

제1차년도  
최종보고서

# 양어와 채소수경의 복합영농에 관한 농가실증시험

On-site Trial for Complex Farming of  
Aquaculture and Vegetable Nutrient Culture

연구기관

경기도내수면개발시험장

농림수산부



# 제 출 문

농림수산부 장관 귀하

본 보고서를 『양어와 채소수경의 복합영농에 관한 농가실증시험』의 1년차보고서로 제출합니다.

1995. 1. .

주관연구기관명 : 경기도내수면개발시험장

총괄연구책임자 : 이 병 훈

연구원 : 홍 석 우

연구원 : 배 용 수

연구원 : 강 용 구

협동연구책임자 : 김 기 덕

협동연구책임자 : 정 풍 현

# 요 약 문

## I. 제목

양어와 채소수경의 복합영농에 관한 농가실증시험

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

근래 식생활양상의 변화에 따라 수산물의 수요가 급증하고 있는 한편 청정채소에 대한 국민적 요구가 이루어 지고 있어 내수면 양어시설과 수경재배시설이 날로 증가하고 있는 추세이다.

그런데 양어나 수경재배 공히 막대한 경비를 투자해야하는 시설을 필요로 하고있어 경제적인 장애요인이 되고 있다. 그런데 이 두가지 경영방식을 한 시설내에 공동수용하여 공간을 최대한 활용하면 이를 어느정도 극복할 수 있을 것이다.

따라서 양어와 수경재배의 복합영농을 꾀하는데 따른 시설형태를 개발하고 복합영농시설의 특이한 환경에 대한 채소작물의 생육반응을 검토하여 복합영농시설에 적합한 운영체계를 마련하고자 본 시험을 수행하였다.

## III. 연구개발내용 및 범위

### 1. 수경재배/양어복합영농에 적합한 간이식 양어시설의 개발

고설식 수경재배시설에 적합한 양어시설의 구조를 고안하고 간이시설에서의 사육수의 환경조건을 파악하여 사육가능성을 파악함.

2. 수경재배/양어 복합영농어 시설에 도입가능한 업체류의 선발  
특이환경에서 재배가능한 채소류를 선발하기 위하여 몇가지 채소  
작물을 재배하고 생육반응을 관찰함.

3. 수경재배/양어복합영농어시설에서의 틸라피어의 성장상태 조사  
수로형 사육시설에서의 틸라피어를 사육하면서 성장도를 조사하  
고 원형사육조와의 성장도를 비교함.

#### IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

수경재배시설과 양어시설의 시설형태의 공통점으로부터 착안하여  
폭2m x 높이 1m x 길이 18m의 수로형 사육시설을 설계하여 설치  
하였다.

사육조 위에 수경베드를 설치하여 밑에서는 양어사육을, 위에서  
는 채소양액재배를 수행할 수 있어 공간이용이 효율적이었다.

사육시설의 반은 침전조와 여과조를 두고 여과재는 가리소, 선라  
이트집판, 사란필터 등을 설치하고 연속적으로 에어브로워로 폭기  
한 바, 사육수의 수질은 사육하기에 정상을 유지하였고 간이수로형  
시설에서도 원형사육시설에서와 동등한 성장상태를 보였다.

따라서 수경재배시설에 수용할 수 있는 양어시설은 수경재배시설  
의 형태에 걸맞는 수로형이 무난하며 사육이 정상적이므로 수로형  
사육시설이 가능하다는 것이 입증되었다.

채소양액재배는 일반적인 재배방식이었으므로 문제가 발생되지  
않았으나 겨울철 밀폐기의 특이한 환경조건에서의 생육반응을 파악  
한 후에 채소수경\양어시설의 형태 및 적절한 채소작물의 선정이  
이루어져야 할것이다.

# Summary

In order to develop of facility for complex farming of aquaculture and vegetable nutrient culture and to investigate growth of tilapia and water quality during in the channel type aquaculture system, these experiments were carried out.

Channel type aquaculture system was developed, which was made of ploypropylene sheets, and the system was composed of aquaculture bed(width 2m x height 1m x length 18m) and filtering bed of similar size. Reared tilapia, quality of culture water and growth of tilapia were normal.

And the growth of tilapia in the channel type and round type aquaculture system was much the same. When width of nutrient culture bed was 2m, there were no inconvenience in working of vegetable nutrient culture and aquaculture.

Channel type aquaculture facilities was applicable to the complex farming of aquaculture and vegetable nutrient culture.

# Contents

Chapter I. Introduction

Chapter II. Materials and methods

Section 1. Development of aquaculture system for complex farming of aquaculture and vegetable nutrient culture

A. Facility of vegetable nutrient culture

B. Development of aquaculture system for complex farming of aquaculture and vegetable nutrient culture

C. Investigation of filtering system of aquaculture water in the channel type aquaculture bed

Section 2. Selection of appropriate leafy vegetables for complex farming system

Section 3. Investigation of the growth of tilapia in the complex farming system

Chapter 3. Results and discussion

Section 1. Development of aquaculture system for complex farming of aquaculture and vegetable nutrient culture

A. Facility of vegetable nutrient culture

B. Development of aquaculture system for complex farming of aquaculture and vegetable nutrient culture

C. Investigation of filtering system of aquaculture water in the channel type aquaculture bed

Section 2. Selection of appropriate leafy vegetables for complex farming system

Section 3. Investigation of the growth of tilapia in the complex farming system

Chapter 4. Comprehensive discussion

Chapter 5. Conclusions

Literature cited

Appendix

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	7
제 2 장 재료 및 방법 .....	9
제 1 절 수경재배/양어 복합/영농어시설에 적합한 간이식 양어시설의 개발 ..	9
가. 수경재배시설 .....	9
나. 수경재배에 적합한 순환여과식 간이 양어시설의 개발 .....	11
다. 수로형 간이사육조시설에서의 적정여과방식의 구명 .....	14
제 2 절 채소수경/양어의 복합영농어 시설에 적합한 엽채류의 선발 .....	17
제 3 절 수경재배/양어 복합영농어 시설에서의 틸라피아의 성장도 조사 ....	19
제 3 장 결과 및 고찰 .....	20
가. 수경재배시설의 설치 .....	20
나. 수경재배/양어에 적합한 간이식 양어시설의 개발 .....	22
다. 수로형 사육시설에서의 사육조건의 구명 .....	23
제 2 절 수경재배/양어 복합영농어 시설에 적합한 엽채류의 선발 .....	25
제 3 절 수경재배/ 양어복합영농어 시설에서의 틸라피아의 성장 .....	27
제 4 장 종합고찰 .....	30
제 5 장 적 요 .....	32
참고문헌 .....	33
Appendix .....	34
1. 수경재배시설의 개요도 .....	34
2. 양어사육지 측면도 .....	35
3. 양어사육지 배수로 평면도 .....	36
4. 양어사육지 순환배관평면도 .....	37
5. 수경재배/양어사육시설의 설치 및 작물의 생육 .....	38

## 제 1 장 서 론

우리나라의 시설원예는 몇 년전까지만 해도 낙후된 비닐하우스 시설원예로부터 시작하여 최근에 이르러 시설의 표준화연구 및 개발에 의해 급격히 시설의 현대화 및 양적증가가 이루어지고 있으며, 시설자동화에 의해 재배의 생력화가 이뤄짐으로써 생산비의 절감을 꾀하고 있다.

또한 근래에 UR타결로 농수산물의 개방화시대를 맞이하여 경쟁력있는 생산기반을 확충하지 않으면 안되는 지금, 농업분야에 엄청난 재원의 국가 보조금을 지원하여 시설투자를 실시하고 있으나, 현시점에 방향도 모호한 상태이고, 실제 경영의 주체인 농어민 스스로는 어리둥절하여 무엇을 어떻게 해야 할지 결정되지 않은 상태에서 재정지원은 그 투자가치를 충분히 획득하기가 어려울 것이다.

현재의 시설원예는 예전에 비해 많은 시설비를 투자하기 때문에 고부가가치 작물을 재배하거나 시설 이용의 극대화를 통하여 생산성을 향상시키는 것이 바람직하다고 생각된다.

한편, 국민경제의 발전에 따른 생활의 고급화추세에 따라 수산물에 대한 이용이 증가하고 있으나 해산물의 가격이 매우 비싸기 때문에 내수면 양식에 관한 관심이 높아지고, 민물돔, 뱀장어, 열대 관상어 등의 겨울철 가온을 요하는 양어의 시설도 꾸준히 증가하고 있다.

특히 틸라피아는 식물질과 저급질의 사료로서 저렴한 생산비로 생산할 수 있어서 사료수급면에선 대단히 유리한 양식종이며 해산어 값이 높아지고 있는 추세에 비추어 대체 수산물로서 이용가능성

이 높은 어종으로 각광을 받고 있다.

그러나 우리나라에서는 틸라피아 성장에 필요한 여름 고수온기가 짧아서 노지양식이 불리하기 때문에 온실 등의 가온시설을 이용해야 하므로, 저온기에 난방비를 최대한 절감하기 위해 고밀도 순환여과식 사육기술이 필요하여 이에 대하여는 꾸준히 연구되어 지고 있으나 시설의 가온 경비를 줄이거나 시설의 공간을 효율적으로 이용하기 위한 방법에 관한 연구는 이루어지지 않고 있다.

이와같은 양어시설 역시 기존의 생산방식과는 달리 높은 투자에 대한 높은 생산성을 추구하는 것임에도 불구하고 단일영농일 경우 수급의 불안정에 의한 농수산물의 가격 파동으로 그에 상응하는 효과를 기대하기가 곤란하다. 특히 시설원에 또는 시설양식은 가온을 해야하는 바, 겨울철 난방비에 의한 운영비가 큰 비중을 차지하므로, 이를 극복하기 위해서는 시설의 공간을 최대한 활용함으로써 난방비등을 절감하고 공간의 이용을 극대화하여 생산비의 부담을 최소화함으로써 생산성의 향상을 꾀하여야 할 것으로 판단된다.

이에 양어와 채소수경의 복합영농의 기술개발에 관한 연구가 이루어진 바, 양어 및 채소수경의 복합영농의 가능성은 91년 과기처 지원에 의하여 “채소수경재배체계도입에 의한 내수면 양어시설의 효율적 이용방안”에 관한 연구에서 입증된바 있다.

따라서 본 시험은 양어/수경 복합영농어시설에 알맞는 양어시설을 개발하고 시설양식에 적합한 채소작물을 선발하여 양어수경복합영농체계를 수립하고자 수행되었다.

## 제 2 장 재료 및 방법

### 제 1 절 수경재배/양어 복합영농어시설에 적합한 간이식 양어시설의 개발

#### 가. 수경재배시설

##### 1) 베드시설의 구조

○ 베드골격의 형태 : 수로형 양어시설의 측벽을 지지하고 고설식 수경재배의 베드를 고정하기 위해 직경 50mm 쇠파이프를 이용하여 3m 간격으로 기둥을 세우고 기둥의 중간에 직경 40mm의 파이프를 횡으로 대었다.

수경담액베드의 골조는 3mm의 앵글을 사용하여 분해조립이 가능하도록 폭 1m x 길이 3m크기의 베드를 제작하여 5개의 베드를 조립, 2 lane으로 하여 설치하였다. 베드의 폭이 2m로 보통의 베드보다 넓어 베드의 휨을 방지하기 위해서는 5mm두께의 앵글을 이용하여 베드 밑에 지지대를 두었다.

##### ○ 베드의 구성

담액베드의 구성은 보온 및 측면, 밑면지지할 수 있도록 두께 5cm의 스티로폼판을 대고 담액베드의 1개 lane을 두부분으로 나누기 위해 중간에 3cm높이의 칸막이를 두었다. 담액을 위하여는 흑색 PE film을 깔았다.

## ○ 정식판의 제작

3cm두께의 스티로폼판을 45cm x 60cm크기로 재단하고 직경 3cm 구멍의 정식혈을 10 x 9 cm간격으로 타공하였다.

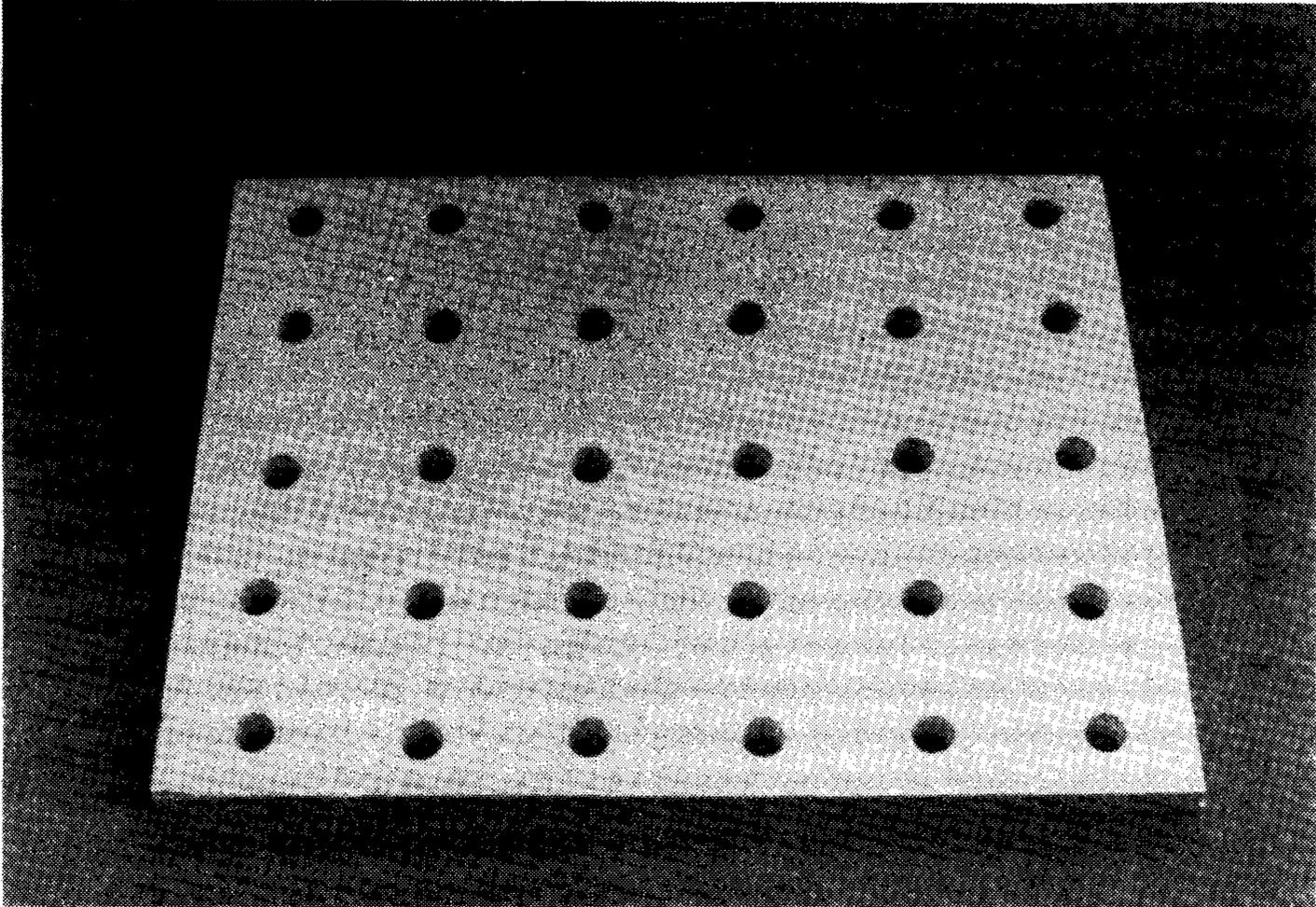


그림 1. 정식판의 모양

## ○ 양액의 공급

양액의 공급은 1/2Hp펌프를 이용하여 24시간 공급하였으며 담액 높이는 2 cm 내외로 하였으며 양액탱크는 600 ℓ 들이의 양액통과 베드사이를 순환하게 하였고 소모된 양은 수위조절기로 조절하여 3톤 들이의 저장탱크에서 솔레노이드 밸브를 통하여 자동적으로 보충되도록 설치하였다.

