

최 종
연구보고서

환경보전형 농업생산을 위한 효율적 토양관리

Effective Soil Management for Sustainable
Agricultural Production

충 북 대 학

제 1998-9

농림부 자료실

등록번호: 2531

등록일: 2001년 4월 24일

기증:

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “환경보전형 농업생산을 위한 효율적 토양관리” 과제의 최종
보고서로 제출합니다.

1998년 12월 30일

주관연구기관명 : 충북대학교

총괄연구책임자 : 김 재정

세부연구책임자 : 홍 순달

세부연구책임자 : 석 영선

연 구 원 : 정 백영

연 구 원 : 민 경범

연 구 원 : 허 문희

연 구 원 : 남 길우

연 구 원 : 강 보구

연 구 원 : 안 정호

연 구 원 : 김 현주

연 구 원 : 이 도한

연 구 원 : 이 석형

요 약 문

1988년까지 3년 동안 131개 경작지에서 포장시험이 수행 되었다. 고추재배 포장 64개소(96년 22개, 97년 20개, 98년 22개)와 연초재배 포장 67개소(96년 23개, 97년 25개, 98년 19개)는 충북 청원군, 음성군, 보은군, 괴산군, 진천군, 충주시 등 6개 군에서 지형 및 토양특성에 따른 비옥도가 다양하게 분포되도록 선정하였다. 고추 및 연초의 생산성과 비료효과를 평가하기 위하여 무비구와 표준시비구로 구분하여 무비구 작물의 건물중과 질소, 인산, 칼륨 흡수량을 토양의 비옥도 요인으로 고려하였다. 그리고 시비구에서 무비구의 건물중, 질소 흡수량, 인산 흡수량, 칼륨 흡수량을 공제한 값을 비료 전체효과, 비료 질소효과, 비료 인산효과, 비료 칼륨효과 등으로 고려하여 비옥도 요인들과 함께 25개 지형 및 토양 속성들과 상호관계를 분석하였다.

토양의 pH 및 무기성분 함량 등 13개 화학성과 지형 및 토양도 자료인 경사도, 표고, 경사향, 토성, 배수등급, 유효토심, 밭 토양 추천등급, 지형, 모재, 토양산도, A층 깊이, A층 자갈함량의 12개 지표 등 전체 25개 지표들을 15개의 정량적 지표들과 10개의 정성적 지표들로 구분하여 다중선형회귀 분석을 수행하였다. 다중선형회귀 분석은 비옥도 요인 및 비료효과 요인들에 대한 15개 정량적 지표들을 독립변수로 하여 SAS의 REG, Stepwise로 분석하여 유의성있는 지표들을 선발하였으며 이들 선발된 지표들과 함께 정성적 지표들을 SAS의 GLM, class지정으로 분석하여 P값의 크기로부터 유의성있는 지표들을 선발하였다. 선발된 이들 정량적 및 정성적 지표들에 의한 비옥도와 비료효과의 평가는 정량적 지표의 경우 각 지표에 대한 평가계수를 가중치로 적용하고 정성적 지표의 경우 분류된 각 집단에 대한 평가계수를 가중치로 적용하여 최종 평가모델식을 확립하였다.

무비구 고추 및 연초의 건물중은 매년도별 최저치와 최고치간에 약 5배의 생산성 차이를 보여 다양한 비옥도 특성을 나타냈다. 비옥도 및 비료효과에

대한 다중선형회귀 평가는 단일 지표에 의한 평가 신뢰도보다 보다 훨씬 양호하였으며 화학적 지표들 이외에 정량적 및 정성적 GIS 지표들을 포함시킴에 따라 더욱 증진되었다. 고추와 연초 두 작물간의 다중선형회귀 분석에 의한 평가 결과는 차이를 보였으며 고추보다 연초의 평가에서 양호하였다. 연초의 3년간 종합결과에서 무비구 건엽중으로 평가한 비옥도와 비료 전체효과에 대한 정량적 및 정성적 지표들까지 포함된 다중선형회귀의 결정계수(r^2)는 각각 0.652와 0.518로 단일지표에 의한 결정계수 0.219와 -0.271에 비하여 크게 증진되었다.

동일한 평가방법으로 2개의 정량적 지표들과 10개의 정성적 지표들을 포함한 GIS 지표들만으로 연초 무비구 건엽중과 질소 흡수량에 대한 다중선형회귀 분석에 의한 결정계수는 각각 0.747과 0.672이었다. 따라서 이러한 접근방법은 토양의 비옥도 구분을 가능하게 하였고 또한 이 모델식을 이용하여 충북지역 경작지에 대한 비옥도 구분 지형도의 출력이 가능하였다. 결론적으로 토양의 비옥도에 관여할 수 있는 정량적 및 정성적 지표들을 이용한 다중선형회귀 분석의 접근방법은 밭 토양의 비옥도 및 적정시비량 추천을 위한 평가방법으로 활용할 수 있을 것이다.

시설재배 토양의 염류집적 방지를 위한 적정 시비량 추천방안을 구명하기 위하여 영동군, 보은군, 청원군, 및 청주시의 시설재배지로부터 염류농도가 다양한 20개 토양을 채취하여 포트 시험으로 무비구와 시비구로 구분하여 배추와 토마토의 생산성과 비료효과를 조사하였다. 무비구의 배추 및 토마토 건물중 및 질소, 인산, 칼륨 흡수량을 비옥도 요인으로 그리고 이들의 시비구와 무비구의 차이 값을 비료 전체효과 및 비료 질소, 인산, 칼륨효과로 고려하였다. 비옥도 및 비료효과 요인들은 화학성들의 상호관계를 분석하여 시설재배지 배추와 토마토의 시비기준을 설정하기 위한 평가방법을 검토하였다.

