

GOVP1199909059

최 종  
연구보고서

628.7466  
1.2937

# 전천후 고도 축산폐수 처리방법과 그 부산물의 고부가가치 천연무균액비 개발 및 산업화

Development of the specific treatment for livestock  
waste water & the liquid-fertilizer from its by-product

전천후 고도 축산폐수처리 공정의 최적화 및  
천연무균액비의 생산과 그 효능

Optimization of treatment process &  
Evaluation of the effect of liquid-fertilizer

천연무균양액 사용에 의한 plug seedling,  
구근비대 및 절화재배법 개발

Development of plug seedling, blub and cut flower production  
technique by natural nutri-fertilizer application

축산폐수중 혐기미생물의 분리동정

Identification of anaerobic microbes from livestock waste water

연구기관 : 충남대학교

농 립 부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “전천후 축산폐수 처리방법과 그 부산물의 고부가가치 천연무균액비 개발 및 산업화” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1998. 12. 31.

주관연구 기관명	:	충남대학교
총괄연구책임자	:	이 규 승
협동연구기관명	:	단국대학교
협동연구책임자	:	서 정 근
협동연구기관명	:	한국과학기술원
협동연구책임자	:	이 성 택
연 구 원	:	권 진 욱
연 구 원	:	조 정 례
연 구 원	:	임 향 식
연 구 원	:	김 태 형
연 구 원	:	이 충 협
연 구 원	:	손 성 수
연 구 원	:	김 경 호

# 요 약 문

## I. 제 목

과제명	(국문) 전천후 고도 축산폐수 처리방법과 그 부산물의 고품가가치 천연무균액비개발 및 산업화		
	(영문) Development of the specific treatment method for livestock waste water & the liquid-fertilizer from its by-product.		
주관연구 기관	충남대학교	총괄연구	(소속) 충남대학교
		책임자	(성명) 이 규 승

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

축산 산업은 지속적인 양적 성장을 바탕으로 대형화, 기업화되면서 축산 폐기물 및 폐수의 발생량이 급속히 증가하였으나 아직 까지 생산위주의 축산을 경영하여 왔기 때문에 부수적인 환경문제에 대한 대책은 미흡한 실정이며, 정부의 “맑은물 살리기”운동이 전개되면서 축산업이 수질오염의 중요한 요인으로 지목 받게 되었고, 축산 농가에 대한 규제도 한층 강화되었다. 이와 같은 추세에 따라 정부도 축산폐수처리 및 폐기물의 재활용을 위해 막대한 자금을 지원하였으나 기술력의 불안정성과 인식의 미흡등으로 아직까지 많은 문제점을 내포하고 있다.

이미 여러 차례 언론에 보도된 축산폐기물 처리시설의 문제점에서 알 수

있는바와 같이 축산폐수의 처리를 위해 수십억원의 예산을 투입하여 처리 시설을 설치하여도 처리가 되지 않아 축산농가와 축협 및 관련기관의 고충은 말로 다 표현할 수 없으며 그로 인한 환경 오염문제는 매우 심각한 상태라고 알려져 있다. 그러나, 실제의 경우 이러한 예는 빙산의 일각에 지나지 않으며 축산분뇨로 인한 환경오염의 실질적인 해결을 위해서는 근본적인 문제의 인식으로부터 시작되어야 할 것이다. 즉, 최근 남해안 및 연안어장을 황폐화시키고 있는 적조 현상의 주범인 N(질소)와 P(인)의 발생원인 중에는 축산분뇨가 많은 비중을 차지하고 있으며 또한 상수원 오염, 지하수 오염 및 악취문제 등을 일으키는 환경오염의 원인으로 알려져 있으므로 축산 농가의 소득향상과 환경오염의 해결을 위하여 우리 나라 현실에 적합한 축산 폐기물 처리 공정을 개발하는 것이 시급한 과제인 것이다.

현재의 축산폐수의 처리는 경제성의 이유로 고도의 처리기술이 도입되지 못하고 자가처리에 의존함으로써 고품질은 퇴비의 원료로 사용되고 액상은 액비로 농지에 살포하거나 하천에 방류하는 것이 일반화되어 왔다. 그러나, 최근 들어 축산단지가 대형화되고 환경규제가 강화되면서 배출수의 처리에 여러 방법들이 도입되고 있다. 가축분뇨의 처리로는 분뇨를 물리적, 기계적으로 분과 뇨로 고액 분리를 한 후, 분의 경우에는 건조, 소각, 퇴비화, 및 생분 이용 등으로 처리하고, 뇨의 경우에는 활성오니법, 살수여상법, 산화지법 등의 수처리 방법등에 의해 이루어지고 있다. 이 중 소각 처리 방법은 난방의 보조연료로써 이용하므로 에너지의 절감에 유효하나 효율이 낮고, 완전 소각의 경우는 연료비가 많이 드는 문제가 있다. 또, 건조 처리는 화력을 이용하는 경우에는 취급이 쉽고 품질이 안정하지만 연료비가 많이 들고, 비닐하우스 이용건조는 경비가 적게 드는 반면에, 넓은

처리 용지를 필요로 한다. 퇴비화 하는 경우는 시용의 범위가 넓고, 처리 경비가 비교적 적은 반면에, 톱밥과 같은 적합한 수분조절제를 필요로 하는데 이런 수분조절제의 값이 비싸고 구하기 어려운 점과 퇴비화에 들어가는 조절제의 양이 매우 많이 소요된다는 문제점이 있다. 생분 이용의 경우는 처리경비는 적게 들지만 취급이 불편하며, 시용의 계절성에 문제가 있을 뿐 아니라, 악취와 보건위생상의 문제점도 간과할 수 없는 것이다. 노의 처리에서 활성오니법은 유지관리상 상당한 기술을 요하며 잉여오니의 처리가 필요할 뿐 아니라 시설경비가 높은 점도 처리공정의 확대 응용에 저해요인으로 작용한다. 살수여상법의 경우는 정화효과가 약간 나쁘고 대규모 경영에 적합하지 않으며, 산화지법은 유지관리가 쉽지만 타처리에 비교하여 부지가 많이 필요한 문제가 있다. 액비 이용의 경우는 시용시 계절성이 문제가 되지만 처리 조작이 간단하고 경비도 적게 든다. 이상에서 살펴본 바와 같이 액비, 퇴비화 및 생분 이용 등을 제외한 여러 처리들의 일반적인 공통점은 시설규모가 크고 복잡하며 많은 노동력과 에너지 및 경비가 들뿐만 아니라 실제 처리가 완벽하게 이루어지지 않는다는 문제가 있다. 따라서 가장 바람직한 축산분뇨처리법은 퇴비화나 액비제조와 같은 자원화방안이며 이 과정에서 적절한 수질 오염 경감방법이 확립되어 환경오염을 줄이는 것이라고 본다.

최근 들어 혐기성 생물학적 처리 공정 중 상승류 슬러지 블랭킷(UASB) 반응기에 관한 연구가 많이 수행되고 있는데, 이 방법은 슬러지 체류 시간(Sludge Retention Time, SRT)을 조절하여 고농도의 미생물을 반응기내에 유지시키는 공법으로 슬러지 자체의 응집 집강기능을 이용하므로 생물 부착 담체를 사용하지 않는 UASB(Upflow Anaerobic Sludge Blanket)반응기를

이용하므로써 다른 처리법에 비해 상당히 높은 농도의 유기물을 처리할 수 있으며 유기물 부하량, 온도 등의 변화에 저항성이 강하고 독성 저해 물질에 대해서도 비교적 높은 내성을 갖는 것으로 알려져 있다.

일차적으로 생물학적 처리 공정을 거친 처리수에는 혐기적 처리시 미처리된 물질들이 포함되어 있는데 최종적으로 수계에 방류하기 위해서는 무기염류, 유기물 및 고형물이 최대한으로 제거되어야 할 것이다. 이는 방류수에 질소, 인 등의 영양염류가 포함될 경우 강이나 바다에서 미세 조류의 대량번식으로 인해 수자원의 부영양화 및 적조 현상 등을 유발하게 되기 때문이다. 최종 처리 방법에는 탈기법(Air stripping), 흡착법, 한외여과(Ultrafiltration, UF) 및 역삼투(Reverse osmosis, RO) 막 반응기법 등이 있는데 처리 용량 및 반응기의 크기 등을 고려하면 막 투과 원리를 이용한 UF/RO 막 반응기가 효율적으로 여러 유형의 폐수에 사용 될 수 있다고 본다.

[표]. 생물학적 혐기성 처리법들의 비교

특 징 \ 공 정	혐기성 소화조	혐기성 산화지	UASB 반응기
반응조(부지)의 크기	작다	크다	작다
초기 투자비용	많다	적다	적다
허용 BOD 부하	크다	작다	크다
BOD 제거율	높다	낮다	높다
충격부하에 대한 내성	약하다	강하다	강하다
독성물질에 대한 내성	약하다	강하다	강하다

이에 본 연구팀은 국가적인 문제가 되고 있는 축산분뇨를 환경 친화적이고 간단하면서도 효율적인 방법으로 처리하고자 하였다. 즉, 유용 미생물군과 부하량이나 온도 변화 등에 강한 UASB 반응공정을 기초로하여 반응기를 삼중구조로 하면 여기에 담체를 넣어 미생물 막을 형성하는 고전적인 방법을 접목 시켜 처리 용량과 운영시의 경제성을 고려한 반응기를 설계하고 운전 조건을 최적화 하여 축산분뇨의 완벽한 전처리를 하고, 일차처리 후에는 한외여과(Ultra-Filtration, U/F), 역삼투(Reverse-Osmosis, R/O) 막분리 공정을 통해서 무균상태의 BOD수치가 "0"에 가까운 완전정화수(청정수)를 방류하여 축산폐수로 인한 환경오염 및 사회문제를 해결하는 획기적인 기틀을 마련하였다. 동시에 막분리 과정중에서 U/F를 통과하고 R/O 처리에서 역류되어 나오는 고농축된 무균의 액을 고부가가치의 액비로 생산하는 연구를 수행하였으며, 또한 액비의 적용대상 작물을 화훼작물 뿐만 아니라 시설재배 채소작물에 까지 확대하여 그 효과를 검증해 봄으로서 액비의 활용범위를 넓혀 양축농가에서 배출되는 축산폐수의 완전이용을 꾀하고자 하였다. 이는 현재 국내의 종묘 및 원예상품 생산에 이용되는 액비의 상당량이 외국으로부터 수입되어 막대한 외화가 유출되고 있음을 고려해 볼 때 대외 경상수지의 개선에도 지대한 공헌을 할 처리방법이라고 생각되며, 축산폐수에 대한 거의 완벽한 처리기술을 국내기술로 개발하였다는데에 큰 의의를 들 수 있다고 본다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 제 1 세부과제

(과제명 : 축산분뇨 처리공정 최적화)

##### 가) 1차 년도

◎ 현 축산폐수 처리시설 조사 및 폐수의 특성조사

- 축산폐수의 선택 및 특성조사
- 연속식실험기의 설계 및 제작
- 막반응기의 설계 및 설치

##### 나) 2차 년도

◎ 연속식 실험반응기의 운전 특성 조사

- 연속식 실험기에서의 실험폐수처리에 따른 폐수의 특성 조사
- 막반응기에서의 최적 부하량 조사
- 부산물의 액비로서의 가치 판단

##### 다) 3차 년도

◎ 연속식반응기의 최적조건 확립

- 천연무균액비의 품질향상
- 천연무균액비의 채소작물에의 적용

## 2. 제 2 세부과제

(과제명 : 천연무균양액시용에 의한 plug seedling, 구근비대 및 절화재배  
배법 개발)

### 가) 1차 년도

- ◎ 천연무균양액 시용에 의한 plug seedling, 구근 비대 및 절화재배  
법 개발
  - 제라늄, 샬비아, 메리골드등의 식물의 토양관주 및 엽면시비
  - 화학비료 및 액비와의 생육 관계 조사

### 나) 2차 년도

- ◎ Plug seedling 초기생장에 미치는 적정 액비처리법 구명
  - 샬비아나, 메리골드에 대한 액비의 적정 희석배수 및 농도 조사
  - 적정 희석배수에 따른 양액재배시 작물의 생육조사

### 다) 3차 년도

- ◎ 천연무균액비시용에 따른 영향 평가
  - 천연무균액비 시용이 몇 가지 채소작물의 생육 및 품질에 미치는 영향
  - 천연무균액비를 이용한 화훼류 양액재배시 천연무균액비의 효능시  
험

### 3. 제 3 세부과제

(과제명 : 전천후 고도 축산폐수처리를 위한 미생물 제제의 개발)

#### 가) 1차년도

##### ◎ 혐기성 발효 미생물 분리

- 혐기 발효를 촉진 시키고 혐기성 발효의 안정화를 위한 미생물들을 탐색 및 분리

#### 나) 2차년도(종료)

##### ◎ 폐수처리에 이용되는 미생물의 처리효과

- 폐수처리에 이용되는 광합성세균의 분리 및 광합성 세균에 의한 처리 효과

## IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

### 가. 연구개발결과

#### 1. 제 1 세부과제

##### <1차년도 요약>

1차년도에는 축산폐수 처리시설의 조사 및 폐수의 특성조사를 통해 실험에 알맞는 축산폐수를 선택하고, 축산폐수의 특성을 조사하며, 연속식 실험기의 설계 및 제작 그리고 막반응기의 설계 및 설치등의 연구기반을 확고히 하는 것이 계획되어 있었다.

그러나 본연구는 일부의 선행연구가 있어 이를 포함시키므로 막반응기의 운전에 따른 문제점을 일부 구명하는 부분까지 포함하게 되었다.

중요한 결과를 요약하면 아래와 같다.

1. 축산폐수처리 시스템의 개발에서는 여러 가지 문제점을 감안하여 고액분리하여 혐기발효를 거친후 이를 UF/RO의 막분리 방법에 의해 정화하여 방류 또는 중수(또는 필요시 여과하여 상수로 이용가능)로 이용하는 방안으로 결정하였다.
2. 이에 따라 혐기발효조는 fig.3-1. 과 같이 기존의 UASB(Upflow Anaerobic Sludge Blanket)법을 다소변경한 혐기발효를 고안하였고, UF/RO막장치는 막의 종류 별로 검토하여 양돈 폐수에 적합한 것을 설정하였다.
3. 충남도내 축산 분뇨 처리시설의 실태를 조사 하였으며, 또 Scraper돈사와 재래 돈사에서 폐수를 채취하여 성상을 분석 하였다.

4. 혐기발효에서의 부유물의 영향을 활성오니법과 비교하여 검토하였으며 동일한 폐수에서도 부유물질을 제거하는 경우에 처리효율이 높으므로 폐수처리 공정중 부유물질의 제거는 필수단계임을 확인하였다.

5. 따라서 침전조를 통과한 양돈폐수와 혐기발효를 거친 양돈폐수는 UF막으로 처리하는 과정에서 어떤 요인이 막막힘에 영향을 주는지를 비교검토하였으며 폐수중의 혼입된 단백질-질소가 고도의 유의성이 있는 성분임을 밝혔다.

6. UF에 의한 농축할때와 그반대의 경우일때의 세척후 토출량의 변화를 조사하였으며 UF막 운영시 일정기간 마다 주기적으로 세척이 필요하다는 것을 확인 하였다.

농축중의 TDS변화를 측정하므로써 막막힘 현상이 일어날 것을 예견하고 활용할 수 있을것으로 판단하였다.

한편, 중요한 결과는 순서대로 제시하였다.

## 1. 축산폐수 처리시설 조사 및 폐수의 특성조사

### 1.1 축산폐수 처리시스템의 개발

① 축산폐수의 경우 계절별 두수별 모두 그 특성이 다르게 나타나고 있다. 이로 인하여 기존의 축산폐수처리 시스템이 재기능을 발휘하지 않고 있다. 이러한 점을 감안하여 여러 축산폐수를 조사한 결과 우선 폐수의 일정범위 에서의 균일화가 절대적으로 필요하다는 것을 고려 하였다.

② 어떠한 축산폐수의 경우라도 처리 가능한 시스템으로 개발하기 위하여 일단 생물처리공정을 거친 후 Membrane을 통과시켜 그 성상의 특성을 균일화 하였다.

③ 축산폐수의 처리시설은 배출시설과 무배출시설로 나누어져있으나, 환경 친화적 처리시설로 갖추어지려면 무배출시설로 할 수 있어야하며, 처리 시설에 중수도 개념을 도입하여 물의 재활용할 수 있는 처리시설로도 갖추었다.

## 1.2 축산분뇨의 탐색 및 선택

축산분뇨는 지역별, 계절별, 사육형식별 차이는 있었지만, 충남지역의 농가를 대상으로 조사해본결과 대체적으로 BOD 22,000 mg/l, COD 2,000 mg/l, SS 1,150 mg/l로 나타났으며 사육형식은 Scraper system과 재래식 돈사를 선택하여 처리시설 별로 폐수의 성상을 조사하였다.

## 1.3 축산분뇨의 성상 분석 및 처리실태조사

### 1) 축산분뇨의 성상분석

	pH	(mg/l)									
		BOD	COD	SS	TDS	PO <sub>4</sub> -P	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	T-N	Ca	Mg
호기	유입수 7.4	3,400	2,560	1,230	160	20	87.3	310	1,340	25	46
처리	유출수 6.0	950	760	35	120	20	137	160	182	20	40
혐기	유입수 8.1	1,860	1,800	1,060	110	300	15.5	430	868	57	78
처리	유출수 8.2	780	820	30	500	400	160	140	166	50	68

## 2) 처리실태 조사

처리방법	설치수	사육두수 및 처리시설 규모			
		사육두수	축사면적(㎡)	용량(ton)	
활성오니법	24	범위	500-14,000	1,320-38,933	20-600
		평균	3,521	6,686	145
뜸밥발효	12	범위	200-9,996	1,254-12,937	18-549
		평균	1,738	3,691	79
장기폭기	7	범위	500-4,000	1,724-5,800	15-200
		평균	1,828	3,385	60.7
저장액비화	23	범위	100-7,000	1,459-3,599	10-2,707
		평균	1,048	2,439	331
간이정화조	18	범위	20-2,000	1,598-4,392	1-10
		평균	848	2,233	43.8

## 3) 연속식 실험기 설계 및 제작

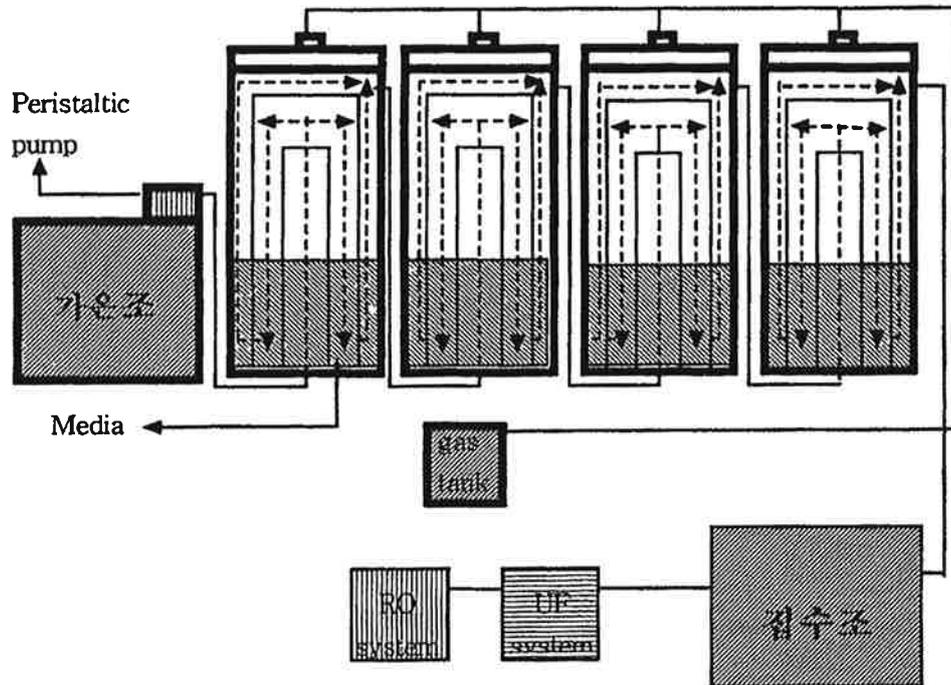


Fig. 3-1. A Schematic diagram of reactor

#### 4) 막의 종류별 처리 효과

[표 3-1] 막의 종류별 처리효과\*

구 분	원 수	U/F 막			R/O 막	
		A	B	C	D	E
BOD	8600	1500(93.5)	230(97.3)	1930(77.6)	0.1이하	70
COD	1500	1200(20.2)	350(96.7)	1430(4.7)	2.7	140
SS	2800	950(66.1)	0(100.0)	2300(17.8)	---	---
NH <sub>4</sub> -N	500	500(0.0)	460(8.0)	500(0.0)	20	
PO <sub>4</sub> -P	120	68(43.3)	55(54.2)	84(30.0)	0.16	5.4
N-Hexane	140	---(100.0)	---(100.0)	23(83.6)	---	---
색도		++	++	++	흔적	+
악취		돈분 악취	++	++	NH <sub>4</sub> 냄새	돈분 악취

\*R/O막 처리시 유입원수는 U/F막 B의 유출수임

A : 폴리설피론계, B : 폴리아크릴로 니트릴계, C : 셀룰로오스계,

D : 폴리아미드계, E : 아세트산 셀룰로오스계

+ : 선명도, - : 불검출, ( ) 는 처리효율 %

#### 2. 축산폐수에 있어서 부유물질의 영향

부유물질(suspended solid)은 처리시설 내에서 폐수의 흐름을 나쁘게 하며 호기성 처리일 경우에는 대기와의 접촉을 방해하는 등 처리효율을 떨어뜨리는 한가지 요인이 된다. 따라서 다량의 부유물질을 함유한 상태로 배출되는 축산폐수에서도 부유물질은 수질에 커다란 영향을 미친다.

축산폐수에 있어서 부유물질의 영향을 알아보기 위해 Whatman 42 filter paper (

110 φ )를 이용하여 부유물질을 완전히 제거한 후 각종 성분을 측정한 결과 [표 3-2]와 [표 3-3] 에서 나타난 것처럼 활성오니법은 그 처리방법의 특성상 유입수에서 보다 반응오니와 유입수중의 유기물이 호기성 미생물의 영향을 받아 서로 응집 현상이 발생하는 폭기조에서 부유물질의 영향이 전 수질항목에서 가장 큰 비중을 차지한 반면에 혐기소화법의 경우는 유입수에서의 부유물질이 혐기성 미생물의 영향을 받기 이전 단계에서의 부유물질 제거가 총질소이나 BOD<sub>5</sub>의 수치에 가장 큰 효과가 있는 것으로 나타났다.

**[표 3-2] 활성오니법에서의 부유물질 제거에 의한 폐수의 특성비교**

( mg / l )

		Inflow	Aeration	Precipitation tank	Outflow
A''	BOD <sub>5</sub>	7700	8600	720	660
	COD <sub>Cr</sub>	2490	3800	1320	1000
	T-N	1670	2980	450	360
	Protein	980	1790	610	380
B''	BOD <sub>5</sub>	3200	2310	600	400
	COD <sub>Cr</sub>	1010	880	580	320
	T-N	960	450	360	180
	Protein	430	500	300	240

1) A : Non-treated wastewater

2) B : SS-removed wastewater

[표 3-3] 혐기발효법에 있어서 부유물질의 제거에 의한 폐수의 특성비교

( mg / l )

		Inflow	Anaerobic tank	Precipitation tank	Outflow
A <sup>1)</sup>	BOD <sub>5</sub>	5000	800	520	500
	COD <sub>Cr</sub>	13200	220	200	200
	T-N	1050	402	297	280
	Protein	606	96	78	70
B <sup>2)</sup>	BOD <sub>5</sub>	1980	500	440	440
	COD <sub>Cr</sub>	2700	200	200	200
	T-N	730	250	193	160
	Protein	310	50	42	40

1) A : Non-treated wastewater

2) B : SS-removed wastewater

## <2차년도 요약>

2차년도에는 연속식 실험기에서의 실패수처리에 따른 폐수의 특성을 조사하며, UF와 RO막의 막막힘 현상을 구명하고 이에 따른 최적 부하량을 조사하여 최적 운전 조건을 제시하며 막의 수명을 연장 시켜 경제적인 축산폐수 처리시설로서의 최적 조건을 마련하고자 하였다. 이에, 이때 발생하는 농축수의 성상을 조사하여 액비로서의 가능성을 검토하는 연구를 수행 하였다.

중요한 결과를 요약하면 아래와 같다.

1. 한외여과막의 경우 혐기소화법, 부패조의 처리수를 대상으로 하여 농축한결과 막을 통과한 처리수의 수질은 농축이 계속되어도 일정한 수질이 유지되었다 이러한 결과는 폐수의 수질에 직접적인 영향을 미치는 질소와 단백질 등의 성분을 안정적으로 배제하고 저분자의 유기물과 무기염류만을 투과시킴으로서 처리수의 수질에 있어서의 안정성을 도모하고 있다는 것을 밝혀주는 결과이다.

2 한외여과막의 경우 제거할 수 있는 물질들이 M.W. 10,000이상의 유기물은 제거할 수 있지만 이온성의 물질들은 한외여과에서는 제거할 수 없다는 것을 나타낸다. 이와 같은 무기염류의 투과도는 한외여과의 또 하나의 특성이기도 하다

3. 한외여과막의 경우 막의 종류 즉, cut-off range molecular weight에 따른 토출량의 변화는 각각 cut-off M.W.가 클수록 토출량도 증가하는 경향을 보였으며 혐기소화 처리수가 부패조 처리수 보다 우수했다. 또한 초기의 토출량이 상대적으로 높은 것은 15%의 농축이 일어나는 과정에서 이미 막의 토출량에 영향을 미치는 물질들이 토출에 방해를 시작하는 결과를 보이고 있다.

4. 한외여과의 토출량에 영향을 미치는 주요한 원인으로는 총질소 성분중 단백질의 함량과 가장 큰 상관관계를 지니는 것으로 나타났다.

5. 한외여과막의 연속운전에 의한 막 내부에서 막의 막힘 현상은 막을 투과한 단백질의 양과도 상관성이 있으며 7시간만에 막면에서의 gel formation이 일어났음을 의미하는 결과이다.

그리고 citric acid로 pH 4를 조절한 후에 세척을 실시한 결과 토출량은 운전초기의 토출량을 유지함으로써 본 실험에서 이용한 한외여과의 경우 축산폐수의 처리에 적용한다면 세척횟수는 매 6시간마다 1회로 제안할 수 있다. 그러나 세척제별로의 세척결과 30분마다 2분세척이라는 단시간 처리가 보다효과적임을 알아내었다.

6. 역삼투막의 경우 농축수와 처리수의 일반적 수질은 운전이 계속 이어지면서 TDS의 제거율을 급격히 저하되고 토출량이 저하되며 막의 막힘 현상이 나타났다. 이것은 초기부터 막힘이 발생하므로 미생물이 아닌 scaling이나 metal oxide에 의한 막힘현상이라는 결과를 얻었다.

7. 역삼투막의 경우 무기염류의 제거는 모든 염류에 있어서 90%이상의 효율을 나타냈다.

8. 역삼투막의 경우 막막힘 현상을 UF통과수중의  $Ca^{2+}$  함량과 고도의 유의성이 있음을 확인하였다.

9. Citric acid로 pH를 4로 조절한 후 1시간 동안 세척을 행한 이후에 배출수의 토출량은 운전초기의 토출량을 회복하였으며 이후의 세척까지 일정한 토출량을 유지하였다.

10. 세척제별로의 막수명연장 실험을 통하여 한외여과막의 경우 1.0 %  $H_2O_2$  역삼투막의 경우 Citric acid로 pH를 4로 조절한 것이 적절한 것을 알았다. 역삼투막의 경우 8-9시간 운전에 1시간 세척을 제안하였다. 그러나 이보다는 단시간세척이 보다 효과적임을 알 수 있었다.

11. 액비의 비료적 가치를 고려할 경우 역삼투막의 토출량에 최소 영향을 주면서 최대의 농축수를 얻을 수 있는 농축률은 70 %로 판단되었다.

한편, 중요한결과는 순서대로 제시하였다.

## 1. 한외여과에 의한 농축

### 1.1. 막에 따른 배출수의 수질

헴기소화법, 부패조의 처리수를 대상으로 하여 각각 농축실험을 해 본 결과 각 막의 cut-off range molecular weight에 따라 다소의 차이는 있었지만 일단 막을 통과한 처리수의 수질은 농축이 계속되어도 일정한 수질이 유지되었다. 이러한 결과는 폐수의 수질에 직접적인 영향을 미치는 질소와 단백질 등의 성분을 안정적으로 배제하고 저분자의 유기물과 무기염류만을 투과시킴으로서 처리수의 수질에 있어서의 안정성을 도모하고 있다는 것을 밝혀주는 결과라 하겠다. 그리고 배출수의 안정적인 수질에 비하여 농축수에서는 점진적으로 일반수질 항목의 수치가 높아졌다. 또한 막의 cut-off range에 따른 질소의 함량을 조사함으로써 축산폐수내에 존재하는 유기물의 분자량에 따른 분포를 추론할 수 있었다. 이 추론에 의하면 실험에 이용된 공시폐수중 부패조의 처리수에서는 총질소중 M.W.가 10,000이하의 이온성 질소가 약 11%, 10,000 - 30,000의 것이 약 5.5%, 30,000 - 100,000의 것이 4.97%, 100,000이상의 것이 약 79%로 계산되었다. 반면에 헴기소화 처리수에서는 10,000이하가 40.6%, 10,000 - 30,000의 것이 8.7%, 30,000 - 100,000의 것이 11.6%, 100,000이상의 것이 36.1%정도를 차지하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 부패조에서 분해되지 않고 있던 단백질과 같은 고분자의 유기물질들이 헴기소화를 거치면서 미생물의 영향으로 저급분자로 분해됨으로서 이온성을 띤 질소의 형태로 전이되었다는 것을 반증해 주는 결과이다.

## 1.2. 무기염류의 투과특성

한외여과를 이용하였을 경우 배출수의 수질이 비교적 안정적으로 나타난 반면에 무기염류의 제거효과는 나타나지 않았으며 농축수에서 무기염류의 농축은 일어나지 않았다. 이는 한외여과에서 제거할 수 있는 물질들이 M.W. 10,000이상의 유기물은 제거할 수 있지만 이온성의 물질들은 한외여과에서는 제거할 수 없다는 것을 나타낸다. 이와 같은 무기염류의 투과도는 한외여과의 또 하나의 특성이기도 하다.

따라서 한외여과를 이용하여 축산폐수를 처리할 경우 일정량의 질소와 인등을 배출한다는 단점을 지니고 있으며 이러한 성분들에 의한 이하 수계의 부영양화에 대한 문제점은 여전히 안고 있는 것이다.

## 1.3. 막에 따른 투출량의 변화

막의 종류 즉, cut-off range molecular weight에 따른 투출량의 변화는 각각 cut-off M.W.가 클수록 투출량도 증가하는 경향을 보였으며 혐기소화 처리수가 부패조 처리수 보다 우수했다.

또한 초기의 투출량이 상대적으로 높은 것은 15%의 농축이 일어나는 과정에서 이미 막의 투출량에 영향을 미치는 물질들이 투출에 방해를 시작한 것으로 생각된다.

[표 3-4] 부폐조와 혐기발효조의 각 막에따른 토출량 변화

( L / m<sup>2</sup> / hr)

		Initial	15	30	45	60	75	90
		( % )						
A <sup>1)</sup>	M. W. 10,000	117.6	116.0	97.5	97.5	93.8	87.5	80.0
	M. W. 30,000	140.0	115.5	107.0	104.5	99.7	92.3	87.0
	M. W. 100,000	126.0	120.0	115.5	115.5	112.4	102.5	98.0
B <sup>2)</sup>	M. W. 10,000	96.3	74.1	67.0	66.8	66.8	65.8	61.7
	M. W. 30,000	90.9	79.8	74.4	71.9	71.3	69.4	54.2
	M. W. 100,000	124.2	116.8	91.8	93.3	88.6	85.6	71.4

1) A : Anaerobic digestion water

2) B : Septic tank water

#### 1.4. 막의 토출량에 영향을 미치는 요인

한외여과의 토출량에 영향을 미치는 원인 물질을 찾아보기 위해서 각 성분과 토출량과의 관계를 살펴본 결과 한외여과의 토출량에 영향을 미치는 주요한 원인으로는 총질소 성분중 단백질의 함량과 가장 큰 상관관계를 지니는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 각 막별 토출량의 분석에서도 나타난 것처럼 분자량 10,000, 30,000, 100,000 이내의 분자량을 지닌 단백질이 존재하며 이것이 막의 공극을 막아 토출량에 영향을 미치는 요인으로 작용한 것으로 생각된다.

따라서 축산폐수를 대상으로 한 본 실험의 결과는 막 공극의 크기와 용질의 농도,

운전시간 등의 요인에 의한 토출량의 변화인 것으로 추론할 수 있어 보다 낮은 농도에서의 운전과 공극이 큰 막의 선택이 토출량의 안정적 확보에 중요한 인자임을 알 수 있었다. 특히 단백질의 효율적 제거를 위한 전처리는 한외여과의 효과적인 적용에 대한 중요한 관건으로 생각된다.

## 2. 한외여과의 연속운전

농축이 이루어지지 않은 상태에서 한외여과의 배출수는 농축이 이루어졌을 경우와 마찬가지로 일반 수질항목의 수치는 안정적으로 유지되었으며 토출량은 운전이 시작된 후 7시간만에 급격한 감소를 보였다. 이것은 농축에 의한 막의 막힘 현상은 단백질의 농축에 의한 결과이지만 연속운전에 의한 막 내부에서 막의 막힘 현상은 막을 투과한 단백질의 양과도 상관성이 있으며 7시간만에 막면에서의 gel formation이 일어났음을 의미하는 결과이다.

그리고 citric acid로 pH 4를 조절한 후에 세척을 실시한 결과 토출량은 운전초기의 토출량을 유지함으로써 본 실험에서 이용한 한외여과의 경우 축산폐수의 처리에 적용한다면 세척횟수는 매 6시간마다 1회로 제안할 수 있다.

## 3. 역삼투에 의한 농축

### 3.1. 배출수의 수질

한외여과를 통과한 투과수를 대상으로 역삼투를 적용하였을 때 그 투과수의 수질은 한외여과에서와 마찬가지로 BOD<sub>5</sub>는 20 mg/l 이하로 안정적으로 유지되었으며 COD<sub>Cr</sub>과 총질소, 단백질은 각각 평균 14.7, 43.6, 3.85 mg/l 정도로 매우 낮은 수치를 보였다.

농축수와 처리수의 일반적 수질은 표 4.와 같다. 그러나 운전이 계속 이어지면서 TDS의 제거율을 급격히 저하되고 토출량이 저하되며 막의 막힘 현상이 나타났다. 이러한 막힘은 미생물, scaling, metal oxide 등에 이해서 일어나는 현상으로 동일

압력에서 15%이상의 토출량 감소, 동일한 토출량에서 15%이상의 압력증가 있을 경우, 처리수의 TDS가 15%이상 상승할 경우를 막힘이 일어난 것으로 간주한다. 여러 가지 원인으로 일어나는 막힘 현상 중에 짧은 시간에 막힘 현상이 일어난 것으로 보아 미생물에 의한 막힘 현상이라기 보다는 scaling이나 metal oxide에 의한 막힘으로 보는 것이 타당하였다.

[표 3-5] 역삼투막의 배출수중 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Cr</sub>, T-N, protein의 변화

		( mg / l )							
	Initial	10	20	30	40	50	60	70	
		( % )							
BOD <sub>5</sub>	13	12	14	16	14	14	16	19	
COD <sub>Cr</sub>	38	30	22	10	8	9	10	14	
T-N	10	18	14	15	12	10	6	18	
protein	4.7	4.0	4.1	3.8	3.7	3.4	3.4	3.7	

### 3.2. 무기염류의 제거특성

역삼투에 의한 무기염류의 제거는 모든 염류에 있어서 90%이상의 효율을 나타냈다.

하지만 농축이 이루어 질 경우 앞에서 언급한 scaling이나 metal oxide에 의한 막의 막힘 현상이 일어나므로 각각 무기염류의 농도에 따라 농축의 정도가 결정되어야 할 것이다. 특히 CaSO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Fe, Ni 등의 농도는 막의 막힘 현상과 직결된다는 점에서 매우 중요하다. 하지만 Ni의 경우는 축산폐수에서 검출되지 않았다.

[표 3-6] 역삼투 막에 의한 축산폐수에서의 무기염류의 투과특성

( mg / l )

		Initia	10	20	30	40	50	60	70
		l	( % )						
Product water	PO <sub>4</sub>	38	28	12	19	15	13	13	20
	Cl	8	6	6	7	6	6	6	15
	Ca	12	10	10	10	10	12	12	10
	Mg	12	12	10	10	9	9	9	7
	Fe	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
	Si	1.2	1.2	1.3	1.15	0.72	1.1	1.2	1.2
	SO <sub>4</sub>	5	5	6	5	4	5	4	4
Rejected water	PO <sub>4</sub>	590	650	660	710	750	810	890	980
	Cl	600	650	680	700	1100	1250	1250	1300
	Ca	300	300	350	350	400	400	450	450
	Mg	90	100	100	120	140	140	160	250
	Fe	10	8	7.5	7	7	7	6.5	6.5
	Si	140	165	235	280	225	250	250	250
	SO <sub>4</sub>	100	100	130	130	140	140	180	180

### 3.3 Water flux의 변화

토출량은 50% 농축이 되면서 토출량은 급격히 저하되었다. 이것은 유입수의 농도가 막의 막힘 현상을 일으킬수 있는 한계농도에 도달했다는 것을 의미하는 것으로서 막힘을 일으킨 주요 성분에 대한 고찰이 필요했다.

그리고 염류의 제거효율은 온도가 상승하고 유입수의 농도가 상승하면서 감소하는 것으로 나타나서 온도와 유입수의 농도는 토출량과 염류의 제거효율에 대해 서로 반대의 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과에 따르면 막의 막힘 현상은 pump에 부하를 가하여 온도를 상승시키는 역할을 하고 이렇게 상승한 온도는 TDS의 제거 효율을 감소시키는 결과를 초래했다고 할 수 있겠다.

따라서 막의 막힘 현상은 배출수의 토출량에 가장 직접적인 영향을 미치는 반면 일반 수질항목에는 큰 영향을 끼치지 않지만 염류의 제거 효과를 떨어뜨리는 역할을 하는 것으로 생각된다.

[표 3-7] 농축운전에 의한 역삼투막의 토출량변화

		( Liter / Day )						
Initial	10	20	30	40	50	60	70	
		( % )						
Water flux	540	540	540	540	540	501.6	360	234

### 3.4. 농축수의 침전물에 대한 분석

침전물은 농축의 정도에 상당히 밀접한 관계를 지니고 있어 운전이 계속되면서 농축수쪽에는 잔존물이 많이 발생하였다. 이것이 막의 막힘 현상을 일으키는 주요한 원인으로 작용하는 것으로 판단되어 성분을 분석해 본 결과 그 주요성분은 CaCO<sub>3</sub>, Mg, Si, SO<sub>4</sub>였다. 또한 막의 막힘과 침전물의 석출시점이 일치하는 것으로 보아 이들 성분의 scaling에 의한 막힘으로 판단되며 각 성분의 농도로 보아 scaling의 주요 성분은 CaCO<sub>3</sub>인 것으로 판단된다.

[표 3-8] 농축수중 침전물의 화학적 특성

		( % )					
	CaCO <sub>3</sub>	Mg	Si	SO <sub>4</sub>	Organic mater	T-N	
Content	42.1	28.7	2.6	16.2	0.045	0.081	

#### 4. 역삼투의 연속운전

연속운전이 행해지는 동안에도 배출수의 수질은 변함이 없었다. 한외여과를 전처리로 하고 있기 때문에 부유물질의 영향은 받지 않았으며 연속운전시에는 농축이 이루어지지 않았으므로 10시간 동안 연속운전 하였을 때까지 배출수의 토출량은 변함이 없이 유지되었다. 또한 토출량의 감소 경향도 농축에서처럼 급격한 감소가 일어나지 않고 완만한 감소로서 세척의 횟수는 8 - 9시간마다 세척함으로써 적절한 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

Citric acid로 pH를 4로 조절한 후 1시간 동안 세척을 행한 이후에 배출수의 토출량은 운전초기의 토출량을 회복하였으며 이후의 세척까지 일정한 토출량을 유지하였다. 이와 같은 결과는 농축실험에서 살펴본 바와 같은 scaling에 의한 막의 막힘 현상은 citric acid로의 세척에 의해서도 간단히 제거가 되며 축산폐수의 역삼투에 의한 처리의 가능성을 높여주는 결과라고 할 수 있다.

#### 5. 막 반응기의 최적부하량 조사 및 막의 막힘현상 제어

##### 5.1 UF membrane

실험에 사용된 한외여과 막은 polysulphone재질의 cut off M.W.가 100,000인 membrane을 사용하였으며 plate-frame 형식의 module을 적용하였다. Pump는 D.C. motor speed controller가 장착된 Magnetek(U S)사의 Model NO. 46606352143-0A를 사용하였다. UF의 최적부하량을 결정하기 위하여 혐기발효과정을 거쳐 50 nm의 prefilter를 통과한 시료(A)와 회석수를 다량으로 사용한 축산농가의 septic tank에서 시료(B)를 채취하여 이용하였으며 시료의 특성은 [표 3-9]과 같다.

**[표 3-9] Chemical properties of wastewater for simple filtration with ultrafiltration**

	BOD	COD <sub>Cr</sub>	T-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -N	Cl	SS	TDS	PROTEIN
mg/l										
A	1,500	1,280	1,210	1,030	3.2	183	115	628	330	520
B	340	205	110	68	2.1	56	45	110	60	104

**1) 연속운전에 따른 토출량의 변화**

[표 3-10]에서와 같이 시료 중 단백질의 함량 등 막의 막힘에 관여하는 성분은 초기 UF의 토출량에만 영향을 미쳤으며, 연속운전의 시간이 경과 할수록 두 시료의 토출량은 같아지는 경향을 보였다. 따라서 막의 막힘에 영향을 미치는 인자는 폐수 중 단백질등 다른 성분의 함량보다는 운전초기 막에 흡착된 단백질 및 막 막힘 물질로써, 이런 막힘을 제어하기 위해서는 전처리 과정에서 막 막힘의 원인 물질을 제어하는 것보다는 막세척 시간과 세척방법의 개선이 효과적이라고 판단되었다.

**[표 3-10] Change of water flux of waste water treated by ultrafiltration.**

	inital	15 min	30 min	1hr	2hr	3 hr	4 hr	5 hr	6 hr
l/m <sup>2</sup> · hr									
A	211.2	120.5	109.2	105.3	87.4	81.5	61.9	55.8	52.5
B	356.1	152.2	145.4	131.3	111.2	92.5	85.4	72.5	59.2

## 2) 세척제의 종류에 따른 토출량의 변화

세척제로는 일반세제, citric acid(pH 4.0), 1.0 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 이용하였으며 세척시간은 막운전 30분 간격으로 2분씩 실시하였다. 가장 효과적인 세척제로는 1.0 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 이는 막의 표면에 흡착된 단백질 및 막 막힘의 원인물질을 제거할 뿐만 아니라 미생물의 증식을 억제하는 능력이 있어 미생물에 의한 막의 연화등을 방지하여 막의 수명을 연장시켜줄 수 있을 것으로 판단된다.

**[표 3-11] Change of water flux by several cleaning reagents**

flux		1st cleaning			2nd cleaning			3rd cleaning		
		initial	15 min	30 min	initial	15 min	30 min	initial	15 min	30 min
1/m <sup>2</sup> /hr										
detergent	A	201.7	127.3	110.8	120.2	105.1	102.9	125.7	108.3	105.5
	B	357.3	158.8	150.4	201.1	133.7	126.5	199.3	132.6	120.8
citric acid(pH 4.0)	A	207.5	120.2	109.8	115.6	102.4	102.0	116.6	105.3	102.4
	B	350.1	153.6	152.2	198.3	125.8	123.7	200.5	122.7	118.2
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (1.0%)	A	205.4	125.3	107.8	143.5	120.9	109.3	146.7	118.5	110.6
	B	360.1	160.4	152.7	230.6	154.5	149.2	225.6	155.7	146.3

**[표 3-11] Change of water flux by several cleaning reagents**

flux		4th cleaning			5th cleaning			6th cleaning		
		initial	15 min	30 min	initial	15 min	30 min	initial	15 min	30 min
1/m <sup>2</sup> /hr										
detergent	A	121.1	109.3	105.2	123.2	109.3	102.7	125.5	107.3	104.4
	B	200.3	130.4	123.9	201.8	133.2	122.5	200.4	128.3	121.5
citric acid(pH 4.0)	A	110.9	105.2	101.3	116.5	104.6	102.3	115.3	105.1	102.9
	B	201.3	127.5	123.4	195.3	130.4	117.7	199.2	125.2	118.9
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (1.0%)	A	146.1	122.1	109.4	145.5	125.9	107.3	146.6	120.4	110.0
	B	228.6	154.0	148.8	231.6	156.1	150.2	226.5	156.1	148.7

## 5.2 RO의 최적부하량 조사 및 막의 막힘현상제어

실험에 이용된 시료는 혐기발효를 거친 시료(A)와 회석수를 다량 사용한 축산농가의 septic tank에서 채취하여 UF막으로 전처리를 한 시료를 대상으로 실시하였으며, 시료의 특성은 [표 3-12]과 같다. 실험에 사용된 역삼투막은 polyamide재질의 Filmtec B.W. 30 series (operating temp.  $-7^{\circ}\text{C} \sim 49^{\circ}\text{C}$ )의 것을 사용했고 일반적으로 폐수처리에 이용되고 있는 Spiral wound 형태의 Module을 역삼투에 적용하였다. Pump는 Lesson( U S )사의 Lesson energy saving electric motor ( Model No. C6CI7FK4F, 3/4 H.P., 60 Hz가 장착된 Cat ( U S )사의 Model No. 237의 Pump를 사용하였다.

[표 3-12] Chemical properties of waste water treated by UF for reverse osmosis

	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>cr</sub>	T-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	Cl	K	Ca	Mg
	mg/l									
A-UF	420	450	950	910	3.0	170	330	683	100.1	24.3
B-UF	120	104	143	125	1.9	55	71	50	7.3	3.1

### 1) 연속운전에 따른 토출량의 변화

[표 3-13]에서와 같이 A-UF는 5시간 운전 이후에 토출량의 감소가 있었고, B-UF에서는 8시간 이후에 토출량의 감소가 있었다. 이는 폐수의 성상이 RO의 토출량에 얼마간의 영향을 미치기는 하지만 성분함량에 비례하여 토출량의 감소는 일어나지 않는다는 것을 보여준다. 또한 membrane fouling의 주된 원인인 scaling은 citric acid로 막의 표면에 침전된 salt와 metal oxide fouling의 제거가 가능하므로 세척 시점과 시간을 조절함으로써 막의 안정된 토출량과 토출량을 증가시킬 수 있다.

[표 3-13] Change of water flux of waste water treated by reverse osmosis membrane

	initial	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr	6 hr	7 hr	8 hr	9 hr	10 hr
flux	l/hr										
A-UF	40.0	40.9	39.1	38.3	40.0	39.1	36.0	34.6	34.0	32.7	29.5
B-UF	40.9	42.9	41.8	40.0	40.0	38.3	39.1	38.3	39.1	36.0	35.2

## 2) 세척에 따른 막의 투출량 변화

세척은 5시간 운전 후 1시간 세척을 하였으며, 세척제로는 citric acid (pH 4)를 이용하였다. 보통 혐기발효를 거친 축산폐수는 COD<sub>cr</sub> 1,000내외이므로 A-UF와 동일한 조건이라 판단되며, RO를 이용한 축산폐수의 처리에 있어서 5시간 운전 후 1시간의 세척이 안정된 최적의 투출량을 얻을 수 있었다. 또한 연속운전과 세척시 유출수의 성분에는 큰 변동이 없었다.

특히, 막의 막힘의 주요인 물질을 X-ray로 확인한 결과 Ca과 P의 혼합염인 것을 확인하였다. 즉, Struvite( $NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$ )와 Hydroxyl apatite( $Ca_5(PO_4)_3 \cdot OH$ )  $1/2[Ca(OH)_2 \cdot 3Ca_3(PO_4)_2]$  그리고, Foggite ( $CaAl(PO_4)(OH)_2 \cdot H_2O$ ) 의 3가지물질임을 밝혀으며 이는 citric acid (pH 4)에 녹음을 확인 하였다.

[표 3-14] Effect of water flux treated by cleaning with citric acid(pH 4)

flux	1st cleaning						2nd cleaning					
	initial	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr	initial	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr
A-UF	39.1	40.9	40.9	40.0	41.8	40.0	40.0	39.1	39.1	40.9	38.3	39.1
B-UF	41.8	41.8	42.9	40.0	41.8	40.0	41.8	40.0	41.8	41.8	40.0	41.8
flux	3rd cleaning						4th cleaning					
	initial	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr	initial	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr
A-UF	39.1	40.0	40.0	40.0	41.8	40.0	40.0	40.0	38.3	40.0	39.1	40.0
B-UF	40.0	41.8	41.8	40.0	40.0	41.8	41.8	40.0	40.0	41.8	40.0	40.0

## 6. 막반응기를 이용한 천연무균액비의 생산

### 6.1 RO에 의한 농축운전

혐기발효를 거친 폐수를 UF막으로 전처리를 하고 RO를 이용하여 농축을 하였다. 액비 생산을 위한 RO의 최적 농축율을 구하기 위하여, 먼저 RO에 악영향을 미치지 않는 농축률을 구하는 실험을 실시하였다. [표 3-15]의 결과로부터 농축률은 액비의 비료적 가치를 고려할 경우 RO의 토출량에 최소의 영향을 주면서 최대의 농축수를 얻을 수 있는 농축률은 70 %로 판단되었다.

[표 3-15] Change of water flux of waste water treated by reverse osmosis membrane

concentration initial ratio	1	10	20	30	40	50	60	70	80
flux(l/hr)	40.0	38.3	40.0	40.0	39.1	38.3	40.0	39.1	36.0

### 6.2 액비의 성분분석

RO를 통하여 농축된 액비의 성분 분석 결과는 [표 3-16]과 같다.

[표 3-16] Chemical properties of natural liquid nutri-fertilizer

pH	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	Protein
8.80	3,311.0	1,099.0	2,481.0	423.0	121.0	2,450.0	0.5	2,646.0

### <3차년도 요약>

3차년도에는 막반응기를 이용한 축산폐수의 부산물을 이용하여 액비로서의 가치를 구명하고 또한 상품성있는 액비의 생산을 위하여 액비의 안전성증대를 위한 실험을 하였으며, 이를 채소작물에 적용함으로써 액비의 효과를 보는 실험을 하였다. 또한, 모든 시스템의 경제성여부를 검토하였다.

중요한 결과를 요약하면 아래와 같다.

1. 천연무균액비의 생산을 위하여 액비생산 반응기를 설계 및 제작을 하였다.
2. 천연무균액비의 품질향상 방안으로  $H_2O_2$ 를 처리하여 처리량이 증가할수록  $NH_4^+-N$ 와 protein의 양은 감소하고,  $NO_3^- -N$ 는 증가하는 결과를 얻었다.
3. 오존처리 시간이 증가할수록 pH와  $NO_3^- -N$ 는 증가되었고, color, 총질소,  $NH_4^+-N$  그리고 단백질은 감소하였다.
4. 오존과 UV의 혼합처리의 경우 시간이 증가할수록 pH와  $NO_3^- -N$ 는 증가되었고, color, 총질소,  $NH_4^+-N$  그리고 단백질은 감소하였다. 그러나 오존만의 처리와는 별차이가 없었다.
5. 오존과  $H_2O_2$ 를 함께 처리하였을 때 4시간의  $O_3$  처리가 가장 안정되고, 산업화를 위한 적합한 조건이라 판단되었다.
6. 액비는 대장균이  $2.3 \times 10^3$ , *Salmonella-higella*  $1.7 \times 10^3$  (cfu/ml)로 검출이 되었으나 오존처리 4시간에서는 모두 사멸되었다.

7. 무처리와 오존처리(4 hr/) 액비에 대하여 무(*Raphanus sativus* L.)종자를 이용하여 발아 실험결과 30 배의 희석배수에서는 발아율 시험 1일에 모두 발아 하여 오존처리를 통하여 생성된 액비는 발아율에 대하여 영향을 미치지 않았다.

8. 천연무균액비의 경우 추비구의 경우보다는 고추의 수량이 낮았으나 무비구보다는 현저한 생육 차이를 보였다.

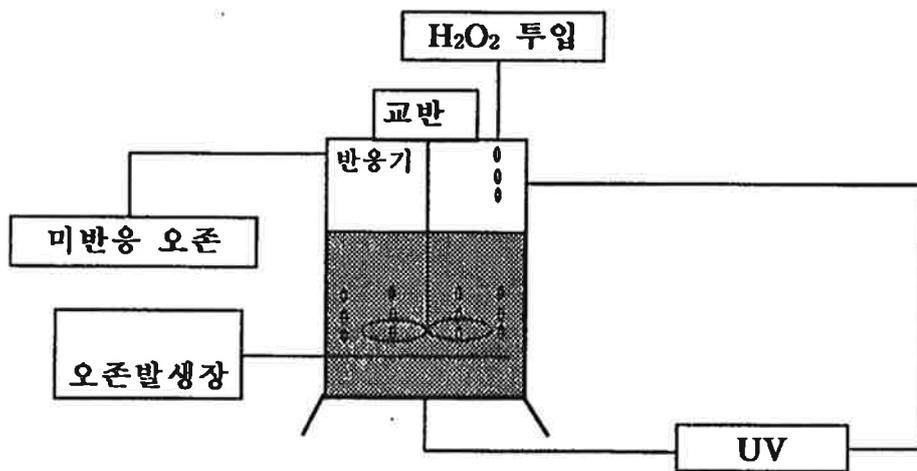
9. 하우스의 밀거름으로 준 유기물양이 12톤 보다 6톤의 경우 그생육이 좋았으며 기간도 1주보다는 3주마다 준 경우가 생육이 좋은 결과를 얻었다. 또한, 화학비료와의 비교실험은 화학비료보다는 생육이 저조 하였으나 그 차이는 그다지 크지 않아 경제성이 있음을 확인 하였다.

10. 노지재배에서의 고추의 생육 결과 화학비료와 거의 차이가 없는 결과를 얻었으며, 이를 통한 경제적 이득 효과를 얻을 수 있다.

한편, 중요한결과는 순서대로 제시하였다.

## 1. 천연무균액비의 생산

### 1.1 천연무균액비의 반응기 제작



오존 발생기 : 0.8g/hr  
미반응 오존축정 : 2% KI  
UV lamp : 365nm

fig. 3-2 . 천연무균액비 오존반응기

## 2. 천연무균액비의 품질향상

### 2.1 천연무균액비의 안전성 증대

생산된 액비는 심한 불쾌취와 생산단계에서 병원성 미생물에 의한 오염의 우려가 있어 오존 및 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 처리를 통한 악취 성분의 제거와 비료로서의 안전성을 증진시키는 실험을 하였다.

#### 1) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 처리에 따른 액비의 성분변화

[표 3-17]의 결과에서 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 양이 증가할수록 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N와 protein의 양은 감소하고, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N는 증가하였다.

[표 3-17] Chemical properties of natural liquid nutri-fertilizer by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

	pH	Color	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	Protein
(%)	mg/l									
0.5	8.79	6210	2,944	863	5210	154	81	2310	0.7	2610
1	8.84	6480	2,892	872	5105	153	76	2170	1.0	2580
5	8.88	6250	2,920	850	5215	156	77	2260	1.1	2580
10	8.97	6100	2,931	865	5197	146	79	2110	1.5	2490

#### 2) 오존처리 시간에 따른 액비의 성분변화

[표 3-18]와 같이 오존처리 시간이 증가할수록 pH와 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N는 증가되었고, color, 총질소, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 그리고 단백질은 감소하였다.

**[표 3-18] Change of chemical properties of natural nutri-fertilizer treated by O<sub>3</sub>**

	pH	Color	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	Protein
	(mg/l)									
0	8.85	95	2,935	951	2421	433	131	2200	0.7	2630
1hr	8.89	61	2,825	931	2504	421	113	2150	5.3	2400
2hr	8.90	51	2,889	945	2389	425	126	2170	7.9	2300
3hr	8.96	30	2,793	950	2360	427	120	2080	13.7	1950
4hr	8.97	10	2,804	921	2479	432	134	1990	20.5	1640
5hr	8.99	5	2,760	938	2512	429	123	1910	37.9	1400
7hr	9.03	6	2,613	947	2320	423	131	1700	50.6	1130
10hr	9.11	5	2,592	931	2464	420	135	1450	73.1	790

### 3) 오존과 UV의 혼합 처리

[표3-19]와 같이 오존과 UV의 혼합처리의 경우 시간이 증가할수록 pH와 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N는 증가되었고, color, 총질소, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 그리고 단백질은 감소하였다. 그러나 오존만의 처리와는 별차이가 없었다.

### 4) 오존과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 혼합 처리

[표 3-20]은 오존과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 함께 처리하였을 때의 결과이다. 액비의 비료로서의 가치를 높이기 위한 방안으로서 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1%를 가하고, 각 시간대별로 O<sub>3</sub>를 처리하였다. 이 결과 4시간의 O<sub>3</sub> 처리가 가장 안정되고, 산업화를 위한 적합한 조건이라 판단되

있다.

**[표 3-19] Change of chemical properties of natural nutri-fertilizer treated by O<sub>3</sub>/UV**

시간 (hr)	pH	color	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	Protein
(mg/l)										
0	7.8	100	2,949	874	2,183	420	95	2,200	1.0	2,152
1	7.9	70	2,846	762	2,156	418	83	2,160	5	2,021
2	8.0	50	2,706	792	2,021	406	82	2,140	16	2,004
3	8.3	40	2,655	847	2,038	413	78	2,020	27	1,994
4	8.4	10	2,615	854	1,968	405	79	1,960	29	1,893
5	8.2	9	2,588	770	1,982	412	93	1,920	32	1,851
6	8.3	6	2,565	747	2,062	409	85	1,810	49	1,833
7	8.5	5	2,469	768	1,996	413	87	1,740	58	1,830
8	8.7	5	2,305	762	2,032	407	86	1,660	60	1,826

**[표 3-20] Chemical properties of natural nutri-fertilizer treated by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>**

	pH	Color	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	Protein
mg/l										
0	8.78	90	2,829	745	4,988	137	69	2,300	0.8	2,590
1 hr	8.81	62	2,859	736	4,913	152	65	2,150	4.2	2,250
2 hr	8.83	40	2,723	732	5,121	143	65	2,020	8.9	2,010
3 hr	8.80	30	2,748	752	5,130	136	71	1,950	18.4	1,690
4 hr	8.87	8	2,681	743	5,086	138	68	1,730	21.4	1,360
5 hr	8.92	5	2,522	739	4,964	145	68	1,750	48.1	1,240
7 hr	8.94	3	2,481	747	5,219	139	67	1,670	57.0	1,040
10 hr	8.98	3	2,283	741	4,913	120	69	1,640	80.3	836

Not ; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> was treated by 1ml.

### 5) 오존처리에 따른 액비의 안정성 조사

액비의 안전성을 조사하기 위하여 대장균과 병원성 미생물인 *Salmonella shigella*에 대하여 조사하였다. 실험결과에서 무처리의 액비는 대장균이  $2.3 \times 10^3$ , *Salmonella-shigella*  $1.7 \times 10^3$  (cfu/ml)로 검출이 되었으나 오존처리 4시간에서는 모두 사멸되었다. 현재, 6개월(1998년 3월 ~ 10월)이상 보관결과에서도 *Salmonella shigella*는 발견되지 않음을 확인하였다.

### 6) 액비의 발아 실험

무처리와 오존처리(4 hr/) 액비에 대하여 무(*Raphanus sativus* L.)종자를 이용하여 발아 실험을 하였다. 발아율 실험 결과 [표 3-21]에서와 같이 무처리구와 처리구 모두 0과 2 배의 희석배수에서는 발아율시험 기간동안 발아가 되지 않았으나 30 배의 희석배수에서는 발아율 시험 1일에 모두 발아 하였다. 오존처리를 통하여 생성된 반응생성물이 발아율에 대하여 영향을 미치지 않았으며 오히려 10 배의 처리구에서는 발아율이 증가하는 경향이 있었으나 유의성은 없었다.

[표 3-21] Effect of O<sub>3</sub> treated waste water on germination of *Raphanus sativus* L in media

희석배수	x 0				x 2				x 5				x 10				x 30			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
처리기간 (day)																				
발아율	%																			
Control	0	100	100	100																
무처리	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	15	65	85	0	100	100	100
오존처리 (4 hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	20	25	0	25	45	85	0	100	100	100

### 3. 혐기 반응기에서의 폐수의 성상 변화

혐기발효를 위한 UASB의 반응기 4기를 2차년도에 제작한후 그 성상의 변화를 관찰 하였다. 축산폐수의 경우 그성상이 매우 높은 고농도의 유기성 폐수이며, 또한 계절별로 그 성상이 매우 변동이 심하므로 원수의 성상을 변화를 주면서 반응기에서의 변화를 관찰 하였다.

먼저, COD를 기준으로 COD 6,000mg/l로 원수를 조정하였다. 이를 조정하기위하여 2mm의 그물망을 먼저 통과 시켜 COD와 TSS를 일정하게 유지시킨 후 실험에 들어갔다.

[표 3-22] 축산 폐수의 성상 및 반응기 온도와 유속

	Temp.	pH	COD	TSS	T-N	T-P	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	HRT
	(℃)				(mg/l)				(days)
원수	38	6.4	6,000	4,600	2,840	540	920	84	60

혐기발효를 시작하여 각반응기의 성상 및 gas의 발생량을 조사한 결과 gas의 경우 그 발생량은 암모니아의 gas만이 발생한 것으로 나타났다. 그러나 막의 영향을 미치는 TSS의 경우 그차이는 현저히 줄어들음을 알수 있었다.

[표 3-23] 반응기를 통과한 폐수의 성상 변화

	Temp.	pH	COD	TSS	T-N	T-P	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	HRT
	(℃)				(mg/l)				(days)
배출수	38	7.4	340	24	780	32	1,820	42	60

위의 결과로 비추어 보았을 때 반응기내의 아모니아 생성균이 메탄발효균보다 더 우세 하다고 생각된다. gas의 경우 많은 잡gas가 발생하였다. 반응기의 혐기소화

실험은 현재 3차년도에도 계속 진행중에 있다.

#### 4. 천연무균액비의 작물에의 시용 효과

##### 4.1 천연무균액비의 고추 성장에의 영향

###### 1) 천연무균액비의 농도에 따른 고추 수량, 건물중, 색도에 미치는 영향

천연무균액비를 ×25, ×50, ×100배 희석하여 하우스에서 고추의 성장 실험을 하였다. 그 결과 천연무균액비의 경우 추비구의 경우보다는 수량이 낮았으나 무비구보다는 현저한 차이를 보였다.

