

## 인공 산성강우가 벼, 콩, 참깨의 생육 및 수량에 미치는 영향

Simulated Acid Rain Effects on Growth and Yield of Rice, Soybean and Sesame

주관연구기관	제주대학교
연구책임자	강영길
발행년월	1992-02
주관부처	과학기술부
사업관리기관	제주대학교
NDSL URL	<a href="http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO200200015239">http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO200200015239</a>
IP/ID	14.49.138.138
이용시간	2017/11/03 11:34:06

### 저작권 안내

- ① NDSL에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, KISTI는 복제/배포/전송권을 확보하고 있습니다.
- ② NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 상업적 및 기타 영리목적으로 복제/배포/전송할 경우 사전에 KISTI의 허락을 받아야 합니다.
- ③ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 보도, 비평, 교육, 연구 등을 위하여 정당한 범위 안에서 공정한 관행에 합치되게 인용할 수 있습니다.
- ④ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우 저작권법 제136조에 따라 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처해질 수 있습니다.

KOSEF 911-1504-065-1

인공 산성강우가 벼, 콩, 참깨의 생육 및 수량에  
미치는 영향

Simulated Acid Rain Effects on Growth and Yield of Rice,  
Soybean and Sesame

1992

한국과학재단

# 제 출 문

과 제 번 호	911 - 1504 - 065 - 1
---------	----------------------

한국과학재단 이 사 장 귀하

본 보고서를 “인공 산성강우가 벼, 콩, 참깨의 생육 및 수량에 미치는  
영향” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1992년 2월 28일

주연구기관명: 제주대학교

연구 책임자: 강 영 길

# 요 약 문

과 제 번 호	KOSEF 911 - 1504 - 065 - 1			
연 구 과 제 명	(국 문) 인공 산성강우가 벼, 콩, 참깨의 생육 및 수량에 미치는 영향			
	(영 문) Simulated Acid Rain Effects on Growth and Yield of Rice, Soybean and Sesame			
연 구 책 입 자	소 속	제주대학교 농과대학	성 명	강 영 길
연 구 비	3,000,000원		연구기간	1991년 3월부터 24개월

## 연구 내용

	<p>화석연료의 소비가 증대됨에 따라 강우의 산성도가 점차 증가되고 있어 장차 산성비에 의한 농작물의 피해가 예상 된다. 산성비가 벼, 콩, 참깨의 생육 및 수량과 토양의 산성화에 미치는 영향을 규명하고자 탐진벼, 섬진벼, 백운콩, 백천(콩), 삼다깨, 수원 128호(참깨)의 경엽에 공시작물의 생육기간동안의 평년 강우량 만큼의 인공 산성비(pH 2.6, 3.6, 4.6, 5.6)를 주 2회에 처리하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.</p> <p>인공 강우의 pH가 가장 낮은 처리구에서도 외관상 생육장애를 보였던 작물은 없었다. 벼의 출수기, 키, 등숙율을 제외한 수량구성요소, 정조조단백질함량 등은 pH에 영향을 받지 않았으나 등숙율은 pH가 낮을수록 낮아졌다. 정조수량은 pH가 낮아짐에 따라 완만히 감소되었다가 pH 2.6에서 크게 감소되어 pH와 수량과는 2차회귀식으로 나타낼 수 있었다. 콩의 경우 성숙기, 100립중을 제외한 수량구성요소, 종실의 조단백질함량 등은 pH에 영향을 받지 않았으나 100립중과 종실수량은 pH가 낮아짐에 따라 직선적으로 감소되었다. 참깨에 있어서는 종실수량을 비롯한 모든 형질이 pH에 유의성 있게 영향을 받지 않았다. 벼, 콩, 참깨 재배 후 토양의 pH도 인공강우의 pH가 낮아짐에 따라 직선적으로 감소되었다.</p>			
Key-Word	산성강우, 벼, 콩, 참깨, 종실수량, 수량구성요소, 산성도			

## FINAL REPORT SUMMARY

*Serial No	KOSEF 911 - 1504 - 065 - 1		
Project Title	Simulated Acid Rain Effects on Growth and Yield of Rice, Soybean and Sesame		
Principal Investigator	Name	Organization & Address	Title
	Young Kil Kang	Department of Agronomy Cheju National Univ. Cheju 690-750, KOREA	Associate professor
Duration & Amount of Grant	1st year		2nd year
	From Mar. '91 To Feb. '92 ( 3,000,000won )		From                      To
	Total ( 3,000,000won )		

### Summary of Completed Project

The acidity of rain is expected to increase due to rise in fossil fuel combustion and thus probably reduces crop yield sooner or later. To determine effects of simulated acid rain on growth and yield of rice, soybean and sesame, and soil acidity, two cultivars of rice, soybean and sesame were exposed twice a week to one of four simulated rain acidities (pH 2.6, 3.6, 4.6 and 5.6, control) protecting plants from ambient rain.

No visible damage due to the simulated acid rain was observed at any stage of growth for either of the crops. In rice, heading date, plant height, yield components except ripening ratio, and crude protein concentration (CPC) of rough rice were not significantly affected by pH of simulated rain (SN). Ripening ratio linearly decreased and rough rice yield quadratically decreased as pH of SN was decreased. Maturing date, yield components except 100 seed weight, and CPC of seed in soybean were not significantly influenced by pH of SN. 100 seed weight and seed yield of soybean linearly decreased as pH of SN was decreased. Seed yield and the other agronomic characteristics of sesame were not significantly affected by pH of SN. Soil pH linearly decreased as pH of SN was decreased.

Key-Word	Acid rain, Rice, Soybean, Sesame, Yield, Yield component
----------	--

# 목 차

제출문 .....	1
요약문 .....	2
FINAL REPORT SUMMARY .....	3
List of Tables .....	6
List of Figures .....	7
제 1 장 서언 .....	8
제 2 장 재료 및 방법 .....	11
제 1 절 버 .....	11
제 2 절 콩 .....	12
제 3 절 참깨 .....	13
제 3 장 결과 및 고찰 .....	14
제 1 절 버 .....	14
1. 외관상 생육 장애 .....	14
2. 출수기, 키, 이삭길이 .....	14
3. 정조 수량 및 수량 구성 요소 .....	17
4. 정조 조단백질 함량 .....	17
제 2 절 콩 .....	20
1. 외관상 생육 장애 .....	20
2. 성숙기 및 줄기길이 .....	20
3. 종실 수량 및 수량 구성 요소 .....	23
4. 종실 조단백질 함량 .....	23

제 3 절	참깨	26
1.	외관상 생육 장애	26
2.	개화기, 성숙기, 착삭고	27
3.	종실 수량 및 수량 구성 요소	27
제 4 절	토양의 PH	29
제 4 장	적요	31
인용문헌		32
논문발표실적 또는 계획		34
학위배출실적		35