## 나. 수경재배에 적합한 순환여과식 간이 양어시설의 개발

### 1) 수로형 사육시설

수경재배베드의 형태가 line형태이어서 관행의 원형사육시설에 수경재배베드를 설치하면 작업이 불편하고 설치하기가 곤란하여 수경베드형태에 수용될 수 있도록 수로형사육조를 개발설치하였다.

물빠짐과 물고기의 배설물 및 사료찌꺼기가 잘 빠질 수 있도록 경사를 두어 지면을 고른후 방온을 위해 얇은 스티로폼판을 깔았다. 그위에 3mm의 두께의 PP(polypropylene)판을 대었고 측면은 8mm PP판을 대어 접착시켰다. 측벽의 지지를 위해서는 지면을 20 ~ 30cm정도 파서 측벽을 돌았다.

사육조의 높이는 1m로 만들었다. 사육조의 크기는 폭 2 m x 높이 1m x 길이 18m로 하였다.

### 2) 침전조 및 여과조의 설치

침전조는 사육조보다 지면을 더 파서 침전조의 바닥이 50 cm 더 아래에 있도록 설치하였으며 침전조 2칸과 여과조 4칸으로 구성하였으며 여과재료로서 침전조에는 선라이트집판(65판으로구성, 90cm x 80 cm x 60 cm) 3개씩을, 여과조에는 가리소와 사란필터를 설치하였다.

침전조의 크기는 폭 2m x 높이 1.5m x 길이 4m이고 여과조의 크기는 폭 2m x 높이 1.1m x 길이 11m로 설치하여 사육조의 용량과 여과조의 비율이 일반적으로 적용되고 있는 용적비율인 1 : 1

의 비율이 되도록 설치하였다.

배설물 및 사료찌꺼기가 잘 배출될수 있도록 하기위해 배수구 쪽으로 침전조는 10%, 여과조는 2.9% ~6.6%정도의 경사를 두었고, 칸막이마다 배출구를 설치하여 각각 침전물과 찌꺼기가 배출되도록 시설하였다.

침전여과조도 마찬가지로 수경재배베드를 설치할 수 있도록 사육조와 같은 규모로 설치하였다.

표 1. 양어시설의 시설개요

구 분	수로형 사육조	원형 사육조
구 성	수로형사육조, 침전조, 여과조	사육조, 침전여과조는 수로형 사육조와공유
사육조 규격	폭 2m x 높이 1m x 길이 18m	직경 5m x 높이 1 m
사육조 수	2개조	1개조
사육수량/사육조 (m <sup>3</sup> )	38	19.6
침전조 규격	폭 2m x 높이 1.5m x 길이 4m	-
침전조수/사육조 (칸)	2	-
여과조 규격	폭 2m x 높이 1.1m x 길이 11m	-
여과조수/사육조 (칸)	5	-

표 2 . 수경재배시설의 개요

구 분	시설 형태	베드높이 (m)	베드규격	재배면적	하우스 면적
내 용	고설식	1~1.2m	폭 2 m x 길이 15m 폭 2 m x 길이 5 m	27.6 m <sup>2</sup> x 4 7.2 m <sup>2</sup> x 2	324 m <sup>2</sup>

### 3) 폭기, 사육수 가온 및 사육수의 순환

사육수내의 적절한 용존산소를 확보하고 사육수의 여과효율을 높이기 위해 3Hp의 에어브로워를 사용, 여과조 양 측벽하단에 직경 2mm크기의 구멍을 뚫은 25mm파이프를 설치하여 연속적으로 폭기되도록 하였으며 2Hp펌프 2대를 설치하고 사육조의 중간에 1/2Hp펌프를 설치하여 사육수를 한쪽방향으로 흐르도록 공급하였다.

사육수의 가온을 위해 온수보일러를 설치하여 직탕식으로 하여 여과조의 물을 가온하였으며 온도유지는 가온조의 온도가 27℃로 유지하도록 조절하였다.

### 4) 지하수의 개발

수경재배와 양어에 필요한 수량 확보를 위해 95년 4월, 1차로 관정 1공을 굴착하였으나 일일 29톤밖에 생산되지 않아 1공을 추가 굴착, 일일 32톤을 더 확보하여 일일 총 61톤을 생산할 수 있어 양어사육조에 일일 필요수량인 55톤을 초과하는 양이므로 필요한 수량을 확보할 수 있었다.

## 5) 발전기 설치

정전시 펌프와 보일러 등의 가동을 위해 68kw의 자가 발전기를 설치하여 정전시 자동적으로 발전하도록 설치하였다.

### 다. 수로형 간이사육조시설에서의 적정여과방식의 구명

#### 1)간이시설에서의 적정여과방식의 구명

하우스내에 2개조의 양어사육조 및 침전여과조를 설치하였으며 1개조당 침전조 2칸, 여과조 4칸을 두었고 침전여과조 1개조에는 침전조에 썬라이트집판 멩치 6개를 투입하였고 여과조 2칸에는 사란필터를, 나머지 2칸에는 가리소를 넣었다.

대조구로 나머지 한조에는 일반적으로 농가에서 구하기 쉽고 설치하기 용이한 가리소만을 여과조 4칸에 설치하고 두 사육여과조의 여과재질에 따른 사육수의 수질차이를 비교분석하였다.

표 3 . 여과조별 여과재 및 충진율

구 분	여과재	사용량	충진율(%)
여과조(우)	사란필터	25m x 2m	99%
	가리소	50m x 2m	95%
여과조(좌)	가리소	100m x 2m	80%

