

GOVP1199700964

628. 17466

L293A

V.2.

제2차년도
최종보고서

축산분뇨 및 액비처리를 위한 연속발효 시스템 개발

Development of a Continuously Aerated Bio-Reactor(CABR)
System for Livestock waste treatment

1996. 11.

연구기관
(주) 과학축산

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “축산분뇨 및 액비처리를 위한 연속발효시스템 개발” 과제의
최종보고서로 제출합니다.

1996. 11. 30

주관연구기관명 : (주) 과학축산

총괄연구책임자 : 강 석 진

연구 원 : 유 성 열

이 민 호

임 종 미

고 진 덕

협동연구기관명 : 상지대학교

협동연구책임자 : 이 명 규

임 상 철

협동연구기관명 : 강원도 농촌진흥원

협동연구책임자 : 이 경 국

요 약 문

I. 제 목

축산분뇨 및 액비처리를 위한 연속발효 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

최근 가축의 다두화 사육규모로 인한 축산분뇨의 환경오염 문제가 커다란 사회문제로 대두되고 있다. 과거의 소규모 축산시설에서 발생하는 가축분뇨는 대부분 주변 농경지에 유효한 비료원으로 이용되어 농업에 있어 가축분뇨는 매우 중요한 위치를 차지하였지만, 축산농가와 경종농가가 분리되어 별도의 농업형태를 발전시켜온 작금의 현황은 가축분뇨가 더 이상 유효 비료원이 아닌 정화처리 대상으로 취급되어진 것이다.

그러나 가축분뇨를 정화처리 하기 위해서는 상당한 재정적 투자와 관리의 효율성이 전제되어 실제 축산농가 현장에 이러한 정화기술을 접목시키는 것은 매우 어려운 것이 사실이다. 특히 정화처리 시설의 관리가 미흡함으로서 축산농가 주변의 수계방류 및 무원칙적인 농지 분뇨투기는 하천오염 및 토양오염의 원인이 되기 때문에 가축분뇨의 적절한 처리가 시급히 요구되어진다.

이러한 국내 사정을 고려하여, 국내 적합한 가축분뇨 처리방법의 개발조건을 든다면, 가축분뇨는 가급적이면 정화방류형태보다는 각 농가에서 일체 방류가 되지 않는 무방류처리 형태가 가장 이상적이다. 현재 국내에 소개된 가축분뇨의 무방류 처리기술은 ① 톱밥발효방식, ② 석회안정화건조방식, ③ 진공고온건조방식, ④ 메탄발효방식, ⑤ 화력건조방식 등이 있

으나, 각 방식의 단점으로 ① 톱밥등 수분조절제 수급어려움, ② 넓은 건조처리장 면적 확보, ③ 시설비의 고가, 부자재 수급, 건조처리물의 미부숙화, ④ 2차정화처리시설 부담, ⑤ 높은 연료비 부담, 건조처리물의 미부숙화 등이 지적되고 있어, 본 연구에서는 이미 국내 많은 축산농가에 보급되어 있는 가축분뇨액상저류조 시설의 일부 공정을 개선한 연속폭기식 생물반응조(Continuously Aerated Bio-Reactor, 이하CABR)를 국내 축산농가에 설치, 현장에서의 적용가능성과 문제점을 밝혀, 국내에 적합한 무방류처리기술을 개발하고자 한다.

Ⅲ. 연구개발내용 및 범위

1. 연속발효 시스템 개발

- 가. 연속발효시스템 촉진용 발효균주의 대량 배양기술 확립
- 나. CABR(Pilot scale)의 양돈장 현장설치 및 최적운전조건 도출
- 다. CABR 부속발효 액상물(이하 Efflux) 공시재료 제작
- 라. CABR(Full scale)의 중규모 양돈장내 설치, 제작 및 최적발효조건 도출

2. 부속발효액상물의 농지환원기술 개발

- 가. 농지환원 작물재배 실험시설 설치
- 나. Efflux의 화학성분 분석
- 다. Efflux의 수경재배 이용성 검토
- 라. Efflux의 토경재배 이용성 검토

Ⅳ. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 연속발효 시스템 개발

- 가. CABR에 첨가되는 발효촉진 균주의 배양 및 대량생산에 필요한 기초 기술자료를 습득하였다.

- 나. CABR(Pilot scale)를 소규모 양돈장에 설치, 운영하여 최적의 운전조건을 도출하기 위한 물리, 화학, 생물학적 실험이 수행되었고 각 조건에 따른 특성이 분석되었다.
- 다. 부속발효액상물의 비료자원화를 위한 공시재료로서 CABR로부터 Efflux가 제조되었다.
- 라. CABR의 최적운전조건 실험후 보다 실제적인 현장에 접목을 위해 중규모 양돈장(양돈 3,000두규모)에 CABR(Full scale)를 설치, 제작 완료하여 최적의 발효조건을 도출하였다.

2. 부속발효액상물의 농지환원기술개발

- 가. 발효액상물의 수경, 토경재배시 비료이용성을 검토하기위한 재배시설(비닐하우스, 150평)이 설치되었다.
- 나. 비료이용성을 위한 기초자료로서 공시재료인 부속발효액상물(Efflux)의 화학적 성분을 분석, 검토하였다.
- 다. Efflux의 수경재배 실험결과 화학비료에 비해 비료이용성의 우수함이 입증되었다.
- 라. Efflux의 토경재배 실험결과 화학비료에 비해 비료안전성의 우수함이 입증되었다.

SUMMARY

Recently, large amount of the excrement of livestock has accumulated due to raising a large number of livestock with a restricted area of land available, and they have consequently polluted the environment.

This study was conducted to develop a simple and inexpensive livestock waste treatment system which can reduce waste quantity, malodors and environmental pollution in pig farm.

A pig waste treatment system utilized in this study is a Continuously Aerated Bio-Reactor(CABR) system, which treats concentrated swine wastewater using small amounts of phototrophic bacteria as additive bacterial seeding. Using this plant(Pilot scale), about 70% of the wastewater inputed was evaporated and 87% of total Biochemical Oxygen Demand(BOD) and 98% of volatile lower fatty acids were removed during thermophilic aerobic digestion for 24h.

Especially, deodorized swine wastewater by-products (called as Efflux) had enough nutrients, N, P and K for growing plant, as well as organic matters. When the efflux was applied to Italian ryegrass with high dose, fresh shoot and root weights were significantly greater, and $\text{NO}_3\text{-N}$ contents of the dried shoot were lower than those of the chemical control plant.

The results of this study indicate that the CABR system is useful for reduction of livestock waste quantity, deodorization and transformation to

useful by-product as an organic fertilizer.

Practical application of CABR system(Full scale) to more big scale pig farm and recycling technique development of the efflux for an organic fertilizer were studied intensively.

Contents

I. Introduction	
1. Objectives and scope of research	1
2. Goals of research	3
II. Development of P-CABR system	
1. Materials and methods	6
2. Results of research	11
III. Development of F-CABR system	
1. Materials and methods	20
2. Results of research	22
IV. Development of recycling technology for plant solid bedding material	
1. Materials and methods	31
2. Results of research	33
V. Development of recycling technology for plant liquid fertilizer	
1. Materials and methods	41
2. Results of research	46
VI. Expected accomplishment and its application	69
VII. Reference	75

목 차

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적과 범위	1
제 2 절 연구개발 사업목표	3
1. 최종연구 개발사업 목표	3
2. 1차년도 연구개발 사업목표	3
3. 2차년도 연구개발 사업목표	4

제 2 장 P-CABR 개발

제 1 절 실험내용 및 방법	6
1. P-CABR	6
2. 발효균주의 배양	10
3. P-CABR 발효처리물의 세척수이용효과	10
4. F-CABR 발효처리물의 강제송풍건조효과	10
제 2 절 연구개발 결과	11
1. P-CABR	11
가. P-CABR의 물리적 특징	12
나. P-CABR의 화학적 특징	13
다. P-CABR의 생물학적 특징	14
2. 발효균주의 배양	15
3. P-CABR 발효처리물의 세척수이용효과	16
4. F-CABR 발효처리물의 강제송풍건조효과	18

제 3장 F-CABR 연구

제 1 절 실험내용 및 방법	20
1. F-CABR 현장적용 및 운전조건 확립	20
2. F-CABR 이용에 따른 농가의 경제성 분석	21
제 2 절 연구개발 결과	22
1. F-CABR 현장적용 및 운전조건 확립	22
2. F-CABR 이용에 따른 농가의 경제성 분석	26

제 4 장 CABR 발효처리고형물의 육묘상토 개발

제 1 절 실험내용 및 방법	31
1. F-CABR 발효처리고형물의 육묘상토이용기술 개발	31
가. 1차실험	31
나. 2차실험	31
제 2 절 연구개발 결과	33
1. F-CABR 발효처리고형물의 육묘상토이용기술 개발	33
가. 1차실험결과	33
나. 2차실험결과	35

제 5 장 CABR 발효처리액상물의 농지환원기술개발

제 1 절 실험내용 및 방법	41
1. P-CABR 발효처리액상물의 배지경 기초기술 확립	41
가. 발효처리액상물의 준비	41
나. 발효처리액상물의 화학적 성분	41
다. 수경재배, 토경재배 시험배양액 준비	41
라. 작물생육 예비실험	44

2. 시설원에 토양에서의 사용방법 및 효과에 대한 기초기술 개발	45
가. F-CABR 발효처리액상물의 살균효과	45
나. F-CABR 발효처리액상물의 엽채류 사용효과	45
다. F-CABR 발효처리액상물의 관비효과	45
제 2 절 연구개발 결과	46
1. P-CABR 발효처리액상물의 배지경 기초기술 확립	46
가. 수정재배 실험결과	46
나. 토경재배 실험결과	56
2. 시설원에 토양에서의 사용방법 및 효과에 대한 기초기술 개발	62
가. F-CABR 발효처리액상물의 살균효과	62
나. F-CABR 발효처리액상물의 엽채류 사용효과	63
다. F-CABR 발효처리액상물의 관비효과	64
라. F-CABR 발효처리액상물의 과채류효과	64

제 6 장 기대되는 성과 및 활용성

제 1 절 기대되는 성과	69
제 2 절 연구개발사업성과에 대한 활용(실용화)방안	71
1. P-CABR 개발 및 F-CABR 연구	71
2. 발효처리고형물의 육묘상토개발 및 발효처리액상물의 농지환원 기술개발	72

제 7 장 참고문헌	75
------------	----

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적과 범위

최근 가축의 다두화 사육규모로 인한 축산분뇨의 환경오염 문제가 커다란 사회문제로 대두되고 있다.⁵⁾ 과거의 소규모 축산시설에서 발생하는 가축분뇨는 대부분 주변 농경지에 유효한 비료원으로 이용되어 농업에 있어 가축분뇨는 매우 중요한 위치를 차지하였지만, 축산농가와 경종농가가 분리되어 별도의 농업형태를 발전시켜 온 작금의 현황은 가축분뇨가 더 이상 유효 비료원이 아닌 정화처리 대상으로 취급되어진 것이다.

그러나 가축분뇨를 정화처리 하기 위해서는 상당한 재정적 투자와 관리의 효율성이 전제되어 실제 축산농가 현장에 이러한 정화기술을 접목시키는 것은 매우 어려운 것이 사실이다. 특히 정화처리 시설의 관리가 미흡함으로서 축산농가 주변의 수계방류 및 무원칙적인 농지 분뇨 투기는 하천오염 및 토양오염의 원인이 되기 때문에 가축분뇨의 적절한 처리가 시급히 요구되어진다.^{4),5),10)}

이러한 여러 여건을 고려하여 볼 때 국내에 적합한 가축분뇨처리방법으로서 다음과 같은 기본조건이 제시된다. 즉 축사환경면에서는 축사내부가 청결하고, 냄새가 없는 사육환경이 되도록 개선이 가능한 방법이 개발되어야 하며, 농·축산농가면에서는 처리시설이 경제적이며 농가에 부담을 적게 주는 방법이 개발되어야 하며, 주변수계환경면에서는 수질오염의 원인이 되는 폐수방류를 가급적 지양한 무방류 형태의 방법이 개발되어야 하며, 지역농업면에서는 안전한 농지환원이 가능하며, 지역경종농가에 비료자원으로 이용이 가능한 기술개발이 되어야 한다.

이상 서술한 바와같이, 가축분뇨는 가급적이면 정화방류형태보다는 각

농가에서 일체 방류가 되지 않는 무방류처리 형태가 가장 이상적이다. 현재 국내에 소개된 가축분뇨의 무방류 처리기술은 ① 톱밥발효방식,²⁾ ② 석회안정화건조방식, ③ 진공고온건조방식, ④ 메탄발효방식,⁷⁾ ⑤ 화력건조방식¹⁴⁾ 등이 있으나, 각 방식의 단점으로 ① 톱밥등 수분조절제 수급어려움, ② 넓은 건조처리장 면적 확보, ③ 시설비의 고가, 부자재 수급, 건조처리물의 미부숙화, ④ 2차정화처리시설 부담,⁷⁾ ⑤ 높은 연료비 부담, 건조처리물의 미부숙화 등이 지적되고 있어, 본 연구에서는 이미 많은 농가에 보급되어 있는 가축분뇨액상저류조⁶⁾ 시설의 일부 공정을 개선한 연속폭기식 생물반응조(CABR)의 무방류처리기술을 국내 양돈농가에 설치, 현장에서의 적용가능성과 문제점을 밝혀, 국내에 적합한 무방류처리기술을 개발하고자 한다.

제 2 절 연구개발 사업목표

1. 최종 연구개발 사업목표

가. 연속발효시스템 개발(Pilot Scale CABR, 이하 P-CABR)

- (1) 발효균주 배양기술 확립
- (2) P-CABR 시스템 최적관리 기술개발
- (3) P-CABR 발효처리물의 세척수 이용효과
- (4) F-CABR 발효처리물의 강제송풍건조 효과

나. 현장발효시스템 연구(Full Scale CABR, 이하 F-CABR)

- (1) 대규모 양돈 농가에 F-CABR 현장적용 및 운전조건 확립
- (2) F-CABR 이용에 따른 농가의 경제성 분석

다. CABR 발효처리고형물의 육묘상토 개발

- (1) F-CABR 발효처리고형물의 육묘상토이용성기술 개발

라. CABR 발효처리액상물의 농지환원기술개발

- (1) P-CABR 발효처리액상물의 배지경 기초기술 확립
- (2) 시설원예 토양에서의 시용방법 및 효과에 대한 기초기술 개발

2. 1차년도 연구개발 사업목표

가. P-CABR 개발

- (1) 발효균주 기초배양기술 확립
- (2) P-CABR 설치 및 운전조건도출 성적검토
- (3) 발효처리액상물 이용성 연구위한 공시재료 생산

나. F-CABR 연구

- (1) 대규모 양돈농가(3,000두 규모)에 F-CABR 제작 및 설치

다. CABR 발효처리고형물의 육묘상토 개발

- (1) 상토 재배시설 장치 제작(비닐하우스)

- 라. CABR 발효처리액상물의 농지환원기술개발
 - (1) 발효처리액상물의 농지환원 시설제작
 - (2) P-CABR 발효처리액상물의 화학적 분석
 - (3) 양액재배로서의 이용성 기초검토(수경재배)
 - (4) 액비로서의 이용성 기초검토(토경재배)

3. 2차년도 연구개발 사업목표

가. P-CABR 개발

- (1) 발효균주의 대량생산기술확립
- (2) F-CABR의 발효효율 및 이화학적 특성분석
- (3) F-CABR의 발효처리물의 강제송풍건조처리효과 분석

나. F-CABR 연구

- (1) F-CABR의 Operation최적 조건도출
- (2) F-CABR의 농가경제성 분석
- (3) 작물실험용 발효처리물 공시재료 제작

다. CABR 발효처리고형물의 육묘상토 개발

- (1) F-CABR 발효처리고형물의 육묘상토대체재 효과분석

라. CABR 발효처리액상물의 농지환원기술 개발

- (1) F-CABR 발효처리액상물의 살균효과
- (2) F-CABR 발효처리액상물의 엽채류 시용효과
- (3) F-CABR 발효처리액상물의 관비효과

제 2 장 P-CABR 개발

가축분뇨의 연속발효(CABR) 시스템개발에 대한 연구실험에 있어 대상 가축분뇨는 현재 가장 환경오염에 문제가 되고있는 양돈분뇨를 대상으로 실시하였으며, 실제 축산농가에서 CABR Pilot scale(이하 P-CABR)을 설치, 이용하여 양돈 분뇨를 효율적으로 처리할 수 있도록 현장 실험을 실시하였다. P-CABR시스템은 양돈 500두 규모를 대상으로 제작되었으므로, 실험실용 반응기와 같이 다양한 처리조건을 변화시키기보다는 농가현장에서의 물리적 변화를 중심으로 한 최적의 운전조건을 도출 하는데 주안점을 두었다. 한편 CABR 시스템에 접종균주로 이용되는 발효촉진 균주인 광합성세균은 기초배양과 대량배양과정을 거쳐, 본 연구에 이용하였다.

CABR 시스템개발을 위한 수행과정은 다음과 같은 계획에 의하여 수행되었다.

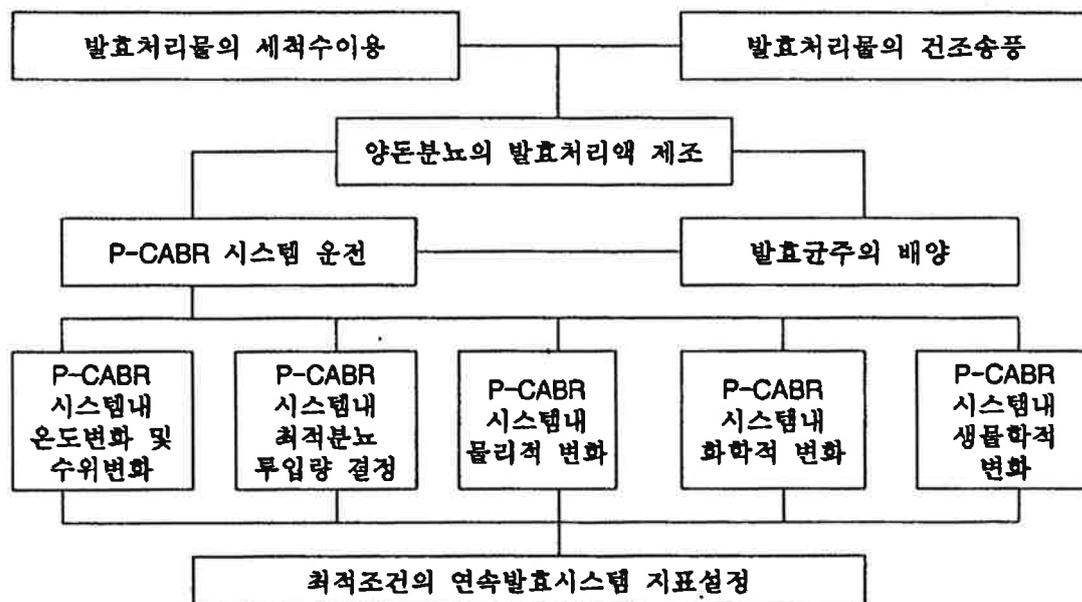


그림 1. P-CABR 개발을 위한 진행계획

제 1 절 실험내용 및 방법

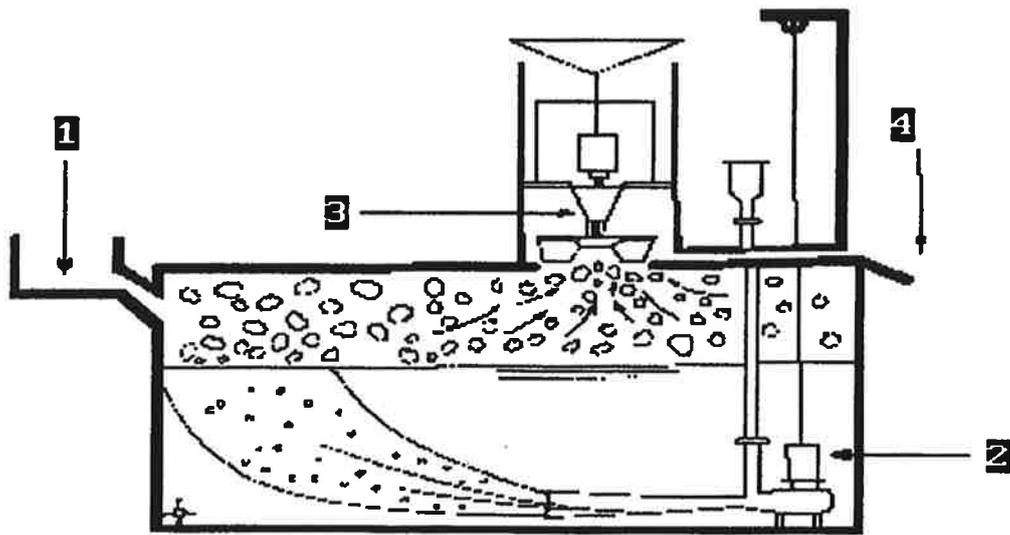
1. P-CABR

본 실험의 대상폐기물인 양돈분뇨는 양돈 500두 규모의 농장을 대상으로 농가현장에 직접 P-CABR를 설치, 운전하였으며, 연구수행시 가급적 분의 신선도를 유지하면서, 실제 농가에서 직접 분뇨처리에 이용할 수 있도록 매일 가동하는 것을 원칙으로 하였다.