## List of Tables

- Table 1. Mean squares from analysis of variance for some agronomic characteristics of rice treated with four levels of simulated acid rain ..... 15
- Table 2. Main effects of cultivar and pH of simulated rain on some agronomic characteristics of rice ..... 16
- Table 3. Mean squares from analysis of variance for some agronomic characteristics of soybean treated with four levels of simulated acid rain ..... 21
- Table 4. Main effects of cultivar and pH of simulated rain on some agronomic characteristics of soybean ..... 22
- Table 5. Stem length of two soybean cultivars, 'Baekun-kong' and 'Baekchun' at maturity as affected by pH of simulated rain ..... 22
- Table 6. Mean squares from analysis of variance for some agronomic characteristics of sesame treated with four levels of simulated acid rain ..... 26
- Table 7. Main effects of cultivar and pH of simulated rain on some agronomic characteristics of sesame ..... 28



## List of Figures

- Fig. 1. Ripening ratio of rice as affected by pH of simulated rain ..... 18
- Fig. 2. Rough rice yield as affected by pH of simulated rain ..... 19
- Fig. 3. 100 seed weight of soybean as affected by pH of simulated rain ..... 24
- Fig. 4. Seed yield of soybean as affected by pH of simulated rain ..... 25
- Fig. 5. Soil pH after rice, soybean and sesame treated with four levels of simulated rain were harvested..... 30

## 제 1 장 서 언

비 또는 눈은 대기중의 탄산가스와 반응하여 pH 5.6를 나타내는데 강수의 pH가 5.6보다 낮을 경우 이를 산성 강수라 한다(동, 1987; 정, 1989; Liken & Bormann, 1974; Liken et al., 1979). 석탄과 석유의 연소로 인해 주로 발생하는 대기 오염 물질인 유황산화물과 질소산화물은 대기중에서 빗물에 흡수, 용해되어 강산인 황산과 질산으로 각각 전환되며, 미국의 경우 산성 강수의 원인 성분으로 연평균 황산이 65%, 질산이 30%, 기타가 5%로 알려져 있으며 질산의 비중이 점차 증가되고 있다고 한다(Cowling, 1982; Liken et al., 1979). 산성 강수는 미국과 캐나다의 동부, 유럽, 일본 등지에서 크게 문제가 되고 있는데, 미국의 동부와 캐나다의 동남부의 많은 지역에 있어서 강수의 연평균 pH는 약 4.0 - 4.5 범위에 있으며, 1974년 4월에 스코트랜드의 Pitlochry에서 pH 2.4인 강우가 기록된 바 있다(Cowling, 1982; Liken et al., 1979).

우리나라의 경우에도 1980년대에 들어 산성 강수에 대한 관심이 높아졌으며 환경청은 전국 49개소에 산성비 측정망을 설치하여 강수의 pH를 측정하고 있고, 측정치는 대체로 pH 5.0 내외의 값을 나타내고 있다(정, 1989). 조 등(1986)은 5개의 농경 지역의 강우를 2mm 단위로 구분 채취하여 pH를 조사하였던 바 최초 2mm의 pH는 3.85-7.72의 범위에 있었으나 2mm 이상에서는 조사지역 모두 pH 5.6 이상을 나타내었다고 하였다.

Lee(1982)은 미국의 주요 작물 28종을 pH 3.0, 3.5, 4.0, 5.6(대조구)의 산성비로 싹트 재배하였을 때 무우, 당근 등의 근채류와 시금치, 근대 등의 엽채류의 수량이 감소되는 경향이었으나 토마토, 딸기 등의 과채류와 오차드그라스, 티모시 등의 목초의 수량이 증대되는 경향을 보였다고 하였다. Banwart et al.(1987)은 옥수수 교잡종 B73 X Mo17과 Pioneer 3377를

강우를 배제하고 pH 3.0 - 5.6의 인공 산성비로 주 2회 처리하였을 때 Pioneer 3377에서는 수량 감소가 없었으나 B73 X Mo17은 pH 3.0 처리구에서 약 9% 감소되었다고 하였다. Evans & Thompson(1984)은 인공 산성비의 pH를 5.6에서 2.7로 저하시킴에 따라 콩 수량이 ha당 4660kg에서 3670kg으로 감소되었다고 하였고, Reddy et al.(1988)은 Snap bean 두 품종을 pH 2.5, 3.5, 5.6의 인공 산성비로 처리하였을 때 pH 2.5 처리구에서는 잎이 마르고 황화되었으며 한 품종의 수량 감소가 있었다고 보고하였다. 김 등(1986)은 14종의 작물에 2일 간격으로 pH 3.0인 인공 산성비를 풋트당 50ml 처리하여 엽록소함량을 조사하였던 바, 벼, 감자, 가지, 호박, 토마토, 고추에서는 엽록소감소율이 10% 미만이었으나 옥수수, 대두, 고구마, 오이, 완두, 상치, 무우에서는 13.0 - 18.2%, 시금치와 배추에서는 각각 27.6, 23.6%였다고 하였으며, 콩의 영양 성장기와 생식 성장기에 pH 2.0, 3.0, 4.0의 인공 산성비로 위와 같이 처리하였을 때 pH가 저하함에 따라 엽록소함량과 종실수량이 감소되었다고 하였다.

우리나라의 농경지역에 있어서 현재 강수의 산도는 작물에 크게 피해를 주지 않을 것으로 보이지만 장차 산업이 보다 발달되고 생활 수준의 향상됨에 따라 화석연료의 소비 증가로 인하여 산성비의 발생 증대와 산성비에 의한 농작물의 피해가 발생할 것으로 예상된다. 뿐만아니라 중국 동부 해안 지역의 산업화가 보다 더 진행되면 우리 나라에 있어서 강수의 산성화를 가증시킬 것으로 보인다(김 등, 1989). 우리나라의 주요 여름 담, 전, 특작물인 벼, 콩, 참깨의 산성 강우에 대한 생육 및 수량 반응이 충분히 조사되어 있지 않을 뿐더러 벼를 산성비로 담수 재배시의 벼의 생육 및 수량 변이는 전혀 조사되어 있지 않은 것 같다.

본 연구는 자연 강우를 배제하고 벼, 콩, 참깨의 생육기간동안의 강우량과 같은 양의 산성비를 경엽에 처리하여 이들 작물의 생육 및 수량 변이와 토양의 pH를 조사하여 장차 강우의 산성도가 증가될 때 작물 수량 감소와 토양의 pH 저하를 예측하고 재배 대책 강구에 필요한 기초 자료를 제공하고 자 하였다.

## 제 2 장 재 료 및 방 법

이 연구를 위한 재배시험은 제주대학교 농과대학 부속농장 비닐하우스에서 자연강우를 배제하여 수행되었다. 비닐하우스내의 기온이 상승되지 않도록 비닐하우스의 측면은 피복을 하지 않았는데 비닐하우스내의 기온은 노지에 비하여 맑은 때에 약 1.1℃, 흐릴 때에 0.05℃ 높았고 비닐피복으로 인하여 비닐하우스내 지표면에서의 투광율은 약 78%이었다.

인공 산성비의 pH수준은 5.6(대조구), 4.6, 3.6, 2.6이었다. SO<sub>4</sub>와 NO<sub>3</sub>의 당량 비율이 3:1 되도록 수돗물의 pH를 황산과 질산으로 조절한 후 분당 3.86리터가 분무되는 소형 전기 펌부로 인공 산성비를 처리하였다.