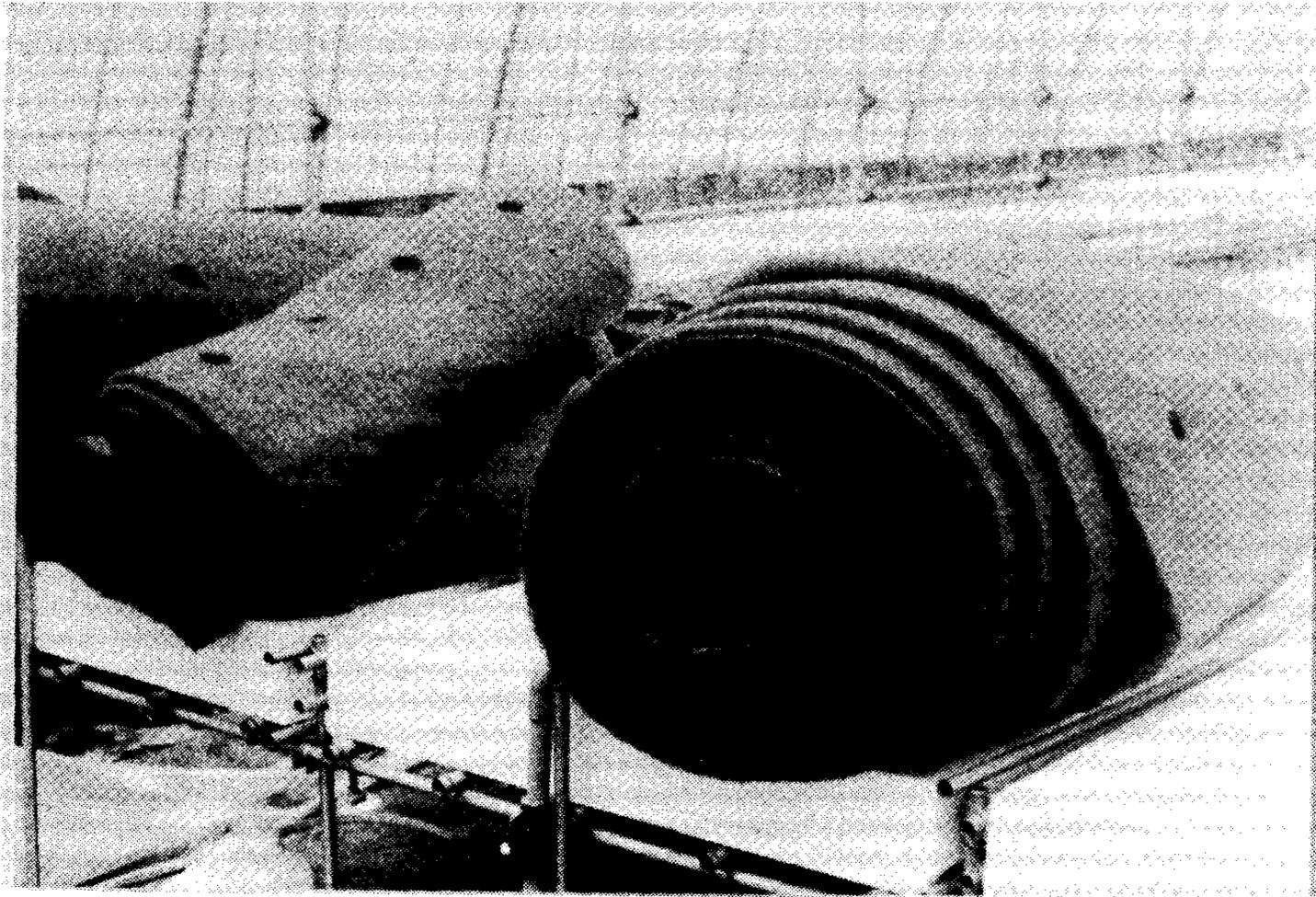


그림 2 . 여과재료로 사용한 사란필터

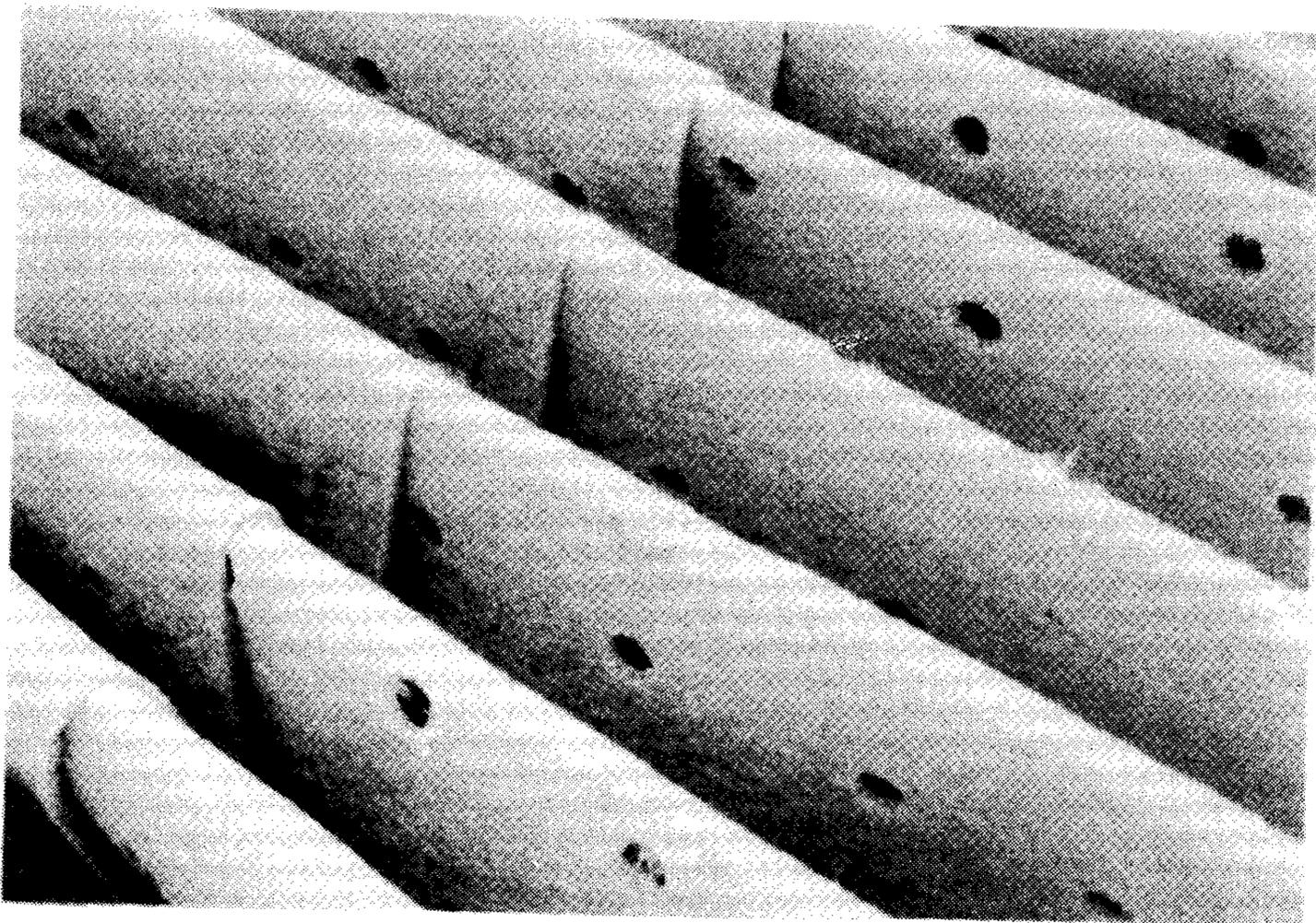


그림 3 . 사란필터를 설치한 모양



그림 4. 여과재료로 사용한 가리소의 설치모양

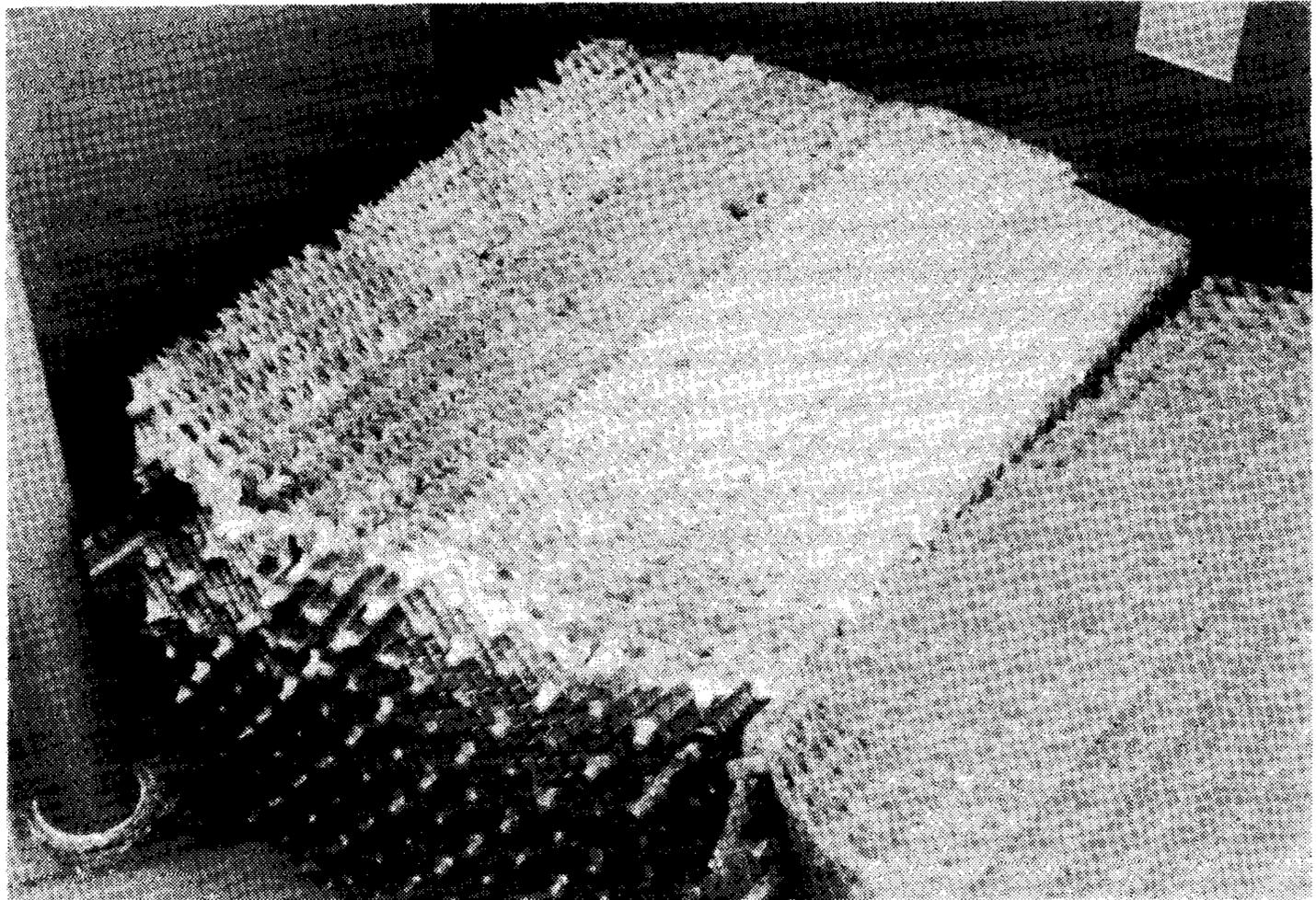


그림 5. 여과재료로 사용한 선라이트집판의 모양

## 2) 수로형 간이시설에서의 양어의 사육에 적합한 순환방식의 구명

배설물이나 사료 찌꺼기의 배출이 원형사육조에서는 잘되나 수로형에서는 직선형으로 되어 있기 때문에 원활하지 않은 것이 예상되었다.

따라서 본시험에서는 사육을 정상적으로 할 수 있는 사육수 환경 조절을 만들어주기 위한 방법을 찾기 위하여 사육조의 경사나 물의 흐름속도 등이 크게 관여하리라 감안하여 1.4%의 경사를 두었으며 물의 유량을 조절하기 위하여 2Hp펌프를 2대와 사육조의 중간에 사육조에 폭기와 물의 흐름을 조절할 수 있도록 1/2Hp펌프를 설치, 유량을 3수준으로 조절할 수 있게하여 각 처리방법에 따른 물의 깊이 및 위치별 유속을 조사하고 찌꺼기 침전 및 배출정도를 파악하여 적당한 유속을 파악하고자 하였다.

## 3) 수로형 사육시설과 원형사육조시설에서의 틸라피아의 성장도 비교

일반적으로 널리 사육시설로 이용되고 있는 순환식 원형사육시설을 직경 5m, 높이 1m의 크기로 PP를 이용하여 제작, 설치하고 두 시설에서의 틸라피아의 성장도를 비교하였다.

## 제 2 절 채소수경/양어의 복합영농어 시설에 적합한 엽채류의 선발

채소수경/양어 복합영농어시설에서의 엽채류의 생육반응을 관찰하고 재배하기에 적당한 엽채류를 선발하기 위해 실시하였다.

과종은 22mm x23mm 크기의 block의 중앙을 +모양으로 자른 두께3cm의 우레탄스폰지를 흡수시켜 미나리, 파, 부추, 들깨 등은 8월 15일에, 상추는 8월 30일에 파종하여 수경베드에서 육묘하였다. 그리고 상추는 9월 18일에, 미나리, 파, 부추, 들깨 등은 9월 21일에 정식하였다.

양액은 미나리전용양액을 사용하였고 양액의 공급은 1/3 Hp펌프를 이용하여 연속공급하였고, 이때의 채소의 생육반응을 관찰하였다.

표 4. 수경재배에서 사용한 양액의 조성표

비료명	분자량 (g)	양액농도 (me/l)	비고
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	236	2	1000배액을 만들어 희석하여 조제함
KNO <sub>3</sub>	101	4	
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	246	1	
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	115	3	
FeEDTA · 3H <sub>2</sub> O	421	20ppm	
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>		1.2 ppm	10000배액을 만들어 희석하여 조제함
MnCl <sub>2</sub> · 4HO		0.72	
ZnSO <sub>4</sub> · 7HO		0.22	
CuSO <sub>4</sub> · 5HO		0.05	
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O		0.02	

표 5. 양어/채소수경 복합영농어시설에서의 엽채류 재배개요

채소	파종일	정식일	재식 거리 (cm)	재식주 수/헥	주수/평	담액 높이 (cm)	양액 공급
상추	8월 30일	9월 18일	10x 9	1	330	2	연속
파	8월 15일	9월 21일	"	3	990		
들깨	"	"	"	3	990		
부추	"	"	"	5	1650		
미나리	"	"	"	3	990		

제 3 절 수경재배/양어 복합영농어 시설에서의 틸라피아의 성장도 조사

사육시설을 설치완료하고 틸라피아 평균 체중 6g , 평균체장 5.3cm, 체고 2.4cm, 전장이 6.5cm인 치어를 9월 29일에 입식하였고 사료는 잉어용 사료인 잉어4호를 1일 수시로 급이하였다. 그리고 경시적으로 틸라피아의 성장도와 급이계수, 생산율 등을 조사하였다.

표 6 . 급이사료의 성분

성 분	합 량(%)
조 단 백 질	44이상
조 지 방	3.0이상
조 섬 유	4이하
조 회 분	17.0이하
칼 슴	1이상
인	1.8이하

## 제 3 장 결과 및 고찰

### 제 1 절 수경재배/양어 복합영농에 적합한 간이식 양어시설의 개발

#### 가. 수경재배시설의 설치

양어시설에 결부시킨 수경재배시설의 형태는 그림 6과 같이 설치되었다. 수경재배베드가 베드자체로서의 역할뿐만 아니라, 양어 사육조의 PP판자체가 유동적이기 때문에 기둥역할을 해야하며 충분한 지지역할을 해야 한다.

본시험에서 설계된 측판 PP상단을 가로지른 C형강과 3m간격으로 댄 기둥 그리고 기둥을 중간에서 가로지르는 파이프가 설치되어 양어 사육조에 1m정도의 물과 틸라라피아를 투입하여 사육하여도 충분한 지지력을 가졌고 안정적이었다.

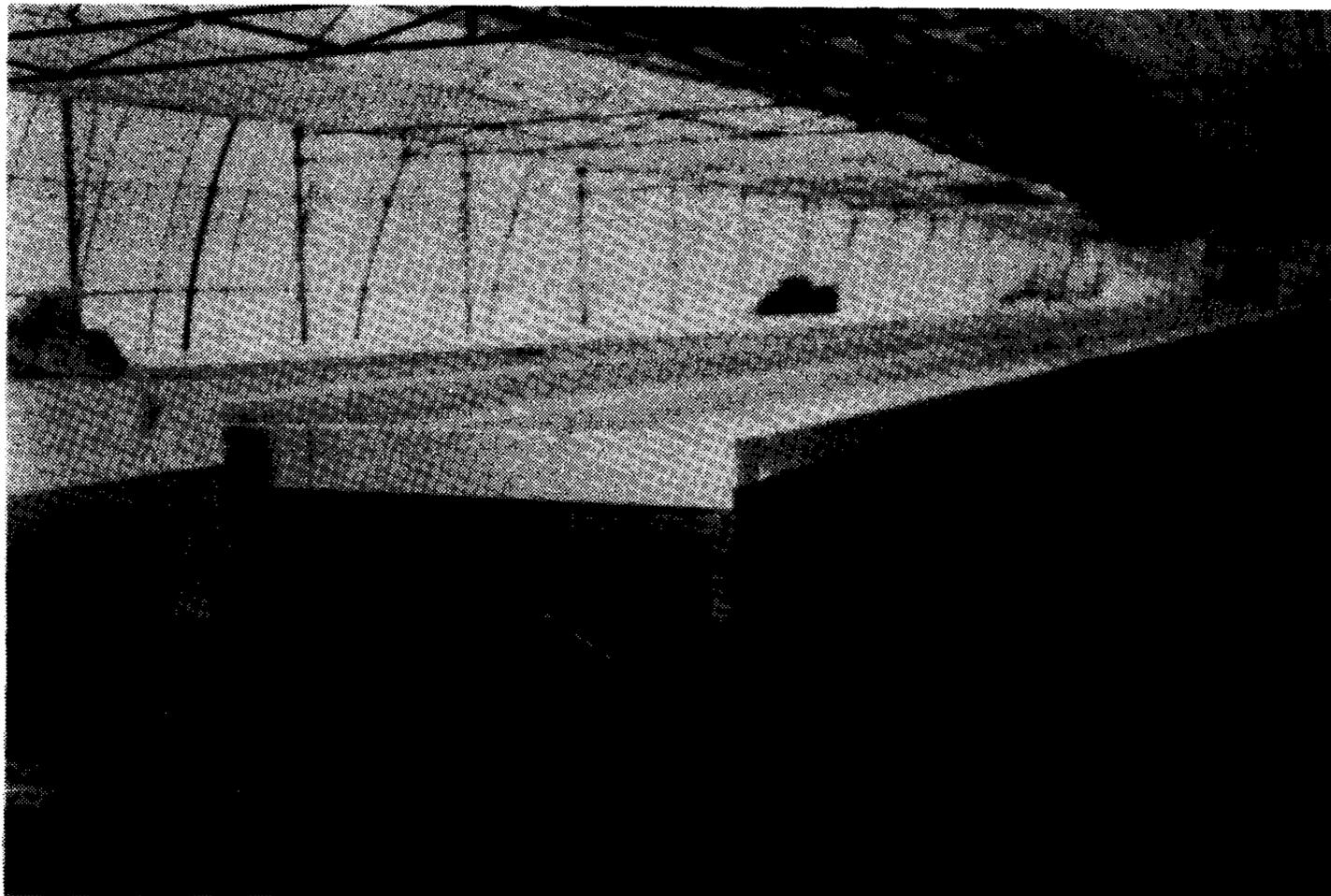


그림 6. 수경재배시설 설치모양

한편 수정재배베드의 초창기 도입기에는 시설투자비를 줄이기 위해 지면에 설치하는 방식에서, 근래에는 작업하기 편리하고 배수가 용이하도록 지상에 고설식으로 설치하기 때문에 양어시설과 결부시킬 때 본 시험에서 설치된 수정베드는 1.2m 정도의 높이로 설치되었기 때문에 적당한 높이였고 다소 낮게 유지시키고 적당한 사육수의 양을 확보하려면 지면을 30 ~ 40cm 정도 더 파내고 설치하면 적당할 것으로 판단된다. 다만 이때에는 PP판 자체가 측면 흠의 하중을 견딜 수 있도록 아래쪽에도 지지용 횡대를 대는 것이 좋을 것이다.

한편 사육조시설의 폭이 2m이기 때문에 일반적인 수정재배베드의 폭보다 60cm가 더 커서 작업하기가 다소 어려운 것으로 생각되어 사육조 위의 베드를 4 lane으로 나누고, 한쪽에서 2개 lane을 재배·관리할 수 있도록 하여 재배하는 데는 어려움이 없었다.

정식판에 정식하여 베드에 올려놓는 작업이나 다자란 엽채류를 재식판째 이동시켜 처리할 때를 감안하여 정식판의 크기를 60cm x 45cm로, 일반적인 크기보다 작게 하였으므로 관리도중 정식판이 절단되 파손되는 것은 없었다.

한편 정식판을 규격에 맞게 재단하고 타공을 위하여는, 2mm의 니크롬선으로 직경 3cm의 구멍을 뚫을 수 있도록 둥글게 구부려 제작한 타공기를 만들어 전기가열로 스티로폼판을 천공하여 정식판을 제작한 바, 아주 손쉽고 값싸게 정식판을 만들 수 있었다. 대량 생산을 위해서는 정식판금형을 만들어서 제작해야 하겠지만 본 천공기가 농가수준에서 작물에 따라 적절하게 간격을 조절하여 사용하는 데는 매우 적절한 것으로 여겨진다.

수경베드는 제작중 수평유지 조절이 손쉽도록 하기 위해 나사고 정식으로 제작하였으므로 물매를 잡는 데 매우 편리하였고 전체의 길이를 고려하여 3m크기의 조립식 베드를 설계하여 작업하는 데 편리하였다.

또한 베드의 제작은 원형파이프를 이용하는 것보다 구부러짐을 방지할 수 있는 것으로 판단되는 앵글사용하였는데 제작설치한 결과 별문제가 없었다.

#### 나. 수경재배/양어에 적합한 간이식 양어시설의 개발

수경재배시설과 잘 부합될 수 있는 사육시설의 형태가 길쭉한 수로형으로 판단하여 수경재배시설 밑에, 앞에서 설명한 수경재배와 결부시켜 PP(polypropylene)판을 이용하여 설치하였다. PP판의 지지는 수경재배 기둥과 가로대에 기대었고 사육수의 높이는 1m내외로 하였으며 사육수의 흐름은 여과조의 맨 끝인 가온조에서 펌프를 사용하여 사육조의 한쪽으로 송수하여 사육조를 거치고 나서 침전조2칸을 거치면서 일부는 가라앉히고 그 다음에 여과조 4칸을 통과하면서 여과되도록 하였다. 침전조에는 선라이트집판을 넣어 생물적 여과도 이루어 질 수 있도록 하였으며 여과조를 거치는 동안 부유물질 등이 걸러지고 여과재료로 사란필터와 가리소를 투입하여 미생물의 활착을 유리하게 하였고, 폭기하여 주므로써 용존산소를 높이고 여과효율을 높였다.

PP판을 사용하여 원형사육시설을 설치할 때에는 물론 측판지지용 골조는 필요없다. 그러나 원형사육조에서는 배설물의 배출이나 수류의 회전 등 유속조절이 용이하나 수경재배시설설치가 쉽지않고

원형크기가 커지면 커질수록 작업이 불편하여지고 밀어내기식의 재배를 하지않으면 곤란한 등의 애로가 있다. 또한 직경이 커지면 베드가 길어지고 베드를 설치하기 위해 중간기둥이 필요하게 되는데 사육조내에는 중간기둥의 설치가 곤란하므로 일정한 크기를 초과하는 사육조위에 수경베드를 설치하기가 곤란하다.