본 연구에 사용된 P-CABR 시스템의 크기는 가로×세로×높이 각각 3.4m×3.4m×2.0m(H)의 사각형으로 내부는 스테인레스재질로 제작되었다. 펌프의 공기유입량은 65m³/h정도이며, 접종균주의 매일 접종량은 투입분뇨 m³당 10 ~30g(10¹²cell/g) 정도이다.

그림 2는 P-CABR 시스템의 개략도를 나타내고 있다. 1일 분뇨혼액 투입량 2 - 3t을 P-CABR내에서 폭기처리하면, 동량 또는 그 이상의 액량이 분해증발되면서 일부는 발효처리액으로 배출되어진다. 따라서 매일 돈사로부터 유입하는 분뇨혼액을 P-CABR에 투입할 수 있게 된다.

본 방법의 특징은 탈모나 분해불가능한 입상물질을 기포에 부착시켜 폭기조위로 배출시키며, 처리과정중 온도상승과 함께 투입분뇨의 50%~70% 정도가 1일증발되어지는데 있다. 예를들어 양돈 돈사내로부터 분과 뇨를 무회석 상태로 P-CABR에 투입하면 P-CABR내 수증펌프에 의해 강력한 폭기처리가 행하여지고, 이에 동반하여 고온(45℃~60℃)이 발생하며, 다량의 기포가 발생된다. 발생된 기포층은 외부온도와 차단되어 열의 단열효과를 가져다 주는데 이렇게 발생하는 다량의 기포는 P-CABR 상층부의 소포기에 의해 소포되어 액상화된후 P-CABR 외부로 배출된다. 이과정에서 다량의 기포속에 들어있는 고온의 수증기가 소포되면서 P-CABR 외부로 증발되어 수분의 감량화가 촉진된다.



1. 투입구 2. 콤프레서 3. 소포기 4. 배출구

그림 2. P-CABR의 개략도

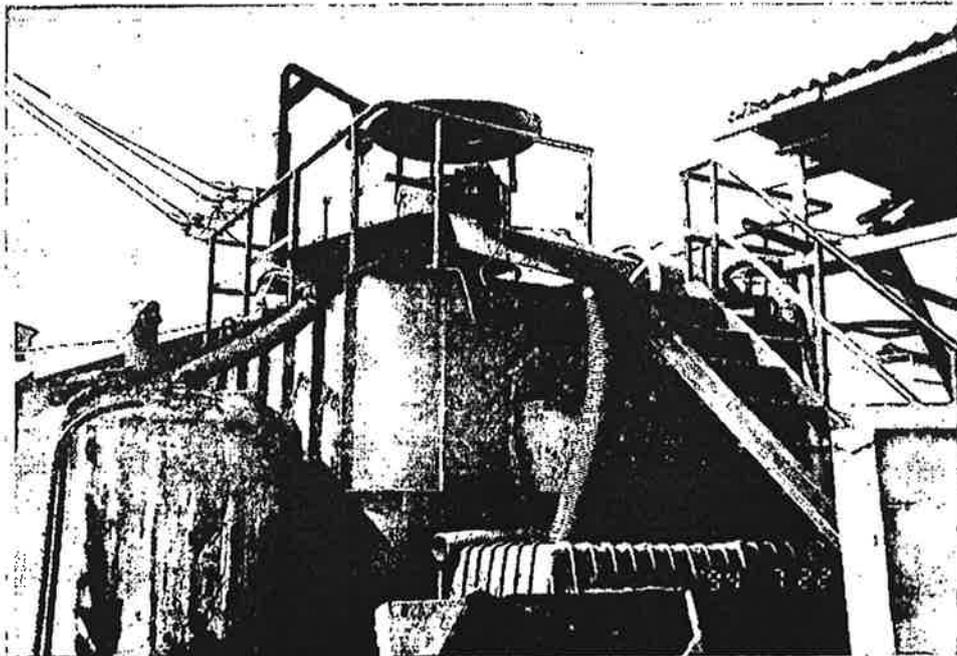


사진 1. P-CABR 시설(500두 양돈장 규모)

CABR 시스템의 연구에 있어서 연속발효과정중 물리, 화학, 생물학적 분석방법은 다음과 같으며, 분석의 빈도는 연구수행시 필요에 따라 임의로 실시하였다.

분석항목은 연속발효처리과정중 온도, pH변화, 1일처리량, 건물량, 회분량, BOD, COD, N, P, VFA, 중온균, 고온균, 사상균, 광합성세균 등으로 항목별 분석 방법은 다음과 같다.

분 석 종 목	분 석 방 법
온 도	Record를 부착한 온도 sensor를 이용하여 연속측정하였으며, 필요에 따라 일부 수동으로 측정함
pH	분뇨의 액상시료를 10분간 균일하게 혼합한 후 pH meter를 이용하여 측정
1일분뇨처리량	CABR 시스템내 분뇨투입후의 수위로부터 24h후 신선분뇨 투입전 수위를 뺀 것으로 CABR 시스템외부로 증발 또는 소포 처리된 액 전체량을 의미한다.
건 물 량	시료 약 50g을 105℃ Dry oven에서 12시간 이상 건조처리한 후의 잔존량을 측정
회 분 량	건물량을 550℃ Muffle furnace로 2시간 이상 강열 감량을 측정
BOD	수질공정시험법 ⁹⁾ 에 의거함
COD _{Mn}	수질공정시험법 ⁹⁾ 에 의거함
Kjel-N	토양화학분석법 ¹⁷⁾
NH ₄ -N	Indophenol blue 법 ¹⁷⁾
NO ₃ -N	Brucine sulfate법 ¹⁷⁾
P	Metavanadate법 ¹⁷⁾
VFA	GC-FID ¹⁷⁾
대 장 균	BGLB MPN 방법 ⁹⁾
중 온 균	30℃, 1/10 분뇨혼합배지 ²⁵⁾
고 온 균	50℃, 1/10 분뇨혼합배지 ²⁵⁾
사 상 균	토양화학분석법 ¹⁷⁾
광합성세균	Modified MPN 방법 ²¹⁾

2. 발효균주의 배양

본 CABR 시스템의 접종발효균주로 이용되는 광합성세균은 선택배지를 이용하여 자연계내에서 분리한 균주로서, 기초배양시는 Sawada 등²³⁾의 배양액조성성분을 기초로 2.5 l Jar-fermentor(한국발효기)를 이용하여 대량배양용 seed를 제작하고, 발효균주의 대량생산시는 200 l 투명용기(자체제작)를 이용하여 호기, 광 조건하에서 반연속 자연배양한 것을 이용하였다.

3. P-CABR 발효처리물의 세척수이용효과

P-CABR에서 처리된 발효처리물(이하 Efflux)은 탈취화된 상태로 돈사내 세척수로서의 이용성을 검토하였다. Efflux내의 돈분, 미분해사료 등을 간단한 침전방식으로 침전시킨후 고압세척기를 이용하여 매일 1회씩 오전에 세척수로 이용 돈사내 취기의 상태와 사육돼지의 질병상태 및 관리상태를 관찰하였다. 특히 최근의 양돈 산업에서 폐수발생량의 과다로 정화처리 및 방류수의 오염도가 높아 하천의 오염원이 되어지므로 세척수사용을 극력 자제하는 상태에서 발효처리액의 세척수이용은 여러면에서 그 의의를 들 수 있다. 한편 세척수 이용실험은 5월~10월에 실시하였다.

4. F-CABR 발효처리물의 강제송풍건조효과

F-CABR시스템으로 처리된 발효처리물은 발효액비, 돈사내 세척수 등으로 이용할 수 있으며, 한편으로는 액비사용 농지를 확보하지 못한 농가 또는 종돈농가의 경우와 같이 발효처리물이라 할지라도 병원균의 오염가능성으로 세척수 사용을 피하는 농가에 있어서 최종 무방류 처리방법으로 건조처리방식을 채택할 수 있다. 이에대한 기초연구과제로 외부비닐하우스내 송풍기를 설치하여 강제송풍에 따른 건조효과를 실시하였다. 특히 건조효과와 경우는 여름철보다 겨울철에 건조효과가 중요하므로 이에대한 자료를 얻고자 함이 연구목적이라 하겠다.

제 2 절 연구개발 결과

1. P-CABR

P-CABR의 운전조건중 대표적 예를 표 1에 나타내었다. '95년 5월부터 10월말까지 약 6개월간 P-CABR을 가동시키면서 분뇨의 투입량, 분뇨투입 전후 온도, 발효처리중 온도의 변화 및 폭기처리에 따른 분뇨의 일일 수분 처리량을 살펴보면, 신선분뇨투입직후에 온도가 일시적으로 약간(0 ~ 10℃) 낮아지나 폭기처리하면서 점차적으로 50℃이상을 유지, 최고 65℃까지 매우높은 온도를 유지하기도 했다. 이러한 처리과정중 발생된 기포는 소포기에 의해 P-CABR 밖으로 배출되어져 배출액과 소포시 대기중 증발되는 수분의 총량을 적정처리량으로 계산하였다. 적정처리량은 P-CABR 면적(3.4m×3.4m×2.4m(H))당 처리용량으로 계산할 수 있으며, 이 수치는 발생 분뇨의 1일 처리량으로 환산할 수 있는 총량이 된다.

표 1. P-CABR의 처리 결과

처리 예	온 도(℃)		분뇨투입량(t)		처리중 최고온도(℃)	적정처리량* (m³/일)	P-CABR용적당 처리용량(l/m³·일)
	투입전	투입후	분	뇨			
1	47	47	1.0	3.0	54	2.8	242
2	48	40	0.5	2.8	53	2.4	207
3	48.5	45	0.5	2.7	57.5	3.5	302
4	49	48.5	0.1	0.9	52	1.0	86
5	51	47	0	1.8	52	1.0	86
6	44	40	0.4	2.6	50	3.1	268
7	47	46	0	2.3	53	2.0	173
8	48	46	0.1	0.9	55	2.0	173
9	48	46.1	0.3	0.7	51	1.0	86
10	46.4	44	0.5	2.0	51.5	1.5	130
11	49.5	43.6	0.5	3.0	58	2.0	173
12	49.5	39.3	0	1.3	50.6	1.5	130

*적정처리량 = 증발량 + 발효처리액 배출량

가. P-CABR의 물리적 특징

본 P-CABR의 운전중 가장 특징적인 것은 고온폭기식처리를 통해분뇨의 상태를 고온상태로 전환하여 일반 고품퇴비화 방식과 같은 높은 분해효율을 얻고자 하는 것이다. 이러한 고온발효방식은 단순한 공기주입에 따른 호기적 분해촉진 뿐만 아니라, 분뇨중에 함유된 수분의 함량을 가급적 감량화하여 2차 처리시 작업의 난이도를 경감케하며, 동시에 악취가 제거되면서 오물감을 없애준다는 점이다.

P-CABR을 가동시키면서 연속운전시 대표적인 물리적 변화를 표 2에 나타내었다.

표 2. P-CABR의 물리적 변화

분 석 항 목	투입분뇨	배 출 액	$\frac{\text{전배출액}}{\text{전투입분뇨}} \times 100$
분뇨투입량(m ³)	2.8	1.8	64
분(m ³)	0.3	-	-
노(m ³)	2.5	-	-
건 물 량(kg)	168	127	76
수분함량(kg)	2,622	1,643	63
회 분 량(kg)	35	24	69
pH	7.0	8.2	-
온 도(℃)	25	40 - 50	-
소포액배출속도(l/h)	-	50 - 240	-
색 도	황 색	흑갈색	-

표 2에 나타난 바와같이 투입분뇨 2.8t중 전체가 P-CABR 밖으로 배출되면서 그중 1.8t만이 수분의 형태를 유지할 뿐 나머지 1.0t은 소포기작중 공기중으로 증발되어 약 36%의 증발효과가 있음을 입증하고 있다. 이러한 증발효과는 투입분뇨 및 P-CABR내 분뇨액상물의 발효조건에 따라 현장에서 다양하게 나타나 적게는 25%, 많을경우는 50%이상의 증발효과를 보여주

고 있다. 수분의 증발효과와 함께 발효부속처리 액상물의 pH상승현상은 본 처리방법이 고형퇴비화처리와 유사한 mechanism을 보유하고 있음을 시사하고 있다.

나. P-CABR의 화학적 특징

P-CABR의 운전을 화학적인 관점에서 볼때 가장 주목할 점은 물질적 안정화란 점이다. 즉 물질적 안정화란 유기물의 저분자화 분해반응과 무기물의 유기화반응을 동시에 의미한다. 유기물의 저분자화 분해반응이란 생물화학적산소요구량(BOD)의 저하와 저급지방산과 같은 악취물질의 제거를 의미하며, 무기물의 유기화란 전질소 성분 가운데 유기태질소의 배출액내 비율의 상승으로 알 수 있다.

표 3에 CABR의 화학적 변화들 나타내고 있다. 부속처리로 인해 BOD, COD의 경감효과는 총량기준으로 각각 87%, 32% 정도이며, 배출액의 N, P 농축현상은 CABR의 증발효과로 인한 결과로 사료되어진다. 특히 투입분뇨 중 다량 함유되어 있는 악취성 저급지방산의 저감현상과 이에따른 탈취효과는 본 CABR의 최대 특징으로 판단되어진다.^{22),23)}

표 3. P-CABR의 화학적 변화

분 석 항 목	투 입 분 뇨 (mg/ℓ)	배 출 액 (mg/ℓ)	전배출액 / 전투입분뇨 × 100 (%)	
BOD ₅	55,687	11,500	13	
COD _{Mn}	5,210	5,675	68	
Kjel-N	1,937	3,410	110	
NH ₄ -N	728	457	39	
NO ₃ -N	53	105	123	
P	1,250	2,250	113	
Acetic acid	4,687	171	2	
Propionic acid	1,187	30	2	
Butyric acid	978	11	1	
Valeric acid	569	N.D*	0	

N.D* : Not Detected

다. P-CABR의 생물학적 특징

연속발효처리중 온도상승에 따른 미생물상의 변화를 표 4에 나타내었다. 미생물상의 가장 큰 변화는 투입분뇨에 비해 배출액내에 50℃상에서 생존하는 고온성 세균의 비율이 높게 증가됨을 알 수 있다. 이러한 증가현상은 중온상태에서의 처리후 온도의 상승이 고온 발효균주의 폭발적 증식에 기여함을 간접적으로 시사하고 있음을 말하고 있다. 미생물상의 변화는 금후 처리시간 변화에 따라 구체적으로 연구되어질 예정이다.

표 4. P-CABR의 생물학적 변화

분 석 항 목	미생물 균수(cell/ml)	
	투 입 분 뇨	배 출 분 뇨
중 온 균	3.4×10^7	6.5×10^7
고 온 균	8.5×10^9	2.0×10^7
광합성세균	1.1×10^2	9.0×10^2
장 내 세 균	1.6×10^9	3.5×10^2
사 상 균	6	불검출

2. 발효균주의 배양

발효균주인 광합성세균의 Lab-scale 배양은, 사용되어지는 배지의 최적배지성분에 관한 연구와 최적배양조건을 도출하는 연구를 중심으로 수행되어졌다. 초기 300ml의 삼각flask 실험을 통해 ① C/N비, ② C의 농도, ③ C원의 종류, ④ C, N, P의 이용율, ⑤ 각종 미네랄과 색소의 발색도, ⑥ 최적계대배양시간, ⑦ 최적 pH조건, ⑧ 최적 rpm, ⑨ 최적 Lux(광도), ⑩ 광종류, ⑪ 균주보존방법(상온, 냉장, 냉동, 건조), ⑫ 균수 간이측정방법(MPN), ⑬ 균주의 내열, 내염, 내독성, ⑭ 균주의 배양기간중 영양상태별 형태변화 등이 검토되어진 후 최적조건하에서 2.5 l Jar-Fermentor 실험이 진행되었다 (사진 2).

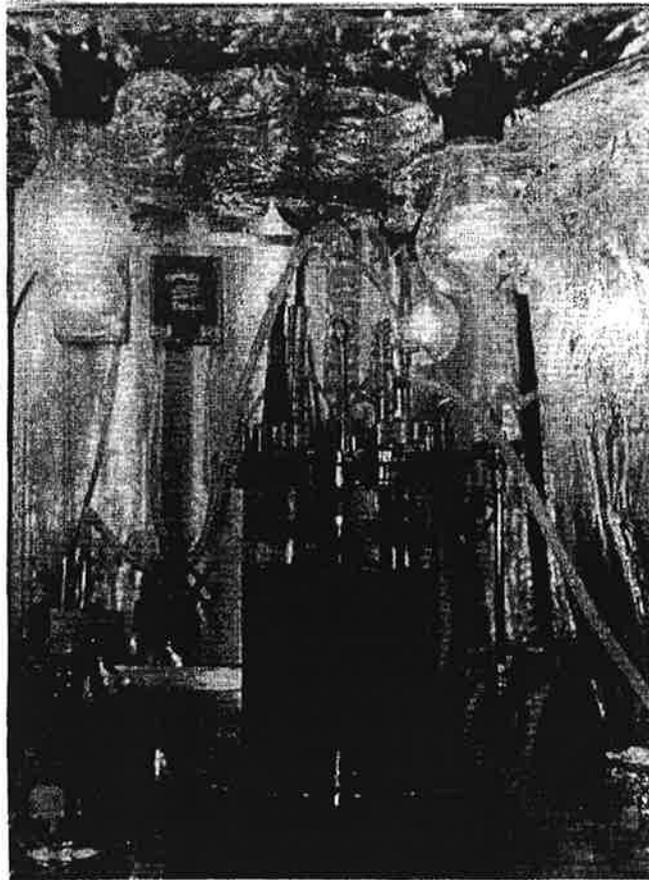


사진 2. 발효균주의 Lab-scale 배양

한편 2.5ℓ Jar-scale에서 성공적으로 계대배양되면서 광합성세균을 250ℓ Pilot-scale로 Scale-up하여 대량생산에 이르게 되었다(사진 3). 본 대량 생산된 발효균주(광합성세균)는 농축저장되어진 후 F-CABR의 접종균주로 본 연구기간 동안 현장에서 사용되어졌다.

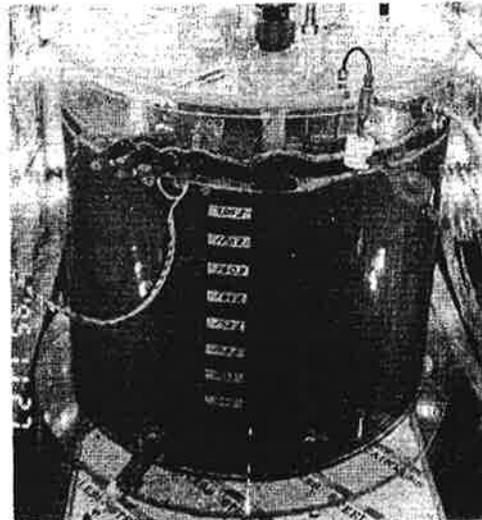


사진 3. 발효균주의 대량생산기술

3. P-CABR 발효처리물의 세척수이용효과

고압세척기를 이용하여 발효처리액을 세척수로 이용하면서 돈사내 변화는 세척수를 사용하기전에 비하여 돈방내 잔존분의 제거와함께 악취의 취기농도가 현저하게 저하되었다는 점이다(사진 4). 돈사내의 취기농도는 현장에서 작업하는 작업자와 사육되고 있는 가축(양돈)에 있어서 작업환경, 사육환경면에 대단히 중요하다. 특히 잔존분뇨의 문제점은 해충발생과 양

돈의 질병을 유발한다는 점에 있어서 부정적 요소이나, 발효세척수의 사용으로 인해 해충과 질병의 발생율이 현저하게 줄었으며, 이러한 현상은 농가의 사육효율의 향상이라는 경제성과 관련이 매우 깊다. 또한 발효처리액의 세척수이용은 돈사내 수분증발의 부차적인 효과를 가져다주므로 양돈의 무방류처리 방법으로도 매우 유효하다고 판단되었다. 농가현장에서의 세척수 이용성에 대한 연구결과는 정확한 자료보다는 경험에 의존하는 바가 비교적 크지만 향후 이와 관련된 구체적연구가 필요하다고 판단되어지며, 이를 위한 현장의 경험적 기초자료로서 매우 귀중한 체험으로 판단되었다.



사진 4. P-CABR발효처리물의 세척수이용

4. F-CABR 발효처리물의 강제송풍건조효과

F-CABR로부터 발생된 발효처리액의 이용방법 중 하나로 액비, 세척수이용이외에 비료로서의 저장성과 이동성을 높이기위해 강제송풍건조시설을 설치하였으며, 외기온도에 따른 년중최저중발건조량을 도출하여 중발건조 최대면적을 산출하였다.

콘크리트 건조상위에 15cm정도의 톱밥층과 간단한 송풍시설을 이용하여 6kg/m²·日 ~ 12kg/m²·日의 발효처리액을 산포, 매일 건조현상을 분석 하였다. 본 건조시설은 일반 외기조건하에서 수행되고 있으나 건조 처리효율을 기초로, 향후 대형 건조시설 설치시 기초자료로 이용코자 하였다.

'96년 10월 ~ 11월 약 30일간 상기서술된 방법으로 처리된 발효처리액의 건조효과는 다음과 같다(표 5).