비옥도 요인들 및 비료효과들에 대한 무기태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$) 함량의 표준화 편회귀계수는 247~1870의 범위를 보여 다른 화학성들의 0.02~4.11에

비하여 수백배의 높은 가중치를 보였다. 또한 무기태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$) 함량은 전기전도도에 대한 표준화 편회계수가 35.2-36.0으로 다른 화학성들의 1.0이하에 비하여 수십배의 높은 가중치를 나타냈다. 이러한 결과로부터 무기태 질소함량은 시설재배 토양의 비옥도와 전도도에 가장 크게 영향을 미치는 지표로 확인되었다.

Cate-Nelson split 평가방법에 의한 배추 및 토마토의 최대 생산력과 비료 효과 0이 되는 무기태 질소($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) 함량은 220 mg/kg으로 동일하게 추정되며 작물 종류간에 차이를 보이지 않았다.

따라서 시설재배지 토양의 무기태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$) 함량이 20에서 240mg/kg으로 분포되는 10개 토양으로 배추를 공시작물로 하여 무비구 최대 생산력과 비료효과 0이 되는 토양중 무기태 질소의 정확한 기준을 설정하기 위한 추가시험이 수행되었다. 그 결과 무비구 최대 생산량에 대한 무기태 질소의 평가 기준은 173.9 mg/kg, 비료효과 0이 되는 무기태 질소의 기준은 171.3 mg/kg으로 비슷하게 평가되었다.

이상의 결과로부터 시설재배 작물의 적정 시비량 추천을 위하여 토양중 무기태 질소 함량이 170 mg/kg 이상일 때 무비재배로 추천하고 그 이하인 토양은 비료효과의 분석에서 평가된 회귀식에 의해 비료 추천량의 조절이 가능하다.

Summary

1. Evaluation of Upland Field

Field experiment to find the evaluating method of the soil fertility using landscape and soil attributes by application of geographic information system(GIS) was conducted for 3 years from 1996 to 1998. Total of 131 fields, both 64 fields(1996:22, 1997:20, 1998:22) of red pepper and 67 fields(1996:23, 1997:25, 1998:19) of tobacco were selected to have wide range of distribution in landscape and soil attributes from six counties in Chungbuk province; Cheongwon, Eumseong, Boeun, Goesan, Jincheon, and Chungju. The productivity of these two crops in diverse fertility levels was compared in terms of dry weight and nutrients uptake of plant between no fertilization and recommended fertilization plot. Dry weight, N uptake, P_2O_5 uptake, and K uptake of these two crops with no fertilization plot were considered as the basic factors representing the fertility of the soil. And the different values of dry weight, N uptake, P_2O_5 uptake, and K uptake of these two crops between no fertilization and recommended fertilization plot were considered as the factors representing total effect of fertilizer, fertilizer N effect, fertilizer P effect, and fertilizer K effect. The soil fertility factors and fertilizer effects were estimated by twenty five independent variables such as 13 chemical properties including pH, NO_3-N , NH_4-N , O.M., available P_2O_5 , exchangeable K, exchangeable Ca, exchangeable Mg, CEC, electrical conductivity, UV absorbency of 0.01M $NaHCO_3$, NH_3 mineralized from 2M KCl for 4hours at $90^\circ C$, and base equivalent ratio. and mineral contents etc. and 12 GIS databases including altitude,

slope, aspect, soil texture, drainage class, recommended class for upland, topography, parent materials, soil acidity, available soil depth, depth of A horizon, gravel content of A horizon. Twenty five independent variables were classified by two groups, 15 quantitative indexes and 10 qualitative indexes and were analyzed by multiple linear regression (MLR) of SAS, REG and GLM models. The combination model for evaluation of soil fertility and fertilizer effect was made by giving the estimate coefficient for each quantitative index and for each group of qualitative index significantly selected by MLR.

The productivity in no fertilization plot of two crops was examined with dry weight above ground part in red pepper and dry weight of leaves in tobacco. They showed high variations about five times between minimum and maximum dry weight in only no fertilization plot. Estimation for soil fertility factors and fertilizer effect by independent variables was better by MLR than single regression and was gradually improved by adding chemical properties, quantitative indexes of GIS, and qualitative indexes of GIS. And estimation by MLR between red pepper and tobacco was significantly different and showed the better result for tobacco than red pepper. The coefficient of determination (r^2) of MLR for estimation of dry weight of tobacco leaves with no fertilization plot and total effect of fertilizer were improved by 0.652 and 0.518 comparing with 0.219 and -0.271 by single index.

The same approach by MLR with only GIS database including 2 quantitative indexes and 10 qualitative indexes showed the coefficient of determination (r^2) of 0.747 and 0.672 for estimation of dry weight and

N uptake by tobacco leaves with no fertilization plot. Consequently classification of the soil fertility by this method was possible and soil fertility map for Chungbuk province area could be produced.

Additionally, it is assumed that this approach made it possible to develop the model for estimation of soil fertility and recommendation of optimum fertilization for upland field.

2. Evaluation of Green house Field

To determine the optimum application of fertilizers against salt accumulation in soil for two crops: chinese cabbage and tomato in green house field, twenty soils which contained different salts contents were taken from 4 different areas of green house: Youngdong, Boeun, Cheongweon county, and Cheongju city. The dry weight and the amount of N, P, and K uptakes of crops in the plot with no fertilization were considered as the basic factors representing the fertility of the soil.

The differences in the dry weight and in the amounts of N, P, and K uptakes of plants between no fertilization and fertilization plot were considered as the factors representing the total effect of fertilizer and the effects of fertilizer N, P, and K, respectively. These factors of soil fertility and fertilizer effects were estimated by correlation and regression with chemical properties of soil in order to find the critical value and recommendable level for optimum fertilization of crops in green house.