[표 3-24] 천연무균액비의 농도별 고추수량, 건물중 및 색도

	수량		건물중		색도	
	무게	갯수	건물중/생체중	L	a	b
×25	324.70	31	0.180	36.4	37.5	13.8
×50	312.91	29	0.179	36.0	35.5	15.9
×100	301.12	27	0.180	36.1	33.5	14.2
추비	529.50	44	0.185	36.9	35.7	16.1
무비	220.36	23	0.203	37.3	36.2	15.6

###### 2) 천연무균액비의 유기물 함량 따른 고추 수량, 건물중, 색도에 미치는 영향

하우스 토양의 경우 하우스내 유기물의 사용으로 하우스 토양이 유기물 과다의 현상을 보이는 것이 현실이다. 이로인하여 작물의 피해는 날로 심각해지고 있다. 때문에 천연무균액비의 시용이 이러한 현상에 어떠한 작용을 하는가를 실험하였다.

또한 다른 화학 비료와의 비교실험을 통하여 천연무균액비의 작물체영향을 실험하였다. 2년간 3톤, 6톤 12톤을 준 하우스를 선정하여 고추의 생육을 조사한 결과 12톤 보다 6톤의 경우 그생육이 좋았으며 기간도 1주보다는 3주마다 준 경우가 생육이 좋은 결과를 얻어 약간의 유기물과다 현상을 보였다. 또한, 화학비료와의 비교실험은 화학비료보다는 생육이 저조 하였으나 그 차이는 그다지 크지 않아 경제성이 있음을 확인 하였다. 이때의 화학비료는 1, 2, 3주마다 뿌렸으며, 천연무균액비는 ×50배희석하여 1, 2, 3주마다 뿌렸다.

[표 3-25] 화학비료 복살의 성분

용 도	T-N	T-P	K	Mn	B
	(% )				
엽면시비용	12	4	6	0.1	0.05

[표 3-26] 유기물함량에 따른 천연무균액비와 화학비료와의 고추 생육 비교

시비종류	3톤			6톤			12톤		
	무게	갯수	건물중/ 생체중	무게	갯수	건물중/ 생체중	무게	갯수	건물중/ 생체중
복살-1주	349.16	32	0.184	550.24	47	0.185	460.76	35	0.168
복살-2주	399.27	38	0.168	665.40	57	0.181	502.31	38	0.173
복살-3주	431.06	37	0.182	690.79	58	0.176	505.41	42	0.175
×50-1주	292.63	28	0.187	436.13	37	0.179	495.36	40	0.171
×50-2주	338.77	35	0.190	478.28	44	0.172	479.94	45	0.170
×50-3주	362.70	32	0.181	516.04	44	0.170	517.89	47	0.175
무비구	288.54	29	0.181	435.74	40	0.178	365.70	31	0.171

[표 3-27] 유기물함량에 따른 천연무균액비와 화학비료와의 색도 비교

시비종류	3톤			6톤			12톤		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
복살-1주	35.9	35.2	15.6	35.1	32.8	13.7	35.5	34.0	14.5
복살-2주	34.6	36.3	16.4	34.7	33.2	14.5	36.6	34.7	14.7
복살-3주	36.5	35.9	16.8	34.5	33.5	14.6	34.6	37.5	17.5
×50-1주	35.6	34.4	22.2	36.7	36.0	16.1	34.0	33.9	14.1
×50-2주	34.8	34.3	14.6	34.7	35.0	15.4	34.9	33.8	13.6
×50-3주	36.3	35.4	15.3	35.9	35.3	15.7	35.3	35.7	15.5
무비구	36.5	35.4	15.4	35.7	33.4	13.7	37.1	36.8	16.8

3) 천연무균액비의 노지재배에 따른 고추 수량, 건물중, 색도에 미치는 영향

유기물시용을 배제한 노지재배에서의 고추의 생육을 관찰 하였다. 그 결과 화학비료와 거의 차이가 없는 결과를 얻었으며, 이를 통한 경제적 이득 효과를 얻을 수 있다. 이때의 천연무균액비는×50회석한 것을 1, 2, 3주간으로 주었다.

[표 3-28] 노지재배 고추의 천연무균액비와 화학비료와의 수량, 건물중, 색도 비교

시비종류	수량		색도			건물중
	갯수	무게	L	a	b	건물중/생체중
복살-1주	46	408.26	37.2	38.4	18.1	0.204
복살-2주	32	282.18	37.1	36.3	14.9	0.197
복살-3주	33	270.49	38.0	37.3	16.0	0.194
×50-1주	35	299.88	37.6	38.7	17.1	0.207
×50-2주	30	259.15	36.3	36.1	15.6	0.194
×50-3주	26	201.70	38.4	36.5	15.8	0.198
추비구	50	492.67	37.7	35.5	15.3	0.187
무비구	19	134.22	35.8	35.9	16.3	0.212

## 2. 제 2 세부과제

### <1차년도 요약>

1. 제라늄은 천연양액의 토양관주시 200배 희석농도와 엽면시비시 10배 희석농도에 서 초장, 엽크기, 생체중과 건물중 등의 생육이 촉진되었다.
2. 시클라멘은 천연양액 50배, 100배 희석한 농도의 토양관주처리구와 2배 희석한 농도의 엽면살포처리구에서 초장이 가장 촉진되었으며 엽크기는 25배 희석한 천연 액비의 토양관주처리구가 가장 촉진되었고 생체중과 건물중 또한 비슷한 경향이었 다.
3. 매리골드와 셀비어는 천연양액의 25배 희석한 토양관주가 가장 촉진되었다.
5. 시비방법은 모든 식물에 있어서 토양관주처리구가 엽면살포처리구에 비해 모든 생장이 증가하는 결과를 나타내었다.
6. 천연양액의 효과는 plug묘 생산에 일반적으로 이용되고 있는 화학비료에 비해 다소 떨어지는경향을 나타내었다.

**[Table 2-1] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Pelargonium hortorum*.**

Treatment	Dilution	Height	Leaf size (mm)	
			Length	Width
method	rate	(mm)		
Control <sup>2</sup>		23.0 d <sup>y</sup>	9.8 b	15.8 b
Soil drench	10x	40.0 a	15.6 a	25.6 a
	100x	42.4 a	15.8 a	25.6 a
	200x	43.4 a	16.6 a	28.4 a
	300x	37.2 ab	15.0 a	24.6 a
	500x	28.2 bc	10.8 b	17.2 b
Foliar spray	10x	39.2 a	13.2 ab	21.8 ab
	20x	31.0 b	10.4 b	16.8 b
	30x	24.4 d	9.8 b	16.0 b
	40x	25.4 bc	10.0 b	15.8 b
	50x	27.0 bc	9.4 b	15.0 b

<sup>2</sup> Irrigated tap water

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

**[Table 2-2] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Cyclamen persicum*.**

Treatment method	Dilution rate	Height (mm)	Leaf size (mm)		Fresh weight (g)	Dry weight (g)
			Length	Width		
Control <sup>z</sup>		37.2 f <sup>x</sup>	25.9 d	39.3 f	2.270	0.230
Soil drench	Masterblend <sup>y</sup>	47.2 bc	29.2 bc	43.8 c	3.216	0.267
	1x	-	-	-	-	-
	25x	49.5 b	32.5 a	47.2 a	3.223	0.272
	50x	53.6 a	29.8 b	46.5 ab	3.163	0.306
	100x	54.5 a	29.8 b	45.0 bc	3.277	0.301
	200x	37.9 f	26.4 cd	41.8 de	2.621	0.244
Foliar spray	Masterblend	37.5 f	25.2 d	40.2 ef	1.966	0.203
	1x	38.1 f	27.6 c	43.6 c	1.995	0.186
	2x	53.1 a	29.6 b	45.7 ab	2.948	0.272
	5x	44.3 cd	27.7 c	43.2 cd	2.622	0.238
	10x	39.7 ef	26.4 cd	41.0 ef	2.200	0.199
	20x	42.7 de	26.3 cd	39.9 ef	2.304	0.228
	50x	38.5 cd	26.4 cd	40.6 ef	2.020	0.211

<sup>z</sup> Irrigated tap water

<sup>y</sup>Masterblend 20-10-20(N:P:K) is specifically designed for application to soil-less growing media.

<sup>x</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

[Table 2-3] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L.

Treatment method	Dilution rate	Height (mm)	Leaf size (mm)		Fresh weight (g)	Dry weight (g)
			Length	Width		
Control <sup>z</sup>		63.4 i <sup>x</sup>	29.9 h	21.4 g	0.648	0.069
Soil drench	Masterblend <sup>y</sup>	130.8 a	59.5 a	35.5 a	2.080	0.199
	1x	-	-	-	-	-
	25x	116.8 b	52.0 b	30.9 b	1.858	0.167
	50x	106.6 c	49.6 c	31.8 b	0.925	0.101
	100x	86.0 f	39.0 f	28.2 d	1.080	0.121
	200x	85.4 f	36.6 g	25.8 e	0.796	0.087
Foliar spray	Masterblend	99.9 e	45.0 e	29.7 c	1.383	0.127
	1x	-	-	-	-	-
	2x	-	-	-	-	-
	5x	103.0 d	47.1 d	28.4 d	1.298	0.120
	10x	87.2 f	39.5 f	27.9 d	1.023	0.101
	20x	82.4 g	36.9 g	26.0 e	1.058	0.109
	50x	74.7 h	31.4 h	23.8 f	1.298	0.120

<sup>z</sup> Irrigated tap water

<sup>y</sup> Masterblend 20-10-20(N:P:K) is specifically designed for application to soil-less growing media.

<sup>x</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

[Table 2-4] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Salvia* spp.

Treatment method	Dilution rate	Height (mm)	Leaf size (mm)		Fresh weight (g)	Dry weight (g)
			Length	Width		
Control <sup>z</sup>		30.6 i <sup>x</sup>	16.1 h	14.0 f	0.284	0.038
Soil drench	Masterblend <sup>y</sup>	131.3 a	32.2 a	30.2 a	1.699	0.176
	1x	-	-	-	-	-
	25x	103.3 b	29.0 b	27.3 b	1.351	0.133
	50x	80.5 c	27.3 c	24.7 c	1.113	0.112
	100x	69.2 d	23.3 d	20.6 d	0.621	0.082
	200x	51.7 g	20.7 f	17.9 e	0.465	0.059
Foliar spray	Masterblend	69.3 d	18.9 g	20.8 d	1.055	0.107
	1x	-	-	-	-	-
	2x	-	-	-	-	-
	5x	62.8 e	22.5 de	21.3 d	0.790	0.089
	10x	55.2 f	21.9 e	20.3 d	0.754	0.094
	20x	53.3 fg	19.7 fg	17.7 e	0.637	0.076
	50x	42.0 h	19.5 g	17.7 e	0.783	0.095

<sup>z</sup> Irrigated tap water

<sup>y</sup> Masterblend 20-10-20(N:P:K) is specifically designed for application to soil-less growing media.

<sup>x</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

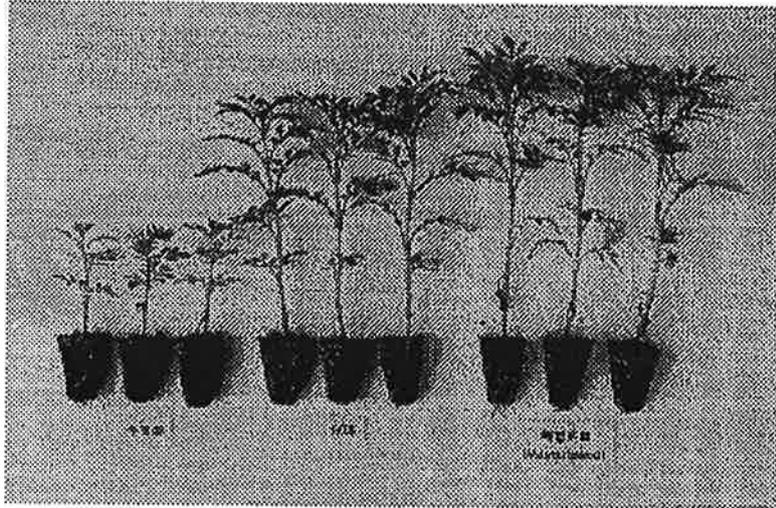


Fig. 2-1. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L. by soil drench. (Left to right : Tap water, 25x, Masterblend)

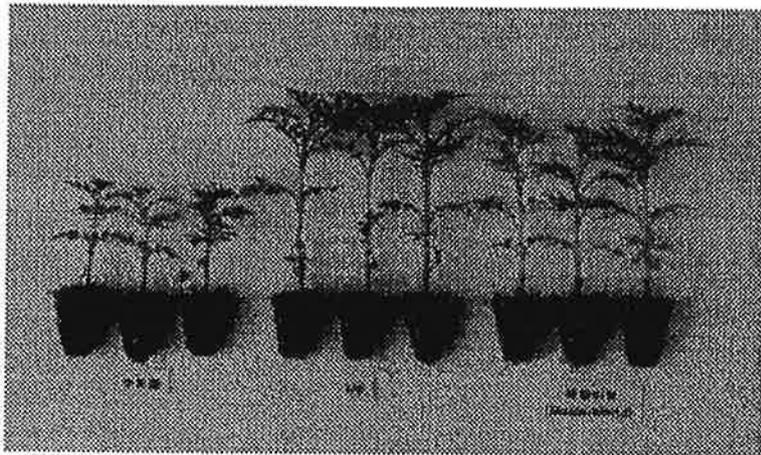


Fig. 2-2. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L. by foliar spray. (Left to right : Tap water, 5x, Masterblend)

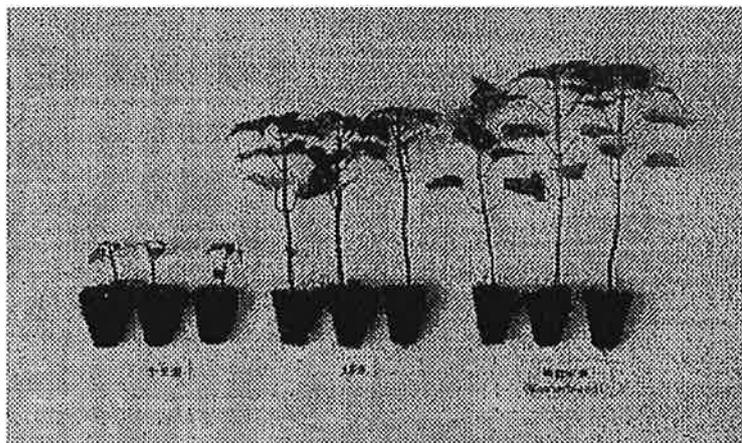


Fig. 2-3. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Salvia* by soil drench.  
 (Left to right : Tap water, 25x, Masterblend)

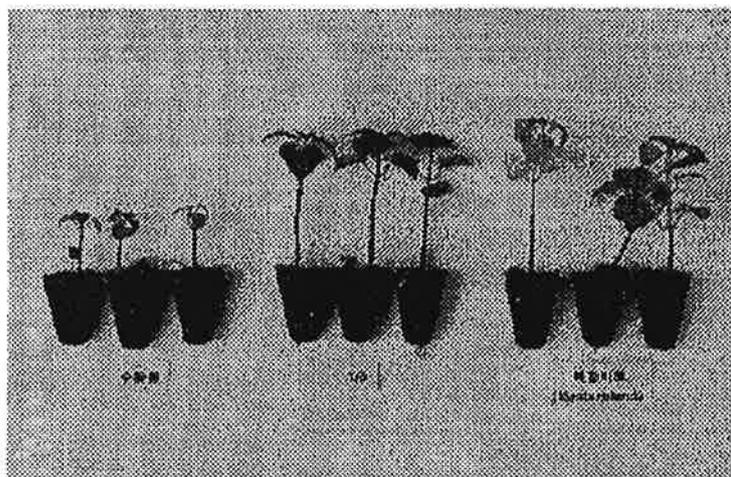


Fig. 2-4. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Salvia* by  
 foliar spray.  
 (Left to right : Tap water, 5x, Masterblend)

## 〈2차년도 요약〉

1. 매리골드와 셀비어의 경우 천연양액의 성분조성을 N:P:K(1:1:1)로 조성한 것이 초장 및 엽크기가 천연양액 단용 처리구보다 촉진되었으며, 생체중이나 건물중 또한 촉진되었다. 화학비료인 Masterblend보다는 초장의 생육이 다소 떨어지는 것으로 조사되었다.
2. 백합 종구 양액배양시 천연양액을 50x 희석하여 관주한 처리구에서 자구중, 자구직경, 인편수가 가장 촉진되었다. 그리고 엽록소 함량은 천연양액 10x이상 희석 처리구에서 모두 증가하였다.
3. 백합 상자형 양액재배시 카사블랑카와 르네브의 경우 천연양액을 50x 희석한 처리구에서 초장이 다소 촉진되었다.
4. 들립의 양액배양시에는 2품종 모두 천연양액의 희석농도간에 유의차를 나타내지 않았다.

**[Table 2-5] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of Merigold hybrid.**

Time of dilution	Height (mm)	Leaf size(mm)		Fresh weight(g)		Dry weight(g)	
		Length	Width	Top	Under	Top	Under
Tap water	61.20 f <sup>y</sup>	35.85 f	25.85 e	0.43 e	0.26 b	0.07	0.04
10x	76.05 c	46.20 c	33.85 b	0.77 c	0.29 b	0.09	0.04
25x	70.15 e	40.25 e	28.25 d	0.61 d	0.26 b	0.08	0.04
N:P:K(1:1:1)	80.85 b	48.60 b	33.85 b	0.91 b	0.24 bc	0.10	0.04
N:P:K(2:1:1)	73.55 d	44.20 d	30.90 c	0.67 cd	0.18 c	0.08	0.05
Masterblend <sup>z</sup>	96.10 a	60.65 a	38.90 a	1.18 a	0.43 a	0.10	0.04

<sup>z</sup>N-P-K = 20-10-20, Chemical fertilizer

<sup>y</sup>Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

[Table 2-6] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Salvia hybrid*.

Time of dilution	Height (mm)	Leaf size(mm)		Fresh weight(g)		Dry weight(g)	
		Length	Width	Top	Under	Top	Under
Tap water	41.45 e <sup>y</sup>	20.30 d	19.65 d	0.30 e	0.14 b	0.05	0.02
10x	85.75 c	31.05 b	29.75 b	0.78 c	0.12 b	0.09	0.03
25x	81.10 d	27.95 c	24.05 c	0.69 cd	0.06 c	0.08	0.03
N:P:K(1:1:1)	103.70 b	36.70 a	31.05 ab	1.14 b	0.12 b	0.09	0.03
N:P:K(2:1:1)	80.60 d	28.10 c	24.75 c	0.61 d	0.08 c	0.08	0.03
Masterblend <sup>z</sup>	119.40 a	36.60 a	31.85 a	1.25 a	0.22 a	0.11	0.03

<sup>z</sup>N-P-K = 20-10-20, Chemical fertilizer

<sup>y</sup>Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

**[Table 2-7] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth and development of *Lilium oriental* cv. Casablanca bulblet.**

Time of dilution	Height (cm)	No. of leaves	Bulblet weight (g)	Bulblet diameter (cm)	No. of scales	chlorophyll content (mg/ml)
Tap water	37.33 a <sup>y</sup>	11.33 a	4.03 ab	2.08 ab	12.33 b	0.014 c
5x	37.40 a	11.83 a	2.21 c	1.67 c	12.67 b	0.016 bc
10x	37.46 a	12.67 a	3.20 bc	1.88 bc	12.50 b	0.023 a
20x	34.81 a	12.17 a	4.29 ab	2.17 a	13.50 b	0.024 a
30x	37.75 a	12.00 a	3.78 ab	2.12 ab	13.67 ab	0.024 a
50x	35.44 a	11.33 a	4.52 a	2.32 a	15.00 a	0.022 a
Yamazaki <sup>z</sup>	34.73 a	13.17 a	4.03 ab	2.13 ab	13.67 ab	0.018 b

<sup>z</sup>야마자키 나리재배 표준액

<sup>y</sup>Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

[Table 2-8] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Lilium oriental* cv. Casablanca.

Time of dilution	Height (cm)	Length of spike (cm)	Length of flower stalk (cm)	Length of pedicel (cm)	Flower diameter (cm)	Days to flowering (days)
Tap water	120.0 ab <sup>w</sup>	33.0 a	89.8 a	12.3 a	21.5 a	151.8 a
5x	-	-	-	-	-	-
25x	116.2 ab	31.8 a	88.8 a	12.0 a	17.6 bc	150.9 a
50x	124.7 a	32.6 a	92.9 a	12.6 a	19.4 ab	151.4 a
A <sup>z</sup>	110.6 b	31.7 a	86.7 a	11.2 a	17.0 c	152.5 a
B <sup>y</sup>	-	-	-	-	-	-
C <sup>x</sup>	-	-	-	-	-	-

<sup>z</sup>25x + KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>

<sup>y</sup>25x + CaCl<sub>2</sub> (1%)

<sup>x</sup>25x + KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + CaCl<sub>2</sub> (1%)

<sup>w</sup>Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

[Table 2-9] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Lilium oriental* cv. Reneve.

Time of dilution	Height (cm)	Length of spike (cm)	Length of flower stalk (cm)	Length of pedicel (cm)	Flower diameter (cm)	Days to flowering (days)
Tap water	138.7 a <sup>w</sup>	38.75 a	104.6 a	13.79 a	15.08 b	122.8 a
5x	112.0 c	23.25 b	93.8 b	10.50 b	22.75 a	122.5 a
25x	136.1 ab	33.67 a	103.3 a	12.00 ab	15.67 b	122.7 a
50x	142.9 a	36.14 a	104.3 a	13.50 b	17.71 ab	123.0 a
A <sup>z</sup>	129.4 b	34.17 a	100.0 ab	12.00 ab	16.33 b	122.7 a
B <sup>y</sup>	-	-	-	-	-	-
C <sup>x</sup>	-	-	-	-	-	-

<sup>z</sup>25x + KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>

<sup>y</sup>25x + CaCl<sub>2</sub> (1%)

<sup>x</sup>25x + KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + CaCl<sub>2</sub> (1%)

<sup>w</sup>Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

[Table 2-9] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tulpa gensneriance* L. 'Gold Apeldoorn'

Time of dilution	Height (cm)	Length of internode(cm)			Length of neck (cm)	Flower diameter (cm)	Days to flowering
		1st.	2nd.	3rd.			
Tap water	40.26 a <sup>y</sup>	6.36 b	4.63 b	8.56 bc	15.57 a	4.89 a	39.9 a
5x	-	-	-	-	-	-	-
10x	34.40 a	7.35 ab	4.91 ab	8.38 bc	11.69 b	4.54 b	39.5 a
20x	38.08 a	6.83 ab	4.94 ab	8.30 bc	12.46 b	4.69 ab	39.9 ab
30x	37.10 a	7.58 ab	5.38 a	8.33 bc	11.96 b	4.54 b	39.2 ab
50x	35.94 a	7.38 ab	5.33 a	9.13 ab	10.84 b	4.70 ab	37.9 b
Nutrition <sup>z</sup>	39.34 a	8.21 a	4.81 ab	10.03 a	13.01 b	4.67 ab	39.6 a
A <sup>y</sup>	35.10 a	6.91 ab	4.54 b	7.79 c	11.28 b	4.55 b	38.7 ab
B <sup>x</sup>	-	-	-	-	-	-	-
C <sup>w</sup>	-	-	-	-	-	-	-

<sup>z</sup>Nutrition : KNO<sub>3</sub> 77.7ppm, KCl 17.2ppm, Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 22.5ppm

<sup>y</sup>10x + Nutrition

<sup>x</sup>10x + CaCl<sub>2</sub>

<sup>w</sup>10x + Nutrition + CaCl<sub>2</sub>

<sup>y</sup>Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

[Table 2-10] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tulipa gensneri* L. 'Casini'

Time of dilution	Height (cm)	Length of internode(cm)			Length of neck (cm)	Flower diameter (cm)	Days to flowering
		1st.	2nd.	3rd.			
Tap water	47.81 ab <sup>y</sup>	6.19 ab	6.16 ab	9.72 a	18.02 c	5.01 a	42.0 a
5x	-	-	-	-	-	-	-
10x(A)	49.58 a	6.58 a	6.24 ab	9.16 a	22.12 a	5.05 a	42.2 a
20x	48.44 ab	6.30 ab	6.08 ab	10.49 a	21.68 a	4.82 a	41.7 a
30x	48.77 a	5.99 ab	6.28 ab	9.90 a	20.28 abc	7.55 a	42.2 a
50x	49.18 a	6.48 a	6.45 a	10.33 a	21.10 ab	5.09 a	40.0 ab
Nutrition <sup>z</sup>	46.90 ab	6.41 a	6.21 ab	10.59 a	18.88 bc	4.93 a	38.0 b
A <sup>y</sup>	45.47 b	5.71 b	5.75 b	10.47 a	19.00 bc	4.73 a	40.9 ab
B <sup>x</sup>	-	-	-	-	-	-	-
C <sup>w</sup>	-	-	-	-	-	-	-

<sup>z</sup>Nutrition : KNO<sub>3</sub> 77.7ppm, KCl 17.2ppm, Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 22.5ppm

<sup>y</sup>10x + Nutrition

<sup>x</sup>10x + CaCl<sub>2</sub>

<sup>w</sup>10x + Nutrition + CaCl<sub>2</sub>

<sup>v</sup>Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level



Fig. 2-5. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L. by soil drench.

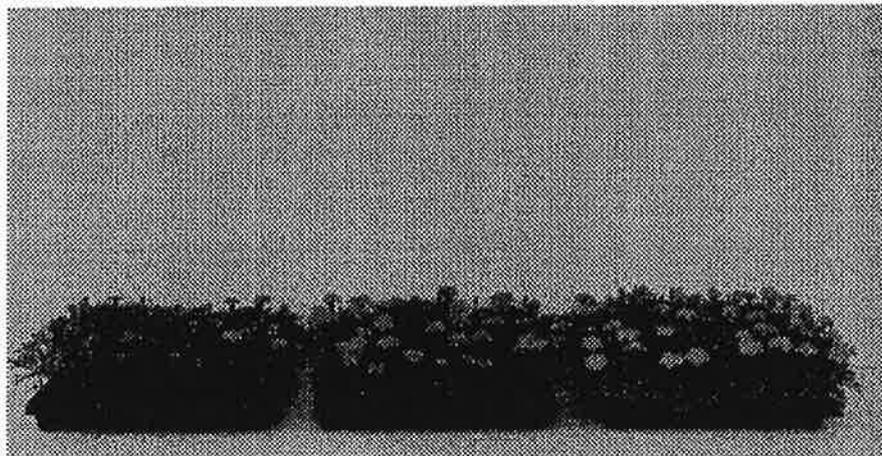


Fig. 2-6. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L. by soil drench. (Left to right : Tap water, 5x, Masterblend)



Fig. 2-7. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L. by soil drench. (Left : N:P:K=1:1:1, Right : Masterblend)

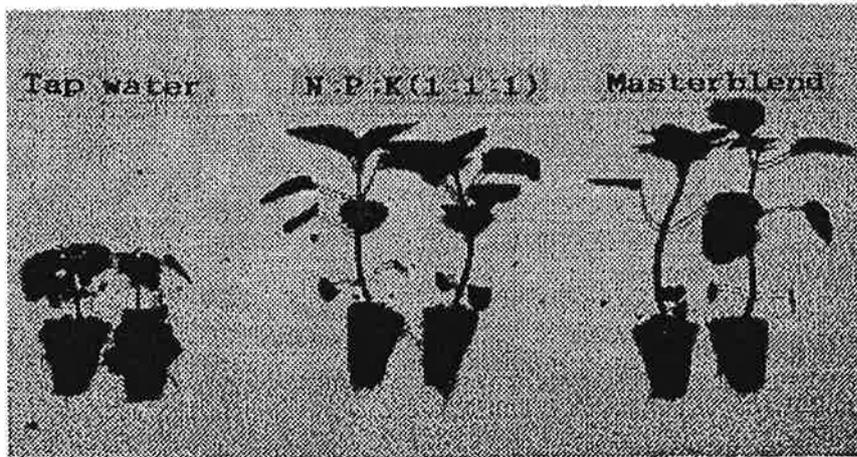


Fig. 2-8. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Salvia spp.* by soil drench.

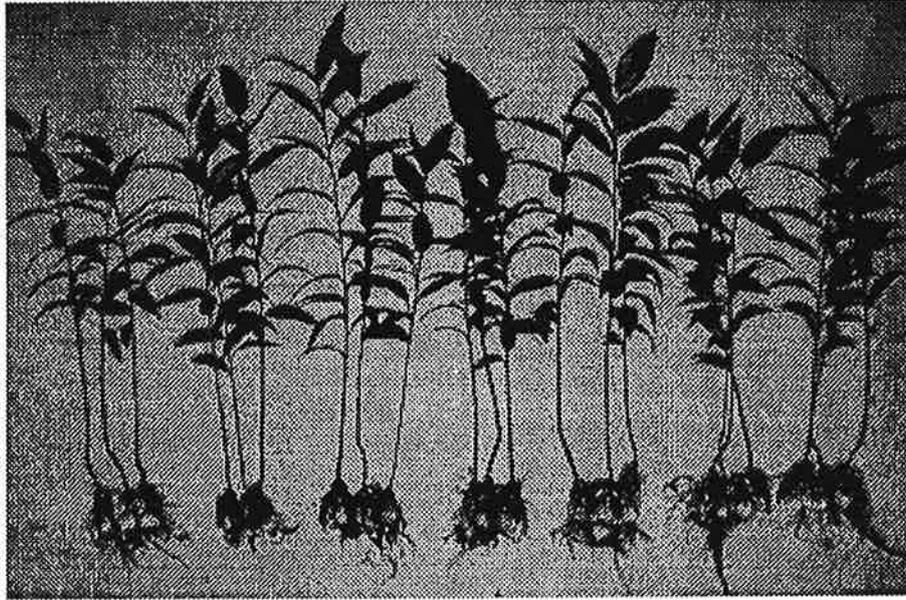


Fig. 2-9. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth and development of *Lilium* oriental cv. Casablanca bulblets. (Left to right : Tap water, 5x, 10x, 20x, 30x, 50x, Yamazaki)

### 〈3차년도 요약〉

1. 프리물라, 팬지, 금잔화의 개화소요일수는 천연양액 10x, 20x 희석한 처리구에서 각각 무처리구에 비하여 10~30일 축진이 되었고, 30x의 저농도 처리구에서는 다른 처리구에 비하여 생육이 저조하였다.
2. 천연무균액비의 시용이 몇가지 채소작물의 생육 및 품질에 미치는 영양에 관련된 실험은 계속 수행중에 있으며, 그 효능에 관한 자료는 최종보고서에 수록할 계획에 있다.

[Table 2-11] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Primula* hybrid.

Treatment <sup>z</sup>	Plant height (cm)	Days to flowering	No. of flower	Flower diameter(cm)	
				Length	Width
Control	4.72 a <sup>y</sup>	68.04 ab	2.15 d	3.06 c	3.10 c
10x	3.98 a	53.42 c	6.42 ab	4.30 ab	4.36 ab
20X	3.38 a	55.80 c	5.48 bc	4.08 ab	4.12 ab
30X	3.04 a	58.74 bc	5.66 bc	3.96 b	3.98 b
1:1:1	4.10 a	74.00 a	4.68 c	4.04 ab	4.06 ab
2:1:1	3.88 a	63.52 bc	6.88 a	4.20 ab	4.26 ab
Masterblend	4.36 a	67.06 ab	5.86 abc	4.42 a	4.42 a

<sup>z</sup> Control : Tap water, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer,  
 2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, Masterblend :  
 20-10-20(N-P-K, Chemical fertilizer)

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

**[Table 2-12] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Viola tricolor* 'Majestic Giant White'.**

Treatment <sup>2</sup>	Plant height (cm)	Days to flowering	No. of flower	Flower diameter(cm)	
				Length	Width
Control	8.46 a <sup>y</sup>	99.08 a	1.76 d	5.98 c	6.68 c
10x	10.76 a	92.08 a	2.86 ab	6.56 bc	7.44 b
20X	22.18 a	63.40 c	2.40 bc	6.74 b	7.54 b
30X	8.72 a	65.18 c	2.12 cd	6.98 ab	7.64 ab
1:1:1	11.40 a	77.86 b	2.60 bc	7.18 ab	7.82 ab
2:1:1	11.24 a	75.92 b	2.72 ab	7.48 a	8.30 a
Msterblend	12.02 a	74.58 b	3.20 a	7.48 a	8.02 ab

<sup>2</sup> Control : Tap water, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer,  
2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, Masterblend :  
20-10-20(N-P-K, Chemical fertilizer)

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

[Table 2-13] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Viola tricolor* 'Majestic Giant Yellow'.

Treatment <sup>2</sup>	Plant height (cm)	Days to flowering	No. of flower	Flower diameter(cm)	
				Length	Width
Control	7.40 c <sup>y</sup>	98.24 a	1.36 d	5.56 b	6.10 b
10x	12.14 a	56.74 d	3.52 a	6.76 a	7.62 a
20X	9.58 b	59.40 cd	2.62 b	6.86 a	7.56 a
30X	9.92 b	66.94 bc	2.00 c	6.82 a	7.40 a
1:1:1	11.24 ab	74.14 b	2.46 bc	7.22 a	7.78 a
2:1:1	11.24 ab	72.20 b	2.40 bc	7.16 a	7.50 a
Masterblend	13.00 a	72.98 b	2.72 b	7.06 a	7.54 a

<sup>2</sup> Control : Tap water, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, Masterblend : 20-10-20(N-P-K, Chemical fertilizer)

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

**[Table 2-14] Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Calendula officianalis* 'Orange bright.**

Treatment <sup>2</sup>	Plant height (cm)	Days to flowering	No. of flower	Flower diameter(cm)	
				Length	Width
Control	10.42 c <sup>y</sup>	122.12 a	1.65 c	4.44 b	4.44 b
10x	13.50 b	86.46 b	3.00 ab	5.62 a	5.62 a
20X	15.52 b	92.26 b	2.00 c	5.70 a	5.72 a
30X	14.90 b	92.80 b	1.86 c	5.60 a	5.60 a
1:1:1	19.30 a	90.86 b	3.30 a	5.72 a	5.70 a
2:1:1	17.96 a	95.26 b	2.80 b	5.58 a	5.58 a
Msterblend	15.46 b	92.60 b	2.88 b	5.52 a	5.52 a

<sup>2</sup> Control : Tap water, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, Masterblend : 20-10-20(N-P-K, Chemical fertilizer)

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

### 3. 제 3 세부과제

#### <1차년도 요약>

본 실험실은 축산폐수처리에 유용한 미생물 제재 개발을 위하여 자연계에 존재하는 유용미생물 및 광합성세균을 분리하고 이들의 기질특이성 및 여러 생리적 특성을 연구하며, 축산폐수를 기질로 한 농화배양조건을 확립하였다. 이때 농화배양정도의 활성을 확인하기 위하여 반응산물과 발효정도 및 미생물을 정량화할 수 있는 방법을 개발하였다. 이와 함께 순수분리도 시도하여 미생물의 생리에 대한 기초 연구도 함께 수행했다.

1. 퇴비, 토양, 음식 폐기물 등에서 농화배양 방법을 이용하여 Xylan, Cellulose, Starch, Protein 등의 고분자를 분해하는 4종의 미생물, CK24, XK31, SK12, PK42을 분리하였으며 각각 Cellulase, Xylanase, Amylase, Protease의 우수한 효소활성을 확인하였다.

2 음식 폐기물, 식품, 과일 및 발효식품 등의 유기물에서 효모 5종(YC303, YH502, YK601, YP201, YS702) 및 젖산균 4종(FY503, KK606, KK307, FF405)을 분리하였으며 분리된 발효형 미생물들의 유기물 전환능력을 측정하였다.

3. Cellulase, Xylanase, Amylase, Protease 등의 우수한 효소활성을 나타내는 고분자 분해균 CK24, XK31, SK12, PK42 등의 여러 생리적 특성을 조사하였다. [표 1-1]

4. 호기적 및 반 혐기적 조건에서 이미 분리된 효모균 5종(YC303, YH502, YK601, YP201, YS702)의 50여개의 기질에 대한 기질특이성을 조사하고 온도에 대한 영향 및 비타민 등에 대한 영양 요구성을 조사하였다. [표 1-2~표 1-6]

5. 분리된 젖산균 4종(FY503, KK606, KK307, FF405)을 이용하여 10여개 기질에 대한 특이성을 조사하고 생리적 특성을 조사하였다.[표 1-7]

6. 분리된 각각의 FF405, FY503, KK606, KK307 젖산균의 fermentation 형태를 밝히고 형태학적인 특성을 조사하였으며 최적 배양온도 및 여러가지 특성을 조사하였다.

7. 고농도 유기산을 함유한 인공폐수에서 효모균과 광합성균의 성장을 혐기적 조건과 호기적 조건으로 나누어 실험하였다. 호기적 조건에서 효모균 중 YC303의 균의 성장이 매우 높음을 알 수 있다. 혐기적 조건의 경우, 모든 효모균과 광합성균의 성장이 거의 없었다.

[표 1-1] 분리된 고분자 분해 미생물의 생리적 특성

특 성	CK24	XK31	SK12	PK42
Gram stain	+	+	+	+
Size	1.4×0.7 μm	1.5×0.6 μm	1.8×0.7 μm	2×0.9 μm
Spore	+	+	+	+
Oxidase	+	+	+	+
Catalase	+	+	+	+
NO <sub>3</sub> reduction	+	+	+	-
Trp → Indole	-	-	-	-
Glucose → Acid	+	-	-	-
Arginine dihydrolase	-	-	-	-
Urease	-	+	+	+
Esculin hydrolysis	+	+	+	+
Gelatin hydrolysis	-	-	-	+
β-galactosidase				
Assimilation of	+	+	+	+
Glucose	-	+	-	+
Arabinose	-	+	+	+
Mannose	-	+	+	+
Mannitol	+	+	+	+
N-acetyl-glucosamine	+	+	+	-
Maltose	+	+	-	±
Gluconate	-	-	-	-
Caprate	-	-	-	-
Caprate	+	+	+	+
Adipate	+	+	+	+
Malate	-	-	-	-
Citrate				
Phenyl-acetate				

+ 양성, - 음성, ± 부분적 양성

[표 1-2] 분리된 효모균 YC303의 생리적 특성

<기질 이용성 (반합기적 조건)>

D-Glucose +	Me $\alpha$ -D-glucoside	Melibiose -	Raffinose -
D-Galactose +	-, D	Lactose -	Inulin -
Maltose +	Sucrose +,-	Cellobiose -	Starch +,-
	$\alpha,\alpha$ -Trehalose +,D	Melezitose -,D	

<기질 이용성 (호기적 조건)>

D-Galactose +	Melezitose +,-	D-Glucuronate -	w/o Thiamin +
L-Sorbose +,-	Inulin -	DL-Lactate +,-	w/o Biotin &
D-Glucosamine	Starch +	Succinate +	Thiamin +,-
+,-	Glycerol +,-	Citrate +,D	w/o Pyridoxine +
D-Ribose -, D	Erythritol -	Methanol -	w/o Niacin +
D-Xylose +	Ribitol +,D	Ethanol +	w/o Folic acid +
L-Arabinose -	Xylitol +,D	*Nitrate -	w/o p-Amino
D-Arabinose -	L-Arabinitol -	*Nitrite -	benzoate +
L-Rhamnose -	D-Glucitol +	*Ethylamine +	at 25°C +
Sucrose +,-	D-Mannitol +	*L-Lysine +	at 30°C +
Maltose +	Galactitol -	*Cadaverine +	at 35°C +
$\alpha,\alpha$ -Trehalose +	<i>myo</i> -Inositol -	*Creatine -	at 37°C +
Methyl	D-Glucono-1,5-lactone	*Creatinine -	at 42°C +
$\alpha$ -D-glucoside	+	w/o Vitamins +,-	0.01%
+,-	2-Keto-D-gluconate +	w/o <i>myo</i> -Inositol +	Cycloheximide +
Cellobiose +, D	5-Keto-D-gluconate +	w/o Pantothenate	50% D-Glucose +
Salicin +,-	D-Gluconate +,-	+	60% D-Glucose -
Arbutin +, D		w/o Biotin +,-	
Melibiose -			
Lactose -			
Raffinose -			

+ : 양성반응, - : 음성반응, D : 7일이후에 양성반응, W : 약한 양성반응,  
? : 알수없음, w/o : without, \* : 질소원

[표 1-3] 분리된 효모균 YH502의 생리적 특성

<기질 이용성 (반합기적 조건)>

D-Glucose +	Me $\alpha$ -D-glucoside	Melibiose -	Raffinose +,-
D-Galactose -,D	-,D	Lactose -	Inulin -
Maltose +,D	Sucrose +	Cellobiose +,-	Starch -,D
	$\alpha,\alpha$ -Trehalose -	Melezitose -	

<기질 이용성 (호기적 조건)>

D-Galactose +,D	Melezitose +,-		
L-Sorbose -	Inulin -	D-Glucuronate -	w/o Thiamin +
D-Glucosamine -	Starch +	DL-Lactate +	w/o Biotin &
D-Ribose +,-	Glycerol +	Succinate +	Thiamin +
D-Xylose +,-	Erythritol +,D	Citrate +	w/o Pyridoxine +
L-Arabinose -	Ribitol +,-	Methanol -	w/o Niacin +
D-Arabinose -	Xylitol +,D	Ethanol +	w/o Folic acid +
L-Rhamnose -	L-Arabinitol -	*Nitrate +	w/o p-Amino
Sucrose +	D-Glucitol +	*Nitrite +	-benzoate +
Maltose +	D-Mannitol +	*Ethylamine +	at 25°C +
$\alpha,\alpha$ -Trehalose +,D	Galactitol -	*L-Lysine +	at 30°C +
Methyl	<i>myo</i> -Inositol -	*Cadaverine +	at 35°C +,-
$\alpha$ -D-glucoside +	D-Glucono-1,5-lactone +	*Creatine -	at 37°C +,-
Cellobiose +,D	2-Keto-D-gluconate	*Creatinine -	at 42°C -
Salicin +	-	w/o Vitamins +	0.01%
Arbutin +	5-Keto-D-gluconate	w/o <i>myo</i> -Inositol +	Cycloheximide -
Melibiose -	-	w/o Pantothenate +	50% D-Glucose +,W
Lactose -	-	w/o Biotin +	60% D-Glucose +,-
Raffinose +,-	D-Gluconate +,-		

[표 1-4] 분리된 효모균 YK601의 생리적 특성

<기질 이용성 (반혐기적 조건)>

D-Glucose +,-	Me $\alpha$ -D-glucoside	Melibiose -	Raffinose +,-
D-Galactose +,D	-,D	Lactose +,-	Inulin +,-
Maltose +,-	Sucrose +,-	Cellobiose -,D	Starch -
	$\alpha,\alpha$ -Trehalose -	Melezitose -	

<기질 이용성 (호기적 조건)>

D-Galactose +	Melezitose +,-	D-Glucuronate -	w/o Thiamin +,D
L-Sorbose +,-	Inulin +,-	DL-Lactate +	w/o Biotin &
D-Glucosamine -	Starch -	Succinate +	Thiamin +,-
D-Ribose +,-	Glycerol +,D	Citrate +,-	w/o Pyridoxine +
D-Xylose +,-	Erythritol -	Methanol -	w/o Niacin -
L-Arabinose +,-	Ribitol +,-	Ethanol +	w/o Folic acid +
D-Arabinose -	Xylitol +,-	*Nitrate -	w/o p-Amino
L-Rhamnose -	L-Arabinitol -	*Nitrite -	benzoate +
Sucrose +	D-Glucitol +,D	*Ethylamine +	at 25°C +
Maltose +,-	D-Mannitol +,D	*L-Lysine +	at 30°C +
$\alpha,\alpha$ -Trehalose +,-	Galactitol -	*Cadaverine +	at 35°C +
Methyl	<i>myo</i> -Inositol -	*Creatine -	at 37°C +,-
$\alpha$ -D-glucoside	D-Glucono-1,5-	*Creatinine -	at 42°C +,-
+,-	lactone -,D	w/o Vitamins -	0.01%
Cellobiose +,-	2-Keto-D-gluconate	w/o <i>myo</i> -Inositol	Cycloheximide
Salicin +,-	-	+	-
Arbutin +,-	5-Keto-D-gluconate	w/o Pantothenate	50% D-Glucose
Melibiose -	-	+,-	+,-
Lactose +,-	D-Gluconate -	w/o Biotin +,-	60% D-Glucose -
Raffinose +			

[표 1-5] 분리된 효모균 YP201의 생리적 특성

<기질 이용성 (반합기적 조건)>

D-Glucose +	Me $\alpha$ -D-glucoside	Melibiose -	Raffinose -
D-Galactose -	-	Lactose -	Inulin -
Maltose -	Sucrose -	Cellobiose -	Starch -
	$\alpha,\alpha$ -Trehalose -	Melezitose -	

<기질 이용성 (호기적 조건)>

D-Galactose +	Melezitose -	D-Glucuronate -	w/o Thiamin -
L-Sorbose -	Inulin -	DL-Lactate D	w/o Biotin &
D-Glucosamine -	Starch -	Succinate +	Thiamin -
D-Ribose -	Glycerol +	Citrate -	w/o Pyridoxine +
D-Xylose +	Erythritol -	Methanol -	w/o Niacin +
L-Arabinose +	Ribitol +	Ethanol +	w/o Folic acid +
D-Arabinose -	Xylitol -	*Nitrate +	w/o p-Amino
L-Rhamnose -	L-Arabinitol -	*Nitrite +	-benzoate +
Sucrose -	D-Glucitol +	*Ethylamine +	at 25°C +
Maltose -	D-Mannitol +	*L-Lysine +	at 30°C +
$\alpha,\alpha$ -Trehalose -	Galactitol -	*Cadaverine +	at 35°C +
Methyl	<i>myo</i> -Inositol -	*Creatine -	at 37°C +
$\alpha$ -D-glucoside	D-Glucono-1,5-	*Creatinine -	at 42°C +
-	lactone D	w/o Vitamins -	0.01%
Cellobiose +	2-Keto-D-gluconate	w/o <i>myo</i> -Inositol	Cycloheximide
Salicin +	-	+	-
Arbutin D	5-Keto-D-gluconate	w/o Pantothenate	50% D-Glucose -
Melibiose -	?	+	60% D-Glucose -
Lactose -	D-Gluconate -	w/o Biotin -	
Raffinose -			

[표 1-6] 분리된 효모균 YS702의 생리적 특성

<기질 이용성 (반합기적 조건)>

D-Glucose +	Me $\alpha$ -D-glucoside +,-	Melibiose +,-	Raffinose +,-
D-Galactose +,-	+,-	Lactose -	Inulin -
Maltose +,-	Sucrose +,-	Cellobiose -	Starch +,-
	$\alpha,\alpha$ -Trehalose +,-	Melezitose +,-	

<기질 이용성 (호기적 조건)>

D-Galactose +,-	Melezitose +,-	D-Glucuronate -	w/o Thiamin +,-
L-Sorbose -	Inulin -	DL-Lactate +,-	w/o Biotin & Thiamin +,-
D-Glucosamine -	Starch +,-	Succinate -,D	w/o Pyridoxine +,-
D-Ribose -	Glycerol +,-	Citrate -	w/o Niacin +
D-Xylose -	Erythritol -	Methanol -	w/o Folic acid +
L-Arabinose -	Ribitol -	Ethanol +,-	w/o p-Amino-benzoate +,-
D-Arabinose -	Xylitol -	*Nitrate -	at 25°C +
L-Rhamnose -	L-Arabinitol -	*Nitrite -	at 30°C +
Sucrose +,-	D-Glucitol -,D	*Ethylamine -	at 35°C +,-
Maltose +,-	D-Mannitol -,D	*L-Lysine -	at 37°C +,-
$\alpha,\alpha$ -Trehalose +,-	Galactitol -	*Cadaverine -	at 42°C +,-
Methyl $\alpha$ -D-glucoside +,-	<i>myo</i> -Inositol -	*Creatine -	at 42°C +,-
Cellobiose -	D-Glucono-1,5-lactone -,D	*Creatinine -	0.01%
Salicin -	2-Keto-D-gluconate -	w/o Vitamins +,-	Cycloheximide -
Arbutin -	5-Keto-D-gluconate -	w/o <i>myo</i> -Inositol +,-	50% D-Glucose +,-
Melibiose +,-	-	w/o Pantothenate +,-	60% D-Glucose -
Lactose -	D-Gluconate -	w/o Biotin +,-	
Raffinose +,-			

[표 1-7] 분리된 젖산균의 생리적 특성

특성	균주	FY503	KK606	KK307	FF405
CO <sub>2</sub> from glucose					
Lactic acid form		-	+	+	+
NH <sub>3</sub> from arginine		D	LD	D	D
Esculin hydrolysis		+	-	-	-
		+	+	+	+
Acid from					
Arabinose					
Cellobiose		-	(+)	(+)	+
Fructose		+	+	+	+
Galactose		+	+	+	+
Glucose		+	+	+	+
Gluconate		-	+	+	+
Inulin		-	-	-	-
Lactose		+	+	+	(+)
Maltose		+	+	+	+
Mannitol		-	+	+	+
Mannose		+	+	+	+
Rhamnose		-	-	-	-
Sorbitol		-	(+)	(+)	+
Sucrose		+	+	+	+
Trehalose		+	+	+	+
Xylose		-	-	(+)	+
G + C mol %		46.3 %	48.8 %	ND	38.9 %

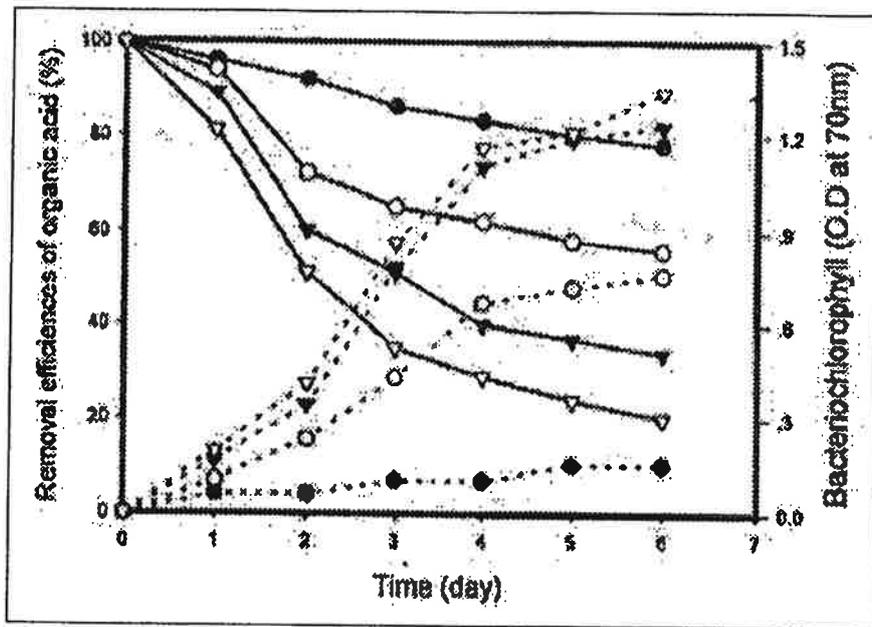
## <2차년도 요약>

1. 폐수처리에 적응성 및 폐수처리 효율이 우수한 균주를 선별하기 위하여 분리 배지에서 1차로 150여종의 균을 선별한 후 유기산이 포함된 배지에서 배양시 생육활성이 좋은 18종의 균을 2차 선별한 다음 30℃, 혐기적 광조건(4,000klux)에서 생육도가 가장 우수한 균주로 SW506, SW101, SS405 세균을 최종적으로 선정하였다.
2. 분리 선별된 3개의 광합성 세균(SW506, SW101, SS405)의 생리적 특성을 조사하였다.  
SW506, SW101, SS405와 같은 균들을 유기산이 있는 배지와 없는 배지에서 키울때 유기산이 첨가된 배지에서 균체와 bacteriochlorophyll a의 증가속도가 2.5배에서 3배 정도 빨랐다. SW506 균의 경우가 가장 빠른 속도를 나타내어 유기산 분해능이 가장 좋다고 사료된다.[표 1-8]
3. 10%, 20%의 광합성 세균을 첨가한 경우 6일 후 75-80%의 유기물 제거효율을 얻을 수 있었다[그림 1-1].
4. COD 10,000 mg/l의 희석한 양돈 폐수에 10%의 광합성 세균을 첨가하여 1,300 mg/l의 농도로 감소시켰다[그림 1-2]. 2배 희석한 경우에도 87%의 처리 효율을 얻을 수 있었기 때문에 고농도 유기성 폐수 처리에 유리할 것으로 예상된다.
5. 분리 동정된 N-1 광합성 세균의 균주를 이용하여 유기산 분해에 미치는 온도, pH, 조도의 영향을 검토하였다.[표 1-9]
6. 최종 선별된 3종의 광합성 세균의 성장에 organic acid가 미치는 영향을 관찰하였다[그림 1-3]

7. 3종의 광합성 세균을 접종한 실제 돈분 폐수 처리에서 pH, bacteriochlorophyll a, COD의 변화량을 살펴보았다[그림 1-4, 1-5, 1-6]. 광합성 세균을 접종하지 않은 대조구에서는 30% 정도의 효율만을 보였으나 광합성 세균이 접종된 경우 각각 80%, 89%, 75%의 높은 효율을 얻을 수 있었다. bacteriochlorophyll a의 생성속도가 최대가 될 때 COD의 분해 속도로 최대인 것을 볼때 광합성 세균이 COD 제거에 중요한 역할을 함을 알 수 있었다.

**[표 1-8] 분리한 광합성균의 생리적 특성**

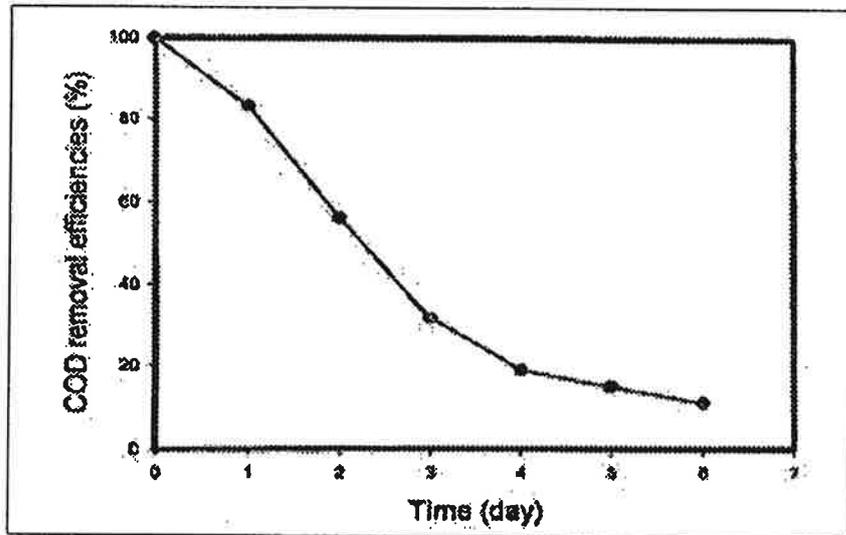
특성	균 주	SW506	SW101	SS405
Gram stain		-	-	-
Vitamin 요구성		PABA, thiamin biotin, nicotinic acid	B <sub>12</sub>	thiamin, biotin, nicotinic acid
G+C mole %		70.5	65.5	69.2
전자공여체 및 유기물				
Acetic acid		+	+	+
Arginine		-	-	-
Aspartic acid		-	-	-
Butyric acid		+	-	±
Ethanol		+	-	+
Formic acid		+	-	-
Fructose		±	-	+
Glucose		+	-	+
Glutamic acid		+	-	-
Lactic acid		+	±	+
Citric acid		+	+	+
Mannitol		-	-	+
Methanol		-	-	-
Propionic acid		+	-	±
Sulfate		+	±	+
Tiosulfate		+	-	-



[그림 1-1] Changes of bacteriochlorophyll and organic acid removal in swine wastewater by *Rhodospirillum rubrum* N-1.

Cultivation was carried out under the 30°C, pH 7.0, and 4000 lux culture conditions with various size, straight line is organic acid removal efficiencies and dot lines are bacteriochlorophyll a.

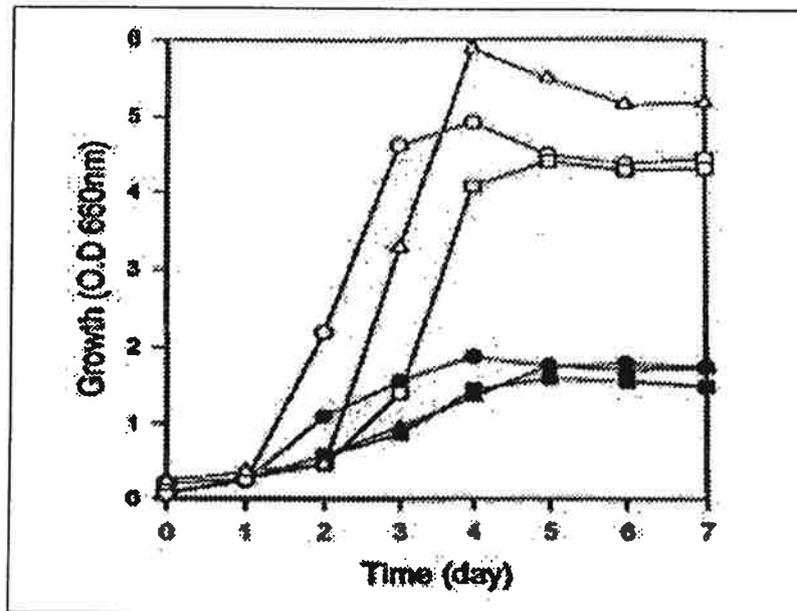
Inoculum size : - ● - ; 0%, - ○ - ; 5%, - ▼ - ; 10%, - ▽ - ; 20%



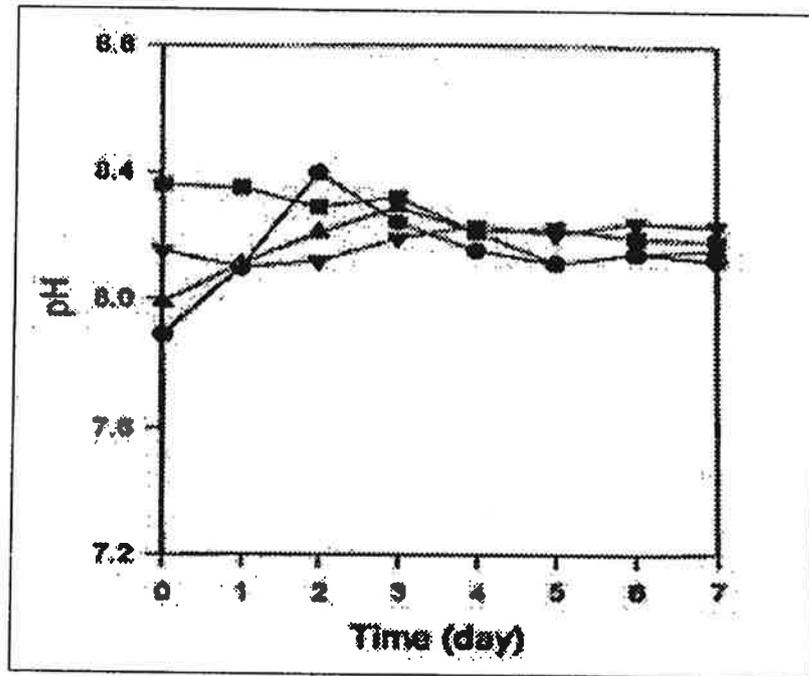
[그림 1-2] Change of COD removal in swine wastewater by *Rhodosprillum rubrum* N-1 [Inoculum size 10%(V/V) load : 10,000 mg/l]

[표 1-9] N-1 광합성 세균의 균주 이용하여 유기산 분해에 미치는 온도, pH, 조도의 영향

culture condition		cell growing(g/l)	removal efficiencies of organic acid(%)
Temperature(℃)	20	1.89	56.3
	30	3.10	82.0
	40	1.76	45.9
	50	0.56	23.1
Initial pH	5	1.3	12.1
	6	2.51	61.8
	7	3.23	83.9
	8	1.09	56.9
	9	0.92	37.1
Illumination intensity(lux)	500	0.78	20.1
	1,000	1.87	48.1
	2,000	2.10	52.4
	3,000	2.67	60.1
	4,000	3.30	83.0
	5,000	2.91	62.9

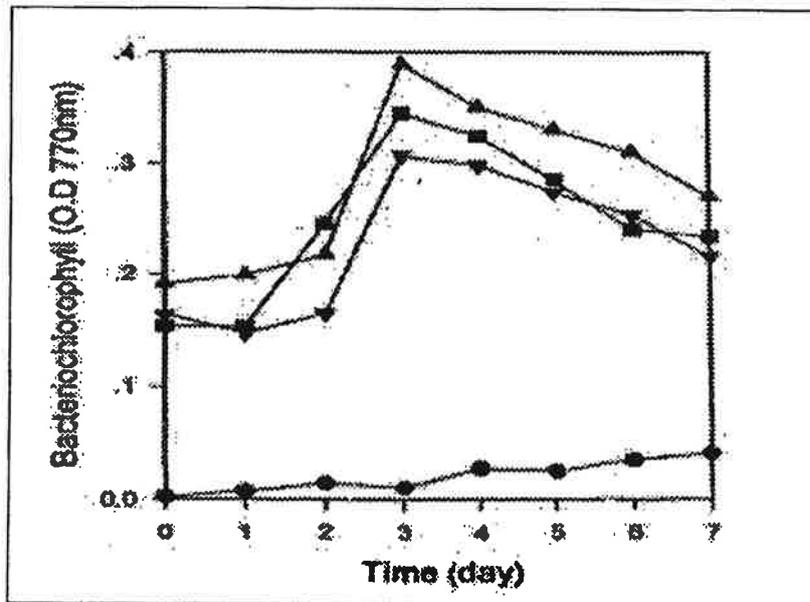


[그림 1-3] Effects of organic acids on cell growth of photosynthetic bacteria.  
 Cultivation was carried out in Lascelles basal medium containing sodium acetate 1g, sodium propionate 1g, and sodium butyrate 1g.  
 Open symbols : No added organic acids, closed symbols : added organic acids  
 ○, ● : Strain N 1-1  
 △, ▲ : Strain N 2-1  
 □, ■ : Strain N 2-3



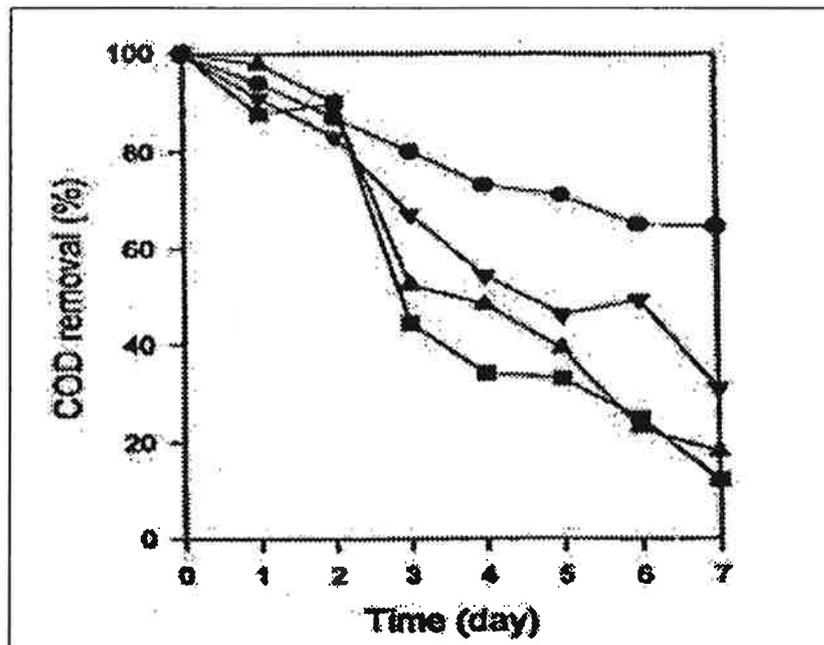
[그림 1-4] Changes of pH in swine wastewater by photosynthetic bacteria.