표 5. 간이 송풍시설을 이용한 발효처리액의 건조효과

실시기간 : '96. 10月 - 11月(30일간)

조사내용	처리구 I	처리구 II
1일발효처리물 총 투입량	6kg/m ² ·日	12kg/m ² ·日
처리기간	30일	30일
총 발효물 수분투입량	810kg	1620kg
건조상 최초수분 잔존량	35kg	35kg
건조상 30일후 최종잔존량	259kg	300kg
총 중발량	545kg	1350kg
중발량(kg/m ² ·日)	3.6kg	9kg

* 처리구 I, II 공히 건조면적은 5m²

제 3 장 F-CABR 연구

1차년도 발효균주의 배양조건 확립과 함께 500두 소규모양돈농가에서의 P-CABR실험을 통해 물리, 화학, 생물학적 특성이 밝혀졌다. 현재 국내 양돈농가에서 분뇨처리시 최대문제점은 분뇨에 함유된 수분을 어떠한 방법으로 처리할 것인가에 대한 것과, 분뇨의 액비이용시 발생악취로인한 민원문제를 어떻게 극복할 수 있는가, 즉 수분과 악취가 최대 걸림돌이 되고 있다. P-CABR실험을 통해 밝혀진 바와같이 본시스템의 특징은 물리적으로는 수분의 감량효과이며, 화학적으로는 악취물질인 휘발성저급지방산(VFA)의 제거를 통한 탈취효과라 할 수 있다. 따라서 P-CABR시스템을 Scale-up하여 3,000두 양돈농가에 F-CABR를 설치, ①P-CABR와 같은 동일한 효과의 재현성, ② 1일최대증발량, ③ 최대증발량 재현을 위한 F-CABR의 Operation manual, ④ Operation Time에 따른 휘발성저급지방산의 농도변화 추이, ⑤ F-CABR설치전후의 농가 경제성 영향 등을 분석할 목적으로 다음의 실험을 계획하였다.

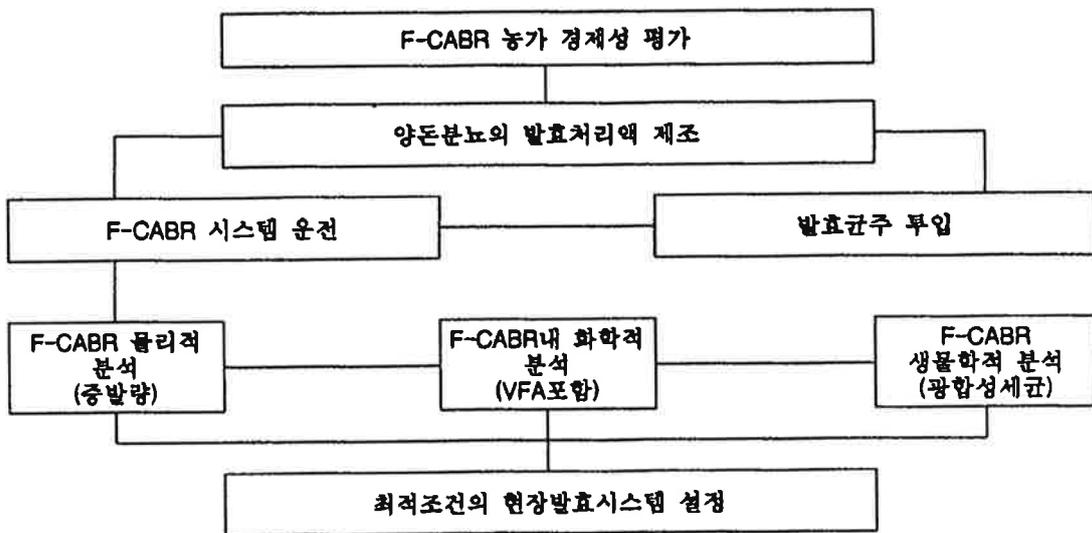


그림 3. 현장발효시스템(F-CABR) 연구계획

제 1 절 실험내용 및 방법

1. F-CABR 현장적용 및 운전조건 확립

F-CABR는 양돈 3,000두 농가에 설치하여 '96. 2月부터 '96. 10月현재 매일 가동중에 있다. F-CABR의 크기는 가로×세로×높이 각각 3m×12m×2.0m(H)의 사각형으로 내부는 P-CABR와 같은 스텐레스재질로 제작되었다(사진 5).

F-CABR내 설치된 펌프는 전체 130~200m³/h의 송풍유입이 가능한 시설이며, 소포기는 F-CABR상부에 총 4대가 설치되었다. 접종균주는 매일 투입분뇨 m³당 10~30g(10¹²Cell/g)정도이다. F-CABR의 운영방법과 운영원리는 P-CABR와 동일하나, 면적이 P-CABR에비해 약 3.5배 정도 크므로 그에따른 1일 분뇨투입량, 운전소요경비 등이 Scale-up되었다.

F-CABR에서의 연구는 크게 물리적 분석과 화학적 분석, 생물학적 분석으로 나뉘어지며, 각 분석방법은 P-CABR와 동일하다. 단 P-CABR운영과 다른점은 최대증발량($l/m^2 \cdot \text{日}$)의 도출과 최적 운영조건을 도출함으로써 실제 양돈 농가에서의 현장적용가능성을 시험하고자 함에 있다.

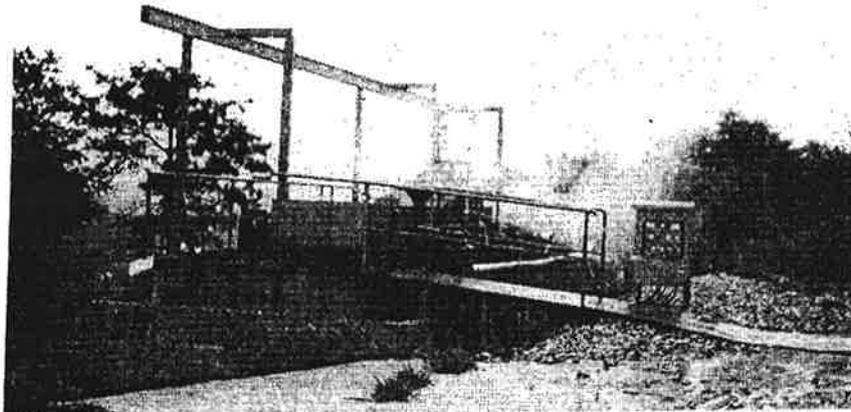


사진 5. F-CABR의 설치모습

2. F-CABR 이용에 따른 농가의 경제성 분석

F-CABR의 설치 전후를 경제성을 중심으로 비교분석하였다. 각 비교분석 항목은 약품비, 출하일령, 후보돈 구입비, 복당이유두수, 이유후 폐사두수 등의 생산비 비교와, 시설비, 소요면적, 동력비, 균주대, 톱밥, 시설상각비 등을 포함한 타시설과의 비교 및 기타 냄새, 파리, 인력, 민원 등의 무형의 효과를 톱밥돈사와 비교하였다.

단, 두 시설의 비교는 1,000두 규모를 기준으로 평가하였다.

제 2 절 연구개발 결과

1. F-CABR 현장적용 및 운전조건 확립

F-CABR의 운전조건 중 대표적인 예를 표 6에 나타내었다. '96년 2월부터 '96년 10월 현재까지 매일운영상태를 상주하면서 분석한 결과를 보면, F-CABR의 최적운영조건은 투입분뇨의 TS(%), F-CABR 초기온도, F-CABR 내 투입분뇨량, F-CABR내 분뇨수위에의해 결정되며, F-CABR내 TS(%)함량 차에 따른 물리적 변화 및 각 운영조건하에서의 증발량을 표 7에 나타내었다.

최적조건하에서의 TS(%) 함량은 6.5%(4.0 - 7.5%)이며, 이때 증발량은 F-CABR 면적당 100 - 150 ℓ/m^2 ·日이었다. 현재 설치된 F-CABR의 면적이 36 m^2 이므로 매일 평균적으로 3.6t - 6.0t이 증발됨이 밝혀졌다.

한편 수분함량이 97%(TS 3%)인 슬러리인 경우는 40 ℓ/m^2 ·日 정도가 증발되므로 수분이 다량 함유된 슬러리인 경우는 1일 1.5t정도 증발되며, 이때 슬러리의 처리액은 탈취된 상태이므로 탈취된 발효액비의 생산 목적으로도 유효함이 밝혀졌다.

표 6. TS(%)함량에 따른 F-CABR의 물리적변화

TS(%)	최고수위(cm)	최종수위(cm)	처리량(cm)	최종온도(℃)	pH	침도(CP)
8.7	78	53	25	67	8.0	0
8.1	100	85	15	62	8.4	0.2
7.3	87	70	17	65	7.2	0
7.1	90	70	20	67	8.6	0.2
7.1	85	70	15	64	8.6	0.4
6.6	88	70	18	-	8.4	0.4
6.3	98	50	48	60	7.8	0
5.7	78	47	31	69	8.4	0
5.3	87	65	22	64	8.3	0
4.7	75	30	45	56	8.2	0
4.7	80	60	20	62	9.0	0
4.6	112	84	18	65	8.3	-
4.0	103	91	12	58	8.5	-
3.7	126	113	13	66	8.2	-
2.8	126	114	12	63	8.2	-
2.0	125	119	6	57	8.6	-

표 7. F-CABR에 의한 분뇨 증발량 예

월일	분뇨 투입량(t)	분뇨투입후 수위(cm)	투입직후 온도(℃)	투입후 TS(%)	처리후 수위(cm)	배출량	pH	외부온도 (℃)	가동중 수위변화 (cm)
9/ 9	-	-	-	-	54	-	-	27	
9/10	5	69	58	7	51	1.5	9.0	26	18
9/11	4.2	63	63	8.3	43	1.6	8.5	26	20
9/12	10.8	80	42	10	48	3.3	8.6	26	32

- 처리기간 : 9/10 ~ 9/12(72h)
- 분뇨 총투입량 : 20t
- 분뇨 총배출량 : 6.4t
- 수위 변화량 : 54 - 48 = 6cm(2.16t)
- 총 증발량 : 20t - 6.4t + 2.16t = 15.76t
- 1일 증발량 : 15.76t ÷ 3 = 5.25t
- 1일 m²당 증발량 : 146 ℓ/m²·日

한편 F-CABR 운영중 화학적, 생물학적 변화에는 표 8. 표 9에 나타내었다.

표 8. 양돈분뇨의 F-CABR 처리에 따른 화학, 생물적 변화

비 고	일시	물 리		화 학(ppm)			생 물(CFU/ml)			
		온도(℃)	TS(%)	VFA	BOD	COD _{Cr}	중온세균	고온세균	곰팡이	광합성균
투입직후 CABR내부	5/3	55	3.4	995	22,150	48,251	8.8×10^{11}	2.8×10^{11}	1.4×10^4	N.D
	6/7	60	1.4	300	6,800	44,050	1.1×10^{12}	4.2×10^{11}	2×10^4	N.D
Efflux 처리물	5/3	55	3.4	500	16,105	51,400	5×10^7	3.2×10^9	N.D	9.3×10^3
	6/7	60	1.4	600	4,800	40,400	4.6×10^9	5.4×10^{10}	N.D	10^1

표 9. 양돈분뇨의 F-CABR 처리에 따른 화학, 생물학적 변화

A: F-CABR내부

('96. 9. 20 ~ 21)

시간	F-CABR 온도(℃)	TS(%)	pH	COD Cr(ppm)	BOD (ppm)	VFA	T-N (ppm)	NH ₄ -N (ppm)	NO ₃ -N (ppm)	T-P (ppm)	PO ₄ -P (ppm)	중온균 (수/ml)	고온균 (수/ml)	광합성 세균 ^M (수/ml)
9:00	64	8.3	8.6	75,514	11,000	N.D	4,480	1,674	81	1,171	79	4.5×10^{12}	5×10^8	9.3×10^5
11:00	60	9.3	8.5	67,003	11,200	N.D	3,323	1,585	85	983	76	1×10^{11}	2×10^9	4.3×10^3
17:00	62	9.0	8.6	87,635	13,400	N.D	3,843	1,936	90	1,592	90	2.5×10^{10}	5×10^{12}	2.3×10^1
23:00	63	8.5	8.6	66,475	10,400	N.D	3,105	1,798	105	1,246	134	9×10^{10}	8×10^{12}	4.0×10^0
5:00	64	8.1	8.7	72,938	11,000	N.D	3,095	1,674	76	867	42	3×10^{10}	1.5×10^{12}	N.D
9:00	63	7.8	8.6	69,031	11,274	N.D	2,810	1,487	117	1,298	151	3.6×10^{10}	2.4×10^{12}	N.D
잔존물(%)		17	-	16	19	-	11	16	26	20	34	-	-	-

시간	COD _{Cr} (ppm)	BOD ₅ (ppm)	VFA	pH	NO ₂ -N (ppm)	NH ₄ -N (ppm)	NO ₃ -N (ppm)	T-N (ppm)	PO ₄ -P (ppm)	T-P (ppm)	중온균 (수/ml)	고온균 (수/ml)	광합성 세균 [※] (수/ml)
23:00	67,140	11,424	N.D	8.77	4.96	1,965	97.7	2,624	98.7	1,222	2.5 × 10 ¹⁰	1 × 10 ¹¹	4.3 × 10 ⁰
5:00	70,319	10,256	N.D	8.90	4.67	1,753	87.1	3,171	56	757	6 × 10 ¹⁰	1.5 × 10 ¹¹	4.3 × 10 ¹
9:00	64,386	11,381	N.D	9.01	9.01	1,680	106	2,803	122	1,287	-	-	N.D

N.D = Not detected ※ 투입슬러리내 광합성세균은 1.3 × 10⁶ cells/ml

CABR에 분뇨투입직후부터 CABR내부의 변화와 외부배출액비(Efflux)의 변화를 검토해본 결과, 온도상승에 따라 중온, 고온세균간의 균체농도비는 고온균이 100배정도 상승하였으며 투입전의 분뇨내 VFA함량은 12,000ppm에서 발효처리물(Efflux)의 VFA는 500 - 600ppm으로 95%이상 제거되고 특히 가동 14h후의 악취성 VFA는 검출되지 않아 CABR처리는 양돈분뇨의 악취제거에 탁월한 효과가 있음이 증명되었다(표 8).

표 9은 처리 1일간 분뇨투입직후부터 다음날 분뇨투입전까지의 1일간 F-CABR내의 분뇨 이화학적성상을 시간별로 분석한 것이다. 돈사의 슬러리내에 발효균주를 투입하여 휘발성저급지방산(VFA)를 대부분 제거한 후 투입한 F-CABR내 처리물의 TS(%)가 약 8%인 상태에서 가동한 결과, VFA는 거의 검출되지 않았으며, T-N의 함량은 약 89%가 외부로 배출되었으며, NH₄-N는 84% 정도 외부배출되었고, NO₃-N는 호기처리로 인해 점차 농도가 증가하는 경향을 보이고 있으나 외부배출량은 74%정도였다. 이는 호기처리에 의한 유기태 질소의 무기화반응과 NH₃의 탈기 및 배출액의 배출에 의한 결과로 판단되어진다. 한편, T-P의 농도 증가는 중발로 인한 무기물의 농축현상에 기인하는 것으로 사료되어지나, T-P역시 내부잔존률은 20% 정도에 불과하였다. 한편 중온균의 수는 10²정도 낮아지며, 고온균은 초기에 비해 10⁴정도 증가하여 고온균/중온균의 비가 초기보다 높아지는 것은 고온 처리에 의한 균상의 변화로 해석된다. 집종균주인 광합성세균의 균주

는 초기에 비해 24h 처리후 거의 검출되지 않는 것은 광합성세균이 증온균으로 처리기간중 사멸또는 불활성화함에 기인하는 것으로 판단되어 악취제거목적의 균주의 투입은 슬러리 돈사내에서 처리함이 타당하며, F-CABR내에서의 고온처리시는 매일 투여할 필요가 있다고 판단된다.

2. F-CABR 이용에 따른 농가의 경제성 분석

F-CABR 시스템의 설치에 따른 농가의 경제성을 생산비 비교, 타시설과의 비교, 무형의 효과에 대한 비교를 통해 분석해 보았다. 분석한 자료는 1,000두 일관경영을 기준으로 산출하였으며, 산출한 자료는 표 10, 표 11, 표 12에 나타내었다.

표 10. F-CABR도입에 따른 양돈농가의 생산성 비교

단위금액 : 천원/월

항 목	CABR 도입전	CABR 도입후	차 이
① 약품비	980	810	+170
② 출하일령	93(193일)	(180)	+93
③ 후보돈 구입비 (교체율 %)	968(33%)	736(25%)	+232
④ 복당 이유두수	(8.8두)	(9.2두)	+323
⑤ 이유후 폐사두수	630(7두)	450(5두)	+180
차 액	998천원/월 × 12개월 = 1,200만원/년 = 비육돈생산비의 5%		

표 10의 산출근거

①	소독제, 백신제, 항생제, 치료제, 사료첨가제 기타 포함
②	$\begin{aligned} & \text{우 } 110\text{두} \times 2.2\text{회/우/년} \times 8.9\text{두 출하/복} \times (193-75)\text{일} = 254.148\text{일} \\ & \text{우 } 110\text{두} \times 2.2\text{회/우/년} \times 8.9\text{두 출하/복} \times (180-75)\text{일} = 226.149\text{일} \\ & (254.148 - 226.149)\text{일} \div (15\text{두} \times 350\text{일/돈방}) = 5.3\text{비육방} \\ & \text{즉, 출하일령 } 193\text{일 대비 } 180\text{일 출하는 } 15\text{두 비육돈방 } 5.3\text{방이 줄어드는 결과를 보인다.} \end{aligned}$ $\begin{aligned} \text{건축상각비 절감} & : 5.3\text{방} \times 5.5\text{평/방} \times 260,000\text{원/평} \div 8\text{년} \div 12\text{개월} = 8,000\text{원/월} \\ \text{소독약} & : 30,000\text{원/회} \times 5\text{회/월} \times 10\% = 15,000\text{원/월} \\ \text{작업인건비 절감} & : 700,000\text{원/월} \times 10\% = 70,000\text{원/월} \end{aligned}$ <p>※ 작업인건비는 육성비육사 전담 1인 작업으로 보고 10%비중</p> $8,000 + 15,000 + 70,000 = 93,000\text{원/월}$
③	$\begin{aligned} & \text{도입전 } 110\text{두} \times 33\%/년 \div 12\text{개월} \times 320,000\text{원/두} \\ & = 3\text{두/월} \times 320,000\text{원/두} = 968,000\text{원/월} \\ & \text{도입후 } 110\text{두} \times 25\%/년 \div 12\text{개월} \times 320,000\text{원/두} \\ & = 2.3\text{두/월} \times 320,000\text{원/두} = 736,000\text{원/월} \end{aligned}$
④	$\begin{aligned} & \text{복당포유개시 } 9.6\text{두 이유자돈생산비 } 40,000\text{원/두} \\ & [40,000\text{원/두} \times (9.2-8.8)\text{두}] \times [110\text{두} \times 2.2\text{회/우/년} \div 12\text{개월}] \\ & = 323,000\text{원/월} \end{aligned}$ <p>포유자돈, 이유자돈 설사는 급격히 감소됨</p>
⑤	<p>[농장규모 : 모돈 100두(약 1,000두) 월간평균 폐사두수 원가임]</p> <p>이유자돈 원가 40,000원/두, 비육돈원가 140,000원/두</p> $(140,000-40,000)/2 + 40,000 = 90,000\text{원/두} : \text{폐사돈 평균원가}$

표 11. F-CABR와 타시설과의 비교

단위금액 : 천원/월

구분	톱밥돈사	CABR
① 시설비	20,500	38,000
② 소요면적	50평	15평
③ 동력비	700	200
④ 균주대	150	500
⑤ 톱밥	200	
⑥ 시설상가비	340	517
합계(③④⑤⑥)	1,390	1,217
작업내용	톱밥넣기, 뒤집기, 균주보충, 옮기기, 발효, 판매상차	1. 돈분뇨 투입 2. 종말처리수 처분
장 점	1. 시설의 큰 변동없이 가능 2. 인력작업으로 가능	1. 냄새 완전 소멸 2. 파리발생 없음 3. 좁은 바닥면적 4. 유기농법과 연결 5. 손쉬운 관리

표 11의 산출근거

①	기계구입 : 8,000,000 톱밥 : 3,000,000 시설보완 : 5,000,000 종균비 : 1,000,000 기구, 자비 : 500,000 톱밥창고 : 3,000,000	기계설치, 시운전 35,000,000 분뇨탱크 기타 : 3,000,000
②	톱밥창고, 퇴비창고, 기계창고, 통로, 부지	기계설치, 분뇨탱크, 통로, 부지
③	기계운전인력과 연료비 기타	펌프 5HP, 소포기 1HP, 분뇨펌프 4HP전기료
④	수시로 보완살포	사료첨가용 200,000 CABR투입용 300,000
⑥	$8,000,000 \div 36\text{개월} = 222,000/\text{월}$ $8,500,000 \div 72\text{개월} = 118,000/\text{월}$ $= 340,000/\text{월}$	$35,000,000 \div 72\text{개월} = 486,000$ $3,000,000 \div 96\text{개월} = 31,000$ $= 517,000/\text{월}$

표 12. 양돈농가의 F-CABR 설치에 따른 무형의 효과

	톱밥돈사	CABR
냄새	발효시 독특한 냄새발생	악취는 전혀 없다 처리중 약간의 부숙취
파리	구조적으로 막을 수 없다	청소만 잘하면 없다
인력	1. 추가로 여러 가지 새로운 일이 생긴다 2. 뒤집기 등은 매우 어렵다 3. 힘든일은 싫어한다	전문기술 불필요
이웃주민관계개선	큰 문제는 사라지나 돈분뇨 냄새 아닌 다른 냄새는 나므로 불편한 관계 지속	냄새, 파리가 없어지므로 이웃과 좋아지게 된다
분뇨처리	톱밥돈사가 어려운 돈사는 다른 방법으로 돈분뇨를 처리해야 한다	하나의 Tank로 처리가능

제 4 장 CABR 발효처리고형물의 육묘상토개발

가축분뇨의 P-CABR에 대한 개발과제의 하나로 발효처리물의 이용성에 의한 연구는 크게 발효처리액상물의 양액재배 비료액으로의 이용과 발효처리고형물의 육묘상토 개발로 나뉘어 진다. 국내 채소, 화훼 농가에 있어서 각종 작물의 육묘상토는 상당부분이 외국에서 수입되고 있는 것으로 단순한 육묘상토 자재수입 이외에 외국으로부터의 유기물 투입이라는 문제가 있다. 즉 제한된 국토내에서 상당부분의 유기물자재 수입은 오염물질의 부하량을 높이기 하는 원인으로 국내생산 농산부산물을 대체재로 이용, 개발하는 것은 ① 자원의 재순환(Recycling)이라는 의미외에 ② 국내반입 유기물질 억제라는 면과, 또한 ③ 국외로 지불하는 외화의 유출을 억제하는 경제적 의미가 있다. 본 연구과제는 이러한 배경을 기초로 농축산 부산물을 이용한 육묘상토로서의 개발을 위한 기초연구이다.