The standardized partial regression coefficients for inorganic nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) contents in soil for fertility factors by two crops were ranged from 247 to 1,870 which showed several hundred times

compared with other chemical factors showing coefficient from 0.02 to 4.11. Those of inorganic nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}+\text{NH}_4\text{-N}$) contents in soil for the electrical conductivity were ranged from 35.2 to 36.0 compared with the values of less than 1.0 of the other factors. These results demonstrate that the content of inorganic nitrogen in soil is most effective index for both soil fertility and electrical conductivity of soil.

For maximum productivity and zero value of fertilizer effects for chinese cabbage and tomato, critical level of inorganic nitrogen in soil estimated by Cate-Nelson split method was 220 mg/kg showing no difference between two crops. And additional experiment for chinese cabbage with 10 soils which contain inorganic nitrogen($\text{NO}_3\text{-N}+\text{NH}_4\text{-N}$) ranging from 20 to 240 mg/kg resulted in critical level of inorganic nitrogen to be 173 mg/kg for maximum productivity and 171.3 mg/kg for zero value of fertilizer effect.

In conclusion, for the optimal application of fertilizer for the crop in green house, 1) no fertilization could be recommended in case the contents of inorganic nitrogen in soil is more than 170 mg/kg; however, 2) in case of less than 170 mg/kg, the optimal level of fertilization could be estimated by the regression equation between fertilizer effects and content of inorganic nitrogen in soil.

Key Word : soil fertility, fertilizer effect, estimation of fertility, geographic information system(GIS), multiple linear regression, coefficient of determination(r^2), chinese cabbage, tomato, green house, Inorganic nitrogen($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$), Optimum application of fertilizer

Contents

Chapter 1. Introduction	1
Chapter 2. Material and Method	6
Section 1. Evaluation of soil fertility for upland	6
1. Experimental field	6
2. Practical preparation and investigation	10
3. Evaluation method	10
Section 2. Evaluation of soil fertility for green house	11
1. Production capacity for chinese cabbage	11
2. Production capacity for tomato	11
3. Recommendation for optimum application of fertilizer	12
4. Soil and plant analysis	13
5. Evaluation method	14
Chapter 3. Result and discussion	15
Section 1. Evaluation of soil fertility for upland	15
1. Landscape and soil attributes	15
a. Red pepper fields	15
b. Tobacco fields	19
2. Chemical properties of experimental soil	23
a. Red pepper fields	23
b. Tobacco fields	25
3. Distribution of Landscape attributes and soil texture for six experimental counties, Chungbuk	27
4. Dry weight	30
a. Red pepper	30

목 차

제 1 장 서언	1
제 2 장 재료 및 방법	6
제 1 절 밭 토양의 비옥도 평가	6
1. 시험포장	6
2. 경종사항 및 조사항목	10
3. 비옥도 및 비료효과 평가	10
제 2 절 시설재배 토양의 비옥도 평가	11
1. 배추 생산력 검정시험	11
2. 토마토 생산력 검정시험	11
3. 배추 시비 적량시험	12
4. 토양 및 식물체 분석	13
5. 비옥도 평가방법	14
제 3 장 결과 및 고찰	15
제 1 절 밭 토양 비옥도 평가	15
1. 시험포장의 지형 및 토양 물리성	15
가. 고추 재배포장	15
나. 연초 재배포장	19
2. 시험전 토양의 화학성	23
가. 고추재배 토양	23
나. 연초재배 토양	25
3. 충북 6개 군의 토성 및 지형 분포 특성	27
4. 건물중 및 수량	30
가. 고추	30
나. 연초	32

b. Tobacco	32
5. Demonstration for evaluation of fertility	35
6. Nutrients uptake	36
a. Red pepper	36
b. Tobacco	39
7. Evaluation for fertility and fertilizer effect	40
Section 2. Evaluation of soil fertility for green house	56
1. Production capacity for chinese cabbage	56
2. Production capacity for tomato	67
3. Recommendation for optimum application of fertilizer	76
Chapter 4. Summary	79
Section 1. Evaluation of soil fertility for upland	79
Section 2. Evaluation of soil fertility for green house	80
Chapter 5. References	92

5. 추천 시비량 확인시험	35
6. 양분 흡수량	36
가. 고추	36
나. 연초	39
7. 비옥도 및 비료효과 평가	40
제 2 절 시설재배 토양의 비옥도 평가	56
1. 배추의 생산력 검정시험	56
2. 토마토의 생산력 검정시험	67
3. 배추 시비 적량시험	76
제 4장 요약	79
제 1절 밭 토양의 비옥도 평가	79
제 2절 시설재배 토양의 비옥도 평가	80
제 5장 인용문헌	82

제 1 장 서언

작물의 생산성을 극대화하기 위한 비료의 과다 사용량이 토양 및 수자원의 환경오염 문제와 관련되면서 환경에 부하를 주지 않고 작물 생산효율을 극대화시키기 위한 농업기술은 끊임없이 발전되고 있다. '80년대 초반에 제안된 Low Input Sustainable Agriculture(LISA)라는 농업기술은 Sustainable Agriculture 로 줄여 불리며 지속 보전 가능한 농업 혹은 환경친화형 농업등 여러 가지 용어로 국내 농업기술에 소개되었다. 이러한 농업기술은 90년대 들어 다시 Precision Agriculture 라는 새로운 용어로 바뀌면서 구체적인 적용방법으로 Site Specific Management for Agriculture라는 농업기술 개발에 박차를 가하고 있다. 매우 새롭고 혁신적인 농업기술로 생각될 수 있으나 핵심적인 내용은 환경에 부하를 주지 않고 작물 생산효율을 극대화시키기 위하여 경작지 필지별로 토양에 투입되는 물질 특히 비료물질을 특별관리 하자는 것이다. 즉 경작지 필지별로 비옥도를 정확히 평가하여 작물별로 알맞는 시비량을 평가하는 것이 핵심적인 기술이다.