- : Control                      ▲ : Strain N 1-1
- : Strain N 2-1                ▼ : Strain N 2-3



[그림 1-5] Changes of bacteriochlorophyll a content in swine wastewater by photosynthetic bacteria.

● : Control                      ▲ : Strain N 1-1  
 ■ : Strain N 2-1                ▼ : Strain N 2-3



[그림 1-6] Changes of COD in swine wastewater by photosynthetic bacteria

- : Control                      ▲ : Strain N 1-1
- : Strain N 2-1                ▼ : Strain N 2-3

## 나. 연구결과 활용계획 및 실적

### 1. 신기술 개발실적

#### 1. 농림수산 기술 개발 사업 연구과제 수행 실적

[전천후 고도 축산폐수처리방법과 그 부산물의 고 부가가치 액비개발 및 산업화]

- 혐기발효 촉진 미생물의 분리
- 폐수처리 시스템의 운영 조건구명
- 막의 막힘현상 구명
- 농축수의 비효 검정
- 구근 화훼작물의 양액재배조건의 구명

#### 2. 1997. 6. 3. 환경기술 및 산업화자금 지원대상기술로 인정

#### 3. 특허 관련

- 1998. 2. 3. “막분리를 이용한 고농도 폐수처리방법”에 대한 특허 사정서를 특허청으로부터 받았으며, 1998. 4. 3. 부로 특허등록
- 1996. 2. 17. 오스트리아 소재 국제조사기관(International Searching Authority)에 예비심사를 신청 하여 1996. 5. 25. 특허요건이 갖추어진 것으로 인정
- 1996. 2. 17. 캐나다 국제특허 출원
- 1997. 8. 15. 미국 국제특허 출원
- 1997. 8. 29. 일본 국제특허 출원
- 1997. 8. 30. 호주 국제특허 출원
- 1997. 9. 19. EU 국제특허 출원
- 1997. 12. 15. 중국 국제특허 출원

#### 4. 연구 실적

- 논산시 죽본리 「하안 농장」에 폐수 처리 시스템 (10ton/day)을 참여기업인 (주) 수평의 협조로 설치하여 운영
- 논산시 축산폐수 공동처리장 현장적용 실험(1998년 7월 1일 ~ 20일 20일간)후 수질 개선안 제출 [(주) 수평과 공동 실험]
- 상주시 축산폐수 공동처리장 개선안 제출

## 2. 신기술의 그밖의 특성

- 최종방류수의 경우 이를 축사운영의 재활용수로 사용(중수도 개념)
- 방류시 천수계의 생태보존으로 방류하여 하천의 오염도를 낮추는데 기여
- 무배출시설 또는 중수도 개념의 시설이므로 민원의 해소와 거부감 해소
- 원수 및 중간처리수에 따라 처리방법의 별도 적용 가능
- 기존의 처리와 연계하여 시설 가능
- Computer에 의한 폐수발생량과 시설 가동기간등을 확인가능하므로 오염부하량을 정확한 산정 가능
- 설치면적이 작고, 작동운영이 간편하므로 축산 농민의 사용 용이

## 다. 결과 활용에 대한 건의

1. 환경부가 추천하는 신기술로 인정 ▶ 농가 보급시
2. 기존의 축산폐수 공동처리장시설 보완 하도록 지원  
(예 : 논산, 공주, 상주)
3. 축산폐수공동처리장과 하수종말처리장의 연계운영 시설설계 및 착공시 본 기술의 우선 적용 검토 및 지원 요망 (예 : 부여, 예산)

## CONTENTS

<b>Korean Summary</b> .....	1
1. Objectives and Importance .....	1
2. Research contents and scope .....	6
3. Results and Recommendation .....	9
<b>English contents</b> .....	85
<b>content</b> .....	87
I. Introduction .....	89
English Summary(1st section) .....	93
<b>II. Optimization of treatment process and Evaluation of the effect of liquid-fertilizer</b>	
1. Introduction .....	95
2. Material and method .....	99
3. Results and discussion .....	111
4. Conclusion .....	181
5. References .....	185

English Summary(2nd section) .....	189
<b>III. Development of plug seedling, bulb and cut flower production technique by natural nutri-fertilizer application</b>	
1. Introduction .....	192
2. Material and method .....	194
3. Results and discussion .....	197
4. Conclusion .....	244
5. References .....	246
English Summary(3rd section) .....	248
<b>IV. Identification of anaerobic microbes from livestock waste water</b>	
1. Introduction .....	250
2. Material and method .....	251
3. Results and discussion .....	254
4. Conclusion .....	299
5. References .....	301

## 목 차

### 제출문

요약문 .....	1
1. 연구개발목표 및 중요성 .....	1
2. 연구내용 및 범위 .....	6
3. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의 .....	9
영문목차 .....	85
목차 .....	87
I. 서론 .....	89
영문요약( 제 1 세부과제 ) .....	93
II. 전천후 고도 축산폐수처리 공정의 최적화 및 천 연무균액비의 생산과 그 효능	
1. 서언 .....	95
2. 재료 및 방법 .....	99
3. 결과 및 고찰 .....	111
4. 결론 .....	181
5. 참고문헌 .....	185

영문요약( 제 2 세부과제 ) ..... 189

**III. 천연무균양액 시용에 의한 plug seedling, 구근**

**비대 및 절화재배법 개발**

1. 서언 ..... 192  
2. 재료 및 방법 ..... 194  
3. 결과 및 고찰 ..... 197  
4. 결론 ..... 244  
5. 참고문헌 ..... 246

영문요약( 제 3 세부과제 ) ..... 248

**IV. 축산폐수중 혐기미생물의 분리동정**

1. 서언 ..... 250  
2. 재료 및 방법 ..... 251  
3. 결과 및 고찰 ..... 254  
4. 결론 ..... 299  
5. 참고문헌 ..... 301

## 제 1장 서론

축산 산업은 지속적인 양적 성장을 바탕으로 대형화, 기업화되면서 축산 폐기물 및 폐수의 발생량이 급속히 증가하였으나 아직 까지 생산위주의 축산을 경영하여 왔기 때문에 부수적인 환경문제에 대한 대책은 미흡한 실정이며, 정부의 “맑은물 살리기”운동이 전개되면서 축산업이 수질오염의 중요한 요인으로 지목 받게 되었고, 축산 농가에 대한 규제도 한층 강화되었다. 이와 같은 추세에 따라 정부도 축산폐수처리 및 폐기물의 재활용을 위해 막대한 자금을 지원하였으나 기술력의 불안정성과 인식의 미흡등으로 아직까지 많은 문제점을 내포하고 있다.

이미 여러 차례 언론에 보도된 축산폐기물 처리시설의 문제점에서 알 수 있는바와 같이 축산폐수의 처리를 위해 수십억원의 예산을 투입하여 처리시설을 설치하여도 처리가 되지 않아 축산농가와 축협 및 관련기관의 고충은 말로 다 표현할 수 없으며 그로 인한 환경 오염문제는 매우 심각한 상태라고 알려져 있다. 그러나, 실제의 경우 이러한 예는 빙산의 일각에 지나지 않으며 축산분뇨로 인한 환경오염의 실질적인 해결을 위해서는 근본적인 문제의 인식으로부터 시작되어야 할 것이다. 즉, 최근 남해안 및 연안어장을 황폐화시키고 있는 적조 현상의 주범인 N(질소)와 P(인)의 발생원인 중에는 축산분뇨가 많은 비중을 차지하고 있으며 또한 상수원 오염, 지하수 오염 및 악취문제 등을 일으키는 환경오염의 원인으로 알려져 있으므로 축산 농가의 소득향상과 환경오염의 해결을 위하여 우리 나라 현실에 적합한 축산 폐기물 처리 공정을 개발하는 것이 시급한 과제인 것이다.

현재의 축산폐수의 처리는 경제성의 이유로 고도의 처리기술이 도입되지 못하고 자가처리에 의존함으로써 고품물은 퇴비의 원료로 사용되고 액상은 액비로 농지에 살포하거나 하천에 방류하는 것이 일반화되어 왔다. 그러나, 최근 들어 축산단지가 대형화되고 환경규제가 강화되면서 배출수의 처리에 여러 방법들이 도입되고 있다. 가축분뇨의 처리로는 분뇨를 물리적, 기계적으로 분과 뇨로 고액 분리를 한 후, 분의 경우에는 건조, 소각, 퇴비화, 및 생분 이용 등으로 처리하고, 뇨의 경우에는 활성오니법, 살수여상법, 산화지법 등의 수처리 방법등에 의해 이루어지고 있다.

이 중 소각 처리 방법은 난방의 보조연료로써 이용하므로 에너지의 절감에 유효하나 효율이 낮고, 완전 소각의 경우는 연료비가 많이 드는 문제가 있다. 또, 건조 처리는 화력을 이용하는 경우에는 취급이 쉽고 품질이 안정하지만 연료비가 많이 들고, 비닐하우스 이용건조는 경비가 적게 드는 반면에, 넓은 처리 용지를 필요로 한다. 퇴비화 하는 경우는 시용의 범위가 넓고, 처리경비가 비교적 적은 반면에, 톱밥과 같은 적합한 수분조절제를 필요로 하는데 이런 수분조절제의 값이 비싸고 구하기 어려운 점과 퇴비화에 들어가는 조절제의 양이 매우 많이 소요된다는 문제점이 있다. 생분 이용의 경우는 처리경비는 적게 들지만 취급이 불편하며, 시용의 계절성에 문제가 있을 뿐 아니라, 악취와 보건위생상의 문제점도 간과할 수 없는 것이다. 노의 처리에서 활성오니법은 유지관리상 상당한 기술을 요하며 잉여오니의 처리가 필요할 뿐 아니라 시설경비가 높은 점도 처리공정의 확대 응용에 저해요인으로 작용한다. 살수여상법의 경우는 정화효과가 약간 나쁘고 대규모 경영에 적합하지 않으며, 산화지법은 유지관리가 쉽지만 타처리에 비교하여 부지가 많이 필요한 문제가 있다. 액비 이용의 경우는 시용시 계절성이 문제가 되지만 처리 조작이 간단하고 경비도 적게 든다. 이상에서 살펴본 바와 같이 액비, 퇴비화 및 생분 이용 등을 제외한 여러 처리들의 일반적인 공통점은 시설규모가 크고 복잡하며 많은 노동력과 에너지 및 경비가 들뿐만 아니라 실제 처리가 완벽하게 이루어지지 않는다는 문제가 있다. 따라서 가장 바람직한 축산분뇨처리법은 퇴비화나 액비제조와 같은 자원화방안이며 이 과정에서 적절한 수질 오염 경감방법이 확립되어 환경오염을 줄이는 것이라고 본다.

최근 들어 혐기성 생물학적 처리 공정 중 상승류 슬러지 블랭킷(UASB) 반응기에 관한 연구가 많이 수행되고 있는데, 이 방법은 슬러지 체류 시간(Sludge Retention Time, SRT)을 조절하여 고농도의 미생물을 반응기내에 유지시키는 공법으로 슬러지 자체의 응집 집강기능을 이용하므로 생물 부착 담체를 사용하지 않는 UASB(Upflow Anaerobic Sludge Blanket)반응기를 이용하므로써 다른 처리법에 비해 상당히 높은 농도의 유기물을 처리할 수 있으며 유기물 부하량, 온도 등의 변화에 저항성이 강하고 독성 저해 물질에 대해서도 비교적 높은 내성을 갖는 것으로 알려져 있다.

일차적으로 생물학적 처리 공정을 거친 처리수에는 혐기적 처리시 미처리된 물질

들이 포함되어 있는데 최종적으로 수계에 방류하기 위해서는 무기염류, 유기물 및 고형물이 최대한으로 제거되어야 할 것이다. 이는 방류수에 질소, 인 등의 영양염류가 포함될 경우 강이나 바다에서 미세 조류의 대량번식으로 인해 수자원의 부영양화 및 적조 현상 등을 유발하게 되기 때문이다. 최종 처리 방법에는 탈기법(Air stripping), 흡착법, 한외여과(Ultrafiltration, UF) 및 역삼투(Reverse osmosis, RO) 막 반응기법 등이 있는데 처리 용량 및 반응기의 크기 등을 고려하면 막 투과 원리를 이용한 UF/RO 막 반응기가 효율적으로 여러 유형의 폐수에 사용 될 수 있다고 본다.

[표]. 생물학적 혐기성 처리법들의 비교

특 징 \ 공 정	혐기성 소화조	혐기성 산화지	UASB 반응기
반응조(부지)의 크기	작다	크다	적다
초기 투자비용	많다	적다	적다
허용 BOD 부하	크다	작다	크다
BOD 제거율	높다	낮다	높다
충격부하에 대한 내성	약하다	강하다	강하다
독성물질에 대한 내성	약하다	강하다	강하다

이에 본 연구팀은 국가적인 문제가 되고 있는 축산분뇨를 환경 친화적이고 간단하면서도 효율적인 방법으로 처리하고자 하였다. 즉, 유용 미생물군과 부하량이나 온도 변화 등에 강한 UASB 반응공정을 기초로하여 반응기를 삼중구조로 하면 여기에 담체를 넣어 미생물 막을 형성하는 고전적인 방법을 접목 시켜 처리 용량과 운영시의 경제성을 고려한 반응기를 설계하고 운전 조건을 최적화 하여 축산분뇨의 완벽한 전처리를 하고, 입차처리 후에는 한외여과(Ultra-Filtration, U/F), 역삼투(Reverse-Osmosis, R/O) 막분리 공정을 통해서 무균상태의 BOD수치가 "0"에 가까운 완전정화수(청정수)를 방류하여 축산폐수로 인한 환경오염 및 사회문제를 해결하는 획기적인 기틀을 마련하였다. 동시에 막분리 과정중에서 U/F를 통과하고 R/O 처리

에서 역류되어 나오는 고농축된 무균의 액을 고부가가치의 액비로 생산하는 연구를 수행하였으며, 또한 액비의 적용대상 작물을 화훼작물 뿐만아니라 시설재배 채소작물에 까지 확대하여 그 효과를 검증해 봄으로서 액비의 활용범위를 넓혀 양축농가에서 배출되는 축산폐수의 완전이용을 꾀하고자 하였다. 이는 현재 국내의 종묘 및 원예상품 생산에 이용되는 액비의 상당량이 외국으로부터 수입되어 막대한 외화가 유출되고 있음을 고려해 볼 때 대외 경상수지의 개선에도 지대한 공헌을 할 처리방법이라고 생각되며, 축산폐수에 대한 거의 완벽한 처리기술을 국내기술로 개발하였다는데에 큰 의의를 둘 수 있다고 본다.

## Summary

In order to develop environment friendly and complete treatment of livestock wastewater this study was carried out during last three years. As the result of this study new concept of wastewater treatment is established and new liquid fertilizer is produced using by-product of treatment procedure. The treatment system is composed of liquid-solid separation, anaerobic digestion and UF/RO membrane separation steps, in turn.

During the first year, the study was concentrated to the design of new anaerobic digester modified of UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket) method and the effective use of UF(Ultra Filtration) membrane. Removal of ss(suspended solids) is essential to maintain diminishing fouling of UF-membrane, and the major reason of membrane fouling was revealed to protein content in wastewater. Also some cleaning methods of UF-membrane were compared, and citric acid ( pH 4 ) was shown the best cleaning effect.

RO( Reversed Osmosis ) membrane separation after UF-membrane treatment and the possibility as the liquid fertilizer of the concentrated rejection water of RO-membrane were mainly investigated in the second year.

The major reason of scaling to RO-membrane was related to  $Ca^{2+}$  concentration and identified by X-ray diffractor as hydroxy apatite (  $Ca_5(PO_4)_3OH/1/2Ca(OH)_2 \cdot 3Ca_3(PO_4)_2$  ) or foggite (  $CaAl(PO_4)(OH)_2 \cdot H_2O$  ), And citric acid ( pH 4 ) buffer and 1.0%  $H_2O_2$  were the best cleaning effect of RO-membrane. The by-product of RO-membrane separation is the concentrated rejection water containing some plant nutritional components. The content of T-N was over 3,500 mg/ℓ, T-P was over 1,000 mg/ℓ and more than 2,000 mg/ℓ of protein-N was included in this liquid fertilizer.

In the third year some quality control process of liquid fertilizer and effect to crop cultivation were focused.

Advanced Oxygen process(AOP) using ozone was introduced for decolorization and deodorization of raw liquid fertilizer, ozone + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> shown the best result for this purpose. Also some additives like mugwort extract, chitosan and pyroligneous acid were compared as the preserver of liquid fertilizer.

The produced liquid fertilizer was maintained without any change for 6 months, also no *E coli*, and *Salmonella shigella* were found during whole test period.

For application to crops the germination inhibition test was conducted with some crops, and no harmful effect was shown more than 30 times dilution rate.

Pepper and radish were selected for the produced liquid fertilizer application.

Those crops were cultivated in field and plastic house condition.

In both cultivation case the yields and chlorophyll contents were higher than ordinary chemical fertilizer application, also maturity was improved.

From 3 year study, the new waste water treatment using UF/RO membrane is the best way to overcome situational problems in Korea animal husbandry

Also by-product of waste water treatment was evaluated to good resource for crop cultivation as a liquid fertilizer.

Moreover the produced water of RO separation could be used recycled water source, therefore, this waste water treatment system must be noticed to preservation of water resources.

## 제 2 장 전천후 고도 축산폐수처리 공정의 최적화 및 천연무균액비의 생산과 그 효능

### 제 1 절 서 언

급변하는 다기능적 산업사회의 발전 속에서 농업도 괄목할 만한 성장을 하였으며 특히 축산업의 비약적 성장 또한 간과할 수 없는 사실이다.

축산업은 가내축산에서 부업축산으로 발전하였고, 이제는 전업 및 기업 축산으로 급성장하여 양과 질적인 면에서 농가 소득 중 큰 부분을 차지하게 되었다. 더욱이 농산물의 전면 수입 개방을 앞둔 지금의 우리 농촌의 현실 속에서 외국의 농산물과 그래도 경쟁을 벌일 수 있는 것이 축산물임은 이미 인지되고 있는 사실이다.<sup>1)</sup> 그러나 성장 위주로만 팽창을 계속하던 축산업은 최근 들어 “축산 폐수 처리”라는 문제점에 직면해 왔다. 이전까지의 가축분뇨는 논과 밭에 시용 되어 퇴비의 역할을 하였으나 현재에는 오염물, 혹은 폐기물처리의 대상으로 전락하고 말았다. 이렇게 가축의 분뇨가 폐기물로 전락하게 된 이유는, 첫째, 농가의 사육규모가 증가한 결과 과거와는 달리 오염이 집중적으로 발생하고, 둘째, 화학비료의 양산으로 퇴비의 수요가 감소하였으며, 셋째, 산업화 및 인구의 증가로 생활수준과 사회의 총 오염 발생량이 급증하자 쾌적한 환경에 대한 요구가 같이 증가하였다는 점등을 들 수 있다. 축산폐수가 일반 수계에 미치는 영향에 대해 살펴보면 그 배출량은 도시하수, 공장폐수, 축산폐수의 총배출량 중 단지 7 % 밖에는 차지하고 있지 않지만 BOD<sub>5</sub> 부하율은 총 배출폐수의 47 % 를 차지할 만큼 고농도의 유기성 폐수로 처리여하에 따라 이하 수계의 부영양화 등을 초래할 수 있다. 이에 우리정부에서는 오수분뇨 및 축산폐수에 관한 법률로서 그 배출수의 농도를 규제하고 있는데 1996년 7월 1일부터 지리적 조건에 따라 특정지역과 일반지역으로 구분하고 다시 사육규모에 따라 허가 시설과 신고 시설로 나누어 허가 시설인 경우 특정지역은 BOD<sub>5</sub>와 SS를 50 mg/l 이하로, 일반지역인 경우는 150 mg/l 이하로 규제하여 왔으며 신고시설인 경우 특

정지역은 위의 두 항목에 대해서 350 mg/l 이하로, 일반지역인 경우는 500 mg/l 이하로 규제하고 있다. 뿐만 아니라 1999년 1월 1일부터는 축산폐수처리시설 기준이 더욱 강화되어 분뇨처리시설 기준과 동일하게 된다. 즉, 모든 축산폐수처리시설의 경우 BOD<sub>5</sub>와 SS는 30 mg/l 이하, COD는 50 mg/l 이하, 대장균 군수는 3,000 개/ml 이하, 총질소 60mg/l 이하, 총인은 8 mg/l 이하로 기준이 강화된다. 따라서 축산폐수의 처리는 환경전체에 대한 오염물질의 배출을 억제하는 근원적인 해결 방안이 요구된다. 하지만 축산폐수는 사육양식과 사료의 종류에 따라 배출수의 부하량을 예측하기 어려우며 계절적인 성상의 차이가 심한 구조적인 난점을 지니고 있다. 뿐만 아니라 축산폐수는 고농도의 유기성 폐수로서 높은 유기물과 질소, 인 등의 오염물질을 대량으로 함유하고 있어 배출수계의 용존산소를 고갈시켜 하천의 자정작용에 악영향을 끼치며 호수나 저수지에 유입되면 이곳에서 서식하고 있는 조류는 이들 영양물질을 섭취하여 급속히 번식함에 따라 부영양화가 발생하여 상수원으로서의 기능을 잃게 된다.<sup>2)</sup>

우리 나라의 경우 축산 폐수는 크게 소, 돼지, 가금류로부터 배출되는데 그 사육특성이 다르며 배출 특성 역시 상이하다. 가축별 분뇨 배출량 및 BOD<sub>5</sub>, COD, SS의 평균 농도를 살펴보면 1두당 1일 발생량은 유우가 40L, 육우가 33L, 돼지가 12.4L로 돼지의 분뇨 발생량이 소의 경우보다는 약 1/3정도이며 발생하는 폐수의 BOD<sub>5</sub>나 COD의 평균치 역시 소가 2,900mg/l, 2,000mg/l인데 반하여 돼지는 2,500mg/l, 1,600mg/l 수준으로 상대적으로 소보다는 분뇨 자체의 오염도는 낮다고 할 수 있지만 부유 물질의 농도의 경우 소가 1,200mg/l, 돼지가 1,600mg/l 수준으로 높은 수분함량을 지니고 있음을 알 수 있다.

1990년의 자료를 근거로 하여 BOD<sub>5</sub> 배출량을 환산해보면 소가 1,223 ton BOD<sub>5</sub>/day, 돼지가 8000.6 ton BOD<sub>5</sub>/day, 닭이 760.1 ton BOD<sub>5</sub>/day로 소에 의한 BOD<sub>5</sub> 배출량이 제일 크다.

즉 소의 경우 사육두수가 상대적으로 적고 분에서의 수분함량이 적어 분과뇨의 분리가 용이하며 사육형태에 있어서도 우리나라에서는 한우의 경우 농가에서 농사용으로 사용하기 때문에 오염원의 입장에서 보면 비점오염원에 가까운 형태를 취하고 있어 몇몇의 비육우 및 젖소사육농가를 제외하고는 실제로 폐수처리가 힘들다. 반

면에 닭의 경우는 BOD<sub>5</sub>의 배출총량은 크지만 배출되는 계분은 비료 및 토양 첨가제 등으로 활용되며 세척수등으로 인한 폐수의 형태로 배출되는 양은 상대적으로 적다. 그러나 돼지의 경우 1일 배출되는 총 BOD<sub>5</sub>의 양은 소에 비하여 적은 양이지만 돈분의 수분 함유량이 높으며 다량의 세척수를 사용하는 사육형태를 고수하고 있기 때문에 배출되는 폐수 또는 폐기물은 그 처리에 상당한 어려움을 겪고 있으며 '축산폐수처리'라는 문제의 큰 주제로 부각되어 있다. [표 1]처럼 '95년도 농림수산 주요 통계에서도 나타나듯이 축종별 오염물질 배설량은 유우, 육우, 그리고 돼지 순으로 오염물질을 배출하지만, 1일 오염물질 발생량을 살펴보면, 돼지의 경우가 53.8%로 절반이상을 차지함을 알 수 있다. 이러한 결과 축산폐수처리 문제에서도 돼지사육 농가에서의 폐수처리가 축산폐수처리 문제 중 가장 심각하다는 것을 알 수 있다.

축산폐수의 특성은 일반적으로 고형물 및 유기물의 농도가 높은 것으로 알려져 있는데 축산폐수의 발생량은 가축의 체중 및 급수량과 사료의 종류, 그리고 축사의 형태에 따라 크게 변화한다. 특히 돈사의 경우 돈사 세척 중 씻겨 나오는 미제거된 돈분 및 뇨, 기타 먹이 찌꺼기 등이 주성분으로 알려져 있다. 우리나라의 경우 이러한 돈사 폐수의 처리율이 상당히 낮는데 그 이유는 몇몇 대규모 축산농가를 제외하고는 시설설비 및 운전관리에 관한 경제적인 문제로 말미암아 효율적인 처리가 이루어 지지 않고 있기 때문이다. 또한 처리대상인 축산폐수의 다각적인 처리 모형들이 제안되고 있으며 1991년 보고된 "중소규모 축산폐수의 효율적 처리방안 개발에 관한 연구"(과학재단)에 의하면 중소규모의 축산폐수처리를 목적으로 짚을 여재로한 column에 돈사폐수를 통과시키고 다시 쇠석으로 충전된 살수여상을 통과시킨 결과 BOD<sub>5</sub>의 86%, SS의 77%의 제거 효과를 보았다고 보고하였으며 T-N의 부하량이 감소할 때 배출 NH<sub>4</sub>-N의 농도 역시 감소한다고 보고하였다.<sup>3)</sup>

축산폐기물의 또다른 이용가치로는 폐수자체의 비료성분의 함유이다. 축산폐수의 비료적 가치라함은 '98년도 농림통계의 자료에 의하면 14,429(천톤)의 돼지의 분뇨 발생량중 질소의 성분은 42,133(톤)이 함유되어 있는 것으로 밝혀져 있다. 이러한 자원을 재활용함으로써 현재 사용중인 화학비료의 양을 축산폐수의 폐자원으로부터 얻는 큰 이득을 볼 수 있는 것이다.

이상과 같이 축산폐수의 문제점을 해결하고 폐자원을 재활용하기 위하여 본 연구의 1차년도에는 우선, 축산농가의 실태와 이에 대한 폐수의 배출량과 성상을 조사하였고, 현재 가동되는 축산폐수처리 시설을 조사하여, 이에 대한 문제점과 대책을 논의 하였다. 또한 본 연구팀이 개발한 처리기술을 도입함으로써 얻어지는 환경적, 사회적, 경제적 파급효과에 대하여 살펴보았다.

2차년도에는 연속식 실험기에서의 실폐수처리에 따른 폐수의 특성을 조사하였고, UF와 RO막의 막막힘 현상을 구명하고 이에 따른 최적 부하량을 조사하여 최적 운전 조건을 제시함으로써 막의 수명을 연장 시켜 경제적인 축산폐수 처리시설로서의 최적 조건을 마련하고자 하였다. 또한, 처리과정 중 발생하는 농축수의 성상을 조사하여 액비로서의 가능성을 검토하는 연구를 수행 하였다.

3차년도에는 막을 이용한 축산폐수 처리시 발생하는 부산물을 이용하여 액비로서의 가치를 구명하고 또한 상품성있는 액비의 생산을 위하여 액비의 안전성증대를 위한 실험을 하였으며, 특히, 우리나라의 경우 복합비료의 과다 시용으로 인한 토양의 염류집적과 같은 피해가 속출하고 있는데 이러한 피해의 방지를 위하여 식물이 흡수하기 쉬운 형태로 존재하는 천연무균액비를 채소작물에 적용함으로써 액비의 효과를 검증하는 실험을 수행 하였다.

## 제 2 절 재료 및 방법

( 1 차년도 )

### 1. 재료

#### 가. 공시 폐수

실험에 이용한 공시 폐수는 충남 논산군 연무읍 양돈농가의 폐수를 이용하였으며, 이때의 양돈농가의 규모는 돼지 1,000두를 사육하는 양돈 농가이며, 이곳에 하루 10톤의 처리규모로 실험 시설을 설치하여 폐수의 처리 현황을 조사하였다.

시료의 채취당일 실험을 하지 않을 경우 4℃이하의 냉장고에 보관하여 사용하고 부유물질의 침전에 의한 실험수치의 오차를 줄이기 위해 실험을 수행하기 전 수 차례 교반 시킨 후 시료로서 사용하였다.

[표 1] 축산 폐수의 특성

pH	COD <sub>Cr</sub>	T-N	T-P	SS	경도	TDS	SiO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N
(mg/l)									
7.7	57,000	4,525	1,273	18,110	1,800	31,000	180	1,601	168.7

#### 나. 공시 막

실험에 사용된 막은 한외여과막으로 polysulphone으로 제조한 Filmtec사의 cut-off M.W.가 10,000, 30,000, 100,000인 membrane을 주로 사용하였

으며, 실험적으로 cellulose acetate 막을 사용하기도 하였다. 역삼투막은 polyamide재질의 Filmtec B.W. 30 series ( operating temp.  $-7^{\circ}\text{C} - 49^{\circ}\text{C}$  )의 것을 사용하였다. 한외여과막과 역삼투막을 사용하지 않을 경우에는 citric acid로 pH 4로 조절하고 세척한 후 과산화수소 용액에 저장하여 미생물의 번식이나 다른 원인으로 막 재질의 연화나 막힘을 방지하였다.

#### 다. 공시 Module

Module은 막에 가해지는 부하량을 고려하여 부유물질의 영향을 상대적으로 덜받는 plate-frame 형식의 Module을 한외여과에 적용하였고 일반적으로 폐수처리에 응용되고 있는 spiral wound 형태의 Module을 역삼투에 적용 하였다. pump는 한외여과의 경우에는 D.C. moter speed controller가 장착된 Magnetek(U.S.)사의 Model No. 46606352143-0A를 사용하였으며 역삼투의 경우에는 Lesson (U.S.)사의 Lesson energy saving electric moter (Model No. C6C17FKF, 3/4 H.P., 60HZ)가 장착된 Cat (U.S.)사의 Model No. 237의 pump를 사용하였다. Prefilter는 한외여과에는 장착되지 않았지만 역삼투에는  $5\ \mu\text{m}$ 의 prefilter를 장착하였다.

## 2. 분석방법

시료를 분석하기 위하여 다음과 항목들을 분석법에 제시된 GR급 이상의 시약과 분석기기로 분석하였다.

[표. 2] 분석 방법 <sup>4)</sup>

Content	Methods	Remark*	Instruments
pH	pH meter electrode method	1	pH meter ( 290A, Orion)
BOD <sub>5</sub>	Incubation method	1	-
DO	Azaide method	1	-
COD <sub>Cr</sub>	Titric method (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	1	Spectrophotometer
T-N	Kjeldahl method	1	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	Colorimetric method	1	Spectrophotometer
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	Brucine colorimetric method	1	Spectrophotometer
Fe <sup>2+</sup>	Colorimetric method	1	Spectrophotometer
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> -P	Photometric method	1	Spectrophotometer
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Turbidimetric method	1	Spectrophotometer
Protein	Lowry method	2	Spectrophotometer
Ca <sup>2+</sup>	Palintest calcicol indicator method	3	Spectrophotometer
Cl <sup>-</sup>	Palintest chloridol method	3	Spectrophotometer
Color	Photometer method	3	Spectrophotometer
Total hardness	Colorimetric method	3	Spectrophotometer
Mg <sup>+2</sup>	Colorimetric method	3	Spectrophotometer
SiO <sub>2</sub> <sup>-2</sup>	Photometer method	3	Spectrophotometer
TDS	Conductivity method	4	TDS meter

Remark\* 1 : AOAC Official method  
 2 : Lowry method  
 3 : Palintest phot. method  
 4 : Conductivity method

### 3. 실험 방법

#### 가) 축산 분뇨 처리시설의 실태 조사

축산폐수처리 시스템의 개발을 위하여 축산 분뇨 처리 시설의 실태를 조사하여, 처리 시스템의 개발에 필요한 필수 조건 및 고려할 사항을 알아 보았다. 또한 현재 우리나라에서 사용중인 처리시스템의 종류와 특성, 문제점을 밝혀내었다.

#### 나) 축산분뇨 처리 시스템의 개발

우리나라의 실정에 맞는 처리시스템의 개발을 위하여 연속식 실험기를 고안하였다. 이를 설계, 제작하여 최종 축산 분뇨 처리 방안을 실험하고 현장적용시 필요한 자료들을 수집하였다.

#### 다) 축산폐수에서의 부유물질의 영향

축산폐수중에서 부유물질이 차지하는 영향을 알아보기 위해서 활성오니법과 혐기소화법의 단계별 처리수를 채취하여 Whatman 42 filter paper (110  $\phi$ )로 부유물질을 제거한 상태와 제거하지 않은 상태의 일반수질 항목, 즉 BOD<sub>5</sub>, COD, T-N, protein 등을 조사하여 그 영향을 알아보았다.

#### 라) 운전조건

한외여과의 경우 20℃에서 4 kgf/cm<sup>2</sup>로 조절하여 운전하였다. 또한 막의 세척은 일정한 압력하에서 배출수의 토출량이 15%이상 감소하였을 때 citric acid로 pH 4로 조절하여 세척하였으며 세척시간은 각각 1 시간으로 하여 90%이상의 복원율이 보일 때까지 세척하였다.

#### 마) 한외여과에 의한 처리

시료의 양을 20L로 하여 막을 투과시키고 투과수의 양을 기준으로 하여 투과수가 처음의 시료량에 대해 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90% 투과 되었을 때 투과수와 농축수의 시료를 채취하여 일반 수질 성분 및 염류 성분 등을 측정하여 축산폐수에 대한 한외여과의 한계농도를 구하였다. 그리고 배출수의 토출량에 영향을 미치는 요인을 구명하였다.

#### 바) 한외여과의 연속운전

혐기처리를 거친 폐수를 농축하지 않은 상태로 최종 16시간동안 연속운전 하였으며 각 시간별로 배출수를 시료로 채취하여 토출량과 일반 수질 항목을 조사함으로써 연속운전시 일어날 수 있는 막의 막힘현상을 예측해 보고 축산폐수에 한외여과를 적용했을 때 세척시간과 간격을 결정하였다.

( 2 차년도 )

### 1. 재료

#### 가. 공시 시료

실험에 이용한 공시 폐수는 충남 논산군 연무읍 양돈농가의 폐수를 이용하여 한외여과막을 거친 처리수를 이용하였다.

한외여과막을 거친 시료는 최적운전조건으로 실험한 것이며, 한외여과막의 M.W. Cut off의 존재로 말미암아 그 처리수의 성상은 일정하게 유지되었다. 또한, 당일 실험을 하지 않을 경우 4℃이하의 냉장고에 보관하여 사용하고 보관 후의 성상을 체크한 후 실험을 실시 하였다.

## 나. 공시 막

실험에 사용된 막은 한외여과막으로 polysulphone으로 제조한 Filmtec사의 cut-off M.W.가 10,000, 30,000, 100,000인 membrane을 사용하였으며, 역삼투막은 polyamide재질의 Filmtec B.W. 30 series ( operating temp. -7℃ - 49℃ )의 것을 사용하였다. 한외여과막과 역삼투막을 사용하지 않을 경우에는 citric acid로 pH 4로 조절하고 세척한 후 과산화수소 용액(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1% 용액)에 저장하여 미생들의 번식이나 다른 원인으로 막 재질의 연화나 막힘을 방지하였다.

## 다. 공시 Module

Module은 막에 가해지는 부하량을 고려하여 부유물질의 영향을 상대적으로 덜받는 plate-frame 형식의 Module을 한외여과에 적용하였고 일반적으로 폐수처리에 응용되고 있는 spiral wound 형태의 Module을 역삼투에 적용 하였다. pump로는 한외여과의 경우에 D.C. moter speed controller가 장착된 Magnetek(U.S.)사의 Model No. 46606352143-0A를 사용하였으며 역삼투의 경우에는 Lesson (U.S.)사의 Lesson energy saving electric moter (Model No. C6C17FKF, 3/4 H.P., 60HZ)가 장착된 Cat (U.S.)사의 Model No. 237의 pump를 사용하였다. Prefilter는 한외여과에는 장착되지 않았지만 역삼투에는 5 μm의 prefilter를 장착하였다.

## 2. 분석방법

시료를 분석하기 위하여 분석법에 제시된 GR급 이상의 시약과 분석기기로 분석하였으며, 1차년도와 동일한 항목을 조사대상으로 실험하였다. ([표 2]참조) 또한, 역삼투 막의 경우 그 막 막힘 현상의 구명을 위하여 X-ray 회절 분석기를 이용하여 막 막힘물질의 화학적 구조를 구명 하였다.

### 3. 실험 방법

#### 가) 역삼투 막에 의한 처리

한외여과에 의한 전처리를 거친 폐수의 양을 20L로 하여 막을 투과시키고 투과수의 양이 초기 시료량을 기준으로 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70%가 되었을 때 투과수와 농축수를 채취하여 토출량과 일반 수질 항목 및 염류농도를 측정하여 역삼투막에 대한 한계농도를 알아보았으며 배출수의 토출량에 미치는 인자에 대하여도 알아보았다. 시료로 쓰인 한외여과 투과수의 이화학적 성질은 다음과 같다.

[표 3] 한외여과막을 거친 처리수의 성상

pH	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Cr</sub>	T-N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	SiO <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Protein	TDS
( mg/l )													
7.8	360	640	751	470	590	600	300	90	10	140	100	1250	270

#### 나) 역삼투막 막힘현상의 구명

막 막힘 현상의 구명을 위하여 x-ray 회절분석기에 의한 막 막힘 물질을 구명하였으며, 세척제에 따른 막의 안전사용 및 수명연장의 방법을 강구하였다.

#### 다) 역삼투의 연속운전

한외여과에 의한 전처리를 거친 폐수를 농축하지 않은 상태로 15시간동안 각 시간 별로 시료를 채취하여 연속운전시 일어날 수 있는 막의 막힘현상을 예측하였다.

라) 역삼투막의 수명연장에 관한 처리

막 막힘 현상의 구명한 결과 막 막힘의 물질은 Ca염 또는 인산염임을 알 수 있었다. 이를 제거하기 위하여 전처리과정인 한외여과막 및 역삼투막 자체의 세척제 종류에 관한 실험을 하여 수명연장의 방법을 밝히고 이를 연속운전에 적용 하였다.

마) 역삼투막에 처리에 의한 부산물의 비료적 가치 구명

역삼투막의 처리시 한외여과막의 처리와 같이 처리되지 않는 미처리 부산물이 발생하게 된다. 이를 비료로서의 사용 가능여부를 평가함으로써 축산분뇨 폐수의 완전처리가 가능한지를 모색하였다.

바) 연속식 실험기에 의한 실패수의 처리

1차년도에 설계, 제작한 연속식 실험기를 이용하여 실패수를 처리하였다. 이를 토대로 한외여과의 전처리조작에 이용 하였으며, 축산폐수의 계절별 성상 변화를 감안하여 COD를 기준으로 6,000 mg/l와 10,000 mg/l의 유입수를 사용하였고 특히, 메탄생성의 과정을 살펴보았다. 또한 각 반응기의 성상변화를 확인하기 위하여 반응기 마다 성상 변화에 즉시 대처 하였다.

( 3 차년도 )

## 1. 재료

### 가. 공시 시료

실험에 이용한 공시 폐수는 충남 논산군 연무읍 양돈농가의 폐수를 이용하여 생물학적 전처리과정을 거친 후 한외여과막과 역삼투막의 최적운전조건으로 처리한 후 생성되는 역삼투막의 미처리 농축수를 이용하였다.

한외여과막과 역삼투막을 거친 시료는 최적운전조건으로 실험한 것이며, 한외여과막과 역삼투막의 경우 일정한 M.W. Cut off로 그 처리수의 성상은 일정하게 유지되었다. 또한, 당일 실험을 하지 않을 경우 4℃이하의 냉장고에 보관하여 사용하고 보관 후의 성상을 체크한 후 실험을 실시 하였다.

### 나. 공시 막

실험에 사용된 막은 한외여과막으로 polysulphone으로 제조한 Filmtec사의 cut-off M.W.가 10,000, 30,000, 100,000인 membrane을 사용하였고, 역삼투막은 polyamide재질의 Filmtec B.W. 30 series ( operating temp. - 7℃ - 49℃ )의 것을 사용하였다. 한외여과막과 역삼투막을 사용하지 않을 경우에는 citric acid로 pH 4로 조절하고 세척한 후 과산화수소 용액에 저장하여 미생물의 번식이나 다른 원인으로 막 재질의 연화나 막힘을 방지 하였다.

#### 다. 공시 Module

Module은 막에 가해지는 부하량을 고려하여 부유물질의 영향을 상대적으로 덜받는 plate-frame 형식의 Module을 한외여과에 적용하였고 일반적으로 폐수처리에 응용되고 있는 spiral wound 형태의 Module을 역삼투에 적용 하였다. pump로는 한외여과의 경우에 D.C. moter speed controller가 장착된 Magnetek(U.S.)사의 Model No. 46606352143-0A를 사용하였으며 역삼투의 경우에는 Lesson (U.S.)사의 Lesson energy saving electric moter (Model No. C6C17FKF, 3/4 H.P., 60HZ)가 장착된 Cat (U.S.)사의 Model No. 237의 pump를 사용하였다. Prefilter는 한외여과에는 장착되지 않았지만 역삼투에는 5  $\mu$ m의 prefilter를 장착하였다.

## 2. 분석방법

시료를 분석하기 위하여 분석법에 제시된 GR급 이상의 시약과 분석기기로 분석하였으며, 1,2차년도와 동일한 항목을 조사대상으로 삼아 조사하였다. ([표. 2]참조) 특히, 3차년도는 비료공정 시험법에 의한 비료 가치를 평가하였으며, 작물에 대한 생육효과를 알아보기 위하여 고추와, 배추를 이용하였다. 또한, 고부가가치의 비료 생산을 위하여 AOP(Advanced Oxidation Process)방법을 도입하여 이를 분석하였다.

## 3. 실험 방법

### 가) 천연무균액비의 반응기의 설계 및 제작

역삼투막을 통과하지않은 미처리수를 원료로하여 액비로서의 가치를 확인 하였다. 이를 고부가가치 천연무균액비의 생산을 위하여 품질향상의 방안으로 오존을 처리할 수 있는 반응기를 설계, 제작하였다. 이때의 오존 발

생장치는 무성방전식의 0.8g/hr발생하는 오존장치를 사용하였으며, 오존의 발생량 측정은 2% KI용액을 이용한 습식법을 이용하였다.

#### 나) 오존처리에 따른 천연무균액비의 성장 변화

역삼투막의 최저부하량을 주는 조건에서 생산된 미처리수의 오존 처리후 안전한 액비의 성장여부를 확인하고 이를 몇가지 작물시험을 통하여 액비로서의 품질향상 조건을 제시 하였다.

#### 다) AOP 처리 방법에 의한 천연무균액비의 성장 변화

오존 처리를 통하여 고부가가치를 지니는 액비 생산의 가능성이 보였으며 이를 AOP 처리함으로써 보다 상품성 높은 천연무균액비의 생산을 도모하였다. 특히, AOP를 통한 천연무균액비의 비료적가치를 조사하였으며, 보관시 성장의 변화를 살펴보고, 최적 조건을 제시 하였다.

#### 라) 천연무균액비의 보관 및 보존에 관한 연구

천연무균액비의 고부가가치 상품의 생산을 위하여 첨가제로서 목초액을 사용하였으며, 첨가한 목초액 천연무균액비를 작물에 시용하였다. 특히, 천연무균액비의 보관 및 보존시 그성상의 변화 및 미생물의 번식에 의한 부패와 변질의 유무를 측정 하였다.

#### 마) 천연무균액비의 몇가지 채소작물에 대한 생육조사

천연무균액비에 대한 고추생육실험은 하우스재배와 노지재배를 처리구로 삼았으며, 일반 토양비료와 화학액비의 비교 실험으로 천연무균액비의 살포 방법과 농도를 결정 하였다. 특히, 고추의 경우 특히 고추의 색도 비교

로서 그 품질의 비교를 하였다.

배추종자는 홍농종묘에서 시판 중인 조생미호배추를 사용하였고, 무 역시 홍농종묘에서 시판 중인 백자무를 사용하였다. 육묘상은 플러그를 이용해 한알씩 파종하고, 육묘시 흙은 부엽토, 모래, 피트머스의 비율을 3:3:3으로 하였다. 포트에 이식 후 액비시비의 기간별, 농도별로 실험을 하였으며, 액비 실험에 이용된 실험구의 종류는 무비구, 추비구, 발효액비구, 시증액비구로 하였다. 무비구와 추비구는 5개의 포트, 그리고 발효액비구는 1주, 2주, 3주 간격으로 6개의 포트와 함께 25배, 50배, 100배의 농도별로 해서 총 54개의 포트가 사용되었고 시증액비구는 발효액비와 같은 기간별로 농도는 500배, 1000배로 총 36개의 포트가 사용되었다. 추비구는 한 포트당 복합비료를 0.6g씩 3회에 걸쳐 시비를 했고, 액비구는 주간 간격에 맞게 300ml씩 살포 하였다. 시비횟수는 각각 농도별로 1주는 6회, 2주는 4회, 3주는 2회를 시비하였다. 진딧물 발생으로 인해 2회에 걸친 진딧물약(코니도)살포, 초장과 엽수조사는 수확시에 측정한 것까지 하여 총 3회에 걸쳐 측정하였다.

[표 4] 화학 액비인 복합의 성분

용도	성분	T-N	T-P	K	Mn	B
	(%)					
엽면시비용		12	4	6	0.1	0.05

#### 바) 축산폐수처리를 위한 최적 방법 제시

3년간의 연구를 통하여 얻은 결과를 토대로 축산폐수의 처리를 위한 전천 후 고도 축산폐수 처리방법을 제시하고 경제성여부를 조사 하였다.

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### <1 차년도>

#### 1. 축산폐수처리시설 조사 및 현 시설의 문제점

##### 가) 축산폐수처리시설의 실태 조사

축산폐수의 처리시설의 경우 [표 1-1] 과 같이 대체로 5종으로 크게 대별 되었다. 이중 활성오니처리 방법이 가장 많이 사용되고 있었으며(28~60%) 저장액비화 방법 도 27.4%의 비중을 보여 이중 두가지 방법이 널리 이용되는 것으로 조사되었다. 또 신고대상으로 지정된 간이정화조 시설도 상당히 많은 것을 알 수 있었다.

[표 1-1] 축산폐수처리 시설의 실태 조사

처리방법	설치수		사육두수 및 처리시설 규모		
			사육두수	축사면적(㎡)	용량(ton)
활성오니법	24	범위	500-14,000	1,320-38,933	20-600
		평균	3,521	6,686	145
뜸밥발효	12	범위	200-9,996	1,254-12,937	18-549
		평균	1,738	3,691	79
장기폭기	7	범위	500-4,000	1,724-5,800	15-200
		평균	1,828	3,385	60.7
저장액비화	23	범위	100-7,000	1,459-3,599	10-2,707
		평균	1,048	2,439	331
간이정화조	18	범위	20-2,000	1,598-4,392	1-10
		평균	848	2,233	43.8

(충청남도지역 농가)(1996년 3월~10월)

이들 중 활성오니법과 간이정화조시설은 고농도의 유기성 축산폐수를 처리 하는데도 불합리한 점이 많으며, 장기폭기나 저장액비화 방법은 슬러리 돈사가 많이 보급된 현시점에서 합리적인 활용 방안을 수립하고자 많은 노력을 하고 있다. 또한 톱밥발효돈사는 최근 2~3년간의 톱밥 품귀 현상과 운영상의 문제점 때문에 현재는 1~2개 농가에서 부분적으로 이루어지고 있어 3년간에 가장 많은 변화를 가져올 시설이라고 볼 수 있다.

축산분뇨는 지역별, 계절별, 사육형식별 차이는 있었지만, 충청남도지역의 농가를 대상으로 조사해 본 결과 [표 1-2]와 같이 대체로 BOD : 2,200 mg/l, COD : 2,000 mg/l, SS : 1,150 mg/l로 나타났으며, 호기 처리 시설과 혐기 처리 시설을 비교한 결과 호기 처리의 경우 BOD가 COD의 결과치 보다 높은 처리시설이 많이 존재함을 알 수 있었다. 이 조사는 3월부터 10월사이의 45개소의 축산폐수 처리시설을 대상으로 처리면적과 사육두수를 고려하지 않고, 하천수로 유입되고 배출수의 수질 실태를 조사한 결과이다. 축산폐수의 양은 대체로 하절기에 많은 것으로 조사 되었는데, 이는 음용수의 증가 보다는 세척수와 처리시설의 미비로 인한 천층지하수의 시설내 유입에 의한 경우가 더 많은 비중을 차지한다고 볼 수 있다. 또한 계절적인 영향으로 하절기에는 폐수량도 증가할 뿐아니라 수질 역시 저하 되므로서 하천오염을 가중 시키는 결과를 가져오고 있는 것이다. 더욱이 [표 1-2]는 처리시설이 설치된 경우를 조사한 것이다.

[표 1-2] 충청남도내 축산시설 중 호기 및 혐기처리시설의 유입수와 유출수의 성상

	pH	(mg/l)									
		BOD	COD	SS	TDS	PO <sub>4</sub> -P	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	T-N	Ca	Mg
호기 유입수	7.4	3,400	2,560	1,230	160	20	87.3	310	1,340	25	46
호기 처리 유출수	6.0	950	760	35	120	20	137	160	182	20	40
혐기 유입수	8.1	1,860	1,800	1,060	110	300	15.5	430	868	57	78
혐기 처리 유출수	8.2	780	820	30	500	400	160	140	166	50	68

처리시설이 미비된 경우에는 하절기에 배출수의 BOD가 30,000mg/l 이상까지 증가된 상태에서 소하천으로 유입되므로 농촌환경의 악화의 큰 문제점을 안고 있다는 것은 적절한 축산폐수 정화시설을 보급하여야 하는 당위성을 제시하는 실례인 것이다. 이 결과로 볼 때 기존의 처리 시설로는 1999년 1월 1일 시행되는 방류수 기준에 합당한 배출수 수준으로 배출하지 못하여 획기적인 처리시설의 개선과 증설 등의 조치가 필요하다고 볼 수 있다.

## 나) 현 기술의 취약성

현재 많이 사용중인 축산폐수의 처리방안으로는 크게 폐수의 배출유무에 따라 무배출시설과 배출시설로 구분된다. 각 시설의 원리와 문제점은 아래와 같다.

### 1) 무배출시설

#### ① 톱밥발효돈사

일본에서 개발하여 농촌진흥청이 보급한 방법으로 돈사의 바닥에 톱밥을 깔아 분뇨와 톱밥이 섞이면서 자체 발효되면 그 위에 다시 톱밥을 깔아주는 방법을 되풀이 하므로써 돈분뇨를 처리하는 방법이다. 이 방법의 문제점은 먼지, 가스로 인한 가축 성장을 저하 및 폐사율이 높고, 톱밥의 수급이 용이치 못하다는 점과 계속해서 톱밥을 교체하여야 하므로 노동력이 많이 든다는 관리상의 어려움이다.

이 방법은 현재 농가에서 기피하고 있으며 네덜란드에서는 적용 불가라는 결론을 내렸다.

#### ② 바루커식

이 방법 또한 일본에서 개발한 방법으로 돈사에서 나온 분과 뇨를 톱밥에 희석하여 유기질 비료를 만드는 방법으로 문제점은 TV나 신문지상을 통하여 이미 10여 차례나 그 문제의 심각성이 보도된 바와 같이 현재 톱당 7만원을 주고도 구입할 수 없어 톱밥의 공급이 원활하지 못하다는 점이다. 그러나, 무엇보다도 이 방법의 문

제점은 고형분을 처리하고 남은 노처리를 위해 다시금 재투자를 해야만 하는 비현실적인 방법이다.

### ③ Sun dry 방식

비닐하우스나 유리온실과 같은 구조물내에서 분뇨(또는 노성분위주)를 노출로 분사하여 태양열로 증발 건조시키고 건조후 잔사는 다시 수거하여 처리하는 방법이다. 이 방법은 저온기나 태양이 없는 날에는 효율이 떨어질 뿐 아니라 증발시 발생되는 암모니아 가스에 의한 악취문제를 해결하여야 하는 문제점이 상존하고 있다.

## 2) 배출시설

### ① KDST법

국내 KIST에서 개발한 생물학적 처리방법의 일종으로 유입수의 기준을 BOD 3,000 ppm으로 하여 설계하였다. 현재 충남지역의 경우 현장에서 95%이상 가동이 중단된 상태인데 그 원인은 유입수가 BOD 3,000 ppm으로 설계하였으나 실제 농가에서 배출되는 축산분뇨의 BOD는 25,000 ppm~50,000 ppm까지 배출되기 때문에 실제 사용시 용량에 과부하가 걸려 처리 효율이 낮아지므로 가동이 중단된 곳이 많다.(중도포커스 '96년도 6월호)

### ② 액상저장조 및 간이저장조

이 방법은 일명 부패조라고도 하며, 단순히 액상의 노와 세척수 등을 합하여 저장하였다가 일정기간이 지난 후 초지에 살포하는 방법이다. 이 방법의 경우 초지가 많은 지역에서는 가능하나 초지가 좁은 지역에서는 문제점이 있다. 이러한 문제점으로 인하여, 일정기간(30일정도) 저장 후 무단방류를 하므로 폐해가 심하다. 또한 현재 시공되어 있는 저장조가 불법, 편법시공 내지 개조되어 그 효과가 없는 실정이다.

### ③ 활성오니법

활성오니법은 BOD가 200ppm-250ppm의 도시하수처리를 위하여 개발된 생물학적 처리법이다. 이 방법의 문제점은 BOD가 수천-수만 ppm이나 되는 축산폐수와 같은 고농도 유기성폐수에는 적용시키기 어렵다. 따라서 10배에서 200배정도의 대량의 희석수가 필요하며 그로 인한 지하수의 고갈이 심각하다. 활성오니법의 경우 고온에 사상균의 번식으로 벌킹현상이 자주 발생한다. 그리하여 깨끗한 지하수를 뽑아 올려 더러운 물로 만들어 방류하는 어리석음을 범하고 있다. 이러한 관리의 어려움으로 전문인력이 상시 배치 되어야 한다는 문제점과 이에 따른 관리비가 많이 든다.

이상과 같은 현재 다양하게 운영되고 있는 축산폐수처리시설은 현재 정부의 시설자금을 지원 받아 시공하고 있으나 실제 처리효율이 낮아 큰 국가 예산이 낭비됨은 물론 환경오염을 유발하고 있다. 현재까지는 폐수처리시설의 정상가동 여부와는 관계없이 폐수처리시설의 설치여부만이 비중을 갖는 행정에 의해 처리효율이 낮아 작동을 중단하고 있는 처리시설들이 대부분을 차지해왔다.

#### 다) 축산 폐수 처리시설의 설치시 고려하여야 할 사항

현재 설치 운영되고 있는 방법들은 위에서 간단히 살펴 본바와 같이 문제점을 내포하고 있다. 정부는 1998년 2월부터 시·군에 설치 하였던 축산폐수종합처리장의 건설을 합리적인 기술이 개발·인증될 때까지 중단 또는 유보시키는 결정을 한 바 있다. 따라서, 합리적인 축산폐수처리를 위해 아래와 같은 고려해야할 사항을 검토해 보는 것은 매우 필요한 과제라고 본다.

- ① 폐수처리는 계절이나 원수의 변화에 따라 달라지지 않고 일정한 수준의 처리 효율을 나타내야 한다.
- ② UR 타결 후 국제 경쟁력을 갖추기 위해서는 폐수방류수질기준이 선진국의 30ppm 이하로 될 수 있는 방법들이 개발되어야 한다.
- ③ 희석수를 많이 사용하는 방법들은 지양되어야 하며 처리수는 재활용할 수 있는

방안으로 전환되어야 한다.

④ 가능한 유기성자원의 활용율을 높이는 방법이 개발되어 처리수중의 질소, 인산 등의 성분을 수계에 방출하지 않고 농업에 이용하는 방안으로 처리방법을 전환하여야 한다.

⑤ 고품폐기물의 퇴비화를 현행의 톱밥의존방식에서 탈피하여 원가를 절감시키는 방법이 개발되어야 한다.

⑥ 정부는 유기성 퇴비와 액상퇴비에 관한 비료기준을 설정하여야 하며 비료기준도 2차적인 오염을 방지할 수 있어야 한다.

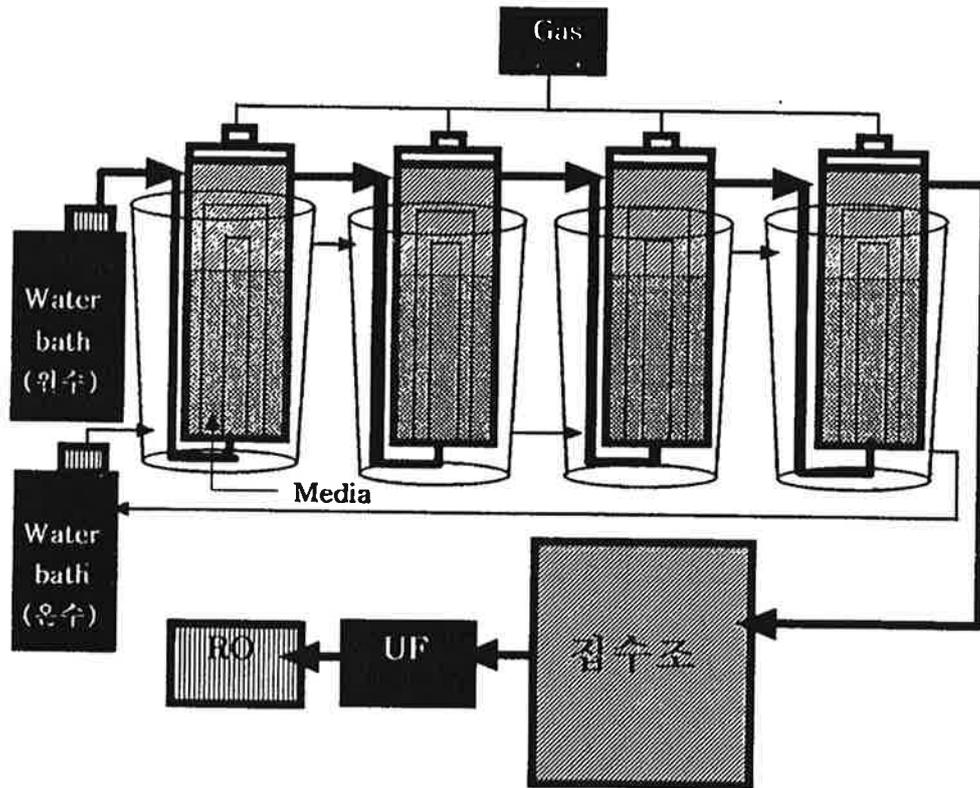
## 2. 연속식 실험기 설계 및 제작

축산 폐수의 일차처리 과정으로는 여러 장점이 있는 혐기성발효처리 중에서 고농도 유기물이나 독성물질 충격 부하 등에 강한 UASB 공정을 기초로 변형된 UASB의 처리 실험기를 기존의 축산폐수 발생 농가의 규모 및 입지조건을 고려하고, 가축 분뇨 처리에 가장 효율적인 공정 및 운전 조건을 감안하여 연속식 실험기를 설계 제작 할 수 있는 연속식 실험기를 설계하였다.<sup>5),6),7),8),9),10)</sup>

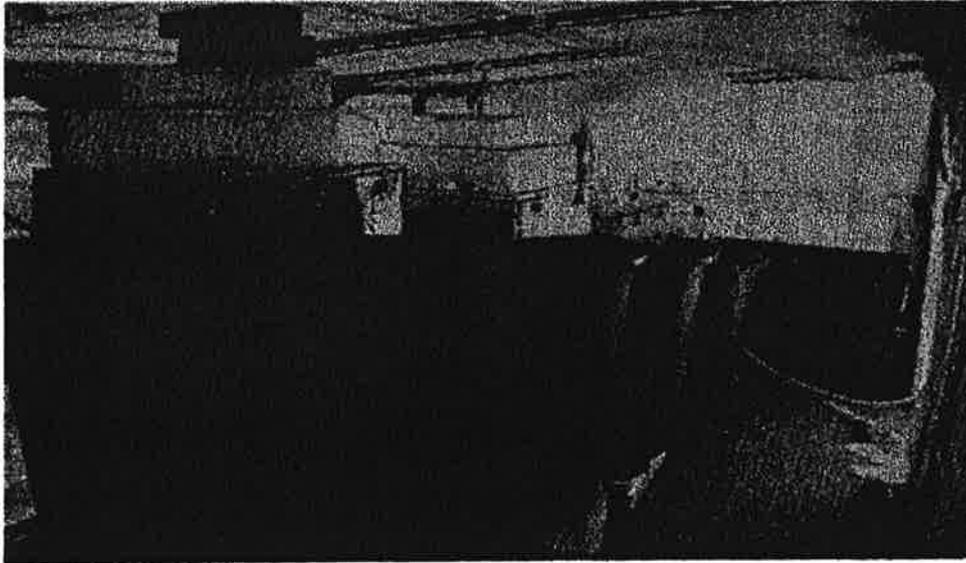
제작한 연속식 실험기의 경우 pilot 크기로 400L의 크기로서 이는 실험실에서의 성공 사례가 현장에 투입될 경우 실패를 되풀이하는 경우가 있기에 pilot 크기의 연속식 반응기를 설계하였다. 연속식 반응기로의 원폐수의 유입은 일정유속으로 유입시키도록 하였으며, 마지막 반응기까지는 중력식으로 이동 시켰다. 연속식 반응기의 경우 기존의 UASB방식에 media를 넣어 주무로서 여과의 효과가 커지기 때문에 기존의 방식 보다는 TSS가 현저하게 저하되는 특징이 있다. 이때의 media는 여러 종류의 물질을 쓸 수 있으나, 본 연구팀은 media에 의한 연속식 반응기의 막힘 등의 피해를 덜 주는 방향으로  $\phi$  2 mm의 nylon재질의 망을 사용 하였다. media에 의한 처리수의 변화에 관한 연구가 계속 진행되어야 할 것이지만, 현재의 연속식 반응기의 경우 TSS등에 의한 막 막힘현상은 현저히 줄었다고 본다.

연속식반응기의 온도유지를 위하여 반응기 주위를 온수를 흘려 반응기의 온도(35℃)를 유지하도록 설계되었다. 물론 현장에 적용할 경우 메탄 gas의 에너지로서

보온을 유지하는 방법을 이용하려하므로, pilot 단에서 실험으로는 임위적으로 온도를 유지시켰다.