제 1 절 실험내용 및 방법

1. F-CABR 발효처리고형물의 육묘상토이용기술 개발

본 연구에서 사용되어진 발효처리고형물은 F-CABR의 발효처리고형물로, 작물재배 시설은 강원도 춘천시 농촌진흥원내에 설치된 비닐하우스에서 실시되었다. 발효처리물을 육묘상토로서의 대체효과를 검토하기 위하여 실험은 1차와 2차로 나뉘어 수행되었으며 작업에 따른 구체적 수행방법은 아래와 같다.

가. 1차실험('96. 4. 27일 파종)

상토재료	부숙발효고형물 혼합(%)	공시작물
필라이트+버미큘라이트 (5 : 5)	0%	토마토 고추 결구상추
	1%	
팽연화 왕겨	2%	
시판상토(Bio Mix)	5%	

나. 2차실험('96. 9. 4일 파종)

상토재료	부숙발효고형물 혼합(%)	공시작물
피트모스+팽연화왕겨+훈탄 +필라이트 (3:3:2:2)	2%	토마토 고추 오이
	5%	
시판상토(Bio Mix)		

다. 부숙발효고형물의 화학조성

(단위 : ppm)

pH	BOD	T-N	NH4-N	NO3-N	T-P	PO4-P
8.6	11,274	2,810	1,487	117	1,298	151

< 주요 작업 일지 >

- '96. 4/ 9 : 부숙발효 고형물 재료 인수(600g)
- '96. 4/27 : 토마토, 고추 파종
- '96. 5/11 : 상토조제
- '96. 5/15 : 부숙발효 고형물 재료 인수(1.5kg 부족분)
- '96. 5/19 : 토마토, 고추이식(0.9cm 비닐포트)
- '96. 5/23 : 2차파종(72공 tray)
- '96. 6/17 : 생육조사 및 시료채취(2차파종후), 시료의뢰중(강원대학교)
- '96. 9/ 3 : 결구상추 파종
- '96. 9/10 : 오이 이식.
- '96. 9/16 : 토마토 이식
- '96. 9/20 : 고추 이식
- '96. 9/30 : 오이 묘소질 조사
- '96. 10/ 2 : 결구상추 묘소질 조사
- '96. 10/ 2 : 토마토, 고추 중간생육조사

제 2 절 연구개발 결과

1. F-CABR 발효처리고형물의 육묘상토이용기술 개발

가. 1차실험 결과

양분용출이 매우 적은 펄라이트, 질석, 팽연화 왕겨 등의 재료를 기본으로 하여 발효처리고형물을 각각 0, 1, 2, 5%씩 혼합하여 상토로 사용한 결과 펄라이트+질석 혼합비율 1%, 2%와 팽연화왕겨 1%구에서 초장, 엽수, 발아율, 생체중 등이 가장 좋았으나 양분 부족으로 시판상토에 비해 후기생육이 약간 떨어지는 결과를 나타냈으며, 혼합 5% 구에서는 펄라이트+질석, 팽연화왕겨구 모두 농도장해 현상을 보여 발효처리고형물의 혼합은 상토재를 보완한 상태에서 1~3% 정도가 적당한 것으로 판단되어 졌다.

표 13. 토마토에 있어서 발효처리고형물의 육묘효과

No.	처리		초장 (cm)	경경 (cm)	엽수 (매)	발아율 (%)	생체중 (g/10주)	전물중 (g/10주)
	상토재료	혼입수준						
1	펄라이트+질석	0	11.1	0.11	3.3	91.7	8.04	0.95
2	펄라이트+질석	1	18.9	0.17	4.1	91.7	20.25	2.03
3	펄라이트+질석	2	18.5	0.18	4.4	100.0	21.68	2.01
4	펄라이트+질석	5	12.5	0.09	4.1	91.7	13.56	1.14
5	시판상토		19.1	0.18	4.2	94.4	19.80	1.57
6	팽연화왕겨	0	13.6	0.13	3.8	86.1	12.08	1.06
7	팽연화왕겨	1	21.5	0.20	4.7	88.9	25.63	2.02
8	팽연화왕겨	2	10.9	0.07	4.0	80.6	6.53	0.57
9	팽연화왕겨	5	8.9	0.04	3.3	61.1	4.57	0.51

표 14. 고추에 있어서 발효처리고형물의 육묘효과

No.	처 리		초장 (cm)	경경 (cm)	엽수 (매)	발아율 (%)	생체중 (g/10주)	전물중 (g/10주)
	상토재료	혼입수준						
1	필라이트+질석	0	6.8	0.08	3.7	94.4	4.65	0.58
2	필라이트+질석	1	9.9	0.10	4.0	91.7	7.67	0.76
3	필라이트+질석	2	10.6	0.10	3.9	91.7	9.60	0.89
4	필라이트+질석	5	5.9	0.06	2.9	66.7	2.80	0.31
5	시판상토		16.2	0.08	4.7	91.7	15.00	1.28
6	팽연화왕겨	0	7.0	0.08	3.0	97.2	3.14	0.37
7	팽연화왕겨	1	11.3	0.10	3.9	86.1	6.52	0.56
8	팽연화왕겨	2	6.3	0.10	2.9	63.9	2.70	0.27
9	팽연화왕겨	5	3.68	0.07	2.4	38.9	1.40	0.16

표 15. 결구상추에 있어서 발효처리고형물의 육묘효과

No.	처 리		초장 (cm)	엽수 (매)	생체중 (g/10주)
	상토재료	혼입수준			
1	필라이트+질석+ 팽연화 왕겨 = 3 : 3 : 4	0	2.8	2.7	0.71
2		0.5	3.8	3.0	1.20
3		1	5.5	4.0	3.56
4		2	5.4	3.1	2.23
5	시판상토(Bio Mix)		12.1	4.4	11.16

표 16. 1차 실험의 상토재료 및 식물체분석

◎ 상토재료

처 리	pH	EC	치환성양이온(me/100g)			유효인산 (ppm)
			K	Ca	Mg	
2% 혼입	6.0	0.2	1.06	0.33	0.82	2,812
5% 혼입	7.2	0.6	3.79	0.35	1.15	3,513
시판상토	5.3	0.4	1.61	0.45	1.69	3,084

◎ 식물체 축적량(치환성 양이온)

처리	고 추			토 마 토		
	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
2% 혼입	0.94	0.50	0.69	0.62	0.52	0.47
5% 혼입	1.02	0.72	0.79	1.11	0.68	0.74
시판상토	1.06	0.72	0.69	0.59	0.72	0.69

나. 2차실험 결과

피트모스+팽연화왕겨+훈탄+펠라이트(3 : 3 : 2 : 2)를 일정 비율로 혼합한 재료를 기본으로하여 각각 2.5%의 부숙고형물을 혼합한 것을 상토로 이용하여 육묘한 결과, 토마토와 고추는 2% 혼합처리구에서 시판상토와 대체로 유사한 육묘반응을 나타냈으며, 오이의 경우는 2%, 5% 혼합처리 모두 시판 상토보다 우수한 효과를 나타내었다(사진 6, 사진 7, 사진 8).

오이의 경우 5% 혼합처리구에서 엽색이 진한 녹색이며, 생육이 매우 우수함에 반해, 토마토와 고추의 경우 5%처리구에서 농도장해가 나타나는 것은 질소과다에 의한 것으로 사료되며, 현재 작물체내, 상토묘소질 분석 중에 있다.

표 17. 작물별 발효처리고형물의 육묘효과

(10월 2일 1차조사)

작목	발효처리고형물혼입수준	초장 (cm)	엽수 (매)	경경 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	생체중 (g/10주)	pH	EC	비고
고추 (22일육묘)	2%	8.1	3.9	0.13	-	-	3.8	-	-	-
	5%	6.1	3.3	0.11	-	-	3.5	-	-	농도장해
	시판상토	9.5	4.2	0.16	-	-	7.2	-	-	-
오이 (20일육묘)	2%	31.4	3.6	0.58	12.2	15.7	124.0	6.0	0.2	농
	5%	33.4	4.1	0.59	12.8	15.7	132.5	7.2	0.6	농륙
	시판상토	29.6	3.8	0.56	11.6	14.7	115.0	5.3	0.4	담륙
토마토 (22일육묘)	2%	25.3	6.3	0.48	-	-	43.0	-	-	-
	5%	17.5	5.7	0.33	-	-	21.0	-	-	농도장해
	시판상토	32.4	6.1	0.49	-	-	72.0	-	-	-

※ 기본상토재료 = 피트모스:팽연화왕겨:훈탄:펠라이트 = 3:3:2:2

(10월 23일 2차조사)

작목	발효처리고형물혼입수준	초장 (cm)	엽수 (매)	경경 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	생체중 (g/주)	비고
고추	2%	18.2	8.9	0.25	-	-	4.3	-
	5%	11.3	6.1	0.17	-	-	2.5	농도장해
	시판상토	26.5	10.2	0.33	-	-	7.5	-
토마토	2%	43.6	7.8	0.51	-	-	19.9	-
	5%	35.6	10.0	0.51	-	-	17.9	농도장해
	시판상토	51.6	9.5	0.51	-	-	23.9	-
오이	2%	31.4	3.6	0.58	12.2	15.7	124.0	농
	5%	33.4	4.1	0.59	12.8	15.7	132.5	농륙
	시판상토	29.6	3.8	0.56	11.6	14.7	115.0	담륙

(11월 17일 3차조사)

작물	발효처리고형 물혼입수준	초장 (cm)	엽수 (매)	경경 (cm)	1단착과 절위(cm)	1단높이 (cm)	1단계화소 요일수 (일)
고 추	2%	94.9	16.3	0.97	7.3	51.7	61.7
	5%	90.3	17.3	1.07	8.3	39.7	62.7
	시판상토	106.9	16.3	0.97	8.3	54.0	54.7
작물	발효처리고형 물혼입수준	초장 (cm)	분지수 (개)	경경 (cm)	엽장 (cm)	엽폭(cm)	
토 마 토	2%	40.6	14.7	0.5	9.9	4.7	
	5%	23.5	9.8	0.4	8.8	4.3	
	시판상토	48.8	14.0	0.6	11.3	5.2	

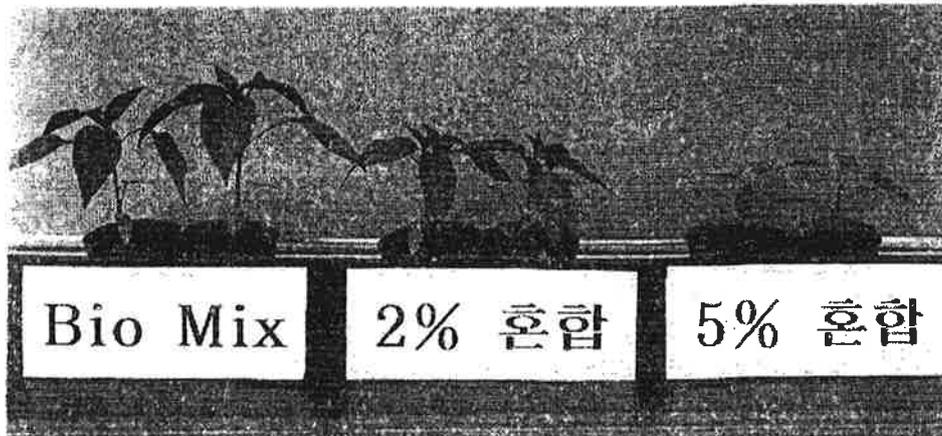


사진 6. 발효처리고형물을 이용한 고추의 육묘실험

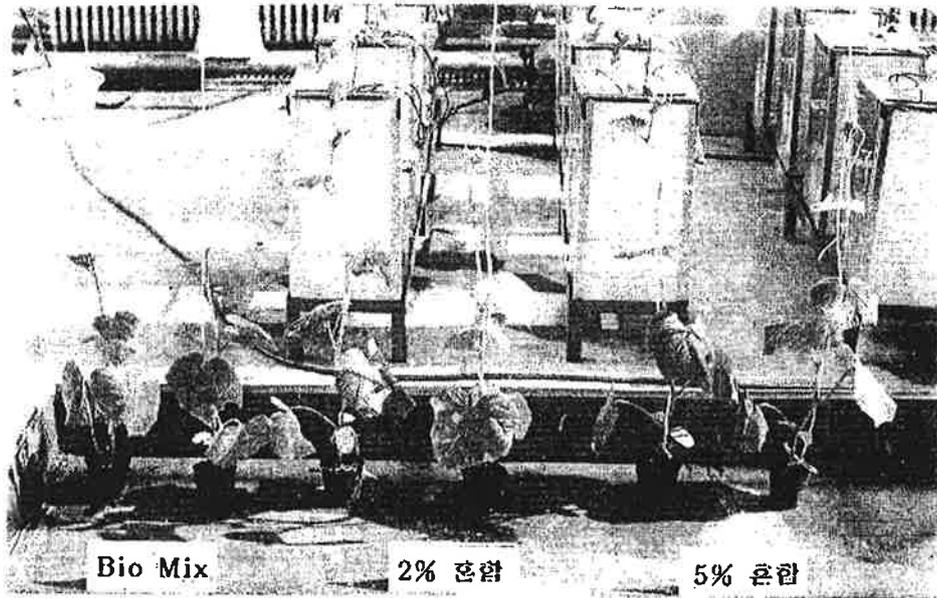


사진 7. 발효처리고형물을 이용한 오이의 육묘실험

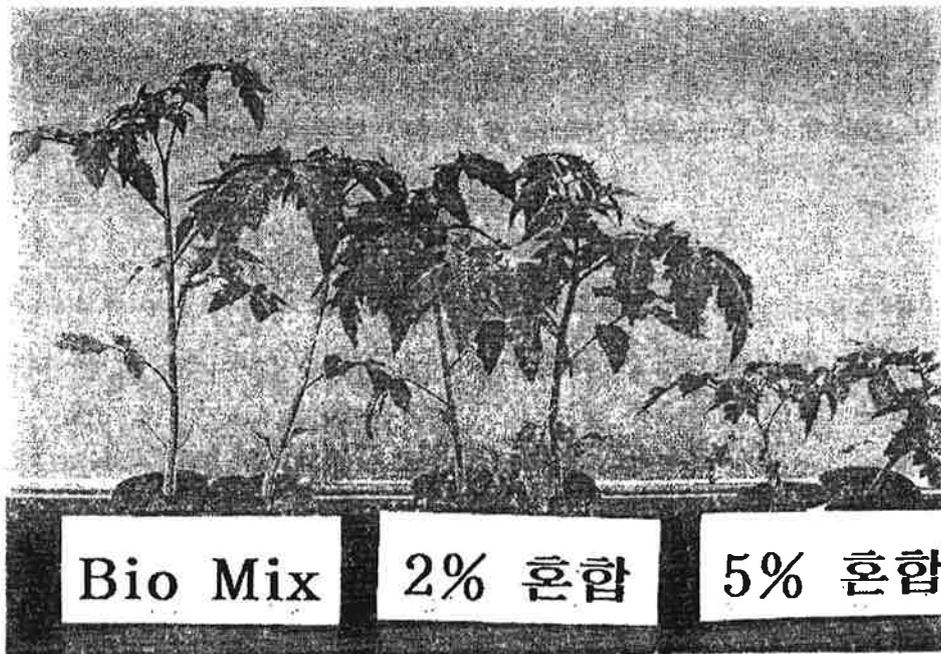


사진 8. 발효처리고형물을 이용한 토마토의 육묘실험

발효처리 고품질의 육묘상토개발연구에대한 결과요약은 다음과 같다.

가. 가축분뇨는 질소 및 인산이 주성분으로 재활용할 경우 환경부하량을 줄일수 있으며, 부족한 성분을 보완할 경우 상토 혼합재료 및 타용으로 활용 가능함.

나. 육묘 효과는 피트모스 + 팽연화왕겨 + 펄라이트 + 훈탄(3:3:2:2)를 섞은 재료를 기본으로하여 5%의 부숙발효 고품질을 섞을 경우 오이에서는 가장 좋은 생육반응을 보였으나 고추, 토마토에서는 생육이 불량하였고 2%의 부숙발효 고품질을 섞을 경우 오이에서는 시판상토보다 좋았으나 토마토, 고추에서는 약간 떨어졌다.

다. 오이의 경우 5%는 농록, 2%는 녹, 시판상토는 담록으로 5%에서 가장 진했으나 지나친 수준은 아니었다.

라. 토마토재배시험에서 2% 혼합구는 초장이 짧고 1단 착과절위가 낮았으며 1단 개화시는 7일 정도 늦었으나 현재 생육상황으로 2단 개화는 시판상토와 비슷할 것으로 예상된다.

마. 고추재배시험에서 5% 처리구는 생육이 매우 저조하였고, 2%처리구에서 초장이 짧고 분지수가 0.7개 많아 앞으로의 생육여하에 따라 시판상토보다 수량성이 좋을 것이 기대된다.

제 5 장 CABR 발효처리액상물의 농지환원기술개발

최근 집약적 가축사육으로 인한 최대 문제점은 가축분뇨를 처리하는데 환경적으로, 경제적으로 실용적이어야 한다는 점에 있다.^{1),3)} 과거에는 소량의 가축분뇨를 비료로서 재이용하여 유기물질의 재순환이라는 자연순환의 원칙에 순응한데 반해, 최근 일시 다량의 분뇨배출은 톱밥이나 왕겨와 같은 부자재를 이용한 퇴비화방식의 필요성을 역설케 하였다. 본 연구에서 이용되고 있는 연속발효시스템(CABR)은 수분감량화, 악취제거, 물질의 안정화를 이룬 것으로 일체의 부자재를 필요치 않으며, 비료 특히 액비로서 농가에 이용될 수 있어 새로운 분뇨처리물로서 그 이용성이 검토되어야 할 것이다.^{19),20)} 과거의 액비방법은 단순한 저장액비방법 또는 간헐적 호기처리를 통해 물질이 안정화되어 있지 못한 이유로 농지환원시 악취의 발산으로 여러 민원의 원인이 된 것은 사실이다. 더구나 미부속된 액비는 작물의 발아 또는 생육에 악 영향을 미치게 되므로 이러한 현상을 미연에 방지하기 위해서는 반드시 액비이용성에 대해서 다각적으로 검토되어야 한다.^{6),11),12)}

본 장에서는 연속발효시스템(CABR)으로 발효처리된 양돈분뇨의 발효처리액상물(이하 Efflux)의 비료이용성에 대해 농지환원을 위한 기초자료를 삼고자 수경, 토경재배를 통한 시험 결과를 보고한다.

제 1 절 실험내용 및 방법

1. P-CABR 발효처리액상물의 배지경 기초기술 확립

가. 발효처리액상물의 준비

발효처리액상물(Efflux)은 P-CABR 시스템으로부터 배출된 발효처리물을 4℃에 냉장보관하여 작물재배시험에 공시재료로 사용되었다.

나. 발효처리액상물의 화학적 성분

Efflux의 화학적 성분은 작물재배에 필요한 영양분의 균형을 보완하기 위해 필수적이다. Efflux의 각 성분의 분석은 제 2 장 CABR의 분석항목에서 밝힌바와 같으며, 단 Ca, Na, Mg 등 무기이온의 분석은 원자흡광광도계를 이용, 분석하였다. Efflux의 원소성분함량은 표 18에 나타내었다.

