *교반기의 정지위치확인
	밀 폐 식	횡 형	불가	없음	없음	적음	적다	크다	극히 짧다	×	×	△	◎	○	×	○	*축분의 함수율 55% 이하로 조정 *연소장치가 부착시 화재 주의 *건물의 방한(防寒)장치설치
		중 형	불가	없음	없음	적음	적다	크다	극히 짧다	×	×	△	◎	○	×	○	*축분 등 재료 중 이물질 혼입금지 *연료 연소시 화재 주의 *축분 등 재료의 함수율을 최대한 저감시키고 교반축에 과부하가 걸리지 않도록 조치

라. 퇴비화의 원리와 조건

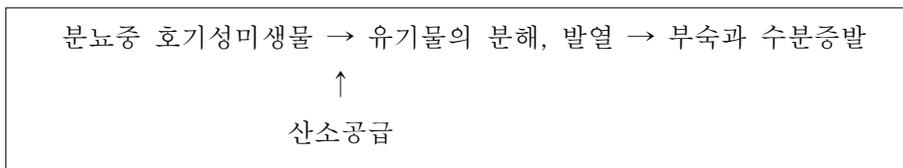
퇴비화시설의 기본계획 작성에 관하여, 퇴비화(발효)의 원리를 충분히 숙지하고, 퇴비화에 필요한 조건을 사전 숙지하여야 한다.

1) 퇴비화의 원리

최근 퇴비화공법은 다양화되고 있지만, 퇴비화의 기본원리는 같다.

① 퇴비화(발효)에는 호기성 또는 혐기성 미생물이 관여하지만, 현재의 퇴비화 처리는 호기성미생물에 의한 호기성발효를 목표로 한다.

② 퇴비화(호기성발효) 조건의 기본기작은 다음과 같다.



③ 퇴비화과정은 당분, 단백질 등→셀룰로오스→리그닌 등 분해가 쉬운 물질부터 생분해된다. 따라서 더미온도, 미생물농도에 변화가 생긴다.

④ 그러므로, 쉽게 분해되는 물질이 많은 축분의 생분해는 단기간에 종료되지만, 톱밥, 수피 등 분해가 어려운 물질(리그닌등)을 분해하는 데 많은 시간을 필요로 한다.

2) 퇴비화의 조건

퇴비화(발효)를 촉진하기 위하여 호기성미생물이 증식할 수 있는 환경조건을 조성하는 것이 필요하며, 필요조건은 [표 4-3]과 같다.

① 영양원으로서 분해가 쉬운 유기물이 필요한 데 축분이 가장 좋다.

② 퇴비화에 관여하는 미생물은 주로 중온(中溫)성 및 고온(高溫)성 미생물이기 때문에, 더미온도는 30℃ 이상이 좋고 특히 겨울 저온기에는 태양열 이용을 적극검토하여야 한다.

③ 함수율은 60% 전후(50~60%)로 조절하여야 한다. 특히 축분의 수분이 75~85%로 함수율이 높을 경우에는 통기성이 불량해지므로, 수분조절재 첨가 등으로 함수율은 최소 70% 이하로 조절하는 것이 필요하다.

④ 호기성 미생물 증식(활성화)을 위하여 산소(공기)의 공급이 필요하며, 이를 위하여 정기적 교반, 송풍 등을 하지만, 산소공급을 원활히 하기 위하여 통기성

개선이 중요하다.

⑤ 퇴비더미가 혐기성 상태가 되면 혐기발효가 일어나므로 재료 퇴적 후 며칠이 경과하여도 온도가 상승하지 않는 경우는 수분이 과다하여 통기성이 불량해진 때문이다.

[표 4-23] 퇴비화조건의 비교

구 분	호 기 성 발 효	혐 기 성 발 효	비 고
영양원 공급	필요	필요	축분
발효온도	최소 20℃ 이상	최소 20℃ 이상	태양열 등의 이용
수분	50~70%	50% 이상	수분조절
산소공급	필요	불필요(혐기상태)	교반·송풍

제 3 절 ReCaf 설계 및 진단지침

1. 기본 방향

이미 서술한 바와 같이 사업대상지구의 경축순환자원화센터의 기본 공법은 ‘퇴비화’로서 앞 장에서 여러 퇴비화방식에 대한 기본기작, 장·단점, 적용가능한 지역(기상), 규모 등을 논의하였다.

본 절에서는 4장에서 언급한 퇴적송풍식과 기계교반식 퇴비화시설에 관하여 집중적으로 서술하려 한다. 기본적으로 우리나라에는 이 두 공법이 주류를 이루고 있으며, 우리나라 축산환경에도 가장 적합한 것으로 판단하였기 때문이다.

2. 퇴비화시설의 규모산정

가. 규모산정에 관여요인

퇴비화시설의 규모산정은 여러 요인에 의하여 결정되며, 이들 관여요인에 대한 정확한 정보가 있어야 한다. 본 연구에서 다루려는 퇴적송풍식 및 기계교반식 퇴비화시설에 국한하여 논의한다.

① 퇴적송풍식 및 기계교반식 퇴비화시설 경우의 규모산정 요인은 [그림 4-15]과 같다.

② 규모산정 요인은 기본적으로 ‘퇴비사’의 경우와 같다. 주공정은 1차처리(발효공정)와 2차 처리(후숙공정)으로 구분되지만 순환형기계교반식 퇴비시설은 발효공정이 2차 처리인 후숙공정을 겸하는 경우가 많다.

나. 규모산정에 필요한 기본정보

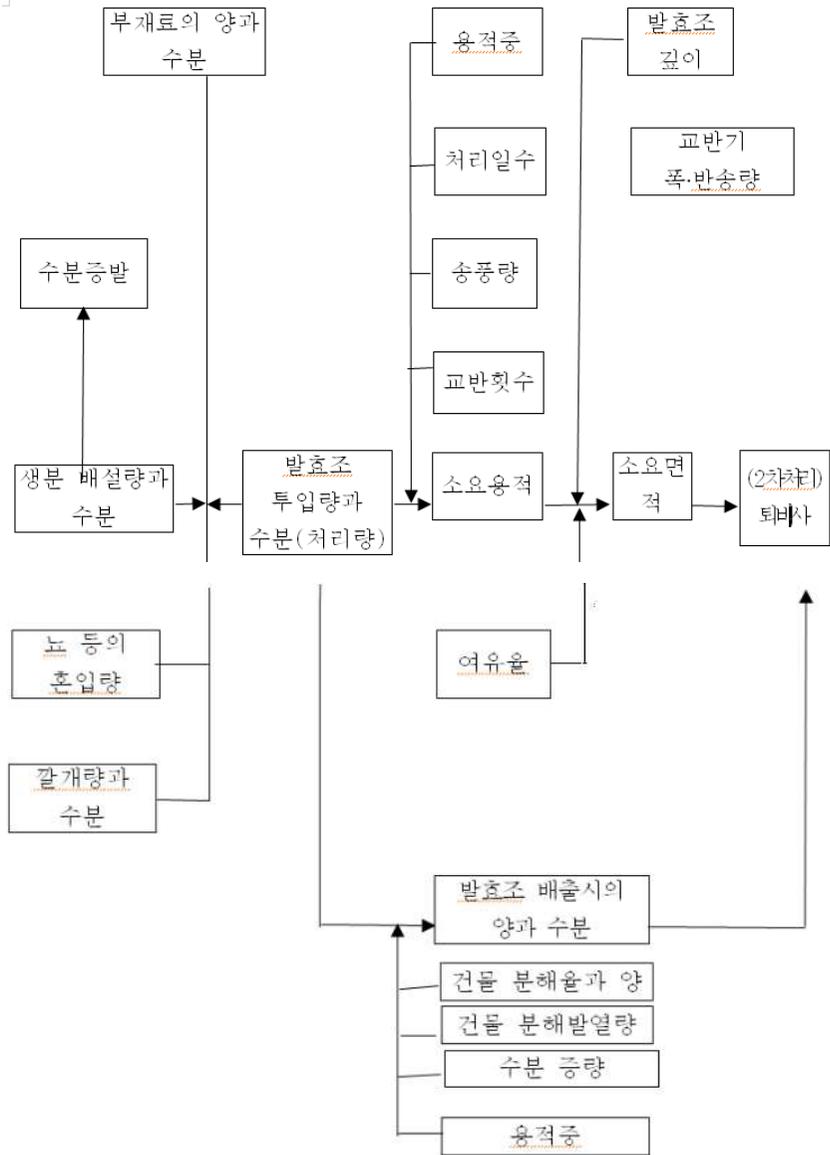
1) 가축분뇨의 배설량과 처리량

① 가축분뇨의 배설량은 급여사료의 양과 질에 따라 다르지만, 급여사료가 고(高)영양일 때는 배설량이 감소하는 것이 일반적인 경향이다.

물론 우리나라 환경부 고시 제1999-109호 ‘가축별배출 분뇨원단위’ 즉, 돼지 8.6L/일/두, 소·말 14.6L/일/두, 젓소 45.6L/일/두를 참고할 수 있다. 그러나 이 원단위는 축종별 평균체중의 평균 원단위를 제시하였기 때문에 개략적인 경향을 이해하고자 할 때는 가능하지만 설계를 위한 분뇨(糞尿)의 원단위를 산정할 때는 축종별, 성장단계별, 분뇨별 배설원단위 [표 4-24]를 근거로 계산함이 더 정확할

것으로 판단된다.

[그림 4-15] 퇴적송풍식 및 기계교반식 퇴비화시설 규모산정관여요인



[표 4-24] 퇴비화시설 규모산정을 위한 축종별

축종별	체중 단위	분 (1일/두 또는 수)			노 비 고	
		배설량 kg	평균합수 %	乾物량 kg	1일 kg	
젖 소	경 산 우	550~650	30	80	6.0	20
	육 성 우	40~550	10	(80)	2.0	7.5
비육우	번 식 우	400~500	20	(78)	4.4	13.5
	육 성 우	30~400	7	(78)	1.5	5.5
	비 육 우	200~700	15	78	3.3	10.5
돼 지	번식돈(♀)	160~300	3.0	(75)	0.75	5.5
	번식돈(♂)	200~300	2.0	(75)	0.50	5.5
	자 돈	3~30	0.8	(75)	0.20	1.0
	비 육 돈	30~110	1.9	75	0.48	3.5
산란계	성 계	1.4~0.8	0.14	78	0.031	—
	중병아리	0.04~1.4	0.06	(78)	0.013	—
육 계		0.04~2.8	0.13	78	0.029	—

주) · 번식돈분은 연간 분만횟수를 2.3회로 하고 임신, 포유, 공태기간의 총사료급여량 443kg/158일을 기초로 하여 평균 3kg/일/두로 가정함

· 자돈분(糞)량은 첫급이로부터 30kg까지의 사료급여량 4.7kg/62일을 근거로 평균 0.8kg/일/두로 가정함.

· 산란계(중병아리)의 분량은 육추기간 중(150일)에 9kg의 분을 배설한다고 가정하여 평균 0.06kg/일/수로 가정함.

② 경산우(經産牛), 비육우, 비육돈 등의 분은 서로 약간의 차이가 있으나, 계산의 단순화를 위하여 여기서는 같다고 가정하였다.

③ 돼지 또는 닭은 [표 4-24]을 이용할 수도 있으며, 사료급여량을 근거로 한 추정식 식 (4.1), 식 (4.2)을 이용할 수도 있다.

$$\text{○ 돈분배설량} = \frac{\text{사료의 급여량} \times (1 - \text{사료의 수분}) \times (1 - \text{사료의 TDN})}{(1 - \text{생분의 수분})} \quad (4.1)$$

$$\text{○ 계분배설량} = \text{사료채식량} \times \frac{\text{분의 고형물}(\%)}{(1 - \text{분의 수분})} \quad (4.2)$$

2) 처리 생분량

① 퇴비화시설의 규모를 계산할 때, 처리량은 분뇨의 반입량을 기본으로 하며 깔개를 사용하였을 때는 그 양을 더하여 산정하여야 한다.

② 처리량을 계산하여 파악하는 것이 바람직하나 생분의 수분(실측치) 등을 근거로 추정한다.

③ 축분은 배설후 수분의 증발 또는 뇨(尿)나 급수기에서 흘린물, 빗물 등의 혼입에 따라 그 수분이 다르게 되므로 외관상의 중량은 [표 4-25]와 같이 용적이 다르다.

[표 4-25] 생분량과 수분(%)과의 관계 (1일 1수)

구분	수 분	수 분 (%)												
		60%	63%	65%	68%	70%	73%	75%	78%	80%	83%	85%	88%	90%
경산우	건물량	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
	수분량	9.0	10.2	11.1	12.8	14.0	16.2	18.0	21.3	24.0	29.3	34.0	44.0	54.0
	계	15.0	16.2	17.1	18.8	20.0	22.2	24.0	27.3	30.0	35.3	40.0	50.0	60.0
비육우	건물량	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
	수분량	5.0	5.6	6.1	7.0	7.7	8.9	9.9	11.7	13.2	16.1	18.7	24.2	29.7
	계	8.3	8.9	9.4	10.3	11.0	12.2	13.2	15.0	16.5	19.4	22.0	29.5	33.0
비육돈	건물량	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
	수분량	0.72	0.82	0.89	1.02	1.12	1.30	1.42	1.70	2.34	1.92	2.72	3.52	4.32
	계	1.20	1.30	1.37	1.50	1.60	1.78	1.90	2.18	2.40	2.82	3.20	4.00	4.80
산란계	건물량	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
	수분량	0.047	0.053	0.058	0.066	0.072	0.084	0.093	0.110	0.124	0.151	0.176	0.227	0.279
	계	0.078	0.084	0.089	0.097	0.103	0.115	0.124	0.140	0.155	0.182	0.207	0.258	0.310

주 : 건물량은 변하지 않은 것으로 함.

④ 일반적으로 가축이 배설 후 분이 퇴비제조 시설에 반입될 까지 수분은 5% 정도가 증가되는 경우가 많다. 그러나 바닥망을 사용한 계사에서 계분이 장기간 퇴적하는 현상이 있을 때는 분의 양이나 수분이 오히려 감소되는 경향이 있다.

⑤ 생분량은 다음 공식에 의해 구한다.

$$\text{○ 생분량} = \text{건물량} \times \frac{100}{\text{건물율}(\%)}$$

⑥ 비육돈의 생분량과 수분과의 관계 및 톱밥첨가량은 [표 4-25]와 같다.

다. 퇴비화 영향인자 조건설정

(1) 퇴비원료(발효전)의 수분조절

수분조절은 퇴비원료에 통기성(通氣性)을 제고하고 호기성(好氣性) 발효를 촉진시키기 위함이다. 일반적으로 목표 함수율은 다음과 같다.

① 밀폐형(반응조) 퇴비화 시설 : 50% 이하

② 이외 퇴비화 공정 (퇴적송풍식, 기계교반식, 퇴비사 등) : 70% 이하

특히 돈분(豚糞)과 계분(鷄糞)은 통기성이 낮기 때문에, 앞에서 제시한 값 이하로 함이 바람직하다. 또한 밀폐형 발효조(반응조)에 일괄 투입(회분식)하는 경우에는 55% 이하로 함수율을 조정하는 것이 권장된다.

(2) 처리후(발효후) 퇴비 함수율 지표

① 밀폐형(반응조) 퇴비화 시설 : 50% 이하

② 이외 퇴비화공정 (퇴적송풍식, 기계교반식, 퇴비사 등): 50~65%

(3) 뒤집기와 교반회수

① 퇴비사 : 월 1회 이상 그러나 퇴적초기에는 15~10일에 1회가 좋다.

② 개방식 발효조 (퇴적송풍식, 기계교반식 등) : 1~2회/일

③ 밀폐형(반응조) 발효조 : 5~20회/시간

(4) 송풍량

① 개방식 발효조 (퇴적송풍식, 기계교반식 등) : $0.05\text{m}^3/\text{min}/\text{m}^3$ 이상으로 한다. 그리고 퇴적고(高)가 1m 이상일 때에는 $0.1\text{m}^3/\text{min}/\text{m}^3$ 이상으로 하고 발효온도가 $60\sim 70^\circ\text{C}$ 이상이 되었을 때는 간헐적으로 송풍하여도 된다.

② 밀폐형 발효조 : $1\sim 2\text{m}^3/\text{min}/\text{m}^3$ 정도

(5) 처리일수의 지표

처리일수에 대하여는 처리조건 ①~④를 적용하는 것을 전제로 하여 다음 사항을 기본 요건으로 하여 일수를 설정하였다.

① 부숙의 목표는 농작물에 장애를 주지 않는 정도까지 처리하는 것으로 한다.

② 채소와 같이 특히 완숙퇴비를 필요로 할 때는 퇴비이용 농가에서 또 다시 후숙(처리) 하는 등의 문제도 검토할 필요가 있다.

[표 4-26] 퇴비화시설별 퇴비화 조건

처리시설 조건	퇴비사	퇴적송풍식		개방형 퇴비제조시설		밀폐형 제조시설	
		발효조	후숙조	발효조	후숙조	발효조	후숙조
원료수분	70% 이하	70% 이하	-	70% 이하	-	60% 이하	-
퇴비수분	60% 정도	-	50~60%	-	50~60%	-	40% 이하
뒤집는횟수	1회/월 이상	-	1회/일	-	1회/일	-	1회/월
교 반 횟 수	-	-	-	1~2회/일	-	5~20회/시	-
통 기 량	-	0.05m ³ /분/m ² 이상	-	0.05m ³ /분/m ² 이상	-	1~2m ³ /분/m ²	-

여기서, 퇴적높이가 1.0m 이상일 경우는 송풍량은 0.1m³/분/m³ 이상을 한다.

[표 4-27] 처리일수의 지표

처리시설	일수	축분(건조퇴비사용시)			부재료 첨가시		
		발효조	퇴비사	합 계	발효조	퇴비사	합계
퇴비사	-일	5~60일	50~60일	-일	150~180일	150~180일	
퇴적송풍식	20~25	15~20	35~45	25~30	65~90	90~120	
기계교반식	15~20	15~20	30~40	20~25	40~65	60~90	
밀폐형	수직형	3~5	19~25	22~30	-	-	
	수평형	5~7	20~25	25~32	-	-	

주: 왕겨와 같은 농작물 부산물일 경우에는 하한(下限)일수이고, 톱밥과 같은 목질계통 부자재를 첨가한 경우는 상한(上限)일수임.

(6) 건물(乾物)분해율과 분해발열량

축종에 따라 건물(乾物)의 분해속도와 분해열량은 서로 약간의 차이가 있으나 계산을 단순하게 하기 위하여 축종과 부재료 중에 관계없이 동일조건으로 설정하였다. 그러나 이들을 처리방식별로는 달리 설정하였다.

(7) 수분 1kg당 증발열량

수분 1kg 증발에 필요한 열량은 발생열량의 손실을 감안하여 다음과 같이 결정하였다.

① 밀폐형 발효조

800 kcal/kg of H₂O, 다만 열교환 등에 의한 온풍으로 송풍하는 경우이보다 낮은 700 kcal/kg of H₂O로 설계한다.

② 퇴적송풍식, 기계교반식 퇴비화시설 : 900kcal/kg of H₂O

(8) 여유율(안전계수)

규모계산 시 배설축분 중의 수분의 변화 및 입지조건, 기상조건 등을 고려하여 다음의 여유율을 설계에 고려하여야 한다.

- 축분 중의 수분변동 10%
- 지역계수
 - 온 난 지 역 : 0% } 밀폐형 발효조는 제외
 - 중 간 지 역 : 10% }
 - 한냉적설지역 : 20% }

[표 4-28] 축분의 건물분해율과 분해발열량의 지표(건조퇴비 이용포함)

처리단계 처리시설	1차처리			2차처리			전(全)기간분해율		
	처리 일수	평균분 해율/일	분 해 발열량 kcal/kg	처리일 수	평균분 해율/일	분 해 발열량 kcal/kg	처리 일수	총분해 율	평균분 해율/일
퇴비사	-	-	-	50~60	(계산에 의함)	4,500	50~60	30(28-33)	0.50~0.60
퇴적송풍식	20~25	1.0	4,500	15~20	구 한 다 의 하 여	4,500	35~45	35(33-38)	0.79~1.00
기계교반식	15~20	1.5	4,500	15~20		4,500	30~40	40(38-43)	1.00~1.33
밀폐형수직형	3~5	2.5	4,500	19~25		4,500	22~30	22(20-25)	0.73~1.00
밀폐형수평형	5~7	1.7	4,500	20~25		4,500	28~32	22(20-25)	0.69~0.88

주) 고액분리한 축분의 분해발열량을 4,000kcal/kg건물로 한다.

[표 4-29] 부재료 첨가 축분의 건물분해율과 분해발열량의 지표

처리단계 처리시설	1차처리			2차처리			전기간분해율		
	처리일 일	평균분해 율/일 %/일	분 해 발열량 kcal/kg	처리일수 일	평균분해 율/일 %/일	분 해 발열량 kcal/kg	처리일수 일	총분해율 %	평균분해 율/일 %/일
퇴비사 축분 부재료				150~180		4,500 3,000	150~180	23 (21~26)	0.13~0.15
퇴적 송풍식 축분 부재료	25~30	1.0 0.3	4,500 3,000	65~90	구 의 (계산에 의함) 한 하 여	4,500 3,000	90~120	25 (23~28)	0.21~0.28
기계 교반식 축분 부재료	20~25	1.5 0.5	4,500 3,000	40~65		4,500 3,000	60~90	27 (25~30)	0.30~0.45

주 : 부재료는 톱밥, 수피, 왕겨, 보리짚 등의 유기질 부재료

라. 소요용적 및 면적의 계산방법

퇴비화시설의 소요용적과 소요면적은 다음 과정에 따라 구한다.

(1) 생분량(kg) :

$$\Rightarrow \text{식(4.3); 분 중(中)의 건물량} \times \frac{100}{\text{건물율}}$$

(2) 수분조절재 첨가량(kg) :

$$\Rightarrow \text{식(4.4); 생분량} \times \frac{\text{생분의 함수율} - \text{조절목표 함수율}}{\text{조절목표 함수율} - \text{수분조절재 함수율}}$$

(3) 건물(乾物)감소량(kg) :

$$\Rightarrow \text{식 (4.5) ; 처리전(축분 또는 수분조절재) 건물(乾物)량} \times 1\text{일 평균건물(乾物) 분해율} \times \text{처리일수}$$

(4) 건물(乾物)분해 발열량(kcal) :

$$\Rightarrow \text{식(4.6) 건물(乾物)감소량} \times \text{축분 또는 수분조절재 분해 1kg당 발열량}$$

(5) 수분증발량(kg) :

$$\Rightarrow \text{식(4.7) } \frac{\text{총발열량(축분 + 부재료)}}{\text{수분증발 1kg당 열량}}$$

(6) 종료시 중량(kg) :

① 건물량 :

$$\Rightarrow \text{식 (4.8) 처리전 총건물량(乾物量) - 건물감소량(축분 + 수분조절재)}$$

② 수분량 :

$$\Rightarrow \text{식 (4.9) 처리전 총수분량 - 수분증발량}$$

③ 총중량 :

$$\Rightarrow \text{식 (4.10) 처리전 총중량 - (건물감소량 + 수분증발량)}$$

(7) 건물(乾物) 분해율 :

(가) 1차처리 기간중

① 기간중 총분해율(%) :

$$\Rightarrow \text{식 (4.11) } \frac{\text{축분의 건물감소량} + \text{수분조절재 건물감소량}}{\text{처리전 총건물량}} \times 100$$

② 1일 평균분해율(%/일)

$$\Rightarrow \text{식 (5.12)} \quad \frac{\text{기간중 총분해율}}{\text{1차 처리일수}} \times 100$$

(나) 2차 처리기간중

㉑ 기간중 전분해율(%) :

$$\Rightarrow \text{식 (5.13)} \quad \text{총분해율} - \text{1차 처리기간중 총분해율}$$

㉒ 1일 평균분해율(%/일) : 2차 처리기간 중 건물감소량

$$\Rightarrow \text{식(5.14)} \quad \frac{\text{총기간의 건물감소량} - \text{1차처리기간중 건물감소량}}{\text{1차 처리기간후 잔존건물량}} \div \text{2차 처리일수} \times 100$$

여기서, 2차 처리 기간중의 1일 평균분해율이

$$\frac{\text{2차 처리기간중 총분해율} \times 100}{\text{처리일수}}$$

로 되지 않는 것은 분모가 되는

건물량이 1차 처리와 다르기 때문이다.

(다) 총기간

㉑ 총분해율(%) : 총기간중 건물감소량

$$\Rightarrow \text{식(4.15)} \quad \frac{\text{(1차+2차처리)전기간중의 건물감소량}}{\text{처리전의 총 건물량}} \times 100$$

㉒ 일평균분해율(%/일)

$$\Rightarrow \text{식(4.16)} \quad \frac{\text{총분해율}}{\text{전 처리일수}} \times 100$$

여기서, 전기간의 건물감소량(kg) = 처리전의 총건물량×총분해율 또는
(1차 + 2차) 처리기간중의 건물감소량

(8) 용적중 (밀도, kg/m³)

- 처리전 : 재료, 수분, 퇴적높이별 용적단위당 무게
- 처리후 : 처리전 용적단위당 질량×0.9로 함

(9) 퇴비생산량(kg) :

$$\Rightarrow \text{식(4.17)} \quad (\text{처리량} \times \text{건물량}) \times \frac{100 - \text{건물 총분해율}}{100 - \text{퇴비의 수분}}$$

(10) 소요용적(m³)

$$\Rightarrow \text{식(4.18)}$$

$$\frac{\text{처리전 중량} + \text{종료시 중량}}{2} \div \frac{\text{처리전용적중} + \text{처리후용적중}}{2} \times \text{처리일수} \times (\text{여유율})$$

여기서, 퇴적통풍식 및 기계교반식 발효조의 경우는 처리전 중량임

(11) 소요면적(m²)

⇒ 식(4.19) $\frac{\text{소요용적}}{\text{퇴적높이}} \times \text{여유율}$

여기서, 여유율은 온난지역 10%, 중간지역 20%, 한냉·적설지역 30%로 한다.

1. 자연건조처리를 병용(전처리)하는 경우 자연건조시설의 필요면적을 구하는 방법은 참고자료 표 1을 참조하시기 바랍니다.
2. 퇴비화시설의 규모산정 양식 및 견적 사양 비교표는 참고자료에 있음

마. 소요용적(체적) 및 면적의 계산 예시(例示)

기초자료를 이용한 퇴비화시설 규모산정 계산예는 다음과 같다. 기본적으로 환산 비육돈 2,000두 규모, 생분의 수분 80%, 4,800kg/일 (2.4kg/두/일)로 하고, 온난지역을 기준으로 하였다.

1. 퇴비사 (톱밥첨가)

가. 처리조건

앞의 예(例)를 퇴비화공정 중 가장 간단한 퇴비사로 발효할 경우, 기본조건은 [표 4-30]과 같다.

[표 4-30] 퇴비사의 처리조건(톱밥첨가)

항 목		조 건	
원료	축 분	축종 돈분	수분 80% ㉠ 4,800kg/日
	수분조절재	종류 톱밥	수분 25% ㉡ 1,070kg/日
		목표함수율	수분 70% ㉢ 5,870kg/日
처리일수/퇴적높이 뒤집기 횟수		㉤ 165日/ 2.0m ㉥ 1회/월 이상 (퇴적초기는 1회/20일)	
건물(乾物) 분 해 율	축 분	1일 평균 0.13%/日	평균 총분해율21.5% ㉦ (0.13%/日)
	부재료	1일 평균 0.13%/日	
㉧ 건물(乾物) 분해 발열량	축 분 수분조절재	4,500kcal/kg 3,000kcal/kg	
㉨ 수분증발 소요열		900kcal/kg of H ₂ O	

□ 계산식

㉠ 생분량은 분중 건물량이 주어지면 라. 식(4.3)에서 결정할 수 있다. 또한

실험자료 [표 4-25]에서도 결정할 수 있다.

- ㉔ 처리전 목표함수율이 70%일 경우, 톱밥 (함수율 25%) 혼입량은 라. 식 (4.4)에서 결정할 수 있다.
- ㉕ 처리일수는 [표 4-28], [표 4-29]의 처리단계별 처리일수를 참고할 수 있다.
- ㉖ 뒤집기 횟수는 다. (3)항을 참고할 수 있다.
- ㉗ 충분해율은 라. (4.15)항을 참고할 수 있다.
- ㉘ 식 (4.11)를 이용하여 건물분해발열량을 결정할 수 있다.
- ㉙ 수분증발열량은 라. (7)항 또는 마질 식(4.7)를 참고할 수 있다.

2) 설계 기초자료

앞 절에서는 퇴비화과정중 가장 간단한 퇴비사의 설계를 위한 퇴비화조건을 결정하였으며, 이를 기초로 본 절에서는 설계인자의 정량화(定量化)를 위한 계산 과정을 보이며, 계산결과는 [표 4-31]에 정리하였다.

[표 4-31] 퇴비사의 소요용적과 면적(톱밥의 첨가)

항 목		함 수 율	총중량	건물(乾物)량	수분량
처리전	축 분	80%	4,800kg	960kg	3,840kg
	수분조절재	25	㉔ 1,070	800	270
	계 (조절후)	70	5,870	1,760	4,110
	용 적 중	800kg/m ³	-	-	-
처리후	감 소 량	-	1,980	㉕ 380	㉙ 1,600
	종 료 후	64	3,890	1,380	2,510
	용 적 중	680kg/m ³	-	-	-
처리후 / 처리전			66%	78%	61%
지역적 기상특성		온난지역	중간지역	한냉·적설지역	-
소 요 실 용 적		㉚ 1,090m ³	1,090m ³	1,090m ³	-
소 요 면 적		㉛ 600m ²	655m ²	710m ²	-

■ 계산식

$$\text{㉔ 톱밥첨가량} : 4,800\text{kg} \times \frac{80 - 70\%}{70 - 25\%} \approx 1,070\text{kg}$$

$$\text{㉕ 건물(乾物)감소량} : (960\text{kg} + 800\text{kg}) \times \frac{0.13\%/\text{일}}{100\%} \times 165\text{日} \approx 380\text{kg}$$

$$\text{㉙ 건물(乾物)분해발열량} : (206\text{kg} \times 4,500\text{kcal/kg}) + (171\text{kg} \times 3,000\text{kcal/kg}) \approx 1,440,000\text{kcal}$$

- ㉔ 수분증발량 : $\frac{1,440,000\text{kcal}}{900\text{kcal/kg}} \approx 1,600\text{kg of water}$
- ㉕ 건물분해율 $\left\{ \begin{array}{l} \text{전 기 간} : \frac{380\text{kg}}{1,760\text{kg}} \times 100 \approx 21.5\% \\ \text{1일 평균} : 21.5\%/165\text{日} \approx 0.13\%/\text{日} \end{array} \right.$
- ㉖ 소요 실용적 : $\frac{5,870\text{kg} + 3,890\text{kg}}{2} / \frac{800\text{kg/m}^3 + 680\text{kg/m}^3}{2} \times 165\text{日}$
 $= 4,800\text{kg}/740\text{kg/m}^3 \times 165\text{日} \approx 1,090\text{m}^3$
- ㉗ 소요면적 $\left\{ \begin{array}{l} \text{온난지역} \quad 1,090\text{m}^3/2\text{m(h)} \times 1.1 \approx 600\text{m}^2 \\ \text{중간지역} \quad 1,090\text{m}^3/2\text{m(h)} \times 1.2 \approx 665\text{m}^2 \\ \text{한냉·적설지역} \quad 1,090\text{m}^3/2\text{m(h)} \times 1.3 \approx 710\text{m}^2 \end{array} \right.$

나. 퇴적송풍식 퇴비화공정 (툽밥첨가)

1) 처리조건

앞의 예(例)를 퇴비화공정 중 퇴적송풍식 공법으로 퇴비화할 경우, 기본조건은 [표 4-32]와 같다. 기본적으로 퇴적송풍식 퇴비화공법의 처리조건도 앞 절의 퇴비사와 같으므로 이의 산정절차를 참고할 수 있다.