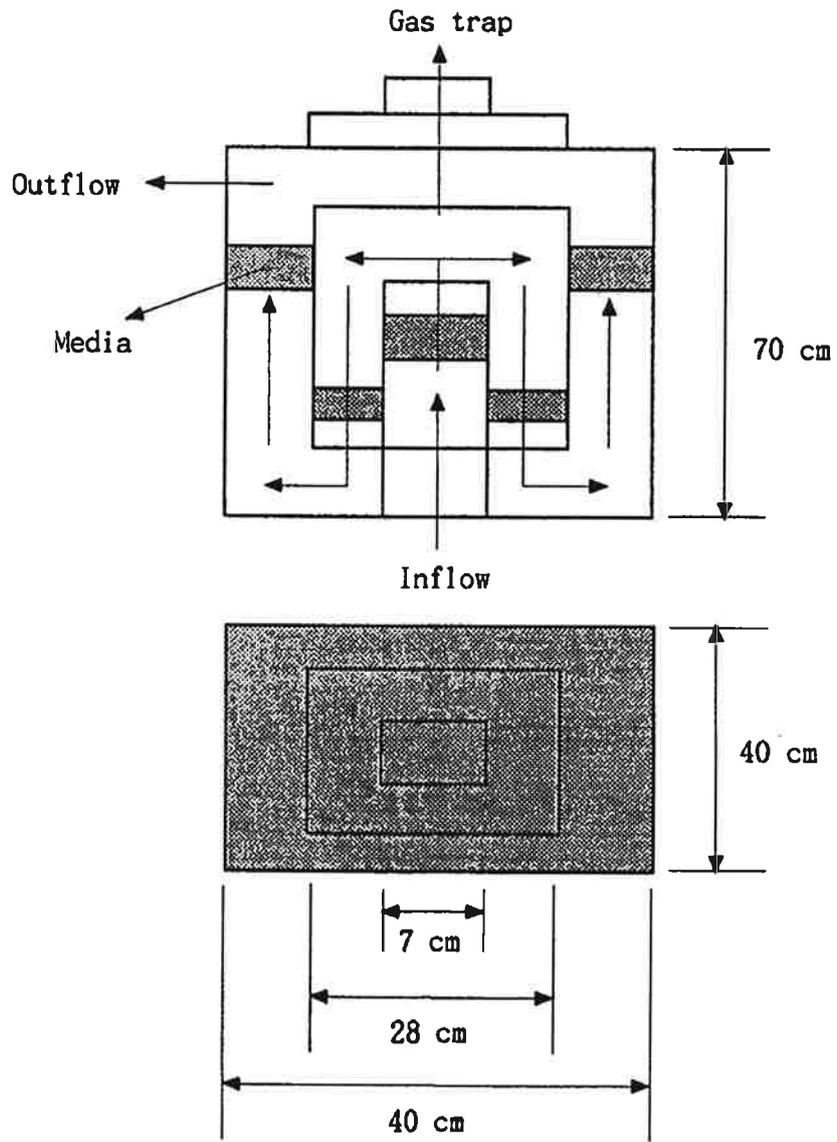
[그림 1-1a] 축산폐수 처리를 위한 연속식 실험기의 모식도



[사진 1] 연속식 반응기의 실내실험 장치



[사진 2] 연속식반응기의 현장 사진(논산)



[그림 1-1b] 축산폐수 처리를 위한 연속식 실험기의 구조

연속식 실험기의 경우 투명 아크릴 재질로 제작한 것으로 그 크기는 [그림 1-1b]와 같은 크기로 제작 하였으며 모식도에서 보는 바와 같이 연속식 반응기의 온도 유지를 위하여 온수를 흘려 반응기 내부의 온도를 33~36℃로 항시 유지 하였다. 연속식 실험기에서의 폐수의 유속을 항시 유지하기 위하여 Peristaltic pump를 이용 하였고 유입수의 고형물로 인한 연속반응기의 막힘을 방지하기 위하여 유입수는 저류조를 일단계 거친 폐수를 사용하도록 제작하였다.

### 3. 축산폐수처리에의 부유물의 영향

부유물질(suspended solid)은 처리시설 내에서 폐수의 흐름을 나쁘게 하며 호기성 처리일 경우에는 대기와의 접촉을 방해하는 등 처리효율을 떨어뜨리는 한가지 요인이 된다. 따라서 다량의 부유물질을 함유한 상태로 배출되는 축산폐수에서도 부유물질은 수질에 커다란 영향을 미친다.<sup>11),12)</sup>

축산폐수에 대한 부유물질의 영향을 알아보기 위해 Whatman 42 filter paper (110 φ)를 이용하여 부유물질을 완전히 제거한 후 각종 성분을 측정 한 결과는 [표 1-3]과 [표 1-4]에서 나타난 것과 같이 활성오니법은 유입수의 수질자체 보다는 유입수중의 유기물이 호기성 미생물의 영향을 받아 서로 응집현상이 발생하는 폭기조내의 부유물질 함량이 수질에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그리고, 혐기소화법의 경우에도 부유물질 제거 효과가 큰 것으로 나타났으나 혐기성 미생물의 영향을 받기 이전 단계에서 부유물질을 제거하는 것이 총질소나 BOD<sub>5</sub>의 수치를 낮추는데 효과적인 것으로 나타났다.

[표 1-3]에서 볼 때 활성오니법으로 폐수처리 할 경우 부유물질 제거효과는 BOD<sub>5</sub>는 약 40%, COD<sub>cr</sub>은 약 68%, T-N은 약 50% 그리고 protein 함량은 약 37%정도 감소하는 것으로 조사되었다. 또 [표 1-4]에서 보는 바와 같이 혐기 발효의 경우에는 BOD<sub>5</sub>는 12%, T-N은 약 43% 그리고 protein 함량은 43% 정도 감소한 것으로 나타났다.

이러한 결과는 축산폐수의 처리에 있어서 최우선되어야 할 조작이 무엇인가에 대한 해답을 주는 결과이다. 즉, 가축의 분과 사료의 찌꺼기를 다량 함유하고 있는

폐수가 유입되어 미생물에 의한 분해를 거치는 동안에 생성된 저분자의 용해성 유기물질은 처리수에 용해되며, 이런 용해성 유기물은 미생물에 의해 분해된다. 이와 같이 미생물에 의한 분해가 진행된 이후에 용액중에 남아있는 부유물질은 유입수중의 부유물질보다 총질소와 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Cr</sub>에 큰 영향을 주지 못하는 것으로 보인다. 따라서 부유물질의 제거에 의한 처리의 효율을 도모하기 위해서는 미생물에 의한 분해 이전에 부유물질을 제거하는 것이 효과적이라고 판단된다. 또한 [그림 1-2]와 [그림 1-3]에서 볼 수 있는 것처럼 부유물질과 총질소, 그리고 부유물질과 BOD<sub>5</sub>와의 관계를 살펴본 결과 높은 상관관계를 보이고 있는 것으로 미루어 볼 때 부유물질의 적절한 제거는 축산폐수의 처리에 있어서 처리효율을 결정짓는 큰 관건이라고 할 수 있다.<sup>13)</sup> 또한 [그림. 1-4]에서 보는 것처럼 처리가 계속되면서 부유물질을 제거하고 난 이후에도 색도는 계속 높아지는 것으로 나타나 부유물질 중에는 미생물에 의해 분해되어 색도를 높이는 성분이 포함되어 있다는 것을 알 수 있었다.

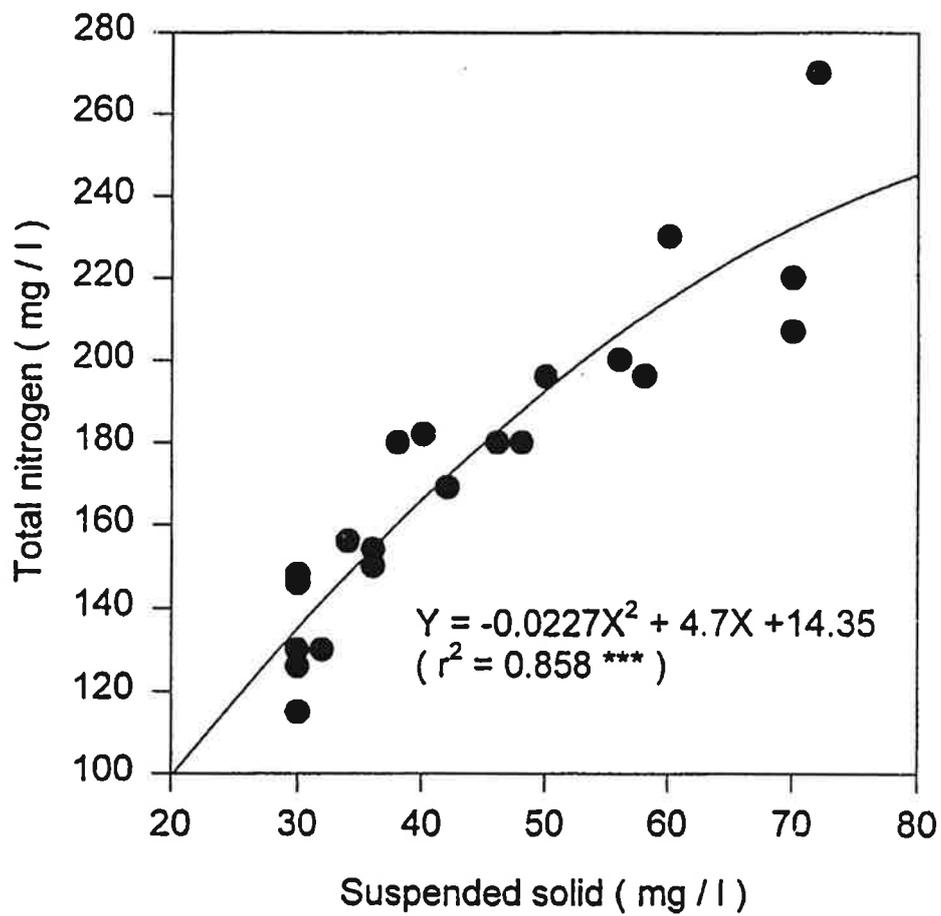
[표 1-3] 활성오니법에서의 부유물질 제거에 의한 폐수의 특성비교

( mg / l )

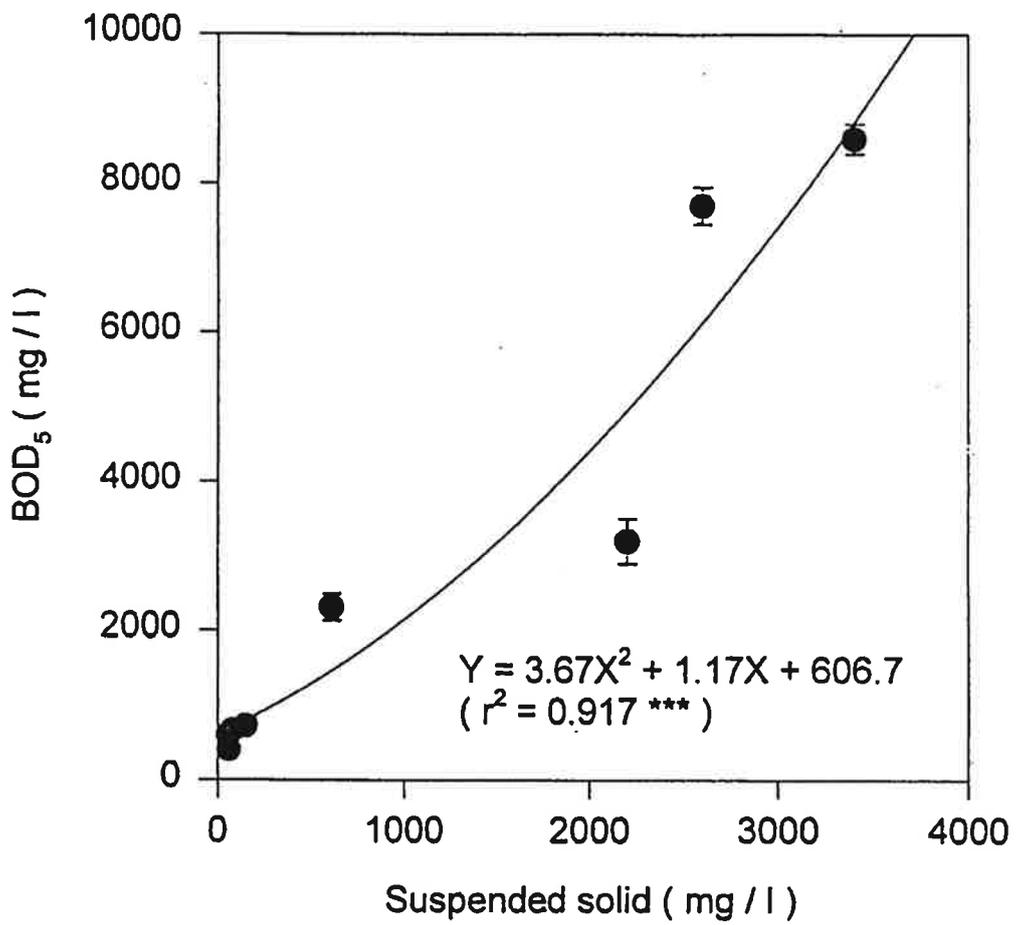
	Inflow	Aeration	Precipitation tank	Outflow	
A <sup>1)</sup>	BOD <sub>5</sub>	7700	8600	720	660
	COD <sub>Cr</sub>	2490	3800	1320	1000
	T-N	1670	2980	450	360
	Protein	980	1790	610	380
B <sup>2)</sup>	BOD <sub>5</sub>	3200	2310	600	400
	COD <sub>Cr</sub>	1010	880	580	320
	T-N	960	450	360	180
	Protein	430	500	300	240

1) A : Non-treated wastewater

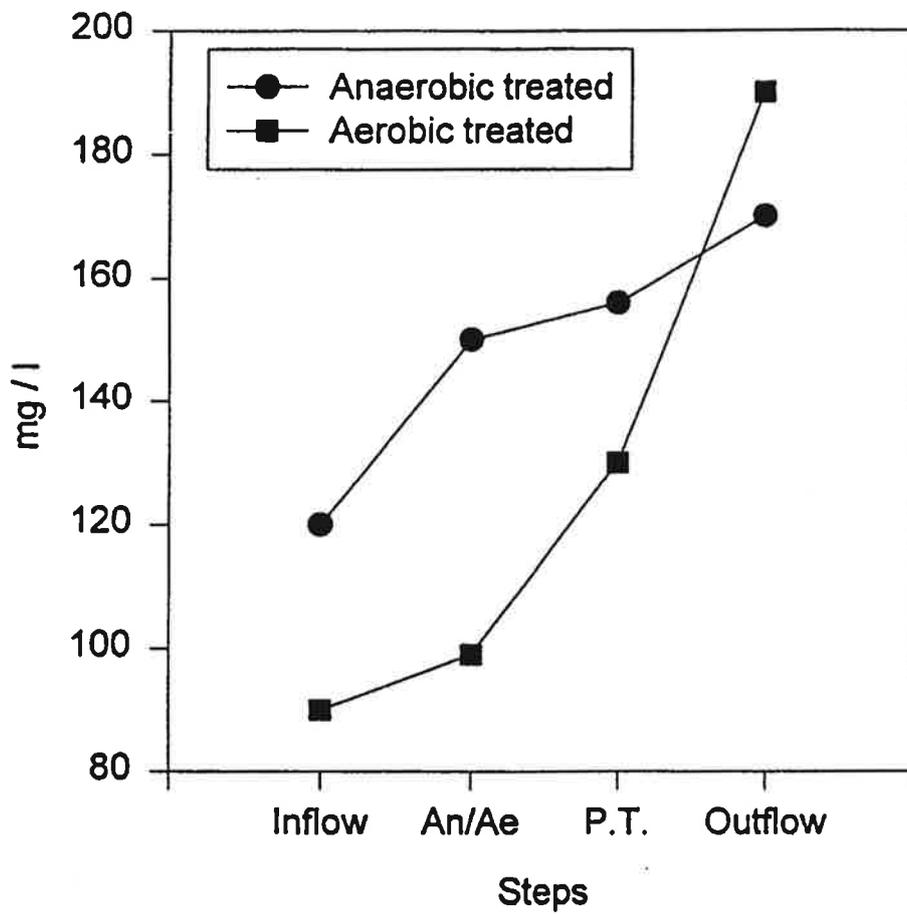
2) B : SS-removed wastewater



[그림 1-2] 부유물질과 총질소와의 관계



[그림 1-3] 부유물질과 BOD<sub>5</sub>와의 관계



[그림 1-4] 각 처리단계별의 색도 조사

An/Ae : Anaerobic digestion tank/Aerobic tank

P.T. : Precipitation tank

[표 1-4] 혐기발효법에 있어서 부유물질의 제거에 의한 폐수의 특성비교

( mg / l )

	Inflow	Anaerobic tank	Precipitation tank	Outflow
A <sup>1)</sup> BOD <sub>5</sub>	5000	800	520	500
A <sup>1)</sup> COD <sub>Cr</sub>	13200	220	200	200
A <sup>1)</sup> T-N	1050	402	297	280
A <sup>1)</sup> Protein	606	96	78	70
B <sup>2)</sup> BOD <sub>5</sub>	1980	500	440	440
B <sup>2)</sup> COD <sub>Cr</sub>	2700	200	200	200
B <sup>2)</sup> T-N	730	250	193	160
B <sup>2)</sup> Protein	310	50	42	40

1) A : Non-treated wastewater

2) B : SS-removed wastewater

#### 4. 한외여과에 의한 농축

##### 가) 막의 특성별 배출수의 수질

막여과의 가장 큰 특징 중의 하나라고 할 수 있는 것은 배출수와 농축수가 동시에 발생한다는 점이다. 1973년 Chian과 Fang은 막여과의 특징을 구명하는 연구에서 농축은 막의 표면과의 상호반응에 의한 수소결합과 이액순위에 의해서 일어난다고 보고하면서 그 공극을 약 50Å으로 제안 하였다.<sup>14)</sup> 이러한 막의 특성은 역삼투, 한외여과등 모든 막여과에 적용되는 것으로서 농축수가 발생한다는 것은 폐수의 재처리라는 문제점을 내포한다.

따라서 축산폐수를 처리하기 위해 한외여과방법을 적용하면서 운전과정중의 농도 변화나 운전 시간별로 배출수와 농축수의 수질 등을 알아보는 것은 필수적이며, 특히 배출수의 토출량 변화를 조사하는 것은 한외여과의 적용가능성을 결정지을 수 있는 중요한 인자가 된다.

혐기소화조와 부폐조의 처리수를 대상으로 하여 각각 한외여과를 이용한 투과실험을 해본 결과 막의 종류 별로 cut-off range molecular weight에 따라 다소의 차이

는 있었지만 일단 막을 통과한 처리수의 수질은 농축이 계속되어도 일정한 수질이 유지되었다.

이러한 결과는 폐수의 수질에 직접적인 영향을 미치는 질소와 단백질 등의 성분을 안정적으로 배제하고 저분자의 유기물과 무기염류만을 투과시킴으로서 처리수의 수질이 안정성을 유지하고 있다는 것을 밝혀주는 결과라 하겠다. 그리고 배출수의 안정적인 수질에 비하여 농축수에서는 점진적으로 일반 수질 항목의 수치가 높아졌다. 1994년 Chang은 ceramic 막의 농축수를 대상으로 혐기소화 시킴으로서 BOD, COD 등의 높은 제거 효율을 나타냈다고 보고하였는데, 축산폐수에서도 한외여과 농축수를 혐기소화조로 반송한다면 높은 효율을 기대할 수 있으리라 생각되며, 보다 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.<sup>15)</sup>

[표 1-5] 한외여과막의 종류별 공극 정도에 따른 배출수의 수질 성상

	pH	( mg/l )										
		BOD <sub>5</sub>	COD <sub>cr</sub>	SS	T-N	PO <sub>4</sub>	Color	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	Cl	TDS	
A <sup>a</sup>	C <sup>c</sup>	8.0	1100	890	130	336	340	910	65	3.7	108	160
	D <sup>d</sup>	8.0	1080	840	170	350	370	960	59	5.4	106	160
	E <sup>e</sup>	8.0	1040	610	190	350	370	980	56	4.0	109	150
B <sup>b</sup>	C <sup>c</sup>	8.0	600	1000	30	115	270	980	7	80.0	205	330
	D <sup>d</sup>	8.0	600	1000	30	130	270	940	7	78.0	220	340
	E <sup>e</sup>	8.0	620	1100	30	126	270	960	7	78.0	220	330

- \* A : Septic tank water
- B : Anaerobic treated water
- C : M.W. 10,000 membrane
- D : M.W. 30,000 membrane
- E : M.W. 100,000 membrane

[표 1-5]에서 볼 때 한외여과막을 투과한 배출수는 막의 공극 크기와는 큰 차이가

없는 것으로 나타났는데, 이는 혐기 발효가 충분히 진행된 경우에는 분자량 10,000~100,000범위의 성분들이 많이 함유되어 있지는 않은 것으로 볼 수 있다. 그러므로 운전시간별 막막힘 정도를 조사하여 막을 선택하는 것이 바람직하다고 본다.

#### 나) 무기염류의 투과특성

한외여과를 이용하였을 경우 배출수의 수질이 비교적 안정적으로 나타난 반면에 무기염류의 제거효과는 나타나지 않았으며 농축수에서 무기염류의 농축은 일어나지 않았다. 이는 한외여과에서 제거할 수 있는 물질들이 M.W. 10,000이상의 유기물은 제거할 수 있지만 이온성의 물질들은 한외여과 에서는 제거할 수 없다는 것을 나타낸다. 이와 같이 무기염류의 투과도가 용이한 것은 한외여과의 또 하나의 특성이기도 하다.<sup>16)</sup>

따라서 한외여과를 이용하여 축산폐수를 처리할 경우 일정량의 질소와 인 등을 배출한다는 단점을 지니고 있으며 이러한 성분들에 의한 수계의 부영양화에 대한 문제점은 여전히 안고 있는 것이다.

[표 1-6], [표 1-7]과 같이 부패조 처리수와 혐기소화 처리수의 무기염류 농도를 살펴보면 상대적으로 부패조 처리수가 낮은 것으로 나타났는데 이것은 유기물질의 이온화가 진행되면서 나타난 결과라고 할 수 있으며, 한외여과처리시에는 전처리로서 호기발효나 혐기발효 방법이 큰차이를 보이지 않는 것으로 판단되어지므로 축사의 환경에 따라 선택되어야 할 것으로 본다.

효과적인 한외여과의 운영을 위해서는 유입수의 무기염류 농도를 제어하는 전처리 조치가 필요하며 오염원의 배출 방지를 위해서는 무기염류까지 배제할 수 있는 처리가 요구 된다.

#### 다) 막에 따른 투출량의 변화

막의 종류 즉, cut-off range molecular weight에 따른 투출량의 변화는 각각 cut-off M.W.가 클수록 투출량도 증가하는 경향을 보였으며 혐기소화 처리수가 부

[표 1-6] 부패조 처리수의 한외여과막 종류에 따른 무기염류의 변화 (mg/l)

	start	15 %		30 %		45 %		60 %		75 %		90 %	
		pro.	rej. <sup>3)</sup>	pro.	rej.								
A <sup>1)</sup>	PO <sub>4</sub> -P	190	220	200	220	220	210	200	230	220	230	210	230
	NO <sub>3</sub> -N	29	37	29	39	30	38	29	32	28	36	29	36
	NH <sub>4</sub> -N	7.5	8.3	9.5	8.2	8.2	8.9	8.0	9.0	8.4	9.0	8.2	8.9
	Cl <sup>-</sup>	99	106	101	106	100	107	101	108	106	106	101	109
B <sup>2)</sup>	PO <sub>4</sub> -P	220	210	200	190	200	220	220	230	210	230	210	220
	NO <sub>3</sub> -N	27	34	29	33	30	39	31	40	39	41	37	41
	NH <sub>4</sub> -N	10.7	9.9	10.2	9.9	9.8	10.0	9.8	10.0	10.5	10.2	10.0	12.2
	Cl <sup>-</sup>	100	109	100	106	100	110	101	109	100	108	100	107
C <sup>3)</sup>	PO <sub>4</sub> -P	200	220	200	220	210	210	220	220	230	230	210	230
	NO <sub>3</sub> -N	28	40	26	40	28	42	30	39	30	40	31	42
	NH <sub>4</sub> -N	12.3	10.2	12.5	11.3	12.6	12.3	11.9	13.0	11.2	13.2	11.2	13.3
	Cl <sup>-</sup>	102	108	99	103	100	103	100	105	101	100	99	104

1) A : M.W. 10,000, 2) B : M.W. 30,000, 3) C : M.W. 100,000 4) pro : productwater

5) rej. : rejected water

[표 1-7] 혐기소화 처리수의 한외여과막 종류에 따른 무기염류의 변화 (mg/l)

	start	15 %		30 %		45 %		60 %		75 %		90 %		
		pro.	rej.											
A <sup>1)</sup>	PO <sub>4</sub> -P	270	280	290	270	280	260	280	260	280	270	280	270	290
	NO <sub>3</sub> -N	38.9	40.2	35.5	40.0	33.5	42.0	33.5	42.3	38.0	43.0	35.2	40.3	43.2
	NH <sub>4</sub> -N	5.0	7.5	5.5	7.0	3.5	7.0	6.25	6.0	5.5	7.0	5.0	8.2	5.0
	Cl <sup>-</sup>	200	205	195	205	190	208	197	208	199	200	199	210	200
B <sup>2)</sup>	PO <sub>4</sub> -P	250	260	250	260	245	265	260	280	250	280	260	280	260
	NO <sub>3</sub> -N	37	34	39	33	30	40	41	40	36	45	37	49	35
	NH <sub>4</sub> -N	4.5	7.0	5.0	7.2	5.0	7.5	5.5	7.5	6.2	8.5	6.7	8.8	8.0
	Cl <sup>-</sup>	201	200	210	228	200	229	210	235	200	240	200	229	205
C <sup>3)</sup>	PO <sub>4</sub> -P	260	270	220	280	200	290	200	280	210	280	200	290	210
	NO <sub>3</sub> -N	38	42	36	41	38	45	40	44	40	47	41	46	43
	NH <sub>4</sub> -N	4.2	7.0	4.25	7.0	4.26	7.5	4.0	7.0	4.7	7.2	5.0	8.0	4.7
	Cl <sup>-</sup>	200	220	201	224	199	228	200	220	200	220	206	220	206

1) A : M.W. 10,000, 2) B : M.W. 30,000, 3) C : M.W. 100,000

패조 처리수 보다 우수했다.

[ 표 1-8 ]에서 보면 막의 투과되는 공극의 크기에 따라 농축이 일어나는 첫단계 부터도 막의 투출량에 영향을 미치는 물질들이 투출에 방해로 시작한 것으로 생각 된다.

즉, 혐기발효처리수의 경우에는 분자량 100,000의 막에 비해 분자량 10,000의 막 은 약 7%정도의 투출량 감소가 확인되었으며, 부패조 처리수는 약 23%정도나 투출 량이 감소한 것으로 조사되었다. 또한 각 처리수는 농축이 진행되면서 투출량이 감 소되는 경향이 있는데 시작 단계와 90% 농축된 경우를 비교해 보면 혐기발효처리수 는 분자량 10,000의 경우 약 32%의 투출량 감소가 있었으며, 분자량 30,000의 막은 약 38% 그리고 분자량 100,000의 막은 약 23%정도의 감소를 보여 분자량이 크면 투 출량 저하도 적어진다는 것을 보여주고 있다.

[표 1-8] 부패조와 혐기발효조의 각 막에따른 투출량 변화

			( L / m <sup>2</sup> / hr )						
Initial			15	30	45	60	75	90	
			( % )						
M.W.	10,000	117.6	116.0	97.5	97.5	93.8	87.5	80.0	
A <sup>1)</sup>	M.W.	30,000	140.0	115.5	107.0	104.5	99.7	92.3	87.0
M.W.	100,000	126.0	120.0	115.5	115.5	112.4	102.5	98.0	
M.W.	10,000	96.3	74.1	67.0	66.8	66.8	65.8	61.7	
B <sup>2)</sup>	M.W.	30,000	90.9	79.8	74.4	71.9	71.3	69.4	54.2
M.W.	100,000	124.2	116.8	91.8	93.3	88.6	85.6	71.4	

1) A : Anaerobic digestion water

2) B : Septic tank water

그러나 부패조 처리수는 분자량 10,000의 막의 경우 약 36%, 분자량 30,000의 막은 약 41% 그리고 분자량 100,000의 막은 약 43%로 오히려 막의 공극이 커질수록 토출량이 감소하는 경향을 보였다.

이런 결과는 폐수중에 함유되어 막 막힘을 일으키는 성분이 단순히 분자량만으로는 구분할 수는 없다는 것을 보여주는 것이므로 막 막힘 현상을 주도하는 물질에 대한 조사가 필요 하다고 본다.

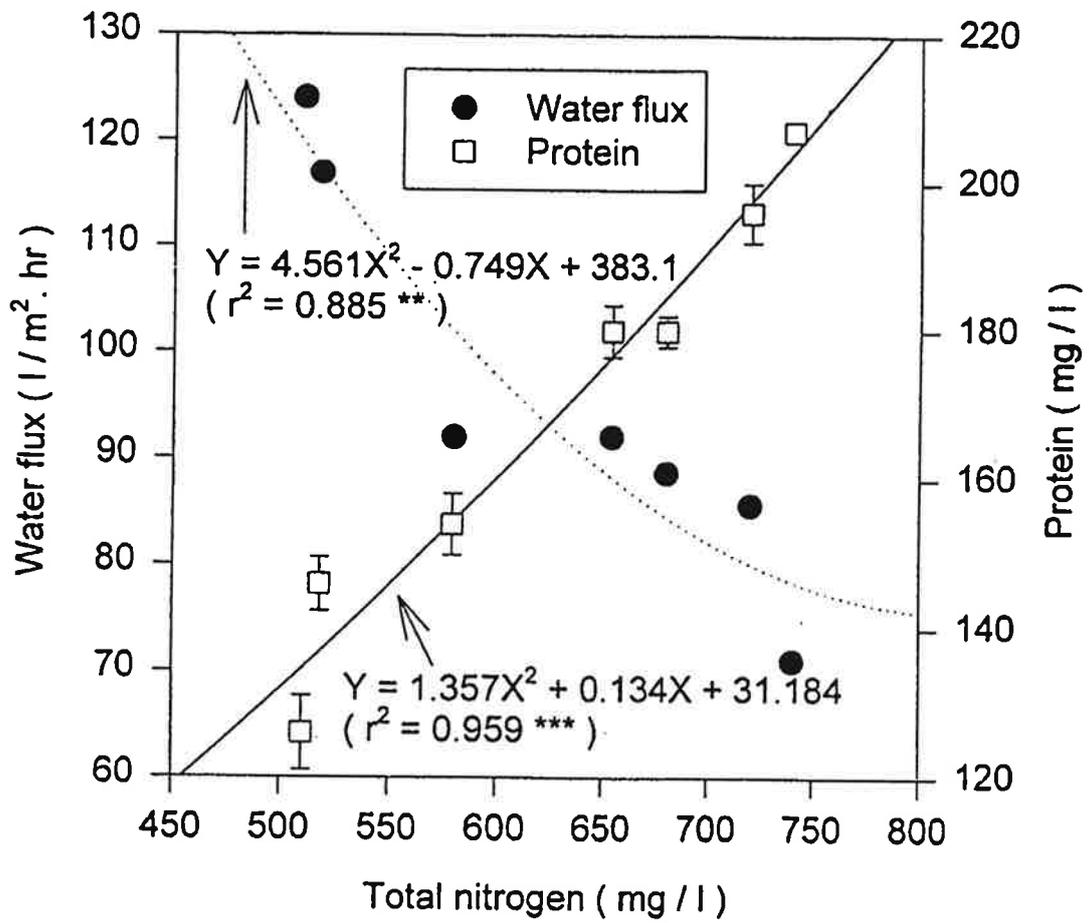
#### 라) 막의 토출량에 영향을 미치는 요인

한외여과시 토출량에 영향을 미치는 원인 물질을 찾아보기 위해서 각 성분과 토출량과의 관계를 [그림 1-5]와 [그림 1-6]에서 나타냈다. 한외여과의 토출량에 영향을 미치는 주요한 원인으로는 총질소 성분중 단백질의 함량과 가장 큰 상관관계를 지니는 것으로 각 막별 토출량의 분석에서도 나타난 것처럼 분자량 10,000, 30,000, 100,000 이내의 분자량을 지닌 단백질이 존재하며 이것이 막의 공극을 막아 토출량에 영향을 미치는 요인으로 작용한 것으로 생각된다.

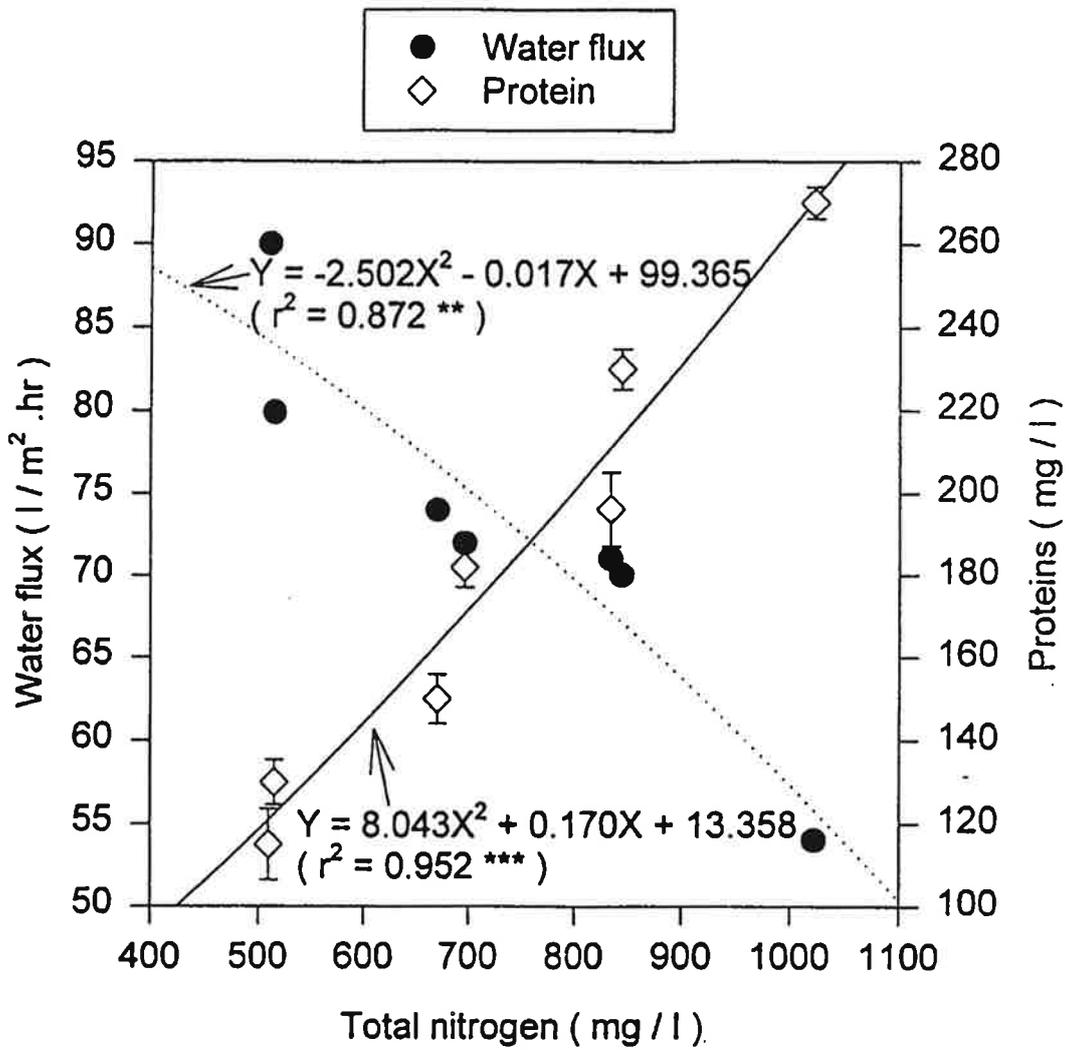
따라서 축산폐수를 대상으로 한 본 실험의 결과로 미루어 볼 때 막 공극의 크기와 용질의 농도, 운전시간 등의 요인이 토출량의 변화에 영향을 준다는 사실을 알 수 있었으며, 보다 낮은 농도에서의 운전과 공극이 큰 막의 선택이 토출량의 안정적 확보에 중요한 인자임을 알 수 있었다. 특히 단백질의 효율적 제거를 위한 전처리는 한외여과막의 효과적인 적용과 운전을 위한 중요한 요인이라고 생각된다.

### 5. 한외여과의 연속운전

지금까지 한외여과막을 이용하여 축산폐수를 농축시킬때의 토출량 변화, 토출액의 성상등을 막의 공극에 따라 비교하여 보았으나, 이상의 실험은 아주 단시간에 이루어졌으므로 실제로 농가 현장에서 발생할 수 있는 상황과는 다소 차이가 있을 것이다. 따라서 연속적인 처리과정에서는 어떻게 운영하는 것이 합리적인지를 알아보고자 하였다.



[그림 1-5] 부폐조 처리수중 단백질과 총질소와의 한외여과막의 투출량 관계



[그림 1-6] 혐기소화 처리수중 단백질과 총질소와의 한외여과막의 투출량 관계

### 가) 한외여과막

연속운전 실험에 사용된 한외여과막은 polysulphone재질의 cut off M.W.가 100,000인 membrane을 사용하였으며 plate-frame 형식의 module을 적용하였다. Pump는 D.C. motor speed controller가 장착된 Magnetek(U.S.)사의 Model NO. 46606352143-0A를 사용하였다. UF의 최적부하량을 결정하기 위하여 혐기발효과정을 거쳐 50 um의 prefilter를 통과한 시료(A)와 희석수를 다량으로 사용한 축산농가의 septic tank에서 시료(B)를 채취하여 이용하였으며 시료의 특성은 [표 1-9]에 나타내었다.

[표 1-9] 한외여과막 통과전의 시료성분 성상

	BOD	COD <sub>Cr</sub>	T-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -N	Cl	SS	TDS	protein
	mg/l									
A	1,500	1,280	1,210	1030	3.2	183	115	628	330	520
B	340	205	110	68	2.1	56	45	110	60	104

### 나) 연속운전에 따른 토출량의 변화

[표 1-10]에서와 같이 시료 중 단백질의 함량등 막의 막힘에 관여하는 성분은 초기 UF의 토출량에만 영향을 미쳤으며 연속운전의 시간이 경과 할수록 두 시료의 토출량은 같아지는 경향을 보였다. 따라서 막의 막힘에 영향을 미치는 인자는 폐수 중 단백질등 다른 성분의 함량보다는 운전초기 막에 흡착된 단백질 및 막 막힘 물질로써, 이런 막힘을 제어하기 위해서는 전처리 과정에서 막 막힘의 원인 물질을 제어하는 것보다 막세척 시간과 세척방법에서 막의 부하량을 감소시키는 것이 효과적이다.

[표 1-10] 시간 변화에 따른 한외여과막의 토출량 변화

	initial	15 min	30 min	1hr	2hr	3 hr	4 hr	5 hr	6 hr
$l/m^2 \cdot hr$									
A	211.2	120.5	109.2	105.3	87.4	81.5	61.9	55.8	52.5
B	356.1	152.2	145.4	131.3	111.2	92.5	85.4	72.5	59.2

다) 세척제의 종류에 따른 토출량의 변화

세척제로는 일반세제, citric acid(pH 4), 1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 이용하여 실시하였으며 세척 시간은 막운전 30 분 마다 2 분씩 실시하였다. 시험결과에서 가장 효과있는 세척제로는 1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 이는 막의 표면에 흡착된 단백질 및 막막힘의 물질을 제거하며, 한외여과막의 경우 막수명의 연장을 위하여서는 세척제의 종류로 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(1%)가 타당함을 토출량의 변화로서 알 수 있었다.

[표 1-11] 세척제 종류에 따른 한외여과막의 토출량 변화

		0	15분	30분	0	15분	30분	0	15분	30분
		1회 세척			2회 세척			3회 세척		
토출량		$l/m^2 /hr$								
일반세제	A	201.7	127.3	110.8	120.2	105.1	102.9	125.7	108.3	105.5
	B	357.3	158.8	150.4	201.1	133.7	126.5	199.3	132.6	120.8
citric acid(pH 4)	A	207.5	120.2	109.8	115.6	102.4	102.0	116.6	105.3	102.4
	B	350.1	153.6	152.2	198.3	125.8	123.7	200.5	122.7	118.2
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (1%)	A	205.4	125.3	107.8	143.5	120.9	109.3	146.7	118.5	110.6
	B	360.1	160.4	152.7	230.6	154.5	149.2	225.6	155.7	146.3

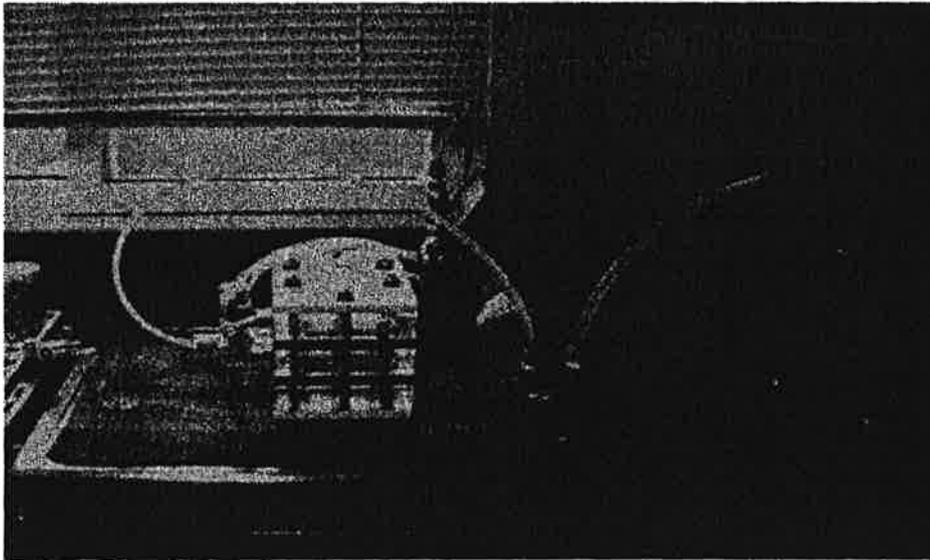
		0	15분	30분	0	15분	30분	0	15분	30분
		4회 세척			5회 세척			6회 세척		
토출량		l/m <sup>2</sup> /hr								
일반세제	A	121.1	109.3	105.2	123.2	109.3	102.7	125.5	107.3	104.4
	B	200.3	130.4	123.9	201.8	133.2	122.5	200.4	128.3	121.5
citric acid(pH 4)	A	110.9	105.2	101.3	116.5	104.6	102.3	115.3	105.1	102.9
	B	201.3	127.5	123.4	195.3	130.4	117.7	199.2	125.2	118.9
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (1%)	A	146.1	122.1	109.4	145.5	125.9	107.3	146.6	120.4	110.0
	B	228.6	154.0	148.8	231.6	156.1	150.2	226.5	156.1	148.7

[ 표 1-11 ]의 결과에서 초기의 토출량은 막을 구동하기전 증류수로 초기화하는 과정에서 남아있는 증류수의 토출량에 의하여 높은 토출량 수치를 나타내고 있다. 2회에서 6회까지의 세척은 한외여과막을 통과하지 않은 미처리수를 연속적으로 막을 통과시키면서 세척한 회수를 의미한다. 물론, 각 횟수의 초기에는 세척종류별로 세척 후 증류수를 통과한 다음에 토출량을 조사한 것이다. 이 결과에서 보듯이 미처리수를 계속 처리하면서, 토출량을 살펴보면, 일반세제의 경우 초기의 배출량과 비교하여 A시료의 경우 49%, B시료의 경우 34%의 회복율을 보이고, citric acid(pH 4) 경우도 일반세제와 같은 A시료의 경우 49%, B시료의 경우 34%의 회복율을 보이고 있으나, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(1%)의 경우 앞의 두 종류의 세척제보다는 높은 회복율을 나타냈다. 즉, A시료의 경우 53%, B시료의 경우 41%의 회복율을 보이고 있다.

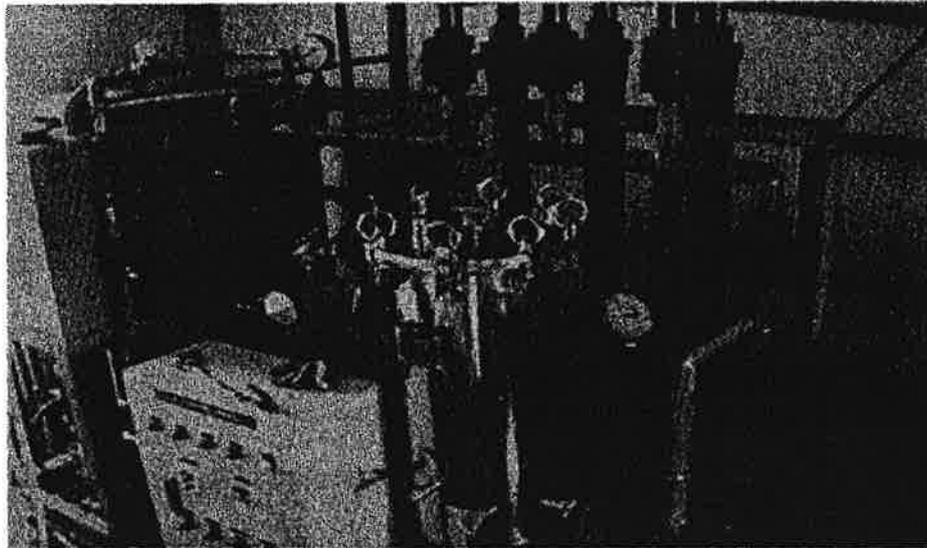
[ 표 1-12 ]의 처리수의 성상과 같이 어떠한 세척제를 사용하여도 한외여과막을 통과한 처리수의 성상은 변함이 없었다.

[표 1-12] 한외여과막을 통과 처리수의 성상

	BOD	COD	T-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	Cl	K	Ca	Mg
(mg/l)										
A	420	450	950	910	3	170	330	683	100	24
B	120	104	143	125	1.9	55	71	50	7.3	3.1



[사진 3] 한외여과막 모듈



[사진 4] 한외여과막 현장 (논산)

<2 차년도>

1. 역삼투막에 의한 처리

가) 배출수의 수질

한외여과와 마찬가지로 역삼투막을 이용하여 한외여과막을 통과한 폐수를 최종적으로 정화시키기 위한 실험을 실시 하였다. 특히 역삼투막에서 가장 중요하게 여겨지는 막의 막힘 현상을 예견할 수 있는 실험이라고 하겠다. 실험에 사용된 공시 폐수는 다음과 같다.

[ 표 2-1 ] 한외여과막 투과수의 성분

pH	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Cr</sub>	T-N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	SiO <sub>2</sub> <sup>-2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Protein	TDS
( mg/l )													
7.8	360	640	751	470	590	600	300	90	10	140	100	1250	270

한외여과를 통과한 투과수를 대상으로 역삼투를 적용하였을 때 그 투과수의 수질은 [ 표 2-2 ]와 같이 한외여과에서와 마찬가지로 BOD<sub>5</sub>는 20 mg/l 이하로 안정적으로 유지되었으며 COD와 총질소, 단백질은 각각 평균 14.7, 11.6, 3.85 mg/l 정도로 매우 낮은 수치를 보였다.

이러한 결과는 1973년 Chian과 Fang의 결과에서도 BOD와 COD의 제거율이 각각 90.99%, 80.95%로 유지되었다는 보고와 같은 결과로서 운전중에 토출량의 변화는 있었지만 그 처리수의 수질은 안정하다는 것을 의미하는 것으로서 막의 막힘 현상은 일어날지라도 배출수의 수질은 안정적으로 유지할 수 있다는 결과이다.<sup>17)</sup> 따라서 역삼투의 운전에 있어서 토출량의 확보가 가장 중요한 요건이라고 하겠다. 이때, 사용된 막의 종류는 셀룰로스아세테이트 재질로서 분자량 5,000이하의 성분을 투과시키는 역삼투막으로서 비교적 공극이 크기 때문에 토출량에 무리가 가지 않는

역삼투막을 사용하였다. 그러므로 더욱 미세한공극을 가진 역삼투막을 이용하는 경우에는 더욱 정화된 배출수를 만들어 낼수 있을것으로 판단되었다.

또한 농축이 이루어짐에 따라 유입수의 수질 변화에도 배출수는 지속적이고 안정된 수질을 유지 할 수 있다는 점은 이제까지 축산폐수에 적용되어오던 다른 미생물학적 처리 방법과는 차이가 있음을 알 수 있다. 이것은 Stafford등이 보고한 혐기성 처리시의 유기물의 완전소화에 필요한 소화기간과 외부 온도의 조건이나 호기성 처리시의 유입수의 농도에 따른 여러 가지 영향 등을 받지 않고 효과적인 유기물질과 무기염류의 제거를 꾀할 수 있다는 막 여과의 장점을 나타내 주는 결과이다.<sup>18)</sup>

운전이 계속 이어지면서 TDS의 제거율과 토출량이 저하되었고 막의 막힘현상이 나타났다. 이러한 막힘은 미생물, scaling, metal oxide 등에 의해서 일어나는 현상으로 동일 압력에서 15%이상의 토출량 감소, 동일한 토출량에서 15%이상의 압력증가 있을 경우, 또는 처리수의 TDS가 15%이상 상승할 경우에는 막힘이 일어난 것으로 간주한다. 본 실험에서 볼 때 여러 가지 원인으로 일어나는 막힘 현상이기 보다는 scaling이나 metal oxide에 의한 막힘으로 보는 것이 타당하였다.

[표 2-2a] 역삼투막\*의 배출수중 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Cr</sub>, T-N, protein의 변화

		( mg / l )							
농축	0	10	20	30	40	50	60	70	
항목	( % )								
BOD <sub>5</sub>	13	12	14	16	14	14	16	19	
COD <sub>Cr</sub>	38	30	22	10	8	9	10	14	
T-N	10	18	14	15	12	10	6	18	
Protein	4.7	4.0	4.1	3.8	3.7	3.4	3.4	3.7	

\* Cellulose acetate 막

역삼투막을 이용하여 축산폐수를 처리한 [표 2-2a]의 결과는 막의 선택의 문제에서 cellulose acetate의 재질을 사용하였고 cut off의 range의 경우도 M.W 5,000을 사용한 결과이다. 그래서 본 연구팀은 역삼투막을 교체하기로 하였다. 우선, 막의 재질을 polyamide의 재질로 cut off range를 M.W. 1,000을 사용하도록 하였다.

[표 2-2b] 역삼투막의 배출수의 성상

	pH	COD	T-N	Alkalinity	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	TDS
				(mg/L)			(g/L)
RO 처리수	8.3	0.4	0.6	10	9.6	0.1	0.8
RO Reject	7.3	124.8	64.4	510	690	2.4	6.6

[표 2-2b]의 결과에서처럼 배출수의 성상은 음용수로 사용가능한 정도로 매우 좋은 결과를 얻었다. 이러한 결과로 역삼투막을 이용할 경우 1999년 1월 1일 시행하는 축산폐수 방류수 기준에 합당한 결과를 얻을 수 있었다. 물론 토출량의 변화가 막의 선택에 중요한 인자로 작용을 한다. 그러나, 본 연구팀이 조사한 결과 [표 2-6]과 같이 5시간까지 토출량의 변화는 그다지 심하지 않음을 알 수 있었다.

#### 나) 무기염류의 제거특성

축산폐수내에 존재하는 무기염류는 하천으로 방류되었을 때 부영양화를 초래하는 질소와 인이 다량으로 함유되어 있기 때문에 이들의 처리에 대한 중요성은 매우 크며 특히 한외여과에서 배제할 수 없는 성분이라는 점에서 역삼투에서의 무기염류 제거는 현재까지 실험된 부유물질의 제거와 한외여과에서의 유기물질제거 보다 더 중요한 의미를 지니는 것이라고 본다.<sup>19),20)</sup>

역삼투막을 이용한 본 시스템의 무기염류 제거효율은 모든 염류에 있어서 90%이상을 나타내었는데, 특히, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>과 hardness 등은 96%, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> 등은 99% 이상의 높은 제거 효율을 나타내는 것으로 조사 되었다. 또한, 각 ion별 막의 투과순위를 결정하는 연구에서 양이온의 투과순위가 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Li<sup>+</sup>, Ba<sup>+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>순이며 음이온의 투과순위는 I<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup> 순이라고 알려져 있다.<sup>21),22)</sup>

하지만 농축이 이루어 질 경우 앞에서 언급한 scaling이나 metal oxide에 의한 막의 막힘 현상이 일어나므로 각각 무기염류의 농도에 따라 농축의 정도가 결정되어야 할 것이다. 특히 CaSO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Fe, Ni 등의 농도는 막의 막힘 현상과 직결된다는 점에서 매우 중요하다. 하지만 Ni의 경우는 축산폐수에서 검출되지 않

았다.

[표 2-3] 역삼투 막에 의한 축산폐수 중 무기염류의 투과특성

( mg / l )

	Initial	10	20	30	40	50	60	70	
		( % )							
Product water	PO <sub>4</sub>	38	28	19	15	13	12	10	4
	Cl	8	6	6	6	6	6	6	5
	Ca	12	10	10	10	10	12	12	10
	Mg	12	12	10	10	9	9	9	7
	Fe	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
	Si	1.2	1.2	1.3	1.15	0.72	1.1	1.2	1.2
	SO <sub>4</sub>	5	5	6	5	4	5	4	4
Rejected water	PO <sub>4</sub>	590	650	660	710	750	810	890	980
	Cl	600	650	680	700	1100	1250	1250	1300
	Ca	300	300	350	350	400	400	450	450
	Mg	90	100	100	120	140	140	160	250
	Fe	10	8	7.5	7	7	7	6.5	6.5
	Si	140	165	235	280	225	250	250	250
	SO <sub>4</sub>	100	100	130	130	140	140	180	180

[ 표 2-3 ]에서 볼 때 단계별 농축시 생성되는 농축수(rejected water)에는 다량의 이온성 물질들이 함유되어 있으므로 이를 작물재배에 필요한 액비로 활용할 가치가 높다는 것을 확인 하였다.

## 2. 역삼투막의 연속운전

축산폐수에 역삼투막을 적용하였을 경우 배출수는 중수도 수질 이상의 상수용으로 사용이 가능할 뿐 아니라 운전과정에서 발생하는 농축수는 작물에 시용 해서 비료로서 재이용 할 수 있다. 따라서 단순처리를 목적으로 적용하였을 경우 운전의 조건과 유지 및 관리를 위한 요인들을 알아보기 위해서는 농축을 하지 않고 행해지는 연속운전에 대한 연구가 필요하였다. 연속운전에 있어서 사용된 공시폐수의 이화학

적 성상은 [ 표 2-4 ]와 같다.

연속운전이 행해지는 동안도 배출수의 수질은 변함이 없었다. 이는 한외여과를 전 처리로 하고 있기 때문에 부유물질의 영향을 받지 않았으며, 농축이 이루어지지 않은 상태에서의 운전시 배출수의 토출량에는 변함이 없었다.<sup>23),24)</sup>

[ 표 2-4 ] 역삼투막의 연속운전을 위한 유입수의 성상

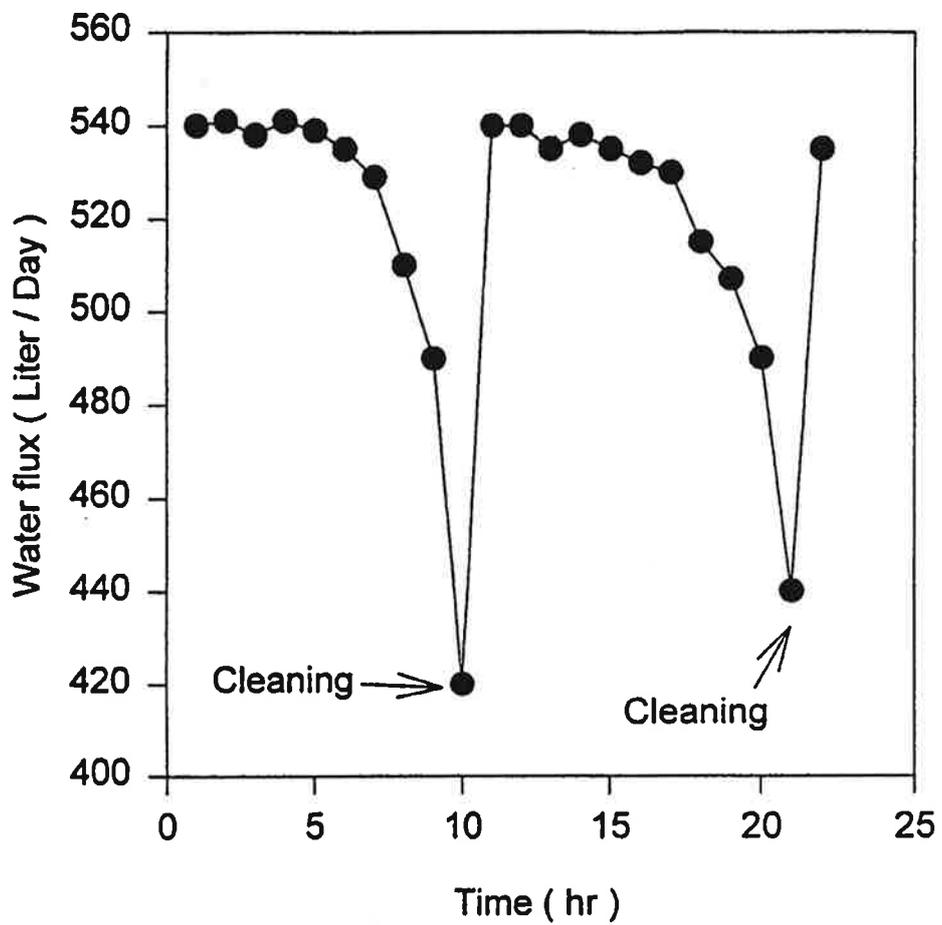
pH	BOD	COD	T-N	NH <sub>4</sub> -N	PO <sub>4</sub>	Cl	Ca	Mg	Fe	Si	SO <sub>4</sub>	Protein	TDS
(mg/l)													
7.8	80	120	122.5	66	650	94	400	460	10	100	60	49.5	50

토출량의 감소 경향도 농축에서처럼 급격한 감소는 일어나지 않고 완만한 감소로서 세척회수는 8~9시간마다 세척함으로써 적절한 효과를 얻을 수 있을 것으로 조사되었다.

Citric acid로 pH를 4로 조절한 후 1시간 동안 세척을 행한 이후에 배출수의 토출량은 운전초기의 토출량을 회복하였으며 이후의 세척까지 일정한 토출량을 유지하였다. 이와 같은 결과는 농축실험에서 살펴본 바와 같은 scaling에 의한 막의 막힘 현상은 citric acid로의 세척에 의해서도 간단히 제거가 되며 [ 그림 2-1 ] 축산폐수의 역삼투에 의한 처리의 가능성을 높여주는 결과라고 할 수 있다. 하지만 일반적으로 막여과를 적용하고 있는 다른 폐수에 비해서는 막의 막힘의 정도가 상당히 빠른 것으로서 폐수의 특성에 맞는 전처리가 필요 하다고 본다.

### 3. 역삼투막의 수명연장에 관한 연구

실험에서 이용된 시료는 혐기발효를 거친 시료(A)와 회석수를 다량 사용한 축산농가의 Septic tank에서 채취한 시료 B를 각각 UF막으로 전처리를 실시하였으며 그 시료의 특성은 [ 표 2-5 ]에 나타냈다. 실험에 사용된 역삼투막은 Polyamide재질의



[ 그림 2-1 ] citric acid (pH 4) 세척수의 처리에 의한 토출량의 변화

Filmtec B.W. 30 series ( operating temp. -7℃ - 49℃ )의 것을 사용했고 일반적으로 폐수 처리에 이용되고 있는 Spiral wound 형태의 Module을 역삼투에 적용하였다. Pump는 Lesson( U. S. )사의 Lesson energy saving electric motor ( Model No. C6C17FK4F, 3/4 H.P., 60 HZ)가 장착된 Cat ( U.S. )사의 Model No. 237의 Pump를 사용하였다.

[표 2-5] 역삼투막처리를 위한 한외여과막의 처리수 성상

	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Cr</sub>	T-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	Cl	K	Ca	Mg
	mg/l									
A	420	450	950	910	3.0	170	330	683	100.1	24.3
B	120	104	143	125	1.9	55	71	50	7.3	3.1

가) 연속운전에 따른 토출량의 변화

[표 2-6]에서와 같이 혐기발효 후 UF막을 통과시킨 시료를 5 시간 이후에서 토출량의 감소가 있었고 부패조 처리후 UF막을 통과시킨 시료에서는 8 시간 이후에 토출량의 감소가 있었다. 이는 폐수의 성상이 RO의 토출량에 얼마간의 영향을 미치기는 하지만 성분함량에 비례하여 토출량의 감소는 일어나지 않는다는 것을 보여주고 있다. 또한 막막힘(membrane fouling)의 주된 원인인 Scaling은 citric acid로 막의 표면에 침전된 염류의 제거가 가능하고 metal oxide fouling도 citric acid로 제거가 가능하므로 세척시점과 시간을 조절함으로 막의 안정된 토출량을 유지시킬 수 있었다. <sup>25), 26)</sup>

[ 표 2-6 ] 시간의 변화에 따른 역삼투막의 투출량 변화

	0	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr	6 hr	7 hr	8 hr	9 hr	10 hr
투출량	l/hr										
A-UF	40.0	40.9	39.1	38.3	40.0	39.1	36.0	34.6	34.0	32.7	29.5
B-UF	40.9	42.9	41.8	40.0	40.0	38.3	39.1	38.3	39.1	36.0	35.2

나) 세척에 따른 막의 투출량 변화

세척은 5 시간 운전에 1 시간 세척을 하였으며 세척제로는 citric acid (pH 4)를 이용하였다. 보통 혐기발효를 거친 축산폐수는 COD<sub>Cr</sub>이 1,000 mg/l내외이므로 A-UF와 동일한 조건이라 판단되며 RO를 이용한 축산폐수의 처리에 있어서 5 시간운전에 1 시간의 세척이 안정적이며 최적의 투출량을 얻을 수 있었다. 또한 연속운전과 세척시 유출수의 성분에는 큰 변동이 없었다.

[ 표 2-7 ] Citric acid(pH4) 세척에 따른 투출량의 변화

	0	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr	0	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr
	1 회 세척						2 회 세척					
투출량	l/hr											
A-UF	39.1	40.9	40.9	40.0	41.8	40.0	40.0	39.1	39.1	40.9	38.3	39.1
B-UF	41.8	41.8	42.9	40.0	41.8	40.0	41.8	40.0	41.8	41.8	40.0	41.8
	4 회 세척						4 회 세척					
A-UF	39.1	40.0	40.0	40.0	41.8	40.0	40.0	40.0	38.3	40.0	39.1	40.0
B-UF	40.0	41.8	41.8	40.0	40.0	41.8	41.8	40.0	40.0	41.8	40.0	40.0

다) 토출량의 변화

막 여과에 있어서 토출량이 차지하는 의미는 막의 막힘 현상이 일어났는지를 알아 보는 가장 직접적이며 정확한 인자로서 그 변화의 추이는 막의 적용 여부를 결정할 수 있는 제일의 요건이기도 하다. 따라서 농축이 이어지면서 농축수의 농도에 따른 토출량의 변화와 축산폐수에 역삼투를 적용하였을 경우 일어나는 막의 막힘 현상의 종류가 무엇이며 이들의 해결방안에 대한 논의를 위해서는 배출수의 토출량 변화는 또 다른 의미를 지닌다고 할 수 있다.<sup>26), 27), 28)</sup> 막을 통과한 배출수의 토출량은 농축이 계속되어도 일정기간까지는 일정한 양을 유지했으나 70% 농축이 되면서부터 토출량은 급격히 저하되었다. [표 2-8] 이것은 유입수의 농도가 막의 막힘 현상을 일으킬 수 있는 한계농도에 도달했다는 것을 의미하는 것으로서 막힘을 일으킨 주요 성분에 대한 고찰이 필요했다.