질소, 인산, 가리 비료로는 요소, 용성인비, 염화가리를 이용하였다.

수량 및 수량구성 요소, 정조(精粗)와 콩 종실의 조단백 함량, 수확 후 토양의 pH 등을 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(농촌진흥청, 1983)에 따라 조사하였다.

### 제 1 절 벼

4월 29일 파종하여 풋트 육묘한 탐진벼와 섬진벼를 6월 13일에 비닐용기(54 x 28 x 26cm)에 포기당 5본으로 하여 품종당 4포기 이식하였다. 비닐 용기에 넣은 밭토양의 화학적 특성은 pH가 5.2, 유기물 함량이 6.1%, 유효인산 함량이 110ppm, 치환성 양이온인 Ca, Mg, K가 각각 2.8, 1.0, 1.0me/100g, 양이온 치환 용량이 13.1me/100g이었다. 시험구 배치는 pH 수준을 주구, 품종을 세구로한 분할구 4반복으로 하였다. 모낼 때의 모소질은 품종간 차이없이 초장(草長)이 약 24.5cm, 잎수가 5.2매였다. 밀거름으

로 질소, 인산, 가리플 10a당 9, 11, 9kg비율로 사용하였고, 분얼비(分藥肥)로 질소를 3.6kg/10a, 이삭거름으로 질소와 가리플 각각 13.3, 6kg/10a 비율로 사용하였으며, 알거름으로 질소를 이삭떨 때에 6.3kg/10a 비율로 사용하였다. 인공 산성비는 6월 하순부터 9월 하순까지 제주의 평년 강우량에 상당되는 747mm를 6월 29일부터 9월 26일까지 주 2회 경엽에 처리하였고 담수상태로 유지하기 위해 350mm를 관수하였다.

## 제 2 절 콩

시험지 토양의 화학적 특성은 pH가 6.1, 유기물 함량이 3.3%, 유효인산 함량이 71ppm, 치환성 양이온인 Ca, Mg, K가 각각 2.6, 0.8, 0.9me/100g, 양이온 치환 용량이 12.5me/100g이었다.

백운콩과 백천을 6월 17일에 30 X 20cm 거리로 3-4립 파종하였고, 2엽기에 슈아 포기당 2본을 남겼다. 2.6m 길이의 3열을 1구(區)로 하였고 시험구 배치는 품종을 주구, pH 수준을 세구로 한 분할구 4반복으로 하였다. 비료는 질소, 인산, 가리플 전량 밑거름으로 하여 4, 6, 5kg/10a 비율로 사용하였다. 인공 산성비는 6월 하순부터 9월 하순까지 제주의 평년 강우량에 상당되는 747mm를 6월 29일부터 10월 3일까지 27회에 나누어 경엽에 처리하였다.

노지(露地)에 비하여 비닐하우스내의 기온이 높았고 일사량이 다소 부족하여서 콩이 과번무(過繁茂)하였기 때문에 결실(結實)이 불량할 것으로 우려되어 개화기에 구당 가운데 한 줄만 남기고 슈아내었다.

### 제 3 절 참깨

삼다개와 수원 128호를 6월 17일에 30 X 10cm 거리로 5-6립 파종하였으나, 출아(出芽)후 입고병으로 입모가 고르지 않아서 7월 17일에 잎이 2-3매 나온 모를 골라 직경 30cm 포트에 2본씩 이식(移植)하였다. 포트에 넣은 밭토양의 화학적 특성은 pH가 5.6, 유기물 함량이 5.0%, 유효인산 함량이 25ppm, 치환성 양이온인 Ca, Mg, K가 각각 1.9, 0.8, 0.5me/100g, 양이온 치환 용량이 11.4me/100g이었다. 시험구(포트)는 완전임의배치 6반복으로 하였다. 비료는 질소, 인산, 가리를 전량 밀거름으로 하여 8, 8, 9kg/10a 비율로 시용하였다. 인공 산성비는 6월 하순부터 8월 하순까지 제주의 평년 강우량에 거의 같은 528mm를 7월 27일부터 10월 8일까지 24회에 나누어 처리하였다.

시들음병에 걸려 고사된 개체가 생겨서 성숙기, 수량, 수량 구성 요소 등의 성적을 얻을 수 없는 구가 있어 생육이 비교적 균일한 5반복을 이용하여 통계 분석을 실시하였다.

## 제 3 장 결과 및 고찰

### 제 1 절 벼

#### 1. 외관상 생육장애

전 생육 기간에 걸쳐서 pH가 가장 낮은 처리구(pH 2.6)에서도 외관상 뚜렷한 생육 장애는 전혀 나타나지 않았다. 김 등(1985)은 pH 3.0인 산성비로 벼의 영양 생장기에 50ml씩 2일 간격으로 18회 분무하였던 바 엽피해율은 거의 없었으나 엽록소가 대조구(pH6.5)에 비하여 7.5% 감소되었다고 보고하였다. Banwart et al.(1987)도 옥수수를 pH 3.0인 인공 산성비로 전 생육 기간에 걸쳐 처리하였는데도 외관상의 피해가 보이지 않았다고 하였다. 자연상태에서 산성비의 pH는 대체로 3.0에서 5.0의 범위에 있기 때문에(Lee, 1982) 화곡류에서는 외관상 생육장애는 별로 문제가 될 것 같지 않다.

#### 2. 출수기, 키, 이삭 길이

품종과 인공강우의 pH에 따른 분산분석 결과출 표 1에 나타내었다. 품종과 pH와의 상호작용이 측정된 모든 형질에서 유의하지 않았기 때문에 품종과 pH의 주효과를 표 2, 그림 1, 2에 나타내었다.

출수기는 인공강우의 pH 수준에 따른 차이없이 두 품종 모두 8월 26일이었다. 성숙기의 키와 이삭 길이도 각각 70, 16.4cm 안팎으로 처리간 차이가 없었다.



Table 1. Mean squares from analysis of variance for some agronomic characteristics of rice treated with four levels of simulated acid rain.

Source	df	Heading date (day)	Culm length (cm)	Spike length (cm)	No. of spike/hill	No. of spikelets/spike
PH	3	0.83	5.80	0.98	0.14	13.59
Linear	1	0.90	2.01	1.60*	0.34	3.17
Quadratic	1	0.00	4.74	0.85	0.01	3.85
Cubic	1	1.60	10.66	0.51	0.06	33.77
Error a	9	0.64	8.90	0.38	1.31	18.61
Cultivar	1	0.50	13.39*	0.25	6.85	75.95
P X C	3	0.17	4.90	0.04	1.50	48.02
Error b	12	0.67	3.04	0.60	2.44	38.59

Source	df	Ripening ratio (%)	1000 grain weight (g)	Test weight (g/l)	Rough rice yield (g/plant)	Rough rice crude protein (%)
PH	3	163.5*	0.22	193.1	19.3***	0.61
Linear	1	478.5**	0.16	11.6	49.6***	0.22
Quadratic	1	11.2	0.36	1.5	5.6*	0.00
Cubic	1	0.7	0.16	566.3	2.7	1.60
Error a	9	38.9	0.77	346.9	1.1	0.82
Cultivar	1	27.6	5.28***	0.3	20.6***	0.01
P X C	3	47.1	0.26	66.8	1.9	0.06
Error b	12	24.8	0.18	144.9	0.9	0.37

+, \*, \*\* and \*\*\* indicate statistical significance at levels of 0.10, 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.