[표 4-32] 퇴적송풍식 퇴비화시설의 처리조건(툽밥첨가)

설계요인		조 건		
원 료	축 분	축종 돈분	수분 80%	4,800kg/日
	부재료	종류 툽밥	수분 25%	1,340kg/日
	계	목표함수율	수분 68%	6,140kg/日
		발 효 전	퇴 비 사	전 기 간
처 리 일 수		25日	90日	115日
퇴 적 높 이		2.3m	2.0m	—
뒤 집 기 횟 수		—	1회/日	—
교 반 횟 수		—	—	—
통 기 량		0.1m ³	—	—
건물분해율	축 분	1.0%/일	] 64%/일] 0.12%/일	25%(0.22%/일)
	부재료	0.3%/일		
건물분해발열량	축 분	4,500kcal/kg	4,500kcal/kg	
	부재료	3,000kcal/kg	3,000kcal/kg	
수 분 증 발 열 량		900kcal/kg	900kcal/kg	

2) 설계 기초자료

앞 절에서는 퇴비화과정중 퇴적송풍식 공법 설계를 위한 퇴비화조건을 결정하였으며, 이를 기초로 본 절에서는 설계인자의 정량화(定量化)를 위한 계산과정을 보이며, 계산결과는 [표 4-33]에 정리하였다.

■ 계산식

(1) 부재료 첨가량

$$\text{㉑ 톱밥첨가량: } 4,800\text{kg} \times \frac{80 - 68\%}{68 - 25\%} \approx 1,340\text{kg}$$

(2) 1차처리

$$\text{㉒ 건물감소량} \left\{ \begin{array}{l} \text{축분: } 960\text{kg} \times \frac{1.0\%/일}{100\%} \times 25\text{일} \approx 240\text{kg} \\ \text{톱밥: } 1000\text{kg} \times \frac{0.3\%/일}{100\%} \times 25\text{일} \approx 75\text{kg} \end{array} \right.$$

$$\text{㉓ 건물분해발열량: } (240\text{kg} \times 4,500\text{kcal/kg}) + (75\text{kg} \times 3,000\text{kcal/kg}) = 1,305,000\text{kcal}$$

$$\text{㉔ 수분증발량: } \frac{1,305,000\text{kcal}}{900\text{kcal/kg}} \approx 1,450\text{kg}$$

$$\text{㉕ 건물분해율: } \left\{ \begin{array}{l} \text{기간중: } \frac{315\text{kg}}{1,960\text{kg}} \times 100 \approx 16.0\% \\ \text{1일평균: } 16.0\%/25\text{日} \approx 0.64\%/日 \end{array} \right.$$

(3) 2차처리

$$\text{㉖ 건물분해율} \left[\begin{array}{l} \text{기간중} = 25.0\% - 16.0\% = 9\% \\ \text{1일평균} = \frac{(1,960 \times 0.25) - 315\text{kg}}{1,640\text{kg}} / 90\text{일} \times 100 \approx 0.12\%/일 \end{array} \right.$$

$$\text{㉗ 건물감소량} \left\{ \begin{array}{l} \text{축분: } (960\text{kg} - 240\text{kg}) \times \frac{0.12\%/일}{100\%} \times 90\text{일} \approx 80\text{kg} \\ \text{부재료: } (1,000\text{kg} - 75\text{kg}) \times \frac{0.12\%/일}{100\%} \times 90\text{일} \approx 100\text{kg} \end{array} \right.$$

$$\text{㉘ 건물분해발열량: } (80\text{kg} \times 4,500\text{kcal/kg}) + (100\text{kg} \times 3,000\text{kcal/kg}) \approx 660,000\text{kcal}$$

$$\text{㉙ 수분증발량} = \frac{660,000\text{kcal}}{900\text{kcal/kg}} \approx 730\text{kg}$$

[표 4-33] 퇴적송풍식 퇴비화공법의 용적과 면적(툽밭침가)

설계인자		수분	총중량	건물량	수분량
처리전	축분	80%	4,800kg	960kg	3,840kg
	부재료	25	Ⓐ1,340	1,000	340
	계(조절후)	68	6,140	1,960	4,180
	용적중	800kg/m ³	—	—	—
1차처리 (발효조)	감축분	—	—	Ⓑ240	—
	소량부재료	—	—	Ⓑ75	—
	계	—	1,765	315	Ⓓ1,450
	종료시 용적중	62%	4,375	1,645	2,730
2차처리 (후숙조)	감축분	—	—	Ⓒ80	—
	소량부재료	—	—	Ⓒ100	—
	계	—	—	180	Ⓔ730
	종료시 용적중	58	3,465	1,465	2,000
2차 처리후/처리전		—	56%	75%	48%
지역적 특성		온난지역	중간지역	한냉·적설지역	
소요 실용적	발효조	Ⓘ190m ³	190m ³	190m ³	
	후숙조	Ⓙ640m ³	640m ³	640m ³	
소요면적	발효조	Ⓚ90m ²	100m ²	110m ²	
	후숙조	Ⓚ350m ²	385m ²	415m ²	

주) 1차처리 종료시의 용적중(610kg/m³)와 2차처리(퇴비사)시에 퇴적높이는 2.0m의 경우 용적중을 한다.

(4) 소요용적과 면적

$$\begin{aligned}
 \text{① 실(實)용적} & \left[\begin{array}{l} \text{발효조: } 6,140\text{kg} \div 800\text{kg/m}^3 \times 25\text{일} \approx 190\text{m}^3 \\ \text{퇴비사: } \frac{4,395\text{kg} + 3,465\text{kg}}{2} \div \frac{610\text{kg/m}^3 + 500\text{kg/m}^3}{2} \times 90\text{日} \\ = 3,920\text{kg} \div 550\text{kg/m}^3 \times 90\text{日} \approx 640\text{m}^3 \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ⓚ 면적} & \left[\begin{array}{l} \text{발효조} \left[\begin{array}{l} \text{온난지역: } 190\text{m}^3 \div 2.3\text{m} \times 1.1 \approx 90\text{m}^2 \\ \text{중간지역: } 190\text{m}^3 \div 2.3\text{m} \times 1.2 \approx 100\text{m}^2 \\ \text{한냉·적설지역: } 190\text{m}^3 \div 2.3\text{m} \times 1.3 \approx 110\text{m}^2 \end{array} \right. \\ \text{퇴비사} \left[\begin{array}{l} \text{온난지역: } 640\text{m}^3 \div 2.0\text{m} \times 1.1 \approx 350\text{m}^2 \\ \text{중간지역: } 640\text{m}^3 \div 2.0\text{m} \times 1.2 \approx 385\text{m}^2 \\ \text{한냉·적설지역: } 640\text{m}^3 \div 2.0\text{m} \times 1.3 \approx 415\text{m}^2 \end{array} \right. \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

다. 기계교반식 퇴비화공정 (톱밥첨가)

1) 처리조건

앞의 예(例)를 퇴비화공정 중 기계교반식 공법으로 퇴비화할 경우, 처리조건은 [표 4-34]과 같다. 기본적으로 기계교반식 퇴비화공법의 처리조건도 앞 절의 퇴적송풍식 공법과 같으므로 이의 산정절차를 참고할 수 있다.

[표 4-34] 개방·직선형 기계교반식 퇴비화시설의 필요용적과 면적 (톱밥첨가)

설계인자		조 건		
원 료	축 분	축종 돈분	수분 80%	4,800kg/日
	부재료	종류 톱밥	수분 25%	1,340kg/日
	계		수분 68%	6,140kg/日
		발 효 전	퇴 비 사	전 기 간
처 리 일 수		20日	65日	85日
퇴 적 높 이		1.2m	2.0m	—
뒤 집 기 횟 수		1회/日		—
교 반 횟 수		—	1회/日	—
통 기 량		0.1m ³ /분m ³	—	—
건물분해율	축 분 부재료		0.136%/일	27%(0.32%/일)
건물분해발열량	축 분	4,500kcal/1kg	4,500kcal/1kg	
	부재료	3,000kcal/1kg	3,000kcal/1kg	
수 분 증 발 열 량		900kcal/물1kg	900kcal/물1kg	
비 고		발효온도 60~70℃이상의 경우는 간헐통기 (8~10시간/일)		

2) 설계 기초자료

앞 절에서는 퇴비화공정중 퇴적송풍식 공법설계를 위한 퇴비화조건을 결정하였으며, 이를 기초로 본 절에서는 기계교반식 퇴비화공정의 설계인자의 정량화(定量化)를 위한 계산과정을 보이며, 계산결과는 [표 4-34]에 정리하였다.

■ 계산식

(1) 부재료 첨가량

$$\text{㉠ 톱밥첨가량: } 4,800\text{kg} \times \frac{80 - 68}{68 - 25} = 1,340\text{kg}$$

(2) 1차처리

② 건물(乾物)감소량 축분: $960kg \times \frac{1.0\%/일}{100\%} \times 20일 \approx 290kg$

③ $\left[\begin{array}{l} \text{톱밥: } 1000kg \times \frac{0.3\%/일}{100\%} \times 20일 \approx 100kg \\ \text{건물(乾物)분해} \end{array} \right.$

발열량: $(290kg \times 4,500kcal/kg) + (100kg \times 3,000kcal/kg) = 1,605,000kcal$

④ 수분증발량: $\frac{1,605,000kcal}{900kcal} \approx 1,780kg$

⑤ 건물분해율: $\left[\begin{array}{l} \text{기간중: } \frac{390kg}{1,960kg} \times 100 \approx 50\% \\ \text{1일평균: } 20\%/20日 \approx 1.0\%/日 \quad (3) \text{ 2차처리} \end{array} \right.$

⑥ 건물분해율 기간중 = $27\% - 20\% = 7\%$

$$\begin{aligned} \text{1일평균} &= \frac{(1,960 \times 0.27) - 390kg}{1,640kg} \div 65일 \times 100 \\ &\approx 0.136\%/일 \end{aligned}$$

⑦ 건물감소량 $\left[\begin{array}{l} \text{축분: } (960kg - 290kg) \times \frac{0.136}{100} \times 65日 \approx 60kg \\ \text{부재료: } (1,000kg - 100kg) \times \frac{0.136}{100} \times 65日 \approx 80kg \end{array} \right.$

⑧ 건물분해발열량: $(60kg \times 4,500kcal) + (80kg \times 3,000kcal)$
 $\approx 510,000kcal$

⑨ 수분증발량 = $\frac{510,000kcal}{900kcal} \approx 570kg$

[표 4-35] 개방·직선형 기계교반식 퇴비화시설의 필요용적과 면적(툽밥첨가)

설계인자		수분	총중량	건물량	수분량
처리전	축분	80%	4,800kg	960kg	3,840kg
	부재료	25	@1,340	1,000	340
	계(조절후)	68	6,140	1,960	4,180
	용적중	800kg/m ³	—	—	—
1차처리 (발효전)	감축종	—	—	㉞290	—
	소부재	—	—	㉞100	—
	량계	—	2,170	390	㉞1,780
	종료시	60	3,970	1,645	2,730
	용적중	(550kg/m ³)	—	—	—
2차처리 (퇴비사)	감축종	—	—	㉞60	—
	소부재	—	—	㉞80	—
	량계	—	710	140	㉞570
	종료시	56	3,260	1,430	1,830
	용적중	460kg/m ³	—	—	—
2차처리후/처리전		—	53%	73%	44%
		온난지역	중간지역	한냉·적설지역	
필요실용적	발효조	㉞156m ³	150m ³	150m ³	
	퇴비사	㉞470m ³	470m ³	470m ³	
필요면적	발효조	㉞140m ²	150m ²	165m ²	
	퇴비사	㉞260m ²	280m ²	305m ²	

(4) 소요용적과 면적

㉞ 실용적

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{발효조: } 6,140\text{kg} \div 800\text{kg/m}^3 \times 20\text{일} \approx 150\text{m}^3 \\ \text{퇴비사: } \frac{3,970\text{kg} + 3,280\text{kg}}{2} \div \frac{550\text{kg/m}^3 + 460\text{kg/m}^3}{2} \times 60\text{日} \\ = 3,615\text{kg} \div 505\text{kg/m}^3 \times 65\text{日} \approx 470\text{m}^3 \end{array} \right.$$

㉞ 면적

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{발효조} \left\{ \begin{array}{l} \text{온난지역: } 150\text{m}^3 \div 1.2\text{m} \times 1.1 \approx 140\text{m}^2 \\ \text{중간지역: } 150\text{m}^3 \div 1.2\text{m} \times 1.2 \approx 150\text{m}^2 \\ \text{한냉·적설지역: } 150\text{m}^3 \div 1.2\text{m} \times 1.3 \approx 165\text{m}^2 \end{array} \right. \\ \text{퇴비사} \left\{ \begin{array}{l} \text{온난지역: } 470\text{m}^3 \div 2.0\text{m} \times 1.1 \approx 260\text{m}^2 \\ \text{중간지역: } 470\text{m}^3 \div 2.0\text{m} \times 1.2 \approx 280\text{m}^2 \\ \text{한냉·적설지역: } 470\text{m}^3 \div 2.0\text{m} \times 1.3 \approx 305\text{m}^2 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

제 4 절 ReCaf 운영체계

1. 사업운영·관리를 위한 기본 정서

[표 4-36]에서와 같이 지난 10여년 동안 농림부에서는 약 1조원을 가축분뇨관리 시설에 투자하였으며, 환경부에서는 축산폐수 공공처리시설로 약 5,000억원을 투자하여 총 1조 5천억이 투자되었다. 즉, 매년 1,500억원을 투자하여 生住환경이 많이 개선되었음은 부인할 수 없다. 그러나 아직도 축산에서 가축분뇨의 직접관리 및 재이용을 효율적으로 수행하기 위해서는 그 원인을 규명하여 이를 해소하여야 할 것이다.

우선 사업성공여부의 구성요인을 보면 MTB, 즉 사람(Man), 기술(Technology), 사업비(Budget)으로 볼 수 있다. 본 연구팀의 판단에 따르면 우리나라에는 기술과 자금은 있다. 그러나 사람의 software가 없었다. 즉, 기술을 적용하는 사람, 자금을 집행하는 사람, 통합시스템이 작동하도록 옳은 방향으로 틀을 잡아가는 사람이 없었다. 이미 종료된 사업이나 진행될 사업을 차치하더라도 광역친환경농업단지사업은 사람의 software 작동하는 사업으로 정착시키지 않으면 사업의 성과는 매우 회의적이다. 그러므로 제도와 시스템으로 사람의 software가 작동될 수 있도록 운영·관리기반을 구축하여야 한다.

2. 운영주체

ReCaf운영주체의 형태는 다음 세 가지로 분류할 수 있다.

- ① 지자체에서 주로 추진해왔듯이 지방거점 중소기업이나 전국 단위가긴 하지만 보유 자본이 빈약한 중소기업 등이 운영주체가 되어 ReCaf를 위탁받아 운영하나, 지자체로부터 매년 일정 액의 지원받는 형태
- ② 시·군 지자체가 직접 운영주체가 경우
- ③ 대기업 또는 상장된 중규모 민간기업(매년 매출 1,000억원대)이 단독 또는 Consortium 형태로 민간제안투자사업으로 운영주체가 되는 경우

[표 4-36]과 같이 앞서 언급한 이들 세 주체가 ReCaf를 운영할 때의 장단점을 분석한 결과 민간제안사업이 본 사업의 목적을 가장 효율적으로 달성할 수 현실적인 운영주체로 판단되었다.

[표 4-36] 운영주체별 장단점

평가항목	지방거점기업	지자체	민간제안사업
규모	中小기업	공무원	中大기업
운영방식	위탁	직접운영	민간제안
수익	매년적자	매년적자	민간부담
초기투자	없음	없음	총 초기투자액의 20~30% 부담
생산물 유통	불가능	부분적으로 가능하나 비효율적	효율적
역할	분노관리에만 집중	소극적 축산↔경종	축산↔경종 연계체계 구축 적극적
종합평가	×	△	○

3. 민간제안사업의 효과 및 사업주체자격

가. 기대효과

- 중·대기업이 민간제안사업으로 *ReCaf*를 운영관리할 경우, 우선 이들 기업이 전국 유통 Network을 가지고 생산된 친환경 농축산물을 유통시키기 때문에 사업지구 내 작물생산농가들은 생산에만 집중하면되는 큰 장점이 있다.
- 또한 민간제안사업의 효과를 사업지구의 *ReCaf* 시설비의 20~30%를 민간업체가 투자하게 되므로 애시당초 사업량인 50여개가 63~71개소가 증대되므로 적어도 예산의 증액없이 13~21개소 확대되는 효과가 있다.
- 민간제안사업주체인 중·대기업은 부가가치창출을 위하여 다음과 같은 사업을 추진할 수 있다.

[표 4-37] 민간제안사업 시 부가가치창출 잠재사업

민간제안 부가가치 창출사업	<ul style="list-style-type: none"> ·분노반입비 (운임 + 처리비) ·비료판매비 ·농산물판매비 ·경작, 비료살포 등 농업행위 대행 ·여타 잠재 사업
----------------	--

나. 민간제안사업체의 자격

- 운영주체인 민간업체(Consortium 포함)는 *ReCaf*를 효율적으로 운영·관리하기 위해서는 다음 네 가지 조건을 만족시켜야 한다.

- ① 자금력이 튼실한 상장 중기업(연간 매출 1,000억원 수준)이나 대기업
- ② ReCat에서 고품질 퇴비화·액비화를 위한 기술조합 (관련기술보유 및 사업 실적 및 이의 보유기술의 응용능력 등)이 가능한 민간업체
- ③ 비료(고품질 액·퇴비) 유통능력이 있는 민간업체
- ④ 전국 유통망을 가지고 있는 민간업체

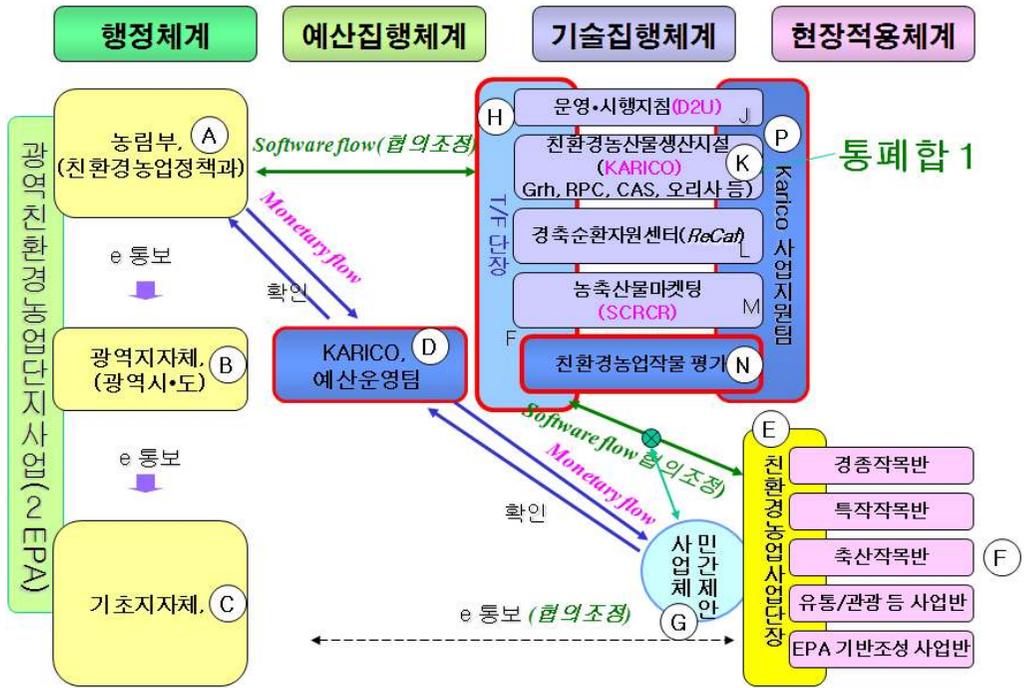
4. 효율적 사업추진을 위한 논제

광역친환경농업단지조성사업을 효율적으로 추진하기 위하여 경축순환자원화센터의 두 수준, 즉, 전국수준(T/F팀)과 지자체 수준에서 여러 형태로 ① 참여하는 기관 (컨설팅팀, 농림수산식품부, 지자체, 작목반(경종 및 축산), 조합·협회 등의 역할과 기능이 분명하여야 하며, 서로 유기적으로 협력관계를 유지해야 한다. 또한 ② 농수산식품부의 사업비가 현장에서 효율적으로 집행하기 위해서 관행적 집행방식을 개혁할 필요가 있다. 다음 두 가지 현안 중 우선 사업비 집행형식에 대하여 본 연구팀의 의견을 개진하고자 한다.

가. 사업비 집행체계 개혁안

본 연구팀은 5.1절에서 언급한 사람(M)의 부정적인 요소배제가 사업의 효율성을 극대화하는 핵심요소라 판단하였다. 이를 현실화하기 위하여 [그림 4-16]과 같이 사업비 집행체계를 고려할 수 있다.

- ① 용역기관에 광역친환경농업단지화사업을 위한 예산운영팀(D)을 **【신설_1】** 한다.
- ② 신청 C지자체의 E친환경농업사업단이 선정되면, 농수산식품부(A_MOFAFF : Ministry of Food, Agriculture, Forest and Fishiers)는 사업비를 'B광역지자체'에 서류통보하고, B는 C기초지자체에 서류로만 통보한다.
- ③ A는 사업비를 용역공사(D)는 D에게 G에게 입금하도록 요청한다. 이미 E친환경농업사업단장은 F 각종작목반과 논의한 사업을 시공, 건축, 기반조성완료한 G 민간제안사업체에게 사업비를 집행한다.
- ④ 완료사업에 대한 사업비집행 전(前) F작목반장 확인과 E단장의 확인하에 E는 D에게 G사업비를 지급한다.
- ⑤ A, B, C, D가 E, F, G의 사업비 집행의 규모와 집행여부를 담보할 수 있는 확인절차는 D가 연구검토하여 제안한다.



[그림 4-16] 광역친환경농업단지사업의 사업비집행 및 기술체계(案)

나. 친환경농축산물지원제

• 친환경농축산물의 과다생산으로 인한 농가가 관행농업 때보다 수익이 높지 않다면 이는 친환경농업의 최대 걸림돌이다. 왜냐하면 정량화할 수는 없지만 현재 친환경농업이 관행농업보다 labor 등 input 훨씬 많이 들어가기 때문이다. 예를 들어 친환경쌀의 판매부진이 한시적(限時的)이며, 국지적(局地的) 현상이라는 분석도 있고, 이미 공급과잉이라는 분석도 있다. 작목이나 축종에 따라 시비는 있을 수 있어도, 친환경농업으로의 방향은 거스릴 수 없는 대세로 판단된다. 그러므로 이를 활성화하기 위해서는 쌀생산조정제, 쌀소득보전직불제, 밀사(密飼)방지를 위한 친환경축산직불제 등을 원용하여, **친환경농축산물지원제**를 검토할 수 있다. [표 4-38]과 같이 단위면적당(10a)당 네 단계 환경농업수준을 차등화하여 친환경농축산물을 지원을 적극 검토할 수 있을 것이다.

[표 4-38] 단위면적당 친환경농업수준에 따른 소득보전에 (단위면적 10a)

친환경농업		관행농업 수준	기대 시장가격	실제 시장가격	소득보전액
수준	기대소득				
유기농업	$E=1.05*D$	A	1.60A	1.50A	단위면적당 0.1A
전환기농업	$D=1.10*C$	A	1.52A		
무농약	$C=1.15*B$	A	1.38A		
저농약	$B=1.20*A$	A	1.20A		

제 5 절 요약

○ 기본적으로 4장에서 우리나라 ‘광역친환경농업단지화사업’의 ‘경축순환모형(ReCaf)’을 가축분뇨 발생성상의 특성에 따라, 대상사업지구의 경종-축산집단지의 상호 원근(遠近)에 [표 4-4]와 같이 제시하였다.

[표 4-4] ReCaf의 모형분류

분류	사업대상 여부	최종산물	모형 분류 기준			Model名
			발생분뇨 추출종	군집성		
A	대상	퇴 비	고상 <small>固狀</small>	한우,젓소,육계, 산란계 우점 <small>優點</small>	일원화 <small>一元化</small> (one-site)	I-1
					이원화 <small>二元化</small> (two-site)	I-2
B	대상	퇴 비	액상 <small>液狀</small>	돼지 우점 <small>優點</small>	일원화	II-1
	비대상	액 비			이원화	II-2
C	대상	퇴 비	액상, 고상	축우 (양계 포함) : 양돈 거의 동비 <small>同比</small>	일원화	III-1
	비대상	액 비			이원화	III-2

○ ‘광역친환경농업단지화사업’의 경축순환모형(ReCaf)을 모형으로 제시한 [표 4-4]에서 ReCaf에 적용될 퇴비화시설 중 주공정인 퇴비화공법 중 본 사업에 적용할 수 있는 검증된 공법은 퇴비사, 퇴적송풍식, 기계교반식으로 판단된다. 이의 설계를 위한 기본계획은 4장에 서술하였다.

○ 앞에서 제시한 ReCaf에 적용될 세 가지 퇴비화공법, 퇴비사, 퇴적송풍식, 기계교반식의 구체적인 설계를 위한 설계인자의 계량화(計量化)를 위하여 각각 공법에 따라 5장에 돼지를 대상으로 예시(例示)하였다. 여기서 돼지를 대상으로 한 것은 우리나라에 양돈이 가장 성하고, 또한 증가축으로서 지자체의 대상사업 지구에 주축종을 비육돈두수로 환산하면 이해가 쉽기 때문이다. 물론 화란, 독일, 덴마크 등 유럽에서 대가축인 소를 기준으로한 가축환산단위는 LU (Livestock Unit)도 병기(併記)하였다. 그러므로 LU를 기준으로 하든 비육돈을 기준으로 하

은 [표 4-38]을 이용할 수 있어 예시의 축종은 지자체의 다양한 축산에 따라 대응할 수 있다.

[표 4-38] 가축의 환산계수

항 목	소(말)	번식돈	비육돈	성 계
비육돈 환산	0.2두	0.5두	1두	50수
가축단위 (대가축환산)	1	5		100

주: 비육돈 환산과 가축단위는 꼭 일치하지 않는다.

○ 그러므로 대상사업지구가 정해지면, 본 연구보고서 4장에서 제시한 모형에 따라 이 지구의 작목 및 작부체계, 재배면적에 따라 소요 비료량이 결정되며, 이를 생산하기 위한 소요(所要) 유기질비료량이 산정된다. 이 설계조건을 전제(前提)로 5장에 제시한 예시에 따라 세가지 퇴비화시설을 설계할 수 있다.

6. 참고문헌

- 서울대 동물환경생체공학실. '광역친환경농업단지화사업'에 관한 내부자료
 全農시설자재부. 1984. 6. 가축분뇨처리이용 시설·기기도입의 てびき
 중앙축산회. 1987. 5. 퇴비화시설설계マニュアル
 축산연구소. 1997. 4. 새로운 가축분뇨처리기술
 축산연구소. 2000. 10. 가축분뇨 자원화 및 이용기술 심포지움

제 5 장 경축순환자원화센터 GUI 프로그램 입력자료를 위한 현장실증실험

제 1 절 *ReCaf* (경축순환자원화센터)의 공정별 퇴비비효실험

본 실험은 축분퇴비의 퇴비화과정 중 비효저감, 미생물적 특성, 퇴비 생화학적, 중금속 등의 특성변화를 관찰하여 GUI프로그램의 입력자료로 사용하기 위하여 수행되었다.

1. 요약

2007년 6. 29 ~ 6. 30일 용인, 양평 축분퇴비공장을 현장방문하여 시료를 세 단계 (전처리, 발효단계 및 후숙단계)에서 채취하여 총 호기성세균, 대장균군, 대장균, 방선균 및 곰팡이를 계수(計數)하였다. 발효단계에서 대장균군과 대장균의 수는 감소하였고 후숙단계에서는 완전히 사멸되었다. 방선균과 호기성균의 수는 발효단계 및 숙성(후숙) 단계 모두에서 증가하였다. 곰팡이수는 초기에 높았다가 발효단계에서 줄어들며 그 후 숙성(후숙)단계에 증가하였다. 대장균군과 대장균상(狀)은 유기물(OM)및 유기성 탄소(OC)와 강한 정(正)의 상관관계를 보임으로써 퇴비의 숙성(후숙)도로 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 그러나, 각 퇴비화 단계에서의 호기성 세균, 방선균 및 곰팡이의 구체적 균류 확인이 퇴비의 숙성도를 나타낼 수 있다. 화학적 조성 및 총 미생물수 또한 부숙과정 동안의 미생물수의 조성에 변화가 있었다. 총 호기성균은 전단계 동안 $8.65 \log_{10}$ CFU/g으로 우점화하였으며, 다음이 방선균으로 $6.81 \log_{10}$ CFU/g, 그 다음이 곰팡이로 $4.62 \log_{10}$ CFU/g 순이었다. 미생물 바이오매스 탄소 (MBC)는 초기부터 숙성(후숙) 단계까지 증가한 반면 미생물 바이오매스 질소(MBN)는 발효단계에서 증가하였다가 퇴비화의 숙성(후숙)단계에서 감소하였다. MBC/MBN 비는 발효단계 중 대장균군, 대장균 및 곰팡이의 감소를 이유로 약간 감소한 반면, 숙성(후숙) 단계에서는 곰팡이의 증가를 이유로 증가하였다. C/N 비는 초기로부터 숙성(후숙) 단계까지 OM의 분해를 이유로 감소하기 때문에, C/N 비를 퇴비의 숙성(후숙)에 대한 지표로 사용할 수 있다. 그러나 중금속 함량도 숙성(후숙) 단계 동안 다르게 변화하였다. 중금속 함량은 방선균에 대해 강한 부(負)의 상관관계를 보였다. 이

자료로 금속-미생물간의 상호작용이 있음을 알 수 있으며, 숙성도 뿐만 아니라 퇴비의 품질도 평가할 수 있다.

2. 개요

퇴비는 미생물이 중요한 역할을 하는 호기성 과정의 산물이다. 본질적으로, 미생물은 유기물을 분해하여 흙의 비옥도를 개선하는 데 확실한 개선제가 된다 (Rynk *et al.* 1992; Borken *et al.* 2002). 퇴비화 중 미생물은 유기물을 영양원으로 사용한다. 이 과정에서 세균, 곰팡이, 방선균과 같은 각기 다른 균수를 가진 미생물 활동과 성장의 결과로서 열, 이산화탄소, 수증기 및 부식토를 배출한다 (Epstein 1997). 작농에서 올바른 숙성(후숙)은 퇴비의 효과적이고 안전한 사용에 필수적인데 그 이유는 안정화가 덜 된 퇴비로 토양 개선을 할 경우 수확 및 환경에 부작용을 줄 수 있기 때문이다(Butler *et al.* 2001). 퇴비의 숙성(후숙)도 평가를 위한 신뢰성 있고 쉬운 분석방법의 개발은 퇴비 품질의 보다 나은 관리를 위해 중요하다. 그러나 퇴비화 과정의 성패는 미생물 군락의 능력에 달려 있다. 숙성(후숙)된 퇴비 형성의 원인이 되는 대다수의 미생물은 산소를 필요로 하거나 산소 하에서 가장 잘 작용을 하는 호기성이다. 다양한 거름의 퇴비화 중에 사용되는 운용상의 전략이 퇴비화 과정과 시간에 영향을 줄 수 있다. 또한 퇴비화 미생물은 습한 환경을 요구하는데 이는 이들이 유기물 입자를 둘러싸는 수막에서 살기 때문이다(Richard *et al.* 2002). 그러나 최적의 수분과 변화 주기는 사용되는 거름의 형태에 따라 크게 다르다(Serra-Wittling *et al.* 1996; Tiquia *et al.* 1996, 2001; Epstein 1997; Liang *et al.* 2003).