그렇기때문에 수경재배베드를 설치하려면 양어사육상 경제적인 사육조크기를 유지하기가 어렵고 또한 원형사육조시설을 사용할 경우 불용공간이 많아지고 수경재배관리시 운반이나 작업공간의 장애요인이 되는 등 불편한 점이 발생하게 된다.

따라서 한 시설공간내에 수경재배와 양어를 동시에 수용하기 위해서는 수로형이 타당한 것으로 판단되었다.

#### 다. 수로형 사육시설에서의 사육조건외 구명

##### 1) 수로형 간이시설에서의 적정여과방식

2개조의 사육시설(사육조 + 침전여과조)을 설치, 여과재료로서 한쪽에는 선라이트집판, 사란필터, 가리소를 사용하고 다른 한쪽에는 가리소만을 사용하였을 때의 여과정도를 파악하기 위하여, 현재 선파이트집판, 사란필터, 가리소설치 사육조에서만 9월부터 치어를 사육하고 있는 바 아직은 사육상의 어떤 문제는 발견되지 않았다. 치어가 자라서 틸라피아를 두 곳으로 나누어 사육하는 시기에서부터 양쪽의 여과정도를 비교시험할 예정이다. 다만 본 시험에서 채택한 여과재료가 일반적으로 사용되고 있는 것인 바, 본 시험에서는 정상적으로 성장하는 것으로 보아 여과효과에서는 큰 문제가

없을 것으로 판단되었다.

## 2) 사육수순환방식

시험의 관건은 수로형사육시설에서 원형사육시설에 비해 얼마만큼 배설물이나 사료찌꺼기를 배출시키고 반송시키느냐하는 문제이다. 이를 알아보기 위해 유량을 달리하고자 가동펌프수를 달리하여 배설물의 이송이 잘되는지와 사육수의 수질을 분석하여 파악하고 적정유속을 파악하고자 실험을 수행할 예정이다.

## 3) 수로형 과 원형 사육시설에서의 틸라피아의 성장도 비교

본 시험에서 고안된 새로운 시설방식인 간이수로형 시설과 관행으로 사용하고 있는 원형사육시설에서의 틸라피아의 성장과 사육수 수질의 변화를 살펴보면(표7 과 8), 서로 다른 두 형태의 사육시설에서 자라는 틸라피아의 성장에서 큰 차이를 보이지 않고 있으며 사육수의 화학성분에서도 별다른 차이를 보이지 않았다. 이 조사 내용은 사육을 시작한 지 2개월여 밖에 되지 않았고 또한 치어를 사육하고 있는 환경이기 때문에 이것으로서 비교하기에는 이른 감이 없지 않다.

그러나 큰 차이없이 성장하고 사육수의 수질도 대동소이한 것으로 보아 수로형 사육조 그 자체에 의한 사육상의 어떤 장애요인이 되는 것은 아니라고 판단된다.

표 7.수로형사육조와 원형사육조에서의 틸라피아의 성장도

구 분	체 중 (g)	체 장 (cm)	체 고 (cm)	전 장 (cm)
수로형 사육조	32.9	9.3	3.8	11.1
원형 사육조	29.1	8.7	4.0	10.5

표 8. 틸라피아 사육시 수로형사육조와 원형사육조에서의 사육수의 수질

구 분	수 온 (℃)	pH	용존 산소 (ppm)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N (ppm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N (ppm)	PO <sub>4</sub> -P (ppm)	SO <sub>4</sub> (ppm)	Cl (ppm)
수로형 사육조	24~	5.9~	5.97~	1.01~	23.7~	2.64~	2 ~ 4	15.9~
	25	6.1	7.17	1.03	24.2	2.72		
원형 사육조	25	6.7	3.5	0.65	3.95	1.78	2	8.62

제 2 절 수경재배/양어 복합영농어 시설에 적합한 엽채류의 선발

이와 같은 복합영농어 시설에서 채소류의 재배에 있어서 여름철에는 양어/수경시설이어서 나타나는 재배상의 문제점이 되기 보다는 시설내부의 고온에 의해 시설원예분야에서 일반적으로 야기되는 문제가 수경재배의 극복해야 할 문제이고, 본 시설에서 예견되는 문제는 겨울철 난방기에 밀폐한 시설의 특이한 환경조건에서의 작물의 생육반응일 것이다.

수경/양어복합 영농어시설에서의 채소의 수경재배에서 양액은 미나리 전용양액을 조제하여 24시간 순환공급하였고 양어조와는 별도

의 체계로 운용되었으므로 재배상의 어려움이 없었다. 그러나 수경베드의 방수필름이 0.05mm두께의 PE film이었기 때문에 찢어질 경우에는 양액이 사육조로 흘러 내릴 수 있고 보수하기가 매우곤란하기 때문에 lining재료의 재질을 타포린 수지천 등을 사용하는 것이 값이 비싸더라도 관리상이나 사용기간이 긴 등 더 유리할 것으로 본다.

수경재배에서 재배한 미나리, 상추, 들깨, 파, 부추 등의 엽채류의 초기생육조사 결과는 그림 7과 같다.

표 9. 양어/수경재배 복합영농시설에서의 상추의 초기생육

작 물	초 장 (cm)	엽 수 (개)	생 체 중 (g/주)
적치마 상추	25.7	5.4	44.8
적촉면 상추	27.0	7.8	52.2

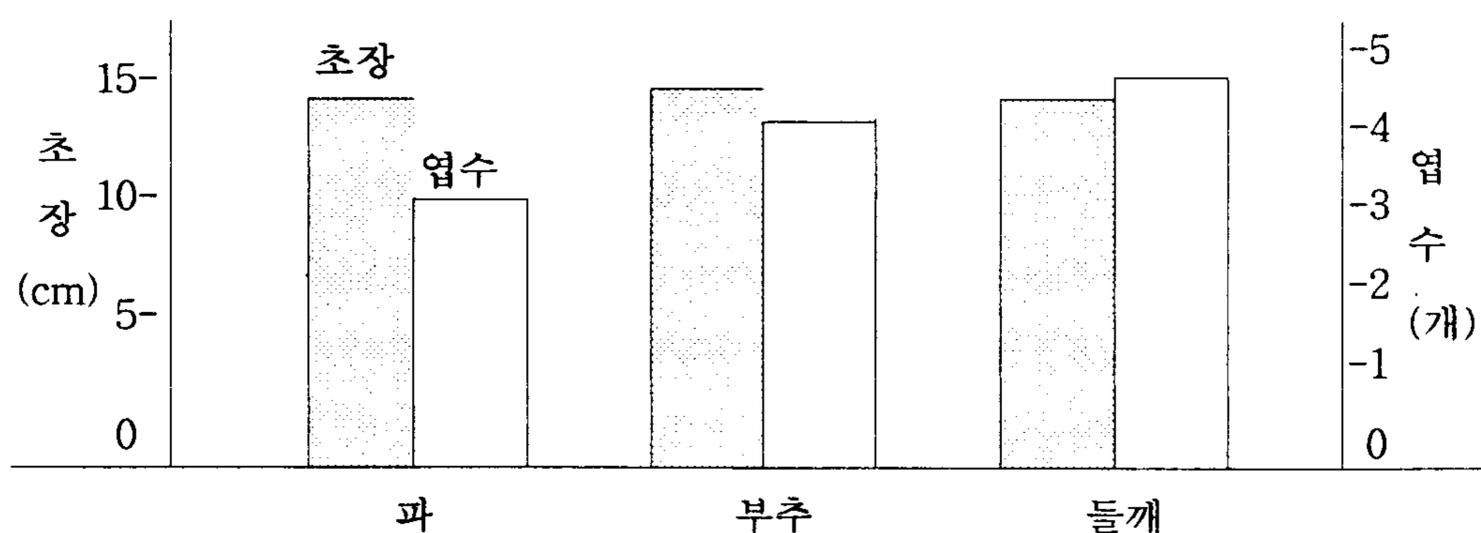


그림 7. 수경재배/양어의 복합영농어 시설에서의 엽채류의 초기생육 (정식1개월)

표 10. 양어수경복합영농어시설에서의 미나리의 생육

구 분	초 장 (cm)	엽 수 (개)	포복경수 (개)	포복경장 (cm)	생체중 (g/5주)	수 량 (kg/평)
내 용	39.6	4.6	3.2	27.8	42.3	8.4

위의 채소종자들은 우레탄 스펀지에 파종 육묘하여 정식하였기 때문에 정식하는데 매우 편리하였으나 부추, 파 등의 발아율이 낮았다. 들깨는 발아가 불량하였을 뿐아니라 재배기가 단일로 접어드는 시기였기 때문에 충분히 자라기 전에 단일에 반응하여 잎의 분화가 중단되어 생육이 매우 좋지 않았으며 상추는 재식간격이 작아 웃자라는 경향이였다. 미나리는 대체로 잘자라는 양상이였다. 앞으로는 특이한 환경조건속에서도 잘 자랄 수 있는 채소를 동한기 재배를 통하여 확인해야 할 예정이다.

제 3 절 수경재배/ 양어복합영농어 시설에서의 틸라피아의 성장

사육에 사용하기 위해 개발한 지하수 원수 및 사육수의 위치별 화학성은 표 11 및 12 와 같다.

표 11. 지하수의 수질

구 분	수 온 (℃)	pH	NO <sub>2</sub> -N (ppm)	NO <sub>3</sub> -N (ppm)	PO <sub>4</sub> -P (ppm)	SO <sub>4</sub> (ppm)	Cl (ppm)
조사치	15.6	7.71	0.67	0.82	-	5.35	9.40

원수의 수질을 보면 수온이 15.6℃로서 다소 낮은 편이나 pH는 약알칼리를 나타내고 있으며 NO<sub>3</sub>-N등 기타성분에서는 낮았으며 염소가 다소 높았다.

한편 사육조의 출구 사육수와 여과조의 수질에서는 대차가 없었으나 온도에서는 1℃정도 가온조 물이 높아 사육조를 거치면서 1℃정도 낮아지는 것을 알 수 있었다. 이 시기에는 사육수 가온만 하였고 별도의 수경재배를 하기위한 실내가온을 하지 않아도 충분한 시기였고 혹한기에는 실내 온풍가온을 실시할 때의 사육수의 온도변화를 측정할 예정이다.

수온을 보일러를 이용하여 직탕식으로 가온하여 가온조온도가 27℃로 유지되도록 온도센서를 조절하였는데 사육조의 온도는 틸라피아의 생육적온범위에서 큰 편차없이 유지되어 직탕식 온도보일러에 의한 가온으로 사육수의 온도를 유지하는데는 별 어려움이 없었다.

표 12. 사육수의 수질

구 분	수 온 (℃)	pH	용존산소 (ppm)	NO <sub>2</sub> -N (ppm)	NO <sub>3</sub> -N (ppm)	PO <sub>4</sub> -P (ppm)	SO <sub>4</sub> (ppm)	Cl (ppm)
여과조로부터의 유입수	27.4	7.48	6.17	10.8	1.64	0.62	7.80	10.6
사육지에서 의 유출수	26.0	7.75	6.17	10.1	1.52	0.52	6.95	10.1

여과조에서와 사육조에서의 조사성분의 차이를 나타내지 않는데, 사육수 수질 조사시기가 일러 여과재료에 미생물의 활착이 잘 되지

않아 여과능력이 안정되지 않았거나, 여과재료에 의한 여과효과가 미비하여 물의 여과조와 사육조간의 물의 혼입속도에 의한 혼합 효과에 못미쳤기 때문에 이러한 결과를 나타내고 있는 지는 앞으로 살펴보아야 할 것이다.

표 13. 틸라피아의 성장도

조사일	총마리 수(미)	체중 (g)	체장 (cm)	체고 (cm)	전장 (cm)	중체량 (g)	급이 계수	생산률 (%)	사 료 급이량 (kg)
9월 29일	5,000	6.06	5.3	2.4	6.5	-	-	-	20
10월 10일	4,998	9.53	6.1	2.7	7.4	3.47	1.15	99	
10월 24일	4,998	15.1	7.4	3.2	8.9	5.57	2.16	100	60
11월 9일	4,996	32.9	9.3	3.8	11.4	17.82	0.67	99	60

지금까지 조사한 틸라피아의 성장도나 생산율을 보면 (표 13) 틸라피아가 정상적으로 성장하는 것을 확인할 수 있었고 사육수 환경도 양호한 바, 지금까지의 결과로 미루어 볼 때 새로이 적용한 수로형사육조의 수용이 별 무리없이 수경재배시설에 함께 적용할 수 있는 사육시설방식이라고 생각된다. 앞으로 성어기에도 정상적으로 사육할 수 있는지 확인해야 할 것이다.

## 제 4 장 종합고찰

현대의 농업은 전문적인 기술을 요할뿐 아니라 적극적으로 사고하고 행동하는 능력이 있어야 하며 최신 정보수집능력과 적절한 기동력 그리고 이 전체를 뒷받침하는 경제력이 있어야 전문 경영인으로 자리잡을 수 있을 것이다. 양어/수경이야 말로 높은 투자와 전문기술을 요하는 농업분야에서는 특수한 농업기술이라 할 수 있다. 그러므로 이를 성공적으로 경영하기 위해서는 경영인의 독자적인 노력뿐 아니라 이를 뒷받침할 새로운 기술개발이 필요하다.

근래에 보급되고 있는 양어시설이든 수경재배시설이 단일 경영방식으로 운영되고 있으므로 이 두가지 경영방식을 한 시설공간에 수용함으로써 생산비절감 및 소득증대를 꾀할 수 있을 것으로 판단된다.

그러므로 이에 관한 가능성을 검토한 시험의 결과를 기초로 하여 농가차원에서 양어/수경복합영농어를 할 수 있는 체계에 관한 실증시험을 수행하였다.

수경재배시설의 형태가 직선형이고 고설식으로 설치된 베도 밑의 공간이 이용되고 있지 않다는 점에 착안하여 관행의 원형사육조의 형태를 수로형으로 설치하였다. 이때에 야기되는 배설물이나 찌꺼기의 이송을 좋게 하기 위해서는 지면에 경사를 두었으며 사육조의 제작을 위해서는 PP(polypropylene)판을 사용하였고 PP판의 측면으로 나타나는 수압을 버티기 위해서는 수경재배베드의 기둥과 기중중간에 횡대를 설치하였었다. 경제적인 양어사육량을 확보하기 위해서는 물의 깊이를 1m로 하고, 수경재배시 재배관리가 불편이 없는 범위내에서 폭을 2m로 설치하였다. 침전여과를 위해서는 사육조

와 같은 규모의 수로형으로 침전조 및 여과조를 설치하였고 가온을 위해서는 온수보일러로 직탕가온하였다.

위와 같은 시설에 담수하였을 때 구조적으로 매우 안정적이었으며 틸라피아 치어를 입식하였을때 사육상을 검토한 바, 원형사육조에서와 별다른 차이없는 성장도를 보여, 수로형 사육조가 양어/수경 복합영농시설에 수용되는데 가능하다는 것이 입증되었다. 다만 앞으로 계속해서 성어기때까지 1년정도는 사육하면서 관찰해야 하리라 판단된다. 한편 채소수경재배에서는 1차적으로 수경재배는 일반적인 방법으로 재배하였기 때문에 문제없이 재배할 수 있었으나 여름철 고온기와 겨울철 가온기의 특이한 환경에서의 채소류의 반응을 관찰하고 생산성이 높으면서 시기에 적절한 채소작목을 선발하는 시험이 수행되어야 하리라 생각되며 앞으로 계속해서 이에 관한 시험을 수행할 예정이다.