Table 2. Main effects of cultivar and pH of simulated rain on some agronomic characteristics of rice.

Treatment	Heading date (day <sup>1</sup> )	Culm length (cm)	Spike length (cm)	No. of spikes per hill
Cultivar				
Tamjinbyeo	238	70.2	16.3	16.2
Somjinbyeo	238	68.9	16.4	15.3
Difference	0	1.3	0.1	0.9
pH				
5.6	238	69.8	16.6	15.6
4.6	238	69.3	16.4	15.7
3.6	238	70.6	16.6	15.9
2.6	238	68.6	15.8	15.9
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS

Treatment	No. of kernels per spike	1000 grain weight (g)	Test weight (g/l)	Rough rice crude protein (%)
Cultivar				
Tamjinbyeo	52.2	24.6	450	10.8
Somjinbyeo	49.2	25.3	451	10.8
Difference	3.0	0.7***	1	0.0
pH				
5.6	51.2	25.0	453	10.8
4.6	49.8	25.0	446	11.0
3.6	52.3	25.2	456	10.5
2.6	49.5	24.8	448	10.8
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Day of year: 238 = Aug. 26.

\*\*\* indicate statistical significance at the level of 0.001.

### 3. 정조 수량 및 수량 구성 요소

포기당 이삭수는 섬진벼보다 탐진벼에서 다소 컸었고( $p < 0.12$ ), 이삭당 영화수도 탐진벼가 섬진벼보다 큰 편이었다( $P < 0.20$ ). 두 품종의 평균 포기당 이삭수와 이삭당 영화수는 15.8, 51개 안팎으로 pH 수준간 차이가 없었다. 등숙율은 품종간에는 차이가 없었으나 pH가 낮아짐에 따라 등숙율도 직선적으로 낮아져 pH 5.6에서 72.8%였던 것이 pH 2.6에서 62.2%로 낮아졌으며(그림 1) 등숙율이 종실수량 감소의 원인으로 크게 작용하였다. 천립중에서는 품종간에는 유의한 차이가 있었으나 pH 수준간에는 차이없이 25g 안팎이었다. 정조 리터중은 품종과 pH 수준간에 따른 큰 차이없이 450g 안팎이었다.

pH 4수준을 평균한 포기당 종실수량은 탐진벼가 섬진벼보다 13% 많았다( $P < 0.001$ ). 두 품종 모두 pH 5.6에서 pH 3.6으로 인공강우의 pH가 낮아짐에 따라 수량이 완만히 감소되다가 pH 2.6에서는 크게 감소되어 pH와 수량과의 관계를 2차 회귀식으로 나타낼 수 있었다(그림 2). 산성비에 의한 감수 원인으로서는 잎에서의 양분 유실, 엽면에서 납질(wax)의 손실 등 식물체 지상부에 기인된 것과 토양의 산성화와 이에 따른 토양의 화학성의 변화 등 토양에 기인된 원인을 고려할 수 있으나(Cowling, 1982) 본 시험에서의 감수 원인은 분명하지 않다.

### 4. 정조 조단백질 함량

황산과 질산으로 인공 산성비의 pH를 조절하였으므로 pH가 낮을수록 공급되는 질소는 많지만 정조의 조단백질 함량은 품종과 pH 수준에 관계없이 10.8% 안팎이었다.

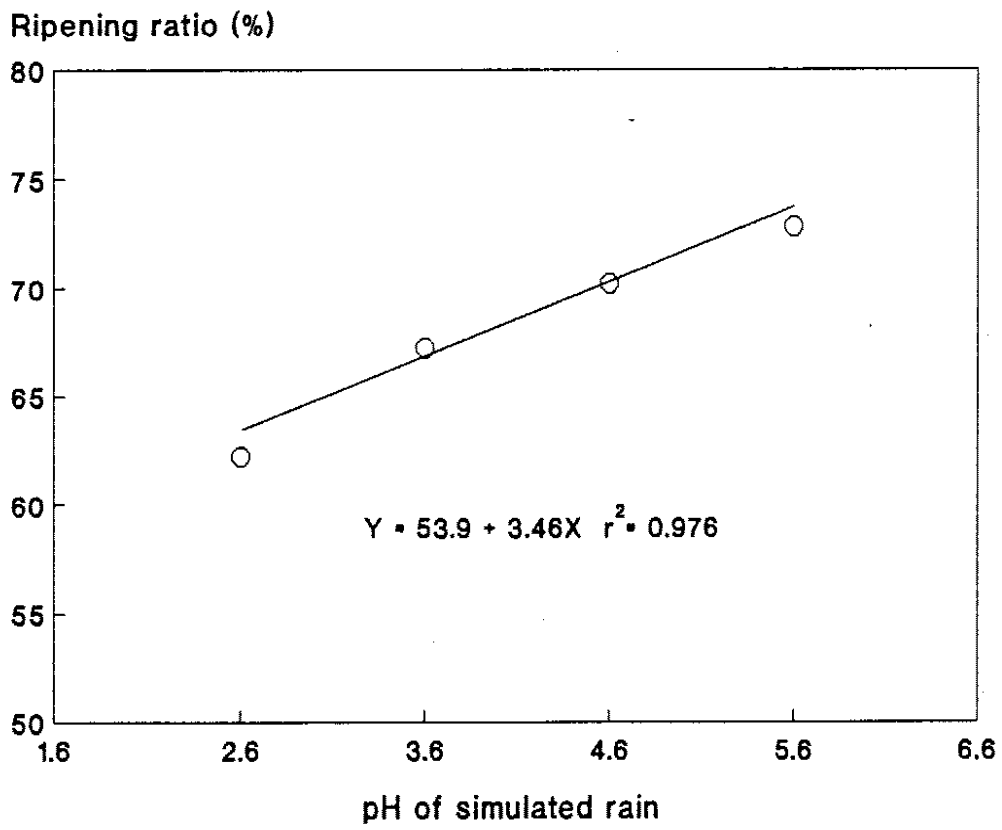


Fig. 1. Ripening ratio of rice as affected by pH of simulated rain.