퇴비의 평가는 퇴비화 과정을 최적화하기 위해 또는 고품질의 최종산물을 만들기 위해 어떤 퇴비화 전략을 써야 할지 퇴비 숙성(후숙)에 그 초점이 모아진다 (Ouedraoga *et al.* 2001; Borken *et al.* 2002; Tiquia 2003). 퇴비화 과정과 퇴비 숙성(후숙) 및 안정성의 평가에 사용되는 대부분의 기준은 유기물의 물리화학적 특성에 기초를 두고 있고 이러한 행동 양식이 퇴비화 과정에 수반되는 여러 미생물의 대사 활동을 나타낸다. 이 대사 활동은 미생물 수량에 달려 있다. 미생물의 활동, 수 및 바이오매스는 퇴비 숙성(후숙)을 밝히는 데 사용될 수도 있는 주요 특성이다(Tiquia *et al.* 2002). 퇴비화 과정 중 물리화학적 성질의 변화는 광범위하게 연구되었다(Harada & Inoko 1980; Garcia *et al.* 1991; Mathur *et al.* 1993; Flynn & Wood 1996; Day *et al.* 1998; Tiquia *et al.* 1998). 그러나 퇴비의

숙성(후숙)도와 품질은 유기물화, 퇴비 미생물 바이오매스의 크기 및 증균속으로 결정될 수 있다. 이 미생물 바이오매스는 퇴비에서 측정되는 환경의 동요에 따라 변화하는 민감한 생물학적 특성이다. 많은 연구에서 미생물 바이오매스 크기는 배양 시스템(Hu *et al.* 1997), 시비(Salinas Garcia *et al.* 1997), 유기물 시용(Jedidi *et al.* 2004) 및 증균속(Gillian & Qi 2002)의 형태에 따라 변함을 보여 주었다. 이들 연구의 대부분이 퇴비화 도중 미생물 활동의 변화를 추적하는 데 제한되었다. 퇴비화 단계에 따라 화학적인 조성과 미생물상과의 상관관계를 밝히려는 시도는 없었다.

본 연구는 5개의 퇴비 공장으로부터 5가지 미생물(총 호기성 세균, 대장균군, 대장균, 곰팡이 및 방선균)의 수, 기본 화학 특성(미생물 바이오매스 탄소, 질소 및 증균속을 포함한)을 분석하였다. 이들 특성의 변화와 퇴비화 단계와의 연관성을 평가하여 퇴비 숙성도의 지표로서 가장 적당한 화학 특성과 미생물상을 확인하였다.

[표 5-1] 현장조사대상 퇴비공장 특성

퇴비공장	관리조합	퇴비원료	퇴비화방식
YP	양평축협	돈슬러리 + 톱밥	기계교반식
YI	용인축협	돈슬러리 + 톱밥	기계교반식
CC	전주연초	담배잎residue + 톱밥	퇴적송풍식
JM	지리산낙협	낙농슬러리 + 톱밥	기계교반식
NS	논산축협	돈슬러리 + 톱밥	기계교반식

□ YP (양평축분퇴비공장)



a. 전처리



b. 기계교반식 발효조



c. 후숙조

[그림 5-1] 양평축분퇴비공장 공정별 실상도

□ YI (용인축분퇴비공장)



a. 전처리



b. 기계교반식 발효조



c. 후숙조

[그림 5-2] 용인축분퇴비공장 공정별 실상도

□ CC (전주연초퇴비공장)



a. 전처리



b. 혼합공정



c. 퇴적통풍식 발효조

[그림 5-3] 전주연초퇴비공장 공정별 실상도

□ JM (지리산낙협)



a. 전처리



b. 기계교반식 발효조



c. 후숙조

[그림 5-4] 지리산낙협 축분퇴비공장 공정별 실상도

□ NS (논산축협퇴비공장)



a. 기계교반식발효조



b. 퇴적통풍식발효조



c. 액비화시설[그림

[그림 5-5] 논산축협 축분퇴비공장 공정별 실상도

3. 재료 및 방법

가. 퇴비 시료

[표 5-1]에서 보는 바와 같이 우리나라 용인퇴비공장, 양평퇴비공장, 논산축협, 전주연초, 지리산낙협 등 5개 퇴비공장에서 3개의 특성 단계, 즉 초기 단계(전처리), 발효단계(퇴비화) 및 숙성(후숙)단계에서 시료를 채취하였다. 약 500g의 5개 시료를 채취하여 무균 비닐봉지에서 잘 혼합하고 4℃에 보관하였다.

나. 화학적 분석

퇴비시료를 105℃에서 24시간 건조 후 수분을 측정하고, Kjeldahl법에 의한 N 분석 (Bremner 1996), 550℃에서 5시간 회화 후 OM 및 OC 함량 (Nelson & Sommers 1996)에 대해 분석하였다. 퇴비의 OM 농도는 회분함량으로부터 계산하였다:

$$\text{Ash content (g/kg)} = \frac{\text{ash weight of compost (g)}}{\text{dry weight of compost (g)}} \dots\dots\dots (5.1)$$

$$\text{OM content (g/kg)} = 1000 - \text{Ash content of compost (g/kg)}$$

OC는 OM 함량으로부터 관용적으로 사용되는 'Van Bemmelem 계수' 1.724를 써서 추산하였다. 이 계수는 토양 OM이 58%의 탄소를 함유한다는 가정을 기본으로 한다(Allison 1965). C/N 비는 OC와 총 질소 농도를 기초로 계산되었다.

MBC와 MBN은 클로로포름(Chloroform) 가습 추출법(Brookes *et al.* 1985; Vance *et al.* 1987)에 따라 분석하였다. 이 중 퇴비 시료(20g)를 무에탄올 클로로포름(Chloroform)으로 24시간 가습하고 0.5M K₂SO₄로 추출하였다. 비가습 퇴비 시료도 가습이 시작될 시점에 채취하였다. 퇴비 시료의 OC는 중크롬산 칼륨 산

화법을 써서 측정하고(Jenkinson & Powlson 1976) 미환원된 중크롬산을 적정하였다. MBC는 다음 식을 써서 산출하였다(Jenkinson & Powlson 1976, Vance *et al.* 1987).

$$\text{MBC} = \text{FBC} - \text{UFBC} / 0.35 \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

Where, FBC : Fumigated biomass carbon (g C/kg dry wt)

UFBC : Unfumigated biomass carbon (g C/kg dry wt)

동일 퇴비 추출물 시료의 MBN은 Kjeldahl 소화 절차를 써서 총 질소로 측정하였다(Brookes *et al.* 1985). MBN은 다음 식에 의해 산출되었다(Brookes *et al.* 1985):

$$\text{MBN} = \text{FBN} - \text{UFBN} / 0.68 \quad \dots\dots\dots (5.3)$$

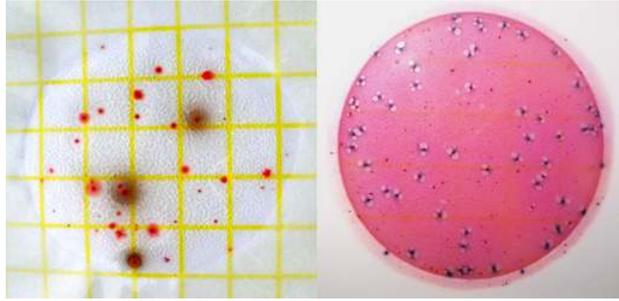
Where FBN : Fumigated biomass nitrogen (g C/kg dry wt)

UFBN: Unfumigated biomass nitrogen (g C/kg dry wt)

Cr, Ni, Cu, Zn 및 Pb의 총 중금속은 왕수 소화로써(McGrath & Cuncliffe 1985) 추출하고 ICP-AES를 써서 분석하였다.

다. 미생물학적 분석

20g의 퇴비 시료를 피로인산 나트륨 (0.18%)을 함유하는 180ml의 무균 증류수가 하여 10분간 잘 혼합하고 고체가 가라앉도록 5분간 정지하였다. 10ml의 이 용액을 90ml의 무균 25% 링거 액(NaCl 2.25/g, KCl 0.105/g, CaCl₂ 0.045/g, NaHCO₃ 0.05/g, 구연산 0.034/g)에 가하고 이후 순차적으로 10⁻⁹까지 희석하였다. 총 호기성 균수는 1ml의 각 희석액을 호기성 계수 평판(3M Petrifilm™) 및 대장균/대장균균 계수 평판에 이중으로 취하였다. 페트리 필름을 제조사 지시에 따라 호기성 세균 계수 목적으로 35°C에서 48시간(Figure 1,a), 대장균균 목적으로 35°C에서 48시간, 그리고 대장균 목적으로 35°C에서 24시간(Figure 1,b) 배양하였다. 곰팡이 계수 목적으로는 0.1ml의 각 희석액을 클로르담페니콜 100g/ml 강화 Rose Bengal Agar (Difco) 평판에 도포하였다(각 희석에 대해 2개의 평판). 이들 평판을 25°C에서 5일간 배양하였다. 방선균 계수목적으로는 0.1ml의 각 희석액을 Rose Bengal (0.035g/L)과 사이클로헥시미드 (50µg/ml) 강화 Starch-Casein-Nitrate agar 배지(SCN)에 도포하였다. 이들 평판을 27°C에서 12일간 배양하였다.



[그림 5-6] 3M 페트리 필름TM상에서 퇴비의 호기성 세균
(a) 대장균군 및 대장균의 집락

라. 통계 분석

5개의 퇴비 공장으로부터 3단계 중에 수집한 미생물 데이터의 분포를 그림으로 요약하기 위해 Box plot을 [그림 5-6]과 같이 나타냈다. 그래프는 SPSS 13.0을 이용해 그렸다. Pearson product-moment 상관 계수를 미생물 질량과 화학 질량과의 관계 [표 5-3]를 보이기 위해 산출하여 퇴비 숙성(후숙)도에 대한 가장 중요한 특성을 결정하고자 하였다.

4. 결과 및 분석

퇴비화는 유기 폐기물질의 자가 가열, 호기성, 고체 단계, 생물분해 과정이다. 미생물 수준에서의 퇴비화 과정에는 여러 상호관계를 갖는 인자, 즉 대사열 생성, 온도, 폭기(산소 주입), 수분 함량 및 영양분이 수반된다. 퇴비의 화학적 및 미생물적 성질은 각기 다른 퇴비화 전략이 사용되는 경우라 할지라도 퇴비화 및 숙성(후숙) 과정의 유형과 상호 관계가 있다(Tiquia 2005). 온도를 기준으로, 호기성 퇴비화 과정은 3개의 주요 단계, 즉 중온 가열단계(초기), 발효단계 및 냉각 단계의 순서를 갖는다(Mustin 1987; Leton & Stentiford 1990). 이것을 기초로 퇴비의 미생물적, 화학적 및 이들이 상호 관련된 양을 3단계에서 분석하여 적절한 퇴비의 숙성(후숙)도 지표를 찾고자 하였다.

가. 화학적 프로파일, 수분, OC 와 OM 내용물

여러 화학적 특성은 표 5.2에 요약되어 있다. 수분 함량은 초기에 32.7와 68.1% 사이에서 크게 변화였다. 그러나 발효 및 숙성(후숙) 단계에서는 각각 42.5~48.6%, 51.7~56.5%의 좁은 범위 내에서 유지되었다. 평균 수분함량은 퇴비

화 과정에서 51.4%, 44% 및 56%로 분석되었다. 효율적인 퇴비화를 위해서는 풀 퇴비화 시스템에 대하여 수분함량도 4일 변화 주기로 매주 60%로 유지되어야 한다(Tiquia 2005). OC와 OM은 YP를 제외하고는 초기부터 숙성(후숙)단계까지 줄곧 감소하였다. 발효단계에서는 증가하였다가 숙성(후숙)단계에는 감소하는 것으로 나타났다. 최대 OC값 492.2g/kg 및 OM값 848.1g/kg은 각각 YI 및 YP의 발효 단계 중에 보였다. 최소 OC값 402.3g/kg 및 OM값 667.4g/kg은 각각 NS 및 JM의 숙성(후숙)기 중에 관찰되었다. OC 함량은 최종제품에서 크게 감소되지 않고 퇴비화 과정 중 사실상 일정하였다. 이 감소가 OM의 감소를 유발하였다. 미생물이 OM을 분해하여 산화, 질화 및 탈질화를 거쳐 질소성분을 변환시키고 (Atkinson et al. 1996), 이것이 퇴비화 중의 발효단계를 만든다.

【표 5-2】 퇴비시료의 단계별 생화학적 특성

Chemical Profiles	YP			YI			CC			JM			NS		
	I	T	M	I	T	M	I	T	M	I	T	M	I	T	M
Moisture (%)	68.1	46.6	51.7	51.4	44.4	56.5	63.8	42.8	51.8	32.7	42.5	51.7	40.9	43.6	70.7
Organic Matter (g kg ⁻¹)	804.8	848.1	764.4	804.7	768	719.1	816.7	777.6	751	796.4	694.8	667.4	800.7	751.4	693.6
Organic Carbon (g kg ⁻¹)	466.8	491.9	443.3	466.7	445.3	417.1	473.7	451	435.7	461.9	402.4	387.1	464.4	435.8	402.3
Total Nitrogen (g kg ⁻¹)	12.23	14.85	16.06	25.6	29.2	30.8	27.58	25.37	28.39	21.82	28.57	37.09	40.79	47.79	41.81
C/N	38.2	33.1	27.6	22	18.5	15.8	17.2	17.8	15.4	21.2	14.1	10.4	11.4	9.1	9.6
MBC (mg g ⁻¹)	1.44	2.3	2.73	1.25	1.63	2.06	5.45	6.62	7.86	5.62	6.59	7.83	2.96	4.28	6.23
MBN (µg g ⁻¹)	220	440	390	370	590	350	510	750	480	480	670	320	310	420	200
Cr (mg kg ⁻¹)	6.6	5.5	7.2	5.7	4.8	10.9	9.1	4.9	10.9	2.4	6.7	4.7	3.9	3.7	4
Ni (mg kg ⁻¹)	5.6	6.1	7	7.3	6.6	6.4	5.8	4.5	6.5	3.6	6.8	7	6.9	7.3	7.4
Cu (mg kg ⁻¹)	110.5	114.1	111.3	192.1	141.5	121.2	53.7	49.6	57.6	62.8	104.7	128	123	173.1	143.5
Zn (mg kg ⁻¹)	595	530	460	357.1	363.7	342.8	182.3	169.3	239	176.1	304.2	336.7	419.5	488.2	537.1
Pb (mg kg ⁻¹)	11	9.6	9.4	11.5	10.1	11.7	2.6	5.7	11.3	3.4	6.6	7.9	10.4	6.9	12.5

I: 초기, T: 호열기, M: 숙성(후숙)기 한국 퇴비 표준(mgkg⁻¹)=Cr<150,Ni<25,Cu<200,Zn<500,Pb<75.

나. 총 질소

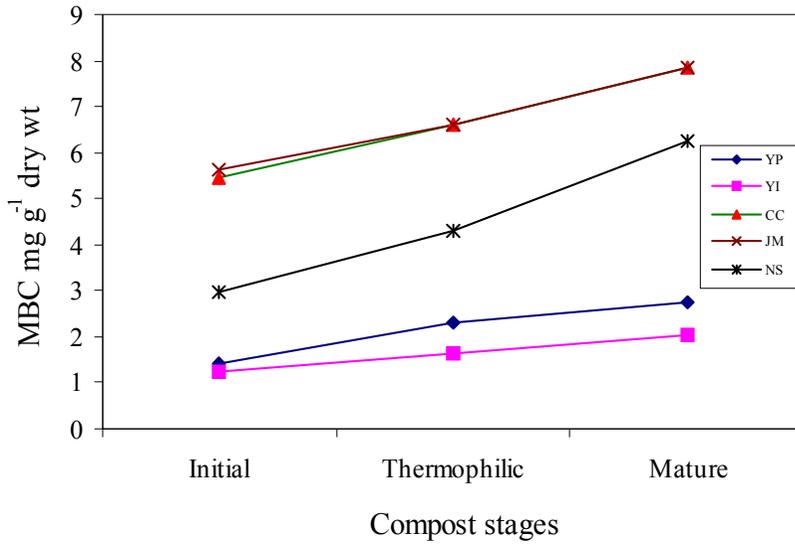
TN의 경우, YP, YI 및 JM 시료가 단계의 진행에 따라 증가했고, 흥미롭게도 NS는 발효단계에서 증가하였다가 숙성(후숙)단계에는 감소하였다. 최대 TN 값은 NS의 발효단계 중 47.79g/kg으로 관찰되었고 반면 최저값은 YP의 초기 단계 중 12.23g/kg 이었다. TN은 OC와 같이 유기물의 고갈에 의한 최종산출물에 대해서 크게 감소하지 않았다.

다. 미생물 바이오매스 탄소와 질소

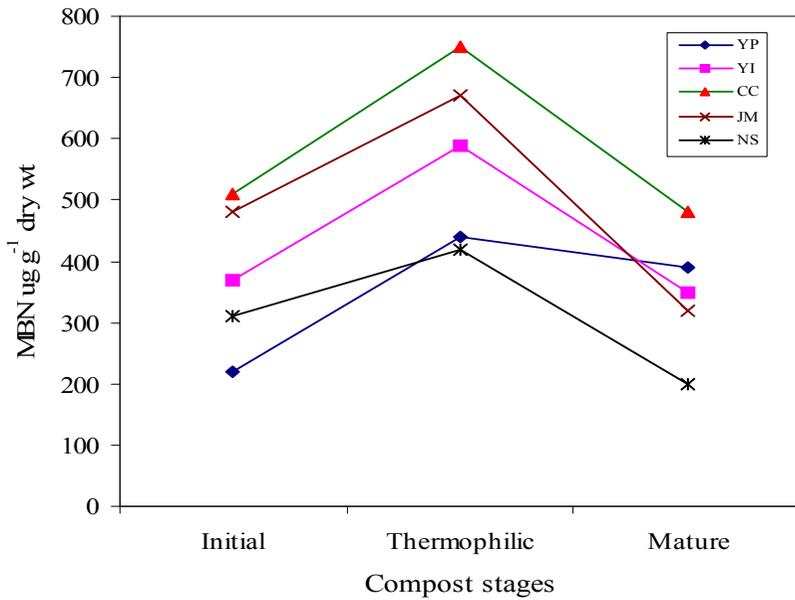
MBC는 일반적으로 【그림 5-7】에서와 같이 초기에서 숙성(후숙)단계까지 증가되었다. 최대 및 최저 MBC는 각각 CC의 숙성(후숙)단계에 7.86mg/g, YI에서

1.25mg/g로 관찰되었다. MBC와는 좀 달라 보이는 MBN은, 발효단계에서 증가하였다가 숙성(후숙)단계까지 감소함을 보였다(그림 5.8). 최대 MBN은 발효단계에서, 최저치는 CC의 숙성(후숙)단계에서 각각 750g/g 및 NS 200g/g으로 관찰되었다. MBC/MBN 비는 그림 5.9와 같이 현저히 특이한 경향을 드러냈다. 발효단계에서 약간 감소했고 숙성(후숙)단계 중에는 크게 증가하였다. 최고값 28.32 및 최저값 2.76은 각각 NS, YI의 숙성(후숙)단계, 발효단계에서 나타났다. MBC와 MBN 값은 초기로부터 발효단계까지 증가하나 MBN은 숙성(후숙)단계에 감소하는 비슷한 행동 양식을 보였다. 이러한 행동 양식은 이전 연구에서 보고되었다(Garcia *et al.* 1992; Insam *et al.* 1996; Tiquia 2005; Hellmann *et al.* 1997; Klamer & Baath 1998; Ayed *et al.* 2007). 이러한 행동 양식은 미생물이 어느 한 기질과 같이 하여 이 기질이 거의 소진할 때까지 정상적으로 빠르게 증식하여 개체수가 최고치에 달할 때, 쉽게 분해할 수 있는 기질들이 있느냐 하는 것과 아마도 관련이 있다(Joergensen *et al.* 1990). 따라서 미생물의 강력한 활성에 의해 이들 물질이 고갈과 진행 중인 가습에 의해서 미생물 바이오매스는 감소하였다. 퇴비화 중 미생물 바이오매스의 비슷한 경향이 다음 선행 연구에서 보고되었다(Hellman *et al.* 1997; Horwath & Elliot 1996; Insam *et al.* 1996). MBC/MBN 비의 변화는 발효단계에 다소 줄었다가 숙성(후숙)단계에 증가함을 보였다. 이는 균수의 조성에 변화를 시사한다. 이 비율은 퇴비화 공정 중 후숙 단계에서 큰 값을 보였다.

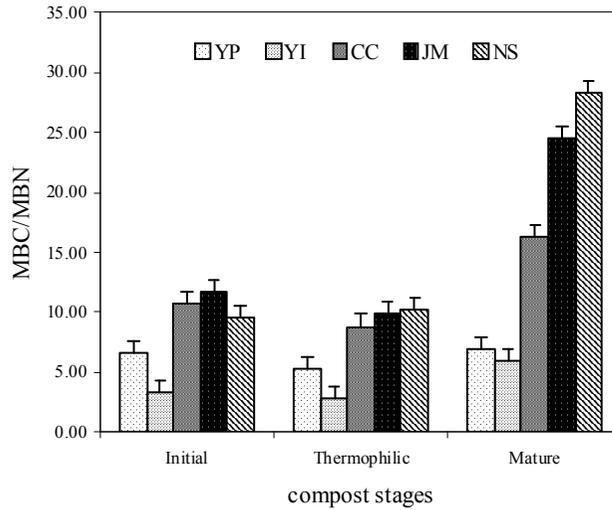
세균과 방선균의 수는 원형질체의 C/N비 5를, 곰팡이의 경우 10을 가진다고 보고되었다(Miller 1991). 이들 결과는 세균과 방선균이 우점화한 초기 균수로부터 곰팡이의 수가 발효단계에 비해 증가된 최종 균락 구조로의 변화를 시사하였다. 이들 결과는 이전 연구에서 보고된 퇴비 미생물수의 일반적인 변화와 잘 일치하였다(Miller 1991; Paul & Clark 1996; Chen *et al.* 1997; Hellmann *et al.* 1997).



[그림 5-7] 퇴비시료의 단계별 MBC의 경시적 변화



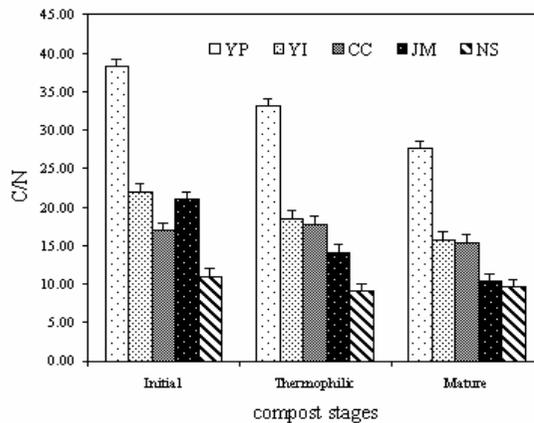
[그림 5-8] 퇴비 시료의 단계별 MBN의 경시적 변화



[그림 5-9] 퇴비 시료의 단계별 MBC/MBN 비의 경시적 변화

라. C:N 비

C/N 비는 [그림 5-10]에서 보는 바와 같이 CC와 NS를 제외하고는 초기에서 숙성(후숙)단계까지 감소하였다. 발효단계와 숙성(후숙)단계에서 각각 소폭 증가와 감소를 보였다. 최소치 9.1 및 최고치 38.2는 각각 NS의 호열기와 YP의 초기 단계에서 관찰되었다. 탄소와 질소 변화의 결과로서, C/N 비는 퇴비화 단계와 함께 선형적으로 증가했는데 과정 중 NS와 CC에서는 사실상 일정하였다.



[그림 5-10] 퇴비 시료의 각 단계별 C/N 비의 경시적 변화

마. 중금속

퇴비의 금속함량은 [표 5-3] 에 보이는 다른 것들과 비교하여 숙성(후숙)단계에 증가하였다. 크롬은 발효단계에서 감소하여 JM을 제외하고 증가된 초기보다도 더 높은 수준까지 증가하였다. 최고치 10.9 mg/kg과 최저치 2.4 mg/kg이 YI의 숙성(후숙)기, CC, JM의 초기에 각각 관찰되었다. 그러나 니켈은 크롬과 달리 CC를 제외한 모든 단계에서 증가하였다. 최고치 7.4 mg/kg와 최저치 3.6 mg/kg는 각각 NS 및 JM의 숙성(후숙)단계에 관찰되었다. 구리는 다른 것들과 달리 단계에 따른 경향이 없었으나 최고 및 최저치는 YI의 초기단계에서 192.1 mg/kg, CC의 발효단계에서 49.6 mg/kg을 보였다. 아연은 YP를 제외하고는 니켈과 같은 경향을 따라 모든 단계에서 감소하는 걸 보여준 반면, YI는 크롬과 같은 경향을 따랐다. 최고치 595mg/kg 및 최저치 169.3mg/kg는 각각 YP의 초기단계 및 CC의 발효단계에서 관찰되었다. 납에서는 경향이 없이 최고치 12.5mg/kg 및 최저치 2.6mg/kg가 각각 NS의 숙성(후숙)단계 및 CC의 초기단계에서 관찰되었다.

[표 5-3] 에서 보는 바와 같이, 금속함량은 단계에 따라 매우 다른데, 통상 크롬은 발효단계에서 감소하다가 숙성(후숙)단계에 증가한 반면, 니켈 및 아연은 단계를 따라 줄곧 증가했으나 구리 및 아연에서는 경향을 보이지 않았다. 그러나 함량은 NS (Zn < 537.1 mg/kg)를 제외하고는 한국표준(MFA)의 한계 이하이다. 전반적인 금속함량은 퇴비화가 진행됨에 따라 서서히 증가하였다. 이는 유기물이 퇴비화 과정 중에 이산화탄소 또는 다른 휘발성 분자로 달아나기 때문에 사라져 금속이 더욱 농축되는 퇴비화 기구로부터 예상된다. 퇴비의 특성단계 중 퇴비의 금속함량 정보가 금속-미생물 간의 상호작용을 간파할 수 있게 해주며 퇴비의 품질 평가에 도움을 준다. 이는 중금속으로 오염된 토지의 복구면에서 퇴비의 탐구를 조장할 것이다(Gillian & Qi 2002).

◦ 세균의 수는 모든 단계에서 7.49log₁₀ CFU/g 내지 9.83log₁₀ CFU/g 사이에서 오르내림이 있다. 흥미롭게도 최저치와 최고치 세균수는 NS 및 CC의 발효단계에서 각각 관찰되었다. YP 및 NS는 숙성(후숙)단계 동안 9.52log₁₀ CFU/g 및 7.9log₁₀ CFU/g로 보다 높은 수를 보인 반면, YI는 발효단계에서 9.48 log₁₀ CFU/g로, JM은 초기단계에서 9.61log₁₀ CFU/g로 보다 높은 수를 보였다. 대장균군의 수는 모든 시료가 숙성(후숙)단계에서 크게 관찰되지 않았다. 최고치는 YI의 초기단계에서 6.56 log₁₀ CFU/g로 관찰되었다. 대장균군 수는 초기단계부터

숙성(후숙)단계까지 현저히 떨어졌다. 대장균은 발효단계부터 숙성(후숙)단계까지 눈에 띄게 관찰되지 않았다. 최고치 5.4 log₁₀ CFU/g는 YI에서 관찰되었다.

[표 5-3] 퇴비시료의 공정별 중금속특성

Heavy Metals (mg/kg)	YP			YI			CC			JM			NS		
	I	T	M	I	T	M	I	T	M	I	T	M	I	T	M
Cr	6.6	5.5	7.2	5.7	4.8	10.9	9.1	4.9	10.9	2.4	6.7	4.7	3.9	3.7	4
Ni	5.6	6.1	7	7.3	6.6	6.4	5.8	4.5	6.5	3.6	6.8	7	6.9	7.3	7.4
Cu	110.5	114.1	111.3	192.1	141.5	121.2	53.7	49.6	57.6	62.8	104.7	128	123	173.1	143.5
Zn	595	530	460	357.1	363.7	342.8	182.3	169.3	239	176.1	304.2	336.7	419.5	488.2	537.1
Pb	11	9.6	9.4	11.5	10.1	11.7	2.6	5.7	11.3	3.4	6.6	7.9	10.4	6.9	12.5

. 미생물학적 프로파일, 공기중의 세균, 클로로포름(Chloroform)과 대장균 수

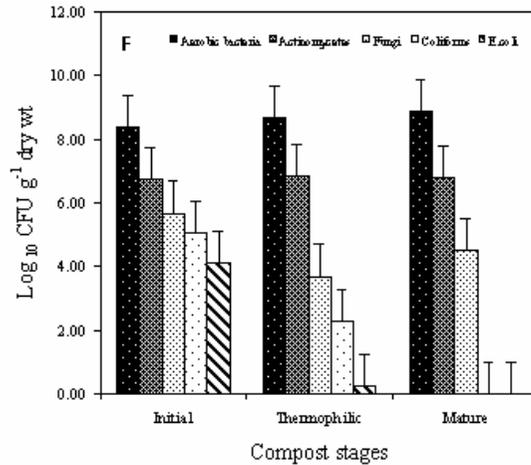
◦ 퇴비가 숙성(후숙)되었는지 여부를 가리는 능력은 퇴비 생산자, 공장운영자 및 최종 사용자에게는 중요하다. 불안정하고 숙성(후숙)이 덜 된 퇴비는 고효성의 미생물을 유지할 수 있다. 따라서 이러한 퇴비가 토양 개선제로 또는 식물성장 수단으로 사용될 때, 토양에서의 산소농도를 떨어뜨리고 질소를 고정시킬 수 있으며 이렇게 함으로써 심각한 농작물상의 질소결핍을 유발할 수 있다(Zucconi *et al.* 1981). 엄격히 말해서, 퇴비의 숙성(후숙)도는 종종 미생물 활성과 결부된다(Hue & Liu 1995). 거름 퇴비의 총 호기성 타가영양생물의 수는 모든 단계에서 높았고, 거름에 다량의 높은 세균수를 포함하는 부분 분해된 분뇨를 함유하기 때문에 퇴비화의 초기단계에 좀 더 높았다(Tiquia *et al.* 1996). 퇴비화에서 출발 물질 중 용해성 유기물은 미생물에 의해 초기에 소화된다(Rynk *et al.* 1992). 용해성 유기물이 소화되고 나면 분자량이 큰 화합물(즉, 리그닌, 셀룰로스 및 헤미셀룰로스)이 수용성인 보다 작은 분자로 분해된다(Priest 1984; Tate 1995; Tiquia *et al.* 2002). 수용성 성분은 물에 녹아 최종적으로 미생물에 의해 소화된다. 퇴비 시료의 성분 및 퇴비화 전략에 차이가 있다 해도, 대장균군과 대장균 수는 초기단계에서부터 숙성(후숙)단계까지 감소했고 따라서 이 특성이 퇴비화 숙성(후숙)도를 평가하는 데 사용될 수 있다. 이들 고유의 세균이 유기물을 분해하고 산화, 질화 및 탈질화를 통해 질소 성분을 변환시키고(Atkinson *et al.* 1996), 이것이 퇴비화 중에 열을 발생시켜 발효단계에서 대장균과 대장균군과 같은 병원성 미생물을 죽인다. 온도상승 시간이 지나면 온도는 점차 대기 온도 수

준으로 떨어졌다. 이 단계에서, 거름 중 유기물의 분해가 더욱 안정화되고 따라서 보다 적은 열이 방출되어 미생물의 양 또한 안정화되나 다양성은 그 어느 단계보다 숙성(후숙)단계에 변화였다.