경작지의 비옥도를 결정하는 토양성질들은 공간변이성과 시간변이성을 나타내며 이러한 변이성들의 정량화는 토양 화학성을 포함한 토양형태, 지형특성, 미기상 특성 혹은 배수등급등 여러 가지 변이에 따라 매우 복잡해진다 (Cambardella et al 1994). 각각의 경작지별로 이러한 복잡한 정보들을 작물 성장단계별로 제때에 수집하여 종합적으로 처리하고 평가할 수 있을 때 실현 가능한 기술이다. 보다 정밀한 정보를 얻기 위하여 토양시료의 채취방법도 임의 채취방법에서 grid 방식에 의한 체계적 방법에 이르기까지 다양하며 (Wollenhaupt et al 1997) 평가 효율성은 지형위치에 따라 상반되는 경향을 보이고 있다(Franzen et al 1996, Cambardella et al 1996, Wibawa et al 1993). 그러나 현대의 첨단기술 발달에 따른 인공위성 탐사기술과 컴퓨터 기

능의 발전은 복잡한 정보들을 수집 처리하여 종합 평가하고 관리할 수 있는 단계로 접근하고 있다(Khakural et al 1996b, Girgin et al 1996, Bruulsema et al 1996).

Khakural 등(1996a)은 지형위치와 경사도 특성은 옥수수과 대두 수량 및 토양비옥도와 밀접하게 관련되었다고 하였으며 이들은 다른 연구(1996b)에서 토양, 지형, 기후특성들을 이용하여 옥수수의 수량예측을 위한 다중회귀모델에 의한 생산성지표를 개발하여 실제 수량변이와 비교한 결과 유사하게 평가되었다고 하였다. Bruulsema 등(1996)은 질소시비량에 따른 옥수수의 수량변이성에 대하여 토양 질소의 유효도 지표들과 지형속성등에 의한 다중회귀모델은 30-61%의 평가를 보였다고 하였다. 또한 이 등(1998)은 전국 주요 연초경작지 101개 포장시험에서 무비구 수량에 의한 비옥도는 토양 양분 함량만으로 구분할 수 없었으며 그 원인으로 밭 토양이 위치한 다양한 지형특성에 따른 환경요인이 크게 지배하기 때문이라 하였다. 그래서 연초경작지의 비옥도는 질산태질소 함량과 토양도 자료의 퇴적양식, 경사도, 경토심, 토성 및 자갈함량의 6개 요인을 등급 점수화 하는 방법으로 수정 접근하여 양호한 평가결과를 도출하였다.

국내 시설재배지 토양의 물리 화학성에 대한 실태조사 결과에서 토양 중 염류농도가 적정함량 이상인 경작지의 분포비율은 증가하고 있으며 경작 년수가 길어질수록 염류의 집적이 심화되는 것으로 밝혀졌다(강 등 1997, 정 등 1994, 이 등 1993a, 정 등 1998). 그리고 전국 채소재배농가 시비량은 질소가 1.5~1.8배, 인산은 1.6~4.3배, 칼륨은 1.4~2.2배씩 과량 사용 되는 것으로 보고되고(박 등 1994) 토양의 화학성도 '60~'70년대에 비하여 '80~'90년대에 유기물을 제외한 모든 성분들의 함량이 증가되는 것으로 밝혀졌다(이 등 1994). 이러한 결과로부터 1년에 3-4회 집약적으로 재배하는 시설재배 토양의 염류집적 원인은 화학비료 및 가축분뇨의 과다사용 때문이라고 인식되고 있

다.

염류가 집적된 토양은 작물의 발아율과 입모율을 저하시키고 성장량 및 수량감소를 초래 할 뿐만 아니라(강 등 1996, 최 등 1989, 유 등 1993) 집적된 염류는 강우분포에 따라 지하수로 이동되기 때문에 수자원의 오염을 유발하기도 한다(정 등 1994, Spalding et al 1993, Jemison et al 1994).

시설재배 토양의 염류집적을 방지하기 위한 근본적 해결방안은 토양의 비옥도에 알맞게 시비량을 조절하는 것이다. 3요소중 특히 질소비료는 작물의 생산성뿐 아니라 토양의 염류집적 및 수자원의 오염과 밀접하게 관련되는 성분이다. 따라서 토양 중 무기태질소 함량은 질소 공급능력의 평가나 시설 재배지의 적정 시비량 추천을 위한 검정방법으로 가장 많이 활용되고 있다(송 등 1996, Hong et al 1990, Schmitt et al 1994, Baker et al 1993, 곽 등 1997, 홍 등 1998).

충청북도는 전산화 시범도로 선정되면서 1993년도에 지형도 자료와 정밀토양도 자료를 포함하는 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS)이 구축되었다. 따라서 GIS의 활용으로 식량생산 기반인 토양을 보전하고 환경오염을 방지할 수 있는 저투입 환경조화형 농업 생산기술 혹은 정밀농업 생산기술을 개발하기 위하여 다음과 같은 세부적 연구목표를 설정하여 수행하였다.