Rough rice yield (g/plant)

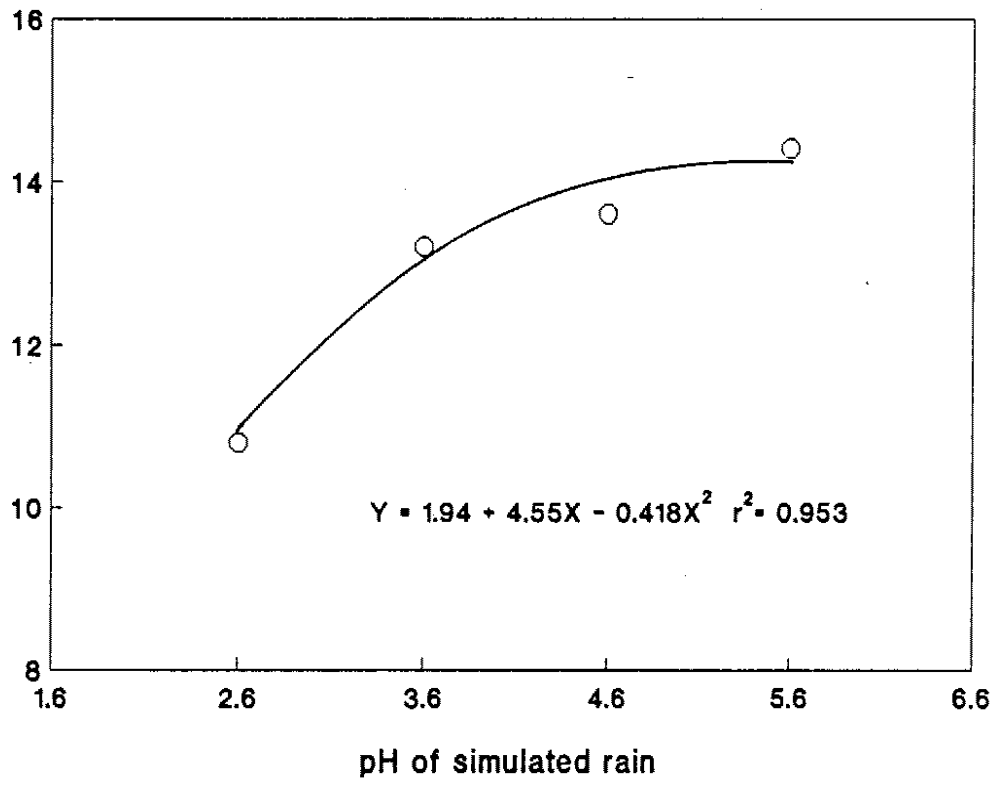


Fig. 2. Rough rice yield as affected by pH of simulated rain.

## 제 2 절 콩

### 1. 외관상 생육장애

벼에서와 같이 pH가 가장 낮은 처리구에서도 외관상 뚜렷한 생육장애는 보이지 않았다. pH 3.0인 산성비 처리에 의한 콩의 엽피해율은 2.2%였고, 엽록소도 13.8% 감소되었다는 김 등(1985)의 보고와 Snap bean을 pH 2.5인 빗물로 처리하였을 때 잎이 마르고 황화현상이 나타났었다는 Reddy et al.(1988)의 보고로 볼 때 두과작물에서의 산성비에 의한 외관상 피해는 작물의 종류와 품종에 따라 크게 차이가 있을 것으로 보인다.

### 2. 성숙기 및 줄기 길이

품종과 인공강우의 pH에 따른 분산분석 결과는 표 3에서 보는 바와 같다. 성숙기의 줄기 길이에서는 품종과 pH 수준간 상호작용이 10% 수준에서 유의하였으나 다른 형질에서는 품종과 pH 수준간 상호작용이 유의하지 않았다. 따라서 상호작용이 유의하지 않은 형질들은 품종과 pH의 주효과만을 표 4에 나타내었고, 줄기 길이는 품종별로 표 5에 나타내었다.

백은콩과 백천의 평균 성숙기는 10월 22일과 10월 20일로 품종간에 성숙기의 차이가 있었으나 두 품종 모두 pH 수준에 따른 성숙기의 차이는 없었다.

백은콩과 백천의 평균 줄기 길이는 78.5와 75.1cm로 비닐하우스내에서 재배되어 두 품종 모두 다소 도장되었다. 백은콩의 줄기 길이는 pH 5.6과 4.6에서는 80.4, 80.5cm로 차이가 없었으나 pH 3.6과 2.6에서는 각각 78.4, 74.6cm로 대조구인 pH 5.6에 비하여 각각 2.0, 5.8cm 단축되었는데, 백천에서는 pH 수준에 따른 유의한 차이가 없었다.

Table 3. Mean squares from analysis of variance for some agronomic characteristics of soybean treated with four levels of simulated acid rain.

Source	df	Maturing date (day)	Stem length (cm)	No. of branches/plant	No. of pods/plant	No. of seeds/pod <sup>1</sup>
Cultivar(C)	1	50.00	358.4	28.12**	1552.6*	0.08
Error a	3	0.17	16.4	0.19	67.7	8.61
pH	3	0.08	15.4*	0.33	64.0	2.03
Linear	1	0.10	31.4**	0.13	112.1*	0.05
Quadratic	1	0.12	5.7*	0.24	31.9	4.29
Cubic	1	0.02	1.0	0.60	48.1	1.75
C X pH	3	0.08	16.5*	0.22	59.9	2.36
Error b	18	0.25	6.0	0.25	31.2	7.16

Source	df	1000 seed weight (g)	Test weight (g/l)	Seed yield (g/plant)	Seed crude protein (%)
Cultivar(C)	1	107.7***	5565.1***	35.3	28.31**
Error a	3	0.6	30.5	8.8	1.31
pH	3	1.1*	30.4	15.5**	0.80
Linear	1	3.2**	28.9	41.8***	0.34
Quadratic	1	0.3	55.1	0.1	2.78
Cubic	1	0.0	7.2	4.7	0.94
C X pH	3	0.4	9.4	5.1	0.64
Error b	18	0.2	35.4	2.5	2.28

<sup>1</sup> Table values for no. of seeds per pod must be multiplied by 10<sup>3</sup>.  
 +, \*, \*\* and \*\*\* indicate statistical significance at levels of 0.10, 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.

Table 4. Main effects of cultivar and pH of simulated rain on some agronomic characteristics of soybean.

Treatment	Maturing date (day <sup>1</sup> )	No. of branches/plant	No. of pods/plant	No. of seeds/pod	Test weight (g/l)	Seed crude protein (%)
Cultivar						
Baekun-kong	295	5.15	50.4	1.76	719	38.4
Baechun	293	3.28	64.3	1.76	746	40.3
Difference	2***	1.87**	13.9*	0.00	27***	1.9*
pH						
5.6	294	4.32	60.3	1.75	732	38.9
4.6	294	4.34	58.8	1.76	735	39.8
3.6	294	3.91	53.9	1.78	733	39.1
2.6	294	4.28	56.4	1.74	730	39.6
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Day of year; 294 = Oct. 21.

\*, \*\* and \*\*\* indicate statistical significance at levels of 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.

Table 5. Stem length of two soybean cultivars, 'Baekun-kong' and 'Baekchun' at maturity as affected by pH of simulated rain.

pH	Stem length (cm)	
	Baekun-kong	Baekchun
5.6	80.4	75.7
4.6	80.5	76.5
3.6	78.4	75.1
2.6	74.6	73.2
LSD(0.05) <sup>1</sup>	3.6	

<sup>1</sup> For comparing two pH levels within a cultivar.