[표 5-4] 퇴비시료의 공정별 미생물 특성

Microbial count (log ₁₀ CFU/g DW)	Phases/Stage	Compost samples				
		YP	YI	CC	JM	NS
Total aerobic bacterial count	Initial phase	7.70	8.30	8.65	9.61	7.66
	Thermophilic phase	7.92	9.48	9.83	8.63	7.49
	Mature phase	9.52	9.26	8.30	9.51	7.90
Coliforms count	Initial phase	5.79	6.56	5.11	3.49	4.43
	Thermophilic phase	2.43	3.42	2.23	1.36	1.86
	Mature phase	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E.coli count	Initial phase	3.97	5.40	4.63	3.20	3.40
	Thermophilic phase	0.00	0.00	1.23	0.00	0.00
	Mature phase	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Actinomycetes count	Initial phase	6.38	6.36	7.52	8.53	5.00
	Thermophilic phase	7.43	7.11	7.95	6.32	5.46
	Mature phase	6.68	6.72	7.63	7.81	5.23
Fungal count	Initial phase	4.97	5.63	6.76	5.67	5.34
	Thermophilic phase	3.46	3.86	3.00	3.51	4.65
	Mature phase	4.28	5.26	3.08	5.11	4.74

◦ 생물과정으로서 퇴비화는 많은 미생물을 수반한다(Golueke 1992; Beffa *et al.* 1996; Tiquia & Michel 2002). 이들 미생물, 이들의 조성 및 크기는 퇴비화 과정에서 중요한 특성이다. 통상 퇴비화의 초기단계에서 자가 발열에 세균이 수반된다(Golueke 1992). 이들이 용해성 단백질과 그밖에 쉽게 구할 수 있는 기질에서 빠르게 증식할 수 있기 때문에 아직까지 퇴비화에서 가장 활발한 단계 중의 가장 중요한 특성이다(Golueke 1992; Epstein 1997). 초기 발열 단계에서 세균은 퇴비 중의 단순한, 그리고 쉽게 분해할 수 있는 유기물질을 이용한다(Strom 1985). 또한 세균은 보다 복잡한 물질을 공격하거나 또는 다른 유기체의 외분비 효소 활성화에 힘입어 분해가 덜 되는 물질이 방출하는 물질을 찾기도 한다(Epstein 1997).



[그림 5-11] 퇴비화의 각 단계에서 퇴비의 미생물 군락의 평균 질량

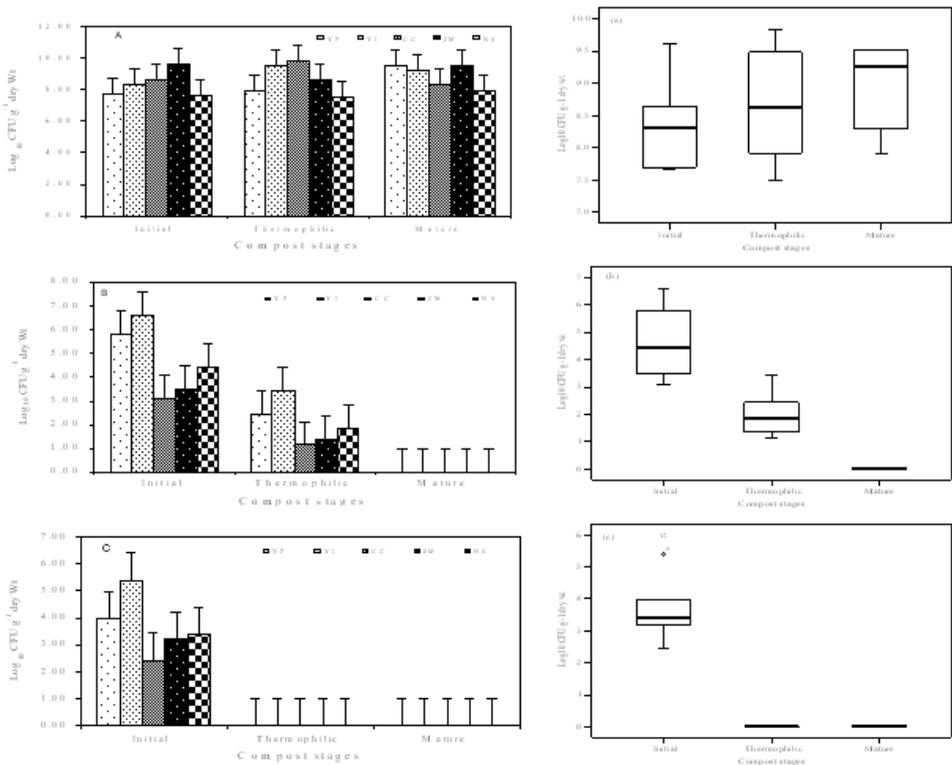
사. 방선균과 곰팡이 수

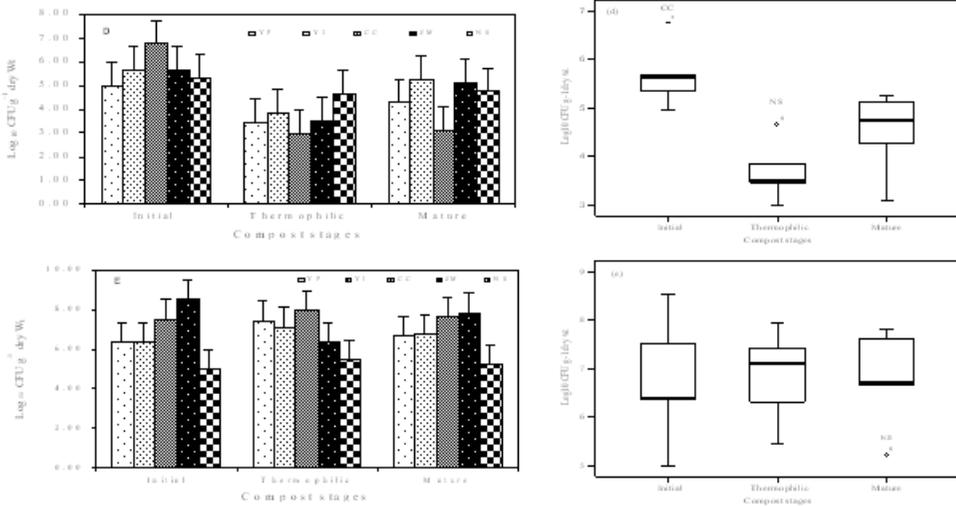
방선균수는 단계에 따라 호기성 균수와 같이 $5.23\log_{10}$ CFU/g에서 $8.53\log_{10}$ CFU/g 사이에서 오르내림이 있다. 최고치와 최저치는 JM의 초기단계와 NS의 숙성(후숙)단계에 각각 관찰되었다. 이들 계수는 JM을 제외하고는 흥미롭게 발효단계에서 조금 증가하였다. 흥미롭게도 곰팡이수는 초기단계와 숙성(후숙)단계에 높은 반면 발효단계에서는 감소하였다. 최고치 $6.76\log_{10}$ CFU/g과 최저치 $3\log_{10}$ CFU/g는 각각 CC의 초기단계 및 발효단계에서 관찰되었다.

곰팡이 또한 퇴비의 초기 온도상승에 역할을 한다(De Bertoldi *et al.* 1983). 대부분의 곰팡이는 고온에서 제거되나(Epstein 1997) 통상 온도가 적당하면 되살아난다(Tiquia *et al.* 2001). 곰팡이와 마찬가지로 방선균도 복잡한 유기물질을 이용한다. 이들은 퇴비화 과정의 후 단계에서 증식하는 경향이 있어 헤미셀룰로스, 리그닌 및 셀룰로스와 같은 고분자를 공격하는 것으로 밝혀졌다(De Bertoldi *et al.* 1983). 퇴비의 숙성(후숙)도는 분해 가능한 유기물과, 거름 중의 질소 화합물을 분해하는 퇴비화 중의 미생물 활성과 관계가 있다. 이 과정이 그림 5.12에서 보는 바와 같이 발효단계에서 호기성 세균과 방선균 수의 증가를 가져왔다. 퇴비화의 끝으로 가면 미생물 수가 안정화되면서 더 이상의 분해는 일어나지 않는다. 퇴비화는 강한 미생물 활성을 수반하는 매우 복잡한 과정이고, 보다 자세한 과정의 기구는 여전히 충분히 이해되어야 한다.

아. 통계 분석

5개의 퇴비 공장으로부터 3단계 중에서 수집된 미생물의 데이터 분포를 그림으로 요약하기 위해 Box plot을 그림 5.12와 같이 나타냈다. 그래프는 SPSS 13.0을 이용해 그렸다. Pearson product-moment 상관 계수를 미생물 질량과 화학 질량과의 관계([표 5.5])를 보이기 위해 산출하여 퇴비 숙성(후숙)도에 대한 가장 중요한 특성을 결정하고자 하였다. 대장균군이 OC와 OM에 대하여 $r=0.67$, $P=0.006$ 으로 정(正)의 상관관계에 있는 반면, MBC와 MBC/MBN에 대하여는 각각 $r=-0.59$, $P=0.02$ 및 $r=-0.53$, $P=0.04$ 로 부(否)의 상관관계가 있음이 밝혀졌다. 대장균에서도 OC와 OM에 대하여 $r = 0.54$, $P = 0.037$ 로 정(正)의 상관관계를 보였다. 흥미롭게도 방선균에서는 Ni, Cu, Zn 및 Pb의 중금속에 대하여 각각 $r=-0.69$, -0.67 , -0.68 , -0.55 및 $P= 0.004$, 0.006 , 0.005 및 0.033 으로 강한 음(-)의 상관관계를 나타냈다. 방선균과 호기성 세균이 금속과 상호작용을 가져 변환됨을 분명히 나타냈다.





[그림 5-12] 각 특성 단계별 퇴비 시료의 여러 미생물군락의 총수와 퇴비화 각 단계별 미생물 분포를 나타내는 box plot. (A, a) 호기성 미생물 수, (B,b) 대장균 군 수, (C,c) 대장균 수, (D,d) 곰팡이 수, (E,e) 방선균 수

[표 5-5] 퇴비의 여러 미생물질량과 화학질량 사이의 Pearson product-moment 상관관계수 (r)과 확률(P) 값

Parameters	OC		OM		Nitrogen		C:N		MBC		MBN		MBC:MBN	
	r	P-Value	r	P-Value	r	P-Value	r	P-Value	r	P-Value	r	P-Value	r	P-Value
Aerobic Bacteria	-0.23	0.4066	-0.23	0.4069	-0.25	0.3627	0.02	0.9376	0.22	0.4398	0.49	0.0626	-0.06	0.8291
Coliforms	0.67**	0.0061	0.67**	0.006	-0.27	0.3224	0.39	0.1461	-0.59*	0.0205	-0.14	0.6326	-0.53*	0.0402
<i>E.coli</i>	0.54*	0.0368	0.54*	0.0368	-0.23	0.4043	0.28	0.3094	-0.41	0.1327	-0.32	0.241	-0.3	0.2832
Actinomycetes	0.18	0.5154	0.18	0.5167	-0.5	0.0591	0.3	0.279	0.33	0.226	0.49	0.0672	-0.06	0.834
Fungi	0.15	0.5874	0.15	0.5902	0.16	0.5814	-0.11	0.6903	-0.21	0.4541	-0.48	0.0679	0.06	0.8463

5. 결론

미생물의 존재비 및 관련된 화학적 조성이 퇴비화 단계 중 크게 변화하였다.

1) 퇴비물질의 성분과 퇴비화 전략의 차이가 있음에도 불구하고, 대장균군과 살모넬라 수는 초기단계에서부터 숙성(후숙)단계까지 크게 감소했고 따라서 이 특성이 퇴비화 숙성(후숙)도를 평가하는 데 사용될 수 있다. 총 호기성 세균수, 곰팡이 및 방선균수로는 퇴비 숙성(후숙)도를 나타내는 데 도움이 되지 못하지만 각 특성단계에서 이들 중의 다양성이 숙성(후숙)도를 지지할 수 있었다.

2) 퇴비화 기질로서 MBC와 MBN 개념의 결과 또한 가치가 있는데, 그 이유는

이들 요소가 퇴비화의 특성단계에 유용한 정보를 가져다주고 또 그 비는 퇴비 숙성(후숙)도의 지표로 간주될 수 있기 때문이다.

3) C/N 비의 변화는 초기부터 숙성(후숙)단계까지 감소하는데 이 또한 퇴비 숙성(후숙)도에 대한 지표로서 사용될 수 있다.

4) 중금속 분석은 몇몇 비슷한 점이 있지만 시료마다 다르다. 중금속행동 양식은 조금 중첩되는 것이 보일 수도 있지만 3개의 그룹으로 분류된다. 첫째 그룹은 크롬(Cr)을 함유하는데 크롬은 퇴비 공정이 진행되면서 감소하다가 증가하였다. 둘째 그룹은 Ni과 Zn를 함유하는데 이는 과정 중 증가 추세를 보였다. 셋째 그룹은 Cu와 Pb를 포함하는데 이는 경향을 보이지 않았다. 이들 여러 행동 양식은 퇴비원에 종속적일 수 있다. 방선균(Ni, Cu, Zn 및 Pb) 및 호기성 세균(Zn)은 금속과 상호작용을 하여 퇴비화 중에 변환되었다. 이들 미생물들은 중금속으로 오염된 토양에서 사용될 수 있다. 퇴비의 숙성(후숙)도를 보다 잘 이해하기 위해서는 더 많은 생리화학적 및 미생물학적 데이터를 이들의 특성 단계에서 얻어내야 한다.

6. 참고문헌

- Allison, L. E. 1965. Organic carbon. In: Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties (ed) C. A. Black, D. Evans, J. L. White, L. E. Ensiminger, F. E. Clark, and R. C. Dinauer. p. 367-378. Madison, WI: Soil Science Society of America.
- Atkinson, C. F., D.D. Jones, and J. J. Gauthier. 1996. Biodegradability and microbial activities during composting of poultry litter. *Poult. Sci.*, 75:608-617.
- Ayed, L. B., A. Hassen, N. Jedidi, N. Saidi, O. Bouzaiane, F. Murano. 2007. Microbial C and N dynamics during composting process of urban solid waste. *Waste Manage. Res.*, 25:24-29.
- Beffa, T., M. Blanc, L. Marilley, J. L. Fischer, P. F. Lyon, and M. Aragno. 1996. Taxonomic and metabolic microbial diversity during composting. In *The Science of Composting*. Part I, (eds). De Bertoldi, M., P. Sequi, B. Lemmes, and T. Papi. p. 141-161. London, Chapman & Hall.

- Borken, W., A. Muhs, and F. Reese. 2002. Changes in microbial and soil properties following compost treatment of degraded temperate forest soils. *Soil Biol. Biochem.*, 34:403–412.
- Bremner, J. M. 1996. Nitrogen—total. In: *Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods* (ed) C. A. Black, D. Evans, J. L. White, L. E. Ensiminger, F. E. Clark, and R. C. Dinauer. p. 1085–1121. WI: Soil Science Society of America.
- Brooks, P. C., A. Landman, G. Pruden, and D. S. Jenkinson. 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid extraction method to measure microbial biomass nitrogen. *Soil Biology and Biochemistry.*, 17:837–842.
- Butler, T. A., L. J. Sikora, P. M. Steinhilber, and L.W. Douglass. 2001. Compost age and sample storage effects on maturity indicators of biosolids compost. *J. Environ. Qual.*, 30:2141–2148.
- Chen, Y., Y. Inbar, B. Chefetz, and Y. Hadar. 1997. Composting and recycling organic waste. In: D. Rose, E. Tel-Or, Y. Hadar, and Y. Chen (ed) *Modern Agriculture and the Environment*, p. 341–362. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Day, M., M. Krzymien, K. Shaw, L. Zaremba, W. K. Wilson, C. Botnen, and B. Thomas. 1998. Investigation of chemical and physical changes occurring during commercial composting. *Compost Sci. and Util.*, 6:44–46.
- DeBertoldi, M., G. Vallini, and A.M. Pera. 1983. The biology of composting: A review. *Waste Manage. Res.*, 1:157–176.
- Epstein, E. 1997. Basic concepts. In: *The Science of Composting*, p. 3639. Technomic Publishing Company, Lancaster, Pennsylvania.
- Flynn, R. P., and C. W. Wood. 1996. Temperature and chemical changes during composting of broiler litter. *Compost Sci. and Util.*, 3:62–70.
- Garcia, C., T. Hernandez, and F. Costa. 1991. Study on water extract of sewage sludge composts. *Soil Sci. and Plant Nutr.*, 37:399–408.
- Garcia, C., T. Hernandez, F. Costa, B. Ceccanti, and C. Ciardi. 1992. Changes in ATP content, enzyme activity and inorganic nitrogen species during

- composting of organic wastes. *Canadian J. of Soil Science.*, 72:243–253.
- Golueke, C. G. 1992. Bacteriology of composting. *Biocycle.*, 33:55–57.
- Greenway, G. M., and Q. J. Song. 2002. Heavy metal speciation in the composting process. *J. Environ. Monit.*, 4:300–305.
- Harada, Y., and A. Inoko. 1980. The measurement of cation–exchange capacity of composts for the estimation of degree of maturity. *Soil Sci and Plant Nutr.*, 26:123–134.
- Hellmann, B., L. Zelles, A. Palojarvi, and B. Quingyun. 1997. Emission of climate–relevant trace gases and succession of microbial communities during open–window composting. *Appl. and Environ. Microbiol.*, 63:1011–1018.
- Horwath, W. R., and L. F. Elliot. 1996. Microbial C and N dynamics mesophilic and thermophilic incubations of ryegrass. *Biol. and Fertility of Soils.*, 22:1–9.
- Hu, S., N. J. Grunwald, A. H. C. Van Bruggen, G. R. Gamble, L. E. Drinkwater, C. Shennan, and M. H. Demment. 1997. Short term effects of cover crop incorporation on soil carbon pools and nitrogen availability. *Soil Science Society of America Journal.*, 61: 901–911.
- Hue, N. V., and J. Liu. 1995. Predicting compost maturity. *Compost Sci. and Util.*, 3:8–15.
- Insam, H., K. Amor, M. Renner, and Crepaz. 1996. Changes in functional abilities of the microbial community during composting of manure. *Microbial Ecology.*, 31:77–87.
- Jedidi, N., A. Hassen, O. Van Cleemput, and A. M'hiri. 2004. Microbial biomass in soil amended with different types of organic wastes. *Waste Manage. and Res.*, 22:1–7.
- Jenkinson, D. S., and D. S. Powlson. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil I. Fumigation with chloroform. *Soil Biol. and Biochem.*, 8:167–177.
- Joergensen, R. G., and P. C. Brooks. 1990. Ninhydrin–reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0.5 M K₂SO₄ soil extracts. *Soil*

- Biol. and Biochem.*, 22:1023–1027.
- Klamer, M., and E. Baath. 1998. Microbial community dynamics during composting of straw material studied using phospholipids fatty acid analysis. *FEMS Microbiol. and Ecology*, 27:9–20.
- Leton, T. G., and E. I. Stentiford. 1990. Control of aeration in static pile composting. *Waste Manage. Resource.*, 8:299–306.
- Liang, C., K. C. Das, and R. W. McClendon. 2003. The influence of temperature and moisture content regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blends. *Bioresource Technol.*, 86:131–137.
- Mathur, S. P., H. Dinel, G. Owen, M. Schnitzer, and J. Dugan. 1993. Determination of compost biomaturity. 2. Optical density of water extracts of composts as a reflection of their maturity. *Biol. Agric. Hortic.*, 10:87–108.
- McGrath, S. P., and C. H. Cuncliffe. 1985. A simplified method for the extraction of the metals Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Cr, Co, and Mn from soils and sewage sludges. *J. Sci Food Agric.*, 36:794–798.
- Miller, F. C. 1991. Composting as a process based on the control of ecologically selective factors. In: F. Z. Metting, Jr. (ed). *Soil Microbial Ecology. Applications in Agriculture and Management*, p. 515–544. Dekker, New York.
- Ministry of Agriculture and Fishery (MFA). 2002. Official fertilizer standards. Korea.
- Mustin, M. 1987. Le compost: gestion de la matière organique. Editions François Dubusc. P. 953. Paris.
- Nelson, D. W., and L. E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods* (ed). C. A. Black, D. Evans, J. L. White, L. E. Ensiminger, F. E. Clark, and R. C. Dinauer. p. 961–1011. WI: Soil Science Society of America.
- Ouedraogo, E., A. Mando, and N. P. Zombre. 2001. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agric. Ecosyst Environ.*, 84:259–266.

- Paul, E. A., and F. E. Clark. 1996. The commercialization of soil organisms. In: F. E. Clark, and E. A. Paul. (ed). *Soil Microbiology and Biochemistry*, p. 265–287. Academic Press, San Diego, CA.
- Priest, P. 1984. Extracellular Enzymes. Washington D.C.: American Society for Microbiology.
- Richard, T. L., H. V. M. Hamelers, A. Veeken, and T. Silva. 2002. Moisture relationships in composting processes. *Compost Sci. and Util.*, 10:286–302.
- Rynk, R., M. Van de Kamp, G. B. Willson, M. E. Singley, T. L. Richard, J. L. Kolega, F. R. Gouin, L. Laliberty. 1992. On Farm Composting Handbook. New York, Cornell University.
- Salinas–Garcia, J. R., F. M. Hons, and J. E. Matocha. 1997. Long term effect of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Science Society of America Journal.*, 61:152–159.
- Serra–Wittling, C., E. Barriuso, and S. Houot. 1996. Impact of composting type on composts organic matter characteristics. In: The Science of Composting. (ed) M. De Bertoldi, P. Sequi, P. Lemmes, and T Papi. p. 262–273. London, Chapman and Hall.
- Strom, P. 1985. Effect of temperature on bacterial species diversity in thermophilic solid–waste composting. *Appl. Environ. Microbiol.*, 50:899–905.
- Tate, R. L. III 1995. Soil enzymes as indicators of ecosystem status. In: Soil Microbiology (ed). R. L. III. Tate. p. 123–146. New York, Wiley.
- Tiquia, S. M. 2003. Evaluation of organic matter and nutrient composition of partially decomposed and composted spent pig litter. *Environ. Technol.*, 24:97–107.
- Tiquia, S. M. 2005. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. *J. Appl. Microbiol.*, 99:816–828.
- Tiquia, S. M., J. H. C. Wan, and N. F. Y. Tam. 2002. Microbial population dynamics and enzyme activities during composting. *Compost Sci. and Util.*, 10:150–161.
- Tiquia, S. M., N. F. Y. Tam, and I. J. Hodgkiss. 1996. Microbial activities during composting of spent pig–manure sawdust litter at different moisture

- contents. *Bioresour. Technol.*, 55:201–206.
- Tiquia, S. M., N. F. Y. Tam, and I. J. Hodgkiss. 1998. Changes in chemical properties during composting of spent pig litter at different moisture contents. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 67:79–89.
- Tiquia, S. M., T. L. Richard, and M. S. Honeyman. 2001. Effect of windrow turning and seasonal temperatures on composting of hog manure from hoop structures. *Environ. Technol.*, 21:1037–1046.
- Tiquia, S.M., and F. C. Michel. 2002. Bacterial diversity in livestock manure composts as characterized by terminal restriction fragment length polymorphisms (T–RLPF) of PCR–amplified 16s rRNA gene sequences. *In Microbiology of Composting*. (eds). Insam, H., S. Klammer, and N. Riddech. p. 6582. Heidelberg: Springer–Verlag.
- Vance, E. D., P. C. Brookes, and D. S. Jenkinson. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. and Biochem.*, 19:703–707.
- Zucconi, F., M. Forte, A. Monaco, and M. De Bertoldi. 1981. Biological evaluation of compost maturity. *BioCycle.*, 22:27–29.

제 2 절 토양 시용후 토양 효소활성 시험을 통한 돈분뇨 액비품질의 평가

1. 요약

돈분뇨 또는 호기성 처리 돈분뇨 형태의 돈분뇨 액·퇴비에 대한 품질 평가를 시금치 재배 토양의 효소 및 미생물 성질을 시험함으로써 시도하였다. 돈분뇨 액비와 화학비료 시용 하에 여러 토양 효소를 비교하였다. 돈분뇨가 호기성 처리 돈분뇨에 비해 더 좋은 토양 생화학적 및 효소적 활성을 유지할 수 있다는 것을 밝혔다. 처리 돈분뇨는 화학비료 권장량 시용보다 나음이 입증되었다. 모든 시비는 시비하지 않은 대조구에 비해 더 좋은 결과를 보였다. 효소활성에 대해서는, 돈분뇨가 처리 돈분뇨에 비해 더 좋은 품질을 유지하였으며 보다 나은 해석을 위해서는 추후 더 많은 현장실험이 요구된다.

2. 개요

양돈체계의 집중화로 효율이 증대되었고, 양돈농가에게 전반적인 경제소득이 개선되었다. 이와 더불어, 농민들은 또한 분뇨형태의 막대한 양의 돼지 배설물을 어떻게 처분할 것인지에 대한 심각한 고민에 직면하게 되었다. 우리나라 양돈폐수의 처리에 대해 흔히 실시되는 경제적인 방법은 농경지 시용(施用)이었다 (Dong, 2000). 돈분뇨는 식물이 이들의 최적 성장을 위해 필요로 하는 2차 미량 영양성분과 함께 질소, 인, 칼륨의 훌륭한 비료원이다. 더욱이 돈분뇨의 재활용은 토양 유기물을 증대시키고 이들 폐기물 처분과 관련된 환경 및 경제 문제를 해결하는 데 도움이 된다.

돈분뇨를 토양에 직접 시용하게 되면, 토양 미생물적 및 생화학적 활성에 변화를 일으킬 수 있어 이는 전반적인 검토가 필요하다 (Bandick and Dick, 1999). 토양의 화학적 특성에 기초한 분석방법이 항상 전반적인 토양 기능을 예측하는 것은 아니므로, 바이오매스를 토양에 시용함에 따른 작물에 미치는 영향을 평가하는 생물 반응지표로서 사용될 수 있다. 토양 효소활성은 토양의 영양순환에 수반되는 생화학적 과정에 대한 빠르고도 민감한 지표이며, (Badiane et al., 2001; Dick, 1994; Mandal, 2005). 토양의 생물학적 비옥도의 지표로서 여러 효소활성도

가 사용되었다(Dick and Tabatabai, 1992).

물리적, 화학적 및 생물학적 요소를 포함한 돈분뇨 액비의 품질을 판단하기 위해 수많은 시도가 이루어졌다. 그러나 토양의 생물학적 및 효소적 성질이 퇴비의 품질과 어떠한 상관관계를 가질 수 있는지에 대한, 이러한 성질이 토양 품질의 중심테마로 입증될 토양의 미생물적 및 생화학적 과정에 미치는 그럴싸한 효과에 관한 정보는 빈약하다.

장차 일어날 유기물 기질의 무기화를 위해 특정 효소의 합성과 활성화 모두가 필요하다. 이들 후반 과정이 효소 합성 및 분비 기구에 직접적으로 관련되어 있는 수많은 요인의 존재와 결부될 수도 있다(Martens et al., 1992). 주요 토양 영양소 변환과정(C, N, P 및 S)을 대표하는 효소들이 본 연구에 선정되었다. 아울러, 토양의 산화 대사의 지표로 여겨져, 이로써 미생물적 활성을 갖는 것으로 간주되는 탈수소화 효소(Skujins, 1973)를 또한 추적하였다. 이 효소는 오로지 세포 내 효소이므로, 토양에서 생육가능한 미생물 세포에만 결부된다.

자연계에 널리 분포되어 있는 글루코시다제의 가수분해 산물은 저분자 당으로 토양 미생물의 중요한 에너지원 역할을 한다. -D-glucopyranoside의 가수분해에 촉매작용을 하여 셀룰로스의 당화에 관여하는 3개 이상의 효소 중 하나이다(Bandick and Dick, 1999; Turner et al., 2002). 우레아제는 펩티드 결합이 아닌 요소 중 탄소-질소(CN) 결합에 작용하여(Bremner and Mulvaney, 1978; Karaca et al., 2002) 요소의 가수분해에 촉매작용을 한다. 이산화탄소 및 암모니아가 이렇게 만들어져 미생물과 식물에 의해 흡수된다. 토양 질소 순환에 관여하는 또 하나의 효소인 질산염 환원효소는 질산염을 아질산염으로 환원시키는데 이 아질산염은 다시 환원되어 기체 상태로 대기에 방출되는 질소 손실의 장본인이다(Stouthamer, 1976; Reddy and Chhonkar, 1990). 포스파타제는 유기 인 화합물을 가수분해하여 식물이 흡수할 수 있는 여러 형태의 무기 인으로 변환하기 때문에 작농에서 큰 가치를 갖는 효소이다(Amador et al., 1997; Kzlkaya and Bayrakl, 2005; Saha et al., 2007). 토양 인화물 기질의 양적 및 질적 변화를 나타내는 것과는 별도로 포스파타제의 활성의 변화는 또한 토양의 생물학적 상태에 대한 양호한 지표이다(Pascual et al., 2002). Arylsulphatase는 산소-황(OS) 결합의 분리에 의해 arylsulphate esters의 가수분해에 관여하는 효소이다(Kzlkaya and Bayrakl, 2005). 이 효소는 토양의 에스테르 황산염을 무기화하는 데 관여하는 것으로 생각된다(Ganeshamurthy and Nielsen, 1990;

Tabatabai, 1994). 또 이 효소는 arylsulphatase의 기질이 되는 에스테르 황산염을 함유하는 유일한 곰팡이(세균이 아닌)으로서의 곰팡이의 지표가 될 수 있다 (Bandick and Dick, 1999).

따라서, 본 연구에서는 돈분뇨 자체 또는 호기성 처리 돈분뇨 형태의 돈분뇨 액비에 대한 품질 평가를 시금치 재배 토양의 효소 및 미생물 성질을 시험함으로써 수행하였다. 또한 돈분뇨 액비와 화학비료 시비 하에 이들 특성을 비교하였다.

3. 재료 및 방법

3.1 실험방법

3.1.1 실험구

이 실험은 수원에 있는 서울대학교 실험온실 안에서 2007년 2월 ~ 5월초까지 수행되었다. 겨울철에는 춥고, 건조하였다. 온실 내에서의 평균 기온은 연구기간 동안 $-5^{\circ} \sim 25^{\circ}\text{C}$, 평균 상대습도는 15 ~ 85 % 범위이었다.

3.1.2 실험토양 특성

화분 재배 실험이 서울대 실험목장에서 채취한 표토 (0 ~ 10cm)를 사용해 수행되었다. 토양 수집 현장은 이전에 여름 야채를 수확했고 이후 가을과 겨울에는 휴경한 채로 있었다. 토양은 조직상 사질(砂質) 점토성 옥토이고 반응상 다소 산성이며 중간 정도의 양이온 교환능을 가졌다.