1) 밭 경작지의 비옥도를 평가할수 있는 종합적 유효도 지표 개발

비옥도(작물의 무비구 생산량)에 밀접하게 영향을 미치는 요인은 크게 유전적 요인과 환경적 요인으로 구분되며 동일한 유전적 특성을 가진 작물 품종의 유효도는 환경적 요인에 의하여 크게 지배받는다. 환경적 요인들은 인위적으로 조절할 수 없는 것부터 조절 가능한 것까지 수십 가지가 있으나 토양의 비옥도 평가에 활용할 수 있는 요인들은 매우 국한 되어있다. 비옥도 평가방법은 주로 토양의 화학성 자료로부터 작물의 영양상태를 진단하고 생산성

과의 상호관계를 분석하여 추정하였다. 이러한 평가방법은 환경요인들의 영향으로 신뢰도가 낮아 실용적으로 활용되는데 제한을 받아왔다. 이러한 환경요인들은 식물생장에 필수적인 통기성과 수분공급과 밀접하게 관련되는 것들이며 이중에 자료화 되어있는 지형 및 토양속성들은 비옥도 평가에 활용할 수 있는 요인들이다. 따라서 토양 화학성들과 함께 이들 지형 및 토양속성들을 모두 토양의 비옥도 평가에 포함시키는 것이 중요한 요점이다. 구체적으로 이들 요인들은 정량적 요인들과 정성적 요인들로 구분하여 비옥도에 유의성 있게 영향을 미치는 요인들을 선별하고 각각의 요인들에 대한 가중치를 부여하여 효율적인 평가 모델을 개발하려는 것이다.

2) 효율적 유효도지표를 활용한 적정 시비량 추천방법 및 활용도 증진방안 확립

무비구의 작물 생산성과 작물에 의해 흡수된 양분량을 비옥도 평가요인으로 하고 이들을 표준 시비구의 생산성 및 양분 흡수량에서 공제한 값을 비료효과의 평가요인으로 하여 비옥도 평가와 동일한 방법으로 분석하여 평가모델을 개발한다. 이들 비료효과에 대한 평가모델로부터 시비기준의 한계점과 최소 및 최대기준의 시비수준을 추정할 수 있다. 이는 비옥도 구분 평가모델과 함께 전산 자료화 하여 경작인의 요구에 따라 작물의 적정 시비량을 결정하는 방법으로 활용 가능하다. 또한 GIS의 자료만으로 즉 지형자료와 토양도 자료들만으로 경작지의 비옥도 및 비료효과의 평가모델이 확립된다면 충북지역의 경작지에 대한 비옥도 구분 지형도의 출력이 가능하여 경작인들의 지도 홍보 자료로 활용할 수 있다.

3) 최종목표로서 현재 진행중인 전국 발 토양 정밀 비옥도사업('95년도 부터 수행)의 필지별 토양 화학성 자료들을 GIS 에 구축하고, 또한 전국토에 대한 지적도 및 토양자료의 Database가 구축된다면(국토개발연구원에서 수행 중), 토양검정을 하지 않고도 지적도상의 지번만으로 비옥도 구분 및 적정 시비량 추천이 가능 할 수 있을뿐 아니라 보다 정밀한 질소, 인산, 칼륨성분에

대한 비옥도 구분 지형도의 제작이 가능하다.

4) 토양의 물리적 요인들을 인위적으로 조절하여 작물을 재배하는 시설재배 토양의 비옥도를 구분할 수 있는 유효지표를 선별하여 적정 시비량 추천에 활용할수 있는 모델링을 개발한다.

제 2 장 재료 및 방법

제 1 절 밭 토양의 비옥도 평가

1. 시험포장

다른 지역에 비하여 일찍 구축된 지리정보시스템(GIS)을 농업 생산기술에 활용하기 위하여 충북의 주요 생산작물인 고추와 연초 경작지를 대상으로 1996년에는 청원군과 음성군, 1997년에는 보은군과 괴산군, 1998년에는 진천군과 충주시 지역에서 고추 시험포장 66개소(96년 22개, 97년 20개, 98년 24개)와 연초 시험포장 67개소(96년 23개, 97년 25개, 98년 19개)씩 전체 133개 시험포장을 선정하였다. 그러나 98년도 8월의 집중강우 피해로 인하여 고추 포장 2개소는 수확이 불가능하여 실제 비옥도 평가에 포함된 포장은 131개소였다. 시험포장의 선정기준은 가능한한 다양한 비옥도를 포함하도록 지형특성 등을 고려하였으며 선정된 포장의 지번과 협력농가는 표 1, 2, 3과 같다.

표 1. 협력농가 및 시험포장 위치(1996)