### 3. 종실 수량 및 수량 구성 요소

개체당 유효분지수는 백천에 비하여 백은콩에서 훨씬 많았던 반면 개체당 협수는 백은콩에 비하여 백천에서 많았다. 개체당 유효분지수에서는 인공 산성비의 pH 수준에 따른 차이가 없었으나, 개체당 협수는 pH가 낮을수록 감소되어( $p < 0.10$ ) Evans & Thompson(1984)의 보고와 대체로 같은 경향이 있었다. 협당 립수는 품종과 pH 수준에 관계없이 1.76개 안팎이었다. 백은콩과 백천의 평균 리터중은 719와 746g으로 백은콩에 비하여 소립인 백천에서 많았으나 두 품종 모두 pH 수준에 따른 차이는 없었다. 100립중은 품종간 차이가 컸었고 두 품종 평균한 100립중은 pH가 낮아짐에 따라 직선적으로 감소되었다(그림 3). 개체당 종실 수량은 품종간에는 유의한 차이없이 21g 안팎이었고, pH가 낮아짐에 따라 직선으로 감소되어 pH 5.6에서 22.4g이었던 것이 pH 2.6에서 19.7g이었다(그림 4). 이 결과는 Evans & Thompson(1984)의 보고와 같은 경향이였다. 김 등(1986)도 인공 산성비의 pH가 3.0이하에서 콩 수량 감소가 있다고 보고하였다. 인공 산성비에 의한 감소는 Evans & Thompson(1984)의 보고에서는 개체당 협수의 감소에 기인되었으나 본 시험의 경우 개체당 협수와 100립중의 감소에 기인되었다.

### 4. 종실 조단백질 함량

종실의 조단백질 함량은 소립중인 백천이 40.3%로 백은콩 보다 4.9% 많았으나 pH 수준간에는 유의한 차이가 없었다.

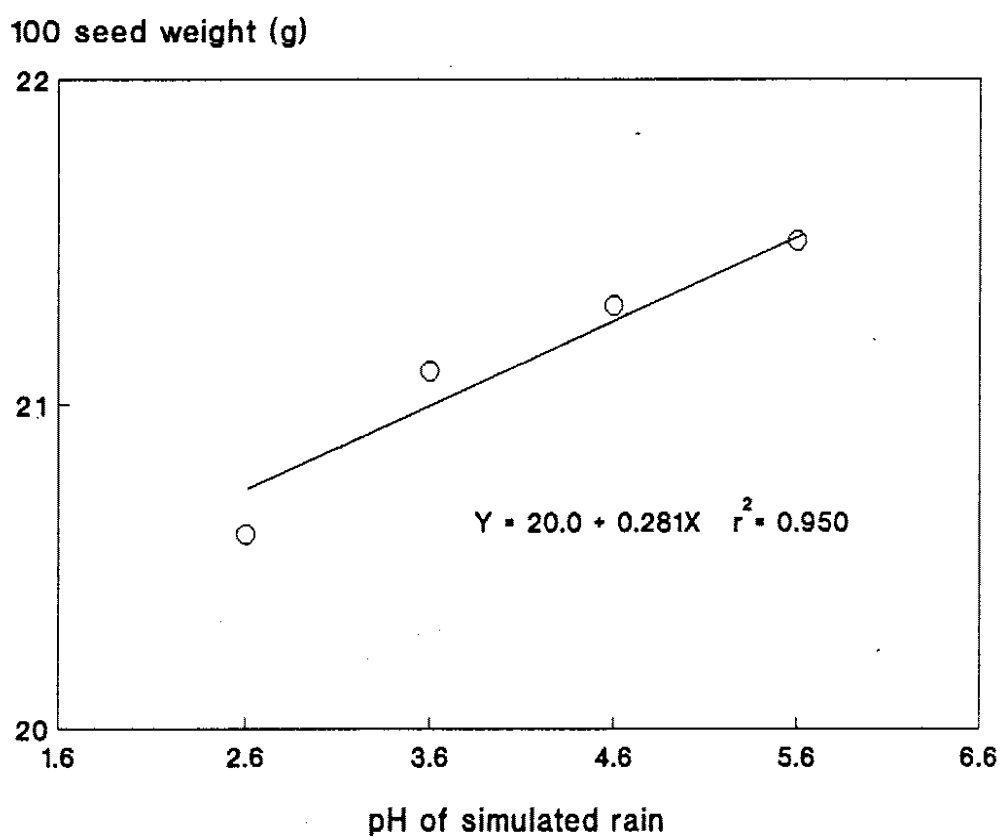


Fig. 3. 100 seed weight of soybean as affected by pH of simulated rain.

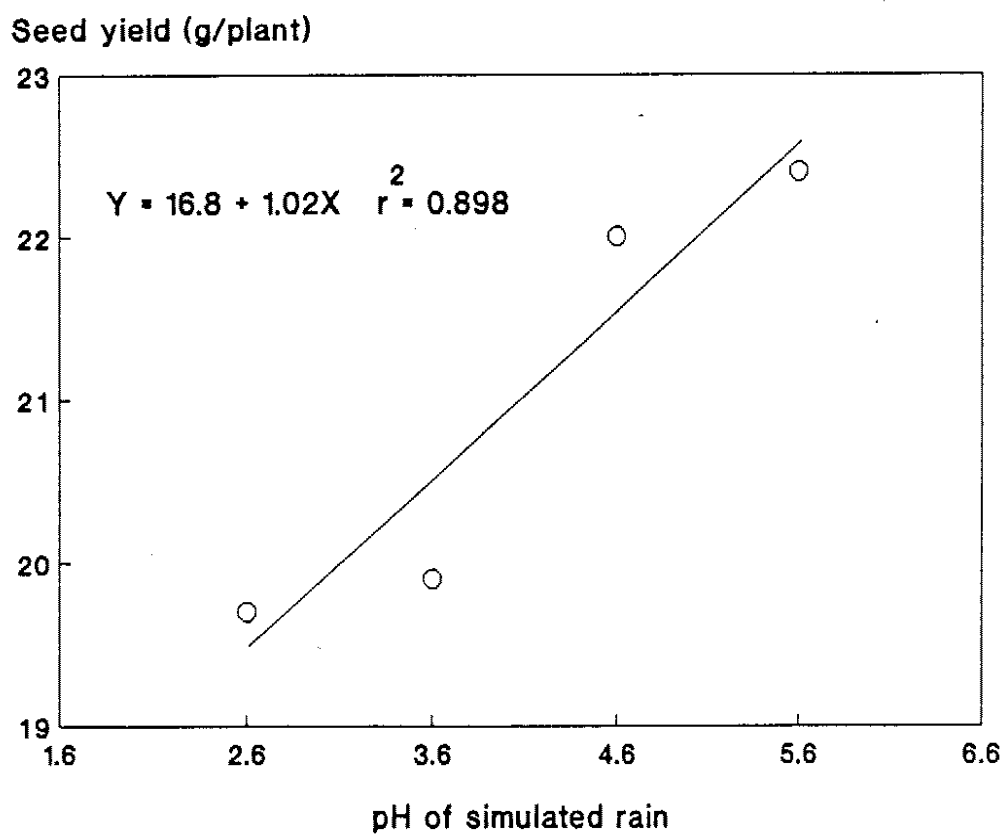


Fig. 4. Seed yield of soybean as affected by pH of simulated rain.