[ 표 2-8 ] 역삼투막의 농축율에 대한 토출량의 변화

농축률	inital	10	20	30	40	50	60	70	80
토출량(l/hr)	40.0	38.3	40.0	40.0	39.1	38.3	40.0	39.1	36.0

역삼투의 운전에 있어서 토출량에 영향을 미치는 인자로서 압력, pH, 온도, 유입수의 농도 등이 있는 것으로 알려져 있다. 이중 토출량의 급격한 저하는 막내의 압력을 상승시키고 system에 압력을 가해주는 pump에 부하를 주면서 pump의 온도를 상승시키는 결과를 초래했다. 이것은 토출량을 결정하는 인자 중에서 유입수의 온도에 해당하는 요소로서 온도가 상승하면 토출량은 증가한다고 하였으나 온도의 상승이 있어도 토출량은 오히려 감소하였다. 이는 막의 막힘 현상이 있을 시에도 유입수의 온도상승으로 어느 정도 토출량의 증가에 영향을 준것으로 판단되며, 본 실험과 같이 역삼투막을 이용한 처리에서는 유입수의 온도변화 역시 막의 막힘 현상

을 예측할 수 있는 요인중 한가지라고 볼 수 있다. <sup>29), 30), 31), 32)</sup>

막의 막힘현상은 pump에 부하를 주어 온도를 상승 시키고 이렇게 상승한 온도는 TDS의 제거 효율을 감소시키는 결과를 초래했다고 할 수 있다.

또한, 무기성분이 막의 막힘을 가져온다고 알려져 있으므로 단순히 유입수와 유출수의 무기성분의 변화만으로 막 막힘을 일으키는 성분에 대한 추론이 가능하다고 본다. 그러나, 본 연구팀은 축산폐수 처리시설로 사용하였던 역삼투막을 절단 후 세절하여 X-ray회절분석을 통해 그 성분을 파악하기로 하였다. 이때, 절단한 역삼투막은 2년간 축산폐수처리에 사용한 polyamid 재질이다. [ 자료 1 ]

[자료 1]의 경우 막힘현상의 가능물질로 3성분으로 압축할 수 있었다. 즉, Struvite, hydroxyl apatite, Foggite의 3가지 물질이라고 밝혀졌고, 이 3가지물질의 공통적인 특징은 모두 Ca, P의 성분을 지니고 있다는 점이다.

또한, 역삼투막내의 고형물을 분석한 결과 [표 2-9]과 같이 다량의 Ca가 존재함을 알 수 있다.

[표 2-9] 역삼투막내의 고형성분 성상

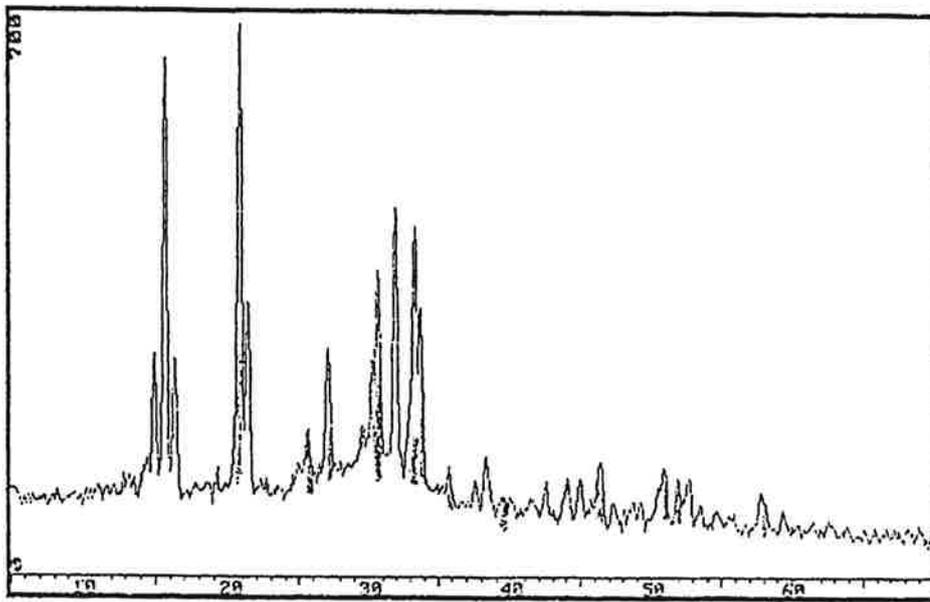
부석항목	Al	Si	Mn	Fe	Zn	Ca	Na	Cu	Cr
( mg / l )									
고형물	0.95	1.81	0.42	1.11	0.48	36.1	1.34	0.22	0.04

\* 기초과학지원연구소(1997년), \* Hg, AS: 검출한계 미만

#### 4. 역삼투막 처리시 생성된 농축액의 비료적 가치 구명

고농도의 유기성 폐수로 알려진 축산폐수는 일련의 처리를 거치면서 저급 분자상태의 유기물이나 이온상태로 존재하게 되고 이것이 한외여과를 통과하면서 일정한 분자량 이상의 유기물은 제거되며 이온성의 물질과 유기물의 일부가 한외여과의 투과수로서 역삼투에 도달하여 다시 대부분의 이온들이 막을 통과하지 못하고 농축되게 된다. 따라서 농축수는 다량의 염류를 함유하게 되는데 그 성분은 축산폐수의

[ 자료 1 ] 고형물의 X-ray 실험 결과



- 합성상 : Struvite (  $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  )
- 합성상 : Hydroxyl apatite (  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 \cdot \text{OH}$  /  $1/2[\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$  )
- 천연상 : Foggite :  $\text{CaAl}(\text{PO}_4)(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

발생시 다량성분 즉, 질소와 인산이 대부분을 차지하고 있기 때문에 농축의 정도에 따라 충분히 비료로서의 가치를 지닌다고 할 수 있겠다. <sup>33), 34), 35), 36), 37)</sup>

[ 표 2-10 ] 역삼투막의 토출량에 영향을 미치지 않는 70% 농축수의 성상

pH	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PROTEIN
(mg/l)								
8.80	3311	1099	2481	423	121	2450	0.5	2646

농축수의 성분으로 알 수 있듯이 다량의 식물영양원을 함유하므로 농업적 가치가 높다고 할 수 있다. 특히, 수용성상태로 존재하는 다량의 단백질이 식물체에 쉽게 흡수 될 수 있어 농산물의 품질 향상에 큰 도움을 줄 것으로 예상되며, 차기년도에 서의 작물체 실험으로 밝혀낼수 있을 것으로 예상된다.

하지만 앞에서도 언급한 것처럼 농축과 scaling에 의한 막의 막힘은 모순적 관계 이므로 막의 적정유지와 농축의 정도는 보다 면밀한 검토가 필요하다.

액비로 사용시 무기염류의 함량은 매우 중요한 요인이지만, 이는 전처리 방법에 따라 달라질수 있기 때문에 양질의 액비를 생산하기 위해서는 알맞는 전처리 방법을 선택하여야 할 것이다.

즉, 미생물을 이용하는 전처리는 한외여과의 제거 효율을 격감시키는 요인이 되지만 역삼투에서 생성되는 농축수를 액비로 이용하게 된다면 미생물을 이용한 전처리는 오히려 무기염류의 한외여과에 대한 투과성을 용이하게 하여 유효성분의 함량을 높이는 역할을 할 것이다. 따라서 액비로서의 유지관리의 문제점을 상호 보완하는 운전조건의 확립이 있어야 하겠다.

## 5. 연속식 실험기에 의한 실패수의 처리

혐기성 소화공정에 이용되는 반응조 종류를 살펴보면 1-2% 미만의 고형물함량 폐

수를 처리하기 위한 Anaerobic Attached Film Expanded Bed(AAFEB), Anaerobic Filter(AF), Upflow Anaerobic Sludge Blanket(UASB), Anaerobic Fixed Bed(AFB), Packed Bed, Anaerobic Fluidized Bed등이 이용되고 있으며, 1-5%의 낮은 고형물 함량을 지닌 폐수에 대해서는 Continuously Stirred Tank REactor(CSTR), Semi-Continuously Fed and Mixed Reactor(SCFMR), Anaerobic Filter(AF) 등이 사용되고, 7-8%이상의 높은 고형물 함량을 가지는 폐수에 대해서는 CSTR 사용시 Mixing의 문제가 있어 Two Stage 반응조가 주로 사용된다.<sup>38),39),40),41)</sup>

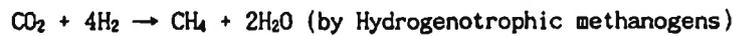
[ 표 2-11 ] 혐기성 소화공정에 이용되는 반응조의 종류

TS Contents	Anaerobic Reactor Types
TS ≤ 1%	AAFEB, AF, UASB, AFB, Packed Bed, Fluidized Bed
1% < TS < 5%	CSTR, SCFMR, AF(< 4.5%)
TS ≥ 5%	CSTR(< 10%), SCFMR, Twp Stage

혐기성의 소화는 유기물의 조성에 크게 영향을 받는데, 고율 혐기성 소화공정에 적용된 산업폐수는 주로 당, 에탄올, 전분 등이 쉽게 분해 될 수 있는 유기물로 구성된 반면, 축산폐수는 일반적으로 쉽게 분해되지 않는 유기물로 구성되어 있으며 혐기성 미생물에 독성을 나타내는 암모니아가 높은 농도로 함유되어 있다. 혐기성 소화가 축산폐수에 적용되기 위해서는 축산폐수의 특성에 적합하고 메탄발생의 극대화가 가능한 공정의 개발이 절실히 요구되고 있다.

혐기 발효 반응은 복합적 유기물이 크게 4단계를 거쳐 메탄, 이산화탄소, 수소, 암모니아, 황화수소로 전환된다. 1단계 가수분해에서는 가수분해성 박테리아 군에 의해 단백질, 셀룰로오스, 리그닌, 지질 등이 아미노산이나 포도당, 지방산, 글리세롤로 분해된다. 분해되기 어려운 유기물이 많으면 가수분해단계가 속도 결정단계가 된다. 2단계는 acidogenic bacteria에 의해 가수분해된 아미노산, 포도당, 지방산 등이 아세트산, 프로피온산, 뷰티르산 등의 유기산과 알코올, 케톤, 아세테이트, 이산화탄소, 수소로 전환된다. 3단계는 acetogenic bacteria에 의한 것으로 휘발성 지방산(프로피온산과 뷰티르산)과 알코올을 아세테이트와 수소, 이산화탄소로

변환시킨다. 마지막 제4단계는 methanogenic bacteria에 의해 이뤄지며 다음 두 반응에 의해 메탄이 생성된다.



공정설계에 있어 기본적인 개념중 하나는 속도제어 단계의 결정이다. 혐기적 처리에 있어서도 기질의 성질, 공정의 형태, 온도와 공급속도 등이 속도제어 단계와 관련이 있다. 일반적으로 축산폐수는 복합 유기물의 가수분해 단계와 수소가스의 생성 공정이 주된 고려인자이다. 메탄가스 발생 최적 조건(호열성인 경우)은 온도가 50-60℃사이, HRT(Hydraulic Retention Time)는 평균 25-30일정도, pH 7.0-7.2, 화학적조성 C : N는 25-30 : 1로 알려져 있다.

한외여과막과 역삼투막을 이용하여 폐수처리를 하는 경우 막을 통과하기전의 전처리과정이 보다 중요하게 이루어져야 된다는 것을 실험을 통하여 알 수 있다. 그래서 1차년도에 설계, 제작된 연속식 반응기를 이용하여 효율적으로 처리한다면 막의 수명연장을 가져올 수 있다는 것을 예견 할 수 있다. 사계절이 뚜렷한 우리의 현실에서 연속식 반응기의 제어는 보다 신중히 이루어져야하며, 특히 energy의 재이용 측면에서도 연속식 반응기의 운전은 중요하다고 할 수 있다.

실험에 이용한 공시 폐수는 [ 표 2-12 ] 과 같다.

[ 표 2-12 ] 공시 폐수의 성상

COD	DO	Alkalinity	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	SS	T-N	T-P
(mg/l)							
6000	45	3800	17	190	189	800	380

본 실험은 연속식 실험장치에서 가온조는 water bath를 사용하였으며,

peristaltic pump를 이용하여 반응조로 시료가 35 ℓ/day의 유속으로 일정하게 유입되게 하였다. 또한, 각각의 반응조마다 gas tank를 두어 메탄의 생성을 확인할 수 있도록 하였다. 반응조와 반응조간의 시료이동은 중력식으로 하였으며, 유출수는 집수조에 저장하여 UF와 RO system에 적용하였다.

종래의 회분식 반응조에서 발생하는 이화학적 성상의 변화는 각 반응조내 메탄 생성균의 안정화를 지연시키거나 쉽게 불안정한 상태로 유도하였기에 메탄 생성균의 생육조건 최적화를 위해 반응조에서의 미생물의 안정을 꾀하고자 하였다. 새로 제작된 반응조의 초기 운전시에는 하수 종말처리장의 중온 혐기성 소화조의 슬러지를 Inoculum(식종균)으로 이용하였고 소화균의 활성화를 위하여 3개월간 준비기간을 가졌으며, 각 반응조내 미생물의 흡착을 위해 모기망으로 충전하여 실패수를 처리하고, 반응조내 미생물의 최적온도 유지를 위하여 반응조 외부에 온수를 흘려 최적 온도(35℃)를 유지시켰다.

COD의 농도는 반응조의 운영상태를 판단하는 지표가 되며, SS 함량의 변화에 따라 변화는 민감하게 나타난다. 즉, SS의 함량이 증가함에 따라 COD의 농도는 증가 추세를 나타내며 이는 유기물들이 충분히 소화되지 못하였다는 반증이 되기도 한다.

[ 표 2-13 ] 연속식 실험기를 통한 배출수의 성상

DAY	(mg/l)							
	15		30		45		60	
	CODcr	SS	CODcr	SS	CODcr	SS	CODcr	SS
	1430	75	1440	80	1460	90	1410	70

연속식 반응기를 이용하여 혐기성 소화공정의 운전을 위하여 미생물에 알맞는 생육조건(pH, alkalinity, temperature)을 제공해 주는 것이 중요하며 일반적으로 메탄 생성을 위한 반응조의 적정 pH는 약 6.8~7.4 이다. 혐기성 소화에서 CO<sub>2</sub>에 의한 산도의 완충 작용을 위해 bicarbonate alkalinity의 역할이 중요하며 적어도 2,000 mg/l 이상이 요구된다.

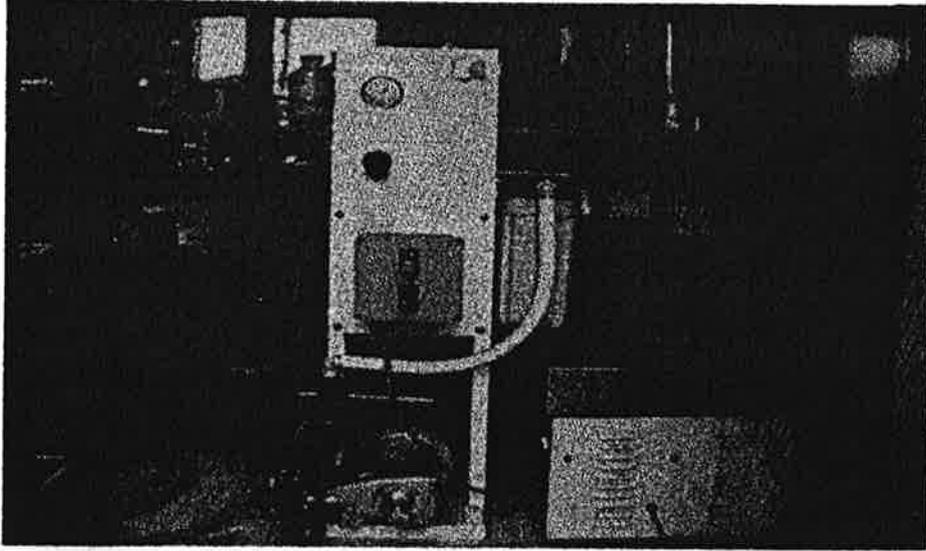
[ 표 2-14 ] 연속식 실험기를 통한 배출수의 정상

DAY	15		30		45		60	
	alkalinity	pH	alkalinity	pH	alkalinity	pH	alkalinity	pH
	4,400	6.8	4,140	7.4	4,460	7.6	4,270	7.8

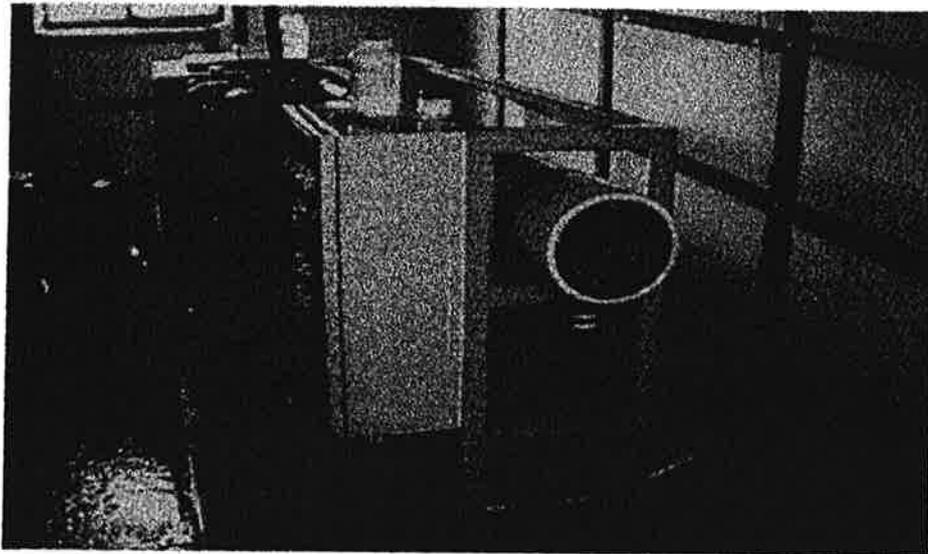
각반응기의 항온조는 실험기간 동안 37℃를 유지하였으며, 실험기간 동안 pH의 변화는 4기의 반응조에서 6.8~8.7로 고른 분포를 나타냈고, alkalinity는 1,000~4,710 mg/l as CaCO<sub>3</sub>의 안정된 분포를 나타내었다. 그러나 초기 1번과 2번 반응기의 경우 불규칙하게 급상승하여 4,180~12,650 mg/l를 나타냈다. alkalinity증가는 CO<sub>2</sub> 분압의 증가나 metabolism-generated alkalinity 즉, 유기 화합물의 양이온 방출에 의한 이온화 강도의 증가에서 기인한다.

biogas의 경우 생성량은 표준 상태를 기준으로 정량하였으며, 식중균으로 준비기간 후 실패수를 처리하였을 초기에는 발생하지 않았으나, 시간이 경과 하여, 최초 실험후 27일 경과시 3번 반응조에서부터 발생하기 시작 하여 3.11(2.28~4.17)l/day로 가장 많았으며, 시간이 경과하여 36일 후에는 4번에서 2.40(1.34~3.17)l/day, 42일에는 2번 반응기에서도 2.80(1.32~3.12)l/day 발생하기 시작 하였다. 60일간의 시험동안 1번 반응기에서는 발생이 없었으나, 그 후의 기간에서도 발생할 것이라 생각되며, 앞으로의 연구가 진행 되어야 할 것이라고 생각 된다.

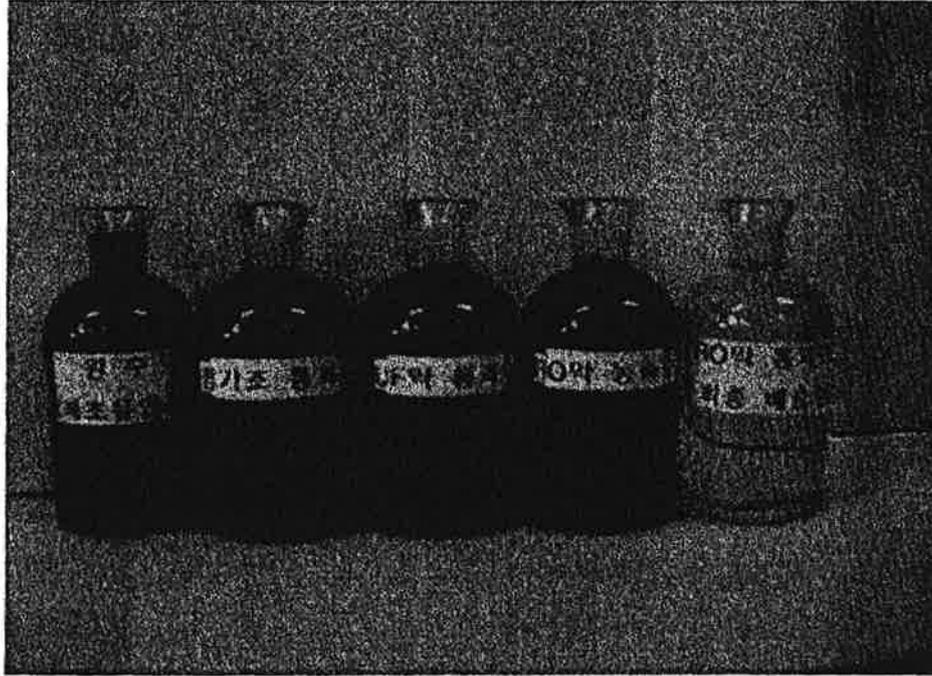
연속식 반응기를 이용하여 막을 이용하여 처리하는 전처리로서 COD와 TSS의 현격한 감소가 이루어짐을 알 수 있다.<sup>42)</sup> [ 표 2-13 ] 이는 막의 부하량에 영향을 미치는 성분의 감소를 가져 왔으며, 전처리로서의 기능은 충분한 것으로 평가되며 이를 통한 막의 이용으로 막의 수명 연장을 도모할 수 있는 결과를 얻을 수 있었다.



[사진 5] 역삼투막 실내실험 장치



[사진 6] 역삼투막 현장(논산)

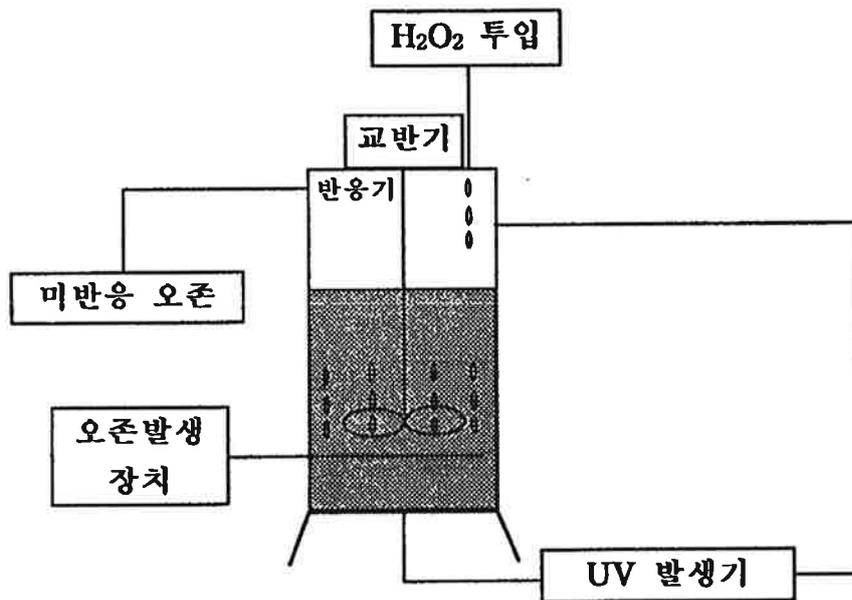


[ 그림 2-2 ] 각 처리 단계별 처리 효과

( 3 년차)

### 1. 천연무균액비의 생산을 위한 반응기의 제작

가) 천연무균액비의 반응기 제작



오존 발생기 : 0.8g/hr(무성방전식)

미반응 오존측정 : 2% KI

UV lamp : 365nm

[그림 3-1] 천연무균액비 오존반응기

천연무균액비의 품질향상을 위한 방안으로 고급산화법(Advanced Oxidation Process : AOP)을 이용하였으며, 이를 위해 [그림 3-1]과 같이 반응기를 제작하였다. AOP 산화법이란 OH라디칼을 중간생성물질로 생성하여 수중유기물을 산화 처리하는 보다 진보적인 기술을 말하며, 오존( $O_3$ )에 과산화 수소, UV에너지 등을 첨가하여 산화력을 증대 시키는 방법을 말한다. AOP의 매력은 기존의 산화제인 염소, 이산화염소, 과망간산 칼륨 등 보다 훨씬 강한 산화력을 갖고 있을 뿐아니라 오존만 사용하였을 경우 보다 경제적이며 고효율로 수처리에 응용할 수 있는 장점이 있다. 오존은 THM 생성을 억제하며, 맛과 응집침전의 개선효과 및 생물학적 활성도 증대 효과 등의 잇점과 강한 산화력을 가지고 있으나 실제로 오존은 대다수의 유기물과의 반응이 느리거나(예, 맛·냄새 유발물질인 Geosmin, MIB와 THM과 같은 포화 탄화 수소, 농약 등), 또는 어떤 유기물과는 전혀 반응을 하지 않는 등 유기물과의 반응이 매우 선택적인 것이 결점으로 지적 되어 있다. 오존이 분해되는 과정에서 중간물질로 생성된 OH라디칼이 매우 중요한 중간물질임이 알려진 후 기존의 오존 산화방식의 단점을 보완할 수 있었고, 과산화수소, UV에너지등을 함께 처리함으로써 오존만을 사용하였을 경우 보다 기대 이상의 효과를 얻을 수 있었다.

천연무균액비의 경우 역삼투막의 미통과수를 원료로 사용하였다. 이는 한외여과막을 통과한 성분이 2~4배 정도 농축된 상태이다. 따라서 이 용액은 색도가 짙은 갈색이며, 분뇨취가 강하게 나므로 직접 비료로 사용하기에는 문제점이 많다. 따라서 고급산화법을 이용하여 색도를 낮추고, 악취를 제거하는데 목적을 두고 있다. 일반적으로 악취의 원인 물질인 암모니아( $NH_4-N$ )를 질산성 질소( $NO_3-N$ )로 전환시켜 악취의 감소와 천연무균액비의 효율 증가에도 효과가 있을 것으로 판단 된다. 아울러 원료액 중에 많이 함유되어 있는 단백질 질소를 식물이 쉽게 이용 할 수 있는 무기태 질소로 전환 시키거나 저분자의 아미노산으로 분해 시키는 효과가 있다. 이와 같은 현상을 예비 실험단계에서 검토 확인되었으므로 AOP 반응장치를 설계 제작하여 효과적인 천연무균액비 생산을 위한 실험을 실시 하고자 하였다. 이러한 분해 반응의 촉진하는 AOP의 방법을 위한 반응기를 위하여 반응기의 내부에 교반장치를 부착하여 오존 및  $H_2O_2$ 의 반응이 서로 잘 이루어 지도록 하였으며, 일정한 UV 에너지를 조사를 위하여 UV반응조는 넓게 만들고 그 반응조를 통과하기 위한 처리수의

유속을 10 ml/min으로 조정 하였다. 또한, 반응기내의 오존이 외기로의 유출 방지를 위하여 미반응 오존 측정기를 부착 하였다. 미반응오존 측정기에는 2% KI용액을 넣어 오존의 대기방출을 방지하였으며, 외기로의 유출을 확인함으로써 적정 오존의 사용도 알 수 있었다.

반응기의 용량의 경우 천연무균액비가 20L가 들어갈 수 있는 용량으로 제작 하였으며, 교반기의 경우 일정한 회전수의 모터를 장착하여 30 rpm의 속도로 그 회전수를 일정하게 유지하였다. 오존의 발생량은 2% KI 용액을 이용한 습식법으로 측정하였으며, 반응시간별로 오존발생기로 부터의 오존발생량을 측정하였다. 미반응 오존의 경우 오존 측정 방법과 동일하게 습식법으로 측정 하였다.

참고로 오존에 의한 생체독성을 [표 3-1]에 수록하였는데 0.1 mg/l 수준에서도 자극을 느낄 수 있으며 장기적인 접촉은 만성중독을 일으킬 수 있는 것으로 알려져 있다.

[ 표 3-1 ] 오존의 생체에 대한 독성

오존 (mg/l)	작 용
0.01 ~ 0.02	냄새를 느낀다.
0.1	강한 취기, 코나 목에 자극을 준다.
0.2 ~ 0.5	3~6시간 폭로로 시각을 저하 시킨다.
0.5	확실하게 상부기도에 자극을 느낀다.
1 ~ 2	2시간 폭로시 두통, 흉부통, 상부기도의 갈증과 가래를 일으키고, 폭로가 반복 계속되면 만성 중독이 있다.
5 ~ 10	맥박증가, 폐수종을 초래 한다.
15 ~ 20	작은 동물은 2시간 이내에 죽는다.
50	사람도 1시간 이내에 생명이 위험한 상태로 된다.

## 2. 천연무균액비의 품질향상

### 가) 천연무균액비의 안전성 증대

생산된 천연무균액비는 생산원료 자체가 축산분뇨 이므로 부패성물질의 병원성 미생물의 생육을 촉진할 수 있으므로 이에 따른 피해가 발생 할 지도 모르는 부담을 안고 있다. 물론, 이러한 문제의 경우 한외여과막과 역삼투막을 거치면서 세균, 진균 및 효소등과 같은 미생물이 제거 되므로서 이들에 의한 오염 가능성은 상당히 낮아졌다고는 볼 수 있지만, 천연무균액비를 사용할 때 발생할 수 있는 작은 피해를 방지하기 위하여 본 연구팀은 우선 미생물에 의한 액비의 부패 방지 및 탈취와 탈색의 일환으로 오존처리방법을 도입 하였고, 이 방법에 의한 비료가치평가도 아울러 설치 하였다.

### 나) 오존처리 시간에 따른 천연무균액비의 성분 변화

오존은 매우 강한 산화력이 있으므로 여러 분야에 이용되고 있으나 주로 소독에 이용되고 있다. 동물의 장내 병원미생물은 대변과 함께 체외로 배설되며 수계의 환경을 오염시킨다. 오염된 물을 충분히 처리하지 않으면 수인성 질병에 감염될 가능성이 있다. 수인성 질병으로 감염되는 미생물에는 바이러스, 세균, 원생동물의 3군이 있다. 각종 미생물에 대한 오존과 각종 형태의 염소 소독 효과를 99% 불활성화에 필요한 농도시간 곱을 비교하면 [표 3-2]와 같다. 오존은 바이러스 및 장내 세균에 대해서 염소가 가장 유효한 형태인 차아염소산의 5~20배, 아메바에 대해서는 10배, 세균아포에 대해서는 50배의 소독 효과가 있다. 이 비율은 실험조건에 따라 달라 확정된 비율은 아니지만 오존이 기타의 소독제에 비하여 매우 유효한 소독제임은 거의 모든 조사 연구에서 인정되었으며, 소독제로 가장 강력하고 유효 적절한 소독제이다. 천연무균액비의 경우 막을 거쳐 생산된 것이므로 다른 오폐수에 비하여 병원성 미생물등 미생물에 대한 피해는 없을 것으로 예상되지만, 만약의 경우에 대비하는 차원에서 오존에 의한 소독은 필요한 것이다.

천연무균액비 중에 포함된 성분 중에는 암모니아성 질소 물질이 다량 함유하고 있

다. 이러한 암모니아성 질소는 오존과 반응하여 분해되어 소비되지만, 다른 소독제인 염소와 같이 소독효과가 현저히 낮은 형태의 클로라민은 형성되지 않는 것이 특징이다.

[ 표 3-2 ]에서 볼 때 오존은 염소보다 소독효과가 크다는 것을 알 수 있으며, 최근에는 THM(tri Halo Methane)계열의 발암물질 생성과 관련하여 기존의 염소소독 대신에 다른 형태의 소독 방법을 이용하는 경우가 늘고 있으며, 오존 소독 방법의 이용 증가 추세로 알려져 있다.

[ 표 3-2 ] 오존과 염소 형태의 각 미생물군에 대한 소독 효과 비교

소독제와 그 표시단위	99% 불활성화 농도시간 (mg·분/L)			
	바이러스	장내세균	세포아균	아메바성 아포
오존(mgO <sub>3</sub> /L)	1	0.01	-	10
차아염소산 (mgCl <sub>2</sub> /L)	<5	0.2	100	100
차아염소산 이온 (mgCl <sub>2</sub> /L)	>200	20	>10,000	1,000
모노클로라민 (mgCl <sub>2</sub> /L)	1,000	50	5,000	200

[표 3-3]와 같이 오존만을 처리한 결과 오존처리 시간이 증가할수록 pH와 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N는 증가되었고, color, 총질소, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 그리고 단백질은 감소하였다. 이는 오존의 처리량이 증가함에 따라 암모니아성 질소의 분해가 일어남을 알 수 있다. 미반응 오존으로 인한 오존의 반응기내 배출을 최소화하는 시간인 10시간 이후에는 더 이상의 오존처리를 하지 않았다. 본 실험은 천연무균액비의 20L에 대한 처리시간의 비교이다.

[표 3-3] 오존처리시간에 따른 천연무균액비의 성상 비교

	pH	Color	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	Protein
(mg/l)										
0	8.85	95	2,935	951	2421	433	131	2200	0.7	2630
1hr	8.89	61	2,825	931	2504	421	113	2150	5.3	2400
2hr	8.90	51	2,889	945	2389	425	126	2170	7.9	2300
3hr	8.96	30	2,793	950	2360	427	120	2080	13.7	1950
4hr	8.97	10	2,804	921	2479	432	134	1990	20.5	1640
5hr	8.99	5	2,760	938	2512	429	123	1910	37.9	1400
7hr	9.03	6	2,613	947	2320	423	131	1700	50.6	1130
10hr	9.11	5	2,592	931	2464	420	135	1450	73.1	790

[ 표 3-3 ]에서 볼 때 오존처리 시간이 경과 될수록 pH는 다소 증가하는 경향이 있으며 색도는 현저히 감소 하여 4시간 처리시에는 원액의 1/10수준 이하로 개선되는 결과를 보였다. 특히, 단백질태 질소의 경우 4시간 후에는 약 55%수준으로 감소되었으며 처리 10시간 후에는 30% 수준으로 낮아져서 무기화가 촉진된 것으로 보인다. 또한, NH<sub>4</sub>-N는 4시간 이후에 약 10% 정도 감소 하였으며, 10시간 후에는 약 35% 정도 감소하였다. 반면에 NO<sub>3</sub>-N의 함량은 원액에 0.7 mg/l수준이었으나, 4시간 후에는 약 30배나 증가한 20.5 mg/l이었고 10시간 이후에는 100배이상 증가한 73.1 mg/l를 보여 주고 있다.

[ 표 3-3 ]에서 볼 때 오존(O<sub>3</sub>)처리는 색도 감소, 단백태 질소의 무기화 암모니아 태 질소의 분해 및 질산성 질소의 증가 등이 확인 되었다. 그러나 총 질소 함량의 감소는 질소성분의 탈질이 이루어짐을 나타내는 것으로 질소성분의 유실을 막을 수 있는 방법이 검토되어야 할 것으로 본다.

### 3. AOP에 의한 천연무균액비의 품질향상

#### 가) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 처리에 따른 액비의 성분변화

오존의 처리로만으로도 나타난 천연무균액비의 처리성상을 비교하여보면 색도와 악취가 감소되는 경향이었으나 그 변화속도는 매우 더딘 것으로 나타났다. 이를 보다 빠르게 처리하기 위하여 AOP(Advanced Oxidation Processes)법 중 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 처리하고 이때 생성된 천연무균액비의 성상을 비교하였다. [표 3-4]의 결과에서와 같이 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 양이 증가할수록 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N와 protein의 양은 감소하고, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N는 증가하는 오존처리와 유사한 경향을 나타냈으며, 산화분해에 걸리는 시간은 더욱 단축되었다. 이렇게 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 처리함으로써 경우 높은 전위차를 가지는 OH 라디칼이 생성되는데, 이 OH 라디칼이 모든 유기물과 강력하게 반응하며, 분해시키는 것이다.

[표 3-4] H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 처리에 의한 천연무균액비의 성상 변화

	pH	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	Protein
(%)	mg/l								
0.5	8.79	2,944	863	5210	154	81	2310	0.7	2610
1	8.84	2,892	872	5105	153	76	2170	1.0	2580
5	8.88	2,920	850	5215	156	77	2260	1.1	2580
10	8.97	2,931	865	5197	146	79	2110	1.5	2490

위의 [표 3-4] 결과는 천연무균액비 20L에 대한 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 양을 0.5, 1, 5, 10, 을 첨가하여 같은 속도의 회전수(30 rpm)로 2시간 회전시킨 후의 결과이다.

### 나) 오존과 UV의 혼합 처리

[표3-5]와 같이 오존과 UV의 혼합처리의 경우 시간이 증가할수록 pH와 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N는 증가되었고, color, 총질소, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 그리고 단백질은 감소하였다. 오존의 단독 처리보다는 빠른 시간에 위와 같은 변화를 이루었으나, 오존만의 처리와는 별 차이를 나타내지 못한 이유는 실험의 위험부담을 줄이기 위하여 254nm의 파장을 사용하지 않고 365nm의 파장을 사용함으로써 산화력의 저하로 나타난 결과라고 할 수 있다.

그러나, O<sub>3</sub>/UV 혼합처리에서도 처리 4시간 정도부터는 색도가 많이 개선 되었으며, NO<sub>3</sub>-N도 약 30 mg/l 수준으로 액비로서 가치가 많이 증가되었다.

[표 3-5] O<sub>3</sub>/UV 혼합처리에 따른 천연무균액비의 성상 변화 O<sub>3</sub>/UV

시간 (hr)	pH	color (도)	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	Protein
							(mg/l)			
0	7.8	100	2,949	874	2,183	420	95	2,200	1.0	2,152
1	7.9	70	2,846	762	2,156	418	83	2,160	5	2,021
2	8.0	50	2,706	792	2,021	406	82	2,140	16	2,004
3	8.3	40	2,655	847	2,038	413	78	2,020	27	1,994
4	8.4	10	2,615	854	1,968	405	79	1,960	29	1,893
5	8.2	9	2,588	770	1,982	412	93	1,920	32	1,851
6	8.3	6	2,565	747	2,062	409	85	1,810	49	1,833
7	8.5	5	2,469	768	1,996	413	87	1,740	58	1,830
8	8.7	5	2,305	762	2,032	407	86	1,660	60	1,826

### 다) 오존과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 혼합 처리

[표 3-6]은 오존과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 함께 처리하였을 때의 결과이다. 액비로서의 가치를 높이기 위한 방안으로서 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1%를 가하고, 각 시간대별로 O<sub>3</sub>를 처리한 결과이다. 이

결과로서 본 연구팀은 보다 빠르고 안정적인 AOP의 방안을 찾아 낼 수 있었다. [표 3-6]에서 볼 때 4시간 처리후에는 O<sub>3</sub>/UV처리와 유사한 결과를 보였는데, 이는 복합처리가 O<sub>3</sub> 단일처리보다 효과적이라는 것을 보여주고 있다.

[표 3-6] H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub>의 혼합처리에 의한 천연무균액비의 성장 변화

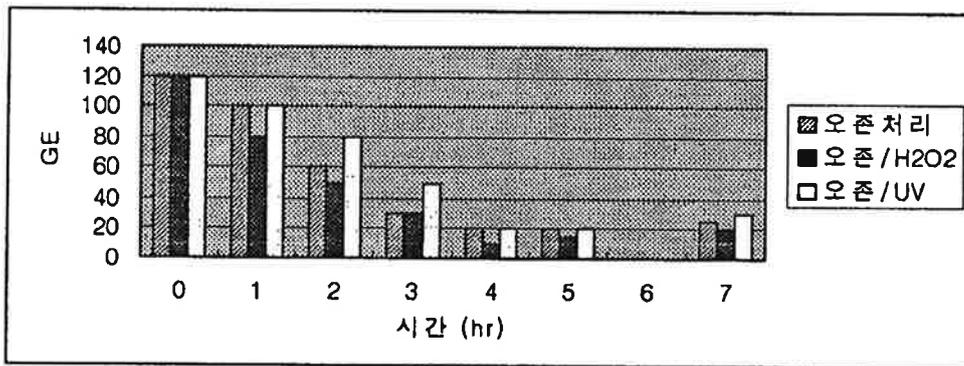
	pH	Color	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	Protein
	mg/l									
0	8.78	90	2,829	745	4,988	137	69	2,300	0.8	2,590
1 hr	8.81	62	2,859	736	4,913	152	65	2,150	4.2	2,250
2 hr	8.83	40	2,723	732	5,121	143	65	2,020	8.9	2,010
3 hr	8.80	30	2,748	752	5,130	136	71	1,950	18.4	1,690
4 hr	8.87	8	2,681	743	5,086	138	68	1,730	21.4	1,360
5 hr	8.92	5	2,522	739	4,964	145	68	1,750	48.1	1,240
7 hr	8.94	3	2,481	747	5,219	139	67	1,670	57.0	1,040
10 hr	8.98	3	2,283	741	4,913	120	69	1,640	80.3	836

#### 라) AOP처리에 의한 천연무균액비의 악취 제거

축산폐수를 처리하여 생산한 천연무균액비의 경우 악취로 인한 불쾌감을 줄 염려가 있으므로 이를 제거함이 필수적이라 할 수 있다. 악취는 특성상 예민한 인간의 후각을 자극하며, 그 예민함의 정도는 온도, 습도 등의 대기조건, 생태적 조건 그리고 연령, 성별 등의 개인차에도 영향을 받지만, 후각피로나 순응, 선택성, 후각 이상, 농도에 따른 질의 변화, 감각적 상호 작용(상승, 상쇄)등 그 밖의 감각과는 다른 특징을 가지고 있다. 일반적으로 냄새가 나는 물질 중에서 구조가 유사한 물질이나 이성체, 입체이성체 등에서는 서로 냄새가 다른 것이 많다. 또한 분자량이 큰물질(분자량 300이상)은 불휘발성, 불용성의 특징으로 인하여 냄새가 없다. 그리고 분자량20이하의 물질들 또한 냄새를 느낄 수 없는 것이 많다

이러한 특성을 지닌 악취를 조사하였다. 물론, 본 시스템을 거친 천연무균액비가 축산폐수의 원수보다는 매우 적은 악취를 내고는 있지만, 생산된 천연무균액비의 품질향상의 목적으로 악취의 제거 정도를 조사하였다.

그래서 본 연구팀은 연구팀 소속학과 충남대학교 농과대학 농화학과 학생 100명을 대상으로 관능시험을 하였다. 즉, AOP의 처리조건, 시간에 따른 시험을 하였다. 일반적으로 축산폐수의 혼합분뇨는 150~200 GE(냄새단위)를 나타낸다. 여기서 표기한 GE란 악취농도의 표시단위로서 1 GE는 악취물질분자의 양 또는 그것의 혼합물이며, 이것은 1m<sup>3</sup>의 공기에서 감지자의 50%가 냄새를 감지할 수 있는 상태의 혼합공기를 뜻한다. 예를 들어서 100 GE라고 하면, 시료를 100배 희석하였을 때 감지자의 50%가 겨우 냄새를 느낄 수 있는 경우를 의미한다.

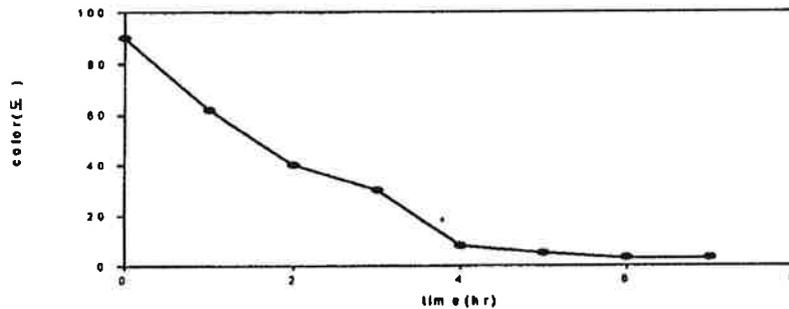


[그림 3-1] AOP 처리에 따른 악취 감소 효과

[그림 3-1]에서와 같이 천연무균액비에 AOP처리한 결과 오존과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 혼합처리 4시간의 경우가 가장 큰 악취의 감소 효과를 나타내었다. 그러나, 7시간처리 이후 다시 악취가 난 이유는 반응기내의 미반응 오존의 특이한 비린내 때문에 나타난 현상이라고 보여진다.

마) AOP처리에 의한 천연무균액비의 색도 제거

일반적으로 유입 축산폐수중의 착색물질은 활성 슬러지로 분해하기 어렵다. 그러나, 산화력이 있고 탈색력이 강한 오존은 생물에 의한 분해가 어려운 폐수에도 적용 할 수 있는 것으로 알려져 있다. 그러므로 역삼투막을 통과하지 못하면서 일부가 농축되어진 천연무균액비가 지니고 있는 축산분뇨 특유의 색도를 제거 함으로서 제품의 향상을 도모 할수 있게 된다. 착색 측정법은 백금-코발트법으로 이루어지며, 검수의 색을 표준열의 색과 비교해 해당하는 표준액의 ml수(a)를 구해 다음과 같은 식으로 산출한다.



[그림 3-2] 오존과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 혼합처리에 따른 색도의 변화

즉, 색도(도) = a × 1,000 × 0.1 / 검수(ml) 이다. 단, 이 방법은 투시도 측정법과 마찬가지로 인간의 시각에 의존하는 것으로 개인차가 발생하기 쉽다. [그림 3-2]는 오존과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 혼합처리에 따른 시간별 색도를 측정한 결과이다.

이상의 결과에서와 같이 오존과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 혼합처리시 4시간의 처리가 악취와 색도의 저감에서도 가장 적절한 시간임을 알 수 있었다.

바) 오존처리에 따른 액비의 안전성 조사

천연무균액비의 안전성을 조사하기 위하여 대장균과 병원성 미생물인 *Salmonella shigella*에 대하여 조사하였다. 무처리의 천연무균액비는 대장균이  $2.3 \times 10^3$ , *Salmonella-shigella*  $1.7 \times 10^3$  (cfu/ml)로 검출이 되었으나 오존/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 혼합처리 4시간에서는 모두 사멸되었다. 이를 현재, 4개월(1998년 5월 ~ 7월)이상 실내 상태(20L 플라스틱 물통에 넣고 밀봉한 상태) 보관결과 에서도 *Salmonella shigella*는 발견되지 않음을 확인하였다.

특히, 첨가제로서 키토산액과, 캣묵, 그리고, 목초액 등을 첨가하였다. 이는 마스크의 효과는 물론 보존과정에서의 변질 방지 등의 목적으로 사용한 것이다.

이 중 키토산의 경우 acetic acid용액에 녹여져 있으므로 이 용액 자체의 냄새로 인한 첨가제로서 사용하였을 경우 특유의 냄새가나는 단점을 지니고 있다. 캣묵의 경우 천연무균액비의 상층부에 기름성분이 뜨는 현상이 보여 이를 방지하는 기술이 더욱 필요할 것이다. 목초액의 경우 50~200배액에서는 병원성 미생물을 없애는 작용이 있고 500배 이상에서는 식물의 생육이 촉진하는 효과가 있다고 알려져 있다.

[표 3-7] 천연무균액비의 첨가제 첨가 특징

	키토산액	캣묵	목초액
냄새	acetic acid의 강한 냄새	구수한 냄새	진한 한약 냄새
특징	. 냄새취가 심함 . 키토산이 수용액에 불용	. 강한 마스크 효과 . 기름성분이 존재	. 소량으로 강한 마스크 효과 . 식물 생육 촉진
보관 상태	무변	2개월 보관시 흰 부유물 생성	무변

그러므로 본연구팀은 일단의 예비실험을 거쳐 키토산액, 캣묵, 목초액 3가지의 보존성 실험을 하였고, 이들 중 목초액을 선택하여 이를 첨가제로서 첨가하였다. 보관 실험동안 키토산액, 목초액의 첨가제에서 *Salmonella shigella*는 발견되지 않음을 확인하였다. 그러나 캣묵의 경우 2개월째 대장균이  $1.1 \times 10^3$ ,

*Salmonella-higella*  $0.4 \times 10^3$  (cfu/ml) 검출되었다.

#### 사) 액비의 발아 실험

무처리와 오존/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 혼합처리(4 hr) 액비에 대하여 무(*Raphanus sativus* L.) 종자를 이용하여 발아 실험을 하였다. 발아율 실험 결과 [표 3-7]에서와 같이 무처리구와 처리구 모두 0과 2 배의 희석배수에서는 발아율시험 기간동안 발아가 되지 않았으나 30 배의 희석배수에서는 발아율 시험 1일에 모두 발아 하였다. 오존처리를 통하여 생성된 반응생성물이 발아율에 대하여 영향을 미치지 않았으며 오히려 10 배의 처리구에서는 발아율이 증가하는 경향이 있었으나 유의성은 없었다.

[표 3-7] 오존/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 혼합처리(4 hr)에 대한 무의 발아실험 결과

희석배수	x 0				x 2				x 5				x 10				x 30								
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3					
처리기간 (day)																									
발아율	%																								
Control	0	100	100	100																	-				
무처리	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	15	65	85	0	100	100	100					
오존처리 (4 hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	20	25	0	25	45	85	0	100	100	100					

이상의 안정성과 안전성 검사의 결과로 미루어 볼 때 돈분뇨 폐수 처리시 한외여과막을 통과한 후 역삼투막의 미통과된 농축수의 농축성분은 천연무균액비로서의 가치가 높을 뿐 아니라 보관상태에서도 키토산 또는 목초액을 처리할 때 무균상태가 유리되는 것이 확인 되었으므로 농업용으로 사용하는데 큰 장애가 없을 것으로 판단되었다.

또한 발아시험을 통해 30배 희석액 이상의 희석농도에서는 발아저해 현상이 없었으므로 천연무균액비중 질소의 농도가 3,000~3,500 mg/l임을 감안한다면 100~120

mg/l 수준의 총질소함량을 사용하는 것은 무난하다고 볼 수 있다. 특히 이 농도는 일반적인 액비의 사용농도와 유사하므로 전반적으로 볼 때 본 연구 과정에서 생성된 천연무균액비는 화학액비의 대체 가능성이 매우 높다고 판단된다.

#### 4. 천연무균액비의 작물 시용 효과

##### 가) 천연무균액비의 고추작물에 대한 생육 효과

##### 1) 천연무균액비의 농도가 고추의 수량, 건물중, 색도에 미치는 영향

천연무균액비를 25, 50, 100배로 희석하여 하우스에서 고추작물에 대한 생육효과를 조사하였다. 그 결과 천연무균액비의 경우 추비구의 경우보다는 수량이 낮았으나 무비구보다는 현저한 차이를 보였다. 이는 추비구의 경우 N:P:K가 9:14:12의 비료를 200 g/m<sup>2</sup>을 주었으므로 처리구가 2m<sup>2</sup>인 처리구에서 질소의 양을 평가하면 102g의 질소를 준 것이며, 천연무균액비의 경우 수확 까지 4L씩 3번을 사용한 것이므로 질소의 양은 1.44g을 처리하게 된 것이다. 그러므로 추비구의 경우보다 낮은 수량을 나타낸 것으로 보인다.

[표 3-8] 천연무균액비의 농도별 고추의 수량, 건물중 및 색도

	수량 (g)		건물중		색도	
	무게	갯수	건물중/생체중	L	a	b
×25	324.70	31	0.180	36.4	37.5	13.8
×50	312.91	29	0.179	36.0	35.5	15.9
×100	301.12	27	0.180	36.1	33.5	14.2
추비	529.50	44	0.185	36.9	35.7	16.1
무비	220.36	23	0.203	37.3	36.2	15.6

위의 결과는 액비를 2주 간격으로 토양 시비를 한 결과로서 토양과 식물과의 경

쟁 또는, 토양으로의 용탈로 인하여 수량의 차이를 보였다. 이 결과로서 액비의 경우 추비구와 같이 토양관주용이 아닌 엽면시비용으로서 살포해야 한다는 결과를 얻을 수 있었다. 천연무균액비는 식물이 흡수하기 쉬운 형태의 수용성 상태로 존재하기 때문에 토양 시비를 할 경우 용탈 할 수 있는 단점을 지니고 있다. 그러나, 토양시비가 아닌 엽면시비의 경우 수용성 상태의 성분을 흡수 하므로 식물체에 좋은 효과가 있음을 이번 결과로 알 수 있었다.

색도를 비교한 결과 색상의 값을 나타내는 a의 경우 25배 희석액에서 높은 수치를 나타내는 결과로 천연무균액비의 경우 보다 붉은 색을 나타내고 있었으며, 채도관계를 나타내는 b의 경우 낮은 수치로서 노란색이 적음을 알 수 있었다.

## 2) 토양 유기물 함량에 따른 천연무균액비의 시용이 고추의 수량, 건물중, 색도에 미치는 영향

하우스 토양의 경우 유기물의 과다시용으로 하우스 토양이 염류집적 현상을 보이는 것이 현실이다. 이로 인하여 작물의 피해는 날로 심각해지고 있기 때문에 천연무균액비의 시용이 염류집적 현상에 어떠한 작용을 하는가를 실험하였다. 또한 다른 화학 비료와의 비교실험을 통하여 천연무균액비의 작물체영향을 실험하였다. 화학비료인 복합은 질소기준으로 120mg/l인 1,000배희석액을 사용 하였고, 천연무균액비의 경우 질소기준 60 mg/l의 경우를 사용하였다.

2년간 3톤, 6톤 12톤을 준 하우스를 선정하여 고추의 생육을 조사한 결과12톤 보다 6톤의 경우 그 생육이 좋았으며 기간도 1주보다는 3주마다 시용한 처리구가 생육이 좋은 결과를 얻어 약간의 유기물과다 현상을 보였다. 또한, 화학액비와의 비교실험에서 천연무균액비의 처리구가 생육이 저조 하였으나 그 차이는 그다지 크지 않아 경제성이 있음을 확인하였다. 이때의 화학비료는 1, 2, 3주 간격으로 살포하였으며, 천연무균액비는 ×50배희석하여 1, 2, 3주간격으로 살포 하였다.

[표 3-10]에서 알 수 있듯이 6톤과 12톤의 관계에서 화학액비를 1주, 2주, 3주로 시용한 시험구에서는 각각 17%, 25%, 그리고, 27%라는 무게의 감소가 이루어짐을 알 수 있었으나, 천연무균액비의 경우에는 그와 반대로 13%, 0.4%, 그리고, 0.3%

의 무게 증가를 나타내었다. 이것으로서 천연무균액비가 화학액비의 경우 보다, 더욱 효과적임을 알 수 있었다.

[표 3-10] 토양내 유기물함량에 따른 천연무균액비와 화학비료와의 고추 생육 비교

시비종류	3톤			6톤			12톤		
	무게 (g)	갯수	건물중/생체중	무게 (g)	갯수	건물중/생체중	무게 (g)	갯수	건물중/생체중
복살-1주	349.16	32	0.184	550.24	47	0.185	460.41	35	0.168
복살-2주	399.27	38	0.168	665.40	57	0.181	502.41	38	0.173
복살-3주	431.06	37	0.182	690.79	58	0.176	505.41	42	0.175
×50-1주	292.63	28	0.187	436.13	37	0.179	495.36	40	0.171
×50-2주	338.77	35	0.190	478.28	44	0.172	479.94	45	0.170
×50-3주	362.70	32	0.181	516.04	44	0.170	517.89	47	0.175
무비구	288.54	29	0.181	435.74	40	0.178	365.70	31	0.171

또한 고추의 색도 비교 실험에서 천연무균액비의 처리구에서 색상 a는 높고, 채도 b가 낮은 경향을 보이고 있다. 이는 천연무균액비의 처리구 고추에서 진한 붉은 색을 나타내고 있는 것이다.

[표 3-11] 유기물함량에 따른 천연무균액비와 화학비료와의 고추 색도 비교

시비종류	3톤			6톤			12톤		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
복살-1주	35.9	35.2	15.6	35.1	32.8	13.7	35.5	34.0	14.5
복살-2주	34.6	36.3	16.4	34.7	33.2	14.5	36.6	34.7	14.7
복살-3주	36.5	35.9	16.8	34.5	33.5	14.6	34.6	33.5	17.5
×50-1주	35.6	36.4	12.2	36.7	36.0	13.1	34.0	37.9	11.1
×50-2주	34.8	36.3	14.6	34.7	35.0	14.4	34.9	36.8	12.6
×50-3주	36.3	35.4	15.3	35.9	35.3	15.7	35.3	35.7	15.5
무비구	36.5	35.4	15.4	35.7	33.4	13.7	37.1	36.8	16.8

3) 천연무균액비의 노지재배에 따른 고추 수량, 건물중, 색도에 미치는 영향

노지재배에서의 천연무균액비의 고추에 대한 시용효과를 화학액비와의 비교 조사하였다. 화학액비의 경우 복살 제품의 살포 기준으로서 1000배 희석액을 살포하였으며, 천연무균액비의 경우 50배 희석액을 살포 하였다. 이를 질소 성분으로 환산 하면, 화학액비의 경우 120 mg/l 이며, 천연무균액비는 60 mg/l를 함유함을 알 수 있었다.

이와 같이 질소를 함유한 화학액비와 천연무균액비를 노지재배의 고추에 사용한 결과를 살펴보면, [표 3-12]에서와 같이 화학액비인 복살의 경우 1주, 2주, 3주 간격으로 살포한 처리구간의 생육 차이가 크게 나타났으나 천연무균액비의 경우 1주, 2주, 3주 간격으로 살포한 처리구간의 생육차이는 보이지 않았다.

화학액비를 2주 간격으로 사용한 처리구와 천연무균액비를 1주 간격으로 사용한 처리구와의 질소 기준으로 거의 비슷한 산술적 살포량으로 평가된다면 천연무균액비의 처리구에서 좋은 결과를 나타내었다. 이로서 다음실험인 무와 배추에서의 처리시 천연무균액비의 시비 농도를 유추 하게 되었다.

[표 3-12] 노지재배 고추의 천연무균액비와 화학비료와의 수량, 건물중, 색도 비교

시비종류	수량		색도			건물중
	갯수	무게	L	a	b	건물중/생체중
복살-1주	46	408.26	37.2	38.4	18.1	0.204
복살-2주	32	282.18	37.1	36.3	14.9	0.197
복살-3주	33	270.49	38.0	37.3	16.0	0.194
×50-1주	35	299.88	38.6	38.7	15.1	0.207
×50-2주	30	259.15	37.3	36.1	15.6	0.194
×50-3주	26	201.70	36.4	36.5	15.8	0.198
추비구	50	492.67	37.7	35.5	15.3	0.187
무비구	19	134.22	35.8	35.9	16.3	0.212

노지재배의 경우에서도 천연무균액비 50배희석 처리구에서 추비구나 화학액비의 처리구보다 붉은 색을 띠를 알 수 있었다. 이러한 결과로서 생육과 품질의 모든 면

에서 천연무균액비가 우수함을 알 수 있었다.

나) 천연무균액비의 무 작물에 대한 생육 효과

1) 천연무균액비의 농도에 따른 무의 엽수, 초장에 미치는 영향

무의 종자는 흥농종묘에서 시판하는 백자무를 사용하였으며, 육묘상은 플러그를 이용하여 한알씩 파종하였고, 육묘시 토양은 부엽토, 모래, 피트모스의 비율을 3:3:3으로 하였다.

무에 사용한 천연무균액비는 질소를 기준으로 살포하였다. 또한 화학액비인 북살과는 천연무균액비의 질소와 대비하여 동량을 살포하였는데, 이는 기존의 화학액비인 북살의 1000배액과 같은 양으로서 질소기준으로 120 mg/l 의 양을 살포 한 것이다.

[표 3-13]과 같이 화학액비(북살)와 천연무균액비의 처리효과를 비교실험 하였다. 1주, 2주 간격으로 살포한 결과 질소의 함량이 같은 천연무균액비 25배 희석액과 북살 1000배 희석액은 거의 같은 엽수를 나타냈다.

[ 표 3-13 ] 천연무균액비의 처리와 무의 생장(엽수) 관계

간격	엽수			엽수		
		1주간격		2주간격		
액비25	5.2	8.7	8.7	5.3	8.2	8.3
액비50	5.1	7.7	8.4	5.0	7.2	7.3
액비100	5.0	7.2	7.9	5.1	7.0	7.3
북살500	4.7	9.0	8.8	4.8	8.8	9.1
북살1000	5.0	8.6	8.3	4.8	8.3	8.3
무비	4.6	5.0	6.0	4.6	5.0	6.0
추비	5.2	6.2	7.8	5.2	6.2	7.7

그러나, 1주 간격으로 사용한 처리구에서는 시간이 경과할수록 천연무균액비의 처리구가 마지막 수확일까지 엽수의 증가를 보였는데 반하여, 화학액비의 처리구에서

는 단 시일간 빠른 잎의 성장을 보였다. 수확시기에는 화학액비의 처리구에서 엽수가 감소하는 경향을 나타냈고, 화학액비의 500배희석액 처리구에서는 단시일간에 엽수가 증가하는 현상을 확실히 보여 주고 있다.

천연무균액비와 화학액비와의 초장비교 실험에서와의 결과에서도 엽수와 마찬가지로 화학비료와의 차이는 보이지 않았다.

이는 고사한 잎을 제거하고 잦 결과이기 때문이다. 실험이 진행됨에 따라 무의 잎이 고사하는 경우는 천연무균액비의 경우 보다 화학액비의 경우가 많이 생김을 알 수 있다.

[ 표 3-14 ] 천연무균액비의 처리와 무의 생장(초장) 관계

간격	초장			초장		
	1주 간격			2주 간격		
액비25	7.1	15.8	20.2	6.9	16.5	19.3
액비50	6.9	12.5	14.8	7.3	13.0	14.3
액비100	7.3	14.8	13.6	7.4	11.3	12.5
복살500	7.1	19.9	24.5	7.2	19.0	23.2
복살1000	7.0	19.5	22.5	7.1	17.9	20.8
무비	6.9	7.0	11.4	6.9	7.0	11.4
추비	7.4	9.7	12.6	7.4	8.8	13.2

## 2) 천연무균액비의 농도에 따른 무의 무게, 직경, 뿌리 길이에 미치는 영향

천연무균액비의 경우 또 다른 특징의 하나는 수용성 단백질 질소의 다량 함유하고 있다는 것이다. 이러한 특징은 작물의 품질에 관련된 문제이므로 이러한 관점에서 무의 무게와 직경은 큰 의미를 지니고 있다.