번호	지역	경작자	시험포장 지번	면적(m ²)	연락처
(고주)					
1	청원	구이식	청원군 가덕면 병암리 2구 287	4,056	54-5307
2	청원	신계호	청원군 가덕면 상야리 3구 31	1,200	54-5941
3	청원	곽정철	청원군 낭성면 추정리 3구 188	1,927	54-5792
4	청원	신공우	청원군 낭성면 추정리 3구 522-1	460	54-5968
5	청원	황규재	청원군 낭성면 호정1구 66	1,243	54-9776
6	청원	최수용	청원군 북일면 묵방2구 123	2,069	50-1477
7	청원	임헌관	청원군 북일면 묵방2구 64-1	863	50-1913
8	청원	김대옥	청원군 북일면 은곡리 239	2,906	501155
9	청원	유인명	청원군 북일면 도원리 49	982	50-1158
10	청원	최상복	청원군 북일면 은곡리 2구 214-1	2,569	50-1572
11	음성	고재관	음성군 원남면 마송리 200-2	769	72-7236
12	음성	고기연	음성군 원남면 마송리 189	2,596	72-7166
13	음성	김용선	음성군 음성읍 초전리 587-1	1,498	72-4412
14	음성	심태섭	음성군 음성읍 초전리 702	1,055	72-6580
15	음성	정무영	음성군 맹동면 인곡리 411	684	78-9213
16	음성	안효목	음성군 맹동면 인곡리 433	2,585	78-9122
17	음성	김덕성	음성군 금왕읍 내곡리 93	4,909	78-1374
18	음성	권석노	음성군 금왕읍 내곡리 253	1,815	78-1357
19	음성	조계연	음성군 금왕읍 내송리 400-4	3,795	877-0802
20	음성	이무성	음성군 금왕읍 내송리 254-4	2,621	877-0938
21	음성	변재영	음성군 맹동면 쌍정리 55	2,962	78-9111
22	청주	진흥원	청주시 북대동 275-32	580	234-4101
(연초)					
1	청원	신동식	청원군 오창면 상평리 28-11	1,982	32-9306
2	청원	신종식	청원군 오창면 상평리 93-2	1,752	32-5281
3	청원	신종식	청원군 오창면 금대리 100	825	534-2676
4	청원	최관식	청원군 북일면 묵방리 193	5,058	32-9457
5	청원	최수영	청원군 북일면 묵방리 359	3,115	32-5139
6	청원	김원형	청원군 북이면 금암리 364	3,100	32-5266
7	청원	김동철	청원군 북이면 옥수리 338-1	1,002	32-4344
8	청원	김동찬	청원군 북이면 옥수리 299-13	1,500	32-4344
9	청원	신상기	청원군 미원면 중리 111	671	534-3678
10	청원	김제덕	청원군 미원면 중리 163	1,386	32-4571
11	음성	김기남	음성군 맹동면 쌍정리 196-4	4,307	851-6303
12	음성	변제영	음성군 맹동면 쌍정리 산 12-1	1,388	847-4470
13	음성	고기현	음성군 원남면 마송리 보용 165	3,069	851-0239
14	음성	고재관	음성군 원남면 마송리 보용 18	2,970	851-6500
15	음성	고명로	음성군 원남면 마송리 보용 197	2,310	44-5680
16	음성	장왕현	음성군 음성읍 상생리 150-4	560	853-3085
17	음성	장이현	음성군 음성읍 상생리 432-8	2,990	853-3085
18	음성	김성근	음성군 금왕읍 삼봉리 49	1,134	852-4829
19	음성	김태환	음성군 금왕읍 삼봉리 50	3,329	852-5180
20	음성	정무영	음성군 맹동면 인곡리 157	1,045	853-6932
21	음성	정무영	음성군 맹동면 인곡리 436	3,567	853-2564
22	청주	교육원	청주시 북대동 262	1,980	69-4416
23	청주	충북대	청주시 개신동 130-2	1,235	61-2515

표 2. 협력농가 및 시험포장 위치(1997)

번호	지역	경작자	시험포장 지번	면적(m ²)	연락처
(고추)					
1	보은	이성하	보은군 회북면 용촌리 389-2	1,250	42-8957
2	보은	정구석	보은군 회북면 오동리 324-2	1,530	42-9046
3	보은	신복선	보은군 수한면 치정리 102	568	42-8408
4	보은	윤종복	보은군 수한면 병원리 243-2	475	44-3524
5	보은	김연식	보은군 내북면 성암리 180	2,300	42-0072
6	보은	김태식	보은군 내북면 대안리 250-1	800	42-0765
7	보은	강팔식	보은군 탄부면 매화 2구 236	450	42-8131
8	보은	임광수	보은군 탄부면 덕동 2리 430	650	42-8173
9	보은	이계귀	보은군 외속리면 장내리 414-2	890	42-6116
10	보은	정영환	보은군 보은읍 성주리 123	1,350	42-1643
11	보은	구연중	보은군 산외면 봉계2구 280-1	458	42-4056
12	괴산	김영식	괴산군 사리면 화산리 208-1	1,420	33-3832
13	괴산	지달영	괴산군 문광면 문범3구 276	2,000	32-3285
14	괴산	강명덕	괴산군 청천면 지경리 220	600	32-9312
15	괴산	김문숙	괴산군 청천면 부성리 252	1,000	32-8451
16	괴산	곽호관	괴산군 청천면 월문리 245	700	32-4491
17	괴산	이범억	괴산군 청천면 도원리 301-8	1,000	32-4492
18	괴산	김교민	괴산군 청천면 도원리 539-4	765	32-4384
19	괴산	홍성서	괴산군 청천면 송면리 263-50	650	33-8377
20	괴산	함종수	괴산군 청천면 송면리 205	610	33-8038
21	괴산	손동철	괴산군 청천면 삼송리 742	670	33-8074
22	괴산	최동권	괴산군 청천면 관평리 42	337	33-8207
23	괴산	최재수	괴산군 청천면 이평리 247-2	900	33-8118
(연초)					
1	보은	김홍욱	보은군 내북면 신궁리 31	749	43-1919
2	보은	이성룡	보은군 내북면 신궁리 18	1,308	42-0722
3	보은	강순동	보은군 내북면 신궁리 226-1	993	42-0740
4	보은	박수용	보은군 내북면 용수리 73	1,213	42-0867
5	보은	김종만	보은군 내북면 용수리 135	255	42-0875
6	보은	신기수	보은군 내북면 상궁리 104	1,973	42-0728
7	보은	신기수	보은군 내북면 상궁리 47-4	1,320	42-0728
8	보은	우진희	보은군 내북면 상궁리 140-1	656	42-4457
9	보은	최창현	보은군 내북면 법주리 213	667	42-0343
10	보은	김창환	보은군 내북면 법주리 238	626	42-0333
11	보은	김태진	보은군 내북면 법주리 339-3	1,697	42-0361
12	보은	조만호	보은군 산외면 산대리 4	1,400	42-4351
13	보은	유재현	보은군 산외면 산대2구218-2	530	42-4083
14	괴산	이종규	괴산군 감물면 백양리 139-2	1,548	33-9069
15	괴산	이방훈	괴산군 감물면 백양리 356	1,596	33-9109
16	괴산	이광중	괴산군 불정면 지장리 485	925	33-7390
17	괴산	박철규	괴산군 불정면 지장리 409	1,050	33-7391
18	괴산	김규영	괴산군 불정면 지장리 901	1,164	33-7492
19	괴산	정인갑	괴산군 불정면 지장리 311	850	33-7580
20	괴산	서상구	괴산군 괴산읍 사창리 270	914	32-6631
21	괴산	임원규	괴산군 괴산읍 사창리 572	568	32-7665
22	괴산	신태섭	괴산군 괴산읍 신기리 177-2	2,131	32-9858
23	괴산	성기수	괴산군 괴산읍 신향리 135-1	437	32-2741
24	괴산	오태조	괴산군 괴산읍 신향리 559	900	32-9855
25	괴산	이재택	괴산군 사리면 이곡리 600	817	33-0765