## 제 5 장 적 요

수경재배/양어 복합영농 시설의 형태를 개발하고 틸라피아를 사육시 성장도 및 사육수의 수질을 파악하여 수경재배에 병용할 수 있는 간이식 사육시설의 적용가능성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 폭 2m x 높이 1m x 길이 18m의 사육조와 이와 대등한 크기의 침전여과조로 구성되는 PP(polypropylene)판을 이용한 수로형 사육시설을 개발하였다.

2. 틸라피아를 사육하였을 때 사육수의 수질은 양호하였고 틸라피아의 성장도 정상적이었다.

3. 수로형에서의 틸라피아의 성장은 원형사육시설에서와 대등하였다.

4. 수경재배베드는 폭 2m로 하여 양쪽에서 1m씩 관리하도록 설치하였을 때 재배관리에 불편이 없었다.

수경재배/양어의 복합영농은 가능하였으며 수로형 사육시설의 운용이 가능하였다.

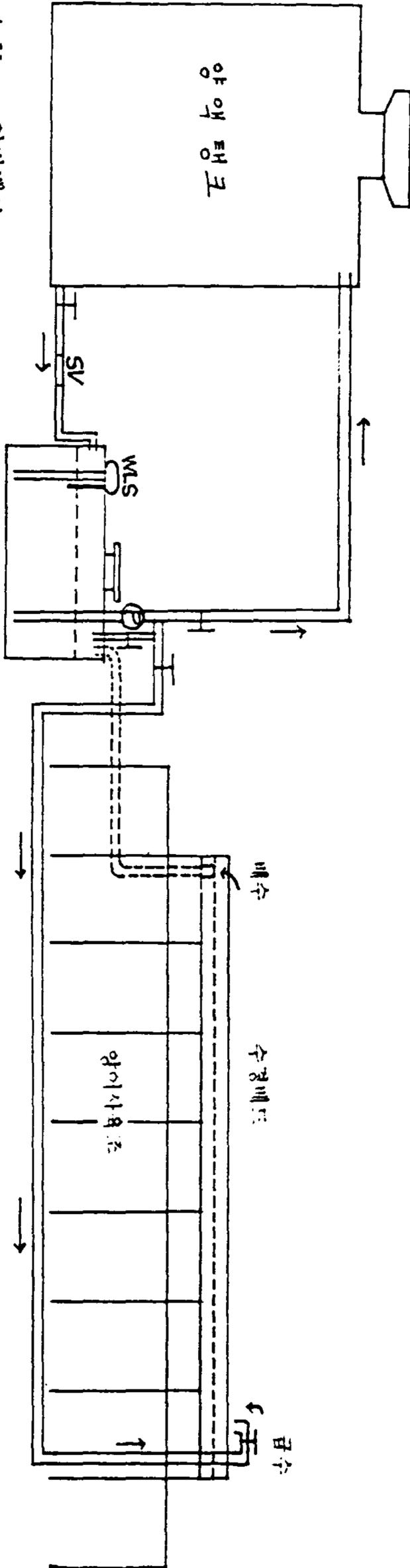
## 참고문헌

- 정문기. 1973. 어류생태학. 과학기술후원회. pp.59-60.
- 경기도내수면개발시험장. 내수면어류양식교재(1) 틸라피아 양식
- 경기도농촌진흥원. 1991. 원예작물의 양액재배현황과 발전방향.
- 강석중, 김인배. 1982. 무여과조 순환수 사육장치 내에서의 Tilapia의 성장. 韓水誌 15(1):47-51.
- 김인배, 이숙희. 1981. 순환 Green water 사육장치내에서의 어류의 성장실태. 韓水誌 14(4):233-238.
- 김인배. 1983. 무여과순환수 탱크 이용 tilapia의 고밀도 사육시험. 韓水誌 16(2):59-67.
- 김인배, 김병기, 지영옥. 1987. 순환여과식 양어시설에 이용될 수종의 여과 재료의 효능에 관한 연구. 韓水誌 20(6):561-568.
- 국립수산진흥원. 1988. 틸라피아어(Tilapia)의 양식. pp.3-8.
- 이병일, 이순길, 정선부, 이지원, 한평수, 김기덕. 1991. 채소 수경재배체계도입에 의한 내수면 양어시설의 효율적 이용방안. 과학기술처 연구보고서.