[ 표 3-15 ] 천연무균액비에 의한 무의 성장(무게, 직경, 뿌리길이) 관계

간격	무게	뿌리길이	직경
	1주간격		
액비25	48.4	5.7	28.6
액비50	28.3	5.4	24.3
액비100	19.4	4.4	21.2
복살500	64.3	5.0	32.4
복살1000	43.6	4.6	28.0
무비	10.3	3.4	15.4
추비	43.3	5.2	28.4

[표 3-15]의 결과에서 처럼 질소의 양을 기준으로 1,000배 희석액의 복살과 25배 희석액의 천연무균액비는 같은 질소의 양을 함유하고 있는 것으로 볼 때, 두 처리구간을 비교하면 천연무균액비의 처리구에서 무게, 뿌리길이, 직경의 굵기에도 좋은 효과를 보이는 결과를 얻었다.

#### 다) 천연무균액비의 작물에 대한 생육 효과

##### 1) 천연무균액비의 농도에 따른 배추의 엽수, 엽폭, 초장에 미치는 영향

천연무균액비의 배추에 대한 실험에서 무와 같은 처리구로서 실험을 하였다. 배추에서도 무의 처리구와 동일하게 질소 성분을 기준으로 생육에 대한 실험을 하였다. 배추의 경우 질소 함량이 같은 천연무균액비의 25배 희석액과 화학액비 1,000배희석액을 비교하면, [표 3-16]에서와 같이 천연무균액비 처리구에서의 생육과 화학액비 처리구에서의 배추에 대한 엽수, 초장, 엽폭은 비슷한 결과를 얻을 수 있었다.

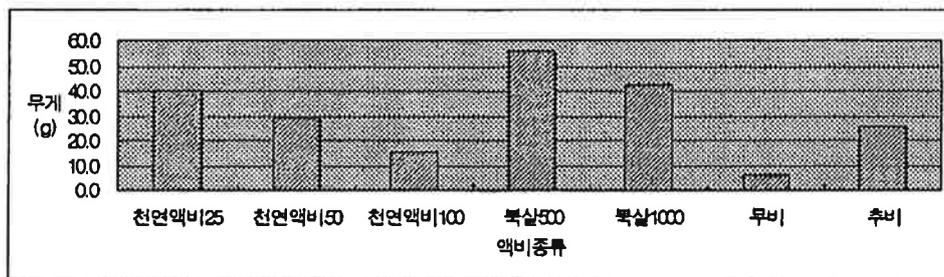
[표 3-16] 천연무균액비에 의한 배추의 성장(엽수, 초장, 엽폭) 관계

간격	엽수			초장			엽폭
	1주 간격			1주 간격			
액비25	5.3	10.2	13.7	6.9	14.1	16.8	8.8
액비50	5.3	7.8	10.3	7.0	9.8	11.7	5.7
액비100	5.3	7.5	8.7	7.1	8.7	10.4	5.0
복살500	5.3	10.7	15.8	7.2	16.5	19.3	10.2
복살1000	5.2	10.3	13.8	6.9	15.6	17.6	9.2
무비	5.4	5.8	7.8	7.0	7.0	9.0	3.9
추비	5.4	8.4	11.8	7.2	13.6	15.1	8.4

그러나, 배추의 경우 엽수와 초장, 엽폭 비교가 중요하지만은 배추에서의 품질에 관련된 무게와 클로로필의 함량 또한 중요하게 배추의 품질을 좌우한다. 본 연구팀은 배추의 무게와 클로로필에 미치는 영향을 알아보았다.

2) 천연무균액비의 농도에 따른 배추의 무게, 클로로필에 미치는 영향

무의 처리구에서도 천연무균액비가 품질에 많은 영향을 미치는 것은 다량의 유리 아미노산에 의한 것으로 생각되어진다. 특히, 천연무균액비의 처리구에서 배추의 잎이 황백화되는 현상은 보이지 않았으며, 이에 따른 품질의 향상이 있었음을 알 수 있었다.

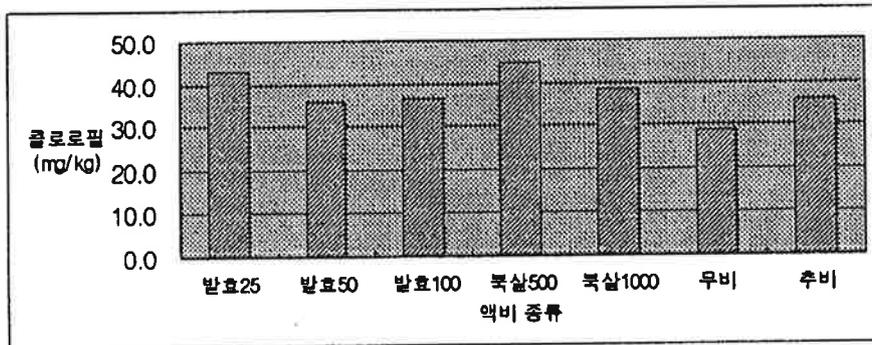


[그림 3-2] 천연무균액비의 농도별 시용에 따른 배추의 무게 변화

즉, 천연무균액비와 화학액비와의 배추 생체중량 비교 실험 결과 천연무균액비 25배 희석액 처리구와 화학액비 1000배 희석액 처리구에서 비슷한 결과를 얻었다. 이러한 결과는 질소의 양이 천연무균액비 25배 희석액과 화학액비 1000배 희석액에 동량 들어 있는 것으로 판단될 수 있으나, 황백화된 잎을 제외한다면 천연무균액비가 보다 무거운 중량을 가지는 결과를 얻을 것이다. 이러한 결과는 클로로필의 함량으로 알 수 있다.

화학액비 500배 희석액 처리구와 천연무균액비 25배 희석액 처리구에서 황백화 현상은 나타나지 않았다. 그러나 이외의 모든 처리구에서 황백화 현상을 볼 수 있었다. 즉, 화학액비 500배 희석액 처리구와 천연무균액비 25배 희석액 처리구의 클로로필의 함량은 다른 처리구에 비하여 높게 나타난 결과를 얻을 수 있었다.

클로로필 함량으로서 배추에서 품질과 노화 정도를 판단할 수 있었다.



[그림 3-3] 의 농도별 시용에 따른 배추의 클로로필 변화

## 5. 축산폐수처리를 위한 최적 조건 제시

축산폐수는 고농도 유기성 폐수이므로 현재까지의 방법으로 축산폐수를 처리하는 데는 많은 어려움이 있었으며, 또한 많은 실패의 경험이 있는 것이 사실이다. 이는 폐수 자체의 특성을 고려한 것이 아니라 그 발생량 만을 고려하여 처리하려는 발상과 외국의 성공 사례가 우리의 실정에서도 성공한다는 생각 등으로 현재 축산폐수의 처리에 관한 연구는 매우 미미하게 진척된 것이 현실이다. 본 연구팀이 개발한 이번 시스템은 축산폐수의 완전 처리가 가능한 기술로서 국내에서 개발한 기술로서

외국으로의 기술 이전도 가능한 처리 시스템인 것이다.

이러한 처리 신기술의 최적 조건을 제시하면 다음과 같다.

우선 막의 수명과 관련하여 막의 막힘 현상을 최소로 해야 할 것이다. 이 때문에 처리에 있어서 TSS와 VSS등 고형물의 함량은 매우 중요하다. 이러한 고형물을 제거하기 위하여 침전조, 저류조, 중화조, free filter등 어떠한 방식으로든지 고형물의 제거가 선행된 후 막에 의한 처리가 이루어져야 할 것이다 물론 생물학적처리(호기 및 혐기)조에서 많은 SS의 감소가 이루어지기는 하나, 막을 이용하여 폐수를 처리하기 전에는 반드시 전처리가 이루어져야 할 것이다. 이러한 면에서 본 기술은 기존에 설치된 축산농가의 처리 시설에 부가적으로 설치가 가능한 특징을 지니고 있다. 본 연구팀은 1998년 6월~8월 논산종합처리장의 중간 처리수에 막을 사용하므로써 그 가능성은 인정되었다. 즉, [표 3-16]에서와 같이 원수는 사(沙)여과기를 거친 처리수를 사용하여 한외여과막과 역삼투막을 이용하여 처리한 결과이다. 배출수의 경우 1999년 1월 1일 환경부 시행 기준에 적합한 결과를 얻을 수 있었다.

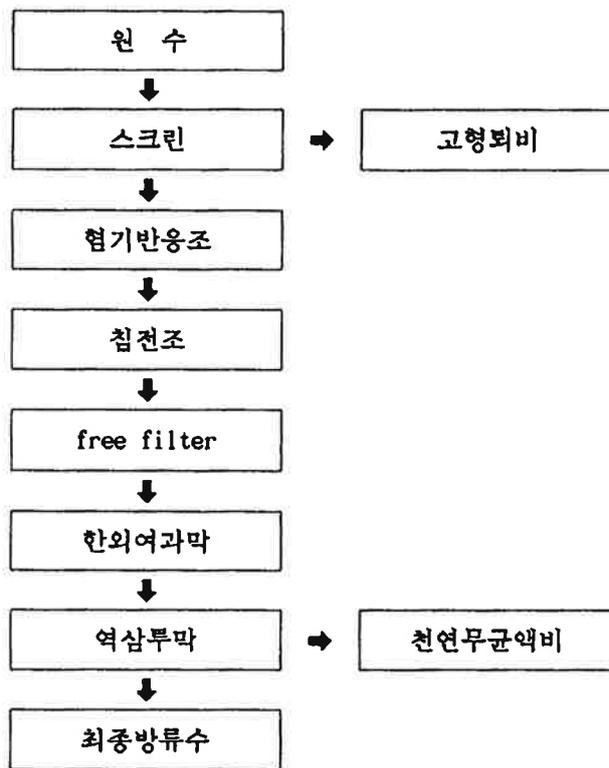
[표 3-16] 한외여과막과 역삼투막의 처리수 성상

	pH	COD	T-N	Alkalinity	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	TDS
				(mg/L)			(g/L)
원수	7.3	120.8	49.0	440	640	2.2	6.8
UF 처리수	7.4	76.8	44.8	360	510	1.4	5.8
UF Reject	7.3	107.2	47.1	420	570	2.0	6.2
RO 처리수	8.3	0.6	0.8	10	8.3	0.1	0.8
RO Reject	7.3	114.8	64.4	510	690	2.4	6.6

이때 사용한 역삼투막의 경우 polyamid재질의 것으로서 분자량 1,000의 것을 사용하였다. 또한 한외여과의 경우 판형의 한외여과막을 사용한 것으로 이는 식품에 이용되는 것이므로 약간 높은 농도의 처리수를 얻는 결과를 얻었다. 이로써, 본 기술의 경우 전처리 단계는 기존의 설비를 이용할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

또한, 본 기술은 한외여과막에서 발생한 미처리수를 생물반응조 전으로, 역삼투막

에서 발생한 미처리수를 침전조로 되돌리는 경우도 가능하다는 장점을 지니고 있다. 이러한 장점은, 처리수는 증수도 개념의 처리로서 재이용이 가능하고, 미처리수의 경우 천연무균액비로의 활용도 가능 하지만, 미처리수의 경우 다시 시스템의 중간 과정으로 되돌려서 회석수로 사용가능 한 장점을 지니고 있다. 이것은 처리수의 성분을 최적화 하는 회석수의 의미로도 사용이 가능하게 된 것이다.



[ 모식도 ] 축산폐수의 모식도

[표 3-17] 막의 종류별 처리효과

구분	원수	U/F 막			R/O 막	
		A	B	C	D	E
BOD	8600	1500(93.5)	230(97.3)	1930(77.6)	0.1이하	70
COD	1500	1200(20.2)	350(96.7)	1430(4.7)	2.7	140
SS	2800	950(66.1)	0(100.0)	2300(17.8)	---	---
NH <sub>4</sub> -N	500	500(0.0)	460(8.0)	500(0.0)	20	
PO <sub>4</sub> -P	120	68(43.3)	55(54.2)	84(30.0)	0.16	5.4
N-Hexane	140	--(100.0)	--(100.0)	23(83.6)	---	---
색도		++	++	++	흔적	+
악취		돈분 악취	++	++	NH <sub>4</sub> 냄새	돈분 악취

\*R/O막 처리시 유입원수는 U/F막 B의 유출수임

A : 폴리설폰계, B : 폴리아크릴로 니트릴계, C : 셀룰로오스계,

D : 폴리아미드계, E : 아세트산 셀룰로오스계

+ : 선명도, - : 불검출, ( ) 는 처리효율 %

막의 선택의 경우 막의 재질의 선택은 막의 크기와 중요한 요소이다. [ 표 3-17 ] 에서처럼 막의 재질과 처리수의 성상을 표로 나타내었다. [ 표 3-17 ]에서의 처럼 한외여과막의 경우 폴리아크릴로 니트릴계가 역삼투막의 경우 폴리아미드계의 효과가 좋은 것으로 나타났다. 그러나, 막의 선택의 문제는 처리수의 성상과 밀접한 연관이 있다. 이러한 관계는 보다 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 제 4 절 결 론

1. 축산폐수처리 시스템의 개발에서는 여러 가지 문제점을 감안하여 고액분리하여 혐기발효를 거친후 이를 UF/RO의 막분리 방법에 의해 정화하여 방류 또는 중수(또는 필요시 여과하여 상수로 이용가능)로 이용하는 방안으로 결정하였다.
2. 혐기발효조는 기존의 UASB(Upflow Anaerobic Sludge Blanket)법을 다소변경한 혐기발효를 고안하였고, UF/RO막장치는 막의 종류별로 검토하여 양돈 폐수에 적합한 것을 설정하였다.
3. 혐기발효에서의 부유물의 영향을 활성오니법과 비교하여 검토하였으며 도입한 폐수에서도 부유물질을 제거하는 경우에 처리효율이 높으므로 폐수처리 공정중 부유물질의 제거는 필수단계임을 확인하였다.
4. 따라서 침전조를 통과한 양돈폐수와 혐기발효를 거친 양돈폐수는 UF막으로 처리하는 과정에서 어떤 요인이 막막힘에 영향을 주는지를 비교검토하였으며 폐수중의 혼입된 단백질-질소가 고도의 유의성이 있는 성분임을 밝혔다.
5. 한외여과막의 경우 혐기소화법, 부패조의 처리수를 대상으로 하여 농축한결과 막을 통과한 처리수의 수질은 농축이 계속되어도 일정한 수질이 유지되었다 이러한 결과는 폐수의 수질에 직접적인 영향을 미치는 질소와 단백질 등의 성분을 안정적으로 배제하고 저분자의 유기물과 무기염류만을 투과시킴으로서 처리수의 수질에 있어서의 안정성을 도모하고 있다는 것을 밝혀주는 결과이다.
6. 한외여과막의 경우 제거할 수 있는 물질들이 M.W. 10,000이상의 유기물은 제거할 수 있지만 이온성의 물질들은 한외여과에서는 제거할 수 없다는 것을 나타낸다. 이와 같은 무기염류의 투과도는 한외여과의 또 하나의 특성이기도 하다

7. 한외여과막의 경우 막의 종류 즉, cut-off range molecular weight에 따른 토출량의 변화는 각각 cut-off M.W.가 클수록 토출량도 증가하는 경향을 보였으며 혐기소화 처리수가 부패조 처리수 보다 우수했다. 또한 초기의 토출량이 상대적으로 높은 것은 15%의 농축이 일어나는 과정에서 이미 막의 토출량에 영향을 미치는 물질들이 토출에 방해를 시작하는 결과를 보이고 있다.

8. 한외여과의 토출량에 영향을 미치는 주요한 원인으로는 총질소 성분중 단백질의 함량과 가장 큰 상관관계를 지니는 것으로 나타났다.

9. 한외여과막의 연속운전에 의한 막 내부에서 막의 막힘 현상은 막을 투과한 단백질의 양과도 상관성이 있으며 7시간만에 막면에서의 gel formation이 일어났음을 의미하는 결과이다.

그리고 citric acid로 pH 4로 조절한 후에 세척을 실시한 결과 토출량은 운전초기의 토출량을 유지함으로써 본 실험에서 이용한 한외여과의 경우 축산폐수의 처리에 적용한다면 세척횟수는 매 6시간마다 1회로 제안할 수 있다. 그러나 세척제별로의 세척결과 30분마다 2분세척이라는 단시간 처리가 보다효과적임을 알아내었다.

10. 역삼투막의 경우 농축수와 처리수의 일반적 수질은 운전이 계속 이어지면서 TDS의 제거율을 급격히 저하되고 토출량이 저하되며 막의 막힘 현상이 나타났다. 이것은 초기부터 막힘이 발생하므로 미생물이 아닌 scaling이나 metal oxide에 의한 막힘현상이라는 결과를 얻었다.

11. 역삼투막의 경우 무기염류의 제거는 모든 염류에 있어서 90%이상의 효율을 나타냈다.

12. 역삼투막의 경우 막막힘 현상을 UF통과수중의  $Ca^{2+}$ 함량과 고도의 유의성이 있음을 확인하였다.

13. 세척제별로의 막수명연장 실험을 통하여 한외여과막의 경우 1.0 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 역삼투막의 경우 Citric acid로 pH를 4로 조절한 것이 적절한 것을 알았다. 역삼투막의 경우 8-9시간 운전에 1시간 세척을 제안하였다. 그러나 이보다는 단시간세척이 보다 효과적임을 알 수 있었다.
14. 액비의 비료적 가치를 고려할 경우 역삼투막의 토출량에 최소 영향을 주면서 최대의 농축수를 얻을 수 있는 농축률은 70 %로 판단되었다.
15. 천연무균액비의 품질향상 방안으로 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 처리하여 처리량이 증가할수록 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N와 protein의 양은 감소하고, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N는 증가하는 결과를 얻었다.
16. 오존처리 시간이 증가할수록 pH와 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N는 증가되었고, color, 총질소, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 그리고 단백질은 감소하였다.
17. 오존과 UV의 혼합처리의 경우 시간이 증가할수록 pH와 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N는 증가되었고, color, 총질소, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 그리고 단백질은 감소하였다. 그러나 오존만의 처리와는 별 차이가 없었다.
18. 오존과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 함께 처리하였을 때 4시간의 O<sub>3</sub> 처리가 가장 안정되고, 산업화를 위한 적합한 조건이라 판단되었다.
19. 액비는 대장균이 2.3 x 10<sup>3</sup>, *Salmonella-higella* 1.7 x 10<sup>3</sup> (cfu/ml)로 검출이 되었으나 오존처리 4시간에서는 모두 사멸되었다.
20. 무처리와 오존처리(4 hr/) 액비에 대하여 무(*Raphanus sativus* L.)종자를 이용하여 발아 실험결과 30 배의 희석배수에서는 발아율 시험 1일에 모두 발아 하여 오존처리를 통하여 생성된 액비는 발아율에 대하여 영향을 미치지 않았다.

21. 천연무균액비의 경우 추비구의 경우보다는 고추의 수량이 낮았으나 무비구보다는 현저한 생육 차이를 보였다.

22. 하우스의 밑거름으로 준 유기물양이 12톤 보다 6톤의 경우 그생육이 좋았으며 기간도 1주보다는 3주마다 준 경우가 생육이 좋은 결과를 얻었다. 또한, 화학비료와의 비교실험은 화학비료보다는 생육이 저조 하였으나 그 차이는 그다지 크지 않아 경제성이 있음을 확인 하였다.

23. 노지재배에서의 고추의 생육 결과 화학비료와 거의 차이가 없는 결과를 얻었으며, 이를 통한 경제적 이득 효과를 얻을 수 있다.

24. 무와 배추등 채소작물의 경우 질소의 양을 기준으로 시용한결과 화학액비보다, 좋은 효과를 얻을 수 있었다. 즉, 수량 뿐 만아니라, 질적인면에서도 보다 효과적임을 알 수 있었다.

## 제 5 절 참고문헌

- 1) Kim Woo-Young (1993) : 축산폐수 처리이용과 대책, 오성출판사, 서울
- 2) Nguyen, Q. T., Aptel, P. and J. Neel (1979) : Characterization of ultrafiltration membranes, Part I. Water and organic-solvent permeabilities, J. Membrane Sci. 5, 235-251
- 3) 이찬기 (1991) : 중소규모 축산폐수의 효율적 처리방안 개발에 관한 연구, 과학재단
- 4) AOAC international, Official methods of analysis of AOAC international 16th edition, Alington Virginia.
- 5) Boopathy, R. and D. M. Sievers ( 1991 ) : Performance of a modified anaerobic baffled reactor to treat swine waste, ASAE, 34(6), 2573 - 2578.
- 6) Cho Kwang-Myeung and Seo Jeung-Beom ( 1991 ) : Treatment of small-scale piggery wastewater by a septic tank soil trench system., J. KSWPRC, August, 152 - 161.
- 7) Eckenfelder, W. W. and C. J. Santhanam ( 1981 ) : Sludge treatment, Marcel dekker, 279 - 307, NewYork.
- 8) Jung Kan-Hee (1982) : A study of anaerobic treatment of slaughter house wastewater, 전남대학교 석사학위 논문
- 9) Kim Chul-Ho ( 1994 ) : Situation of livestock waste and strategies for waste treatment., J. KOWREC, 1(1), 31 - 40.
- 10) Mardamwar, D., Patel, A. and V. Patel ( 1991 ) : Effect of various suffectants on anaerobic digestion of water hyacinic cattle dung, Bioresource Technology, 37(2), 157 - 160.
- 11) Nho Meung-Kyu (1991) : A study of nitrogen removal rate of livestock wastewater by biological treatment., 한양대학교 환경과학과 석사학위 논문
- 12) Stafford, D. A., Wheatley, B. I. and D. E. Hughes ( 1979 ) : Anaerobic digestion, Applied science publishers LTD, 167 - 303, London.
- 13) Takasima, M., Sugawara, Y., Okawa, T. and Y. Okubo ( 1991 ) : Effect of heat-treatment on the high-rate anaerobic digestion of human waste concentrates, Water science and Technology, 23, 1137 - 1145.

- 14) Fang, H. H. P. and E. S. K. Chian, (1975) : Criterion of ion separation by reverse osmosis, *J. Appl. Polym. Sci.*, 19, 2889-2895.
- 15) Chang, I. S., Choo, K. H., Lee C. H., Pek, U. H., Koh, U. C., Kim, S. W. and J. H. Koh, (1994) : Application of ceramic membrane as a pretreatment in anaerobic digestion of alcohol-distillery wastes, *J. Membrane Sci.* 5, 131-139.
- 16) Matthiasson, E. (1983) : The role of macromolecular adsorption in fouling of ultrafiltration membranes, *J. Membrane Sci.* 16, 23-36.
- 17) Fang, H. H. P. and E. S. K. Chian, (1973) : Evaluation of new reverse osmosis membrane for the separation of toxic compound from water. *Water*, 497 - 506.
- 18) Punzi, V. L., Muldowney, G. P. and Hunt, K. B. (1990) : Study of solute rejection models for thin film composite polyamide RO membranes, *J. Membrane Sci.* 52, 19-41.
- 19) Wang, S. S. (1988) : Effect of solution viscosity on ultrafiltration flux, *J. Membrane Sci.* 39, 184-194.
- 20) Wiesner, M. R. (1990) : Fouling in tangential-flow ultrafiltration : The effect of colloid size and coagulation pretreatment, *J. Membrane Sci.* 52, 173-190 .
- 21) Peter, E. (1988) : Water and salt transport through two types of polyamide composite membranes, *J. Membrane Sci.* 36, 297-313.
- 22) Palecek, S. P. and A. L. Zydney ( 1994 ) : Hydraulic permeability of protein deposit formed during microfiltration - effect of solution pH and ionic strength, *J. Membrane Sci.* 95, 71 - 81.
- 23) Reihanian, H., Robertson, C. R. and A. S. Michaels (1983) : Mechanisms of polarization and fouling of ultrafiltration membranes by proteins, *J. Membrane Sci.* 16, 237-258.
- 24) Nazzari, F. F. and Wiesner, M. R. (1994) : pH and ionic strength effects on the performance of ceramic membranes in water filtration, *J. Membrane Sci.* 93, 91-103.
- 25) Takeshi, M. ( 1994 ) : Synthetic membranes and membrane separation process, Tokyo

- 26) Trugillo, D., Perez, J. F. and F. J. Cebreros ( 1991 ) : Anaerobic digestion of rabbit wastes, *Bioresource Technology*, 35(1), 95 - 98.
- 27) Turker, M. and J. Hubble (1987) : Membrane anf fouling in a constant-flux ultrafiltration cell, *J. Membrane Sci.* 34, 267-281.
- 28) Zeman, L. J. (1983) : Adsorption effects in rejection of macromolecules by ultrafiltration membrane, *J. Membrane Sci.* 15, 213-230.
- 29) Hernandez, R. J., Giacín, J. R. and E. A. Gruke ( 1992 ) : The sorption of water-vapor by an amorphous polyamide, *J. Membrane Sci.* 65, 187 - 199.
- 30) Kelly, S. T., Opong, W. S. and A. L. Zydney ( 1993 ) : Influence of protein aggetates on the fouling of microfiltration membrane during stirred cell filtration, *J. Membrane Sci.* 80, 175 - 187.
- 31) Lonsdal, H. K. (1982) : The growth of membrane technology, *J. Membrane Sci.* 10, 81-181.
- 32) Lindau, J. (1994) : Cleaning of ultrafiltration membranes after treatment of oily wastewater, *J. Membrane Sci.* 5, 235-251.
- 33) Bowen, W. R. and Q. Gan ( 1993 ) : Microfiltration of protein solutionat thin-film composit membranes, *J. Membrane Sci.* 80, 165 - 173.
- 34) Broom, G. P., Squired, R. C., Simpson, M. P. J. and I. Martin ( 1994 ) : The treatment of heavy-metal effluents by cross flow microfiltration, *J. Membrane Sci.* 87, 219-230.
- 35) Field, R., Hang, S. and T. Arnot ( 1994 ) : The influence of surfactant on water flux through microfiltration membrane, *J. Membrane Sci.* 86, 291 - 304.
- 36) Gesan, G., Daulfin, G., Merin, U., Labbe, J. P. and A. Quemeraise ( 1994 ) : Fouling during constant flux cross-flow mirofiltration of whey - Influence of transmembrane pressure-gradient, *J. Membrane Sci.* 80, 165 - 173.
- 37) Pak Sang-Uem (1983) : Chemical treatment of septage, nightsoil and other wastes, 고려대 학교 석사학위 논문

- 38) Hamdi, M. ( 1991 ) : Effect of agitation and pretreatment on the batch anaerobic digestion of olive mill wastewater, *Bioresource Technology*, 36(2), 173 - 178.
- 39) Takashi, O., Kiyonori, H. and Yauo, H. (1990) : Removal of nitrogen and phosphorus from swine wastewater by the activated sludge units with the intermittent aeration process,
- 40) Pholand, H. W. ( 1995 ) : Handbook of water purification., Walter Iorch, Washington D.C.
- 41) Gantar, M., Obreht, Z. and Dalmacija, B. ( 1991 ) : Nutrient removal and algal succession during the growth of *Spirulina platensis* and *Scenedesmus quadricauda* on swine waste water, *Bioresource technology*, 36, 167 - 171.
- 42) Filippov, A., Starov, V. M., Lloid, D. R. and S. Chahravrti ( 1994 ) : Sieve mechanism of microfiltration, *J. Membrane Sci.*, 89, 199 - 213.

## SUMMARY

Development of plug seedling, bulb and cut flower production technique by natural nutri-fertilizer application

Plant height and leaf growth were promoted with 100x dilution of nutri-fertilizer by soil drench, and were markedly accelerated with 10x dilution of nutri-fertilizer by foliar spray in plug seedling of *Pelargonium* and *Salvia*.

In fertigation of natural nutri-fertilizer application, growth of *Tagetes* and *Salvia* was somewhat decreased as compared to nutri-fertilizer of Horticultural Research Institute.

Specially, plant height, leaf size were strikingly enhanced with Masterblend application. Plant height, leaf size, dry and fresh weight of *Pelargonium* were promoted with 100x dilution of nutri-fertilizer by soil drench.

In application of nutri-fertilizer on *Tagetes* and *Salvia*, plant height and leaf size were markedly accelerated by 25x dilution by soil drench.

Color of plant was appeared to deep green with 25x dilution by soil drench and 5x dilution by foliar spray of natural nutri-fertilizer application in *Tagetes* and *Salvia*.

Plant growth was notably enhanced with soil drench of 50x, 100x and foliar spray of 2x dilution in *Cyclamen*.

Growth of *Pelargonium* was remarkably increased with 100x dilution of soil

drench, but increased with 25x dilution in *Tagetes* and *Salvia*.

Change of EC and pH in plug soil were not effected by nutri-fertilizer and other fertilizers treatment and microorganisms of plug soil after fertigation were also no effective.

Yeast and fungi were not detected in all treatments. It was not shown any significant characteristics with 5x nutri-fertilizer treatment.

Characteristic of colony cluster microorganism, in terms of a shape of red blood cell(3-4mm in diameter), was observed with 25x nutri-fertilizer treatment.

Dominant of yellow colony was detected by Masterblend solution application.

The spaces of actinomycetes in control was different, in terms of a shape of colony, from other those of natural nutri-fertilizer and Masterblend treatment.

In application of nutri-fertilizer of *Tagetes* and *Salvia*, plant height, leaf size, fresh weight and dry weight were markedly accelerated by nutri-fertilizer mixed N:P:K(1:1:1).

In application of nutri-fertilizer of lily bulblets, bulb weight, bulb diameter and number of scale were increased with 50x dilution treatment.

Plant height was increased with 50x dilution treatment in *Lilium* oriental hybrid cv. Casablanca and *Lilium* oriental hybrid cv. Le reve in nutri culture.

In nutri-fertilizer dilution treatment, It was not shown any significance on *Tulipa gensneriance* L. 'Golden Apeldoorn' and *Tulipa gensneriance* L. 'Apeldoorn' in nutri culture.

No. of flower was increased with 10x and 25x dilution treatment in *Lilium* oriental hybrid cv. Casablanca and *Lilium* oriental hybrid cv. Marcopolo in nutri culture.

Days to flowering was accelerated by 10x and 20x dilution natural

nutri-fertilizer in *Primula* hybrid, *Viola tricolor* 'Majestic Giant White', *Viola tricolor* 'Majestic Giant White' and *Calendula officianalis* 'Orange bright.

## 제 2 장 천연무균양액 시용에 의한 plug seedling, 구근비대 및 절화재배법 개발

### 제 1 절 서 설

식물은 지하부로부터 흡수하는 유·무기물과 광합성에 의해 생합성한 물질들을 때로는 단순하게 때로는 복잡하게 재합성과 분해를 거듭하면서 늘 새로운 metabolites 을 생산하면서 생명 현상을 유지하고 있다.

일련의 생명대사과정중에서 제일 중요한 부분은 필요한 구성성분을 흡수 또는 재이용하는 과정에서 생성되는 energy의 순환이다. 이 energy의 순환은 바로 유·무기물들의 생화학적인 변화와 분자수준의 이용 그 자체이다. 여기에 식물의 구성성분이나 생리화학적인 물질대사에는 필수적인 원소들의 역할과 변화의 연속이다. 특히 식물체가 종자에서 발아하면서 시작되는 성장(growth)과 발달(development)의 양적이고 질적인 변화에는 지속적인 양분(영양분)공급이 있어야만 유지가 되고 또한 새로운 산물을 합성할 수 있게 된다.

그러므로 생육초기의 영양비배관리는 향후 그 식물체의 성장과 발달에 연속적인 영향을 미치므로 이 시기의 합리적이고 과학적인 시비관리는 대단히 중요한 부분이다.

최근 계획적인 묘생산(plug seedling production) 및 고품질의 상품생산 과정에서 과학적인 영양관리는 묘의 양적생산 뿐만 아니라 상품의 품질에 직접적인 영향을 미치게 된다. 상용되는 화학비료들은 거의 대부분 외국으로 수입되고 있으며 그것도 각 상품별 no how 라는 상품성 때문에 앞으로도 수입품에 그 의존도가 대단히 높아서 국내산 상품개발이 시급한 실정에 있다.

본 연구는 국내 환경오염의 근원인 축산폐기물을 이용해 생산되는 천연액비가 주요 화훼작물의 plug seedling의 초기생장, 구근비대 및 절화재배시 천연액비의 처리방법 및 농도별 효과를 조사하여 자연친화형 천연액비 개발에 기초자료를 얻고자 수행하였다.

## 제 2 절 재 료 및 방 법

### 1. Plug seedling의 초기생장에 미치는 천연무균액비의 효과구명

본 연구는 1996년 4월부터 단국대학교 화훼학 실험실 및 실험온실에서 수행하였으며, 공시재료는 초화류인 제라늄(*Pelargonium hortorum*), 샬비아(*Salvia*), 매리골드(*Tagetes patula* L.), 시클라멘(*Cyclamen persicum*)을 사용하였다. 각 식물의 종자는 162 cell의 plug tray에 Ball mixes (special blend No. 1)를 상토로하여 1립씩 파종하였으며 각 처리당 20개체씩 4반복으로 실시하였다. 종자발아후 3일에 1번씩 4주간 액비를 처리하였으며 액비처리 방법은 토양관주와 엽면시비의 방법을 이용하였고 액비처리 농도는 무처리를 대조구로 원시양액, 화학비료, 천연액비(표 1)를 사용하였다. 조사내용은 각 처리별 초장, 엽크기(엽장 x 엽폭), 건물중, 생체중 등을 조사하였다. 본 실험은 4회에 걸쳐 실시하였다.

미생물 분리 및 균수의 측정은 토양 1g을 멸균한 증류수 10ml에 현탁한 후, 0.5ml의 상등액을 취하여 상등액은 10배에서 10<sup>4</sup>까지 0.5-4.5ml씩 희석하였다. 각각의 sample을 0.1ml씩 petri-dish 배지위에 도말한 후 35℃에 배양하였다. 배지는 세균 분리용 배지, 방선균 분리용 배지, 효모, 곰팡이 분리용 배지로 Nutrient agar medium, ISP medium, Saboraud medium을 사용하였다. 배양이 끝난 sample은 colony계수한 후 미생물을 검출하여 수치를 측정하였다.

Table 1. Dilution rate of natural nutri-fertilizer used for the experiment.

Dilution rate	Treatment method	
	Soil drench	Foliar spray
1st	10, 100, 200, 300, 500x	10, 20, 30, 40, 50x
2nd	.	10, 100, 200, 300, 500x
3rd	1, 25, 50, 100, 200x	1, 2, 5, 10, 20, 50x
4rd	10x, 25x, N:P:K(1:1:1), N:P:K(2:1:1)	.

## 2. 천연무균액비가 구근절화류 생육 및 개화품질에 미치는 효과 구명

본 연구는 1996년 10월부터 단국대학교 화훼학 실험실 및 실험온실에서 수행하였으며, 공시재료는 구근절화인 백합(*Lilium oriental* cv. Casablanca, Reneve)과 튤립(*Tulipa gensneriance* L. 'Gold apeldoorn', 'Apeldoorn')을 사용하였다.

천연무균액비를 이용한 구근비대실험에서는 구주위경이 6-9cm인 *Lilium oriental* cv. Casablanca 자구를 처리당 100구씩 정식하여 Tap Water 및 Yamasaki 나리재배 표준액을 대조구로 하여 액비를 5x, 10x, 20x, 30x, 50x로 희석하여 2일에 1번씩 토양관주처리를 하였다. 조사내용은 각 처리별 초장, 엽수, 구중, 구직경, 인편수, chlorophyll 분석 등을 조사하였다.

천연무균액비를 이용한 고품질 절화생산 실험에서 백합의 경우는 Tap Water를 대조구로 하여 액비를 5x, 25x, 50x, 25x + KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 25x + CaCl<sub>2</sub>(7%), 25x + KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + CaCl<sub>2</sub>(7%)로 조제한후 처리하였으며 튤립의 경우는 Tap Water를 대조구로 하여 액

비를 5x, 25x, 50x, 25x + KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 25x + CaCl<sub>2</sub>(1%), 25x + KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + CaCl<sub>2</sub>(1%)로 조제한후 처리하였다. 백합 및 튜립 구근을 플라스틱상자에 정식하여 상자당 액비를 5 l /1wk씩을 토양관주하였다. 조사내용은 각 처리별 초장, 화경장, 화수장, 개화소요일수, 소화경장, 꽃크기, 토양 pH, EC, 절간장(1절간장, 2절간장, 3절간장), 목길이 등을 조사하였다.

천연무균액비를 이용한 고품질 절화생산 실험에서 백합은 Tap Water를 대조구로 하여 , 10x, 25x, 천연 액비에 보조비료를 첨가하여 N, P,K의 함량비를 각각 2:1:1과 1:1:1, Yamasaki 나리재배 표준액 및 천연액비에 자연적인 보조제를 첨가한 목초액을 조제한후 처리하였다. 구근은 플라스틱상자에 정식하여 상자당 액비를 5 l /1wk씩을 토양관주하였다. 조사내용은 각 처리별 초장, 화경장, 엽수, 낙엽수, 꽃수, 꽃크기, 개화소요일수, 퇴화눈수를 조사하였다.

### 3. 천연무균액비를 이용한 화훼류 양액재배시 천연무균액비의 효능 시험

본 연구는 1997년 9월부터 단국대학교 화훼학 실험실 및 실험온실에서 수행하였으며, 공시재료는 초화류인 프리물라(*Primula hybrid*), 팬지(*Viola tricolor 'Majestic Giant Yellow', 'Majestic Giant White'*), 금진화(*Calendula officianalis 'Orange bright'*)를 사용하였다.

수돗물을 대조구로 하여 화학비료인 Masterblend, 천연무균액비를 10 x, 20 x, 30 x회석하여 처리하였다. 그리고 천연무균액비 10 x와 25 x액비에 화학비료를 첨가하여 N:P:K함량을 1:1:1과 2:1:1로 조제하여 처리하였다. Plug tray에 파종하여 발아후 포트에 처리당 20개체씩 5반복으로 정식하여 3일에 1번씩 액비를 처리하였다. 조사내용은 초장, 개화 소요일수, 꽃수, 꽃크기(가로, 세로)등을 조사하였다.

#### 4. 천연무균액비 사용이 몇 가지 채소작물의 생육 및 품질에 미치는 영향

본 연구는 1998년 9월부터 단국대학교 화훼학 실험실 및 실험온실에서 수행하고 있으며, 공시재료는 초화류인 고추(*Capsicum annum* L.), 토마토(*Lycopersicum esculentum* MILL.) 및 배추(*Brassica campestris* L.)를 사용하였다.

담액식 수경재배시의 천연무균액비의 적정 희석 농도를 구명하기 위한 실험에서는 수돗물을 대조구로 하여 천연무균액비를 10 x, 20 x, 30 x희석한후 처리하였다. Plug tray에 파종하여 발아후 액비에 프러그를 직접 담근후 액비를 순환시켜 처리하였다. 조사내용은 초장, 엽수, 생체중, 건물중등을 조사하였다

분화재배시의 희석 농도 처리 실험은 수돗물을 대조구로 하여 화학비료인 Masterblend, 천연무균액비를 10 x, 20 x, 30 x희석하여 처리하였다. 그리고 천연무균액비 10 x와 25 x액비에 화학비료를 첨가하여 N:P:K함량을 1:1:1과 2:1:1로 조절하여 처리하였다. Plug tray에 파종하여 발아후 포트에 처리당 20개체씩 5반복으로 정식하여 3일에 1번씩 액비를 처리하였다. 조사내용은 초장, 엽수, 생체중, 건물중등을 조사하였다.

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. Plug seedling의 초기생장에 미치는 천연무균액비의 효과구명

##### 가. 1차 실험

제라늄은 토양관주시 200배 희석농도에서 초장은 43.4mm, 잎의 크기는 16.6 x 28.4mm로 가장 촉진되었으며, 엽면시비의 경우는 10배 희석농도에서 초장이 39.2mm, 잎의 크기는 13.2 x 21.8mm로 가장 촉진되었다(표 2).

셀비아는 토양관주시 200배 희석농도에서 초장은 45.2mm, 엽크기는 20.4 x 17.8mm로 가장 촉진되었으며, 엽면시비의 경우는 10배 희석농도에서 초장 45.2mm, 엽크기는 18.4 x 16.0mm로 가장 촉진되었다(표 3).

따라서 제라늄과 셀비아의 plug seedling 초기 생장에 있어서의 시비는 엽면시비 보다는 토양관주가 더 적당한 방법으로 사료된다.

Table 2. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Pelargonium hortorum*.

Treatment	Dilution	Height	Leaf size (mm)	
			Length	Width
method	rate	(mm)		
Control <sup>z</sup>		23.0 d <sup>y</sup>	9.8 b	15.8 b
Soil drench	10x	40.0 a	15.6 a	25.6 a
	100x	42.4 a	15.8 a	25.6 a
	200x	43.4 a	16.6 a	28.4 a
	300x	37.2 ab	15.0 a	24.6 a
	500x	28.2 bc	10.8 b	17.2 b
Foliar spray	10x	39.2 a	13.2 ab	21.8 ab
	20x	31.0 b	10.4 b	16.8 b
	30x	24.4 d	9.8 b	16.0 b
	40x	25.4 bc	10.0 b	15.8 b
	50x	27.0 bc	9.4 b	15.0 b

<sup>z</sup> Irrigated tap water

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Salvia*.

Treatment	Dilution	Height	Leaf size (mm)	
			Length	Width
method	rate	(mm)		
Control <sup>z</sup>		23.4 d <sup>y</sup>	12.0 b	9.8 c
Soil drench	10x	38.2 b	15.8 ab	14.2 b
	100x	39.4 b	17.6 a	15.2 ab
	200x	45.2 a	20.4 a	17.8 a
	300x	36.8 bc	16.4 ab	14.0 ab
	500x	33.0 c	13.6 ab	12.2 bc
Foliar spray	10x	45.2 a	18.4 a	16.0 ab
	20x	32.8 c	12.4 b	10.4 bc
	30x	30.6 c	13.6 ab	11.2 bc
	40x	27.8 d	11.0 b	9.6 c
	50x	36.2 bc	13.0 ab	12.0 bc

<sup>z</sup> Irrigated tap water

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

#### 나. 2차 실험

1차 실험과 달리 저농도의 천연액비로 엽면시비만을 하였던 바 제라늄, 매리골드, 샬비아 모두 저농도보다는 고농도의 10배 희석농도에서 초장, 엽크기가 촉진되

었다. 제라늄의 경우 초장이 40.3으로 원시양액에 비해 촉진되었으나 메리골드, 셀비아의 경우 천연액비처리가 대조구인 원시양액에 비해서 생장이 다소 감소되는 경향을 보였다(표 4, 5, 6). 이러한 결과는 천연액비 공정시 막분리에 의해 미량원소들의 유실로 기인된 결과로 사료되며 차후 미량원소 유실방지와 첨가에 대한 연구가 요망되었다.

Table 4. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Pelargonium hortorum* by foliar spray.

Dilution rate	Height (mm)	Leaf size (mm)	
		Length	Width
Control <sup>2</sup>	38.1 ab <sup>y</sup>	16.0 a	24.8 a
10x	40.3 a	13.2 b	21.0 b
100x	31.2 b	10.8 b	17.2 c
200x	31.2 b	11.4 b	17.3 c
300x	28.6 c	10.6 b	16.1 c
500x	26.9 c	10.7 b	16.6 c

<sup>2</sup> Nutri-solution of Horticultural Research Institute.

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 5. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L. by foliar spray.

Dilution rate	Height (mm)	Leaf size (mm)	
		Length	Width
Control <sup>2</sup>	69.2 a <sup>y</sup>	34.4 a	21.5 a
10x	53.6 b	25.1 b	17.4 b
100x	48.4 c	20.7 c	14.6 bc
200x	45.5 c	18.3 c	13.1 bc
300x	51.1 b	21.1 c	15.3 b
500x	48.5 c	22.0 bc	15.6 b

<sup>2</sup> Nutri-solution of Horticultural Research Institute.

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 6. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Salvia* spp. by foliar spray.

Dilution rate	Height (mm)	Leaf size (mm)	
		Length	Width
Control <sup>2</sup>	65.8 a <sup>y</sup>	23.0 a	21.9 a
10x	39.3 b	14.7 b	13.7 b
100x	24.8 c	11.1 c	10.4 b
200x	22.5 c	10.6 c	9.4 b
300x	22.9 c	10.9 c	9.5 b
500x	23.8 c	10.9 c	9.5 b

<sup>2</sup> Nutri-solution of Horticultural Research Institute.

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

#### 다. 3차 시험

제라늄은 상용되는 화학비료 Masrterblend를 토양관주하였을 때 초장이 72.2, 엽크기가 26.8 x 45.3으로 가장 촉진되었으며, 그 다음으로는 100배로 희석한 천연액비를 토양관주시 초장이 41.0로 촉진되었다. 엽크기, 생체중과 건물중에서도 유사한 경향이었다(표 7).

시클라멘은 천연액비 50배, 100배 희석한 농도의 토양관주처리구와 2배 희석한 농도의 엽면살포처리구에서 초장이 각각 53.6, 54.5, 53.1로 가장 촉진되었으며 엽크

기는 25배 회석한 천연액비의 토양관주처리구가 32.5 x 47.25로 가장 촉진되었고 생체중과 건물중 또한 비슷한 경향이었다. 따라서 천연액비처리구가 화학비료처리구에 비해 생장이 다소 증가되었다(표 8).

매리골드는 화학비료 Masterblend를 토양관주처리시 초장이 130.8, 엽크기가 59.5 x 35.5로 가장 촉진되었으며 천연액비처리구는 25배 회석한 토양관주처리구가 초장이 116.8, 엽크기는 52.0 x 30.9로서 화학비료와 유사한 결과를 나타내었다(표 9). 그러나 식물체의 엽색은 화학비료에 비해 25배 회석한 토양관주처리구와 5배 회석한 엽면살포처리구에서 짙은 녹색을 띄어 건강하게 보였다(그림 1, 2).

셀비아는 화학비료 Masterblend를 토양관주처리하였을 때 초장이 131.3, 엽크기가 32.2 x 30.2로 가장 촉진되었으며 천연액비처리에서는 25배 회석한 토양관주처리구가 초장이 103.3, 엽크기는 29.0 x 27.3로 가장 생장이 촉진되었다(표 10). 생체중, 건물중 또한 같은 경향이었다. 식물체의 엽색은 화학비료에 비해 25배 회석한 토양관주처리구와 5배 회석한 엽면살포처리구에서 짙은 녹색을 띄었다(그림 3, 4).

시비방법은 모든 식물에 있어서 토양관주처리구가 엽면살포처리구에 비해 모든 생장이 증가하는 결과를 나타내었다.

제라늄, 매리골드, 셀비아의 경우 천연액비에 비해 화학비료인 Masterblend 처리구가 생장이 촉진되었으나 시클라멘의 경우는 오히려 천연액비를 50배, 100배 회석한 토양관주처리구와 2배 회석한 엽면살포처리구가 화학비료에 비해 생장이 우수한 효과를 나타내었다.

천연액비의 농도에 있어서 원액으로 사용하였을 경우는 모든 식물이 100% 고사하였으며, 제라늄은 100배 회석한 토양관주처리구가 가장 생장이 촉진되었고, 매리골드와 셀비아의 생장은 25배 회석한 토양관주처리구가 가장 증가한 것으로 나타났다.

천연액비의 효과는 plug묘 생산에 일반적으로 이용되고 있는 화학비료에 비해 다소 떨어지지만 식물별 세부적인 천연액비의 처리방법과 농도에 따른 생육반응실

험이 요구되어지며, 천연액비의 화학적 분석과 천연액비 시용에 따른 토양의 미생물 및 물리화학적인 분석을 수행하여 부족한 양분이 보충되어야 할 것으로 사료된다.

Table 7. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Pelargonium hortorum*.

Treatment method	Dilution rate	Height (mm)	Leaf size (mm)		Fresh weight (g)	Dry weight (g)
			Length	Width		
Control <sup>z</sup>		26.2 i <sup>x</sup>	12.7 g	20.0 h	0.305	0.054
Soil drench	Masterblend <sup>y</sup>	72.2 a	26.8 a	45.3 a	1.779	0.185
	1x	-	-	-	-	-
	25x	41.6 cd	17.2 b	28.1 b	0.511	0.076
	50x	35.3 cde	15.0 c	24.4 d	0.350	0.051
	100x	41.0 b	15.1 c	25.8 c	0.610	0.084
	200x	33.2 fgh	13.2 de	23.0 ef	0.479	0.076
Foliar spray	Masterblend	44.4 cde	16.8 c	28.0 b	0.618	0.092
	1x	-	-	-	-	-
	2x	34.6 c	15.4 d	24.1 de	0.355	0.046
	5x	31.5 def	13.6 de	21.9 fg	0.333	0.045
	10x	32.8 def	12.9 ef	21.2 gh	0.338	0.041
	20x	28.9 hi	11.7 fg	20.1 h	0.286	0.045
	50x	31.0 gh	11.8 f	20.5 gh	0.379	0.072

<sup>z</sup> Irrigated tap water

<sup>y</sup> Masterblend 20-10-20(N:P:K) is specifically designed for application to soil-less growing media.

<sup>x</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 8. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Cyclamen persicum*.

Treatment method	Dilution rate	Height (mm)	Leaf size (mm)		Fresh weight (g)	Dry weight (g)
			Length	Width		
Control <sup>z</sup>		37.2 f <sup>x</sup>	25.9 d	39.3 f	2.270	0.230
Soil drench	Masterblend <sup>y</sup>	47.2 bc	29.2 bc	43.8 c	3.216	0.267
	1x	-	-	-	-	-
	25x	49.5 b	32.5 a	47.2 a	3.223	0.272
	50x	53.6 a	29.8 b	46.5 ab	3.163	0.306
	100x	54.5 a	29.8 b	45.0 bc	3.277	0.301
	200x	37.9 f	26.4 cd	41.8 de	2.621	0.244
Foliar spray	Masterblend	37.5 f	25.2 d	40.2 ef	1.966	0.203
	1x	38.1 f	27.6 c	43.6 c	1.995	0.186
	2x	53.1 a	29.6 b	45.7 ab	2.948	0.272
	5x	44.3 cd	27.7 c	43.2 cd	2.622	0.238
	10x	39.7 ef	26.4 cd	41.0 ef	2.200	0.199
	20x	42.7 de	26.3 cd	39.9 ef	2.304	0.228
	50x	38.5 cd	26.4 cd	40.6 ef	2.020	0.211

<sup>z</sup> Irrigated tap water

<sup>y</sup> Masterblend 20-10-20(N:P:K) is specifically designed for application to soil-less growing media.

<sup>x</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 9. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L.

Treatment method	Dilution rate	Height (mm)	Leaf size (mm)		Fresh weight (g)	Dry weight (g)
			Length	Width		
Control <sup>z</sup>		63.4 i <sup>x</sup>	29.9 h	21.4 g	0.648	0.069
Soil drench	Masterblend <sup>y</sup>	130.8 a	59.5 a	35.5 a	2.080	0.199
	1x	-	-	-	-	-
	25x	116.8 b	52.0 b	30.9 b	1.858	0.167
	50x	106.6 c	49.6 c	31.8 b	0.925	0.101
	100x	86.0 f	39.0 f	28.2 d	1.080	0.121
	200x	85.4 f	36.6 g	25.8 e	0.796	0.087
Foliar spray	Masterblend	99.9 e	45.0 e	29.7 c	1.383	0.127
	1x	-	-	-	-	-
	2x	-	-	-	-	-
	5x	103.0 d	47.1 d	28.4 d	1.298	0.120
	10x	87.2 f	39.5 f	27.9 d	1.023	0.101
	20x	82.4 g	36.9 g	26.0 e	1.058	0.109
	50x	74.7 h	31.4 h	23.8 f	1.298	0.120

<sup>z</sup> Irrigated tap water

<sup>y</sup> Masterblend 20-10-20(N:P:K) is specifically designed for application to soil-less growing media.

<sup>x</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 10. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Salvia* spp.

Treatment method	Dilution rate	Height (mm)	Leaf size (mm)		Fresh weight (g)	Dry weight (g)
			Length	Width		
Control <sup>z</sup>		30.6 i <sup>x</sup>	16.1 h	14.0 f	0.284	0.038
Soil drench	Masterblend <sup>y</sup>	131.3 a	32.2 a	30.2 a	1.699	0.176
	1x	-	-	-	-	-
	25x	103.3 b	29.0 b	27.3 b	1.351	0.133
	50x	80.5 c	27.3 c	24.7 c	1.113	0.112
	100x	69.2 d	23.3 d	20.6 d	0.621	0.082
	200x	51.7 g	20.7 f	17.9 e	0.465	0.059
Foliar spray	Masterblend	69.3 d	18.9 g	20.8 d	1.055	0.107
	1x	-	-	-	-	-
	2x	-	-	-	-	-
	5x	62.8 e	22.5 de	21.3 d	0.790	0.089
	10x	55.2 f	21.9 e	20.3 d	0.754	0.094
	20x	53.3 fg	19.7 fg	17.7 e	0.637	0.076
	50x	42.0 h	19.5 g	17.7 e	0.783	0.095

<sup>z</sup> Irrigated tap water

<sup>y</sup> Masterblend 20-10-20(N:P:K) is specifically designed for application to soil-less growing media.

<sup>x</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

액비처리는 plug seedling cell내 soil의 pH와 EC의 변화에는 크게 영향을 미치지 않았으나 고농도(25x, 50x)의 천연액비처리시 매리골드(*Tagetes*)의 경우는 다소 높은 수준을 보였으나 식물생육에 악영향을 미칠 수준은 아님을 확인할 수 있었다.

Table 11. PH level of plug tray soil as influenced by certain nutri-fertilizer soil drench in plug seedling culture.

Treatment	<i>Pelargonium</i>	<i>Salvia</i>	<i>Tagetes</i>	<i>Cyclamen</i>
Control <sup>2</sup>	5.75	6.08	5.90	6.24
Masterblend <sup>y</sup>	5.53	6.04	6.30	6.00
Nutri-fertilizer 25x	5.72	5.98	6.26	5.91
50x	5.83	6.24	6.34	6.20
100x	5.88	6.34	6.45	6.18
200x	5.78	6.12	6.50	6.32

<sup>2</sup> Irrigated tap water

<sup>y</sup> Masterblend 20-10-20(N:P:K) is specifically designed for application to soil-less growing media.

Table 12. EC level of plug tray soil as influenced by certain nutri-fertilizer soil drench in plug seedling culture.

Treatment	<i>Pelargonium</i>	<i>Salvia</i>	<i>Tagetes</i>	<i>Cyclamen</i>
	(mmho)			
Control <sup>z</sup>	0.07	0.07	0.07	0.09
Masterblend <sup>y</sup>	0.06	0.07	0.12	0.07
Nutri-fertilizer 25x	0.09	0.25	0.42	0.08
50x	0.08	0.17	0.24	0.08
100x	0.07	0.13	0.15	0.07
200x	0.09	0.08	0.12	0.08

<sup>z</sup> Irrigated tap water

<sup>y</sup> Masterblend 20-10-20(N:P:K) is specifically designed for application to soil-less growing media.

효모나 곰팡이는 모든 처리구에서 검출되지 않았으나 천연액비를 사용한 경우는 토양 1g당  $0.74 - 1.4 \times 10^7$ 의 미생물이 검출되는 경향이 있었다(표 13). 액비 5x 엽면시비인 경우는 미생물상에 특징을 찾아볼 수 없었으나 25x 토양관주처리구에서는 가운데가 오목하고 지름 3-4mm 정도 크기의 특징적인 colony를 형성하는 미생물이 관찰되었다. Masterblend처리구의 경우는 노란색의 광택이 있는 colony가 우점종으로 나타났다. 방선균의 분포는 colony의 모양으로 미루어 볼 때 대조구에 비해 방선균의 종은 다른 처리구에서 발생한 방선균과 다른 것으로 확인되었다.

Table 13. Incidence of the actinomycetes in plug soil by natural nutri-fertilizer and Masterblend solution treatments. (Unit : C.F.U./g<sup>-1</sup> soil)

Treatment	The number of (ea)		Colonical Characteristics
	total plates counts	actinomycetes	
Control <sup>z</sup>	$2.20 \times 10^7$	$23.0 \times 10^5$ (10.5) <sup>y</sup>	minute colony
Soil drench 25x	$1.10 \times 10^7$	$0.2 \times 10^5$ (0.2)	-
Foliar spray 5x	$0.74 \times 10^7$	$4.0 \times 10^5$ (5.3)	shape of erithocyte
Masterblend <sup>x</sup>	$1.40 \times 10^7$	$13.0 \times 10^5$ (9.3)	yellow

<sup>z</sup> Irrigated tap water.

<sup>y</sup> Percentage of actinomycetes in toal microorganisms.

<sup>x</sup> Masterblend 20-10-20(N:P:K) is specifically designed for application to soil-less growing media.

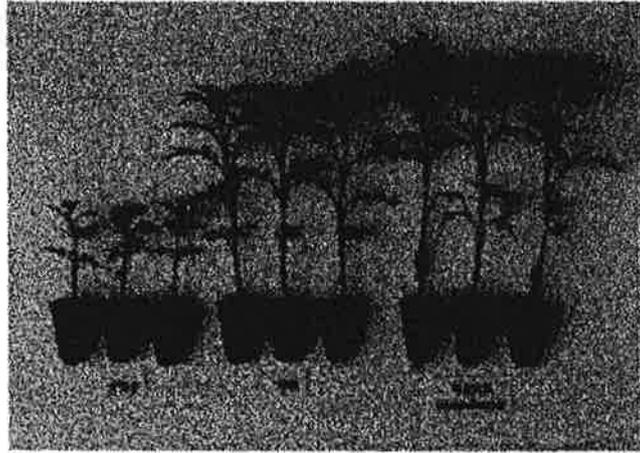


Fig. 1. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L. by soil drench. (Left to right : Tap water, 25x, Masterblend)

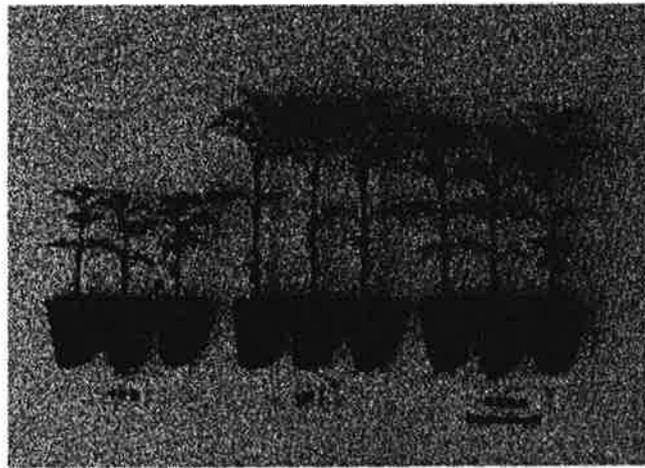


Fig. 2. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L. by foliar spray. (Left to right : Tap water, 5x, Masterblend)

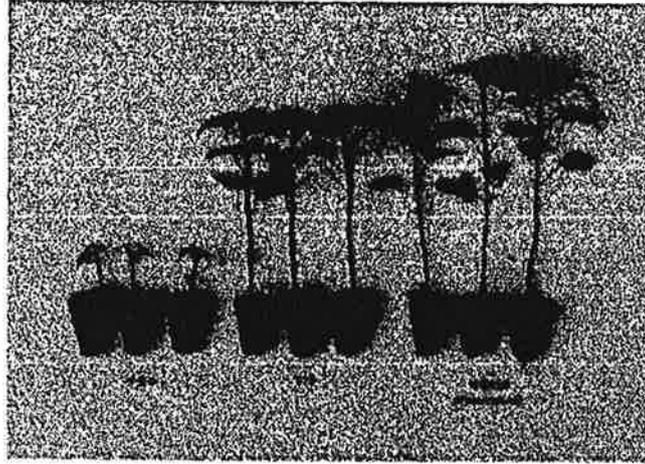


Fig. 3. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Salvia* by soil drench.  
 (Left to right : Tap water, 25x, Masterblend)

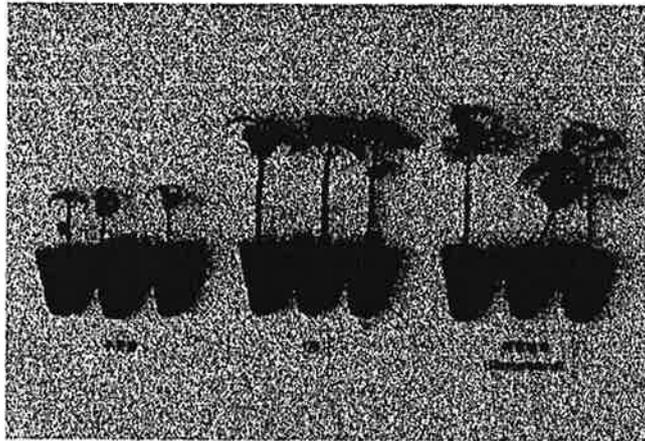


Fig. 4. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Salvia* by foliar spray  
 (Left to right : Tap water, 5x, Masterblend)

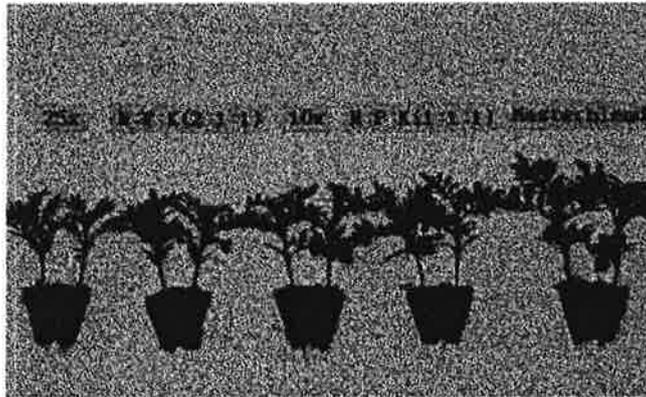


Fig. 5. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L. by soil drench.

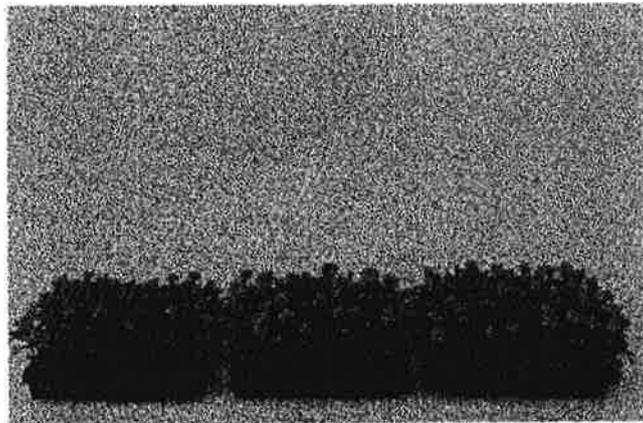
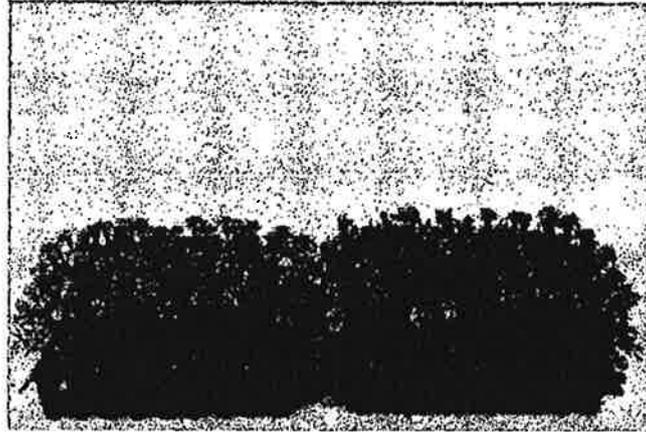


Fig. 6. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L. by soil drench. (Left to right : Tap water, 5x, Masterblend)



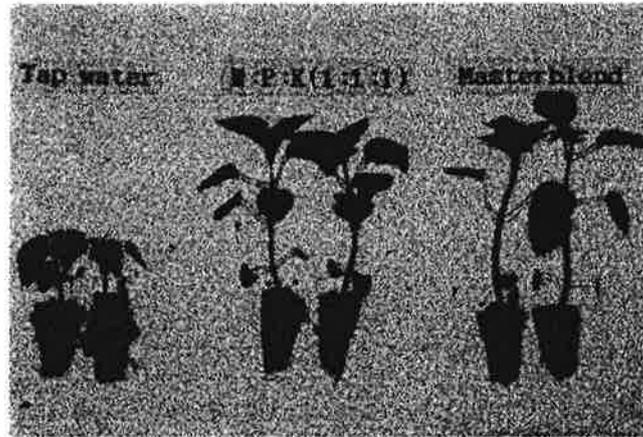
**Fig. 7. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L. by soil drench. (Left : N:P:K=1:1:1, Right : Masterblend)**

Table 15. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Salvia* hybrid.