3.2 실험설계

실험은 4가지 처리, 즉 돈분뇨, 호기성 처리 돈분뇨, 화학비료 및 어떠한 영양보충도 하지 않은 대조구로 수행되었다. 모든 영양소는 돈분뇨 또는 화학비료 형태로 시금치용 표준 권장사항에 따라 시용되었다. 각 시비에 대하여 3회의 반복실험이 행해졌다. 시금치를 시험작물로 택하였다. 작물은 플라스틱 화분(직경 15cm, 높이 15cm)에 3kg의 흙을 사용해 재배되었다. 관개, 기타 모든 작농행위 및 지침은 이 지방의 이 작물 재배에 대한 권장 지침을 따랐다. 1화분 당 3개 시금치작물을 잡초 없는 조건으로 재배하도록 하였다.

3.3 토양 채취

과괴성 토양 시료를 작물 재배의 서로 다른 3개의 단계, 즉 과종 후 30일, 60일 및 90일에서 취하였다. 뿌리 부분층 토양을 대표하기 위해 뿌리에 달라붙은 흙만을 시료로 채취하였다. 약 150 내지 200g의 흙을 각 화분으로부터 채취하였다(각 시료채취 시마다 4개의 시비 x 3 반복). 시료는 비닐봉지에 담아 실험실로 가져가 거기서 현장의 습기가 있는 흙을 가볍게 채로 쳐서(2mm mesh size) 돌이나 부스러기를 분리하고, 균질화하여 4°C에 보관하였다. 토양 시료는 10-15일 이내에 분석하였다. 중량측정법에 의한 수분함량은 즉시 측정하였다.

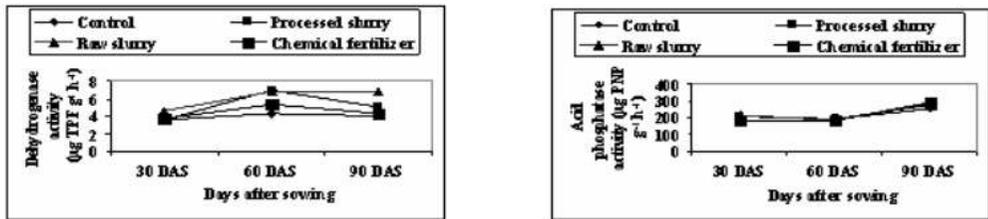
3.4 Soil analysis

주요 토양 영양소 변환과정(C, N, P 및 S)의 대표적 효소를 본 연구에서는 선정하였다. 토양에서의 탈수소화 효소 활성은 tri-phenyl tetrazolium chloride (TTC)으로부터 tri-phenyl formazon (TPF)의 생성속도를 Klein et al. 방법(1971)을 사용하여 추적함으로써 측정하였다. 산 및 염기성 포스파타제 효소의 활성은 Tabatabai and Bremner(1969)의 p-nitrophenol (PNP) 방법을 사용하여 측정하였다. 토양 시료의 질산염 환원효소의 활성은 Roberg 방법(1978)을 Reddy와 Chhonkar가 일부 수정한 방법(1990)을 사용해 산정하였다. Aryl sulphatase 효소의 활성은 기질로 p-nitrophenyl sulphate를 사용해 토양 배양하는 동안 생성된 p-nitrophenol의 양을 산정함으로써(Tabatabai and Bremner, 1970a) 측정하였다. 토양의 urease 활성은 시료를 표준 요소 용액과 함께 배양하고 추후 생성된 암모늄 이온을 마이크로-Kjeldahl 분석법으로 산정하였다(Tabatabai and Bremner, 1972).

토양의 총 세균 및 곰팡이 수는 순차적 희석 평판 기법으로 측정하였다(Wollum, 1982).

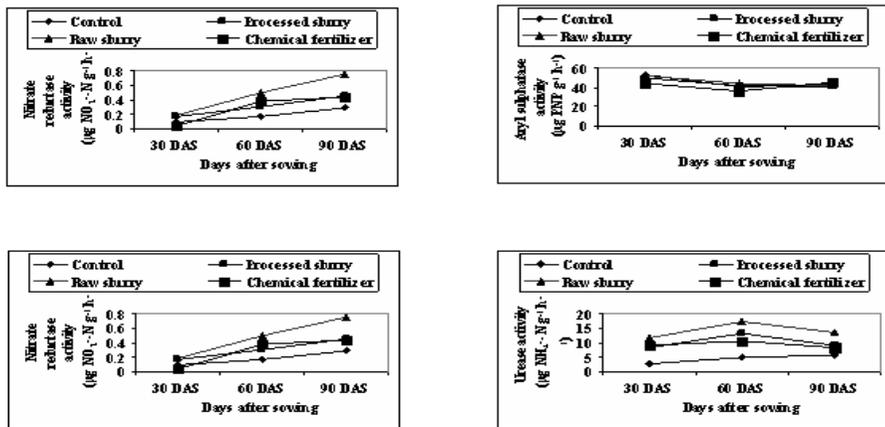
4. 결과 및 분석

여러 다량 영양소의 변환과정을 대표하는 토양 효소의 활성을 시금치 재배기간 중에 관찰하였다. 3회 반복의 평균으로부터 토양 효소의 활성은 영양원으로부터 크게 영향을 받는다는 것은 확실하였다.



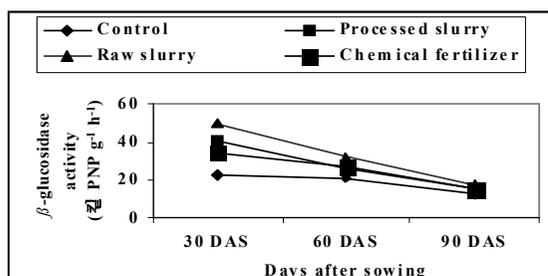
[그림 5-13] 시금치 재배 토양에서의 탈수소화 효소 및 포스파타제 효소의 활성화에 대한 영양원의 효과

탈수소화 효소의 활성화는 토양에서의 전반적인 미생물 활성을 나타내고 이로써 기타 생화학적 및 영양 재순환 과정을 나타낸다. 돈분뇨 사용은 대조구에서 최소를 보인 가운데 처리 돈분뇨보다 높은 탈수소화 효소 활성을 유지시켰다. 처리 돈분뇨는 화학비료 시비보다 높은 탈수소화 효소 활성을 보였으나 돈분뇨와 같지는 않았다. 따라서 돈분뇨 사용은 시금치 재배 기간 동안 토양에서 보다 나은 미생물 활성을 유지시킬 수 있었다. 산성 포스파타제 활성화의 경우, 돈분뇨가 다른 시비보다 약간 높은 값을 보였으나 각 시비 간에 큰 차이를 보이지는 않았다. 반응상 토양이 약한 산성 내지 중성이었으므로, 토양의 인 변환에 참여하는 산성 및 혐기성 포스파타제 활성화치가 거의 유사한 것으로 나타났다.



[그림 5-14] 시금치 재배 토양에서의 혐기성 포스파타제, aryl sulphatase, 질산염 환원효소 및 요소화 효소의 활성화에 대한 영양원의 효과

염기성 포스파타제와 aryl sulphatase 활성의 경우, 시비 간의 차이는 크지 않았다. 둘 모두에서 돈분뇨가 처리 돈분뇨와 화학비료보다 높은 효소활성을 유지했고 대조구는 최저였다. 식물에 있어서 네 번째로 중요하다고 하는 황의 생화학적 변환은 주로 aryl sulphatase라고 하는 효소에 의해 수행된다.



[그림 5-15] 시금치 재배 토양에서의 -글루코시다제의 활성(g PNP/g/hr)에 대한 영양원의 효과

자연계에 널리 분포되어 있는 글루코시다제의 가수분해 산물은 토양 미생물의 중요한 에너지원으로 사용되는 저분자량의 당이다. -글루코시다제는 -D-glucopyranoside의 가수분해에 촉매작용을 하고 또 셀룰로스의 당화에 관여하는 셋 또는 그 이상의 효소 중 하나이다. 그래서 이 효소는 토양 탄소 무기화 관점에서 매우 중요하다.

본 연구에서는, -글루코시다제 활성이 돈분뇨 시비의 경우 보다 높게 유지되었고 처리 돈분뇨와 화학비료가 뒤를 따랐다. 대조구 시비는 조사 대상의 탄소활성과 마찬가지로 최저 글루코시다제 활성을 유지할 수 있었다. 이 효소는 긴 사슬 유기물을 분해하는 데 도움을 주고 이로써 탄소를 무기화하여 결과적으로 식물이 사용 가능한 다량 및 미량 영양소를 무기화하게 된다.

액상 돈분뇨의 품질을 판단하기 위해 토양 효소 활성에 대한 영향에 기초한 제한적 연구가 있었다. 본 연구에서는 온실에서 시금치를 재배함에 있어서 돈분뇨 및 호기 처리 돈분뇨의 품질을 평가하기 위한 새로운 시도가 행해졌다. 2종의 돈분뇨 시용의 효과를 화학비료와 비료를 쓰지 않은 대조구의 경우와 비교하였다. 토양 효소 활성의 견지에서, 호기성 처리 돈분뇨는 관심 하에 있는 여러 효소 활성의 값이 낮게 유지되므로 돈분뇨의 품질이 호기성 처리 돈분뇨에 비해 우월하였다. 실제로, 유기물의 상당 부분이 비축이 된다면 토양 미생물의 주요 에너지원으로 작용할 수 있고, 재배 작물에 대한 시용 후에 관련된 생화학적 활

등을 돈분뇨의 호기성 처리 도중에 잃게 된다. 이것이 돈분뇨 시용에서보다 처리 돈분뇨 하에서 토양 효소 활성이 비교적 낮게 유지되는 이유가 될 수 있다.

5. 결론

본 연구로부터 돈분뇨가 호기성 처리 돈분뇨에 비해 더 좋은 토양 생화학적 및 효소적 활성을 유지할 수 있음은 분명하였다. 처리 돈분뇨는 화학비료 권장량 시용보다 나음이 입증되었다. 모든 시비는 시비하지 않은 대조구에 비해 더 좋은 결과를 보였다. 토양 효소활성에 대해서는, 돈분뇨가 처리 돈분뇨에 비해 더 좋은 품질을 유지하였으며 보다 나은 해석을 위해서는 추후 더 많은 현장실험이 요구된다.

6. 참고문헌

- Dong, K.L., 2000. Utilization of organic wastes for reducing the chemical fertilizers. Working Report, National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST), Korea.
- Bandick, A.K., Dick, R.P., 1999. Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biol. Biochem.* 31, 1471–1479.
- Dick, W.A., Tabatabai, M.A., 1992. Potential uses of soil enzymes. In: Meeting, F.B. (Ed.). *Soil Microbial Ecology: Applications in Agricultural and Environmental Management*. Marcel Dekker, New York, pp. 95127.
- Badiane, N.N.Y., Chotte, J.L., Pate, E., Masse, D., Rouland, C., 2001. Use of soil enzymes activities to monitor soil quality in natural and improved fallows in semi-arid tropical regions. *Appl. Soil Ecol.* 18, 229–238.
- Dick, R.P., 1994. Soil enzyme activities as indicators of soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F. and Stewart, B.A. (Eds.). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication No 35, ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 104–124.
- Mandal, A., Patra, A.K., Singh, D., Swarup, A., Mastro R.E., in press. Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages. *Bioresource Technology*. doi:10.1016/j.biortech.2006.11.027.

- Martens, D.A., Johanson, J.B., Frankenberger, Jr. W.T., 1992. Production and persistence of soil enzymes with repeated addition of organic residues. *Soil Sci.* 153, 53–61.
- Skujins, J., 1973. Dehydrogenase: an indicator of biological activities in arid soils. *Bull. Ecol. Commun. (Stockholm)* 17, 235–241.
- Bandick, A.K., Dick, R.P., 1999. Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biol. Biochem.* 31, 1471–1479.
- Turner, B.L., Hopkins, D.W., Haygarth, P.M., Ostle, N., 2002. – Glucosidase activity in pasture soils. *Appl. Soil Ecol.* 20, 157–162.
- Bremner, J.M., Mulvaney, R.L., 1978. Urease activity in soils. In: Burns, R.G. (Ed.). *Soil Enzymes*. Academic Press, New York, pp. 149–196.
- Karaca, A., Naseby, D.C., Lynch, J.M., 2002. Effect of cadmium contamination with sewage sludge and phosphate fertilizer amendments on soil enzyme activities, microbial structure and available cadmium. *Biol. Fertil. Soils* 35, 428–434.
- Stouthamer, A.H., 1976. Biochemistry and genetics of nitrate reductase activity in bacteria. *Adv. Microb. Physiol.* 14, 315–375.
- Reddy, M.S., Chhonkar, P.K., 1990. Dissimilatory nitrate reductase in soil and flood-waters as influenced by regulatory chemicals and oxygen stress. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 37, 658–662.
- Pascual, J.A., Moreno, J.L., Hernandez, T., Garca, C., 2002. Persistence of immobilised and total urease and phosphatase activities in a soil amended with organic wastes. *Bioresource Technol.* 82, 7378.
- Saha, S., Mina, B.L., Gopinath, K.A., Kundu, S., Gupta, H.S., in press. Relative changes in phosphatase activities as influenced by source and application rates of organic composts in field crops. *Bioresource Technology* doi:10.1016/j.biortech.2007.03.049.
- Kzlkaya, R., Bayraklı, B., 2005. Effects of N-enriched sewage sludge on soil enzyme activities. *Appl. Soil Ecol.* 30, 192–202.
- Ganeshamurthy, A.N., Nielsen, N.E., 1990. Arylsulphatase and the biochemical mineralization of soil organic sulphur. *Soil Biol. Biochem.* 22(8), 1163–1165.

- Tabatabai, M.A., 1994. Soil enzymes. In: Mickelson, S.H., Bighan, J.M. (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Microbiological and Biochemical Properties. Soil Science Society of America, Madison, pp. 775-826.
- Amador, J.A., Glucksman, A.M., Lyons, J.B., Gorres, J.H., 1997. Spatial distribution of soil phosphatase activity within a riparian forest. *Soil Sci.* 162, 808-825.
- Klein, D.A., Loh, T.C., Goulding, R.L., 1971. A rapid procedure to evaluate dehydrogenase activity of soils low in organic matter. *Soil Biol. Biochem.* 3, 385-387.
- Tabatabai, M.A., Bremner, J.M., 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1, 301-307.
- Roberg, M.R., 1978. Methodology of soil enzyme measurement and extraction. In: Burne, R.G. (Ed.), *Soil Enzymes*. Academic Press, pp. 350.
- Tabatabai, M.A., Bremner, J.M., 1970a. Arylsulfatase Activity of Soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, 34, 225-229.
- Tabatabai, M.A., Bremner, J.M., 1972. Assay of Urease Activities in Soils. *Soil Biol. Biochem.* 4, 479-487.
- Eivazi, E., Tabatabai, M.A., 1988. Glucosidases and galactosidases in soils. *Soil Biol. Biochem.* 20, 601-606.

제 3 절 부숙 양돈액비가 작물의 생산성에 미치는 영향에 관한 현장실증실험

1. 요약

축산분뇨는 흙을 살릴 수 있는 자원이다. 인류가 정착하여 농업을 영위하기 시작한 후 수천 년 동안 축산분뇨를 발효시켜 경종농업의 비료원으로 사용하여 작물을 재배함으로써 비료의 과부족 없이 상호 보완적인 Recycle System 시스템이 지속되어 왔다.

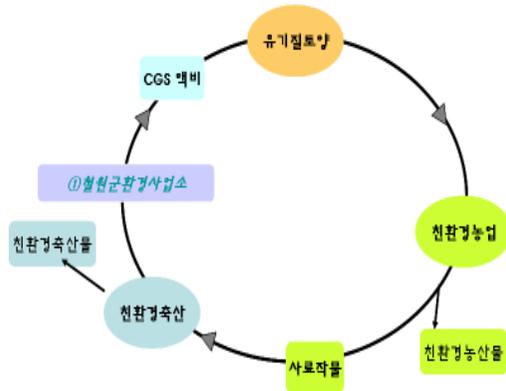
그러나 우리나라는 1960년 이후 인구급증에 따른 식량증산을 위하여 토양에 과다한 화학비료를 사용하는 탈취농업을 시행하여 왔으며, 축산물도 수요가 점증함에 따라 축산은 대규모 사육방법으로 전업화되었다. 또한 작물이 재배되는 시설 재배지에서도 화학비료와 가축분뇨 등의 비료물질을 주축으로 하는 영농방법이 20세기에 이르러 주를 이루게 되면서 토양 중 염류의 과다집적으로 인한 산성화가 급속히 진행되고 먹이 없는 토양 속에 미생물군의 밀도가 낮아지면서 생태계의 파괴로 이어지고 농약의 살포 없이는 경종농업을 지탱할 수가 없게 되어 고대로부터 이어진 경종농업과 축산농업의 상호보완적 Recycle System은 무너지고 말았다.

그러므로 [그림 5-16] 과 같이 농산물의 생산성과 토양의 건강성을 회복하기 위하여 경종-축산농업의 순환농업의 체계적 복원이 시급을 다투게 되었다.

2. 연구목적

우리나라는 가축분뇨를 액비로 이용하는 비율이 낮고 거의 퇴비로 활용하고 있다. 가축 분뇨의 퇴비화는 액비에 비해 편의성이 있으나 제조공정에 투입되는 에너지 비용이 높기 때문에 유통퇴비의 가격도 상대적으로 높은 문제점이 있다. 그러므로 축분퇴비의 효용성은 알고 있으나 높은 가격 때문에 단위면적 당 소득율이 낮은 작물에 대해서는 가축분뇨 퇴비를 이용하기 어려운 측면이 있으며, 종종 저질퇴비로 인하여 민원이 야기되기도 한다. 이와는 달리 가축분뇨의 액비화는 퇴비화가 불가능한 슬러리성상의 양돈분뇨에 적용할 경우 이상적 가축분뇨의 자원

화의 한 형태라 할 수 있다. 이에 따라 퇴비화 및 화학비료 대체재로 돈분뇨 액비를 활용하는 측면에서의 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다. 가축분뇨 액비화 효과는 축산농가의 경영비부담 경감, 경종농가의 가축분뇨 슬러리(액비)로 화학비료 대체, 가축분뇨의 자원화로 환경오염 경감 등을 들 수 있다.



[그림 5-16] 철원군 경축순환농업체계

그러므로 본 연구에서는 [그림 5-12]의 경축순환농업체계를 철원군에 구축하기 위하여 ① 철원군 환경사업소의 중간처리수인 액비(이후 ‘철원군 액비’라 부름)를 하우스 토마토 재배지에 액비로 사용하여 토양 내의 유기물, 무기염류, 중금속, 미량원소 그리고 미생물 분포의 변화를 측정하고, 토양 내 이화학적 성분과 미생물 특성변화가 하우스 재배 토마토 생육 및 상품성 (과육 등), 토양의 건강성에 미치는 영향을 구명하여, 이의 액비-토양-작물의 상관성을 규명하며, 그와 동시에 토마토가 함유하는 여러 기능성 성분들의 함량을 기존에 유통되는 토마토와 비교 후 액비 사용으로 인한 기능성 작물로의 개발 가능성을 검증하고자 한다. 실험대상 작물은 전작(田作) 대표작목으로서 토마토를 대상으로 전술한 항목의 실험을 반복한다.

또한 철원군의 겨울철 (12월~1월) 평균 최저기온은 $-8^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ 로서 우리나라의 어느 군보다도 낮아 아예 겨울경작을 시도조차 못하고 있다. 그러나 철원군 환경사업소 생산되는 액비는 한 겨울에도 약 $25^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 에 이르러, 이 액비를 이용할 경우, 겨울 평균 최저기온이 -3°C 인 이상이어야 재배가능한 추작(秋作)인 총채보리, 보리, 호밀 등의 재배가능성을 배제할 수 없다. 만약 철원군 액비로 추작재배가 가능하다면 조사료를 다량 확보하게 됨으로써 철원군의 축산지도가 달라질

수 있다. 그러므로 본 연구에서는 ③ 철원군 액비를 이용하여 추작목 중 하나를 선택하여 이의 재배가능성을 검증하고자 한다.

3. 실험 설계 및 방법

가. 현안적용 실험배경 및 실험항목

본 실험은 철원군 Y농가 시설 재배 하우스에 토마토를 이용하여 2006년 4월 ~2006. 8월까지 실험을 수행하였다. 실험 기간 중 90평 하우스 토양(실 면적 110 평)에 액비를 06년 4월 1차 액비 투입을 시작으로 4월 묘목 정식 기간 동안 3차 액비 투입까지 3차(중비료 포함)에 걸쳐 기비를 실시 하였다. 06년 4월 1일을 정식 실시일로 잡고 각 pot에 토마토 육묘 1주씩 총 630주를 심었다. 시비(施肥) 처리는 질소 20.4kg, 인산 10.3kg, 칼리 12.2kg를 기준으로 하였으며 이 중 질소의 양은 액비 내 질의 양을 조절하여 질소 전량이 포함 되도록 기비(基肥)하였으며 여기에 중비료 3000 kg/ha, 석회 120kg/ha, 붕소 1kg/ha의 비율로 실시하고 관수는 4일에 한번 0.5~0.7t 씩 수시로 관수하여 생육을 도모하였다. 추비는 06년 4월 27일에 4차 철원액비를 투입하였으며 현재 작물의 생육 상태를 살피면서 실시하도록 하였다.

서울대학교 연구팀은 원칙적으로 격주 단위로 현장을 방문하여 액비와 토양의 성상과 온도 및 습도의 변화에 대하여 분석 및 조사를 실시하였다. 실험항목은 아래 [표 5-6]과 같다.

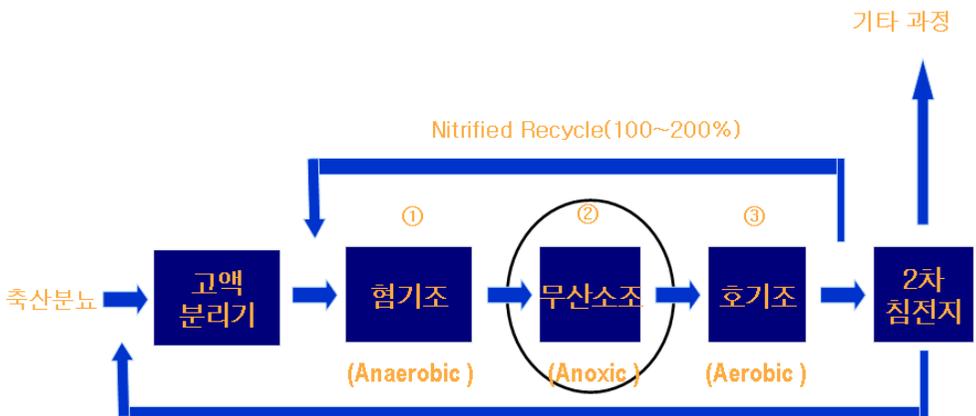
[표 5-6] 토양 분석 결과표

분석 위치	pH	EC (dS·m ⁻¹)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)					
전											
중											
후											
분석 위치	TN	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb
전											
중											
후											

[표 5-7] 액비 분석 결과표

분석 위치	BOD ₅	COD _{cr}	SS	TN	TP	NO ₃ -N (mg/kg)	NO ₂ -N (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)	As
무산소조									
분석 위치	Zn	Cd	Cu	Pb	Ni	Cl	Hg		
무산소조									

나. 실험대상 액비



[그림 5-17] 철원군 환경사업소 내 축산분뇨처리과정

시설 재배 토양에 투입되는 철원 액비는 철원군 환경사업소에 나오는 1차 처리 과정인 A₂O 중 Anoxic process를 이용하였다. 아래 [그림 5-17]에 그 공정표가 나와 있다.

여기서 무산소조(②)의 역할은 반송슬러지내의 인 방출에 저해물질인 질산성 질소를 탈질 시키고 혐기조 내의 인 방출을 촉진시켜 호기성 조건에서 미생물의 인의 과잉섭취가 가능하게 한다. 이는 탈질이라는 과정을 통해 고농도의 유기물, 질소 성분 및 양이온을 제거하여 식물의 염류 현상이 일어나지 않도록 함으로써 액비로 사용하기 알맞게 성상을 맞추도록 공정을 진행한다. 시설 내 토양과 수질 성상 및 분석 방법은 [표 5-8], [표 5-9]와 같다.

[표 5-8] '철원액비'의 물리화학적 특성 분석항목

분석 항목	분석 방법	가능한 곳	분석 여부
BOD, COD _{cr} , SS	표준분석법	환경사업소	철원군
TN, TP	UV 흡광도법	"	"
NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	Hach(DR5000)	AEBE	자체분석
Zn, Cd, Cu, Pb, Ni, Cl	Hach	"	"
As	Hach	서울대 NICEM	분석의뢰

[표 5-9] 액비살포 하우스 토마토 재배토양의 물리화학적 특성분석항목

분석 항목	분석장치/방법	분석실험실	분석 여부
pH	pH METER	AEBE	자체분석
EC	전기 전도도법	"	"
수분함량	전기 전도도법	"	"
Total Nitrogen	Kjeldahl 증류법	"	"
Ammonia태 질소	Indophenol blue method	"	"
NO ₃ -N	Brucine method	"	"
NO ₂ -N	Brucine method	"	"
Total Phosphorous	Vanadate method	"	"
Organic Matter(OM)	유기물 정량법	AEBE	자체분석
치환성	칼리	ICP 이용	서울대NICEM
	석회(발) 규산(논)	"	"
	마그네슘	"	"
중금속	Cd	ICP 이용	분석의뢰
	Cu	"	"
	Pb	"	"
	Zn	"	"
P ₂ O ₅ (유효인산)	Lancaster method	"	"
미생물 분석	희석 평판법	"	"

(※ 토양 및 수질 분석은 Standard method에 준하였음.)

다. 현장실험일정 및 분석일정

(1) 현장실증실험은 [표 5-10]에 의한 스케줄은 4월 1일 정식을 시작으로 모두 끝난 상태이다. 하지만 과실이 정상적으로 자라지 못해 이를 토양 객토를 완전히

다시하기 위하여 전반기 연구로 종료하였다.

[표 5-10] 칠원 하우스 토마토 실험계획

일시 분석항목	4월				5월				6월			
	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주	4주	1주	2주	3주	4주
온습도측정	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
액비채취		✓		✓		✓		✓		✓		✓
토양분석		✓		✓		✓		✓				
수질분석			✓			✓		✓				
시 비				✓			✓		✓			
과 중										✓		
토마토품질 비교분석										✓	✓	✓

○ 토양 분석 : 토양 내 성분의 변화에 따른 작물의 생육을 보존하기 위해서 2주에 1회씩 분석함

○ 수질 분석 : 현재 추비는 이루어 지지 않고 있지만 앞으로의 사항을 고려하여 추비가 이루어질 수도 있음. 따라서 추비시 적정 질소함량이 이루어 질 수 있도록 토양분석과 함께 2주에 1회씩 분석함

○ 온도 보정 : 온·습도계 설치 후 외부 온도의 변화에 따른 적정 온도에 영향을 끼치지 않도록 주의함

○ 과실 분석 : 현재 당도와 과중 정도만이 분석되고 있음. 따라서 아래 참고표를 통해 관능평가가 이루어져서 실질적인 토마토 품질 분석이 이루어지도록 함

4. 결과 및 고찰

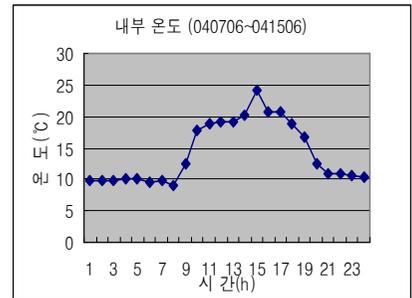
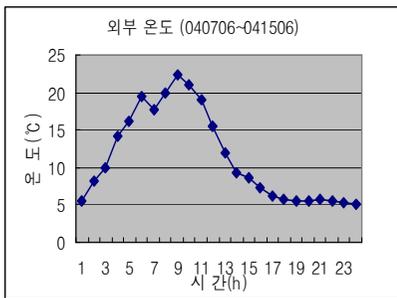
가. 4월 16일 1차 방문

1) 온도와 재배 작물의 관계

가) 온도

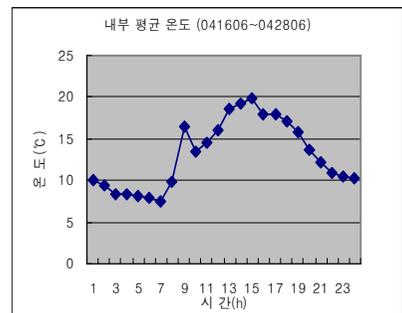
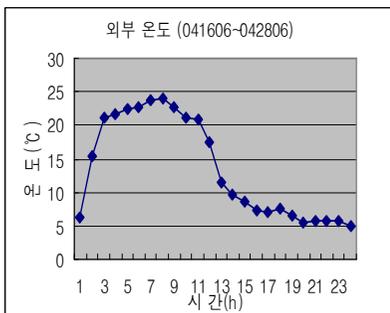
① 4월 07~15일 24:00 온도 : 토마토의 재배 조건에서 기온의 경우 낮의 온도는 25 ~ 28℃ 사이를 유지해야 하며 밤의 온도는 10 ~ 12℃ 정도로 유지하여야 말라 죽지 않거나 냉해 피해를 입지 않는다. 아래 4월 15일까지의 외부 평균 기온 최고 22℃이었으며 최저 온도가 5.7℃ 정도였다. 여기서 보면 13시에서

15시 사이의 온도는 평균 7.9℃로 낮의 적정 최고 온도를 크게 밑도는 상황이었으며 최저 유지 온도인 10℃ 보다도 낮은 온도였다. 하지만 시설 하우스 내의 온도는 크게 달랐다. 내부 온도는 평균 최고 온도가 27.6℃ 이며 최저 온도는 평균 10℃를 유지 하였다. 하지만 05시에서 08시 사이에는 평균 10℃ 안으로 떨어졌음을 알 수 있다. 이로 인해서 현재 나타나고 있는 작물의 1단에서 3단 사이의 기형과 미성숙 과실에서 나타나고 있는 무름 현상이 이때의 냉해 피해로 기인한 것으로 파악된다.



[그림 5-18] 시설 하우스 내부와 외부 온도(040706~041506)

② 4월 16~28일 24:00 온도 : 16일부터 22일 사이의 평균 온도는 최고 23.4℃에서 최저 온도 8℃로 적정 최고 온도는 비교적 만족 하였으나 최저 온도는 00시부터 06시까지 새벽 기온은 모두 10℃이하로 모두 냉해 피해를 입었을 것으로 추정한다. 이는 현장 재배자인 윤창호씨의 의견으로 4월 16일 이후 냉해 피해가 있었을 경우 작물의 4단과 5단까지 기형이 나타날 것으로 생각되며 이에 대한 파악을 위해서는 5단 성숙 시기까지 지켜보아야 할 것이다.