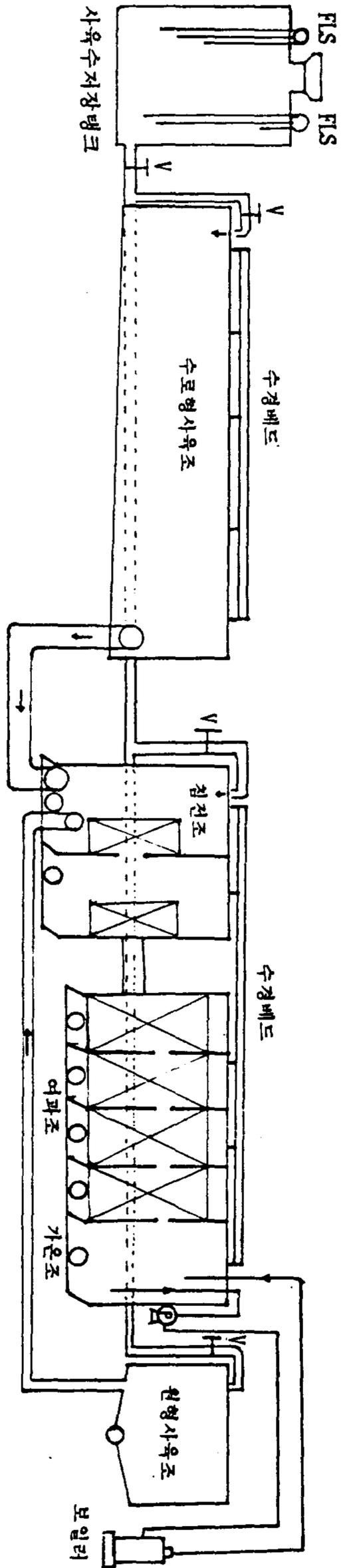
# Appendix

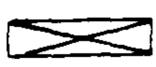
## 1. 수경재배시설의 개요도

P : 펌프  
 WLS : 수위조절밸브  
 SV : 전자동밸브  
 V : 인라인밸브



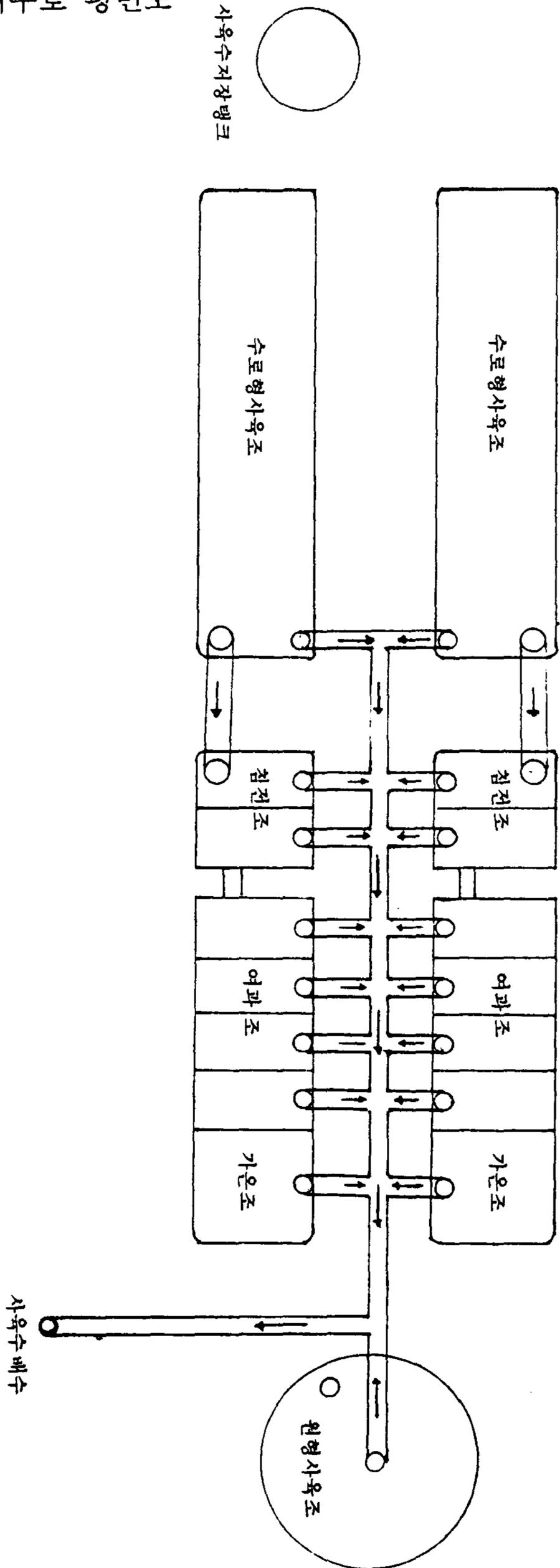
## 2. 양어사육지 측면도



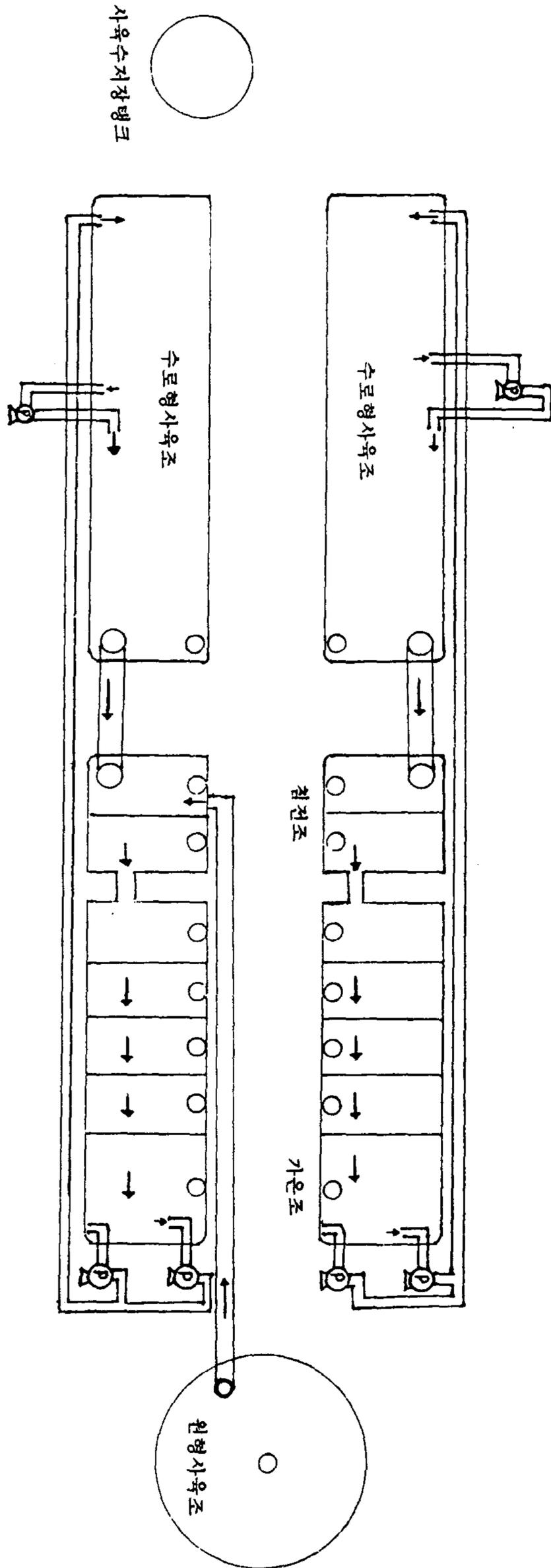
 : 여과재  
 P : 펌프  
 V : 볼밸브

FIS: 수위조절스위치

### 3. 양어사육지 배수로 평면도

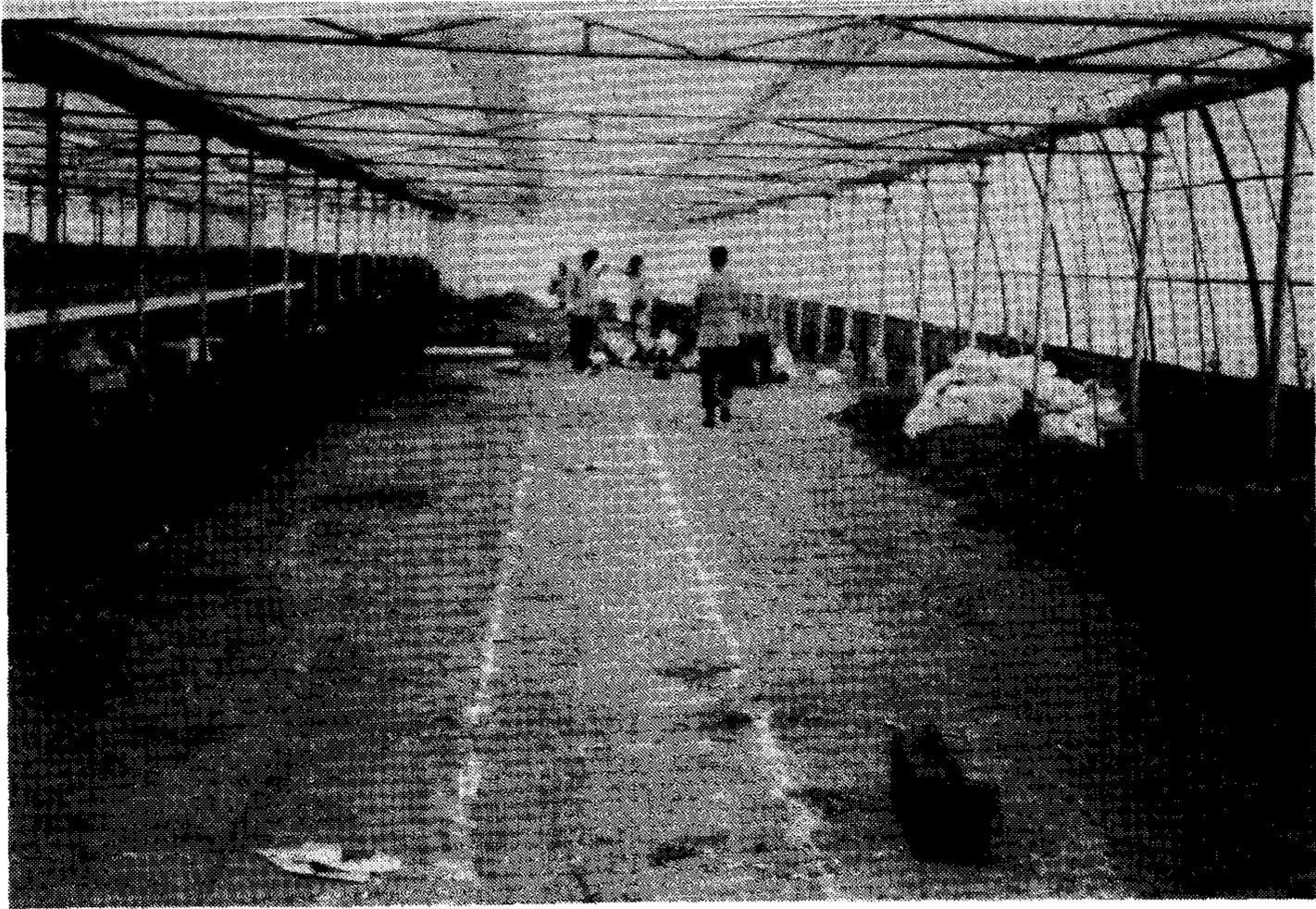


