

제1차년도
연구보고서

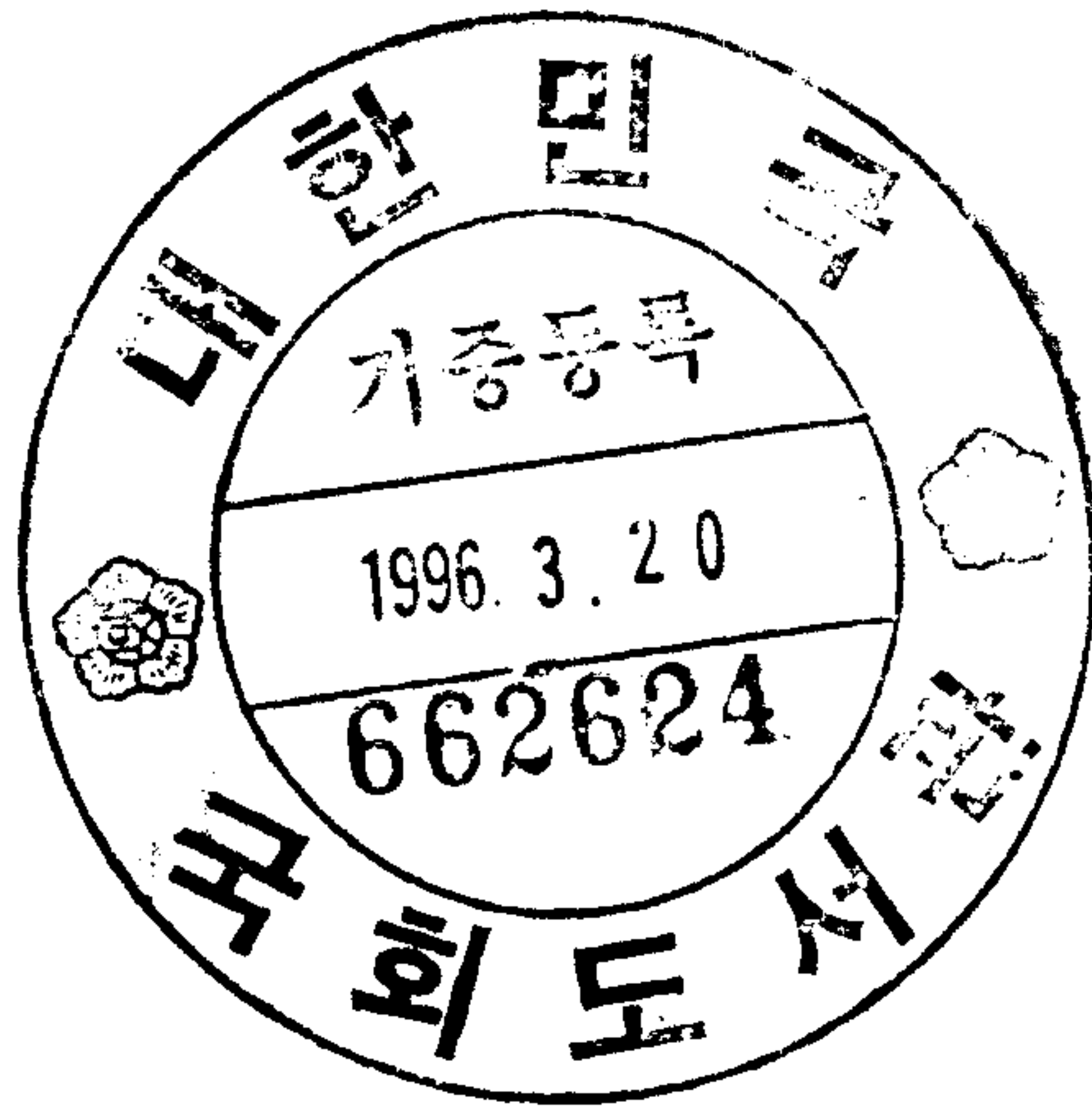
환경농업의 현장애로 기술개발

Development of Technology for Environmental
Agriculture

연구기관

서울대학교 농업생명과학대학

농림수산부



제 출 문

농림수산부 장관 귀하

본 보고서를 “ 환경농업의 현장애로 기술개발 ” 의 1년차 연구보고서로 제출합니다.

1995년 12월

주관연구기관명: 서울대 농업생명과학대학

총괄연구책임자: 류 순 호

연구 책임자: 박 승 우

연구 책임자: 정 하 우

연구 책임자: 이 준 호

연구 책임자: 이 호 진

연구 책임자: 최 홍 립

연구 책임자: 이 경 준

협동연구기관명: 경북대 농업과학기술연구소

협동연구책임자: 김 태 한

협동연구기관명: 전북대 농업개발연구소

협동연구책임자: 최 경 구

협동연구기관명: 충북대 농업과학연구소

협동연구책임자: 정 승 근

협동연구기관명: 충남대 농업과학연구소

협동연구책임자: 이 규 승

여 백

要約文

I. 題目

환경농업의 현장애로 기술개발

II. 研究開發의 目的 및 重要性

(1) 토양 오염 방지 기술 개발

- 농경지로 부터 농약, 비료의 유출 등 비점오염으로 농어촌 지역이 하천 수질이 악화되고 있으며 환경적으로 안전한 지속농업을 위하여는 현 상태의 수질오염 부하량의 진단을 통하여 신 농법으로 인한 수질 환경개선의 효과를 명기할 수 있어야 함.

(2) 농업유역의 수문/수질 모니터링

가. 농경지로 부터 비점오염의 유출로 농어촌지역의 하천수질이 악화되고 있음.

- 하천수질의 주요원인은 생활오수, 공장폐수, 가축분뇨 등과 함께, 농경지로 부터의 토사량, 농약, 비료 등의 유출로 인함.

- 하천환경개선을 위해 농경지의 비점오염의 부하량의 파악과 이를 효과적으로 조절하고 억제 하는것이 중요함.

- 실제 농업유역으로 부터의 오염량에 대한 실측자료가 부족한 실정임.

나. 농업유역으로 부터의 강우-유출 관계의 정량적 해석은 필요함

- 농업유역의 홍수량 계산을 위한 자료임.

- 비점오염계산, 토사유출량 계산 등에 중요함.

- 그런데, 농업유역의 강우-유출량에 대한 실측자료가 부족함.

다. 대상유역을 선정하여, 영농형태에 따른 비점오염의 증감을 파악하므로써, 환경적으로 안전한 영농방법의 검토가 가능함.

(3) 환경조화형 해충관리체계 및 전략 개발

- 병해충 관리체계 및 방법이 제대로 확립되어 있지 않아 그 부작용으로 농약의 과용을 초래하게되어 이로인한 환경오염, 불필요한 비용등을 초래하게 되기 때문에 합리적인 병해충관리체계 및 방법의 개발로 농민이 이를 쉽게 이용할 수 있도록 개

선된 방안들을 마련하고자 함.

(4) 저투입 작물 생산기술개발

- 이앙재배에 비하여 영농시간을 반이상이나 감소시키는 직파 방식의 도입이 필요하고, 절비, 저농약 투입 등의 영농법을 도입해야 하며, 벼 직파재배시 입묘에 실패하는 농가가 적지 않아 입묘확보에 대한 기술 확립이 시급함.

(5) 검엽 축산농가의 축산 폐수방류가 마을 배수의 수질 오염에 미치는 영향 분석 및 대책

- 행정구역상 경기도 화성군 반월면에 위치한 본 연구의 연구대상지인 갈치저수지는 8.42Km² 유역의 관개 용수원으로서의 역할 뿐만 아니라 양어 및 낚시 등으로 마을주민들의 부수입원이었으나 일부농가가 축산을 시작하면서 저수지가 급격히 오염되기 시작하여 현재는 양어, 낚시는 물론이고 관개용수로의 사용도 어려울 정도로 심하게 오염되었음. 현재 이 마을에는 乳牛 245두, 韓牛 10두, 닭 32수를 사육하고 있으며, 이들 신고대상 이하의 가파른 언덕에 위치한 소규모 축산농가들이 무단방류하는 축산폐수는 상당한 유속으로 갈치저수지로 바로 유입됨. 그러므로 갈치저수지 유입수의 수질을 제고하기 위하여 수질오염에 대한 축산농가의 기여도 판정과 소규모 농가가 경제적인 면에서나 처리효율면에서 수용할 수 있는 적정처리대책의 수립이 필요함.

(6) 산림 자원 이용기술개발

- 최근의 공단지역 및 도시 주변의 대기오염도 증가는 농작물과 농업 환경의 주변부를 구성하고 있는 산림의 생산성을 감소시키는 것으로 보고되고 있음. 산림 생산성 감소는 대기오염 및 산성우에 의한 영향으로서 산성화된 산림 토양에서의 각종 무기염류들의 용탈과 중금속의 용출이 주 요인임. 또한 산림토양으로 부터 용탈되는 중금속들은 농업용수 이용되는 계류수를 오염시키므로 농작물의 피해와 연결될 수 있다. 따라서 농업 환경의 주변 산림지역을 대상으로 대기 오염 현황 조사를 통하여 향후의 피해를 예측함과 동시에 대기오염에 대응한 산림자원관리기술의 방향을 제시하고자 함.

(7) 벼직파 재배시 입묘 저해 요인 구명 시험

- 벼 생력 재배의 하나로 벼 직파 재배가 급속히 확대되는 추세에 있는 바 벼직파 재배시 파종후 초기 입묘 단계에서 실패하는 농가가 많아 입묘 확보를 위한 기술 확립이 긴요한 실정임.

(8) 발효퇴비의 종류에 따른 작물의 생육반응 및 유기농재배 작물의 환경스트레스 내성에 관한 연구

- 환경문제의 심각성과 더불어 유기농업의 필요성은 최근에 들어 농업의 활로를 새롭게 할 수 있는 연구과제로 제기되고 있음. 우리나라에서도 오래전 부터 일부농가 및 단체에서 유기농업이 수행되어 오고 있으나 이에 대한 모델이 구체적으로 개발되지 않아 유기농을 시작하려는 농민들에게는 어려움이 많음. 특히 유기물 사용에 대한 적당한 지침이 없어 단위면적당 시비량이 너무 적어 수량이 적거나 과다하여 오히려 지하수 오염의 문제를 야기하는 경우도 있다. 따라서 작물에 따른 적당한 퇴비 사용량을 제시할 필요가 있다. 또한 유기농업에 의해 생육된 작물이 각종 환경스트레스에 대하여 관행재배 작물에 비하여 내성이 강해지는 것으로 재배자들 사이에 알려지고 있으나 정성적인 것에 머물러 있기 때문에 이를 계량화 할 필요가 있음.

(9) 사료작물 작부체제에서의 Biomass 생산력과 질소경제성의 비교

- 좁은 국토와 경지를 효율적으로 이용하기 위하여는 생산성이 높은 작부체제의 설정이 필요하고, 궁극적으로는 안정적인 식량 공급과 환경 생태계의 보존에 있으므로 환경 농업을 기본으로 하는 생산체제의 설정과 농가 소득 증대와 함께 균형있는 사회발전을 도모하기 위함.

(10) 무농약 잡초 방제 기술개발

- 농산물의 생산, 유통 및 저장 단계에서 병충해와 잡초 방제를 위해 여러 종류의 농약을 사용하므로 수질 및 토양을 오염시키고 있으나 최근 환경문제 및 위생문제에 대한 의식이 높아져 농약을 미량만 사용하거나 전혀 사용하지 않는 병충해 및 잡초방제기술이 개발이 절실히 요구 되고 있음.

III. 研究開發의 內容 및 範圍

(1) 토양 오염 방지 기술 개발

본 연구는 질산태, 질소, 인드의 농경지 토양에서의 축적정도와 주변토양으로의 확산 정도를 조사하고, 주변 지표수 및 지하수에 미치는 영향을 분석하며 여러 농업 화학물질들의 물질순환 기작과 상호연관성을 파악, 환경에 미치는 영향을 분석함으

로써 지속적인 토양오염방지 대책을 수립하고자 하였다. 1차년도에는 이를 위하여 질산태 질소, 인 등의 농경지 토양에서의 축적 정도와 주변토양으로의 확산 정도를 조사하고, 주변 수질 환경에 미치는 영향을 분석하였다.

(2) 농업유역의 수문/수질 모니터링

본 연구는 대상유역을 선정하고, 강후량, 하천유량 등 수문자료 수집을 위한 시설을 설치하였고, 유역수문의 현장 관측, 수질 샘플 채취 및 분석을 수행하여 유역내의 비점오염 발생원인을 구명하였다.

(3) 환경조화형 병해충관리체계 및 전략 개발

본 연구는 환경조화형 병해충관리체계의 확립이 목적이다. 이를 위하여 1차년도에는 농업용수원의 수계에 따른 논생태계내의 곤충상 조사와 병해충 인지도 및 관리현황 등의 분석을 수행하였다. 이들 자료들은 2차년도에 수행될 실용적인 병해충예찰법, 병해충관리 지침서 개발을 통한 소규모 농가용 병해충관리모델 개발에 사용될 것이다

(4) 저투입 작물 생산기술 개발

본 연구는 동일 포장에서 이앙과 건답 및 담수직파를 실시하여 각 재배구에서 영농노력과 생산비를 조사하고 생육상황과 수량을 비교하여 이앙에 대한 무이앙재배의 결과와 성과를 평가하였다. 또한 기존 추천시비량에서 삼요소의 25%, 50%, 75% 감량 시비처리를 하고 생육과 수량에 미치는 영향을 평가하였으며 관계수와 배수에서 질산태질소 함량 변화를 추적하여 논외 질소시비가 수질오염에 미치는 영향을 평가하였다.

(5) 겸업 축산농가의 축산 폐수방류가 마을 배수의 수질 오염에 미치는 영향 분석 및 대책

본 연구는 누출사고 예측모형과 수정된 Streeter-Phelps 모형을 결합하여 유출과 오염부하량과의 상관관계를 정하고 수질을 예측하는 방법을 연구하였으며 축사형태에 따른 각 수질항목의 원단위 오염부하량을 산정하였다. 연구내용은 다음과 같다.

- 갈치저수지 유역 환경조사 : 갈치저수지 인근유역의 인문, 사회, 지리, 산업적 측면의 조사는 완료되었으며 갈치저수지에 대한 수질오염 현황과 오염부하량에 대한 조사를 실시함.

- 오염부하원단위 조사(환경부 기준) : 환경부에서 고시한 축산폐수 원단위에 대한 조사는 완료되었으며, 그 결과 사육방법과 축사형태 등에 따라 부하량의 변이가

심하며 기준값으로 오염부하 원단위의 적용의 어려움.

- 오염부하원단위 조사(외국자료 기준) : 외국에서 발표한 오염부하 원단위에 대한 조사는 완료되었으며, 그 결과 가축 사양방법, 연령, 축사형태 등에 따른 오염부하 원단위의 보정 필요성이 확인됨.

- 보정오염부하 원단위 제시 : 오염부하 원단위의 보정을 위하여 외국에서 발표한 오염부하 원단위에 대한 조사자료를 이용하고 갈치저수지 인근 마을에 위치한 경축복합형 마을에 대한 실측조사를 실시하였으며, 그 결과 가축사양방법, 연령, 축사형태 등에 따른 오염부하 원단위의 보정수치를 제시하였음.

(6) 산림자원 관리기술개발

본 연구에서는 시험지역의 입지환경조사를 위하여 3개 유역으로 구분된 조사구에서 식생조사, 토양조사 및 산림내 대기오염 현황조사를 수행하였다. 입지환경조사는 임목축적, 생장량, 식생조사이며, 토양조사는 토양분석, 조직 분석으로 토양내 함유되어 있는 양료 및 토양 특성을 조사하였다. 그리고 오존, 산성비, 수목활력도를 조사하여 산림내 대기오염 현황을 조사하였다.

(7) 벼 직파 재배시 입묘 저해 요인 구명 시험

본 연구는 지역내 직파농가중 94년도에 입묘에 실패한 60 여 농가와 95년도에 입묘상태가 불량한 농가를 대상으로 파종조건을 조사 확인하고 이를 분석하여 입묘 실패의 원인을 구명하였다.

(8) 발효퇴비의 종류에 따른 작물의 생육반응 및 유기농재배 작물의 환경스트레스 내성에 관한 연구

본 연구는 유기농 농가 실태조사를 통하여 재배방법의 문제점 파악, 유기물의 재료 및 발효퇴비의 시비량에 작물의 생육반응 조사, 발효퇴비 종류 및 시용량에 따른 토양 반응 및 부식함량의 변화 및 유기농 재배 작물의 환경 스트레스 내성 비교를 수행하였다.

(9) 사료작물 작부체계에서의 Biomass 생산력과 질소 경제성 비교

본 연구는 사료작물(사료용 옥수수, 북방형 목초)를 도입한 작부체계하에서의 단위면적에서 생산되는 건물생산량을 비교하여 합리적이고 효율적인 사료 작물의 생산과 공급방안을 제시하고, 질소비료의 이용효율을 측정함으로써 사료작물의 질소이용에 대한 경제성을 분석하였다.

(10) 무농약 잡초방제 기술 개발

본 연구는 소용량의 고전압 펄스방전 장치를 제작하여 과수원에서 많이 생육하는 잡초를 대상으로 전기적 방제 실험을 통해 방제 효과에 관한 기초적 데이터를 분석하였다.

IV. 研究開發結果 및 活用に 대한 建議

(1) 우리나라의 농업이 환경에 기여 정도를 제시함

- 농업의 환경보전에 대한 기여정도를 제시함
- 환경보전형 영농방법을 제시하여, 지속농업을 달성함

(2) 농업유역에서의 수문, 수질자료의 구축

- 농업유역에서의 수문 수질 관측자료를 제공함
- 설계 홍수량의 추정방법을 검토할 수 있으므로서 농업수리 구조물의 적정 설계가 가능하며, 이로 해서 공사비를 절감할 수 있고, 구조물의 안정성을 보장할 수 있음

(3) 비점오염의 분석기법의 제시

- 농업유역의 수질오염 부하량 추정모형을 응용 환경피해를 극소화하는 영농법 등의 제시가 가능함
- 농경지의 보전으로 인한 환경개선 효과를 개량화하므로서 국민의 농업에 대한 정서를 충족시킴

(4) 지역특성을 고려한 적정 시비량, 토양관리기술, 오염토양의 교정 및 제거 기술을 제시

(5) 환경에 긍정적인 영농자재의 처리방법 및 기타 영농활동을 제안

(6) 환경조화형 병해충관리법 제시

(7) 점업축산으로 인한 오염부하량 예측가능으로 수질오염경감대책 제시 및 법적 용 是非 원천적 제거로 안정적 축산가능 :

가. 수질 오염경감 대책제시

대표적인 비점원 오염원 및 점원 오염원인 점업축산으로 인한 오염부하량 예측하므로써 갈치저수지에 유입되는 오염부하량을 경감시킬 수 있는 장기 환경대책을

세울 수 있으며, 오염정화시설의 용량예측과 정화효율을 결정할 수 있으므로 수질 오염경감효과를 얻을 수 있음.

나. 안정적인 축산기반 제공

현재 공해산업으로 인정되어 인근주민과 축산인 사이에서 발생하는 각종 민원에 대한 적용 시비를 원천적으로 제거할 수 있어 보다 안정적이며 환경보전적 축산이 가능함.

다. 우리 나라의 지역특성에 알맞는 수질예측모델 개발

우리 나라의 경우 河床의 기복이 심하여 평지에서 개발된 외국의 각종 수질모형의 적용에 어려움이 많음. 따라서 우리 나라의 축산농가에서 발생하는 오염부하량과 유출량을 이용하여 적합한 유출계수를 산정할 수 있으므로 보다 정확한 수질예측이 가능함. 보정된 축종에 따른 오염부하 원단위는 각종 수질예측모델에 대한 보정과 수질정화시스템 개발에 이용될 수 있으며, 특징적인 우리 나라의 농촌형태인 산업적으로는 경종농업에 부가된 부업형태의 축산을 병행하고 지리적으로는 인근지역에 저수지가 위치한 지형을 가진 지역에 알맞는 새로운 저수지 수질예측모형을 개발한다.

(8) 입묘저해원인을 구명하여 안전한 입묘기술을 제시함으로써 직파재배의 성공률을 향상 시킴

① 직파재배를 최초로 시도하는 농가에는 직파재배시 입묘에 대한 확신을 줄 수 있음.

② 직파재배 경험 농가에는 입묘확보를 위한 과도한 밀파를 피하고 적정 파종량에 접근 할 수 있는 지침이 될 수 있을 것으로 기대됨.

(9) 유기물의 효과적인 사용방안 및 미생물 사용에 의한 생육증진 및 내성증진 방안 제시

(10) 토지의 생산성을 높일 수 있는 사료작물 작부체계의 개발

(11) 무공해 잡초방제법 개발

가. 잡초는 제초제를 사용하지 않고 전기적 방법에 의해 방제 할 수 있으므로 제초제 사용에 의한 토양오염을 방지 시킬 수 있다.

나. 전기적 방법에 의해 잡초를 방제하므로써 농약 비용을 절감할 수 있다.

다. 과수원 전용 스피드스프레이어와 같은 기존의 농작업기에 펄스방전 시스템을 개발하여 과수원의 잡초방제에 활용 할 수 있다.

SUMMARY

I. Title of the Research

Development of Technology for Environmental Agriculture

II. Objectives and Significance of the Research

There is mounting concern on agricultural environment and production. The agricultural environment is being polluted in many instances. Waste by-products from domestic, live-stock, and agricultural practices are applied to agricultural soils and watersheds for one of several activities including disposal, nutrient recycling, and improvement of soil characteristics and so on. Also, agrochemicals such as fertilizers, herbicides, insecticides, and fungicides are applied to agricultural environment for pest control and crop improvement. And these intensive farming activities worsen the agricultural environment and productions. Therefore, it justify the development of technology for the sustainable agricultural system. Implementation of this system will realize environmental agriculture. Our research objectives are as follows:

1. Development of Soil Pollution Management Systems
2. Hydrologic and Water Quality Monitoring at Agricultural Watersheds
3. Development of Environmentally Harmonized IPM System and Strategy
4. Development of Sustainable Rice Production Technology
5. The impact of livestock wastewater to the quality of Galchi-reservoir
6. New Approach to the Forest Management Techniques based on Establishment of Healthy Forest
7. Studies on the causes of poor seedling stands in rice direct seeding
8. Effects of Fermented Animal Manures on Growth of Crops and Studies on Tolerance to Environmental Stress in Crops Cultivated with Organic Farming
9. Biomass Productivity and Nitrogen Efficiency in Cropping Systems of Forage Crops
10. Studies on Development of Electrical Methods of Weed Control

III. Contents and Scope of the Research

1. Development of Soil Pollution Management Systems

To assess environmental pollution induced by agricultural practices and livestock operations.

2. Hydrologic and Water Quality Monitoring at Agricultural Watersheds

To monitor and collect field data on hydrologic and water quality samples from agricultural watersheds.

3. Development of Environmentally Harmonized IPM System and Strategy

To conduct insect community structure analysis in paddy fields.

4. Development of Sustainable Rice Production Technology

To compare rice yield and production cost between seeding practices and conventional transplanting.

5. The impact of livestock wastewater to the quality of Galchi-reservoir

To estimate the impact of waste water influent into water quality in paddy fields.

6. New Approach to the Forest Management Techniques based on Establishment of Healthy Forest

To identify the effects of air pollutants and acid rain on the productivity of village forest, and on the limiting factors to the sustainable agriculture and forest.

7. Studies on the causes of poor seedling stands in rice direct seeding

To identify the causes of poor seedling stands in direct seeding.

8. Effects of Fermented Animal Manures on Growth of Crops and Studies on Tolerance to Environmental Stress in Crops Cultivated with Organic Farming

To determine the effects of fermented animal manures of swine, fowl and cattle on plant growth and changes on soil chemical properties.

9. Biomass Productivity and Nitrogen Efficiency in Cropping Systems of Forage Crops

To examine biomass production and nitrogen efficiency in the combined cropping system of silage corn and cool season forage crops.

10. Studies on Development of Electrical Methods of Weed Control

To develop an electrical weed control machine.

IV. Results of the Research and Suggestions for the Application

The results and recommendations for the application from the first year project of "Development of Technology for Environmental Agriculture" are as follows:

1. Development of Soil Pollution Management Systems

Research sites representing the major agricultural systems within physiographic regions of Banwol were selected for soil and water sampling. The objective of the first year project was to assess environmental pollution induced by agricultural practices and livestock operations. Soil samples were taken from 20 sites before and after chemical fertilizer application and water samples of streams from 11 sites in the study area periodically for 5 months from May to September. Soil content of available phosphate (Bray No. 1-P) was high with 16 of 20 samples taken being higher than 50 ppm. Contents of total nitrogen, organic-N, NH₄-N, NO₃-N and phosphate of water sample were variable, total nitrogen ranging from 0.11 to 5.26 ppm, NO₃-N from 0.08 to 4.42 ppm, phosphate from 0.11 to 5.26 ppm, with higher concentration of streams near livestock farms and confluent stream of domestic waste water than from crop land. Tentative conclusion was that the stream in the study area was polluted with nitrogen and phosphate by cattle operation and domestic waste water, and accumulated soil phosphate in crop land could induce stream water eutrophication when soil is eroded.

2. Hydrologic and Water Quality Monitoring at Agricultural Watersheds

Agricultural nonpoint source pollution resulting from intensive applications of

agricultural chemicals has been identified as a major threat to the water quality degradation in rural streams and rivers. It is a goal to reduce the pollution from agricultural lands through environmentally sound, sustainable agriculture. However, little data have been filed as to the quantitative impacts from the sustainable agriculture practices. The purposes of the research are to collect field data on hydrologic and water quality samples from agricultural watersheds under conventional practices. The information is to be used as a bench mark to compare the changes in pollution loading from alternative farming practices in later years.

The results from the first year study are as follows:

1) The Banwol Reservoir watersheds have been selected as a test site, which consists of 77 percent forest and 18 percent crop lands.

2) The hydrologic monitoring system consists of one self-recording rain gauge, and five water level gauges. The sizes of subwatersheds range from 1.26 to 12.20 km², and cover wide ranges of land use patterns; mountainous, mid-mountainous, flat, and village conditions.

3) For each hydrologic gauging station, daily water level data were collected and runoff data were processed from the stage-discharge relationship. The storage at the reservoir was defined from the stage-storage relationship.

4) Water samples were taken at the gauging sites, and analyzed for suspended solid and nutrient concentrations.

5) The test watersheds were field surveyed for topographic features, land use and hydrologic soil groups.

6) The meteorological data for the watersheds were obtained from nearby Suwon weather station. Daily rainfall data from the watershed and the weather station were correlated, and a linear regression equation was derived. The relationship may be used to estimate a long-term rainfall data.

7) The suspended solid concentrations ranged from 25 to 163 mg/l, and the results were used to develop discharge-concentration relationships for each gauging site. The sediment yields for watersheds were defined from the runoff data using the relationships.

8) The concentrations of total nitrogen (TN) ranged from 1.6 to 15.2 mg/l. TN concentrations showed a lower level at mountainous watersheds and high levels from village watershed.

9) The concentrations of total phosphorus (TP) ranged from 1.5 to 2.4 mg/l. TP concentrations also showed low values from mountaneous watersheds and high ones from village watershed.

10) The daily TN loads from the watersheds ranged from 14.6 to 411.5 kg, and the TP loads from 13.7 to 64.5 kg.

Continuous hydrologic and water quality monitoring is needed to implement in order to establish the bench marks from present farming practices, which may be used to compare those from appropriate best management practices for the watersheds. The impacts of sustainable agriculture may be identified from such efforts.

3. Development of Environementally Harmonized IPM System and Strategy

Insect pest densities were higher in paddy fields where domestic waste water or livestock waste water was inflow than in the paddy field where clean water was inflow. However, densities of natural enemies were similar among those fields. Seasonal trends in the overall insect densities were the same among these fields, though their population densities were higher in paddy fields where domestic or livestock waste water inflowed. Spiders were most dominat species in natural enemy complexes. Rice farming experiences of rice farmers in Banwol area were averaged 46 years indicating significant aging problems in rice farming labors. The most important matters which they concern in rice farming were water management and pest control. Also, About half of the interviewed farmers (57.1%) have invested more than before in rice farming. It indicates that development of low input sustainable farming system is necessary. Farmer's most frequently used method for pest survey was direct observation. Their pest identification sources were mainly governmental agricultural guide agents (53.6%) and their neighbor farmers (39.3%). Their knowledge of IPM concept was very poor. These results justify and require the development of farmer- friendly-IPM program.

4. Development of Sustainable Rice Production Technology

One of most laboribous work in rice farming is transplanting of rice seeding which has been required preparation of nursery bed and care of seedling during one month period. In this research, direct seeding in dry paddy(DS) and direct

seeding in wet paddy(WS) were practiced to compare with traditional transplanting(TP) in Suwon. Growth stages in direct seeding were delayed as its planting time was about 21 days later than TP. Heading stage of DS at Suwon was delayed about 9 days as compared to transplanting culture. Rice yield was not different between the seeding practices. Working-hour saving was about 17%(DS) and 25% (WS). Production cost of DS was decreased little in rice yield, but it could save working hour and production cost, significantly. In direct seeding, rice plants has been shown the symptom of nitrogen deficiency during growing stages. Nitrogen fertilizer applied at seeding was lost with leaching of paddy water. In this experiment, fate of N fertilizer applied at seeding was detected in various soil depths. N concentration in paddy soil was increased after application of basal N fertilizer and reached its peak in a week, but it was decreased rapidly within two weeks. Most of basal N was leached and efficiency of N application was very low. Therefore, split application of N was more effective method compared to conventional basal application.

5. The impact of livestock wastewater to the quality of Galchi-reservoir

Domestic contamination units of livestock wastewater with varieties have been suggested to accurately estimate the impact of wastewater influent into water quality of the Galchi reservoir in was also compared with Daeami-dong, Goonpo-shi, Gyeonggi-do. The suggested data of contamination units for COD, BOD, T-N, T-P, were also compared with foreign data for further literature review if the gap inbetween exists. COD 2.917g/head-day, BOD 351.7g/head-day, T-N 76.5g/head-day, T-P 187.5g/head-day was recommended for calculation of contamination load from effluent of small-scaled dairy farms which composed of the most livestock farm in Galchi watershed. T-N and T-P concentration in the water of Galchi reservoir were observed much higher compared to other reservoir, which may lead to the conclusion that the livestock wastewater discharged from livestock farms attributes to the eutrophication of the water body. Thus it is vital to properly treat livestock wastewater at the place where the production practice is going on (point-source treatment).

6. New Approach to the Forest Management Techniques based on Establishment of Healthy Forest

The objectives of this study were to identify the effects of air pollutants and acid rain on the productivity of village forest, and on the limiting factors to the sustainable agriculture and forestry near Banwol Industrial Complex. During the first year of the research, surveys on the vegetation, soil, and air pollution were performed. Vegetation analysis was conducted in three watershed with four quadrats in each watershed. Species name, diameter at breast height, number of individuals, height, and cover were measured for vegetation analysis. For soil analysis, soil pH, organic matter content, cation exchange capacity, and exchangeable ions were measured. For air pollution analysis, frequency of acid rain, and ozone concentration were monitored during the growing season. The total tree species identified in this study area were 32, with 17 overstory tree species and 29 understory tree species. The average tree height was 6.8~10.2, DBH of 6.1~14.0cm, crown coverage of 127~342%. The watershed No.1 consists of *Pinus rigida*, *Quercus mongolica*, *Robinia pseudoacacia*, *Alnus hirsuta* as major tree species. The major species at watershed NO.2 were *Quercus aliena*, *Q. acutgissima*, and *R. pseudoacacia*, while major tree species at watershed NO.3 were *Q. variabilis*, *Q. mongolica*, and *P. densiflora*. The highest soil water content of 22.7% was observed at watershed No.3, and the lowest at watershed No.2. Organic matter content in soil was the highest at watershed No.3, and the lowest at watershed No.1. The soil pH ranged from 3.94 to 4.41, indicating the acidic condition of the soil. The average pH of rainfall in July and August were 5.52 and 5.30, respectively. The Frequency of acid rain during the 2 months was 64%, while the frequency of acid rain in nearby Suwon was 58%. The average pH of acid rain was 4.99. The concentration of ozone in the air during the same period ranged from 0.03 to 0.09ppm. It may be concluded from the first year study that Banwol Industrial Complex may have affected the nearby forest in this study by industrial air pollution. Among the three watersheds, the watershed No.1 located nearest to the pollution source has shown the highest degree of influence from the pollution. Therefore, tree growth rate and tree vitality need to be studied in the future to evaluate the long-term effects of air pollution on the forest productivity.

7. Studies on the causes of poor seedling stands in rice direct seeding

One hundred and fifteen cases of poor seedling stands were examined in 1994

and 1995. In flooded drill seeding in 1994, seeding increased mainly because of failure in early weeding. Most of the examined fields were clay soil with poor drainage conditions or poor drainage conditions, their germination and rooting were restricted leading to failure of seedling stands. In flood seeding the soil physical properties showed unfavorable conditions for seedling stands because of small pore, little air space, excessive soil water. Favorable temperature and good seed-soil contact to ensure adequate water supply are necessary for germination in soil. And proper aeration and low soil strength are necessary for seedling emergence. Root growth and function also require suitable regimes of air, water, and temperature. If root growth is efficacious, so also may be above-ground seedling growth. Soil aeration and soil density seemed to play most important role in seedling stands. In rice direct seeding systems, the seedling stand requires proper soil physical environments, and soils must be managed accordingly.

8. Effects of Fermented Animal Manures on Growth of Crops and Studies on Tolerance to Environmental Stress in Crops Cultivated with Organic Farming

This research was conducted to determine the effects of fermented animal manures of swine, fowl and cattle on plant growth and changes on soil chemical properties. Each manure was applied at the rate of 2, 4 or 8 ton/10a with or without microbial inoculants. Concurrently the effects of rain protection facilities on plant growth were investigated. The results were as follows:

1) Application of 8 ton/10a of fermented cattle manure or swine manure resulted in less plant growth than those of chemical fertilizer in pot experiment. However, application of 4 ton/10a fowl manure showed similar results to those of chemical fertilizer.

2) Plant growth with or without rain protection facilities did not show significant differences in plant height and yield.

3) Commercial microbial inoculants did not show significant effect on growth of tomato plants. These results indicate that microbial inoculants do not affect increasing plant growth when applied to completely fermented animal manures.

4) In the investigation of soil microbial population, animal manure and microbial inoculants increased density of soil microorganisms. Rain protection facilities also resulted in slightly increased microbial population in soil.

5) Application of 4 and 8 tons of incompletely fermented cattle manures per 10a

resulted in increased plant growth compared to those of chemical fertilizer in plot experiments.

6) The treatment of chemical fertilizer application had a little lower in soil pH and in soil organic matter, T-N, P₂O₅, K₂O, Ca, and Mg content than those of animal manure application.

7) Application of fowl manure at rate of 8 ton/10a also had the highest amount of yield in tomato and cucumber. Microbial inoculants had a little or no effect on increasing the amount of yield of two crops. Tomato and cucumber plant growth without rain protection facilities had slightly higher amount of yield than those growth under rain protection facilities.

8) In foliar analysis of tomato plants, the treatment with cattle manure had the highest amount of total nitrogen. However, the treatments with chemical fertilizer or 2 ton/10a swine manure had higher amount of P₂O₅ than those of other treatments. The amount of Mg was higher in cattle manure treatments but Ca and K were similar among treatments.

9) In tissue analysis of radish, NH₄-N contents were not significantly different among treatments. However, N₃O-N content was the highest in the treatment with incompletely fermented cattle manure.

9. Biomass Productivity and Nitrogen Efficiency in Cropping Systems of Forage Crops

Establishment of sustainable agricultural system is important to maintain high crop productivity and farmer's income without depletion of natural resources and pollution of environment. Suitable cropping system and efficient utilization of nutrient by crop plants are important in sustainable agriculture. Nitrogen which is one of the most important elements for plant growth is expensive fertilizer to produce as well as an important environmental pollutant. Therefore, biomass production and nitrogen efficiency were examined in the combined cropping system of silage corn and cool season forage crops. Fresh and dry weight of corn were 7,669kg/10 and 1,984kg/10a, respectively, with 46% of ear weight and 54% of stover weight. Among 6 forage crops oat, italian ryegrass and rape grew enough to harvest before winter in the central area, and their dry weight were 480kg/10a, 436kg/10a and 405kg/10a, respectively. Plant height and fresh and dry weight of oat, rape and their mixture were highest on November 20 and

increased as amount of nitrogen application was increased up to 30 kg/10a. The highest fresh weight of oat, rape and their mixture at the nitrogen application of 30kg/10a were 4,976kg/10a, 7,601kg/10a, and 6,785kg/10a, respectively, while the highest dry weight of them were 927kg/10a, 1,119kg/10a, and 1,096kg/10a, respectively. Nitrogen contents of plants were higher at later harvests, under greater nitrogen levels, and higher in rape than in oat. Among inorganic nutrients, oat absorbed more phosphorus and sodium, while rape absorbed more calcium and magnesium. Dry matter production per unit amount of nitrogen applied was decreased as nitrogen was increased and oat was more efficient to produce dry matter than rape.

10. Studies on Development of Electrical Methods of Weed Control

Electrical weed control is versatile and rapid, and is cost competitive with chemical applications, and also efficient in an environmental preservation. Electrical weed control systems - spark discharges- have been developed. This system used high-voltage(e.g. 20 - 40kV) for weed control, plant thinning and acceleration of ripening. This system which has the simplest circuit for producing high voltages uses step-up transformer, the output of which is rectified and charges an energy storage capacitor. In this research, we evaluated the effectiveness of an electrical discharge system as a means of control of *Galinsoga ciliate*.

This results of these experiments were as follows:

1) The leaves of weeds were dead and in 12days after the treatment, the stems of weeds were dead.

2) The lethal effect of weeds increased by raising the pulse voltage from 20kV to 40kV.

3) The treatment of making the electrode pass just above weed with a separation of 10cm between electrode and the weed was the most effective in any other treatments with longer separation.

CONTENTS

SUMMARY	11
CONTENTS	21
Chapter 1. Introduction	25
Chapter 2. Development of Soil Pollution Management Systems	29
Section 1. Introduction	31
Section 2. Materials and Methods	36
Section 3. Results and Discussion	45
References	59
Chapter 3 Hydrologic and Water Quality Monitoring at Agricultural Watersheds	61
Section 1. Introduction	63
Section 2. Materials and Methods	65
Section 3. Results and Discussion	70
Section 4. Conclusion	97
Chapter 4. Development of Environmentally Harmonized IPM System and Strategy	99
Section 1. Introduction	101
Section 2. Materials and Methods	103
Section 3. Results and Discussion	105
Section 4. Conclusion	130
References	131
Chapter 5. Development of Sustainable Rice Production Technology	133
Section 1. Introduction	135
Section 2. Materials and Methods	137
Section 3. Results and Discussion	140
Section 4. Conclusion	154
References	155
Chapter 6. The impact of livestock wastewater to the quality of Galchi-reservoir	157
Section 1. Introduction	159
Section 2. Materials and Methods	162
Section 3. Results and Discussion	164
Section 4. Conclusion	180
Chapter 7. New Approach to the Forest Management Techniques based on Establishment of Healthy Forest	183
Section 1. Introduction	185
Section 2. Materials and Methods	187
Section 3. Results and Discussion	191
References	201

Chapter 8. Studies on the causes of poor seedling stands in rice direct seeding	203
Section 1. Introduction	205
Section 2. Materials and Methods	206
Section 3. Results and Discussion	207
Section 4. Conclusion	212
Chapter 9. Effects of Fermented Animal manures on Growth of crops and Studies on Tolence to Environmental Stress in Crops Cultivated with Organic Farming	215
Section 1. Introduction	217
Section 2. Materials and Methods	219
Section 3. Results and Discussion	220
Section 4. Conclusion	247
References	248
Chapter 10. Biomass Productivity and Nitrogen Efficiency in Cropping Systems of Forage Crops ..	249
Section 1. Introduction	251
Section 2. Materials and Methods	254
Section 3. Results and Discussion	255
Section 4. Conclusion	272
References	273
Chapter 11. Studies on Development of Electrical Methods of Weed Control	277
Section 1. Introduction	279
Section 2. Materials and Methods	280
Section 3. Results and Discussion	282
Section 4. Conclusion	286
References	287

目 次

제 출 문	1
要約文	3
SUMMARY	11
CONTENTS	21
目 次	23
第 1 章 緒 論	25
第 2 章 토양오염 방지 기술개발	29
第 1 節 緒 說	31
第 2 節 材料 및 方法	36
第 3 節 結果 및 考察	45
參考文獻	59
第 3 章 농업유역의 수문·수질 모니터링	61
第 1 節 緒 說	63
第 2 節 材料 및 方法	65
第 3 節 結果 및 考察	70
第 4 節 結論	97
第 4 章 환경조화형 해충관리체계 및 전략개발	99
第 1 節 緒 說	101
第 2 節 材料 및 方法	103
第 3 節 結果 및 考察	105
第 4 節 結論	130
參考文獻	131
第 5 章 지속적 작물생산 기술개발	133
第 1 節 緒 說	135
第 2 節 材料 및 方法	137
第 3 節 結果 및 考察	140
第 4 節 結果要約	154
參考文獻	155
第 6 章 겸업 축산농가의 가축분뇨수 방류가 마을배수의수질오염에 미치는 영향분석	157
第 1 節 緒 說	159
第 2 節 材料 및 方法	162
第 3 節 結果 및 考察	164
第 4 節 結論	180
第 7 章 산림자원관리 기술개발	183
第 1 節 緒 說	185
第 2 節 材料 및 方法	187
第 3 節 結果 및 考察	191

引用文獻	201
第 8 章 버직과재배시 입묘저해구명연구	203
第 1 節 緒 說	205
第 2 節 材料 및 方法	206
第 3 節 結果 및 考察	207
第 4 節 結論	212
第 9 章 발효퇴비의 종류에 따른 작물의 생육반응 및 유기농 재배작물의 환경 스트 레스 내성연구	215
第 1 節 緒 說	217
第 2 節 材料 및 方法	219
第 3 節 結果 및 考察	220
第 4 節 結論	247
引用文獻	248
第 10 章 飼料作物 作付體系에서의 Biomass 生産力과 窒素經濟性的의 比較	249
第 1 節 緒 說	251
第 2 節 材料 및 方法	254
第 3 節 結果 및 考察	255
第 4 節 結論	272
引用文獻	273
第 11 章 무농약 잡초방제 기술개발	277
第 1 節 緒 說	279
第 2 節 材料 및 方法	280
第 3 節 結果 및 考察	282
第 4 節 結論	286
參考文獻	287

第 1 章 緒 論

우리나라의 농업은 지난 30여년간 농업기반조성, 농업기술 연구 및 개발, 지도, 비료 및 농약기술 등에 대한 정부의 지속적인 투자로 괄목할 만한 발전을 이룩하였다. 특히 주곡인 쌀의 자급을 달성하였고, 원예, 축산 등의 육종 및 재배/사육기술 등에서 세계적 수준의 농업기술을 지니게 되었다. 그러나, 최근들어 우리나라의 농업은 폐농, 농촌 노동력의 유출, 생산비 앙등 등과 같은 국내적 요인과 농산물 수입개방(UR)이라는 국외적인 커다란 여건의 변화로 존폐의 위기에 처하는 어려움에 봉착하고 있다.

또한, 농업생산을 위한 많은 농업자재 투입량의 증가에도 불구하고 생산량의 증가는 한계에 이르고 있다. 지난 20년간 비료, 농약 등 농업화학물질의 사용량은 2-3배 증가하여 선진농업국의 단위면적당 평균 사용량을 초과하는 수준에 이르고 있다. 이러한 화학비료, 농약 등의 과다 사용과 집약적 축산시설 등은 식물생산성과 안정성, 생산물의 안전성의 퇴조 뿐만 아니라 수질오염, 토양오염 등 환경오염부하 문제를 가중시키고 있다. 한편, 공장폐수, 생활오수에 의하여 관개수원의 오염이 가속화 되어 이를 이용하고 정화하는 경지생태계의 환경오염 부하를 가속화 시키므로서 작물 생산의 안정성과 생산물의 안전성의 저하 또한 심각한 문제로 대두되고 있다.

농업환경에 관한 문제의 심각성은 1992년 리우에서 열린 국제지구환경회의에서 환경보전을 위한 세계공동의 노력을 합의케 하였을 뿐만 아니라, 이의 실천을 위한 일련의 움직임이 활발히 진행중이며, UR이 타결된 지금 소위 Green Round (GR) 협상이 예상되고 있다. GR의 농업부문의 협상과제는 환경적으로 안전한 농업생산이 전제되지 않는 한 국제무역 등에 불이익이 우려된다. 따라서, UR과 GR 등은 물론이고, 우리농업의 국제경쟁력의 제고를 위해서는 환경적으로 안전한 농업 혹은 환경농업(Environmentally Sound Agriculture)의 실현이 필수적이다.

환경농업은 지속농업(Sustainable Agriculture)으로 대변할 수 있다. 지속농업의 궁극적인 목표는 농업의 높은 생산성을 유지하면서 환경이나 국민보건에 미칠 수 있는 농업의 부정적 영향을 최소화 하고자 하는 농업체계이다. 미국 등 선진 농업국에서는 지속농업기술 개발이 많이 진행되어 이미 실용화 단계에 들어가고 있는 실정이며, 많은 국가들이 자국의 농업생산성 유지를 위한 수단으로 기술개발을 적극적으로 서두르고 있다.

우리나라의 경우, 환경농업은 체계적이고 종합적인 기술개발이 되어야 함에도 불구하고 여러 가지 사정에 의하여 제대로 이루어지지 못해왔다. 그러나 여러 가지 어려운 여건임에도 불구하고 이를 극복하기 위한 노력이 있어야 할 것이며, 본 환경농업의 현장애로 기술사업은 당면한 우리농업의 문제점을 파악하고 이를 극복하기 위

한 지속농업의 방향을 우리나라의 상황에 맞게 바로 잡아 이를 정착시키는 것을 목적으로 한다. 지속농업의 환경친화적 기능을 강화하기 위해서는:

- 환경요소와 식물 및 환경요소들간의 유기적 관계를 구명하여 비료, 농약, 에너지의 투입은 줄이는 대신에 이를 생태정보지식의 투입을 늘리므로써 환경적으로 안전하며 작물의 생산성과 안전성 및 생산물의 안전성을 향상할 수 있는 환경조화적 작물생산기술의 확립

- 작물 생산의 기본 요소인 토양과 물을 오염시키는 동태적 메카니즘의 구명과 모니터링을 통하여 이를 예측하고 효율적으로 관리할 수 있는 기술의 확립

- 경지생태계와 산림생태계의 생태정보 파악과 상호연관성 구명을 통하여 이들의 유기적 연관계를 효율적으로 관리할 수 있는 기술의 확립

- 작물생산기술, 토양 및 수질오염관리기술, 경지 및 산림생태계 관리기술 등을 통합하여 경지생태계의 작물 생산성과 안전성의 유지 증진, 안전한 먹거리의 생산, 환경의 오염 경감과 정화를 위한 작물환경 종합관리 시스템의 확립

등의 당면과제가 해결되어야 한다. 따라서, 본 과제는 다음과 같은 연구분야를 설정하여 이와 같은 당면 과제해결을 위한 학제적인 종합적 접근(Hollistic Approach)을 시도하였다.

1. 토양 오염 방지 기술 개발

- 농경지로 부터 농약, 비료의 유출 등 비점오염으로 농어촌 지역이 하천 수질이 악화되고 있으며 환경적으로 안전한 지속농업을 위하여는 현 상태의 수질오염 부하량의 진단을 통하여 신 농법으로 인한 수질 환경개선의 효과를 명기할 수 있어야 함.

2. 농업유역의 수문/수질 모니터링

가. 농경지로 부터 비점오염의 유출로 농어촌지역의 하천수질이 악화되고 있음.

- 하천수질의 주요원인은 생활오수, 공장폐수, 가축분뇨 등과 함께, 농경지로 부터의 토사량, 농약, 비료 등의 유출로 인함.

- 하천환경개선을 위해 농경지의 비점오염의 부하량의 파악과 이를 효과적으로 조절하고 억제 하는것이 중요함.

- 실제 농업유역으로 부터의 오염량에 대한 실측자료가 부족한 실정임.

나. 농업유역으로 부터의 강우-유출 관계의 정량적 해석은 필요함

- 농업유역의 홍수량 계산을 위한 자료임.

- 비점오염계산, 토사유출량 계산 등에 중요함.

- 그런데, 농업유역의 강우-유출량에 대한 실측자료가 부족함.

다. 대상유역을 선정하여, 영농형태에 따른 비점오염의 증감을 파악하므로써, 환경

적으로 안전한 영농방법의 검토가 가능함.

(3) 환경조화형 해충관리체계 및 전략 개발

- 병해충 관리체계 및 방법이 제대로 확립되어 있지 않아 그 부작용으로 농약의 과용을 초래하게되어 이로인한 환경오염, 불필요한 비용등을 초래하게 되기 때문에 합리적인 병해충관리체계 및 방법의 개발로 농민이 이를 쉽게 이용할 수 있도록 개선된 방안들을 마련하고자 함.

(4) 저투입 작물 생산기술개발

- 이앙재배에 비하여 영농시간을 반이상이나 감소시키는 직파 방식의 도입이 필요하고, 절비, 저농약 투입 등의 영농법을 도입해야 하며, 벼 직파재배시 입묘에 실패하는 농가가 적지 않아 입묘확보에 대한 기술 확립이 시급함.

(5) 점엽 축산농가의 축산 폐수방류가 마을 배수의 수질 오염에 미치는 영향 분석 및 대책

- 유입수의 수질을 제고하기 위하여 수질오염에 대한 축산농가의 기여도 판정과 소규모 농가가 경제적인 면에서나 처리효율면에서 수용할 수 있는 적정처리대책의 수립이 필요함.

(6) 산림 자원 이용기술개발

- 최근의 공단지역 및 도시 주변의 대기오염도 증가는 농작물과 농업 환경의 주변부를 구성하고 있는 산림의 생산성을 감소시키는 것으로 보고되고 있음. 산림 생산성 감소는 대기오염 및 산성우에 의한 영향으로서 산성화된 산림 토양에서의 각종 무기염류들의 용탈과 중금속의 용출이 주 요인임. 또한 산림토양으로 부터 용탈되는 중금속들은 농업용수 이용되는 계류수를 오염시키므로 농작물의 피해와 연결될 수 있다. 따라서 농업 환경의 주변 산림지역을 대상으로 대기 오염 현황 조사를 통하여 향후의 피해를 예측함과 동시에 대기오염에 대응한 산림자원관리기술의 방향을 제시하고자 함.

(7) 벼직파 재배시 입묘 저해 요인 구명 시험

- 벼 생력 재배의 하나로 벼 직파 재배가 급속히 확대되는 추세에 있는 바 벼직파 재배시 파종후 초기 입묘 단계에서 실패하는 농가가 많아 입묘 확보를 위한 기술 확립이 긴요한 실정임.

(8) 발효퇴비의 종류에 따른 작물의 생육반응 및 유기농재배 작물의 환경스트레스 내성에 관한 연구

- 환경문제의 심각성과 더불어 유기농업의 필요성은 최근에 들어 농업의 활로를 새롭게 할 수 있는 연구과제로 제기되고 있음. 우리나라에서도 오래전 부터 일부농가 및 단체에서 유기농업이 수행되어 오고 있으나 이에 대한 모델이 구체적으로 개발되지 않아 유기농을 시작하려는 농민 들에게는 어려움이 많음. 특히 유기물 사용

에 대한 적당한 지침이 없어 단위면적당 시비량이 너무 적어 수량이 적거나 과다하여 오히려 지하수 오염의 문제를 야기하는 경우도 있다. 따라서 작물에 따른 적당한 퇴비 시용량을 제시할 필요가 있다. 또한 유기농업에 의해 생육된 작물이 각종 환경 스트레스에 대하여 관행재배 작물에 비하여 내성이 강해지는 것으로 재배자들 사이에 알려지고 있으나 정성적인 것에 머물러 있기 때문에 이를 계량화 할 필요가 있음.

(9) 사료작물 작부체계에서의 Biomass 생산력과 질소경제성의 비교

- 좁은 국토와 경지를 효율적으로 이용하기 위하여는 생산성이 높은 작부체계의 설정이 필요하고, 궁극적으로는 안정적인 식량 공급과 환경 생태계의 보존에 있으므로 환경 농업을 기본으로 하는 생산체계의 설정과 농가 소득 증대와 함께 균형있는 사회발전을 도모하기 위함.

(10) 무농약 잡초 방제 기술개발

- 농산물의 생산, 유통 및 저장 단계에서 병충해와 잡초 방제를 위해 여러 종류의 농약을 사용하므로 수질 및 토양을 오염시키고 있으나 최근 환경문제 및 위생문제에 대한 의식이 높아져 농약을 미량만 사용하거나 전혀 사용하지 않는 병충해 및 잡초방제기술이 개발이 절실히 요구 되고 있음.

第 2 章 토양오염 방지 기술개발

연구책임자 : 류 순 호

연 구 원 : 한 광 현

여 백

第 1 節 緒 說

농업을 통하여 우리가 필요로하는 물질을 수확할 때 그와 함께 토양으로부터 식물양분이 제거되는 것이므로 그대로는 토양의 비옥도를 유지하기 어렵다. 그러므로 과거에는 휴한, 작물의 윤작, 두과작물의 재배, 퇴비의 시용에 의한 양분공급으로 토지의 생산성을 지속적으로 유지하였던 것이다. 그러나 현재 우리의 농업은 비료, 농약 등 화학물질을 손쉽게 그리고 값싸게 구입할 수 있게 됨으로써 집약적인 토양이용과 물질 생산성의 극대화에 치중한 생산 체계로 변모하였으며, 이러한 현재의 농업은 다음과 같은 심각한 문제들을 유발하게 되었다.

첫째, 단일품목경작으로 인해 토양의 생산성을 유지시키는 작물의 윤작이 이루어지지 않게 되고, 토양의 작물생산성을 유지하기 위해 점점 화학비료와 농약의 사용량을 증가시켜야 했다.

둘째, 더우기 토양으로부터 일반적으로 작물의 생육에 필요한 영양분을 착취하는 경작방법이었고, 적절한 토양보존 방법을 강구하지 않아 급기야 과도한 토양의 침식과 토양생산성의 저하를 초래하였다.

셋째, 이와 같은 농업형태와 관련된 또 다른 문제는 화학비료와 농약을 과도하게 처리함으로써 지하수와 주변하천 및 호수를 비롯한 환경을 오염시킨다는 것이다.

넷째, 따라서 농업이 환경과 식량의 안정성과 품질에 미치는 부작용에 대한 일반인의 관심이 고조되었고, 이러한 농업생산체계가 장기간 지속할 수 있을 것인가에 대한 의구심을 낳게 되었다.

실제로 지난 20여년 동안 농약, 비료 등 농업화학물질의 이용량은 2-3배의 증가를 보였으며, 화학비료의 경우, '85-'92년에는 약 1,600 천톤으로 약 950 Kg/ha에 달하고 있다. 이러한 화학비료의 과도한 시용은 토양 중 양분의 불균형과 과잉성분으로 인한 환경오염 문제를 유발할 수 있으며, 특히 질소질 비료의 과다 시비로 인한 지하수와 지표수의 오염 위험이 증가되고 있다.

토양에 사용되는 화학비료의 성분은 식물이 쉽게 흡수할 수 있는 형태이지만, 시용량 전부가 작물에 흡수, 이용되는 것은 아니며, 반드시 손실이 있게 마련이다. 특히 시용량이 과도하거나 시용시기가 적절하지 못할 때 더욱 이러한 손실이 심하게 된다. 작물에 흡수, 이용되지 못하고 손실이 될 때 그 손실의 유형은 토양에 축적, 대기로의 손실, 혹은 근권 밖으로 이동하는 용탈 등이다.

식물에 의하여 흡수, 이용되는 질소의 형태는 무기태인 암모니아태 혹은 질산태이다. 토양 조건에 따라서 암모니아태는 공기 중으로 휘산되기 쉽고, 질산태 질소는 용탈되기 쉬운 형태로서 지하수 오염의 문제가 되는 성분이다. 질산태의 질소는 토양이 환원되면 탈질작용에 의하여 대기 중으로 손실되기도 한다. 칼리는 토양에 흡착

되어 용탈되기 어렵지만 토양의 흡착 한계를 벗어나면 물론 용탈이 된다.

인산은 공기 중으로 휘산이 되지 않을 뿐만 아니라, 물에 녹아서 토양에서 용탈되는 성분도 아니다. 따라서 과잉으로 사용된 인산은 쉽게 토양에서 고정되어 축적된다. 그러나 이 고정된 인산도 토양이 침식될 때 미세한 토양 입자와 함께 이동하여 부영양화작용에 의하여 지표수 또는 해양을 오염하는 물질로 작용하게 된다. 토양이 산성이면 식물생육에 불리한 여러 현상이 나타나게 된다. 산성 토양에서 인산은 식물이 흡수할 수 없는 형태로 고정되고 비료로 사용된 인산의 이용율이 떨어진다. 토양 검정에서는 으레히 토양의 pH를 측정하고 유효인산의 함량을 측정하여 석회와 인산의 사용량을 추천하게 된다. 과거의 우리나라 토양은 산도가 강했을 뿐 아니라 인산 함량이 극히 낮아 정부에서도 인산의 사용을 적극 권장하였던 것이다.

질산태 질소와 인에 의한 수질 오염은 결국 농어촌의 식수원인 지하수를 오염을 가중 시키게 되며 이를 식수로 이용하는 주민의 건강에 위해성을 가져오게 된다. 그리고, 생산된 농산물의 가식부에 질산태 질소의 과다한 집적을 초래하여 식품을 질을 악화시킬 우려가 있다. 사람이 질산태 질소를 과다하게 섭취하게 되면 특히 어린 아이에게 청색증을 유발하게 되며, 체내에서 발암성 물질인 nitrosoamine으로 변환될 가능성도 높은 것이다.

그러나 토양에 과다 집적된 농업화학물질이 주변 수질환경으로 이동, 오염을 유발하는 과정은 그리 간단하지 않으며 매우 복잡하고 동적인 현상이다. 질산태 질소에 의한 오염은 식물이 흡수하는 양 이상의 질소원이 토양에 주어질 때 발생한다. 토양에 투여된 질소는 상호 동적인 관계에 있는 유기태 질소 풀이나 무기태 질소 풀에 속하게 되고, 식물은 주로 무기태의 질소를 흡수한다. 이 후 토양에 남아 있는 질소는 미생물에 의한 무기화, 부동화, 질산화, 탈질화 및 화학탈질, 휘발, 용탈 등의 복잡한 과정을 거쳐 주변 지표수나 지하수에 전달된다. 이러한 과정에 영향을 미치는 요인으로는 토양특성, 재배작물, 재배방법, 담수여부, 무기화-부동화에 관계되는 미생물의 활동도(MIT), 주변지형 등이 있다. 인의 경우에는 토양에서 주로 무기태로 존재하나 인산질 비료의 제재형태, 토양의 광물학적 특성과 칼슘, 철, 알루미늄 등의 무기물 등과 관계되는 침전, 고정으로 인해 가용태가 적고 이동성이 낮다. 그러므로 인에 의한 주변 수질의 오염은 주로 토양침식이나 강우와 관련된 표면유출에 의해 이루어진다. 그러나 토양의 광물학적인 특성에 의해 용탈량이 충분히 커질 수 있다. 이 밖에 토양에 존재하는 유기물, MIT, 흡착 등에 의해 인의 동태는 매우 다양하게 나타난다. 그리고 토양 내 인의 과다한 집적은 인산질 비료의 제조시에 불순물로 포함된 여러 중금속들에 의한 오염도 더불어 야기할 수 있다. 잔류농약 역시 농약 살포 후 잔존하는 농약이 강우에 의한 표면 유출, 토양 안에서의 생분해, 흡착, 용탈 등의 과정들을 거쳐 지표수 및 지하수에 도달하게 된다.

이상과 같이, 여러 농업화학물질들은 서로 연관성을 가지고 토양 생태계 안에서 지속적으로 유지, 반복됨으로써 주변환경의 오염을 가중시키게 되는 것이다. 그러므로 이러한 각 물질의 순환기작과 상호 연관성을 파악하고 환경에 미치는 영향을 분석하는 것이 적절한 오염방지 대책을 세우는 데 있어서 필수적이다.

토양에 축적된 농업화학물질에 의해 유발되는 환경오염은 여타 산업활동에서 배출되는 공장폐수, 생활하수 등과 같은 점오염원의 성격이 아니라 복잡한 수문학적 과정과 그 배출단위와 양을 명확히 규정할 수 없는 비점오염원의 성격을 갖는다. 비점오염원에 의한 환경오염 특성은 다음과 같다.

가. 비점오염은 점오염보다 그 오염의 정도는 낮지만 그 절대량은 커서 대규모의 수량을 갖는 강, 호수 등의 주요 오염원으로 간주되고 있다.

나. 따라서, 비점오염의 억제를 위한 노력 없이는 하천이나 강, 호수, 하구 등의 수질 개선이 어려운 것으로 알려져 있다.

다. 비점오염의 관리는 오염원들이 특정지점으로 국한되지 않고 광범위한 지역에 걸쳐 존재하여 수문순환과정 등 복잡한 자연현상이 수반되기 때문에 사회적, 기술적으로 복잡하고 쉽지 않다.

라. 점오염의 경우와 같이 제한된 유출구로부터 하수처리장 등과 같은 오염부하량의 집중처리에 의한 조절방법이 불가능하다

마. 비점오염은 주로 토양을 매개로 한 표면유출이나 지하침투를 통하여 복잡한 수문학적인 순환과정이 수반된다.

바. 비점오염의 양상은 주변 지형, 지질, 기후 및 토양특성, 수문학적인 특성, 영농형태 및 토지이용방법에 따라 크게 차이를 보인다.

사. 비점오염원의 효율적인 관리를 위해서는 위와 같은 다양한 변화요인들을 포괄적으로 수용하여 전반적인 관리대책을 세우는 것이 매우 중요하다.

미국에서 조사된 바에 의하면 비점오염원에 의한 주변환경에 미치는 영향은 심각한 수준이며(표 2-1), 이를 적절히 조절하지 않고서는 건전한 수질환경의 유지가 어려움을 잘 알 수 있다.

표 2-1. 미국의 지표수에 있어서 대표적인 환경 오염원

하 천	%	호 소	%
농 업	61	농 업	57
도 시	16	수문학적인 변형	40

<US EPA, 1992>

우리나라의 경우는 비교적 부정확한 소규모 컬럼실험을 통하여 추정된 오염물질 부하량을 산정하고 있으나(표 2-2), 토지에 의하여 배출되는 오염물질의 양이 다른 구성 요소에 비하여 결코 무시할 양이 아니며 주의를 기울여야 함을 잘 보여주고 있다. 특히 질소의 경우는 인구와 가축에 비하여 월등히 높은 수준이며 인은 인구와 가축에 비하여 낮은 수준이나 이는 이 실험이 표면유출을 고려하지 않은 결과이라 여겨진다. 토양 침식과 표면유출에 의한 인의 환경영향을 고려한다면 토양에 의하여 매개된 환경오염정도 역시 다른 구성요소보다 월등하리라 생각된다.

표 2-2. 한강 경안천의 오염물질 배출 부하량

		BOD (Kg/일)	T-N (Kg/일)	T-P (Kg/일)
유역 내로 배출되는 오염물질 총 배출량		8,922	4,769	483
발 생 원	인구	3,801	419.5	77.6
	가축	2,749	950.4	283.4
	토지	1,655	2,674	48.8

<국립환경원보, 1992>

이상에서 보는 바와 같이 토양의 농업화학물질에 의한 오염과 주변 환경에 미치는 영향을 정확히 파악하고 적절한 대처방안을 세우는 것은 쉬운 일이 아니며 장기적이고 지속적인 관찰, 조사 및 분석과 아울러 토양 내에서 진행되는 농업화학물질의 순환, 변환, 이동 과정을 면밀히 기술하여 주변환경에 미치는 영향을 극소화 하도록 하여야 할 것이다. 이를 위하여 본 연구과제에서는 토양오염의 실태와 조사 분석(1년차)을 통하여 질산태 질소, 인 등의 농경지 토양에서의 축적 정도와 주변 토양으로의 확산정도를 조사하고, 주변 지표수 및 지하수에 미치는 영향을 분석하며, 토양 중 농업화학물질의 순환 기작의 분석(2년차)을 통하여 여러 농업화학물질들이 토양 생태계 안에서 서로 연관성을 가지고 지속적으로 유지, 반복됨으로써 주변 환경 오염을 가중시키는 각 물질의 순환기작과 연관성 및 환경에 미치는 영향을 분석하고, 이상의 연구결과를 통하여 지속적인 토양오염방지 대책(3년차)을 세우고자 연구를 수행하였으며 다음 결과들은 그 중 1년차 연구결과이다.

第 2 節 材 料 및 方 法

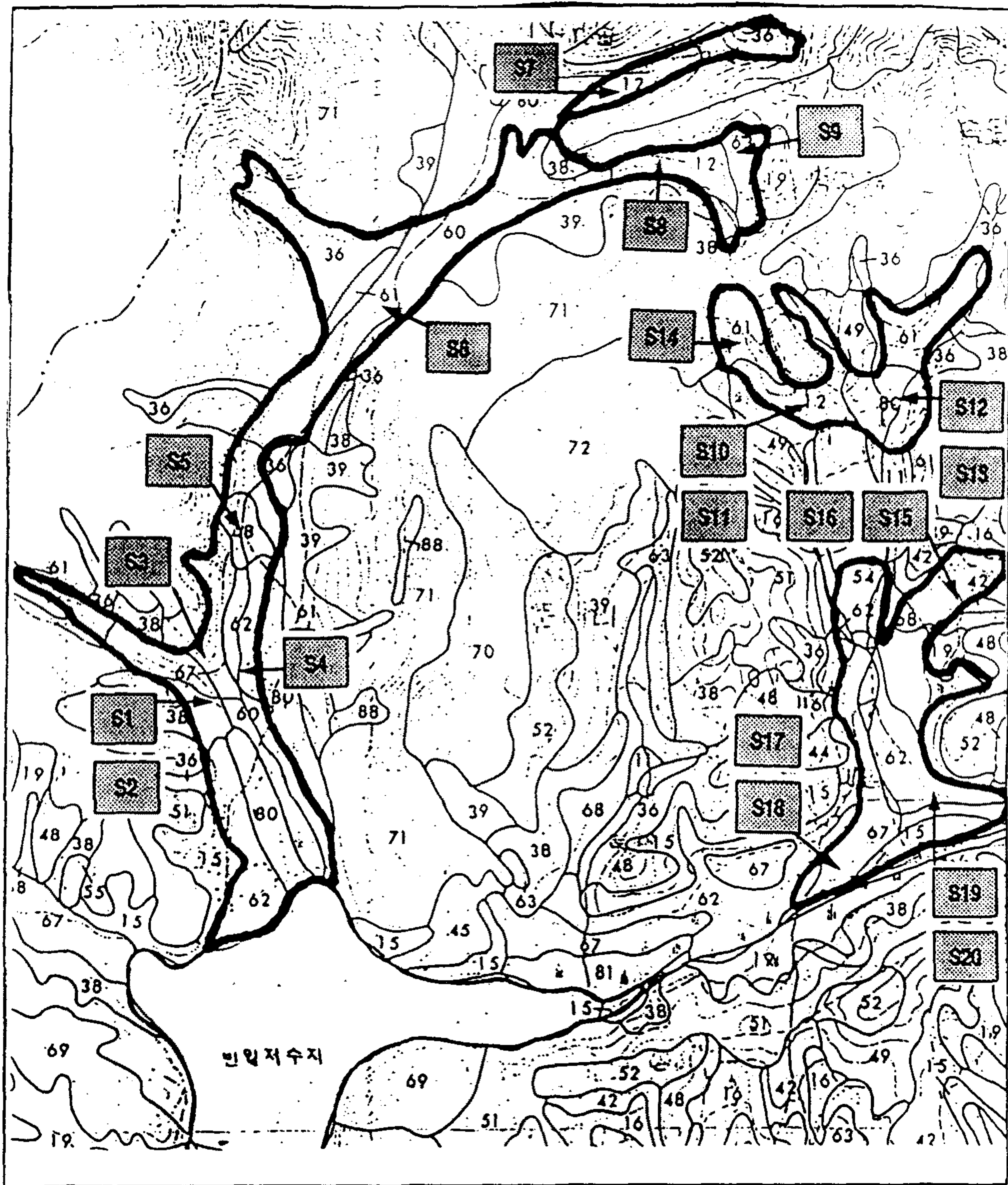
1. 연구지역의 토양특성과 시료채취

연구지역의 농경지는 대략 5개의 토양통으로 이루어져 있고 시료의 채취는 토양통별로 composite sampling을 하여 대표적인 성질을 나타내도록 하였다. 비료를 처리한 직후의 6 지점을 따로 채취하여 분석하였다. 연구지역의 개황적인 토양분포와 시료채취지점은 <그림 2-1>과 같다.

그림 2-1. 연구지역의 토양개황 및 시료 채취 지점

토 양 부 호	토 양 통	성	질
12	사 촌	사 양 토 , 7-15%	경 사
60	월 곡	사 양 토 , 2-7%	경 사
61	월 곡	사 양 토 , 7-15%	경 사
62	은 곡	양 토 , 2-7%	경 사
63	은 곡	양 토 , 7-15%	경 사
67	지 산	양 토 , 2-7%	경 사
68	지 산	양 토 , 7-15%	경 사
80	풍 천	자 갈 이 있 는 양 토 , 2-7% 경 사	

S2, S11, S12, S15, S17, S19 는 비료를 처리한 직후의 토양을 시료 채취



2. 수질 시료 채취

토양에 처리된 영농자재가 주변 지표수에 미치는 영향을 파악하기 위하여 토지이용형태 및 지형을 고려하여 11개 지점에 대하여 주기적으로 시료를 채취 분석하고 있으며, 그 위치는 <그림 2-2>와 같다.

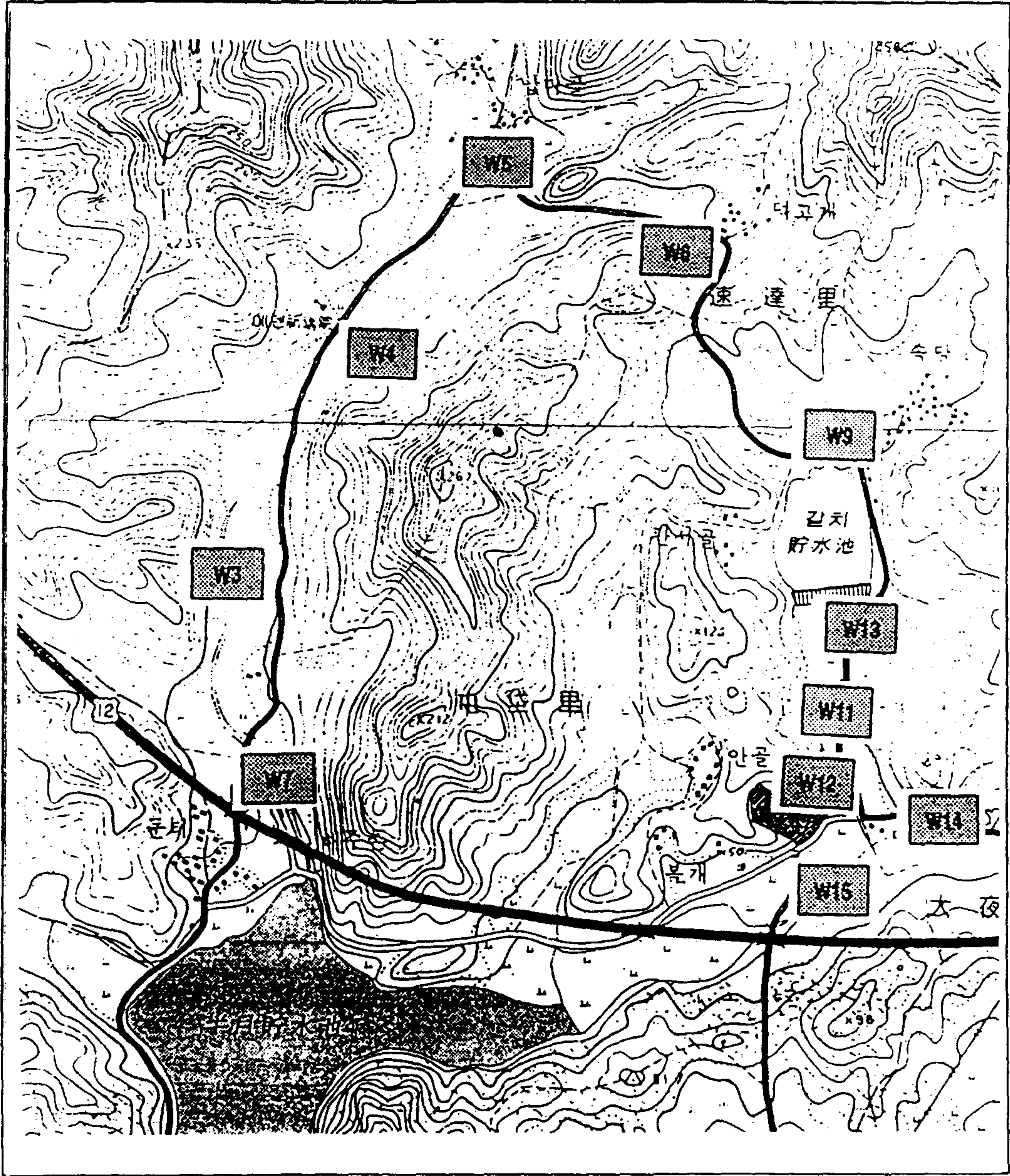


그림 2-2. 연구지역의 수질시료 채취 지점

3. 토양 시료의 분석방법

가. 입경분석

입경분석은 pipette 법으로 하였다. 105-110°C에서 24시간 건조시킨 토양 시료 10 g을 250 ml flask 에 취하고, 과산화수소(30%) 10~20 ml 가하여 24시간 처리하여 유기물을 분해시켰다. 분산제인 5% Sodium hexametaphosphate 용액 10ml를 가한 후, 시료를 교반 cup으로 옮겨 적당량의 물을 가하고 10분간 교반시켰다. 분산된 시료를 침강실린더로 옮긴 후 증류수를 가하여 전 용적이 1 L가 되도록 하였다. Hand stirrer로 현탁액을 상하로 흔들어서 균일상이 되도록 1분간 교반시킨 후 정지하였다. 계산된 시간 마다 실린더의 수면 아래 10 cm 깊이에 삽입한 pipette로써 일정량(25ml)의 현탁액을 취하여 건조 후 정량하여 (실트+점토함량)과 점토함량을 각각 구하였다. 모래함량은 $100 - (\text{점토함량} + \text{실트함량})$ (%)으로 계산하였으며, 입경구분은 미국 농무성법에 따랐다.

나. 유기물함량

유기물 함량은 Walkley-Black 법으로 정량하였다. 풍건 세토를 30mesh 체를 통과시켜 통과한 것 0.5g을 500ml 삼각flask에 취하고 1 N-K₂Cr₂O₇ 용액 10ml과 진한 황산 20ml를 차례로 가하였다. 서서히 흔들어서 준 후 30분간 산화되게 방치하였다. 증류수 200ml를 가하고 0.02M orthopenanthroline을 지시약으로 하여 남아있는 K₂Cr₂O₇ 용액을 0.5N-FeSO₄로 역적정하여 유기물 함량을 구하였다.

다. 전질소(T-N) 함량

Micro Kjeldahl법으로 정량하였다. 0.5mm 체를 통과한 풍건 시료 1g을 micro Kjeldahl flask에 취하고 1.1g의 K₂SO₄ 혼합촉매와 진한 황산 5ml를 차례로 가한 후 약 4 시간동안 가열 분해시켰다. 분해액을 증류수로 희석한 후 10ml 정도를 질소 증류장치의 플라스크에 취하고 질소 증류하여 질소함량을 구하였다.

라. pH

토양의 pH는 풍건시료 5g을 100ml flask에 취하여 증류수 25ml를 가하고 때때로 유리봉으로 저어주면서 30분간 방치한 후 pH meter 로 측정하였다.

마. 유효인산

Bray No.1 법

풍건 토양 2.85 g을 100 ml 삼각 flask 에 취하여 Bray No.1 침출액 (0.025N HCl

+ 0.03 N NH₄F) 20 ml을 가하고 1분간 혼든다음 여과하였다. 50ml용량 flask에 여액을 1-5 ml 취하고 발색시약 5ml 가하고, 증류수를 표선까지 채워서 혼합하여 발색시킨 후 620 nm에서 흡광도를 측정하였다.

바. 양이온 치환용량(Cation Exchange Capacity)

양이온 치환용량은 초산 암모니아법(1N CH₃COONH₄, pH=7.0)으로 정량하였다. 양이온치환용량 분석용 침출관(column)에 2mm체를 통과한 풍건 세토 5g을 취하고 100ml의 1N CH₃COONH₄용액으로 시료를 NH₄⁺로 포화시킨 다음 Isopropyl alcohol 100 ml로 흡착되지 않은 N H₄⁺의 세척 제거하고, 10% acidic NaCl 용액 100ml로써 흡착된 N H₄⁺를 치환하고 이 용액 10ml의 N H₄⁺를 kjeldahl 증류하여 0.01N H₂SO₄ 용액으로 적정하여 정량하였다. 따로 증류수를 써서 같은 조건에서 바탕시험을 행하고, 다음 식으로 CEC를 계산하였다.

CEC(me /100 g)

$$= (T-B) \times H_2SO_4 \text{ 규정농도}(0.01) \times 100/(\text{취한 시료의 } g\text{수})$$

여기에서 T와 B는 본시험과 바탕시험의 적정에 소비된 0.01N H₂SO₄의 양(ml)이다.

사. 치환성 양이온

치환성 양이온 K, Na, Ca 및 Mg은 CEC를 정량할 때 1N CH₃COONH₄ 용액으로 치환된 용액의 것을 원자흡광광도계로 분석하여 정량하였다.

4. 수질 시료의 분석방법

가. 총인

시료 50ml(인으로서 0.06mg 이하 함유)를 분해병에 넣고 과황산칼륨용액(4W/V%) 10ml를 넣어 마개를 닫고 섞은 다음 고압증기멸균기에 넣어 가열하였다. 약 120°C가 될 때부터 30분간 가열분해를 계속하고 분해병을 꺼내 방냉한 다음, 전처리한 시료의 상등액 25ml를 취하여 마개있는 시험관에 넣고 몰리브덴산 암모늄·아스코르빈산혼액 2ml를 넣어 흔들어서 섞은 다음 20-40°C에서 15분간 방치하였다. 이

용액의 일부를 층장 10mm 흡수셀에 옮겨 검액으로하고 따로 물 50ml를 취하여 시료의 시험방법에 따라 시험하여 바탕시험액으로 하였다. 바탕시험액을 대조액으로 하여 800mm에서 검액의 흡광도를 측정하고 미리 작성한 검량선으로 부터 총인의 양을 구하여 다음식에서 농도 (mg/l)를 산출하였다.

$$\text{총인(mg P/l)} = a * \frac{60}{25} * \frac{1,000}{50}$$

a : 검량선으로 부터 구한 인의 양(mg)

나. 암모니아성 질소

시료가 탁하거나 착색물질등의 방해물질이 함유되어 있는 경우에는 다음과 같이 증류하여 그 유출액으로 시험하였다. 시료 적당량(암모니아성 질소로서 0.03mg 이상 함유량)을 취하여 수산화나트륨용액(4W/V%) 또는 황산(1+35)으로 중화하고 증류플라스크에 옮긴다음 산화마그네슘 0.3g과 비등석 수 개를 넣고 물을 넣어 액량을 약 350ml로 하였다. 수기는 200ml 용량의 메스실린더에 0.05N 황산용액 50ml를 넣고 증류장치(그림 2-3)를 조립한 다음 가열하여 5-7ml/min의 유출속도로 증류하였다. 수기의 액량이 약 150ml가 되면 증류를 중지하고 냉각관을 증류플라스크와 분리하여 냉각관의 내부를 소량의 물로 씻어서 수기에 합하고 물을 넣어 200ml로 하였다. 시료를 증류하여 유출되는 암모니아를 황산용액에 흡수시키고 수산화나트륨용액으로 잔류하는 황산을 적정하여 암모니아성질소를 정량하였다.