표 18. CABR 시스템의 발효처리액상물 화학성분

(농도 ppm)

조성성분	농도	조성성분	농도
NH ₄ -N	457	Mg	740
NO ₃ -N	105	Na	384
Org-N	2,953	Fe	234
Total - N	3,515	Zn	50
T-P	1,878	Mn	28
K	1,596	Cu	19
Ca	2,742	Cd	0.002

다. 수경재배, 토경재배 시험배양액 준비

Efflux의 원소함량을 기준으로 두가지 형태의 화학비료구(속효성 화학비료구, 완효성 화학비료구)를 설정한 뒤, 속효성 화학비료구를 "CHM", 완효성

비료구를 “CDU”로 명명하고, Efflux의 수경재배액으로서의 이용가능성을 화학비료구와 비교 검토하였다. Efflux, CHM, CDU 각 수경재배용액의 화학성분은 표 19, 표 20와 같다.

표 19. 작물재배 배양액의 화학적 조성

Efflux		CDU		CHM	
Component	Content (mg/ℓ)	Component	Content (mg/ℓ)	Component	Content (mg/ℓ)
NH ₄ -N	457	(NH ₄) ₂ SO ₄	2,155	(NH ₄) ₂ SO ₄	2,155
NO ₃ -N	105	KNO ₃	757	KNO ₃	757
Organic-N	2,953	CDU mixed [*]	6,464	NH ₄ NO ₃	2,954
Total-P	1,878	Na ₂ HPO ₄	6,234	Na ₂ HPO ₄	8,602
K	1,596	KCl	1,001	KCl	2,473
Ca	2,742	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	16,178	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	16,178
Mg	740	MgSO ₄ ·7H ₂ O	7,552	MgSO ₄ ·7H ₂ O	7,552

* CDU mixed fertilizer composed of N(8% from CDU and 8% from (NH₄)₂HPO₄), P(8% from (NH₄)₂PO₄) and K(12% from K₂SO₄).

표 20. 작물재배 배양액의 원소함량

Element	Content(mg/ℓ)		
	Efflux	CDU	CHM
N	3,515	3,515	3,515
NH ₄ -N	457	974	974
NO ₃ -N	105	2,024	2,541
Organic-N	2,953	517	0
P	1,878	1,878	1,878
K	1,596	1,592	1,586
Ca	2,742	2,742	2,742
Mg	745	745	745

표 20에 나타난 바와 같이 Efflux, CDU, CHM 3가지 비료구의 용액을 수경재배와 토경재배목적으로 각각 회석하여 작물생육농도에 맞게 제조하였으며, 수경재배용은 표 21에 토경재배용은 표 22에 각각 비료성분 함량을 나타내었다.

표 21. 수경재배에 사용된 각액비의 화학성분구성

Culture Solution	Element	Content(mg/ℓ)					
		N-5	N-10	N-20	N-40	N-80	N-160
Efflux	T-N	5.0	10.0	20.0	40.4	80.8	161.7
	NH ₄ -N	0.7	1.3	2.6	5.3	10.5	21.0
	NO ₃ -N	0.2	0.3	0.6	1.2	2.4	4.8
	Org-N	4.2	8.4	16.8	34.0	67.9	135.8
CDU	T-N	5.0	10.0	20.0	40.4	80.8	161.7
	NH ₄ -N	1.4	2.8	5.6	11.2	22.4	44.8
	NO ₃ -N	2.9	5.8	11.5	23.3	46.6	93.1
	Org-N	0.7	1.5	2.9	5.9	11.9	23.8
CHM	T-N	5.0	10.0	20.0	40.4	80.8	161.7
	NH ₄ -N	1.4	2.8	5.6	11.2	22.4	44.8
	NO ₃ -N	3.6	7.2	14.5	29.2	58.4	116.9
	Org-N	0	0	0	0	0	0
P		2.7	5.4	10.7	21.6	43.2	86.4
K		2.3	4.6	9.1	18.4	36.7	73.4
Ca		3.9	7.8	15.6	31.5	63.1	126.1
Mg		1.1	2.1	4.3	8.6	17.1	34.3

표 22. 토경재배용 액비의 화학성분 구성

Culture Solution	Element	Content(mg/ℓ)				
		N-100	N-200	N-400	N-800	N-1600
Efflux	T-N	100	200	404	808	1616.9
	NH ₄ -N	13.0	26.0	52.5	105.1	210.2
	NO ₃ -N	3.0	6.0	12.0	24.1	48.3
	Org-N	84.0	168.0	339.5	679.2	1358.3
CDU	T-N	100	200	404	808	1616.9
	NH ₄ -N	27.8	55.5	112.0	224.0	448.0
	NO ₃ -N	57.6	115.1	232.6	465.5	931.0
	Org-N	14.6	29.4	59.4	118.9	237.8
P		53.5	107.0	216.0	431.9	863.9
K		45.5	91.0	183.5	367.1	734.1
Ca		78.1	156.2	315.3	630.7	1261.3
Mg		21.2	42.5	85.7	171.4	342.7

Micronutrients of Kimura's B solution were supplied to CDU

: Mn(0.04mg/ℓ), B(0.01mg/ℓ), Mo(0.001mg/ℓ), Zn(0.001mg/ℓ), Cu(0.001mg/ℓ) and Fe(5.0mg/ℓ).

라. 작물생육 예비실험

벼는 10일간의 발아과정후, 3ℓ의 Plastic pot에 일정한 임의의 농도(N-5 ~ N-160)에 맞게 이식된 후, 28일간 생육되었다. 생육기간중에 배양액을 일체 교환하지 않고 증산에 의한 부족량만 증류수로 보충하였다.

한편 토경재배 작물에는 목초인 Italian ryegrass가 사용되었으며, 각 1kg의 pot에 0.3g의 종자를 파종하였다. 30일간의 생육후 지상부는 1차 분석에 이용되었으며 1차 30일간의 생육실험후 연속해서 30일간의 2차 생육실험을 실시하였다. 토경재배 1차, 2차 생육실험기간 동안 비료성분 시용은 1회만 실시했다.

2. 시설원예 토양에서의 시용방법 및 효과에 대한 기초기술 개발

가. F-CABR 발효처리액상물의 살균효과

발효처리액상물을 253nm파장의 UV lamp 3처리 75 ~ 95℃범위의 열처리 6처리, Sand filtering 3처리와 무처리를 각각 3반복 실험하였다. 균배양은 10⁻¹ Porcine media를 원용하여 발효처리액상물을 10% 첨가하여 제조하였으며 배양후 colony를 counting하여 소독효과를 검토하였다.

나. F-CABR 발효처리액상물의 엽채류 시용효과

본 시험에 사용된 양액재배 시스템은 자체 제작 하였으며 플라스틱 물받이를 정식판넬로 이용하여 관주식 시스템으로 구성 하였다.

고추와 피망은 암면 큐브에 정식하고 상추와 양상추는 팽화왕겨 배지에 정식하여 시험 하였다. 급액량은 전처리 공히 메인 타이머와 서브 타이머를 연계하여 순환펌프로 초기부터 종기까지 일정하게 급액 하였다(사진 9).

다. F-CABR 발효처리액상물의 관비효과

고냉지 여름배추를 공시하여 비가림 시설내에서 수행 하였다. 지표면에 점적관수를 설치하여 급액하였으며 대조구는 급액량과 동일한 량의 지하수만을 공급하였다.

제 2 절 연구개발 결과

1. P-CABR 발효처리액상물의 배지경 기초기술 확립

가. 수경재배 실험결과

표 23는 28일간 벼의 신선중을 나타내고 있다. 28일간의 수경재배결과 N-20까지는 Efflux, CHM, CDU 어느 구에서나 커다란 차이가 없었으나, N-40이후부터 CHM구에서는 생육이 불량하였으며, CDU구에서도 Efflux구에 비해 지상부의 생육량이 낮음을 알 수 있었다. 이러한 지상부의 생육차는 뿌리의 생육과 유사한 결과를 나타내고 있어, 고농도의 질소 투입에 따른 Efflux구의 생육촉진 현상은 뿌리발달과 밀접한 상관관계가 있음을 시사하고 있다.

표 23. 질소 농도별 벼의 생육(생체중, 28일간)

(단위 : g F.W)

구 분		N-5	N-10	N-20	N-40	N-80	N-160	N-320
지상부 (Shoot)	Efflux	1.10	1.29	2.00	3.20	5.55	8.0	5.87
	CHM	1.15	1.55	1.75	-	-	-	-
	CDU	1.00	1.50	2.00	1.90	1.51	1.46	1.40
지하부 (Root)	Efflux	1.05	1.20	1.80	2.40	3.77	3.25	2.32
	CHM	1.19	1.55	1.08	-	-	-	-
	CDU	1.01	1.41	1.15	0.57	0.52	0.41	0.36

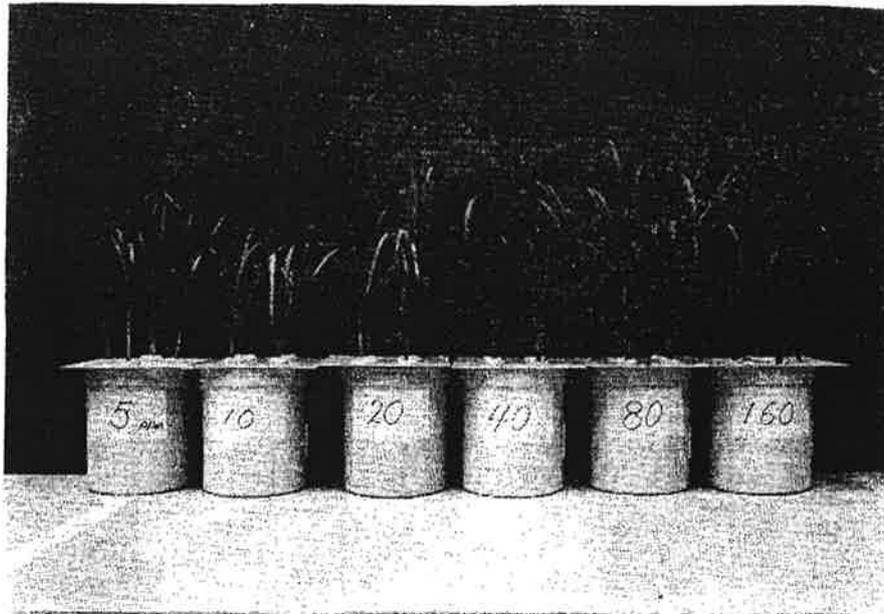
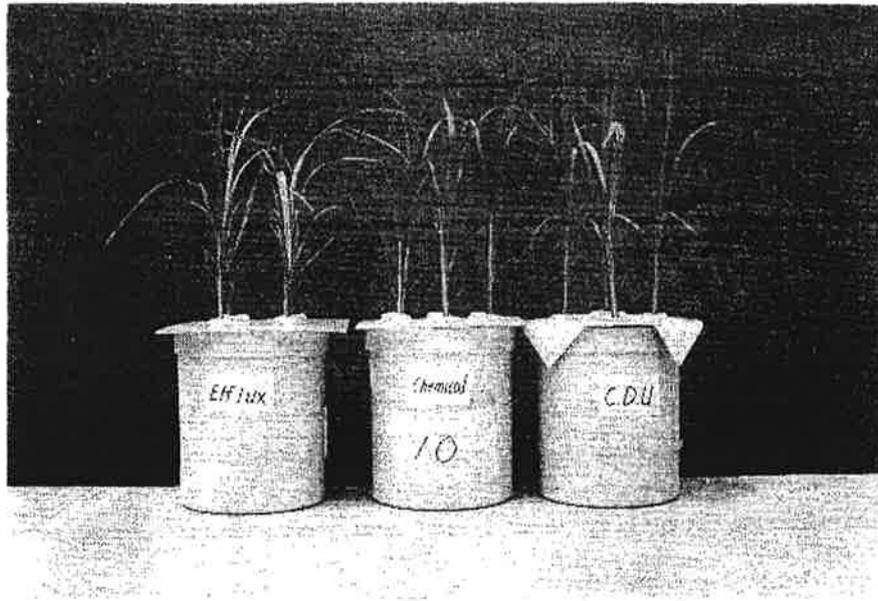


사진 9. 양액별 28일간 벼의 수경재배 생육비교와 Efflux구의 N농도별 생육모습

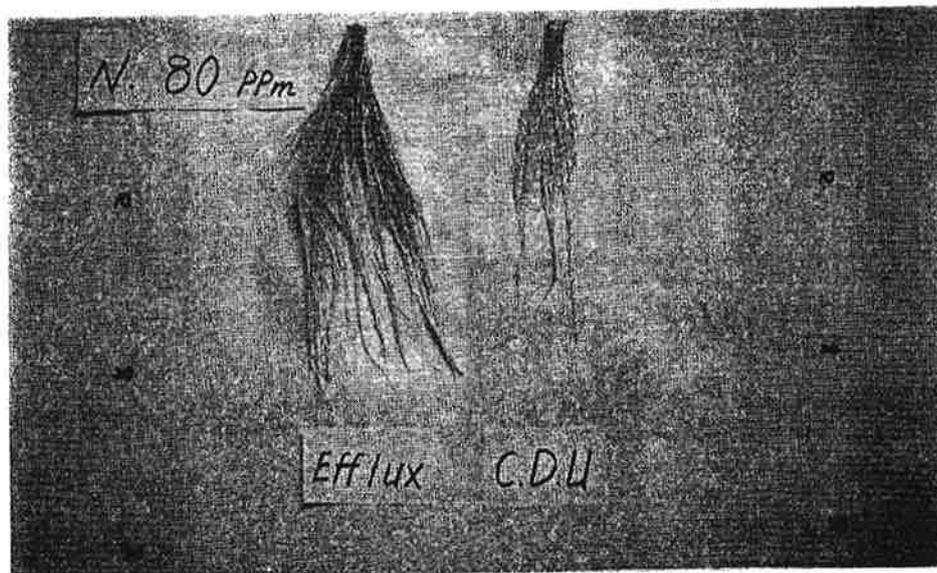
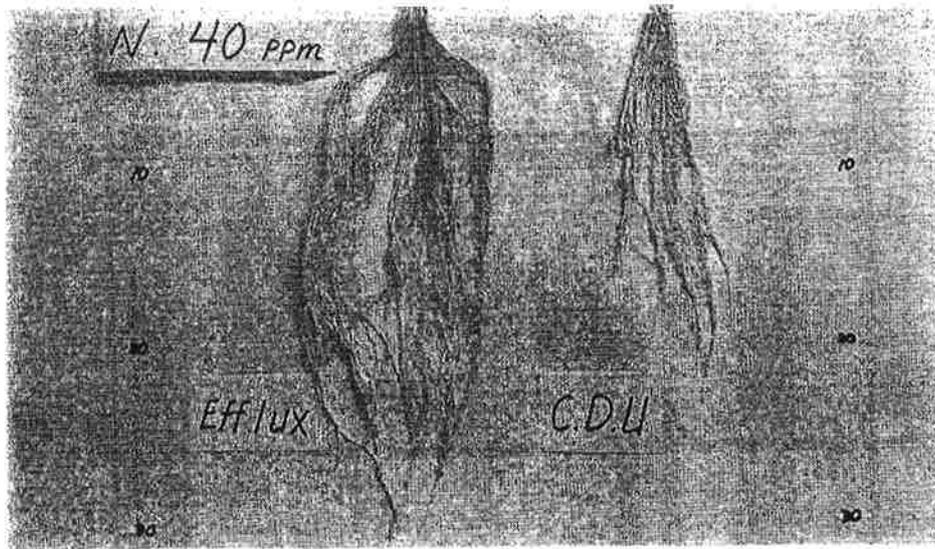