#### 4. 양어사육지 순환배관평면도

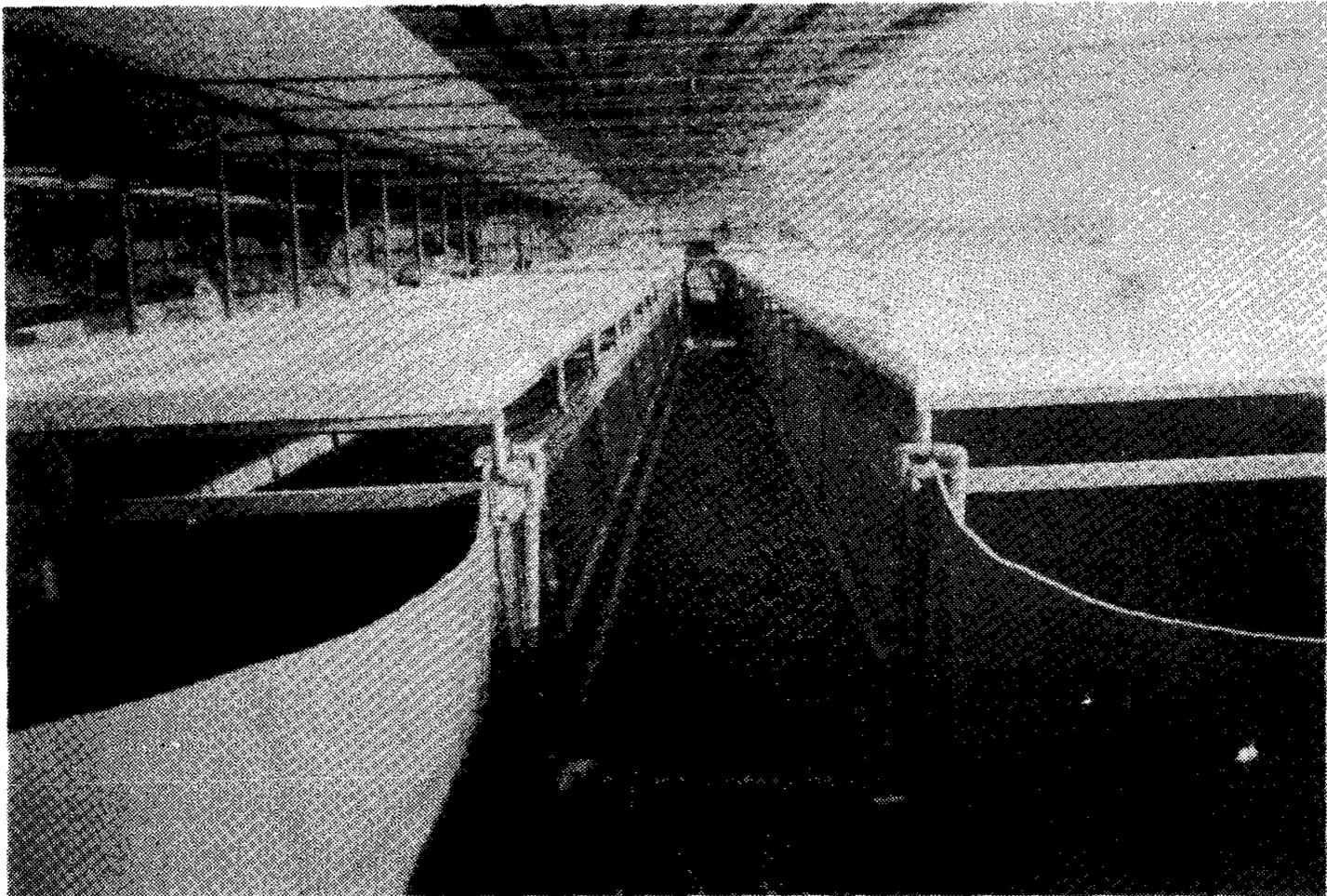


사육수저장탱크

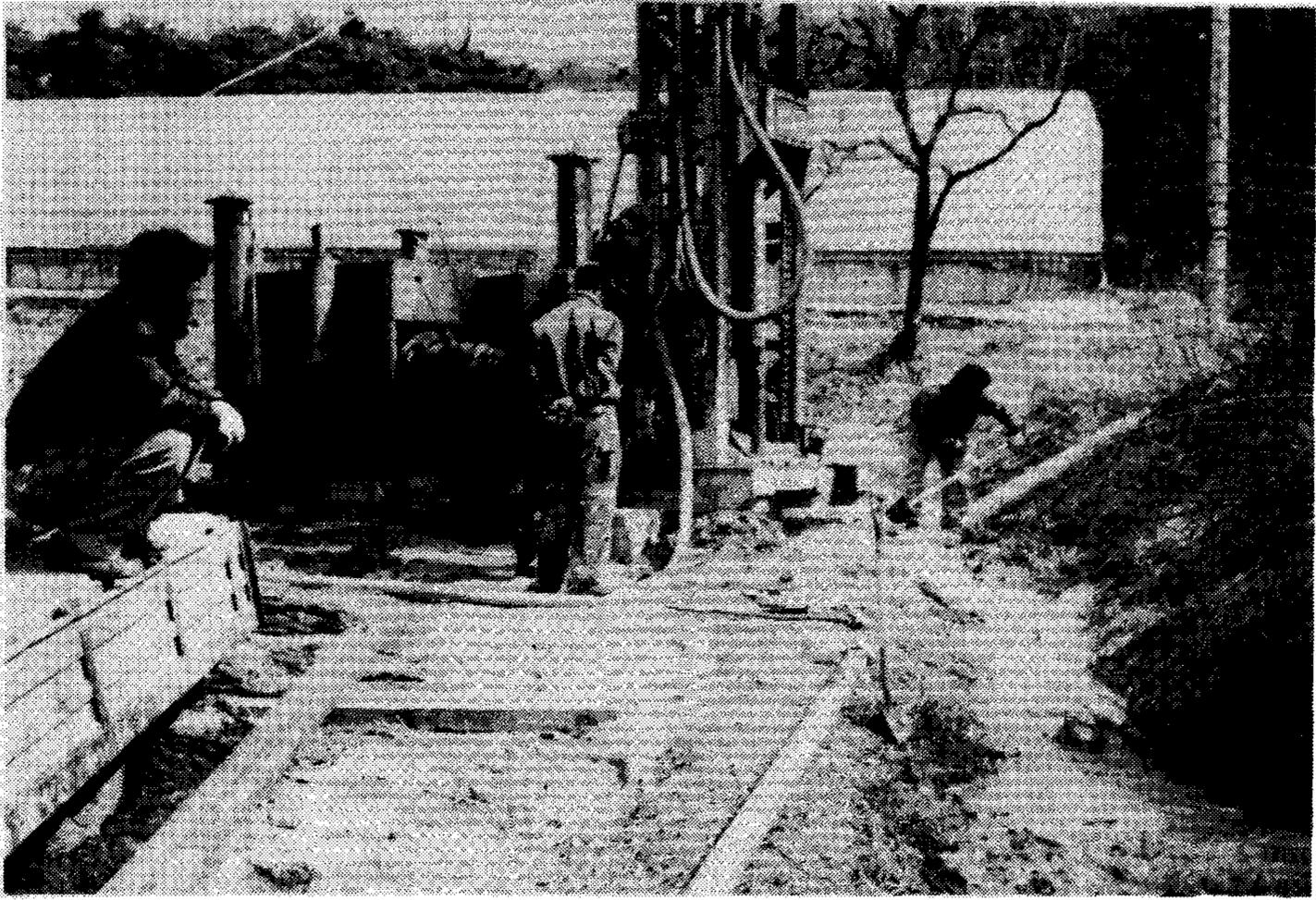
5. 수경재배/양어사육시설의 설치 및 작물의 생육



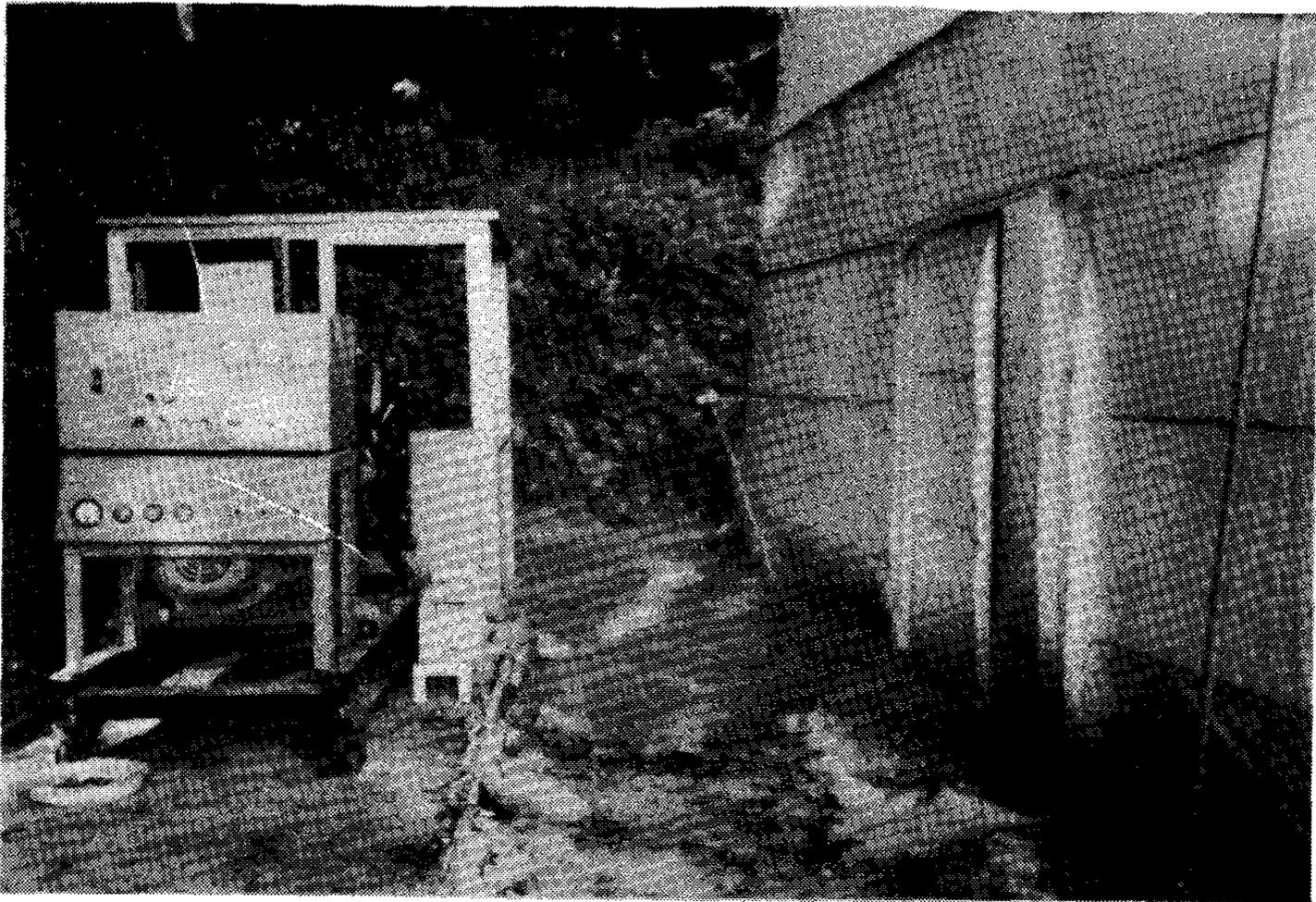
설치 전



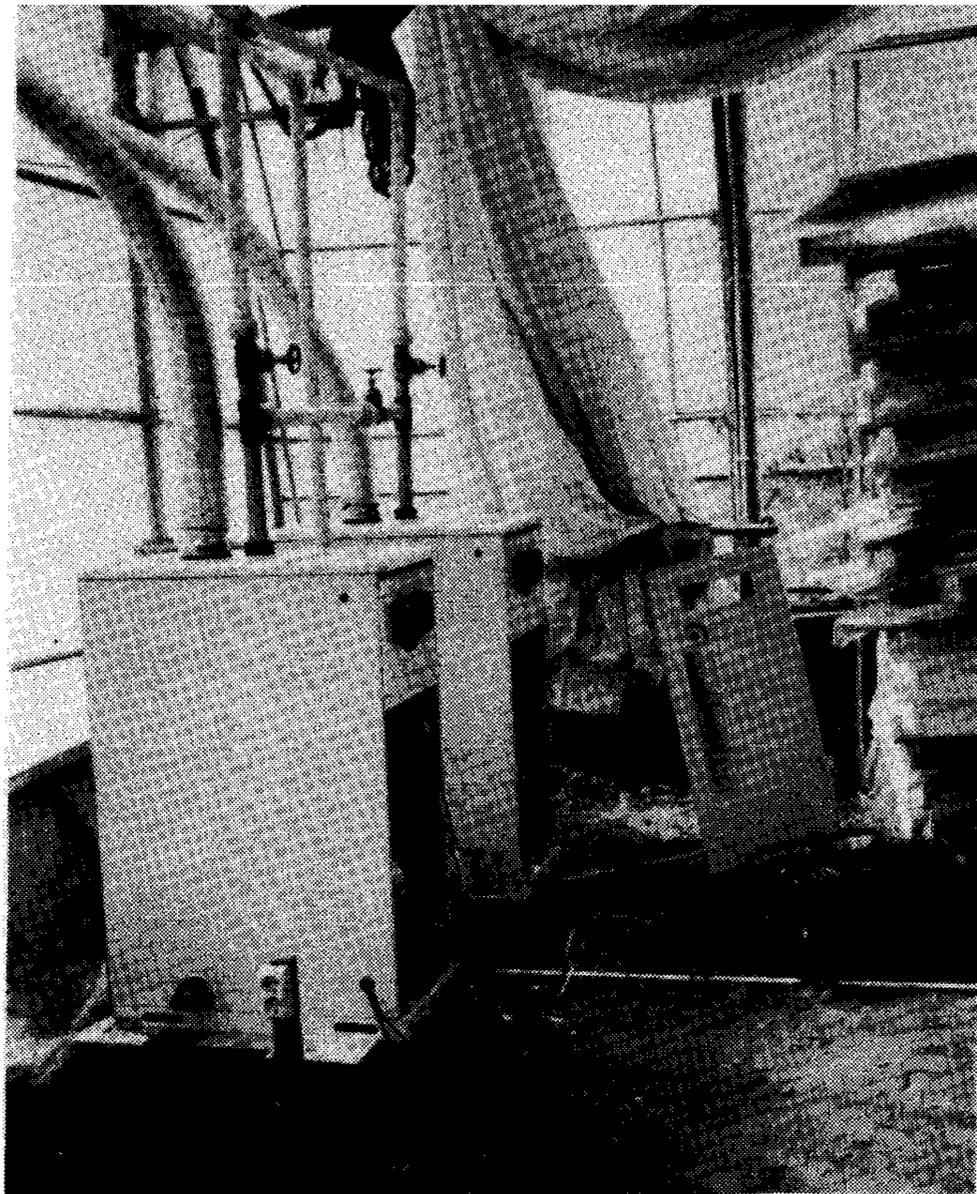
설치 후



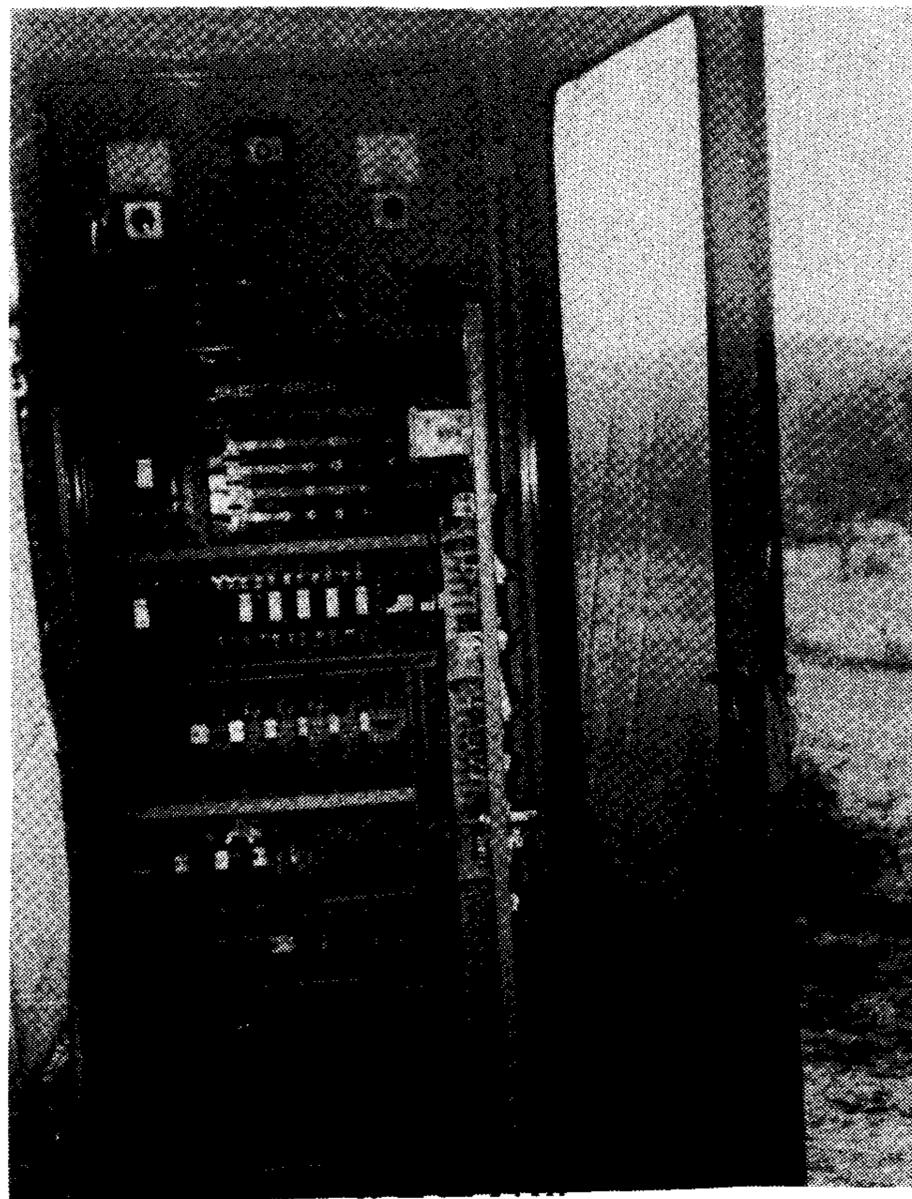
지하수의 개발



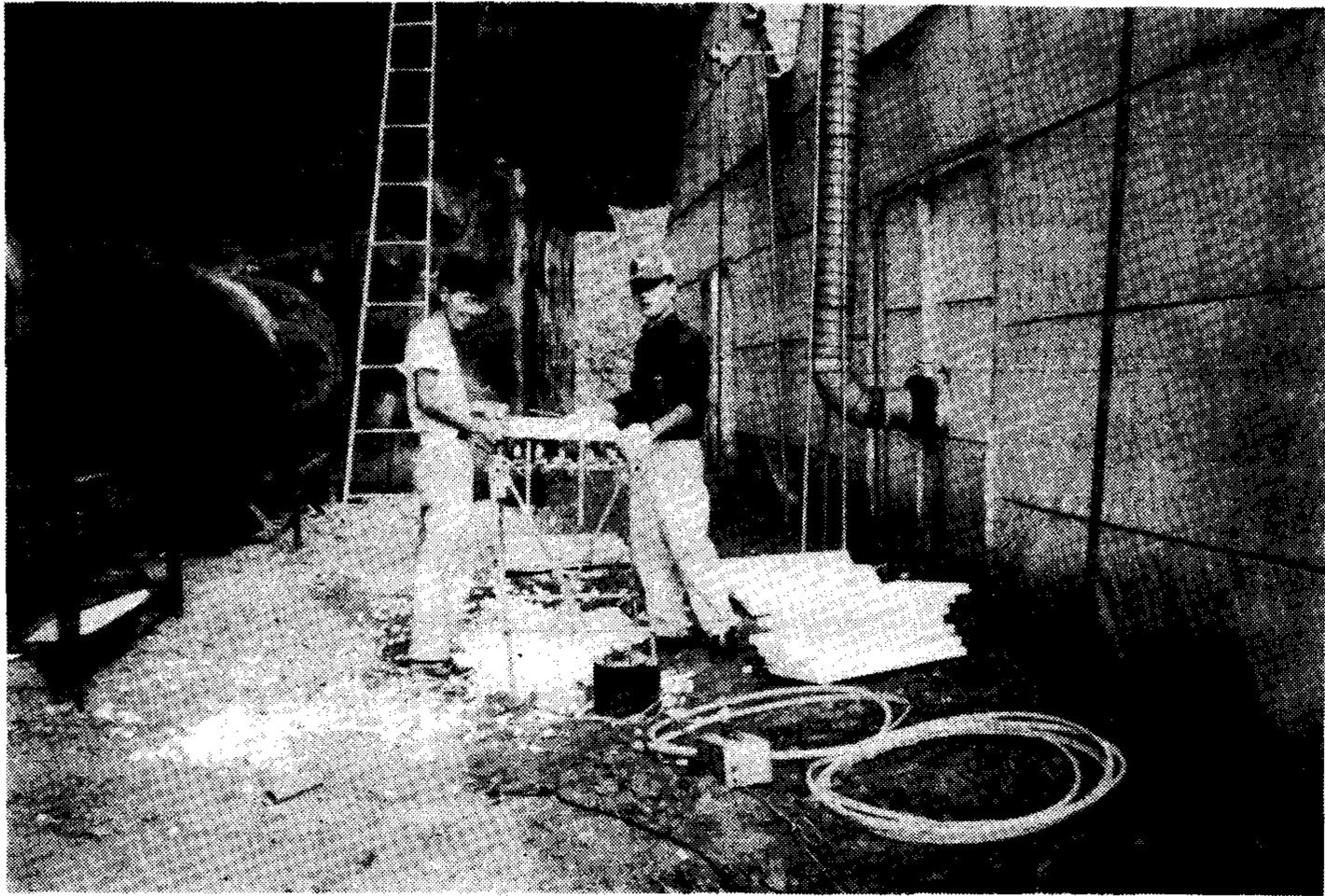
발전기 설치