다. 총질소

(1) 무기질소의 환원

시료 적당량(0.7-10mg N 함유)을 취하여 1l 증류플라스크에 넣고 물을 넣어 350ml로 한다. 비등석 수개, 데발다합금 분말 3g과 수산화나트륨 용액(30W/V%) 10ml 넣어 증류장치를 조립하고 냉각관의 끝을 미리 0.05 N의 황산 50ml를 넣어 둔 200ml 메스실린더 수기에 연결하여 매분 5-7ml의 유출속도로 증류하였다. 수기의 유출액량이 약 180ml가 되면 증류를 끝내고 냉각관의 안쪽을 소량의 물로 수회 씻어서 수기에 합하고 표선을 채웠다.(A액)

(2) 유기질소의 분해

앞에서 증류하고 남은 증류플라스크의 내용물과 증류플라스크를 물로 씻은액 전량을 조심하여 적당한 용량의 킬달플라스크에 옮기고 총질소시험용 분해촉진제 2g

넣고 플라스크의 목부분에 남아있는 잔류물을 소량의 물로 씻어 넣은 플라스크의 내벽을 따라 황산 5-10ml를 넣었다. 다음에 과산화수소수 1ml를 주의하여 넣고 석면상에서 가열하여 백연이 발생하고 내용물이 투명해질 때까지 분해를 계속하였다. 방냉한 다음 물 약 100ml를 넣어 석출된 결정성 물질을 가열 용해하여 분해액을 증류플라스크에 옮기고 소량의 물로 킬달플라스크를 수회 씻어서 합한다음, 물을 넣어 액량을 약 350ml로 하고 증류장치를 조립하여 냉각관의 끝을 미리 0.05 N-황산 50ml를 넣어둔 200ml 메스실린더 수기에 연결하였다. 증류플라스크의 상부로부터 수산화나트륨 용액(50 W/V%) 40ml를 넣고 증류플라스크를 가열하여 매분 5-7ml의 유출속도로 증류하였다. 수기의 유출액량이 약 180ml가 되면 증류를 끝내고 냉각관의 안쪽을 소량의 물로 수회 씻어서 수기에 합하고 물을 넣어 표선을 채웠다.(B액)

앞에서 얻어진 A, B액의 일부 또는 전량을 취하여 증류장치에서 증류하고, 따로 시료와 같은 양의 물을 취하여 11 증류플라스크에 넣고 시료의 전처리 같은 조작을 하여 바탕시험액으로 하였다. 바탕시험을 대조액으로 하여 각각 A, B액중의 총질소 농도를 구하고 두 값을 합하여 시료의 총질소 농도(mg/l)로 하였다.

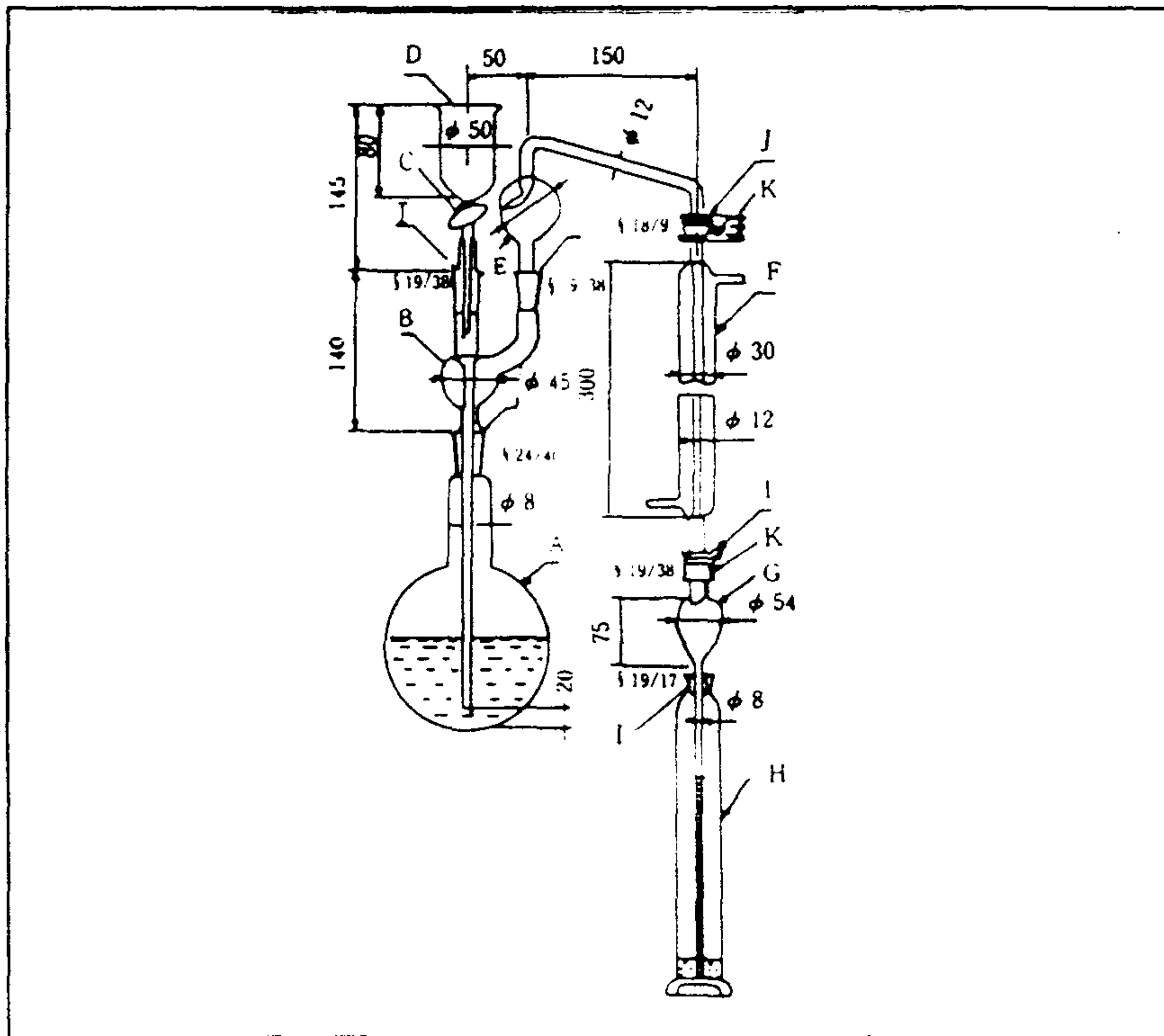


그림 2-3. 수질시료 분석을 위한 분해장치

第 3 節 結果 및 考察

1. 각 토양통의 물리적, 화학적 성질

연구지역의 토양은 대개 5개의 토양통(사촌, 월곡, 은곡, 지산, 풍천)으로 이루어져 있으며 문헌에서 조사된 주요 물리, 화학적 특성은 <표 2-4> ~ <표2-8>과 같다. 전술한 바와 같이 토양 내에서 농업화학물질이 이동, 변환하는 과정은 토양의 특성에 의존하는 바가 크며, 농업화학물질의 이동은 주로 토양수의 이동과 함께 진행하며 이것은 토양의 물리적 성질에 의해 좌우 된다. 토양의 화학적 성질은 질소와 인의 변환과 관계되는 미생물과 식물의 활동도에 영향을 미치게 된다.

이들 5개 토양통의 토양배수 및 투수성은 <표 2-3>과 같다.

표 2-3. 주요 토양통의 배수 및 투수 특성

토양통	배 수 및 투 수 특 성
사촌	배수가 약간 불량하고, 투수성은 약간 빠르며, 유거는 평탄한 논둑을 만들어서 느리다.
월곡	배수는 약간 불량하고, 유거는 보통이며, 투수성은 약간 빠르다.
은곡	배수는 약간 불량하고, 투수성은 약간 빠르고 유거는 느리다.
지산	배수는 약간 불량하고, 투수성은 보통 내지 약간 느리다. 유거는 전지역이 계단식단구일 경우 조절된다.
풍천	토양배수는 불량하고, 투수성은 약간 빠르며, 유거는 보통 내지 느리다.

(자료: 농업기술연구소, 원색도감 한국의 답토양, 1984)

그러나 위의 자료는 우리나라 토양통의 대표지역 만의 분석치이므로 반드시 연구지역의 토양특성과 일치한다고는 볼 수 없다. 특히 표토의 경우는 재배작물 및 토양관리의 방법, 지형 및 기후의 특성, 객토의 여부에 따라 크게 영향을 받는다. 연구지

역의 토양통 및 지형을 고려하여 채취한 시료의 물리, 화학적 성질은 <표 2-9>, <표2-10>과 같다.

표 2-4. 사촌통의 물리, 화학적 성질

토 층		표토1(Ap1g)	표토2(Ap2g)	표토3(Ap3g)	심토(B)	기층(Cg)
토 심 (cm)		0-6	6-15	15-30	30-66	66-130
함수량 (%)		1.8	0.9	1.3	1.4	0.9
입경 (%)	조 사	3.0	3.2	3.6	5.8	4.8
	중 사	9.7	8.9	11.0	16.3	16.1
	세 사	19.8	19.1	22.9	28.5	30.7
	미 사	42.3	45.2	41.2	32.7	33.8
	점 토	25.2	23.6	21.2	16.7	14.6
	토 성	양토	양토	양토	양토	양토
수분 장력 (%)	1/10 기압	-	-	-	-	-
	1/3 기압	40.4	36.5	30.4	22.6	20.2
	15 기압	13.8	14.3	13.0	9.2	7.8
토 층		표토1(Ap1g)	표토2(Ap2g)	표토3(Ap3g)	심토(B)	기층(Cg)
토양 반응	H ₂ O (1:1)	4.9	5.0	5.5	6.2	6.8
	1N KCl	3.9	3.9	4.4	4.9	5.2
유 기 물 (%)		3.80	3.20	2.60	0.80	0.60
유리산화철 (%)		0.88	0.88	1.20	1.37	1.17
염 기 치 환 용 량 (me/100g)		12.0	11.8	9.8	7.0	7.1
치환성 양이온 (me/100g)	Ca	3.85	4.25	4.75	4.75	5.65
	Mg	1.05	0.80	1.25	0.70	1.20
	Na	1.00	0.10	0.10	0.65	0.75
	K	0.33	0.20	0.18	0.20	0.22
	계	6.23	5.35	6.28	6.30	7.82
염기포화도 (%)		51.9	45.3	65.4	87.1	110.1
유 효 인 산 (ppm)		147	122	44	-	-

(자료: 농업기술연구소, 원색도감 한국의 답토양, 1984)

표 2-5. 월곡통의 물리, 화학적 성질

토 층		표토1(Ap1)	표토2(Ap2)	심토1(B1)	심토(B2)	기층(C)
토 심 (cm)		0-14	14-26	26-50	50-70	70-110
함수량 (%)		9.5	8.5	24.1	57.5	72.9
입경 (%)	조 사	18.3	15.9	11.5	11.6	34.7
	중 사	14.2	13.8	8.9	15.3	27.0
	세 사	22.6	24.6	20.7	30.5	18.7
	미 사	35.3	35.3	48.5	36.5	16.5
	점 토	9.6	10.4	10.4	6.1	3.1
	토 성	사양토	사양토	양토	사양토	조사양토
가 비 중 (g/cc)		1.29	-	1.53	-	-
수분 장력 (%)	1/10 기압	35.9	26.2	28.2	26.9	15.3
	1/3 기압	23.8	18.4	20.8	16.7	11.0
	15 기압	8.6	7.0	7.2	6.4	5.2
토 층		표토1(Ap1)	표토2(Ap2)	심토1(B1)	심토(B2)	기층(C)
토양반응	H ₂ O (1:1)	6.0	6.1	6.5	6.8	7.0
	1N KCl	4.9	4.8	5.1	5.4	5.7
유 기 물 (%)		2.70	1.40	1.02	0.60	0.34
염 기 치 환 용 량 (me/100g)		9.60	8.30	8.20	7.50	6.20
치환성 양이온 (me/100g)	Ca	7.26	6.38	6.25	6.01	4.25
	Mg	1.40	1.28	1.30	1.20	0.88
	Na	0.13	0.10	0.08	0.10	0.10
	K	0.23	0.18	0.15	0.13	0.13
	계	9.02	7.94	7.78	7.44	5.36
염기포화도 (%)		93.9	95.6	94.8	99.2	86.4

(자료: 농업기술연구소, 원색도감 한국의 답토양, 1984)

표 2-6. 은곡통의 물리, 화학적 성질

토 층		표토1(Ap1)	표토2(Ap2)	심토1(B1)	심토(B2)	기층(C)
토 심 (cm)		0-12	12-33	33-48	48-62	62-120
입경 (%)	조 사	11.1	12.7	13.6	17.5	16.3
	중 사	14.2	16.0	18.3	21.2	19.2
	세 사	21.0	19.5	21.2	19.8	19.4
	미 사	30.5	25.3	42.8	18.1	20.4
	점 토	17.2	17.5	14.1	12.4	14.7
	토 성	사양토	사양토	사양토	사양토	사양토
수분 장력 (%)	1/10 기압	36.0	27.9	23.0	19.0	18.9
	1/3 기압	26.9	23.2	18.5	15.8	16.3
	15 기압	9.8	9.4	8.6	7.3	8.2
토 층		표토1(Ap1)	표토2(Ap2)	심토1(B1)	심토(B2)	기층(C)
토양 반응	H ₂ O (1:1)	5.1	5.6	6.0	6.1	6.2
	1N KCl	3.9	1.37	0.51	0.40	0.73
유 기 물 (%)		2.03	1.37	0.51	0.40	0.73
활 성 철 (%)		0.41	0.53	1.31	0.97	0.50
염 기 치 환 용 량 (me/100g)		6.20	5.45	4.00	3.60	3.85
치환성 양이온 (me/100g)	Ca	1.75	2.00	1.63	1.50	1.63
	Mg	0.73	1.01	0.88	0.79	0.69
	Na	0.18	0.10	0.10	0.28	0.23
	K	0.13	0.09	0.08	0.13	0.13
	계	2.79	3.20	2.69	2.70	2.68
염기포화도 (%)		45.0	58.6	67.2	75.0	69.6
유 효 인 산 (ppm)		140	48	10	12	5
유 효 규 산 (ppm)		40	51	86	66	83

(자료: 농업기술연구소, 원색도감 한국의 답토양, 1984)

표 2-7. 지산통의 물리, 화학적 성질

토 층		표토1(Ap1g)	표토2(Ap2g)	심토1(B2g)	심토2(B3g)	기층(Cg)
토 심 (cm)		0-12	12-30	30-65	65-100	100-170
함수량 (%)		2.1	3.6	2.7	1.9	1.7
입경 (%)	조 사	8.4	8.1	9.5	8.9	8.8
	중 사	7.0	8.7	8.6	8.2	1.4
	세 사	16.3	17.1	16.8	16.3	21.0
	미 사	45.3	41.5	44.8	41.9	47.5
	점 토	23.0	24.6	20.3	24.7	21.3
	토 성	양토	양토	양토	양토	양토
수분 장력 (%)	1/10 기압	48.9	40.7	37.0	40.5	37.9
	1/3 기압	44.4	36.3	33.9	37.9	33.0
	15 기압	28.6	18.9	11.6	14.5	10.3
토 층		표토1(Ap1g)	표토2(Ap2g)	심토1(B2g)	심토(B3g)	기층(Cg)
토양 반응	H ₂ O (1:1)	5.1	5.7	6.5	6.4	5.3
	1N KCl	4.0	4.5	5.1	5.0	3.9
유 기 물 (%)		3.24	2.46	0.88	1.03	1.08
염 기 치 환 용 량 (me/100g)		9.50	8.20	7.70	9.50	9.50
치환성 양이온 (me/100g)	Ca	2.95	4.30	4.05	5.34	3.70
	Mg	2.05	3.00	2.70	3.78	2.80
	Na	0.28	0.20	0.33	0.16	0.20
	K	0.13	0.13	0.10	0.12	0.10
	계	5.41	7.63	7.18	9.40	6.80
염기포화도 (%)		56.9	93.0	90.6	98.9	68.7

(자료: 농업기술연구소, 원색도감 한국의 답토양, 1984)

표 2-8. 풍천통의 물리화학적 성질

토 층		표토(Ap)	심토1(B1)	심토2(B2)	기층(C)
토 심 (cm)		0-15	15-35	35-70	70-100
함수량 (%)		38.3	61.3	73.8	80.7
입경 (%)	조 사	21.5	16.9	12.5	15.8
	중 사	9.9	9.6	10.4	9.7
	세 사	15.0	19.9	21.7	19.0
	미 사	40.7	39.1	40.9	39.4
	점 토	12.9	14.5	14.5	16.1
	토 성	양토	양토	양토	양토
수분 장력 (%)	1/10 기압	31.4	23.9	24.7	24.3
	1/3 기압	18.3	17.5	17.8	17.8
	15 기압	8.7	8.0	11.8	8.3
토 층		표토1(Ap)	심토1(B1)	심토2(B2)	기층(C)
토양 반응	H ₂ O (1:1)	5.0	6.2	6.7	7.0
	1N KCl	3.8	4.7	5.2	5.1
유 기 물 (%)		2.60	0.72	0.61	0.51
염 기 치 환 용 량 (me/100g)		9.90	10.30	9.90	10.70
치환성 양이온 (me/100g)	Ca	5.00	9.75	11.50	10.80
	Mg	0.75	1.62	2.37	2.25
	Na	0.05	0.32	0.10	0.10
	K	0.30	0.15	0.12	0.15
	계	6.1	11.84	14.09	13.3
염기포화도 (%)		61.6	115.0	142.0	125.2

(자료: 농업기술연구소, 원색도감 한국의 전토양, 1984)

표 2-9. 토양 시료의 Texture

SAMPLE	Texture			
	Clay(%)	Silt(%)	Sand(%)	Classification
S1	24.36	38.87	37.67	Loam
S2	21.09	35.97	42.94	Loam
S3	26.55	37.54	35.91	Loam
S4	20.04	23.93	56.02	Sandy Clay Loam
S5	21.55	37.28	41.18	Loam
S6	23.78	30.32	45.89	Loam
S7	18.17	32.53	49.30	Loam
S8	21.26	27.64	51.10	Sandy Clay Loam
S9	22.07	37.27	40.66	Loam
S10	21.91	36.97	41.11	Loam
S11	20.75	30.72	48.53	Loam
S12	24.53	36.12	39.31	Loam
S13	18.95	21.72	59.33	Sandy Loam
S14	17.41	20.30	62.29	Sandy Loam
S16	19.31	26.12	54.57	Sandy Loam
S17	20.16	28.30	51.54	Loam
S18	22.66	23.46	53.88	Sandy Clay Loam
S19	22.36	32.54	45.11	Loam
S20	22.88	31.61	45.51	Loam

표 2-10. 토양 시료의 pH, 유기물함량, CEC, 치환성양이온

SAMPLE	pH	OM(%)	CEC (me/100g)	Exchegable Cation (me/100g)			
				Ca	K	Mg	Na
S1	5.0	4.8	10.95	5.03	0.28	0.69	0.38
S2	5.5	4.2	10.05	5.68	0.34	0.68	0.37
S3	5.0	4.5	10.59	5.19	0.27	0.73	0.34
S4	4.9	3.8	8.49	4.22	0.19	0.55	0.28
S5	5.2	5.4	10.99	5.84	0.16	0.72	0.36
S6	5.2	4.6	11.49	5.19	0.20	0.69	0.40
S7	5.0	4.8	14.19	4.06	0.21	0.55	0.32
S8	5.4	4.9	12.21	6.00	0.31	1.03	0.44
S9	4.8	5.1	12.51	5.52	0.16	1.12	0.65
S10	5.5	2.6	11.37	6.17	0.27	1.37	0.36
S11	5.0	2.5	10.57	4.22	0.17	1.00	0.34
S12	5.4	3.6	10.91	5.19	0.31	0.99	0.33
S13	5.1	2.9	11.41	4.22	0.37	0.82	0.34
S14	6.1	1.3	8.75	8.92	0.23	1.42	0.38
S16	4.8	2.8	10.45	4.22	0.34	0.92	0.25
S17	5.9	3.6	12.07	6.49	0.40	1.07	0.29
S18	5.5	4.4	12.09	6.17	0.38	1.03	0.32
S19	5.5	3.0	11.43	4.87	0.33	0.83	0.28
S20	5.2	2.9	11.71	4.87	0.28	1.07	0.28

2. 농경지 토양의 유효인산, 총질소 농도 분포

연구지역 농경지 토양의 유효인산과 총질소의 농도분포는 <표 2-11>과 같다.

표 2-11 농경지 토양의 유효인산, 총질소 농도 분포

sample	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Available										
P ₂ O ₅ (ppm)	69.2	87.1*	56.9	89.5*	82.3*	82.3*	72.6*	93.2*	50.8	19.8
Total										
N (%)	0.05	0.10	0.18	0.11	0.24	0.09	0.14	0.21	0.07	0.04
sample	S11	S12	S13	S14	S16	S17	S18	S19	S20	
Available										
P ₂ O ₅ (ppm)	22.5	69.0	72.6*	28.6	99.2*	59.3	56.1	53.2	44.8	
Total										
N (%)	0.09	0.11	0.12	0.02	0.10	0.11	0.11	0.05	0.07	

* Lancaster법 유효인산으로 100 ppm을 상회할 것으로 여겨지는 수치들

<표 2-11>에서 보듯이 농경지의 인은 상당한 수준으로 축적되어 있음을 알 수 있다. 농촌진흥청의 농토배양 10개년 사업에 의하여 조사된 '60년대로부터 '80년대까지의 토양의 화학적 성질변화(표-12)와 비교하여 볼 때 6개 지점이 110 ppm(Lancaster) 이상의 유효인산 집적을 보이고 있다. 이것은 Lancaster/Bray No 1 ≙ 17.63/12.53(임선욱 등, 1993)의 상호관계를 이용하여 개략적으로 비교한 결과이다. 그리고 토양검정 결과, 논토양의 경우 유효인산 함량이 100 ppm(Lancaster) 이하일 때 인산을 시용하도록 권장하고 있는 사실을 고려할 경우에는 총 14개 지점 중 8개 지점이 이미 100 ppm을 상회하고 있어 더이상 인산 비료를 시용하지 않아도 될 수

준이다. 이러한 인산의 과다한 집적은 필요 없는 비료에 대한 농민의 손실이며, 토양 중 양분의 불균형 및 환경오염의 문제를 유발하게 된다. 총질소의 농도는 앞으로의 연구단계에서 토양 깊이 별로 변화하는 양태와 시기 별로 변화하는 질산태 질소와 암모니아성 질소의 동태를 파악함으로써 보다 명확하게 주변환경에 미치는 영향을 분석할 수 있을 것으로 여겨진다.

표 2-12. 논토양의 화학적 성질의 변화

년 도	pH (1:5)	유기물 (%)	유효인산 (ppm)	치환성 양이온(me/100g)		
				K	Ca	Mg
1964-68	5.5	2.6	60	0.23	4.5	1.8
1969-79	5.9	2.4	88	0.31	4.4	1.7
1980-88	5.7	2.3	107	0.27	3.8	1.4

(자료 : 농촌진흥청, 농토배양 10개년 종합보고서, 1989)

연구지역의 치환성 양이온은 Mg의 경우 전국 평균치보다 다소 낮은 수준을 보이고 있으나, K는 다른 지역과 마찬가지로 집적된 양상을 보이며 Ca는 전국 평균치보다 월등히 높은 수준으로 전지역에 걸쳐 집적되어 있음을 알 수 있다.

3. 주변 수질의 질소와 인의 변화

연구지역 지표수의 각 시료채취 지점에 대한 총인, 암모니아성 질소, 질산태 질소, 유기태 질소, 총질소의 변화는 <표 2-13>~<표 2-17>과 같다.

표 2-13. 수질시료의 총인 농도의 변화(ppm)

SITE	1차 (5/18)	2차 (5/23)	3차 (6/9)	4차 (6/16)	5차 (7/7)	6차 (7/21)	7차 (8/11)	8차 (9/23)
W3	0.04		0.03	0.04	0.03	0.05	0.04	0.04
W4	0.23		0.06	0.49	0.09	0.05	0.06	0.06
W5	0.17		0.36	0.08	0.11	0.03	0.05	0.05
W6	0.80		0.32	0.19	0.12	0.36	0.19	0.19
W7	0.05		0.04	0.03	0.03	0.09	0.04	0.04
W9		5.80	5.14	6.58	6.97	0.45	0.35	0.35
W11		0.15	0.44	0.11	0.05	0.05	0.06	0.06
W12		0.09	0.08	0.11	0.08	0.08	0.07	0.07
W13		0.22	0.28	0.21	0.13	1.43	0.73	0.73
W14		1.59	0.72	1.52	0.41	0.34	0.20	0.20
W15		1.05	1.18	0.76	1.30	0.24	0.26	0.26

표 2-14. 수질시료의 암모니아성 질소의 변화(ppm)

SITE	1차 (5/18)	2차 (5/23)	3차 (6/9)	4차 (6/16)	5차 (7/7)	6차 (7/21)	7차 (8/11)	8차 (9/23)
W3	0.03		0.04	0.07	0.03	0.10	0.01	0.01
W4	0.02		0.05	0.09	0.04	0.12	ND	0.01
W5	0.03		0.02	0.04	0.03	0.12	0.01	0.04
W6	0.50		ND	0.17	0.04	0.12	ND	0.09
W7	0.05		0.07	0.07	0.01	0.17	0.01	0.01
W9		3.22	3.28	3.72	3.50	0.42	0.14	0.73
W11		0.06	0.19	0.11	0.03	0.11	0.01	0.01
W12		0.04	0.08	0.10	0.04	0.13	0.01	ND
W13		0.12	0.20	0.20	0.18	0.14	0.11	0.09
W14		1.32	0.92	1.92	1.51	0.08	0.03	1.19
W15		1.06	1.50	1.92	1.51	0.04	0.01	0.01

표 2-15. 수질시료의 질산성 질소의 변화(ppm)

SITE	1차 (5/18)	2차 (5/23)	3차 (6/9)	4차 (6/16)	5차 (7/7)	6차 (7/21)	7차 (8/11)	8차 (9/23)
W3	0.35		0.27	0.27	0.31	0.34	0.18	0.11
W4	0.31		0.31	0.32	0.25	0.29	0.18	0.11
W5	0.03		0.28	0.28	0.38	0.41	0.14	0.09
W6	0.03		0.46	0.28	0.12	0.16	0.32	0.29
W7	0.32		0.19	0.28	0.25	0.31	0.70	0.06
W9		0.45	0.18	0.49	0.39	4.42	0.53	0.21
W11		0.18	0.25	0.40	0.60	0.63	0.17	0.10
W12		0.35	0.36	0.29	0.35	0.39	0.34	0.14
W13		0.22	0.13	0.10	0.31	0.50	0.17	0.13
W14		0.18	0.27	0.22	0.55	2.06	0.52	0.21
W15		0.34	0.08	0.24	0.53	2.04	0.64	1.43

표 2-16. 수질시료의 유기태 질소의 변화(ppm)

SITE	1차 (5/18)	2차 (5/23)	3차 (6/9)	4차 (6/16)	5차 (7/7)	6차 (7/21)	7차 (8/11)	8차 (9/23)
W3	0.22		0.06	ND	ND	ND	0.02	0.02
W4	0.40		0.03	ND	ND	0.01	0.01	0.02
W5	0.13		0.02	ND	0.02	0.02	ND	0.02
W6	0.14		0.07	0.01	0.03	0.03	ND	0.01
W7	0.15		0.04	0.01	ND	0.05	0.01	0.04
W9		1.89	0.21	0.07	0.32	0.08	0.08	0.21
W11		0.20	0.10	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03
W12		0.14	0.12	0.02	0.02	ND	0.01	0.10
W13		0.04	0.10	0.05	0.14	0.06	0.03	0.06
W14		0.43	0.14	0.03	0.15	0.03	0.03	0.07
W15		0.45	0.17	0.03	0.01	0.11	0.03	0.07

표 2-17. 수질시료의 총질소의 변화(ppm)

SITE	1차 (5/18)	2차 (5/23)	3차 (6/9)	4차 (6/16)	5차 (7/7)	6차 (7/21)	7차 (8/11)	8차 (9/23)
W3	0.60		0.37	0.34	0.34	0.44	0.21	0.14
W4	0.73		0.39	0.41	0.29	0.42	0.19	0.14
W5	0.19		0.32	0.32	0.43	0.55	0.15	0.15
W6	0.67		0.53	0.46	0.19	0.31	0.32	0.39
W7	0.52		0.30	0.36	0.26	0.53	0.72	0.11
W9		5.26	3.67	4.28	4.21	4.92	0.75	1.15
W11		0.44	0.54	0.54	0.65	0.75	0.20	0.14
W12		0.53	0.56	0.41	0.41	0.52	0.36	0.24
W13		0.38	0.43	0.35	0.63	0.70	0.31	0.28
W14		1.93	1.33	2.17	2.21	2.17	0.58	1.37
W15		1.85	1.75	2.19	2.05	2.19	0.68	1.51

연구지역을 토지이용형태로 보았을 때 순수농업지역, 축산영농지역, 생활주거지역으로 나눌 수 있다. 지표수의 오염정도(총질소, 암모니아성질소, 총질소)는 축산영농지역(W9, W13), 생활주거지역(W14, 15), 순수농업지역의 순으로 나타나고 있으며 그 농도의 수준은 강우량에 영향을 받는 것으로 보인다.

參考文獻

1. 한국환경농화학회, 1991, 창립 10주년 기념 심포지움 농업환경보전
2. 농업과학공동기기센터, 1994, 농업용수의 수질관리기술
3. 동아기술, 1992, 수질오염·폐기물 공정시험방법
4. 농업기술연구소, 1988, 토양화학분석법
5. 환경처, 1992, 국립환경연구원보
6. 농업기술연구소, 1984, 원색도감 한국의 답토양
7. 농업기술연구소, 1984, 원색도감 한국의 전토양
8. 농촌진흥청, 1989, 농토배양10개년사업종합보고서
9. 한국비료공업협회, 1993, 비료연감
10. 임선욱 등, 1986, 한국농화학회지, 29, 62-72

여 백

第 3 章 농업유역의 수문·수질 모니터링

연구책임자 : 박 승 우 · 정 하 우

연 구 원 : 손 재 호

연 구 원 : 최 진 용

여 백

第 1 節 緒 說

농업 유역의 오염물질은 강우-유출과정 중 경지로 부터 지표유출에 용해되거나, 토사에 부착되어 유실 토양과 함께 하천에 유입되어 하류로 운송된다. 이와 같은 오염물질은 생활오수나 공장폐수 등과 같이 일정한 배출구로부터 유출되는 점원 오염 (point source pollution)과 구분하여 비점 (nonpoint source, NPS) 오염, 또는 확산 오염 (diffusive pollution)이라 한다.

농업 비점오염의 주요 원인은 농경지에 살포된 유기물질, 비료, 농약 등으로 정성적으로는 하천 수질을 악화시키는 정도에 미치지 못하나, 유출에 포함되는 다량으로 강이나 호수, 저수지, 댐, 연안 등 대용적체의 경우, 수질오염의 주요 원인이 되고 있다.

우리나라에서는 농업비점오염의 중요성이 상대적으로 중요하게 인식되지 않고 있는데, 이는 상당량의 생활오수, 공장폐수, 축산 폐수 등이 수처리를 걸치지 않은 상태로 하천에 방류되고 있기 때문이다. 그러나, 도시와 집단 취락지역의 오수처리 만으로 하천 수질 개선이 불가능한 것은 이미 외국의 예나, 소양호, 충주호 등과 같이 상대적으로 폐수 유입이 적은 댐에서도 이미 심각한 수질 문제가 발생하고 있는 것이 그 예이다.

특히, 비점오염의 주 원인물질인 화학비료와 농약의 사용량은 해마다 증가추세이며, 1994년 현재 연간 약 400kg/ha의 화학비료를 시비하고 있는데, 이 양은 세계 평균 시비량인 99 kg/ha나 미국의 평균시비량 94kg/ha의 4배 이상의 양에 해당한다. 또한, 제초제, 농약 등의 사용량은 성분 기준으로 84년의 290품목 16.7 천ton에서 '94년에는 무려 568품목 26.3천ton으로 크게 증가하였다.

이와 같은 비료와 농약 등 농업화학물질의 과다 투입으로 인하여, 토양오염이나 식품 안전성 등의 문제 등이 제기되고 있으며, 이에 대한 국민적 관심이 높아져, 유기농법 등 농업화학물질을 사용하지 않는 농산물의 시장 수요도 증가하고 있다. 그러나, 이와 같은 다량의 농약과 비료의 사용은 경지로 부터의 유출수와 함께 배출되어 하류 하천의 수질오염의 가능성이 매우 높은 데, 이에 관한 체계적인 조사나 연구가 미진한 것이 현실이다.

특히, 미국 등에서는 점원오염의 처리를 실시하였음에도 불구하고, 수질 오염의 개선이 미진한 근본 원인이 농업비점원 오염에 의한 것으로 규정하고, 이를 절반 이

상으로 줄일 수 있는 최적관리기법의 개발과 실시를 지원하고 있는데, 우리의 경우에 대한 정량적 조사 분석이 이루어지지 않아 농업유역의 수질 관리를 위한 방안의 모색이 절실하다고 하겠다.

농업비점오염은 그 배출 기작의 특성이 점원 오염과는 달리, 수처리장을 이용한 공학적인 처리가 불가능하거나 비경제적이다. 농업비점오염은 유역의 최적관리기법(best management practice, BMP)에 의하여, 오염원 혹은 그 인접지역에서 오염발생을 억제하거나, 효과적인 관리를 통해서 줄이는 것이 가능하다 (Mostaghimi and Yoo, 1995). 그런데, 최적관리기법의 유역의 적용에 따른 수질 개선효과의 계측이 쉽지 않으며, 오직 BMP의 설치 전후의 수질환경을 장기 관측하여, 통계적, 물리적 방법에 의하여 비교 분석하는 것이 중요하다 (Park 등, 1994)

따라서, 본 연구의 목적은 농업유역의 비점오염 부하량의 현장 측정을 위하여 시험유역을 선정하고, 수문과 수질 계측망을 구성하며, 수문조사와 수질자료를 수집, 분석하고, 그 결과를 고찰함으로써, 유역의 비점오염 부하량을 추정하고, 추후 지속농업 방법을 적용, 환경적으로 안전한 최적관리기법에 따른 비점오염 부하량과를 비교함으로써, 최적관리기법에 따른 수질환경 개선효과를 평가할 수 있는 기초적 자료를 수집하는데 있다.

第 2 節 材料 및 方法

1. 반월저수지 유역

본 연구의 대상유역으로는 경기도 안산시 반월동에 위치한 반월저수지의 상류 유역을 선정하였다. 반월 유역은 1986년 이래 서울대 농생대 농공학과에서 수문관측을 실시해오고 있으며, 따라서, 9년간의 수문조사 자료를 보유하고 있으므로 본 연구의 대상 유역으로 선정한 것이다.

반월 저수지 유역은 수리산 남쪽기슭의 유역 면적 약 12km²로부터 배수되는 곳으로, 그 위치와 유역 경계는 <그림 3-1>에서와 같다.

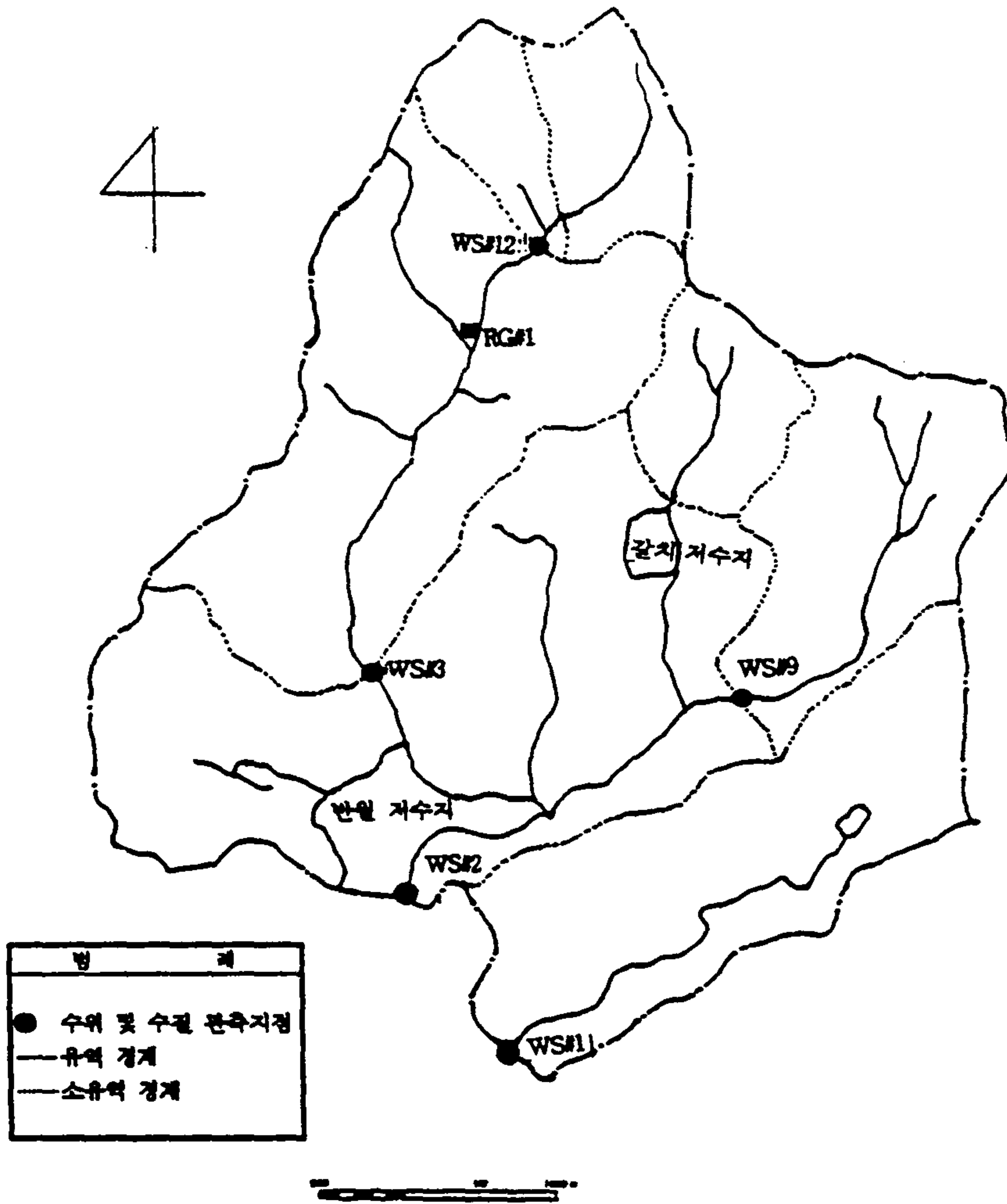
반월유역의 토지이용상태는 77%가 산림이며, 약 18%가 농경지, 그리고 기타 도로, 자연부락 등이 산재해 있다. 이 유역의 일부에는 안산-신갈간의 고속도로가 통과하고 있으며, 그 우측으로 안산-목포간의 고속도로가 건설 중에 있다.

2. 수문계측망의 구성

가. 수문 관측점

반월저수지 유역의 수문계측망은 <그림 3-1>에서와 같이, 자기수위계 4점, 자기강우계 1점을 배치하였으며, 토지이용상태, 영농형태 등에 따른 농업비점오염의 부하량을 측정하기 위해 각각의 세부 유역을 선정하여 산림유역, 산간지 유역, 농경지 유역, 집단 취락지 유역 등으로 구분하고 그 수문조사를 실시하였다.

<그림 3-1>에서는 각 수위측정 지점을 표시하고 있는데, 반월저수지 지점은 WS#2, 인접 평탄지 유역으로 농경지의 구성비가 52%로 상대적으로 높은 WS#1, 경지가 12%이내인 반면 산림지가 87%를 차지하는 중산간지 유역으로 WS#3이 있으며, 산림지 유역은 98%가 산림지로 구성된 WS#12, 취락지 등의 비율이 4%이며, 집단 취락이 위치한 유역을 WS#9 등으로



<그림 3-1> 반월유역의 수문수질계측망

표시하였다. 이들 유역의 번호는 기존의 관측자료와의 일관성을 위하여 사용한 것이다. 자기 강우계는 저수지 유역의 상류에 위치하였는데, <그림 3-1>의 RG-1이다.

<그림 3-2>는 WS#3지점의 수위측점의 전경을 보여준다.

나. 수위 측정

수문 관측점의 수위는 자기수위계의 수위기록지를 판독하여 시간별 수위를 구하고, 이를 평균하여 일수위를 구하였다. 수위관측시 자기수위지의 보정을 위해 기록지 설치와 제거시 수위를 표척을 이용해서 읽고, 이 값과 수위기록지의 값을 비교, 보정을 실시하였다.

다. 유량 측정

수문 관측점의 수위-유량관계는 WS#1, 3, 9 등은 하천 단면을 수개의 구간으로 구분하여 각각 1점법과 2점법에 의한 유속을 측정하고, 그 결과로부터 수위에 대한 유량을 정하여, 수위-유량관계를 얻었다. 그런데, WS#12의 경우는 직하방에 설치된 낙차공의 수위-유량관계와 유속측정의 결과를 보정하여 구하였다.

유량은 일 수위로부터 수위-유량관계를 적용하여 구하였다.

3. 수질 계측망의 구성

가. 수질조사점

반월 유역의 수질 조사점은 <그림 3-1>에서와 같이, WS#1, 2, 3, 9, 12 등 5개 지점으로 구성하였다. 이들의 수질 관측점은 앞서 고찰한 수위 관측점과 동일한 지점을 선정하였는데, 수질 분석을 통하여 얻은 정성적인 자료를 바탕으로 해당 유역의 오염 부하량을 결정할 수 있도록 하였다.

특히, 반월저수지의 수질 조사점 WS#2는 저수지의 수질 상태를 측정하므로써, 오염물질의 저류량을 추정할 수 있도록 하였다. 저수지의 저류량과 단위체적당의 오염 물질 농도로부터 저수지 전체의 오염물질의 양을 결정할 수 있기 때문이다.

나. 수질표본의 채취

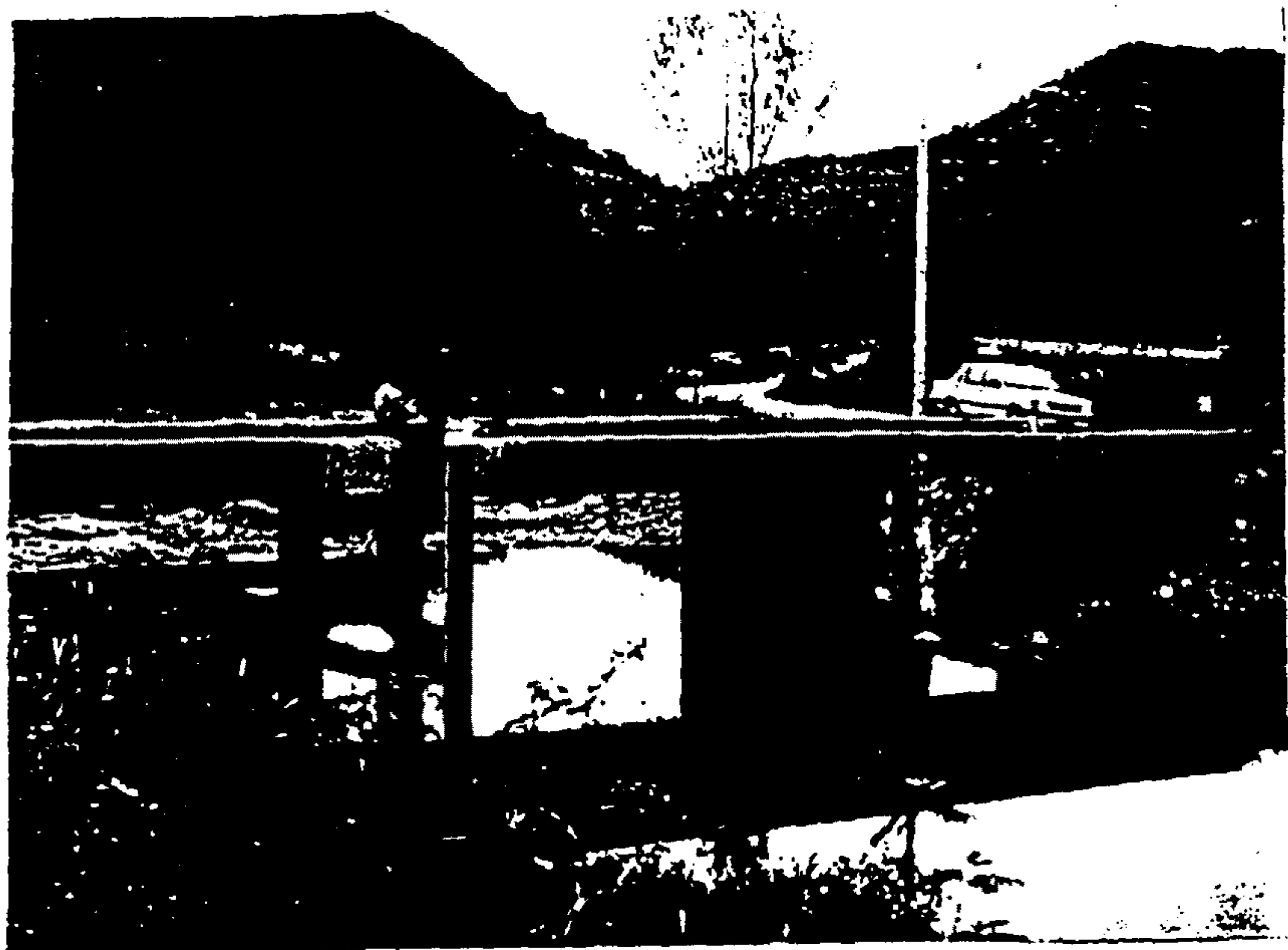
수질 표본은 2개의 용기를 이용하여 수작업으로 시료를 채취하였으며, 실험실에 운반 후 즉시 냉장상태로 보관한 다음 수질 분석을 실시하였다.

이와 같은 수작업 방법에 의한 수질 표본은 대상 유역의 유량이 많지 않은 상태이기 때문에 자료의 정도를 높이기 위한 것이다. 다만, 자기 수질표본 채취기 등을

이용하여, 시간별, 혹은 유량별 수질 변화를 구명할 수 있는 표본은 연구 계획에서 고려되지 않았는데, 이는 수질 표본 채취기의 현장 설치 및 표본 수거 등을 위한 예산이 마련되지 못한데 기인하는 것이다. 앞으로는 표본의 수집 빈도를 높이는 방향으로 연구를 시행할 계획이다.

다. 수질분석방법

수질 표본의 분석은 pH, 수온 등은 현장에서 측정하였으며, 부유물질, TN, TP 등의 영양질은 <표3-1>의 방법을 이용하여 수질 표본으로부터 실험실에서 정량분석을 실시하였다.



<그림 3-2> WS#3의 수위계측점 광경

표 3-1. 수질 분석방법

구 분	성 분	분 석 방 법	비 고
pH, 온도등	pH, 수온	pH meter, 온도계	현장 관측
부유물	부유물	filter법	실험실 분석
질 소	NO ₃ NH ₄ T-N	Ion chromatograph Kjedahl method Kjedahl distillation method	
인	P ₂ O ₅ T-P	Ion chromatograph Ascorbic acid reduction method	

第 3 節 結果 및 考察

1. 유역의 지상인자 조사

유역의 수문, 수질 특성에 영향을 주는 인자를 파악하기 위해, 1/25,000 지형도와 정밀토양도, 그리고 현지답사 등을 통하여, 유역 경계를 구하고, 각 측정별 지형, 형상, 토지이용, 토양 등의 유역 지상인자를 조사하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

가. 지형·형상

유역의 지상인자로서 유역면적, 형상계수, 기울기 등 지상인자를 조사하였으며, 그 결과는 <표 3-2>와 같다.

<표 3-2>에서와 같이 유역 면적은 WS#12의 126ha로부터, WS#2저수지의 1220ha의 범위로서 평균 454ha였다. WS#12는 수리산 계곡에 위치하여, 평균경사가 36%인 급경사 유역을 보여주며, WS#1은 평균 2%로써 비교적 완만한 경사를 나타낸다. 한편, WS#9는 대야미리의 거주지역 하류부로서 평균 경사는 7%이다.

유역의 형상을 나타내는 형상계수는 WS#1의 경우 0.19로 비교적 긴 유역 형상을 나타낸 반면 WS#2는 0.53으로써 타원형에 가까운 형상을 보여 주는 등 유역은 다양한 지형과 형상을 갖고 있다.

표 3-2. 유역의 지상인자

구 분	유역명	면 적 (km)	유역지상인자						비 고
			형상 계수	유로장 (km)	최 대 기복량 (m)	기복량비	하천평균 경 사 (mm/m)	하 천 빈 도 (개/km)	
평탄지	WS#1	2.75	0.19	3.83	81.4	0.021	13.77	0.364	
중산간지	WS#2	12.20	0.53	4.80	439.8	0.092	17.42	1.64	반월저수지
중산간지	WS#3	4.80	0.32	3.85	435.7	0.113	31.40	1.45	
취락지	WS#9	1.67	0.34	2.23	154.0	0.069	39.01	11.98	
산간계곡지	WS#12	1.26	0.70	1.00	356.0	0.360	17.80	1.43	
평 균									

나. 토지이용

<그림 3-3>은 반월유역의 토지이용상태를 보여주는데, 각 유역별 산림, 경지, 기타 등의 구성은 <표 3-3>에서와 같다. WS#12는 96%의 산림지로서, 계곡 상류부의 약간의 경지를 제외하고는 수생상태가 양호한 산림으로 구성되었다. WS#9는 대야미 주거지역 하단부로서 주로 주거지로 구성되며, 기타는 경지, 산림 등의 토지이용을 나타내고 있다. 한편, 반월저수지 유역은 산림 87%, 경지 12% 등으로 전국 평균에 비하여 산림 구성비가 높은 특징을 보였다.

표 3-3. 유역의 토지이용 현황

구 분	유역명	토 지 이 용, %				비 고
		논	밭	산림	기타	
평 탄 지	WS#1	30	22	40	8	
중산간지	WS#2	12	6	77	5	반월저수지
중산간지	WS#3	7	5	87	1	
취 락 지	WS#9	22	17	57	4	
산간계곡지	WS#12	2	2	96	0	
평 균		14.6	10.4	71.4	3.6	

다. 토양

<그림 3-4>는 반월저수지 유역의 수문학적 토양군의 분포를 나타낸다. 수문학적 토양군은 토양의 배수상태에 따른 구분방법으로 <표 3-4>의 기준을 적용하여, 대상 유역의 토양 상태를 나타내는 방법이다. <표 3-4>는 미국 SCS수문학적 토양군의 분류기준에 따라 정밀토양통의 해설을 참조하여 구분한 것이다.

표 3-4. 토양군의 분류

토 양 군	토 양 의 성 질
Type A	낮은 유출율(Low runoff potential) 침투율이 대단히 크며 자갈이 있는 부양질, 배수 매우 양호 (high infiltration rate)
Type B	침투율이 대체로 크고 (Moderate infiltration rate) 돌 및 자갈이 섞인 사질토, 배수 대체로 양호
Type C	침투율이 대체로 적고, 대체로 세사질토양층, 배수 대체로 불량
Type D	높은 유출율(High runoff potential) 침투율이 대단히 작고, 점토질 토양으로 거의 불투성 배수 대단히 불량

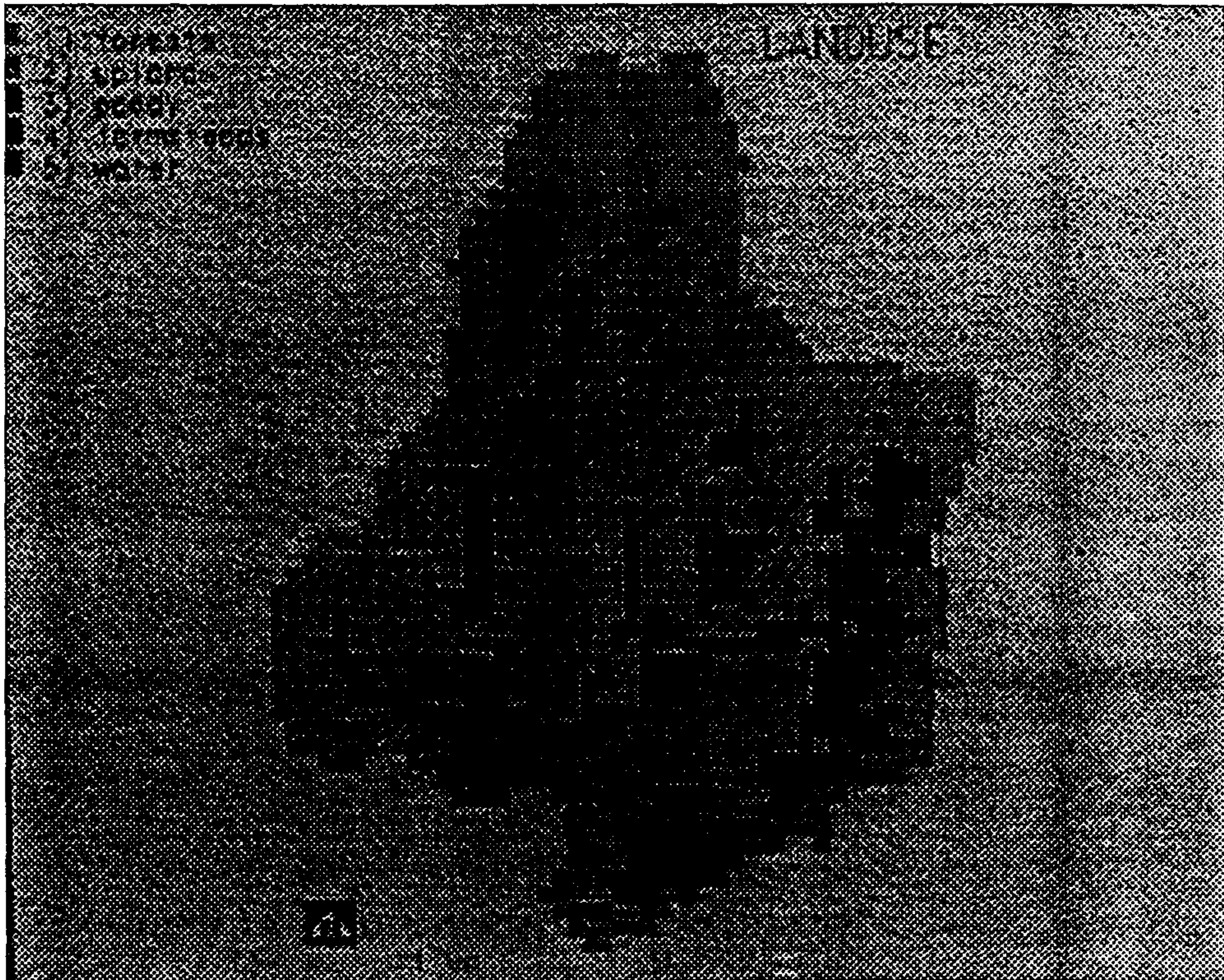


그림 3-3. 반월유역의 토지 이용 상태



그림 3-4. 반월유역의 토양 구분

한편, 수문관측점별 유역의 수문학적 토양군의 분포는 <표 3-5>에서와 같다.

<표 3-5>에서와 같이, 반월유역의 토양군은 A, B, C, D가 각각 81.2, 18.2, 0.4, 0.0%를 나타내고 있다.

표 3-5. 반월유역의 수문학적 토양군의 분포

수문학적 토양군	면 적 비, %					평 균
	WS#1	WS#3	WS#9	WS#11	WS#12	
A	77.3	73.2	85.0	82.4	88.0	81.2
B	22.7	24.7	15.0	16.6	12.0	18.2
C	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.4
D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

2. 시험구역의 수문조사분석

가. 기상

반월저수지 구역의 기상자료는 8km 동쪽에 위치한 수원측후소의 자료를 적용하도록 하였다. <표 3-6>은 수원측후소의 '95년 월별 주요 기상요소의 평균값을 나타낸다.

표3-6. 수원측후소의 월별기상 ('95. 1 - '95. 10)

월별	평균기온 (°C)	강수량 mm	월강수일수	상대습도 %	증발량 mm	태양복사열 MJ/m ²	풍속 10m	비고
1	-2.4	13.4	9	57	34.9	8.24	1.5	
2	0.0	11.2	3	63	44.2	11.96	1.3	
3	5.8	46.2	13	64	52.2	10.85	1.9	
4	10.7	33.7	9	55	72.6	15.72	2.0	
5	16.6	59.0	9	60	94.3	16.82	1.7	
6	21.5	67.7	8	67	100.4	16.07	1.5	
7	24.8	372.9	18	77	82.7	12.82	1.6	
8	26.4	967.9	17	80	82.6	12.17	1.5	
9	20.0	24.2	11	75	75.9	12.91	1.1	
10	15.1	29.2	8	75	50.9	10.58	0.9	

나. 강수

반월저수지 유역의 강수량과 수원측후소의 강수량의 월별 값은 <표3-7>에서와 같다. 반월저수지 유역의 일 강수량과 수원측후소의 일 강수량간에는 다음과 같은 관계를 나타냈다 (그림3-5 참조).

$$R_B = 0.54 + 0.84R$$

(3-1)

여기서, R_B = 반월저수지 유역의 일강수량 (mm), R_S = 수원측후소의 일강수량이다. 식 (3-1)의 결정계수 r^2 의 값은 0.79로써 고도의 유의성이 있었다.

<그림 3-5>는 반월지점과 수원 측후소의 일별 강수량을 비교한 것이다. <그림 3-5>에서와 같이 두 측정점의 일 강수량은 그 양이 일치되지는 않으며, 회귀방정식을 중심으로 산포되었음을 나타낸다.

한편, 식 (3-1)의 회귀식의 계수 0.84는 '86-87의 강수량에 대하여 0.82와 거의 유사한 값을 보였다. 이와 같이, 반월 지점의 일 강수량은 수원의 85% 내외의 값으로 약간 작은 값을 나타냈다. 특히, '95년의 경우에는 수원 지점에서는 150mm이상의 호우 사상이 3회였는데, 이 때의 반월 지점의 강수량은 100mm이하로써, 이들 두 지점간의 차이가 큰 경우가 있었다.

일 강수량 분산도

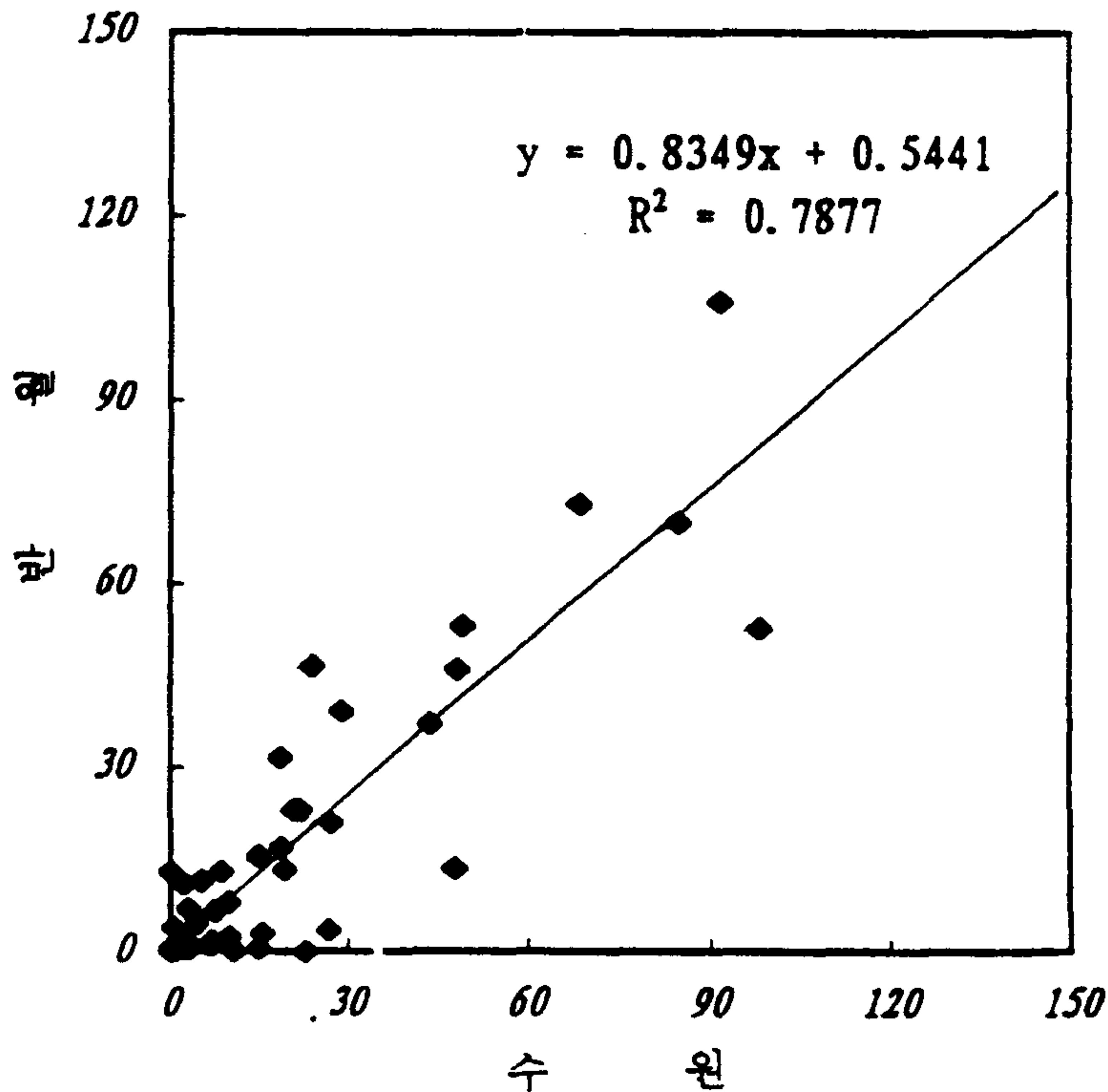


그림 3-5. 수원 측후소-반월 유역 일강수량 관계

표 3-7. 반월 강수량

일	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1					0.0	0.0	37.0	0.0	0.0			
2					0.0	0.5	0.0	7.0	8.0			
3					0.0	23.0	4.5	0.5	0.0			
4				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
5				0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0			
6				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5			
7				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
8				0.0	0.0	0.0	39.0	28.5	0.0			
9				0.0	0.0	0.0	46.5	145.0	1.0			
10				0.0	13.3	0.0	52.5	0.0	4.0			
11				2.0	0.0	0.0	31.5	0.0	0.0			
12				0.0	0.0	0.0	1.5	0.5	0.0			
13				0.0	2.4	0.0	13.5	0.5	0.0			
14				0.0	11.4	2.0	1.0	0.0	0.0			
15				0.0	0.4	0.0	6.5	0.0	0.0			
16				0.0	0.0	0.0	17.0	0.0	0.0			
17				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
18				0.0	0.0	13.0	0.0	0.0	0.0			
19				0.0	0.0	1.0	46.0	89.0	0.0			
20				0.0	23.0	0.0	2.0	53.0	0.0			
21				3.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0			
22				15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
23				13.0	0.0	0.0	0.0	94.0				
24				0.0	0.0	0.0	0.0	106.0				
25				0.0	0.0	0.0	3.5	70.0				
26				0.0	0.0	0.0	0.0	73.0				
27				0.0	0.0	0.0	0.0	11.0				
28				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
29				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
30				0.0	0.0	1.5	0.0	21.0				
31					0.0		0.0	0.0				
적 요 (Remarks)												
갈 수 위				저 수 위				평 수 위				
평균 수 위				최저 수 위				최고 수 위				
지정홍수 위												

표 3-8. 수원측후소 일강수량

일	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.1	10.6	0.2	0.0		
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.3	3.0	9.8	0.0		
3	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	22.1	4.3	0.2	0.0	0.2		
4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.3		
6	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0		
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
8	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	29.1	180.6	0.0	0.0		
9	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	24.2	37.5	3.4	0.0		
10	0.0	0.0	8.3	0.0	19.5	0.0	98.2	0.0	0.0	0.0		
11	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	18.8	0.0	0.0	0.0		
12	1.4	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	1.1	2.3	0.0	0.0		
13	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	23.0	48.2	15.0	0.0	0.0		
14	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0		
15	0.0	0.6	0.0	0.0	3.1	0.0	7.5	0.0	0.0	5.0		
16	0.0	0.0	17.4	0.0	0.0	0.0	18.8	0.0	0.0	0.0		
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
18	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0		
19	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	48.7	227.3	0.0	0.0		
20	0.0	0.0	0.0	0.0	21.2	0.0	1.4	49.5	0.0	0.0		
21	0.0	0.0	0.1	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
22	3.7	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
23	0.0	0.0	1.0	0.1	0.0	0.0	1.0	165.0	3.5	0.1		
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	91.8	0.58	6.7		
25	0.0	5.0	1.1	0.0	0.0	0.0	26.7	85.0	0.0	0.0		
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.1	3.5	0.0		
27	0.9	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	2.0	0.0		
28	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0		
29	3.4		0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
30	0.0		0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	27.3	0.0	5.3		
31	0.0		3.7		0.0		0.0	0.0	0.0	11.6		

다. 수위

반월저수지 유역별 일별 수위는 <표 3-9 a,b,c,d>에서와 같았다. <표3-9>에서 자료가 기록되지 않은 일자는 결측자료로써, 폭우로 인하여 자기 수위기록지가 훼손되거나, 혹은 계기의 고장으로 기인한 것이었다.

한편, 반월저수지 수위는 그림 3-6에서와 같으며, 4, 5월 경의 만수위 이상의 값을 보인 이유는 이양기의 물관리를 위하여 여수토에 모래가마니를 쌓아 임시 승상을 시킨 결과이다.

라. 수위-유량관계

반월저수지 유역의 수문계측망에 대한 수위-유량관계는 유역별로 각각 <그림 3-7 a, b, c, d>에서와 같으며, 이들 수위-유량관계를 회귀식으로 표시한 결과는 <표 3-10>에서와 같다.

한편, 반월저수지의 수위-내용적 관계는 <그림 3-8>에서와 같다. 또한 각 유역별 일평균 수위를 수위-유량관계를 적용하여 유출량으로 환산하고 반월저수지의 저류량은 수위로 부터 수위-내용적관계를 이용하여 일저수량도 구하였다.

3. 유역의 수질조사 결과와 오염부하량

가. 수질분석결과

<표 3-11~표 3-13>은 반월유역 수질측점에서의 표본채취일별 부유물질, 영양물질 등의 분석 결과를 보여준다. 측점별로는 WS#9에서 가장 높은 부유물과 영양물질 등의 농도를 나타내고 있으며, WS#12에서 최소값을 보여준다.

유역의 수질항목별 시기별 변화를 고찰하면 다음과 같다.

(1) 부유물 농도

측점별 표본채취일별 유역별 유량과 부유물 농도는 <표 3-11>에서와 같다.

WS#1 지점에서는 부유물 농도는 유량이 많을수록 증가하는데, 1.09mm의 유출일 때 25mg/l 정도이나, 65.66mm의 홍수시는 부유물농도가 861.4mg/l로 무려 34배 이상의 증가를 보였다. 그러나, WS#3, WS#9, WS#12 등에서는 유량에 따른 부유물질의 증가는 뚜렷하지 않거나, 거의 차이를 보이지 않았다. 이와 같은 결과는 폭우시 토양 유실량과 관계가 큰 것에 기인하는데, 농경지 면적 비율이 높은 WS#1의 경우는 표토 유실로 인한 부유물의 증가가 큰 반면에, 임상 상태가 양호한 기타 유역에서는 표토유실량이 크지 않거나 거의 없는 까닭에 증감이 심하지 않은 것으로 관찰되었다.

WS#1 측점을 제외한 경우, 부유물 농도는 WS#9에서 평균 55mg/l로 WS#3이나 WS#12의 26mg/l내외의 값에 대하여 약 2배 정도 큰값을 보이는데, 이는 WS#9의 경

우, 유역내의 취락지역으로부터 생활오수가 처리되지 않고 방류되는 까닭에 부유물 농도가 높은 데 기인하였다.

표3-9a.WS#1일별수위조사자료

일	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1				0.07	0.06	0.12	0.43					
2				0.09	0.05	0.10	0.22					
3				0.10	0.04	0.22	0.22					
4				0.10	0.03	0.12	0.18					
5				0.08	0.03	0.09	0.14					
6				0.10	0.02	0.09	0.09					
7				0.07	0.03	0.07	0.11					
8				0.07	0.01	0.08	0.30					
9				0.08	0.00	0.08	0.43					
10				0.08	0.08	0.12	0.82					
11				0.09	0.06	0.09	0.63					
12				0.09	0.40	0.07	0.45					
13				0.08	0.05	0.08	0.41					
14				0.07	0.05	0.12	0.44					
15				0.08	0.04	0.12	0.44					
16				0.08	0.07	0.12	0.55					
17				0.08	0.10	0.14	0.34					
18				0.08	0.10	0.14	0.27					
19				0.07	0.11	0.18	0.51					
20				0.07	0.24	0.12	0.46					
21				0.13	0.18	0.13	0.36					
22				0.10	0.15	0.15						
23				0.07	0.16	0.16						
24				0.06	0.14	0.11						
25				0.06	0.12	0.12						
26				0.06	0.11	0.14						
27				0.06	0.12	0.16						
28			0.11	0.05	0.11	0.16						
29			0.10	0.04	0.12	0.15						
30			0.09	0.03	0.12	0.16						
31			0.07		0.12							
적 요(Remarks)												
갈 수 위				저 수 위				평 수 위				
평균 수 위				최저 수 위				최고 수 위				
지정홍수위												

표 3-9b. WS#3 일별 수위 조사 자료

일	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1				0.19		0.22	0.34		0.13			
2				0.19	0.14	0.25	0.34		0.13			
3				0.19	0.19	0.32	0.34		0.12			
4				0.19	0.19	0.32	0.33		0.11			
5				0.19	0.19	0.32	0.32		0.10			
6				0.19	0.19	0.32	0.26		0.10			
7				0.19	0.19	0.31	0.25		0.10			
8				0.19	0.19	0.27	0.29		0.09			
9				0.19	0.22	0.25	0.40		0.09			
10				0.17	0.24	0.25	1.00		0.09			
11				0.19	0.24	0.25	0.52		0.08			
12				0.19	0.24	0.25			0.08			
13				0.19	0.24	0.25			0.08			
14				0.19	0.24	0.25			0.08			
15				0.19	0.23	0.25			0.08			
16				0.19	0.23	0.25			0.07			
17				0.19	0.23	0.25		0.00	0.06			
18				0.19	0.23	0.26		0.08	0.06			
19				0.06	0.24	0.26		0.18	0.06			
20					0.24	0.25		0.37	0.06			
21					0.24	0.25	0.18	0.27	0.06			
22					0.24	0.25	0.15	0.22	0.06			
23					0.24	0.25	0.12	0.29				
24					0.21	0.25	0.14	0.52				
25					0.17	0.25	0.12	0.39				
26					0.15	0.25	0.10	0.39				
27					0.17	0.25	0.10	0.31				
28			0.21		0.20	0.25	0.10	0.21				
29			0.20		0.20	0.25		0.17				
30			0.20		0.19	0.25		0.17				
31			0.19		0.20			0.15				
적 요(Remarks)												
갈 수 위				저 수 위				평 수 위				
평균 수 위				최 저 수 위				최 고 수 위				
지 정 홍 수 위												

표 3-9c. WS#9 일별 수위 조사 자료

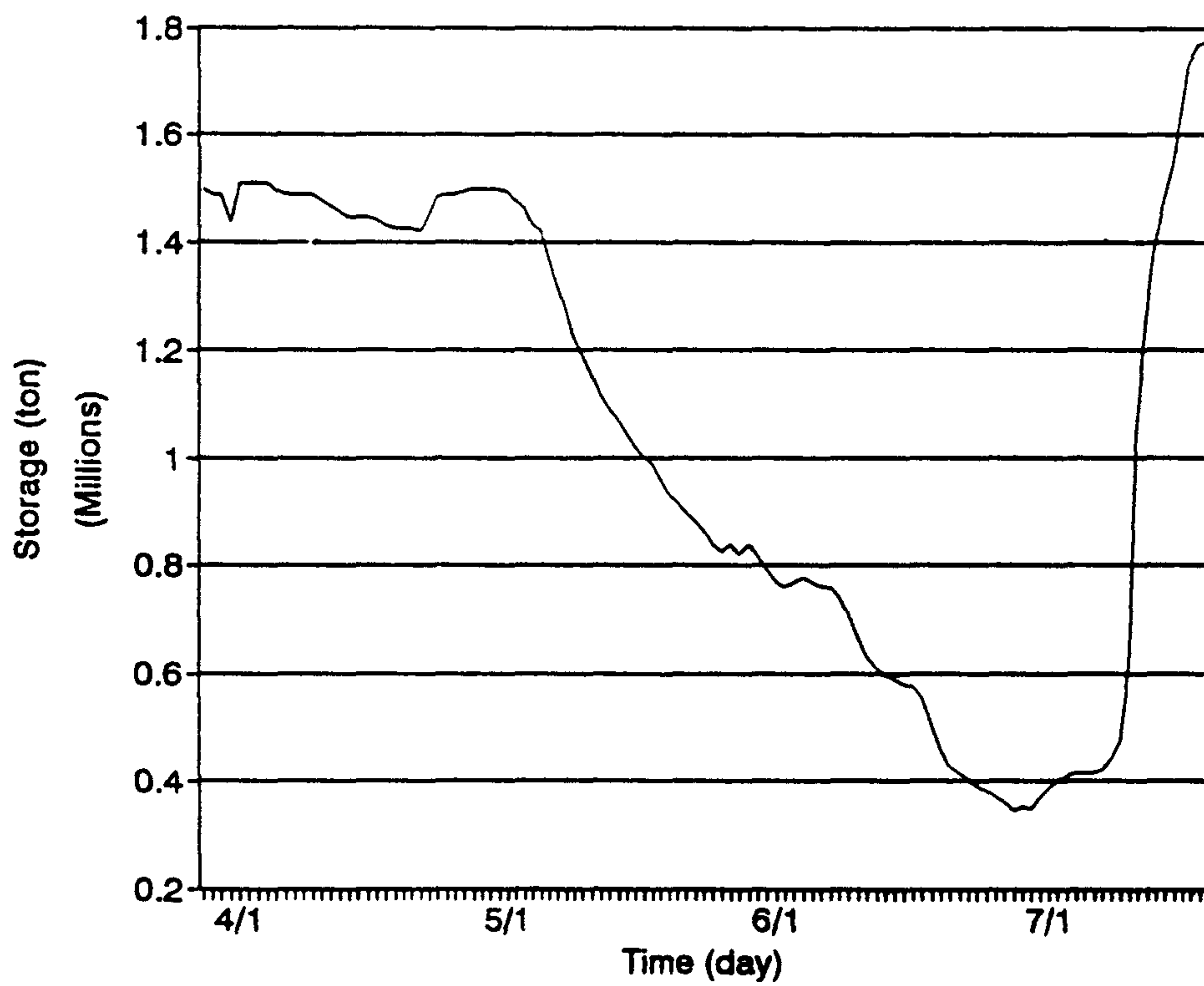
일	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1					0	0.06	0.10					
2					0	0.04						
3						0.03						
4						0.02						
5				0		0.02						
6				0		0.03						
7				0		0.03	0.13					
8				0		0.03	0.17					
9				0	0	0.03	0.26					
10				0	0	0.03	0.53					
11				0	0	0.02	0.41					
12				0	0	0.03						
13				0	0	0.02						
14				0	0	0.03						
15				0	0	0.03						
16				0	0	0.02						
17				0	0	0.02						
18				0	0	0.02						
19				0	0							
20				0	0							
21				0	0		0.19					
22				0	0		0.17					
23				0	0		0.13					
24				0	0		0.12					
25				0	0		0.11					
26				0	0		0.10					
27				0	0		0.10					
28				0	0		0.10					
29				0	0		0.08					
30				0	0	0.10	0.06					
31				0	0.06		0.06					
적 요 (Remarks)												
갈 수 위				저 수 위				평 수 위				
평균 수 위				최 저 수 위				최 고 수 위				
지 정 홍 수 위												

표 3-9d. WS#12 일별 수위 조사 자료

일	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1					0	0.06	0.10					
2					0	0.04						
3						0.03						
4						0.02						
5				0		0.02						
6				0		0.03						
7				0		0.03	0.13					
8				0		0.03	0.17					
9				0	0	0.03	0.26					
10				0	0	0.03	0.53					
11				0	0	0.02	0.41					
12				0	0	0.03						
13				0	0	0.02						
14				0	0	0.03						
15				0	0	0.03						
16				0	0	0.02						
17				0	0	0.02						
18				0	0	0.02						
19				0	0							
20				0	0							
21				0	0		0.19					
22				0	0		0.17					
23				0	0		0.13					
24				0	0		0.12					
25				0	0		0.11					
26				0	0		0.10					
27				0	0		0.10					
28				0	0		0.10					
29				0	0		0.08					
30				0	0	0.10	0.06					
31				0	0.06		0.06					
적 요 (Remarks)												
갈 수 위				지 수 위				평 수 위				
평균 수 위				최 저 수 위				최 고 수 위				
지 정 홍 수 위												

표 3-10. 반월유역의 수위-유량 관계

유역명	수위 - 유량 관계	R ₂	비고
WS#1	$Q = 0.0402 h^{0.5785}$ (h < 0.08)	0.992	Eq. (4-1)
	$Q = 6.7529 h^{2.5123}$ (h > 0.08)	0.997	Eq. (4-2)
WS#3	$Q = 19.4313 h^{3.3409}$	0.982	Eq. (4-3)
WS#9	$Q = 5.8125 h^{1.6720}$	0.920	Eq. (4-4)
WS#12	$Q = 5.7305 h^{1.5} + 1.6429 h^{2.5}$	0.935	Eq. (4-6)