[그림 5-19] 시설 하우스 내부와 외부 온도(041606~042806)

나) 액비 내 성상 분석

① 06. 4. 29

측정항목	SS (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD _{cr} (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	T-P (mg/L)	T-N (mg/L)
철원액비	5000	576	4360	83	10	0.2	60	113.595	345.850

측정항목	Zn (mg/kg)	Cd	Cu	Pb	Ni	Cl	Hg
철원액비	0.09	없음	0.05	0.01	0.03	-	-

② 06. 5. 06

측정항목	SS (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD _{cr} (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	T-P (mg/L)	T-N (mg/L)
철원액비	17250	858	15560	207	0.0	0.0	67.5	267.335	758.580

측정항목	Zn	Cd	Cu	Pb	Ni	Cl	Hg
철원액비	0.07	없음	0.03	없음	0.02	-	-

③ 06. 5. 14, mg/l

측정항목	SS	BOD ₅	COD _{cr}	PO ₄ ³⁻	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₃ -N	T-P	T-N
철원액비	14500	785	21480	131	8.15	0.0	67.5	-	244.028

측정항목	Zn mg/kg	Cd	Cu	Pb	Ni	Cl	Hg
철원액비	0.08	없음	0.04	없음	0.03	-	-

④ Green 액비의 조건,

분석 위치	Zn	Cd	Cu	Pb	Ni	Cl	Hg
Green 액비	90이하	0.5이하	-	15이하	5이하	-	5이하

(참고 : 농촌진흥청 고시 제 2002-7호(2002. 1. 31)의 부칙 제 2호)

위의 날짜 별 무산소조에서 처리한 철원축산폐수공공처리장 액비를 분석한 결과 전체적으로 Green 액비로서 걱정 수치(아래 별첨 참조) 안에 들어왔다. 하지만 실질적으로 기준을 맞춘 질소량을 파악해 보면 T-N의 양은 3차 채수 평균 449.486mg/L 약 0.045% 정도가 들어있는 것으로 파악 되었다. 이를 3차 까지 투입한 액비 48. 250톤으로 계산하면 총 액비 내 T-N의 양은 약 16.68kg±a로 볼 수 있다. 이는 90평 토양 내 표준 시비량 질소 6.12kg에 약 2.7배 더 들어간 것으로 볼 수 있다. 중금속을 파악해 보면 Pb, Cl, Hg, Cd 등 인체에 해를 미치는 유해 물질은 없는 것으로 분석되었다.

다) 토양 내 성장 분석

분석 위치	pH	EC (dS·m ⁻¹)	OM (g·kg ⁻¹)	P ₂ O ₅ (mg·kg ⁻¹)	NO ₃ -N (mg·kg ⁻¹)	NH ₄ -N (mg·kg ⁻¹)	Cr (mg·kg ⁻¹)
전	6.08	1.40	38.7	356.41	319.97	43.98	43.98
중	6.16	1.33	38.7	382.08	260.45	42.80	42.80
후	6.13	1.23	2.63	289.76	297.62	26.25	26.25

분석 위치	TN(%)	CaO**	MgO	K ₂ O	Ni	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb
전	0.3462	166.15	23.86	199.80	8.28	19146.45	355.75	103.91	16.59	0.11	3.45
중	0.3176	145.77	20.96	191.42	7.31	19499.49	366.09	90.65	11.36	0.10	3.56
후	0.2397	101.94	13.59	180.46	7.76	21404.47	353.73	81.37	9.40	0.09	3.53

◦ pH는 현재 전·중·후 세 곳에서 6.08에서 6.13으로 나타났다. 이는 토마토 재배시 토양의 적정 pH는 6.0~6.5(농촌진흥청 기준)으로서 이 범주 안에 든다. 따라서 현재 양이온의 급격한 증가나 염류 현상이 일어나지 않는 것으로 볼 수 있다.

◦ EC(전기 전도도)는 1.40(dS/m)정도로 파악 되었으며, 유기물 함량(OM)은 평균 3.46% 으로 나왔는데 이를 g/kg 으로 환산 하면 34.6g/kg으로 나타났다. 적정 유기물의 적정 함량이 30.0~35.0g/kg임을 감안할 때 적정 수준임을 알 수 있다.

◦ T-N 은 0.3012% 으로 환산 하면 3012mg/L 즉, 현 토양에 3.012g/L 가 들어있다고 볼 수 있다. 위의 액비 내 T-N의 양을 미루어봐서 그동안 4일에 한번씩 들어갔던 지하수 0.5톤으로 인한 희석 및 용탈과 작물에 의한 uptake가 충분히 제대로 이루어 졌으며 앞으로의 추비는 앞으로 생육 상태를 고려하면서 하는 것이 옳바르다고 판단된다. 작물체 내의 정상 분석 결과가 나오면 실질적인 작물의 uptake 및 공기 중으로의 휘산량 정도를 파악 할 수 있을 것으로 판단된다.

◦ P₂O₅ 의 경우 토양 내 342.75mg/kg정도가 포함 되어 있는 것으로 조사되었으며 현재 적정 인산량이 400~500mg/kg 인 것으로 보아 현재 량은 적정 수준으로 으로 판단 할 수 있다. 하지만 현재 인산 결핍이 일어나지 않았어도 극소량 차이로 나타날 수 있으므로 후에 경작 전까지 인산 결핍이 나오는 상황을 보아서 적정량까지 추비를 하는 것이 바람직하다고 생각 된다.

◦ CaO 는 배꼽 썩음과가 발생하지는 않았지만 전체적으로 시설 내 후(後)에서 현저히 전(前)·중(中)에 비해 칼슘량이 떨어지는 것으로 분석 되었다. 따라서 칼슘 결핍이 나타날 수 있으므로 과실이 맺힐 때까지 지켜보았다가 배꼽 썩음과가 나타날 시 응급 조치를 바로 취해 주는 것이 옳바르다.

라) 작물의 생육 상태

① 전반적인 생육 상태



[그림 5-20] 시설 내의 전반적인 모습 [그림 5-21] 시설 내의 전반적인 모습

전반적으로 작물의 생육 상태는 매우 양호하다. 화학 비료나 농약을 쓴 상태에서는 일반적으로 작물의 10% 내에는 생육 불량으로 죽게 된다. 하지만 이들은 전혀 쓰지 않았는데도 현재 630주 중 1주도 죽지 않았다. 이는 액비 내 미생물의

영향에 의해 성상의 변화 또는 영양 성분의 적정 Control 작용으로 예상하고 있다.



[그림 5-22] 시설 내의 전반적인 모습

② 정상적인 생육 상태

[그림 5-19]는 현재 3단에 맺혀 있는 과실의 모습으로 과번무 현상도 나타나지 않고 매우 깨끗하게 자란 상태이다. [그림 5-20] 현재 작물이 3단까지 정상적으로 자란 상태이며 6월 12일까지 4~5단까지 자랄 것으로 추측하고 있다.



[그림 5-23] 정상적으로 과실이 맺힌 상태



[그림 5-24] 정상적으로 생육중인 작물의 모습

③ 비정상적인 생육 상태

[그림 5-21]을 보면 2주가 약간 시든 현상을 나타내었다. 서울대 팀에서 분석한 결과 이는 꽃마름증의 현상으로 일조가 부족한 상태가 오래 계속된다든가 비닐이 더러워져 일조가 약할 때 일어날 때 나타난다. 현재 즉 냉해 피해가 있었다는 증거이다. 따라서 산성보다 알칼리성 토양에서 발병이 적으므로 소석회 10a당

80~120kg 시용할 것을 권장하였다.

정상적인 작물은 윗단이 45° 위로 향한 모습이다. 하지만 [그림 5-22]은 윗단의 잎들이 아래쪽으로 흰 현상을 나타내었는데 이는 선단부 굴곡이며 주로 뿌리에서 흡수된 질소가 아미노산으로 되며 그 일부가 생장호르몬으로 어린잎에 증가하게 되어 잎의 위쪽이 성장하고 굴곡현상을 일으킨다. 이는 현재 질소 시비량이 일정량 더 들어갔다는 이야기로 관수(灌水)를 통해 희석시키도록 지시 하였다.

[그림 5-23]은 과실 마름증으로 처음에는 칼슘 결핍으로 인한 배꼽 썩음과로 보았는데 문헌을 참고한 결과 배꼽 썩음과는 아니었으며 과실 마름증으로 밝혀 졌다. 이는 육묘 시 냉해 피해를 입어서 생육 후 과실에 나타난 것으로 파악 된다. 이는 기형으로서 해결책은 없으며 후에 4단에서 5단까지 자란 후 과실의 상태를 관찰하여 정식 후 냉해 피해가 있었는지의 여부를 알 수 있는 하나의 척도로 파악하기로 하였다.



[그림 5-25] 약간 시든 모습



[그림 5-26] 윗단의 잎들이 아래쪽으로
흰모습



[그림 5-27] 과실에 멍이 든 것 같은 모습

(2) 작물 상태

- ① 현재 총 630주 중 3주가 죽었음 - 이는 실험을 위한 시료 채취에 의한 것
- ② 총 작물 중 80% 정도가 칼슘 부족으로 인한 배꼽 썩음과가 진행 중이었음
- 아래 붙임 사진 참고
- ③ 현재 작물은 9주까지 자란 상태임
- ④ 5단 이후로는 현재 기형과 및 배꼽썩음과가 20%이하로 나타나고 있음
- 즉, 총 작물 중 1~5단까지 육묘 기간의 냉해 피해로 인하여 기형과 발생하였으며 U/F 처리수에 의한 칼슘 보충이 이루어 졌다고 판단됨
- ⑤ 현재 작물의 염류 피해는 나오지 않은 것으로 나옴

(3) 액비시료 분석결과

① 기본 항목

단위 : mg/l

측정항목	4. 29	5. 06	5. 14	6. 15	7. 05
BOD ₅	5000	858	785	812	-
COD _{cr}	4360	15560	21480	26080	-
SS	576	17250	14500	22000	21166.67
PO ₄ ³⁻	83	207	131	746	746.5
NO ₃ ⁻ -N	10	0.0	8.15	55	172.5
NH ₄ ⁺ -N	60	67.5	67.5	50	97.5
T-N	346.850	757.580	744.028	1632.8	2235
T-P	113.595	267.335	-	347.7	452.39

② 중금속 함량 분석

단위 : mg/kg

측정항목	4. 29	5. 06	5. 14	Green액비 기준
Zn	0.09	0.07	0.08	<90
Cd	-	-	-	<0.5
Cu	0.05	0.03	0.04	-
Pb	0.01	-	-	<15
Ni	0.03	0.02	0.03	<5
Cl	-	-	-	-
Hg	-	-	-	<5

*액비기준 : 농촌진흥청 고시 제2002-7호(2002.1.31)의 부칙 제 2호

③ U/F 처리수 내 Ca, Si 의 함량

Sample	Ca(mg/l)	Si(mg/l)	<i>Salmollena</i>	<i>E.Coli</i>	배꼽원입균 (토양,물)
U/F 처리수 (06. 6. 15 채수)	53.72	2.09			

(4) 결과 및 분석

수질의 중금속 분석 결과를 살펴보면 06. 5. 14까지 무산소조에서는 그린액비 기준 안에 모두 들어온 상태이며 따라서 중금속은 크게 문제가 없다고 판단된다.

- BOD₅, COD_{cr}, SS : 3개 항목의 수치가 매우 높았다. 이는 무산소조 전 단계인 혐기조에서 혐기성 미생물에 의한 유기물 분해가 정상적으로 처리되지 않은데 그 원인이 있는 듯하다.

- PO₄³⁻와 T-P : 혐기조 내에서 미생물의 인(P) 방출 과정에 의하여 BOD₅의 제거가 정상적으로 이루어지지 않았다고 판단된다. 무산소조는 탈질(脫窒)과정 및 유기물 제거를 주로 수행한다.

- SS, COD_{cr} : 수치가 매우 높다는 것은 유기물 제거가 정상적으로 이루어지지 않았기 때문으로 판단된다.

- T-N : 탈질 과정을 하는 무산소조에서 T-N의 수치가 평균적으로 약 1600mg/L 0.16%가 나오는 것은 탈질 과정을 제대로 수행하지 못하고 있으며 호기조에서 일어난 NH₄-N을 NO₃-N로 전환하는 질산화(Nitrification) 공정과 내부반송을 통한 처리가 정상적으로 수행되지 않았다고 할 수 있다. 이로 인해 NO₃ 및 NH₄-N의 수치가 정상적임에도 불구하고 총질소(T-N)의 수치가 높아진 것으로 판단된다.

따라서 토양에 적용된 질소의 총량이었던 16.68kg±a을 훨씬 초과하는 것을 알 수 있다. 실질적으로 투입된 총질소량은 86.85kg±a로 나타났다. 이는 90평 토양 내 표준시비량 질소 6.12kg에 약 14.19배 더 들어간 것으로 볼 수 있다. 하지만 현재 질소과다 현상이 나오지 않는 것으로 보아 주기적인 관수(灌水)에 의한 지하수로 용탈되었다고 판단하는 것이 바람직하다.

(5) 토양 시료 분석 결과

① 06. 5. 14

분석 위치	pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)	Cr (mg/kg)
전	6.08	1.40	38.7	356.41	319.97	43.98	43.98
중	6.16	1.33	38.7	382.08	260.45	42.80	42.80
후	6.13	1.23	2.63	289.76	297.62	26.25	26.25

분석 위치	TN (%)	CaO*	MgO	K ₂ O	Ni	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb
전	0.3462	166.15	23.86	199.80	8.28	1914.65	355.75	103.91	16.59	0.11	3.45
중	0.3176	145.77	20.96	191.42	7.31	1949.49	366.09	90.65	11.36	0.10	3.56
후	0.2397	101.94	13.59	180.46	7.76	2104.47	353.73	81.37	9.40	0.09	3.53

② 06. 6. 15

분석 위치	pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)	Cr (mg/kg)
전	5.18	2.42	28.2	391.22	282.07	114.02	26.49
중	5.19	2.74	28.1	374.35	ERROR	96.46	25.58
후	5.50	1.52	15.5	248.29	273.09	36.52	24.78

분석 위치	TN(%)	CaO**	MgO·	K ₂ O	Ni	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb
전	0.4717	1656.52	133.76	2161.10	11.37	31279.39	513.18	274.50	20.36	0.10	1.89
중	0.4382	1656.32	139.87	2089.52	12.32	30535.11	617.78	317.82	20.80	0.11	1.40
후	0.2372	1074.32	75.90	1702.88	12.11	35748.47	574.19	338.82	12.01	0.07	2.72

* 토양 및 수질 분석은 Standard method에 준하였음

(6) 결과 고찰 : pH는 -전·중·후 세 곳에서 5.18에서 5.50으로 나타났다. 이는 토마토 재배시 토양의 적정 pH는 6.0~6.5(농촌진흥청 기준)으로서 이 범주를 벗어난 상태이며, EC(전기전도도)는 2.42(dS/m)정도로 분석되었다. 이 data를 2006. 5. 14 시료와 비교해 보았을 때 pH는 상당히 낮아졌으며 EC는 높아졌다. 이는 현재 양이온의 급격한 증가로 인해서 pH 감소 및 전도도의 상승이 나타난 것으로 이해된다.

◦ 유기물함량(OM)은 평균 2.40%으로 분석되었는 데 이를 g/kg 으로 환산하면 24.0g/kg으로 나타났다. 적정 유기물의 적정함량이 30.0~35.0g/kg임을 감안할

때 현재 작물의 uptake에 의한 유기물 흡수가 일어났다고 볼 수 있다.

◦ T-N 은 0.3823% 으로 환산하면 3823mg/L 즉, 현 토양에 3.823g/L가 들어있다고 볼 수 있다. 위의 액비 내 T-N의 양을 미루어봐서 그동안 4일에 한번씩 들어갔던 지하수 0.5ton으로 인한 희석 및 용탈과 작물에 의한 uptake가 충분히 제대로 이루어졌으며 12월 달까지 계획에서 추비는 앞으로 생육 상태를 고려하면서 하는 것이 옳바르다고 판단된다.

◦ P₂O₅ 의 경우 토양 내 337.95mg/kg정도가 포함되어 있는 것으로 조사되었으며 현재 적정 인산량이 400~500mg/kg인 것으로 보아 현재량은 적정 수준으로 판단할 수 있다.

◦ Pb, Mn, Cd, Ni, Zn, Cu, Cr, Fe 등의 미량원소 함량은 06. 5. 14 이후 한 달 사이에 상당한 집적이 있었던 것으로 판단된다. 5월 14일 이후로는 추비가 이루어진 적이 없었으며 지하수 내 중금속 함량은 없었던 것으로 보아 이는 추비가 원인으로 분석된다.

◦ CaO는 두 데이터를 비교해 보면 큰 변화가 있는 것을 알 수 있다. 5월 14일 sample에서 138mg/kg이 분석된 반면에 6월 15일 sample에서는 1,462mg/kg이 검출되었다. 배꼽썩음과가 많아 이를 해소하기 위하여 칼슘시비가 집중적으로 일어났다. 그 결과 과실의 크기가 커지고 썩음과도 감소되어 일정 칼슘보충으로 인한 효과로 이해된다.

(5) 작물의 생육 상태



[그림 5-28] 3단내 냉해 피해로 인한 기형과 - 열과, 창문과, 줄과



[그림 5-29] 3단계에서 냉해 피해로 인한
기형과 - 줄과(06. 07. 05)





[그림 5-30] 칼슘부족으로 인해 배꼽썩음과(果)가 나타난 현상(06. 07.05)



[그림 5-31] 정상적인 착과되었지만
정상에 비해 소과(小果)상태

(6) 토마토 품질 평가

① 과중(果重)

종류 \ 대상	일반 유통 토마토	액비 시용 토마토	비고
1	118.4308	65.7272	단위 : g/개
2	108.2601	70.4512	
3	114.1222	68.9911	
평균량	113.6044	68.3898	약 40% 감소

② 당도 측정(07.05)

종류 \ 대상	액비사용토마토	일반유통토마토	비고
1-1	미수확	미수확	2006. 5. 14.
2-1			2006. 6. 15.
3-1	6.2	7.3	2006. 07.05
3-2	8.3	6.7	"
3-3	7.3	6.6	"
3-4	7.0	-	"
3-5	9.0	-	"
3-6	8.8	-	"
3-7	6.9	-	"
3-8	6.7	-	"
평균당도	7.525	6.87	9.5% 증가

(7) 결과 고찰 : 품질이 좋다는 토마토를 구체적으로 표현하면 '형이 정상이고 과중은 약 180g, 완숙 수확으로 신선, 당도가 6 이상이며 과육이 붉고 점질이며 과육이 많은 것'이 된다. 또한 당도가 8 이상인 고당도 토마토에서는 50g 정도의 소과라도 상품가치가 있으며 100g 정도의 과일이라도 높은 품질평가(가격)을 받고 있다. 최근에는 과일 경도도 중요하며 보통 토마토에서 0.6~0.8kg/cm², 고당도 토마토에서는 1kg/cm² 정도의 경도가 요구된다. 완숙수확으로 당도, 산도, 비타민 C, 카로틴 등의 함량이 높고 육질이 좋은 것을 요구하고 있다.

◦ 액비시용 토마토의 경우, 당도는 평균 7.53 정도이며 높은 것은 9.0 정도가 된다. 시중의 토마토는 5.9 정도이며 거의 1.6 Brix 차이가 난다. 기본적으로 우수한 토마토는 당도가 6 이상이 되어야 한다는 기준에 만족하지만 과중을 보면 기준 토마토가 118g 정도인 것에 비해 액비 시용 토마토는 68g 정도이며 이는 가장 작은 3S 등급이라 할 수 있다. 또한 위의 외관상 품질평가 기준에 A등급에 모두 만족하므로 일단 과실 수확이 제대로 이루어진다면 상품 가치는 있을 것이라 판단된다.

- 채취한 토마토 시료의 영양성분을 분석하기 위해서 비타민 성분 (Vitamin-A,D,E,K,C)과 Lycopene의 함량 위주로 분석을 실시하여 향후 기능성 식품으로서의 가능성을 검토할 수 있다.

5. 요약

일단 시중의 비료를 포함한 화학 비료 및 농약 등은 현재 하나도 쓰이지 않은 상태에서 철원액비가 우수한 친환경비료의 역할을 하고 있는 것으로 분석되었다. 그러나 적절한 난방 조치에 이루어지지 않아 초반에 냉해 피해에 의한 기형이 발생하였고, 토양 분석에 의하면 전체적으로 후반부에 영양 물질이 다소 낮은 것으로 나타나 액비가 골고루 투입되지 않은 것으로 판단된다. 향후 작물체의 분석을 통해 질소 섭취량을 파악하고 과실이 맺힌 후에 배꼽썩음과의 발병(發病) 유무를 파악하며, 칼슘부족에 의한 폐해를 경험하였으므로 적정 시비량도 병행해야 할 것이다. 또한 정상적으로 토마토를 수확한 후 이를 시중의 토마토와 비교하여 기능성 식품으로서의 가능성 여부도 향후 수행해야 할 연구주제로 여겨진다.

제 6 장 경축순환자원화센터 설계시스템 공정 및 설계관리프로그램 사용법

제 1 절 경축순환자원화센터 설계시스템 운영논리체계

◦ 본 연구를 통해 개발된 시스템은 웹기반의 프로그램으로 경축순환자원화 센터(ReCaf)에 대한 설계 및 진단 정보를 관리하고자 하는 경우, 기본 정보를 등록하여 '회원가입'을 하고 경축순환자원화센터에 대한 대상 경종농가에 대한 ①농가정보, ② 재배정보 ③ 시비정보를 등록하면 경종농가를 위한 필요한 시비요구량과 NPK량을 환산하여 지역별, 작물별, 시기별로 자동계산하여 도출한다.

◦ 경종농가의 작물의 표준비료요구량을 기준으로 비료성분별 소요요구량을 산정한다. 월별 최대 요구량을 기준으로 또는 연간 평균 요구량을 기준으로 경축순환자원화센터의 규모를 결정할 수 있다.

◦ 계산된 요구량을 기준으로 경축순환자원화센터의 구성공정(전처리-주처리-후처리공정)을 선택하고 공정별 처리기간을 등록하면 각 공정별 시설의 규모가 자동 산정된다. 다양한 공정과 처리기간을 설정하여 유형별로 등록을 해둘 수 있으며, 유형별로 설치크기에 대한 방식을 다양하게 등록된 시설형태 (기계교반식, 퇴적송풍식), 시설기준에 따라 비용과 수량을 등록하면 전체적인 예산을 산출할 수 있다.

◦ 축산농가에 대해서는 ① 기초정보, ② 사육정보 ③ 가축분뇨 처리정보를 등록하여 예상되는 분,뇨량과 N, P, K 발생량을 추정할 수 있으며, 축산농가에서 운영하는 처리방식에 따라 자가(自家)처리 이외의 surplus 배출양도 결정할 수 있다.

◦ 경종농가의 요구량과 축산농가의 배출량 간에 물질수지를 정식(定式)하고 지역별, 월별 과부족을 표시하여 보여주며, 경종농가의 시비요구량 중에 축산분뇨를 활용한 시비의 경우, 작물을 파종하기 전에 사용하는 기비(基肥)에 주로 이용할 수 밖에 없다는 가정 하에 필요시기를 재배 직전의 기비시기를 기준으로 도출하여 계산한다.

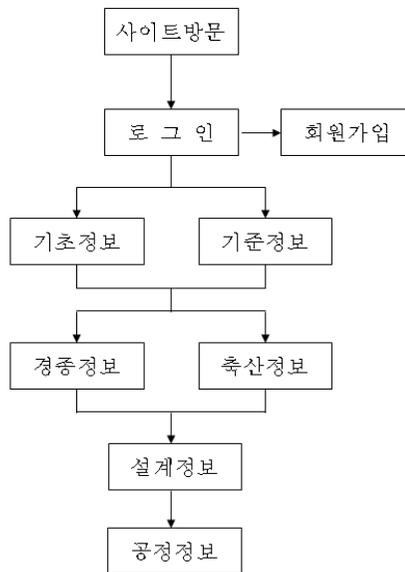
◦ 산정된 비료요구량을 기준으로 경축순환자원화센터의 처리방식을 선정하면 해당공정별의 단계별로 표시되고 표시된 공정별 처리기간(또는 운영기간)을 입력

하게 된다. 필요한 퇴비공장별 퇴비생산량과 처리기간을 연계하여 각 공정별 시설용량을 도출한다.

- 경축순환자원화센터의 공정별 용량을 산정한 후, 공정별 시설을 용량에 맞는 설계를 위한 건축, 기계 장비 등의 투입량과 단가를 입력하여 실제 경축순환자원화센터의 시설규모와 시설비에 대한 산정을 도출하여 표시하게 된다.

- 지역의 재배항목을 변경하거나 공정을 변경하고자 할 경우, 재배정보를 변경하고 다시 필요량을 도출하는 단계를 거친 후 이후 변경하고자 하는 공정, 시설비 등을 변경하여 새롭게 도출하거나 일부 변경이 없을 경우 저장된 공정방식, 단가 등을 적용하여 산정할 수 있다.

- 전술한 내용을 흐름도로 나타내면 다음과 같다.



[그림 6-1] 경축순환자원화시스템 설계관리프로그램 논리흐름도

제 2 절 경축순환자원화센터 설계관리프로그램 사용법

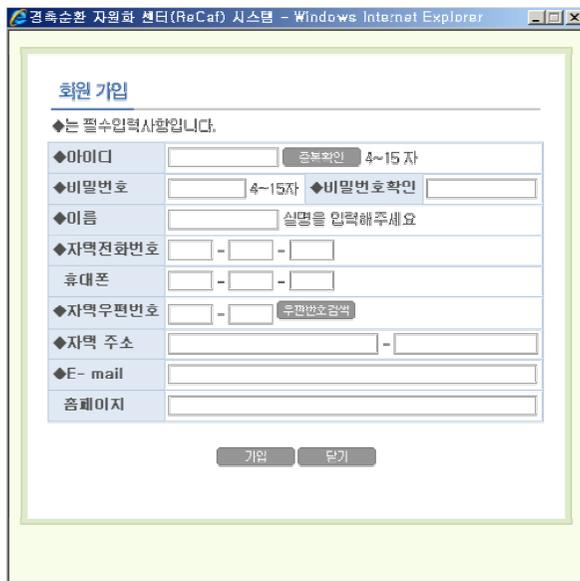
1. 메인 페이지



- ① 로그인을 한후 'Go' 버튼을 눌러 본 페이지로 이동
- ② 아이디(ID), 패스워드(PW)가 없을 경우, '신청' 버튼을 클릭하여 회원가입 등록

2.1 경종정보 - 농가정보 입력

- ① '농가정보'를 '입력', '수정', '삭제', '검색' 등 편집기능 가능
- ② '소유자', '주소'는 필수 입력사항
 - 경축순환자원화센터를 운영하고자 하는 지역경영체에서 경영체 정보를 등록하여 하나의 영역(그룹)을 만들게 되며, 그 그룹별로 소속된 농가의 기초정보를 등록하여 관리함.
 - 경종농가의 기초정보를 등록하여 농가별, 지역별, 작물별로 검색하여 자료를 조회할 수 있음.



2.2 경종정보 - 토지정보

- ① '토지정보'는 '입력', '수정', '삭제', '검색' 등의 편집기능 가능
- ② '소유자'는 농가정보 입력한 소유자중 선택
- ③ '소유자', '주소', '면적'항은 필수 입력항
- ④ 토양의 N, P, K 성분 입력값이 유효하지 않을 경우, 자동 '0'으로 처리 (default value)

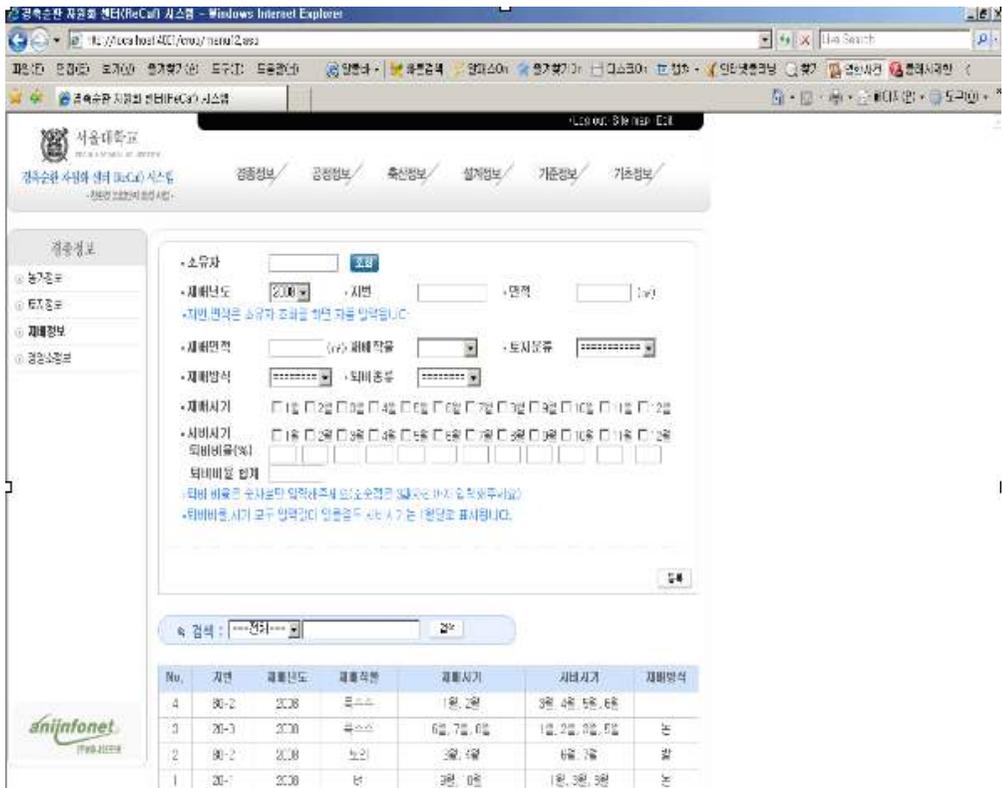
◦ 경종농가 지번별로 면적, 토양성분을 입력하여 재배작물에 따른 영양소 요구량을 산정하기 위한 기초자료로 활용한다.

◦ 농촌진흥청의 농업과학기술원(NAIST)에서 관리하는 토양정보시스템과의 연계를 검토하였으나, 개인정보 보호 및 관리의 형평성 문제로 불가능하여 관련 토양자료는 수기(手記)입력하도록 처리한다.



2.3 경종정보 - 재배정보

- ① '재배정보'를 '입력', '수정', '삭제', '검색' 등 편집기능 가능
- ② '소유자'는 토지정보 입력한 소유자중 선택
- ③ '소유자', '재배면적', '재배작물', '토지분류'는 필수 입력항목
- ④ '퇴비화 비율', '시비(施肥)시기' 값이 모두 없을 경우, '시비시기'는 자동 '1월달'로 입력(default value).



· 경종농가의 지번별로 재배하는 작목에 대한 정보를 입력하는 화면으로 지번별로 예상되는 작부(作付)계획에 따라 입력하여 관리한다.

· ‘작목별’로 ‘재배면적’, ‘재배방식’, ‘퇴비종류’, ‘퇴비시비시기’, ‘퇴비비율’ 등을 관리하여 영양소요구량에 대한 월별, 지역별, 작물별 관리가 가능하다.

2.4 경종정보 - 영양소 정보(전체)

- ① 영양소정보 전체 검색
- ② 재배정보 입력 기준으로 전체 검색
- ③ 각 재배정보 입력별로 면적당 성분별시비량, 필요량, 공급필요량을 볼 수 있다
 - 지번, 작물, 시비에 대한 정보를 기준으로 전체, 지역별, 작물별, 월별요구량 산출정보를 조회한다.



전체		지역별	작물별	월별	
소유자	매니넷				
주소	전남 담양군 대덕면 성곡리 20-1				
재배년도	2008	재배작물	벼	재배면적	1000 m ²
	토지량 (g/m ²)	필요량 (g/m ²)	공급필요량 (g/m ²)		
N	6,000	5,000,000	4,994,000		
P	3,000	3,000,000	2,997,000		
K	1,000	2,100,000	2,099,000		

2.5 경종정보 - 영양소 정보(지역별)

- ① 영양소정보 지역별 검색
- ② 재배정보 입력 기준으로 지역별 검색
- ③ 각각 지역에 재배작물, 연도별 토지량, 필요량, 공급필요량을 결정함
 - 지번, 작물, 시비에 대한 정보를 기준으로 '전체', '지역별', '작물별', '월별' 요구량 산정정보를 조회한다.