Time of dilution	Height (mm)	Leaf size(mm)		Fresh weight(g)		Dry weight(g)	
		Length	Width	Top	Under	Top	Under
Tap water	41.45 e <sup>y</sup>	20.30 d	19.65 d	0.30 e	0.14 b	0.05	0.02
10x	85.75 c	31.05 b	29.75 b	0.78 c	0.12 b	0.09	0.03
25x	81.10 d	27.95 c	24.05 c	0.69 cd	0.06 c	0.08	0.03
N:P:K(1:1:1)	103.70 b	36.70 a	31.05 ab	1.14 b	0.12 b	0.09	0.03
N:P:K(2:1:1)	80.60 d	28.10 c	24.75 c	0.61 d	0.08 c	0.08	0.03
Masterblend <sup>z</sup>	119.40 a	36.60 a	31.85 a	1.25 a	0.22 a	0.11	0.03

<sup>z</sup>N-P-K = 20-10-20, Chemical fertilizer

<sup>y</sup>Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level



**Fig. 8. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Salvia spp* by soil drench.**

## 2. 천연무균액비가 구근절화류 생육 및 개화품질에 미치는 효과 구명

백합 종구 양액재배시 천연액비를 50x 희석하여 관주한 처리구에서 자구중 4.52g, 자구직경 2.32cm, 인편수 15개로 가장 촉진되었다. 그리고 엽록소 함량은 천연액비 10x이상 희석 처리구에서 모두 증가하였다(Table 16, Fig.9).

구근 화훼작물의 상자형 양액재배실험에서 Casablanca 백합의 경우는 천연액비 농도 처리간에 유의차가 거의 나타나지는 않았으나 천연액비를 50x 희석한 처리구에서 초장 124.67cm로 다소 촉진되었으며, 천연액비를 25x 희석후 CaCl<sub>2</sub>를 혼합한 처리구와 천연액비를 25x 희석후 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 와 CaCl<sub>2</sub>를 혼합한 처리구에서는 모두 고사하였다(Table 17). Le reve에 있어서는 처리간에 유의차가 거의 나타나지는 않았으나 천연액비를 50x 희석한 처리구에서 초장 142.9cm로 다소 증가하였으며, 천연액비를 25x 희석후 CaCl<sub>2</sub>를 혼합한 처리구와 천연액비를 25x 희석후 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 와 CaCl<sub>2</sub>를 혼합한 처리구에서는 모두 고사하였다(Table 18).

튤립의 상자형 양액재배실험에서는 Golden Apeldoorn의 경우 처리처리간에 유의차가 거의 나타나지 않았으며, 천연액비 10x 희석후 CaCl<sub>2</sub>를 혼합한 처리구와 천연액비를 10x 희석후 Nutrition와 CaCl<sub>2</sub>를 혼합한 처리구에서는 모두 고사하였다(Table 19). Apeldoorn의 경우는 처리간에 유의차가 거의 나타나지 않았으며, 천연액비 10x 희석후 CaCl<sub>2</sub>를 혼합한 처리구와 천연액비를 10x 희석후 Nutrition와 CaCl<sub>2</sub>를 혼합한 처리구에서는 모두 고사하였다(Table 20).

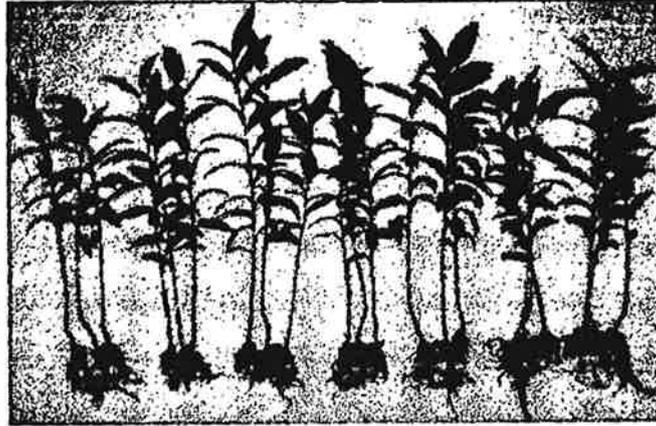
백합의 상자형 양액재배실험에서 Casablanca는 꽃수와 꽃크기에서 수돗물을 제외한 전 처리구에서 증가되었다(Table 21, 22). Marcopolo에 있어서는 10x와 25x로 희석한 처리구에서 꽃수가 대조구 3.83개에 비해 4.30, 4.20개로 증가되었으며, 초장, 꽃크기는 수돗물을 제외한 전 처리구에서 우수한 결과를 나타내었다.(Table 23, 24).

Table 16. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth and development of *Lilium* oriental cv. Casablanca bulblets.

Time of dilution	Height (cm)	No. of leaves	Bulblet weight (g)	Bulblet diameter (cm)	No. of scales	chlorophyll content (mg/ml)
Tap water	37.33 a <sup>y</sup>	11.33 a	4.03 ab	2.08 ab	12.33 b	0.014 c
5x	37.40 a	11.83 a	2.21 c	1.67 c	12.67 b	0.016 bc
10x	37.46 a	12.67 a	3.20 bc	1.88 bc	12.50 b	0.023 a
20x	34.81 a	12.17 a	4.29 ab	2.17 a	13.50 b	0.024 a
30x	37.75 a	12.00 a	3.78 ab	2.12 ab	13.67 ab	0.024 a
50x	35.44 a	11.33 a	4.52 a	2.32 a	15.00 a	0.022 a
Yamazaki <sup>2</sup>	34.73 a	13.17 a	4.03 ab	2.13 ab	13.67 ab	0.018 b

<sup>2</sup>Standard solution in lily.

<sup>y</sup>Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.



**Fig. 9. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth and development of *Lilium* oriental cv. Casablanca bulblets. (Left to right : Tap water, 5x, 10x, 20x, 30x, 50x, Yamazaki)**

Table 17. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Lilium* oriental cv Casablanca.

Time of dilution	Height (cm)	Length of spike (cm)	Length of flower stalk (cm)	Length of pedicel (cm)	Flower diameter (cm)	Days to flowering (days)
Tap water	120.0 ab <sup>w</sup>	33.0 a	89.8 a	12.3 a	21.5 a	151.8 a
5x	-	-	-	-	-	-
25x	116.2 ab	31.8 a	88.8 a	12.0 a	17.6 bc	150.9 a
50x	124.7 a	32.6 a	92.9 a	12.6 a	19.4 ab	151.4 a
A <sup>z</sup>	110.6 b	31.7 a	86.7 a	11.2 a	17.0 c	152.5 a
B <sup>y</sup>	-	-	-	-	-	-
C <sup>x</sup>	-	-	-	-	-	-

<sup>z</sup>25x + KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>

<sup>y</sup>25x + CaCl<sub>2</sub> (1%)

<sup>x</sup>25x + KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + CaCl<sub>2</sub> (1%)

<sup>w</sup>Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

Table 18. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Lilium oriental* cv. Le reve.

Time of dilution	Height (cm)	Length of spike (cm)	Length of flower stalk (cm)	Length of pedicel (cm)	Flower diameter (cm)	Days to flowering (days)
Tap water	138.7 a <sup>w</sup>	38.75 a	104.6 a	13.79 a	15.08 b	122.8 a
5x	112.0 c	23.25 b	93.8 b	10.50 b	22.75 a	122.5 a
25x	136.1 ab	33.67 a	103.3 a	12.00 ab	15.67 b	122.7 a
50x	142.9 a	36.14 a	104.3 a	13.50 b	17.71 ab	123.0 a
A <sup>z</sup>	129.4 b	34.17 a	100.0 ab	12.00 ab	16.33 b	122.7 a
B <sup>y</sup>	-	-	-	-	-	-
C <sup>x</sup>	-	-	-	-	-	-

<sup>z</sup>25x + KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>

<sup>y</sup>25x + CaCl<sub>2</sub> (1%)

<sup>x</sup>25x + KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + CaCl<sub>2</sub> (1%)

<sup>w</sup>Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

Table 19. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tulipa gensneriance* L. 'Golden Apeldoorn'

Time of dilution	Height (cm)	Length of internode(cm)			Length of neck (cm)	Flower diameter (cm)	Days to flowering
		1st.	2nd.	3rd.			
Tap water	40.26 a <sup>y</sup>	6.36 b	4.63 b	8.56 bc	15.57 a	4.89 a	39.9 a
5x	-	-	-	-	-	-	-
10x	34.40 a	7.35 ab	4.91 ab	8.38 bc	11.69 b	4.54 b	39.5 a
20x	38.08 a	6.83 ab	4.94 ab	8.30 bc	12.46 b	4.69 ab	39.9 ab
30x	37.10 a	7.58 ab	5.38 a	8.33 bc	11.96 b	4.54 b	39.2 ab
50x	35.94 a	7.38 ab	5.33 a	9.13 ab	10.84 b	4.70 ab	37.9 b
Nutrition <sup>z</sup>	39.34 a	8.21 a	4.81 ab	10.03 a	13.01 b	4.67 ab	39.6 a
A <sup>y</sup>	35.10 a	6.91 ab	4.54 b	7.79 c	11.28 b	4.55 b	38.7 ab
B <sup>x</sup>	-	-	-	-	-	-	-
C <sup>w</sup>	-	-	-	-	-	-	-

<sup>z</sup>Nutrition : KNO<sub>3</sub> 77.7ppm, KCl 17.2ppm, Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 22.5ppm

<sup>y</sup>10x + Nutrition

<sup>x</sup>10x + CaCl<sub>2</sub>

<sup>w</sup>10x + Nutrition + CaCl<sub>2</sub>

<sup>v</sup>Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

Table 20. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tulipa gensneri* L. 'Casini'

Time of dilution	Height (cm)	Length of internode(cm)			Length of neck (cm)	Flower diameter (cm)	Days to flowering
		1st.	2nd.	3rd.			
Tap water	47.81 ab <sup>v</sup>	6.19 ab	6.16 ab	9.72 a	18.02 c	5.01 a	42.0 a
5x	-	-	-	-	-	-	-
10x(A)	49.58 a	6.58 a	6.24 ab	9.16 a	22.12 a	5.05 a	42.2 a
20x	48.44 ab	6.30 ab	6.08 ab	10.49 a	21.68 a	4.82 a	41.7 a
30x	48.77 a	5.99 ab	6.28 ab	9.90 a	20.28 abc	7.55 a	42.2 a
50x	49.18 a	6.48 a	6.45 a	10.33 a	21.10 ab	5.09 a	40.0 ab
Nutrition <sup>z</sup>	46.90 ab	6.41 a	6.21 ab	10.59 a	18.88 bc	4.93 a	38.0 b
A <sup>y</sup>	45.47 b	5.71 b	5.75 b	10.47 a	19.00 bc	4.73 a	40.9 ab
B <sup>x</sup>	-	-	-	-	-	-	-
C <sup>w</sup>	-	-	-	-	-	-	-

<sup>z</sup>Nutrition : KNO<sub>3</sub> 77.7ppm, KCl 17.2ppm, Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 22.5ppm

<sup>y</sup>10x + Nutrition

<sup>x</sup>10x + CaCl<sub>2</sub>

<sup>w</sup>10x + Nutrition + CaCl<sub>2</sub>

<sup>v</sup>Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

Table 21. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Lilium* oriental cv. Casablanca.

Treatment <sup>z</sup>	Plant height (cm)	Length of flower stalk	No. of leaf	No. of abscission
Control	82.27 a <sup>y</sup>	71.13 a	40.20 ab	4.50 b
Yamazaki	79.57 a	65.17 a	38.87 b	5.27 ab
10X	80.97 a	68.27 a	41.77 ab	6.50 a
25X	85.93 a	71.37 a	44.83 a	4.77 ab
1:1:1	79.70 a	66.83 a	39.20 b	4.87 ab
2:1:1	81.33 a	67.00 a	43.53 ab	4.47 b
목초액	85.50 a	70.83 a	44.67 a	3.50 b

<sup>z</sup> Control : Tap water, Yamazaki : Standard solution in lily, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 목초액 : .

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 22. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Lilium* oriental cv. Casablanca.

Treatment	No. of flower	Flower length	Days to flowering	Abortive flower
Control	3.00 bc <sup>y</sup>	10.10 a	64.10 bc	0.27 b
Yamazaki <sup>z</sup>	3.20 bc	10.50 ab	64.77 abc	0.47 ab
10X	3.83 ab	10.83 a	65.97 a	0.77 ab
25X	3.83 ab	11.07 a	64.67 abc	0.80 ab
1:1:1 <sup>y</sup>	3.53 abc	10.93 a	63.83 c	0.83 ab
2:1:1 <sup>x</sup>	3.53 abc	10.77 a	65.33 ab	0.90 a
목초액 <sup>w</sup>	3.90 a	10.87 a	64.80 abc	0.77 ab

<sup>z</sup> Control : Tap water, Yamazaki : Standard solution in lily, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 목초액 : .

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 23. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Lilium* oriental cv. Marcopolo.

Treatment <sup>z</sup>	Plant height (cm)	Length of flower stalk	No. of leaf	No. of abscission
Control	102.27 b <sup>y</sup>	70.37 b	54.33 a	5.63 b
Yamazaki <sup>z</sup>	108.53 ab	77.60 a	54.50 a	7.57 a
10X	109.30 a	76.07 ab	53.87 a	6.37 ab
25X	109.80 a	78.17 a	55.93 a	6.43 ab
1:1:1 <sup>y</sup>	110.27 a	78.97 a	53.00 a	7.27 a
2:1:1 <sup>x</sup>	110.43 a	77.93 a	55.50 a	7.60 a
목초액 <sup>w</sup>	104.67 ab	71.67 b	54.27 a	6.30 ab

<sup>z</sup> Control : Tap water, Yamazaki : Standard solution in lily, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 목초액 : .

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 23. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Lilium* oriental cv. Marcopolo.

Treatment <sup>z</sup>	No. of flower	Flower length	Days to flowering	Abortive flower
Control	3.83 a <sup>v</sup>	12.10 b	81.20 a	0.00 b
Yamazaki <sup>z</sup>	4.17 a	12.50 ab	76.50 c	0.30 a
10X	4.30 a	12.60 ab	77.93 bc	0.00 b
25X	4.20 a	12.47 ab	78.70 abc	0.10 ab
1:1:1 <sup>y</sup>	4.13 a	12.80 a	76.97 bc	0.07 ab
2:1:1 <sup>x</sup>	4.43 a	12.20 b	79.47 ab	0.10 ab
목초액 <sup>w</sup>	4.07 a	12.63 ab	76.93 bc	0.00 b

<sup>z</sup> Control : Tap water, Yamazaki : Standard solution in lily, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 목초액 : .

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

### 3. 천연무균액비를 이용한 화훼류 양액재배시 천연무균액비의 효능 시험

초화류인 프리물라의 경우 초장은 수돗물과 천연무균액비 30 x 처리구에 비하여 다른 처리구에서 촉진되었으며, 개화 소요일수는 수돗물과 화학비료인 Masterblend 처리구보다 천연무균액비 처리구에서 촉진되었다. 특히 천연무균액비 단용 처리구인 10 x, 20 x 회석농도에서 개화일이 가장 촉진되었다. 꽃수에 있어서는 천연무균액비를 N, P, K 함량을 2:1:1로 조제한 처리구가 가장 우수하였으며 Masterblend 처리구와 천연무균액비 10 x 회석 처리구에서도 향상된 결과를 나타내었다. 꽃크기에 있어서는 수돗물과 천연무균액비 30 x 회석 농도 처리구에 비하여 다른 처리구에서 우수한 결과를 나타내었다(Table 21).

초화류인 팬지 '화이트'의 경우 초장은 처리구간에 통계적 유의차를 나타내지 않았으나, 개화 소요일수는 천연무균액비 20 x, 30 x 회석 농도 처리구에서 가장 촉진되었다. 꽃수에 있어서는 Masterblend 처리구에서 가장 촉진되었으나 천연무균액비 10 x 회석 농도 처리구에서 가장 우수한 결과를 나타내었다. 꽃크기에 있어서는 천연무균액비를 N, P, K 함량 2:1:1로 조제한 처리구에서 가장 우수한 결과를 나타내었다 (Table 22). '엘로우'의 경우 초장은 Masterblend 처리구와 천연무균액비 혼합 처리구에서 가장 촉진되었고, 개화 소요일수는 천연무균액비 10 x, 20 x 회석 농도 처리구에서 가장 우수한 결과를 나타내었다. 꽃수에 있어서는 천연무균액비 10 x 회석 농도 처리구에서 꽃이 가장 많이 형성되는 결과를 나타내었다. 꽃크기에 있어서는 수돗물 처리구를 제외한 전 처리구에서 우수한 결과를 나타내었다(Table 23).

초화류인 금잔화의 경우 초장은 화학비료인 Masterblend 처리구보다도 천연무균액비를 N, P, K 함량 1:1:1과 2:1:1로 조제 혼합한 처리구에서 가장 촉진되었으며, 개화 소요일수는 수돗물을 제외한 전 처리구에서 우수한 결과를 나타내었다. 꽃수에 있어서는 천연무균액비 10 x 회석 농도 처리구와 천연무균액비를 N, P, K 함량 1:1:1로 혼합 조제한 처리구에서 꽃이 가장 많이 형성되는 것으로 나타났다. 꽃크기에 있

어서는 수돗물 처리구를 제외한 전 처리구에서 우수한 결과를 나타내었다(Table 24).

천연무균액비를 이용한 금잔화의 분화재배시 처리농도 효과는 초장에서는 처리별 유의성은 나타나지 않았으나 전 처리구에서 Yamazaki처리구 보다 다소 증가하였으며, N, P, K 함량 1:1:1로 조제 혼합한 처리구에서 꽃수와 건물중이 현저히 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 분화재배시에는 천연무균액비 10 × 회석 농도 처리구 및 N, P, K 함량을 1:1:1과 2:1:1로 조제 혼합한 처리구에서 초장 및 건물중이 증가하는 경향을 보였다(표 29). 담액식 수경재배에서는 천연무균액비 40 × 회석 농도 처리구에서 무처리구보다 초장, 꽃수, 생체중 및 건물중이 월등히 증가하였으나, 천연무균액비 10 및 20 × 회석 농도 처리구에서는 고사하였다(표 30, 그림 9).

Table 25. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Primula* hybrid.

Treatment <sup>2</sup>	Plant height (cm)	Days to flowering	No. of flower	Flower diameter(cm)	
				Length	Width
Control	4.72 a <sup>y</sup>	68.04 ab	2.15 d	3.06 c	3.10 c
10x	3.98 a	53.42 c	6.42 ab	4.30 ab	4.36 ab
20X	3.38 a	55.80 c	5.48 bc	4.08 ab	4.12 ab
30X	3.04 a	58.74 bc	5.66 bc	3.96 b	3.98 b
1:1:1	4.10 a	74.00 a	4.68 c	4.04 ab	4.06 ab
2:1:1	3.88 a	63.52 bc	6.88 a	4.20 ab	4.26 ab
Masterblend	4.36 a	67.06 ab	5.86 abc	4.42 a	4.42 a

<sup>2</sup> Control : Tap water, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, Masterblend : 20-10-20 (N-P-K, Chemical fertilizer)

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

Table 26. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Viola tricolor* 'Majestic Giant White'.

Treatment <sup>z</sup>	Plant height (cm)	Days to flowering	No. of flower	Flower diameter(cm)	
				Length	Width
Control	8.46 a <sup>y</sup>	99.08 a	1.76 d	5.98 c	6.68 c
10x	10.76 a	92.08 a	2.86 ab	6.56 bc	7.44 b
20X	22.18 a	63.40 c	2.40 bc	6.74 b	7.54 b
30X	8.72 a	65.18 c	2.12 cd	6.98 ab	7.64 ab
1:1:1	11.40 a	77.86 b	2.60 bc	7.18 ab	7.82 ab
2:1:1	11.24 a	75.92 b	2.72 ab	7.48 a	8.30 a
Masterblend	12.02 a	74.58 b	3.20 a	7.48 a	8.02 ab

<sup>z</sup> Control : Tap water, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, Masterblend : 20-10-20 (N-P-K, Chemical fertilizer)

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

Table 27. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Viola tricolor* 'Majestic Giant Yellow'.

Treatment <sup>z</sup>	Plant height (cm)	Days to flowering	No. of flower	Flower diameter(cm)	
				Length	Width
Control	7.40 c <sup>y</sup>	98.24 a	1.36 d	5.56 b	6.10 b
10x	12.14 a	56.74 d	3.52 a	6.76 a	7.62 a
20X	9.58 b	59.40 cd	2.62 b	6.86 a	7.56 a
30X	9.92 b	66.94 bc	2.00 c	6.82 a	7.40 a
1:1:1	11.24 ab	74.14 b	2.46 bc	7.22 a	7.78 a
2:1:1	11.24 ab	72.20 b	2.40 bc	7.16 a	7.50 a
Masterblend	13.00 a	72.98 b	2.72 b	7.06 a	7.54 a

<sup>z</sup> Control : Tap water, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, Masterblend : 20-10-20 (N-P-K, Chemical fertilizer)

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

Table 28. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Calendula officinalis* 'Orange bright.

Treatment <sup>z</sup>	Plant height (cm)	Days to flowering	No. of flower	Flower diameter(cm)	
				Length	Width
Control	10.42 c <sup>y</sup>	122.12 a	1.65 c	4.44 b	4.44 b
10x	13.50 b	86.46 b	3.00 ab	5.62 a	5.62 a
20X	15.52 b	92.26 b	2.00 c	5.70 a	5.72 a
30X	14.90 b	92.80 b	1.86 c	5.60 a	5.60 a
1:1:1	19.30 a	90.86 b	3.30 a	5.72 a	5.70 a
2:1:1	17.96 a	95.26 b	2.80 b	5.58 a	5.58 a
Masterblend	15.46 b	92.60 b	2.88 b	5.52 a	5.52 a

<sup>z</sup> Control : Tap water, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, Masterblend : 20-10-20 (N-P-K, Chemical fertilizer)

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level

Table 29. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L. by soil drench.

Treatment <sup>z</sup>	Plant height (cm)	No. of flower	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Control	14.8 b <sup>y</sup>	3.6 c	2.36 b	0.58 c
Yamazaki	16.7 a	4.4 bc	2.41 ab	0.65 b
10x	17.3 a	5.9 ab	2.58 a	0.87 a
25X	16.8 a	6.6 a	2.46 ab	0.63 b
2:1:1	17.8 a	7.1 a	2.63 a	0.84 a
1:1:1	17.4 a	7.7 a	2.59 a	0.85 a

<sup>z</sup> Control : Tap water, Yamazaki : Standard solution in lily, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer.

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 30. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L. by deep flow culture.

Treatment <sup>2</sup>	Plant height (cm)	No. of flower	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Control	16.0 b <sup>1</sup>	3.1 b	158 b	0.49 b
10x	-	-	-	-
20X	-	-	-	-
40X	19.2 a	7.8 a	251 a	0.86 a

<sup>2</sup> Control : Tap water

<sup>1</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

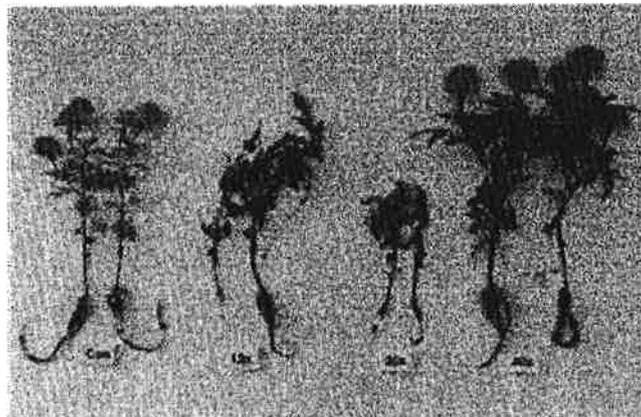


Fig. 9. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Tagetes patula* L. by deep flow culture.

#### 4. 천연무균액비 사용이 몇 가지 채소작물의 생육 및 품질에 미치는 영향

천연무균액비를 이용한 고추묘의 분화재배시 처리농도 효과는 초장에서는 N, P, K 함량 2:1:1로 조제 혼합한 처리구에서 가장 증가하였으며, 엽수, 생체중 및 건물중에서는 천연무균액비가 사용된 전 처리구에서 무처리 및 Yamazaki처리구보다 현저히 증가하는 것으로 나타났다(표 34, 그림 11). 담액식 수경재배에서는 천연무균액비 10 및 20 × 회석 농도 처리구에서 초장, 엽수, 생체중 및 건물중이 월등히 증가하였으며, 천연무균액비 40 × 회석 농도 처리구에서는 생육이 다소 저조하였다(표 31, 그림 10).

천연무균액비를 이용한 토마토묘의 분화재배시 처리농도 효과는 N, P, K 함량 2:1:1로 조제 혼합한 처리구에서 초장, 생체중 및 건물중이 각각 21.7cm, 3.12g, 1.90g으로 가장 증가하였으며, 초장, 생체중 및 건물중에서는 천연무균액비가 사용된 전 처리구에서 무처리 및 Yamazaki처리구보다 현저히 증가하는 것으로 나타났다(표 35). 담액식 수경재배에서는 천연무균액비 10 × 회석 농도 처리구에서 초장, 생체중 및 건물중이 각각 25.4cm, 5.16g, 2.13g으로 가장 증가하였으며 20 × 회석 농도 처리구에서는 다소 생육이 떨어졌으나 유의성은 보이지 않았다. 천연무균액비 40 × 회석 농도 처리구에서는 생육이 다소 저조하였다(표 32).

천연무균액비를 이용한 배추묘의 담액식 수경재배에서는 천연무균액비 20 × 회석 농도 처리구에서 초장, 엽수, 생체중 및 건물중이 각각 19.5cm, 5.3개, 2.37g 및 0.95g으로 월등히 증가하였으며, 천연무균액비 40 × 회석 농도 처리구에서도 증가된 경향을 나타내었다(표 33).

Table 31. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Capsicum annum* L. by deep flow culture.

Treatment <sup>z</sup>	Plant height (cm)	No. of leaves	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Control	10.8 d <sup>y</sup>	3.5 c	1.37 c	0.23 d
10x	19.7 b	11.2 a	2.38 ab	0.62 b
20X	21.4 a	12.2 a	2.59 a	0.73 a
40X	18.0 c	7.4 b	2.13 b	0.48 c

<sup>z</sup> Control : Tap water

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 32. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Lycopersicum esculentum* MILL. by deep flow culture.

Treatment <sup>z</sup>	Plant height (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Control	5.5 c <sup>y</sup>	1.02 c	0.21 c
10x	25.4 a	5.16 a	2.13 a
20X	24.6 a	4.94 a	1.97 a
40X	14.8 b	2.15 b	0.82 b

<sup>z</sup> Control : Tap water

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 33. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Brassica campestris* L. by deep flow culture.

Treatment <sup>z</sup>	Plant height (cm)	No. of leaves	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Control	7.7 c <sup>y</sup>	4.5 b	1.35 c	0.34 c
10x	17.2 b	4.8 ab	1.89 b	0.69 b
20X	19.5 a	5.3 a	2.37 a	0.95 a
40X	19.2 a	5.1 a	2.41 a	0.93 a

<sup>z</sup> Control : Tap water

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 34. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Capsicum annum* L. by soil drench.

Treatment <sup>z</sup>	Plant height (cm)	No. of leaves	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Control	14.6 c <sup>y</sup>	8.1 b	1.42 c	0.34 c
Yamazaki	18.6 b	8.1 b	1.83 b	0.51 b
10x	19.9 ab	12.3 a	2.28 a	0.69 a
25X	19.6 ab	12.1 a	2.19 a	0.68 a
2:1:1	21.9 a	10.7 a	2.31 a	0.66 a
1:1:1	19.4 ab	11.0 a	2.25 a	0.65 a

<sup>z</sup> Control : Tap water, Yamazaki : Standard solution in lily, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer.

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 35. Effect of natural nutri-fertilizer on the growth of *Lycopersicum esculentum* MILL. by soil drench.

Treatment <sup>z</sup>	Plant height (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
Control	5.8 d <sup>y</sup>	1.13 c	0.24 c
Yamazaki	14.8 c	2.13 bc	0.80 bc
10x	18.3 b	2.49 b	0.81 bc
25X	18.9 ab	2.53 b	1.25 b
2:1:1	21.7 a	3.12 a	1.90 a
1:1:1	17.3 bc	2.48 b	1.21 b

<sup>z</sup> Control : Tap water, Yamazaki : Standard solution in lily, 1:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer, 2:1:1(N-P-K(1:1:1, v/v)) : 10 x + Chemical fertilizer.

<sup>y</sup> Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.



## 제 4 절 결 론

1. 제라늄은 천연양액의 토양관주시 200배 희석농도와 엽면시비시 10배 희석농도에서 초장, 엽크기, 생체중과 건물중 등의 생육이 촉진되었다.
2. 시클라멘은 천연양액 50배, 100배 희석한 농도의 토양관주처리구와 2배 희석한 농도의 엽면살포처리구에서 초장이 가장 촉진되었으며 엽크기는 25배 희석한 천연액비의 토양관주처리구가 가장 촉진되었고 생체중과 건물중 또한 비슷한 경향이었다.
3. 매리골드와 샬비어는 천연양액의 25배 희석한 토양관주가 가장 촉진되었다.
5. 시비방법은 모든 식물에 있어서 토양관주처리구가 엽면살포처리구에 비해 모든 생장이 증가하는 결과를 나타내었다.
6. 매리골드와 샬비어의 경우 천연양액의 성분조성을 N:P:K(1:1:1)로 조성한 것이 초장 및 엽크기가 천연양액 단용 처리구보다 촉진되었으며, 생체중이나 건물중 또한 촉진되었다. 화학비료인 Masterblend보다는 초장의 생육이 다소 떨어지는 것으로 조사되었다.
7. 백합 종구 양액배양시 천연양액을 50x 희석하여 관주한 처리구에서 자구중, 자구직경, 인편수가 가장 촉진되었다. 그리고 엽록소 함량은 천연양액 10x이상 희석 처리구에서 모두 증가하였다.
8. 백합 상자형 양액재배시 카사블랑카와 르네브의 경우 천연양액을 50x 희석한 처리구에서 초장이 다소 촉진되었다.

9. 불림의 양액배양시에는 2품종 모두 천연양액의 희석농도간에 유의차를 나타내지 않았다.

10. 프리물라, 팬지, 금잔화의 개화소요일수는 천연양액 10x, 20x 희석한 처리구에서 각각 무처리에 비하여 10~30일 축진이 되었고, 30x의 저농도 처리구에서는 다른 처리구에 비하여 생육이 저조하였다.

11. 천연무균액비의 시용이 몇가지 채소작물의 생육 및 품질에 미치는 영양에 관련된 실험은 계속 수행중에 있으며, 그 효능에 관한 자료는 최종보고서에 수록할 계획에 있다.

## 제 5 절 참고 문헌

1. Boertje, G.A. 1986. The effect of the nutrient concentration in the propagation of tomatoes and cucumbers on rockwool Acta. Horti. 178:59-65.
2. Gabriels, Ro., W. van Keirsbulck and H. Engels. 1985. Computer aided chemical analysis and fertilizer recommendation of composts and other substrates. Acta. Hort. 172:245-249.
3. Gunther, J. 1984. Analytics of substrates and problems by transmitting the results into horticultural practice, Acta Hort. 150:33-40
4. 한원탁외 6명, 1993. 양액재배의 배지종류가 딸기 품질 및 수량에 미치는 영향. 농업논문집(농진청). 35(2).
5. Hartmann, H.T., Kester, D.E., and Davis, F.T., 1990. Plant propagation-principles and practices. Prentice Hall. pp.429-439
6. Healy, W.E., H.F. Wilkins. 1982. The influence of light on Lily. II. Influence of photoperiod and light stress on flower number, height and growth rate. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(2):335-338.
7. Healy, W.E., H.F. Wilkins. 1984. Temperature effect on 'Nellie White' flower bud development Hortscience. 19(6):843-844.
8. 허복구, 양원모, 진영욱, 서정근. 1993. 나팔나리 '조지아'의 인편번식에 있어서 양액의 종류 및 배지 온도가 자구형성에 미치는 영향. 한원지. 34(6):439-445.
9. 일본시설원예협회. 1988. 양액재배분류(보고서). 일본. p 5-70

10. 장전익, 박용봉. 1992. 고품배지 송이를 이용한 방울토마토 양액재배 기술개발에 관한 연구. 제주대 아열대 농업연구:9
11. 장전익, 오대민, 현해남. 1995. 제주송이를 이용한 방울토마토 양액재배시 양액성분 및 생육에 관한 연구. 생물산업시설환경. 4(1)
12. 이정식. 1994. 국내산 화분용 유기질 배양토 원료개발에 관한 연구. 1. 국내산 유기질 연화방법 구명 연구. pp. 3-136. 농촌진흥청 특정용역과제논문.
13. 이정식. 1995. 고온 및 화학약품 처리에 따른 국내산 화분용 유기질 배양토 원료의 pH, EC alc 몇가지 물리성의 변화. 한원지. 36(5):695-706.
14. 이정식. 1995. 고온 및 화학약품 처리가 국내산 화분용 유기질 배양토 원료의 유기물 및 몇가지 화학적 처리에 미치는 영향. 한원지. 36(6):368-381.
15. 이정식, 상재규. 1991. 관엽식물 재배현황 및 이용실태에 관한 연구. 1. 관엽식물 재배현황. 한예지 32(3):358-381
16. 류병열, 이정식. 1996. 몇가지 유기질원료로 만든 화분배합토의 성질 변화. 한원지. 37(1):127-135.
17. Wilison, G.C.S. 1985. New perlite system for tomatos and cucumbers. Acta Hort. 172:151-156

## Summary

In the membrane filtration process for treatment of livestock wastewater, incomplete anaerobic fermentation disturbs filtration and causes fouling of membrane. To correct the problem, fermentation-stimulating microorganisms can be added. In this study, some useful microorganisms were isolated, characterized and examined their ability for anaerobic fermentation. Polymer degrading bacteria, lactic acid bacteria, yeasts and photosynthetic bacteria were selected as useful microorganisms. To isolate polymer degrading bacteria, we screened the bacteria having high enzyme activities for cellulase, xylanase, amylase and protease, and selected four strains. The selected strains were examined for their substrate specificities and physiological properties. In addition, we screened four yeast strains, four lactic acid bacteria and three photosynthetic bacteria which were selected by their superior abilities for aerobic and anaerobic fermentation. The enrichment procedures and culture condition were determined by using synthetic media and artificial wastewater. To be applied to membrane process, abilities of the selected microorganisms for treating livestock wastewater were examined. The screened yeasts were cultivated in microaerophilic condition and were inhibited in 10g/L ethanol concentration. In addition to ethanol production, acetate, propionate, and lactic acid were produced and can be used as substrates for other fermentative bacteria. Using swine wastewater as substrates, treatment efficiencies of polymer degrading bacteria, lactic acid bacteria and yeasts were investigated respectively. In

the case of polymer degrading bacteria, COD removal efficiency was 45%. Treatment efficiencies using one type of bacteria were not sufficient therefore mixed culture was recommended. For applying to the process, optimum condition for cultivation of photosynthetic bacteria were determined according to pH, temperature, light intensity. By inoculating photosynthetic bacteria(10% v/v) in the swine wastewater (COD 10,000 mg/L), we could acquire high efficiency (effluent COD was 1,300 mg/L). It can be used to treat swine wastewater without dilution.

## 제 1장 서론

### 제 1절 연구개발의 목적과 범위

축산폐수처리시설에서 현재의 보완점으로 대두되는 것이 불완전한 혐기발효로 인해서 축산폐수의 막분리가 잘 안되고 막히는 문제가 발생한다는 점이다. 이 처리시설의 핵심인 막의 수명의 단축이라는 문제의 해결책으로, 돈사에서 나오는 축산분뇨를 UASB 반응기에서 새로운 발효촉진미생물들을 넣어주어 완전하고도 빠른 혐기성 발효를 진행시키는 것이다. 혐기성발효를 촉진시키고 혐기성발효의 안정화를 위해 유용 미생물들을 탐색 및 분리하여야 하는데, 이런 유용 미생물들을 분리할 수 있는 전통 발효 식품을 선정하고 선별한 전통 발효 식품에서 생체고분자 분해균과 효모 및 젖산균으로 이루어진 발효미생물 및 광합성 세균을 분리하여 축산 분뇨 처리에 이용할 방법을 모색한다.

생체고분자 분해 미생물은 유기성 폐기물의 주성분인 생체고분자를 단량체 단위로 분해하여 다른 미생물을 성장을 돕는 역할을 한다. 발효 미생물로 선정된 효모는 악취의 주원인인 암모니아를 질소원으로 사용하고 에탄올과 같은 방향성 에스터 화합물을 생성하므로 악취를 제거하는 역할을 하게된다. 또한 보다 중요한 기능으로 산소가 없는 상태에서도 자라며 성장 후 autolysis 되면 다른 유용 미생물인 젖산균 등에 필수 영양분을 제공하게 된다. 광합성 미생물은 부패 미생물에 의해 생성된 아세트산과 같은 유해산물을 제거하여 이들로부터 식물을 보호하고 부패미생물의 성장을 저해한다. 또한 이들은 필수 영양분을 분비하여 다른 미생물과도 쉽게 공생관계를 유지할 수 있어 생태학적으로 유리하다. 이들 미생물이 유기물과 함께 토양에 이용되면 식물의 성장을 증가시키는 것으로 알려지고 있다. 그러므로 이들의 복합체를 이용하여 축산분뇨를 처리하고 발효산물을 퇴비 또는 액비로 이용하면

이중의 장점을 얻을 수 있는 것이다.

따라서 본 연구에서는 UASB를 이용한 축산폐수의 혐기발효를 촉진시킬 수 있는 유용미생물의 탐색과 분리 및 선별을 통하여 분리된 미생물의 특성을 조사하고 각각의 축산폐수에 대한 발효능을 조사하여 막분리방법을 이용한 축산폐수 처리의 전단계를 원활히 하는데 그 목적이 있다.

## 제 2절 연구 진행 방법

### 1. 유용미생물(젖산균, 효모, 고분자 분해균, 광합성세균)의 분리원 탐색 및 선별

유용미생물이 부패균의 성장을 억제시키고 폐수처리를 하면서 영양물질을 생성시키므로 이들 유용미생물을 축산폐수에 이용하면 충분한 효과를 얻을 수 있다. 이를 위하여 각종 전통식품(메주, 간장, 김치, 젓갈류 등등)으로부터 미생물의 활성을 측정하고 목적하는 미생물을 탐색하고 분리한다. 또한 빛을 충분히 받고 있는 혐기조건인 물과 침전물 등에서 유기산 분해능이 뛰어난 광합성균을 탐색하고 분리한다.

### 2. 생체고분자 분해균의 분리

전통발효식품에서 각종 고분자 물질 분해에 관여하는 효소의 활성을 확인하기 위하여 본 실험실에서 개발된 색소기질법을 이용하여 다당류의 분해활성을 확인한다. 색소기질로 가능한 다당류로는  $\beta$ -glucan, xylan, starch, cellulose 등이 있고 다당류 외의 고분자로 단백질 및 지질의 분해에 대한 활성은 plate상에서 clear zone의 생성이나 시험관에서 인공기질에 대한 탁도의 변화로써 측정할 수 있다. 활성이 높게 나타나는 발효식품으로부터 미생물의 분리를 시도하여 우수한 미생물을 선택한 다음 이 미생물의 효소활성에 대한 유도 물질 및 최적 성장조건을 연구한다.

특히 고농도 유기물에서 성장할 수 있는 미생물에 초점을 맞춘다.

### 3. 발효미생물(효모 및 젖산균)의 분리

응용가능한 유용미생물로서 젖산균과 효모를 선정하여 분리한다. 전통식품에서의 발효미생물의 활성은 분석 기기를 이용한 발효산물의 분석으로 판별한다. 분리배지로는 Sabouraud agar(peptone 10g, glucose 10g, agar 15g, streptomycin 0.1mg, in ddH<sub>2</sub>O, pH 5.6) 또는 Potato dextrose agar를 이용하여 평판배지에서 효모를 분리하고, 본 실험실에서 개발한 특수한 배지(glucose 5g, Yeast Extract 5g, peptone 5g, Meat Extract 5g, CaCO<sub>3</sub> 2g, agar 15g, in ddH<sub>2</sub>O, pH 6.5)를 이용하여 젖산균(lactic acid bacteria)을 분리한다. 효모는 현미경상에서 쉽게 식별이 가능하고 젖산균은 배지상에서 젖산을 생산하여 clear zone을 형성하므로 분리가 용이하다. 특히 고농도의 유기물에서 성장이 활발한 osmophilic 미생물의 분리에 초점을 맞추고, 나아가 gas chromatograph를 이용하여 발효산물을 분석하여 원하는 미생물을 선별한다.

### 4. 광합성 미생물의 분리

빛의 파장이나 강도, 산화환원전위 등의 환경인자를 고려하여 광합성 세균의 최적 배양조건을 검토하고 최소 선택배지( K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.5g, MgSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O 0.2g, NaCl 2.0g, CaCl<sub>2</sub> 2H<sub>2</sub>O 0.05g, Organic carbon compounds 0.1g, Yeast extract 0.2g, Trace metal solution 1ml, Fe-citrate solution 5ml, Cyanocobalamin 1ml in ddH<sub>2</sub>O, pH 6.8, light 500-1000lux incandescent light, 온도 30℃)를 이용하여 다양한 환경에 적응성이 뛰어난 purple nonsulfur bacteria를 분리한다. 이때 혐기성 상태가 필요하므로 질소가스를 이용하여 공기를 치환하고 밀봉하여 serum bottle에서 농화

배양, 분리한다.

#### 5. 분리된 미생물에 의한 축산 분뇨 발효능 조사

각 그룹의 유용미생물의 기질 특이성 등의 생리적인 특성을 파악하고 배양조건을 찾아낸다. 유용미생물 중 성장조건이 축산분뇨의 물리 화학적 성상에 부합하는 미생물을 선별한다. 선별된 미생물을 각각 축산분뇨에 투입하여 실험실 수준에서 각 미생물들의 활성이 유지되는지를 확인한다. 각 미생물의 혼합 배양 특성 조사하여 광합성 세균과 혐기 소화 미생물들에 의해 축산폐수를 처리할 수 있는 조건을 탐색한다.

## 제 2장 연구 수행 내용 및 결과

자연계에 존재하는 유용미생물 및 광합성세균을 분리하고 이들의 기질특이성 및 여러 생리적 특성을 연구하며, 축산폐수를 기질로 한 농화배양조건을 확립하였다. 이때 농화배양정도의 활성을 확인하기 위하여 반응산물과 발효정도 및 미생물을 정량화할 수 있는 방법을 개발하였다. 이와 함께 순수분리도 시도하여 미생물의 생리에 대한 기초 연구도 함께 수행했다.

### 제 1절 유용 미생물(고분자분해균, 효모균, 젖산균)의 탐색 및 분리

#### 1. 연구방법

##### 가. 고분자 분해 미생물의 분리

고분자 유기물을 분해하는 미생물이 많이 존재할 것으로 예상되는 퇴비, 토양, 음식 폐기물 등으로부터 농화배양 방법을 이용하여 고분자분해 미생물을 분리하였다.

##### 1) 농화배양 조건

고분자물질(Starch, Cellulose, Xylan, Protein 등등)을 약 0.1% 포함하는 생리 식염수(0.8% NaCl 용액)에 각 시료를 현탁시킨 후 현탁액 약 50ml을 500ml flask에 넣어 30 °C의 skaking incubator에 넣어 농화배양하였다. 음식폐기물인 경우, 30

℃ incubator에 48시간 방치한 후 생기는 침출액과 고형물을 대상으로 균주의 분리를 하였다.

2) 고분자 분해 미생물 분리

농화배양된 현탁액을 0.1 ml 채취, 분리배지에 도말하여 형성되는 미생물의 집락들 중 색소기질의 분해가 관찰되는 집락을 선정하여 일차로 분리하고 색소기질 배지에서 효소생산을 다시 확인한 후 단일 균주로 분리하였다. 고분자 분해 미생물의 분리에 사용된 색소기질이 포함된 고체 배지의 조성은 Table 1와 같다.

Table 1. 고분자 분해 균주 선별을 위한 배지의 조성

성 분	농 도
Trypton	10 g
Yeast extract	5 g
Sodium chloride	5 g
Amylase Test tablet	10 tab.
Agar	18 g
Water	1 L

나. 발효 미생물(효모균, 젖산균)의 분리

전통발효식품 및 음식폐기물 등에서 효모, 젖산균 등의 발효형 미생물들을 농화배양법으로 분리하였다. 분리된 발효형 미생물들은 발효 산물 분석을 통하여 이들의 유기물 전환능력을 측정하였고, 당과 유기산 등의 기질을 이용하는 효모 5종과 젖산균 4종을 선별하였다.

## 1) 발효미생물의 분리원 선정

발효미생물 채취원으로 전통발효식품과 음식폐기물을 선정하였다. 전통발효식품으로는 된장, 간장, 고추장, 김치, 멸치젓 등이 있으며 이러한 식품 속에 존재하는 유익한 발효형 미생물들의 활동에 의해 발효가 일어나게 된다. 또한 축산폐수의 경우, 대부분이 유기물로 구성되어 있는데 이 유기물들을 혐기적으로 이용(발효)하여 자라는 미생물들이 다양하게 존재하며 최근에는 유기성 폐기물의 처리 및 퇴비 생산에서 이들 발효형 미생물들이 중요한 작용을 하는 것으로 밝혀졌다. 따라서 발효형 미생물들이 다양하고 풍부하게 존재하는 전통발효식품과 음식폐기물에서 발효형 미생물을 분리를 시도하였다.

## 2) 효모균의 분리

효모균은 혐기적 조건 뿐만 아니라 호기적 조건에서도 유기물(탄소원)의 양이 많을 경우 탄소원을 발효하는 성질이 있으며 이들에 의한 대표적인 발효산물로는 에탄올과 이산화탄소가 있다. 또한 소량의 방향성 화합물을 생산하기 때문에 에탄올과 함께 축산폐수에서 발생하는 냄새 제거에 도움을 줄 수 있다. 따라서 효모를 이용하여 축산폐수를 처리하면 축산폐수의 분해과정에서 부패형 미생물에 의해 자주 발생하는 악취를 억제할 수 있고, 복합 미생물 제제로 만들어 축산폐수에 가할 경우 축산폐수의 처리 및 동·식물의 사료, 비료로 사용할 수 있는 유용한 물질로 전환할 것이다. 동시에 다량의 복합 미생물 제제를 얻을 수 있으므로 폐기물을 경제적으로 재활용할 수 있는 장점을 가지고 있다.

### 3) 효모균의 농화배양 조건 및 분리

효모균을 분리하기 위한 배지로 다른 미생물의 성장을 저해하고 효모 종류만이 성장할 수 있는 특수한 Sabouraud Agar 배지(Table. 2)를 이용하였다. 분리 방법으로 먼저, 액상시료들(멸치젓, 김치국물, 간장, 음식폐기물)을 복합배지(50 ml)가 든 플라스크(250 ml)에 소량을 넣고 37 °C에서 2-3일간 배양하였다. 고형시료들(된장, 고추장, 메주)의 경우는 적당량을 식염수에 넣고 vortexing한 후 침전시켜 상등액을 복합배지가 든 플라스크에 옮긴 후, 액상시료와 같이 항온(37 °C)에서 2-3일간 배양하였다. 플라스크 안에서 자란 미생물들을 농화배양하기 위해서 멸균된 식염수에 여러번 희석시킨 후 소량의 희석액(0.1 ml)을 Sabouraud배지에 도말하였다.

도말된 한천배지는 다시 37 °C에서 2-3일간 배양하여 고체배지 상에서 미생물집락이 형성되었음을 확인하였다. 얻어진 colony들을 농화배양과 순수배양하기 위하여 새로운 한천배지에 streaking하고 순수한 단일 colony가 나올 때까지 배양하였다. 순수한 colony의 판별은 각각의 colony를 현미경을 통해 형태와 색깔, 크기 등의 분석을 통해 이루어졌다. 세균과는 달리 효모는 크기와 형태면에서 쉽게 구분이 가능하므로 형태적 관찰만으로도 쉽게 확인할 수 있었다. 또한 배지에서 나는 에탄올과 다른 방향성 화합물에 의한 향기로운 냄새 등을 통해 효모의 성장을 확인할 수 있었다. 이러한 방법을 사용하여 5종의 효모균을 분리였다.

Table 2. 효모균 분리를 위한 배지의 조성(Sabouraud Agar Medium)

성 분	농 도
D. W.	1 L
peptone	10 g
glucose	10 g
agar	15 g
streptomycin	100 µg/ml
pH	5.6

#### 4) 젖산균의 분리

젖산균은 일찍부터 우리의 식생활에 깊이 관여하여 외국의 sauerkraut나 pickle, 우리나라의 김치, 요구르트(yoghurt) 제조에 널리 이용되고 있다. 이와 같은 젖산균은 대표적인 발효 미생물로 고분자 분해균, 효모 등이 생산한 당류(carbohydrate)를 기질로 하여 젖산(lactic acid)을 생성한다. 젖산은 pH를 저하시켜 부패 미생물의 활동을 억제시킴으로써 유기물의 급격한 부패를 방지하고 리그닌(lignin), 셀룰로오스(cellulose)와 같은 난분해성 유기물의 분해를 용이하게 한다. 또한 nisin, diplococcin과 같은 병원균 저해물질과 peroxidase, 휘발성 지방산 등을 생성함으로써 식품성 병원균(food-borne pathogen)을 위시한 각종 유해 미생물의 생육을 억제하는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서 다른 유용미생물과 젖산균을 혼합 배양함으로써 오·폐수를 효과적으로 처리함은 물론 처리산물을 안정화시켜 병원성, 부패성을 제거하고 아울러 토양 개량제, 퇴비 등의 재활용 산물로 이용하고자 하였다. 따라서 이를 위한 기본

실험으로 먼저 젖산균을 분리하여 생리특성을 규명하였다.

#### 5) 젖산균의 농화배양 조건 및 분리

젖산균 분리 시료원으로 발효식품 및 발효제품을 이용하였다. 발효식품으로 김치는 학교 식당에서 구입하였으며, 김치발효시 기간에 따라 젖산균의 분포가 달라지므로 발효 초기, 발효 5일 후, 10일 후, 15일 후, 20일 후에 각각 발효액을 채취하였고 발효제품으로 시판되는 요구르트를 시료로 사용하였다.

김치 및 요구르트 등의 시료 1 ml 취하여 멸균된 증류수를 9 ml 첨가하여 vortexing하였으며 이런 방식으로 희석을 반복하여  $10^3 \sim 10^5$  배의 희석액을 제조하였다. 제조한 분리용 시료를 0.1 ml씩 분취하여 분리용 배지(Table 3)에 떨어뜨린 후 도말봉을 이용하여 도말하고 30 °C incubator에서 배양하였다. 분리배지로는 변형된 Glucose-yeast extract agar 배지(Whittenbury, 1965)에 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ )을 첨가하여 사용하였으며 이 배지 상에서 불용성의 탄산칼슘은 생성된 유기산에 의해 용해되어 투명대(clear zone)를 형성하므로 젖산, 아세트산, 에탄올 등을 생성하는 젖산균을 쉽게 검출할 수 있었다. 약 일주일후 Petri-dish로부터 투명대의 생성여부를 확인하였으며 이들의 단일집락을 선택하여 다시 같은 배지에 streaking하여 순수한 단일집락을 분리하였다.

Table 3. 젖산균 분리를 위한 분리배지의 조성(glucose-yeast extract agar)

성 분	농 도
Glucose	5 g
Yeast extract	5 g
Peptone	5 g
Meat extract	5 g
CaCO <sub>3</sub>	2 g
Agar	15 g
D. W	1 L
pH	6.5

## 1. 연구결과

### 가. 고분자 분해 미생물 분리

고분자 유기물을 분해하는 미생물이 많이 존재할 것으로 예상되는 퇴비, 토양, 음식 폐기물 등으로부터 농화배양 방법을 이용하여 생체고분자 분해 미생물들을 분리하였으며, 복합배지상에서의 효소생산을 확인하였다. Xylan, Cellulose, Starch, Protein 등의 고분자를 분해하는 4종의 미생물, CK24, XK31, SK12, PK42을 분리하였으며 각각 Cellulase, Xylanase, Amylase, Protease 등의 우수한 효소활성을 나타냈다.

#### 나. 발효미생물의 분리

음식 폐기물, 식품, 과일 및 발효식품 등의 유기물에서 효모, 젖산균 등의 발효형 미생물들을 농화배양법으로 분리하였다. 분리된 발효형 미생물들은 발효 산물 분석을 통하여 이들의 유기물 전환능력을 측정하였고, 당과 유기산 등의 기질을 이용하는 효모 5종(YC303, YH502, YK601, YP201, YS702) 및 젖산균 4종(FY503, KK606, KK307, FF405)을 분리하였다.

## 제 2절. 분리된 유용미생물의 생리적 특성 조사

분리된 미생물의 기질특이성을 통해서 생리 특성을 조사했고, 배양조건에 관한 연구가 진행되었다. 각각의 생리적 특성에 따른 최적배양 선정에 관한 연구를 수행하였으며, 아울러 인공폐수를 기질로 사용하여 배양시의 배양 특성과 기질이 갖추어야 할 필수 조건 선정에 대한 연구를 수행하였다.

### 1. 연구방법

#### 가. 생리적 특성 조사

전통발효식품, 음식쓰레기 및 폐하수에서 분리한 미생물의 생리적 특성을 조사하였다. 실험 방법은 비교적 간단한 API kit와 Biolog. Inc. (U.S.A.)에서 시판되는 kit를 이용하였으며, Biolog. kit 이용 방법은 다음과 같다.

미생물을 BUY(Biolog Universal Yeast) Agar배지에 접종하여 26 °C incubator에서 16-48 시간 동안 미생물을 키운다. 미생물이 충분히 자라면, 하나이상의 agar plate에 접종하여 시료로 사용한다. Agar plate에서 잘 자란 미생물을 멸균된 증류수에 현탁(약 $10^6$ cells/ml)시키고, 멸균된 pipet으로 현탁액을 잘 섞는다. 이 미생물 현탁액을 곧바로 MicroPlate에 접종한다. 8-Channel Repeating Pipetter을 이용하여 100  $\mu$ l씩의 현탁액을 시험 plate well에 접종한다. MicroPlate의 덮개를 덮고 26 °C에서 배양한다. 충분한 결과가 나올 때까지, 24, 48, 또는 72 시간동안 배양한다. 배양 결과는 눈으로 확인하기 힘들므로 컴퓨터의 MicroPlate Reader를 이용한다. MicroPlate의 덮개를 열어 컴퓨터의 검출기에 놓고 컴퓨터의 해석을 확인한다.

나. 배양 특성 조사

분리된 유용미생물의 배양조건에 관한 연구가 진행되었으며 각각의 생리적 특성에 따른 최적배양 선정에 관한 연구를 수행하였고, 고농도 유기산을 함유한 인공폐수(Table 4)를 기질로 사용하여 배양시의 배양 특성과 기질이 갖추어야 할 필수 조건 선정에 대하여 조사 하였다. 배양조건은 호기 조건과 혐기 조건으로 나누어서 진행하였다. 호기조건인 경우, 500ml 삼각 flask에 유기산 인공폐수 90ml을 넣고 효모균과 광합성균을 각각 10 % (v/v) 을 접종하여 30 ℃, 150rpm으로 교반을 하면서 배양을 하였다. 혐기조건인 경우는 125ml 혈청병에 유기산 인공폐수 90 ml과 효모균과 광합성균 10%씩을 접종하고 질소가스로 20분간 purging한후 30 ℃에서 정지배양한다. 균의 성장은 spectrophotometer로 600nm의 파장에서 흡광도로 측정하였다.

Table 4. 분리된 미생물의 배양을 위한 배지

성 분	농 도
Acetate, butyrate, propionate, valerate, lactate	각각 50 mM
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	4.4 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	4.8 g
NH <sub>4</sub> Cl	1.0 g
MgSO <sub>4</sub> . 6H <sub>2</sub> O	0.5 g
D. W.	1 L
pH	7.0

## 2. 연구결과

### 가. 고분자분해균의 생리적 특성

Cellulase, Xylanase, Amylase, Protease 등의 우수한 효소활성을 나타내는 고분자 분해균 CK24, XK31, SK12, PK42 등의 여러 생리적 특성은 다음 Table 5과 같다.

### 나. 유용미생물의 생리적 특성

#### 1) 효모균에 대한 생리적 특성

분리된 효모균 5종(YC303, YH502, YK601, YP201, YS702)에 대한 기질특이성은 다음 Table 6 ~ 10와 같다.