<그림 3-6> 반월 저수지 수위

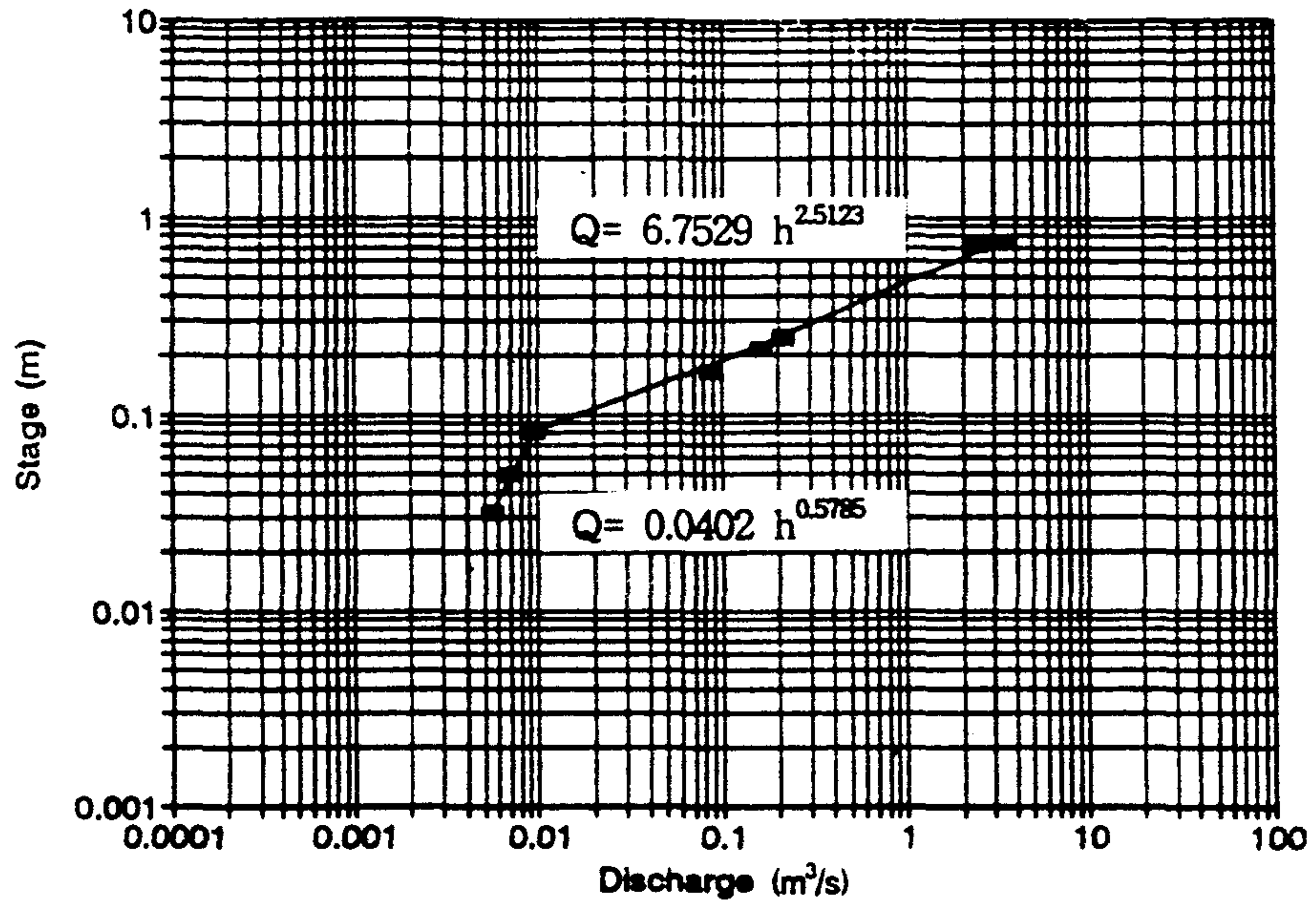


그림 3-7 a. WS#1 지점의 수위-유량 관계

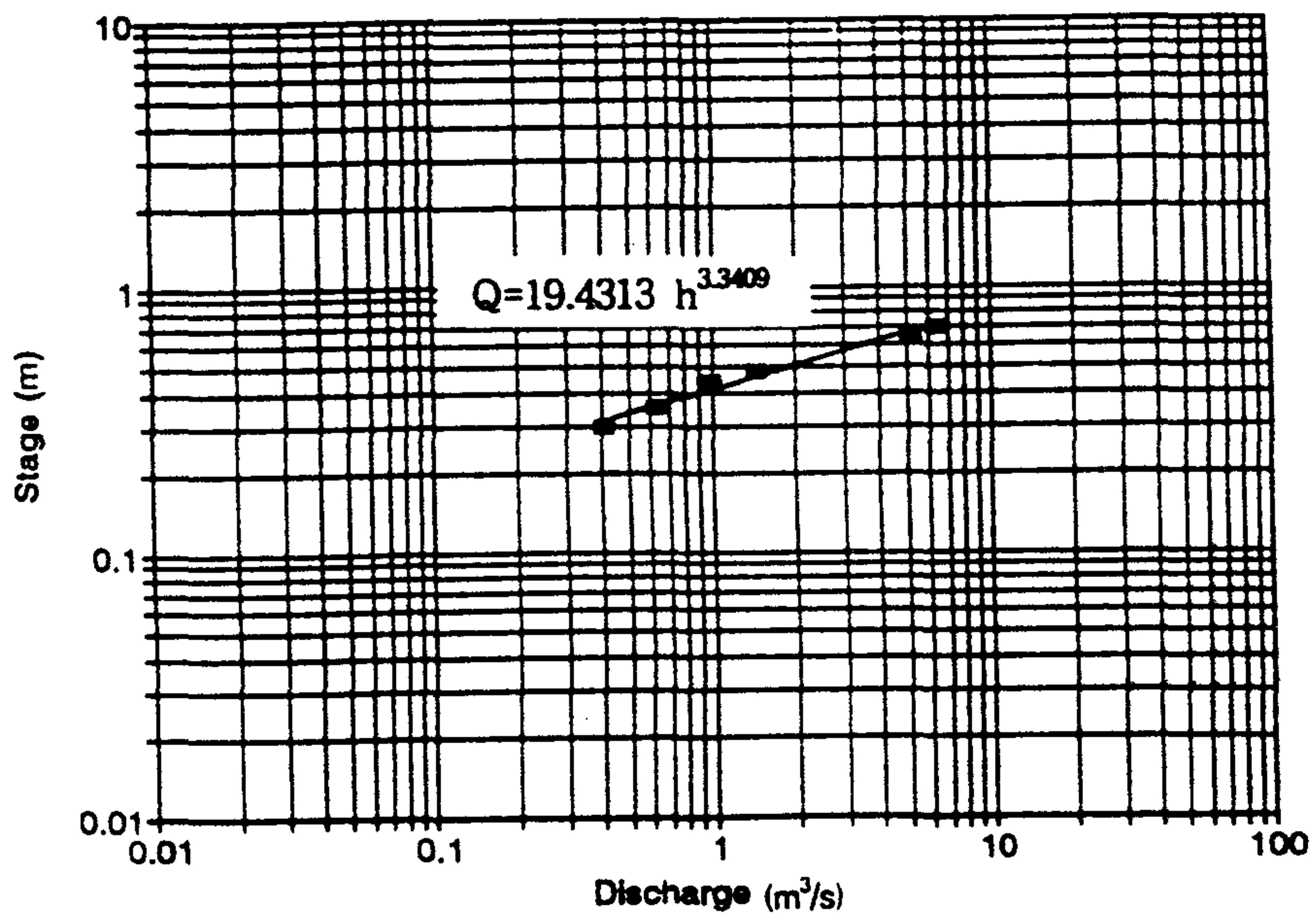


그림 3-7 b. WS#3 지점의 수위-유량 관계

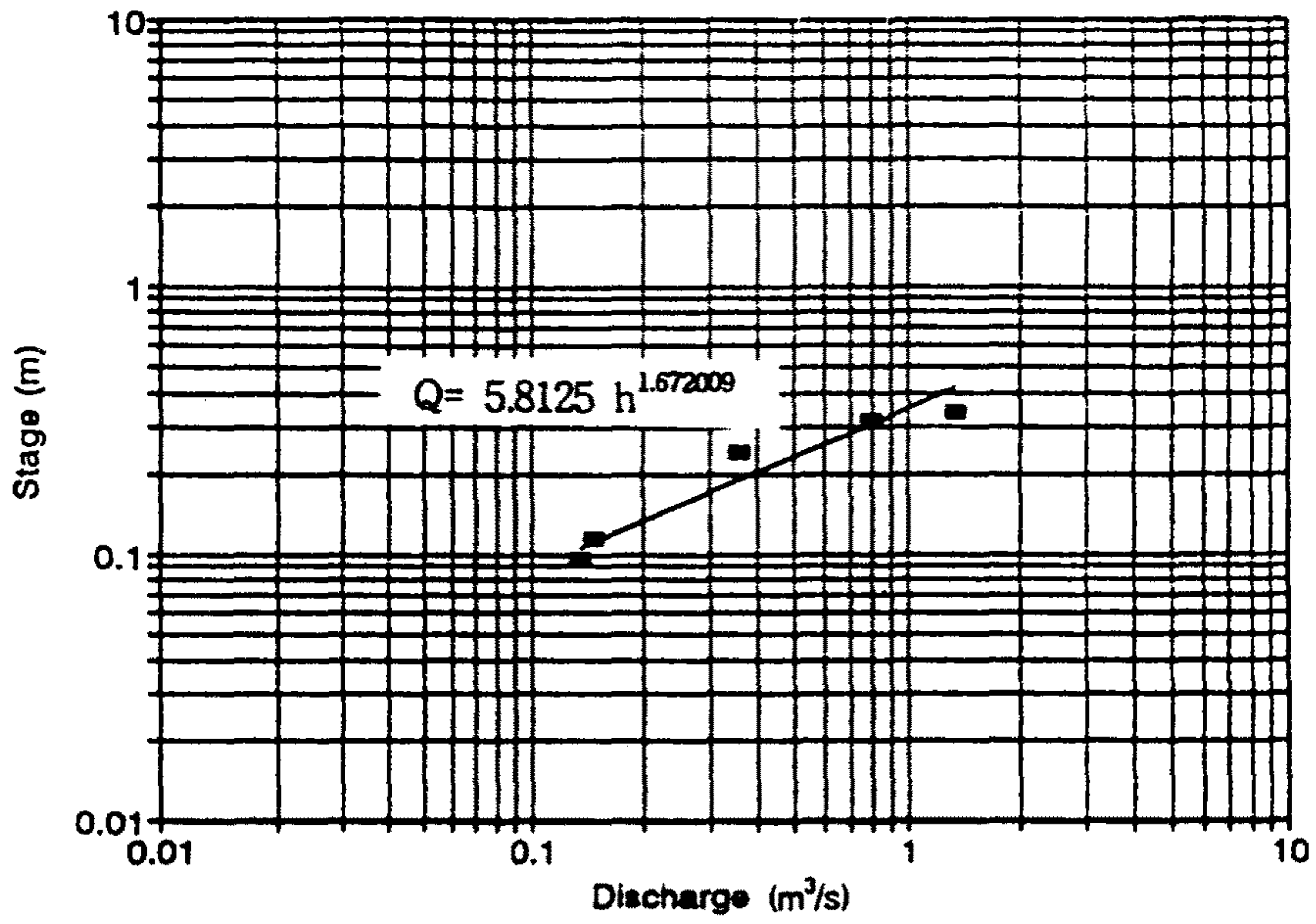


그림 3-7 c. WS#9 지점의 수위-유량 관계

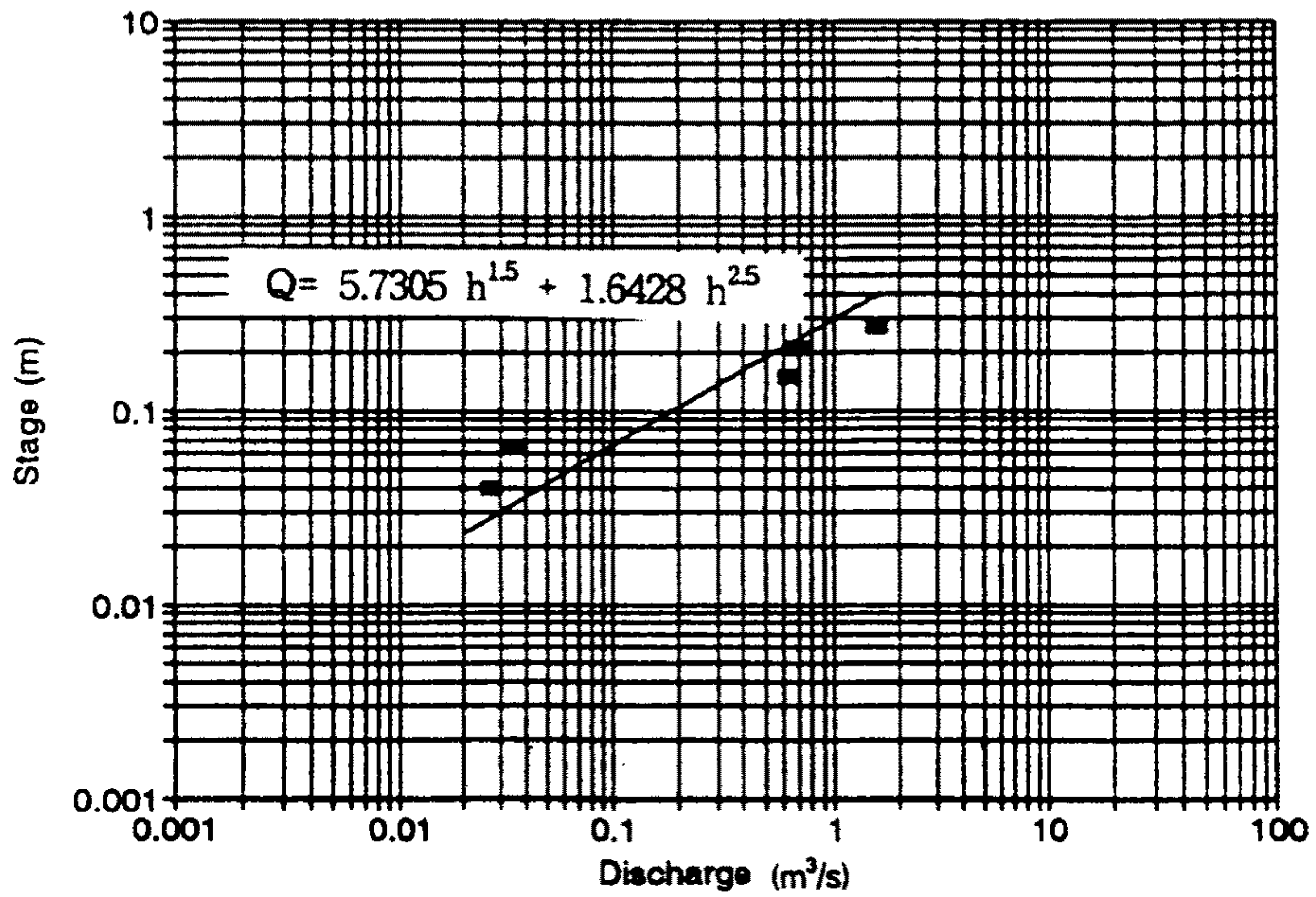


그림 3-7 d. WS#12 지점의 수위 - 유량 관계

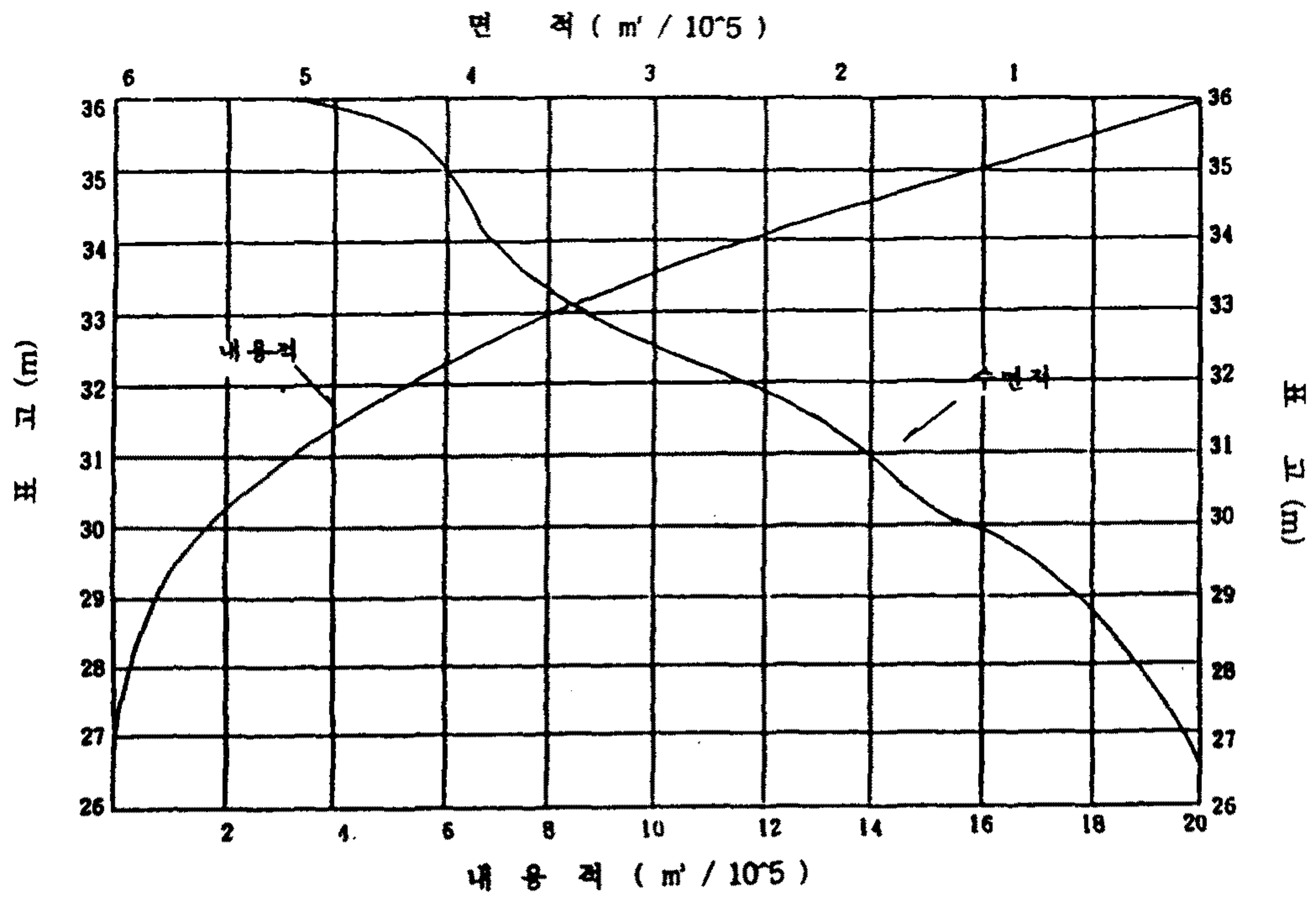


그림 3-8. 반월저수지 내용적 곡선

표 3-11. 반월유역의 부유물 농도

월 일	WS#1		WS#2		WS#3		WS#9		WS#12	
	유량 (mm)	mg/l	유량 (mm)	mg/l	유량 (mm)	mg/l	유량 (mm)	mg/l	유량 (mm)	mg/l
06/01	14.24				7.51		7.95			
07/08	11.94				6.25		2.69		5.88	
07/13	65.1				54.78		55.04		66.28	
07/29	59.28				50.28		33.92		61.84	
05/30	1.09	25		73.33	1.66		2.867	42.86		45
06/12	0.29	150			3.41		2.269	30	0.0335	25
06/29	1.9	25			3.41		0.517	34.55		34.5
07/11	65.66	861.43			38.14	43.33	80.31	78.57	1.7028	25.71
07/19	39.7	188.33				28.33	54.55	141.67		36.67
09/22		30		31.67	0.04	41.67				12.74
10/24		8.65		12.5		4		47.5		14.74
11/01		19.05		10		7.69		15		
평균	28.8	163.43		31.875	5.40	25.004	26.679	55.736	27.147	27.77
표준편차	26.925	312.70		0	6.41	7.5	28.448	41.721	30.232	8.11

(2) TN 농도

<표 3-12>는 유역별, 폭우사상별 총질소 (T-N) 농도 측정 결과를 정리한 것이다. WS#1지점에서는 T-N은 평균 4mg/l, WS#2의 경우는 3.2mg/l, WS#3에서는 1.7mg/l, WS#9는 15.3mg/l, WS#12에서는 5.3mg/l 등의 변화를 보였다. WS#9지점에서의 T-N농도가 타 지점에 비하여 약 5배 이상의 농도를 보였는데, 이는 생활오수의 유입으로 인한 결과로 영양물질이 상대적으로 높은 것을 나타냈다. 한편, 저수지의 경우 평균 3mg/l 정도를 나타내고 있는데, 유역의 대부분이 산림지역임에도 불구하고 생활오수의 유입과 함께, 양식어장 등이 설치되어 사료에 의한 영양물질의 공급이 원인이 되고 있음을 알 수 있었다.

한편, WS#12 지점은 수리산 계곡 부분으로 당초에는 2mg/l의 T-N농도를 나타냈으나, 금년 여름의 경우는 최고 21.4mg/l를 보였는데, 이는 측점 직상류부분에 유락지가 새로 건립되어 하천에 직접 폐기물을 방류한 데 따른 결과로 보인다. 이와 같이 소유역의 수질은 대부분 생활오수나 축산오수 등을 직접 하천에 방류하는 경우, 즉각적인 수질오염으로 나타나는 것을 보여주며, 유역의 최적관리를 실시할 경우, 하천수에 폐수가 직접 방류되는 것을 방지하는 장치를 고려해야 함을 알 수 있다.

표 3-12. 반월 유역의 총질소(T-N) 농도

월 일	WS#1		WS#2		WS#3		WS#9		WS#12	
	유량 (mm)	mg/l	유량 (mm)	mg/l	유량 (mm)	mg/l	유량 (mm)	mg/l	유량 (mm)	mg/l
										2.1
06/01	14.24	4.9			7.51	0.8	7.95	11.9		1.6
07/08	11.94	3.2			6.25	1.6	2.69		5.88	1.4
07/13	65.1	3.6			54.78	1.9	55.04	11.3	66.28	1.7
07/29	59.28	3.1			50.28	1.4	33.92	4.1	61.84	1.6
05/30	1.09	6.68		1.8	1.66		2.867	38.976		4
06/12	0.29	4.52			3.41		2.269	22.512	0.0335	0.8
06/29	1.9	1.44			3.41		0.517	24.08		8
07/11	65.66	4.64			38.14	3.24	80.31	4.64	1.7028	
07/19	39.7	2.68				2.32	54.55	4.52		
09/22		5.28		4.52	0.04	0.88				
10/24										
11/01										
평균	28.8	4.0		3.2	5.40	1.734	26.7	15.3	27.1	1.7
표준편차	26.925	1.43		0.0	6.41	0.766	28.448	11.578	30.232	0.2 29

표 3-13. 반월유역의 총인(T-P) 농도

월 일	WS#1		WS#2		WS#3		WS#9		WS#12	
	유량 (mm)	mg/l	유량 (mm)	mg/l	유량 (mm)	mg/l	유량 (mm)	mg/l	유량 (mm)	mg/l
06/01	14.24	0.5			7.51	1	7.95	2.9		1.1
07/08	11.94	2			6.25	2.4	2.69		5.88	2
07/13	65.1	1.32		1.8	54.78	0.7	55.04	2.6	66.28	0.5
07/29	59.28	2.5			50.28	0.6	33.92	1.8	61.84	2.5
05/30	1.09				1.66		2.867			
06/12	0.29				3.41		2.269		0.0335	
06/29	1.9				3.41		0.517			
07/11	65.66				38.14		80.31		1.7028	
07/19	39.7			4.52			54.55			
09/22					0.04					
10/24										
11/01										
평균	28.8	1.6		3.2	5.40	1.175	26.7	2.4	27.1	1.5
준편차	26.925	0.751		0.00	6.41	0.722	28.448	0.464	30.232	0.776

(3) TP 농도

총인의 농도는 현재 수질 실험을 계속 중이므로, 전체적인 자료가 나온 상태는 아닙니다. 그러나, <표 3-13>에서와 같이, 유량별, 유역별 T-P의 농도변화는 대략 0.5 ~ 4.5mg/l내외로 전반적으로 높은 값을 나타냈다.

WS#1의 경우는 평균 1.6mg/l를 보였으며, WS#9에서는 2.4mg/l이고, 저수지 지점인 WS#2에서는 3.2mg/l 등을 보였다. 총인의 농도는 취락지에서 비교적 높고, 저수지의 경우 가장 높은 값인 데, 앞서 총질소에서 언급하였듯이, 저수지의 가두리 양어에 의한 사료 투입에 따라 총인 성분의 농도가 높은 것을 보여준다.

나. 유사량

(1) 유량-부유물농도의 관계

<표 3-11>에서 살펴본 바와 같이 시험구역의 부유물 농도는 유량에 따라 변화하였다. 따라서, 본 연구에서는 시험구역의 유량과 부유물 농도의 관계를 회귀분석을 시도하였다. <그림 3-9>는 WS#1, 3, 9, 12지점에서의 유량-부유물 농도의 관계를 전대수지에 표시한 결과로써, 부유물 농도는 유량과 지수적 증가를 나타내고 있음을 알 수 있었다. 즉,

$$S = c Q^{e1} \quad (3-2)$$

여기서, S = 부유물 농도 (mg/l), Q = 유량 (m3/s), 그리고 c와 e1 = 상수와 지수이다.

표 3-14. 구역별 유량-부유물 농도 관계식

유역별	부유물 농도 회귀식	R ²	비고
WS#1	S = 50.735 Q ^{0.368}	0.529	Eq. (4-7)
WS#9	S = 94.743 Q ^{0.477}	0.434	Eq. (4-8)
WS#3, WS#11, WS#12	S = 19.511 Q ^{0.341}	0.639	Eq. (4-9)

<표 3-11>의 유량과 부유물 농도의 측정결과로부터 식 (3-2)의 관계를 회귀분석을 실시한 결과는 <표 3-14>에서와 같다. <표 3-14>에서와 같이, 식 (3-2)의 회귀계수 R²의 값은 WS#1, 3에서 각각 0.529, 0.639 이었으며, 기타 구역의 경우는 0.434로써, 고도의 유의성이 인정되었다.

한편, <표 3-14>의 구역별 유량-부유물농도의 관계는 해당 구역의 대표값으로 간주하기에는 측정 수가 많지 않았으며, 앞으로 지속적인 현장 관측를 통하여 보완해 갈 필요가 있었다.

(2) 구역별 유사량

<표 3-14>의 측정별 유량-유사량 관계와 각각의 일 유량자료를 이용하여, 구역 유사량을 추정하였으며, 그 결과는 <표 3-15>에서와 같았다.

<표 3-15>에서와 같이, 구역의 부유물은 측정기간 중 WS#12의 14,979kg에서

WS#2의 3, 767,687kg의 범위를 보였다, 여기서, 부유물 농도의 경우 WS#9유역의 값이 가장 큰 것에 반하여, 총 부유물량은 WS#2의 경우가 가장 많았는데, 이와 같은 경향은 부유물질의 부하량은 단순히 정성적으로 규정할 수 없고, 정량적으로 정의해야 하는 것을 알 수 있으며, 또한, 유역 면적이 큰 경우 부유물 농도가 낮더라도, 유량이 크기 때문인 것이다.

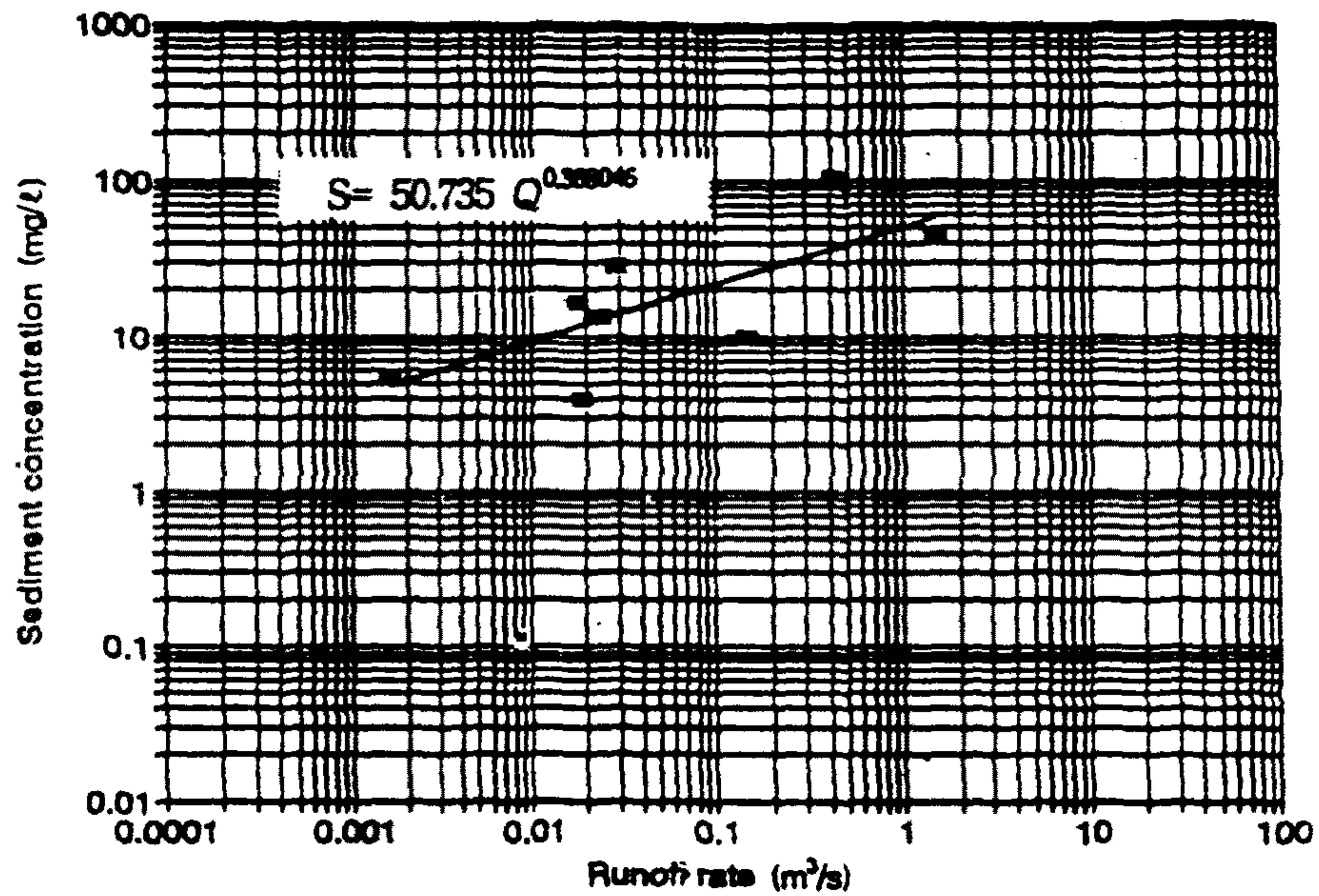


그림 3-9. WS#1 지점의 유량-부유물 농도 관계

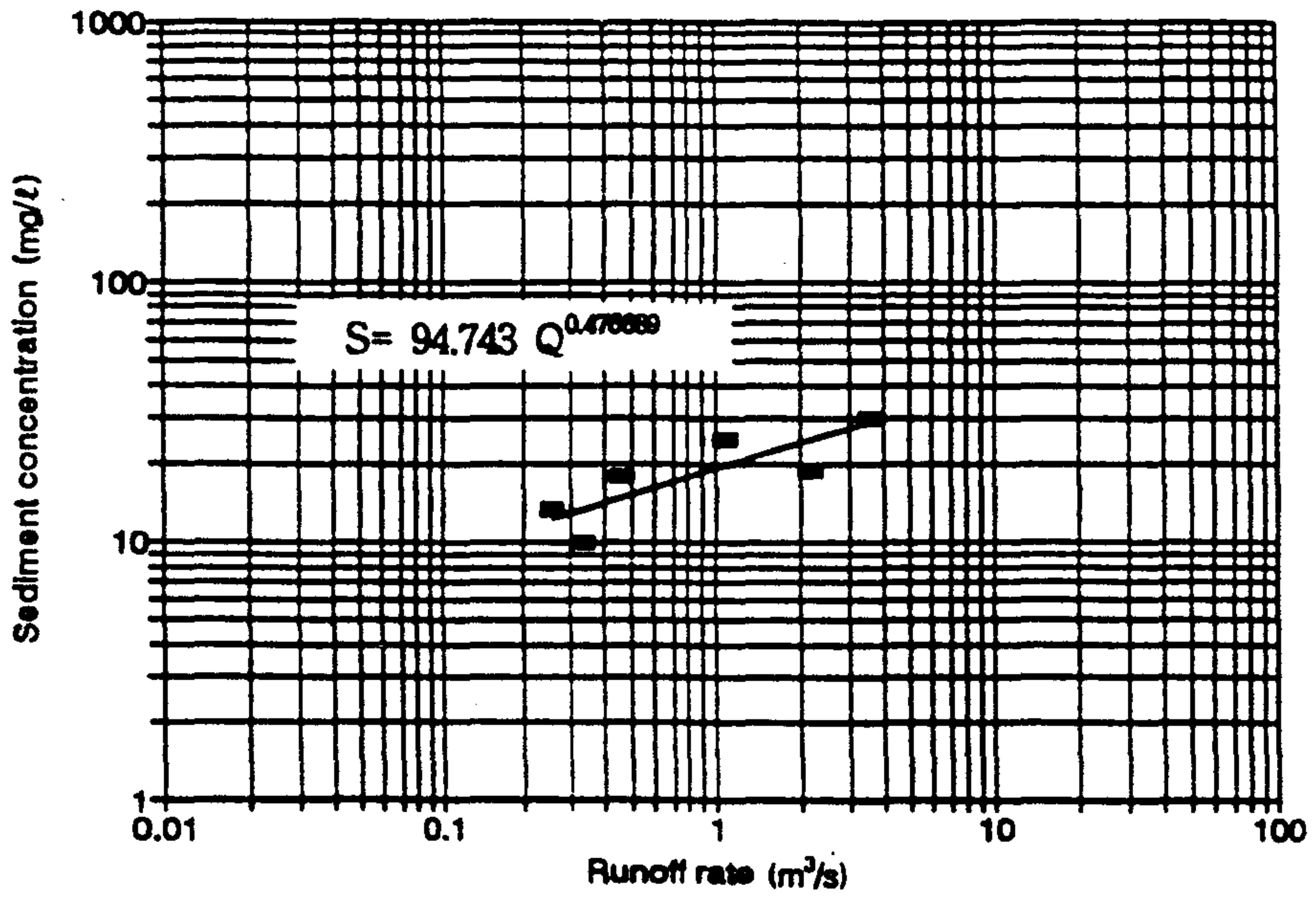


그림 3-10. WS#9 지점의 유량-부유물 농도 관계

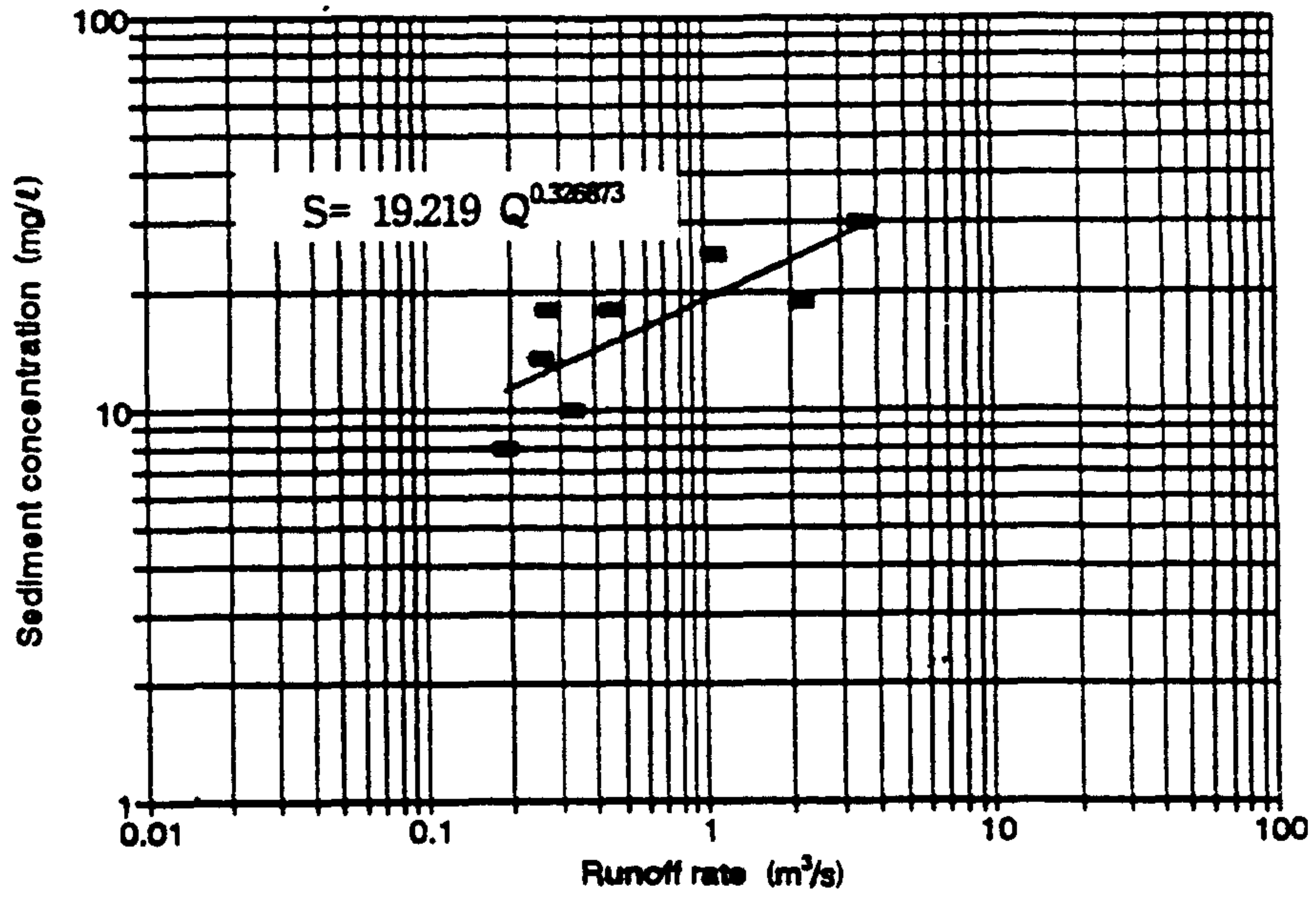


그림 3-11. WS#3, WS#11, WS#12 지점의 유량-부유물 관계

다. 총질소 (TN) 부하량

(1) 유량-총질소 농도의 변화

유역별 TN의 농도는 <표 3-13>에서와 같이 측정 시기별로 변화하였는데, WS#1 지점에서의 유량에 따른 TN농도 변화를 도시한 결과는 <그림 3-12>에서와 같았다. <그림 3-12> 에서와 같이 유량의 변화와 TN의 농도는 뚜렷한 경향이 없었으며, 선형과 지수함수로써 표시하도록 하는 회귀분석을 시도하였으나, 회귀계수 R2가 0.12 로써 상관관계가 유의성이 인정되지 않았다. 이와 같은 총질소 농도의 변화와 유량과의 관계는 여타 유역에서도 뚜렷하지 않았다. 그러나, 표본의 수가 많지 않으므로 2차년도 연구 결과를 보완하여, 총질소의 농도변화의 특성에 관한 보다 상세한 구명을 실시하도록 하였다.

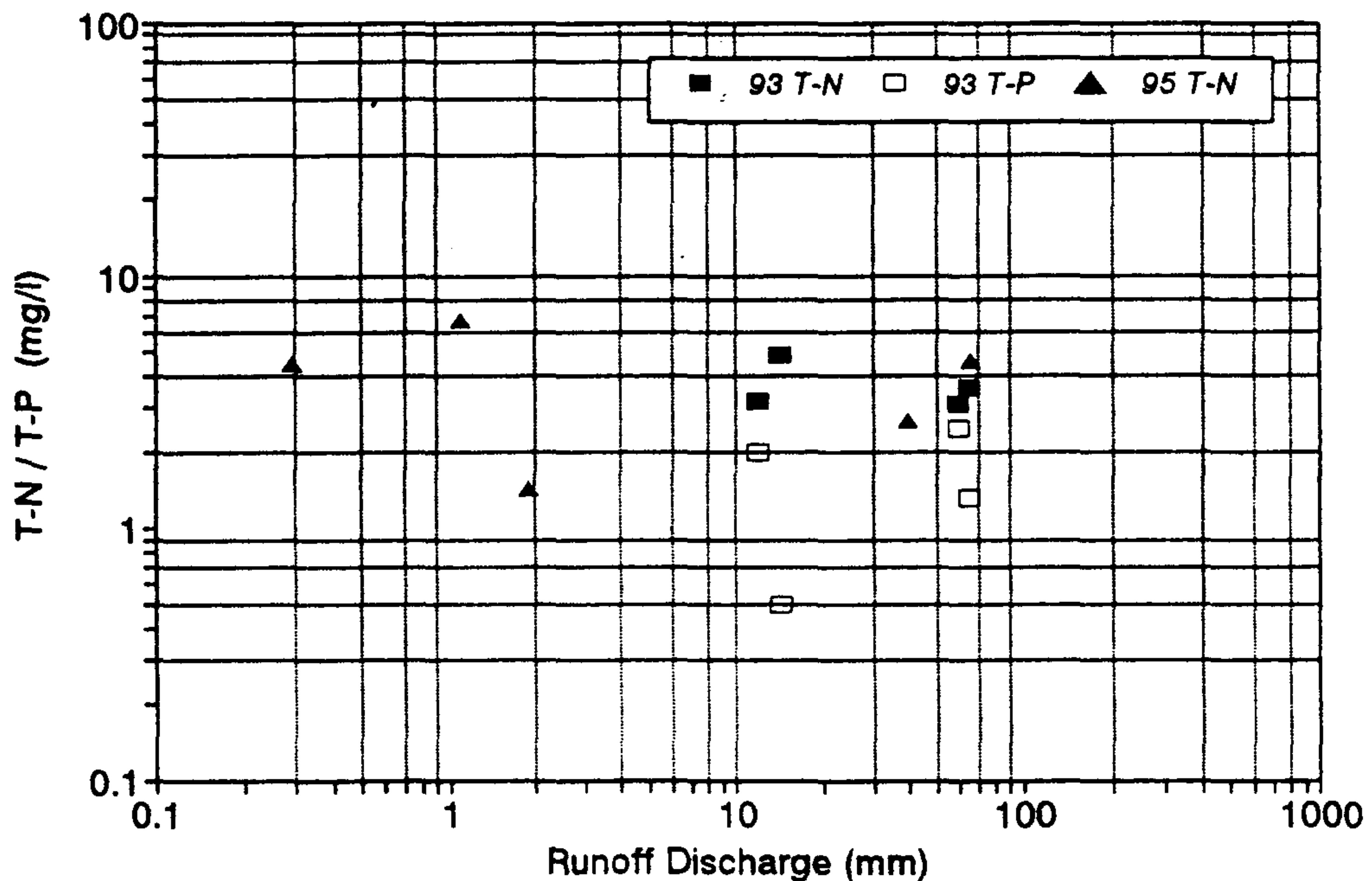


그림 3-12. 유량에 따른 T-N농도(WS#1)

(2) 총질소 부하량

이상에서와 같이, 각 유역별로 총질소의 오염부하량은 유량과 관련성이 없으므로 총질소의 오염 부하량은 평균 농도를 기준하여 일 유량과의 적으로 추정하도록 하였다. 유역별 평균 TN농도로는 WS#1은 4.0mg/l, WS#2, 3, 9에서는 각각 3.1, 1.7, 15.2mg/l를 적용하였고, WS#12에서는 7,9월의 8 mg/l이상의 농도를 제외하였을 때의 평균값인 1.7 mg/l를 사용하였다.

유역별 총질소농도의 평균값과 일 유출량으로부터 구한 오염부하량은 <표 3-15>에서와 같이, 하천의 경우 WS#1, 3, 9, 12에서 각각 6.83, 6.48, 38.68, 1.29톤이었다. <표 3-15>에서와 같이, 총질소 부하량은 취락지인 WS#9에서 가장 큰 값을 나타냈으며, 산림지에서의 부하량이 가장 작은 값을 보였다. 특히, WS# 1의 평탄지 유역의 부하량이 중산간지인 WS#3보다 큰 값을 보였는데, 이와 같은 경향은 농업유역의 수질오염은 배후 산림지 보다 큰값이며, 취락지로 부터의 생활 오수로 인한 영양물질에 의한 기여가 큰 것을 시사해주는 것이다. 그러나, 본 연구의 결과는 제한적인 수질 표본을 대상으로 한 분석 결과이며, 유량자료의 결측으로 인하여 연간 배출량을 분석할 수 없었으므로, 지속적인 연구를 통하여 유역에서의 총질소 부하량의 경향 분석이 필요한 것으로 생각되었다.

표 3-15. 측정별 유역-유사량 관계

유역명	유량측정 일수	유 량		구 분	평균농도 (mg/l)	물 질 량		비 고
		일평균 (1000 m ³ /day)	총용량 (1000m ³)			일평균 (kg/day)	총 량 (kg)	
WS#1	117	14.60	1,708.17	T-N	4.0	58.40	6,833	
				T-P	1.6	23.36	2,733	
				SS	17.4	774.60	90,628	
WS#2	114	1036.05	118,109.32	T-N	3.1	3,211.75	366,139	
				T-P	3.2	3,315.35	377,950	
				SS	31.9	33,049.89	3,767,687	
WS#3	139	27.42	3,811.72	T-N	1.7	46.62	6,480	
				T-P	1.2	32.91	4,574	
				SS	20.4	1,925.09	267,587	
WS#9	94	26.89	2,527.75	T-N	15.2	411.43	38,675	
				T-P	2.4	64.54	6,067	
				SS	43.5	2,542.12	238,960	
WS#12	88	9.13	803.51	T-N	1.6	14.61	1,286	
				T-P	1.5	13.70	1,205	
				SS	4.0	170.22	14,979	

라. 총인 (TP) 부하량

(1) 유량-총인의 농도변화

앞서 고찰한 바와 같이, 총인의 농도변화도 유량과 상관성이 인정되지 않았으며, 그 이유 역시 수질 표본수의 부족으로 인하여 고찰이 가능하지 않았다. WS#1지점에서 유량과 총인의 관계를 보여주며, 여타의 유역에서도 유사한 경향을 나타냈다.

이상의 결과로부터, 유역별 총인의 농도는 평균값을 적용하도록 하였으며, WS#1, 3, 9, 12에서 각각 1.6, 1.2, 2.4, 1.5 mg/l를 적용하였고, 저수지의 경우는 WS#2의 총인 평균농도인 3.2mg/l를 적용하였다.

마. 총인 부하량

유역별 일유량과 총인의 평균 농도로부터 부하량을 추정한 결과는 <표 3-15>에서와 같았다. <표 3-15>에서와 같이, 일평균 총인의 부하량은 WS#1 23.36kg, WS#3는 32.91kg, WS#9은 64.54kg, 그리고 WS#12는 13.7kg이었다. 유역별 오염부하량은 WS#1, 3, 9, 12의 경우 각각 2.7, 4.5, 6.0, 그리고 1.2톤이었다. 총인의 부하량은 총질소 부하량의 경우와 마찬가지로 유역의 면적이 클수록 크게 나타났다. 산재된 취락으로 부터의 생활오수가 농촌유역의 수질오염에 크게 기여하고 있으며, 유역이 클수록 유량이 많으므로 유출되는 영양물질도 많아지는 경향을 보였다.

바. 금후의 연구계획

이상의 연구 결과에서 고찰한 바와 같이, '95년은 반월 유역을 대상으로 계측망을 구성하고, 수문 및 수질 자료를 수집, 분석하는 것을 위주로 하였다. 계측 설비를 재정비하는 관계로 충분한 수질 자료의 수집이 어려웠으므로, 제 2차년도에서는 3월부터 계획에 따라 수질 표본을 수집 분석할 계획으로 있고, 특히, 논에서의 수질 표본을 채취하여, 경지에서의 영양 물질 순환 기작에 대한 현장자료를 수집 분석하고자 한다.

또한, 농업유역의 비점원오염 추정 모형을 적용하여, 그 응용성을 분석하고, 토지이용 등의 변화에 따른 비점오염의 부하량을 특정 분석하고자 한다.

제3차년도에서는 대상 유역의 일부 지역을 대상으로 저투입 생산체계를 적용하고, 이에 따른 오염 부하량의 증감을 분석하고자 하며, 그 결과를 수학적 모델링에 적용성을 분석함으로써, 비점원 오염의 저감 대책을 강구하고자 한다.

第 4 節 結論

본 연구는 농업유역의 비점오염 부하량의 현장 측정을 위하여, 시험 유역을 선정하고, 수문과 수질 계측망을 구성하며, 수문 조사와 수질 자료를 수집, 분석하고, 그 결과를 고찰하므로써, 유역의 비점오염 유실량을 추정하고, 추후 지속 농업 방법을 적용, 환경적으로 안전한 최적관리기법에 따른 비점오염 부하량과를 비교함으로써 최적관리기법에 따른 수질 환경개선 효과를 평가할 수 있는 기초적 자료를 수집하기 위한 것이었다.

제1차년도 연구 성과와 앞으로의 연구 계획 등을 정리하면 다음과 같다.

1. 본 연구의 시험유역은 경기도 안산시 반월동에 위치한 반월저수지 유역을 선정하였다. 반월 유역은 산림이 77%를 차지하는 중산간 유역으로 약 18%가 농경지로 구성되었다.

2. 반월 유역의 수문계측망은 자기강우계 1점, 자기수위계 5점으로 구성하며, 유역면적은 최소 1.26km², 최대 12.20km²의 범위이며, 산간지, 중산간지, 평야지, 취락지 등으로 구분하였다.

3. 각 수위측점에서는 자기 수위계로부터 일별 수위값을 얻고, 수위-유량관계와 수위-내용적 관계로부터, 일 유량과 저류량을 각각 구하였다.

4. 수위측점에서 수질 표본을 채취하여, 부유물, 영양물질 등을 조사하였다.

5. 시험유역의 지상인자를 조사하고, 토지이용상태, 수문학적 토양군 등을 분류하였다.

6. 시험유역의 기상자료는 수원측후소점을 이용하였고, 반월 지점의 강수량과의 상관관계를 구하고, 회귀식을 유도하였다.

7. 시험유역의 수질 분석 결과, 부유물 농도는 25 - 163 mg/l를 보였으며, 부유물 농도와 유량관계를 추정하고, 수문조사 결과로부터 각 유역의 유사량을 결정하였다.

8. 총질소의 농도는 1.6 - 15.2 mg/l의 범위로써, 산림지에서 가장 낮으며, 취락지에서 가장 높은 값을 보였다.

9. 총인의 농도는 1.5 - 2.4mg/l의 범위로써, 산림지에서 가장 낮고, 취락지에서 가장 높은 값을 보였다.

10. 총질소의 일 평균 부하량은 14.6 - 411.45kg이며, 총인은 13.7-64.5kg으로 산림유역에서 최소값을, 취락지에서 최대값을 나타냈다.

한편, 금후에는 대상 유역에서 적절한 최적관리기법을 적용하여, 오염부하량의 변화를 검토할 수 있도록 할 예정이다.

여 백

第 4 章 환경조화형 해충관리체계 및 전략개발

연구책임자 : 이 준 호

연 구 원 : 박 홍 현

연 구 원 : 김 광 호

여 백

第 1 節 緒 說

우리나라에서 수도작을 중심으로 한 병해충 관리는 과거 끊임없이 연구되어 왔으며, 그 기술의 축적으로 1980년대에는 연간 쌀 생산량이 3,800만석에 이르러 주곡의 자급이 가능하게 되었다. 여기에는 물론, 병해충관리 뿐만 아니라 육종을 통한 품종 개량, 재배기술의 발전, 시비량 증대 등의 모든 가능한 방법이 다 동원되었음을 부인할 수 없다. 그러나 특히 식량증산을 병해충관리라는 측면에서 본다면 수도해충의 방제는 농약살포를 비롯한 화학적 방제에 전적으로 의존해 왔다고 해도 과언이 아니다.

작물생산에 있어서 농약의 사용은 병해충 및 잡초의 피해로부터 농작물을 보다 안전하게 보호하는데 본연의 목적을 두어왔고, 생산성의 안정화, 농업생산비의 절감 및 농산물의 품질향상에 크게 기여하였다. 그러나 농약의 사용에 따른 부작용도 매우 심각하여 최근들어서는 가능하면 농약사용을 줄여 부작용을 최소화하고 작물을 둘러싸고 있는 생태계내의 기능들을 복원하여 지속적인 농업환경이 되도록 하는 노력들이 많이 되고 있다.

인구의 증가로 인한 도시지역의 확대와 생활 쓰레기의 증가는 직간접적으로 농생태계는 많은 침탈을 받아왔다. 예전에 농업용수로 쓰이던 하천이나 호수 또는 저수지의 맑은물들은 생활폐수, 축산폐수, 공장수 등으로 심하게 오염되게 되었으며 자연이 물을 이용하는 벼의 생리·생태적 변화가 불가피하게 되었다. 따라서 이들을 서식처로 삼는 곤충상에도 많은 변화가 일어나고 있으며, 실례로 최근의 다발생해충도 그 종류가 점차로 다양화 되어가고 있는 실정이다.

한편으로 노동인건비의 상승으로 과거 노동집약적 농법에서 현재는 영농의 대규모화, 노령화로 단위면적당 투입되는 노동력은 과거의 1/3수준에도 못미치는 실정이다('95. 8월 경기도 반월지역 농민 대상 설문조사). 그래서 투입되는 농약의 양이 줄고, 논생태계내에서 벼와 함께 자라는 잡초들의 수가 증가함으로써 논생태계의 구조도 과거와 달리 해충이 살기에 적합한 아주 다른 양상을 띄게 되었다. 곤충상에 있어서도 과거에는 논내부에서는 잘 포획되지 않던 사마귀류나 메뚜기류의 수적증가가 이러한 사실을 잘 설명해 준다.

본세부과제에서는 이러한 다양한 문제점을 안고 있는 소규모 농가용 수도작을 중심으로 병해충 종합관리 시스템을 개발하고자 조사지 설정을 하였고(경기도 반월지역 맑은물, 생활폐수구, 축산폐수구), 향후 여기서 도출된 결과는 환경조화형 해충관리체계 개발을 위한 기본자료를 제공함을 목적으로 하며, 설문서를 통하여 수도작 병해충 방제를 중심으로 농업현장에서 수십년동안 직접 경영에 참여한 농민들의 전반적인 수도작 관리현황, 발생 병해충 인지정도 및 농약살포현황을 파악하고 이들을

근거로 환경조화형 농업환경을 조성하는데 있어서 방향성을 제시하는데 기본적인 취지가 있다.

第 2 節 材料 및 方法

1. 조사지 개요

인구증가에 따른 과잉 생산과 무계획적 농지 개발로 이전의 맑은물로 농사를 짓던 지역이 매우 줄어들었으며, 이제 도시 근교나 마을 근처에 위치한 논들은 맑은물 대신 생활폐수나 축산폐수, 혹은 심하면 걸러지지 않은 공장폐수까지도 그 용수로 사용하는 상황이 전개되고 있다. 따라서 본 조사에서는 환경오염에 대한 현장애로점을 파악하기 위해 조사구를 대조구로서 맑은물 유입구를 설정하고 따로 생활폐수 유입구와 축산폐수 유입구 등의 3곳으로 하였으며 이 세 지역에서 논생태계의 곤충군집조사 및 분석을 목적으로 다음과 같이 실험하였다.

조사지역으로 경기도 반월시 소재 농가포장 세곳(맑은물 담수구, 생활폐수구, 축산폐수구)을 설정하여 각 조사지별로 군집을 분석, 상호비교하였다.

2. 연구 방법

가. 채집방법

채집방법은 매 조사일마다 각 조사구내의 임의의 1주를 선택하여 광목천(직경 35cm, 망깊이 1M)으로 씌운후, 벼의 밑동을 낮으로 베어서 광목망에 집어넣고, 다른 한편으로는, 채집주를 기준으로 반경 1M 내를 포충망(직경 45cm, 망깊이 1M)으로 세 번 스위핑 하여 비닐봉지에 따로 분리채집하였다. 포충망 속의 채집된 곤충과 주에 붙어 있던 곤충을 같은 서식지를 점하는 종으로 간주하여, 이들을 -70°C 의 deep freezer에서 15분간 급속냉각시켜 죽인다음 이들을 75%알콜에 분리한 후, 보관하며 동정한다.

나. 조사시기

조사시기는 1995년 6월하순부터 9월말까지 2주간격으로 조사하였으며 총8회 조사하였고, 채집시간은 곤충의 활동이 활발한 13시에서 15시까지로 하였다. 우천시는 채집일이 하루 연기되었다.

다. 자료분석

자료분석은 각 조사구에서 발생한 절지동물을 해충류, 비해충류, 천적류로 구분하

여 각각의 시기별 발생량을 파악하여 농약살포구와 무살포구, 이앙구와 직파구에서 발생 시기별로 조사구의 종다양도, 우점도, 균등도, 유사도 등을 분석함으로써 군집구조의 변화양상을 파악한다.

라. 설문 조사 방법

농가별 수도작 관리현황, 발생병해충 인지도 파악 및 농약 사용실태를 파악하기 위하여 설문서를 작성하였다.

설문서의 내용은 (1) 수도작 관리현황 5문항 (2) 발생 병해충 인지도 파악 4문항 (3) 농약살포현황 18문항으로 구성하였다.

설문서의 조사지역은 경기 군포시 28농가(둔대동 17, 속달동 11)를 대상으로 하였다.

설문서는 개개 농가를 직접방문하여 청문, 완성하였는데 조사에 응한 농민의 연령 분포는 41세에서 50세 미만인 2명, 50세에서 60세 미만인 6명, 60세에서 70세미만이 9명, 70세이상인 11명으로 구성을 보였고, 평균연령은 64세 정도였으며, 성별로 구성은 남자 26명, 여자 2명이었다.

농민의 수도작 경작규모의 분포는 300에서 1000평미만이 5명, 1000에서 3000평미만이 9명, 3000평이상이 14명이었고, 평균 경작규모는 2700평 정도였다.

第 3 節 結果 및 考察

1. 벼포장 곤충상 군집분석

(표 4-1)은 1994년에 경기도 반월지역 수도농가포장의 벼줄기부에 서식하는 절지동물을 채집하여 그의 발생량을 해충류, 비해충류, 천적류의 생태학적 기능군으로 나누어 나타낸 것인데, 이들의 밀도(평균마리수/주)는 대체로 천적류, 해충류, 비해충류순이었다.

해충류의 밀도는 생활폐수 와 축산폐수 조사지에서 맑은물에 비해 다소 높게 나타났고, 천적류역시 같은 경향을 보여주었다.

표 4-1. 1994년 경기도 반월지역 벼포장내 곤충상의 기능군별 밀도

조사구	기능군	조 사 일			
		7/26	8/11	9/1	9/15
맑은물	해충류	0.32	2.04	0.30	0.87
	비해충류	0.53	0.33	0.16	1.13
	천적류	0.60	0.93	0.77	1.90
	합계	1.45	3.30	1.23	3.90
생활폐수	해충류	0.50	2.83	1.03	0.50
	비해충류	0.63	0.30	0.16	0.03
	천적류	0.63	3.26	3.13	2.70
	합계	1.76	6.39	4.32	3.23
축산폐수	해충류	0.84	0.66	0.66	0.59
	비해충류	0.37	0.10	1.47	0.16
	천적류	0.96	2.79	3.00	2.09
	합계	2.17	3.55	5.13	2.84

전체밀도에 있어서는 생활폐수와 축산폐수 조사지에서 맑은물 조사지에 비해 높은 밀도를 나타냈고, 그들의 밀도변동은 조사 초기의 7월하순밀도는 비슷하였으나 8월과 9월에 생활폐수와 축산폐수 조사지에서 상대적으로 높은 밀도를 나타내고 있었고, 9월중순경에는 세 조사지의 밀도가 비슷하게 나타났다<그림 4-1>.

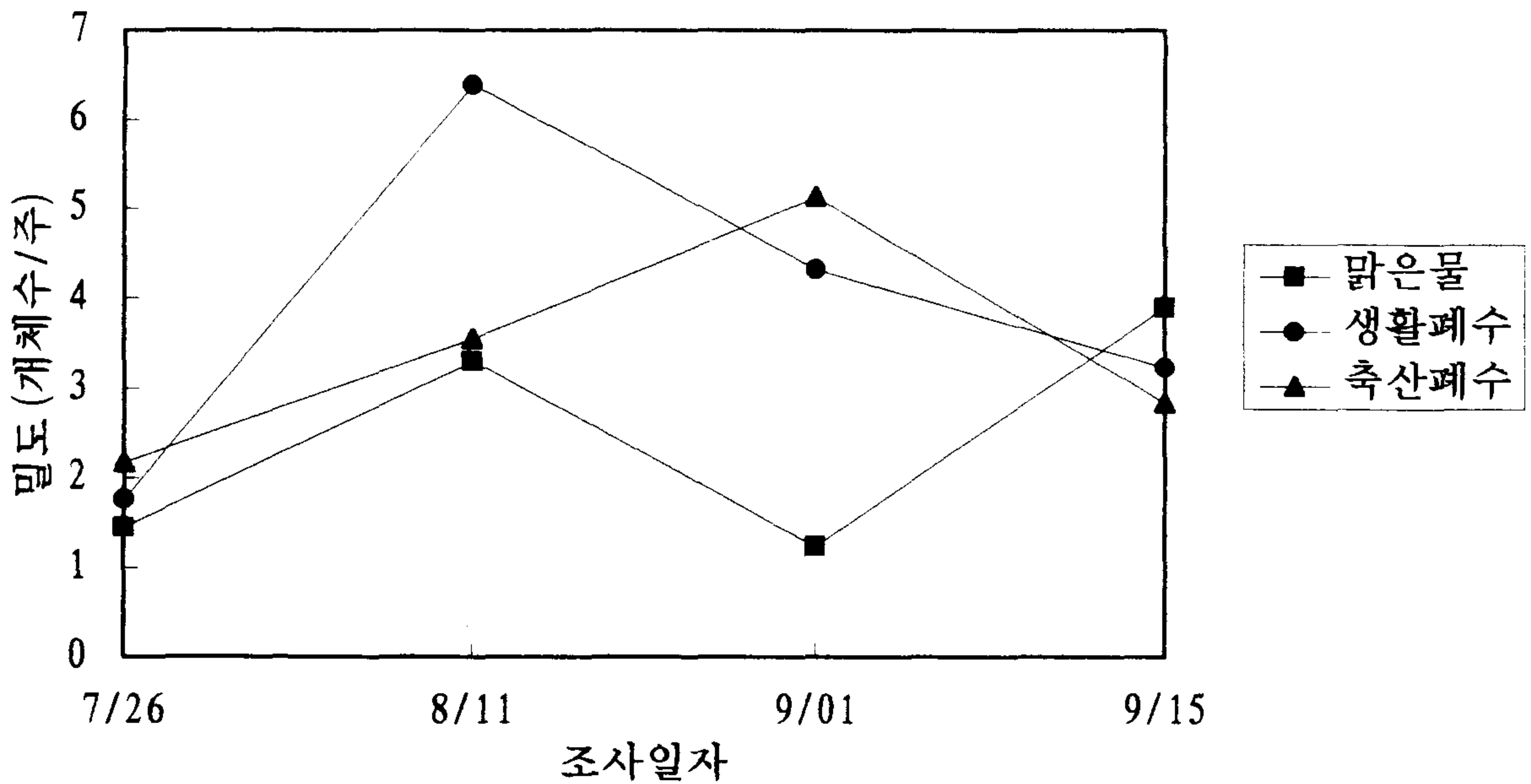


그림 4-1. 1994년도 경기도 반월지역 벼포장내 곤충상의 전체밀도변동

(표 4-2)는 맑은물 조사지에서 곤충상을 나타낸것인데, 해충류는 전체적으로 낮은 밀도를 보였는데 주된 해충은 애멸구, 벼멸구, 딱정벌레류(식식성)순이었으며 벼물바구미는 7월하순경에는 낮은밀도로 조사되었으나 이후에는 채집되지 않았다. 천적류는 거미류를 제외한 나머지 천적들이 아주 낮은밀도를 보였으며 비해충류는 모기붙이류가 우점군이였다.

(표 4-3)은 생활폐수 조사지에서 곤충상을 나타낸것인데 딱정벌레류(식식성), 끝동매미충, 애멸구등이 주된 해충이었으며, 벼물바구미는 낮은밀도였지만 9월중순까지 계속에서 조사되었고 벼멸구의 밀도는 낮게 나타났다. 천적류에 있어서는 거미류의 밀도가 주당 3마리정도로 높게 나타나고 있고 맑은물에서 보이지 않았던 기생봉이 낮은밀도로 조사되었다. 비해충류에서는 모기붙이류가 우점군을 이루고 있었고 파리류도 간간히 조사되었다.

(표 4-4)는 축산폐수 조사지에서 곤충상을 나타낸것인데, 해충류는 벼물바구미의 밀도가 다른 조사지에 비해서 상당히 높고 조사기간 내내 나타나고 있고, 딱정벌레류(식식성), 끝동매미충, 흰등멸구, 애멸구, 노린재류(식식성), 나방류, 응애류등 다소 많은 해충들이 조사되었다. 천적류에서는 거미류의 밀도가 주당 2마리정도로 나타나고 있고 반날개류의 밀도가 그다음을 차지하고 있었다. 비해충류에서는 다른 조사지와 마찬가지로 모기붙이류가 우점군을 형성하고 있었다.

표 4-2. 1994년 경기도 반월지역 맑은물 벼포장의 곤충상 (마리/주)

구 분				조 사 일						
				7/26	8/11	9/1	9/15			
해	벼	멸	구	0.03	0.07	0.03	0.30			
	흰	등	멸	구	0.03	0.03	0.00	0.03		
	애	멸	구	0.20	1.77	0.07	0.27			
	번	개	매	미	총	0.00	0.00	0.00		
	끝	동	매	미	총	0.00	0.07	0.00	0.03	
	총	딱	정	벌	레	류 (식식성)	0.03	0.03	0.07	0.17
		매	뚜	기	류	0.00	0.00	0.00	0.00	
	류	진	덧	물	류	0.00	0.00	0.03	0.00	
		노	린	재	류 (식식성)	0.00	0.07	0.10	0.07	
		응	애	류	0.00	0.00	0.00	0.00		
나		방	류	0.00	0.00	0.00	0.00			
	벼	물	바	구	미	0.03	0.00	0.00	0.00	
	거	미	류	0.57	0.90	0.70	1.77			
천	기	생	붕	류	0.00	0.00	0.00	0.00		
	무	당	벌	레	0.00	0.00	0.07	0.00		
	잠	자	리	류	0.00	0.00	0.00	0.00		
	적	소	금	쟁	이	0.03	0.00	0.00	0.10	
	류	개	미	류	0.00	0.00	0.00	0.00		
		반	날	개	류	0.00	0.03	0.00	0.00	
		노	린	재	류 (포식성)	0.00	0.00	0.00	0.03	
비	모	기	불	이	류	0.40	0.03	0.03	0.00	
	해	파	리	류	0.13	0.00	0.00	0.03		
	총	특	토	기	류	0.00	0.07	0.00	0.87	
	류	기	타	0.00	0.23	0.13	0.23			

표 4-3. 1994년 경기도 반월지역 생활폐수 벼포장의 곤충상 (마리/주)

구 분	조 사 일			
	7/26	8/11	9/1	9/15
벼 멸구	0.10	0.03	0.00	0.00
흰 등 멸구	0.07	0.10	0.23	0.07
애 멸구	0.00	2.00	0.20	0.07
해 번 개 매 미 충	0.00	0.00	0.00	0.00
끝 동 매 미 충	0.07	0.13	0.23	0.03
총 딱 정 벌 레 류 (식식성)	0.20	0.17	0.20	0.27
매 뚜 기 류	0.00	0.00	0.00	0.00
류 진 덧 물 류	0.00	0.00	0.00	0.00
노 린 재 류 (식식성)	0.03	0.03	0.07	0.00
응 애 류	0.00	0.00	0.00	0.00
나 방 류	0.03	0.07	0.00	0.03
벼 물 바 구 미	0.00	0.30	0.10	0.03
거 미 류	0.53	3.20	3.07	2.20
기 생 봉 류	0.10	0.00	0.03	0.00
천 무 당 벌 레	0.00	0.00	0.00	0.00
적 잠 자 리 류	0.00	0.00	0.00	0.00
류 소 금 쟁 이	0.00	0.03	0.00	0.00
개 미 류	0.00	0.03	0.03	0.00
반 날 개 류	0.00	0.00	0.00	0.40
노 린 재 류 (포식성)	0.00	0.00	0.00	0.10
비 모 기 불 이 류	0.30	0.17	0.03	0.00
해 파 리 류	0.33	0.00	0.03	0.00
총 톱 토 기 류	0.00	0.00	0.00	0.00
류 기 타	0.00	0.13	0.10	0.03

표 4-4. 1994년 경기도 반월지역 축산폐수 벼포장의 곤충상 (마리/주)

구 분	조 사 일			
	7/26	8/11	9/1	9/15
벼	0.10	0.00	0.00	0.00
흰 등	0.20	0.07	0.10	0.00
애	0.07	0.17	0.10	0.00
해	0.00	0.00	0.00	0.00
번 개	0.00	0.00	0.00	0.00
미	0.00	0.00	0.00	0.00
충	0.07	0.03	0.13	0.03
끝 동	0.07	0.03	0.13	0.03
총	0.17	0.20	0.07	0.20
딱 정	0.17	0.20	0.07	0.20
별 레 류 (식식성)	0.17	0.20	0.07	0.20
메	0.00	0.00	0.00	0.03
뚜 기 류	0.00	0.00	0.00	0.03
류	0.00	0.00	0.00	0.00
진	0.00	0.00	0.00	0.00
딧 물 류	0.00	0.00	0.00	0.00
노	0.13	0.03	0.00	0.20
린 재 류 (식식성)	0.13	0.03	0.00	0.20
응	0.00	0.03	0.13	0.10
애 류	0.00	0.03	0.13	0.10
나	0.03	0.03	0.03	0.00
방 류	0.03	0.03	0.03	0.00
벼	0.07	0.10	0.10	0.03
물 바 구 미	0.07	0.10	0.10	0.03
거	0.90	2.23	2.80	1.90
미 류	0.90	2.23	2.80	1.90
기	0.03	0.03	0.00	0.00
생 봉 류	0.03	0.03	0.00	0.00
천	0.00	0.00	0.00	0.03
무 당	0.00	0.00	0.00	0.03
별 레	0.00	0.00	0.00	0.03
류	0.00	0.00	0.00	0.00
적	0.00	0.00	0.00	0.00
잠 자 리 류	0.00	0.00	0.00	0.00
소	0.03	0.00	0.00	0.00
금 쟁 이	0.03	0.00	0.00	0.00
류	0.00	0.00	0.00	0.00
개 미 류	0.00	0.00	0.00	0.00
반	0.00	0.53	0.20	0.13
날 개 류	0.00	0.53	0.20	0.13
노	0.00	0.00	0.00	0.03
린 재 류 (포식성)	0.00	0.00	0.00	0.03
비	0.20	0.07	0.07	0.00
모 기 불 이 류	0.20	0.07	0.07	0.00
해	0.10	0.03	0.00	0.03
과 리 류	0.10	0.03	0.00	0.03
총	0.00	0.00	1.33	0.13
류	0.00	0.00	1.33	0.13
기	0.07	0.00	0.07	0.00
특 토 기 류	0.07	0.00	0.07	0.00
기	0.07	0.00	0.07	0.00
타	0.07	0.00	0.07	0.00

(표 4-5)는 1995년에 경기도 반월지역 수도농가포장의 벼줄기부에 서식하는 절지동물을 채집하여 그의 발생량을 해충류, 비해충류, 천적류의 생태학적 기능군으로 나누어 나타낸 것이다.

그들의 밀도순위는 해충류, 비해충류, 천적류순으로 나타났는데, 축산폐수 조사지에서 해충류의 발생이 두드러지게 나타났으며 맑은물조사지에서 해충류의 밀도는 조사시기에 따라 상당히 변동이 심함을 알수 있었다. 비해충류는 생활폐수 조사지에서 높게 나타났으며 천적류의 밀도는 맑은물 조사지에서 다소 높은밀도를 보였다.

표 4-5. 1995년 경기도 반월지역 벼포장내 곤충상의 기능군별 밀도(마리/주)

조사구	기능군	조사일							
		6/ 21	7/ 6	7/ 22	8/ 3	8/ 18	8/ 31	9/ 15	9/ 29
맑은물	해충류	0.0	4.3	0.1	7.6	3.1	2.2	9.3	16.5
	비해충류	8.0	7.1	2.2	3.7	0.6	0.6	3.3	9.3
	천적류	0.2	1.0	6.0	1.6	1.2	1.2	2.8	3.7
	합계	8.2	12.2	8.3	12.9	4.9	4.0	15.4	29.5
생활폐수	해충류	7.6	5.5	0.4	2.7	2.0	3.5	7.4	7.8
	비해충류	3.6	3.5	3.2	2.6	1.6	2.1	2.2	3.5
	천적류	1.8	0.3	1.2	0.8	0.9	1.9	1.2	1.6
	합계	13.0	9.3	4.8	6.1	4.5	7.5	10.8	12.9
축산폐수	해충류	3.4	5.5	3.4	5.5	3.6	9.7	4.2	2.1
	비해충류	6.8	3.2	0.6	0.9	0.2	0.7	0.9	3.5
	천적류	0.4	0.3	0.5	1.7	0.4	3.0	0.9	0.8
	합계	10.6	9.0	4.7	12.3	4.8	5.8	5.7	11.3

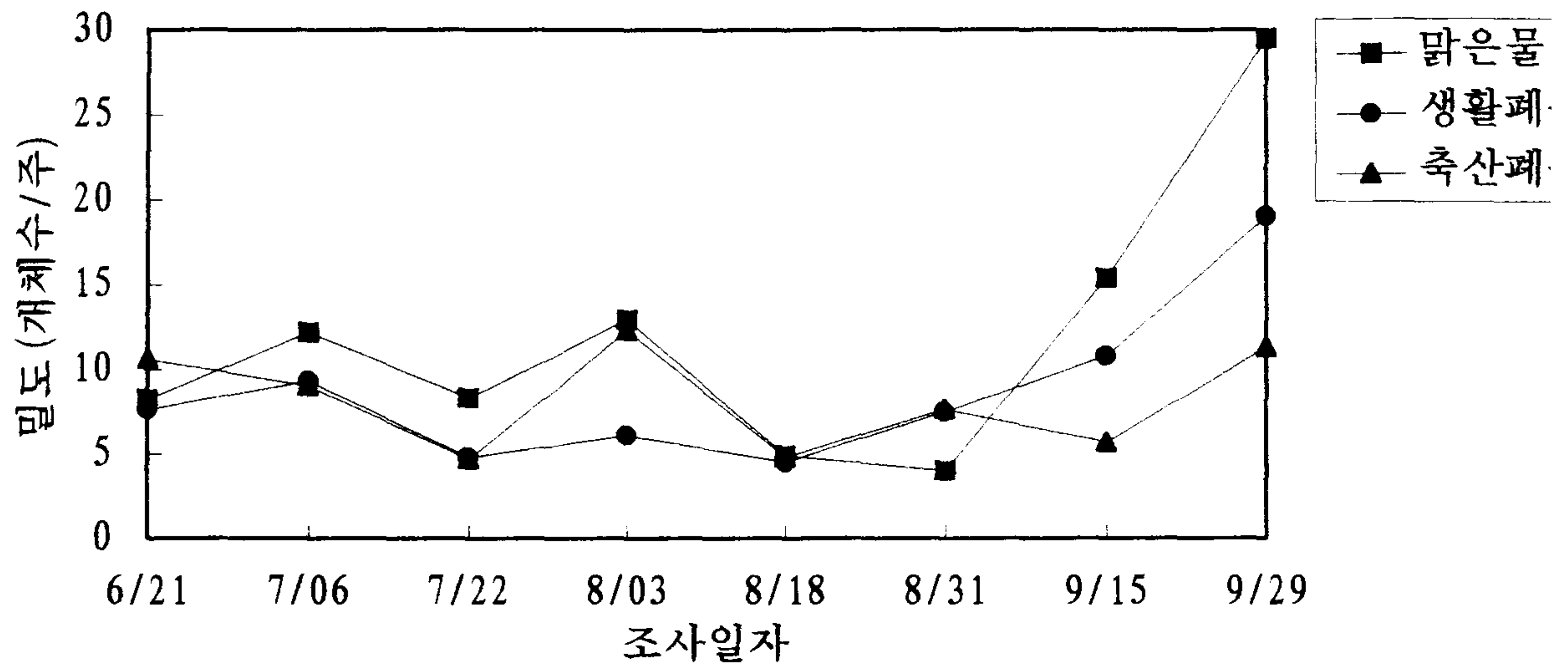


그림 4-2. 1995년도 경기도 반월지역 벼포장내 곤충상의 전체밀도변동

맑은물, 생활폐수구, 축산폐수 조사구의 전체적인 밀도변화는 주당 5개체이상의 밀도를 보이면서 비슷한 패턴을 보여주고 있는데, 반면 생활폐수 조사구에서 다른 조사구에 비해 조금 낮은 밀도를 보이고 있다. 9월 중순경부터는 세조사구에서 전체 밀도가 증가하는 경향을 보이고 있다.

(표 4-6)은 맑은물 조사지에서 곤충상을 나타낸것인데, 해충류에 있어서는 밀도순위가 벼멸구, 흰등멸구, 진딧물, 벼물바구미가 주요해충을 이루고 있었고, 벼멸구는 7월 하순경부터 발생이 조사되었고 9월말경에는 최고밀도를 나타내었으며, 벼물바구미는 낮은밀도를 나타내었다. 천적류에 있어서는 거미류가 우점군을 이루고 있었고, 이들은 해충의 밀도가 낮은 초기에는 낮은밀도를 보였지만 해충의 밀도가 증가함에 따라 밀도가 증가함을 보여주었다. 비해충류에서는 모기붙이류, 파리류가 우점군을 이루고 있었다.

(표 4-7)은 생활폐수 조사지에서 곤충상을 나타낸것인데, 해충류에 있어서는 멸구류와 벼물바구미, 나방류가 주요 해충이었고, 9월 하순경에 멸구류의 밀도가 증가함을 보여주었다. 천적류는 거미류, 기생봉류의 순으로 밀도를 보여주는데 맑은물 조사지에 비해 거미류의 밀도가 다소 낮게 나타났다. 비해충류에서는 맑은물 조사지와 비슷하게 모기붙이류, 파리류, 톱토기류가 우점군을 이루고 있었다.

(표 4-8)은 축산폐수 조사지에서 곤충상을 나타낸것인데, 해충류의 밀도는 벼물바구미, 흰등멸구, 딱정벌레류(식식성), 진딧물류 순이었고, 벼멸구의 밀도는 9월하순경을 제외하고는 낮은밀도를 보여주었으며, 벼물바구미의 밀도가 다른 조사지들에 비해 높게 나타났다.천적류에서는 거미류가 다른조사지들과 마찬가지로 대표적인 우점군이었으나 다소 낮은 밀도를 보여주었고, 비해충류에서는 모기붙이류, 파리류가 낮은 밀도를 나타내고 있었다.