전체		지역별	작물별	월별
2008	재배지역	경기 양평군 양서면		
2000	재배작물	보리	토지구분	사질~사양질
2001		토지량(g)	필요량(g)	공급량(g)
2002	N	0.400	17,600,000	17,699,600
2003	P	0.800	28,800,000	28,799,200
2004	K	1.600	14,400,000	14,398,400
2005	재배작물	옥수수	토지구분	식양질~식질
2006		토지량(g)	필요량(g)	공급량(g)
2007	N	0.050	4,650,000	4,648,950
2008	P	0.100	1,750,000	1,748,900
2009	K	0.200	3,700,000	3,689,600

2.6 경종정보 - 영양소정보(작물별)

- ① 영양소정보 작물별 검색
- ② 재배정보 입력기준으로 '작물별 재배면적(농지량)', '소요면적(필요량)', '공급 필요량' 검색

영양소정보

- ① 농가정보
- ② 토지구분
- ③ 재배정보
- ④ 영양소정보

전체		지역별	작물별	월별	
검색	지역	보리	비	토지구분	면적(재배면적) 정보
		토지량(g)	필요량(g)	공급량(g)	
N	5,000	5,000,000	4,984,000		
P	3,000	3,000,000	2,967,000		
K	1,000	2,100,000	2,063,000		
재배작물	보리	토지구분	사질~사양질		
	토지량(g)	필요량(g)	공급량(g)		
N	3,400	17,600,000	17,593,600		
P	3,800	28,800,000	28,793,200		
K	1,600	14,400,000	14,393,400		
재배작물	옥수수	토지구분	사질~사양질		
	토지량(g)	필요량(g)	공급량(g)		
N	4,300,000	47,400,000	46,803,000		
P	1,300,000	19,000,000	18,203,000		
K	2,400,000	37,600,000	36,403,000		
재배지역	옥수수	토지구분	식양질~식질		
	토지량(g)	필요량(g)	공급량(g)		
N	0.050	4,650,000	4,643,950		
P	0.100	1,750,000	1,743,900		
K	0.200	3,700,000	3,683,600		

◦ 경종정보를 기준으로 등록된 농가와 재배작물의 정보를 종합하여 작물별로 비료필요량을 산정한다.

◦ 향후 이러한 정보를 활용하여 작물별 소요 퇴비량 및 작물별 생산퇴비의 비료성분 함량을 산정하여 입력할 경우, *ReCal*의 생산효율과 경제성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

2.7 경종정보 - 영양소정보(월별)

① 영양소정보 월별 검색

② 재배정보 입력 기준으로 월별 검색

③ 각 재배정보 입력별로 월별 N,P,K 필요량을 볼 수 있다

◦ 월별로 N, P, K 필요량을 산출하여 시기별로 퇴비생산량의 수요-공급편차 조회



		전체	지역별	작물별	월별						
소유자	홍길동										
주소	경기 양평군 양서면 대심리 80-2										
재배년도	2008	재배작물	옥수수	재배면적	500 m ²						
N 필요량(g)											
1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
0.000	0.000	789.990	1,184.985	1,579.980	394.995	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P 필요량(g)											
1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
0.000	0.000	299.980	449.970	599.960	149.990	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K 필요량(g)											
1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
0.000	0.000	629.960	944.940	1,259.920	314.980	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

2.8 공정정보 - 공정레이아웃(Layout)

- ① '작물별', '지역별' 선택하고 '확인' 버튼 클릭
- ② 각 축종별 공급% 등록
- ③ 최대값, 평균값 중 선택하여 '확인' 버튼 클릭
- ④ 각 퇴비 비율 입력
- ⑤ 공정레이아웃 선택
- ⑥ 각 레이아웃 과정별 일수, 퇴비량, 이미지 입력
- ⑦ 처리시설 내 전체 퇴비량 자동 계산
- ⑧ 저장하고 싶을 경우 '저장' 버튼 클릭

◦ 원하는 지역, 작물을 복수로 선택하여 선택조건을 대상으로 퇴비를 생산한다고 가정할 필요한 생산공정 시스템에 대한 레이아웃을 설계하도록 진행된다.

◦ 기존의 퇴비생산공장에서 적용하고 제품으로 등록하는 기준을 보면 축종별 퇴비의 사용비율을 명시하도록 되어 있고, 경축순환자원화센터에서도 일정한 품질관리를 위하여 일정 비율의 축종별 분뇨 비율을 적용하여야 할 것이다.

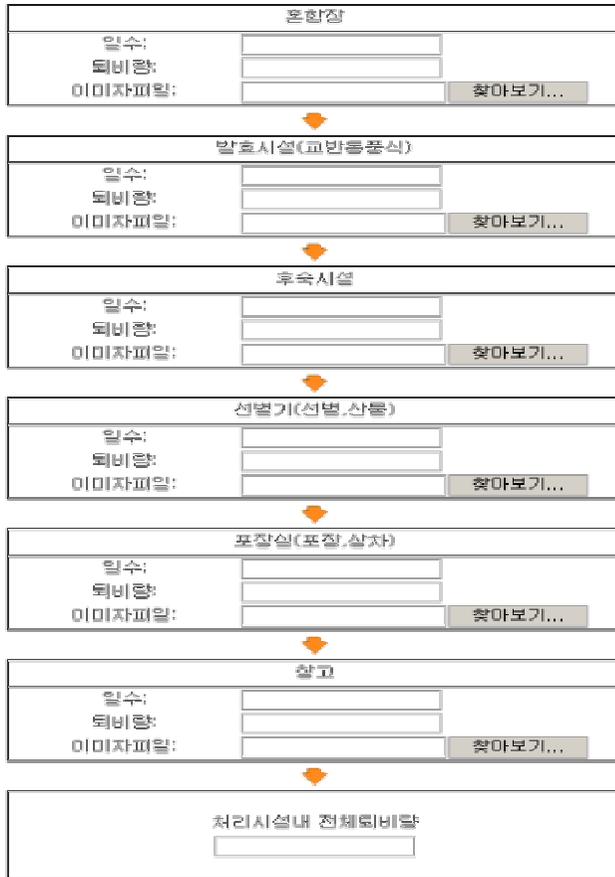
◦ 축종별 투입분뇨의 비율에 따라 영양소의 함량이 달라지므로 그에 따른 성분함량의 추정을 위하여 투입비율을 입력하여 관리한다.

◦ 축종별 분뇨의 비율 이외에 퇴비생산 제품등록상의 배합비를 입력하여 관리한다.

◦ 퇴비의 기계시설 및 생산공정 방식을 등록하여 선택할 수 있다.

2.9 공정정보 - 공정리스트

- ① '공정레이아웃'에서 저장된 내용 리스트
- ② 공정레이아웃에서 등록한 내용 보기
 - 사용자가 명칭을 부여하여 등록한 공정리스트를 볼 수 있다.
 - 공정에 따른 기간, 처리용량 등을 입력 관리한다.
 - 공정의 운영프로그램을 다양하게 변경하며 시뮬레이션을 통하여 시설의 용량과 크기를 변경하여 적용할 수 있다.
 - 공정의 다양한 조건을 부여하여 산정함으로써 경제적이고 적합한 시설의 처리용량을 산출할 수 있다.



계량



3.1 축산정보 - 농가정보

- ① ‘농가정보’ 입력, 수정, 삭제, 검색 등 편집기능
- ② ‘소유자’, ‘주소’는 필수 입력사항

◦ 경종농가의 정보만으로 요구량을 산출하여 경축순환 자원화 센터의 용량과 예산을 추정할 수 있으나, 지역내 또는 가능한 축산농가로부터 공급량과의 균형을 평가하고 산출하여 지역내의 퇴비의 수급을 조회할 수 있다.



3.2 축산정보 - 시설정보

- ① ‘시설정보’ 입력, 수정, 삭제, 검색 등의 편집기능
- ② ‘소유자’는 농가정보 입력한 소유자중 선택
- ③ ‘소유자’, ‘주소’, ‘축종’, ‘두수’, ‘축산면적’, ‘분뇨배출형태’ 필수 입력
- ④ ‘처리시설’은 추가 버튼을 클릭하면 추가로 입력할 수 있다.

◦ 축산농가의 시설현황과 축분처리현황에 대한 시설정보를 관리한다.
 ◦ 분뇨의 배출형태와 배출량을 관리함으로써 전체생산 축분량과 배출예상량을 산출하여 활용한다.



3.3 축산정보 - 분뇨정보(전체)

- ① 영양소정보 전체 검색
- ② 시설정보 입력 기준으로 전체 검색
- ③ 각 시설정보 입력별로 발생량, 처리량, 공급가능량을 볼 수 있다.

3.4 축산정보 - 분뇨정보(지역별)

- ① 분뇨정보 지역별 검색
- ② 시설정보 입력 기준으로 지역별 검색
 - 지역별 분뇨 생산량을 산출함으로서 지역내 분뇨의 이동예상량과 수급의 가능량, 지역저장기능의 공간에 대한 용량 등을 추정할 수 있다.
- ③ 각 지역별로 처리량, 발생량, 전체공급량을 볼 수 있다.

경북농업자원센터(Re-CaP) 시스템 - Windows Internet Explorer

http://localhost:8080/fees/stock/area.asp

농업자원센터(Re-CaP) 시스템

농업자원센터(Re-CaP) 시스템

경동정보 / 농장정보 / 축산정보 / 설계정보 / 기준정보 / 기록정보

축산정보

농장정보
시설정보
분뇨정보

전체 지역별 축종별 배출형태별

4 검색 : [지역] 검색

No.	농장주	주소	축종	배출량(kg/일)			배출형태
				분	노	분+노	
3	축산이	경기 안성시 대덕면 순저리 10-1	돼지	0	0	0	미처리노
2	축산이	경기 안성시 대덕면 순저리 10-1	돼지	0	0	10	미처리돼지
1	축산이	경기 안성시 대덕면 안수리 84	돼지	0	0	20	미처리돼지

전체 지역별 축종별 배출형태별

농장주	축산이				
주소	(456-831) 경기 안성시 대덕면 건저리 10-1				
축종	돼지	두수	20	축산면적	1000
분뇨처리방식	발효	처리시설	슬러리2	배출형태	미처리노

	발생량(kg/1일)	처리량(kg)	배출량(kg)
분	32,200	20,000	0,000
노	52,200	1,000	0,000
분+노		1,000	0,000

	발생량(1일/kg)	처리량(kg)	공급가능량(kg)
N	68,120	17,037	0,000
P	19,754	10,304	0,000
K	18,490	5,419	0,000

경북농업자원센터(Re-CaP) 시스템 - Windows Internet Explorer

http://localhost:8080/fees/stock/area.asp

농업자원센터(Re-CaP) 시스템

농업자원센터(Re-CaP) 시스템

경동정보 / 농장정보 / 축산정보 / 설계정보 / 기준정보 / 기록정보

축산정보

농장정보
시설정보
분뇨정보

전체 지역별 축종별 배출형태별

4 검색 : [지역] 검색

No.	지역명
1	경기 안성시 대덕면
2	경기 안성시 대덕면

전체	지역별	축종별	배출형태별
----	------------	-----	-------

축종	돼지		
	N	P	K
처리량(kg/일)	32,808	17,644	10,110
발생량(kg/일)	8,071	2,340	2,191

전체공급량 (kg/일)			
	N	P	K
	8,071	2,340	2,191

[목록](#)

3.5 축산정보 - 분뇨정보(축종별)

① 분뇨정보 축종별 검색

② 시설정보 입력 기준으로 축종별 처리량, 발생량 검색

○ 축종별 분뇨생산량의 계산을 통하여 경축순환자원화센터로 유입이 예상되는 분뇨 반입량을 알 수 있고, 가공비료제품에 따른 분뇨투입 구성비를 감안하여 조정할 수 있다.



3.6 축산정보 - 분뇨정보 (배출형태별)

- ① 분뇨정보 배출형태별 검색
- ② 시설정보 입력 기준으로 배출형태별 검색
- ③ 각 배출형태별로 처리량, 발생량, 전체공급량을 볼 수 있다.



		전체	지역별	축종별	배출형태별
축종	양계				
		N		P	K
처리량(kg/일)		17.800		5.200	7.800
발생량(kg/일)		17.800		5.200	7.800
축종	돼지				
		N		P	K
처리량(kg/일)		15.771		7.340	4.691
발생량(kg/일)		8.071		2.340	2.191
전체공급량(kg/일)		25.871		7.540	9.991

4.1 설계정보 - 공급필요량 정보

- ① 농가정보에서 재배정보 입력 기준으로 각 지역(군,시)별로 월별 계산된 공급 필요량

- 지역내의 경종농가의 월별 필요량에 따라 월평균 퇴비생산규모를 결정해야 하는데 최대량을 기준으로 하는 경우와 월평균을 기준으로 하는 경우를 감안할 수 있다.

- 퇴비최대생산량을 기준으로 생산시설을 갖출 경우, 보관시설과 기타 부대시

설의 용량은 줄일 수 있지만 공장의 생산효율이나 인력관리 문제가 발생하며, 월 평균량을 기준으로 생산시설을 갖출 경우, 퇴비생산량을 공급하기위한 보관시설 및 기타 부대시설이 발생한다.

The screenshot shows a web application interface with a search bar and three data tables. The search bar contains the following information:

- 제품명: 양파(양파근)
- rr: 경기 화성시
- rr: 양파(양파근)
- rr: 양파(양파근)
- rr: -----
- rr: -----
- 단위: t/ha

The three tables are as follows:

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연간
4.750	3.500	17.970	1.325	4.640	0.460	0.000	0.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연간
1.500	0.000	0.000	0.000	5.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연간
0.750	0.000	14.900	1.710	2.720	0.000	0.000	0.420	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

4.2 설계정보 - 공급가능량 정보

- ① 축산정보에서 처리시설에 배출량을 기준으로 지역별(군,시)별로 월별 계산된 공급 가능량
 - 지역내 등록된 축산농가의 배출정보를 기준으로 월단위 배출량과 공급가능 영양소 함량을 산출한다.

4.3 설계정보 - 공급부족량 정보

- ① 지역별 (공급가능량 - 공급필요량)
 - 지역별, 월별로 경종농가 필요량과 축산농가 공급량간의 편차를 월단위, 지역단위 표시한다.
 - 지역별, 월별 불균형과 수급동향을 파악할 수 있다.

경북소관 자원화 센터(FwCall) 시스템 - Windows Internet Explorer

주소: http://localhost:4001/plan/menu02.asp

사육대학교
경북소관 자원화 센터(FwCall) 시스템
-산정·산출·산출·산출-

공정정보 / 공정정보 / 축산정보 / 설계정보 / 기준정보 / 기호정보

공정정보

검색: [경기 관성시] or [경기 광명군] or [*****] or [*****] or [*****] 검색

< 공급 가능 양(K) >

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
802.005	763.282	802.005	775.134	802.005	776.154	802.005	802.005	776.134	802.005	776.134	802.005

< 공급 가능 양(L) >

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
263.754	213.674	263.754	253.214	263.754	226.214	263.754	263.754	236.214	263.754	226.214	263.754

< 공급 가능 양(M) >

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
309.714	263.732	309.714	263.732	309.714	266.723	309.714	309.714	236.723	309.714	236.723	309.714

경북소관 자원화 센터(FwCall) 시스템 - Windows Internet Explorer

주소: http://localhost:4001/plan/menu03.asp

사육대학교
경북소관 자원화 센터(FwCall) 시스템
-산정·산출·산출·산출-

공정정보 / 공정정보 / 축산정보 / 설계정보 / 기준정보 / 기호정보

공정정보

검색: [경기 광명군] or [경기 관성시] or [전남 진안군] or [*****] or [*****] 검색

< 공급 부족량(H) >

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
489.089	497.388	512.088	527.885	488.248	514.782	551.482	545.888	503.628	551.448	534.888	551.888

< 공급 부족량(L) >

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
3.761	113.600	146.280	153.375	133.248	139.666	168.888	156.588	155.631	158.760	156.888	161.288

< 공급 부족량(K) >

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
183.800	197.800	337.588	228.480	198.748	196.482	240.725	236.588	292.925	240.345	234.888	241.888

5.1 기준정보

• 축종별 배출량과 배출성분에 대해서는 코드화하여 기존의 지표를 기준으로 산출하되, 향후 변경시에는 관리자가 언제든지 변경, 조정하여 산정하여 적용할 수 있다.

5.2 기초정보 - 작물코드

① 작물코드 입력, 수정

• 작물분류, 작물명 등의 내용을 농촌진흥청의 시비처방서 교육자료를 기준으로 분류 등록하여 사용한다.

• 작물의 추가등록 및 삭제, 수정이 가능하여 관리자가 언제나 변경관리 할 수 있다(update 가능)

The screenshot shows the '기준정보' (Basic Information) page of the '농촌진흥청 시비처방서 관리시스템' (Fertilizer Prescription Management System). The page contains three tables, each with columns for '원유량' (Original Quantity), '고소' (High Soil), and '단기' (Short-term). The tables are: '분류명' (Classification Name), '작물명' (Crop Name), and '유관명' (Related Name). Each table has 12 columns for data entry and calculation.

5.3 기초정보 - 토양코드

① 토양코드 입력, 수정

• 토양의 분류를 코드화 하여 향후 농촌진흥청 작물과학원의 토양분석 및 시비처방서와의 연계에 대비하여 동일한 분류코드를 등록하였다.

5.4 기초정보 - 영양정보

① 영양정보 입력, 수정

• 작물별 필요한 영양소 함량을 등록 관리한다.



5.5 기초정보 - 축산코드

① 축산코드 입력, 수정

- 축종별 분뇨의 영양소함량을 등록 관리한다.



5.6 기초정보 - 처리시설

- ① 처리시설 입력, 수정 - 가축순환 자원화센터의 구성에 필요한 시설들을 등록하여 관리한다.
 - 등록된 시설은 공정관리, 견적관리 등에서 연계되어 사용된다.



5.7 기초정보 - 분노처리

- ① 분노처리 입력, 수정
 - 분노처리시설에 대한 방식을 등록 관리한다.



5.8 기초정보 - 배출형태

- ① 배출형태 입력, 수정
 - 축산농가의 분노배출기준과 방법에 대해 등록 관리한다.



5.9 기초정보 - 영양감소율

① 영양감소율 입력, 수정

- 생산처리 및 저장관리 과정중에 감소되는 영양소의 비율을 등록하여 관리한다.
- 분뇨가 처리과정 보관과정을 통해 변화되는 영양소량을 추정하여 제품화 되는 영양소 합량을 산출한다.

5.10 기초정보 - 중량감소율

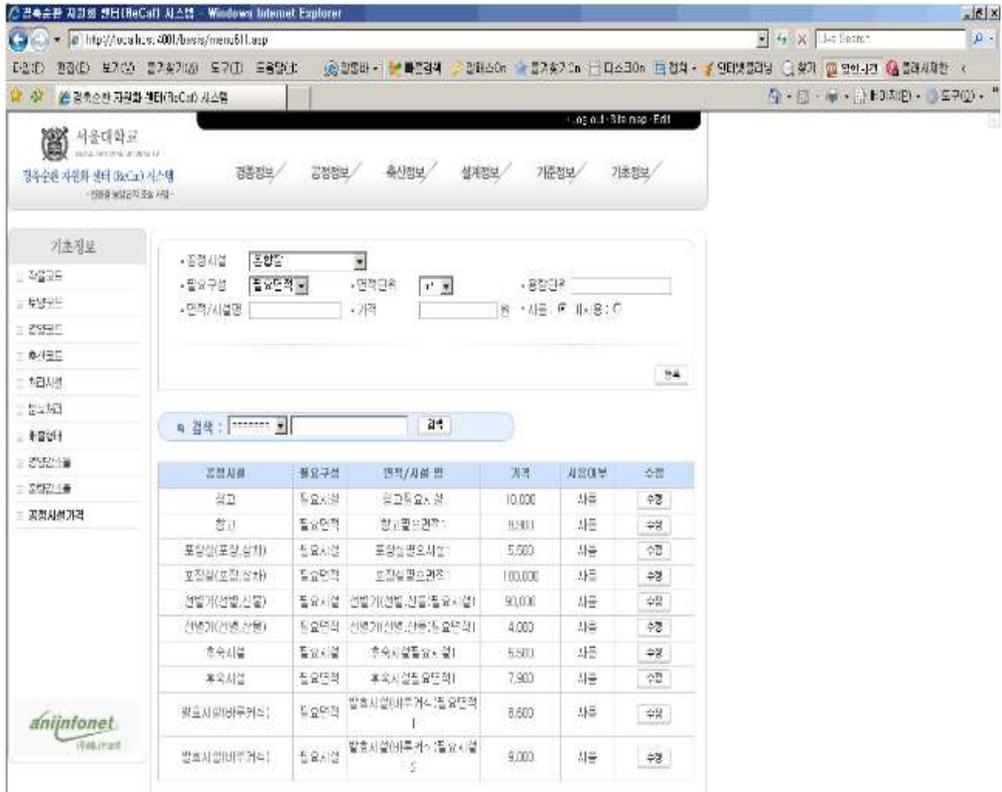
① 중량감소율 입력, 수정

- 분뇨의 처리 및 보관과정상에서 감소하는 중량을 추정하기 위한 코드값을 등록 관리한다.

5.11 기초정보 - 공정시설가격

① 공정시설가격 입력, 수정

- 경축순환 자원화센터의 처리공정별로 필요한 시설들을 등록하여 관리하며, 각각의 시설들을 코드화하여 단가 및 단위를 등록한다.
- 단가를 등록할때는 공정상의 시설단위를 동일하게 적용하여야 하므로 등록시 주의한다.

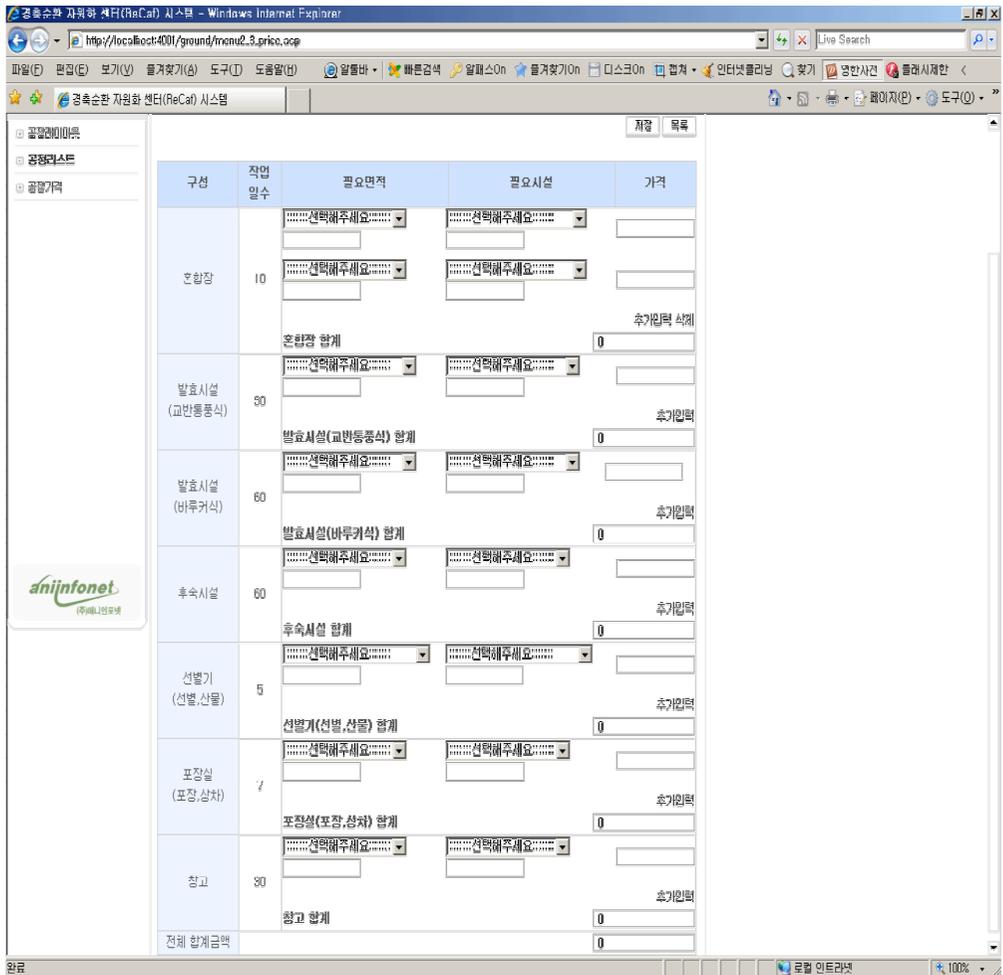


6.1 공정정보 - 공정리스트

- ① 공정리스트 페이지에 View페이지 가격입력 버튼 클릭
- ② 각 공정별 필요면적, 필요시설을 선택하고 가격입력
- ③ 각 공정에 추가입력 ,삭제를 클릭하여 필요면적, 필요시설을 제한 없이 추가 삭제 할 수 있다.

◦ 경축순환 자원화 센터의 선택한 공정에 따른 해당 시설의 등록화면이다.

◦ 각 공정단계별로 필요한 항목을 선택하여 등록한다.(예: 후속처리시설 : 키크리트 건물(단위: 5m x 5m x 5m) (단가: 1,000,000 원) 수량 10개)



6.2 공정정보 - 공정가격

① 공정가격 저장 리스트

② 각 공정별 면적, 시설 가격과 비율

- 공정설계에 따른 예상 공사비용을 산출한다.

- 경축순환 자원화 센터를 검토하는 경영체에서는 다양한 농가의 등록과 재배방법의 변경 및 추가, 삭제를 통하여 요구되는 영양소 요구량을 도출하고 이에 따른 다수의 생산공정을 검토하여 공정별 생산단계를 등록관리할 수 있다.

- 경영체에서는 수작업을 반복되는 작업을 통하여 계산하는 업무를 단순화하여 다수의 반복적인 시뮬레이션이 가능함에 따라 적합한 방안을 도출하거나 비교가 가능하다.



등록아이디	admin						
학과/지역	번 보리 맥주보리 콩 옥수수 참깨 양파 유채 감자 고구마						
공관대타운	동문후교인식 방식						
공급최소값(kg)	50						
하루소비량(kg)	3,552						
공정	작업 일수	필요면적	면적금액	필요시설	시설금액	비율	
에 레 이 아 세	혼합장	10	필요면적 필요면적2	100,000 90,000	필요시설 필요시설2	200,000 80,000	20%
	발효시설 (교반물공식)	10	필요면적	100,000	필요시설	200,000	10%
	발효시설 (바두커식)	10	필요면적	100,000	필요시설	200,000	10%
	후숙시설	10	필요면적	100,000	필요시설	200,000	10%
	선별기 (선별, 산물)	10	필요면적	100,000	필요시설	200,000	10%
	포장실 (포장, 실차)	10	필요면적	100,000	필요시설	200,000	10%
	창고	10	필요면적	100,000	필요시설	200,000	20%
	전체 합계금액						1,000,000,000

제 7 장 전북 완주군 경축순환자원화센터 GUI시스템 적용사례



제 1절 적용활용 단계

1. 자료수집

- 1) 전북 완주군 일부지역 경종농가 자료수집 (농가현황, 지번현황)
- 2) 전북 완주군 일부지역 재배정보 자료수집 (재배정보, 시비정보)
- 3) 전북 완주군 일부지역 축산농가 자료수집 (농가현황, 시설정보)
- 4) 전북 완주군 일부지역 축산농가 자료수집 (사육정보, 배출정보)

경종농가

- 토지정보 : 1,132 개
- 재배정보 : 1,327 개

축산농가

- 축사정보 : 813 개
- 축종정보 : 4개 (개, 오리, 염소, 사슴 등의 축종은 제외하고 활용)

경종정보

- 농가정보
- 토지정보
- 재배정보
- 영양소정보

· 소유자

· 주소

· 지목 · 용도 · 면적

· 토양 N 성분 · 토양 P 성분 · 토양 K 성분

· 토양성분은 숫자로만 입력해주세요(소숫점 3째자리까지 입력해주세요)

· 토양성분 입력값이 없을경우 자동 0으로 처리됩니다.

검색 : ===전체===

No.	소유자	면적(㎡)	주소	지목	용도
1132	송병주	4,265.000	전북 완주군 고산면 남봉리 994-6		
1131	송병주	2,837.000	전북 완주군 고산면 남봉리 994-5		
1130	송병주	1,011.000	전북 완주군 고산면 남봉리 994-4		
1129	송병주	1,636.000	전북 완주군 고산면 남봉리 994-3		
1128	송병주	2,088.000	전북 완주군 고산면 남봉리 994-2		
1127	송병주	3,329.000	전북 완주군 고산면 남봉리 993-8		

[그림 7-1] 경종농가의 지번별 토지현황 등록화면

2. 자료보완

- 1) 경종농가의 지번, 재배, 시비 정보에 대한 문제점 파악하여 수정 및 조정
- 2) 축산농가의 시설, 사육, 처리 정보에 대한 문제점 파악하여 수정 및 조정
- 3) 수집 자료에서 부족하거나 모순된 부분은 재조사 또는 연계식을 활용하여 계산값을 도출하여 활용

보완사항

- 재배정보의 제공시에 시비의 정확한 시기가 표시되지 않은 경우, 기비의 경우 일반적으로 재배 1개월 전에 실시한다고 가정하여 필요량을 도출함
- 추비의 경우, 축분발효 비료를 활용하는 경우가 적거나 없다는 현실적인 문제로 인하여 추비의 경우에는 시비필요량 등은 정확히 관리하고 필요량 도출에서는 기비를 중심으로 함
- 축산농가의 경우, 일부 농가에서 처리시설의 정보가 모순적인 자료가 있었으나 현재 진단 과정에서는 처리량을 감안하지 않고 계산하였으므로 수집자료 내용을 그대로 입력 처리함

서울대학교 SEUL NATIONAL UNIVERSITY
 경축순환 자원화 센터 (Re-Ca) 시스템 - 친환경 농업단지 조성 사업 -

·Log out · Site map · Edit

경중정보 / 공정정보 / 축산정보 / 설계정보 / 기준정보 / 기초정보

경중정보

- 농가정보
- 토지정보
- 재배정보
- 영양소정보

· 소유자

· 재배년도 · 지번 · 면적 (m²)
 *지번,면적은 소유자 조회를 하면 자동 입력됩니다.

· 재배면적 (m²) · 재배작물 · 토지분류

· 재배방식 · 퇴비종류

· 재배시기 1월 2월 3월 4월 5월 6월 7월 8월 9월 10월 11월 12월

· 시비시기 1월 2월 3월 4월 5월 6월 7월 8월 9월 10월 11월 12월

· 퇴비비율(%)

· 퇴비비율 합계

*퇴비 비율은 숫자로만 입력해주세요(소숫점은 3째자리까지 입력해주세요)
 *퇴비비율,시기 모두 입력값이 없을경우 시비시기는 1월달로 표시됩니다.