Table 5. 분리된 고분자 분해 미생물의 생리학적 특성

특 성	CK24	XK31	SK12	PK42
Gram stain	+	+	+	+
Size	1.4×0.7 μm	1.5×0.6 μm	1.8×0.7 μm	2×0.9 μm
Spore	+	+	+	+
Oxidase	+	+	+	+
Catalase	+	+	+	+
NO <sub>3</sub> reduction	+	+	+	-
Trp → Indole	-	-	-	-
Glucose → Acid	-	-	-	-
Arginine dihydrolase	+	-	-	-
Urease	-	-	-	-
Esculin hydrolysis	-	+	+	+
Gelatin hydrolysis	+	+	+	+
β-galactosidase	-	-	-	+
Assimilation of				
Glucose	+	+	+	+
Arabinose	-	+	-	+
Mannose	-	+	+	+
Mannitol	-	+	+	+
N-acetyl -glucosamine	+	+	+	+
Maltose	+	+	+	-
Gluconate	+	+	-	±
Caprate	-	-	-	-
Adipate	-	-	-	-
Malate	+	+	+	+
Citrate	+	+	+	+
Phenyl-acetate	-	-	-	-

+ 양성, - 음성, ± 부분적 양성

Table 6. 분리된 효모균 YC303의 생리학적 특성

<기질 이용성 (반혐기적 조건)>

D-Glucose +	Me $\alpha$ -D-glucoside	Melibiose -	Raffinose -
D-Galactose +	-, D	Lactose -	Inulin -
Maltose +	Sucrose +,-	Cellobiose -	Starch +,-
	$\alpha,\alpha$ -Trehalose +,D	Melezitose -,D	

<기질 이용성 (호기적 조건)>

D-Galactose +	Melezitose +,-	D-Glucuronate -	w/o Thiamin +
L-Sorbose +,-	Inulin -	DL-Lactate +,-	w/o Biotin &
D-Glucosamine	Starch +	Succinate +	Thiamin +,-
+,-	Glycerol +,-	Citrate +,D	w/o Pyridoxine +
D-Ribose -, D	Erythritol -	Methanol -	w/o Niacin +
D-Xylose +	Ribitol +,D	Ethanol +	w/o Folic acid +
L-Arabinose -	Xylitol +,D	*Nitrate -	w/o p-Amino
D-Arabinose -	L-Arabinitol -	*Nitrite -	benzoate +
L-Rhamnose -	D-Glucitol +	*Ethylamine +	at 25°C +
Sucrose +,-	D-Mannitol +	*L-Lysine +	at 30°C +
Maltose +	Galactitol -	*Cadaverine +	at 35°C +
$\alpha,\alpha$ -Trehalose +	<i>myo</i> -Inositol -	*Creatine -	at 37°C +
Methyl	D-Glucono-1,5-	*Creatinine -	at 42°C +
$\alpha$ -D-glucoside	lactone +	w/o Vitamins	0.01%
+,-	2-Keto-D-gluconate	+,-	Cycloheximide
Cellobiose +, D	+ 5-Keto-D-gluconate	w/o <i>myo</i> -Inositol	+ 50% D-Glucose
Salicin +,-	+ D-Gluconate +,-	+ w/o Pantothenate	+ 60% D-Glucose
Arbutin +, D		+ w/o Biotin +,-	-
Melibiose -			
Lactose -			
Raffinose -			

+ : 양성반응, - : 음성반응, D : 7일이후에 양성반응, W : 약한 양성반응,  
? : 알수없음, w/o : without, \* : 질소원

Table 7. 분리된 효모균 YH502의 생리학적 특성

<기질 이용성 (반혐기적 조건)>

D-Glucose +	Me $\alpha$ -D-glucoside	Melibiose -	Raffinose +,-
D-Galactose -,D	-,D	Lactose -	Inulin -
Maltose +,D	Sucrose +	Cellobiose +,-	Starch -,D
	$\alpha,\alpha$ -Trehalose -	Melezitose -	

<기질 이용성 (호기적 조건)>

D-Galactose +,D	Melezitose +,-	D-Glucuronate -	w/o Thiamin +
L-Sorbose -	Inulin -	DL-Lactate +	w/o Biotin &
D-Glucosamine -	Starch +	Succinate +	Thiamin +
D-Ribose +,-	Glycerol +	Citrate +	w/o Pyridoxine +
D-Xylose +,-	Erythritol +,D	Methanol -	w/o Niacin +
L-Arabinose -	Ribitol +,-	Ethanol +	w/o Folic acid +
D-Arabinose -	Xylitol +,D	*Nitrate +	w/o p-Amino
L-Rhamnose -	L-Arabinitol -	*Nitrite +	-benzoate +
Sucrose +	D-Glucitol +	*Ethylamine +	at 25°C +
Maltose +	D-Mannitol +	*L-Lysine +	at 30°C +
$\alpha,\alpha$ -Trehalose	Galactitol -	*Cadaverine +	at 35°C +,-
+,D	<i>myo</i> -Inositol -	*Creatine -	at 37°C +,-
Methyl	D-Glucono-1,5-	*Creatinine -	at 42°C -
$\alpha$ -D-glucoside	lactone +	w/o Vitamins +	0.01%
+	2-Keto-D-gluconate	w/o <i>myo</i> -Inositol	Cycloheximide
Cellobiose +,D	-	+	-
Salicin +	5-Keto-D-gluconate	w/o Pantothenate	50% D-Glucose
Arbutin +	-	+	+,W
Melibiose -	D-Gluconate +,-	w/o Biotin +	60% D-Glucose
Lactose -			+, -
Raffinose +,-			

Table 8. 분리된 효모균 YK601의 생리학적 특성

<기질 이용성 (반혐기적 조건)>

D-Glucose +,-	Me $\alpha$ -D-glucoside	Melibiose -	Raffinose +,-
D-Galactose +,D	-,D	Lactose +,-	Inulin +,-
Maltose +,-	Sucrose +,-	Cellobiose -,D	Starch -
	$\alpha,\alpha$ -Trehalose -	Melezitose -	

<기질 이용성 (호기적 조건)>

D-Galactose +	Melezitose +,-	D-Glucuronate -	w/o Thiamin +,D
L-Sorbose +,-	Inulin +,-	DL-Lactate +	w/o Biotin &
D-Glucosamine -	Starch -	Succinate +	Thiamin +,-
D-Ribose +,-	Glycerol +,D	Citrate +,-	w/o Pyridoxine +
D-Xylose +,-	Erythritol -	Methanol -	w/o Niacin -
L-Arabinose +,-	Ribitol +,-	Ethanol +	w/o Folic acid +
D-Arabinose -	Xylitol +,-	*Nitrate -	w/o p-Amino
L-Rhamnose -	L-Arabinitol -	*Nitrite -	benzoate +
Sucrose +	D-Glucitol +,D	*Ethylamine +	at 25°C +
Maltose +,-	D-Mannitol +,D	*L-Lysine +	at 30°C +
$\alpha,\alpha$ -Trehalose	Galactitol -	*Cadaverine +	at 35°C +
+,-	<i>myo</i> -Inositol -	*Creatine -	at 37°C +,-
Methyl	D-Glucono-1,5-	*Creatinine -	at 42°C +,-
$\alpha$ -D-glucoside	lactone -,D	w/o Vitamins -	0.01%
+,-	2-Keto-D-gluconat	w/o <i>myo</i> -Inositol	Cycloheximide
Cellobiose +,-	e	+	-
Salicin +,-	-	w/o Pantothenate	50% D-Glucose
Arbutin +,-	5-Keto-D-gluconat	+,-	+,-
Melibiose -	e	w/o Biotin +,-	60% D-Glucose
Lactose +,-	-		-
Raffinose +	D-Gluconate -		

Table 9. 분리된 효모균 YP201의 생리학적 특성

<기질 이용성 (반협기적 조건)>

D-Glucose +	Me $\alpha$ -D-glucoside	Melibiose -	Raffinose -
D-Galactose -	-	Lactose -	Inulin -
Maltose -	Sucrose -	Cellobiose -	Starch -
	$\alpha,\alpha$ -Trehalose -	Melezitose -	

<기질 이용성 (호기적 조건)>

D-Galactose +	Melezitose -	D-Glucuronate -	w/o Thiamin -
L-Sorbose -	Inulin -	DL-Lactate D	w/o Biotin & Thiamin -
D-Glucosamine -	Starch -	Succinate +	w/o Pyridoxine +
D-Ribose -	Glycerol +	Citrate -	w/o Niacin +
D-Xylose +	Erythritol -	Methanol -	w/o Folic acid +
L-Arabinose +	Ribitol +	Ethanol +	w/o p-Amino -benzoate +
D-Arabinose -	Xylitol -	*Nitrate +	at 25°C +
L-Rhamnose -	L-Arabinitol -	*Nitrite +	at 30°C +
Sucrose -	D-Glucitol +	*Ethylamine +	at 35°C +
Maltose -	D-Mannitol +	*L-Lysine +	at 37°C +
$\alpha,\alpha$ -Trehalose -	Galactitol -	*Cadaverine +	at 42°C +
Methyl	<i>myo</i> -Inositol -	*Creatine -	0.01%
$\alpha$ -D-glucoside	D-Glucono-1,5- lactone D	*Creatinine -	Cycloheximide
-	2-Keto-D-gluconat e	w/o Vitamins -	-
Cellobiose +	-	w/o <i>myo</i> -Inositol +	50% D-Glucose
Salicin +	5-Keto-D-gluconat e	w/o Pantothenate +	-
Arbutin D	?	w/o Biotin -	60% D-Glucose
Melibiose -	D-Gluconate -		-
Lactose -			
Raffinose -			

Table 10. 분리된 효모균 YS702의 생리학적 특성

<기질 이용성 (반합기적 조건)>

D-Glucose +	Me $\alpha$ -D-glucoside +,-	Melibiose +,-	Raffinose +,-
D-Galactose +,-	Sucrose +,-	Lactose -	Inulin -
Maltose +,-	$\alpha,\alpha$ -Trehalose +,-	Cellobiose -	Starch +,-
		Melezitose +,-	

<기질 이용성 (호기적 조건)>

D-Galactose +,-	Melezitose +,-	D-Glucuronate -	w/o Thiamin +,-
L-Sorbose -	Inulin -	DL-Lactate +,-	w/o Biotin & Thiamin +,-
D-Glucosamine -	Starch +,-	Succinate -,D	w/o Pyridoxine +,-
D-Ribose -	Glycerol +,-	Citrate -	w/o Niacin +
D-Xylose -	Erythritol -	Methanol -	w/o Folic acid +
L-Arabinose -	Ribitol -	Ethanol +,-	w/o p-Amino -benzoate +,-
D-Arabinose -	Xylitol -	*Nitrate -	at 25°C +
L-Rhamnose -	L-Arabinitol -	*Nitrite -	at 30°C +
Sucrose +,-	D-Glucitol -,D	*Ethylamine -	at 35°C +,-
Maltose +,-	D-Mannitol -,D	*L-Lysine -	at 37°C +,-
$\alpha,\alpha$ -Trehalose +,-	Galactitol -	*Cadaverine -	at 42°C +,-
Methyl $\alpha$ -D-glucoside +,-	<i>myo</i> -Inositol -	*Creatine -	0.01% Cycloheximide -
Cellobiose -	D-Glucono-1,5-lactone -,D	*Creatinine -	50% D-Glucose +,-
Salicin -	2-Keto-D-gluconate +,-	w/o Vitamins +,-	60% D-Glucose -
Arbutin -	5-Keto-D-gluconate +,-	w/o <i>myo</i> -Inositol +,-	
Melibiose +,-	-	w/o Pantothenate +,-	
Lactose -	D-Gluconate -	w/o Biotin +,-	
Raffinose +,-			

2) 젖산균의 생리적 특성

분리된 젖산균 4종(FY503, KK606, KK307, FF405)의 생리적 특성은 다음 Table 11과 같다.

Table 11. 분리된 젖산균의 생리적 특성

특 성 \ 균 주	FY503	KK606	KK307	FF405
CO <sub>2</sub> from glucose	-	+	+	+
Lactic acid form	D	LD	D	D
NH <sub>3</sub> from arginine	+	-	-	-
Esculin hydrolysis				
Acid from	+	+	+	+
Arabinose	-	(+)	(+)	+
Cellobiose	+	+	+	+
Fructose	+	+	+	+
Galactose	+	+	+	+
Glucose	+	+	+	+
Gluconate	-	+	+	+
Inulin	-	-	-	-
Lactose	+	+	+	(+)
Maltose	+	+	+	+
Mannitol		+	+	+
Mannose		+	+	+
Rhamnose		-	-	-
Sorbitol		(+)	(+)	+
Sucrose		+	+	+
Trehalose		+	+	+
Xylose		-	(+)	+
G + C mol %	46.3 %	48.8 %	ND	38.9 %

### 3) 분리된 젖산균의 형태 및 생리적 특성

#### 가) 젖산균 FF405의 특성

발효식품(김치, 요구르트)에서 분리된 FF405은 주요 발효 산물로 에탄올, CO<sub>2</sub>, 젖산(lactate) 등을 생산하는 heterofermentative 균이었다. 모양은 구형과 막대형이며 크기는 대략 0.6 × 1.1 μm 정도였다. 운동성이 없으며, 포자를 형성하지 않고, 통성 혐기성이며 최적 배양 온도는 약 30 °C 정도를 보였다. 또한 이들은 indole을 생산하지 않고 질산도 환원시키지 못한다. 분리된 이 젖산균은 김치 발효 초기와 유제품에서 주로 나타나며 다른 병원성 균이나 부패성 균의 성장을 억제하는 항세균성 특징을 보인다.

#### 나) 젖산균 FY503의 특성

발효제품(요구르트)에서 분리한 FY503은 젖산을 주요 발효 산물로 생산하는 homofermentation을 한다. 전형적인 막대형을 띠며 크기는 약 1.0 × 2.1 μm 정도였다. 단일 집락제도 완전한 원형이며 투명하지는 않았으나 어떤 색소도 가지지는 않았고 크기는 약 2-3 mm 정도였다. 포자를 형성하지 않고 운동성이 없는 통성 혐기성균으로 oxidase 실험에서 음성균으로 나타났다. 질산 환원 능력이 없었으며 gelatin도 가수분해하지 못했으나 다양한 영양을 요구하는 특성이 있다. 최적 배양 온도는 약 38 °C로 상당히 높았다.

#### 다) 젖산균 KK606, KK307의 특성

발효식품(김치)에서 분리된 KK606, KK307은 에탄올, 이산화탄소, 젖산을 생산하는 heterofermentation을 주로 한다. 두 균주는 전형적인 막대형이며 개체들 사이에 주로 짧은 사슬을 형성하며, 단일 집락체의 모양과 크기에 있어서 상당히 유사하다. 약간의 높은 pH에 대해서도 생장에 크게 영향을 받는다. 15 °C 정도의 낮은 온도에서도 생장이 가능하며 최적 온도는 약 30 °C 정도였다. 이들은 다양한 영양 요구성을 보였으며 niacin이나 pantothenate를 growth factor로 요구하였다.

#### 4) 고농도 유기산 배지에서의 성장 특성 조사

고농도 유기산을 함유한 인공배지(Table 4)에서 효모균과 광합성균의 성장을 혐기적 조건과 호기적 조건으로 나누어 실험하였다. 호기적 조건에서는 Fig. 1에서와 같이 분리된 효모균중에서 YC303의 균이 다른 효모균보다 균체 성장이 매우 높음을 알 수 있다. 또한 혐기조건으로 분리한 광합성균 SW506의 경우, 호기조건에서 성장의 lag phase를 지난 후에는 효모균 YC303보다 더 높은 균체 성장을 보였다. 따라서 고농도 유기산을 포함하는 축산배지에서 효모균과 광합성균의 높은 유기산 이용율과 균체 생성율을 가져올 것이다. 반면, Fig. 2에서 보듯이 혐기적 조건의 경우, 모든 효모균과 광합성균의 성장이 거의 없음을 알 수 있다. 이는 호기조건보다 혐기조건에서 영양요구가 더 필요하며, 이에 따라 다른 영양분의 공급이 이루어져야 할 것이다.

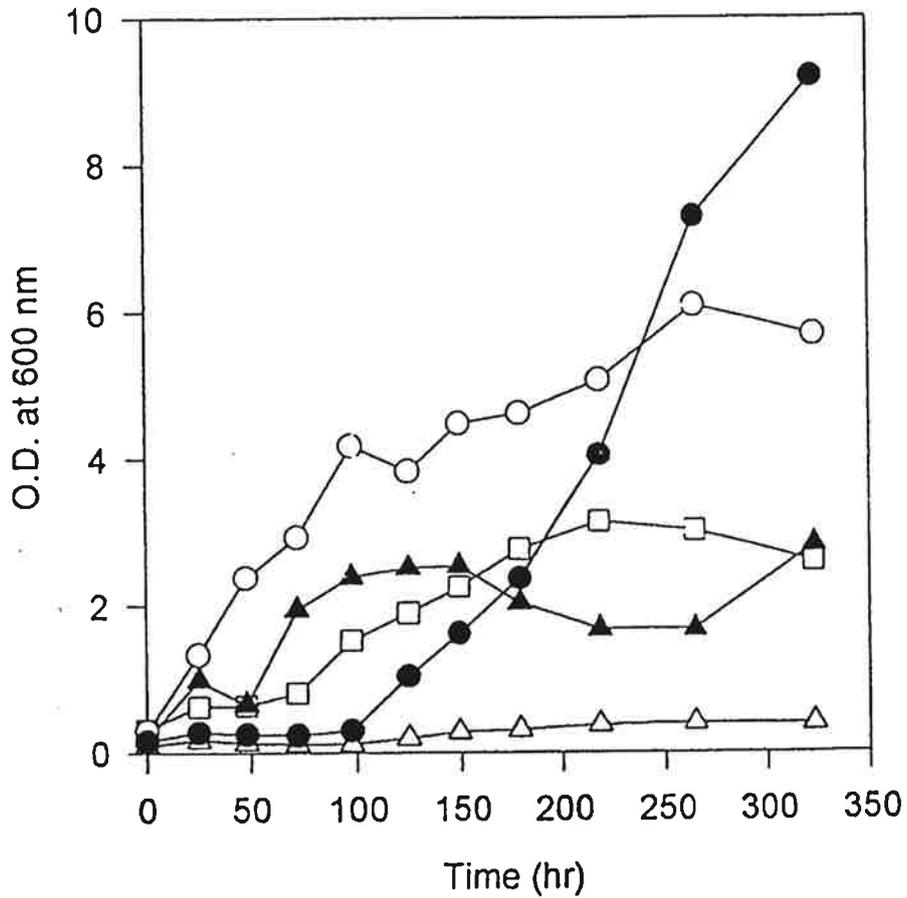


Fig. 1 효모균과 광합성균의 호기 조건에서의 성장 곡선  
 ○ : YC303, △ : YS702, ▲ : YK601, □ : YH502 (효모균)  
 ● : SW506 (광합성 균)

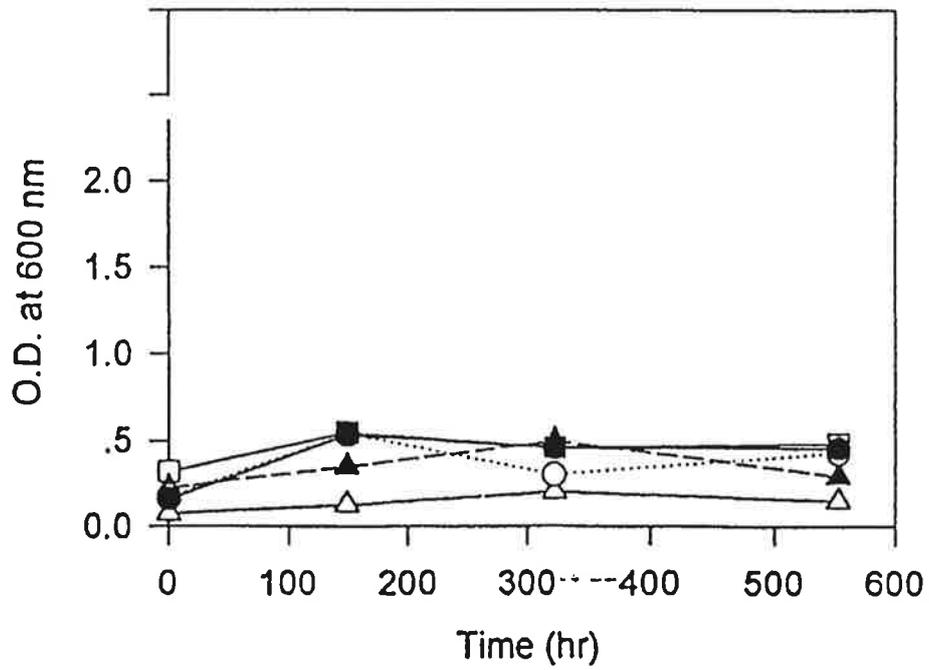


Fig. 2 효모균과 광합성 균의 혐기 조건에서의 성장 곡선  
 ○ : YC303, △ : YS702, ▲ : YK601, □ : YH502 (효모균)  
 ● : SW506 (광합성 균)

## 제 3절. 광합성 세균의 탐색 및 분리

### 1. 연구 방법

#### 가. 광합성균의 농화 배양 및 분리

시료는 부영양화된 저수지와 하천, 논 및 축산폐수 등에서 채취하였고, 균주의 분리 및 선별 배지는 PNSB 배지(Bieble and Pfennig, 1981)(Table 12)를 사용하였다. 채취된 시료에서 광합성 세균을 분리하기 위해 혐기적 광조건하에서 농화배양하였다. 2주가 지난 후 적색을 나타내는 배양액을 1차로 선별하였다. 2차 선별배지는 유기물의 분해능이 강한 광합성세균을 분리하기 위해 유기산(sodium acetate)의 농도를 0.5%로 보강하였고 여기에 1차로 선별한 배양액을 1 ml 접종하여 혐기적 광조건하 상태에서 집적배양하였다. 집적배양한 배양액을 0.5% sodium acetate가 함유된 고체배지상에 도말하고 anaerobic jar (Difco)에서 혐기배양함으로써 단일 균주 3종의 광합성균을 얻을 수 있었다.

Table 12. 광합성 세균의 분리를 위한 배지의 조성

성 분	농 도
D. W.	1 L
Sodium acetate ( or others)	1 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1 g
MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	0.5 g
NH <sub>4</sub> Cl	1 g
NaCl	1 g
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.7 g
CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0.1 g
NaHCO <sub>3</sub>	3 g
Trace metal solution*	1 ml/L
Vitamin solution **	10 ml/L

\* Trace metal solution : EDTA 2.5 g/L, MnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 1.54 g/L, ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 10.95 g/L, CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O 0.39g/L, FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 7.0 g/L, CoCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O 0.20 g/L

\*\* Vitamine solution : Biotin 1.0mg/L, Nicotinic acid 100mg/L, Thiamine 100mg/L, p-Aminobenzoic acid 10 mg/L, Cyanocobalamin 100 mg/L

## 2. 연구 결과

### 가. 광합성 균의 분리

폐수처리시에 적응성 및 폐수처리 효율이 우수한 균주를 선별하기 위하여 분리배지에서 1차로 150여종의 균을 선별한 후 유기산이 포함된 배지에서의 배양시 생육활성이 좋은 18종의 균을 2차 선별한 다음 배양온도 30℃, 혐기적 광조건(4,000klux)에서 60시간 액체배양에서 균체량이 많고, 생육도가 가장 우수한 균주로 SW506, SW101, SS405 세균을 최종적으로 선정하였다.

## 제 4절. 광합성 세균의 생리적 특성 조사

### 1. 연구 방법

#### 가. 광합성균의 생리적 특성 조사

최종적으로 선별된 균주 3종의 생리적 특성 조사는 'Bergey's manual of systematic bacteriology'와 'Bergey's manual of determinative bacteriology (9th edition)'에 나와 있는 항목을 참고로 하여 실시하였다.

#### 나. 유기산배지에서 성장 특성 조사

최종 선별된 광합성균 SW506, SW101, SS405을 여러 유기산(acetate, propionate, butyrate)이 포함된 배지(Table 4)에서 10%(V/V) 광합성 세균을 각각 접종하여 균의 생육과 bacteriochlorophyll a량을 측정하였다. 배양은 125ml 혈청병에서 혐기적으로 30℃, 4000klux의 광조건하에서 정지배양을 하였다. 생육은

spectrophotometer를 이용하여 660nm의 파장에서 흡광도를 측정하였고, bacteriochlorophyll의 양은 acetone : methanol = 7 : 2의 용매로 균체 색소를 추출한 후 bacteriochlorophyll a의 최대 흡수파장인 770nm에서 흡광도를 측정하였다.

이와 함께 유기산이 유무에 따라 광합성균의 성장 및 색소의 변화를 알아보기 위한 실험을 진행하였다. 유기산을 포함하는 배지(Table 4)와 유기산을 제외한 배지에서의 광합성균 성장을 같은조건(혐기적, 30 ℃, 4000klux의 광조건하)에서 균체의 성장의 양을 비교, 관찰하였다.

## 2. 연구 결과

### 가. 광합성균의 생리적 특성

최종 선별된 광합성균 SW506, SW101, SS405의 생리적 특성은 다음 Table 13과 같다.

Table 13. 분리한 광합성균의 생리적 특성

특성 \ 균 주	SW506	SW101	SS405
Gram stain	-	-	-
Vitamin 요구성	PABA, thiamin biotin, nicotinic acid	B <sub>12</sub>	thiamin, biotin, nicotinic acid
G+C mole %	70.5	65.5	69.2
전자공여체 및 유기물			
Acetic acid	+	+	+
Arginine	-	-	-
Aspartic acid	-	-	-
Butyric acid	+	-	±
Ethanol	+	-	+
Formic acid	+	-	-
Fructose	±	-	+
Glucose	+	-	+
Glutamic acid	+	-	-
Lactic acid	+	±	+
Citric acid	+	+	+
Mannitol	-	-	+
Methanol	-	-	-
Propionic acid	+	-	±
Sulfate	+	±	+
Tiosulfate	+	-	-

나. 유기산 배지에서 성장 특성 조사

최종 선별된 광합성균 SW506, SW101, SS405을 여러 유기산이 포함된 배지(표 5)와 포함되지 않은 배지에 10%(V/V) 광합성 세균을 각각 접종하여 균의 생육과 bacteriochlorophyll a량을 측정하였다.

Fig. 3 에서 보는 바와 같이 선별된 균들은 유기산이 첨가되지 않은 배지에서 보다 성장 속도가 2.5배에서 3배 정도 균체 생육이 증가됨을 보였다. 특이할 만하게 SW506의 균은 대조구 보다 유기산이 첨가된 배지에서 증식속도가 가장 빠르게 나타나 유기산 분해능이 가장 좋다고 사료된다. 광합성 세균의 생육에 따른 bacteriochlorophyll a의 생성량을 Table 14에 나타내었다.

Table 14. Absorption of bacteriochlorophyll a from photosynthetic bacteria

Photosynthetic bacteria	Not added(O.D 770nm)		Orangic acid added(O.D 770nm)	
	2day	4day	2day	4day
SW101	0.232	0.672	0.258	1.342
SW506	0.334	0.920	0.359	1.832
SS405	0.267	0.559	0.254	1.432

Table 14.에서 보는 바와 같이 유기산의 미첨가 배지에는 배양 시간에 따른 bacteriochlorophyll a의 량은 약 3배 정도 증가하였으나 유기산이 첨가된 배지에서의 bacteriochlorophyll a의 량은 약6 ~ 7배 정도 증가함을 보였다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 SW506의 세균이 bacteriochlorophyll a의 생성에서도 가장 뛰어난 효과를 나타냈다. 이 결과는 유기산이 존재할 경우 광합성 세균의 생육이 증가되는 것과 bacteriochlorophyll a 량의 증가가 동시에 일어나므로 돈분 폐수의 유기산을 기질로 사용할 경우 균체량의 측정에 따라 광합성 세균의 생육도를 알수 있을 것으로

로 사료된다.

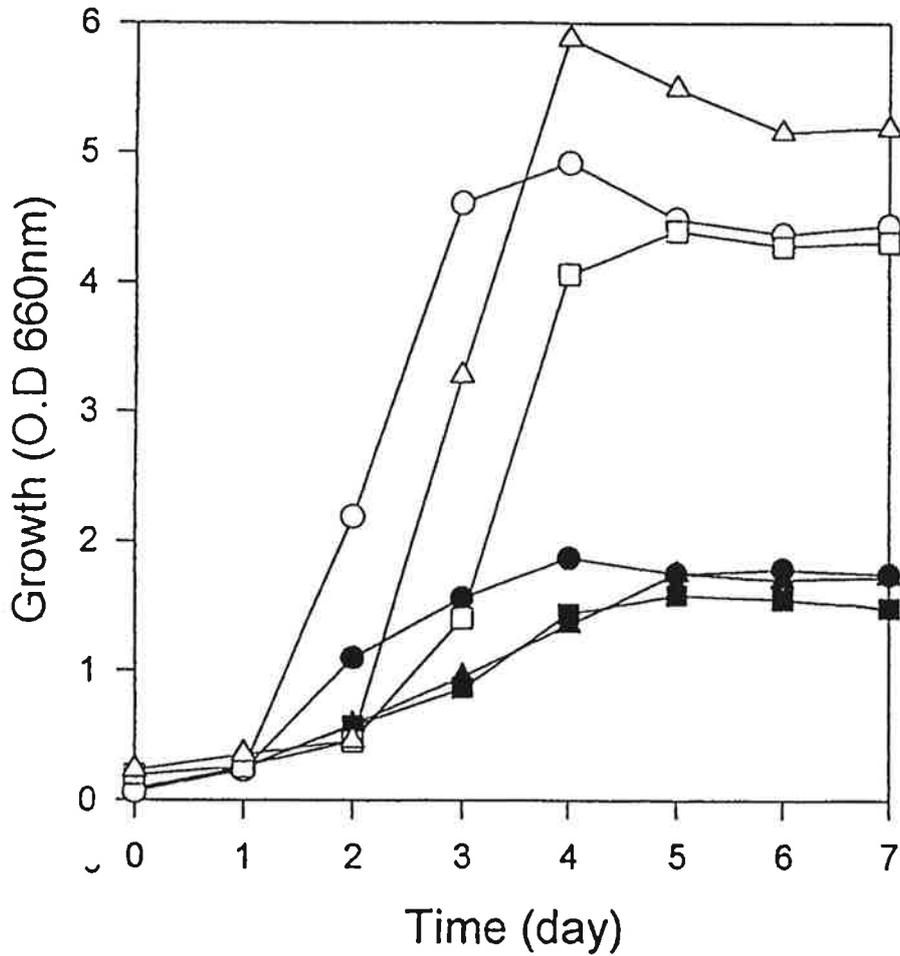


Fig. 3 광합성 균의 성장곡선

○ ● : SS405, △ ▲ : SW506, □ ■ : SW101  
 ○ △ □ : 유기산 첨가, ● ▲ ■ : 유기산 미첨가

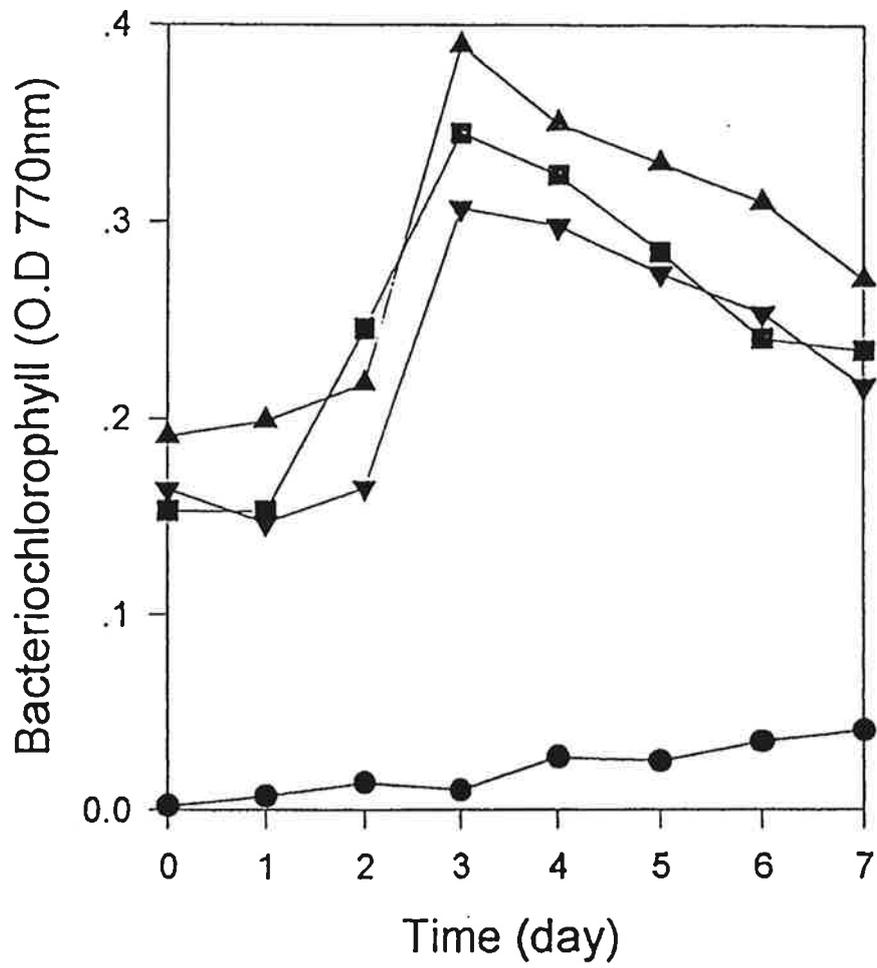


Fig. 4 광합성 균의 성장에 따른 bacteriochlorophyll a의 변화

▲ : SW 506, ▼ : SS405, ■ : SW101, ● : YC303

## 제 5절. 유용 미생물의 축산분뇨 발효능 조사

각각 분리된 미생물을 이용하여 축산폐수에 대한 처리능을 조사하였다. 본 연구 과제의 특성상 질소와 인은 주 처리단계인 막반응기에서 거의 100% 회수되어 액비로 사용되어지므로 본 단계에서는 막의 수명을 저하시키는 유기산(지방산), 고형물, 글리세린 등의 성분을 제거하는 능력에 대해 검토하였다. 우선 고농도 유기 폐수인 축산폐수의 혐기 소화 가능성을 살펴보고, 또한 축산 폐수를 기질로 첨가하고 돈분에 순양된 각각의 미생물을 접종한 후 혐기조건에서 배양시키며 축산 폐수 처리능을 살펴보았다.

### 1. 효모의 유기물 분해능 조사

분리한 5종의 효모를 호기적 및 미호기적 조건(microaerophilic)에서 배양한 결과를 나타내었다(Fig. 5) 호기적 조건에서 유기물의 분해능력을 측정하기 위하여 YC303, YH502를 호기배양한 후 세포농도와 공급기질(glucose)의 농도를 측정하였다. 두 균주는 모두 생산된 에탄올을 이용하여 2차성장을 나타내었다. 회분식 실험의 결과 효모의 생육은 에탄올 농도 10g/l 이상이었을 때 저해를 받는 것으로 나타났다.

한편 이들 두 균주를 미호기적 조건에서 배양한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 앞서 기술한 바와 같이 세포의 성장속도 및 에탄올 생성속도는 호기적 배양에 비해 다소 낮지만 공급 기질을 분해 이용하는 속도는 거의 유사함을 보였다. 따라서 사용된 기질의 많은 부분은 에탄올로 전환되지 않고 초산, 프로피산, 젖산 등으로 전환됨을 알 수 있었다. 따라서 타 미생물과 혼합 배양할 경우, 환경을 미호기적으로 유지하면 에탄올 농도의 조절이 비교적 용이할 것이다.

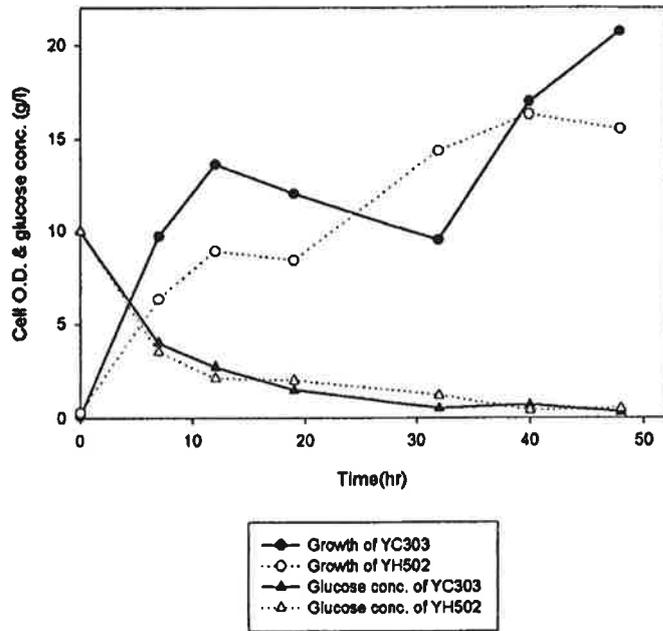


Fig. 5. Removal characteristics of organic matter in the aerobic condition

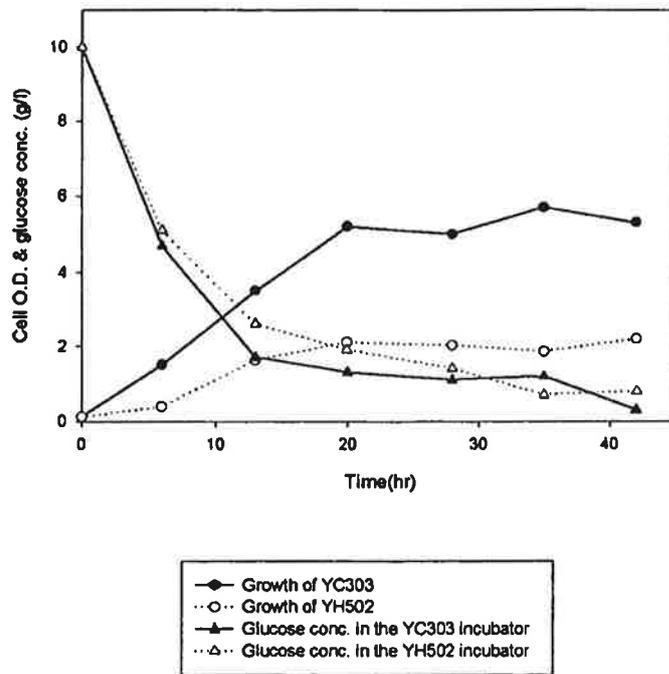


Fig. 6. Removal characteristics of organic matter in the microaerophilic condition

## 2. 젖산균의 유기물 분해능 조사

미리 분리한 4종의 젖산균을 MRS 배지를 이용하여 액체배양하였다. 30℃에서 48시간 동안 배양한 균체를 10 ml의 LB배지가 든 시험관에 접종하고 진탕기에서 24시간 전배양하였다. 이어 150 ml의 MRS배지가 들어있는 250 ml 배양병에 전배양액을 1% 접종한 뒤 질소가스로 퍼징하고 30℃, 진탕배양하면서 시간별로 시료를 채취하여 각 균주들의 성장 및 발효율을 계산하였다.

균주 성장은 흡광도로 측정하였으며 발효효율은 사용한 기질의 감소량과 생성된 젖산의 양으로 측정하였다. 기질로 사용된 포도당의 양은 DNS법을 이용하였고 결과를 Fig. 7에 나타내었다.

## 3. 단일 미생물별 돈분 폐수 처리 효율 조사

COD 18,700 ppm인 돈분폐수를 이용하여 실험폐수 처리실험을 실시하였다. 원폐수를 희석하여 COD를 1200 ppm을 조절한 후 고분자 분해균, 젖산균, 효모를 각각 따로 처리하였다. 고분자분해균의 처리 실험은 생육도와 유기물 분해 활성이 우수한 호기성 조건에서 실시하였으며 나머지 실험구는 미호기 조건에서 처리하였다. 대조구는 멸균하지 않은 돈분폐수를 이용하였다.

고분자분해균을 처리한 경우, COD 제거율은 약 45%로 나타났으며 대조구가 20%의 제거율을 나타낸 것은 축산분뇨 중에 들어있는 수많은 균종의 복합작용에 의한 것으로 풀이된다 (자료는 생략). 한편 젖산균, 효모를 각각 처리한 경우는 고분자 분해미생물과는 달리 COD의 제거율은 대조구와 비교하여 그다지 큰 차이를 나타내지 않고 있는데 이는 미호기 조건에서 통성혐기성세균 단일종을 이용하여 폐수를 처리하는 것에는 한계가 있음을 보여준다. 즉, 미호기 내지는 혐기상태가 되면서 발효를 일으켜 유기산, 알코올 등을 생성되는 것으로 추측되며 미생물종을 혼합함으로써 이러한 물질들을 효과적으로 제거할 수 있을 것으로 기대된다.

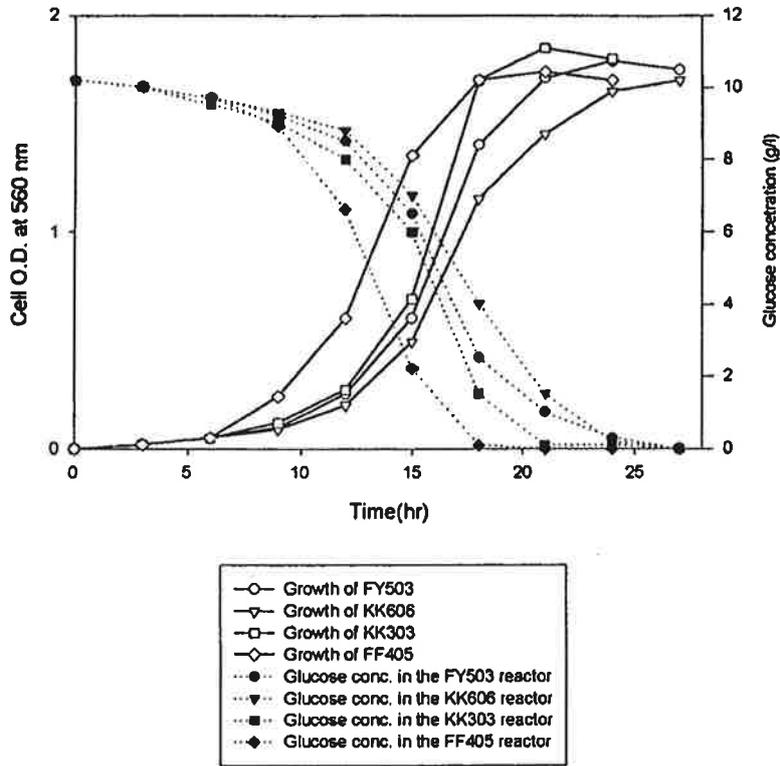


Fig. 7. 젖산균의 기질(glucose) 분해 특성

## 제 6절 광합성 미생물의 배양 특성 및 돈분 폐수 처리 효율 조사

### 1. 광합성 미생물의 배양 특성 조사

이미 분리된 광합성 미생물과 여러 미생물의 축산 폐수 처리능을 검토한 후, 처리능이 우수한 미생물들을 선별하여 유기산이 존재하는 인공 폐수에서 처리 최적 조건에 대한 연구를 수행하였고, 이들 미생물을 우점종으로 배양할 수 있는 배양 조건을 확립하였다. 처리능이 우수한 광합성 미생물에 대한 배양 조건과, 이들 미생물들과 혐기소화의 미생물들이 공생하며 축산폐수를 처리할 수 있는 조건을 찾아 내었다. 광합성 미생물에 영양을 미치는 요인으로 pH, 온도, 영양 물질의 거동을 파악하였다.

Table 15는 분리 동정된 SW101 광합성 세균의 균주를 이용하여 유기산(acetate, propionate, butyrate) 분해에 미치는 온도, pH, 조도의 영향을 검토한 결과를 나타내었다. 30℃에서 균체 성장이 다른 온도와 비교하여 40-70% 빠름을 알 수 있었으며 유기물의 제거율도 82%로 높게 나타난 것에 비하여 20℃ 이하 그리고 40℃ 이상에서는 균체 성장 및 유기산 제거율이 급격히 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 SW101 균주가 전형적인 중온균임을 시사해주며 성장을 위한 최적온도는 30℃로 판단되었다. 이러한 중온 온도에서 균체의 증가를 보이는 균체는 실제 폐수 처리시 낮은 온도에서 생육이 저하되는 현상이 나타나 온도를 중온으로 유지하는 것이 중요하고 따라서 저온에서도 생육이 좋고 유기산 제거율이 높은 균주의 선별이 요구된다. 성장을 위한 최적 pH 조건을 판단하기 위하여 위에서 언급한 최적 온도를 배양온도로 설정하고, 초기 pH를 5.0에서 9.0까지 변화시켰으며, 혐기적 광조 조건에서 6일간 배양한 후 균체 성장과 유기물 제거율을 검토하였다. Table 15에서 나타낸 바와 같이 pH 7에서 3.23 g l<sup>-1</sup>의 가장 좋은 성장을 보였으며 이때 유기물

제거율은 83.9% 였다. 또한 pH가 증가할수록 성장률과 유기물의 제거율은 증가하는 경향이였으나 pH 7.0에서 최대를 나타내고 8.0 이상에서는 오히려 감소하였다. 따라서 본 SW101 균주에 대한 성장에 필요한 최적 pH는 중성영역인 7.0으로 사료되며 배양기간 동안 pH의 격심한 변화는 없었으나 폐수 처리 프로세스에의 적용시 유의할 점은 pH를 7.0으로 유지가 필요하다고 생각된다.

광합성 세균의 중요한 환경인자인 조도에 의한 유기물 제거율의 변화를 확인하기 위하여 조도를 변화시켜 관찰하였다. 100W의 백열 전구를 이용하였다. 조도의 증강에 따라 균체의 성장이 증가하는 것을 보여주고 있으나 5000 lux 이상이 되면 균체의 성장이 억제됨을 보였고, 동시에 유기물의 제거율도 4000 lux까지는 증가하다 5000 lux 이상에서는 감소하였다. 고농도 유기성 폐수처리를 위해 본 균주를 이용할 경우 처리 효율을 높이기 위해서 4000 lux 부근이 최적 조도라는 것을 알 수 있었다. 이상의 결과로부터 본 균주를 이용한 양돈 폐수의 처리를 위한 최적 조건은 30℃, pH 7.0 그리고 4000 lux 임이 판명되었다.

Table 15. Effects of culture conditions on growth of SW101 in synthetic medium.

culture condition		cell growing(g/l)	removal efficiencies of organic acid(%)
Temperature(°C)	20	1.89	56.3
	30	3.10	82.0
	40	1.76	45.9
	50	0.56	23.1
Initial pH	5	1.3	12.1
	6	2.51	61.8
	7	3.23	83.9
	8	1.09	56.9
	9	0.92	37.1
Illumination intensity(lux)	500	0.78	20.1
	1,000	1.87	48.1
	2,000	2.10	52.4
	3,000	2.67	60.1
	4,000	3.30	83.0
	5,000	2.91	62.9

The cultivation was carried out in optimal culture medium for 6 days at various environmental conditions in Lascelles basal medium containing 0.2 % sodium acetate, 0.2 % sodium propionate, 0.2 % sodium butyrate.

## 2. 광합성 미생물에 의한 유기물 제거율 조사

유기산 분해능이 뛰어나며 필수 영양분을 분비하여 다른 미생물들과 쉽게 공생관계를 유지할 수 있는 광합성 미생물을 중심으로 하여 축산 폐수 처리능을 살펴보았다. 주기적으로 시료를 채취하여 유기산의 농도, COD<sub>Cr</sub>, BOD, SS 등을 처리의 평가인자로 측정하였다.

분리한 광합성 세균을 이용하여 양돈폐수에 존재하는 유기물의 제거율을 조사했다. 양돈 폐수 중에 존재하는 자용성 유기물 중에는 유기산이 대부분을 점하고 있으며 그 중에서도 acetate(50%), propionate(12%), butyrate(0.1%), lactate 등으로 구성되어 있다. 따라서, 본 균주의 유기물 제거율을 검토하였다. 합성 배지에서 전배양한 균주 0, 5, 10, 20% 을 양돈 폐수에 첨가하여 6일간의 배양기간에 걸쳐 bacteriochlorophyll a의 량과 유기물 제거율의 변화를 관찰하였다. Fig. 8.에서 알 수 있듯이 균체의 주입량 증가에 따라 bacteriochlorophyll a는 증가하였다. 또한 10과 20%의 균체 첨가 조건에서의 경우 거의 같은 유기물 분해경향을 보였으며, 반응개시 후 6일 후에는 75-80%로서 최대 유기물 분해를 보였다. 수돗물을 이용하여 양돈 폐수를 COD 농도로서 10,000 mg l<sup>-1</sup>로 희석한 후 본 균주를 10% 첨가하여 양돈 폐수 내의 COD 농도 변화를 관찰하였다. Fig. 9.에서 알 수 있듯이 양돈 폐수의 COD 감소율은 6일 반응 동안 87%의 감소를 보여 양돈 폐수의 COD는 1,300 mg l<sup>-1</sup> 정도로 낮아 졌다. 현재 국내에서 통상적인 분뇨처리는 분뇨를 수거하여 혐기소화시킨 후 10-20배 희석하여 활성오니법으로 처리하는 공법이 가장 많이 사용 활용되고 있다. 그러나 본 균주의 기초적인 실험에서는 2배 희석하여 높은 COD 제거율을 나타내 고농도 양돈 폐수 처리에 이용할 경우 높은 처리 효과를 기대할 수 있다고 사료되며, 광합성 세균의 유기물 제거 활성을 보다 증가시켜 프로세스에 활용하는 것에 의해 무희석 고농도 유기성 폐수에도 적용 가능하다고 생각된다. 따라서 활성 증가를 위한 보다 활동적인 연구가 필요하다고 생각된다.

결과적으로 가장 우수한 처리능을 가지는 미생물을 선택하고 유기산 농도 측정 결과를 바탕으로 다른 미생물군과 혼합하였을 경우 상가작용(synergic effects)을 나타낼 수 있을 것으로 생각된다.

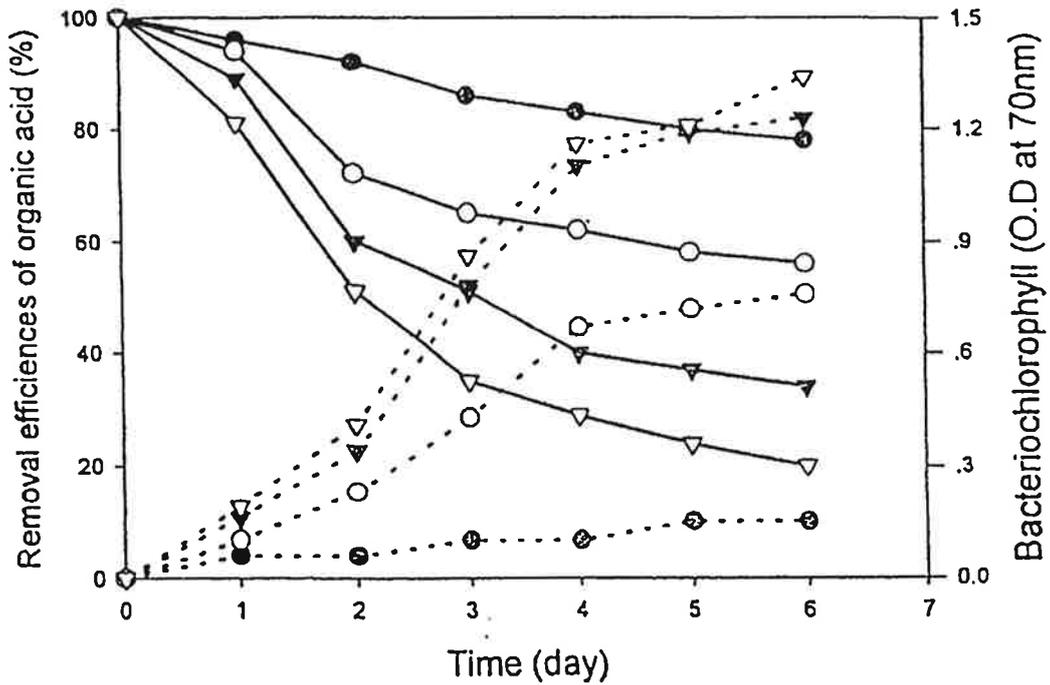


Fig. 8. 돈분 폐수에 SW101을 첨가 하였을때의 돈분 폐수내 유기산 농도와 bacteriochlorophyll a의 변화

접종량 : ● : 0%, ○ : 5%, ▼ : 10%, ▽ : 20%

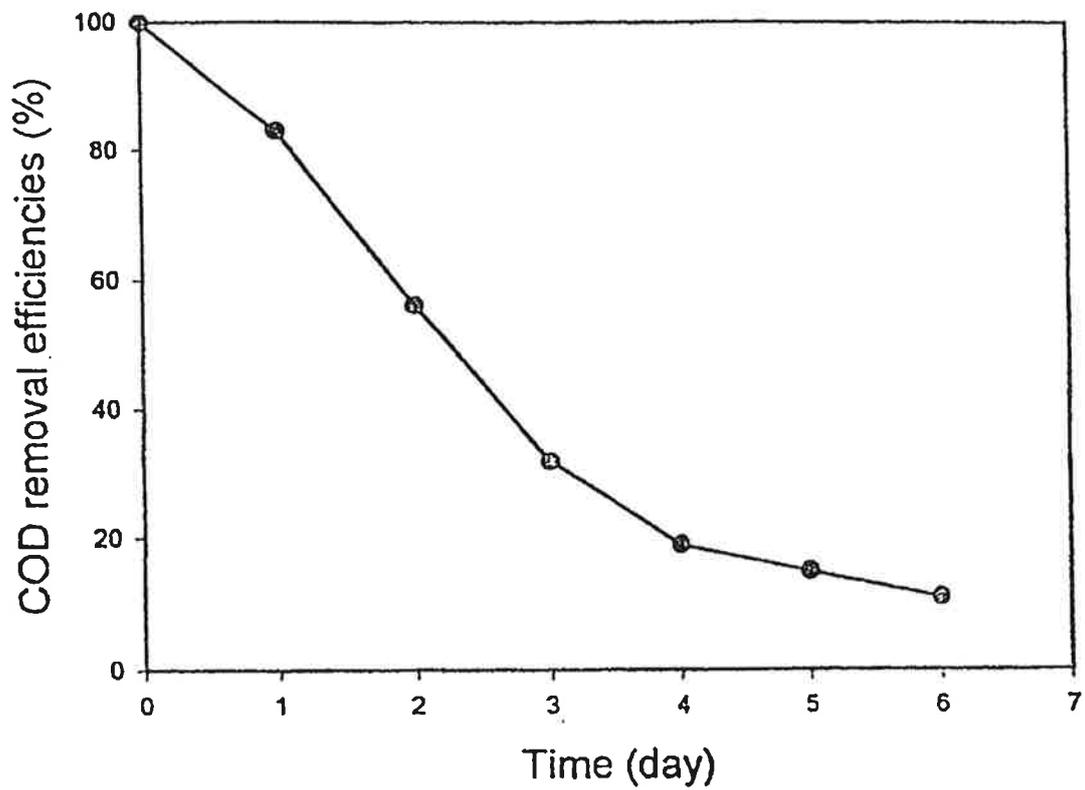


Fig. 9. SW101을 이용한 돈분폐수의 COD 제거 효과  
 접종량 : 10%(v/v), 초기 COD 농도 : 10,000 mg/l

### 3. 광합성 세균에 의한 양돈 폐수 처리 효과

부여군 석정면 농가에서 배출되는 돈분 폐수에 최종 선별된 3종의 광합성 세균 SW101, SW506, SS405을 각각 10%(v/v) 첨가하여 배양하면서 배양의 pH의 변화와 bacteriochlorophyll a 의 함량 및 COD 농도를 조사하였다.

돈분 폐수에 광합성 세균을 처리한 경우 배양액의 pH 변화를 Fig. 10 에 나타내었다. 처리 폐수의 pH는 배양 2일까지 증가하였다가 다시 감소하는 것을 관찰하였다. 그러나 pH의 변화는 3종 모두 8.0에서 8.2사이를 유지하여 광합성 세균을 이용한 생물학적 폐수 처리시 pH는 안정되게 유지되는 것으로 사료된다.

Fig. 11은 원폐수에서의 광합성 세균 내의 bacteriochlorophyll a 량을 살펴보았다. 원 폐수에서는 bacteriochlorophyll a 량이 거의 증가하지 않았으나, SW101, SW506, SS405의 광합성 세균을 첨가한 원폐수에서는 bacteriochlorophyll a 량이 처리시간에 따라 변화가 있으나 Table 14에서 보는 바와 같이 bacteriochlorophyll a 량이 유기산을 첨가한 배지에서 보다 증가하지 못하는 결과를 나타내었다. 이 결과는 폐수안에 존재하는 여러 가지 물질 중에서 bacteriochlorophyll a 생성을 방해하는 물질이 존재하는 것으로 생각되어진다.

한편, 광합성 세균에 의한 COD 농도의 변화는 Fig. 12에 나타내었다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 광합성 미생물을 접종하지 않은 돈분 폐수가 시간이 증가하면서 원 폐수보다 30% 정도 COD의 감소가 보이는데 비해 광합성 세균을 첨가하여 배양한 경우, SW101은 80%, SW506은 89%, SS405은 75%의 COD 감량을 보였다. Fig. 11의 결과에 비추어 볼 때 bacteriochlorophyll a 의 생성속도가 최대가 되는 2-3일 쯤에 COD의 분해 속도도 최대를 나타내었다. 이것은 bacteriochlorophyll a의 생성이 광합성 세균의 증가를 나타내고 광합성 세균에 의해 COD가 분해되었음을 의미한다.

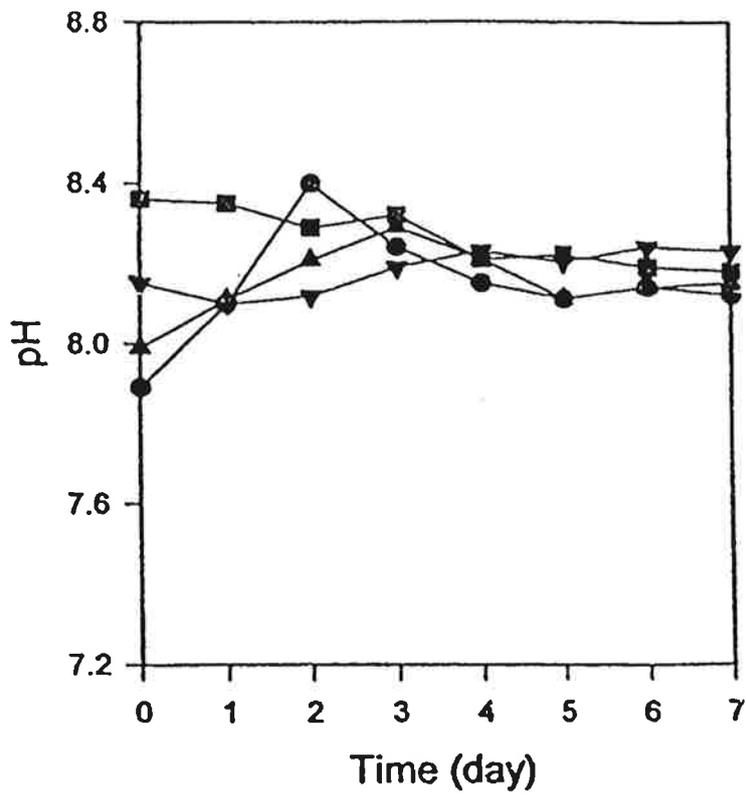


Fig. 10. 광합성 세균을 첨가한 돈분 폐수의 pH 변화

● : 대조구 ▲ : SW101 ■ : SW506 ▼ : SS405

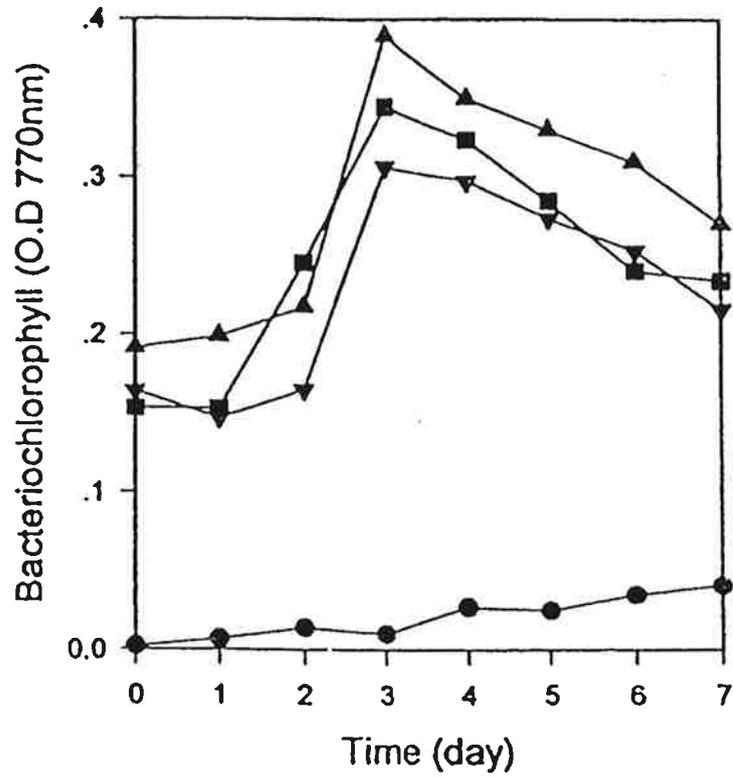


Fig. 11. 광합성 세균을 첨가한 돈분 폐수내의 bacteriochlorophyll a의 변화

● : 대조구 ▲ : SW101 ■ : SW506 ▼ : SS405

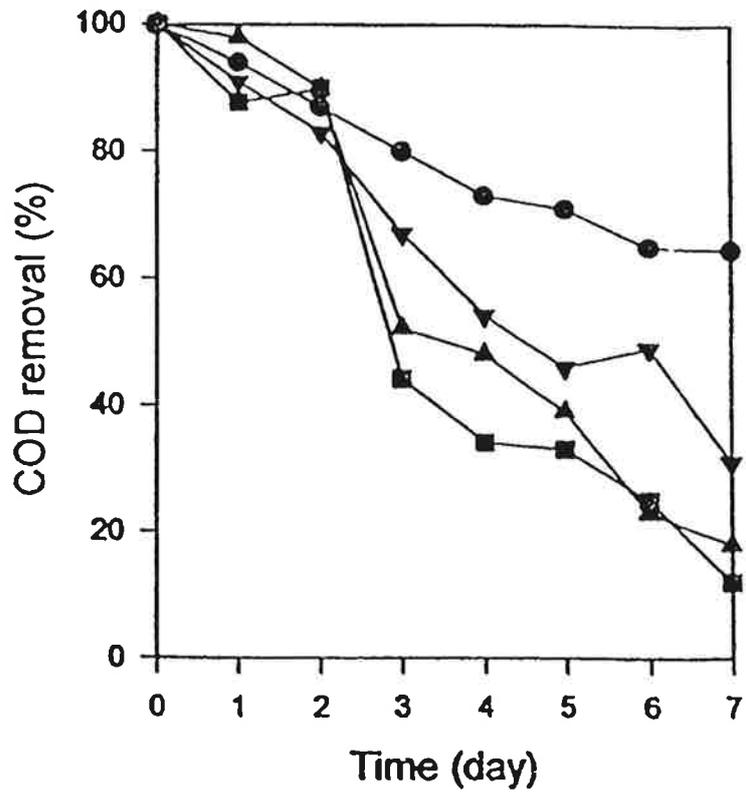


Fig. 12. 광합성 세균을 첨가한 돈분 폐수의 COD 농도의 상대적인 변화  
 ● : 대조구 ▲ : SW101 ■ : SW506 ▼ : SS405

## 제 3 장 결론

1. 퇴비, 토양, 음식 폐기물 등에서 농화배양 방법을 이용하여 Xylan, Cellulose, Starch, Protein 등의 고분자를 분해하는 4종의 미생물, CK24, XK31, SK12, PK42을 분리하였으며 각각 Cellulase, Xylanase, Amylase, Protease의 우수한 효소활성을 확인하였으며 각각의 균주에 대한 생리적 특성을 조사하였다.
2. 음식 폐기물, 식품, 과일 및 발효식품 등의 유기물에서 효모 5종(YC303, YH502, YK601, YP201, YS702)을 분리하고 50여개 기질에 대한 기질 특이성을 살펴보았다.
3. 유기물 분해 효율이 높은 젖산균 4종(FY503, KK606, KK307, FF405)을 분리하였으며 10여개 기질에 대한 유기물 전환능력을 측정하고 형태학적, 생리적 특성 및 최적 배양 온도 등을 조사하였다.
4. 폐수처리시에 적용성 및 폐수처리 효율이 우수한 광합성 균주를 다수 선별한 후 30℃ 혐기성 광조건에서 생육도가 가장 우수한 균주로 SW506, SW101, SS405 세균을 최종적으로 선정하고 그 생리적 특성을 조사하고 온도, 조도, pH 등의 최적 성장 조건을 결정하였다.
5. 고농도 유기산을 함유한 인공폐수에서 효모균과 광합성균의 성장을 혐기적 조건과 호기적 조건으로 나누어 실험하였다. 호기적 조건에서 효모균 중 YC303의 균의 성장이 매우 높음을 알 수 있다. 혐기적 조건의 경우, 모든 효모균과 광합성균의 성장이 거의 없었다.

6. 광합성 균의 유기산 분해능을 살펴보기 위해 10%, 20%의 광합성 세균을 첨가하여 6일 후 75-80%의 유기물 제거효율을 얻을 수 있었다.

7. COD 10,000 mg/l의 희석한 양돈 폐수에 10%의 광합성 세균을 첨가하여 1,300 mg/l의 농도로 감소시켰다. 2배 희석한 경우에도 87%의 처리 효율을 얻을 수 있었기 때문에 고농도 유기성 폐수 처리에 유리할 것으로 예상된다.

8. 3종의 광합성 세균을 접종한 실제 돈분 폐수 처리에서 pH, bacteriochlorophyll a, COD의 변화량을 살펴보았다. 광합성 세균을 접종하지 않은 대조구에서는 30% 정도의 효율만을 보였으나 광합성 세균이 접종된 경우 각각 80%, 89%, 75%의 높은 효율을 얻을 수 있었다. bacteriochlorophyll a의 생성속도가 최대가 될 때 COD의 분해 속도로 최대인 것을 볼 때 광합성 세균이 COD 제거에 중요한 역할을 함을 알 수 있었다.

## 제 4 장 참고문헌

1. K.-H. Choo and C.-H. Lee, 1996, Effect of Anaerobic Digestion Broth Composition on Membrane Permeability, *Water Sci Technol*, v34, n9, p173(7)
2. 서봉수의, 1986, 환경오염물질 처리를 위한 생물 공학적 연구, 연구보고서, 과학기술처
3. 서봉수, 송준상, 1987, 환경오염방지를 위한 생물공학 응용기술, 귀국보고서, 국립환경연구원
4. L. E. Macaskie, J. R. Lloyd, R. A. P. Thomas and M. R. Tolley, 1996, The Use of Micro-organisms for the Remediation of Solutions Contaminated with Actinide Elements, Other Radionuclides, and Organic Contaminants Generated by Nuclear Fuel Cycle Activities *Nucl Energy*, v35, n4, p257(15)
5. Ames, Dwaine S. Bundy, Xiwei Li and Naghmana Rashid, 1997, Controlling Odor and Volatile Substances in Liquid Hog Manure by Amendment, *J. Environ. Qual.*, v26, n3, p740(4)
6. Sambhunath Ghosh, IGT and Donald L. Klass, 1980, Anaerobic Sludge Digestion in the Presence of Lactobacillus Additive, *IGT Energy from Biomass & Wastes IV Symp, Fla, Jan 21-25, 80*, p295(24)
7. Hayashi, H., M. Nakano and S. Morita, 1982, Comparative studies of protein properties and bacteriochlorophyll contents of bacteriochlorophyll-protein complex from spectrally different types of *Rhodospirillum rubrum*. *J. Biochem.* 92: 1805
8. Madigan, M. T., J. C. Cox and H. Gest, 1982, Photopigments in *R. capsulata* cells grown anaerobically in darkness. *J. Bacteriol.* 150: 1422-1429
9. Sawada, H. and P. L. Rogers, 1977, Photosynthetic bacteria in waste treatment : Pure culture studies with *Rhodospirillum rubrum*, *J.*

Ferment. Technol. 55: 297-310.

10. Ronald M. Atlas, 1993, Handbook of microbiological media, CRC Press, Florida, USA.

11. Johanners, F. I. and H. G. Truper. 1989. Bergey's manual of systemic bacteriology, J. T. Stanley, ed., 3: 1635-1709

12. Lascelles, J. 1956. The synthesis of porphyrin and bacteriochlorophyll by cell suspensions of Rhodospseudomonas sphaeroides. Biochem. J. 62, 78

13. 최의소, 1989, 폐기물처리와 자원화, 청문각, pp. 195-235