표 4-6. 1995년 경기도 반월지역 맑은물 벼포장의 곤충상 (마리/주)

구 분	조 사 일							
	6/ 21	7/ 6	7/ 22	8/ 3	8/ 18	8/ 31	9/ 15	9/ 29
벼	0.0	0.0	0.1	2.7	0.2	0.4	1.7	7.1
흰 등	0.0	0.1	0.0	3.4	2.1	1.0	0.0	4.2
애	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	4.9	2.2
해	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
번 개	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.2
끝 동	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
총	0.0	0.5	0.0	0.3	0.2	0.0	1.5	0.1
딱정벌레류 (식식성)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
메	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	1.4
진	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.9
노	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
린	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
재	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
류 (식식성)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
응	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
애	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
류	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
나	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.3
방	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.3
류	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.3
벼	0.0	0.2	0.0	0.4	0.1	0.2	0.4	0.0
물	0.0	0.2	0.0	0.4	0.1	0.2	0.4	0.0
바	0.0	0.2	0.0	0.4	0.1	0.2	0.4	0.0
구	0.0	0.2	0.0	0.4	0.1	0.2	0.4	0.0
미	0.0	0.2	0.0	0.4	0.1	0.2	0.4	0.0
류	0.2	0.3	5.9	2.8	1.2	0.6	2.2	3.3
거	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
미	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
류	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
기	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
생	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
붕	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
류	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
천	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
무	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
당	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
벌	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
레	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
류	0.0	0.7	0.0	0.6	0.0	0.3	0.5	0.1
적	0.0	0.7	0.0	0.6	0.0	0.3	0.5	0.1
잠	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
자	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
리	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
류	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
개	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
미	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
류	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
반	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
날	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
개	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
류	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
노	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
린	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
재	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
류(포식성)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
비	5.4	5.1	1.8	0.7	0.2	0.2	0.3	3.5
해	1.2	1.4	0.1	0.8	0.3	0.4	2.8	5.6
총	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1
류	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1
기	1.4	0.6	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1
타	1.4	0.6	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1

표 4-7. 1995년 경기도 반월지역 생활폐수 벼포장의 곤충상 (마리/주)

구 분	조 사 일								
	6/ 21	7/ 6	7/ 22	8/ 3	8/ 18	8/ 31	9/ 15	9/ 29	
벼 멸구	0.0	0.0	0.0	1.4	0.1	0.9	1.5	7.1	
흰 등 멸구	0.0	0.3	0.1	0.1	0.8	0.5	2.9	4.2	
애 멸구	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	1.0	2.2	
해 변 개 매 미 총	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	
끝 동 매 미 총	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.9	0.2	
총 딱정벌레류 (식식성)	0.6	0.4	0.0	0.1	0.3	0.2	0.0	0.1	
메 뚜 기 류	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.3	0.1	0.0	
류 진 덧 물 류	68.8	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	1.4	
노 린 재 류 (식식성)	0.0	4.4	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.9	
응 애 류	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	
나 방 류	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	1.3	0.3	
벼 물 바 구 미	0.6	0.3	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	
거 미 류	0.6	0.3	0.5	0.7	0.9	1.2	0.7	3.3	
기 생 봉 류	1.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	
천 무 당 벌 레	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
적 잠 차 리 류	0.0	0.7	0.4	0.1	0.0	0.0	0.3	0.1	
류 소 금 쟁 이	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
개 미 류	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.1	0.0	
반 날 개 류	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	
노 린 재 류 (포식성)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
비 모 기 불 이 류	2.0	2.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.1	3.5	
해 과 리 류	0.2	1.0	0.9	0.7	0.3	1.0	1.3	5.6	
총 특 토 기 류	0.2	0.0	1.3	0.8	0.0	0.0	0.5	0.1	
류 기 타	0.0	0.5	1.0	0.4	0.1	1.1	0.3	0.1	

표 4-8. 1995년 경기도 반월지역 축산폐수 벼포장의 곤충상 (마리/주)

구 분	조 사 일							
	6/ 21	7/ 6	7/ 22	8/ 3	8/ 18	8/ 31	9/ 15	9/ 29
벼	0.0	0.0	0.1	0.7	0.0	0.7	0.5	1.1
회 등	0.0	0.3	0.3	2.4	0.1	0.1	0.3	0.1
애	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4
해	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
번 개 매 미	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
총	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	2.0
끝 동 매 미	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	2.0
총	0.0	0.4	0.3	0.8	0.6	0.5	0.2	0.3
딱정벌레류 (식식성)	0.0	0.4	0.3	0.8	0.6	0.5	0.2	0.3
메뚜기류	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.3	0.8	0.6
류	3.0	4.4	0.4	0.0	0.3	0.0	0.3	1.7
진딧물류	3.0	4.4	0.4	0.0	0.3	0.0	0.3	1.7
노린재류 (식식성)	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1
응애류	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3	0.6
나방류	0.0	0.1	0.5	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1
벼물바구미	0.4	0.3	1.8	5.5	2.7	0.2	0.2	0.0
거미류	0.2	0.0	0.4	1.6	0.5	2.5	0.7	0.5
기생봉류	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
천	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0
무당벌레	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0
적	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1
총	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
류	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
개미류	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
반날개류	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
반날개류	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
노린재류 (포식성)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
비	5.4	2.0	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	2.3
해	0.4	1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.9	0.6
총	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
류	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
기	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.6
기	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.6

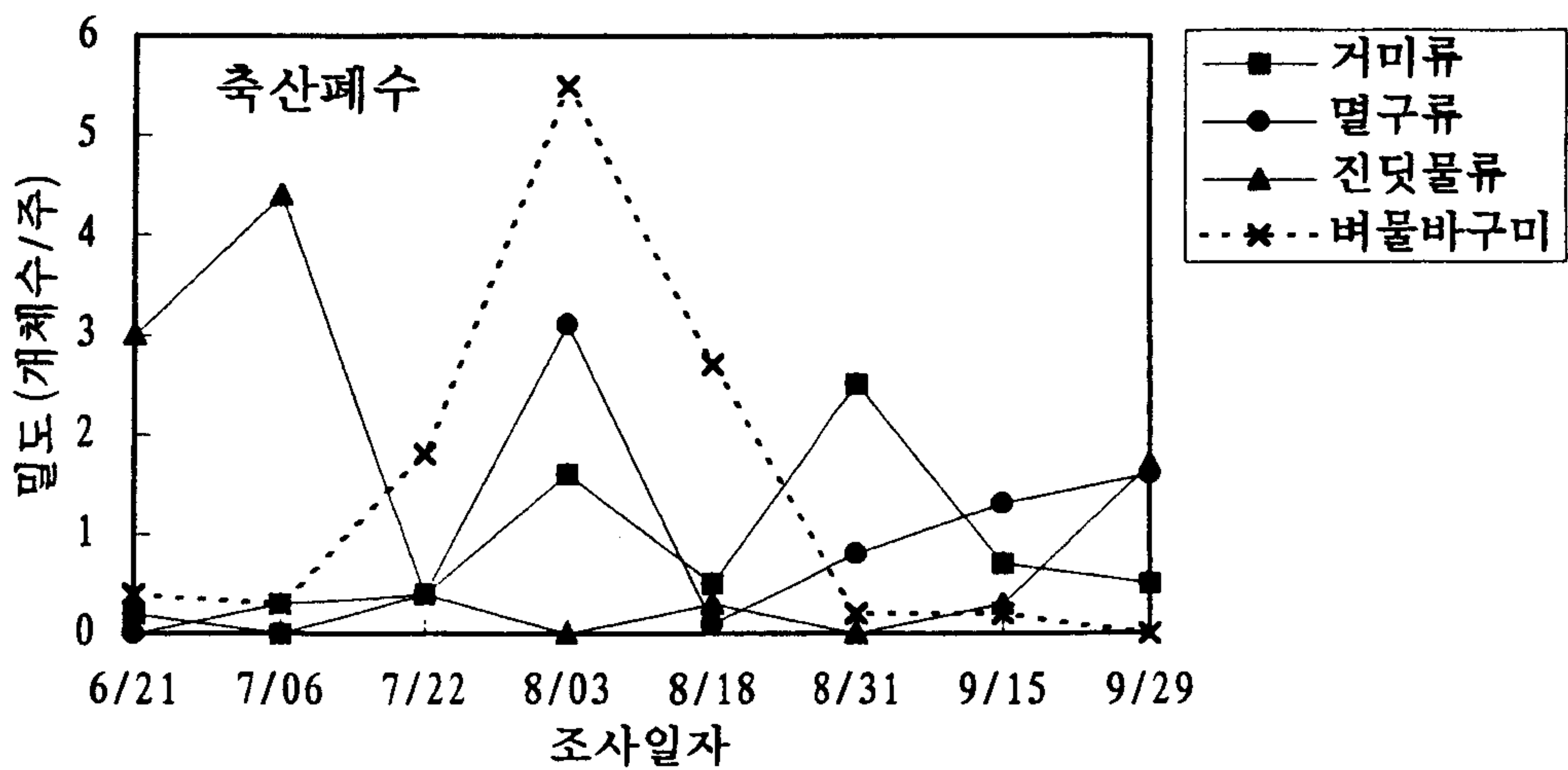
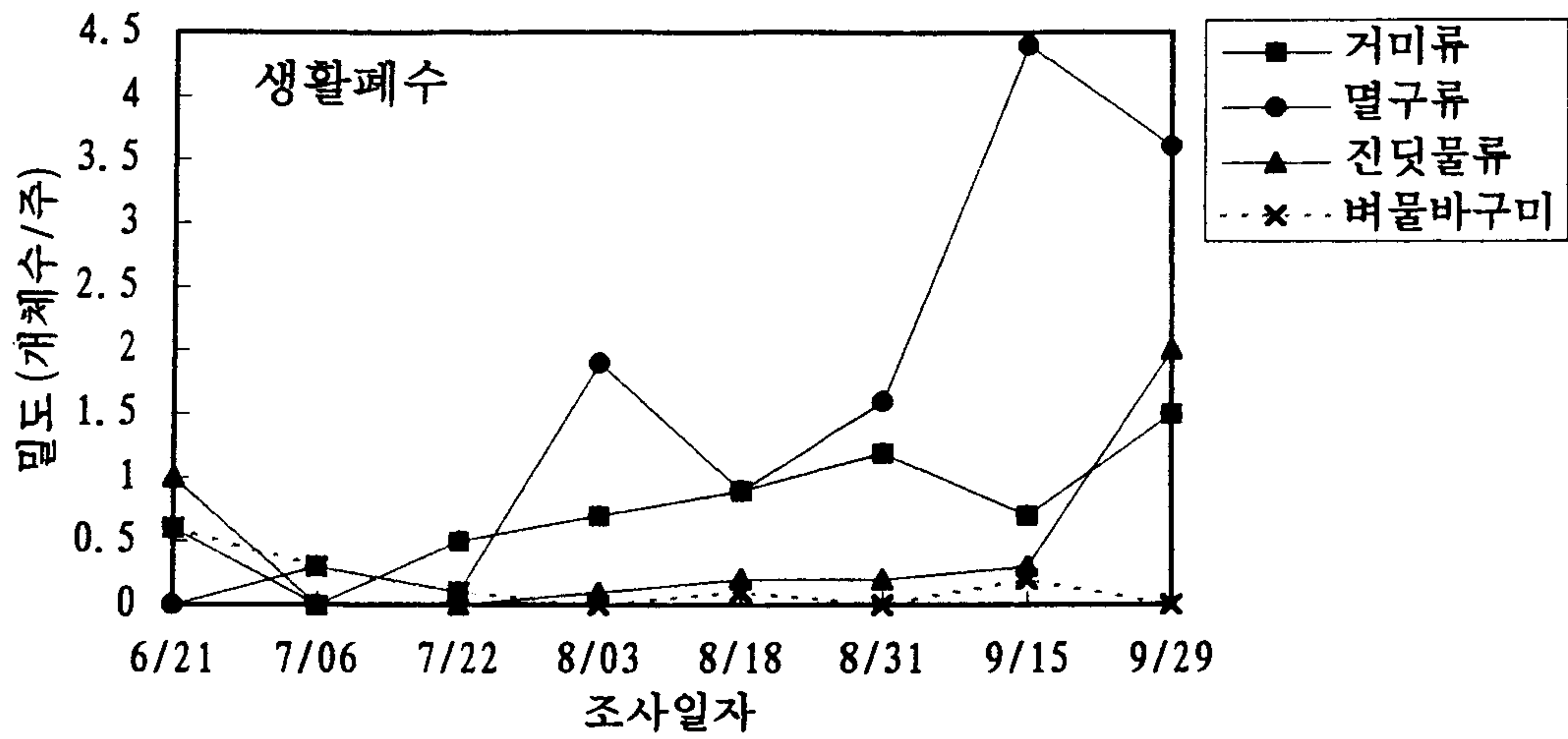
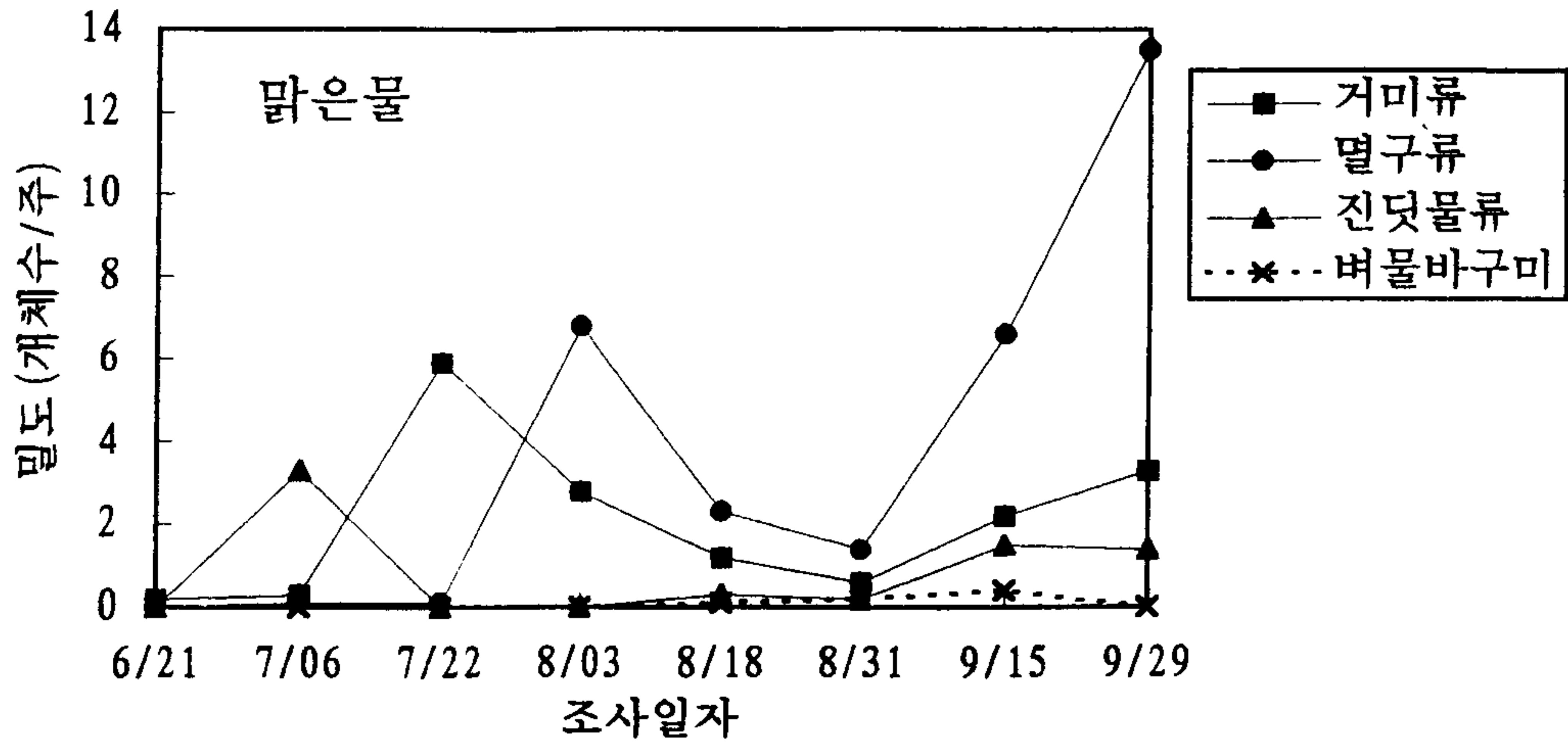


그림 4-3. 경기도 반월지역 세조사지 벼포장의 거미류 대 주요해충 밀도변동

<그림 4-3>은 천적류대 주요해충간의 밀도변동을 살펴본것인데 세 지역에서 멸구류의 발생은 전형적인 패턴을 따르고 있으며 특히 맑은물 조사구에서 멸구류의 밀도가 높게 나타났다. 7월중순과 8월에 전체적인 밀도가 낮게 나타난 것은 장마로 인해 대부분의 해충이 죽거나 혹은 다른 지역으로 이동한 때문으로 풀이된다. 맑은물 조사구에서 주요천적인 거미류는 멸구류의 발생소장과 그 패턴을 같이 함을 알수 있다.

생활폐수구에서도 맑은물 조사구와 마찬가지로 멸구류는 두 번의 발생피크를 보이고 있으며 천적인 거미류는 벼의 생육이 진전됨에 따라 밀도도 서서히 증가 9월말이 되면 최대가 됨을 알 수있다. 생활폐수구나 축산폐수구는 부영양화의 정도가 심하여 진딧물의 발생도 맑은물 조사지보다 높음을 알 수있다. 벼물바구미의 경우에도 생활폐수구와 축산폐수구에서 높은 밀도를 유지하고 있음을 알 수있다.

축산폐수구에서는 벼물바구미의 밀도가 특히 높게 나타나는데 이는 이곳의 주택과 야산으로부터 밀집해 있어 월동한 바구미가 대거 이동한 것으로 풀이되며, 실제적으로 축산폐수구는 약제살포가 전혀 이루어지지 않고 있으며 바구미를 섭식하는 천적은 절지동물에서는 찾을 수가 없고 척추동물로서 양서류인 개구리나 두꺼비 정도를 설정할 수있는데 농약의 살포로 이들 천적들의 밀도가 아주 낮게 유지되고 있어 이들에 의한 벼물바구미의 밀도억제능력은 극히 미미하다고 할 수있다. 8월말이 후에 바구미의 밀도가 아주 낮게 유지되는 원인은 발생 2세대에 접어든 바구미가 월동처나 새로운 서식처를 찾아 다른 곳으로 대거 이동하기 때문으로 풀이된다. 8월 3일에서 3가지 해충의 밀도가 매우 높은 것은 온도와 습도 그리고 일사량이 이들의 생태에 가장 알맞게 작용하기 때문이며 이때 이미 벼는 발육최성기에 달해있어 생태학적으로도 아주 안정된 상태로 조성되어 있기 때문이다.

2. 설문조사 결과

가. 수도작 관리현황

농가별로 조사한 수도작 관리현황을 차례로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 벼를 재배한 경력은 최저 20년에서 최고 60년까지였으며, 평균 46년 이었고, 대부분의 농민이 18세 이후부터 계속 벼 농사를 짓고 있었다.

(2) 벼를 재식하는데 사용하는 방법은 전부 중모 기계이상을 사용하였다.

(3) 벼를 재배하는데 있어서 중요하다고 생각되는것들에 관한 설문에서는 표 4-9에서 보는 바와 같이 13명(46.4%)이 물관리가 가장 중요하다고 생각했고, 그다음순으로 잡초방제 8(28.6%), 병,해충방제 5(17.9%), 기타 2(7.1%)순이었다.

표 4-9. 벼를 재배하는데 있어서 가장 중요하다고 생각되는것은 ?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
물 관리	13	46.4
잡초방제	8	28.6
병, 해충방제	5	17.9
기 타	2	7.1
합 계	28	100

(4) 최근에 논에 대한 투자는 어떻게 되고 있고 있는가에 대한 설문에는 표 4-10에서 보는바와 같이 예전에 비해서 더 많이 투자가 된다가 16명(57.1%)이 대답해 가장 많았고, 예전보다 적게 투자한다는 8명(28.6%), 예전과 다를 바 없다는 4명(14.3%)순이었다.

표 4-10. 최근에 논에 대한 투자는 어떻게 되고 있는가?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
더 많이 투자한다	16	57.1
적게 한다	8	28.6
예전과 다를바 없다	4	14.3
합 계	28	100

5) 벼를 재배하는데 농약은 1년에 몇회정도 살포하는가라는 설문에는 표 4-11에서 보는바와 같이 3 - 4회가 15명(53.6%)로 가장 많았고, 2회가 8명(28.6%), 1회이하

가 3명(10.7%)으로 나타났으며 7 - 8회도 1명, 잘모르겠다는 무응답도 1명 있었다.

표 4-11. 벼를 재배하는데 농약은 1년에 몇회 정도 살포하는가?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
3 - 4 회	15	53.6
2 회	8	28.6
1회 이하	3	10.7
7 - 8 회	1	3.6
잘모르겠다	1	3.6
합 계	28	100

나. 발생 병해충 인지도 파악

발생 병해충에 대한 인지도파악에 대한 설문 결과는 다음과 같다.

(1) 많이 발생하는 병해충들에 대한 직접 육안 관찰후 구별가능한것들에 대한 조사결과는 (표4-12)와 같이 잎도열병, 이삭도열병, 문고병, 벼멸구, 이화명 나방, 벼물바구미에 대해서는 85%이상이 구별가능하다고 대답했다.

그리고 아래 19개 종류의 병해충 중에서 인지도가 100 - 80%를 아는 농민은 3명, 80 -60%정도를 아는 농민은 11명, 60 - 40%정도를 아는 농민은 12명으로 나타났고, 40%이하는 2명으로 나타났다.

표 4-12. 많이 발생하는 병해충들을 직접 관찰한 후 구별 가능한것들을 표시하면?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
잎도열병	28	100
이삭도열병	26	93
문고병	28	100
흰잎마름병	19	68
세균성알마름병	1	4
모잘록병	7	25
키다리병	4	14
오갈병	2	7
벼멸구	26	93
흰등멸구	24	86
애멸구	12	43
흑명나방	19	68
이화명나방	24	86
멸강나방	11	39
벼 잎벌레	12	43
벼물바구미	24	86
벼줄기굴파리	14	50
벼애잎굴파리	8	29
끝동매미충	13	46

(2) 병해충들을 구별하실줄 아시면 어떤 경로를 통해서 배웠는가라는 설문에는 (표 4-13)에서 처럼 농촌지도소으로 부터가 15(53.6%)명으로 가장 많았고, 그다음으로 이웃주민이 11명(39.3%), 경험으로가 8명(28.6%), 라디오나 TV 를 통해서 1명(4%), 잘모르겠다가 1명(4%)으로 나타났다.

표 4-13. 병해충들을 구별 하실줄아시면 어떤 경로를 통해서 배웠는가 ?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
농촌 지도소	15	53.6
이웃주민	11	39.3
경험으로	8	28.6
라디오, TV	1	4
잘모르겠다	1	4

(3) 최근에 가장 문제가 되는 병해충은 어떤 것들이 있는가라는 질문에 표 4-14와 같이 문제가 되는게 별로 없다라고 7명(25%)이 응답했고, 문제가 되는 병해충이 있다는 응답한 사람은 21(75%)명 이었다. 문제가 된다고 대답한 사람들중에 해충에서는 벼물바구미 7명(25%), 이화명충 4명(14%), 흑명나방 4명(14%), 벼멸구 2명(7%) 순이었고, 병에서는 도열병 7명(25%), 문고병 3명(11%), 흰잎마름병 2명(7%), 세균성벼알마름병 1명(4%)순이었다. 그리고 제때에 방제하면 해결할 수있다고 1명(4%)이 응답했고, 잡초가 문제가 된다고 1명(4%)이 답했다.

표4-14. 최근에 가장 문제가 되는 병해충은 어떤 것들이 있는가 ?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
벼물바구미	7	25
이화명충	4	14
흑명나방	4	14
벼멸구	2	7
도열병	7	25
문고병	3	3
흰잎마름병	2	2
세균성알마름병	1	1
잡초	1	1
제때에 하면 방제가능하다	1	1
문제가 되지 않는다	7	25

(4) 논에 사는 곤충 중에는 해충을 자연상태에서 방제하는데 유용한 천적들도 많은데 아는것이 있다면 어떤것들이 있는가라는 질문에 (표 4-15)에서와 같이 잘모른다는 응답은 7명(25%)이었고, 유용천적을 알고 있는경우는 21명(75%)이었다. 천적들중에서 거미류 20명(71%), 잠자리류 14명(50%), 사마귀류 7명(25%), 딱정벌레 7명(25%), 물방개 7명(25%), 소금쟁이 5명(18%), 장구애비, 기생벌, 개구리 4명(14%), 노린재 2명(7%)순으로 나타났다. 그리고 아래의 10 종류의 천적들에 대해서 인지도 범위는 100 - 80%가 4명, 80 - 60%가 2명, 60 - 40%가 2명, 40%이하가 13명으로 나타났다.

표 4-15. 논에 사는 곤충 중에는 해충을 자연상태에서 방제하는데 유용한 천적들도 많은데 아는것이 있다면 어떤것이 있는가 ?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
거미류	20	71
잠자리류	14	50
사마귀류	7	25
딱정벌레(포식성)	7	25
물방개	7	25
소금쟁이	5	18
장구애비	4	14
기생벌	4	14
개구리	4	14
노린재(포식성)	2	7
잘모른다	7	25

다. 농약살포현황 파악

농가별로 조사한 농약 살포에 관한 결과는 다음과 같다.

(1) 농약을 뿌리려고 할때 어떻게 결정하는가라는 설문(표 4-16)과 같이 직접 관찰에 의존한다가 28명(100%), 경험으로 4명(14%), 농촌지도소 1명(4%), 이웃주민 1명(4%)으로 나타났다.

표 4-16. 농약을 뿌리려고 할때 어떻게 결정하는가?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
직접관찰후	28	100
경험으로	4	14
농촌지도소	1	1
이웃주민	1	1

(2) 농약의 종류는 어떻게 선택합니까? 라는 설문(표 4-17)과 같이 무슨 병해충의 발생이 많으니 그에 맞는 약을 달라고 한다가 20명(71%), 본인이 구입시 무슨약을 달라고 한다가 16명(57%), 농약상이나 농협에서 권하는약을 구입한다가 6명(21%), 농촌지도소의 권유가 5명(18%), 잘팔리는약을 달라고 한다가 1명(4%)으로 나타났다.

표 4-17. 농약의 종류는 어떻게 선택하는가 ?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
병해충에 맞는 약을 달라고 한다	20	71
본인이 직접 무슨약을 달라고 한다	16	57
농약상이나 농협에서 권하는 약을 산다	6	21
농촌지도소에서 권하는약	5	18
잘팔리는 약을 달라고 한다	1	4

(3) 구입한 약제를 대상 병해충에 살포하여 방제가 잘 안될 경우에는 어떻게 하는 가라는 설문에 표 4-18과 같이 약제의 농도를 높여서 다시 살포한다가 12명(46.2%), 그러한 경우가 없었다가 6명(23.1%), 지도소에 문의한다가 4명(15.4%), 구입농약상에 문의한다가 2명(7.7%), 이웃주민에게 물어본다가 1명(3.8%), 무응답 2명, 기타 1명으로 나타났다.

표 4-18. 구입한 약제를 대상 병해충에 살포하여 방제가 잘 안될 경우에는 어떻게 하는가 ?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
약제의 농도를 높여서 다시 살포한다	12	46.2
그러한 경우가 없었다	6	23.1
지도소에 문의한다	4	15.4
구입농약상에 문의한다	2	7.7
이웃주민에게 물어본다	1	3.8
기 타	1	3.8
무 응 답	2	7.7

(4) 2가지 이상 농약을 한번에 같이 사용한 경험이 있는가라는 설문에 (표 4-19)와 같이 혼용의 경험이 있다가 25명(89.3%), 그러한 적이 없다가 3명(10.7%)으로 나타났다.

표 4-19. 2가지 이상 농약을 한번에 같이 사용한 경험이 있는가 ?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
혼용한 경험이 있다	25	89.3
혼용한 경험이 없다	3	10.7

(5) 혼용경험이 있다면 1년에 몇해정도를 살포하는가라는 설문에 (표 4-20)와 같이 1년에 3-4회가 11명(44%), 2회가 6명(24%), 1회가 6명(24%), 5회이상 1명(4%), 상황에 따라서가 1명(4%)으로 나타났다.

표 4-20. 혼용경험이 있다면 1년에 몇해정도를 살포하는가 ?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
3 - 4 회	11	44
2 회	6	24
1회 이하	6	24
5 회이상	1	4
상황에 따라	1	4

(6) 만약 2가지 이상의 농약을 섞어서 사용하셨다면 사용방법은 누구로 부터 배웠는가라는 질문에 (표 4-21)과 같이 농약살포노력이 덜 들어서가 20명(71%), 써보니까 효과가 있어서 13명(46%), 이웃주민이 사용하니까 6명(21%), 지도소의 권유로 6명(21%), TV나 책을보고 1명(4%), 농약회사의 혼용표를 보고 1명(4%)순으로 나타났다.

표 4-22.만약 2가지 이상의 농약을 섞어서 사용하셨다면 사용방법은 누구로 부터 배웠는가 ?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
농약 살포노력이 덜들어서	20	71
써보니까 효과가 있어서	13	46
이웃주민이 사용하니까	6	21
지도소의 권유로	6	21
TV나 책을보고	1	4
농약회사의 혼용표를 보고	1	4

(7) 만약 혼용경험이 있다면 최고 몇가지 약제를 섞어서 살포했는가라는 질문에 (표 4-23)과같이 2가지 약제를 혼용한다가 17명(70.8%), 3가지 7명(29.2%), 잘모르겠다 1명(4%)으로 나타났다.

표 4-23. 만약 혼용경험이 있다면 최고 몇가지 약제를 섞어서 살포했는가?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
2가지	17	70.8
3가지	7	29.2
잘모르겠다	1	4

(8) 농약을 섞어쓰면 효과가 있는가라는 질문에 (표 4-24)와 같이 효과가 있다가 19명(79.2%), 그저그렇다 4명(16.7%), 효과가 없다가 1명(4.2%)으로 나타났다.

표 4-24. 약을 섞어쓰면 효과가 있는가 ?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
있다	19	79.2
그저 그렇다	4	16.7
없다	1	4.2

(9) 농약살포는 누가 하는가라는 질문에 (표 4-25)와 같이 직접한다가 20명(74.1%), 가족이 모두한다 6명(22.2%), 인부를 고용하여 한다 1명(3.7%)로 나타났다.

표 4-25. 농약살포는 누가 하는가?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
직접한다	20	74.1
가족이 모두한다	6	22.2
인부를 고용하여 한다	1	3.7

(10) 1회 농약살포시의 농약대, 장비운용비 및 기타 비용을 포함하여 비용은 얼마 정도 인가 라는 질문에 (표 4-26)에서와 같이 10 - 15만원미만이 13명(46.4%), 5 - 10만원미만이 9명(32.1%), 5만원 미만이 3명(10.7%), 잘모르겠다 3명(10.7%)으로 나타났다.

표 4-26. 1회 농약살포시의 농약대, 장비운용비 및 기타 비용을 포함하여 비용은 얼마정도?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
5만원미만	3	10.7
5만원이상 - 10만원미만	9	32.1
10만원미만 - 15만원 이상	13	46.4
잘모르겠다	3	10.7

(11) 현재 농약살포하는 양이나 회수가 적당한가라는 질문에 (표 4-27)과 같이 적당하다가 20명(74.1%), 많다 6명(22.2%), 다소많다 1명(3.7%)으로 나타났다.

표 4-27. 현재 농약살포하는 양이나 회수가 적당한가?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
적당하다	20	74.1
많다	6	22.2
다소 많다	1	3.7

(12) 많다고 생각하면 어느 약제를 줄여야 하는가라는 설문에 표 4-28과 같이 줄일 약제가 없다가 16명(57.1%), 줄일 약제가 있다가 12명(42.9%)으로 나타났고, 줄여야 한다는것에서 줄일 약제는 살충제 7명(58.3%), 제초제 2명(16.7%), 기타의견 2명(16.7%), 살균제 1명(8.3%)으로 나타났다.

표 4-28. 많다고 생각하시면 어느 약제를 줄여야 하는가

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
줄일 약제가 없다	16	57.1
줄일 약제가 있다	12	42.9
살충제	7	22.2
제초제	2	3.7
기 타	2	
살균제	1	

(13) 현재 농약살포와 관련되어 가장 문제가 된다고 생각하는가라는 설문에 (표 4-29)에서와 같이 농약살포시 받을 수 있는 건강손실이 17명(61%), 방제, 노동력 부족 16(57%), 환경오염, 공해 10명(36%), 소비자가 싫어한다 7명(25%), 농약가격이 4명(14%)으로 나타났다.

표 4-29. 현재 농약살포와 관련되어 가장 문제가 된다고 생각하는가?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
농약살포시 받을 수 있는 건강손실	17	61
방제, 노동력 부족	16	57
환경오염, 공해	10	36
소비자가 싫어한다	7	25
농약가격	4	14

(14) 농약을 살포할때 가장 필요로 하는것이 있다면 어느것인가라는 설문에 (표 4-30)와 같이 대상 병해충에 대한 정보 7명(25%), 살포시기에 관한 정보 7명(25%), 잔류독성에 관한 정보 7명(25%), 살포농약에 관한 상세한 정보 4명(14%), 필요없다가 3명(11%)로 나타났다.

표 4-30. 농약을 살포할때 가장 필요로 하는것이 있다면 어느것인가?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
대상 병해충에 대한 정보	7	25
살포시기에 관한 정보	7	25
잔류독성에 관한 정보	7	25
살포농약에 관한 정보	4	14
필요없다	3	11

(15) 농약살포시 보호장구는 어떤것을 사용하는가라는 설문에 (표 4-31)과 같이 마스크가 21명(75%), 장화 18명(64%), 장갑 6명(21%), 착용안함 5명(18%), 방제복 2명(7%)으로 나타났고, 보호장구를 1가지만 한 경우는 4명, 2가지를 동시에 하는 경우는 15명, 3가지를 동시에 하는 경우는 3명, 4가지를 다 착용하는 경우는 1명으로 나타났다.

표 4-31. 농약살포시 보호장구는 어떤것을 사용하는가 ?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
착용안함	5	18
마스크	21	75
장화	18	64
장갑	6	21
방제복	2	7

(16) 농약 중독 경험은 있는가라는 설문에 표 4-32와 같이 중독경험이 없다가 18명(64.3%), 있다가 9명(32.1%), 무응답이 1명(4%)으로 나타났다.

표 4-32. 농약 중독 경험은 있는가?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
있다	9	32.1
없다	18	64.3
무응답	1	4

(17) 농약 중독경험이 있다면 해결은 어떻게 했는가라는 설문에 (표 4-33)과 같이 휴식 5명(55.6%), 약을 먹거나 바른다 2명(22.2%), 보건소나 병원을 찾아간다 2명(22.2%)으로 나타났다.

표 4-33. 농약 중독경험이 있다면 해결은 어떻게 했는가?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
휴 식	5	55.6
약을 바꾸거나 먹는다	2	22.2
보건소나 병원을 찾는다	2	22.2

(18) 농약은 어떤 방법으로 살포하는가라는 질문에 (표 4-34)와 같이 경운기 부착 분무기 23명(82.1%), 배부식 분무기 3명(10.7%), 손으로 2명(7.1%)으로 나타났다.

표 4-34. 농약은 어떤 방법으로 살포하는가 ?

항 목	농 가 수	농가수 비율(%)
경운기 부착 분무기	23	82.1
배부식 분무기	3	10.7
손으로	2	7.1

第 4 節 結論

농생태계 내에서 해충의 합리적 관리를 위해서는 해충발생의 원인을 구명하여 필요한 억제수단을 합리적으로 도입하여야 하며, 이를 위해서는 해충발생의 장(場)인 농생태계의 특성을 토대로 해충과 작물, 천적류, 기상조건, 관리방법 등과의 관계를 명백히하여 해충밀도를 경제적 피해수준이하로 억제해야 하며, 이때 방제 수단의 도입은 환경에 대한 부작용이 가장 적은 방향으로 활용하도록 해야 할 것이다(현 1994).

해충의 발생량은 직접 피해가 되는 요인의 하나로서 발생예찰의 중요한 사항이지만, 이것은 복잡한 요인에 지배되고 있으며, 그 해석은 어려운 일면을 지니고 있다. 환경저항에는 기상과 같은 물리적 요인과 천적과 같은 생물적 요인이 있는데, 양자는 상호관련하고 있다. 특히 수도 해충의 발생량 조절에 가장 중요한 역할을 하는 것은 인간에 의한 농약살포인데, 이는 해충발생의 직접적 억제라는 일면성만을 지니고 있어, 사실상 그 긍정적적 측면보다는 부정적인 측면에 관한 것들은 사소히 취급되어 왔다. 현재는 노동인건비의 상승으로 식량생산에 드는 각종 기회비용이 오히려 식량증산량에 못미치고 있는 실정이다.

이러한 현실에서 해충의 정확한 발생예찰과 경제적 피해수준을 구명한 후, 각종 해충에 대한 인간의 노동을 대신할 수 있는 천적을 찾아내어 이들의 생리, 생태적 적응 방식을 옳게 이해하여, 대량사육을 통하여 포장에 확산시키거나 혹은 인위적으로 재배법을 이들 천적에게 유리하도록 조성 이들이 더 원활히 활동할 수 있는 공간을 확보해 줌으로서 향후 인간의 농약살포에 의한 환경파괴의 최소화는 물론 농생태계내 생물 종다양성을 높임으로써, 안정된 생태계 조성에도 기여할 수 있을 것이다.

K. L. Heong 등(1982)은 수도포장에서 벼멸구 밀도를 결정하는 요인을 벼멸구의 영기별 일일생존율, 영기간, 암컷의 일일산란율, 그리고 밀도의존적 요인에 의한 치사 인자 등으로 구분하여 이들의 발생예상 밀도를 수식화하고, 컴퓨터를 이용하여 프로그래밍한 후에 그들이 경제적 피해밀도이상으로 되는 시기를 파악하여 미리 억제 인자를 투입함으로써 벼멸구의 밀도를 조절하고자 한 실험에서 인간에 의한 환경파괴 요소를 최소화 하면서 벼멸구의 밀도억제가 가능한 결과를 도출해 내었다. 한편, 이들은 실험한 결과를 농부에게 정확히 전달해 주기 위해 많은 고심을 하였는데, 농부에 의해서 해충관리 교육이 받아들여지기 위해서는 그런 교육들이 단순해야 함이 가장 선행되어야 한다고 했으며, 이를 위해 포장의 해충상 조사를 바탕으로 컴퓨터 프로그래밍 작업이 이루어지고 그것들을 단순한 그림으로 표시함으로써 농부의 이해를 촉진시켜 실제 농사에 적용할 수 있도록 하기도 하였다.

參考文獻

1. Heong, K. L. 1982. Population Model of the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). MARDI Res. Bull. 10(2) : 195~209
2. Heong, K. L. 1988. A Simulation Approach to Evaluating insecticides for Brown Planthopper control. Res. Popul. Ecol. 30 : 165~176
3. Khor, K. E. and T. H. Chua. 1986. A Rigorous population model for the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål), Res. Popul. Ecol. 28 : 103~116
4. Holt, J., J. A. Cheng and G. A. Norton. 1990. A Systems Analysis Approach to Brown Planthopper Control on Rice in Chejiang Province, China. III. An Expert System for Making Recommendations. Journal of Applied Ecology 27 : 113~122
5. Logan, J. A., R. E. Stinner,, R. L. Rabb and J. S. Bachelier. 1979. A Descriptive Model for Predicting Spring Emergence of *Heliothis zea* Populations in North Carolina. Environ. Entomol. 8 : 141~146
6. Cheng, J. A. and J. Holt. 1990. A Systems Analysis Approach to Brown Planthopper Control on Rice in Chejiang Province, China. I. Simulation of Outbreaks. Journal of Applied Ecology 27 : 85~99.
7. Holt, J., A. G. Cook, T. J. Perfect and G. A. Norton. 1987. Simulation Analysis of Brown Planthopper(*Nilaparvata lugens*) Population Dynamics on Rice in the Philippines. Journal of Applied Ecology 24 : 87~102.
8. Cheng, J. A., G. A. Norton and J. Holt. 1990. A Systems Analysis Approach to Brown Planthopper Control on Rice in Chejiang Province, China. II. Investigation of Control Strategies, Journal of Applied Ecology 27 : 85~99.
9. Hartstack, A. W. Jr. and J. P. Hollingsworth. 1974. A Computer Model for Predicting *Heliothis* Populations. TRANSACTIONS of the ASAE pp. 112-115
10. 엄기백, 최귀문, 현재선. 1991. 수도해충의 종합적방제. 응용곤충학논총 2 : 16~65
11. 현재선. 1994. 해충의 종합적 관리. 농림해충학총론 pp. 269~309.
12. 백운하 외 다수. 1987. 식량작물해충 중 벼멸구. 신고해충학 pp. 249~256.
13. 현재선. 1994. 일반생태학. pp. 260~310
14. 배윤환. 1986. 살충제의 체계적 처리에 의한 벼멸구 개체군밀도억제효과에 관

- 한 연구. 서울대 석사학위논문. pp.62.
15. 배윤환 1992. 본논초기 해충군과 벼멸구의 밀도억제를 위한 살충제의 체계적 처리에 관한 연구. 서울대 박사학위논문 pp106.
 16. 엄기백. 1991. 흰등멸구와 벼멸구의 발생생태 특성과 피해에 관한 연구. 서울대 박사학위논문 pp81.
 17. 김두호. 1993. 벼멸구에 대한 수도의 저항성 발현 기작과 검정법 및 질적 양적 피해해석. pp86.

第 5 章 지속적 작물생산 기술개발

연구책임자 : 이 호 진

연 구 원 : 서 준 환

연 구 원 : 이 정 삼

여 백

第 1 節 緒 說

지속적 농업은 생산요소의 투입량을 줄여 환경오염을 경감시키고, 자연과 생태계의 물질순환능력을 농업생산에 활용하여 농업생산력의 지속성을 확보하면서 안전한 식품을 생산할 수 있는 방안으로 새로운 작물생산체계가 절실히 요구되는 우리나라 농업현실에서 저투입 지속적 농업기술의 도입이 시급하다.

우리나라의 작물재배는 벼재배를 위주로하여 식량의 자급화는 달성하였으나, 쌀의 높은 생산성은 다수성 벼품종의 육성과 비료의 다량사용, 농약의 집중적 살포로서 병충해를 방제한 결과로 이루어진 것이며, 벼의 다수확 기술에도 불구하고 농가의 농가의 경지면적은 평균 1.2정보로 매우 협소하고 농업소득은 저조한 상태를 면치 못하고 있는 실정이다. 이러한 제반 문제점들을 해결하기 위한 방안으로 벼의 직파재배기술이 제안되어 왔고 많은 연구가 진행되고 있다.

우리나라의 벼 직파재배는 과거에는 주로 불리한 환경조건, 즉 이앙재배가 제약을 받는 용수부족지나 천수답지대에서의 건답직파재배와 신간척지의 대규모 경영합리화 목적의 담수직파재배의 두가지 형태로 발전되어왔다. 최근 관심이 집중되고 있는 직파재배는 과거의 환경적응형태의 직파재배와는 그 의미가 다르며 고도의 정밀 기술 집약적 저투입 환경보존형 수도재배법으로서 각광을 받고 있다. 급속한 산업사회의 발전에 따른 농촌노동력 감소와 노임의 상승 등 대내적 농업환경의 급변과 쌀 수입 개방의 대외적 문제점을 극복하기 위한 수도재배법으로 새로운 관심의 대상이 되고 있다.

벼 직파재배는 물 관리조건에 따라 건답직파와 담수직파로 대별되며, 담수직파는 수중에 파종되므로 출아 및 입모가 불안정하고 뿌리가 지표에 분포하여 출수후 도복이 용이하며 농작업이 어렵고 품질이 저하되는 등의 문제점이 지적되고 있는 반면, 건답직파는 토중에 파종되므로 도복의 위험이 경감되고 통기가 양호하여 파종종자 주위가 산화상태로 유지되기 때문에 어느 정도 출아 및 입모의 안정을 기할 수 있지만, 건답기간의 잡초발생량 증가와 강우로 인한 파종기의 지연 등이 문제시되고 있다. 그러나 건답직파는 기계화가 용이하고 대형화 및 고능율화가 가능할 뿐만아니라 토양물리성면에서도 후작물의 작부에 호적의 토양환경을 조성하는 장점이 있으며 우리나라의 벼 재배 입지조건으로 볼 때 더욱 유망한 생력화 저비용 벼 재배법으로 여겨진다.

본연구는 벼농사에 있어서 기존의 다수성을 지속하면서 경영성을 개선하기 위하여 농용자재의 적정투입과 생력화로서 영농노력을 절감하고 경영비용을 저하시켜 벼농사의 경영채산성을 확립하고자 한다.

그리고 현재와 같은 질소 비료의 다량 사용은 토양을 산성화시키며 수질오염원으

로 작용하기에 절비처리에 대한 효과 및 생육반응을 살펴보고 안전한 식량생산과 건전한 생태계의 보전을 위한 합리적인 시비법에 대한 연구를 하고자 한다.

第 2 節 材 料 및 方 法

제 1 항. 벼 무이앙 재배 기술 확립 연구

본 연구는 서울대학교 농업생명과학대학 실험포장에서 금오벼를 공시품종으로 하여 수행되었다. 이앙재배는 4월 18일에 기계이앙용 중묘산파상자에 파종하여 5월 26일에 재식밀도 $30 \times 15\text{cm}$ ($22\text{주}/\text{m}^2$)로 기계이앙하였으며, 직파재배는 5월 9일에 $5.6\text{kg}/10\text{a}$ 파종량으로 12시간 침종후 6시간 음건한 종자를 수동식 점파기를 이용하여 재식밀도 $20 \times 17\text{cm}$ 간격으로 건답직파하고, 담수직파는 파종 이틀 전에 씨레질하여 하루정도 굳힌 상태의 토양에 동일 파종량으로 18시간 침종후 조간 25cm 로 담수표면에 손파종하였다.

시비량은 N-P-K를 이앙구에서는 9-8-8kg/10a, 직파구에서는 11-8-8kg/10a 수준으로 하였다. 이앙구에서는 N-P-K 5-8-8kg/10a는 기비로, 분얼비, 수비로 각각 N 2kg/10a로 사용하였다. 직파구에서는 N-P-K 5-8-8kg/10a는 기비로, 5엽기 추비, 분얼비, 수비를 각각 N 2kg/10a로 사용하였다.

물관리는 건답구에서는 본엽 5매 출현시 담수하여 이앙구와 동일하게 상시 담수상태로 관리하였으며, 담수구에서는 파종직후부터 논물을 대어 담수하여 파종후 25일경에 눈그누기를 한 다음 상시 담수상태로 관리하였다.

잡초방제는 이앙구에서는 이앙후 2주경에 마무리 입제를 3kg/10a 수준으로 전면에서 고루 살포하였고, 건답구에서는 파종후 30일경에 길자비 500ml를 물 100l와 고루 섞어 살포하였고 파종후 40일경에 밧사그란피 수화제를 300g/10a 수준으로 고루 살포하였다. 담수구에서는 초기에는 손제초하였고, 파종후 40일경에 밧사그란피 수화제를 300g/10a 수준으로 고루 살포하였다.

병충해 방제는 6월 28일에 파단수화제를 100g/10a 수준으로 세 시험구에 동일하게 고루 살포하여 방제하였다. 수확은 출수후 16일경에 콤바인을 이용하여 수확한 다음 건조, 탈곡하였다. 1994년의 기상을 평년과 비교하면 <그림 5-1>과 같다. 재배기간(5월~9월)의 평균기상은 평균 기상은 평균온도 22.0°C , 최고온도 26.0°C , 강수량 4.9mm 로 평년의 평균온도 20.0°C , 최고기온 25.3°C , 강수량 5.6mm 에 비해 온도는 2°C 정도 높았고 강수량은 0.7mm 정도 적었다.

제 2 항. 절비, 저농약 재배

1. 포장실험

가. 공시품종 : 화성벼

나. 공시토양 : 서울대학교 농업생명과학대학 부속농장 답작포장

Table 5-1. Chemical and Physical properties of soil used

Soil particle distribution(%)			Texture (USDA)	Bulk density (g/cm ³)	pH	CEC (me/100g)	Organic matter (%)
Sand	Silt	Clay					
60.7	21.7	17.6	Sandy loam	1.40	6.1	10.8	1.54

(1) 건답직파 : 종자소독(스포탁 2000배 희석용액에 1일간 침지) 후 건조후 조파

(2) 시비처리 : 이양구는 4월 18일 파종 5월 23일 시비 후 씨레질하였으며 동일 이양하였다. 건답직파구는 5월 17일 종자파종전에 전층시비하였으며, 파종 후 종자의 발아 및 출아를 도모하고자 관개를 충분히 하였다. 이양구에서 관행에 대해 기비처리를 75%, 50%, 25%, 0%형태로 절비처리하였으며, 기비처리 이 후의 추비는 모두 관행재배와 동일하게 하였다. 한편 건답 직파구에서는 아직 권장 되는 추천시비량이 없는 관계로 관행의 이양재배와 동일하게 처리하였으며, 단지 추비의 시비시기에 있어서 차이가 있을 뿐 전체 시비량에는 이양재배와 동일하였다.(Table 5-2)

Table 5-2. 이양 및 건답 직파재배에서 시비량

Treatment	Basal application (kg/10a)	Top dressing (kg/10g)			Total (kg/10a)
		1st	2nd	3rd	
No Fertilization	0	4.2	1.4	1.4	7.0
25%	1.75	4.2	1.4	1.4	8.75
50%	3.5	4.2	1.4	1.4	10.5
75%	5.25	4.2	1.4	1.4	12.25
100%	7	4.2	1.4	1.4	14

(가) 토양내 무기태 질소의 행동 : 시비 후 토양심도별 (0~10cm, 10~20cm, 20~30cm, 40~50cm) 샘플을 채취하여 암모니아태 질소와 질산태 질소의 양을 다음의 방법으로 분석하였다.

- 암모니아태 질소 : Indophenol blue method
- 질산태 질소 : Copperized cadmium reduction method

(나) 토양 및 식물체의 전질소 함량의 변화 : 과종직전의 종자 및 과종 14, 27일 후의 식물체를 채취하여 켈달습식분해법으로 분해한 후 indophenol blue method 에 따라 분석하였다.

(다) 용탈수의 무기태 질소 함량 : 1/2000 와그너 포트에서 각 처리에 대한 용탈수내에 포함된 질산태 질소의 함량을 RQflex(E Merck)로 측정하였다.

(라) 식물체의 Chlorophyll의 함량 변화 : 건답직파 및 이앙구에서 각 처리에 따른 식물체의 Chlorophyll 의 함량을 Chlorophyll meter [SPAD-502, Soil-Plant Analysis Development (SPAD) Section, Minolta Camera Co., Osaka, Japan] 로 조사하였다.

第 3 節 結 果 및 考 察

제 1 항. 벼 무이앙 재배 기술 확립 연구

1. 직파방법에 따른 입모수 및 출아소요일수, 유묘생육

건답상태에서의 출아는 파종시의 기온과 토양수분에 따라 크게 달라지며, 파종후의 기온이 낮으면 출아일수가 지연되어 출아 및 초기생육이 불량해지고, 출아소요일수는 파종후의 반순별 일평균기온이 10℃이면 약 30일, 13℃에서는 약 20일 그리고 15℃에서는 약 15일 정도소요되며 실용적으로 지장이 없는 입모율 확보에 요구되는 출아소요일수는 20일 정도로 안전파종한계기는 파종후의 반순별 일평균기온이 13℃에 달한 시기로 알려져 있다. 또한 담수상태에서의 출아는 파종기의 기온, 토성 및 토양경도, 지균도 및 파종후 물관리에 따라 크게 다르다고 알려져 있다.

5월 9일에 파종한 직파방법별 m²당 입모수는 담수직파구 81본, 건답직파구 142본으로 담수직파구가 적었으나, 출아소요일수는 담수직파구 20일, 건답직파구 22일로 담수직파구가 2일정도 짧았다.(Table 5-3)

Table 5-3. Status of seedling emergence in wet-seeded and dry-seeded rice at 16 June, 38 days after sowing

Method	Seedling stands (plants/m ²)	Rate of emergence (%) ¹⁾	Average days to emergence ²⁾	Seedling height (cm)	Root length (cm)
Wet-seeded	81.33	38.73	20.68	21.88	7.82
Dry-seeded	142.00	67.62	22.07	22.67	10.19

1) Rate of emergence: No. of seedling stands per m² ÷ 210

2) Average days to emergence: $\sum(t_i n_i)/N$

t_i: 파종후 조사일수

n_i: 조사당일의 출아수

N: 총출아수

2. 재배방법별 생육비교

재배방법별 분얼수의 변화를 표 2에서 보면, 직파재배구에 있어서 이앙재배구보다 분얼수의 증가속도가 빨랐고, m²당 분얼수는 7월 28일경에 이앙재배구 502, 담수재배구 835, 건답재배구 870 순으로 최고분얼에 달하였고 유효경비율은 이앙재배구 75%,

담수재배구 50%, 건답직파구 46%였다. 또한, 초장은 이앙재배구, 건답재배구, 담수재배구 순이었다.

직파재배는 출아후에 생육에 정체기가 없이 급격한 성장을 하고, 또 이앙재배는 제 1차 분얼의 발생절위가 제 5-9절인데 비하여 직파재배는 파종심도가 얕아 제 1차 분얼의 발생절위가 1-9절이어서 분얼력이 왕성하고, 제 2차, 제 3차 분얼의 발생도 많아 무효분얼이 많아져서 유효경 비율이 낮다고 알려져 있다. 출수기에 단위면적당 분얼수는 건답직파구 444, 담수직파구 418, 이앙재배구 377 순이었으며, 이 결과는 직파재배구가 이앙재배구보다 분얼수가 많으며, 개체당 분얼수에 있어서는 담수직파구가 건답직파구에 비해서 많으나 입모수에 있어서 건답직파구가 담수직파구에 비해 훨씬 높았기 때문에 건답직파구가 담수직파구보다 m²당 분얼수가 높게 나타났다는 사실을 입증한다.

Table 5-4. Changes in the number of tillers per m²

Method	No. of tillers per m ²			
	July 12	July 21	July 28	August 16
Transplant	394.87	477.64	502.07	360.94
Wet-seeded	595.99	706.28	835.51	426.67
Dry-seeded	620.05	744.94	970.61	451.34
F value	17.72**	18.78**	345.57**	25.19
LSD _{.05}	101.66	122.03	44.89	32.21
LSD _{.01}	154.03	184.90	68.02	48.81

** : Significant at LSD 0.01 level

재배양식별 출수기는 이앙재배구 7월 29일, 담수 및 건답재배구 8월 7일로 본 시험에서는 직파재배구가 이앙재배구보다 9일정도 출수가 지연되었다.

출수후 식물체 부위별 건물중은 담수직파구가 이앙재배구나 건답직파구에 비해 높게 나타났으며, 담수직파구에서 생육이 가장 좋은 것으로 나타났다.(Table 5-4)

Table 5-5. Changes in the plant height.

Method	Plant height(cm)	
	July 12	July 28
Transplant	77.13	88.72
Wet-Seeded	72.65	83.60
Dry-Seeded	78.22	85.43
F value	11.10**	10.73
LSD _{.05}	3.07	2.74
LSD _{.01}	4.65	-

*:significant at LSD 0.05 level

** :significant at LSD 0.01 level

Table 5-6. Growth characteristics of three different methods of rice culture at 18 day after heading

Method	Heading date	Stem length(cm)	Dry wt. of each part of the plant (g/plant)					
			Root	Panicle	Leaf blade	Leaf sheath	Stem	Total
Transplant	Jul. 28	64.41	1.52	7.96	2.23	2.35	1.85	15.91
Wet-seeded	Aug. 7	64.82	2.01	6.78	2.89	3.78	2.35	17.80
Dry-seeded	Aug. 7	62.65	1.56	5.19	1.66	2.38	1.78	12.57
F value		0.29	0.48	7.94*	18.60**	14.28**	2.77	
LSD _{.05}		ns	ns	ns	1.71	0.49	0.75	ns

ns: Not significant at LSD 0.05 level.

*: Significant at LSD 0.05 level.

3. 재배방식별 수량 및 수량구성요소

재배방식별 수량 및 수량구성요소를 비교하면 (표 5-7)과 같다. 10a당 수량은 정조중으로 이앙재배구 567kg, 담수직파구 565kg, 건답직파구 535kg으로 담수직파구는 이앙재배구와 거의 같은 수준이었으며, 건답직파구는 이앙재배구에 비해 5.6%정도 감소되었으나 유의성은 인정되지 않았다. 수량구성요소를 비교하면, 단위면적당 수수는 건답직파구, 담수직파구, 이앙재배구 순으로 높게 나타났으나 유의성은 인정되지

않았고, 수당 영화수는 이앙재배구, 담수재배구, 건답재배구 순으로 높게 나타났으며 고도로 유의한 차이를 보였다. 등숙율 및 천립중은 건답재배구, 담수재배구, 이앙재배구 순으로 높게 나타났으며 고도로 유의한 차이를 보였다. 수량에 가장 크게 영향을 미친 수량구성요소는 단위면적당 영화수로 볼 수 있으며 직파재배시 안정된 수량 확보를 위해서 유효경 비율 및 수당 영화수를 높이는 재배 기술 확립이 요구된다.

Table 5-7. Comparison of yield and its components of three different methods of rice culture.

Method	No. of panicles per m ²	No. of spikelets per panicle	Ripened grains (%)	1000 grains wt (g)	Yield (kg/10a)
Transplant	377.74	77.72	74.17	25.59	567.33(100) [§]
Wet-seeded	418.87	69.68	79.19	27.58	565.67(99.7)
Dry-seeded	444.44	62.95	83.99	28.61	535.33(94.4)
F value	2.24	20.29**	16.21**	13.14**	0.27
LSD.05	ns	5.68	3.54	1.23	ns
LSD.01	-	8.61	4.80	1.68	-

§: 각 처리구의 단위면적당 수량/이앙구의 단위면적당 수량 × 100

ns: not significant at LSD 0.05 level.

** : significant at LSD 0.01 level

4. 재배방식별 수익성 비교

직파재배는 이앙재배에 비하여 육묘·이앙단계가 생략되기 때문에 노동력이 크게 절감될 것으로 기대된다. 본 시험에서의 재배방식별 투입노동시간을 보면 표 6과 같다. 직파재배는 이앙재배에 비해 지균작업과 제초작업에 상대적으로 많은 노동력이 필요하나 이앙 및 육묘작업이 생략되므로 전체적으로는 건답직파구는 26% 정도의 노동력 절감을 나타냈다. 그리고 담수직파는 건답직파에 비하여 약 4시간 가량 노동력 절감이 거의 없었다.

최근 극심한 농촌노동력 부족현상과 국제화·개방화에 대응한 경쟁력 제고측면에서 생력화와 저코스트 영농기술의 개발보급이 가장 중요한 과제가 되고 있다. 특히 우리국민의 주식일 뿐만 아니라 적국적으로 재배되고 있으며, 농가의 주소득원이 되고 있는 수도작은 미국, 호주, 태국 등 토지조방적인 국가들과 경쟁해야 한다는 점에서 어려움이 가중되고 있다. 따라서 쌀생산의 경쟁력 제고를 위해서는 협업단지, 위탁영농회사 등을 통한 대규모 기계화 재배와 더불어 어린모 기계이앙재배, 직파재

배, 항공방제 등을 통한 획기적인 생력화 및 생산비 절감기술의 개발보급이 대응방안으로 제기되고 있다.

Table 5-8. Comparison of work-hour inputs of three different method of rice culture (hours/man/10a)

Field operations	Transplant	Wet-seeded	Dry-seeded
Leveling ground and seeding	10.00	10.00	10.00
Nursling seedling and transplanting	14.49	-	-
Weeding	7.23	10.00	14.44
Control of disease and pest	2.59	2.59	2.59
Fertilizer application	2.79	3.35	3.35
Harvest	2.50	2.50	2.50
Total	39.60 (100)	29.44 (74.8)	32.88 (83.0)

본 시험에서 조사된 재배방식별 10a당 쌀생산비를 비교하면 (표 5-9, 5-10)과 같다. 직파재배시 건답직파구는 이앙재배구에 비하여 5.6% (32kg)의 수량감소가 나타났으나 단보당 쌀생산비는 이앙재배구에 비하여 담수직파구가 24%, 건답재배구가 21%의 감소를 보였다. 직파재배시 생산비 감소의 요인을 농작업단계별로 살펴보면, 노동력 절감에 의한 노임 절감, 육묘자재비 절감, 이앙기 이용부담비용 등이 절감됨으로써 시비 및 제초작업에서의 약간의 증가분을 보상하여 전체적으로 생산비가 감소하는 결과를 보였다.

Table 5-9. Comparison of costs of three different methods of rice culture (won/10a).

	Source	Transplant	Wet-seeded	Dry-seeded
노임	일반공무원	131,290	118,773	120,689
	기계원	25,629	15,350	14,872
	소계	156,919	134,123 (-14.5%)	135,561 (-13.6%)
비료 구입비	요소	4,800	5,740	5,740
	용과린	9,840	9,840	9,840
	염화가리	2,630	2,630	2,630
	소계	17,270	18,210(+5.4%)	18,210(+5.4%)
제초제 구입비	마무리입제(3kg/10a)	10,000	-	-
	밧사그란피수화제(300g/10a)	-	8,100	8,100
	길자비(500ml/10a)	-	-	8,000
	소계	10,000	8,100(-19.0%)	16,100(+61.0%)
살충제 구입비	과단수화제(100g/10a)	840	840	840
연료비	트랙터 (경유)	2,488	2,488	1,244
	이앙기 (휘발유)	923	-	-
	콤바인 (경유)	2,657	2,657	2,657
	소계	6,068	5,145(-15.2%)	3,901(-35.7%)
농기계 감가상각비	파종기	-	-	1,253
	이앙기	7,467	-	-
	트랙터	5,472	5,472	2,736
	콤바인	23,831	23,831	23,831
	소계	36,770	28,303(-27.0%)	27,820(-24.3%)
기타 자재비	스포탁유제	630	630	630
	중요산파상자×40	28,000	-	-
	비닐 10m	550	-	-
	소계	29,180	630(-97.8%)	630(-97.8%)
Total		257,047	195,351(-24.0%)	203,062(-21.0%)

Table 5-10. 비료, 농약, 연료 사용량

		이양구	담수구	건답구
비료사용량 (kg/10a)	요소(N 46%)	19.74	23.91	23.91
	용과린(P 20%)	40.40	40.00	40.00
	염화가리(K 60%)	13.47	13.33	13.33
농약사용량 (a.i. g/10a)	마무리(mefenacet + bensulfuron-methyl + dymron)	105+3.9+45		
	길자비(peudimethalia + propanil)			125+125
	밧사그란피(quinclorac + bentazone)		30+120	30+120
	과단(cartap hydro-chloride)	50	50	50
연료사용량 (l/10a)	휘발유	1.54		
	경유	22.27	22.27	16.89

제 2 항. 절비, 저농약 재배

1. 토양내의 무기태 질소의 행동

건답직파구에서 시비처리 당일 부터 채취한 토양의 무기태 질소의 행동을 보면 (Figure 1~2) 거의 동일한 형태를 하고 있음을 볼 수 있다. 무엇보다도 두드러진 특징은 추비를 시용한 6월 13일 경의 토양내 무기태 질소의 함량이다. 시비를 하기전인 5월 23일과 그 양에 있어서 차이가 없는데, 이것은 각 처리에 따라 양적인 차이는 있으나 결과는 거의 비슷한 경향을 보이고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 토양의 심도가 깊어질수록 무기태질소의 농도는 낮아지고 있으나 상당한 양이 검출되고 있다. 이는 초기의 관개수에 의해 미처 가수분해되지 않은 요소가 함께 하방이동한 것이 후에 가수분해되면서 암모니아태 질소로 나타나는 것으로 보여진다. 대부분의 암모니아태 질소가 토양속에서 쉽게 질산태로 전환된다는 점을 감안한다면 뒤이은 질산태 질소의 양적 증가가 당연하다고 여겨진다. 따라서 토양 심도가 깊은 곳에서 발견되는 질산태 질소는 물과 쉽게 이동할 수 있고 이는 곧 지하수로 용탈될 가능성이 높다는 유추가 가능해진다.

한편 토양자체가 아직 담수되어 있지 않아 산화-환원층으로의 구분이 명확하지

않고, 따라서 토양 표면에 흡착되어져 있는 암모니아태 질소는 대기중으로 쉽게 휘산되어질 수 있다. 즉 벼의 유묘가 양분의 흡수를 활발히 하지 못하는 생육초기의 많은 시비는 오히려 손실량을 높이게 되고 경제적인 측면에서도 옳바르지 않은 재배 방법이라고 할 수 있다.

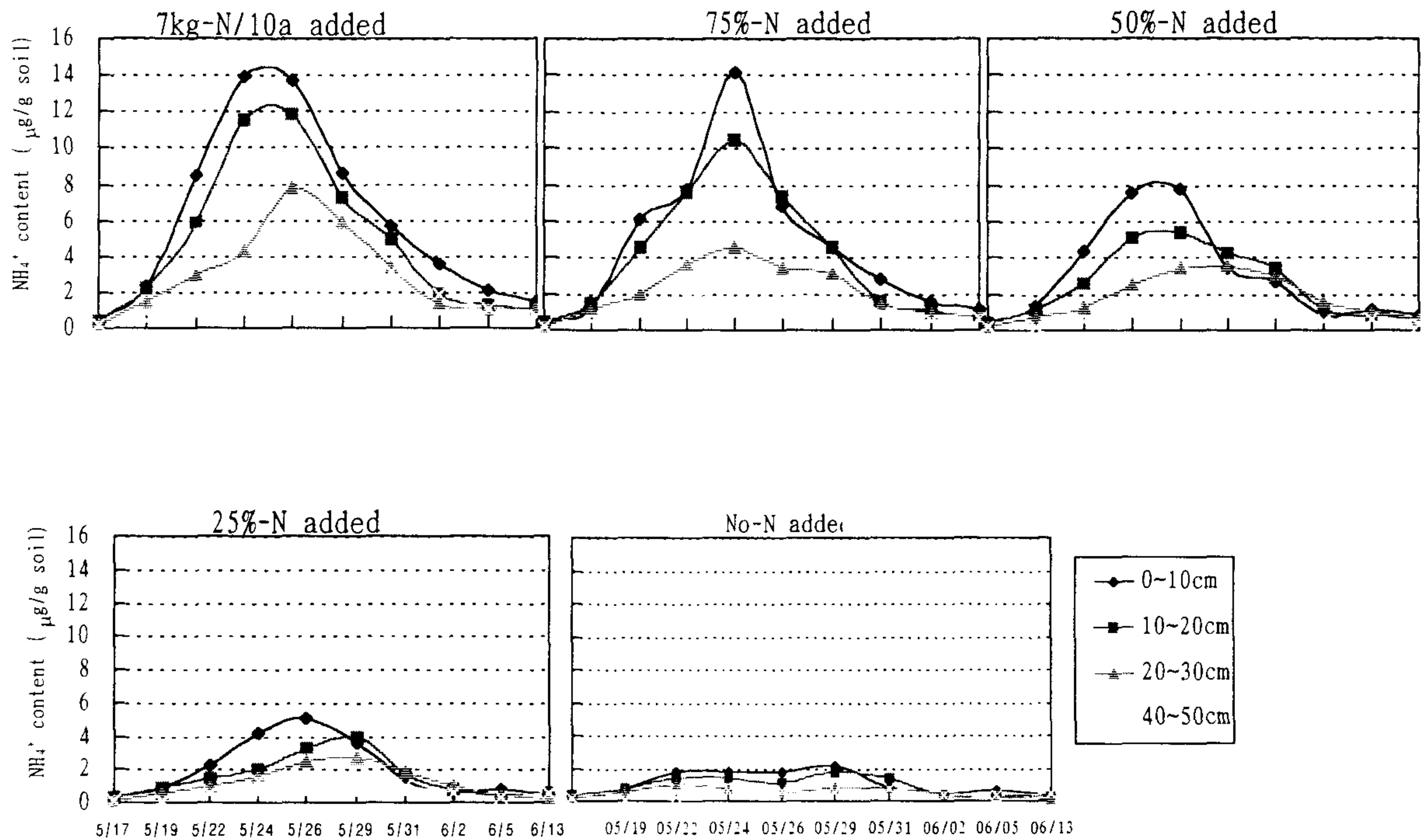


Fig 5-1. Changes of NH₄⁺ content in different basal-application level under direct seeding on dry soil

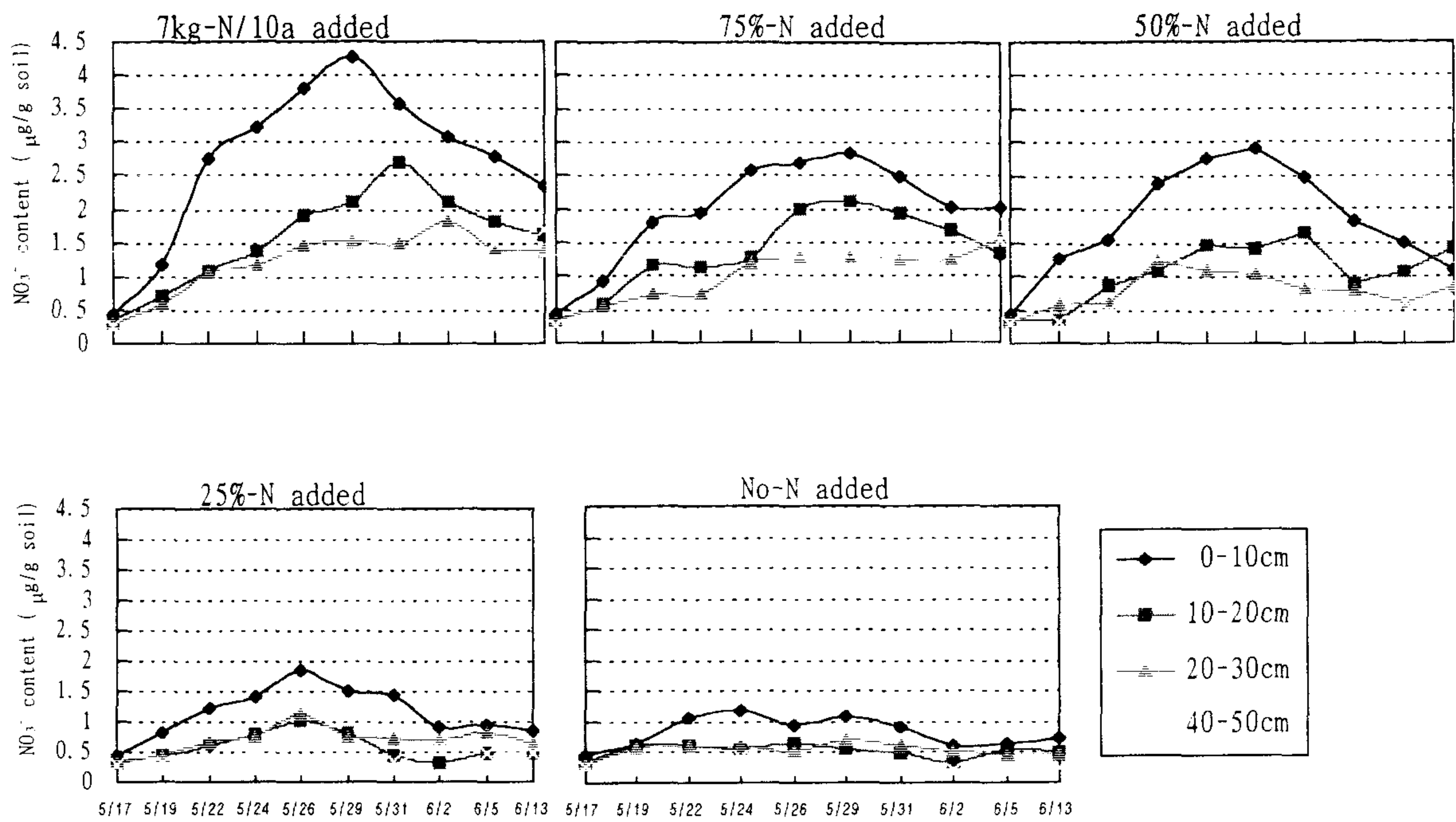


Fig. 5-2. Changes of NO₃⁻ content in different basal-application level under direct seeding on dry soil.

2. 질산태 질소의 용탈량조사 (Pot 실험)

포트실험결과(Figure 5-3) 담수상태에서 전층시비 후 약 14일 이 후에는 거의 모든 양의 요소가 질산태질소의 형태로 용탈된 것을 볼 수 있다. 반면 암모니아태 질소의 양은 거의 측정할 수 없었는데 이는 오랜 담수기간(1 개월)동안에 포트내 토층이 산화-환원층으로 완전한 구분이 이루어져 있고, 따라서 토양하부로 스며든 요소는 건답에 비해 쉽게 질산태로 전환될 가능성이 높았기 때문이라고 생각되어진다.

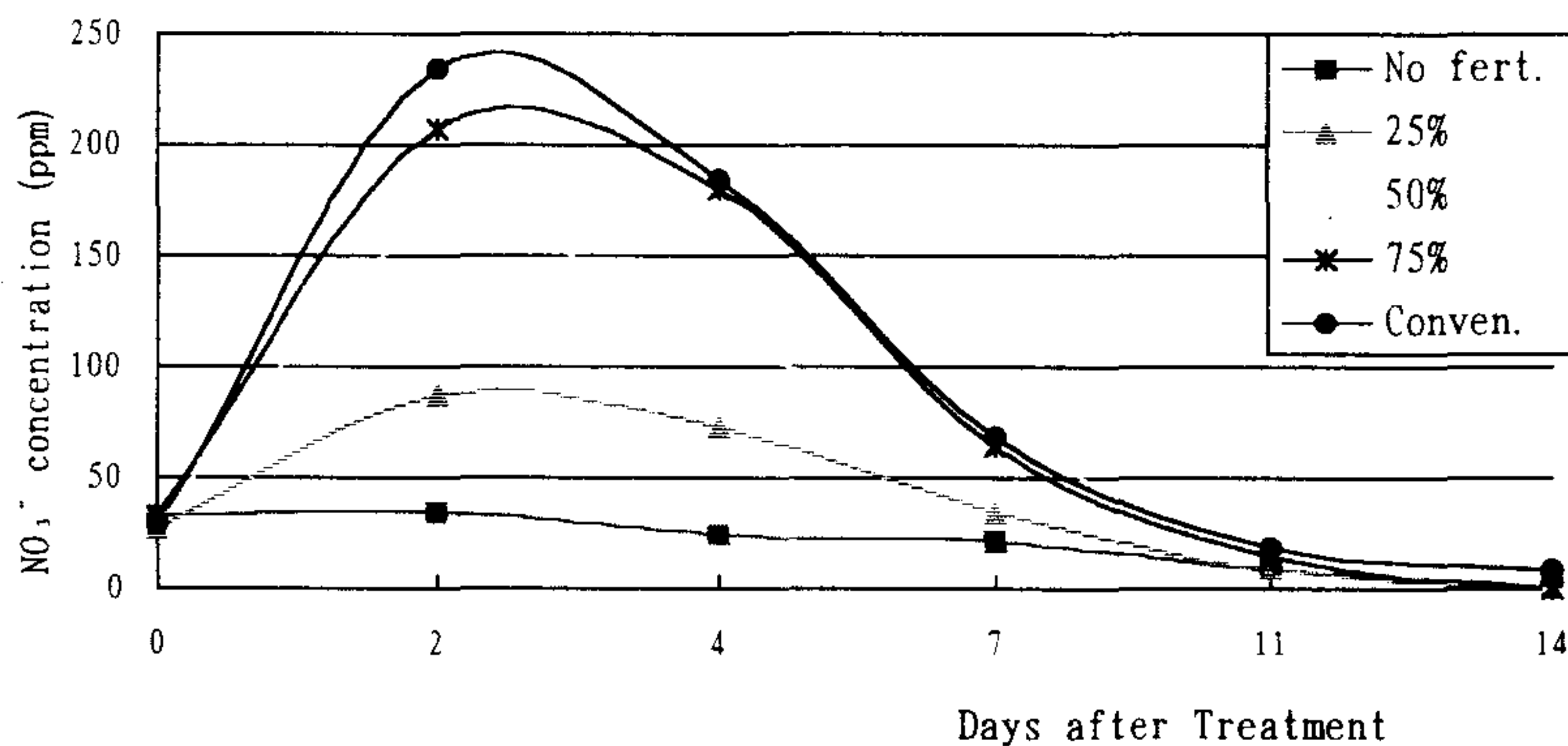


Fig 5-3. Changes in NO₃⁻ concentration in leaching water

3. 식물체 전질소 함량의 변화

건답 직파구에서 파종당시의 종자와 파종 후 14일, 27일 묘에 대한 전질소 함량의 변화(Figure 5-4)를 보면 각 처리구에 대한 차이가 없음을 볼 수 있다. 이는 파종 후 27일(3 엽기)까지는 자체 흡수를 통한 독립생장보다는 종자에 남아있는 영양분에 상당히 의존적이며, 아직 묘가 토양중의 질소분을 흡수할 만큼 경쟁적이지 못함을 보여주고 있다.

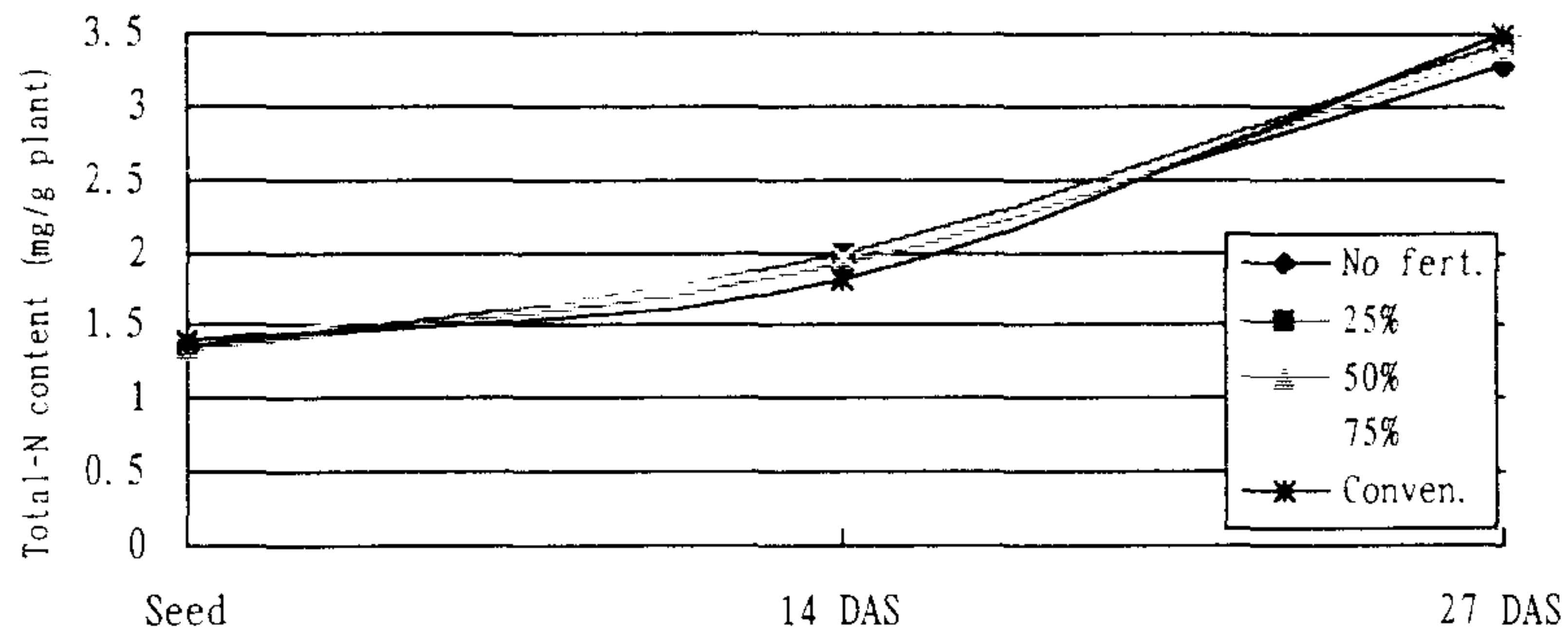


Figure 5-4. Changes of Total-N during 27DAS(days after seeding) with different basal-application level under direct seeding on dry soil

4. 시비처리에 따른 벼 엽록소 함량의 변화

엽록소 함량을 조사한 결과(Figure 5-5~ 5-6)를 보면 건답직파구에서는 각 처리간에 차이가 없었고(3 엽기), 이양구에서는 차이가 있었다. 이러한 결과는 건답직파구에서 벼 유묘가 토양내의 질소 농도와 상관없이 필요한 양 이상의 질소를 흡수하고 있지 않음을 추측할 수 있다. 반면에 이양구에서는 각 처리간에 뚜렷한 차이를 보이고 있는데, 이는 활착기를 지난 묘가 광합성을 위해 토양내의 질소를 적극적으로 흡수하고 있음을 볼 수 있다. 따라서 이양구에 있어서 뿌리가 활착을 하고 분얼을 준비하기 위해서는 많은 양의 질소가 토양에 존재해야 함을 알 수 있다. 그러나 물빠짐이 심한 사양토에서는 분얼비의 시용 이전 기간 동안 토양내에 질소질 비료의 함량을 높게 유지하는 방법으로 지금과 같은 양적인 보충보다는 완효성 비료같은 보다 합리적인 대책이 있어야 할 것으로 보인다.

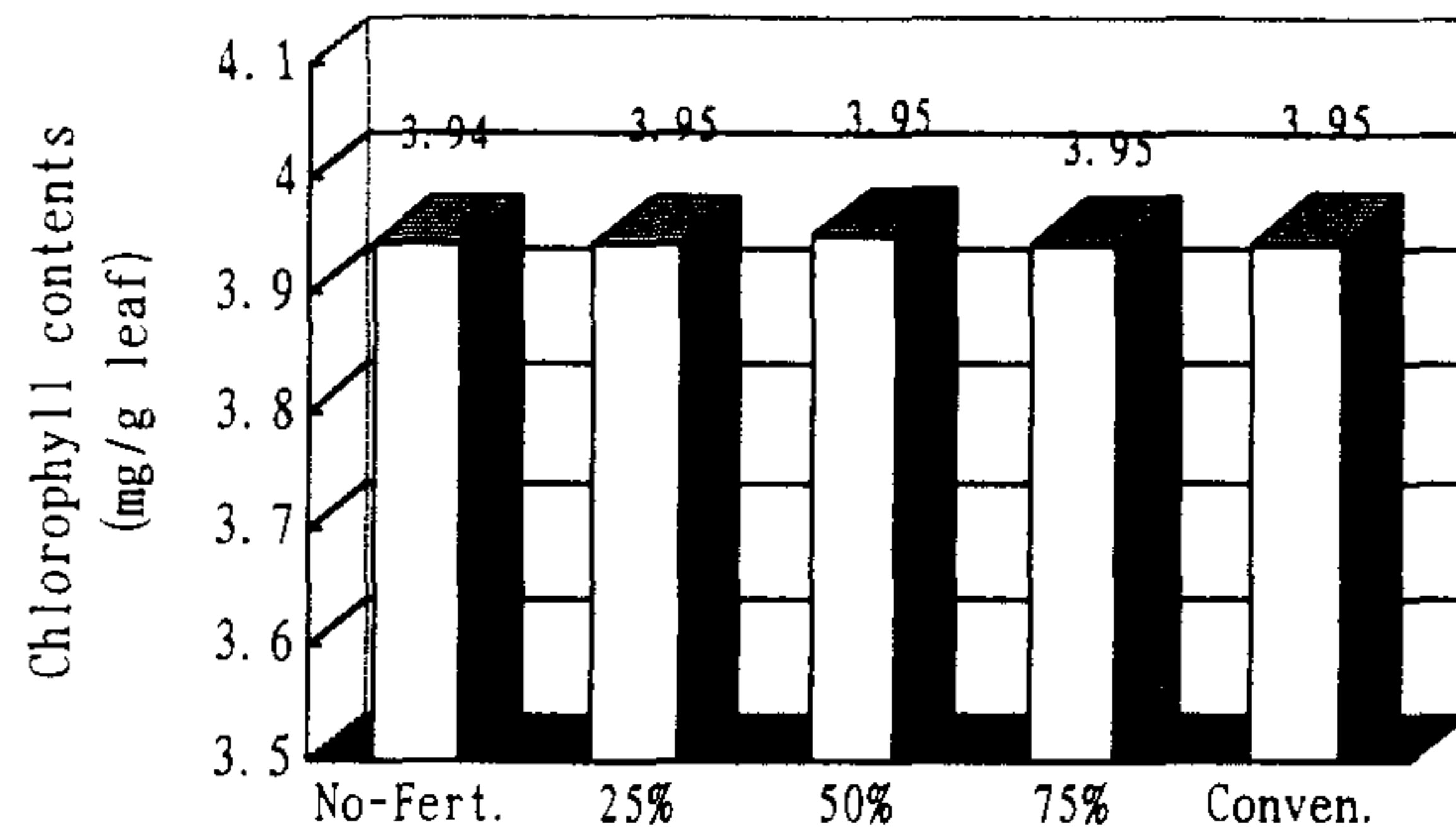


Fig. 5-5. Comparison of chlorophyll content in rice leaf at the 3th leaf stage with different basal-application level under direct seeding on dry soil (LSD_{.05} = NS)

토양내의 질소농도와 상관없이 필요한 양 이상의 질소를 흡수하고 있지 않음을 추측할 수 있다. 반면에 이앙구에서는 각 처리간에 뚜렷한 차이를 보이고 있는데, 이는 활착기를 지난 묘가 광합성을 위해 토양내의 질소를 적극적으로 흡수하고 있음을 볼 수 있다. 따라서 이앙구에서는 뿌리가 활착을 하고 분얼을 준비하기 위해서는 많은 양의 질소가 토양에 존재해야 함을 알 수 있다. 그러나 물빠짐이 심한 사양토에서는 분얼비의 시용이전 기간동안 토양내에 질소질 비료의 함량이 높게 유지하는 방법으로 지금과 같은 양적인 보충보다는 완효성 비료같은 보다 합리적인 대책이 있어야 할 것으로 보인다.