제 3 절 참깨

1. 외관상 생육장애

벼와 콩에서와 같이 pH가 가장 낮은 처리구에서도 외관상 뚜렷한 생육장애는 보이지 않았다.

Table 6. Mean squares from analysis of variance for some agronomic characteristics of sesame treated with four levels of simulated acid rain.

Source	df	Flowering date (day)	Maturing date (day)	Height capsule (cm)	Stem length (cm)	No. of branches/ plant
Cultivar(C)	1	3.60	0.10	890.2***	3243.6***	27.6***
pH	3	4.07	12.20	4.5	23.0	0.3
C X pH	3	27.80	20.70	4.5	33.4	0.3
Error	32	18.85	11.92	9.4	66.1	0.2

Source	df	No. of capsules/ plant	No. of seeds/ capsule	1000 seed weight (g)	Test weight (g/l)	Seed yield (g/plant)
Cultivar(C)	1	1687.4***	3236.4***	0.75**	2340.9**	2.35*
pH	3	23.0	7.3	0.00	127.7	0.07
C X pH	3	65.9	66.3	0.03	154.2	0.48
Error	32	37.5	42.8	0.08	145.4	0.56

\*, \*\* and \*\*\* indicate statistical significance at levels of 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.

## 2. 개화기, 성숙기, 착삭고

분산분석 결과를 표 6에서 보면 품종과 pH 수준간에 유의성이 있는 형질은 전혀 없었다. 따라서 품종과 pH의 주효과만을 표 7에 나타내었다. 이 식하였을 뿐만 아니라 기름지지 않은 토양을 풋트에 이용하였기 때문에 생육이 빈약하였고 개화와 성숙이 늦었었다. 두 품종의 개화기와 성숙기는 pH 수준에 관계없이 8월 8일과 10월 14일이었다. 착삭고와 줄기 길이는 삼다께가 수원 128보다 고도로 유의성 있게 컸으나 pH에 의해서는 영향을 받지 않았다.

## 3. 종실 수량 및 수량 구성 요소

개체당 유효분지수는 삼다께에서 1.68개였으나 수원 128호에서는 0.02개에 지나지 않았다. 개체당 성숙된 삭수와 삭당 립수는 삼다께가 각각 32.2, 50.3개로 수원 128호에 비하여 각각 67.7, 55.7% 많았고, 리터중도 삼다께가 602g으로 수원 128호보다 2.6% 컸었다. 개체당 삭수, 삭당립수, 리터중 모두 pH 수준간에는 유리한 차이가 없었다. 삼다께의 수량 구성 요소가 모두 수원 128호보다 고도로 유의성 있게 컸었기 때문에 삼다께의 종실 수량도 삼다께가 수원 128호보다 17.2% 많았다. 개체당 종실 수량은 대조구(pH5.6)에서 3.14g이었는데 비하여 pH 3.6과 2.6에서 각각 2.6, 5.1% 감소되었으나 유의성은 없었다. Evans & Thompson(1984)이 콩 수량에 미치는 산성비의 영향을 4 x 4 latin square 8개를 이용하여 분석하였는데, latin square 1개씩 분석하였을 때 pH 수준간 1차(직선) 효과가 5% 수준에서 4개의 square에서만 유의하였던 것이 4 또는 8개의 square를 통합하여 분석하였을 때에는 0.1% 수준에서 유의하였다는 점으로 볼 때 참깨에서 pH 수준간 유의한 차이를 보였던 형질이 전혀 없었던 것은 풋트(구)당 개체수가 2개로 너무 적었던데 기인된 것으로 보인다.

Table 7. Main effects of cultivar and pH of simulated rain on some agronomic characteristics of sesame.

Treatment	Flowering date (day <sup>1</sup> )	Maturing date (day <sup>1</sup> )	Height 1st capsule (cm)	Stem length (cm)	No. of branches/plant
Cultivar					
Samdage	220	287	20.9	68.6	1.68
Suweon 128	220	287	11.5	50.6	0.02
Difference	0	0	9.4***	2.0***	1.66***
pH					
5.6	220	288	16.6	59.6	1.10
4.6	220	286	16.4	58.7	1.15
3.6	219	286	16.5	61.8	1.10
2.6	220	287	15.2	58.5	0.90
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	NS
Treatment	No. of capsules/plant	No. of seeds/capsule	1000 seed weight (g)	Test weight (g/l)	Seed yield (g/plant)
Cultivar					
Samdage	32.2	50.3	3.26	602	3.33
Suweon 128	19.2	32.3	2.99	587	2.84
Difference	13.0***	18.0***	0.27**	15**	0.49*
pH					
5.6	26.6	41.5	3.12	597	3.14
4.6	27.1	40.2	3.14	592	3.18
3.6	25.6	42.2	3.11	591	3.06
2.6	23.6	41.2	3.14	600	2.98
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Day of year; 220 = Aug. 8, 287 = Oct. 14.

\*, \*\* and \*\*\* indicate statistical significance at levels of 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.

#### 제 4 절 토양의 pH

있과 줄기에 산성비를 처리하여도 빗물의 대부분이 수면(비)이나 토양에 떨어지게 된다. 모든 작물에서 품종과 인공강우의 pH간 상호작용이 유의하지 않았기 때문에 두 품종의 평균치만을 그림 5에 나타내었다. 작물에 관계없이 인공산성비의 pH가 낮아짐에 따라 토양의 pH도 직선적으로 낮아졌다. 김 등(1985)도 인공 산성비의 pH가 낮을수록 콩 재배 후 토양의 pH도 낮아졌다고 보고하였다. 우리나라 논과 밭 토양의 평균 pH가 각각 5.5, 5.7 안팎으로 산성이며 화강암과 화강편마암과 같은 산성암에 유래된 토양에서는 pH 5.0이하인 토양도 상당한 면적에 달하고 있는데(조 등, 1985), 산성 토양과 완충력이 낮은 토양에서는 산성비가 토양의 산성화에 꽤 작용할 것이다. 토양 산성화에 의한 작물의 장애는 잘 알려져 있다(조 등, 1985; Mengel et al., 1987).