사진 10. 28일간 벼의 수경재배에 있어서 N농도별 지하부의 생육모습

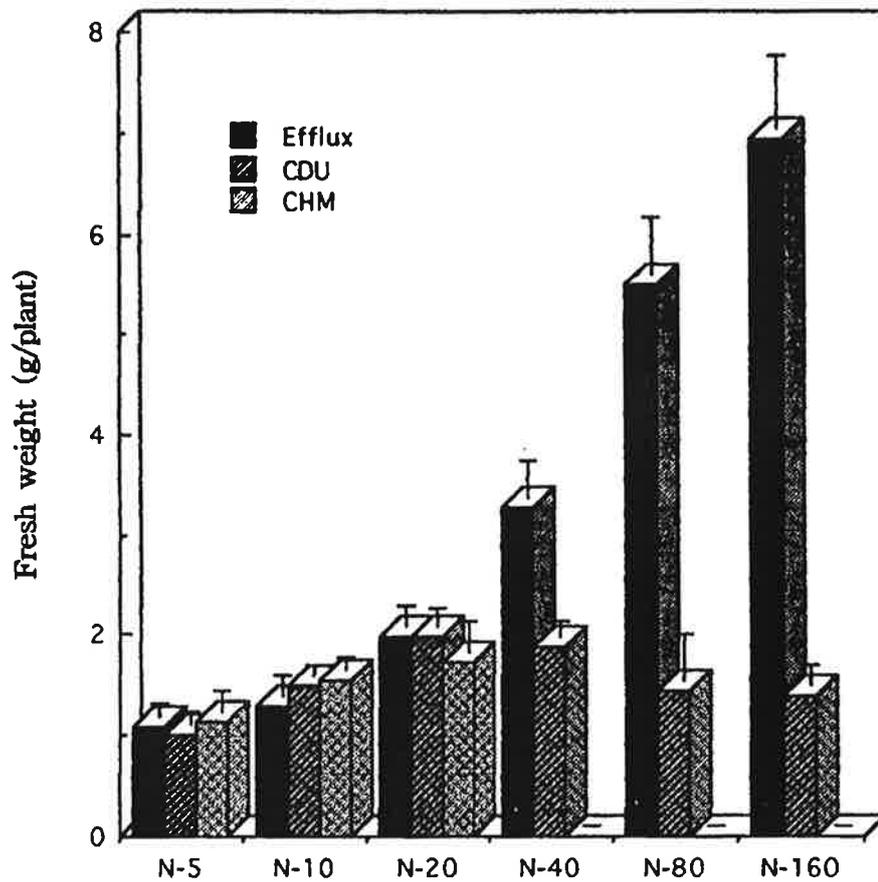


그림 4. 벼의 수경재배에 있어서 양액별 지상부 생체중에 미치는 영향

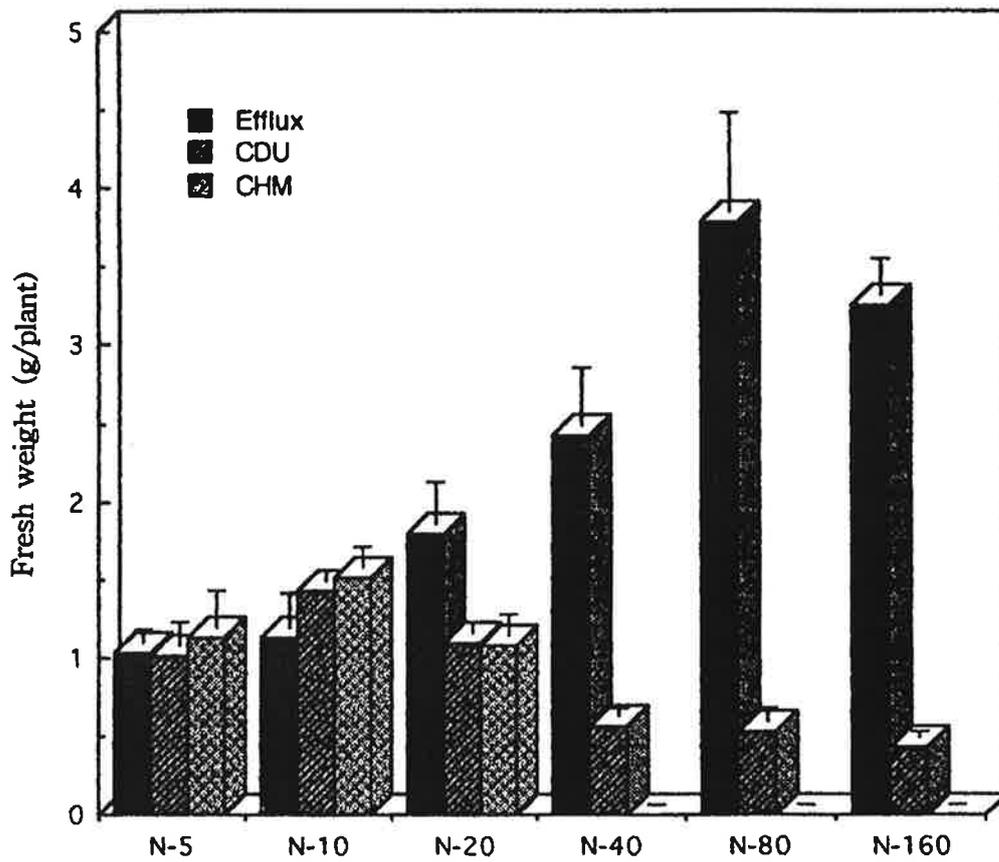


그림 5. 벼의 수경재배에 있어서 양액별 지하부 생체중에 미치는 영향

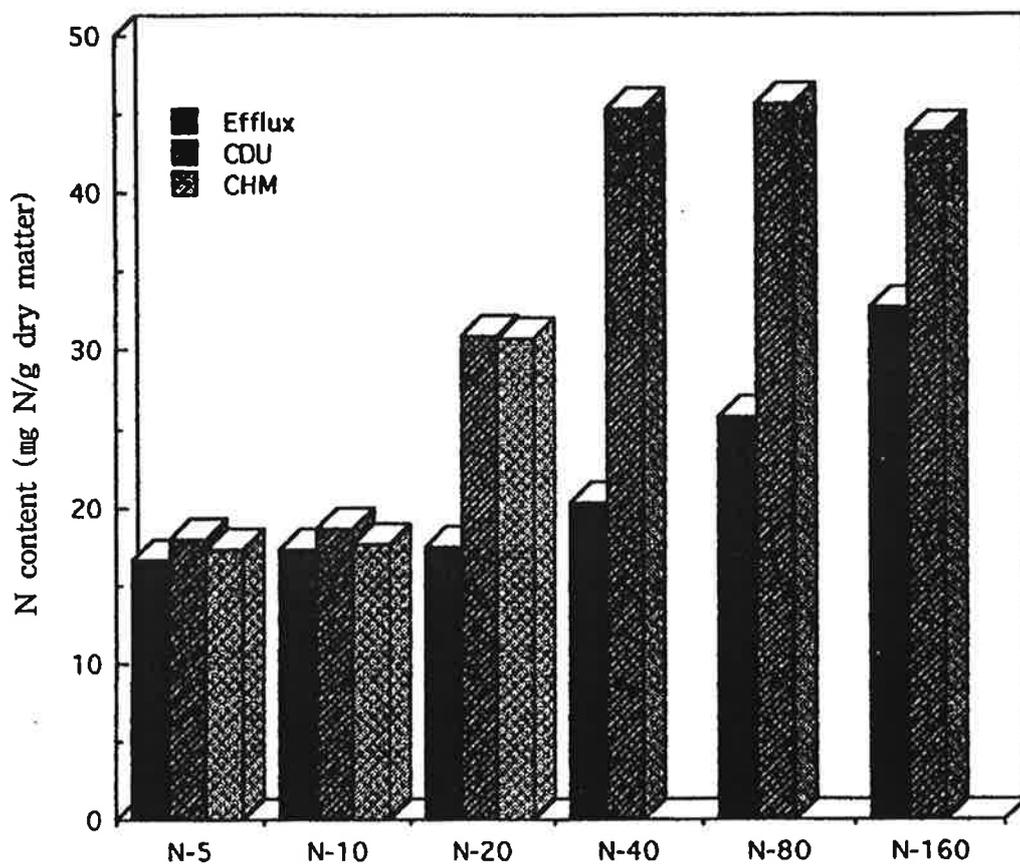


그림 6. 벼의 수경재배에 있어서 양액별 지상부 N함량에 미치는 영향

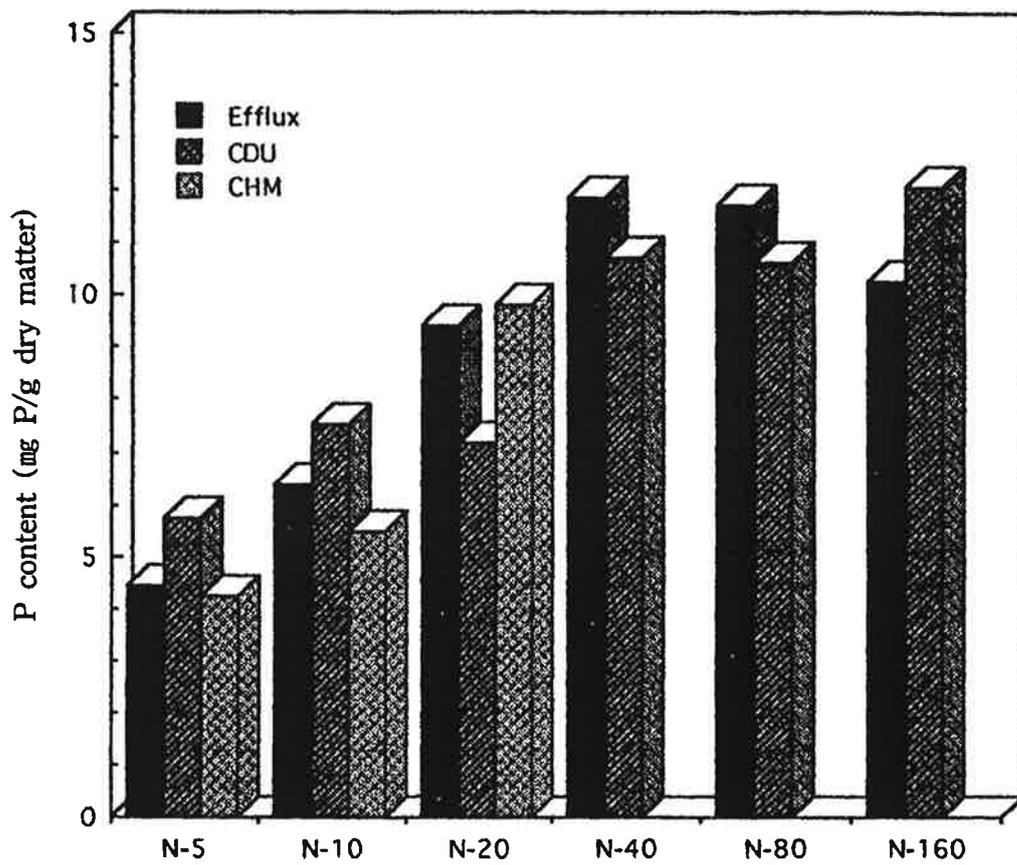


그림 7. 비의 수경재배에 있어서 양액별 지상부 P함량에 미치는 영향

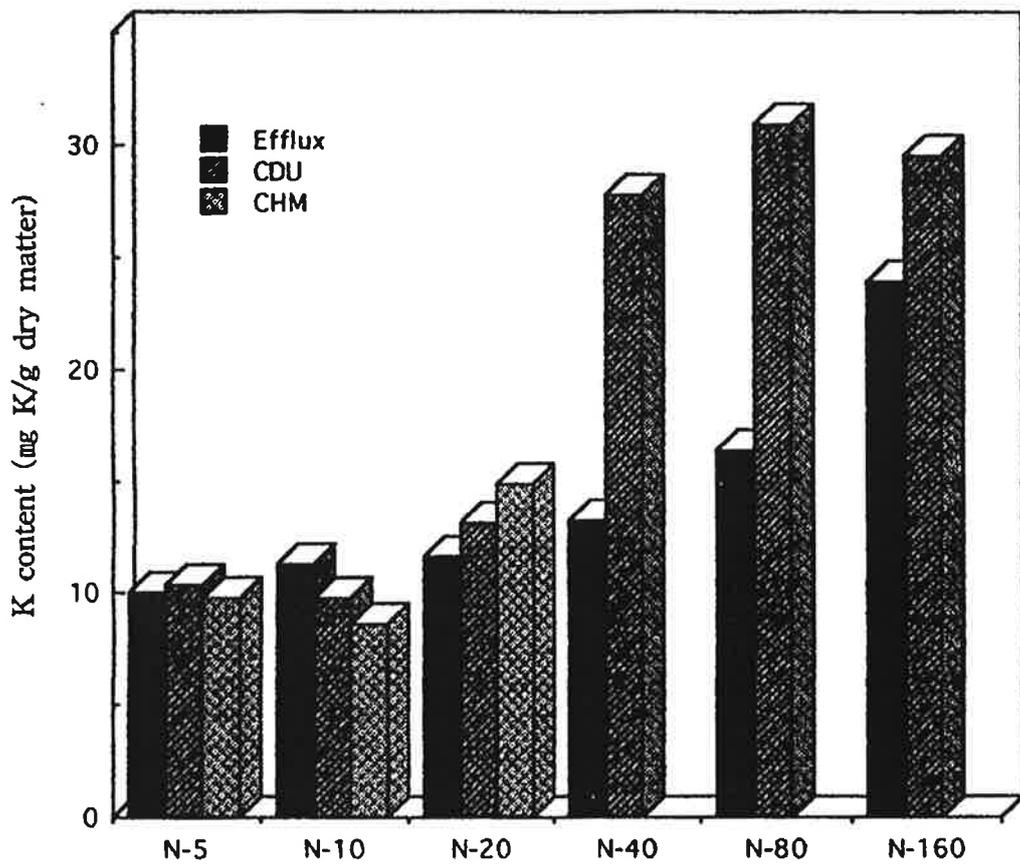


그림 8. 비의 수경재배에 있어서 양액별 지상부 K함량에 미치는 영향

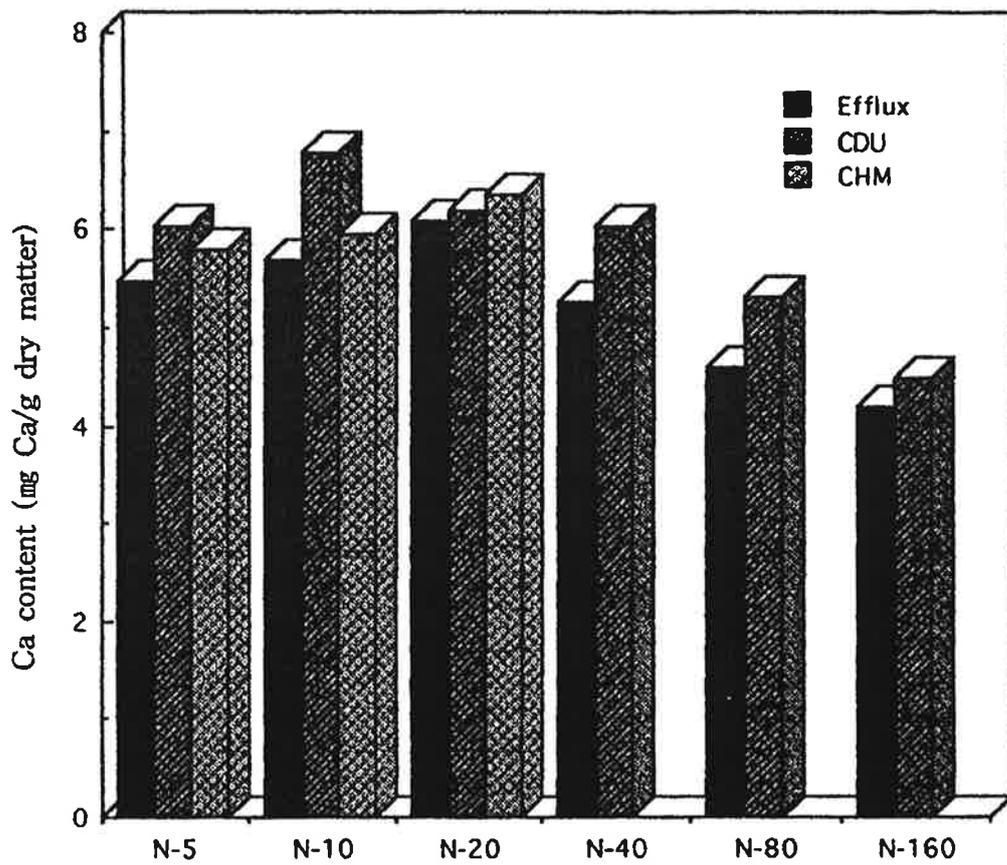


그림 9. 비의 수경재배에 있어서 양액별 지상부 Ca함량에 미치는 영향

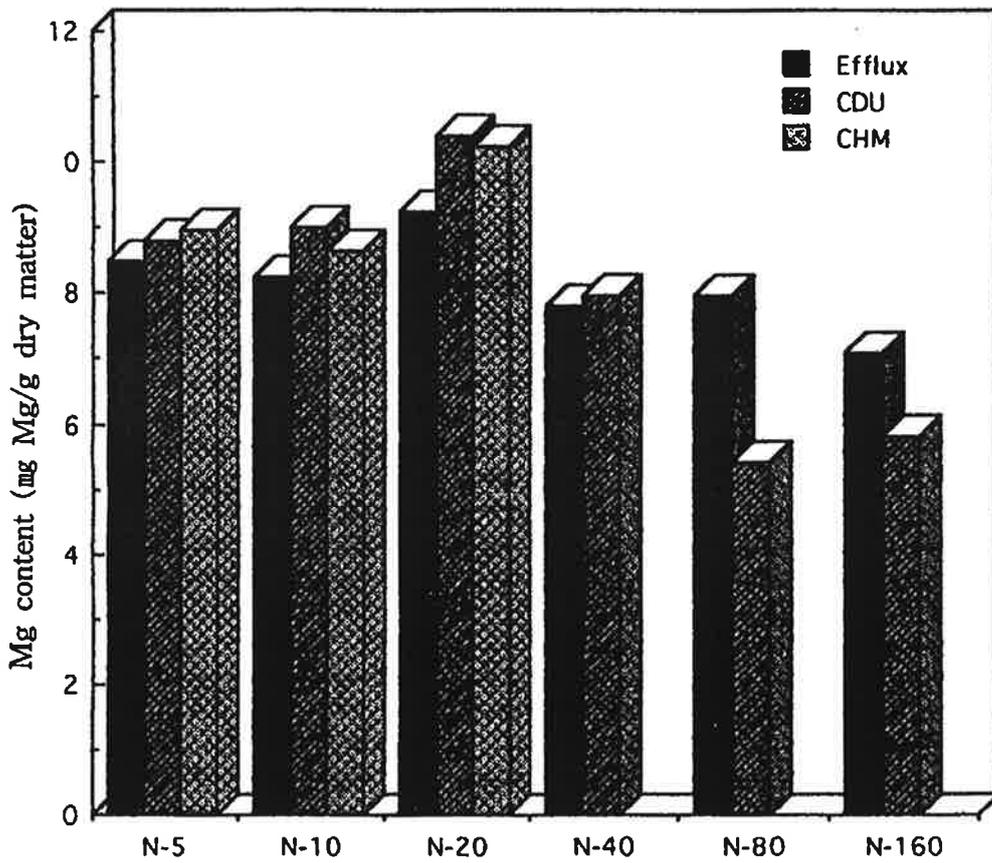


그림 10. 벼의 수경재배에 있어서 양액별 지상부 Mg함량에 미치는 영향

나. 토경재배 실험결과

표 24는 이탈리아라이그라스를 이용한 토경재배 결과, 지상부의 생체중을 Efflux, CDU구 별로 질소시용농도에 따라 나타낸 것이다. 지상부의 생육은 1회에 양액을 농도별로 시용한 후 지상부를 2차에 걸쳐 30일 간격으로 예취하여, 지상부 총수량으로 산정하였고 1, 2차 예취 총 지상부를 건조처리한 후 T-N, NO₃-N 분석에 이용하였다.

표 24. 질소농도별 이탈리아라이그라스의 생체중 비교

(단위 : g F.W)

구 분		N-100	N-200	N-400	N-800	N-1600
첫 1개월간 지상부 (Shoot)	Efflux	4.7	9.3	13.9	15.8	19.2
	CDU	4.6	9.8	11.1	16.9	12.5
다음 2개월째 지상부 (Shoot)	Efflux	2.3	2.9	3.9	7.5	26.5
	CDU	3.5	6.9	5.9	14.2	4.5
2개월간의 총 지상부 (Shoot)	Efflux	7.0	12.2	17.8	23.3	45.7
	CDU	8.1	17.7	16.0	31.1	17.0

1, 2차에 걸쳐 이탈리아라이그라스의 토경재배결과 Efflux의 특징을 살펴보면 시용질소농도가 높아짐에 따라 수확량이 CDU구보다 높아지고 있으며, 수확된 지상부의 질소함량은 화학비료구인 CDU구의 60% 정도에 불과하다. 이러한 질소함량의 차는 질산성질소(NO₃-N)의 함량에서도 뚜렷이 나타나고 있다. 가축분뇨의 과잉 시용에 따른 사료포장내 작물의 NO₃-N 함량은 건물중 1%를 넘으면 질산염 중독증유발이 우려되는 것으로 보고되고 있으나,²⁴⁾ 본 Efflux시용에 따른 건물내 NO₃-N의 함량은 0.1 ~ 0.2%에 불

과하므로 Efflux는 안전한 사료작물생산에 유기액비로서 유효함을 알 수 있다.