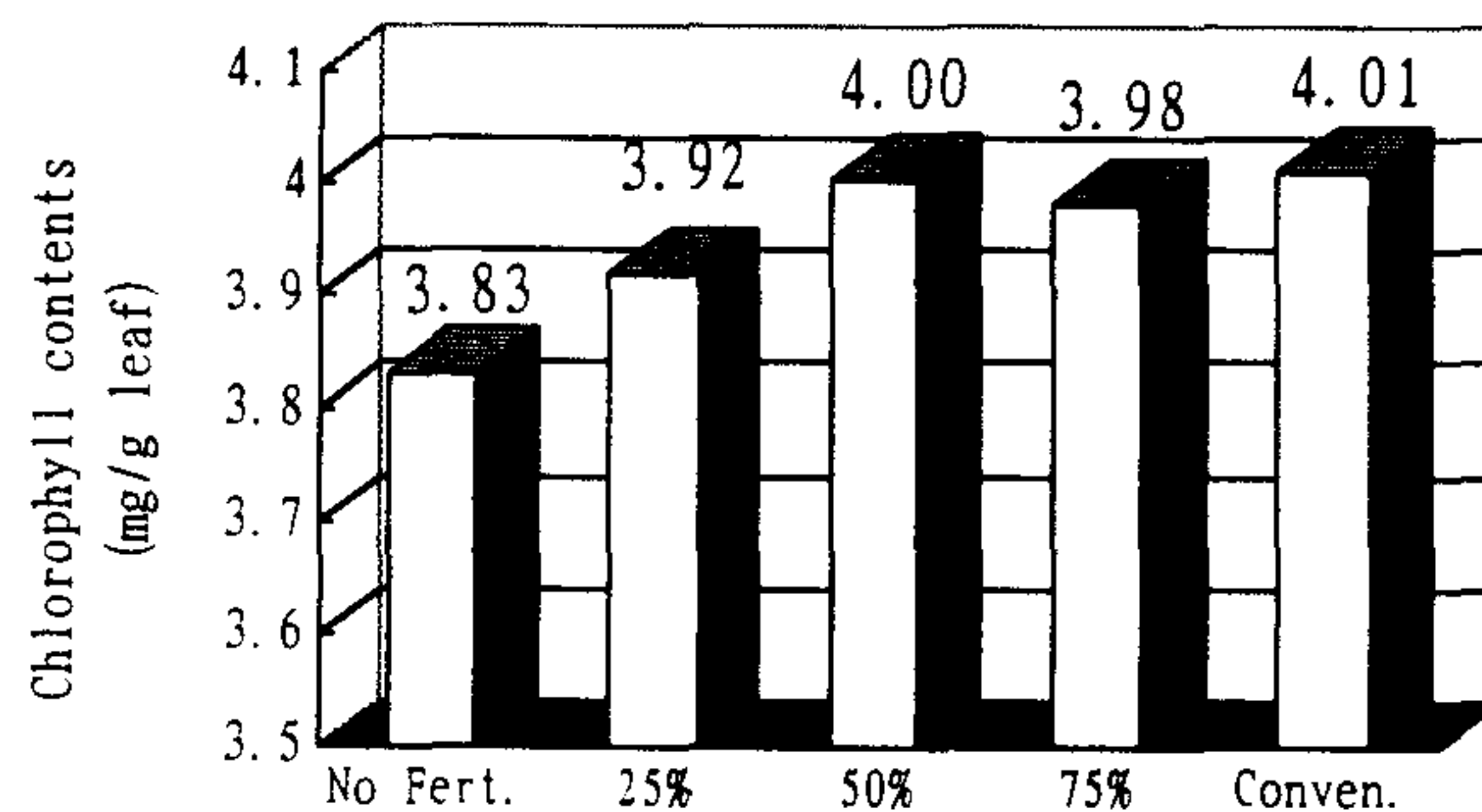


Fig. 5-6. Comparison of chlorophyll content in rice leaf at the 3th leaf stage with different basal-application level under transplanting (LSD_{.05} = 0.071)

5. 시비처리에 따른 벼의 생육반응

Table 5-11. Growth of rice grown with different basal-application level under two cultivating methods

Character	Conventional [†]	75%	50%	25%	No Fert.	LSD _{.05}
direct seeding on dry soil						
No. of tillers	11.3	10.0	9.4	9.1	11.1	1.7
Panicle length	19.35	19.40	19.03	19.09	19.60	ns*
Plant height	102.0	100.3	99.6	99.4	99.0	ns
transplanting						
No. of tillers	15.2	14.1	11.4	11.0	10.6	1.69
Panicle length	18.94	19.22	17.88	19.48	19.49	2.54
Plant height	96.4	91.7	91.1	90.1	89.9	2.35

†: 7kg N/10a with basal application

*: Not significant

기비의 각 처리에 따른 벼의 생육반응은 (Table 5-11)과 같다. 표에서 보는 바와 같이 건답직파구에서는 분얼수에서만 차이가 있었고 수장이나 초장에서는 차이가 없었다.

반면 이양구에서는 분얼수, 수장, 초장이 각각 차이가 있었는데, 분얼수와 초장에 있어서는 기비를 전혀 하지 않은 것이 관행의 것보다 훨씬 감소해 있음을 보여주고 있다. 그러나 수장에서는 오히려 비료를 주지 않은 것이 관행의 경우보다 큰것으로 나타났다.

전반적으로 볼 때 기비의 수준이 분얼수에 미치는 영향은 건답직파구보다는 이양구에서 큰 것으로 나타났다.

6. 기비의 처리가 수량구성요소에 미치는 영향

실험 결과(Table 5-12) 수량구성요소에서는 기비 처리에 대한 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 수량에는 기비보다는 오히려 추비가 영향할 가능성이 높을 것으로 보여진다. 결국 관행의 이양재배의 경우 기비로 사용되는 비료는 많은 부분이 벼가 이용하지 못하고 손실되고 있는 것으로 추측된다. 따라서 수량에 크게 영향하지 않는 범위에서 기비의 양은 줄일 수 있다고 여겨진다. 또한 점점 그 범위가 확대

되고 있는 건답직파의 경우에서도 아직은 권장할 만한 시비량은 없지만 이양재배의 경우와 비교해 봤을 때 기비의 중요성은 훨씬 덜할 것으로 생각된다.

Table 5-12. Effect of different basal-application of nitrogen on grain yield components of rice under two planting methods

Application treatment	No. of panicles/m ²	No. of spikelets/panicle	Ripened grain ratio(%)	1000 grain weight
direct seeding on dry soil				
Conventional	284.34	61.7	88.0	24.37
75%	324.33	59.8	84.6	23.17
50%	335.67	67.9	80.5	23.48
25%	315.33	62.4	84.8	23.83
No fert.	302.67	66.7	86.8	22.90
LSD _{.05}	ns			
transplanting				
Conventional	220.00	78.3	89.5	25.04
75%	204.44	75.6	89.0	24.04
50%	206.67	75.6	91.2	25.26
25%	213.33	72.5	91.9	27.25
No fert.	202.22	76.9	88.4	26.87
LSD _{.05}	ns	ns	ns	1.3587

第 4 節 結 果 要 約

1. 직파재배구에서 단위면적당 입묘수는 담수구 81, 건답구 142로 건답구가 높게 나타났고, 평균출아일수는 담수구 20, 건답구 22로 담수구가 짧았다.
2. 최고분얼수는 이양구, 담수구, 건답구 순으로 높았으나, 有效莖比率은 반대 경향이였다.
3. 생육은 담수구가 가장 좋았다.
4. 수량은 건답구, 담수구, 이양구에서 유의한 차이는 없었다.
5. 투입 노동력은 건답구, 이양구, 담수구 순으로 높았다.

參 考 文 獻

1. 이석순 · 백준호 · 김순철. 1991. 벼 건답휴립직파재배에서 파종기에 따른 생육 및 수량. 한작지 36(4): 154-159.
2. 이철원 · 윤용대 · 오윤진 · 조상열. 1992. 벼 건답직파재배에서 온도 및 파종심도가 종자의 출아와 증배축 신장에 미치는 영향. 한작지 37(6): 534-540.
3. 곽태순. 1992. 벼 생력화재배를 위한 담수직파 파종시기의 등숙환경 분석. 한작지 37(6):541-549.
4. 백준호 · 이석순 · 홍승범. 1992. 재배양식에 따른 벼 생육특성과 수량성. 한작지 37(6): 550-556.
5. 오윤진 · 김정곤. 1992. 벼 직파재배 입모율 향상과 도복경감. 한작지 12(3): 200-222.
6. 이석순 · 백준호 · 김태주. 1993. 벼 건답휴립직파재배에서 파종양식과 파종량에 따른 생육과 수량. 한작지 37(6): 514-520.
7. 김상경 · 이승필 · 이외현 · 이광석 · 최부술. 1992. 벼 건답직파재배에서 파종기 이동에 따른 생육 및 수량. 한작지 37(5): 442-448.
8. 안명훈 · 김기식 · 한세기 · 허범량 · 김광호. 1990. 이앙기를 이용한 벼 직파방법과 파종기 및 파종량이 수량에 미치는 영향. 한작지 35(4): 320-327.
9. 김순철 · 전병태 · 이수관. 1993. 벼 휴립 건답직파 방법의 수량성과 안정성. 농업논문집 35(1):1-7.
10. 황동용 · 김순철 · 전병태. 1993. 벼 건답 휴립직파 방법의 토양종류에 따른 생육과 수량반응. 농업논문집 35(1): 8-12.
11. 홍철순 · 박평식. 1992. 수도직파재배 시범농가에 대한 경영성 분석. 농시논문집 34(2): 1-8.
12. 김제규 · 이문희 · 오윤진. 1994. 벼 건답직파재배에서 Gibberellin의 종자분부처리가 출아 및 초기 신장에 미치는 영향. 한작지 38(4): 297-303.
13. Bremner, J.M., and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. P. 595-624. In A.L. Page et al. (ed) Methods of soil analysis. Part 2. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
14. Buresh, R.J., Chua, E.G. Castillo, S.P. Liboon, and D.P. Garrity. 1993. Fallow and Sesbania effect on soil nitrogen dynamics in lowland rice-based cropping systems. Agron. J. 85:316-321.
15. Cabrera, M.L., D.E. Kissel and B.R. Bock. 1991. Urea hydrolysis in soil: Effects of urea concentration and soil pH. Soil Biol. Biochem. Vol.

23(12):1121-1124.

16. Charles L. Guy. 1990. Cold acclimation and freezing stress tolerance: Role of protein metabolism. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 41: 187-223.
17. Fred T. Turner and Michael F. Jund. 1991. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requirement for semidwarf rice. *Agron. J.* 83:926-928.
18. Gordon, A. G. 1971. The germination resistance test—a new test for measuring germination quality of cereals. *Can. J. Plant Sci.* 51: 181-183.
19. Heydecker, W. 1977. Stress and seed germination. p. 240-282. In: A. A. Kahn (ed.). *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination.* Elsevier/North-Holland, Amsterdam.
20. Hongprayoon, C., C.W. Lindau, W.H. Patrick, Jr., D.R. Bouldin, and K.R. Reddy. 1991. Urea transformations in flooded soil columns: I. Experimental results. *Soil Sci. Soc. Am J.* 55:1130-1134.
21. Lyons, J. M. 1973. Chilling injury in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24: 445-466.
22. Keeney, D.R., and D.W. Nelson. 1982. Nitrogen-Inorganic forms. p. 595-624. In A.L. Page et al. (ed) *Methods of soil analysis. Part 2.* Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
23. Knight, C.W., S.D. Sparrow. 1993. Urea nitrogen budget for a subarctic agricultural soil. *soil Sci. Soc. Am. J.* 57:1138-1144.
24. Rebecca C. Laza, Birgitta Bergman and Ebnito S. Vergara. 1993. *J. Exp. Botany*, vol 44, No. 268:1643-1648.
25. Shaobing Peng, Felipe V. Garcia, Rebecca C. Laza, and Kenneth G. Cassman. 1993. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. *Agron. J.* 85:987-990

第 6 章 검엽 축산농가의 가축분뇨수 방류가
마을배수의수질오염에 미치는 영향분석

연구책임자 : 최 홍 립

여 백

第 1 節 緒 說

우리나라의 수질문제는 점차 그 심각성을 더하여 가고 있으며, 농촌지역에서는 도시지역보다 오히려 가축을 사육함으로써 발생하는 분뇨의 오염부하량이 상대적으로 크기 때문에 오염의 정도가 더 심각한 양상을 보이고 있다. 그러나 농촌지역은 하수처리 시설과 하수관거의 보급이 미비하여 발생된 생활오폐수 및 가축분뇨수를 하천에 그대로 방류하고 있는 실정이며, 가축 사육두수도 현재보다 더욱 증가될 전망이다. 따라서 현재의 수질환경의 개선과 이후 발생될 오염원에 대한 처리대책의 수립이 절실히 요구되고 있는 형편이다. (표 6-1, 2 참조)

표 6-1. 전국 비시가지역 생활하수발생현황

	계	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
인구수(천명)	7,320	1,028	464	514	1,029	808	1,187	1,269	976	45
1인 급수량(ℓ/일)	2,043	227	227	227	227	227	227	227	227	227
하수발생량 (천톤/일)	1,428	201	90	100	201	157	232	248	190	9
발생부하량 (톤/일)	351	49	22	25	49	39	57	61	47	2

주 1) 1994년 상수도통계, 환경처, 1994

표 6-2. 우리 나라의 축산물 수급전망에 따른 적정 사육두수 및 양축농가수 변화
(단위:천두,천호)

가축별	구 분	1970	1980	1985	1990	2001
한우,육우	사 육 두 수	1,286	1,472	2,553	1,662	2,035
	양축 농가수	1,102	997	1,048	620	2001/'90=1.3
	호 당 두 수	1.2	1.5	2.4	2.6	(P)*
유우	사 육 두 수	24	207	390	504	642
	양축 농가수	3	22	44	33	2001/'90=1.3
	호 당 두 수	8.0	9.4	8.9	15.3	(P)*
돼 지	사 육 두 수	1,126	1,784	2,853	4,528	9,104
	양축 농가수	884	503	251	133	2001/'90=2.0
	호 당 두 수	1.3	3.5	11.4	34.0	(P)*

* P = Projected (추정값)

참고자료: 『농림수산통계연보』 농림수산부,1990 및 『축산배설물 및 유해잔류물질 방지』, 농림수산부,1990

특히 수도권외의 식수를 공급하는 경기도 일원의 상수원 보호구역안에는 타 지역보다 축산농가가 밀집해 있으며 그중 대부분의 농가는 법 규제 규모 이하로서 호당 1~2두 정도의 한육우, 또는 소규모 양돈사업을 하는 농가가 상당수 이상 존재하고 있다.

<표 6-3>에 나타난 것처럼 대부분의 축산농가들은 법적 규제를 받지 않는 소규모 농가들이며 이번에 실험대상으로 선정된 갈치저수지인근 유역의 경우도 마찬가지이다. 따라서 이러한 농촌지역의 생주환경을 개선하고 하천 및 저수지의 수질을 보호하기 위해서 소규모 경축복합형 마을에 적합한 폐수처리방식의 도입 및 처리대책이 수립되기 위해서는 그 설계기준을 위한 오염부하량 산정 및 기초적인 자료의 수집이 필요하다.

표 6-3. 현행법기준 1995년 3월말 현재 우리 나라 축종별, 법적 규모별 양축농가 호수 및 사육두수 현황

규모	구분	한육우	젓소	돼지
법적규제 규모이상	사육두수	268,425 (12%)	164,360 (37%)	4,447,178 (77.6%)
	양축농가수	29,282 (5.2%)	4,580 (16.6%)	8,573 (13.3%)
법적규제 규모이하	사육두수	1,967,626 (88%)	348,963 (63%)	1,280,872 (22.4%)
	양축농가수	533,425 (94.8%)	23,074 (83.4%)	55,884 (86.7%)

주) 오수, 분뇨 및 축산폐수의 규제에 관한 법에 의한 법적 규제대상 규모는 일반지역에서는 소 약 30두, 돼지 약 180두, 닭 약 10,000수 정도이며 특별청소지역에서는 이 기준의 1/2이 적용됨.

경축복합형 농촌에서 발생하는 주된 오염 발생원으로는 일반 생활 잡배수, 가축분뇨수 등을 들 수 있으며, 오염부하량으로 판단하여 볼 때, 가축분뇨수에 대한 오염부하량의 산정이 적절하게 고려되어야 정확한 결과를 얻을 수 있다. 그러나 현재까지는 단순히 가축에서 발생하는 분뇨에 포함된 BOD, SS, T-N, T-P를 측정하는 수준에 그쳐왔으며 사육규모, 축사형태, 분뇨 청소방식, 급여사료 등에 따른 오염부하량에 대한 영향을 고려하지 않았다. 따라서 우리나라의 부업형 경축농가(耕畜農家)에서 발생하는 오염부하원단위에 대한 적절한 오염부하 원단위를 조사하고, 처리대책의 수립 및 장기적인 수질예측과 적절한 폐수처리방식의 도입을 위하여, 본 연구를 수행하였다.

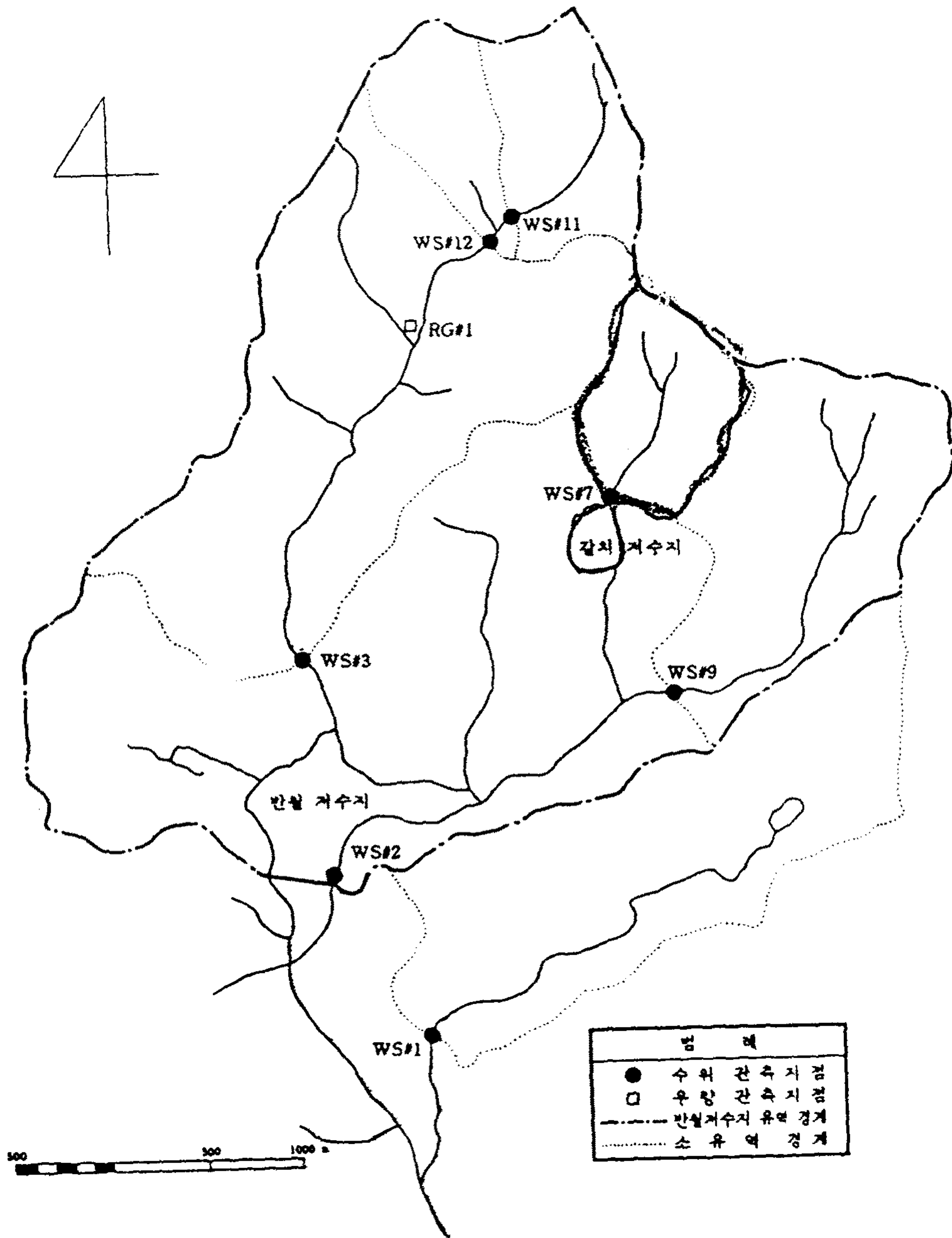
第 2 節 材料 및 方法

1. 갈치저수지 유역의 환경 및 수질조사

대상유역은 경기도 군포시 대야미동에 위치한 반월시험유역중 시험대상지 WS#7로 분류된 갈치저수지 인근 유역으로 하천 발원지에서부터 하류로 유로연장 4.29km, 유역면적 8.42km²이었다(그림 6-1 참조). 인근유역의 유역면적, 논 면적, 인구수, 가축 사육두수 등을 조사하였다. 연구대상 유역의 토지이용 현황에 대한 조사는 토지이용 면적을 참고하여 삼림, 논, 밭 및 기타로 구분하여 조사하였다. 갈치저수지 수질 현황은 1995년 5월 11일부터 1995년 6월 20일까지 WS#7 지점에서 3차례에 걸쳐 시료를 채취하여 수질을 분석하였다.

2. 경축복합형농가(耕畜複合型農家)의 오염부하 원단위 조사

축산폐수의 원단위 산정에 필요한 1일 분뇨발생량에 있어서 소와 돼지는 문헌자료에 의해 조사된 소의 경우 발생량은 평균체중 363Kg에 분 21.9Kg/두/day, 뇨 11.1Kg/두/day, 돼지는 평균체중 115Kg에 분 2.15Kg/두/day, 뇨 3.6Kg/두/day를 이용하여 분석의 기준으로 삼아서 경축복합형 농가에서 일반적인 형태로 나타나고 있는 소규모 방사식 우사의 원단위 분석자료로 이용하였다.



<그림 6-1> 갈치저수지와 인근 유역도

第 3 節 結果 및 考察

제 1 항. 갈치저수지 유역의 환경 및 수질조사

1. 자연 환경

실험적용 대상유역은 행정구역상으로 경기도 군포시 대야미동에 위치한 반월시험 유역 중 시험대상지 WS#7로 분류된 갈치저수지 인근 유역으로 하천 발원지에서부터 하류로 유로연장 4.29km, 유역면적 8.42km²를 대상으로 하며, 대상유역의 지형 상황은 <표 6-4>와 같다. 전반적으로 하천을 따라 농경지가 발달되어 있으며, 유역 전반에 걸쳐 소규모 낙농가가 산재해 있는 전형적인 경축복합(耕畜複合) 농촌지역의 특성을 가진 유역이다.

표 6-4. 유역특성

	유역면적 (km ²)	총연장 (km)	형상계수	최대기복량 (m)	기복량비	하천평균경사 (m/km)	하천빈도 (개/km ²)
갈치저수지	0.70	1.45	0.330	193.0	0.130	44.14	12.86

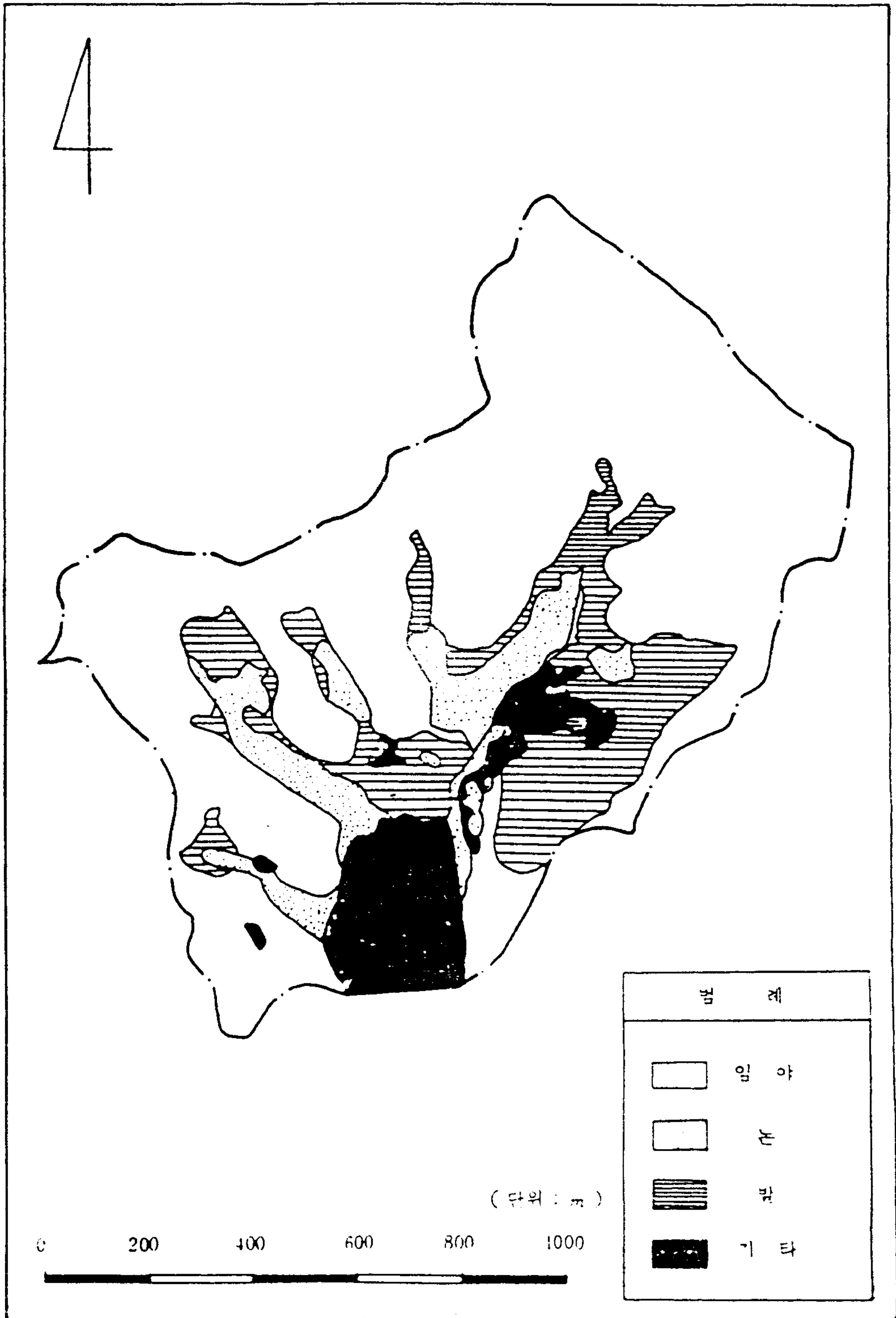
연구대상 유역의 토지이용 현황에 대한 조사는 토지이용 면적을 참고하여 삼림, 논, 밭 및 기타로 구분하여 조사하였다. 대상유역의 총면적 중 삼림이 59%인 51.2km, 논이 20%, 밭 12% 및 기타가 9%를 점하고 있으며, 대체적으로 저수지 상류 유역에서 삼림의 구성 비율이 높으며 갈치저수지 인근지역으로 갈수록 낮아지는 경향을 보인다.

2. 인구 및 가축사육 현황

<표 6-5>는 갈치저수지 인근 유역의 유역면적, 논 면적, 인구수, 가축 사육두수 등을 조사한 결과이다. 실험대상 유역에서 특기할 만한 사항으로는 사육축종이 대부분 유우를 중점적으로 사육하고 있으며 또한 모든 농가가 법 규제 규모 이하의 영세 농으로 구성되어 있었다.

표 6-5. 갈치저수지 인근 인구 및 가축사육현황

	면적 km ²	논 면적 ha	인구수	가축사육두수				비고
				유우	한우	돼지	닭	
갈치저수지	1.23	30.0	303	245	10	-	32	인구일부 급수



<그림 6-2> 갈치저수지 유역의 토지이용상태

3. 수질 현황

연구대상지역인 갈치저수지 수질현황은 T-N, T-P의 수질항목에 대해 1993년 5월 17일부터 1993년 7월 29일까지 실시하였던 1차 실험자료가 있으며(<표 6-6> 참조), 또한 1995년 5월 11일부터 1995년 6월 20일까지 WS#7 지점에서 3차례에 걸쳐 시료를 채취하여 수질을 분석하였다. (<표 6-7> 참조)

표 6-6. WS#7 수질측정자료(1993년)

		1	2	3	4	5	6	7	8	Total	Aver.	STD
Conc (mg/ℓ)	T-N	N/A	19.0	11.9	18.3	13.4	N/A	11.3	4.1	78.0	13.0	5.0
	T-P	N/A	2.4	2.9	4.1	2.0	N/A	2.6	1.8	15.8	2.6	0.8

*NA : NON-ATTEND

1993년에 실시한 8회의 WS#7 지점의 상시측정 결과와 그 평균치를 T-N, T-P에 대하여 <표 6-6>에 나타내었다. 각 수질측정항목은 연중 비슷한 수치를 나타내고 있으나, 측정시기별로 수질이 약간 다르게 나타나고 있으며, 강우가 있는 시기에 전체 오염물질 발생 부하량이 가장 높고 유량이 증가함에 따라 오염물질이 희석되면서 오염물의 농도가 낮아지는 경향을 나타내고 있다.

표 6-7. WS#7 수질측정자료(1995. 5. 11 ~ 6. 20)

		1	2	3	Aver.
Conc.(mg/ℓ)	BOD ₅	33.3	45.0	24.7	34.3
	SS	147	121	95	121
	T-N	17.3	14.2	4.6	12.0
	T-P	3.1	4.0	2.8	3.3

<표 6-7>인 WS#7지점의 수질측정 자료는 93년 자료와 비슷한 측정치를 나타내고 있으나 수질 측정 항목중 T-P의 함량이 증가된 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 결과는 93년 측정 이후에 갈치 저수지 유역에서 유우의 사육두수가 증가하였고, 유우의 경우 오염물질 부하량에 있어서, 타 축종보다 분뇨에서 배출되는 인의 농도가

높기 때문에 위의 <표 6-7>과 같은 결과가 나타난 것으로 판단된다.

전체 조사기간 중 강우가 없었으므로 강우시 오염물질의 방출형태에 대한 조사는 진행되지 못했다. 그러나 저수지 유입지점에 대한 정성적인 수질분석에서 하상에 주로 축분으로 확인되는 오염물질이 적체되어 있는 것을 관찰할 수 있었으며, 혐기적 발효가 진행되고 있어 심한 악취가 발생하고 있었고 3급수 이상에서 관찰되는 실지렁이의 서식이 확인되었다. 따라서 강우시에 유입천의 유량이 증가한다면 하천에 적체되어 있는 오염물질이 갈치 저수지내로 급격하게 유입될 것으로 판단되므로 전체 유입 오염물질 부하량에 대한 분석 및 수질예측에서 위의 측정결과를 그대로 이용하는 것은 난점이 있을 것으로 판단된다. 그러므로 유입 오염물질 부하량에 대한 분석 및 수질예측에는 수질에 대한 측정 및 오염물질 원단위를 병행하여 이용하는 것이 적절할 것으로 생각되어지며 따라서 이후 연구에서는 소규모 낙농가에서 배출되는 오염물질원단위에 관한 조사 연구를 수행하였다.

제 2 항. 경축복합형농가(耕畜複合型農家)의 오염부하 원단위 조사(갈치저수지 인근유역)

1. 농어촌 지역 생활하수 발생현황

우리나라에서 1인이 1일 상수도나 또는 다른 용수 이용원을 통하여 생활용수를 공급받은 후 이용하고 하수관거를 통하여 배출되는 생활하수의 양과 그 농도는 <표 6-8>과 같이 나타나고 있으며, 전체적인 방출량은 생활수준의 향상에 따라 점차 증가하고 있는 추세이다.

표 6-8. 1인 1일 평균 오탁물질 배출량(잡용수)

분석항목	쌀물	설겅이	세면, 청소	세탁	목욕	합계
유량(ℓ/day)	2.53	7.06	9.98	6.93	18.85	45.35
pH	5.09	5.59	6.67	7.52	7.1	-
COD(g/day)	5.80	3.81	3.15	5.80	11.09	29.65
BOD(g/day)	2.99	2.55	1.27	2.66	4.71	14.18
SS(g/day)	2.91	1.49	1.20	1.80	2.31	9.71

주 1) 서울시, “수도권 광역 하수처리 기본 계획 보고서”, 1977

주 2) 건설부, “도시 하수도 실태 조사 보고서”, 1978

아래의 <표 6-9>는 1970~1984년 동안 일본 가정하수의 오염물 발생부하 평균치를 원단위로 나타낸 것이다. 우리나라보다 전체적인 방류량이 대단히 높게 나타나고 있으며 선진국의 경우 생활용수의 양이 높게 나타나는 것을 감안할 때, 우리나라도 이러한 경향을 따를 것으로 생각된다. 일본의 경우 가정하수중 유기물질 발생부하량은 잡용수가 60% 이상이며 T-N은 분뇨가 80% 이상, T-P는 분뇨가 60% 정도로 많이 발생되고 있는 것을 알 수 있다.

표 6-9. 가정하수의 오염물 발생부하 원단위(일본, 1970-1984)

가정하수	수량원단위 (ℓ/인/day)	발생부하원단위(g/인/day)				
		SS	COD	BOD	T-N	T-P
가정하수	172~397	12~51	15~31	19~59	4.3~12.2	0.8~1.7
평균	240	34	24	43	8.6	1.22
잡배수 평균	89~357	8~24	7~21	11~34	0.9~2.4	0.2~1.1
	176	14	15	27	1.45	0.54
분뇨	64	20	9	16	7.15	0.68

주) 國松孝男, 村岡浩彌, “하천오탁의 Modelling 해석”, 자보당

농어촌 지역의 경우 주된 생활하수의 발생은 주방과 화장실에서 일어나게 된다. 발생부하량 원단위는 도시지역에 비해서 상대적으로 낮으나 부업의 형태로 소규모 축산을 하는 경우, 현재의 상황은 생활하수와 축산폐수가 분리하여 배출하지 않고 있으므로 전체 오염 물질의 방출량은 가축사육의 유무에 따라 상당히 달라지게 된다. (<표 6-10, 11, 12, 13> 참조)

표 6-10. 농촌지역 생활하수 발생현황

	pH	BOD(mg/ℓ)	COD(mg/ℓ)	SS(mg/ℓ)	유량(m ³ /d)
10가구(분산지역)	7.0	40	10	14	25
10가구(밀집지역)	6.3	122	19	200	9
20가구(밀집지역)	7.3	63	16	181	26
50가구(밀집지역)	6.9	31	16	6	70
100가구(밀집지역)	6.7	21	12	19	120
30가구(밀집지역+축산)	7.9	568	215	269	230

주: 1) 농촌 소규모 취락지역 오수처리시스템 개발사업, 환경청, 1989

표 6-11. 농촌가정하수의농도(주방) (단위 : mg/ℓ)

구분	가족수	유량 (ℓ/day)	BOD	COD	SS	T-N	NH ₃ -N	T-P	PO ₄ -P
1	10 인	100	727	1330	360	82	47.9	14.2	13.8
2		87	866	1354	162	61	38.7	12.6	12.1
3		130	443	763	160	36.4	24.2	3.7	2.0
평균		106	679	1149	227	48.3	36.9	10.7	9.3

주) 최의소 등, “영양염류 원단위 산정에 관한 연구”, 한국 환경과학연구협의회,1991

표 6-12. 농촌가정하수의부하량(주방)

구분	BOD	COD	SS	T-N	NH ₃ -N	T-P	PO ₄ -P
1	7.27	13.3	3.6	0.82	0.48	0.14	0.14
2	7.53	11.8	1.4	0.53	0.34	0.11	0.1
3	5.76	9.9	2.1	0.47	0.32	0.05	0.03
평균	6.85	11.7	2.4	0.61	0.38	0.1	0.09

주) 최의소 등, “영양염류 원단위 산정에 관한 연구”, 한국 환경과학연구협의회,1991

표 6-13. 정화조 유출수를 포함한 생활하수 발생 부하량

(단위 : g/인/day)

구분	BOD	COD	SS	T-N	NH ₃ -N	T-P	PO ₄ -P
생활하수	18.04	33.53	11.88	1.064	0.122	0.202	0.136
정화조	13.1	21.5	3.3	5.7	5.62	1.44	1.42
계	31.14	55.03	15.18	6.76	5.74	1.64	1.56

주) 최의소 등, “영양염류 원단위 산정에 관한 연구”, 한국 환경과학연구협회의회, 1991

<그림 6-3>은 농촌지역의 생활하수와 오폐수(분뇨수)발생의 배출원단위를 구분하여 도표로 제시한 것이며, 경축복합형 농촌지역에서 발생하는 전체 오염부하량은 아래의 양에다 가축으로부터 발생하는 오염부하량을 더하여 계산되게 된다.

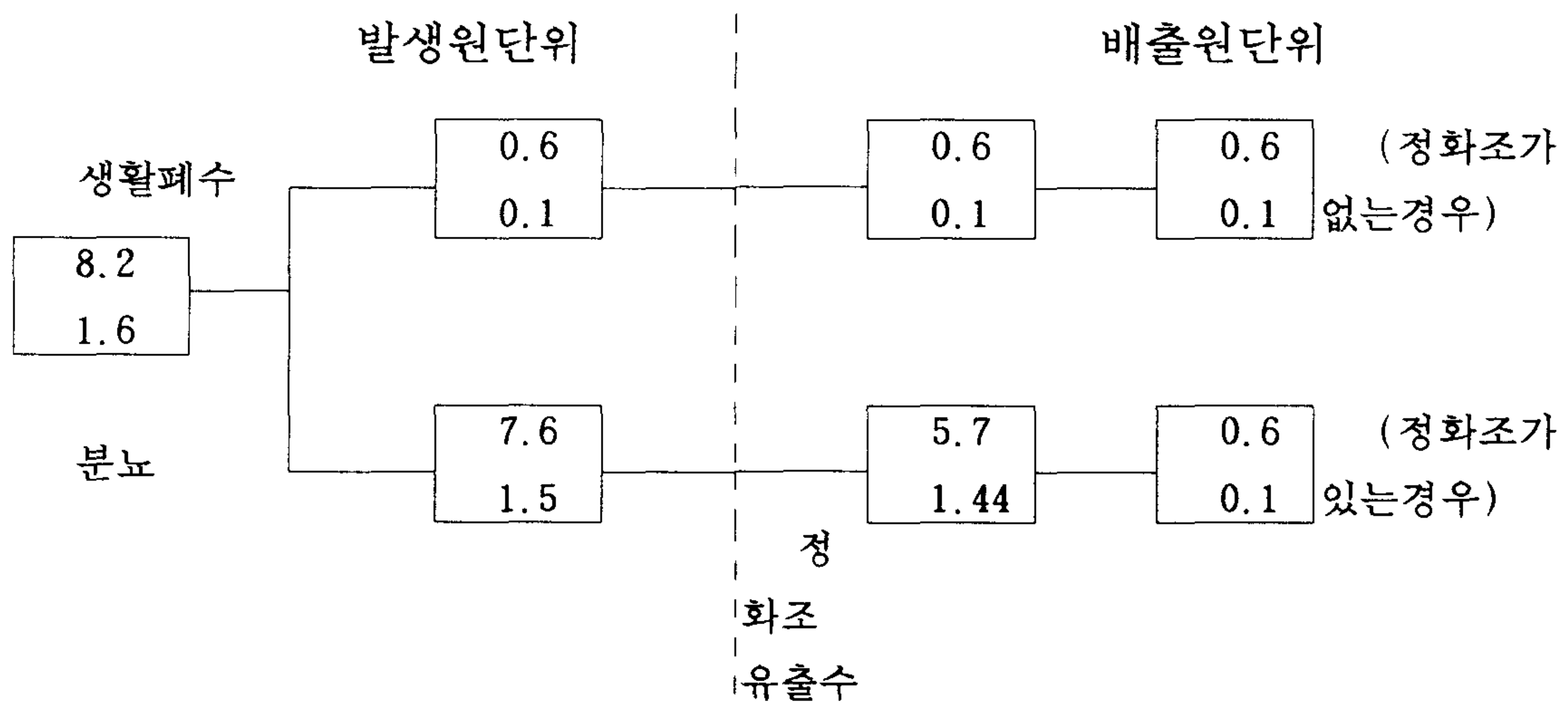


그림 6-3. 농촌지역 생활하수와 분뇨의 영양염류 발생 및 배출원단위

2. 개요

가축분뇨수에는 가축의 분, 청소수 및 사료찌꺼기 등이 포함되는데 발생하는 분뇨 및 청소수의 발생량 및 성상은 가축의 종류, 사육규모, 사육방법 및 처리시설의 유무에 따라 크게 다르다. 가축분뇨수의 발생량은 가축의 나이, 즉 생체무게에 따라 변화하며 <표 6-14>에는 소에 대한 생체무게별 두당 1일 분뇨발생량이 각각 나타나 있다.

표 6-14. 소의 일일분뇨 발생량

	젖소					한우			육우		
	550	500	250	150	363	0~6*	6~12	12~	0~6*	6~12	12~
생체중량(kg)	550	500	250	150	363	0~6*	6~12	12~	0~6*	6~12	12~
분(Kg/두/day)	40	27.5	15	5	21.9	4.5	11.5	22.0	4.5	10.5	22.5
뇨(Kg/두/day)	20	13.5	7.5	3.5	11.1	1.5	40.0	5.5	1.5	3.5	6.5

* : 개월수

이중 갈치저수지 인근 유역에서 주로 사육하고 있는 젖소의 경우, 분뇨의 일일 총 발생량은 평균 33Kg/두/day 정도이며 이는 생체무게의 7~8%에 해당하는 값이다. 돼지의 경우도 분뇨의 총 발생량이 하루 평균 5.8Kg 정도로 생체무게의 5~6%에 해당한다. 닭의 분뇨발생량은 일본농림성자료는 0.14Kg, 국내자료의 경우 0.1Kg으로 조사되었으며, 이는 생체무게의 7~9%에 해당하는 값이다. 이와 같이 볼 때 가축분뇨의 생산량은 생체무게에 대해 평균 5~9%가 매일 배출된다고 할 수 있다.

3. 축사에 따른 오염부하원단위

축산시설에서 발생하는 대부분의 분과 기타 고형폐기물은 대개 사료의 종류와 축사의 형태에 따라 약간 차이를 나타낸다. 일반적으로 가축사료에서 발생하는 폐수내의 유기물질과 영양소의 농도를 분석해보면 상당히 높은 농도의 영양소가 발생됨을 알 수 있다.(<표 6-15> 참조)

Loehr의 발표에 따르면 축산분뇨수의 일반적인 특성에서 젖소 한마리가 사람 20~25 명분의, 육우는 18~20명, 돼지는 20~25명분의 BOD를 발생시키며, 또 육우 한마리는 18~20명, 돼지는 2~3명, 닭 10~15마리는 사람 1명과 맞먹는 분뇨를 발생시킨다고 발표하였다.

표 6-15. 가축과 그 사료로부터 발생되는 폐수특성

Range of values for constituents (mg/ℓ)						
Suspended Solids	Orthophosphate (PO ₄ ⁻)	Organic nitrogen	Ammonia nitrogen	Nitrate nitrogen	BOD	COD
3,400 - 13,400	—	—	—	—	500- 3,300	—
—	—	6- 800	2-770	0-1,270	1,000-12,000	2,400-38,000
1,000 - 7,000	—	—	—	—	300- 6,000	—
—	—	—	—	0.1- 11	1,500- 9,000	400-15,000
1,400 - 12,000	15 - 80	—	1-139	—	—	2,500-15,000
—	20 - 30	600- 630	270-410	—	5,000-11,000	16,000-40,000
1,500 - 12,000	—	—	16-140	—	—	3,000-11,000
1,400 - 12,000	62 - 1,460	265-3,400	—	—	800-7,500	—

- * Volatile solids
- * Total phosphorus as PO₄-P

또한 소의 축사가 계류식 우사가 아니고 방사식 우사인 경우에는 착유실이 별도로 설치되어 하루에 1~2회 실시되는 착유시 폐수가 배출되며, 착유실 폐수에는 잔류우유, 잔류분뇨, 음식찌꺼기가 포함된다. 방사식 우사의 경우 분과 깔짚으로 나오는 고형물질의 양은 47.7Kg/두/day, BOD 21,000mg/L로 나타났으며, 물의 사용은 106~132L/두/day로 계류식 우사보다 많이 사용되며 사료 이용량은 비슷하게 조사되었다.(EPA ,1974)

방사식 우사에서 오염물질의 흐름도는 <그림 6-4>와 같다.

유기물의 분해 및 수분증발

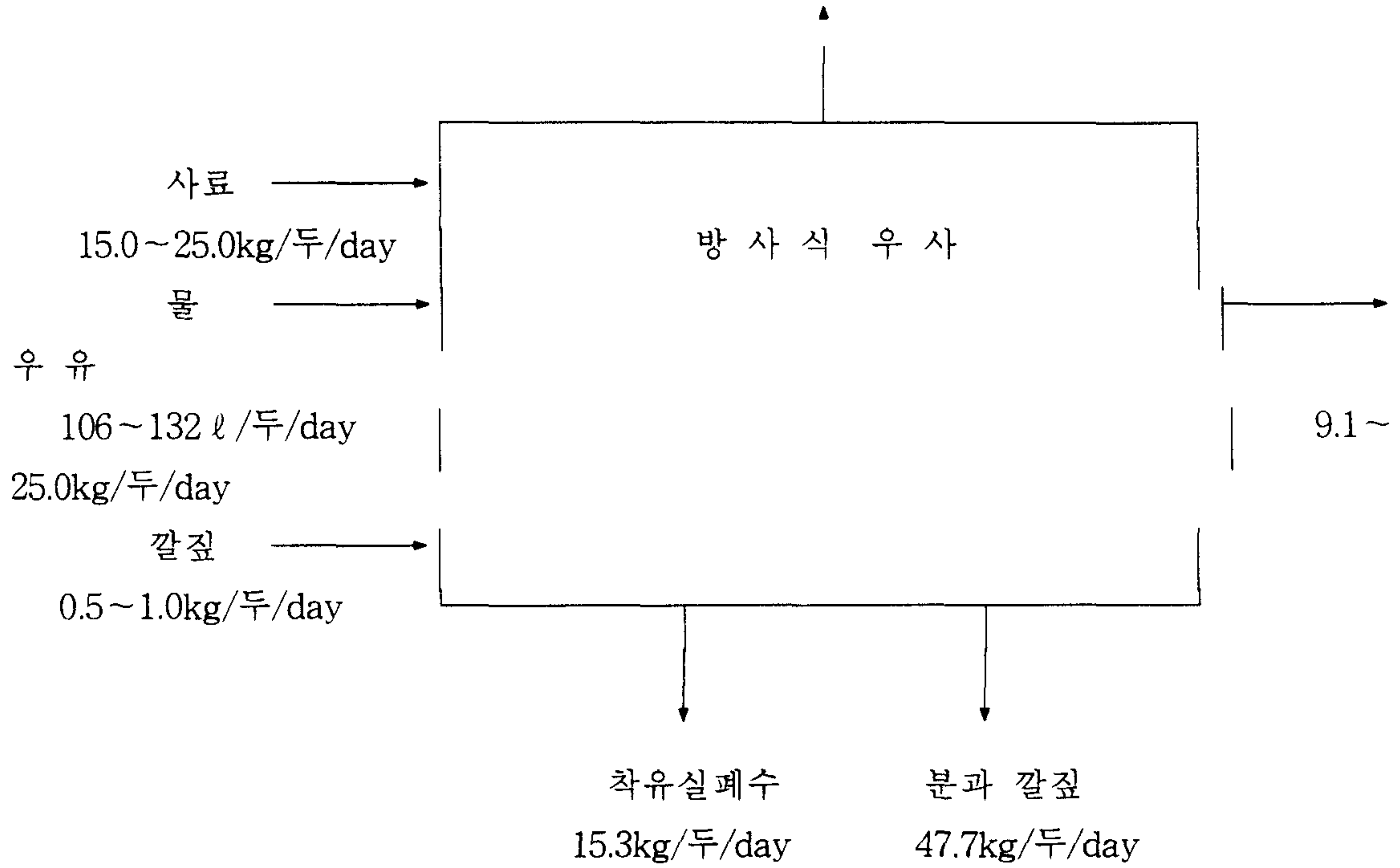


그림 6-4. 방사식 우사에서 오염물질의 흐름도(우유 590kg/두 기준, EPA 1974)

환경연구원의 발표에 따르면 축산시설에서 발생하는 가축분뇨와 축사폐수 등 가축이 1일 발생시키는 오염물질의 양은 <표 6-16>과 같다.

표 6-16. 축산폐수에 의한 오염물질 원단위

구분	BOD	COD	TS	T-N	T-P
소	640	3,500	3,500	125	72
돼지	125	250	356	20.4	16.8
닭	12.5	-	18	0.96	0.78

소의 경우 BOD 640g/두/day, 질소가 12.8g/두/day, 인이 72g/두/day로 나타났으며, 돼지의 경우에는 BOD 125g/두/day, 질소가 20.4g/두/day, 인이 16.8g/두/day, 닭의 경우 BOD 12.5g/두/day, 질소 0.96g/두/day, 인이 0.78g/두/day로 각각 나타났다.

또한 ASCE자료에 따르면 소의 생체무게에 대한 원단위는 BOD 1.61g/Kg/day, COD 9.42g/Kg/day, 질소가 0.32g/Kg/day, 인이 0.078g/Kg/day로 나타났으며 닭의 경우도 BOD 3.46g/Kg/day, COD 9.8g/Kg/day, 질소가 0.74g/Kg/day, 인이 0.114g/Kg/day로 나타났다.

축산폐수의 원단위 산정에 필요한 1일 분뇨발생량에 있어서 소와 돼지는 문헌자료에 의해 조사된 소의 경우 발생량은 평균체중 363Kg에 분 21.9Kg/두/day, 뇨 11.1Kg/두/day, 돼지는 평균체중 115Kg에 분 2.15Kg/두/day, 뇨 3.6Kg/두/day를 이용하여 분석의 기준으로 삼아서 경축복합형 농가에서 일반적인 형태로 나타나고 있는 소규모 방사식 우사의 원단위 분석자료로 이용하였다.

위의 자료와 문헌에서 구한 분뇨생산량을 사용하여 가축 1마리가 1일 발생할 수 있는 유기물질량과 생체무게당 발생원단위를 산정한 결과는 <표 6-17>과 같다.

표 6-17. 가축분뇨의 원단위 분석결과

	COD		BOD		T-N		NH ₃ -N		T-P		PO ₄ -P	
	g/h/d	g/kg/d*	g/h/d	g/kg/d*	g/h/d	g/kg/d*	g/h/d	g/kg/d*	g/h/d	g/kg/d*	g/h/d	g/kg/d*
우분	2974	8.20	358.0	1.02	91.9	0.250	38.8	0.107	198.6	0.548	17.16	0.047
돈분	413.3	3.60	103.4	0.90	10.50	0.091	2.64	0.023	3.2	0.027	3.00	0.026
계분	8.4	6.29	3.2	2.38	1.25	0.96	0.212	0.162	0.251	0.190	0.159	0.120

*생체무게당 원단위

그 결과 우분의 경우에 BOD 360g/두/day, COD 2,974g/두/day, T-N은 92g/두/day, T-P는 199g/두/day로 나타났다.

돼지의 경우 유기물질 발생 원단위는 분의 경우 BOD 103g/두/day, COD 413g/두/day, T-N 10.5g/두/day, T-P 3.15g/두/day로 나타났고 뇨의 경우 BOD 36g/두/day, COD 69g/두/day, T-N 33g/두/day, T-P 0.5g/두/day로 나타났다.

닭의 경우 BOD는 3.15g/두/day, COD 8.35g/두/day, T-N 1.25g/두/day, T-P 0.25g/두/day로 산정되었다.

4. 축사 세척수의 원단위

축사에서 나오는 오염물 중 축사의 세척시 배출되는 폐수는 대량·고농도로 발생하므로 오염에 대한 영향은 매우 크다. 또한 세척수의 경우 하루중 1~2시간 사이에 집중적으로 발생하므로 오폐수 처리시설의 설계시 처리용량과 효율면에서 세척수에 대한 충분한 고려가 있어야 할 것이다.

또한 관련법규의 규제를 받지않는 소규모 축사의 경우 분뇨부분은 직접 수거하여 처리하므로 일반 하천에 직접 유입되는 경우는 적으나, 세척수의 경우는 그대로 하천에 유입되어 그 오염기여도는 훨씬 크다. 따라서 조사실시중에 이러한 점을 고려하여, 소규모 축사인 경기도 화성군 반월면 갈치저수지 인근지역의 축사에서 방출되는 청소수를 분석하였다.

일반적으로 가축당 세척수유량은 소규모 우사시 3.7L/두/day, 대규모 우사의 착유시 2.8L/두/day, 착유실 청소시 2.5L/두/day로 총 5.3L/두/day이 사용되고 있는 것으로 보고되고 있고 있으며, 문헌자료에 의하여 보고된 축사 세척수의 원단위를 정리하면 <표 6-18>과 같다.

표 6-18. 축사 세척수 원단위

	SS		COD		BOD		T-N		NH ₃ -N		T-P		PO ₄ -P	
	g/h/d	g/kg/d	g/h/d	g/kg/d	g/h/d	g/kg/d	g/h/d	g/kg/d	g/h/d	g/kg/d	g/h/d	g/kg/d	g/h/d	g/kg/d
소우사	53.17	0.16	25	0.08	5.5	0.02	1.24	0.004	0.84	0.002	1.90	0.006	1.63	0.005
대우사	36.69	0.06	41	0.06	13.7	0.02	3.55	0.006	2.63	0.004	0.85	0.001	0.47	0.001
소돈사1	0.06	0.003	22	0.95	8.2	0.35	2.48	0.107	2.46	0.106	0.22	0.009	0.17	0.007
소돈사2	0.13	0.006	42	1.80	13.1	0.57	2.55	0.110	2.51	0.108	0.46	0.020	0.28	0.012
평균	0.10	0.006	32	1.38	10.6	0.46	2.52	0.109	2.49	0.107	0.34	0.015	0.23	0.010
대돈사	7.88	0.07	19	0.16	9.0	0.08	1.79	0.015	1.44	0.013	0.37	0.003	0.23	0.002

주) 최의소 등, “영양염류 원단위 산정에 관한 연구”, 한국 환경과학연구협회의 회,1991

축사 세척수의 원단위 산정결과는 <표 6-19>와 같으며, 주로 분석한 소규모 우사와 대규모 우사의 배출량은 다른 양상을 보이고 있으며, 그중에서 SS의 경우를 관찰해보면 소규모 우사에서는 대부분 깔짚 또는 톱밥을 이용하고 소가 우사에서 체재하는 시간이 길기 때문에 SS원단위가 대규모 우사보다 높게 나타나는 것 같다. SS이외의 원단위가 대규모에서 높은 이유는 대규모인 경우 매일 다량의 세척수를 이용하여 청소를 실시하므로 분과 뇨가 같이 흘러나올 가능성이 훨씬 높은 반면 소규모의

경우 평균 3일에 청소를 1회 실시하므로 중간에 배출되거나 손실되어 버리는 분량 등에 의하여 실제보다 적은 값을 나타낸 것으로 판단된다.

표 6-20. 축사 세척수 분석결과

	SS (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	NH ₃ -N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)	PO ₄ -P (mg/ℓ)
소규모우사	12,300	1,240	7,230	259	178	478	415
대규모우사	10,400	1,800	9,930	504	186	195	127

5. 가축분뇨수 원단위 산정

각종 연구기관에서 발표한 가축분뇨수에 대한 원단위 산정결과를 <표 6-21, 22, 23>, <그림 6-5>와 같이 정리하였다.

표 6-21. 축산폐수 원단위

	SS		COD		BOD		T-N		NH ₃ -N		T-P		PO ₄ -P	
	g/h/d	g/kg/d	g/h/d	g/kg/d	g/h/d	g/kg/d	g/h/d	g/kg/d	g/h/d	g/kg/d	g/h/d	g/kg/d	g/h/d	g/kg/d
소우사	53.17	0.16	2999	8.27	364	1.04	93.13	0.25	39.64	0.11	200.5	0.55	18.79	0.05
대우사	36.69	0.06	3015	8.26	373	1.04	95.45	0.26	41.43	0.11	199.4	0.55	17.63	0.02
평균	44.93	0.11	3007	8.27	369	1.04	94.29	0.25	40.53	0.11	200.0	0.55	18.21	0.03
소돈사	0.10	0.01	515	5.58	150	1.67	46.28	0.49	34.41	0.39	4.0	0.05	3.61	0.04
대돈사	7.88	0.07	501	4.37	149	1.29	45.55	0.40	33.36	0.29	4.0	0.03	3.62	0.03
평균	3.99	0.04	508	4.97	149	1.48	45.91	0.44	33.89	0.34	4.0	0.04	3.61	0.04
계사	-	-	8	6.29	3	2.38	1.25	0.96	0.21	0.16	0.3	0.19	0.16	0.12

주) 최의소 등, “영양염류 원단위 산정에 관한 연구”, 한국 환경과학연구협회의 회, 1991

표 6-22. 축산폐수에 의한 오염물질 원단위

(단위 : g/두day)

구분	BOD	COD	TS	T-N	T-P
소	640	3,500	3,500	125	72
돼지	125	250	356	20.4	16.8
닭	12.5	-	18	0.96	0.78

주) 국립환경연구원, “수질환경기준 달성 적정화 방안에 관한 연구(11)”, 1990

표 6-23. 축산폐수의 오염물질 발생 원단위

(단위 : g/kg/day)

구분	BOD	COD	T-N	T-P
소	1.61	9.42	0.32	0.078
돼지	3.46	9.80	0.74	0.114
닭	2.0~4.0	-	8.00	0.26~0.70

주) J. of the Enviro. Eng. Divi., "Animal Waste Management: state of the art", 1978. pp1239~1261

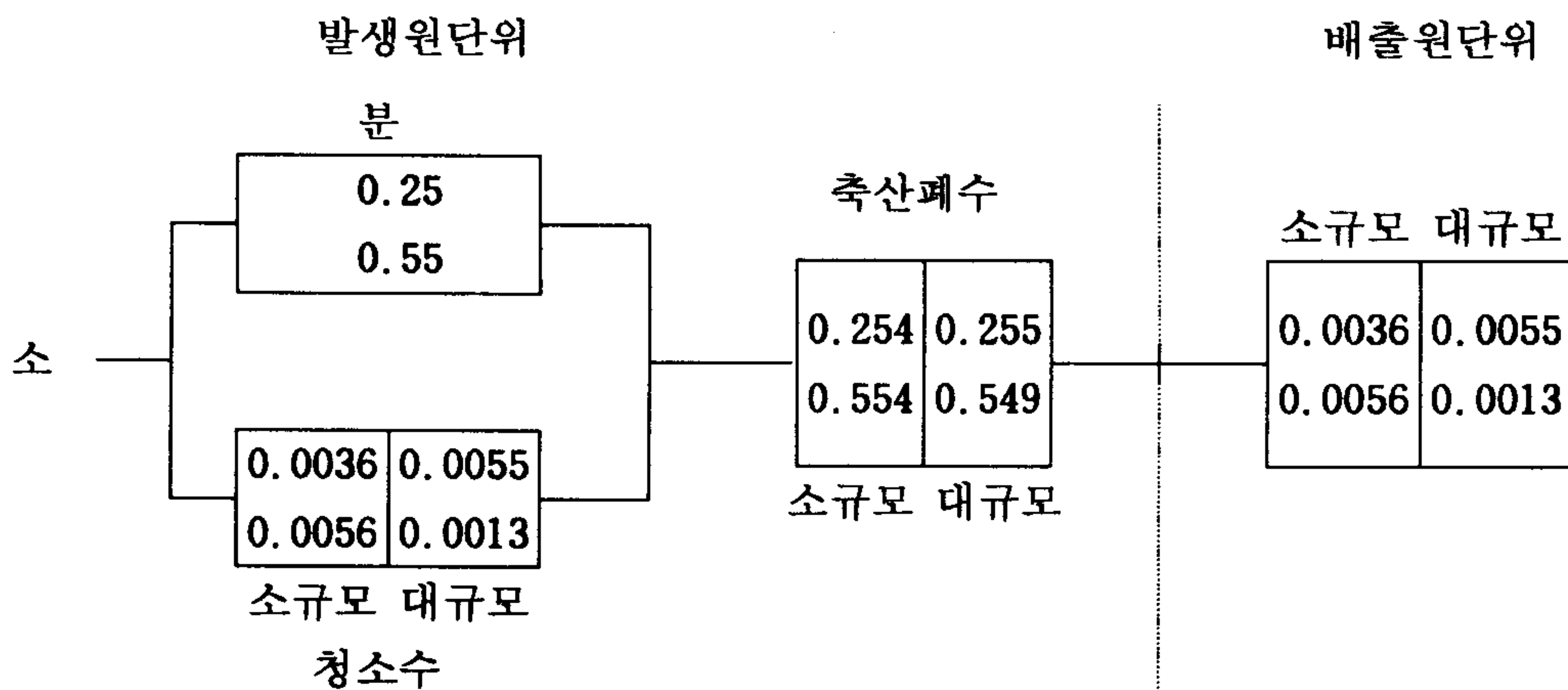


그림 6-5. 가축분뇨수에 의한 발생 및 배출원단위

경기도 반월 인근에 위치한 갈치저수지 인근유역의 경축복합농가에서 발생하는 가축분뇨수의 원단위와 축사에서 나오는 청소수의 원단위를 합한 축산폐수의 원단위를 <표 6-24>에 나타내었다. 소규모 우사에서 양축되는 유우의 경우 COD 2.917g/두

/day, BOD 351.7g/두/day, T-N 76.5g/두/day, T-P 187.5g/두/day로 나타났으며, 이러한 수치는 환경연구원자료인 BOD 640g/두/day, T-N 12.8g/두/day, T-P 72g/두/day와 비교할 때, BOD는 낮게 조사되었으나 질소와 인의 농도가 상당히 높게 나타났으므로, N, P가 주원인으로 작용하는 갈치저수지의 부영양화가 인근 영세 축산농가에서 배출되는 가축분뇨수에 의하여 발생하는 것으로 확인할 수 있었다.

표 6-24. 소규모 농가에서 방출되는 축산폐수 원단위

	COD		BOD		T-N		NH ₃ -N		T-P		PO ₄ -P	
	g/h/d	g/kg/d*	g/h/d	g/kg/d*	g/h/d	g/kg/d*	g/h/d	g/kg/d*	g/h/d	g/kg/d*	g/h/d	g/kg/d*
소규모 우사	2917	7.94	351.7	0.94	76.5	0.214	35.7	0.96	187.5	0.475	21.4	0.0547

ASCE자료인 BOD 1.61g/Kg/day, COD 9.42g/Kg/day, T-N 0.32g/Kg/day, T-P 이 0.079g/Kg/day와 비교할 때 생체무게에 대한 원단위는 BOD 0.94g/Kg/day, T-N 0.214g/Kg/

day, T-P 0.475g/Kg/day로 BOD와 질소는 비슷한 수치를 나타내었으나, T-P의 함량이 대단히 높게 나타났다. 또한 인의 경우에는 수질환경에 직접적으로 영향을 미치는 물질이므로 갈치저수지 인근 유역에서는 T-P의 저감 대책마련이 시급한 것으로 판단된다.

第 4 節 結論

1. 갈치 저수지 유역 환경조사

대상유역은 경기도 군포시 대야미동에 위치한 반월시험유역중 시험대상지 WS #7 으로 분류된 갈치저수지 인근유역으로 하천발원지에서부터 하류로 유로연장 4.29 km, 유역면적 8.42 km²를 대상으로 하였으며, 해당 시험지역에 대한 인구 및 가축사육현황과 토지이용 실태, 수질현황에 대하여 조사한 결과, 갈치저수지에 대한 주된 오염원은 인근의 영세 축산농가에서 방류되는 축산폐수로 밝혀졌다.

2. 오염부하 원단위조사(환경부 기준)

축산시설에서 발생하는 대부분의 분과 기타 고형 폐기물은 일반적으로 사료의 종류 및 분뇨수거방법에 따라 약간 차이를 나타내며 일반적으로 가축사료에서 발생되는 폐수내의 유기물질과 영양소의 농도를 분석해 보면 상당히 높은 농도의 영양소가 발생됨을 알 수 있음. 환경부에서 발표한 축산폐수에 있어서 가축이 1일 발생시키는 오염물질의 양은 <표 6-25>와 같다.

표 6-25. 환경부기준 오염부하량 원단위(mg/l)

오염물질 축종	BOD	COD	TS	T-N	T-P
소	64,000	3,500	3,500	125	72
돼지	12,500	250	356	20.4	16.8
닭	1,250	-	18	0.96	0.78

3. 오염부하원단위조사(외국자료 기준)

EPA와 ASCE자료에 근거하여 가축분뇨의 원단위를 분석하였으며, Loehr에 따르면 BOD를 기준으로 할 때 유우 1두는 사람 20~25명분의 오염물질을 발생시키며, 육우 1두는 18~20명, 돼지 1두는 2~3명, 닭 10~15마리는 사람 1명과 같은 정도의 오염물질을 발생시킨다고 보고함. 그 결과 우분의 경우에 BOD 360g/두/day, COD 2,974g/두/day, T-N은 92g/두/day, T-P는 199g/두/day로 나타났다. 돼지의 경우 유

기물질 발생 원단위는 분의 경우 BOD 103g/두/day, COD 413g/두/day, T-N 10.5g/두/day, T-P 3.15g/두/day로 나타났고 노의 경우 BOD 36g/두/day, COD 69g/두/day, T-N 33g/두/day, T-P 0.5g/두/day로 나타났다. 닭의 경우 BOD는 3.15g/두/day, COD 8.35g/두/day, T-N 1.25g/두/day, T-P 0.25g/두/day로 계산되었다.

여 백

第 7 章 산림자원관리 기술개발

연구책임자 : 이 경 준

연 구 원 : 한 심 희

여 백

第 1 節 緒 說

대기환경오염이 산림 쇠퇴에 미치는 영향은 오래 전부터 제기되어 왔으며 국내의 경우 삼림토양은 오염원을 중심으로 시간이 경과함에 따라 토양산성화가 계속 진행되고 있고, 토양중 알루미늄 농도는 토양 산성화와 함께 증가되고 있다고 보고되었다(이 등, 1989). 또한 일부 공단지역이나 도시림내에서의 삼림이 피해를 입거나 진행중인 것으로 알려져 있다(서 등 1981, 김 등 1988).

대기오염과 산성우로 가장 심각하고 광범위하게 피해가 나타나는 지역은 산림지역으로, 산성우에 의한 삼림 토양의 산성화로 각종 무기염류들이 용탈되어 양분 부족을 유발시키므로써 수목의 생장을 저하시킨다(Oren 등 1988, 주 등 1994). 또한 토양 입자와 결합되어 있던 알루미늄이 치환성 알루미늄으로 변화되어 식물 체내에 흡수되어 알루미늄 독성을 일으켜 임목이 고사하게 된다(Ulrich 등, 1980). 이러한 현상은 넓은 면적에서 임목들이 대량으로 고사되어 삼림의 황폐화를 야기하며, 동시에 산성화된 삼림 토양으로부터 알루미늄과 같은 금속이온들을 용탈시켜 하천과 호수를 오염시키므로써 각종 수처 곤충들과 어류들을 감종시키고 있다(EPA, 1980). 북구와 구미에서는 수천개 호소의 어류가 이미 완전 멸종되었으며 피해수가 더욱 증가하고 있다.

또한 삼림 토양에서 유출되는 지표수의 산도는 토양의 유형과 수문학적인 침식 형태에 의해서 결정되는데(Krung 등, 1983), 산성 강하물에 노출된 지역의 토양 산도는 자연 상태 보다 더 빠르게 증가하여 지표수의 수질에 장기적인 영향을 미칠 수 있다(Abrahamsen, 1985). 따라서 산림생태계에서의 물질 순환 측면에서 본 지력유지, 삼림 토양의 중화기능과 수질정화능을 파악하기 위해서는 토양수에서 계류수로의 용존 물질의 동태와 그들의 수질이 어떻게 형성되고 변화되는가를 알 필요가 있다.

따라서 본 연구는 대기오염물질 및 산성우에 의해서 야기되는 문제점을 파악하기 위하여 다음과 같은 두가지 측면에서 접근하고자 한다. 하나는 산림 파괴의 주범인 대기오염의 현황을 파악하여 그들이 삼림의 양료동태 및 수목의 생장에 미치는 영향을 조사하므로써 대기오염 및 산성우에 의한 향후 피해 가능성을 예측하는 것이고, 다른 하나는 대기오염과 산성우의 영향으로 삼림 토양에서 유출되는 양료 용탈 정도, 용탈된 양료들이 주변환경에 미칠 수 있는 피해를 예측하는 것이다.

본 연구를 통해서 대기 오염 및 산성우에 의한 산림의 파괴의 가능성을 예측하여 향후 문제 발생시의 대책을 마련할 수 있는 기초 자료를 제공할 수 있으며 주변 환경, 즉 계류수의 수질과의 관계를 규명하여 향후 예상되는 문제에 대한 대책을 마련하는 데 기여할 수 있으리라고 본다.

또한 환경 농업 기술의 기본 환경을 구성하는데 있어 적절한 삼림 환경의 조건을 제시하여, 보다 안전한 환경 농업 기술 설계에 기여할 것으로 본다.

第 2 節 材料 및 方法

1. 調査地 概況

본 시험 구역은 경기도 화성군 반월면에 위치한 서울대학교 농공학과 반월시험구역이다. 시험 구역의 북쪽은 안양시, 남쪽은 매송면, 동쪽은 군포시, 서쪽은 안산시와 접하고 있으며 개발제한구역으로 산림, 농경지의 훼손이 적으며 자연부락이 산재되어 있는 전형적인 농촌 구역이다.

제 1 구역 산림지는 대야미역 주변의 주택가를 중심으로 해서 서북방향에 위치하고 있으며 경사도는 13 - 20° 이었고, 제 2 구역 산림지는 갈치저수지를 동쪽, 북쪽, 서쪽방면에서 둘러싸고 있는 지역으로서 경사도는 7 - 17° 이었다. 제 3 구역 산림지는 수리산(474.8m)의 남쪽으로 위치한 반월면 속달리와 둔대리를 둘러싸고 있으며 경사도는 30 - 40°로 급경사였다. 이 지역은 95% 이상이 산림지로 구성되어 있다. 조사구의 1993년 4월 - 1993년 9월의 강우량은 6월 29일의 8.0mm에서 7월 29일 117.5mm의 범위를 보였으며 평균 강우량은 40.1mm 이었다(김, 1995). <그림 7-1>은 조사지의 구역 구분과 시료 채취 위치를 나타내고 있다.

2. 植生調査

본 연구를 수행하기 위해서 1995년 4월 28일과 5월 1일 2차에 걸쳐 현지 답사를 하였다. 식생조사를 위해서 각 구역별 조사구에 4곳씩 총 12개의 방형구(10m × 10m)을 설치하였으며, 방형구 설치는 가능한 천연림을 대상으로 하기 위해 경기도 산림환경연구소에서 식재한 낙엽송, 잣나무, 리기테다소나무, 밤나무 시험지는 피했으며 방위와 고도를 고려하였다.

조사내용은 먼저 방형구내의 방위 사면, 토양 산도, 낙엽층의 두께등을 조사했고 식생조사는 수고를 중심으로 해서 5m이상은 상층교목, 5m이하는 하층교목으로 구분하였으며, 상층교목은 각 구역별 10m × 10m의 방형구 4곳을 설치하여 수종, 개체수, 수고, 흉고직경, 피도를 조사하였고 하층교목은 5m × 5m의 방형구를 설치하여 수종, 개체수, 수고, 흉고직경, 피도를 조사하였다. 식생조사는 1995년 5월 27일부터 ~ 6월 3일까지 실시하였다.

각 조사구의 식생조사 결과로 얻어진 자료를 이용하여 각 구역별 수종에 대한 상대밀도, 상대빈도, 상대 피도를 계산하여, 종의 상대적인 중요도를 나타내는 척도로써 Curtis와 McIntosh(1951)의 상대우점치(importance value, IV)를 계산하였다.

3. 土壤調査

토양조사는 위의 식생조사에서 얻어진 결과를 이용하여 주요 수종이 분포하고 있는 지역을 대상으로 1995년 10월 14일부터 11월 25일까지 실시하였다. 토양 시료 채취는 각 구역별로 3 수종 씩을 선정하였고, 한수종 당 3반복으로 토양 시료를 채취하였다. 시료 채취 위치는 4개 방향과 B층 0-5cm, 5-10cm의 깊이에서 수종 당 24개, 시험지구 전체로는 총 216개의 토양 시료를 채취하였다. 채취된 시료는 채취 즉시 실험실로 운반하여 2mm 체를 이용하여 선별하고 수분함유량, pH, 유기물 함량, 양이온치환능력, 치환성양이온량을 측정하였다(Cater, 1993)

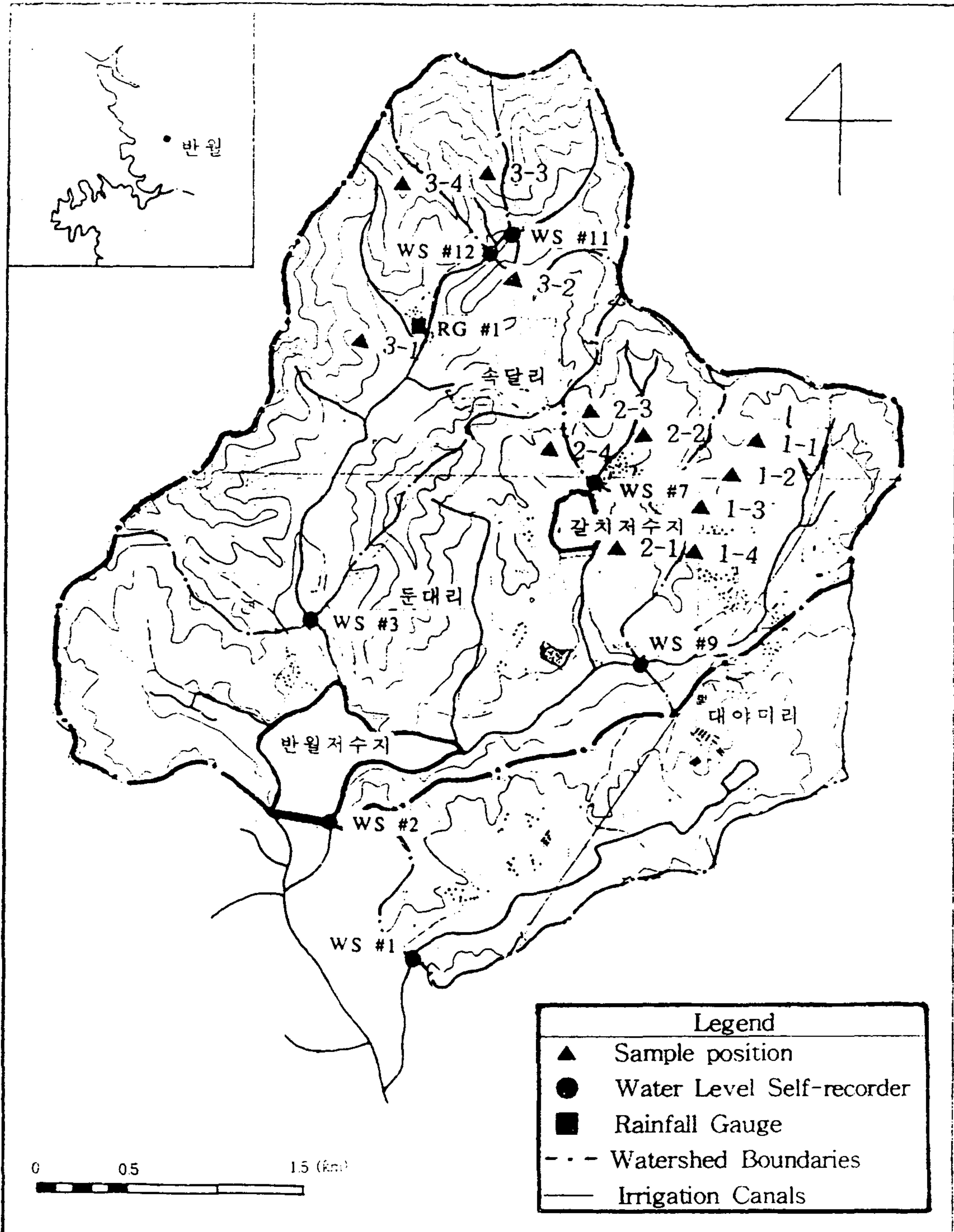


Fig. 7-1. Location map of the Banweol watershed.

토양 수분함유량은 2mm체로 선별된 토양 20g을 105℃ 건조기에서 24시간 건조 후 무게를 측정하여 계산하였으며, 유기물 함량은 건조기에서 건조된 토양 시료를 450℃의 전기화로에 넣어 12시간 동안 태우고 남은 시료의 무게를 측정한 후 계산하였다. 토양 pH는 신선한 토양 10g과 증류수 25ml를 잘 혼합하여 24시간 방치한 후 pH 측정기(HANNA HI8519)를 이용하여 pH를 측정하였다. 양이온치환능력은 풍건시킨 토양 5g을 1M-NH₄OAc 50ml를 가하여 추출한 후 다시 80% 에칠 알콜로 씻어낸 토양을 Kjeldahl 증류장치를 이용하여 증류시켰다. 증류에서 얻어진 증류액을 적정하여 결과를 얻었다. 또한 1M-NH₄OAc에 의해 침출된 침출액을 3배로 희석하여 원자흡광법을 이용하여 치환성양이온량(Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺)을 측정하였다. 위에서 측정된 결과는 IBM-PC의 SAS 프로그램을 이용하여 분석을 실시하였다.

4. 大氣汚染調査

1차년도에 실시된 대기오염조사는 산성우와 오존을 중심으로 조사하였다. 산성우 조사는 1995년 7월에 반월시험지구와 수원시 호매실동(칠보산)에 각각 1대의 산성우 분취기(일본 HORIBA사 제품)를 설치하여, 강우시마다 8개의 연속 시료를 채취하여 pH 측정기를 이용하여 pH를 측정하였다. 시험지역내의 오존농도는 8월 중 온도가 가장 높은 시간을 기준으로 각 구역별로 오존 측정기(COSMOS사 제품)를 이용하여 오존 농도를 측정하였다.

第 3 節 結果 및 考察

1. 植生調査

조사구내에서의 총 출현 종수는 32종이었으며 상층교목에서는 17종이, 하층교목에서는 29종이 출현하였다. 각 구역별 특성을 보면 다음과 같다.

제 1 구역에서의 상층교목의 평균 수고는 8.2 - 9.7m, 평균 흉고직경은 9.7 - 14.0cm, 울폐도는 210 - 305% 이었으며 교목의 총 출현 종수는 7 - 9종 이었다 (Table 7-1). 상층교목의 주요 수종(IV >10)으로는 리기다소나무, 신갈나무, 아까시나무, 물오리나무가 있었으며 각각의 상대우점치(importance value, IV)는 34.9%, 14.1%, 12.5%, 15.9% 이었고(Table 7-7), 직경 10cm이상의 리기다소나무가 대부분을 차지하고 있었으나 치수목은 발견되지 않았다(Table 4). 하층교목에서의 주요 수종으로는 신갈나무와 진달래로 각각의 상대우점치는 31.5%, 16.8% 이었으며(Table 7-8) 대부분이 직경 3cm이하였으며 중간정도의 직경(6-9cm)을 가진 수종으로는 아까시나무와 산벚나무, 물오리나무가 있었다(Table 7-4). 위의 결과로 볼 때 제 1 구역은 리기다소나무가 조림된 후 그대로 방치되어 신갈나무, 아까시나무, 물오리나무등이 함께 혼효림을 이루고 있는 것으로 판단된다.

제 2 구역에서의 상층교목의 평균 수고는 6.8 - 8.0m, 평균 흉고직경은 9.1 - 12.5cm, 울폐도는 127 - 342% 이었으며 교목의 총 출현 종수는 6 - 9종이었다 (Table 7-2). 상층교목의 주요 수종(IV >10)으로는 갈참나무, 상수리나무, 아까시나무가 있었으며 각각의 상대우점치(importance value, IV)는 13.8%, 26.6%, 21.5% 이었고(Table 7-7), 하층교목의 주요 수종으로는 갈참나무와 졸참나무로 각각의 상대우점치는 21.2%, 15.9% 이었다(Table 7-8). 제 2 구역내에서는 참나무류인 상수리나무, 갈참나무, 졸참나무, 신갈나무와 아까시나무가 대부분의 산림을 구성하고 있었으며 리기다소나무는 하나의 방형구에서만 나타났다(Table 7-5) .