검색 : ===전체===

No.	지번	재배년도	재배작물	재배시기	시비시기	재배방식
1327	994-6	2007	벼	5월, 6월, 7월, 8월, 9월, 10월	4월	
1328	994-6	2007	벼	5월, 6월, 7월, 8월, 9월, 10월	4월	

sninfonet

[그림 7-2] 경중농가의 지번별 재배현황 등록화면

3. 코드자료입력

- 1) 재배방법 코드, 재배작물 구분코드, 토지종류 코드
- 2) 작물별 영양소 요구량 코드, 축종별 분뇨 배출량 코드
- 3) 축종별 분뇨 NPK 함유량 코드
- 4) 시설코드, 축분처리 방법별 코드, 축분배출 형태별 코드
- 5) 영양성분 감소율 코드, 중량감소율 코드
- 6) 축분처리 시설항목별 코드, 축분처리 공정처리시설 구분코드

기초정보

- 작물코드
- 토양코드
- 영양코드
- 축산코드
- 처리시설
- 분뇨처리
- 배출형태
- 영양감소율
- 중량감소율
- 공정시설가력

·작물
·토양
·사용여부:사용: 미사용:

	질소(N)	인산(P)	칼리(K)	퇴구비	석회비
기비 (g/m ²)	<input type="text" value="3.5"/>	<input type="text" value="4.9"/>	<input type="text" value="5.6"/>	<input type="text" value="2000"/>	<input type="text" value="200"/>
주비 (g/m ²)	<input type="text" value="6.1"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1.8"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

작물	토양	영양성분(기비)					사용여부	수정
		질소	인산	칼리	퇴구비	석회		
수박	시설재배	5.5	4.9	4.4	1500	200	사용	<input type="button" value="수정"/>
수박	노지재배	8	5.9	6.4	1500	200	사용	<input type="button" value="수정"/>
상추	시설재배	10	5.9	6.4	1500	200	사용	<input type="button" value="수정"/>
감	수령11이상	12.5	12	12	0	0	사용	<input type="button" value="수정"/>
감	수령9~10년	9.5	8	8	0	0	사용	<input type="button" value="수정"/>
감	수령7~8년	7.5	6	6	0	0	사용	<input type="button" value="수정"/>
감	수령5~6년	5	4	4	0	0	사용	<input type="button" value="수정"/>

[그림 7-3] 작물별의 영양소 요구량 및 시비방법 등록화면

4. 경중/축산 정보 입력

1) 경중농가 / 축산농가 정보를 엑셀형태로 정리하여 코드와 연계되도록 별도의 자료전환 프로그램을 통하여 일괄 등록 처리함

2) 향후에는 축산농가의 자가활용 퇴비량과 분뇨의 배출처리에 대한 정확한 자료의 수집이 현장에서 어려운 점이 있으므로 자료의 수집 조사양식과 방법의 개선이필요함



서울대학교
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

경축순환 자원화 센터 (ReCaf) 시스템
-친환경 농업단지 조성 사업-

[Log out](#) · [Site map](#) · [Edit](#)

경종정보 /
공정정보 /
축산정보 /
설계정보 /
기준정보 /
기초정보 /

축산정보

- 농가정보
- 시설정보
- 분뇨정보

- 농장주 [조회](#)
- 주소 [우편번호검색](#)
- 축종 • 두수 • 축산면적 (㎡)
*두수, 축산면적은 숫자로 입력해주세요(소숫점은 3째자리까지 입력해주세요)
- 처리시설
*처리량,배출량은 숫자로 입력해주세요(소숫점은 3째자리까지 입력해주세요.)
*분뇨처리방식을 선택하지 않으면 입력이 되지 않습니다.

분뇨처리방식	처리시설	처리량(kg/일)			배출량(kg/일)			배출형태
		분	뇨	분+뇨	분	뇨	분+뇨	
개별처리	퇴비화	0	0	50	0	0	91	미숙성퇴비

[+ 처리방식 추가](#)

[수정](#) [삭제](#) [새로등록](#)

[그림 7-4] 축산농가의 시설별 사육현황 등록화면

* 축산농가의 정보를 처리시설과 용량에 따라 관리하여 실제 배출량과 농가 처리 퇴비량을 산출함으로써 경축순환 자원화 센터의 규모와 물류 이동량을 파악할 수 있다. 그에 따라 ReCaf 자역내에 보관시설을 어디에 둘 것인지? 어느 정도의 용량으로 설치해야 할지? 를 결정하는데 효과적이다.

* 지역내에 축산농가가 많아도 자가처리시설 또는 친환경 퇴비 활용이 어려운 농가가 다수일 경우, 축분의 이동거리 및 비용이 발생하게 된다.

축산정보

- 농가정보
- 시설정보
- 분뇨정보

전체		지역별	축종별	배출형태별
농장주	미선식			
주소	() 전북 완주군 동상읍 수안리			
축종	한우	두수	6	축산면적 15
분뇨처리방식	개별처리	처리시설	퇴비화	배출형태 미숙성퇴비
	발생량(kg/일)		처리량(kg/일)	배출량(kg/일)
분	60.600		0.000	0.000
노	27.000		0.000	0.000
분+노			0.000	87.600
	발생량(kg/일)		처리량(kg/일)	공급가능량(kg/일)
N	0.336		0.000	0.336
P	0.177		0.000	0.177
K	0.184		0.000	0.184

[목록](#)

[그림 7-5] 축산농가의 농가별 축분생산 및 처리현황 조회화면

축산정보

- 농가정보
- 시설정보
- 분뇨정보

전체		지역별	축종별	배출형태별
축종	한우			
	N	P	K	
처리량(kg/일)	149.504	79.004	82.019	
발생량(kg/일)	151.820	80.228	83.290	
축종	양계			
	N	P	K	
처리량(kg/일)	6,497.000	1,898.000	2,847.000	
발생량(kg/일)	133.634	39.039	58.559	
축종	젖소			
	N	P	K	
처리량(kg/일)	3.318	0.835	2.225	
발생량(kg/일)	12.478	3.141	8.367	
축종	돼지			
	N	P	K	
처리량(kg/일)	1,438.270	417.068	390.392	
발생량(kg/일)	569.570	165.163	154.599	

[그림 7-6] 선택한 지역(예:완주군 고산읍)의 축종별 NPK 발생량, 처리량 조회

전체
지역별
축종별
배출형태별

검색 : ===전체===

축종	양계					
	N	P	K	분	뇨	분+뇨
발생량(kg/일)	161.431	47.160	70.739	18,138.30	0.00	0
배출량(kg/일)	161.431	47.160	70.739	0.00	0.00	18,138.30
축종	젖소					
	N	P	K	분	뇨	분+뇨
발생량(kg/일)	174.130	43.890	116.752	43,287.00	18,113.00	0
배출량(kg/일)	174.130	43.890	116.752	0.00	0.00	61,400.00
축종	돼지					
	N	P	K	분	뇨	분+뇨
발생량(kg/일)	1,088.970	323.479	296.721	53,242.70	81,807.33	0
배출량(kg/일)	1,090.002	316.078	295.861	0.00	0.00	135,050.03
축종	한우					
	N	P	K	분	뇨	분+뇨
발생량(kg/일)	790.600	417.771	433.742	142,743.30	63,598.50	0
배출량(kg/일)	790.594	417.783	433.726	0.00	0.00	206,341.80



[그림 7-7] 완주군 친환경단지 지역의 축종별 NPK 발생량, 배출량 및 축분뇨 발생량, 배출량 조회

* 완주군 친환경 단지 지역의 축종별 축분(뇨 제외) 발생량을 보면 양계 18톤/일, 젖소 43톤/일, 돼지 53톤/일, 한우 142톤/일의 수준을 나타내고 있다. 전체 축분 발생량을 보면 256톤/일이다.

* 완주군 친환경 단지 지역의 분뇨를 함께 포함 할 경우, 양계 18톤/일, 젖소 61톤/일, 돼지 135톤/일, 한우 206톤/일의 수준이며 전체량은 420톤/일을 배출하게 된다.

* 경축순환 자원화 센터의 설계 기준은 축분처리에서 출발하는 것이 아니라 지역의 친환경적인 퇴비의 안정적인 생산을 목적으로 함에 따라 축분의 발생량과 처리량은 지역내 필요한 퇴비의 생산을 위한 공급량이 충분한지, 어느 축종의 분뇨를 이용하게 될것인가에 대한 검토에 축산정보를 활용한다.

* 현재의 발생 배출량을 기준으로 할 경우, 재배에서 필요로 하는 퇴비량을 한우와 젖소의 분으로만 공급 가능 할 것으로 판단되며, 한우와 젖소의 축분 중 경

축순환 자원화 센터로 공급이 가능한 축분량에 대해서는 자세한 농가 요구조사가 병행되어야 한다.

The screenshot shows the 'RCa' system interface with the following components:

- Header:** 서울대학교 (Seoul National University) and 경축순환 자원화 센터 (RCa) 시스템. Navigation links include 경종정보, 공정정보, 축산정보, 설계정보, 기준정보, and 기초정보.
- Left Sidebar:** 경종정보 (Crop Information) with sub-items: 농가정보, 토지정보, 재배정보, and 영양소정보.
- Main Content:**
 - Buttons: 전체, **지역별**, 작물별, 월별
 - Year selector: 2007
 - Table: 전북 완주군 비봉면 (Jeollabuk-do Wanju-gun Bibeongmyeon)

재배지역	전북 완주군 비봉면		
재배작물	비	토지구분	평야지및중간지 보통답
	토지량(g)	필요량(g)	공급필요량(g)
N	0.000	1,511,869.500	1,511,869.500
P	0.000	907,121.700	907,121.700
K	0.000	634,985.190	634,985.190
재배작물	호박	토지구분	노지재배
	토지량(g)	필요량(g)	공급필요량(g)
N	0.000	595,180.000	595,180.000
P	0.000	791,589.400	791,589.400
K	0.000	333,300.800	333,300.800
재배작물	열기	토지구분	노지재배
	토지량(g)	필요량(g)	공급필요량(g)
N	0.000	700.000	700.000
P	0.000	590.000	590.000
K	0.000	830.000	830.000
재배작물	상추	토지구분	노지재배

[그림 7-8] 선택한 지역(예:완주군 비봉면)의 작물별 NPK 필요량 조회

* 완주군의 친환경단지 지역중에 비봉면의 예정된 작물의 재배정보를 기준으로 작물별로 공급되어야 할 N,P,K량을 산출하여 표시한다. 토지에 함유된 성분인 경우 농촌진흥청의 축산과학원 자료를 활용하여 입력시 공급필요량은 작물의 영양소 필요량에서 토지 공급량을 제외한 량을 공급하도록 산출한다.

* 지역내의 필요로하는 구성비와 작물의 구성비를 파악하고 향후에는 재배계획을 통하여 경축순환 자원화센터의 효율적인 이용 또는 퇴비의 성분함량관리 및 재배 작물별 제품개발 등에 활용할 수 있다.

경종정보

- 농가정보
- 토지정보
- 재배정보
- 영양소정보

전체 지역별 **작물별** 월별

검색 : 2007 전체

재배작물	비	토지구분	평야지및중간지 보통답
	토지량(g)	필요량(g)	공급필요량(g)
N	0.000	5,075,349.500	5,075,349.500
P	0.000	3,045,209.701	3,045,209.702
K	0.000	2,131,646.791	2,131,646.792
재배작물	콩	토지구분	사질~사양질
	토지량(g)	필요량(g)	공급필요량(g)
N	0.000	1,573,023.000	1,573,023.000
P	0.000	1,573,023.000	1,573,023.000
K	0.000	1,677,891.200	1,677,891.200
재배작물	호박	토지구분	노지재배
	토지량(g)	필요량(g)	공급필요량(g)
N	0.000	595,180.000	595,180.000
P	0.000	791,589.400	791,589.400
K	0.000	333,300.801	333,300.802



재배작물	딸기	토지구분	노지재배
	토지량(g)	필요량(g)	공급필요량(g)
N	0.000	1,025,626.000	1,025,626.000
P	0.000	864,456.201	864,456.202
K	0.000	1,216,099.401	1,216,099.402
재배작물	상추	토지구분	노지재배
	토지량(g)	필요량(g)	공급필요량(g)
N	0.000	1,510,590.000	1,510,590.000
P	0.000	891,248.100	891,248.100
K	0.000	966,777.600	966,777.600
재배작물	감	토지구분	수령1~2년
	토지량(g)	필요량(g)	공급필요량(g)
N	0.000	304,357.300	304,357.300
P	0.000	351,181.500	351,181.500
K	0.000	234,121.000	234,121.000
재배작물	수박	토지구분	노지재배
	토지량(g)	필요량(g)	공급필요량(g)
N	0.000	2,856,760.000	2,856,760.000
P	0.000	2,106,860.500	2,106,860.500
K	0.000	2,285,408.000	2,285,408.000

[그림 7-9] 완주군 친환경단지 지역내의 재배작물별 필요한 NPK량의 조희

* 완주군 친환경단지 지역의 재배작물별 영양소 요구량으로 주요재배 작물을 분석하여 보면 벼와 상추는 N의 필요비율이 높고, 콩, 감과 수박은 N,P,K의 비율이 비슷하고, 호박은 P의 비율이 높고, 딸기는 K의 비율이 높은 편이다.

* 친환경 단지의 재배 및 영양소의 균형적 이용을 위한 재배순서와 작목의 계

획이 중요함을 알 수 있다. 재배작물에 따라 특성을 감안한 제품을 개발하면 좋겠지만 현실적으로 어려운 상황이다.



[그림 7-10] 완주군 친환경단지 지역내의 농가 재배작물에 따른 월별 필요량 조회

* 경축순환 자원화 센터 시스템을 활용하여 지역내 등록된 경중농가의 재배작물별, 지번별 필요한 시기와 필요한 영양소량을 산출함에 따라 경중농가의 수요관리와 수요량에 따른 경축순환 자원화 센터의 효율을 높일 수 있다.

* 경축순환 자원화 센터에서 공급해야 할 NPK의 량을 월별로 산출하여 조회할 수 있으며, 이에 따라 중장기적으로는 생산을 위한 축분의 배합비율을 조절할 수 있으며, 경축순환 자원화 센터의 안정적인 퇴비공급을 위한 규모를 결정하는데 결정적인 내용이다.

* 월별로 공급이 필요한 량에 대해 최고량을 해당월에 단기간에 공급 가능한 시설을 설치하면 수요량이 적은 월에는 생산량을 줄이거나 해당외 지역으로 판매 또는 반출을 검토하여야 한다.



[그림 7-12] 완주군 지역내의 축산농가에서 월별 NPK 공급가능량 조회

* 완주군 친환경단지내의 한우농가 축분뇨를 100% 회수한다고 가정하면 전체 한우농가의 약 10%농가(실재로는 사육두수 기준)의 축분뇨만으로 필요량을 충족할 수 있다.

* 만약 완주군 친환경 단지내의 경중농가에게 추비(특히 원예작물)용 제품을 생산할 수 있다면 약20-40% 정도의 농가에서 회수한 축분뇨를 활용할 수 있으며, 한우농가의 축분만을 사용할 경우에도 약30-50% 농가의 축분을 회수 활용할 수 있다.

* 완주군 친환경단지 지역내의 경중요구량과 축산공급량의 과부족을 조희한 자료로서 매월 공급량이 과다한 것으로 나타난다.

* 지역의 NPK 균형을 위해서는 친환경 지역의 확대 또는 친환경 단지의 지역으로 퇴비를 공급하는 방안을 검토해야 한다. 지역내의 축분을 경축순환 자원화 센터에서 처리하지 못하고 외부로 반출할 하게되면 또다른 환경문제를 발생시킬 수 있다.



공정정보

- 공정레이아웃
- 공정리스트
- 공정가역

N,P,K필요량

N 필요량	P 필요량	K 필요량
10,084.126(kg)	7,516.708(kg)	6,559.837(kg)

공급 비율

축종	필요량(kg)	공급%	공급량(kg)
한우	3712582.436	100	3712582.436
돼지	3211552.876	0	0
젖소	10529814.387	0	0
양계	2891041.538	0	0
총 합계			3712582.436

최대값	1867428.965	확인	평균값	309381.87	확인
-----	-------------	----	-----	-----------	----

[그림 7-15] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 필요한 NPK를 공급하기 위해 축종별 필요한 축분량과 공급 비율을 입력하는 화면

* 완주군의 친환경단지 재배현황을 기준으로 연간 공급되어야 하는 N량은 10톤, P량은 7.5톤, K량은 6.5톤이다. 이를 공급하기 위해 한우 축분뇨로 공급할 경우 연간 3,712톤, 돼지 축분뇨로 공급할 경우 3,211톤이 필요하다.

* 완주군의 분석사례에서는 한우의 축분을 100% 사용하는 것으로 계산하였으며, 경축순환 자원화 센터(ReCaf) 설계에 대해 담당자의 의견에 따라 비율을 조절하여 계산해 볼 수 있으며, 규모 설계를 위하여 처리량을 도출하는데 월 최고량을 기준으로 적용할 것인지, 월평균량으로 도출 할 것인지 결정하여 적용 할 수 있다.

서울대학교 SEUL NATIONAL UNIVERSITY
 경축순환 자원화 센터 (ReCaf) 시스템
 친환경 농업단지 조성 사업

·Log out · Site map · Edit

경종정보 / 공정정보 / 축산정보 / 설계정보 / 기준정보 / 기초정보

공정정보

□ 공정레이아웃
 □ 공정리스트
 □ 공정가격

평균값으로 계산되었습니다.

퇴비	퇴비비율(%)	퇴비량(kg)
분뇨	50	607,392
통왕겨	10	121,478
분쇄양겨	20	242,957
물받	30	364,435
총합계		1336,262
하루퇴비량		44,542

*하루퇴비량은 총합계에서 30일로 나눈 값입니다.

*공정 레이아웃
 ==선택해주세요== ▾

[그림 7-16] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 필요한 NPK를 공급하기 위한 월간축분노량을 도출하여 생산하고자 하는 퇴비의 배합비를 입력하는 화면

* 일반적으로 축분노 퇴비를 생산하여 유통시키기 위해서는 퇴비의 배합비를 등록관리하여야 하며 이를 통해 인증을 받아야 한다.

* 경축순환 자원화 센터(ReCaf)를 운영하면서 배합비율이나 배합에 소요되는 부자제는 변경되겠지만 설계를 위한 기본 배합비를 적용하여 배합에 의해 계산되는 전체 비료량과 하루 비료 생산량을 도출한다.

* 완주군 친환경단지 지역은 한우축분노만을 사용하면 월평균 축분노량이 약 300톤 소요되며 이를 50% 비율로 배합하면 월 약 600톤의 비료가 생산되며 일평균으로 환산하면 약 20톤의 비료가 생산되어야 한다.

(이론적으로 일산 20톤의 비료공장이라면 8시간 생산기준 시간당 2.5톤의 생산능력을 갖추어야 한다.)

예를들어 필요한 퇴비생산량이 많아 생산비율을 입력하여 도출 할 경우 (예)

서울대학교
경축순환 자원화 센터 (ReCaf) 시스템
-친환경 농업단지 조성 사업-

경중정보 / 공정정보 / 축산정보 / 설계정보 / 기준정보 / 기초정보

공정정보

- 공정레이아웃
- 공정리스트
- 공정가력

N,P,K필요 량

N 필요 량	P 필요 량	K 필요 량
10,084,126(kg)	7,516,708(kg)	6,559,837(kg)

공급 비율

축종	필요량(kg)	공급%	공급량(kg)
한우	72,887,078	10	7288,708
돼지	26,239,349	0	0
젖소	75,167,081	0	0
양계	28,910,416	0	0
총 합계			7288,708

최대값: 3666,220 확인 평균값: 607,392 확인

[그림 7-17] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 필요한 NPK를 공급하기 위한 전체 퇴비를 생산하는 규모의 10% 수준으로 도출하고자 입력화면

서울대학교
경축순환 자원화 센터 (ReCaf) 시스템
-친환경 농업단지 조성 사업-

경중정보 / 공정정보 / 축산정보 / 설계정보 / 기준정보 / 기초정보

공정정보

- 공정레이아웃
- 공정리스트
- 공정가력

평균값으로 계산되었습니다.

퇴비	퇴비비율(%)	퇴비량(kg)
분뇨	50	607,392
통왕겨	10	121,478
분쇄양겨	20	242,957
물밭	30	364,435
총합계		1336,262
하루퇴비량		44,542

*하루퇴비량은 총합계에서 30일로 나눈 값입니다.

+공정 레이아웃
==선택해주세요==

[그림 7-18] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 필요한 NPK를 공급하기 위한 전체 퇴비를 생산하는 규모의 10% 수준으로 도출한 축분뇨량을 기준으로 퇴비 배합비율입력과 생산량 추정조회 화면

* 계산에서 도출된 퇴비량은 일산44톤으로 8시간 생산기준 시간당5.5톤의 생산 능력을 갖추어야 한다. 월 생산량 1,333톤으로 중소규모의 퇴비생산 공장의 규모임을 알 수 있다.

* 위의 [그림 7-17], [그림 7-18]과 같이 전체 생산필요량의 몇% 생산을 목표로 하는지 가정하여 다양하게 생산량과 배합비율을 조정해 봄으로서 경축순환 자원화 센터(ReCaf) 계획을 준비하는 담당자에게 신속하고 다양한 경우를 검토할 수 있도록 지원할 수 있다.

서울대학교
SEoul NATIOnAL UNIVeRSITy
경축순환 자원화 센터 (ReCaf) 시스템
- 친환경 농업단지 조성 사업 -

경증정보 / 공정정보 / 축산정보 / 설계정보 / 기준정보 / 기초정보

공정정보

- 공정레이아웃
- 공정리스트
- 공정가격

평균값으로 계산되었습니다.

퇴비	퇴비비율(%)	퇴비량(kg)
분뇨	50	1822.177
통왕겨	20	728.871
분쇄알겨	10	364.435
톱밥	20	728.871
총합계		3644.354
하루퇴비량		121.478

*하루퇴비량은 총합계에서 30일로 나눈 값입니다.

*공정 레이아웃
==선택해주세요==

[그림 7-19] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 필요한 축분량의 30%를 목표로 하여 배합비율을 입력한 예제 화면

* 완주군 친환경단지 지역내에서 필요한 한우 축분노량의 30%를 처리하는 것을 기준으로 배합비를 입력하여 본 결과로는 월 퇴비생산량 3,600톤, 일생산 120톤 규모를 예상 할 수 있다.

* 일 120톤의 경우, 8시간 기준 시간당 15톤 생산시설을 필요로 하여 이에 따른 연계시설의 균형을 설정하여 시설하여야 한다.

* 처리공정별 기간과 용량에 따라 일 120톤 생산기준 처리공정이 120일이라고 가정하면 14,400톤의 혼합장, 발효장, 후숙처리장, 보관창고 등의 시설규모가 필요하다. 60일을 공정기간으로 가정하면 용량은 7,200톤이 된다.

• 공정 레이아웃
교반식

혼합장			
일수:	<input type="text" value="7"/>		
퇴비량:	<input type="text" value="850,346"/>		
이미지파일:	<input type="text"/>	<input type="button" value="찾아보기..."/>	

↓

발효시설(교반통종식)			
일수:	<input type="text" value="60"/>		
퇴비량:	<input type="text" value="7288,680"/>		
이미지파일:	<input type="text"/>	<input type="button" value="찾아보기..."/>	

↓

후숙시설			
일수:	<input type="text" value="30"/>		
퇴비량:	<input type="text" value="3644,340"/>		
이미지파일:	<input type="text"/>	<input type="button" value="찾아보기..."/>	

↓

선별기(선별,산물)			
일수:	<input type="text" value="1"/>		
퇴비량:	<input type="text" value="121,478"/>		
이미지파일:	<input type="text"/>	<input type="button" value="찾아보기..."/>	

↓

포장실(포장,상차)			
일수:	<input type="text" value="1"/>		
퇴비량:	<input type="text" value="121,478"/>		

[그림 7-20] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 설치하고자 하는 공정을 선택한 후, 공정단계별로 공정일수를 입력하는 화면

[경종정보](#) / [공정정보](#) / [축산정보](#) / [설계정보](#) / [기준정보](#) / [기초정보](#)

공정정보

- 공정레이아웃
- 공정리스트
- 공정가력

검색 : ====전체====

No.	작물/지역	최대/평균	공정레이아웃	등록일
5	작물별	평균값	교반식	2008-06-09
4	작물별	최대값	통풍후교반식	2008-06-09
3	지역별	평균값	교반식	2008-05-22
2	작물별	평균값	통풍후교반식	2008-03-04
1	작물별	평균값	통풍후교반식	2008-03-04

[그림 7-21] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 설치하고자하는 공정을 선택한 후, 공정단계별로 공정일수를 입력하여 저장한 내역조회

* [그림 7-20]에서와 같이 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 추진 담당자는 다양한 축분처리 시설 공정을 선택하고 공정단계를 설계하여 저장하여 각단계별 필요용량에 대한 비교와 월균필요량 기준과 월 최대필요량 기준에 따라 공정과 공정기간을 설계하여 비교 할 수 있다.

* [그림 7-21]의 자료는 다양한 조건으로 가정하여 설계된 공정에 대해 리스트를 조회하여 수시로 비교 분석하거나 설계검토를 할 수 있다.



서울대학교
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

경축순환 자원화 센터 (ReCaf) 시스템
- 친환경 농업단지 조성 사업 -

[Log out](#) [Site map](#) [Edit](#)

경종정보 /
공정정보 /
축산정보 /
설계정보 /
기준정보 /
기초정보 /

공정정보

- 공정레이아웃
- 공정리스트
- 공정가력

등록아이디	admin		
작물/지역	벼·보리·맥주보리·콩·옥수수·참깨·양파·유채·감자·고구마·호박·딸기·상추·감·수박		
공급비율	필요량(kg)	공급%	공급량(kg)
한우	72	30	21866.123
돼지	887.078	0	0
젖소	26	0	0
양계	239.349	0	0
최소값(kg)	50		

퇴비	퇴비비율(%)	퇴비량(kg)
분뇨	50.000	1,822.177
통활겨	20.000	728.871
분쇄잉거	10.000	364.435
롤밥	20.000	728.871
총합계(kg)	3,644.354	
하루퇴비량(kg)	121.478	



교반식 방식



[그림 7-22] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 저장한 공정자료를 선택하여 세부내역 조회하면

Log out · Site map · Edit



서울대학교
SEoul NATIONAL UNIVERSITY

경축순환 자원화 센터 (ReCaf) 시스템
- 친환경 농업단지 조성 사업 -

경종정보 /
공정정보 /
축산정보 /
설계정보 /
기준정보 /
기초정보 /

공정정보

- 공정레이아웃
- 공정리스트
- 공정가력

구성	작업 일수	필요면적	필요시설	가격
혼합장	7	A혼합장1M2 100	.....선택해주세요.....	30000000
		혼합장 합계		30000000
발효시설 (교반통종식)	60	.....선택해주세요.....	.....선택해주세요.....	
		발효시설(교반통종식) 합계		0
후숙시설	30	.....선택해주세요.....	.....선택해주세요.....	
		발효시설(바루커식) 합계		0
선별기(선별,산물)	1	.....선택해주세요.....	.....선택해주세요.....	
		후숙시설 합계		0
포장실(포장상차)	1	.....선택해주세요.....	.....선택해주세요.....	
		선별기(선별,산물) 합계		0
참고	30	.....선택해주세요.....	.....선택해주세요.....	
		포장실(포장,상차) 합계		0
전체 합계금액			30000000	

[그림 7-23] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위해 저장한 공정자료를 선택하여 세부내역 조회하여 공정단계별로 필요한 시설량과 기계 설비수량을 선택 입력하는 화면

Log out · Site map · Edit

서울대학교
 SEUL NATIONAL UNIVERSITY
 경축순환 자원화 센터 (ReCaf) 시스템
 - 친환경 농업단지 조성 사업 -

[경종정보](#) / [공정정보](#) / [축산정보](#) / [설계정보](#) / [기준정보](#) / [기초정보](#)

공정정보

- ☐ 공정레이아웃
- ☐ 공정리스트
- ☐ 공정가계

등록아이디		admin					
작물/지역		· 벼, 보리, 맥주보리, 콩, 옥수수, 참깨, 양파, 유채, 감자, 고구마, 호박, 딸기, 상추, 감, 수박					
공정레이아웃		교반식					
공급최소값(kg)		3,644					
하투비비량(kg)		121					
공정	작업 일수	필요면적	면적갯수	필요시설	시설갯수	비율	
공 정 레 이 아웃	혼합장	7	A혼합장1M2	200	A혼합시설	1	7.64%
	발효시설 (교반용종식)	60	A발효장1M2	1400	A발효시설	1	43.97%
	후숙시설	30	A후숙시설1M2	600			15.26%
	이 선별기(선별,산물)	1	A선별장1M2	100	A선별기	1	4.92%
	아 포장실(포장,상차)	1	A포장실1M2	100	A포장시설	2	5.26%
	참고	30	A참고1M2	600			22.92%
전체 합계금액						1,178,000,000	

[목록](#)

[그림 7-24] 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 설계를 위한 예상 건적출력화면

* 완주군 친환경단지 지역내의 필요 퇴비량을 지역내의 한우 축분뇨만으로 생산하고자 할 경우, 한우 축분뇨 발생량의 10% 수준만 가공하면 가능하나, 시설규모 및 경제성에 대한 필요성에 의해 한우 축분뇨의 30%를 처리 가능한 경축순환 자원화 센터(ReCaf)를 설계 하는 것을 기준으로 검토하였다.

* 시설 규모 및 공정기간은 다양하게 경축순환 자원화 센터(ReCaf)의 운영 목적 및 지역적 특성을 고려하여 조정이 가능하며, 지역내의 축산농가에서 간이 저장시설 및 축분처리시설의 용량이 클 경우, 생산 발효시설을 증설하고 후숙 및 보관 시설을 감소할 수 있다.

* 지역내의 축산농가에서 간이 저장시설 및 축분처리시설이 부족할 경우에는 일정량의 경축순환 자원화 센터(ReCaf)로의 축분뇨 유입이 불가피 하므로 혼합장 및 보관시설을 증설하고 생산발효시설은 최소화 할 수 있다.

제 2 절 현장 활용 계획

1. 시계별 GUI 현장활용계획

구분	향후추진항목	세부내용
2008 하반기	서버 시스템의 보완	· 사용자 로그인 정보 관리 보완
		· 화면 디자인 개선
		· 관련 구분 코드값 보완
		· 추가 시스템 개발 과제화 추진
2009 상반기	시스템 상용화 추진	· 시스템의 시장조사 및 사업성 조사
		· 시스템의 상용화 수준 보완
		· 시스템의 상용화 대상고객 확정
		· 기술이전 및 특허관련 협의추진 (ARPC, 서울대)
2009 하반기	특허출원 추진	· 시스템 특허 출원(예정)
		· 시스템 상용화 출시(예정)
		· 축분퇴비화 시스템 고객 홍보
		· 웹기반 시스템 운영 컨설팅 지원
2010 상반기	시스템 다양화 추진	· 인터넷 기반의 시스템에서 시장확대 (생산공정설계 -> 생산공장운영)
		· 축분퇴비화 시스템 ERP 과제추진 (ARPC 또는 기타연구기관)
2010 하반기	통합시스템 추진	· 설계-운영-진단에 관한 시스템 개발 (생산공장, 경종농가, 축산농가 · 비료취급점 등 네트워크)
		· 통합운영센터 자체운영 서비스
		· 서비스 시스템 대여사업 확대

2. 시계별 GUI 프로그램 현장적용고려사항

가. 요인별

1) 프로그램 기능

- 가) 로그인 및 보안사항에 대한 개선
- 나) 사용자 그래프 기능 보완
- 다) 다양한 조건의 시플레이션 기능 보완

2) 시장조사

- 가) 축분퇴비화 또는 환경관련 공공사업의 시장조사
- 나) 축분퇴비화 사업추진 경영체(기관)에 대한 조사

3) 기타사항

- 가) 시스템 보안을 위한 과제 및 자금유치 가능성 검토
- 나) 인터넷 기반의 시스템과 모바일 장비와의 업무설계 개선 검토

나. 대상별

- 1) 공공사업 추진 공공(평가)기관
- 2) 공공사업 추진 참여 경영체
- 3) 축분처리시설을 위한 검토 농가
- 4) 타 시스템과의 네트워킹이 가능한 시스템 운영자(농촌진흥청 농업과학원)
- 5) 연구기관 및 학교
- 6) 대농가 서비스를 위한 일반기업
- 7) 축분뇨처리 시설업체

* 초기주요 대상으로는 1, 2 항목의 대상을 예상하고 있으나 수요조사 및 사업성 검토에 따라 변경이 예상

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.