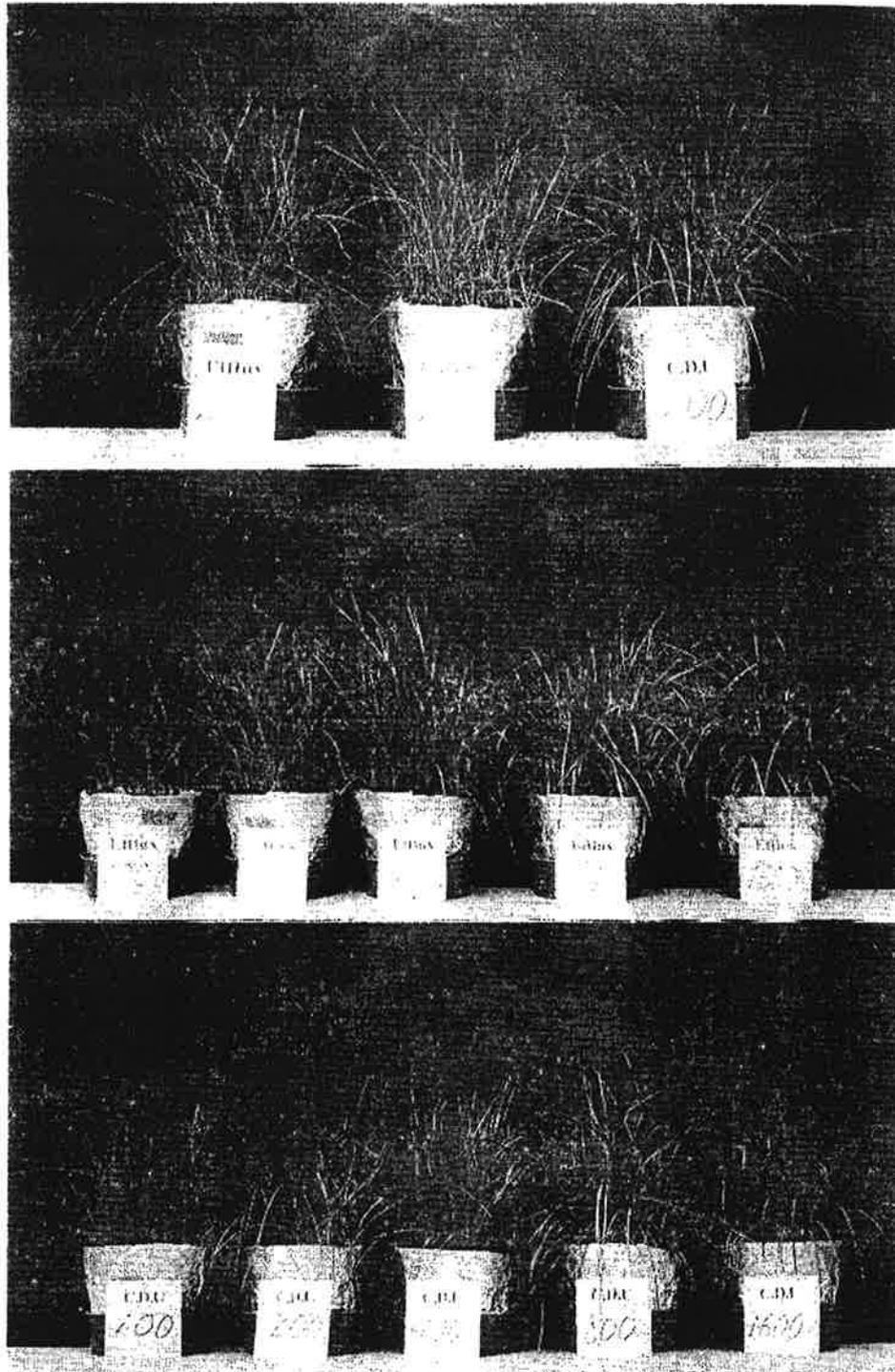


사진 11. CABR발효처리액상물을 이용한 이탈리아라이그라스 토경재배실험

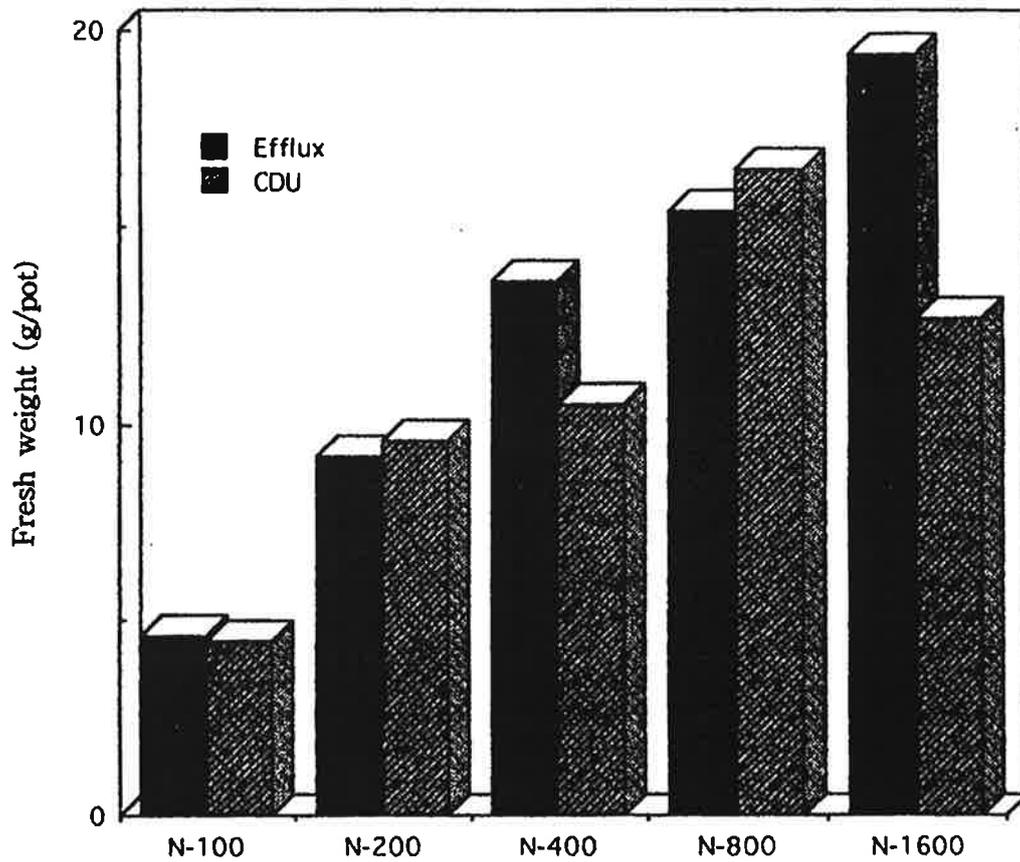


그림 11. 30일간(1차) 이탈리아라이그라스의 토경재배에 있어서 액상물별 지상부의 생체중에 미치는 영향

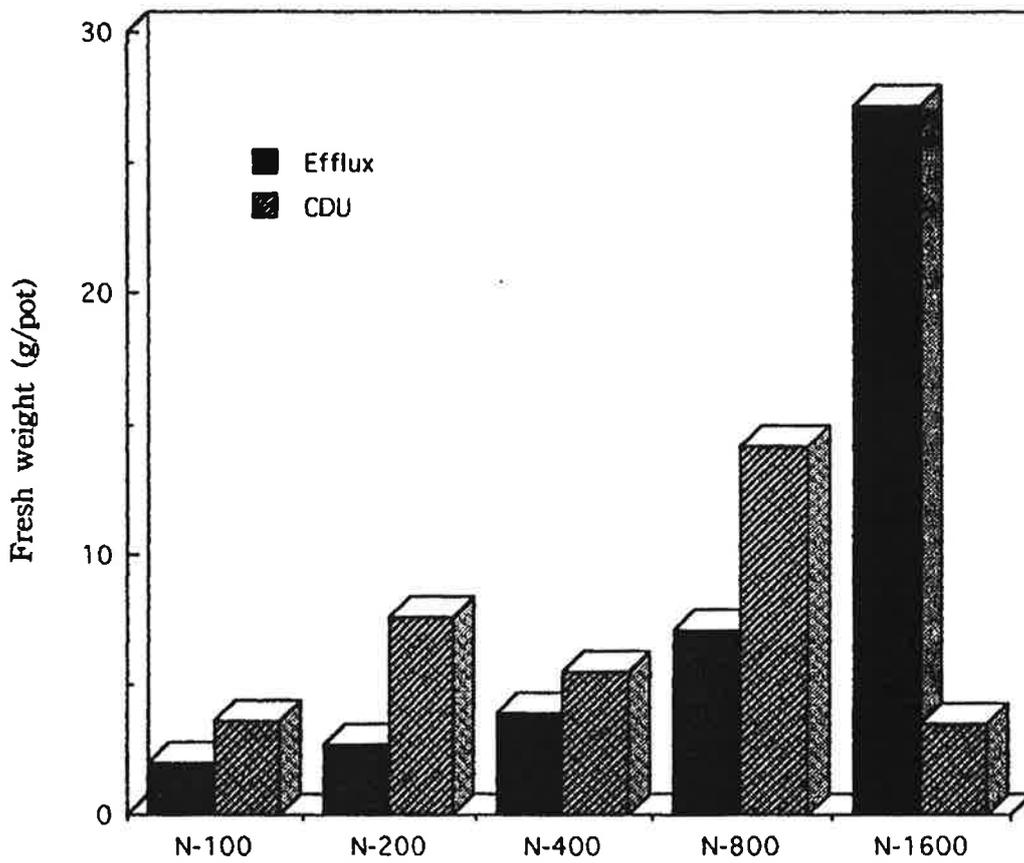


그림 12. 30일간(2차) 이탈리아안라이그라스의 토경재배에 있어서 액상물별 지상부의 생체중에 미치는 영향

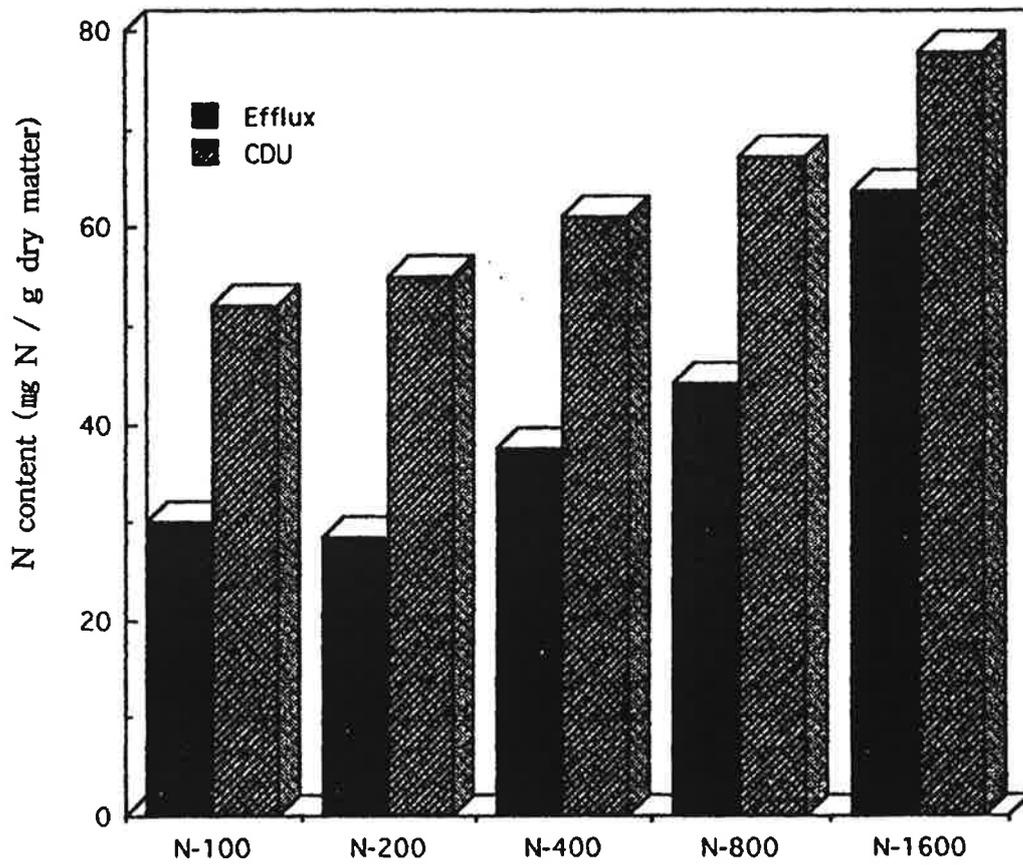


그림 13. 액상물별 이탈리아라이그라스의 N함량에 미치는 영향

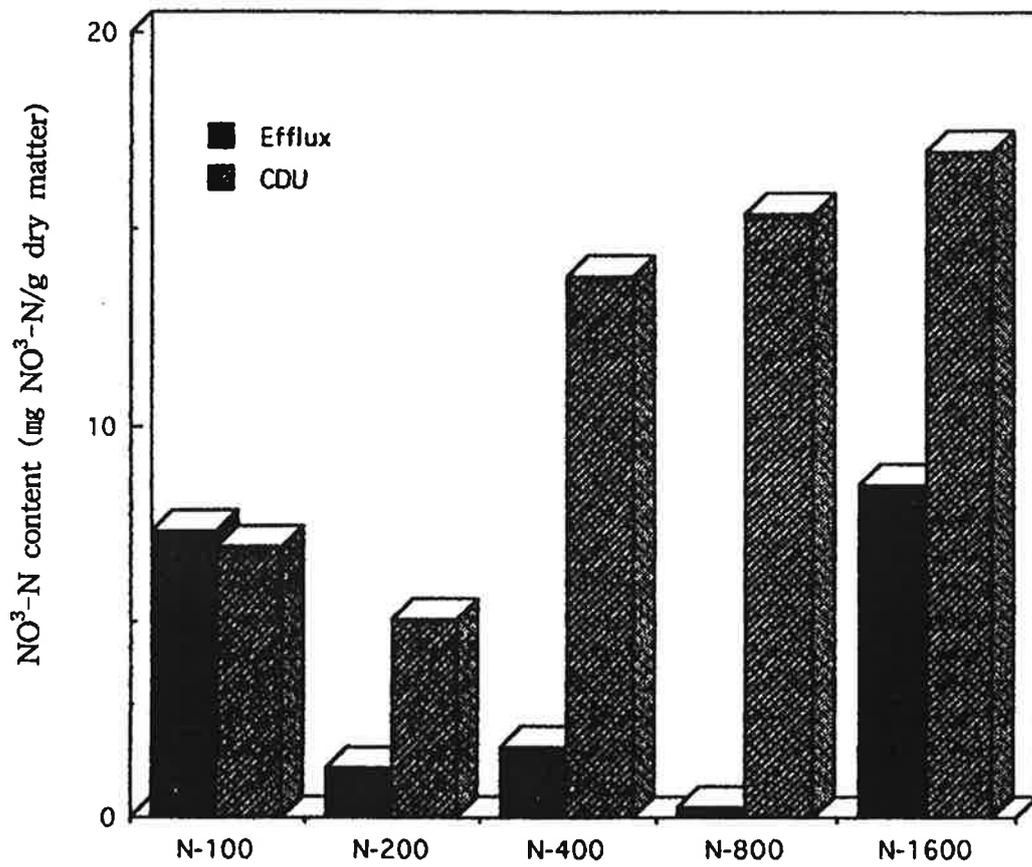


그림 14. 액상물별 이탈리아라이그라스의 NO₃-N함량에 미치는 영향

2. 시설원예 토양에서의 사용방법 및 효과에 대한 기초기술 개발

가. F-CABR 발효처리액상물의 살균효과

표 25. F-CABR 발효처리액상물의 살균효과

소독방법 살균효과	자외선처리			고온처리						초음파 처리	Sand filter	무처리
	1회	2회	3회	95		90			80			
				2분	6분	2분	6분	15분	10분			
10 ⁴ CFU/ml	1.5	1.5	1.7	2.3	1.8	1.9	2.1	1.6	2.4	4.5	2.7	4.6

본 시험에 사용되는 Efflux에는 식물병원균이 전혀 없는 것으로 예측되지만 배양액으로 실용화되어 사용할 경우에는 소비자의 위생의식측면에서 무균화를 해결할 필요성이 있다고 생각되었다. 이러한 목적하에 살균효과를 검토하기 위하여, Efflux원액을 사용하여 몇가지 처리를 한 결과는 다음과 같다.

UV lamp(UVC 7000, 9W)처리의 경우 효과가 인정되었다. 일반적으로 양액의 살균소독시에 자외선이 철분을 불용화하여 착염화된 철분공급시에도 철분결핍이 나타나는 문제가 발생되나 Efflux원액의 살균소독시에는 자외선 처리에 의한 문제는 전혀 발생되지 않았으며 실용화 가능한 방법으로 사료되었다. 고온처리의 경우 90℃ 이상에서 2분정도 처리함으로써 살균효과가 인정되었으나 80℃에서는 상대적으로 효과가 낮았다. 이것은 축산분뇨의 발효에 관여하는 미생물이 고온성균으로서 내열성이 극히 강하기 때문으로 판단된다. 초음파살균효과를 검토한 결과 살균효과가 인정되지 않았다. 직경 8cm의 유리컬럼에 20cm두께의 모래층을 형성시켜 여과한 경우에는 무처리에 비하여 균수가 낮은 경향을 나타내었으나 이것은 모래층의 잔여수분에 회석된 결과로 분석되었으며 Efflux원액의 탁도가 높기 때문에 Sand filter의 살균처리는 실용적으로 부적합하였다.

나. F-CABR 발효처리액상물의 엽채류 시용효과

잎상추의 생육은 Eff. 50X 및 Eff. 20X처리구에서는 초기부터 잎의 전개가 제한되고 외엽의 황화현상이 나타나면서 생육이 극히 불량하였던 반면에 Eff. MS1과 Eff. MS2 처리구에서는 대조구와 대등하거나 보다 양호한 경향을 나타내었다.(표 26). 본 시험이 여름철 고온기에 시설내에서 수행되었으나 엽선고사 혹은 석회 결핍 등의 생리장해가 전혀 나타나지 않았으며 생육과 수량역시 대조구와 동등한 결과를 나타내었기에 엽채류의 재배에는 Efflux의 효과가 극히 기대 된다고 판단 하였다.

표 26. 발효처리액상물을 이용한 잎상추생육 및 수량 효과

구분 처리	9. 24				10. 3				
	엽수 (장)	최대엽장 (cm)	최대엽폭 (cm)	주중 (g/주)	엽수 (장)	최대엽장 (cm)	최대엽폭 (cm)	수량	
								주중 (g/주)	kg/10a
Eff. 50×	8.5	13.6	12.1	13.3	16.5	17.0	18.0	46.2	615
Eff. 20×	8.5	16.7	15.3	27.0	17.5	19.5	23.0	98.1	1,305
MS1 ¹	10.4	19.2	19.8	40.2	19.0	20.3	24.2	140.4	1,867
MS2 ²	10.2	19.3	20.3	39.5	17.8	18.9	23.0	140.3	1,866
대 조 ³	10.0	18.7	19.0	38.4	19.5	21.0	23.5	142.4	1,894

MS1¹ : Eff. 20× + KNO3(2me), MS2² : Eff. 20× + KNO3(4me) + 미량원소

대조구³ : 한국원예시험장 표준액

잎상추의 시험에서도 Eff. MS1 및 Eff. MS2처리구 모두 생육과 수량이 대조구에 비하여 대등한 경향을 나타내었으며 시험 종료시 까지 뿌리의 발달도 극히 양호하였다. 엽수의 분화 보다는 엽중의 증가가 현저하였으며 이는 시험기간중의 고온에 의한 영향으로 생각되어 지지만 배지 혹은 배양액 등의 요인이 작용하는지 보다 다각도의 연구가 수행될 필요성이 있다. 양

상추의 경우 역시 석회 결핍증 등의 생리장해는 전혀 발생되지 않았으며 고온에 의하여 결구성이 극히 떨어지는 경향을 나타내었다.

표 27. 발효처리액상물을 이용한 양상추생육 및 수량 시용효과

구분 처리	9. 24				10. 3				
	엽수 (장)	최대엽장 (cm)	최대엽폭 (cm)	주중 (g/주)	엽수 (장)	최대엽장 (cm)	최대엽폭 (cm)	수량	
								주중 (g/주)	kg/10a
Eff. 50×	10.0	12.5	12.5	22.9	16.0	14.0	16.5	51.5	685
Eff. 20×	8.5	17.5	14.5	37.5	17.0	15.0	19.5	70.5	938
MS1	11.3	16.5	16.0	49.7	18.9	19.3	22.4	129.3	1,720
MS2	10.9	17.3	16.9	50.5	19.4	18.7	22.6	141.5	1,882
대 조	11.0	16.5	17.5	48.6	19.2	19.5	21.5	131.2	1,745

다. 부숙발효 액상물의 관비효과

본 실험결과 배추 재배시의 관비효과는 엽신장효과가 현저히 나타났던 반면에 엽분화에는 전혀 영향을 나타내지 않았다. 관비처리에 의하여 엽중형으로 변화되는 경향을 엿볼수 있었으며 수량 역시 대조구를 상회하는 결과를 나타내었다.

표 28. 발효처리액상물을 이용한 배추생육 및 수량 효과

구분 처리	최대엽장	최대엽폭	최대엽중	총엽수	주중	수량(kg/10a)
Eff. 10×	49.9 ^a	35.5 ^a	91.6 ^a	48.5	2,760	12,970
Eff. 20×	49.3 ^a	33.0 ^{ab}	88.3 ^a	47.8	2,710	12,740
대조(관행)	45.5 ^b	31.3 ^b	31.3 ^b	48.3	2,530	11,890

Variety : Gonenggi

라. F-CABR 발효처리액상물의 과채류 효과

피망의 초기 생육은 Eff. 50×와 Eff. 25×가 대조구와 대등하였으나 증기 이후 비료분의 부족현상이 나타나고 하부엽이 노화되는 경향이 있었다. 이러한 경향은 후기로 갈수록 엽면적 확보가 충분하지 못하였던 반면에 대조구에서는 엽면적 확보가 왕성하여 과번무 되는 결과로 나타났다(표 29).

수량조사 결과 초기수량은 대조구 보다는 저농도구에서 많았으며 초기 수확일이 앞당겨지는 경향이였다. 10월 3일까지의 총수량은 Eff. 25×구와 대조구 보다 Eff. 50×구에서 가장 많았으며 대조구가 가장 낮았다(표 30). 대조구에서 수량이 적었던 원인은 영양과다에 의한 과번무로 인하여 생식 성장으로의 전환이 늦었던 것으로 해석되었으며 피망 양액재배의 경우 생육 시기별로 양액의 농도를 조절하여 공급하면 Efflux의 효과는 보다 향상 될것으로 예상된다.

표 29. 발효처리액상물을 이용한 피망의 생육효과

구분 \ 처리	8. 29						10. 9					
	초장 (cm)	경경 (mm)	엽면적 (cm ²)	건물중(g/plant)			초장 (cm)	경경 (mm)	엽면적 (cm ²)	건물중(g/plant)		
				엽	경	근				엽	경	근
Eff.100×	64.5	6.5	1,167	4.4	7.0		73.2	9.3	705	3.2	7.1	
Eff. 50×	68.0	7.8	1,838	6.9	8.4		79	10.8	1,378	5.0	10.7	
Eff. 25×	68.5	7.6	2,602	8.8	9.5		76.5	10.4	1,930	8.0	11.0	
대조	72.0	9.0	2,708	10.3	14.8		78.0	12.2	4,581	17.9	20.7	

Variety : New Ace, Date of trans planting 14 June

표 30. 발효처리액상물을 이용한 피망의 수량효과

구분 \ 처리	7.28 - 7.31		8.1 - 8.30		9.1 - 9.30		10.3		계	
	과수	과중	과수	과중	과수	과중	과수	과중	과수	과중
Eff.100×	17	860	14	457	15	475	14	502	60	1,842
Eff. 50×	13	664	19	664	20	754	17	885	69	2,967
Eff. 25×	14	745	22	721	6	154	11	394	53	2,014
대 조	6	360	10	375	27	899	13	378	56	1,688

고추 역시 Eff. 25X 범위에서 생육이 양호하였으나 대조구에는 미치지 못하였으며 특히 엽면적은 배양액의 농도가 낮을수록 적어지는 경향을 뚜렷하게 나타내었다(표 31). 풋고추의 수량 조사 결과 초기 수량은 Eff. 25X처리구와 대조구에서 많았으며 중기이후의 수량은 Eff. 50X와 대조구에서 증가 되었으나 대조구가 보다 양호하였다(표 32).