제 3 구역에서의 상층교목의 평균 수고는 6.8 - 10.2m, 평균 흉고직경은 6.9 - 11.0cm, 울폐도는 177 - 242% 이었으며 교목의 총 출현 종수는 6 - 11종 이었다 (Table 7-3). 상층 교목의 주요 수종(IV >10)으로는 굴참나무, 소나무, 신갈나무가 있었으며 각각의 상대우점치(importance value, IV)는 24.1%, 14.6%, 16.7% 이었고 (Table 7), 하층교목의 주요 수종으로는 곶상나무, 신갈나무, 진달래로 각각의 상대우점치는 19.5%, 11.1%, 10.9% 이었다(Table 7-8). 제 3 구역도 제 2 구역과 마찬가지로 참나무류인 굴참나무, 신갈나무가 대부분의 산림을 구성하고 있었으며 소나무는 하나의 방형구에서만 출현하였다. 소나무가 출현한 방형구에서는 소나무와 유사한

직경을 가진 굴참나무가 많이 나타났다(Table 7-6). 특히 제 3 구역에서는 다른 구역과는 달리 하층 교목으로 고광나무, 팔배나무, 난티개암나무, 생강나무등이 다수 출현하였으나 대부분 직경이 매우 작은 것으로 나타났다.

Table 7-1. Description of physical features and the stratum of each plot in # 1 Banweol watershed

Plot Number	1-1	1-2	1-3	1-4
Aspect	SW	E	SE	E
Slope(°)	15	17	20	13
Height of tree layer(m)	9.1	8.2	9.1	9.7
Mean DBH of tree layer(cm)	12.2	9.7	9.9	14.0
Cover of tree layer(%)	210	278	305	227
Height of subtree layer(m)	1.5	1.8	2.2	1.5
Mean DBH of subtree layer(cm)	1.32	2.1	1.6	1.3
Cover of subtree layer(%)	133	164	88	241
Number of woody species	9	8	8	7

Table 7-2. Description of physical features and the stratum of each plot in # 2 Banweol watershed

Plot Number	2-1	2-2	2-3	2-4
Aspect	S	E	SW	W
Slope(°)	17	17	7	8
Height of tree layer(m)	6.8	7.2	7.2	8.0
Mean DBH of tree layer(cm)	10.0	12.5	9.7	9.1
Cover of tree layer(%)	342	127	223	157
Height of subtree layer(m)	1.8	1.7	2.3	1.8
Mean DBH of subtree layer(cm)	2.3	1.9	2.2	1.6
Cover of subtree layer(%)	220	184	124	186
Number of woody species	6	8	9	9

Table 7-3. Description of physical features and the stratum of each plot in # 3 Banweol watershed

Plot Number	3-1	3-2	3-3	3-4
Aspect	E	W	SW	N
Slope(°)	30	40	32	35
Height of tree layer(m)	6.8	10.2	10.1	9.7
Mean DBH of tree layer(cm)	6.9	8.6	9.7	11.0
Cover of tree layer(%)	177	205	242	195
Height of subtree layer(m)	1.8	1.3	1.1	1.0
Mean DBH of subtree layer(cm)	1.6	1.2	1.2	1.1
Cover of subtree layer(%)	146	86	117	28
Number of woody species	7	6	10	11

Table 7-4. Frequency distribution by DBH of major tree species(importance value :IV > 10) in # 1 Banweol watershed

(unit : No.)

Species DBH(cm)	3≤		6≤		9≤		12≤		15≤		18≤		21≤		24≤		27≤	
	<3	<6	<9	<12	<15	<18	<21	<24	<27	<30								
<i>Pinus rigida</i>	-	1	4	5	15	7	2	2	-	1								
<i>Quercus mongolica</i>	32	4	1	1	1	3	-	-	-	-								
<i>Robinia pseudoacacia</i>	6	6	6	2	-	-	-	-	-	-								
<i>Alnus japonica</i>	-	2	1	1	4	1	1	-	1	-								

Table 7-5. Frequency distribution by DBH of major tree species(importance value : IV > 10) in # 2 Banweol watershed

(unit : No.)

Species DBH(cm)	3≤		6≤		9≤		12≤		15≤		18≤		21≤		24≤		27≤	
	<3	<6	<9	<12	<15	<18	<21	<24	<27	<30								
<i>Quercus aliena</i>	15	7	2	1	1	-	-	-	-	-								
<i>Quercus acutissima</i>	4	3	4	3	4	-	1	1	-	-								
<i>Robinia pseudoacacia</i>	5	6	6	1	5	2	-	-	-	-								
<i>Quercus serrata</i>	9	4	-	-	-	-	-	-	-	-								
<i>Pinus rigida</i>	-	-	-	2	3	3	-	-	-	-								

Table 7-6. Frequency distribution by DBH of major tree species(importance value : IV > 10) in # 3 Banweol watershed

(unit:No.)

Species	DBH(cm)	DBH Class								
		<3	3≤ <6	6≤ <9	9≤ <12	12≤ <15	15≤ <18	18≤ <21	21≤ <24	24≤ <27
<i>Philadelphus schrenkii</i>	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus variabilis</i>	1	5	12	4	3	1	1	-	-	-
<i>Pinus densiflora</i>	2	8	8	2	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus mongolica</i>	6	3	5	5	5	-	-	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 7-7. Important value of all overstory tree species in three watersheds in Banweol

(unit : %)

Species	Korean name	# 1 watershed	# 2 watershed	# 3 watershed
<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	5.5	13.8	3.7
<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무	-	4.6	24.1
<i>Juniperus rigida</i>	노간주	-	3.7	-
<i>Acer palmatum</i>	단풍나무	-	-	3.1
<i>Styrax japonicus</i>	때죽나무	-	-	5.7
<i>Pinus rigida</i>	리기다소나무	34.9	8.0	-
<i>Castanea crenata</i>	밤나무	3.1	8.5	8.1
<i>Prunus leveilleana</i>	산벚나무	7.2	2.7	9.9
<i>Quercus acutissima</i>	상수리나무	-	26.6	-
<i>Carpinus cordiata</i>	까치박달나무	-	-	3.6
<i>Pinus densiflora</i>	소나무	4.6	-	14.6
<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	14.1	8.1	16.7
<i>Robinia pseudoacacia</i>	아까시나무	12.5	21.5	-
<i>Alnus hirsta</i>	물오리나무	15.9	2.6	-
<i>Rhus verniciflua</i>	옻나무	-	-	3.5
<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	2.4	-	-
<i>Sorbus alnifolia</i>	괭배나무	-	-	6.8

Table 7-8. Important value of all understory tree species in three watersheds in Banweol

(unit : %)

Species	Korean name	# 1 watershed	# 2 watershed	# 3 watershed
<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	7.4	21.2	5.7
<i>Philadelphus schrenkii</i>	고광나무	2.6	-	19.5
<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무	-	-	2.0
<i>Corylus Heterophylla</i>	난티개암나무	-	4.8	8.5
<i>Juniperus rigida</i>	노간주나무	-	2.2	-
<i>Symplocos chinensis for. pilosa</i>	노린재나무	-	-	4.1
<i>Zelkova serrata</i>	느티나무	-	2.0	1.7
<i>Acer palmatum</i>	단풍나무	-	-	3.2
<i>Sambucus williamsii var. coreana</i>	딱총나무	-	1.7	-
	때죽나무	-	-	4.3
<i>Styrax japonicus</i>	떡갈나무	-	-	6.9
<i>Quercus dentata</i>	밤나무	9.3	3.1	-
<i>Castanea crenata</i>	보리수나무	-	4.0	-
<i>Eleagnus umbellata</i>	붉나무	-	3.3	-
<i>Rhus chinensis</i>	산벚나무	5.9	-	1.8
<i>Prunus sargentii</i>	산초나무	-	1.6	-
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	상수리나무	3.5	8.0	-
<i>Quercus acutissima</i>	생강나무	-	2.9	4.9
<i>Lindera obtusiloba</i>	소나무	-	-	3.0
<i>Pinus densiflora</i>	신갈나무	31.5	2.4	11.1
<i>Quercus mongolica</i>	싸리나무	-	1.7	2.2
<i>Lespedeza bicolor</i>	아까시나무	9.4	6.4	-
<i>Robinia pseudoacacia</i>	욱나무	6.0	-	2.1
<i>Rhus verniciflua</i>	잣나무	-	1.6	-
<i>Pinus koraiensis</i>	졸참나무	3.8	15.9	-
<i>Quercus serrata</i>	진달래	16.8	9.8	10.9
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	찔레꽃	-	4.4	-
<i>Rosa multiflora</i>	청미래덩굴	1.9	3.3	-
<i>Smilax china</i>	팔배나무	2.0	-	8.2
<i>Sorbus alnifolia</i>				

2. 土壤調査

가. 水分含有量과 有機物 含量

토양의 수분 함유량이 가장 높은 유역은 제3유역으로 0-5cm, 5-10cm의 평균 수분함유량은 각각 $22.6 \pm 3.8\%$, $22.7 \pm 3.2\%$ 를 나타냈으며 유역별과 수종별로는 1% 수준에서 통계적 유의차가 인정되었으나 토양 깊이별 차이는 상수리나무(1%에서 유의차 인정)를 제외한 모든 지역에서 유의차가 인정되지 않았다.

유기물함량도 제 3유역에서 가장 높은 것으로 나타났으며 0-5cm, 5-10cm의 유기물 함량은 각각 $12.28 \pm 1.89\%$, $11.14 \pm 1.77\%$ 였으며 유역별과 수종별로는 1% 수준에서 통계적 유의차가 인정되었다. 그러나 토양 깊이별로는 신갈나무와 상수리나무에서는 1%수준에서, 리기다소나무와 물오리나무는 5% 수준에서 통계적 유의성이 인정되었으나 그외 지역에서는 유의차가 인정되지 않았다. 이와같이 제 3 유역에서 수분 함유량과 유기물 함량이 높게 나타난 것은 낙엽층의 두께, 수목의 피도, 밀도, 경사면등의 차이가 복합적으로 작용하고 있는 것으로 생각되며 수분함유량은 0-5cm가 5-10cm보다 약간 높게 나타나며, 유기물 함유량은 수분 함유량과는 반대로 낙엽층이 가까이 있는 0-5cm 깊이에서 5-10cm보다 높게 나타난다(Table 7-9).

나. 土壤 pH 測定 結果

토양 pH는 토양 깊이 별로 볼때 5% 수준에서 통계적 유의차를 보이는 아까시나무와 졸참나무를 제외하고는 차이가 나타나지 않았다. 그러나 수종별과 유역별로는 1% 수준에서 유의차가 인정되었다. 본 시험지구의 토양 pH는 대체로 낮은 경향을 보이고 있다. 즉 가장 낮은 값을 나타내는 소나무림의 3.85 ± 0.10 에서 가장 높은 값을 나타내는 굴참나무림의 4.49 ± 0.15 의 범위를 가진다.

이러한 결과는 이 시험지역의 토양이 이미 산성화되어 있음을 나타내고 있다 (Table 7-9).

유역별로 대야미 전철역과 주택지역인 제 1 유역의 0-5cm, 5-10cm의 pH가 각각 3.94 ± 0.21 , 4.00 ± 0.26 로 가장 낮은 경향을 보이고 있어 이 지역에서 방출되는 오염물질의 영향을 받고 것으로 보이며, 반대로 청정지역으로 구분된 제 3유역에서는 0-5cm, 5-10cm의 pH가 각각 4.41 ± 0.11 , 4.40 ± 0.10 으로 오염원의 영향이 적은 것으로 보인다. 그러나 전체적으로는 주변의 공단지역과 중국에서의 오염물질의 유입의 영향을 받고 있는 것으로 생각된다.

다. 양이온置換能力과 置換性양이온量 測定 結果

양이온치환능률도 위의 세가지 항목의 결과와 마찬가지로 청정지역으로 구분된 제 3 유역에서 높은 값을 나타냈으나 전체적으로 낮은 값을 나타내고 있는 것을 볼 수 있다(Table 7-10).

토양 깊이별 양이온치환용량의 차이는 없었으며, 수종별과 유역별 차이는 1% 수준에서 인정되었다. 가장 높은 값을 나타내는 제 3 유역에서의 양이온치환용량은 0-5cm, 5-10cm에서 각각 $7.88 \pm 2.89\text{me}/100\text{g}$ 와 $7.88 \pm 1.99\text{me}/100\text{g}$ 를 나타내고 있으며 가장 낮은 제1유역에서는 0-5cm, 5-10cm에서 각각 $4.73 \pm 1.53\text{me}/100\text{g}$, $4.36 \pm 0.67\text{me}/100\text{g}$ 을 나타내고 있다.

치환성양이온중 가장 높은 함량을 나타내는 양이온은 Ca^{++} 이고 가장 낮은 함량을 보이는 양이온은 Na^{+} 였다. 치환성양이온의 수종별, 유역별 차이는 1% 수준에서 인정되었으나 깊이별 차이는 인정되지 않았다. 치환성양이온량은 제1유역과 제2유역에서 높게 나타났으며 제3유역에는 낮은 값을 보여주고 있으며 전체적으로 낮은 함량을 나타내고 있다. 이와 같은 결과로 볼때 이 지역 토양의 산성화가 심하게 진행되어 있어 경사가 심한 제3유역에서의 양이온 용탈이 심하게 나타난 것으로 생각된다.

Table 7-9. Moisture content, organic matter, pH(in H₂O) between species in Banweol

Water shed	Communities	Soil depth (cm)	Moisture content(%)	Organic matter(%)	pH	
1	<i>Quercus mongolia</i>	5	17.4 ± 2.9	5.62 ± 0.83	4.08 ± 0.29	
		10	16.6 ± 1.2	3.85 ± 0.57	4.21 ± 0.35	
	<i>Pinus rigida</i>	5	19.8 ± 2.7	6.79 ± 1.07	3.85 ± 0.29	
		10	20.0 ± 1.8	4.44 ± 0.59	3.88 ± 0.07	
	<i>Alnus hirsta</i>	5	15.2 ± 1.7	5.44 ± 0.93	3.89 ± 0.13	
		10	15.6 ± 0.9	4.37 ± 0.47	3.92 ± 0.13	
	Average	5	17.5 ± 3.1	5.95 ± 0.94	3.94 ± 0.21	
		10	17.4 ± 2.3	4.22 ± 0.54	4.00 ± 0.26	
	2	<i>Quercus acutissima</i>	5	21.5 ± 2.7	8.35 ± 1.96	3.99 ± 0.32
			10	15.8 ± 3.2	4.08 ± 0.92	4.02 ± 0.08
<i>Robinia pseudoacacia</i>		5	15.7 ± 2.4	6.01 ± 1.29	4.10 ± 0.09	
		10	15.6 ± 3.3	4.35 ± 0.50	4.22 ± 0.12	
<i>Quercus serrata</i>		5	14.9 ± 5.8	4.89 ± 1.08	3.99 ± 0.11	
		10	13.6 ± 2.5	4.30 ± 1.22	4.18 ± 0.22	
Average		5	17.4 ± 4.8	6.42 ± 1.44	4.03 ± 0.21	
		10	15.1 ± 3.1	4.24 ± 0.88	4.14 ± 0.17	
3		<i>Pinus densiflora</i>	5	20.0 ± 2.2	12.96 ± 1.69	4.40 ± 0.08
			10	20.9 ± 1.6	11.87 ± 1.21	4.39 ± 0.12
	<i>Quercus mongolica</i>	5	23.3 ± 3.9	9.73 ± 0.98	4.36 ± 0.06	
		10	21.9 ± 1.5	9.21 ± 1.02	4.36 ± 0.08	
	<i>Quercus variabilis</i>	5	24.5 ± 3.7	17.17 ± 3.00	4.49 ± 0.15	
		10	25.4 ± 3.9	12.33 ± 3.79	4.45 ± 0.07	
	Average	5	22.6 ± 3.8	12.28 ± 1.89	4.41 ± 0.11	
		10	22.7 ± 3.2	11.14 ± 1.77	4.40 ± 0.10	

Table 7-10. Cation exchangable capacity, exchagable cation content between species in Banweol

(unit : me/100g)

Water shed	Communities	Soil depth (cm)	CEC	Ca	Mg	K	Na
1	<i>Quercus mongolica</i>	5	4.49±0.84	0.35±0.15	0.15±0.06	0.18±0.08	0.20±0.06
		10	4.25±0.84	0.10±0.09	0.10±0.07	0.34±0.13	0.22±0.05
	<i>Alnus hirsuta</i>	5	4.97±2.05	0.98±0.30	0.56±0.20	0.17±0.04	0.18±0.04
		10	4.47±0.47	0.61±0.18	0.43±0.11	0.20±0.06	0.11±0.01
	Average	5	4.73±1.53	0.67±0.40	0.35±0.26	0.17±0.06	0.19±0.05
		10	4.36±0.67	0.36±0.30	0.27±0.19	0.27±0.12	0.13±0.07
2	<i>Robinia pseudoacacia</i>	5	6.05±0.45	0.78±0.59	0.25±0.12	0.28±0.11	0.11±0.01
		10	4.78±1.26	0.48±0.17	0.19±0.05	0.23±0.06	0.10±0.01
	<i>Quercus serrata</i>	5	4.73±1.06	0.55±0.34	0.25±0.05	0.13±0.05	0.11±0.02
		10	4.48±1.35	0.63±0.67	0.29±0.11	0.22±0.03	0.10±0.01
	Average	5	5.38±1.04	0.66±0.48	0.25±0.09	0.20±0.11	0.11±0.01
		10	4.63±1.27	0.55±0.48	0.24±0.10	0.22±0.04	0.10±0.01
3	<i>Quercus mongolica</i>	5	5.46±2.57	0.12±0.08	0.20±0.05	0.14±0.02	0.10±0.01
		10	6.17±1.31	0.07±0.06	0.14±0.04	0.12±0.02	0.10±0.01
	<i>Quercus variabilis</i>	5	10.1±0.96	0.25±0.16	0.29±0.07	0.26±0.07	0.12±0.02
		10	9.55±0.78	0.12±0.08	0.19±0.10	0.14±0.07	0.12±0.04
	Average	5	7.88±2.89	0.19±0.14	0.25±0.07	0.20±0.08	0.11±0.02
		10	7.88±1.99	0.10±0.07	0.17±0.08	0.13±0.05	0.11±0.03

3) 大氣汚染調査

강우의 산성도 조사는 1995년 7월부터 10월까지 반월시험지구와 수원시(칠보산)에서 실시되었으며 <표 7-11>과 같이 결과를 정리하였다.

두 측정지역에서 7월과 8월간 강우의 평균 pH 범위는 5.30에서 5.52였으며 10월 강우의 pH 평균값은 6.01로 높았다. 또한 두 지역의 강우중 산성우(pH 5.6이하)가 차지하는 비율은 50%이상을 차지하고 있었으며 특히 8월 중 반월시험지구에서의 산성우율은 72.7%로 매우 높은 비율을 나타내고 있었다. 산성우의 평균 pH는 4.93에서 5.06의 범위에 있었다. 그러나 10월 강우중 산성우는 적은 비율을 차지하였다. 강우의 pH 분포를 조사한 결과 반월시험지구의 7월, 8월과 수원지역의 7월에서는 4.5 -

5.0범위에서 가장 높은 분포를 나타냈고 수원지역의 8월에는 5.0-5.5에서 높은 분포를 나타냈으나 수원의 10월의 강우는 6.0-6.5의 범위에서 가장 높은 분포를 나타냈다.

Table 7-11. Mean pH values of rain during July, August and October in Banwoel and Suwon

Items	Banwoel		Suwon		
	July	August	July	August	October
Average pH	5.52	5.30	5.52	5.51	6.01
Acid rain (%)	55.1	72.7	54.9	60.4	23.1
Acid rain average pH	4.93	4.98	5.00	5.06	5.24
Maximum pH	7.15	6.80	6.85	7.05	6.77
Minimum pH	4.06	4.65	4.37	4.30	4.75
pH range					
4.0 - 4.5	10.2 %	-	2.8 %	6.3 %	-
4.5 - 5.0	22.4 %	39.4 %	26.8 %	12.5 %	7.1 %
5.0 - 5.5	20.4 %	30.3 %	23.9 %	41.7 %	7.1 %
5.5 - 6.0	18.4 %	12.1 %	16.9 %	18.8 %	21.4 %
6.0 - 6.5	18.4 %	15.2 %	19.7 %	10.4 %	50.0 %
6.5 - 7.0	6.1 %	3.0 %	9.9 %	8.33 %	14.3 %
7.0 - 7.5	4.1 %	-	-	2.1 %	-

1995년 8월 중 실시된 오존 농도 측정 결과는 0.05ppm에서 0.09ppm의 범위를 나타냈으며 10월에 실시된 측정 결과는 0.03ppm에서 0.05ppm의 범위를 나타냈다. <표 7-12>는 각 유역별 오존 농도의 측정치를 나타낸 것이다.

Table 7-12. Ozone concentrations during August and October in Banwoel (unit : ppm)

Months	# 1 watershed	# 2 watershed	# 3 watershed
August	0.07 - 0.09	0.08 - 0.09	0.05 - 0.08
October	-	-	0.03 - 0.05

引用文獻

1. 김재봉, 한상욱, 배정오, 고강석, 김정규, 황경섭, 김준선, 박인협, 서정근. 1988. 오염지역 생태계의 경시적 변화에 관한 연구(I). - 여천 공단 주변의 식생을 중심으로 - 국립환경연구원. 69p.
2. 김진택. 1995. 농업 비점원 오염모형을 위한 지리자원 정보시스템 호환모형의 개발 및 적용. 서울대학교박사학위논문. pp. 37 - 41.
3. 서정현, 정인명, 김재봉, 김동한, 정연보, 오재기, 강덕희, 강인구, 김태욱, 심재우, 김준호, 조경재, 유병태. 1981. 공단주변의 생태계에 관한 조사연구. 국립환경연구소. 167p.
4. 이수욱, 민일식. 1989. 대기오염 및 산성우가 삼림생태계의 토양산도 및 양료분포에 미치는 영향. 한국임학회지 78(1) : 11-25.
5. 주영특, 김영채. 1994. 인공산성우가 삼림토양의 화학적성질에 미치는 영향, 한국임학회지 83(3) 280-285
6. Abrahamsen, G. 1985. In : NATO Advanced Research workshop effects of Acidic Depositions on Forests, wetland and Agricultural Ecosystems, Toronto, Springer, New York.
7. Carter M.R. 1993. Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society Science. pp141 - 176
8. Curtis, J.T., and R.R. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. Ecology 32 : 476-496.
9. EPA. 1980. Acid rain, EPA-600/9-79-036, Washington, D.C. 20460.
10. Feger, K. H., and G. Brahmer. 1986. Factors affecting snowmelt streamwater chemistry in the black forest(West Germany). Water, Air, and Soil Pollution 31 : 257 - 265
11. Krung, E. C., and C. R. Frinck. 1983. Science 221, 520.
12. Oren, R., K.S. Werk, E.D. schulze, J. Meyer, B.U. Schneider, and P. Schramel. 1988. Performance of two *Picea abies*(L.) Krast. stands at different stages of decline. VI. Nutrient concentration. Oecologia. 77: 151-162.
13. Ulrich, B., R. Mayer, and P.K. Khanna. 1980. Chemical changes due to acid precipitation in a loess- derived soil in central Europe. Soil Sci. 130: 193-199.

여 백

第 8 章 비직파재배시 입묘저해구명연구

연구책임자 : 최 경 구

연 구 원 : 경 은 선

여 백

第 1 節 緒 說

최근 농촌사회의 급격한 쇠락과 농가인구의 격감은 농업생산과 환경의 유지에 큰 위협이 되고있다. 또한 농경의 포기로 인한 휴경지의 증가는 농경지의 환경유지 기능을 크게 약화시키고, 경종방식의 조방화 추세는 수량감소로 이어져 농업생산 유지가 크게 우려되므로, 지속적 농업생산을 위한 재배기술의 모색이 불가피한 실정이다.

호남지역의 식량작물의 작황은 바로 우리나라 전체의 식량수급에 크게 영향을 미친다. 특히, 전북지역은 미곡생산에 있어서 전국 총생산고의 17.6%를 차지하는 전국 제일의 벼재배 지역이다. 최근 이 지역 벼 재배에 있어서 그동안 가장 안정된 생산 방법으로 발전되어 왔던 이앙재배로부터 직파재배로의 전환이 빠르게 이루어지고 있다. 전북지역의 직파재배 면적은 1992년도에 277정보에서 1994년도에는 10,592정보로 급속히 확대되고 있어, 직파재배가 저투입생산방법의 하나로 이 지역 농가에 인식되고 있고, 이에 대한 관심이 점증하고 있음을 알 수 있다. 그러나, 이 지역의 직파농가가 대부분 재배에 성공하고 있기는 하지만, 입묘에 실패한 농가도 적지않고, 직파농가중에서도 아직 입묘확보에 대한 자신을 가지지 못하는 농가도 많다. 직파재배를 희망하는 농가가 더욱 늘어날 추세에 있으므로 입묘확보에 대한 기술개발이 시급한 실정이다. 입묘확보 기술의 개발은 이 지역 농가 뿐만 아니라 전국적으로도 영농의 생력화에 크게 기여할 것으로 기대된다.

따라서, 본 연구는 입묘확보에 대한 기술개발의 한 방법으로, 우선 이 지역에서 직파재배에 실패한 농가의 파종당시의 조건을 조사 확인하고, 이를 분석하여 입묘실패의 원인을 구명하고자 수행하였다.

第 2 節 材 料 및 方 法

1. 入 票 失 敗 事 例 對 象 農 家

- 가. 1994년 入 票 不 良 事 例 를 中 心 上 由 設 問 을 作 成 하 여 資 料 를 收 集 하 였 고(60件)
- 나. 現 地 觀 察 時 農 家 面 談 을 通 하 여 答 復 收 集 을 하 였 다(54件).

2. 資 料 收 集 整 理

收 集 한 114件 的 事 例 를 中 心 上 由 下 列 各 項 事 項 들 을 調 查 하 였 다

- 가. 破 綻 前 後 的 債 權 履 行 情 況
- 나. 破 綻 前 後 的 資 產 情 況 及 債 權 情 況
- 다. 破 綻 後 破 產 管 理 情 況
- 라. 破 綻 後 入 票 過 程 中 特 異 的 情 況 觀 察 情 況

第 3 節 結果 및 考察

1. 직파유형별로는 담수직파에서의 입묘실패가 많았는데 1994년에는 무논골뿌림에서의 입묘실패사례가 많았고, 1995년에는 건담직파면적의 증가와 함께 건담직파에서의 실패사례도 증가하고 있었다(표 8-1). 담수표면직파는 거의 손으로 산파하고 있고, 무논골뿌림과 건담직파는 파종기에 의한 조파방법을 취하고 있었다(표 8-2).

표 8-1. 직파유형별 입묘실패사례

내 용	1994		1995	
	사례	비율(%)	사례	비율(%)
담수표면직파	15	25.0	4	7.4
무논골뿌림	43	71.7	31	57.4
건담직파	2	3.3	19	35.2
	60		54	

표 8-2. 파종방법별 입묘실패사례

내 용	1994		1995	
	손산파	파종기조파	손산파	파종기조파
담수표면직파	15	0	4	0
무논골뿌림	0	43	0	31
건담직파	0	2	0	19

2. 입묘에 실패한 농가에서도 종자의 선종, 침종, 소독 최아의 과정을 모두 거쳤고, 건담직파시는 마른종자를 파종하고 있었다(표 8-3).

표 8-3. 종자취급과 입묘실패사례

내 용	1994		1995	
	실시	실시않음	실시	실시않음
담수직파				
까락제거	36	22	24	11
선종	58	0	35	0
침종	56	2	35	0
소독	55	3	35	0
최아	58	0	35	0
건담직파				
까락제거	0	2	18	1
선종	2	0	19	0
침종	0	2	0	19
소독	0	2	18	1

3. 입묘실패 포장은 대부분 식질토양이었으며 포장배수조건이 불량하였다. 경운이 균평하지 않은 곳이 많았으며 씨레질을 정밀하게 실시한 경우가 많았다(표 8-4 ~ 8-7).

표 8-4. 포장의 토성과 입묘실패사례

내 용	1994			1995		
	사양질	식양질	식질	사양질	식양질	식질
담수직파	0	3	55	0	1	34
건담직파	0	2	0	0	4	15

표 8-5. 포장의 배수조건과 입묘실패사례

내 용	1994		1995	
	양호	불량	양호	불량
담수직파	10	48	6	29
건담직파	0	2	15	4

표 8-6. 포장의 경운정도와 입묘실패사례

내 용	1994		1995	
	균일	불균일	균일	불균일
담수직파	38	20	28	7
건담직파	2	0	11	8

표 8-7. 포장의 쇄토(써레질) 정도와 입묘실패사례

내용	1994		1995	
	정밀	거침	정밀	거침
담수직파	43	15	17	18
건담직파	1	1	6	13

4. 포장 배수조건이 불량한데도 물고랑설치와 같은 특별한 배수설비에 주의를 갖지 않았으며 파종후 담수상태를 유지한 곳이 많았다(표 8-8).

표 8-8. 포장물고랑 설치여부와 입묘실패사례

내용	1994		1995	
	설치함	설치않음	설치함	설치않음
담수직파	1	57	3	32
건답직파	0	2	1	18

표 8-9. 파종직후 포장물관리상태와 입묘실패사례

내용	1994		1995	
	담수	배수	담수	배수
담수직파	58	0	35	0
건답직파	0	2	0	19

5. 담수직파포장의 파종시 과습, 종자매몰, 뜬묘 와 괴불발생 및 새피해가 두드러지게 관찰되었다. 건답직파포장경우는 건조에 의하여 발아 및 출현이 지연되거나, 입묘의 불량보다는 초기 잡초방제에 실패한 경우가 대부분이었다. 저온(1994년), 건답직파파종후 강우등 기상조건에 따른 실패도 있었다.

표 8-10. 입묘과정중 특별히 관찰된 사항

내 용	1994		1995	
	있음	없음	있음	없음
포장과습	51	9	33	21
포장건조	2	58	10	44
과종후 저온	43	17	0	54
종자문힘	38	22	27	27
종자몰림	5	55	4	50
뜬묘 발생	20	30	18	36
괴불발생	35	25	26	28
새피해	44	16	29	25
잡초발생	60	0	54	0

이상을 종합하여 보면 건답직파에서는 발아 및 출현의 실패보다는 잡초와의 경합에서 실패하여 입묘불량을 초래하는 경우가 많으며, 담수직파의 경우에는 발아 및 출현의 실패가 입묘불량으로 연결된다. 직파재배에서 입묘실패는 종자처리상의 문제나 기상조건보다는 논토양의 물리성에 의하여 크게 좌우되는것으로 생각된다.

第 4 節 結論

벼의 생육은 두가지 다른 환경하에서 이루어지는데 지상부는 대기중에서 일조를 받으며 자라고, 지하부는 토양중에서 수분, 양분 및 산소를 흡수하면서 자란다. 대기의 조성은 거의 일정하나 토양공기의 조성은 상황에 따라 급변한다. 반면에 상대습도와 온도는 토중에서 큰 변화가 없는데 비하여 대기중에서는 일중의 변화가 대단히 크다. 직파재배시 입묘는 이 두 환경이 상호간섭하는 논토양 표층부에서 이루어진다. 벼의 입묘를 발아와 착근의 두 단계로 나누어 생각할 수 있으므로 입묘가 잘 되려면 토양환경이 발아와 뿌리의 자람에 적당하도록 되어 있어야 한다.

1. 종자발아환경

종자발아는 적당한 수분, 산소 및 온도가 필요하므로 토양중에서 이 요소들을 얼마나 이용할 수 있는지에 따라서 발아는 좌우된다. 종자발아는 토양수분의 흡습으로부터 시작되어 종자내의 수분이동과 왕성한 재흡습의 단계를 거친다. 각 단계별로 종자와 토양수분과의 장력, 확산, 토양수분포텐셜, 토양수분 이동력 등이 관여한다. 풍건종자는 흡습시 -50 에서 -100 MPa 정도의 수분포텐셜을 갖는다. 토양과 접촉이 잘 되면 종자는 건조한 토양으로부터도 흡습한다. 또 종자가 토양입자에 비하여 크면 토양과 종자의 접촉면이 넓어지고 접촉부위가 많아져 토양수분은 이 접촉면을 통하여 종자에 더 잘 흡수된다. 토양과 종자사이에 수분의 흐름은 토양중의 수분의 이동과 종자로의 흡습, 그리고 종자내에서의 이동으로 이루어진다.

발아시 산소의 요구는 작물, 품종 및 발아단계에 따라 다르다. 벼는 산소가 전혀 없는 상태에서는 초엽이 비정상적으로 길어지고 제1엽과 종자근 및 관근은 전혀 자라지 못하는 발아를 한다. 산소부족상태에서는 초엽의 출현은 있지만 뿌리의 발생이 적다. 산소 부족시 발아와 초엽신장은 영향을 받지만 신장은 영향받지 않는다. 인도형은 산소요구가 더 많다. 답수하의 논토양은 산소의 부족 때문에 출현과 발아가 적절하지 못하다.

종자발아시 최적온도에서는 최소 시간내에 최대 발아를 볼 수 있다. 높은 온도는 발아중 대사의 이상을 불러 일으킬 수 있고 출현을 늦춘다. 낮은 온도는 발아를 지연시키거나 중지시킨다. 발아와 출현온도는 작물에 따라 다른데, 벼는 10-40℃범위이며 20-35℃에서 가장 발아가 좋다. 41℃에서는 발아가 중지된다. 직파재배시 논토양은 경운과 쇄토(써레질), 관배수에 따라 토양밀도, 토양공극, 수분, 산소, 온도가 달라지고 이것이 발아단계의 호흡에 다르게 영향을 미친다.

2. 착근환경

뿌리는 출현한 후 바로 서로 다른 방향으로 발육하면서 토양에 틈입한다. 종자근은 일일 1-20mm속도로 아래로 자라며, 관근은 수평으로 수 cm 자란 후에 아래로 자란다. 배수조건이 양호한 건답토양에서는 뿌리분포가 큰 제한을 받지 않는다. 담수토양에서는 공극의 크기가 작고, 공극량도 많지않아 뿌리의 발육과 기능이 억제된다. 토양공극의 크기와 공극량은 열, 공기, 물, 양분의 함량과 이동 및 이용에 영향을 준다. 논토양이 건조되면 토양의 인장력이 커져 자람이 억제된다.

토양이 다져지면 뿌리의 틈입에 필요한 공극이 적게되어 뿌리발육을 저해한다. 뿌리는 작은 공극을 만나면 뿌리직경은 줄이지 못하고 그 공극을 키우게 되며 이때 힘이 필요하다. 토양밀도가 높으면 뿌리신장에 대한 기계적 저항성이 증대하여 산소결핍을 초래한다. 뿌리는 무기상태에서 염류를 잃는데, 삼투가 떨어지면 토양저항성은 넘어서지 못한다. 포장에서 기계적 저항성은 수분과다 및 산소부족과 함께 뿌리발육을 저해한다.

담수직파에서 뿌리의 신장은 산소농도와 밀접한 관계에 있다. 뿌리에 산소공급은 뿌리표면을 통한 흡수와 경엽으로 부터의 통기에 의하여 이루어진다. 벼는 낮은 산소농도에 잘 견디도록 적응되어 있으나 뿌리근처의 완전한 무산소 상태에서는 죽게 된다. 온도가 올라가 호흡량이 커지면 산소요구도가 커지고 이용가능성은 떨어진다. 또 일정온도 이하가 되면 뿌리 신장이 안되는데 벼는 발아 후 발육이 정지된다. 근부 대 지상부비율은 토양온도가 높을수록 크고, 토양밀도가 클수록 작다. 온도가 일정할 때는 토양 밀도가 결정적이다. 담수토양에서는 토양공극이나, 온도와 같은 물리성이 뿌리생장에 저해되는 방향으로 전개되어가므로 입묘에 양호한 물리적환경으로 개선하여 유지하여야 한다.

3. 담수토양의 물리적 환경

토양의 물리성은 기본적으로 토성과 토립의 배열에 의하여 결정된다. 토립은 층층이 포개지면서 작은 공극을 남긴다. 굵은 토립으로 이루어진 토양은 대부분 미세한 토립으로 이루어진 토양의 공극보다 크다. 토립의 배치는 공극의 량에 크게 영향을 끼친다. 똑같은 크기라하더라도 담수상태면 작은 공극이 많다. 공극상태를 바꾸면 토양인장력과 토양과 뿌리의 접촉이 달라지고, 토양열, 토양수분, 토양공기의 관계가 달라져 식물 생육에 영향을 준다.

토양의 인장력은 입자의 조성, 토립의 모양, 크기, 공간배열상태를 나타내며 토립의 위치변동에 영향을 준다. 토양을 담수하고 서레질하면 토양밀도와 기계적 저항력이 커진다. 식물뿌리는 직경보다 작은 공극을 뚫고 들어가지 못한다. 담수토양이 건조하면 기계적 저항력은 커진다.

토양온도는 토성과 수분함량에 깊은 관계가 있다. 밀도가 높으면 토립간 접촉이 크고 온도전달이 잘된다. 토양수분도 온도 전달에 크게 작용하나, 토양공기는 열전달이 떨어진다. 담수토양은 밀도가 높고 수분함량이 많기 때문에 건답에서 보다 온도 전달이 크다. 담수토양은 건답에 비하여 온도변화가 적다. 토양온도는 발아와 유묘출현, 뿌리신장, 수분 및 가스흐름, 미생물 활동, 양분과 토양용질의 용해도와 이동성 등 생육에 영향을 주는 모든 과정에 영향을 미친다.

토양수분함량은 통기, 온도, 온도전도에 영향을 끼친다. 건답에서 관개 후의 높은 수분함량 혹은 강우는 산소부족을 초래한다. 토양공기는 물에 채워지지 않은 나머지 공극에 있는데, 공기의 양은 공극분포에 의하여 결정된다. 논의 포화되면 산소는 토양수분에 용해되어 수 시간내에 소진되고 산소결핍증을 초래한다.

토양과 종자, 토양과 근부접촉은 발아와 유묘출현 그리고 근부 발육에 중요하다. 토양밀도, 수분함량, 온도 등이 직·간접적으로 접촉과 관련되는 요소가 된다. 종자는 흡습, 팽창되어 단단한 토양이라면 토립을 밀고 출현한다. 종자와 토양의 접촉은 종자근이 출현전후 뿌리를 내리기 위해서도 필요하다. 파종후 강우가 있으면 표층이 굳어져 역시 출현에 영향을 미친다. 토양과 뿌리의 접촉은 유묘를 고정시키는데 뿌리는 신장중에 토립을 밀어내는 압력을 낸다. 너무 다져진 혹은 뿌리가 토립과 접촉되어 있어 가스교환이 제한된다. 건조한 뿌리와 토양의 접촉이 느슨하면 토립주위의 물과 뿌리의 연결이 되지 않는다.

이상 담수직파시 토양물리성과 입묘와의 관계를 요약하면 다음과 같다. 담수토양은 공극의 크기, 분포, 토양수분상태가 건답과 다르다. 공극의 크기와 수분함량은 벼가 자라는데 영향이 크다. 소공극이 많으면 보수능력이 크고 통기는 떨어지고 열수지가 바뀌고 토양구성이 조밀하여 진다. 토양온도가 적당하고, 종자와 토립이 잘 접촉되어 있으면 발아는 쉽게 된다. 적절한 통기와 토양의 밀도는 유묘가 착근하여 출현하는데 영향을 준다. 뿌리의 생육과 기능발휘에도 적당한 산소, 물, 온도가 필요하다. 뿌리의 착근이 잘 된다면 지상부의 발육도 잘되어 입묘가 충실하여진다. 입묘불량의 정도를 객관화하는 문제와 토양물리성개선을 농가의 수준에서 일반화 할 수 있는 방안을 강구하는 것이 앞으로 해결해야할 과제이다.

第 9 章 발효퇴비의 종류에 따른 작물의 생육반응 및
유기농 재배작물의 환경 스트레스 내성연구

연구책임자 : 이 규 승

여 백

第 1 節 緒 說

환경문제의 심각성과 더불어 유기농법의 필요성은 최근에 들어 농업의 활로를 새롭게 할 수 있는 연구 과제로 제기되고 있다. 협의적으로 유기농업은 농약, 성장조절제, 제초제등의 일체의 합성화학물질을 사용하지 않고 유기물과 자연광석 미생물 등 자연적인 재료만을 사용(미국 캘리포니아 유기식품법 등)함을 의미하고 광의의 개념은 합성물질의 사용을 최대한 억제 또는 일정비율 이하로 구체적으로 정하여 사용(영국 유기농재배자협회, OFC)함을 의미한다(박 등, 1992; 서 등, 1992; 來米, 1986; 熊澤, 1989). 유기농업은 농업과 환경과의 조화를 위하여 생산을 위한 집약적 투입을 가급적 억제하고 농업생산에 의한 환경부하를 경감시킴으로 농업생태계 보호 및 농업으로 인한 환경 오염의 피해를 가급적 줄이려는 노력이다. 한편 수입개방화에 대비한 농업의 국제경쟁력 개발은 저렴한 농산물의 대량생산이 주요과제라 할 수 있으나 우리나라의 경우는 농업의 구조적 여건으로 보아 농산물의 품질면에 중점을 두어 우위를 확보하는데 노력해야 할 것이다(정, 1994; 정 등, 1992; Wiles 등, 1989). 농산물의 식품안정성에 중점을 두어 생산이 이루어 진다면 소규모의 집약적 농업으로도 수입개방에 대한 경쟁력을 확보 할 수 있을 것이다. 유기농업으로의 전환은 세계적 추세이며 우리나라에서도 농업에 의한 환경오염을 줄이기 위한 정책이 부분적으로는 시행되고 있으나, 선진국과 비교할때 아직 초보 단계이다. 우리나라에서는 오래 전부터 일부 농가 및 단체에서 유기농법이 실시되어 왔으나 수량감소의 우려와 식량증산이라는 과제에 밀려 연구 기관에서는 이에 대한 본격적인 연구가 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서, 유기농법에 대한 모델이 전혀 개발되지 않고 토양 환경과 작물에 대한 특성의 고려가 없이 시작하는 경우가 많아 숙달된 유기농 경영자가 되기 위해서는 많은 실패를 거듭하는 경우가 많다. 유기농법 농가를 답사한 결과 각기 사용하는 퇴비의 종류, 사용량 등에 현저한 차이가 있을 뿐만 아니라 관리상태도 일정치 않은 실정이다(박 등, 1992; 서 등, 1992; 손, 1994). 대부분의 영농기술이 경험에 의한 것으로 학술적 검증을 거치지 않았고 그 효과에서 개선할 점이 많다. 또한 우리나라에서는 유기농의 수량감소의 우려와 식량증산이라는 과제에 밀려 학계 또는 연구기관에서의 연구가 전무한 실정에 있다. 일반적으로 농약이나 비료를 전혀 사용하지 않고 순수하게 이루어지고 있는 유기농업은 일반농업에 비하여 20-30%정도 수확량이 떨어지는 것으로 보고 되고 있다. 독일의 경우에는 약 30% 감소되는 것으로 그리고 일본의 경우에는 감소폭이 10% 내외인 것으로 보고되고 있으나 이와 같은 감소율도 유기농업을 5년이상 실시한 농가에서는 일반농업과 토지생산성에서 큰 차이가 없는 것으로 보고 되고 있다.1) 따라서 유기농업을 위한 기술개발은 물론 시작하려는 농가에 마땅한 영농기술의 지침을 마련해 주는 것이 매우 시

급한 실정이며 사용하는 유기물의 종류에 따른 비료 성분의 조성을 정확히 알고 이에 따른 시용량의 기준이 시급히 마련되어야 할 필요성이 있다.

한편 유기농법의 많은 장점중의 하나로써 재배된 작물은 잎의 조직이 두껍고 용모도 많을 뿐만 아니라 영양이 균일하여 각종 환경 stress에 대한 내성이 증진되어 한해, 냉해는 물론 병충해에 대한 저항성이 강해지는 것으로 재배자들 사이에 전해지고 있다(윤, 1994; 정 등, 1992; 木村, 1994; 本間, 1989; 新田, 1989). 또한 수확물의 신선도 및 저장성 등도 상당히 증진되는 것으로 알려지고 있으나 실제로 보고된 자료는 드문 실정이다. 따라서 본 시험에서는 토양 환경의 변화를 조사하고, 직접 유기물의 종류와 양을 달리하여 작물을 재배함으로써 유기물의 효과적 사용 방안을 제시하고자 하였다. 아울러 재배된 작물의 환경 스트레스(대기오염, 병충해, 냉해등)에 대한 반응을 조사하고 내성이 증진되었을 경우 이의 생리적 원인을 구명하여 내성 증진방안을 강구코자 하였다.

第 2 節 材料 및 方法

1. 공시재료

실험 1. 분석시험을 통한 퇴비종류 및 시용량에 따른 작물의 생육 비교

토마토(미니캐롤), 오이(은성백다다기, 홍농), 열무(진주열무, 홍농종묘)를 직경 24 cm의 pot에 정식하여 공시재료로 사용하였다.

실험 2. 노지 포장 시험을 통한 퇴비종류 및 시용량에 따른 작물의 생육 비교

토마토(미니캐롤), 오이(장일백반오이, 홍농) 열무(토박이 열무, 중앙종묘)를 8월 17일 정식하여 공시재료로 사용하였다.

2. 실험방법

실험 1. 분석시험을 통한 퇴비종류 및 시용량에 따른 작물의 생육 비교

밭흙과 모래를 1 : 1로 혼합한 토양에 돈분, 계분, 우분 및 돈분과 계분을 2 : 1로 혼합한 것을 각각 2, 4, 8 ton/10a 씩 처리하여 직경 24cm의 화분 용토로 사용하였다. 퇴비의 양은 표토 10 cm 깊이까지 혼합되는 양으로 계산하였다. 퇴비의 조제는 돈분과 계분의 경우는 톱밥을 1 : 1로 섞은 후 균장을 혼합하여 40℃에서 부숙시켜 만들었으며, 9) 우분은 자연상태에서 부숙된 것을 다른 유기물재료와 섞지 않고 사용하였다. 퇴비구에서의 추비는 시중에서 판매되고 있는 유기질 비료인 바이오콤포와 옥비를 1 : 1 섞어 1 cm의 두께로 시비하였고 관행구는 복합비료를 시비하였다. 산성 강우에 의한 작물의 수량 감량을(이 와 김, 1994; 정 등, 1992) 연구하기 위하여 비가림재배와 노지배배로 나누어 시험하였다. 비가림시설은 폴리에틸렌 필름을 이용하였으며 동서 방향으로 길게하여 작물이 남쪽에서 들이치는 비에 노출되지 않도록 하였고 북쪽 방향은 완전히 열린 상태로 두어 시설 아래의 온도가 외부와 차이가 없도록 하였다. 클로로필과 초장은 정식 25일 경과후 조사하였으며 생체중은 65일 경과 후 조사하였다. 토양의 미생물상 조사는(Rheinbaben, 1979) 작물재배후 일정량의 토양을 채취하여 조사하였다.

실험 2. 노지 포장 시험을 통한 퇴비종류 및 시용량에 따른 작물의 생육 비교

퇴비는 실험 1에서 사용하였던 계분과 돈분을 야적하였다가 8월에 시용 하였으며 우분은 미숙된 상태로 야적된 것을 사용하였다. 야외 포장에서 사방 1m²의 plot을 만들어 토마토와 오이는 4주씩 재식하고 열무는 줄뿌림하여 재배하였다. 클로로필과 초장은 정식 60일 경과 후 조사하였으며 엽수, 엽폭, 엽장은 정식 50일 후 조사하였다. 열무의 잎분석은 Chaney and Marbach 방법에 의해 실시하였으며 토마토의

잎 성분분석은 토양분석법(식물체분석; 농촌진흥청, 1989)에 의해 실시하였으며 작물 재배 후 일정량의 토양을 채취하여 토양분석을 하였다.

第 3 節 結果 및 考察

1. 분석시험을 통한 퇴비종류 및 시용량에 따른 작물의 생육 비교

<표 9-1>은 토마토를 노지에서 포트에 재배하면서 초기 생육을 측정한 결과인데 돈분 8 ton/10a의 시용구에서도 관행재배구에 비하여 초장은 비슷하였으나 식물체의 생체중이 현저히 낮게 나타났으며 계분의 경우는 2 ton 이상이면 관행구와 비슷한 생육을 나타내었다. 반면에 우분은 완전 발효된 퇴비로는 8 ton 시비에서도 관행구에 비하여 초장과 식물생체중이 현저히 저조한 것으로 나타났다. 돈분과 계분의 혼합 처리구에서는 4 ton시비로 관행구와 비슷한 생육을 얻을 수 있었다. 노지재배와 비가림재배후 토마토의 초장을 비교한 결과(표 9-2) 비가림 재배에서 다소 신장량이 좋았고 생체중은 대체적으로 더 높은 경향이였다. 그러나 노지재배와 비가림재배에 따른 큰 차이는 없었다. 토마토 재배에 있어서 돈분, 계분, 우분 발효 퇴비에 미생물제인 균강과 MVP를 혼합해 주었을 경우 작물 생육 촉진 효과는 없는 것으로 나타났으며 노지재배와 비가림재배에 따른 차이는 없었다(표 9-3, 9-4, 9-5, 9-6). 이는 사용된 퇴비들이 거의 완전 부숙되었기 때문에 효소제의 효과가 떨어진것으로 판단된다. 토마토의 경우 재배기간 동안 겹등근무늬 병이 발병되기는 하였으나 심하지 않아 과실의 수확이 가능하였다. 수확한 과실의 외관에 대한 품질 비교는4) 퇴비 종류별로는 구분하기 어려웠으나 노지재배 과실의 과피에서 미세한 검은 반점의 발현이 많은 것을 관찰할 수 있었다. 그림 1, 3은 노지재배에서 일정 기간 수확된 토마토의 수량을 비교한 것인데 계분 8 ton 처리구에서 가장효과가 좋았으며 계분 4 ton 처리구에서도 관행처리구와 수확량이 비슷하였으며 MVP 처리구가 무처리구와 균강 처리구에 비하여 수확량이 많았으나 큰 차이는 없었다.

오이의 노지재배의 경우(표 9-7)는 토마토에서보다 시비량에 따른 차이가 더 컸으며 계분의 경우 4 ton의 시비구는 관행구에 비하여 다소 생육이 떨어지는 경향이였으며, 돈분과 계분의 혼합처리구도 4 ton처리구에서는 관행구와 같은 생육효과를 얻기 어려웠으나 8 ton 처리구에서는 토마토와는 달리 계분 단용구보다 효과가 좋게 나타났다. 특히 우분의 경우는 8 ton 시비에서도 관행구에 비하여 생육이 현저하게 저조한 것으로 나타났다. 비가림재배와 노지재배와의 생육차이는 거의 없었으나(표

9-8) 비가림재배에서는 계분 처리구가 가장 좋았다. 식물체의 건물중에서는 토마토와는 반대로 노지재배가 많은 것으로 나타났다. 균강과 MVP 부숙제의 처리 효과는 없었으며 노지재배와 비가림재배에 따른 차이도 보이지 않았다.(표 9-9, 9-10, 9-11, 9-12). 생육도중 토마토와는 달리 노균병의 발생이 심하였다. 그러나 대부분의 개체에서 과실을 수확할 수 있었다. 그림 9-2, 9-4는 노지재배에서 일정 기간 수확된 오이의 수량을 비교한 것인데 계분 8 ton 처리구에서 가장효과가 좋았으며 계분 4 ton 처리구에서도 관행처리구와 수확량이 비슷하였으며 MVP 처리구가 무처리구와 균강 처리구에 비하여 수확량이 많았으나 큰 차이는 없었다.

열무재배는 발아초기부터 배추흰나비의 애벌레가 많이 발생하여 농약의 사용없이 재배가 불가능하였으며 피해 발생 개체가 많아 실험 결과 자료를 얻을 수가 없었다.

<표 9-13>은 토마토 재배 화분 토양의 미생물 밀도를 나타낸 것으로 비가림재배에서 다소 수가 많았으며 계분 처리구에서 가장 많았다. 퇴비에 미생물제를 혼합했을 경우(표 9-14)에는 무처리구에 비하여 세균, 곰팡이, 방선균 모두 약간 높은 밀도를 나타내었으며 특히 균강 처리구에서는 두배 이상되었다.

2. 노지 포장 시험을 통한 퇴비종류 및 시용량에 따른 작물의 생육 비교

<표 9-15, 9-16>은 야외 포장에 토마토를 정식하여 생육을 측정한 결과로 돈분 8 ton과 계분 4, 8 ton 시용에서는 관행구와 비슷한 초장이었으며 우분 처리구에서는 실험 1의 결과와는 달리 2 ton 시용에서도 생육이 관행구에 비하여 좋은 결과를 나타내었으며 8 ton 시용구에서는 생체중이 관행구의 세배에 달하였다. 이 결과는 실험 1과는 다른데 이유는 우분의 부숙정도가 가장 적절했기 때문으로 판단된다.

오이재배에서는(표 9-17) 토마토와 달리 초기 생육에서는 화학비료의 시용이 퇴비시용구에 비하여 현저히 좋은 것으로 나타났으나 재배하는 동안 저온과 총채벌레의 발생 및 노균병의 발생을 막기가 곤란하여 지속적인 재배가 어려웠다.

열무에서는<표 9-18> 돈분과 계분시용구에서는 생육이 아주 저조하였고 2 ton 시비는 무비구와 다름없는 생육을 보였다. 이에 비하여 우분 8 ton의 경우는 추비시용 없이도 충분히 상품성 있는 작물을 생산할 수 있었다. 이러한 결과는 돈분과 계분이 발효퇴비조제 후 시간이 오래 경과되어 질소 성분의 유실이 많았던데 비하여, 우분은 완전 발효되지 않은 퇴비를 사용하여 질소분의 유실이 적었던데 기인하는 것으로 판단된다. 따라서 퇴비의 보관에도 가장 효과적인 방법이 강구되어야 할 것으로 판단된다.

<그림 9-5>는 토마토 식물체의 T-N함량을 분석한 결과인데 작물의 생육이 가장 좋았던 우분 처리구에서 가장 높았다. <그림 9-6, 9-7, 9-8, 9-9>는 토마토 식물체

의 인산, 칼리, 칼슘, 마그네슘 함량 분석 결과로서 각 처리에 따른 큰 차이는 나타나지 않았다. <그림 9-10, 9-11>은 열무의 NH₄-N와 NO₃-N의 함량을 비교한 결과로서 완전발효되지 않은 우분을 시용했던 생산물에서 인체에 유해한 것으로 보고되고 있는 NO₃-N의 함량이 많이 검출되었다. 그러나 가장 높은 수치가 200 ppm 정도를 보여 인체에 유해한 함량은 아닌 것으로 나타났다.

<표 9-19>는 노지에서 토마토 재배후 토양성분을 조사한 결과인데 복합비료의 사용은 퇴비시용구에 비해 pH가 낮아지는 경향이었으며 유기물 함량은 계분, 돈분, 우분의 순으로 많았으며 질소함량에서는 퇴비간 큰 차이는 나타나지 않았다. P₂O₅, K₂O, Ca의 함량은 복합비료구에 비하여 각각의 퇴비시용구에서 많았으며 특히 Ca 함량에서는 복합비료구에 비하여 월등하게 높았다. Mg 함량은 퇴비시용구와 관행구사이에 차이가 없었으나 계분구에서 돈분이나 우분구보다 높은 것으로 나타났다.

이상의 결과로 보아 퇴비 시용만으로 유기농업을 영위하기 위해서는 시설재배에서는 가스 장해를 막기위하여 발효퇴비의 사용이 반드시 권장되어야 하겠으나, 노지 재배의 경우에는 발효퇴비의 사용은 가스로 발산되는 비료분의 유실이 많기 때문에 경비면으로보아 재고되어야 할 사항으로 판단된다. 본 시험에서 발효된 돈분과 우분만으로는 유기농 초기에 10a당 8 ton의 시용으로도 만족할 만한 생육을 얻지 못하였으나 미발효된 우분을 사용할 경우 충분한 생육을 얻었던 결과로 미루어, 발효퇴비와 미숙퇴비에 따른 적정 시용량의 기준은 물론 노지와 시설내에서의 시용량등에 대하여 기준을 마련하는 일은 매우 시급한 것으로 판단되었다. 대개 유기농단체에서 퇴비시용 추천치는 10a당 3-5ton정도를 추천하고 있으나(정 등, 1992), 농가에 따라서는 발효퇴비를 30-40ton까지 시용하는 경우가 있는데 이는 발효과정에서 소실되는 질소분이 많기 때문에 일어나는 일로 판단되며(Mengel & Kirby, 1978), 비용절감을 위하여 퇴비의 조제, 사용 시기, 미생물제의 사용등에 대한 구체적인 방안이 검토되어야 할 것으로 판단된다. 또한 토마토, 오이, 열무의 재배실태에서 토마토에 비하여 오이와 열무가 퇴비의 요구도가 훨씬 높은 것을 알 수 있었는데 유기농 초기에 만족한 수량을 얻기 위해서는 작물별, 퇴비별 시용기준의 설정 보급이 시급한 것으로 판단되었다.

Table 9-1. Effect of animal manure application on growth of tomato plants cultured in pot without rain protection facilities

Treatment	Chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Height (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
Unfertilized	27.00 g ^z	28.67 h	12.44 g	2.52 f
CF 20Kg/10a	61.37 a	42.67 cde	92.40 ab	16.30 a
SM 2ton/10a	29.60 g	30.33 gh	40.82 f	7.04 e
SM 4ton/10a	40.80 de	38.67 ef	54.40 ef	8.88 de
SM 8ton/10a	40.00 de	46.33bc	54.04 ef	9.52 de
FM 2ton/10a	43.40 cd	43.33 cde	74.66 bcd	11.64 de
FM 4ton/10a	51.40 b	45.33 cd	94.52 a	15.00 abc
FM 8ton/10a	48.33 bc	50.00 b	100.98 a	15.58 a
SM : FM (2:1) 2ton/10a	42.07 de	39.00 ef	65.04 de	10.92 d
SM : FM (2:1) 2ton/10a	48.83 bc	41.00 de	83.32 abcd	15.34 ab
SM : FM (2:1) 2ton/10a	48.83 bc	54.67 a	85.38 abc	15.12 abc
CM 2ton/10a	27.33 g	32.67 gh	67.06 cde	11.40 d
CM 4ton/10a	29.97 g	32.67 gh	71.36 cde	11.96 cd
CM 8ton/10a	32.40 fg	34.67 fg	71.38 cde	12.14 bcd
Total	571.33	560.01	967.80	163.36

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure

Table 9-2. Effect of animal manure application on growth of tomato plants cultured in pot under rain protection facilities

Treatment	Chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Height (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
Unfertilized	26.63 f ^z	29.00 h	10.40 g	1.70 e
CF 20Kg/10a	61.17 a	40.33 cdef	103.38 c	16.74 c
SM 2ton/10a	27.47 ef	35.67 fg	62.42 f	9.88 d
SM 4ton/10a	34.67 de	37.00 efg	61.12 f	9.52 d
SM 8ton/10a	37.20 cd	43.33 cd	68.56 ef	10.18 d
FM 2ton/10a	38.23 cd	36.33 efg	71.94 ef	11.90 cd
FM 4ton/10a	48.07 b	48.67 b	152.14 b	24.54 b
FM 8ton/10a	51.70 b	53.33 a	196.98 a	34.00 a
SM : FM (2:1) 2ton/10a	34.13 de	40.00 cdef	61.86 f	9.90 d
SM : FM (2:1) 2ton/10a	37.47 cd	44.67 bc	76.32 def	12.80 cd
SM : FM (2:1) 2ton/10a	40.50 c	48.67 b	89.30 cde	13.26 cd
CM 2ton/10a	29.40 ef	34.00 g	86.18 cdef	13.50 cd
CM 4ton/10a	34.00 de	39.00 def	82.34 def	12.66 cd
CM 8ton/10a	35.27 cd	41.00 cde	98.94 cd	13.96 cd
Total	535.91	571.00	1221.88	194.54

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure

Table 9-3. Effect of animal manure application combined with three kinds of microbial inoculants on growth of tomato plants cultured in pot without rain protection facilities

Treatment	Chlorophyll II ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Height (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
Unfertilized	27.00 f ^z	28.67 e	12.44 g	1.70 e
CF 20Kg/10a	61.37 a	42.67 bc	92.40 bcd	16.74 c
SM 2ton/10a + CCM 200Kg/10a	36.90 ef	35.00 d	44.64 f	8.38 d
SM 4ton/10a + CCM 200Kg/10a	36.77 ef	37.33 cd	62.68 ef	10.72 cd
SM 8ton/10a + CCM 200Kg/10a	40.10 def	44.67 ab	49.08 f	8.78 d
FM 2ton/10a + CCM 200Kg/10a	47.27 bcd	46.67 ab	82.26bcde	12.84 abc
FM 4ton/10a + CCM 200Kg/10a	49.90 bc	45.00 ab	112.92 a	16.30 a
FM 8ton/10a + CCM 200Kg/10a	52.17 b	49.00 a	99.82 ab	16.40 a
SM : FM (2:1) 2ton/10a + CCM 200Kg/10a	41.20 def	38.67 cd	77.62 cde	13.34 abc
SM : FM (2:1) 2ton/10a + CCM 200Kg/10a	42.83 cde	39.00 cd	73.12 de	13.16 abc
SM : FM (2:1) 2ton/10a + CCM 200Kg/10a	46.00 bcd	46.67 ab	96.48 abc	16.20 a
CM 2ton/10a + CCM 200Kg/10a	35.10 ef	33.50 de	69.64 e	11.94 bcd
CM 4ton/10a + CCM 200Kg/10a	37.03 ef	35.33 ef	79.52 bcde	14.44 abc
CM 8ton/10a + CCM 200Kg/10a	34.70 f	37.00 cd	82.74 bcde	14.78 ab
Total	588.34	559.18	1035.36	175.72

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.
 CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure CCM ; compound of three kinds of commercial microbial inoculants prepared by fermentation

Table 9-4. Effect of animal manure application combined with three kinds of microbial inoculants on growth of tomato plants cultured in pot under rain protection facilities

Treatment	Chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Height (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
Unfertilized	26.63 e ^z	29.00 g	10.40 f	1.70 f
CF 20Kg/10a	61.17 a	40.33 def	103.38 b	16.74 b
SM 2ton/10a + CCM 200Kg/10a	33.13 d	36.33 f	52.38 e	9.34 e
SM 4ton/10a + CCM 200Kg/10a	36.83 cd	37.67 f	61.90 de	8.78 e
SM 8ton/10a + CCM 200Kg/10a	36.00 cd	45.33 c	65.44 de	10.26 de
FM 2ton/10a + CCM 200Kg/10a	39.17 cd	35.67 f	103.44 b	15.82 b
FM 4ton/10a + CCM 200Kg/10a	50.20 b	44.33 cd	105.56 b	15.98 b
FM 8ton/10a + CCM 200Kg/10a	39.83 c	63.00 a	201.26 a	33.2 a
SM : FM (2:1) 2ton/10a + CCM 200Kg/10a	34.80 cd	38.67 ef	80.18 bcd	9.84 de
SM : FM (2:1) 2ton/10a + CCM 200Kg/10a	37.87 cd	45.33 c	62.40 de	12.58 bcde
SM : FM (2:1) 2ton/10a + CCM 200Kg/10a	40.60 c	50.67 b	99.26 bc	14.80 bc
CM 2ton/10a + CCM 200Kg/10a	34.50 cd	38.00 ef	72.98 cde	10.58 cde
CM 4ton/10a + CCM 200Kg/10a	38.87 cd	40.00 def	78.08 bcde	12.42 bcde
CM 8ton/10a + CCM 200Kg/10a	36.63 cd	42.67 cde	84.58 bcde	14.02 bcd
Total	546.23	587.00	1181.24	186.06

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.
 CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure CCM ; compound of three kinds of commercial microbial inoculants prepared by fermentation

Table 9-5. Effect of animal manure application combined with MVP on growth of tomato plants cultured in pot without rain protection facilities

Treatment	Chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Height (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
Unfertilized	27.00 ef ^z	28.67 g	12.44 g	2.52 h
CF 20Kg/10a	61.37 a	42.67 bc	92.40bcd	16.30 ab
SM 2ton/10a + MVP 600L/10a	27.50 f	27.67 g	44.90 f	7.92 g
SM 4ton/10a + MVP 600L/10a	34.80 de	43.00 bc	67.62 cdef	11.96 cdef
SM 8ton/10a + MVP 600L/10a	46.07 bc	46.33 b	87.12 bc	13.68 bcd
FM 2ton/10a + MVP 600L/10a	45.13 c	41.67 bc	61.06 def	9.70 efg
FM 4ton/10a + MVP 600L/10a	48.80 bc	45.67 b	114.32 a	16.50 ab
FM 8ton/10a + MVP 600L/10a	52.53 b	46.00 b	114.42 a	19.72 a
SM : FM (2:1) 2ton/10a + MVP 600L/10a	32.43 def	36.67 de	51.86 f	9.36 fg
SM : FM (2:1) 4ton/10a + MVP 600L/10a	43.60 c	39.00 cd	79.96 bcde	14.30 bcd
SM : FM (2:1) 8ton/10a + MVP 600L/10a	46.37 bc	51.67 a	86.82 bc	14.80 bc
CM 2ton/10a + MVP 600L/10a	28.97 ef	30.67 fg	60.02 ef	10.76 defg
CM 4ton/10a + MVP 600L/10a	30.80 def	34.00 ef	75.66 bcde	12.66 bcdef
CM 8ton/10a + MVP 600L/10a	34.27 def	35.00 def	83.96 bcd	13.48 bcde
Total	559.64	548.69	1032.56	173.66

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure MVP ; commercial microbial inoculants

Table 9-6. Effect of animal manure application combined with MVP on growth of tomato plants cultured in pot under rain protection facilities

Treatment.	Chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Height (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
Unfertilized	26.63 f ^z	29.00 h	10.40 f	1.70 e
CF 20Kg/10a	61.17 a	40.33 cd	103.38 bc	16.74 b
SM 2ton/10a + MVP 600L/10a	27.00 f	33.33 g	56.32 de	6.32 de
SM 4ton/10a + MVP 600L/10a	35.80 cde	38.33 def	53.62 de	8.40 cd
SM 8ton/10a + MVP 600L/10a	35.70 cde	40.00 cde	43.30 ef	8.42 cd
FM 2ton/10a + MVP 600L/10a	41.53 c	43.33 bc	106.00 abc	15.74 b
FM 4ton/10a + MVP 600L/10a	52.77 b	55.00 a	108.78 abc	16.68 b
FM 8ton/10a + MVP 600L/10a	41.77 c	59.00 a	145.42 a	27.16 a
SM : FM. (2:1) 2ton/10a + MVP 600L/10a	30.03 ef	39.33 cdef	76.34 cde	10.50 bcd
SM : FM. (2:1) 4ton/10a + MVP 600L/10a	38.77 cd	43.00 bc	76.14 cdee	10.70 bcd
SM : FM. (2:1) 8ton/10a + MVP 600L/10a	37.30 cde	46.00 b	79.06 cde	11.56 bcd
CM 2ton/10a + MVP 600L/10a	32.87 def	35.00 fg	82.00 cde	11.90 bcd
CM 4ton/10a + MVP 600L/10a	35.90 cde	35.67 efg	68.38 cd	13.86 bc
CM 8ton/10a + MVP 600L/10a	40.30 cde	39.00 cdef	127.72 ab	16.50 b
Total	537.54	576.32	1154.86	176.18

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure MVP ; commercial microbial inoculants

Table 9-7. Effect of animal manure application on growth of cucumber plants cultured in pot without rain protection facilities

Treatment	Chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Height (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
Unfertilized	27.23 bc ^z	15.00 f	14.84 f	3.08 f
CF 20Kg/10a	46.40 a	43.00 cd	68.36 bc	12.26 bcd
SM 2ton/10a	21.63 cd	17.00 f	41.54 e	7.10 e
SM 4ton/10a	21.33 cd	33.33 e	50.84 de	9.20 de
SM 8ton/10a	21.33 cd	47.00 c	62.90 cd	13.92 b
FM 2ton/10a	21.80 cd	36.00 de	80.68 b	13.04 bc
FM 4ton/10a	27.37 bc	64.00 b	96.11 a	15.22 ab
FM 8ton/10a	32.90 b	59.00 b	108.16 a	15.04 ab
SM : FM (2:1) 2ton/10a	22.07 cd	30.83 e	61.54 cd	8.86 e
SM : FM (2:1) 4ton/10a	18.17 d	36.00 de	68.32 bc	10.36 cde
SM : FM (2:1) 8ton/10a	32.20 b	74.33 a	105.86 a	17.30 a
CM 2ton/10a	21.20 cd	13.33 f	53.84 cde	7.36 e
CM 4ton/10a	21.17 cd	14.67 f	68.92 bc	9.00 de
CM 8ton/10a	23.37 cd	14.67 f	68.16 bc	7.70 e
Total	358.17	498.16	950.07	149.44

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure

Table 9-8. Effect of animal manure application on growth of cucumber plants cultured in pot under rain protection facilities

Treatment	Chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Height (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
Unfertilized	17.47 c ^z	10.67 i	8.52 f	1.02 f
CF 20Kg/10a	46.40 a	51.00 c	71.88 cd	8.66 bcd
SM 2ton/10a	19.07 c	10.67 i	41.16 e	3.18 ef
SM 4ton/10a	18.27 c	43.33 cd	65.18 cd	10.02 bc
SM 8ton/10a	18.83 c	32.00 ef	69.76 cd	11.44 b
FM 2ton/10a	19.03 c	35.33 de	58.08 cde	7.00 cd
FM 4ton/10a	34.97 b	97.33 a	121.34 b	15.30 a
FM 8ton/10a	31.40 b	72.00 b	151.44 a	16.68 a
SM : FM (2:1) 2ton/10a	21.10 c	21.67 gh	50.34 de	5.32 de
SM : FM (2:1) 4ton/10a	20.33 c	29.67 efg	64.64 cd	8.20 bcd
SM : FM (2:1) 8ton/10a	20.67 c	47.67 c	76.52 c	11.86 b
CM 2ton/10a	18.63 c	14.67 hi	52.30 de	5.30 de
CM 4ton/10a	20.70 c	14.33 hi	58.88 cde	8.38 bcd
CM 8ton/10a	20.77 c	24.33 fg	68.00 cd	8.58 bcd
Total	327.64	504.67	958.04	120.94

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure

Table 9-9. Effect of animal manure application combined with three kinds of microbial inoculants on growth of cucumber plants cultured in pot without rain protection facilities

Treatment	Chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Height (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
Unfertilized	27.23 c ^z	15.00 e	14.84 e	3.08 I
CF 20Kg/10a	46.40 a	43.00 b	68.36 cd	12.26 cdef
SM 2ton/10a + CCM 400Kg/10a	24.60 cd	24.33 de	57.30 d	9.90 efgh
SM 4ton/10a + CCM 400Kg/10a	23.17 cd	35.67 bc	69.72 cd	10.50 defg
SM 8ton/10a + CCM 400Kg/10a	22.30 cd	42.67 b	69.70 cd	12.88 cde
FM 2ton/10a + CCM 400Kg/10a	25.27 cd	43.67 b	82.66bc	13.28 cd
FM 4ton/10a + CCM 400Kg/10a	25.47 cd	64.33 a	97.22 ab	16.30 ab
FM 8ton/10a + CCM 400Kg/10a	32.23 b	74.00 a	104.86 a	18.78 a
SM : FM (2:1) 2ton/10a + CCM 400Kg/10a	22.07 d	29.67 cd	70.56 cd	10.78 defg
SM : FM (2:1) 4ton/10a + CCM 400Kg/10a	23.57 cd	36.00 bc	80.76 c	11.64 cdefg
SM : FM (2:1) 8ton/10a + CCM 400Kg/10a	24.03 cd	64.00 a	96.18 ab	14.56 bc
CM 2ton/10a + CCM 400Kg/10a	24.43 cd	15.00 e	54.80 d	7.30 h
CM 4ton/10a + CCM 400Kg/10a	23.87 cd	14.00 e	60.98 d	9.48 fgh
CM 8ton/10a + CCM 400Kg/10a	24.10 cd	19.33 e	67.20 cd	8.74 gh
Total	338.74	520.67	995.14	159.48

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.
 CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure CCM: compound of three kinds of commercial microbial inoculants prepared by fermentation

Table 9-10. Effect of animal manure application combined with three kinds of microbial inoculants on growth of cucumber plants cultured in pot under rain protection facilities

Treatment	Chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Height (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
Unfertilized	17.47 c ^z	10.67 h	8.52 d	1.02 f
CF 20Kg/10a	46.40 a	51.00 c	71.88 bc	8.66 cd
SM 2ton/10a + CCM 400Kg/10a	22.23 bc	15.33 gh	58.40 c	7.06 b
SM 4ton/10a + CCM 400Kg/10a	22.47 bc	28.33 def	63.68 c	7.94 b
SM 8ton/10a + CCM 400Kg/10a	21.73 bc	30.33 de	68.32 bc	9.22 b
FM 2ton/10a + CCM 400Kg/10a	23.83 b	33.00 d	65.08 c	8.04 b
FM 4ton/10a + CCM 400Kg/10a	48.07 a	77.67 a	88.34 b	14.72 a
FM 8ton/10a + CCM 400Kg/10a	24.53 b	71.00 a	158.46 a	17.58 a
SM : FM (2:1) 2ton/10a + CCM 400Kg/10a	21.70 bc	20.33 fg	61.32 c	7.82 b
SM : FM (2:1) 4ton/10a + CCM 400Kg/10a	23.60 b	48.00 c	62.56 c	9.04 b
SM : FM (2:1) 8ton/10a + CCM 400Kg/10a	22.90 bc	59.33 b	69.72 bc	10.76 b
CM 2ton/10a + CCM 400Kg/10a	23.27 b	12.33 efg	56.88 c	7.50 b
CM 4ton/10a + CCM 400Kg/10a	23.57 b	20.00 fg	63.58 c	7.18 b
CM 8ton/10a + CCM 400Kg/10a	24.90 b	21.67 efg	72.42 bc	9.20 b
Total	366.67	498.99	969.16	125.74

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.
 CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure CCM ; compound of three kinds of commercial microbial inoculants prepared by fermentation

Table 9-11. Effect of animal manure application combined with MVP on growth of cucumber plants cultured in pot without rain protection facilities

Treatment	Chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Height (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
Unfertilized	27.23 cd ²	15.00 fg	14.84 f	3.08 d
CF 20Kg/10a	46.40 a	43.00 de	68.36 bcd	12.26 a
SM 2ton/10a + MVP 400Kg/10a	20.30 e	18.00 fg	41.78 e	7.08 c
SM 4ton/10a + MVP 400Kg/10a	20.20 e	36.67 e	57.36 cde	10.94 ab
SM 8ton/10a + MVP 400Kg/10a	21.17 e	47.00 d	93.32 a	14.30 a
FM 2ton/10a + MVP 400Kg/10a	20.77 e	49.33 cd	78.72 ab	12.56 a
FM 4ton/10a + MVP 400Kg/10a	29.00 c	70.33 b	83.24 ab	12.48 a
FM 8ton/10a + MVP 400Kg/10a	35.93 b	79.67 a	118.46 de	14.24 a
SM : FM (2:1) 2ton/10a + MVP 400Kg/10a	22.63 de	21.67 f	80.02 ab	7.26 c
SM : FM (2:1) 4ton/10a + MVP 400Kg/10a	21.03 e	45.33 d	79.44 ab	12.90 a
SM : FM (2:1) 8ton/10a + MVP 400Kg/10a	28.70 c	57.33 c	87.38 ab	11.64 a
CM 2ton/10a + MVP 400Kg/10a	18.17 e	12.33 c	50.06 de	7.96 bc
CM 4ton/10a + MVP 400Kg/10a	21.50 e	13.67 fg	57.00 cde	6.68 c
CM 8ton/10a + MVP 400Kg/10a	22.27 de	17.67 fg	75.00 abc	12.72 a
Total	355.30	527.00	984.98	146.10

² Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure MVP ; commercial microbial inoculants

Table 9-12. Effect of animal manure application combined with MVP on growth of cucumber plants cultured in pot under rain protection facilities

Treatment	Chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Height (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
Unfertilized	17.47 d ^z	10.67 f	8.52 d	1.02 f
CF 20Kg/10a	46.40 a	51.00 b	71.88 bc	8.66 cd
SM 2ton/10a + MVP 600L/10a	20.77 cd	15.33 ef	46.44 e	5.62 de
SM 4ton/10a + MVP 600L/10a	20.10 d	26.00 cd	47.50 e	6.92 cde
SM 8ton/10a + MVP 600L/10a	17.47 d	29.67 cd	53.82 cde	7.36 cde
FM 2ton/10a + MVP 600L/10a	19.97 d	31.33 c	70.08 cd	8.74 de
FM 4ton/10a + MVP 600L/10a	42.57 a	78.33 a	108.58 b	15.70 b
FM 8ton/10a + MVP 600L/10a	29.73 b	77.00 a	158.58 a	20.60 a
SM : FM. (2:1) 2ton/10a + MVP 600L/10a	21.90 cd	17.00 ef	47.46 e	3.80 e
SM : FM. (2:1) 4ton/10a + MVP 600L/10a	18.27 d	31.33 c	51.58 cde	4.88 e
SM : FM. (2:1) 8ton/10a + MVP 600L/10a	20.43 cd	47.67 b	63.28 cde	9.82 c
CM 2ton/10a + MVP 600L/10a	19.43 d	13.67 f	49.32 de	7.46 cde
CM 4ton/10a + MVP 600L/10a	20.80 cd	23.00 cde	53.14 cde	5.66 de
CM 8ton/10a + MVP 600L/10a	25.40 bc	22.33 de	62.78 cde	9.44 cd
Total	340.71	474.33	892.96	115.68

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure MVP ; commercial microbial inoculants

Table 9-13. Effect of animal manure application on density of microorganism in soil of pot cultivated with tomato plants

Treatment	Dw. (g)	Bacteria $\times 10^8$	Fungi $\times 10^4$	Actinomy- cetes $\times 10^5$
Cultured without rain protection facilities				
Control	0.959	2.20	0.009	2.20
CF 20Kg/10a	0.972	18.76	5.15	0.29
SM 4ton/10a	0.961	14.03	0.29	1.54
FM 4ton/10a	0.947	30.30	0.95	1.52
SM + FM (2:1) 4ton/10a	0.953	20.01	5.72	2.86
CM 4ton/10a	0.971	12.91	1.26	3.20
Cultured under rain protection facilities				
Control	0.963	4.20	0.58	2.21
CF 20Kg/10a	0.973	9.24	2.53	0.97
SM 4ton/10a	0.969	24.52	1.94	11.24
FM 4ton/10a	0.972	44.71	5.44	11.67
SM + FM (2 : 1) 4ton /10a	0.960	14.02	0.29	1.54
CM 4ton/10a	0.965	38.60	1.54	5.79

CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure

Table 9-14. Effect of microbial inoculants application combined with animal manure on density of microorganism in soil of pot cultivated with tomato plants

Treatment	Dw. (g)	Bacteria $\times 10^8$	Fungi $\times 10^4$	Actinomy- cetes $\times 10^5$
Untreated	0.960	14.02	0.29	1.54
CCM	0.960	29.76	2.50	2.88
MVP	0.955	18.15	1.53	7.93

CCM ; compound of three kinds of commercial microbial inoculants prepared by fermentation MVP ; commercial microbial inoculants

Table 9-15. Effect of animal manure application on growth of tomato plants cultured in field

Treatment	Chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Height (cm)	No. of leaf (ea)	Width of 5th leaf (cm)	Length of 5th leaf (cm)
Unfertilized	40.52 d ^z	54.63 e	13.17 de	18.25 d	22.54 e
CF 20Kg/10a	45.18 cd	72.92 abc	13.83 cde	20.42 bcd	25.92 cde
SM 2ton/10a	46.80 abc	60.92 de	12.33 e	19.25 cd	22.92 de
SM 4ton/10a	45.88 bcd	66.13 cd	14.83 bcd	22.17 bcd	27.61 bcd
SM 8ton/10a	46.12 bcd	74.29 ab	16.58 a	24.42 b	29.08 bc
FM 2ton/10a	40.18 d	60.83 de	12.50 e	17.67 d	22.33 e
FM 4ton/10a	42.20 cd	71.75 bc	13.17 de	19.67 bcd	24.00 de
FM 8ton/10a	44.48 cd	77.67 ab	14.25 bcd	20.00 bcd	26.42 cde
CM 2ton/10a	51.74 ab	75.75 ab	13.75 de	23.50 bc	31.42 b
CM 4ton/10a	47.98 abc	79.88 a	15.83 ab	30.50 a	36.33 a
CM 8ton/10a	52.26 a	77.42 ab	15.42 abc	29.92 a	36.17 a

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure

Table 9-16. Effect of animal manure application on growth of tomato cultured in field.