표 3. 협력농가 및 시험포장 위치(1998)

번호	지역	경작자	시험포장 지번	면적(m ²)	연락처
(고추)					
1	진천	이기태	진천군 진천읍 벽암리 적현 461	1046	32-7328
2	진천	전재철	진천군 진천읍 사석리 석박 302-1	2554	32-9298
3	진천	김성기	진천군 백곡면 명암리 168	452	32-5370
4	진천	함창석	진천군 이월면 노원리 652-5	2934	32-8435
5	진천	신영군	진천군 이월면 노원리 611-3	990	32-7718
6	진천	이종성	진천군 만승면 회죽리 527	825	535-2500
7	진천	남성규	진천군 만승면 구암리 573	1459	535-2366
8	진천	박기영	진천군 덕산면 석장리 456-2	2006	32-3923
9	진천	이준영	진천군 덕산면 구산리 519-1	2716	32-3925
10	진천	이종달	진천군 초청면 오갑리 103	1511	32-6829
11	진천	이선종	진천군 초평면 오갑리 141-1	4686	32-9298
12	충주	이갑진	충주시 주덕읍 대곡리 117	6600	846-4390
13	충주	한석희	충주시 주덕읍 창전4리 556	1980	846-5510
14	충주	이춘우	충주시 이류면 본리 163-3	3300	846-0785
15	충주	김병갑	충주시 이류면 본리 411	2310	845-6341
16	충주	김병훈	충주시 이류면 본리 397	3300	848-5342
17	충주	안광희	충주시 가금면 용전리 514-5	2525	42-4027
18	충주	윤은	충주시 가금면 용전리 104-2	2145	42-7013
19	충주	이길선	충주시 금가면 잠병리 700	2013	853-8917
20	충주	서정은	충주시 금가면 사임리 516-3	2211	853-1579
21	충주	심재승	충주시 엄정면 울능리 156-3	1112	852-4897
22	충주	전규영	충주시 엄정면 괴동 518	2970	852-0176
23	충주	김현삼	충주시 엄정면 울리 274-11	2808	852-5343
24	충주	조현철	충주시 가금면 탑평리 309-2	1253	852-4956
(연초)					
1	진천	이영택	진천군 진천읍 금암리 6번지	9900	32-9306
2	진천	이상철	진천군 백곡면 갈월리 370-3	6415	32-5281
3	진천	홍종성	진천군 문백면 평산리 346	4455	534-2676
4	진천	정길수	진천군 진천읍 상계리 304	2310	32-9457
5	진천	맹윤호	진천군 백곡면 석현리 299-1	3577	32-5139
6	진천	이범장	진천군 백곡면 구수리 539-2	9900	32-5266
7	진천	박창원	진천군 덕산면 용몽리 339-11	2310	32-4344
8	진천	박창원	진천군 덕산면 함목리 301-1	743	32-4344
9	진천	김수광	진천군 문백면 평산리 472	2274	534-3678
10	진천	김효진	진천군 이월면 삼룡리 1-5	5280	32-4571
11	충주	김도수	충주시 동량면 대전리 160-1	3168	851-6303
12	충주	박재천	충주시 신니면 대화리 479-9	2861	847-4470
13	충주	이양재	충주시 동량면 대전리 292	1076	851-0239
14	충주	전명석	충주시 금가면 도촌리 153-1	5940	851-6500
15	충주	김은식	충주시 금가면 장병리 283	3960	44-5680
16	충주	이재영	충주시 노은면 수룡리 440-1	1914	853-3085
17	충주	이재영	충주시 노은면 수룡리 664-5	4290	853-3085
18	충주	최종구	충주시 신니면 화석리 737-1	2310	852-4829
19	충주	박석두	충주시 노은면 문성리 828	5280	853-6932

2. 경종사항 및 조사항목

각 시험포장은 자연 비옥도와 비료효과를 분석하기 위하여 무비구와 표준 시비구로 구분하여 고추의 공시품종은 금탑, 연초의 공시품종은 NC82로 하여 각각 표준재배법에 준하여 고추의 이랑 및 멀칭 작업은 4월 하순부터, 연초는 4월 초순부터 시작하여 고추 정식은 5월 10일 전후에 연초의 정식은 4월 20일 전후에 실시하였다.

공시토양은 시험포장 선정시와 수확후 토양시료를 채취하여 화학성을 분석하였다. 그리고 선정된 시험포장에 대한 지리정보시스템의 지형 및 토양도 자료로부터 지형 및 토양속성들을 추출하였다.