표 31. 발효처리액상물을 이용한 고추의 생육효과

처리 구분	8. 29						10. 9					
	초장 (cm)	경경 (mm)	엽면적 (cm ²)	건물중(g/plant)			초장 (cm)	경경 (mm)	엽면적 (cm ²)	건물중(g/plant)		
				엽	경	근				엽	경	근
Eff.100×	63.5	8.1	1,006	3.2	5.2		69.8	8.2	649	4.6	7.2	
Eff. 50×	69.0	7.1	1,547	4.9	5.2		76.0	9.6	1,201	5.7	8.2	
Eff. 25×	64.5	8.9	2,016	6.5	6.5		78.0	9.6	1,659	7.5	9.1	
대 조	69.5	8.8	2,671	9.2	7.8		80.5	12.3	2,967	13.6	15.3	

표 32. 발효처리액상물을 이용한 고추의 수량효과

처리 구분	7.28 - 7.31		8.1 - 8.30		9.1 - 9.30		10.3		계	
	과수	과중	과수	과중	과수	과중	과수	과중	과수	과중
Eff.100×	30	324	45	339	75	519	25	200	175	1,382
Eff. 50×	36	384	49	316	112	871	53	445	250	2,016
Eff. 25×	44	423	89	532	91	629	40	314	264	1,898
대 조	38	366	107	710	85	618	107	729	337	2,423

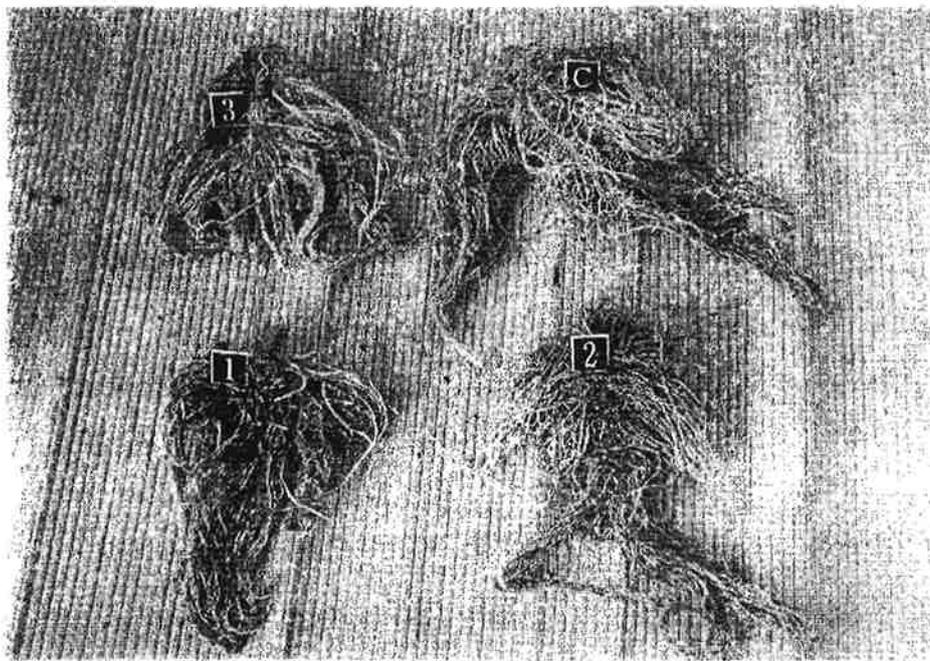
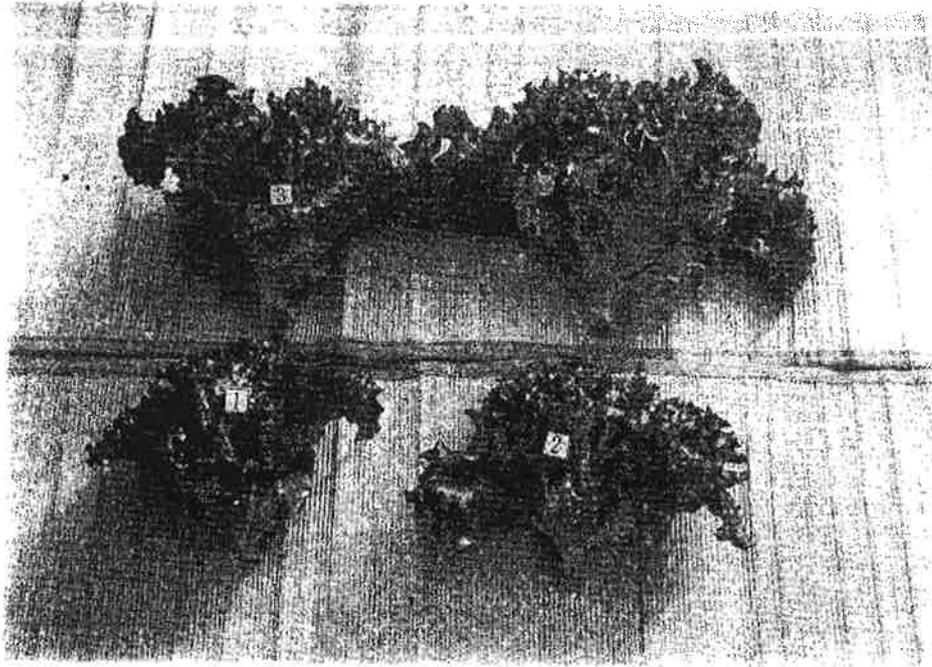


사진 12. 발효처리액상물을 이용한 잎상추 생육효과

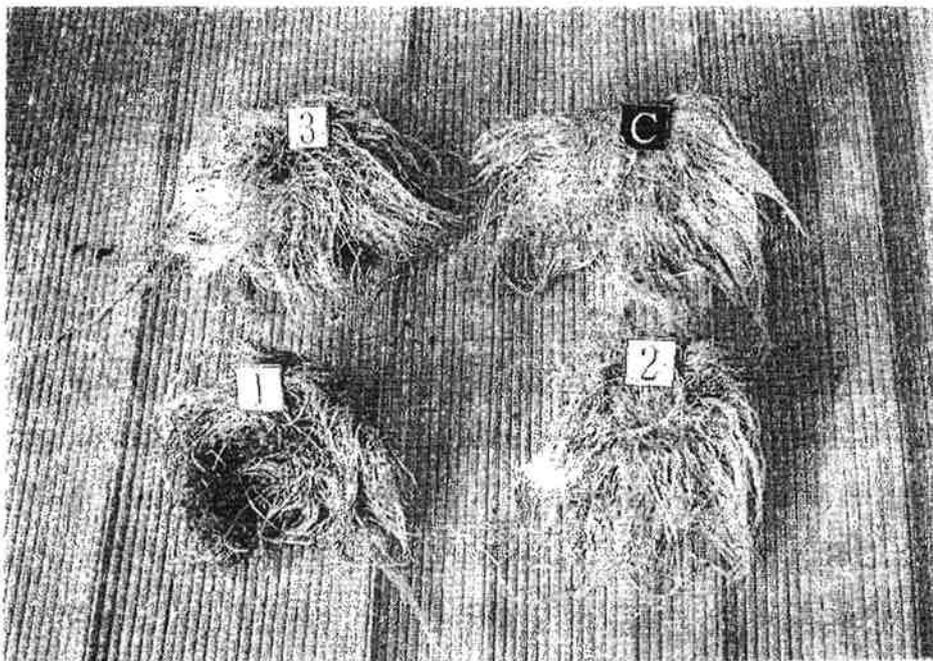
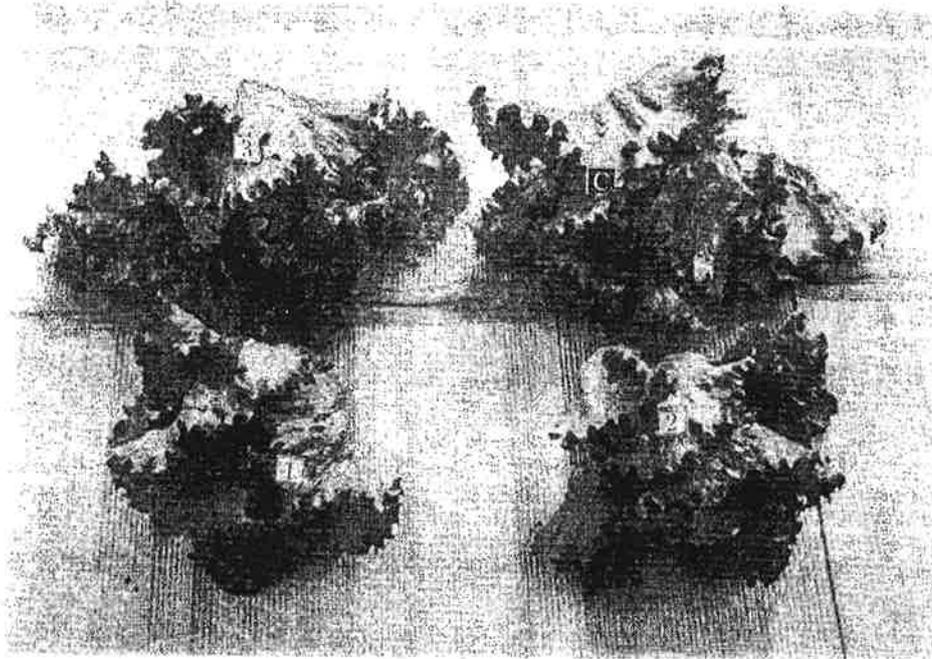


사진 13. 발효처리액상물을 이용한 양상추 생육효과

제 6 장 기대되는 성과 및 활용성

제 1 절 기대되는 성과

현재 연속발효 시스템(CABR)을 이용한 축산분뇨처리물의 대상은 주로 양돈분뇨 처리에 집중되고 있다. 이는 양돈분뇨가 양계, 양축농가보다 환경오염에 큰 영향을 미치며, 또한 시급히 해결해야 할 과제이기 때문이다. 국내 양돈폐수처리는 주로 분과 뇨를 분리한 후 분은 퇴비화, 뇨는 정화처리를 통해 방류하는 방식이 주를 이루고 있으며, 분리시설이 곤란한 농가는 임시로 저장액비방법을 채택하고 있는 실정이다(표 33).

표 33. 양돈 분뇨처리시설 형태별 설치농가 구성

방 법 규 모	방 법						
	활성오니	저장액비	퇴비화	뜸밥돈사	간이정화	기 타	계
전 업	247	3,054	302	1,319	2,916	289	8,127
	(3.0)	(37.6)	(3.7)	(16.2)	(35.9)	(3.6)	(100)
부 업	-	384	427	935	5,429	307	7,482
		(5.1)	(5.7)	(12.5)	(72.6)	(4.1)	(100)

분뇨를 분리한 후 뇨를 정화하는 방법은 정화시설 설치, 정화효율, 정화관리 기술 등 농가에서 현장가동시 여러 가지 문제점이 지적되고 있으며, 저장액비 방법도 양돈농가의 토지확보면적이 협소하여 실제 액비이용시 주변 환경에 상당한 오염을 제공하기 때문이다. 위와 같은 방법으로 양돈 분뇨를 처리하는 것은 현실적으로 적용하는데 어려움이 있다. 더욱이 '96년 7월부터 방류수 기준이 강화되고, 액비 및 퇴비화 시설의 확대가 농수산부의 적극적 지원을 받게 되어 앞으로의 분뇨처리 문제는 자원화처리, 무방

류처리의 두가지 축으로 전환되고 있는 상태이다. 즉, 무방류처리로 방류수 기준을 피할 수 있고, 자원화처리로 지역 경종농업에 축산업이 일조를 할 수 있게 되어 지역의 농축산업이 상호 보완될 수 있기 때문으로 판단된다.

제 2 절 연구개발 사업성과에 대한 활용(실용화)방안

1. P-CABR 개발 및 F-CABR 연구

- 가. P-CABR의 매일 투입량에 대한 증발량이 CABR m²당 56 ℓ - 150 ℓ 정도로, 가로 × 세로(3.4m × 3.4m = 11.56m²)인 P-CABR의 1일총증발량은 647 ℓ/日 - 1,734 ℓ/日의 증발량을 보이고 있다. 이는 투입분뇨를 3,000 ℓ로 할 때 액비생산용으로 또는 증발용으로 현장사정에 따라 변환시켜 CABR시스템을 이용할 수 있음을 의미한다.
- 나. 일반 습식급이기를 이용한 양돈시설의 경우 분뇨의 혼합율은 일반적으로 TS(Total solid) 6 - 10%고형물이 함유되어 이러한 경우의 증발율은 96 ℓ/日m² ~ 150 ℓ/日m²정도이며, Pilot Plant 시설을 이용하여 1일 분뇨투입량이 2,000 ℓ인 경우 약 50 ~ 70%가 증발되는 것으로 나타났다.
- 다. 본 CABR시설은 분뇨의 증발효과외에 고온 발효화역할을 동시에 수행하게 되는데 탱크온도가 50 - 60℃정도 상승함에 따라 물질이 급속하게 분해되어, 30 ~ 50% 정도의 증발의 잔존투입분뇨는 발효화 상태로 탱크외부로 배출되어진다. 따라서 배출된 발효처리액의 적절한 이용이 요구되어진다.
- 라. 본 CABR시설은 고온 발효화과정을 통한 증발효과를 최대 특징으로 하고 있기 때문에 탱크내 분뇨투입시 가급적이면 수분의 함량이 적게 투입되어야 효과가 극대화될 수 있다. 즉, TS(총고형물)가 4.6%이상인 조건이 필요하다. 따라서, 양돈사에 수분이 가급적 적게 사용되는 돈사내 습식급이식 관리시스템의 연계가 필요하다.
- 마. CABR탱크로부터의 발효처리물은 발효과정을 통해 악취의 원인이 되는 미분해성 물질이 대부분 분해된 상태이므로 악취가 비교적 적은 상태이나 본 배출액을 일주일이상 저류해 놓을 경우는 재분해가 되어

악취가 발생된다. 따라서, 본 발효처리물은 일주일 이내 다른 용도로 사용되어지는 것이 바람직하다.

바. 발효처리물의 사용은 양돈장인 경우 돈사의 세척수로 이용함이 바람직하다고 판단된다. 실제 세척수를 이용하여 사용해 본 결과 돈사내 세척수(지하수)가 절감되며, 돈사내 악취가 감소되고, 특히 세척수로 이용함으로써 돈사내에서 수분이 증발되어 2차 수분감량 효과를 가져다주었기 때문이다. 따라서 액비이용이 곤란한 농가에서는 세척수로 이용함을 적극 권장하고자 한다. 이러한 방법이 분뇨 무방류처리로 연결되기 때문이다.

사. 발효처리물의 세척수이용 효과로 실제농가에서의 양돈 질병발생율이 상당부분 감소되었으며, 동시에 투약비도 감소된 효과를 보았다. 본 연구결과는 축사내 질병환경과 관계된 부분으로 금후 검토되어야 할 과제로 판단된다.

아. 본 CABR운전 중 발효균주를 대량생산하여 그 첨가효과를 양돈 현장에서 실시해 본 결과, 비 첨가시보다 약 20 - 30%정도의 수분증발효과와 발효처리속도가 1.5배정도 빨라졌음이 밝혀졌다. 구체적 이유에 대해서는 다각적으로 검토되어야 하나 현장 실증실험을 통해 재현성 있게 나타났으며, 특히 발효균주의 사료 및 슬러리 투입이후 돈사내 악취가 상당부분 감소되었고, 슬러리내 저장 분뇨중의 악취는 GC(가스크로마토그래피) 분석결과 거의 제거되어 CABR의 악취제거 효과를 상승시켜 주는 결과를 보여주었다.

2. 발효처리고형물의 육묘상토개발 및 발효처리액상물의 농지환원 기술 개발

가. 발효처리된 액상물의 이용성에 대한 연구를 위해 발효처리물의 화학적 성분을 분석한 결과 N, P, K의 함량비는 약 2:1:1정도로 비료로서

의 이용시 영양분 균형은 커다란 문제가 없는 것으로 밝혀졌다. 또한 양돈분뇨이므로 생물유해 중금속 성분은 거의 검출이 되지 않고 있다.

나. 발효처리된 액상물을 이용하여, 수경재배(벼)와 토경재배(이탈리안라이그라스)의 작물실험을 통해, 식물에 대한 생육량, 식물체내 물질분석을 일반화학비료처리구와 비교 검토하였다. 그 결과 작물의 생육량은 고농도 투입에도 불구하고 일반화학비료구에 비해 3배정도 높으며, 작물해가 없이 생육됨이 확인되었고, 식물체내 질소성분의 분석결과 과잉질소 공급시 발생하는 질산태질소($\text{NO}_3\text{-N}$)의 함량이 화학비료구에 비해 현저히 낮아 질산태 질소로 인한 위해성은 없는 것으로 판단된다.

다. 이러한 작물의 생육실험은 주로 발효처리물내 질소의 구성형태가 무기성이 아닌 유기성 형태로 존재함이 큰 것으로 판단되어졌다.

라. 본 작물실험 결과 시설원에 작물생산을 위한 발효액상물의 이용시 단기적으로는 유효하나, 장기적으로 공급시 유기태 질소의 분해속도가 낮을것으로 예상되어져, 장기연용시험을 통한 적정사용량을 결정할 필요가 있는 것으로 판단되어지며, 동시에 수경재배, 토경재배시 단일 품종이 아닌 여러 작물에 동시 공급하여 작물별 적정 사용농도의 한계를 결정할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

마. 작물실험을 통해 드러난 또하나의 현상으로는 수경재배시 배양액내 비료성분의 여러 유기물들이 포함되어 있음으로서 발생가능한 배지의 성분변화이나 현재는 큰 변화는 없으며 장시간 사용할 때 물질의 변화 부분에 대한 화학적 변화분석이 요구되어지므로 이에 대한 연구가 필요하다.

바. 발효처리액상물을 엽채류 및 과채류의 액비로서 사용한 결과, 발효처리액상물의 효과는 모두 인정되었다. 본 실험은 관주식 양액재배와

고형 배지경에서 수행되었기에 순수수경과 분무경 등 기타 재배방식이 달라질 경우에도 동일한 효과가 나올런지 속단하기는 어렵다. 양액재배용 액비로 사용하기 위하여서는 액상물의 2차 변화가 없어야 하며 여과작업이 철저히 선행되어야 하고 작물별, 재배시기별 급액량과 급액농도가 보다 철저히 규명 되어야 한다.

사. 발효처리액상물을 관비로 이용하여 배추를 재배한 결과, 관비재배용 액비로서는 전혀 문제가 없다고 판단 되었으며 단지 시용시에 어린식물체의 잎표면에 발효액이 묻지 않도록 주의할 필요가 있다고 보여진다. 엽채류의 효과가 인정 되드시 특히 박과채소에 있어서 효과가 예상 된다.

아. 금후 발효처리액상물은 엽, 근, 과채류 및 사료작물 등 다수의 식물에 시용효과를 검토하여 식용작물 재배를 통한 바이오필터로서의 이용기술개발이 필요하다. 환경오염원의 제거와 자원 재활용의 측면에서 본 CABR의 발효처리액상물은 경제성이 극히 크다는 확신을 얻었다.

자. 발효처리고형물의 육묘상토 자재로서의 대체효과를 검토한 결과 현 발효처리물은 작물종에 따라 약간 차는 있으나 5%미만의 경우에 한정되어야 하는 것으로 나타났다.

제 7 장 참고문헌

- 1) 국립종축원. 1991. 초지, 사료작물 재배지에의 가축배설물 시비이용. 한국농촌경제연구원. C-91-15. 145-190
- 2) 국립종축원. 1992. 톱밥발효돈사의 내부기생충 감염실태 및 구충 효과 실험. 한국농촌경제연구원. C92-14. 325-341
- 3) 국립종축원. 1992. 가축분뇨가 사료작물(옥수수) 및 토양성상에 미치는 영향. 한국농촌경제연구원. C92-14. 256-272
- 4) 국립환경연구원. 1988. 축산폐기물의 적정관리방안
- 5) 김복영. 1988. 수질오염과 농업. 한국환경농학회지. 7(2). 153-168
- 6) 류종원. 1995. 가축분뇨의 액비화처리. 가축분뇨의 자원화에 관한 국제심포지움. 61-84
- 7) 맹원재, 이상락, 조남기. 1994. 혐·호기 2단계 발효법에 의한 가축폐기물의 처리 및 재활용에 관한 연구. '94 국내외한국과학기술자학술대회. 29-49
- 8) 박완철, 김태형, 하준수. 1994. 소규모 축산폐수 처리의 개발. '94 국내외 한국과학기술자학술대회. 96-97
- 9) 수질공정시험법. 1993. 동화기술
- 10) 오인환, 박정현, 김범석, 이상락, 맹원재. 1995. 축산폐수처리시스템의 최적설계요인도출. 한국축산시설환경학회지. 1(1) 77-82
- 11) 육완방. 1994. 가축분뇨(액비)의 사료작물 사용시 질소용탈량 기초조사 시험. 축산폐수처리에 관한 연구. 한국농촌경제연구원. C-94-5. 241-269
- 12) 이력호, 김재규. 1988. 가축분의 종류별 초치시용 효과. 농촌진흥청 시험연구보고서. 573-585

- 13) 주영희, 다치가와 료. 1993. 소규모농가형 양돈 폐수처리시설의 개발. 한국토양비료학회지. 26(2). 127-131
- 14) 최홍립. 1995. 가축분뇨의 퇴비화처리기술 개발. 가축분뇨의 자원화에 관한 국제심포지움. 97-117
- 15) 축산시험장. 1994. 가축분뇨처리에 관한 연구. 축산폐수처리에 관한 연구. 한국농촌경제연구원. C-94-5. 133-214
- 16) 코오롱엔지니어링. 1988. 축산폐수정화 설계용역 최종보고서
- 17) 토양화학분석법. 1988. 농업기술연구소
- 18) 한국과학기술원. 1990. 1. 전국 축산분뇨 적정관리대책 연구
- 19) 한국농촌경제연구원. 1992. 가축분뇨 액, 퇴비의 생산 및 유통촉진방안에 관한 연구. 축산폐수처리에 관한 연구. C92-14
- 20) 한국농촌경제연구원. 1994. 축산폐수처리에 관한 연구. C94-5
- 21) Hiraishi, A., Kitamura, H. 1984. Distribution of phototrophic purple nonsulfur bacteria in activated sludge system and other aquatic environments Bull. Jpn. Soci. Sci. Fish., 50. 1929-1937
- 22) Kobayashi, M. 1975. Role of phototrophic bacteria in foul water purification. prog. wat. Tech. 7. 309-315
- 23) Lee, M. G., Kobayashi, M. 1992. Deodorization of swine sewage by addition of a phototrophic bacterium, *R. capsulata*. Soil Sci. Plant Nutr., 38(4). 767-770
- 24) Lewis, D., 1951. The metabolism of nitrate and nitrite in the sheep ; The reduction of nitrite in the rumen of the sheep., Biochemi., J., 48. 175-180
- 25) Ohta, O., Ikeda, M. 1978. Deodrization of pig feces by Actinomyces. Appl. Environ. Microbiol. 36. 487-491

- 26) Sawada, H., Rogers, P. L., 1977. Photosynthetic bacteria in waste treatment J. Ferment. Technol., 55. 297-310