Treatment	Fw. (g/plant)	Diameter (mm)	No. of flower (ea)	No. of fruit (ea)
Unfertilized	128.54 d ^z	8.73 d	3.00 c	1.75 c
CF 20Kg/10a	232.42 bcd	10.61 cd	4.00 ab	2.33 abc
SM 2ton/10a	157.90 cd	8.86 d	3.00 c	1.92 bc
SM 4ton/10a	273.30 bcd	12.20 bc	3.75 abc	2.56 ab
SM 8ton/10a	361.75 b	12.27 bc	3.92 ab	2.58 ab
FM 2ton/10a	169.64 cd	9.24 d	3.44 bc	2.44 abc
FM 4ton/10a	230.59 bcd	10.58 cd	3.92 ab	2.58 ab
FM 8ton/10a	250.56 bcd	11.03 cd	4.08 ab	2.67 ab
CM 2ton/10a	300.83 bc	11.31 cd	3.50 bc	2.00 bc
CM 4ton/10a	561.46 a	14.77 ab	4.17 ab	2.67 ab
CM 8ton/10a	613.44 a	15.13 a	4.42 a	2.97 a

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure

Table 9-17. Effect of animal manure application on growth of cucumber plants cultured in field

Treatment	Chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Height (cm)	No. of leaf (ea)	Width of 3rd leaf (cm)	Length of 3rd leaf (cm)
Unfertilized	29.74 d ^z	9.58 f	2.92 g	5.54 e	5.29 f
CF 20Kg/10a	32.30 bc	60.17 a	7.67 a	13.92 a	10.33 a
SM 2ton/10a	30.14 d	17.67 ef	4.17 f	8.04 d	6.17 ef
SM 4ton/10a	29.98 d	23.50 e	5.08 def	10.04 bcd	7.33 cde
SM 8ton/10a	29.12 d	27.83 de	5.08 def	10.67 bc	8.00 bcd
FM 2ton/10a	28.48 d	20.08 ef	6.17 bcd	12.08 ab	8.75 abc
FM 4ton/10a	29.20 d	29.00 de	4.83 ef	8.58 cd	6.83 def
FM 8ton/10a	30.60 cd	37.92 cd	5.75 cde	10.08 bcd	7.46 bcde
CM 2ton/10a	33.84 ab	29.33 de	5.33 cde	10.50 bc	7.71 bcde
CM 4ton/10a	33.42 ab	47.00 bc	6.33 bc	12.25 ab	8.83 abc
CM 8ton/10a	34.42 a	53.00 ab	7.17 ab	12.04 ab	9.13 ab

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure

Table 9-18. Effect of animal manure application on growth of radish cultured in field

Treatment	Chlorophyll ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Fw.(g/plant)	Height (cm)	No. of leaf (ea)
Unfertilized	32.04 d ^z	11.08 e	12.20 f	8.40 cdef
CF 20Kg/10a	32.50 d	15.20 e	14.00 f	7.40 ef
SM 2ton/10a	30.86 d	9.34 e	12.90 f	7.20 ef
SM 4ton/10a	31.84 d	15.30 e	15.96 ef	7.80 def
SM 8ton/10a	30.62 d	36.20 de	23.40 d	9.40 bcde
FM 2ton/10a	31.34 d	7.50 e	14.90 f	6.00 f
FM 4ton/10a	33.06 d	34.96 de	19.00 e	10.60 bcd
FM 8ton/10a	34.22 cd	51.50 cd	24.30 d	10.40 bcd
CM 2ton/10a	38.10 b	65.10 bc	34.20 c	11.60 b
CM 4ton/10a	37.24 bc	86.58 b	38.30 b	11.20 bc
CM 8ton/10a	41.60 a	123.60 a	42.30 a	14.80 a

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure

Table 9-19. Effect of animal manure application on components of soil cultured with tomato plants

Treatment	pH	Organic matter	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
(%)							
Unfertilized	7.19	1.45	0.007	0.62	0.02	0.03	0.05
CF 20Kg/10a	6.96	0.54	0.011	0.13	0.02	0.01	0.04
SM 2ton/10a	7.14	1.15	0.011	1.50	0.02	0.06	0.05
SM 4ton/10a	7.30	3.10	0.011	1.10	0.04	0.06	0.05
SM 8ton/10a	7.24	3.24	0.016	1.20	0.03	0.05	0.05
FM 2ton/10a	7.38	4.26	0.011	0.40	0.03	0.06	0.04
FM 4ton/10a	7.32	5.02	0.011	1.50	0.04	0.04	0.04
FM 8ton/10a	7.23	5.71	0.022	1.50	0.04	0.05	0.04
CM 2ton/10a	7.10	2.93	0.011	0.70	0.04	0.03	0.04
CM 4ton/10a	7.19	2.22	0.017	1.10	0.04	0.06	0.04
CM 8ton/10a	7.08	2.26	0.017	1.50	0.03	0.07	0.04

CF ; chemical fertilizer, SM ; swine manure, FM ; fowl manure, CM ; cattle manure

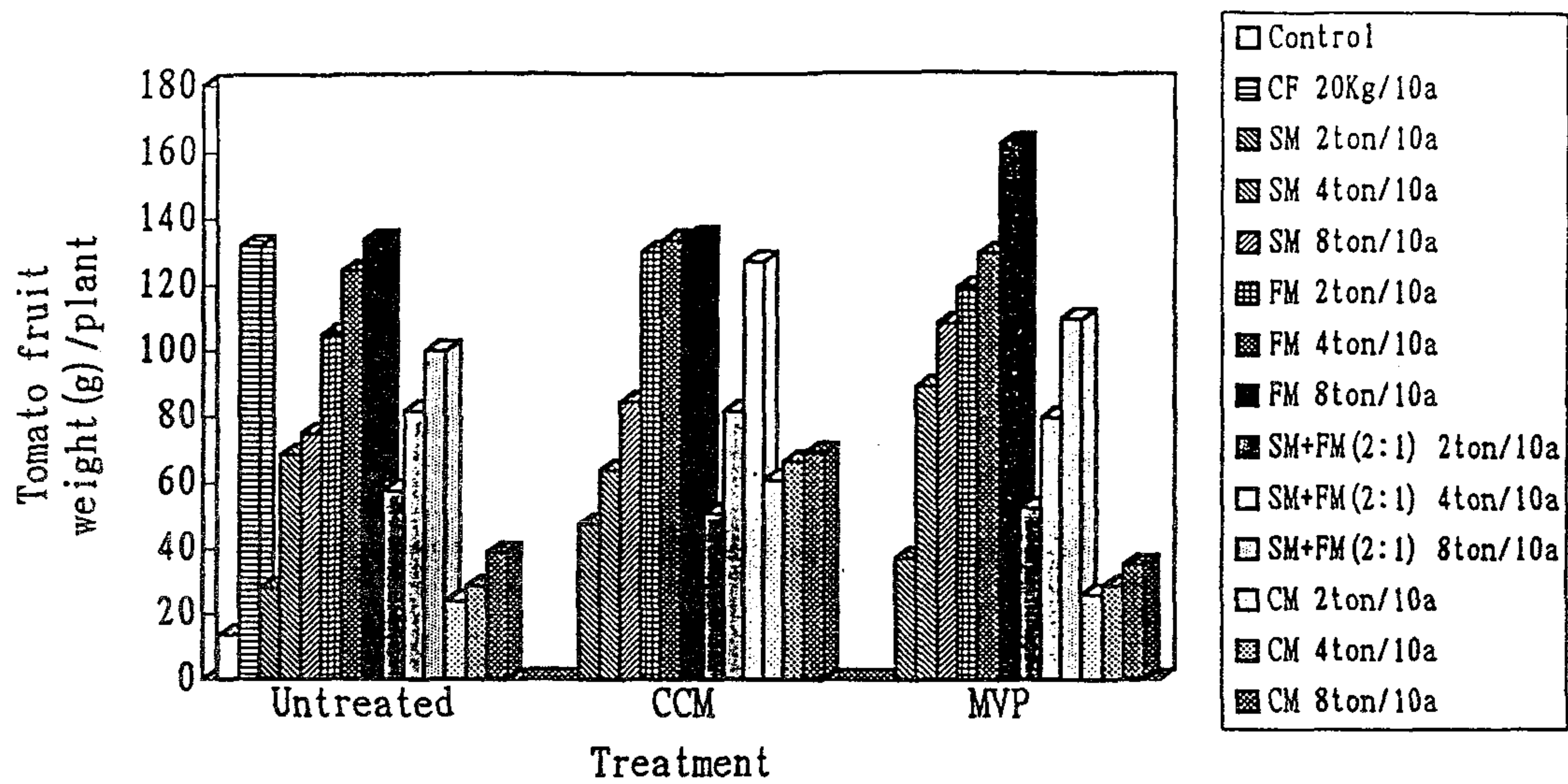


Fig. 9-1. Effect of animal manure application on fruit weight of tomato plants cultured in pot without rain protection facilities.

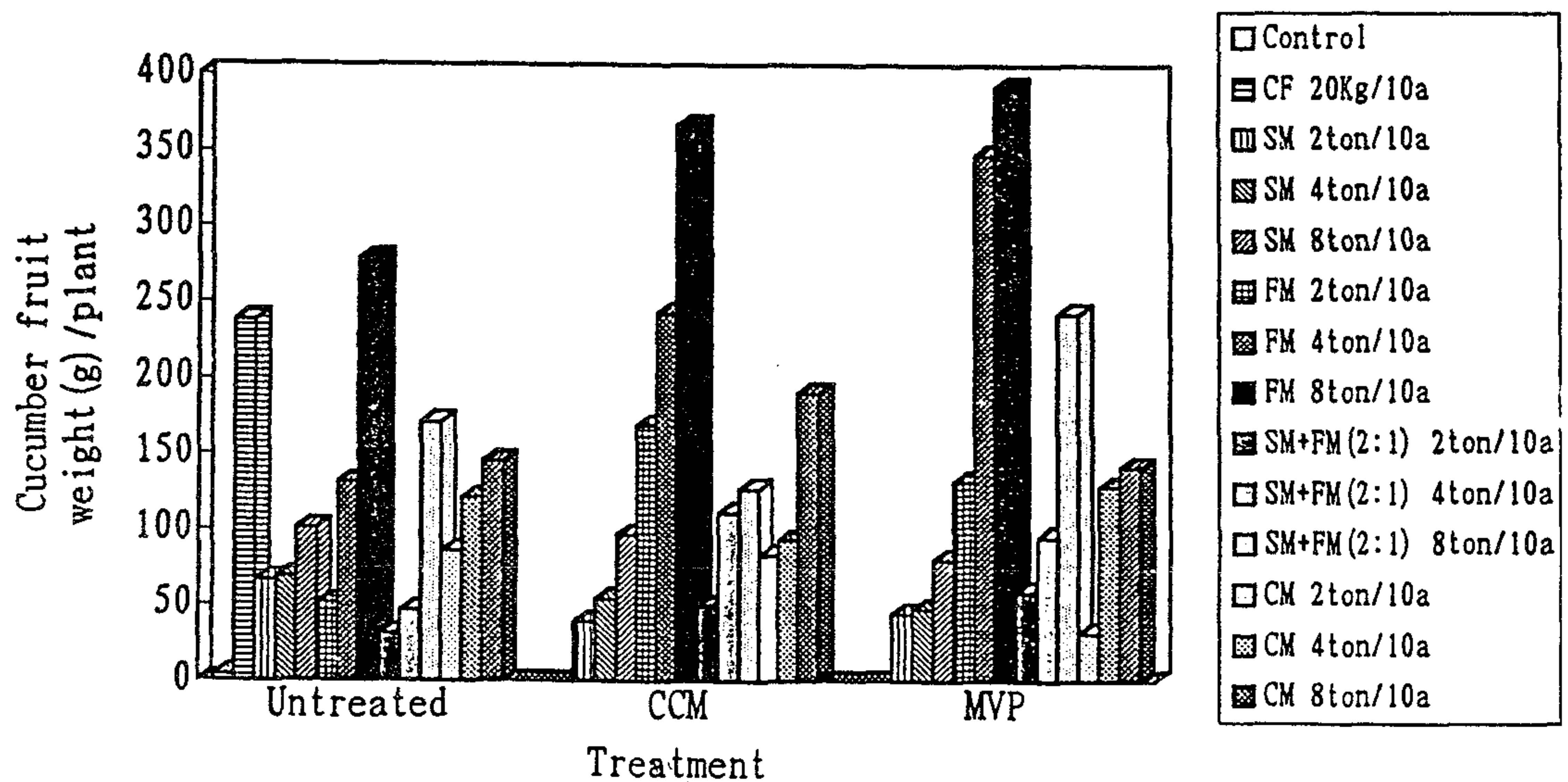


Fig. 9-2. Effect of animal manure application on fruit weight of cucumber cultured in pot without rain protection facilities.

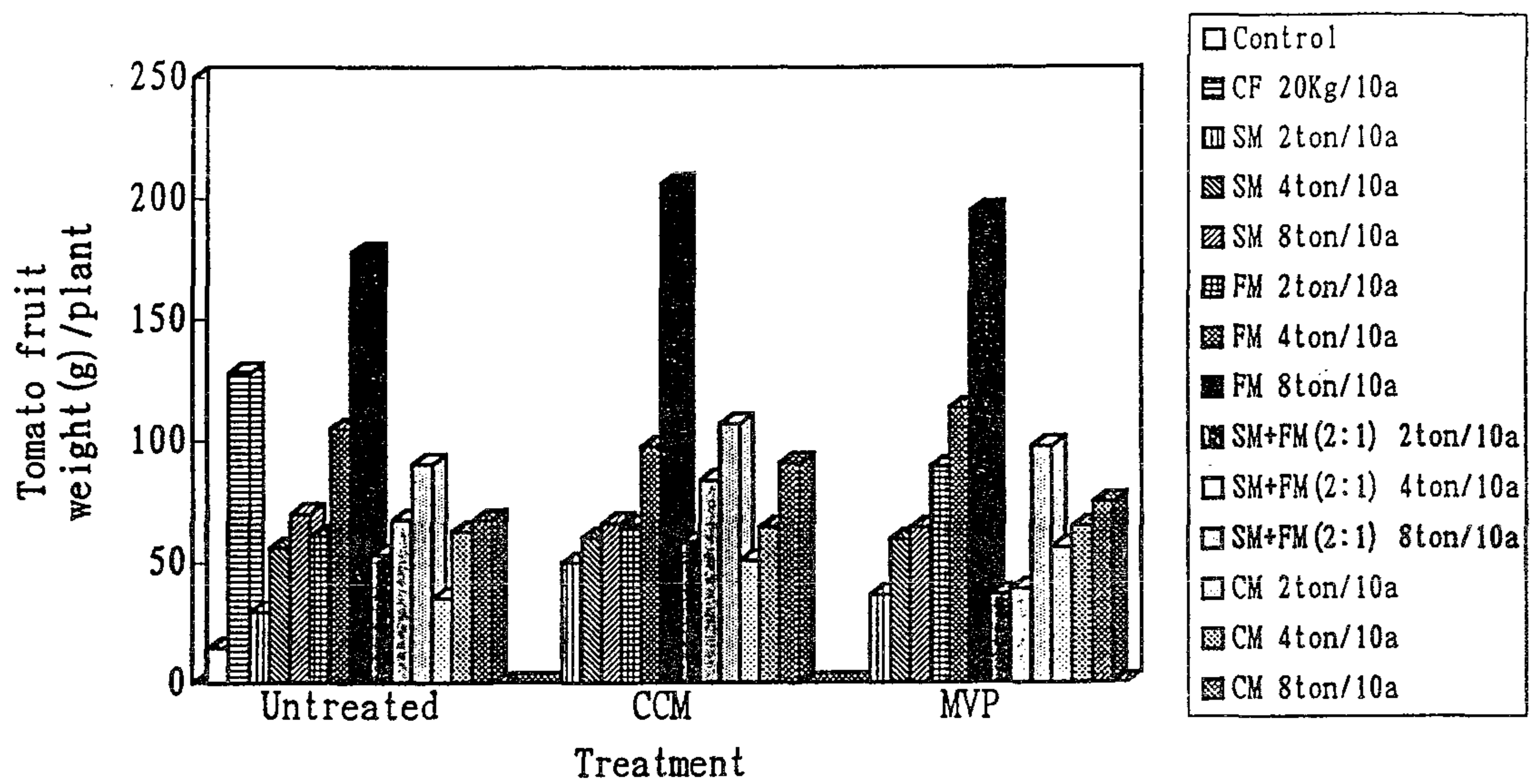


Fig. 9-3. Effect of animal manure application on fruit weight of tomato plants cultured in pot under rain protection facilities.

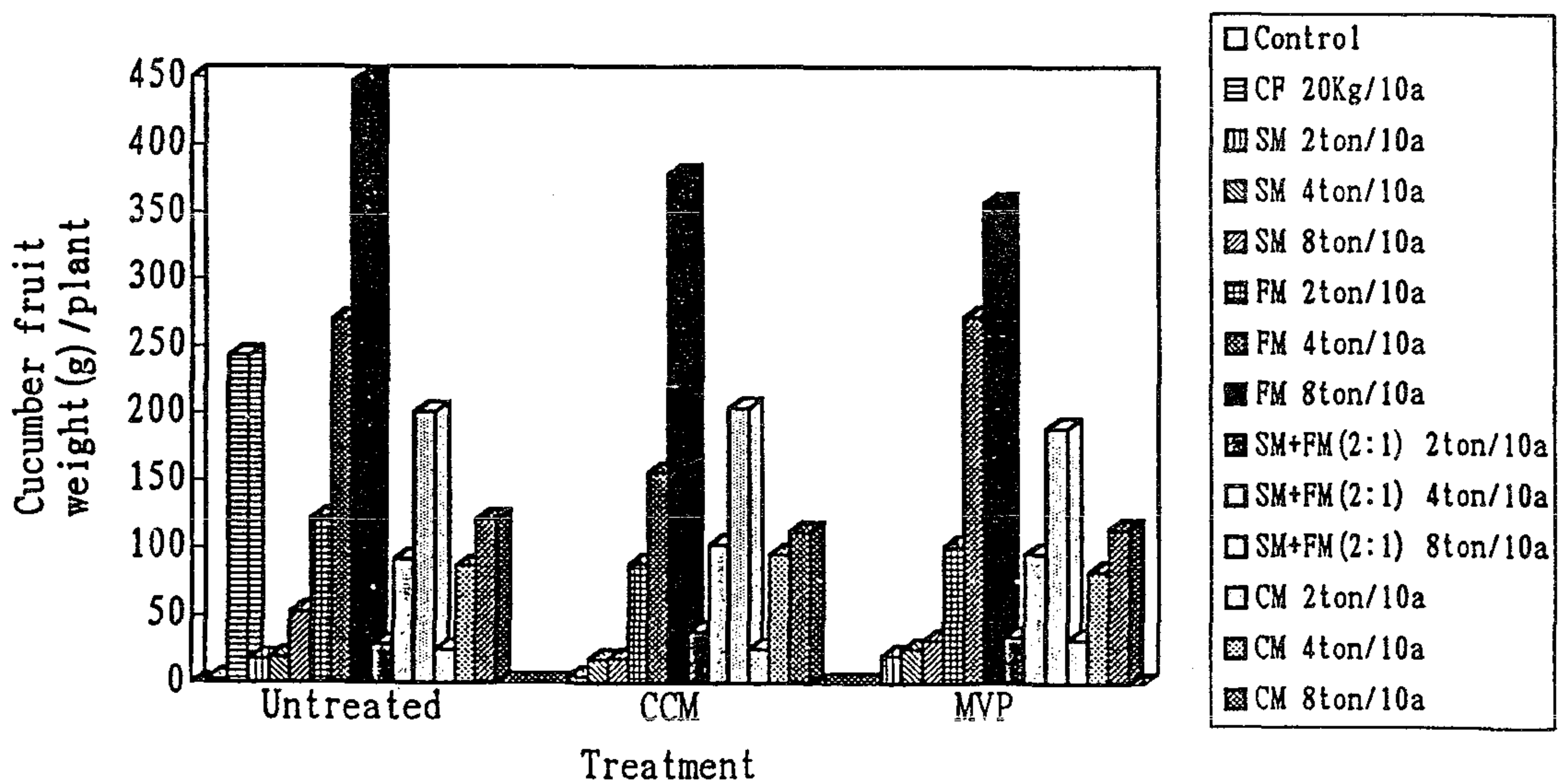


Fig. 9-4. Effect of animal manure application on fruit weight of cucumber cultured in pot under rain protection facilities.

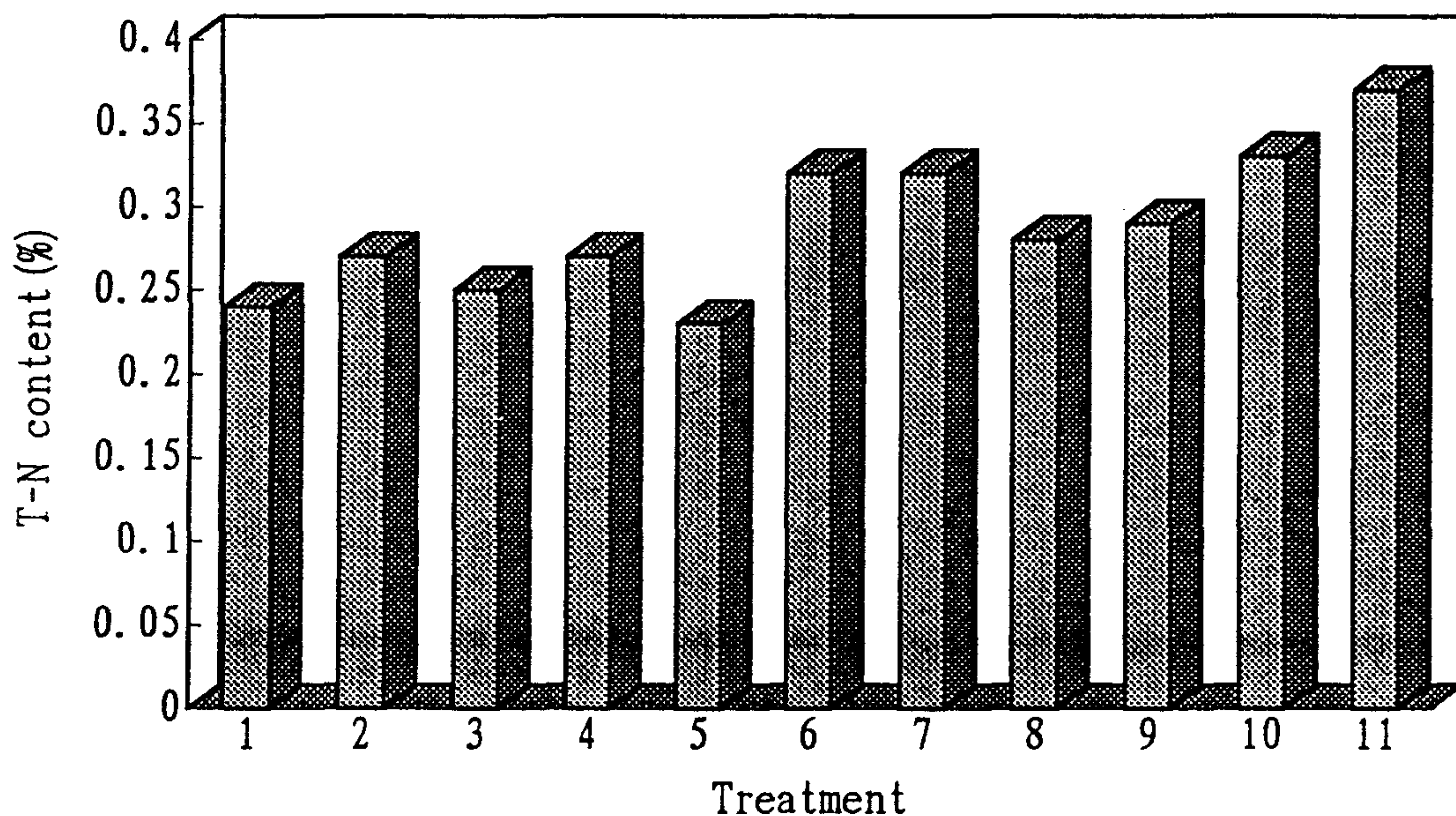


Fig. 9-5. Effect of animal manure application on change in T-N content of tomato plants. 1 ; control, 2 ; CF 20Kg/10a, 3 ; SM 2ton/10a, 4 ; SM 4ton/10a, 5 ; SM 8ton/10a, 6 ; FM 2ton/10a, 7 ; FM 4ton/10a, 8 ; FM 8ton/10a, 9 ; CM 2ton/10a, 10 ; CM 4ton/10a, 11 ; CM 8ton/10a

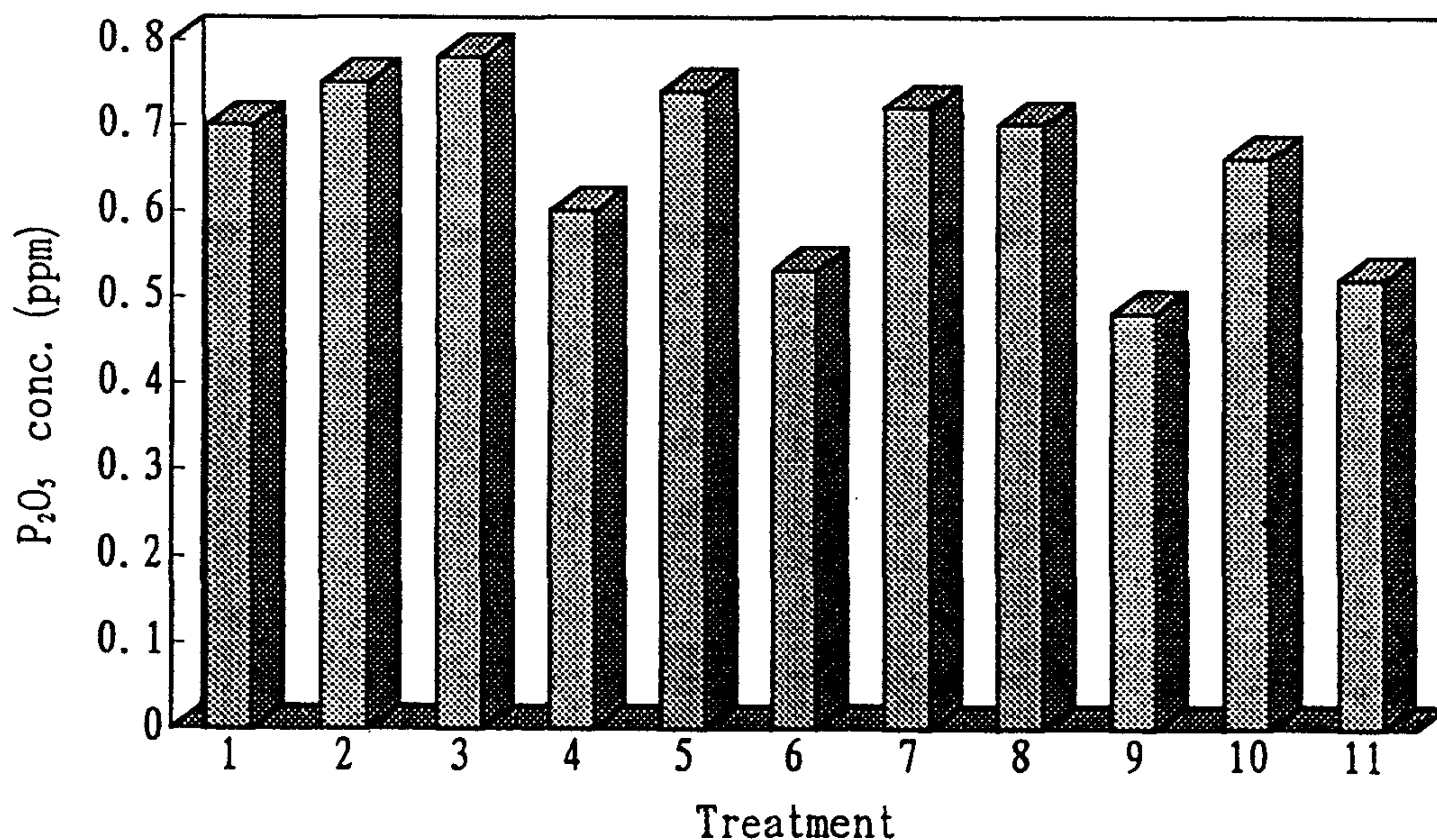


Fig. 9-6. Effect of animal manure application on P₂O₅ content of tomato plants. 1 ; control, 2 ; CF 20Kg/10a, 3 ; SM 2ton/10a, 4 ; SM 4ton/10a, 5 ; SM 8ton/10a, 6 ; FM 2ton/10a, 7 ; FM 4ton/10a, 8 ; FM 8ton/10a, 9 ; CM 2ton/10a, 10 ; CM 4ton/10a, 11 ; CM 8ton/10a

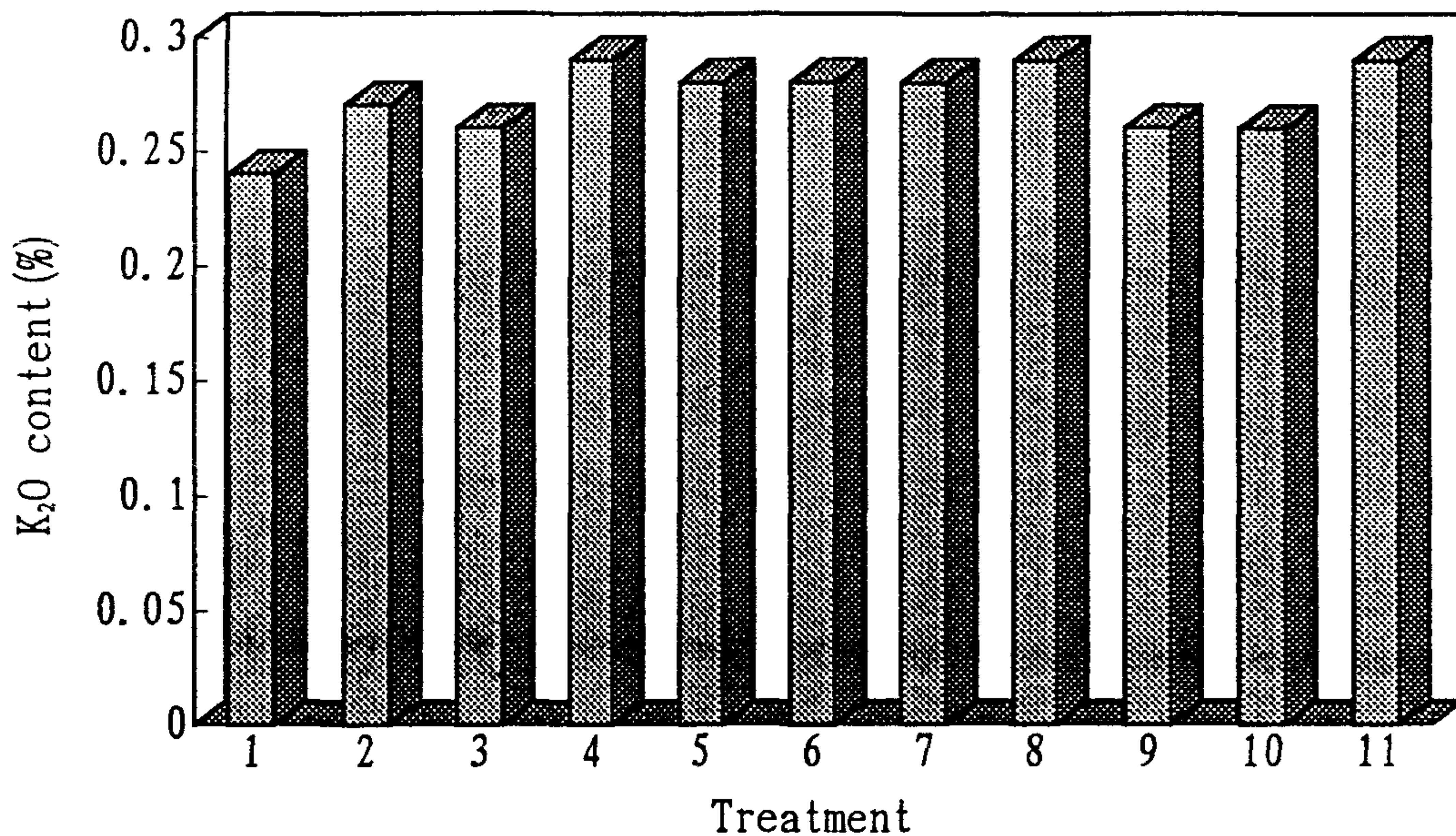


Fig. 9-7. Effect of animal manure application on K₂O content of tomato plants.

1 ; control, 2 ; CF 20Kg/10a, 3 ; SM 2ton/10a, 4 ; SM 4ton/10a, 5 ; SM 8ton/10a, 6 ; FM 2ton/10a, 7 ; FM 4ton/10a, 8 ; FM 8ton/10a, 9 ; CM 2ton/10a, 10 ; CM 4ton/10a, 11 ; CM 8ton/10a

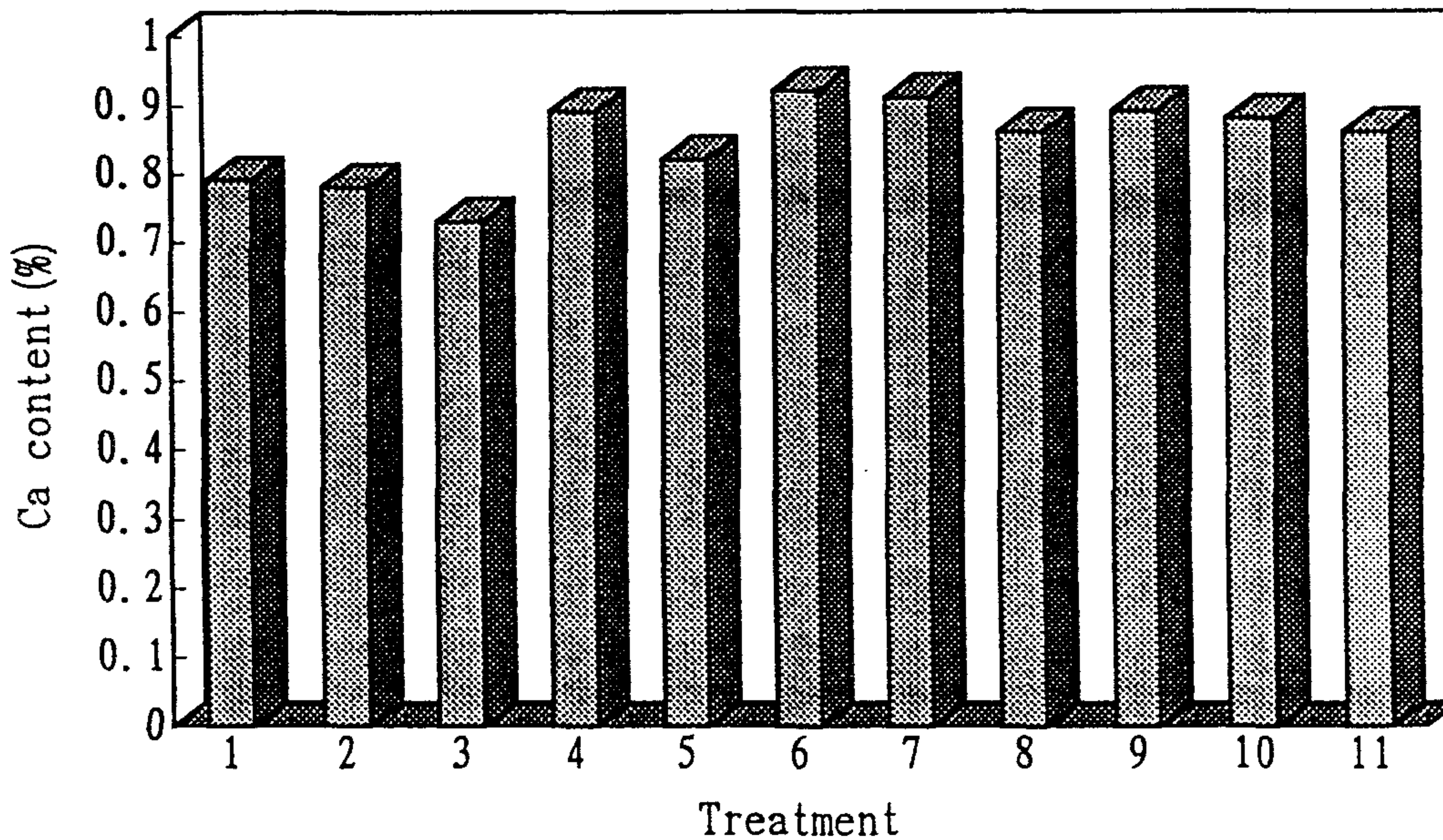


Fig. 9-8. Effect of animal manure application on Ca content of tomato plants.

1 ; control, 2 ; CF 20Kg/10a, 3 ; SM 2ton/10a, 4 ; SM 4ton/10a, 5 ; SM 8ton/10a, 6 ; FM 2ton/10a, 7 ; FM 4ton/10a, 8 ; FM 8ton/10a, 9 ; CM 2ton/10a, 10 ; CM 4ton/10a, 11 ; CM 8ton/10a

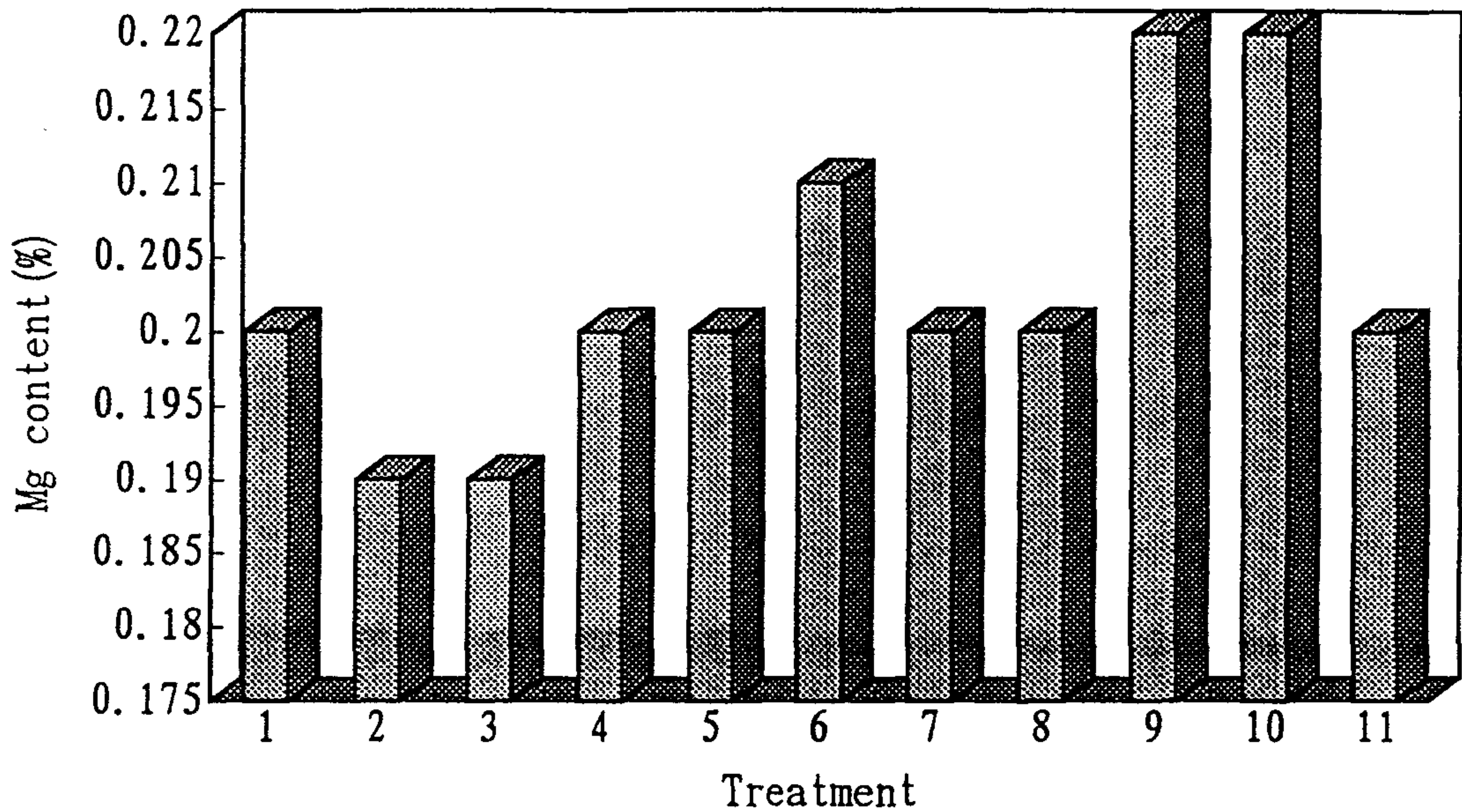


Fig. 9-9. Effect of animal manure application on Mg content of tomato plants. 1 ; control, 2 ; CF 20Kg/10a, 3 ; SM 2ton/10a, 4 ; SM 4ton/10a, 5 ; SM 8ton/10a, 6 ; FM 2ton/10a, 7 ; FM 4ton/10a, 8 ; FM 8ton/10a, 9 ; CM 2ton/10a, 10 ; CM 4ton/10a, 11 ; CM 8ton/10a

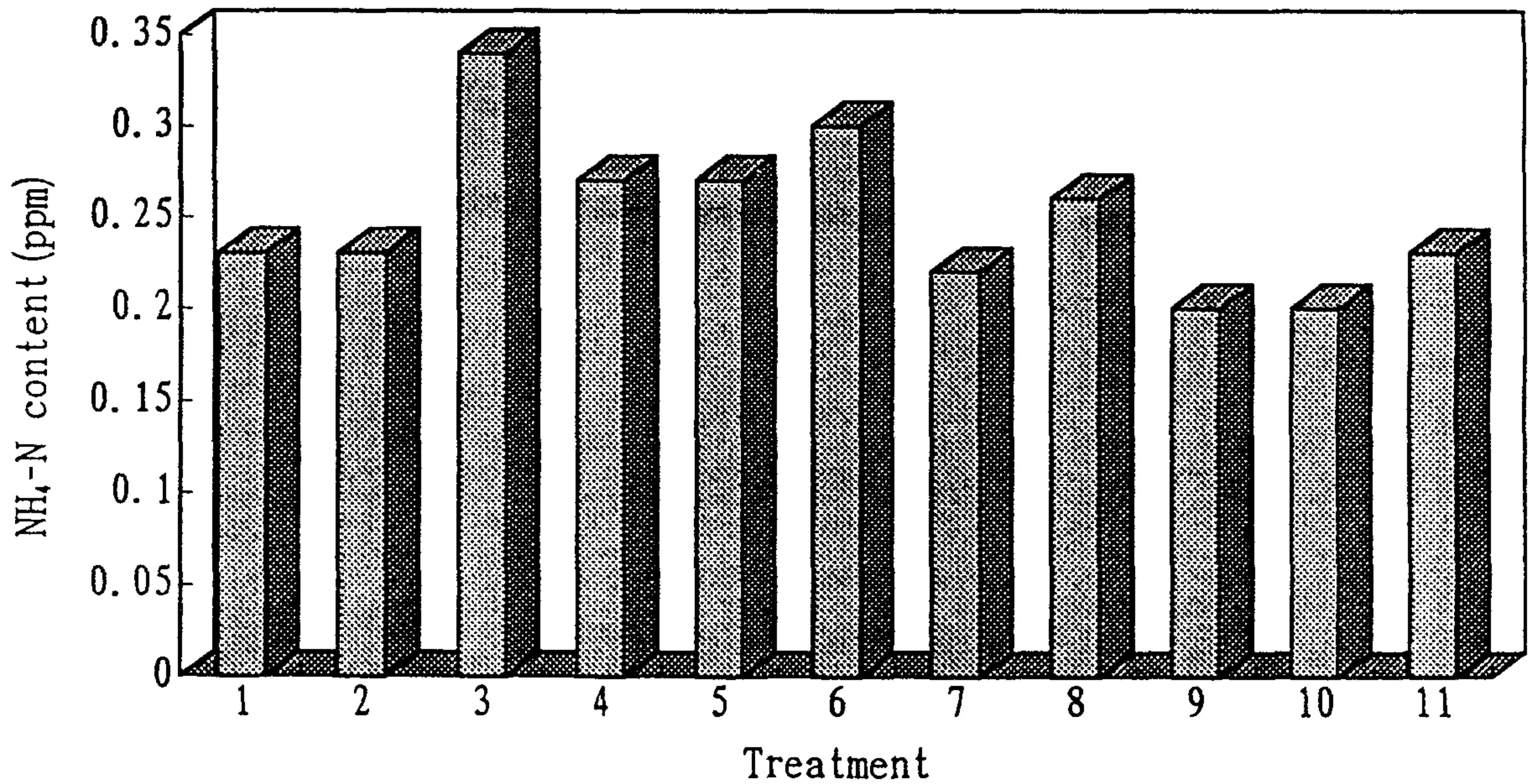


Fig. 9-10. Effect of animal manure application on NH₄-N content of radish. 1 ; control, 2 ; CF 20Kg/10a, 3 ; SM 2ton/10a, 4 ; SM 4ton/10a, 5 ; SM 8ton/10a, 6 ; FM 2ton/10a, 7 ; FM 4ton/10a, 8 ; FM 8ton/10a, 9 ; CM 2ton/10a, 10 ; CM 4ton/10a, 11 ; CM 8ton/10a

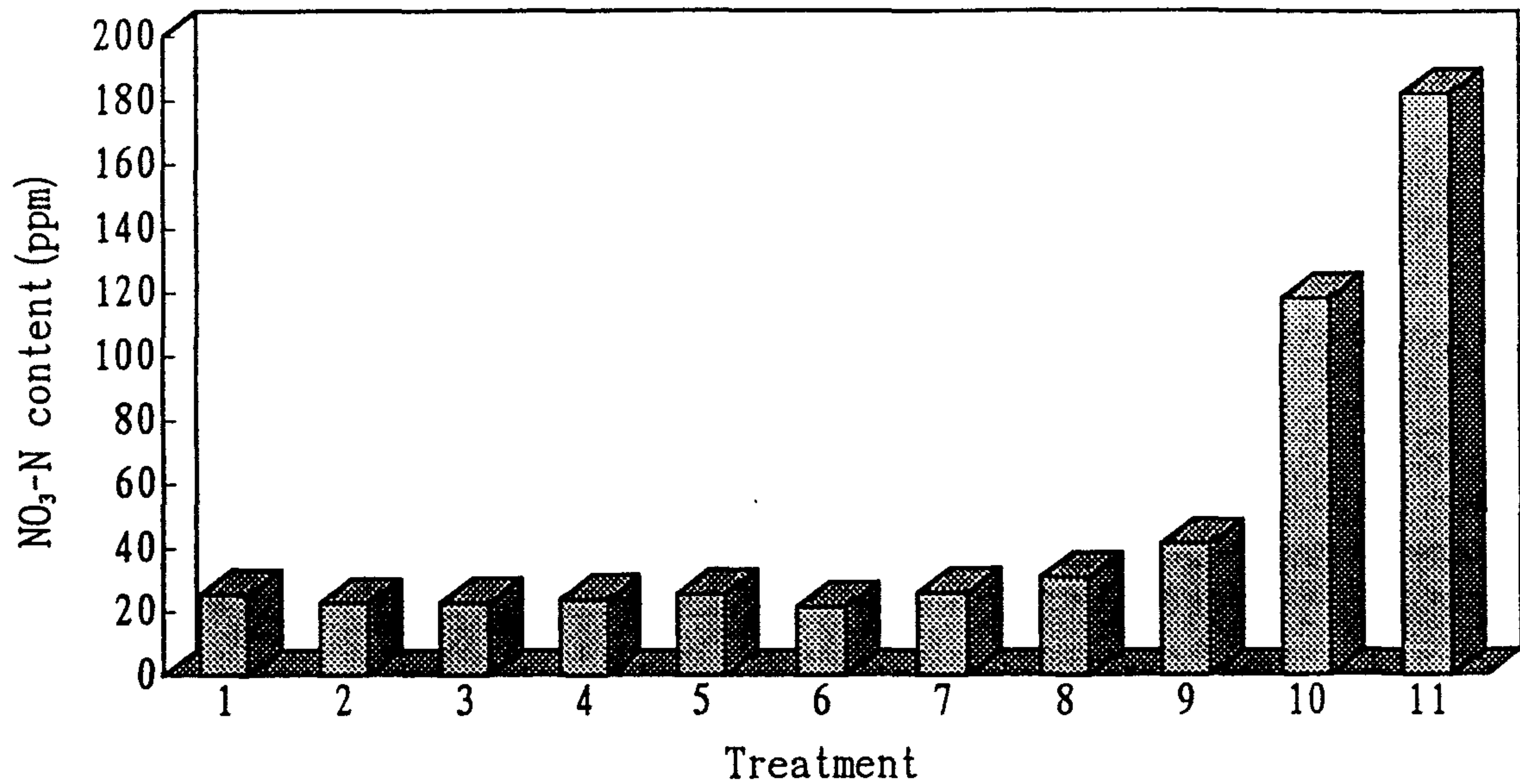


Fig. 9-11. Effect of animal manure application on NO₃-N content of radish.
 1; control, 2 ; CF 20Kg/10a, 3 ; SM 2ton/10a, 4 ; SM 4ton/10a, 5 ; SM 8ton/10a, 6 ; FM 2ton/10a, 7 ; FM 4ton/10a, 8 ; FM 8ton/10a, 9 ; CM 2ton/10a, 10 ; CM 4ton/10a, 11 ; CM 8ton/10a

第 4 節 結論

발효된 돈분, 계분 및 우분을 pot와 노지포장에 각각 2, 4, 8 ton/10a 처리하여 작물의 생육정도를 조사하고 미생물제의 생육촉진효과 및 퇴비시용량에 따른 토양성분의 변화를 측정하였던바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 화분재배 실험에서는 부숙퇴비 처리의 경우 돈분과 우분은 8 ton 시용에서도 관행구인 화학비료처리구에 비하여 생육이 떨어졌으며 계분은 4 ton의 시용에서 관행구와 비슷한 생육정도를 보였다.

2. 비가림재배와 노지재배의 비교에서는 비가림재배에서 다소 생육이 좋았으나 큰 유의차는 없었다.

3. 토마토 재배에 있어서 미생물제인 균강과 MVP부숙제를 혼합해 주었을 경우 크게 생장이 증가하지는 않았다. 완전 부숙 퇴비의 경우에는 그 효과가 적은것으로 판단된다.

4. 토양의 미생물 조사에서는 계분 및 돈분과 계분 혼합구에서 그 수가 증가하였으며 노지재배에 비하여 비가림 재배에서 미생물 수가 많았고 균강과 MVP부숙제 처리구에서 그 수가 많았다.

5. Plot 실험에서 토마토의 경우는 우분 4, 8ton/10a 처리구에서 관행 처리구보다도 생육이 좋았으며 오이의 경우에도 같은 결과를 보였다.

6. 토양 분석에서 관행구의 pH는 6.96으로 약간 낮은 편이었으며 각각의 부숙퇴비 시용구에서도 유기물함량 뿐만아니라 T-N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg 등의 함량도 다소 높은 경향을 나타내었다.

7. Pot 실험의 오이 수확량 비교시 계분 8 ton/10a 처리구에서 가장 높았으며 무처리구에 비해서 균강과 MVP부숙제 처리구에서 다소 수확량이 높았으나 큰 유의차는 없었다. 토마토 수확량에 있어서도 계분 8 ton/10a 처리구에서 가장 높았으며 비가림재배와 노지재배에 따른 수확량의 차이는 노지재배의 경우가 다소높은 것으로 나타났다. 위 결과는 plot 실험과는 다른데 그 이유는 우분의 부숙정도가 다르기 때문이며 계분이 보관기간 동안 질소분의 유실이 많았던 데에 기인하는 것으로 판단된다.

8. Plot 실험의 토마토 잎 분석에서는 T-N 함량의 경우 우분에서 타처리구에 비하여 높았으며 P₂O₅ 함량의 경우는 무처리구, 관행처리구 및 돈분 2ton/10a 처리구에서 높았다. K₂O, Ca 함량은 각각의 처리구에 따른 큰 유의차는 없었으나 무처리구와 관행처리구에 비하여 타처리구에서 약간 높았다.

9. Plot 실험에서 열무 분석의 경우 NH₄-N 함량은 각 처리에 따라 큰 차이는 없었으나 NO₃-N 함량은 완숙되지 않은 우분 처리구에서 월등히 높았다.

引用文獻

1. 김종숙. 1993. 韓國에서의 環境保全形 持續農業의 發展方向. 環境保全形 持續農業과 環境保全形 消費形態로의 轉換을 위한 討論會
2. 朴永大 외 3인. 1992. 有機農業에 關한 研究. 農村振興廳.
3. 서종혁 외 3인. 1992. 有機農産物의 生産 및 流通實態와 長期發展 方向. 韓國農村經濟 研究所.
4. 孫尙穆. 1994. 有機農業으로 生産된 農産物의 品質現況. 有機農業의 現況 및 發展方向 에 關한 심포지움. pp 249-276. 農村進興廳 農業技術研究所.
5. 尹世永. 1994. 流通中인 微生物濟의 特性和 效果. 有機農業의 現況 및 發展方向에 關한 심포지움. pp 167-202. 農村進興廳 農業技術研究所.
6. 李文弘. 1994. 持續的 農業을 위한 病害蟲 綜合管理. 有機農業의 現況 및 發展方向에 關한 심포지움. pp 231-248. 農村進興廳 農業技術研究所.
7. 李宗植, 金福永. 1994. 酸性雨が 植生에 미치는 影響. Korean J. Environ. Agri. 346-358
8. 鄭眞永. 1994. 韓國의 有機農業 發展過程. 有機農業의 現況 및 發展方向에 關한 심포지 움. pp 43-55. 農村進興廳 農業技術研究所.
9. 鄭眞永 외 5인. 1992. 有機農業百科. 韓國有機農業協會.
10. 來米速光. 1986. 現代의 自然農法. 弘生書林
11. 木村友昭他. 1994. 自然農法における 微生物資料의 利用. pp 820-824. 農業および 園藝.
12. 本間善久. 1989. 拮抗微生物(細菌, 房線菌) 利用による 病害防除. pp 152-158. 農業および 園藝.
13. 新田恒雄. 1989. 有機物試用による 微生物的地力의 增進. pp 235-239. 有機農業을 科學する. 農業および 園藝.
14. 熊澤喜久雄. 1989. “有機農業” と 現代農業. pp 89-103. 農業および 園藝.
15. Joanne Rebbeck and Eileen Brrennan. 1984. The effect of simulated acid rain and ozone on the yield and quality of glasshouse-grown alfafa. Environment pollution. 7-16
16. K. Mengel, E. A. Kirkby. 1978. Principles of plant Nutrition . International Potash Institute.
17. V. Rheinbaben W. 1979. Abbau der organischen substanz von siedlungsabf llen bei verschiedenen temperaturen im laborversuch, Mil und Abfall, 2 : 25-31
18. Richard Wiles et al. 1989. Alternative agriculture. National research council.
19. 농촌진흥청, 토양화학분석법, 1989.

第 10 章 飼料作物 作付體系에서의 Biomass
生産力과 窒素經濟性的의 比較

연구책임자 : 정 승 근

연	구	원	:	이	원	철
연	구	원	:	안	장	현
연	구	원	:	김	주	읍
연	구	원	:	박	상	일
연	구	원	:	손	석	룡
연	구	원	:	안	범	현

여 백

第 1 節 緒 說

현재의 농업은 化學肥料와 病蟲害방지를 위한 농약의 대량사용과 같은 生産材의 大量投入을 요구하는 작물의 連作을 위주로 하고 있다. 이러한 재배방법은 전반적인 生産力의 증가를 가져왔으나 過剩生産에 따른 시장에서의 가격저하로 재배자의 이득은 損益分岐點을 상회하기 어려운 실정이다. 또한 집약적인 재배는 土壤流失을 촉진하며 지표수와 지하수의 汚染을 초래할 가능성이 높다. 생산재의 투입을 증가하여 수량성을 높이는 집약적인 재배방법을 사용하여 온 선진국의 농업은 병충해와 雜草問題, 土壤流失, 環境汚染, 經濟的인 負擔이 가중되고 있다. 그러나 식량증산의 필요성은 더운 높아지고 있는 실정이다. 그러므로 資源의 枯渴과 環境汚染의 위험이 없이 생산성과 재배자의 이득을 높일 수 있는 持續農業體系의 연구는 시급한 실정이다.

따라서 화학비료와 농약과 같은 고에너지 투입에 의존하는 정도를 저하시킬 수 있는 지속적이고 종합적인 재배방법을 도입해야 한다는 필요성이 점점 더 널리 인식되고 있다. 이와같은 생산방법은 수량성을 유지하면서도 생산재의 비용을 줄이고, 재배자의 이익을 높이며, 재배자의 이익을 높이고, 생태학적인 문제점을 감소시킬 것으로 기대된다.

또한 우리 나라와 같이 좁은 국토와 경지를 효율적으로 이용하기 위하여는 생산성이 높은 作付體系의 설정이 절실하다. 농업의 궁극적인 목표는 安定的인 食糧供給과 環境生態界의 保存에 있으므로 環境農業을 기본으로 하는 생산 체계의 설정과 보급이 선행되고 농가 소득 증대가 뒤따라줌으로서 균형있는 사회발전이 이루어져야 할 것이다.

한편, 窒素는 작물의 생육에 가장 중요한 성분의 하나 이지만 질소비료의 생산은 많은 에너지를 필요로 하고, 과잉의 窒素施肥는 작물의 불필요한 생장을 초래할 뿐만 아니라 환경오염의 중요한 원인이 되고 있다. 따라서 效率的인 질소시비는 작물의 합리적인 생산뿐만 아니라 환경보호라는 측면에서 중요한 과제가 되고 있다. 그러므로 작물의 작부체계와 함께 질소이용효율이라는 면에서 窒素의 經濟性에 대한 보다 정밀한 검토가 요구되고 있다.

질소비료의 생산과 공급비용이 증가함에 따라서 두과식물이 아닌 다른 화분과 작물의 窒素利用 效率은 그 중요성이 점점 높아지고 있다. 작물이나 품종의 질소이용효율은 질소시비량에 대한 반응뿐만 아니라 질소의 吸收力과 吸收된 窒素 利用效率의 차이에 따라서 영향을 받는다(Smith, 1934; Stringfield 와 Salter, 1934). 작물의 수량을 결정하는데 필요한 질소의 흡수와 이용효율은 질소의 吸收, 轉流, 同化 및 식물체 내에서의 窒素再分配의 과정과 관련되어 있다. 질소의 이용효율은 토양의 단위

可用窒素量에 대한 식물체의 생산량이라고 할 수 있다. 단위면적당 식물체의 건물중을 Dw이라 하고, 이용된 질소의 양을 N라고 하면 窒素效率은 Dw/N 라 할 수 있다 (Moll 등, 1982). 즉 흡수된 단위 질소에 대한 건물생산량을 질소이용효율이라고 할 수 있는 것이다. 질소이용효율은 두 개의 성분으로 나눌 수 있다. 하나는 질소의 吸收效率이고, 또 다른 하나는 흡수된 질소를 이용하여 건물을 생산한 利用效率이다. 질소의 흡수효율은 Nt/Ns 인데, 이 식에서 Ns는 토양의 질소함량이다. 이용효율은 Dw/Nt 이다. 옥수수에서 질소시비량이 많았을 때 수량증가는 질소이용효율과 관계가 없었다고한다(Anderson 등, 1985; Muruli 와 Paulsen, 1981). Moll 등(1982)은 옥수수의 질소이용효율은 교잡종과 질소수준간에 상호작용이 있다고 보고하였다. 수수에서도 품종간의 질소이용효율은 차이가 있었는데, 질소이용효율은 질소시비수준이 낮을 때 높고, 관계는 품종과 질소이용효율의 관계에 큰 영향을 미치지 않았다(Zweifel 등, 1987). 질소의 이용효율은 일정 수준까지는 질소흡수량이 증가하면 높아지지만, 질소시비량이 더 이상 증가하면 질소이용효율이 낮아진다. 질소이용효율은 질소의 전류속도와 밀접한 관계가 있다(Park 과 Mok, 1975)

벼에서는 질소비료의 증비에 따른 수량의 증가가 질소이용효율, 질소의 흡수효율, 흡수된 질소의 이용효율 및 종실생산에 대한 질소의 효율 등에 의하여 결정된다 (Park 과 Mok, 1975)). 벼의 질소이용효율은 일반적으로 30~40%이며, 최고의 재배 기술가 환경조절조건에서만 60~65%의 효율을 보이고 있다.

禾穀類에서는 대부분의 질소가 出穗前에 흡수된다(Austin 등, 1977; Fawcett, 1980; Murata 와 Matsushima, 1975). Canvin(1976)은 수확기 종실의 질소함량비율을 收穫窒素指數라고 하였으며, Austin 등(1977)은 질소수확지수(Nitrogen Harvest Index)라고 불렀다. 根界의 질소는 식물체의 窒素配分에 영향이 적기 때문에 질소수확지수의 계산에는 일반적으로 지상부의 질소만을 포함한다(Fawcett, 1980; Mcneal 등, 1966). 질소수확지수는 작물의 종류나 품종에 따라서 다른데(Beech 와 Norman, 1968; Cox 와 Frey, 1978; Halloran, 1981; Wiggans 와 Frey, 1956), 보밀에서는 57~75%(권 등, 1987), 듀럼밀에서는 57~86%(Desai 와 Bhatia, 1978), *A. sterilis* L.에서는 25~51%, 그리고 귀리에서는 42~67%로 보고되고 있다(Fawcett 와 Frey, 1983).

窒素收穫指數는 질소 利用效率과 종실 단백질수량과 관계가 있으나, 종실의 단백질 함량과는 관계가 적다(Fawcett 와 Frey, 1983; Cox 와 Frey, 1978; Stringfield 와 Salter, 1934; Welch 와 Yong, 1980). Fawcett 와 Frey(1983)는 귀리의 질소수확지수가 토양의 질소수준에 대한 수량의 반응과 관계가 있다고 하였다. 질소수확지수는 환경요인에 의하여 영향을 받는다. 질소의 轉流效率은 질소 수준이 높을 때 낮아지며(Fawcett 와 Frey, 1983; Welch 와 Yong, 1980), 灌溉와 기상조건은 질소수확지수의 변화를 초래한다(Spratt 와 Gasser, 1970). 귀리에서 질소수확지수는 평균수량 및

환경에 따른 수량성의 반응과는 정의 상관관이 있었지만, 평균 蘘重과는 부의 상관관이 있었다(Rattunde 와 Frey, 1986).

본 연구에서는 토지이용의 효율성을 제고하기 위한 작부체계를 검토하고, 값싼 조사료의 공급방안을 제시하며, 토지생산성을 유지하면서 생산에 투여되는 무기성분중에서 가장 중요한 질소의 효율을 분석하므로서 生産材의 投入을 最小化하면서도 持續的인 作物 生産力을 維持하고, 동시에 環境汚染을 最小化할 수 있는 가능성을 검토하고자 싸일레지용 옥수수과 北方型 牧草를 導入한 作付體系下에서의 단위면적당 乾物生産量을 비교하여 합리적이고 효율적인 사료 작물의 생산과 공급방안을 제시하고, 窒素肥料의 利用效率를 측정함으로서 사료작물의 질소이용에 대한 經濟性을 分析하고자 하였다.

第 2 節 材 料 및 方 法

제 1 항. 사료작물의 Biomass 生産性 檢定

공시작물은 옥수수, 귀리, 유채, 이탈리아라이그래스, 티모시, 톨페스큐 및 케터키 블루그래스이었는데, 옥수수를 1995년 5월 30일파종하였으며, 나머지 作物들은 옥수수를 수확한 후 1995년 9월 8일에 파종하였다. 파종량은 옥수수는 2.5kg/10a였으며, 기타 목초는 2kg/10a였다. 귀리와 유채는 20cm 간격으로 조파하였으며, 다른 목초는 種子를 고운 흙과 섞어서 시험구내에 균일하게 산파하고 鎮壓하였다. 시비량은 N-P-K = 30-30-40 kg/10a이었는데 질소는 파종전에 50%를 기비로 하고 9월 하순에 나머지 50%를 추비로 주었으며, 인산과 칼리는 전량을 기비로 사용하였다. 시험구는 난괴법 배치 3반복으로 配置하였고, 주요조사항목은 초장, 건물중이었다.

제 2 항. 사료작물의 窒素利用率과 질소 經濟性에 대한 시험

공시작물은 귀리와 유채였으며, 1994년 8월 27일 충북대학교 농과대학 실험농장에서 실시하였다. 질소수준은 0, 10, 20, 30 kg/10a의 4수준이었는데, 질소의 50%, 인산 30gk/10 및 칼리 40kg/10a는 파종전에 基肥로 사용하였으며, 질소의 50%는 1차예취 후에 추비로 사용하였다. 시험구 배치는 분할구배치법 3반복으로 으로 하였으며, 주요 조사 항목은 초장, 생체중, 건물중, 건물율, 식물체의 질소함량, 질소 이용률 이었다. 統計 分析은 PC용 SAS를 이용하여 분산분석을 하였다.

第 3 節 結果 및 考察

제 1 항. 사료 작물의 Biomass 생산성 검정

1. 싸일리지 옥수수의 수량

<표 10-1>은 싸일리지용 옥수수 수원 19호의 收穫期의 생태적 특성을 나타낸 것이다. 초장은 250cm, 경장은 218cm, 옥수수 종실이 달리는 위치는 지상으로 부터 97cm이었으며, 잎수는 10.5개이었다.

Table 10-1. Agronomic characteristics of silage corn at harvesting time.

Plant height (cm)	Culm length (cm)	Ear height (cm)	No. of leaves
250	218	97	10.5

싸일리지 옥수수의 수량성을 나타낸 것은 <그림 10-1>에서 보는 바와 같다.

이삭과 莖葉을 모두 합한 10a당 생체 수량은 7,669kg이었으며, 이중 종실이 차지하는 비율은 38%, 경엽 비율은 62%이었다. 옥수수의 건물생산량은 10a당 1,984kg으로 이중 종실이 차지하는 비율은 46%, 경엽 비율은 54%로서 옥수수 生産에서 종실이 차지하는 비중이 생체중에 비하여 높았다. 옥수수의 건물 생산량은 옥수수 종실이 완전히 成熟한 시기가 장 많은 것으로 알려져있는데 이는 총 건물중에서 옥수수 종실이 차지하는 건물 비중이 높기 때문이다.

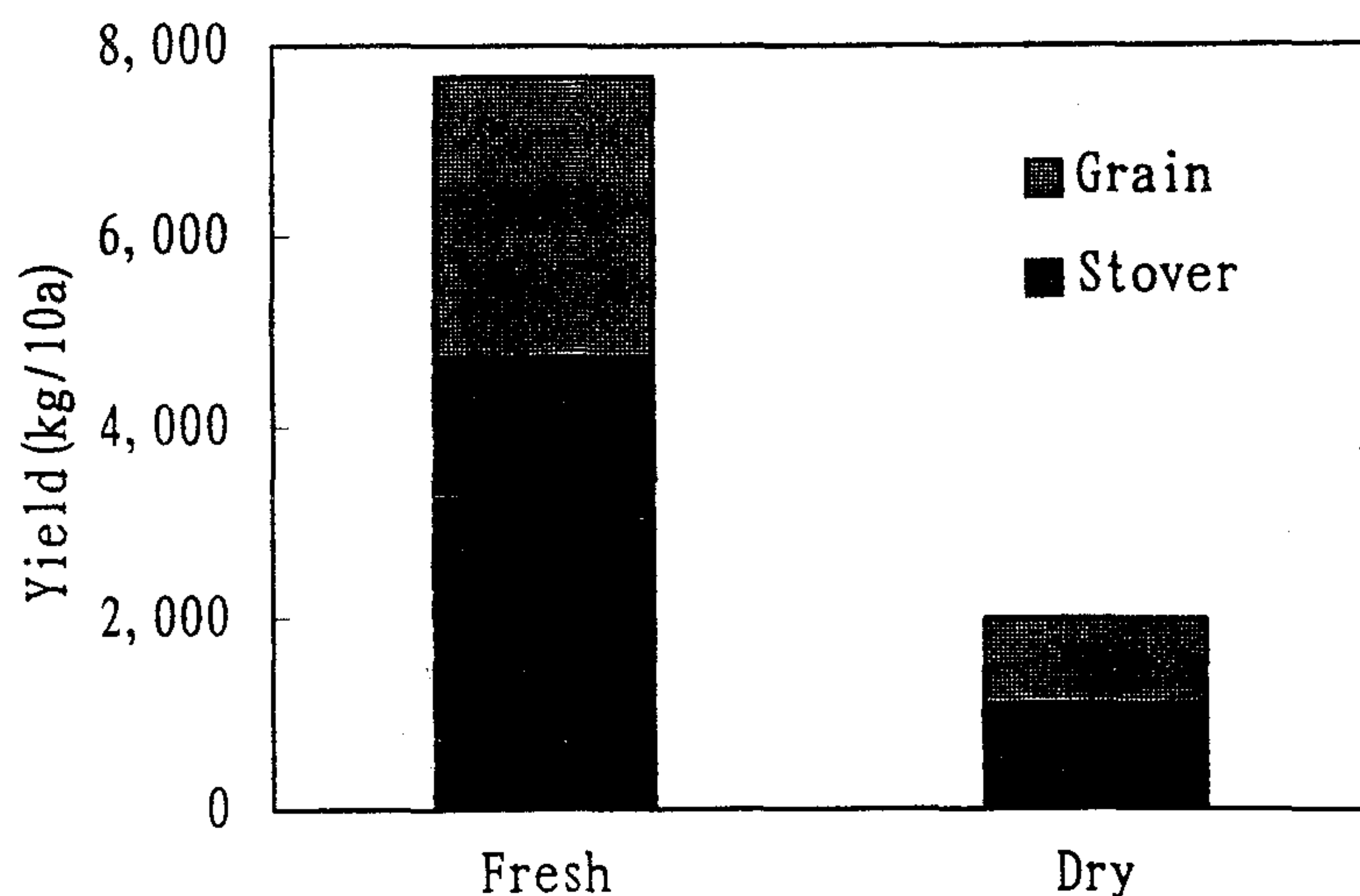


Fig. 10-1. Yield on fresh and dry matter weight of silage corn in 1995.

2. 추파 사료작물의 생육과 예취 수량

<그림 10-2>는 공시 사료작물의 초장을 나타낸 것이다. 귀리의 草長이 가장 크고 아음이 이탈리아라이그래스, 유채 순이었으며 캔터키 블루그래스, 톨웨스큐, 티모시는 초장이 매우 작았으며 성장량도 적었다. 초장이 비교적 크고 성장량이 많은 귀리 이탈리아라이그래스, 유채의 10a당 건물중을 나타낸 것은 <그림 10-3>과 같다. 건물 성장량은 귀리가 가장 컸고, 다음이 유채, 이탈리아라이그래스이었다. 이들은 中部地方의 추파 집약초지작물로 유리한 초종으로 판단되었다.

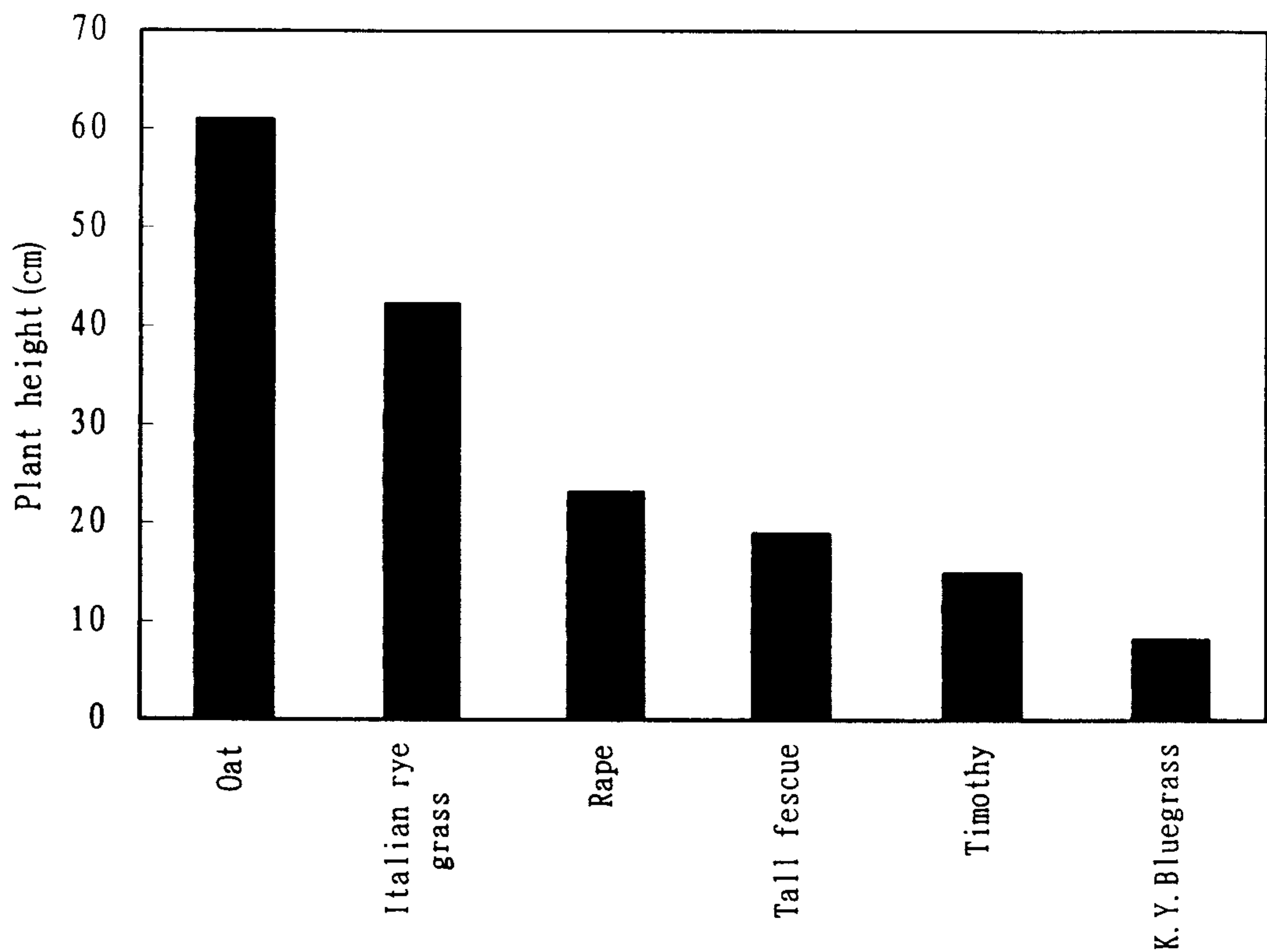


Fig. 10-2. Comparison on plant height of some forage crops cultivated at 3 months after seeding in Cheongju area.

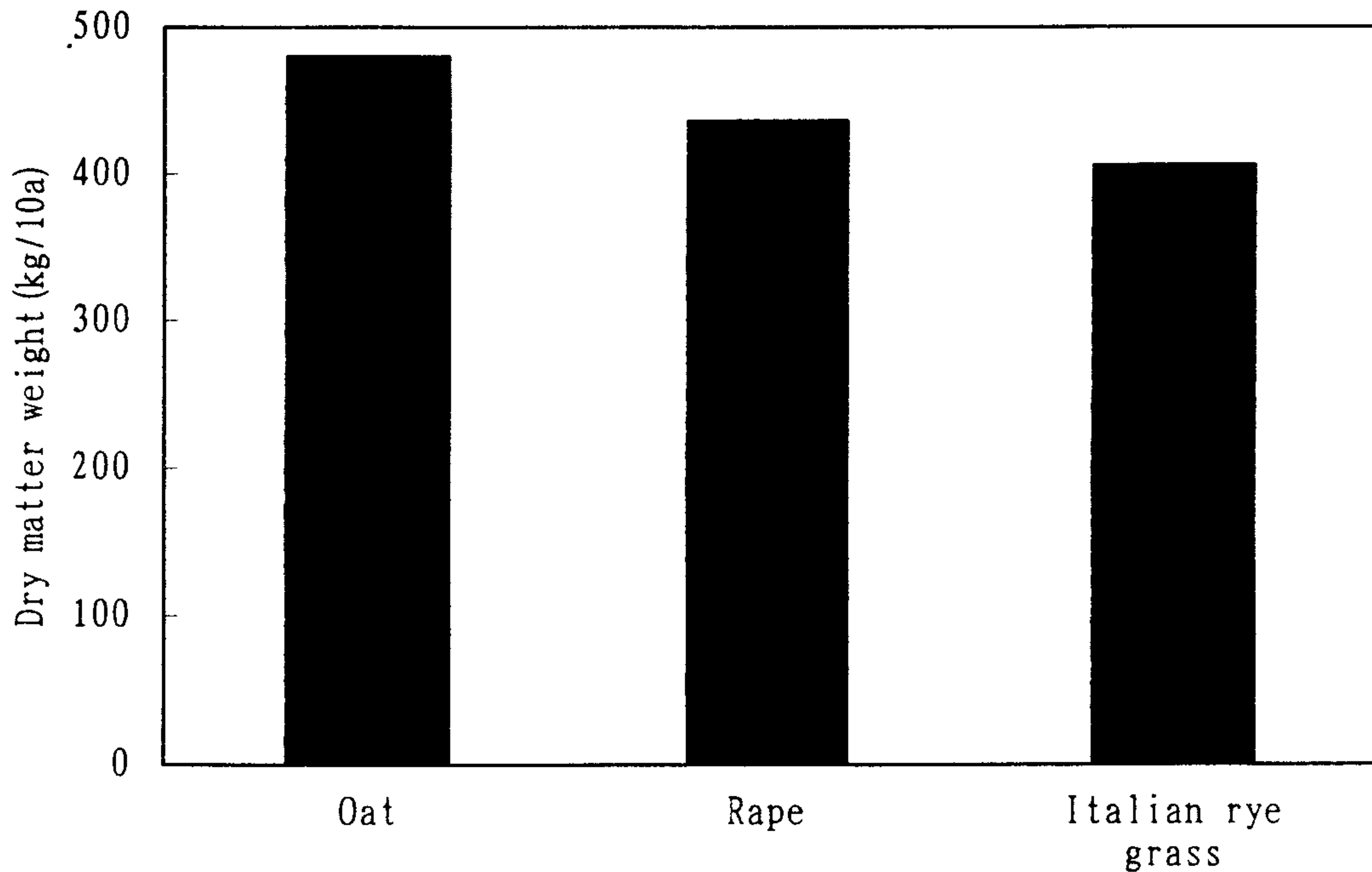


Fig. 10-3. Dry matter weigh of 3 forage crops harvested at 3 months after seeding in Cheongju area.

제 2 항. 사료 작물의 窒素 利用率과 窒素 經濟性 比較

1. 초장, 생초량 및 건물 수량

<그림 10-4>는 예취 시기별 질소 시비량에 따른 귀리와 유채의 초장의 變化를 나타낸 것이다. 귀리의 초장은 11월 20일에 가장 크고 이 시기가 지나면 저온에 의하여 잎의 선단부가 마르기 시작하여 작아지는 것으로 나타났으며, 질소 시용량에 따라서는 시비량이 많아질수록 直線的으로 증가하였다. 유채도 귀리와 同一한 경향이었으나 동일 질소 시비구내에서는 대체로 11월 10일 이후에는 초장의 증가폭이 크지 않은 것으로 나타났다.