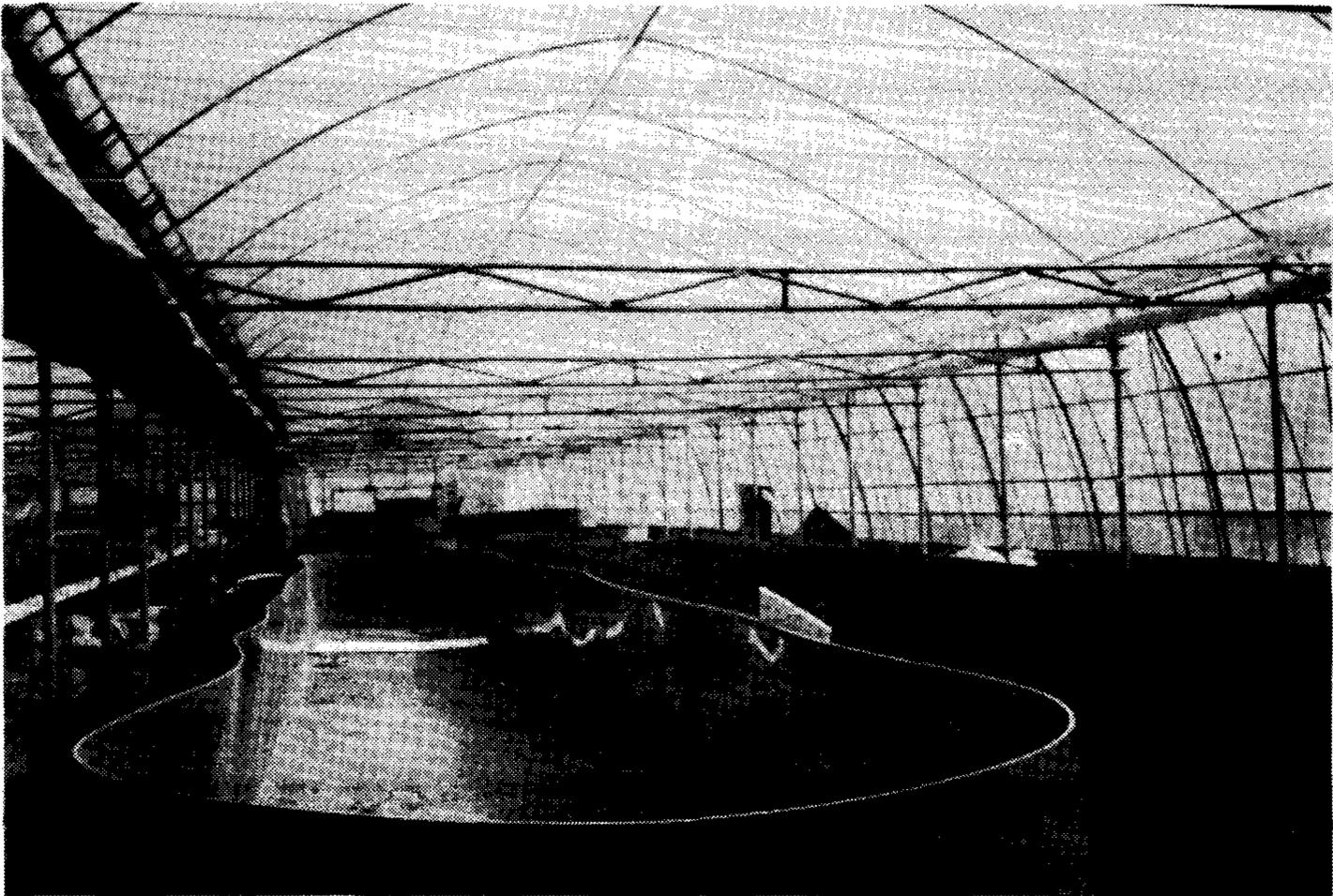
보일러설치



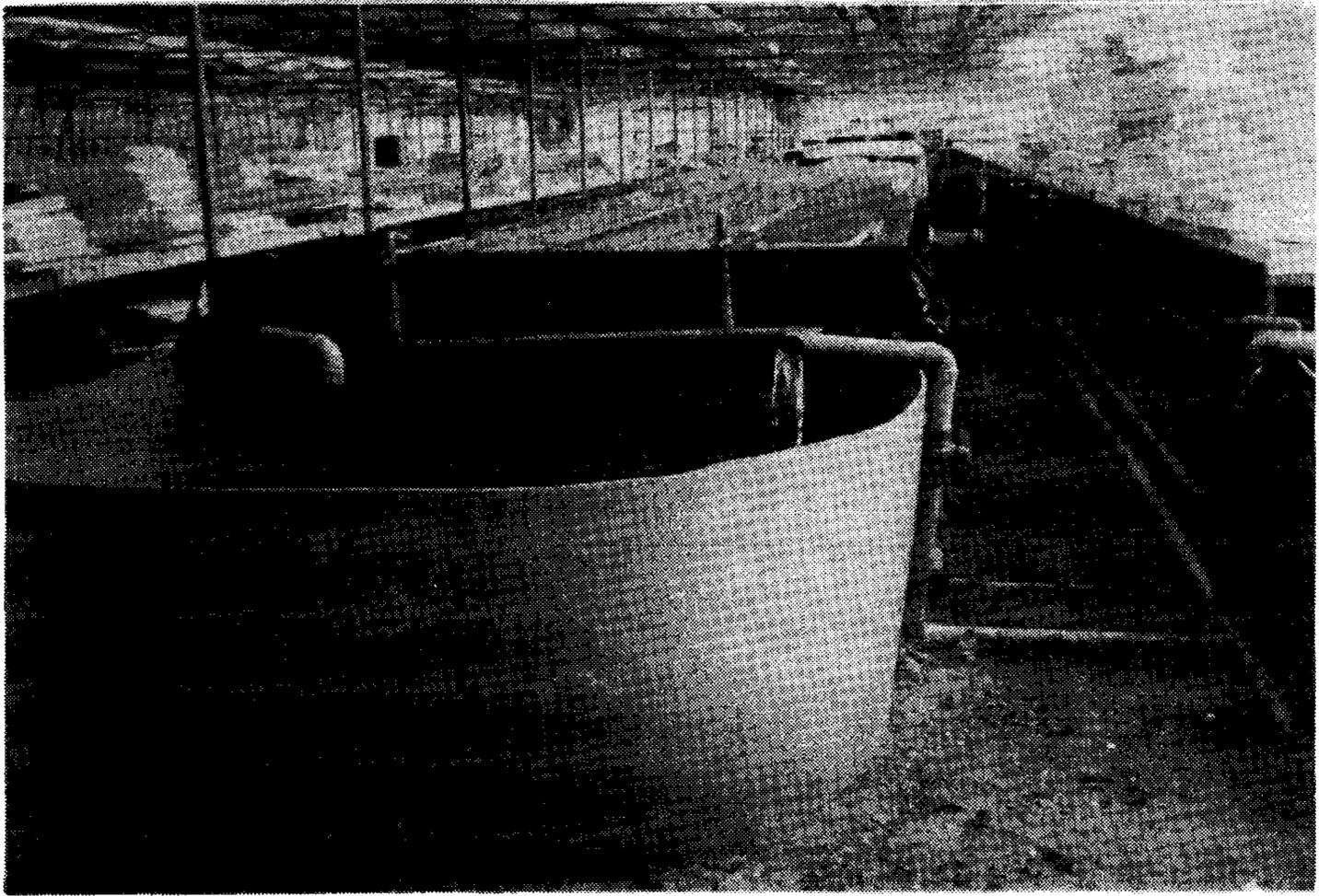
양어수경자동제어반



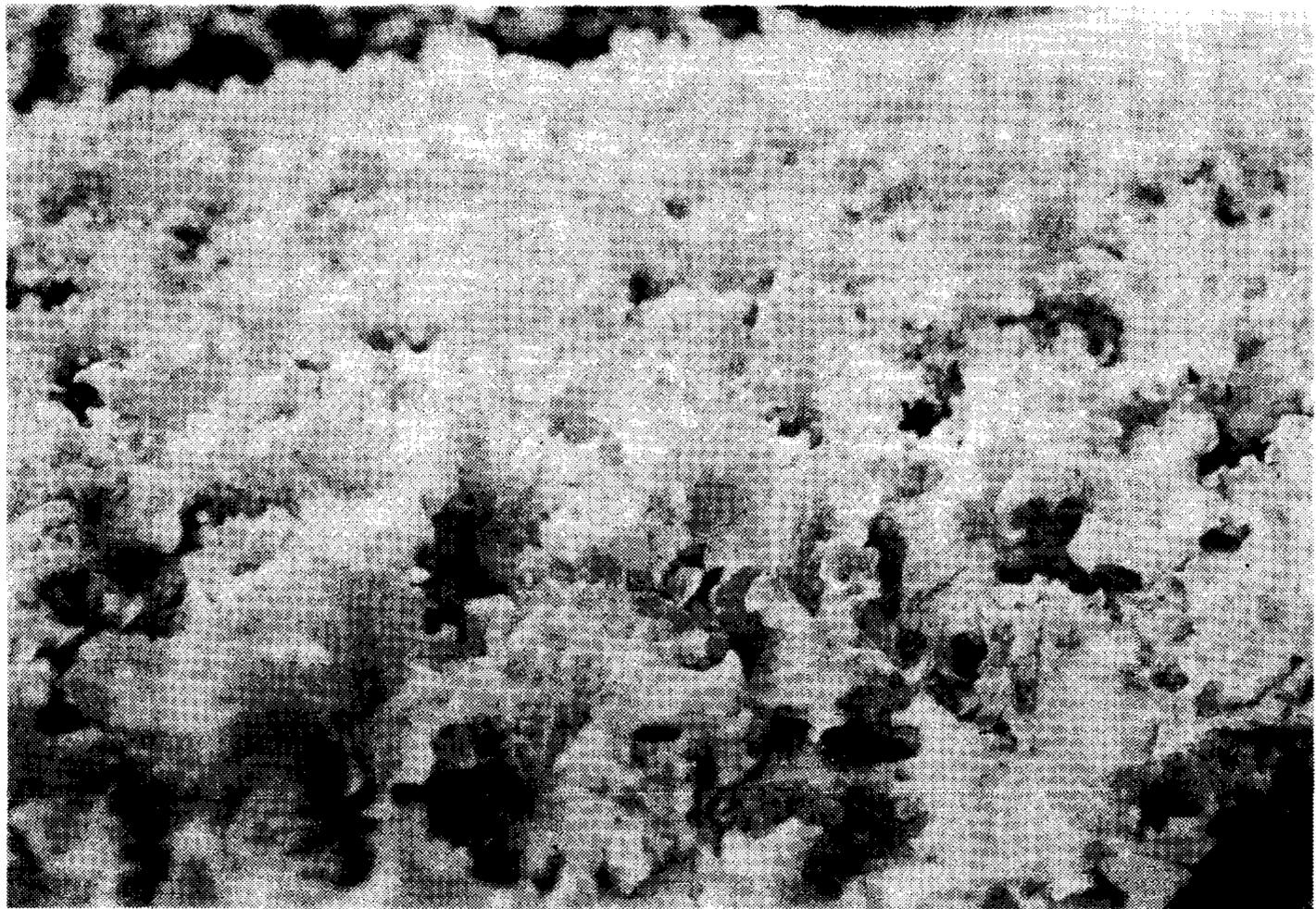
정식판 타공장면



사육시설제작에 사용한 PP판



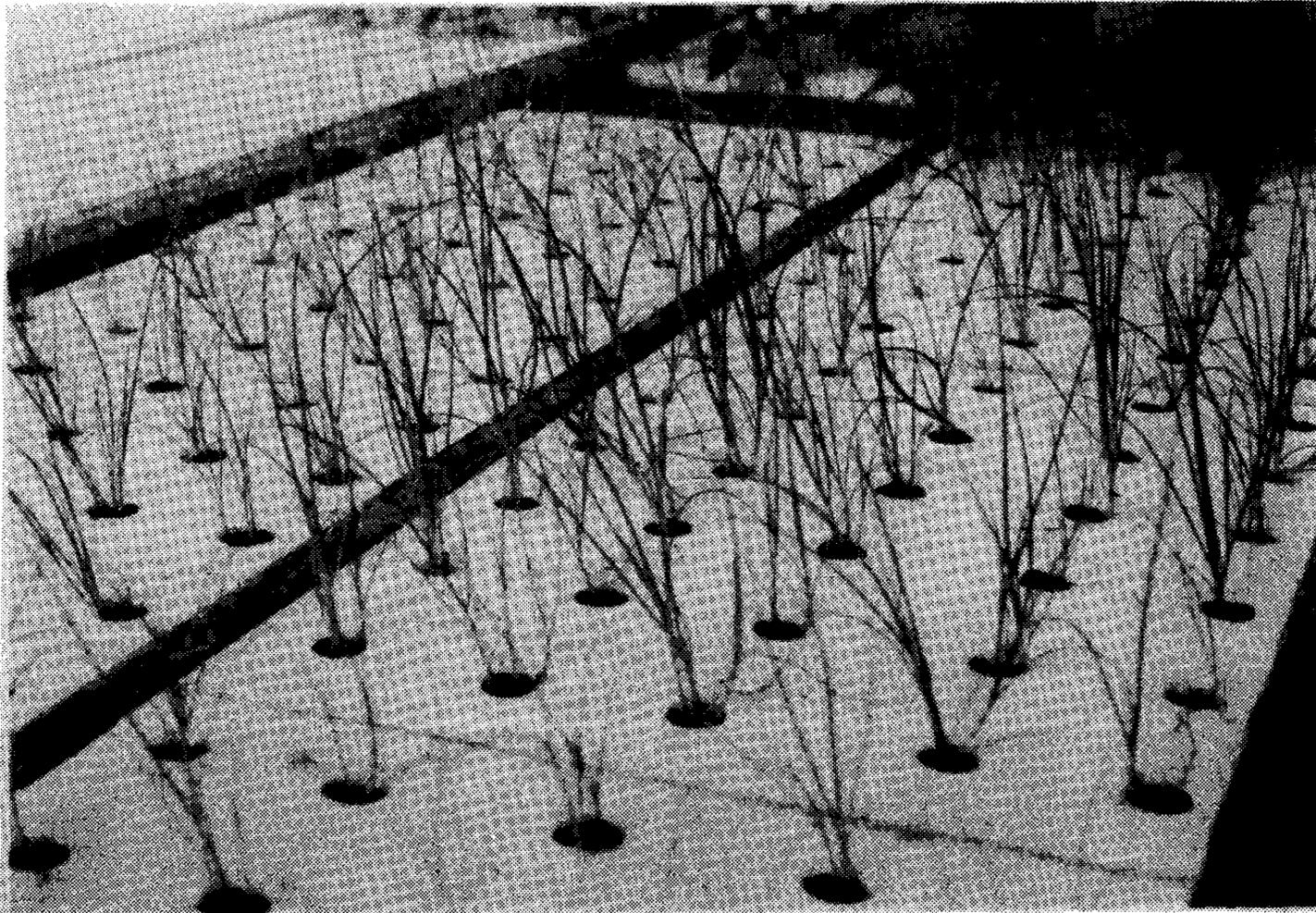
완성된 수경재배/양어사육시설



상 추



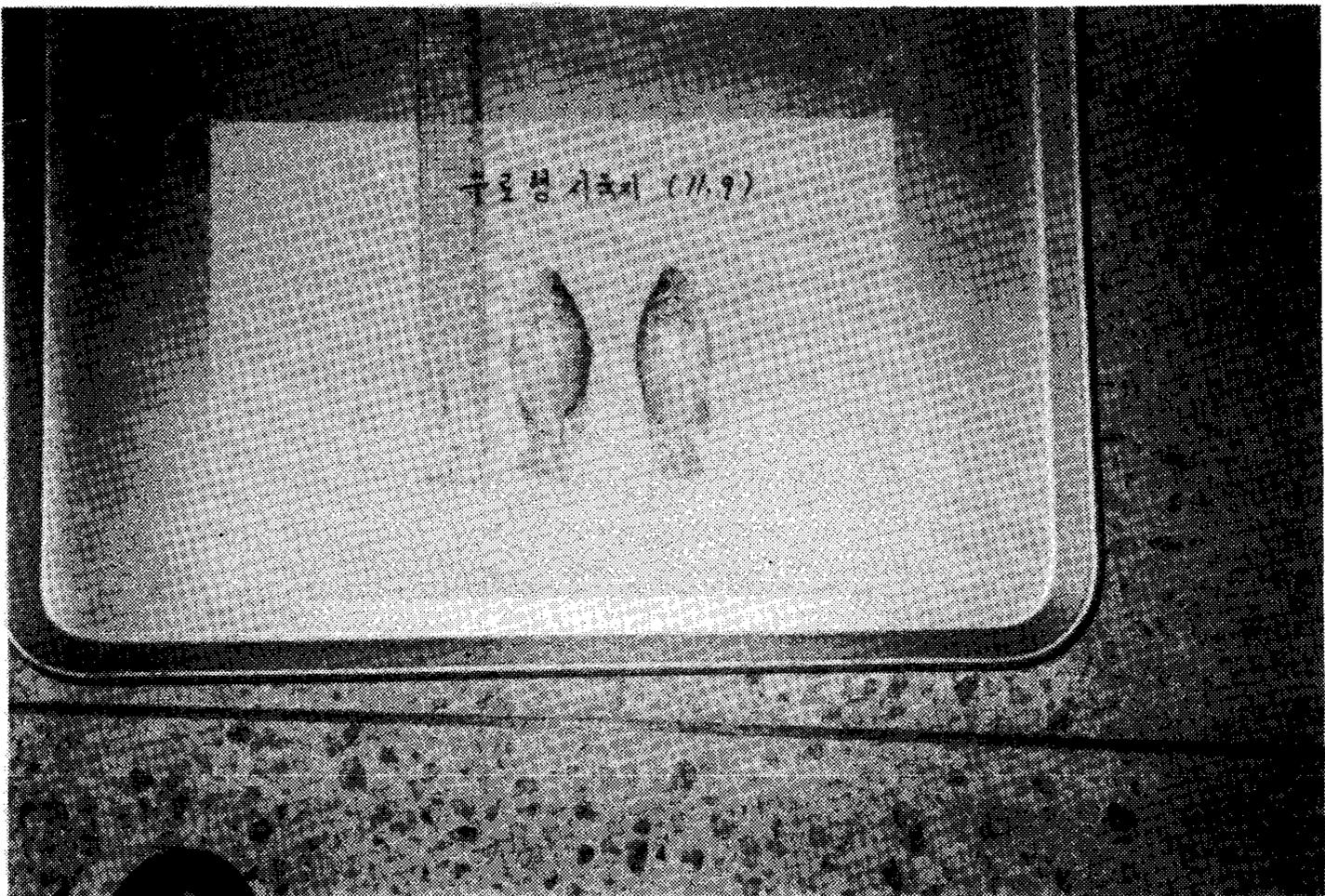
미나리



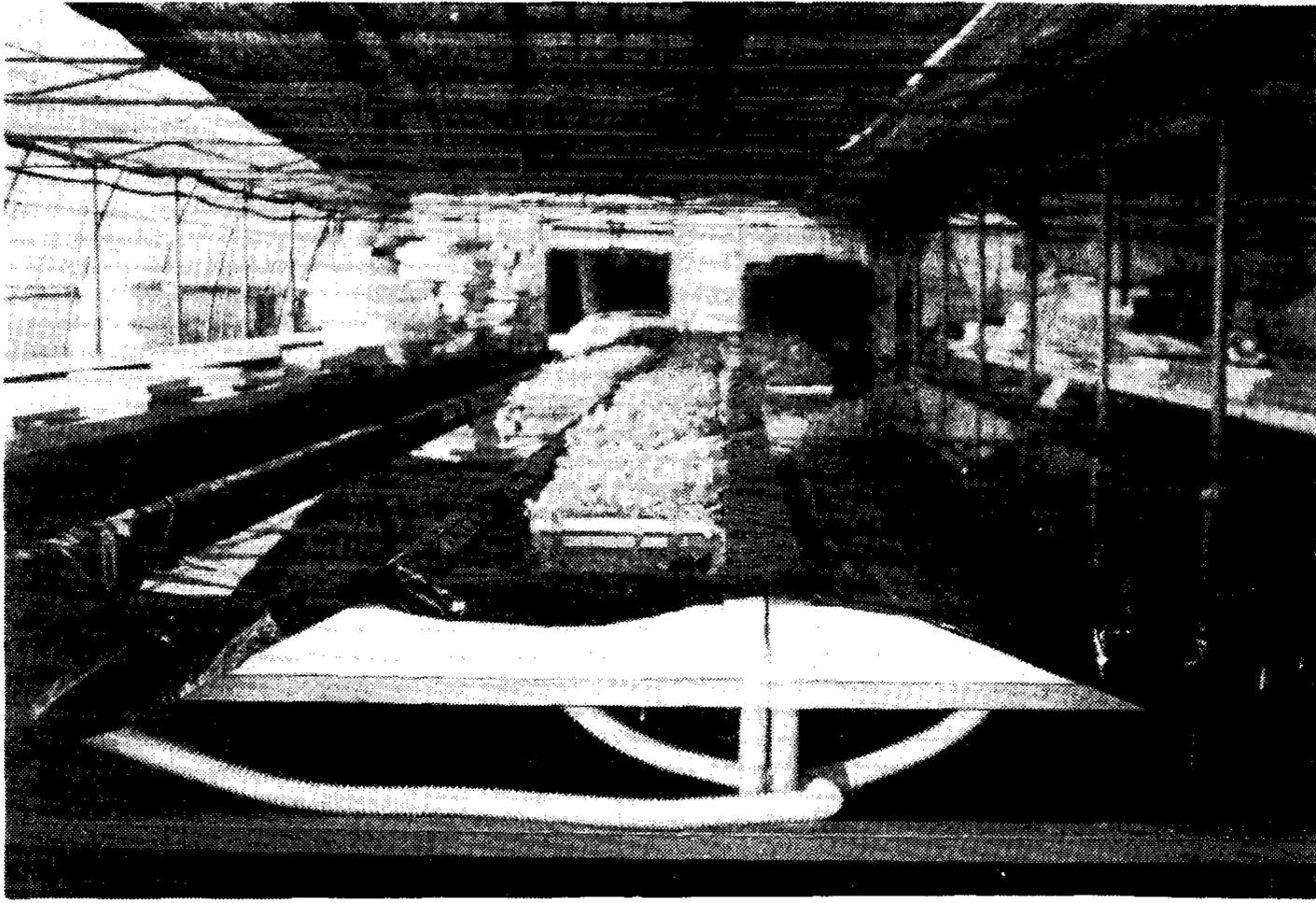
파



들 깨



수로형 사육시설에서 자란 틸라피아



수경재배/양어사육시설에서의 채소재배전경