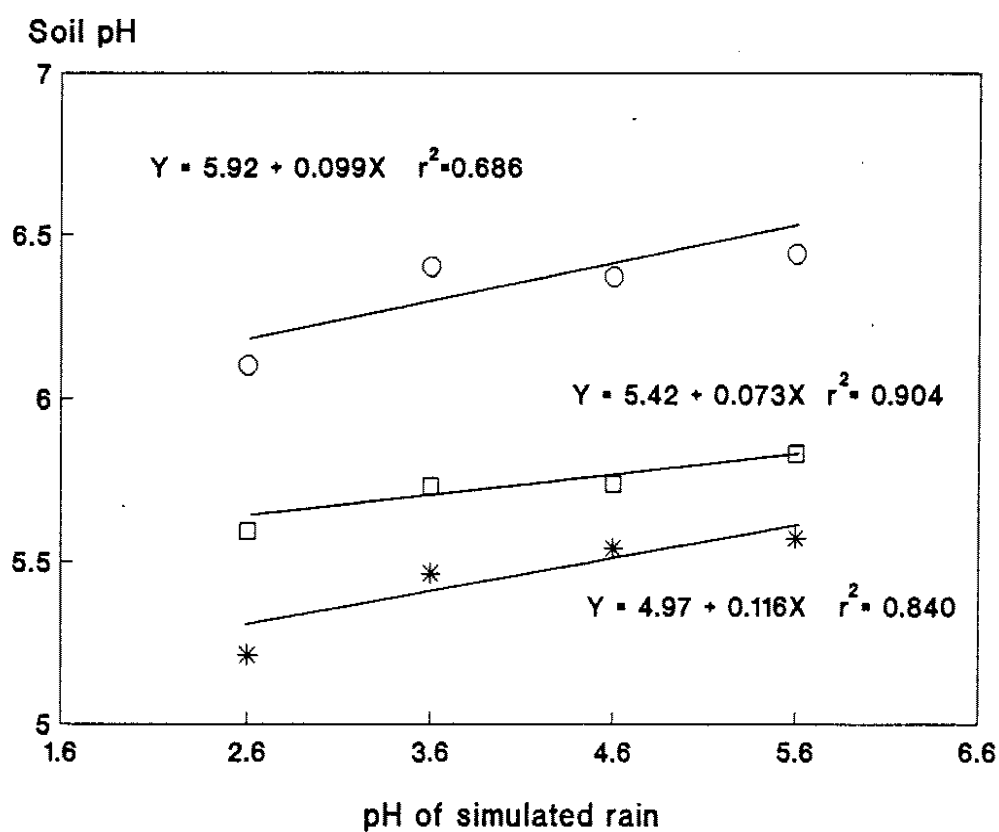


Fig. 5. Soil pH after rice(□), soybean(○) and sesame(\*) treated with four levels of simulated rain were harvested.



## 제 4 장 적 요

산성비가 벼, 콩, 참깨의 생육 및 수량과 토양의 산성화에 미치는 영향을 규명하고자 탐진벼, 섬진벼, 백운콩, 백천(콩), 삼다깨, 수원 128호 (참깨)의 경엽에 공시작물의 생육기간동안의 평년 강우량과 같은 양의 인공산성비 [pH 4수준: 2.6, 3.6, 4.6, 5.6(대조구)]를 주 2회에 처리하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

인공 강우의 pH가 가장 낮은 처리구에서도 외관상 생육장애를 보였던 작물은 없었다. 벼의 출수기, 키, 등숙율을 제외한 수량 구성 요소, 정조 조단백질 함량 등은 pH에 영향을 받지 않았으나 등숙율은 pH가 낮을수록 낮아졌다. 정조 수량은 pH가 낮아짐에 따라 완만히 감소되었다가 pH 2.6에서 크게 감소되어 pH와 수량과는 2차 회귀식으로 나타낼 수 있었다. 콩의 경우 성숙기, 100립중을 제외한 수량 구성 요소, 종실의 조단백질 함량 등은 pH에 영향을 받지 않았으나 100립중과 종실 수량은 pH가 낮아짐에 따라 직선적으로 감소되었다. 참깨에 있어서는 종실 수량을 비롯한 모든 형질이 pH에 유의성 있게 영향을 받지 않았다. 콩의 줄기길이를 제외하고는 품종과 pH 수준간의 상호작용이 유의한 형질은 어느 작물에서도 없었다. 벼, 콩, 참깨 재배 후 토양의 pH도 인공강우의 pH가 낮아짐에 따라 직선적으로 감소되었다.

## 인 용 문 헌

- Banwart, W.L., P.M. Porter, J.J. Hassett and W.M. Walker. 1987.  
Simulated acid rain effects on yield response of two corn cultivars.  
Agron. J. 79:497-501.
- 조재규, 김복영, 한기학. 1987. 농경지역의 강수성분 조사. 1986년도 농촌  
진흥청 농업기술연구소 시험연구보고서:60-64.
- 조성진, 박천서, 조대익. 1985. 3정 토양학. 향문사. 서울. 396 p.
- Cowling, E.B. 1982. A status report on acid precipitation and its  
biological consequences as of April 1981. p.3-20. In F.M.  
D'Itri(ed.) Acid precipitation: Effects on ecological systems. Ann  
Arbor Sci. Publ., Ann Arbor, MI., USA.
- 등종인. 1987. 대기오염과 방지기술. 신광출판사, 서울. 359 p.
- Evans, L.S. and K.H. Thompson. 1984. Comparison of experimental  
designs used to detect changes in yield of crops exposed to acidic  
precipitation. Agron. J. 76:81-84.
- 정태학. 1989. 우수의 산성도와 무기성분 분포에 관한 연구. 서울대학교  
환경연구소환경연구 2(1):1-11.
- 김규식, 이민효, 김복영, 김만수. 1986. 산성강우에 의한 농작물 피해  
양상조사. 1985년도 농촌진흥청 농업기술연구소 시험연구보고서:29-32.
- 김양균, 강인구, 이민희, 나진균, 이석조, 한의정, 최덕일, 신찬기, 우인화  
유승도, 한진석, 김정수, 권영선, 김희강, 오승훈, 유승성, 박경윤,  
양영규, 신경섭, 서명석, 이정숙, 최숙정. 1989. 대기오염물질의 장거리  
이동과 산성비 강하에 관한 연구(I). 과학기술처보고서 p. 168.

- Lee, J.J. 1982. The effects of acid precipitation on crops.  
p. 453-468. In F.M. D'Itri(ed.) Acid precipitation: Effects on  
ecological systems. Ann Arbor Sci. Publ., Ann Arbor, MI., USA.
- Lickens, G.E. and T.H. Bormann. 1974. Acid rain: A serious regional  
environmental problem. Science 84:1176-1179.
- Lickens, G.E., R.F. Wright, J.N. Galloway and T.T. Butler. 1979.  
Acid rain. Sci. Amer. 24(4):43-51.
- Mengel, D. B., W. Segars and G. W. Rehm. 1987. Soil fertility and  
liming. In J. R. Wilcox(ed.) Soybeans: Improvement, Production, and  
Uses. 2nd ed. Agronomy 16:461-496.
- Reddy, M.R. and J.A. Bryant. 1988. Growth and yield responses  
of snap bean and its cultivars to acid precipitation. Agron Abstr.  
Amer. Soc. of Agron. WI. p.46.
- 농촌진흥청. 1983. 농사시험연구조사기준(개정 제 1 판).

## 논문발표실적 또는 계획

지금까지 논문발표실적은 없으며, 1992년 3월중 한국작물학회 37권 3호에 발표할 계획임

## 학위배출실적

없음