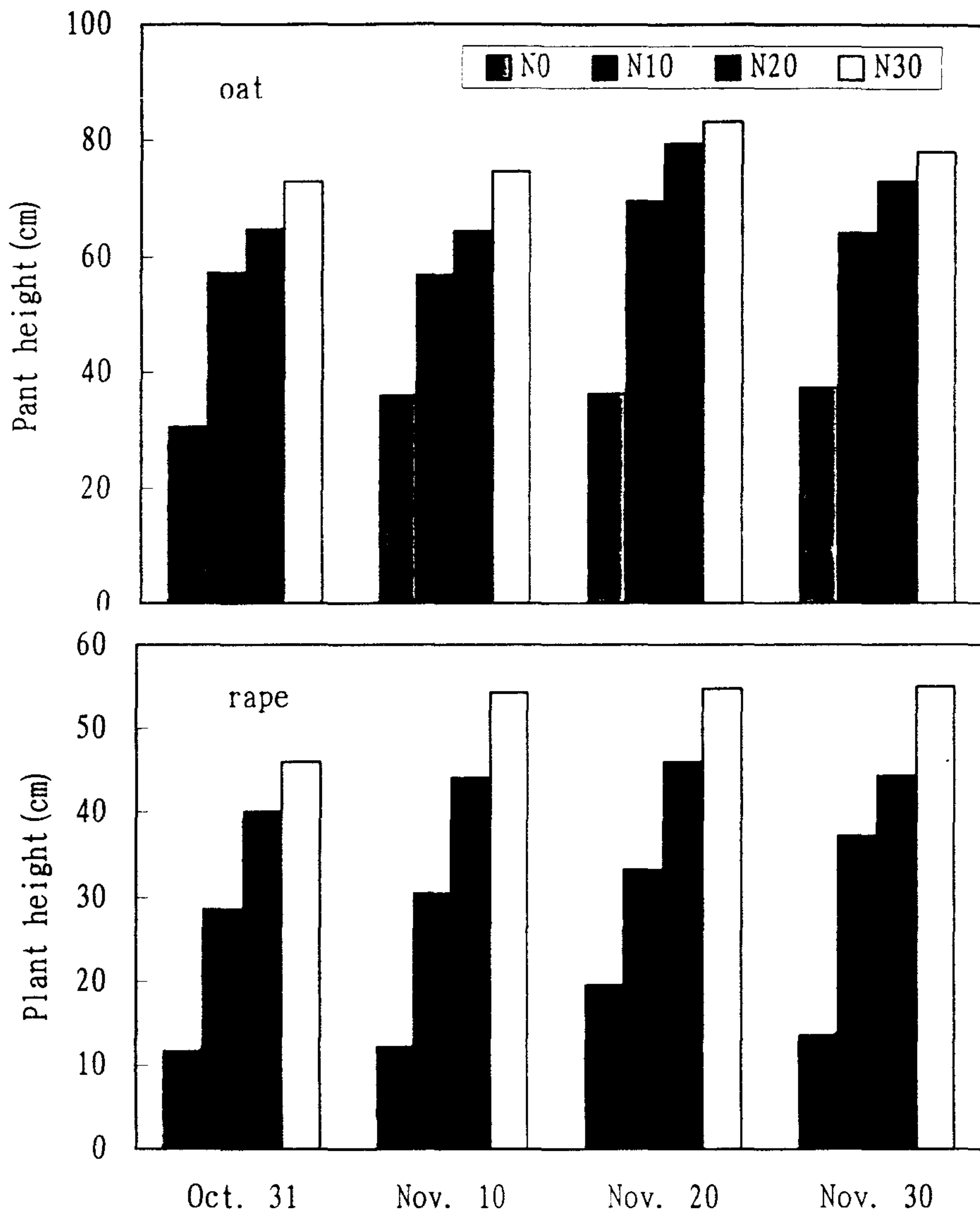


Fig. 10-4. Plant height of oat and rape cultivated under different N levels.

<그림 10-5>는 귀리, 유채, 귀리와 유채의 혼합 파종구의 생육시기와 질소 시비량에 따른 생초 수량을 나타낸 것이다. 귀리의 생초량은 질소 시비량이 많을 수록 많았으며,刈取時期別로는 11월 20일에 가장 많았다. 이시기의 생초 수량은 질소

30kg구가 6,241kg, 질소 20kg구가 5,313kg, 질소 10kg구는 3,964kg이었다. 유채, 귀리-유채의 혼합과종구도 비슷한 경향이였다.

<그림 10-6>은 예취시기와 질소 시비량에 따른 공시 초종의 건물생산량을 나타낸 것이다. 각 초종 모두 11월 30일 예취하였을 때 가장 많았으며 질소 시비량에 따라서는 귀리는 질소 20kg과 30kg구는 같았으나 유채는 질소시비량이 증가할수록 顯著히 增加하였으며, 귀리와 유채 혼합 과종구도 유채와 같은 경향이였다.

<그림 10-7>은 공시 초종의 건물율을 나타낸 것이다. 건물비율은 생초량에 대한 건물량의 비율을 표시한 것으로서 무비구는 생초 수량이 낮고, 식물체내 水分 함량이 낮았으나 질소 시비구는 건물 比率이 현저히 낮아졌으며, 예취시기가 늦을수록 건물 비율도 낮아지는 것으로 나타났다. 수분 함량이 비교적 높은 귀리와 유채는 신선 목초로서 낙농 및 비육우의 초겨울 조사료로서 사료가치가 높을 것으로 판단되었다.

생초 및 건물 수량이 가장 많았던 11월 30일 예취구의 초종별 생초 및 건물중과 건물율에 대한 통계분석 결과를 보며 <표 10-2>와 같다. 10a당 생초 수량은 귀리가 3,894kg, 유채가 4,157kg, 귀리와 유채의 혼합초지는 4,579kg으로 나타났으나 작물간에는 有意한 차이가 인정되지않으며 질소 시용 수준간에는 질소 시용량이 증가할수록 고도의 有의한 차이를 나타내었다. 건물중 및 건물비율도 생초수량과 동일한 결과를 나타내었다.

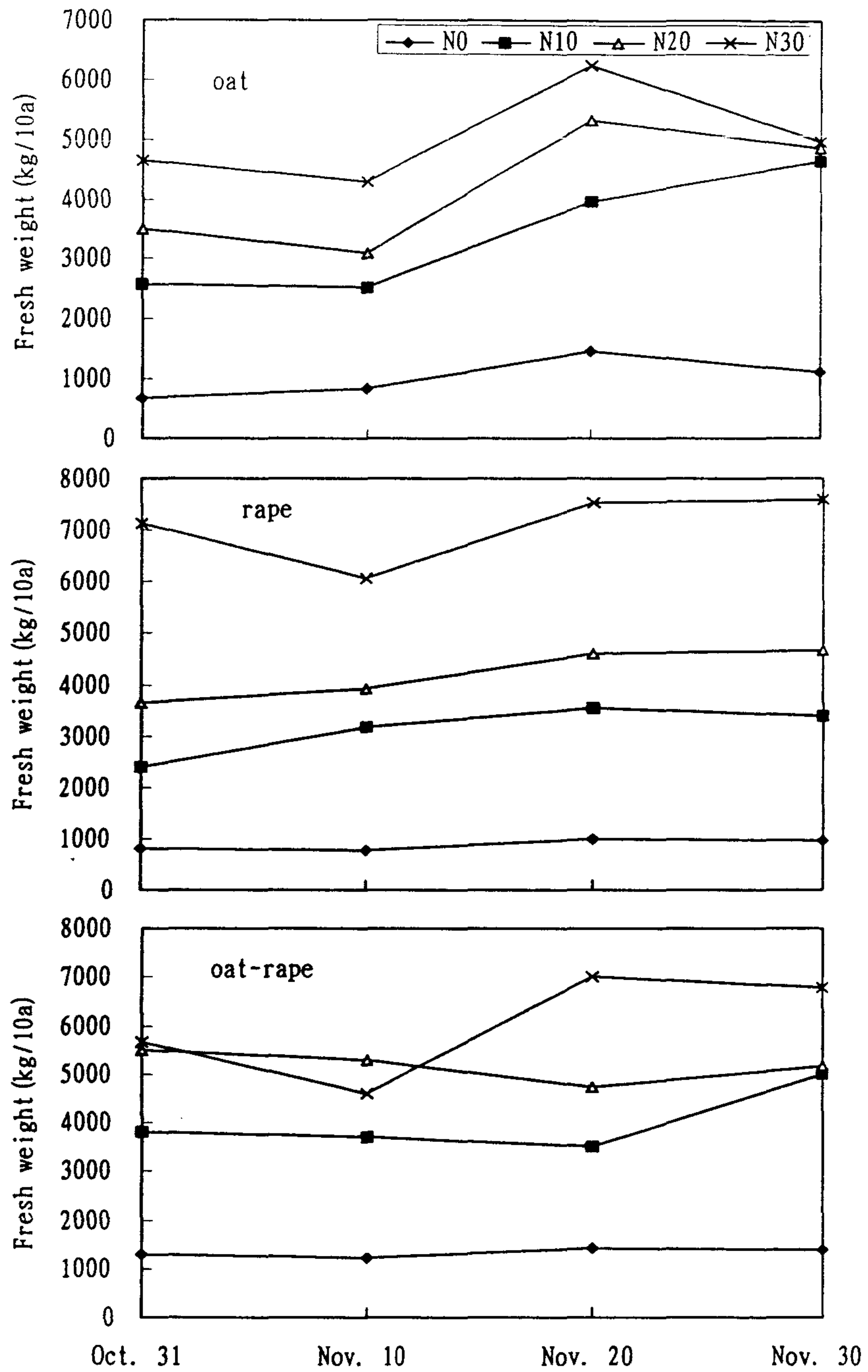


Fig. 10-5. Fresh weight of oat and rape cultivated with either single or mixed cropping under different N levels.

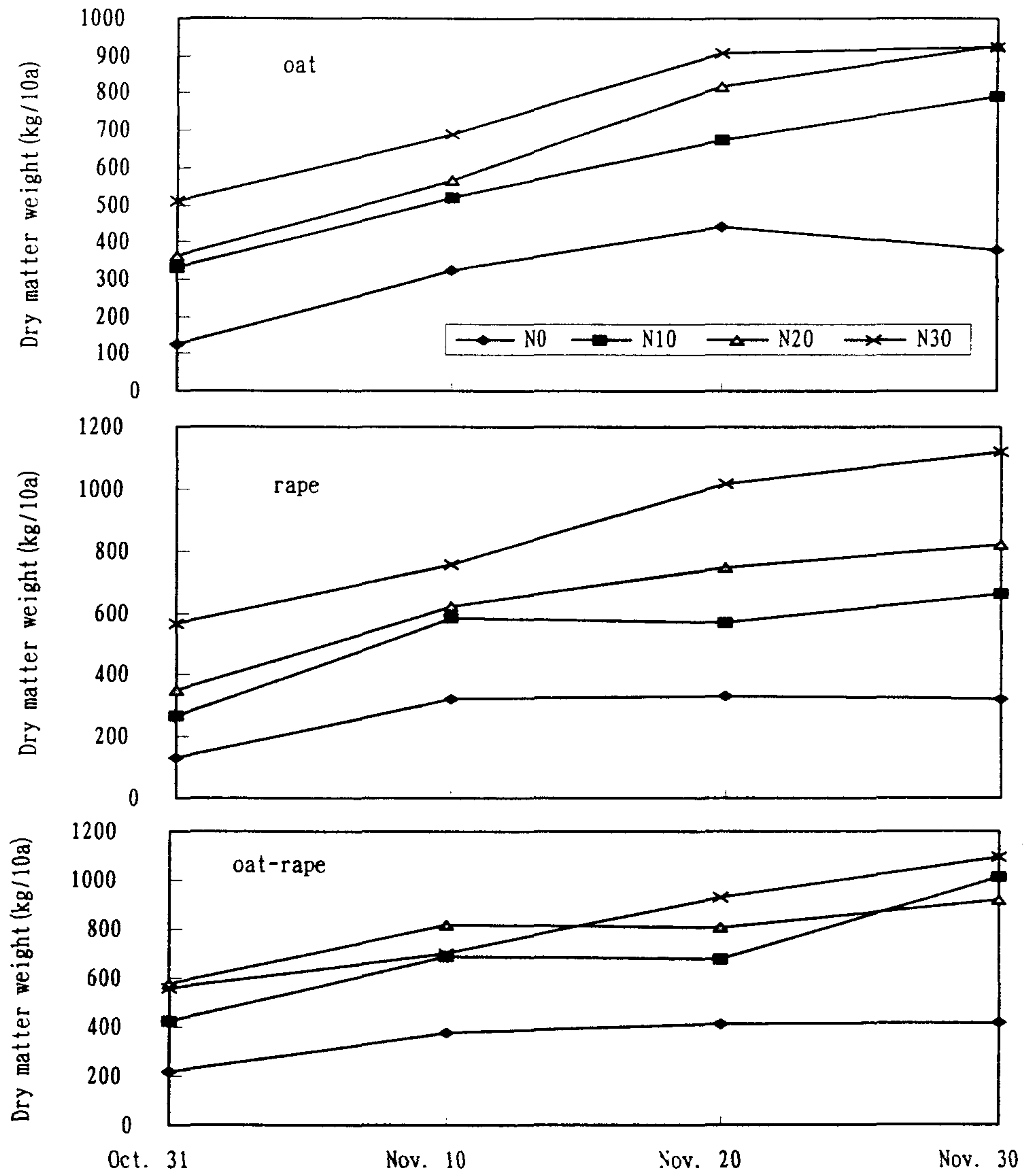


Fig. 10-6. Dry matter weight of oat and rape cultivated with either single or mixed cropping under different N levels.

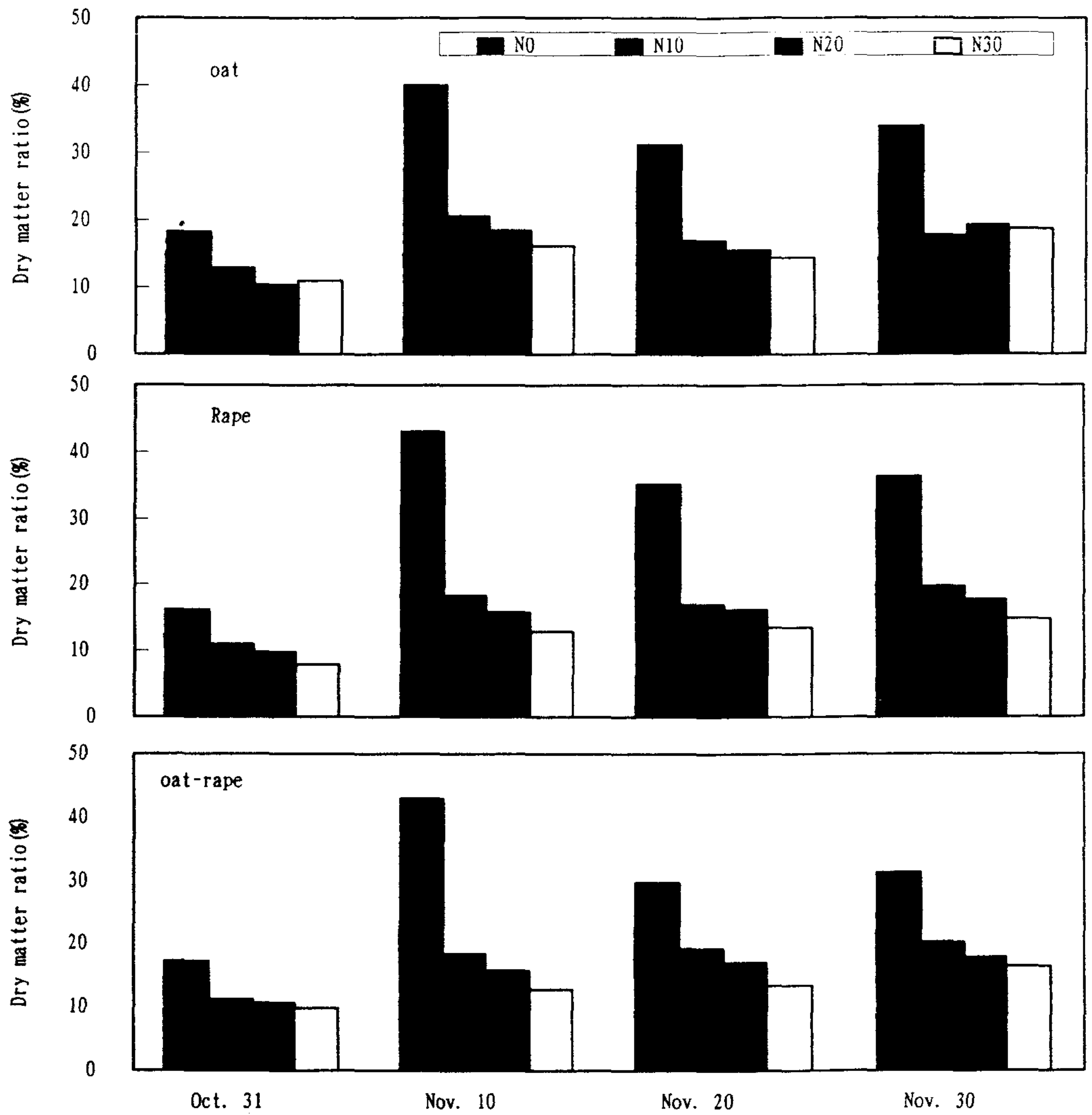


Fig. 10-7. Dry matter ratio of oat and rape cultivated with either single or mixed cropping under different N levels.

<Table 10-2>. Yield of the forage crops cultivated with single(oat, rape) and mixed(oat-rape) cropping at 3 months after seeding as affected by N fertilization

Crop	N rate (kg/10a)	Fresh wt. (kg/10a)	Dry wt. (kg/10a)	Dry matter ratio(%)
Oat	0	1,120	377	33.8
	10	4,631	791	17.7
	20	4,848	927	19.2
	30	4,976	924	18.6
	Mean	3,894	755	22.3
Rape	0	972	321	36.3
	10	3,384	662	19.6
	20	4,672	821	17.8
	30	7,601	1,119	14.9
	Mean	4,157	731	22.1
Oat-Rape	0	1,373	419	31.4
	10	4,991	1,024	20.3
	20	5,168	920	17.8
	30	6,785	1,096	16.5
	Mean	4,579	863	
F value	Crop(C)	1.59 ^{ns}	3.48 ^{ns}	0.28 ^{ns}
	Nitrogen(N)	49.5 ^{**}	44.4 ^{**}	73.8 ^{**}
	C x N	2.38 ^{ns}	2.38 ^{ns}	1.44 ^{ns}

*,** significant at P<0.05, P<0.01, respectively ; ns=P>0.10.

2. 주요 無機成分 含量과 吸收量

<표10-3>은 질소 사용 수준을 달리하여 귀리와 유채를 單作과 混作으로 3개월 재배한 후 수확하여 분석한 주요 무기성분을 보여준다. 작물 생장에 가장 크게 영향을 미치는 질소 함량을 질소사용수준간 平均値로 작물 및 재배방법간에 비교하여 보면 통계적인 유의성은 없었으나 두과작물인 유채가 건물중비 2.35%로 가장 높았으며, 화본과 작물인 귀리가 건물중비 2.05%로 혼작(귀리-유채)시의 1.95%보다 약간 높은 경향이었으며, 통계적으로도 1% 수준에서 고도의 유의성을 보였다. 그러나 작물 및 재배방법과 질소수준간의 相互關係는 유의성을 보이지 않았다.

인산 함량을 질소사용수준간 平均치로 작물 및 재배방법간에 비교하여 보면 화본과작물인 귀리가 건물중비 0.63%로 유채의 0.33%보다 약 2배 높았으며, 혼작시의 0.58%보다 높았다. 통계적으로도 高度의 有意性を 보였다. 질소사용수준간 인산함량은 통계적으로 높은 유의성을 보였으나 이러한 유의성의 차이는 주로 무질소구와 질소처리구간의 차이이지 작물 및 재배방법과 질소수준간의 相互作用은 보이지 않았다.

식물체내 칼리함량은 인산함량보다 약 6~8배 높은 함량을 보였으나 작물 및 재배방법간의 경향은 비슷하였으며, 질소사용수준이 많을수록 칼리의 含量은 增加하는 경향이었고, 통계적으로도 작물과 질소 처리간 모두 고도의 유의한 차이를 나타내었다.

칼슘 함량을 질소사용수준간 平均치로 작물 및 재배방법간에 비교하여 보면, 유채가 귀리보다 2배 이상 높은 칼슘함량을 보였으며, 질소처리수준간에는 질소사용량이 증가할수록 감소하는 경향으로 무질소구에서 가장 높은 칼슘함량을 보였다. 統計的으로도 작물 및 재배방법간에는 1% 수준에서, 질소처리수준간에는 5% 수준에서 유의성이 인정되었으며, 작물재배방법과 질소처리 수준간의 상호작용도 1% 수준에서 유의한 차이가 인정되었다. 동일한 2가 양인온인 마그네슘 함량도 그 함량은 적지만 칼슘함량과 비슷한 경향을 나타내었다.

<표10-4>는 질소사용수준을 달리하여 귀리와 유채를 단작과 혼작으로 3개월동안 재배한후 주요 무기성분을 분석하여 단위면적당 흡수량으로 算出한 성적이다. 단위면적당 질소흡수량을 작물 및 재배방법간에 비교하여 보면 유채가 질소사용수준간 平均치로 10a당 18.7Kg으로 귀리의 16.6Kg과 귀리-유채 혼작구의 17.8Kg보다 높은 질소흡수량을 보였다. 귀리의 경우 질소사용량 10a당 20Kg까지는 질소의 흡수량이 증가하였으나 그 이상의 질소 사용시는 오히려 減少하였다. 그러나 유채와 혼작시의 질소 흡수량은 최대 질소사용수준인 10a당 30Kg까지 질소 사용량이 많을수록 계속 증가하여 질소의 요구량이 작물에 따라 다름을 보여 주었다. 통계적으로는 작물재배

방법간의 질소 흡수량과 作物과 窒素 사용수준간의 질소 흡수량에 대한 상호작용은 유의한 차이가 없었으나 질소 사용량수준간에는 1%수준에서 고도의 유의성이 인정되었다.

단위면적당 인산흡수량을 질소사용수준간 평균치로 作物 및 재배방법간에 비교하여 보면 귀리가 10a당 4.8Kg으로 유채의 단위 면적당 2.6Kg보다 현저히 높았으며, 귀리-유채 혼작구도 5.0Kg으로 높았다. 질소사용수준간 인산흡수량은 높은 유의성이 인정되었는데, 이는 주로 무질소구와 질소사용구간의 차이이지 질소처리수준내에서는 뚜렷한 차이를 볼 수 없었다. 질소 흡수량과 마찬가지로 作物 및 栽培方法과 질소수준간의 상호작용은 보이지 않았다.

칼리흡수량은 인산흡수량보다 약 5~9배까지 높은 흡수량을 보였으나 作物 및 재배방법간의 칼리 흡수량의 경향은 비슷하였으며, 그러나 인산 흡수량과는 달리 칼리 흡수량은 질소사용수준이 많을수록 계속 증가하는 경향이었고, 作物과 질소처리간 모두 1% 수준의 높은 유의성이 인정되었다.

질소사용수준간 평균치로 칼슘 흡수량을 作物 및 재배방법간에 비교하여 보면 유채가 10a당 9.3Kg으로 귀리의 10a당 4.7Kg보다 약 2배 정도 높은 칼슘 흡수량을 보였다. 질소처리수준간의 칼슘흡수량은 귀리-유채 혼작구의 경우 질소사용량이 증가할수록 계속 증가하는 경향이었고, 귀리의 경우에는 질소사용 10a당 20Kg까지는 증가하나 그 이상의 질소사용구에서는 오히려 칼슘 흡수량이 減少하였다. 통계적으로도 作物 및 재배방법간 및 질소사용수준간에 1% 水準에서 고도의 유의성이 인정되었으며, 作物재배방법과 질소처리수준간의 상호작용도 5% 수준에서 유의차가 인정되었다. 同一한 2가 양이온인 마그네슘의 10aekd 흡수량도 그 흡수량은 적지만 칼슘 함량과 비슷한 경향이였다. 그러나 마그네슘 흡수량은 칼슘 흡수량과는 달리 作物과 재배방법간 모두 질소 사용량이 많아질수록 계속 增加하는 것으로 나타났다.

3. 作物의 窒素吸收 效率

<그림 10-11>은 作物의 질소 흡수능력을 평가해 보기 위하여 파종후 60일부터 90일까지 10일간격으로 시료를 채취 분석후 아래 公式에 의거 산출한 作物의 질소흡수효율이다.

$$\text{作物의 질소흡수효율(\%)} = \frac{(\text{질소사용구의 N 흡수량}) - (\text{무질소구의 N 흡수량})}{(\text{N 사용량})} \times 100$$

算出된 作物의 질소흡수효율을 作物별 재배방법별로 비교해 보면, 질소의 건물생산효율과는 달리 유채가 귀리보다 높은 것으로 나타났으며, 질소사용량별로 비교해

볼때는 전반적으로 질소시용량이 적을 때 작물의 질소흡수효율도 높은 것으로 나타났다. 귀리의 경우 한 調査時期를 제외하고는 10a당 10Kg의 질소시용구에서 가장 높은 질소흡수효율을 보였는데, 재배시기별로는 파종후 80일(11월 20일) 이후에 높은 것으로 나타났다. 유채의 경우에는 질소시용량이 적을 때 질소흡수효율은 높은 傾向을 보이며, 전반적으로 약60%에서 95%사이에서 재배시기가 경과함에 따라 증가하는 추세를 보였다. 귀리와 유채의 혼작시는 질소시용량과 재배기간간에 일정한 경향없이 약 45%에서 약 95%사이의 질소흡수효율을 보였다.

Table 10-3. Mineral content of forage crops cultivated with single(oat, rape) and mixed(oat-rape) cropping at 3 months after seeding as affected by N fertilization

Crop	N rate (kg/10a)	Concentration(%)				
		N	P	K	Ca	Mg
Oat	0	1.10	0.56	2.57	0.58	0.11
	10	1.87	0.69	3.81	0.61	0.09
	20	2.63	0.66	4.43	0.66	0.10
	30	2.58	0.60	4.67	0.62	0.11
	Mean	2.05	0.63	3.87	0.62	0.11
Rape	0	1.71	0.26	1.74	1.64	0.19
	10	2.17	0.35	2.78	1.27	0.14
	20	2.35	0.36	3.05	1.26	0.14
	30	3.17	0.36	3.12	1.21	0.13
	Mean.	2.35	0.33	2.67	1.34	0.15
Oat-Rape	0	1.36	0.56	2.50	0.85	0.13
	10	2.06	0.61	3.55	0.84	0.10
	20	1.88	0.65	3.67	0.69	0.10
	30	2.51	0.51	4.21	0.84	0.11
	Mean .	1.95	0.58	3.48	0.81	0.11
F value	Crop(C)	1.88 ^{ns}	68.0 ^{**}	23.0 ^{**}	131.8 ^{**}	46.9 ^{**}
	Nitrogen(N)	10.4 ^{**}	4.23 ^{**}	26.5 ^{**}	3.20 [*]	14.2 ^{**}
	C x N	0.78 ^{ns}	1.02 ^{ns}	0.61 ^{ns}	3.73 ^{**}	3.62 [*]

*,** significant at P<0.05, P<0.01, respectively ; ns=P>0.10

Table 10-4. Nutrition accumulation per 10a of forage crops cultivated with single(oat, rape) and mixed(oat-rape) cropping at 3 months after seeding as affected by N fertilization.

Crop	N rate (kg/10a)	Nutrition uptake(kg/10a)				
		N	P	K	Ca	Mg
Oat	0	4.1	2.1	9.7	2.2	0.42
	10	14.7	5.5	30.5	4.8	0.74
	20	23.9	6.0	41.1	6.2	0.96
	30	23.8	5.6	43.1	5.7	1.03
	Mean	16.6	4.8	31.1	4.7	0.79
Rape	0	5.4	0.8	5.7	5.2	0.60
	10	14.3	2.3	18.3	8.4	0.91
	20	19.2	3.0	25.6	10.3	1.12
	30	35.9	4.1	35.2	13.5	1.42
	Mean.	18.7	2.6	21.2	9.3	1.01
Oat-Rape	0	5.7	2.4	10.5	3.5	0.52
	10	20.8	6.1	34.9	8.3	0.96
	20	16.7	5.9	33.9	6.2	0.87
	30	28.0	5.6	46.7	9.2	1.18
	Mean .	17.8	5.0	31.5	6.8	0.88
F value	Crop(C)	0.40 ^{ns}	40.8 ^{**}	7.60 ^{**}	43.9 ^{**}	5.27 [*]
	Nitrogen(N)	27.7 ^{**}	41.3 ^{**}	33.3 ^{**}	36.4 ^{**}	26.2 ^{**}
	C x N	1.88 ^{ns}	2.19 ^{ns}	0.73 ^{ns}	3.92 [*]	0.87 ^{ns}

*,** significant at $P < 0.05$, $P < 0.01$, respectively ; ns= $P > 0.10$

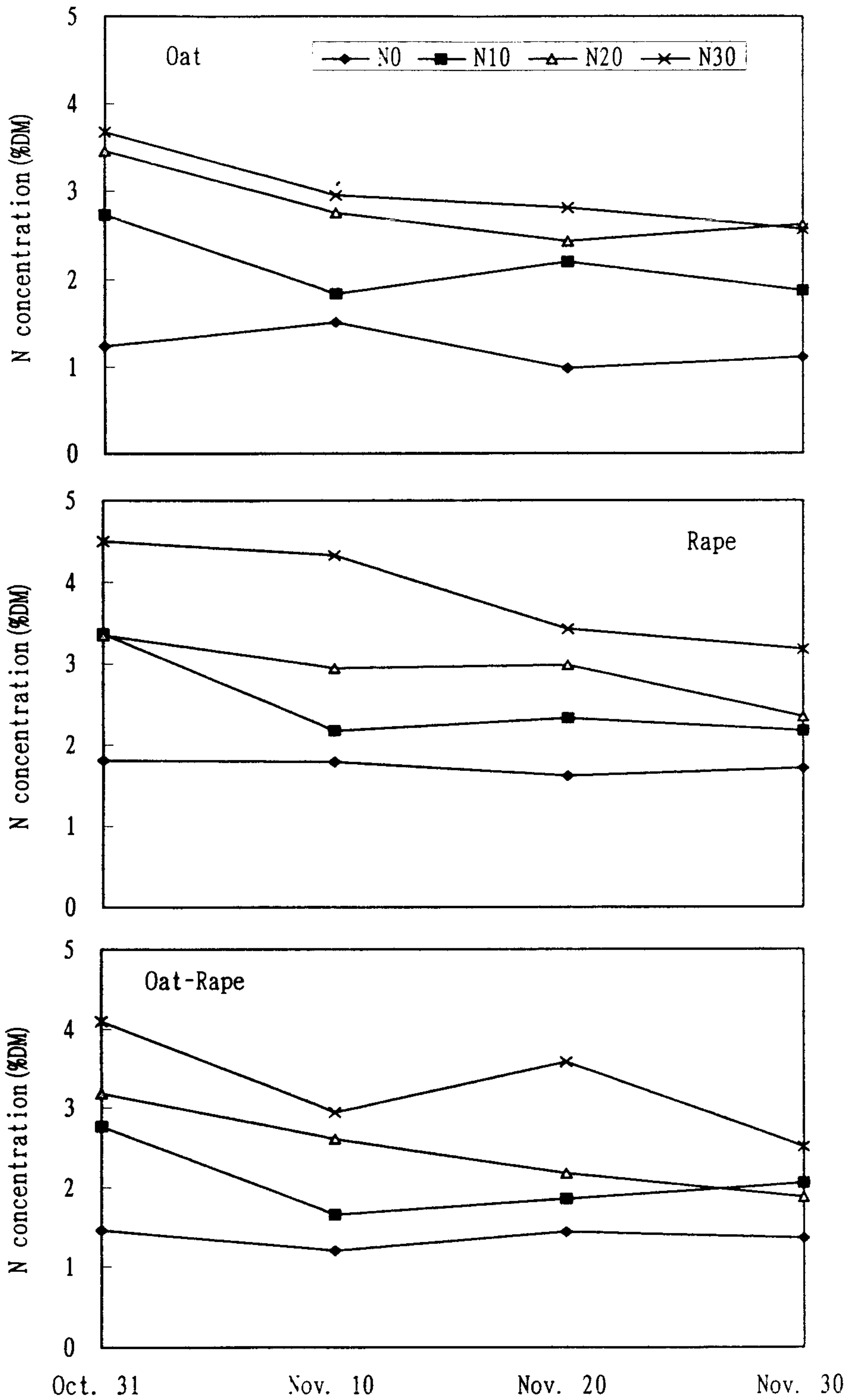


Fig. 10-8. Nitrogen concentration of oat and rape cultivated with either single or mixed cropping under different N levels.

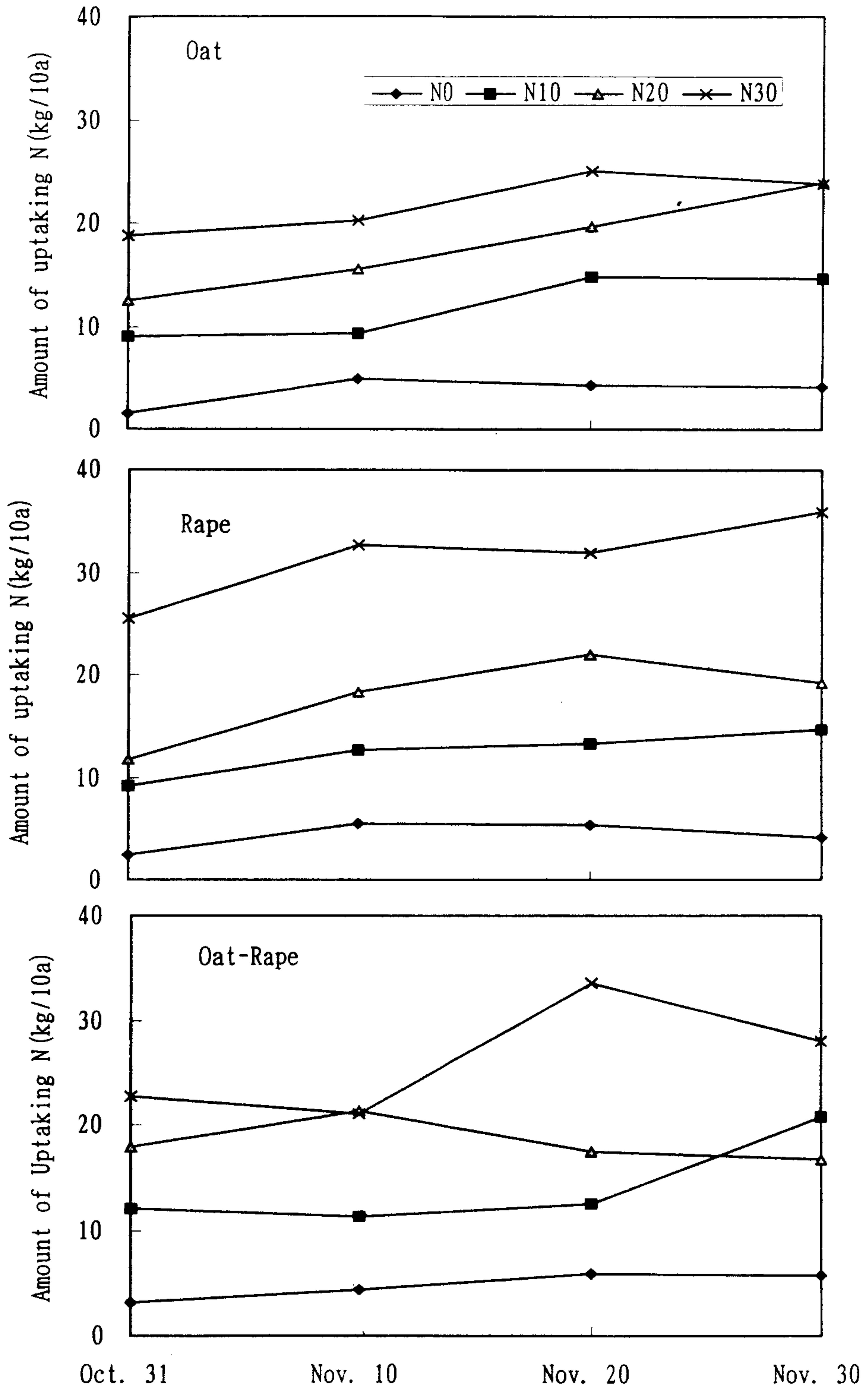


Fig. 10-9. Amount of nitrogen of oat and rape cultivated with either single or mixed cropping under different N levels.

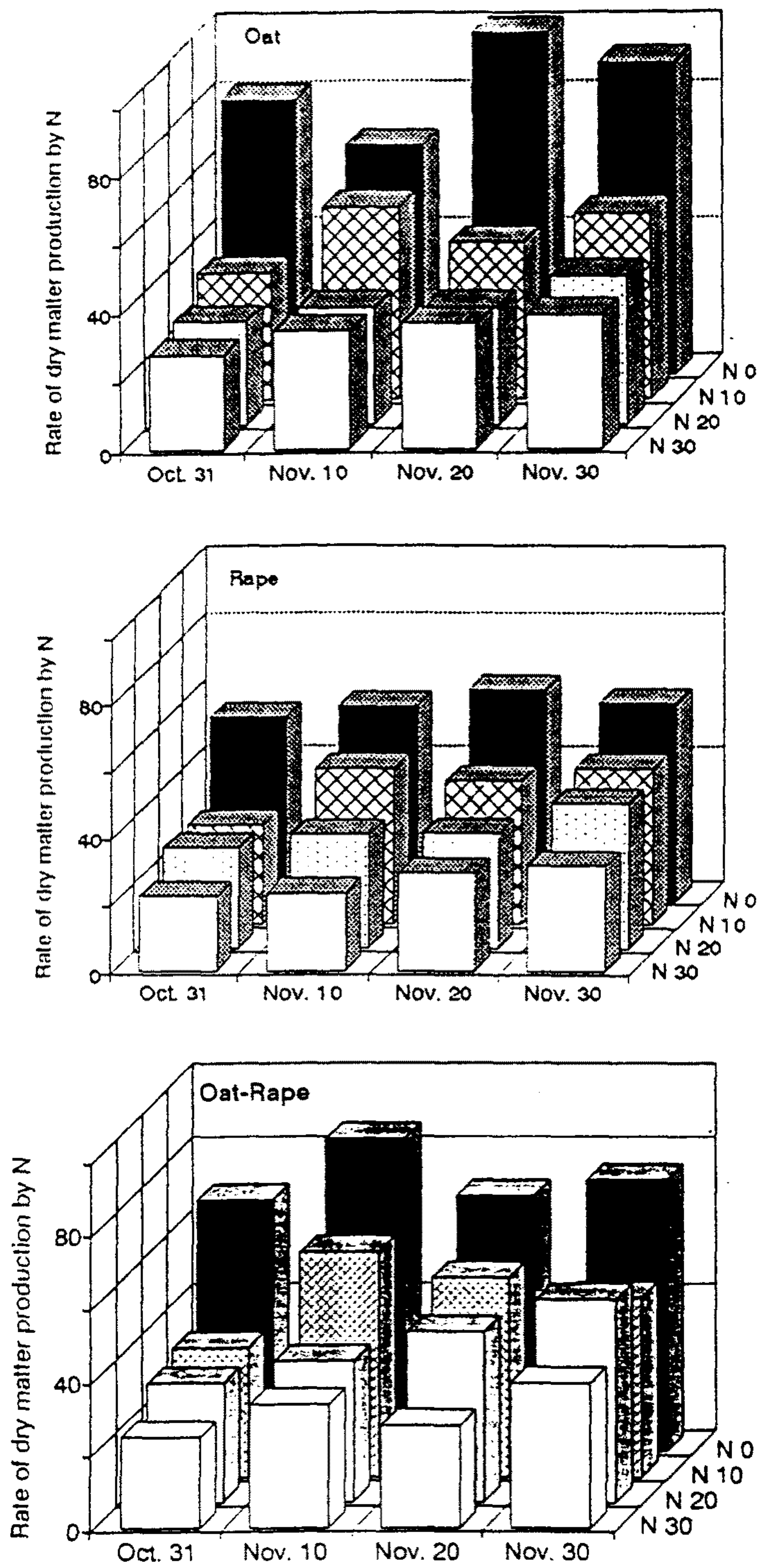


Fig. 10-10. Rate of dry matter production by N of oat and rape cultivated with either single or mixed cropping under different N levels.

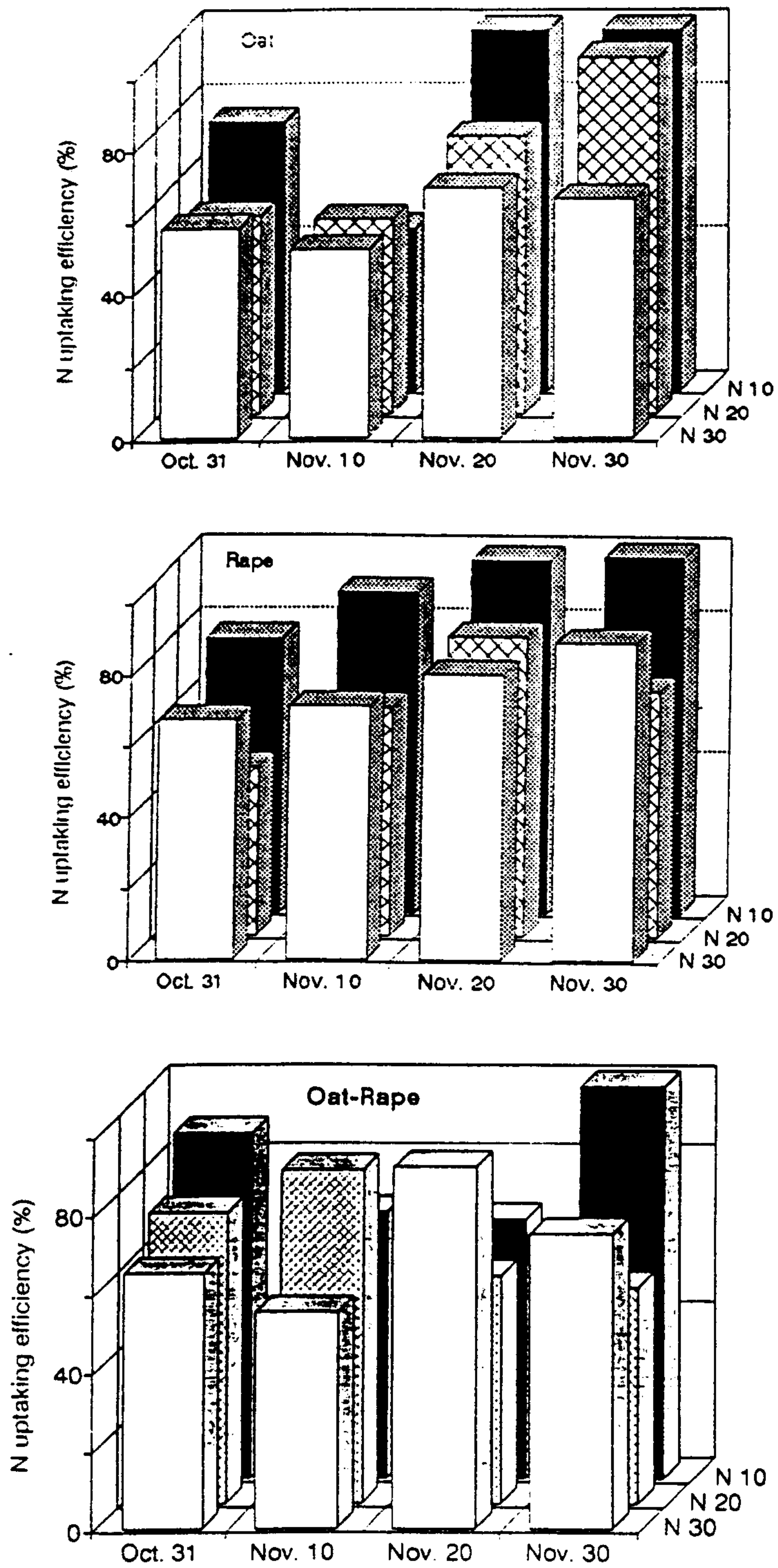


Fig. 10-11. Nitrogen uptaking efficiency of oat and rape cultivated with either single or mixed cropping under different N levels.

第 4 節 結 論

飼料作物 作付體系에서 건물 생산성과 질소 이용 효율을 조사하기 위하여 전작으로 옥수수를 재배하고 후작으로 몇가지 牧草를 播種하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

제 1 항. 사료작물의 Biomass 생산성 검정

1. 옥수수의 10a당 生體 數量은 7,669kg, 건물수량은 1,984kg이었으며, 건물중에서 종실이 차지하는 비중은 46%, 경엽비율은 54%이었다.
2. 중부지방의 추파 集約 牧草로 적당한 것은 귀리, 유채, 이탈리아안라이그래스이었으며, 그 건물 生産量은 각각 480kg, 436kg, 405kg이었다.

제 2 항. 사료작물의 질소 이용율과 질소 경제성 비교

1. 귀리와 유채의 초장은 중부지방에서 11월 20일에 가장 크게 자라는 것으로 나타났고, 질소시비량이 증가함에 따라 直線的인 增加를 하였다.
2. 목초의 乾物 生産량은 질소 시비량이 많을수록 많았으며, 수확기별로는 11월 30일 刈取區가 가장 많았다.
3. 목초의 체내 窒素 濃度는 수확시기가 늦을수록, 질소의 시비량이 많을수록 높았고, 초종별로는 유채가 귀리보다 높은 것으로 나타났다.
4. 목초의 주요 無機成分含量을 보면 귀리는 인산과 칼리의 흡수량이 많았고, 유채는 칼슘과 마그네슘의 吸收量이 많았다.
5. 單位 窒素에 의한 목초의 건물생산량을 비교하여 본 결과 질소 시비량이 많아질수록 질소의 건물 생산량은 낮아졌는데, 귀리가 유채에 비하여 질소의 乾物 生産성이 높은 것으로 나타났다.

引用文獻

1. Anderson, E. L., E. J. Kamprath, R. H. Moll. 1985. Prolificacy and N fertilizer effects on yield and N utilization in maize. *Crop Sci.* 25:598~602.
2. Austin, R. B., M. A. Ford, J. A. Edrich, and R. D. Blackwell. 1977. The nitrogen economy of winter wheat. *J. Agric. Sci.* 88:159~167.
3. Beech, D. F. and M. J. T. Norman. 1968. A preliminary assessment of the adaptation of semi-dwarf wheat varieties to the Ord River Valley. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 8:349~357.
4. Canvin, D. T. 1976. Interrelationships between carbohydrate and nitrogen metabolism. p. 172~195. In *Genetic improvement of seed proteins*. National Academy of Science, Washington, DC.
5. Cox, T. S. and K. J. Frey. 1978. Nitrogen harvest index in oats. *Agron. Abstr.* American Society of Agronomy, Madison, WI. p.50.
6. Desai, R. M. and C R. Bhatia. 1978. Nitrogen uptake and nitrogen harvest index in durum wheat cultivars varying in their grain protein concentration. *Euphytica* 27:561~566.
7. Fawcett, J. A. 1980. Nitrogen harvest index variation within two *Avena* species. M.S. thesis. Iowa State Univ., Ames (OCLC6827928).
8. Fawcett, J. A., and K. J. Frey. 1982. Nitrogen harvest index variation in *Avena sativa* and *A. sterilis*. *Proc. Iowa Acad. Sci.* 89:155~159.
9. Fawcett, J. A., and K. J. Frey. 1983. Association among nitrogen harvest index and other traits within two *Avena* species. *Proc. Iowa Acad. Sci.* 90(4):150~153.
10. Halloran, G. M. 1981. Cultivar differences in nitrogen translocation in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 32:535~544.
11. 권순기, 김충수, 이인덕, 조동삼. 1987. 최신사료작물. 선진문화사.
12. 김동암. 1984. 사료작물, 그 특성과 재배방법. 선진문화사.
13. 이호진. 1992. 사료작물학. 향문사.
14. Loeffler, C. M. and R. H. Busch. 1982. Selection for grain proteins, grain yield, and nitrogen partitioning efficiency in hard red spring wheat. *Crop Sci.* 22:591~595.
15. Maurice E. Heath, Darrel S. Metcalfe & Robert F. Barnes. *Forages* 3rd ed.

The Iowa State University Press/Ames, Iowa, U.S.A.

16. McNeal, F. H., M. A. Berg and C. A. Watson. 1966. Nitrogen and dry matter in five spring wheat varieties at successive stages of development. *Agron. J.* 58:605~608.
17. Moll, R. H., E. J. Kamprath and W. A. Jackson. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agron. J.* 74:562~564.
18. Murata, Y., and S. Matsushima. 1975. Rice. p.73~99. In L. T. Evans (ed.) *Crop physiology*. Cambridge University Press, London.
19. Muruli, B. I. and G. M. Paulsen. 1981. Improvement of nitrogen use efficiency and its relationship to other traits in maize. *Maydica* 26:63~73.
20. Park, H. 1974. Relationship among grain yield, nitrogen efficiency and nitrogen uptake amount in rice plant. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 7:147~154.
21. Park, H. 1975. Concepts concerning various nitrogen efficiencies and their interrelation in rice plant. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 8:69~80.
22. Park, H. and S. K. Mok. 1975. Nitrogen efficiency and its relation to various physiological characteristics among rice varieties. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 8(2):105~111.
23. Rattunde, H. F. and K. J. Frey. 1986. Nitrogen harvest index in oats: its repeatability and association with adatan. *Crop Sci.* 26:606~610.
24. Smith, D. 1975. *Forage management in th north* 4th ed. Kendal/Hunt publishing Co. U.S.A.
25. Smith, N. 1934. Response of inbred lines and crosses in maize to variations on nitrogen and phosphorus supplied as nutrients. *J. Am. Soc. Agron.* 26:785~804.
26. Spratt, E. D. and J. K. R. Gasser. 1970. Effects of fertilizer-nitrogen and water supply on distribution of dry matter and nitrogen between the different parts of wheat. *Can. J. Plant Sci.* 50:613~625.
27. Stringfield, G. H. and R. M. Salter. 1934. Differential response of corn varieties to fertility levels and to seasons. *J. Agric. Res.* 49:991~1000.
28. Welch, R. W. and Y. Y. Yong. 1980. The effects of variety and nitrogen fertilizer on protein production in oats. *J. Sci. Food Agric.* 31:541~548.

29. Wiggans, S. C. and K. J. Frey. 1956. Nitrogen uptake in oats. Proc. Iowa Acad. Sci. 63:266~273.
30. Zweifel, T. R., J. W. Maranville, W. M. Ross and R. B. Clark. 1987. Nitrogen fertility and irrigation on grain sorghum nitrogen efficiency. Crop Sci. 28:419~422.

여 백

第 11 章 무농약 잡초방제 기술개발

연구책임자 : 김 태 한

연 구 원 : 이 정 택

연 구 원 : 이 대 섭

여 백

第 1 節 緒 說

최근 환경문제에 대한 사회적 관심이 높고, 농업은 종래처럼 피해자의 입장이 아니라 가해자의 입장에 있다고 지적되기도 있다. 그 때문에 새로운 오염방지 기술의 개발과 지속농업형 생산 시스템의 구축 등에 큰 기대를 걸고있다. 이와 같은 상황에 적용 가능한 생산 기술의 하나로 무경운 재배(坂井直樹 등, 1994)의 연구도 수행되기도 있다. 또한 방제 작업에 의한 환경오염과 약해 등이 큰 문제로 되고 있으나 이는 관행 방제법의 약제 부착 효율이 낮기 때문에 큰 요인이 되고 있다. 노지야채, 시설야채 재배의 토양 병해충 방제에도 화학적 방제가 주로 이루어지고 있고 이로 인해 도시 근교 야채 재배 지역에서는 공해 문제가 대두되어 작업자 및 포장 주변 가축의 중독 사고를 초래할 수 있다. 또한 농산물의 농약잔류성 문제에 대한 소비자의 관심이 집중되어 유기재배, 감농약재배에 의한 농산물이 고상품화 되고 있다.

또한 최근에는 저장 곡물에 대한 살충용 약물의 잔류성이 지적되어 쌀의 유통 단계에서 약물에 의한 방제는 금지되기에 이르렀다.

현재 잡초방제의 경우도 거의 대부분이 제초제에 의존하고 있고, 특히 골프장을 중심으로 농약 사용 제한을 위한 조례 제정도 대두되고 있다. 이와 같은 배경에서 불 때 농약을 사용하지 않거나 미량소량만 살포하는 병충해 방제법 및 잡초 방제법의 기술 개발이 시급히 요구되고 있다.

농약을 미량소량만 살포하는 병충해 방제법의 개발을 위한 전기적 약제 살포 방법에 관한 연구로서 松尾昌樹 등(1990)은 연무의 확산 및 비속화, 균일부착, 잎뒷면의 부착율 향상을 목적으로 자주식 정전상온연무기의 개발 및 외부환상전극을 이용한 유도대전식 2유체 노즐의 정전살포특성(松尾昌樹, 1987), Electrodyne의 정전살포특성(松尾昌樹 등, 1986a; 松尾昌樹 등1986b)에 관한 연구를 수행하였으며, 津賀辛之介 등(1988a, 1988b, 1988c)은 시설원예의 방제작업 시 작업자가 농약의 피해를 줄이기 위하여 미량소량살포법, 상온연무법에 대해서 정전살포법을 이용하여 실험한 결과 약제 부착율 및 방제효과가 향상되었다고 보고 하였다.

또한 약물을 이용하지 않는 곡물의 해충 방제법을 개발하기 위해 加藤安郎 등(1987)은 전기적 방제법으로서 고주파 유전 가열에 의한 곡물 해충의 방제법에 관한 연구를 수행하였다.

농약을 사용하지 않는 잡초 방제법 개발을 위한 하나의 방법으로 전기적인 잡초 방제법이 주목되기도 있다. 전기적 잡초 방제법은 미국, 영국등(Kaufman 과 Schaffner, 1982; Wilson 과 Anderson, 1981; Diprose 와 Benson, 1984) 선진국에서 연구되고 있다. 그러나 제초제를 사용하지 않는 잡초 방제법에 관한 국내에서의 연구는 거의 찾아볼 수 없는 실정이다.

第 2 節 材 料 및 方 法

1. 실험장치

펄스방전에 의한 전기적 잡초방제기술 개발을 위하여 <그림11-1>에서와 같은 회로로 구성되는 소용량의 고전압 펄스방전장치를 제작 하였다.

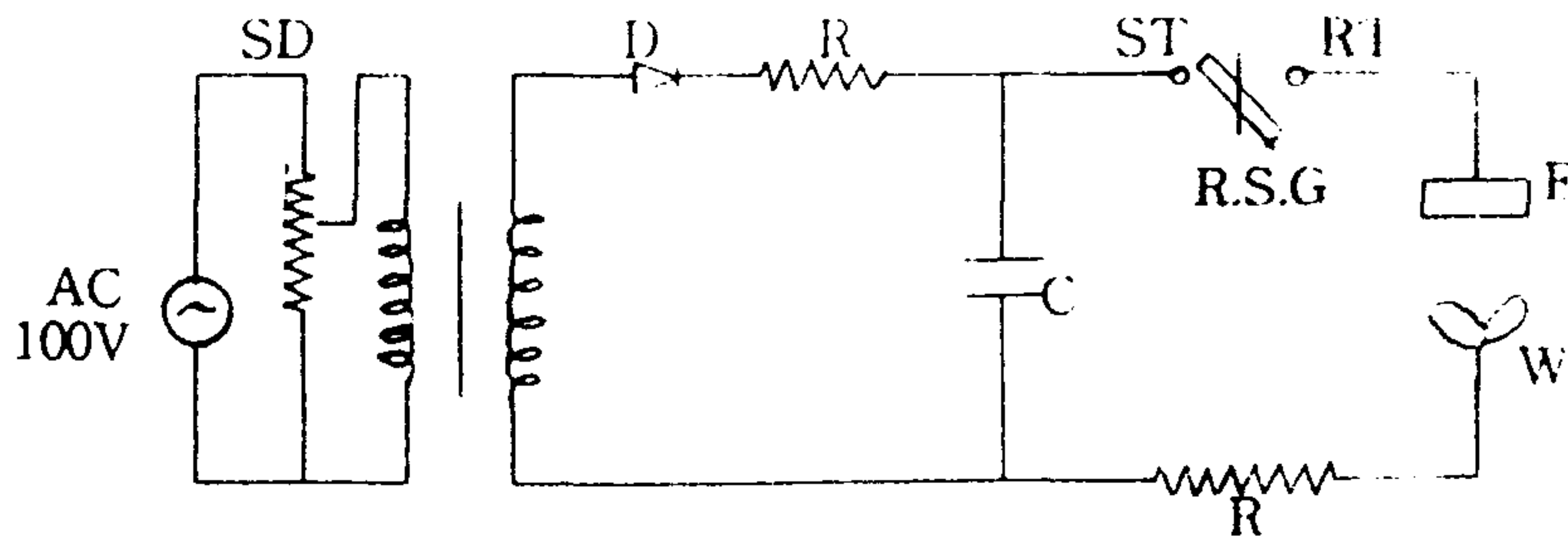


Fig. 11-1. Electric circuit of experimental apparatus

SD : Slidac, D : Diode, R : Resistor, C : Condenser

R.S.G. : Rotary spark gap, ST : Stationary terminal

RT : Rotor, E : Discharge electrode, W : Weed

<그림11-1>에서와 같이 승압 트랜스의 교류 전압을 다이오드로 정류해서 콘덴서에 충전하고 스파크 발생장치에서 방전전극과 접촉해서 회전단자가 고정단자로부터 떨어지는 사이에 콘덴서에 충전하고 접근하면 방전한다. 이것에 의해 방전전극과 잡초사이에 펄스방전이 발생한다. 실험시에는 접지 단자를 잡초 포트의 저부에 삽입해서 포트내의 흙을 대지 전위로 하였다. 또한 펄스방전발생을 위한 사용 전압 범위를 20-40 kV까지 조정될수 있도록 하였다.

2. 실험 방법

방제효과 실험은 펄스방전장치의 전압 변화 및 방전화염과 잡초간의 거리 변화 등의 인자에 의한 잡초방제효과를 조사하였다. 또한 방제효과는 대상잡초에 방전을 시킨후 날자별로 식물의 쇠약 정도를 정상, 약간 마름, 일부 고사, 대부분이 고사, 완전 고사 등 몇 단계의 평점을 설정하여 평가하였다.

방제대상 잡초는 우리나라의 전작물에 많이 생육하는 바랭이 (*Digitaria Sanguinalis*)를 공시 잡초로 하였으며 농장에서 채취하여 포트에 이식하고, 수일후 초세가 회복된 후에 실험에 사용하였다.

第 3 節 結果 및 考察

1. 잡초방제 효과 분석

과수원에서 많이 생육하는 바랭이를 포트에 이식하여 수일후 생육이 회복된 상태에서 펄스방전장치를 이용하여 잡초에 방전시켜서 방제효과를 분석 하였다. <그림 11-2>는 실험결과를 나타낸것이다. 펄스방전장치의 전압을 20kV로 일정하게하고 방전전극과 잡초간의 거리를 10cm로하여 1회 20초간 2회 방전처리를 한후 일수 경과에 따른 잡초의 쇠약정도를 0:정상, 1:약간 마름, 2:중간전도의 마름, 3:일부고사, 4:대부분고사, 5:완전고사로 평점을 설정하고 육안으로 판별하였다.

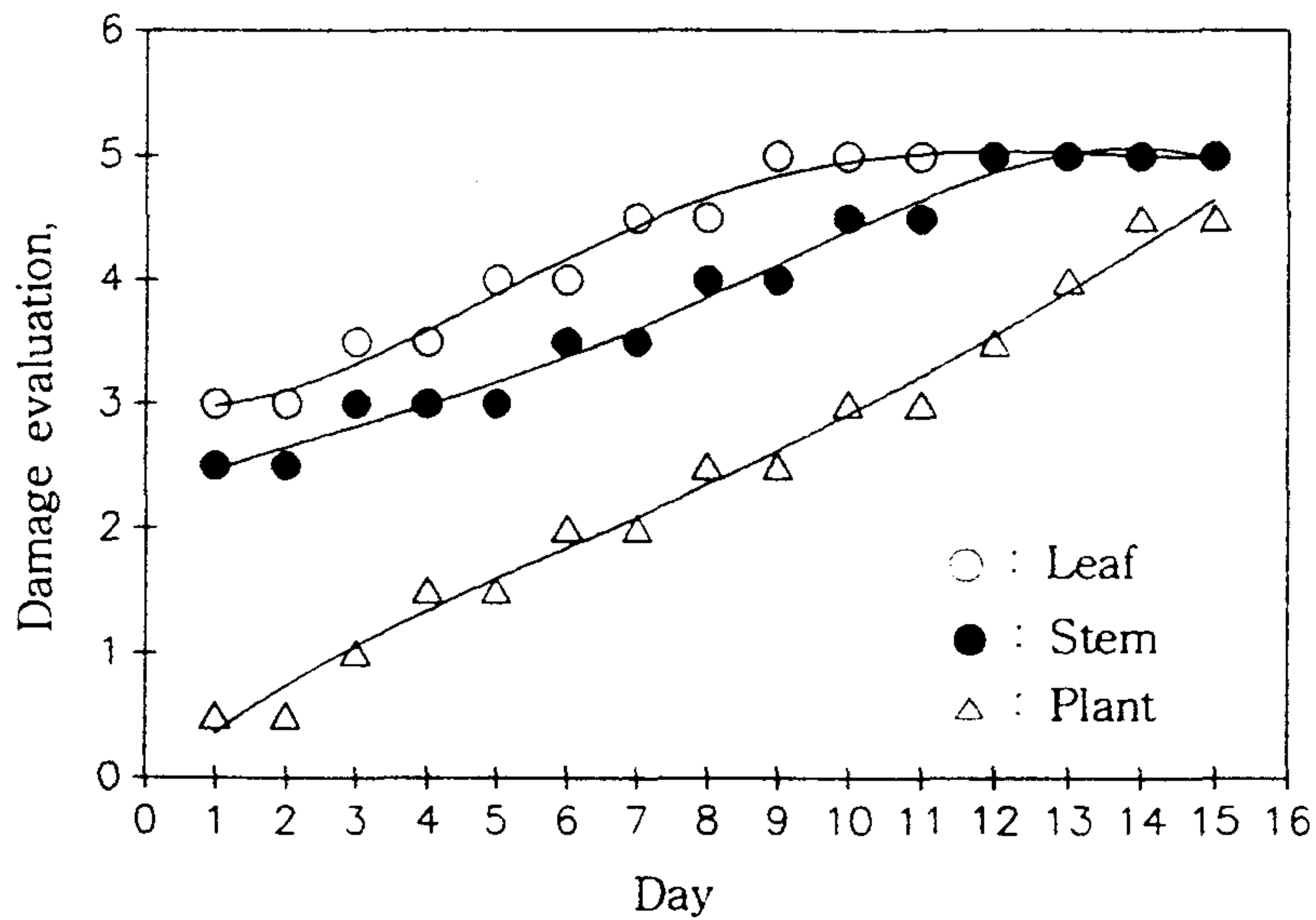


Fig. 11-2. Damage evaluation of Galinsoga ciliate after discharge treatment (at 20kV)

그림에서와 같이 방전을 받은 잡초의 잎은 방전후 8일 정도되어서 완전 고사 되었으며 줄기는 12일후 고사하였으나 식물체 지상부 전체는 15일이 경과하여도 완전 고사되지 않았다.

<그림11-3> 은 펄스방전장치의 전압을 30kV로 일정하게하고 방전전극과 잡초간의 거리를 10cm로하여 1회 20초간 2회 방전처리를 한후 일수 경과에 따른 잡초의 쇠약정도를 나타낸것이다

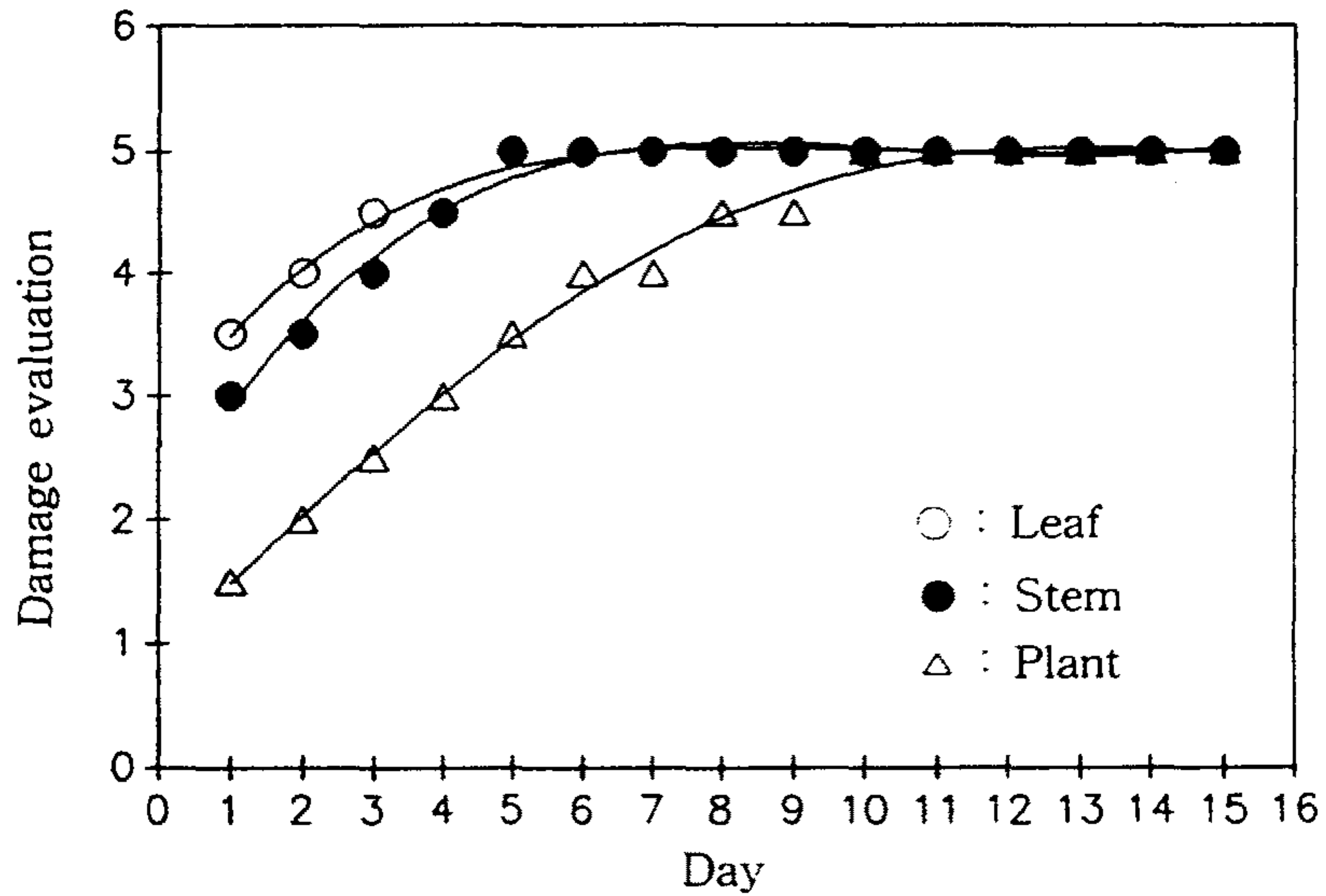


Fig. 11-3 Damage evaluation of Galinsoga ciliate after discharge treatment (at 30kV)

<그림11-3>에서와 같이 방전을 받은 잡초의 잎은 방전후 5일 정도되어서 완전 고사 되었으며 줄기는 6일후, 식물체 지상부 전체는 11일 경과후에 대부분 고사하였다.

또한 <그림11-4>는 펄스방전장치의 전압을 40kV로 일정하게하고 방전전극과 잡초간의 거리를 10cm로하여 1회 20초간 2회 방전처리를 한후 일수 경과에 따른 잡초의 쇠약정도를 나타낸것이다

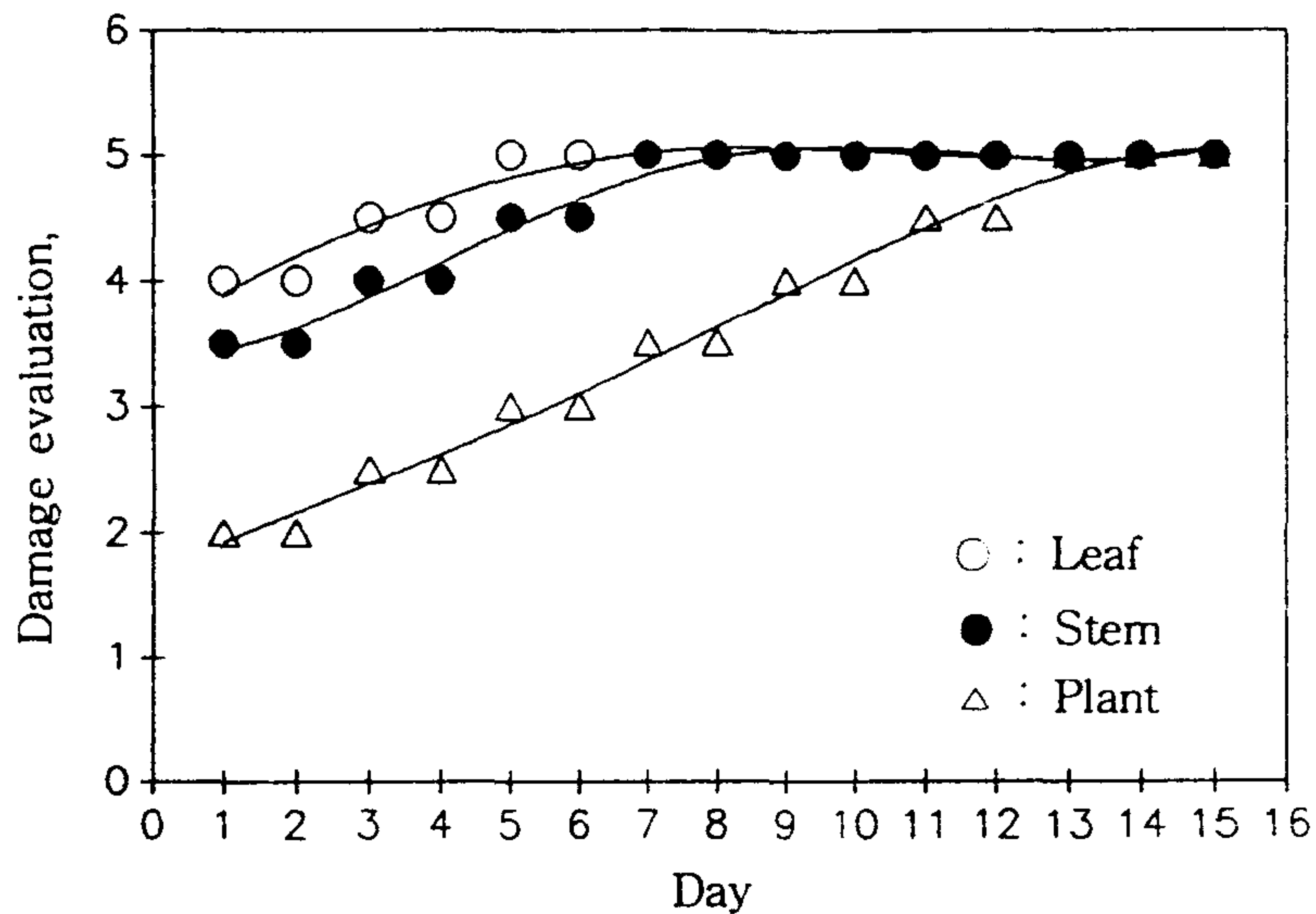


Fig. 11-4. Damage evaluation of Galinsoga ciliate after discharge treatment (at 40kV)

<그림11-4>에서와 같이 방전을 받은 잡초의 잎은 방전후 5일 정도되어서 완전 고사 되었으며 줄기는 8일후 고사하였고 식물체 지상부 전체는 13일이 경과하여 완전 고사되었다. 따라서 잡초 방제는 제초제를 이용하지 않고 전기적인 방법에 의해 방제 할 수 있다고 생각된다.

<그림11-5>는 공시 잡초의 잎을 대상으로 펄스방전장치의 전압을 30kV로 일정 하게하고 방전전극과 잡초간의 거리를 10cm, 20cm, 30cm, 40cm로하여 1회 20초간 2 회 방전처리를 한후 일수 경과에 따른 잡초의 쇠약정도를 나타낸것이다

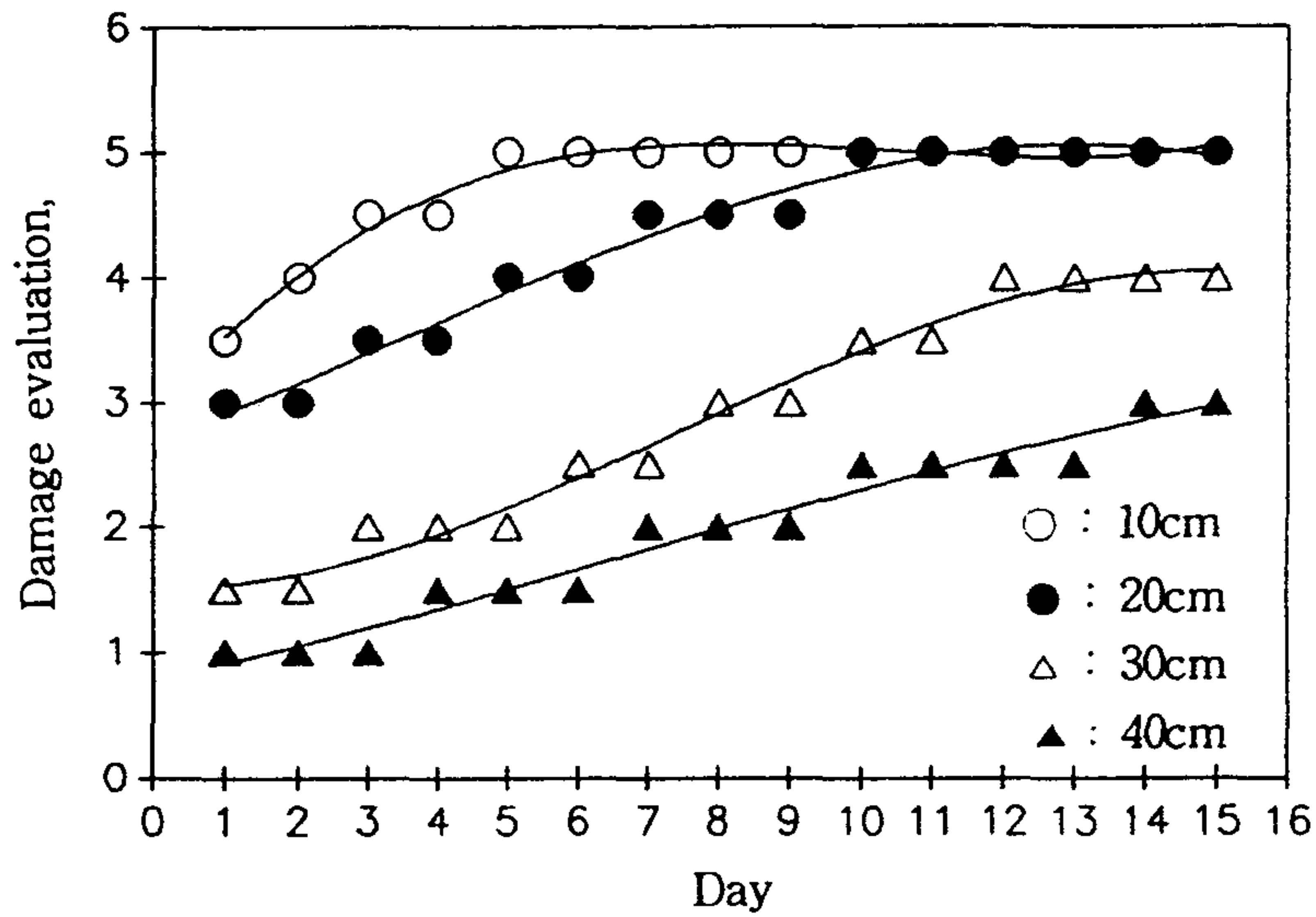


Fig. 11-5. Damage evaluation of Galinsoga ciliate after discharge treatment (comparison with several discharge distance at 30kV)

<그림 11-5>에서와 같이 방전전극과 잡초간의 거리를 10cm로 하여 방전처리를 한 잡초의 잎은 방전후 5일 정도되어서 완전 고사되었으며, 방전전극과 잡초간의 거리를 20cm로한 경우에는 방전후 10일 정도 경과한후에 고사하였으나 30cm이상의 경우는 방전처리후 15일이 경과하여도 고사되지 않았다. 따라서 방전전극과 잡초간의 거리를 가능한한 가깝게 하는것이 방제효과가 큼을 알 수 있다.

第 4 節 結論

농산물의 생산, 유통 및 저장 단계에서 병충해와 잡초 방제를 위해 여러 종류의 농약을 사용하여왔으나 최근 환경문제 및 위생문제에 대한 의식이 높아져 농약을 미량소량만 살포하거나 전혀 사용하지 않는 병충해 및 잡초방제법의 개발이 절실히 요구되므로 본 연구는 농약을 전혀 사용하지 않는 전기적 잡초 방제장치의 개발을 목표로 소용량의 고전압 펄스를 이용하여 피를 공시잡초로 방제 효과를 시험한 결과는 다음과 같다.

1. 펄스방전장치의 전압을 20kV로 일정하게하고 방전전극과 잡초간의 거리를 10cm로 하여 1회 20초간 2회 방전처리를 한 결과, 잡초의 잎은 방전후 8일 정도되어서 완전 고사되었으며 줄기는 12일후 고사하였으나 식물체 지상부 전체는 15일이 경과하여도 완전 고사되지 않았다.

2. 펄스방전장치의 전압을 30kV로 일정하게하고 방전전극과 잡초간의 거리를 10cm로 하여 1회 20초간 2회 방전처리를 한 결과, 잡초의 잎은 방전후 5일 정도되어서 완전 고사되었으며 줄기는 6일후, 식물체 지상부 전체는 11일 경과후에 대부분 고사하였다.

3. 펄스방전장치의 전압을 40kV로 일정하게하고 방전전극과 잡초간의 거리를 10cm로 하여 1회 20초간 2회 방전처리를 한 결과, 잡초의 잎은 방전후 5일 정도되어서 완전 고사되었으며 줄기는 8일후 고사하였고 식물체 지상부 전체는 13일이 경과하여 완전 고사되었다.

4. 공시잡초의 잎을 대상으로 펄스방전장치의 전압을 30kV로 일정하게하고 방전전극과 잡초간의 거리를 10cm, 20cm, 30cm, 40cm로하여 1회 20초간 2회 방전처리를 한결과 방전전극과 잡초간의 거리를 10cm로 한경우는방전후 5일 정도되어서 완전 고사 되었으며, 방전전극과 잡초간의 거리를 20cm로한 경우에는 방전후 10일 정도 경과한 후에 고사 하였으나, 30cm이상의 경우는 방전처리후 15일이 경과하여도 고사되지 않았다.

參考文獻

1. 坂井直樹, 米川智司, 木谷收 : 不耕起栽培二酸化炭素發生量の低減効果, 日本 농업 기계학회지, 56(1), 71-78, 1994
2. 松尾昌樹, 盛出, 内野敏剛 : 靜電式常溫煙霧機の走行撒布特性と有孔圓錐電極の開発 日本 농업 기계학회지, 52(6), 61-66, 1990
3. 松尾昌樹, 内野敏剛, 飯本光雄 : 外部環狀電極を用いた誘導帶電式2流體ノズルの靜電撒布特性, 日本 농업 기계학회지, 49(5), 459-466, 1987
4. 松尾昌樹, 内野敏剛, 飯本光雄 : エレクトロダインの靜電撒布特性について(1), 日本 농업 기계학회지, 48(1), 25-31, 1986a
5. 松尾昌樹, 内野敏剛, 飯本光雄 : エレクトロダインの靜電撒布特性について(1), 日本 농업 기계학회지, 48(3,4), 295-301, 1986b
6. 津賀辛之介, 市來秀之, 梶山道雄 : 施設園藝における靜電撒布法の研究(1), 日本 농업 기계학회지, 50(1), 61-68, 1988a
7. 津賀辛之介, 市來秀之, 梶山道雄 : 施設園藝における靜電撒布法の研究(1), 日本 농업 기계학회지, 50(2), 27-35, 1988b
8. 津賀辛之介, 市來秀之, 梶山道雄 : 施設園藝における靜電撒布法の研究(1), 日本 농업 기계학회지, 50(3), 77-84, 1988c
9. 加藤安郎, 山下律池 : 高周波誘電加熱による穀物害虫の防除, 日本 농업 기계학회지, 49(5), 443-450, 1987
10. Kaufman, K.R., L.W. Schaffner : Energy and economics of electrical weed control., Trans. of the ASAE, 25(2), 297-300, 1982
11. Wilson, R.G., F.N. Anderson : Control of three weed species in sugarbeets with an electrical discharge system, Weed Science, 29(1), 93-97, 1981
12. Diprose, M.F., F.A. Benson : Electrical methods of killing plants, J. agric Engng Res., 30, 197-209, 1984
13. 石原 昂 : 西ドイツにおける防除技術の研究と應用(1), 日本 농업 기계학회지, 49(1,2) 135-139, 1987
14. 石原 昂 : 西ドイツにおける防除技術の研究と應用(2), 日本 농업 기계학회지, 49(4) 395-400, 1987
15. 松尾昌樹, 内野敏剛, 飯本光雄 : コロナ帶電式2流體ノズルおよび直接帶電式回轉圓盤ノズルによる靜電撒布特性(1), 日本 농업 기계학회지, 49(1,2), 55-61, 1987
16. 松尾昌樹, 内野敏剛, 飯本光雄 : コロナ帶電式2流體ノズルおよび直接帶電式回轉圓盤ノズルによる靜電撒布特性(2), 日本 농업 기계학회지, 49(3), 169-176, 1987
17. 松尾昌樹, 内野敏剛, 飯本光雄 : コロナ帶電式2流體ノズルおよび直接帶電式回轉圓盤ノズルによる靜電撒布特性(3), 日本 농업 기계학회지, 49(4), 338-344, 1987