식물체 시료는 생육중반기에, 즉 고추는 정식후 약 100일경에 연초는 정식 후 약 50일경과 수확기에 처리구당 5개체씩 채취하여 생장특성과 생체중 및 건물중을 조사하고 분쇄하여 분석시료로 조제하여 무기성분들을 분석하였다.

3. 비옥도 및 비료효과 평가

무비구의 고추 건물중과 연초 건엽중을 공시토양의 생산성으로 고려하고 이들 무비구 식물체에 의해 흡수된 질소, 인산, 칼륨의 흡수량을 양분 흡수량으로 고려하여 이들 4개 요인들을 비옥도 요인으로 평가하였다. 또한 시비구의 건물중과 양분 흡수량에서 무비구의 건물중, 질소, 인산, 칼륨 흡수량을 공제한 값을 비료전체, 질소, 인산, 칼륨효과로 간주하여 비옥도 요인들과 함께 평가하였다. 비옥도 요인과 비료효과들은 토양화학성과 지형 및 토양속성들의 독립변수들과 상호관계를 분석하였다. 이러한 독립변수들은 수치자료인 정량적 지표들과 비수치 자료인 정성적 지표들로 구분하여 단순상관, 표준화 편회귀계수, 그리고 다중상관의 분석(SAS REG, stepwise & GLM class solution3 절차)으로 유의성 있는 지표들을 선발하였고, 선발된 지표들의 가중치를 평가하여 비옥도 및 비료효과에 대한 종합적인 모델링을 개발하였다.

또한 토양 화학성을 제외한 지리정보시스템의 자료들만으로 동일한 평가방법에 의하여 비옥도 및 비료효과에 대한 평가 모델식을 개발하여 충청북도 경작지의 비옥도 구분 지형도를 출력하였다(그림 참조).

제 2 절. 시설재배 토양의 비옥도 평가

1. 배추 생산력 검정시험

충북의 시설 재배지중 영동군에서 5개소, 보은군에서 5개소, 청원군에서 5개소, 그리고 청주시에서 5개소등 염류농도가 다양하게 분포하는 전체 20개 포장에서 토양을 채취하여 20ℓ 포트에 충전하고 공시품종을 삼진(중앙종묘)으로 하여 1996년 9월 4일 묘를 정식하였다. 시비수준은 무비구와 표준시비구로 하였고 표준시비구의 시비량은 이 등(1994)의 채소작물 조절 시비량에 준하여 질소-인산-카리를 32-7.8-19.8kg/10a의 수준으로 요소, 용과린, 및 염화카리로 시용하였다. 재배기간동안 관수는 포트 밑면에 받침대를 통하여 밑면에서 수분이 공급되도록 하였다. 배추의 수확은 정식 후 64일째인 11월 7일 수행하여 생체중 및 건물중을 조사하였다. 공시 토양의 화학성은 표 4와 같으며 pH는 5.2~6.6, 유기물 함량은 11~43 g/kg, 유효인산은 596~2,036mg/kg, 전기전도도는 0.40~15.20 dS/m, 그리고 질산태질소 함량은 10~1350mg/kg의 다양한 함량 범위를 보였다.

2. 토마토 생산력 검정시험

채취된 공시토양을 20ℓ 포트에 충전하고 공시품종을 꼬꼬로 1997년 3월 4일 토마토 묘를 정식하였다. 시비수준은 무비구와 표준시비구로 하였고 표준시비구의 시비량은 이 등(1994)의 토마토 조절 시비량에 준하여 질소-인산-카리를 24-16.4-23.8 kg/10a의 수준으로 요소, 용과린, 및 염화카리로 시용하였다. 재배기간 관수는 포트 밑면에 받침대를 통하여 밑면에서 수분이 공급

되도록 하였고 토마토의 결순 지르기는 하지 않고 지지대에 고정시키면서 재배 하였다. 토마토의 생육은 정식 후 85일째에 지상부를 줄기와 엽부위로 구분하여 결가지수와 생체중 및 건물중을 조사하여 비옥도 요인으로 평가 하였다.

Table 4. Chemical properties of experimental soil.

Site	Area	pH	O.M. (1:5)	Ava. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch.-K Exch.-Ca Exch.-Mg (cmol/kg)			CEC	E.C. (dS/m)	NH ₄ -N (mg/kg)	NO ₃ -N ⁽¹⁾ (mg/kg)	UV-Abs. ⁽²⁾ at 200nm	⁽³⁾ KCLA-N (mg/kg)
					-----	-----	-----						
1	Youngdong	5.3	15.0	1453	1.01	5.6	2.1	15.1	4.10	90	450	1.779	14.7
2	Youngdong	5.2	11.0	1682	0.77	1.8	0.6	11.1	0.95	14	70	1.777	14.7
3	Youngdong	6.2	19.0	1006	0.92	8.8	2.6	19.6	1.55	18	90	1.741	14.0
4	Youngdong	6.4	26.0	1445	1.23	8.4	2.3	13.2	2.05	35	175	1.754	9.4
5	Youngdong	6.6	27.0	2036	1.20	6.4	1.7	15.9	1.55	26	130	1.742	21.0
6	Boeun	6.4	36.0	1213	1.23	7.3	2.2	13.1	2.75	30	150	1.786	2.3
7	Boeun	6.5	43.0	1310	1.38	11.4	3.0	22.4	8.05	120	600	1.812	25.6
8	Boeun	5.3	25.0	1205	1.39	17.8	3.3	29.1	9.30	160	800	1.774	25.7
9	Boeun	5.9	21.0	1217	1.40	30.1	6.4	41.9	15.20	270	1350	1.709	21.0
10	Boeun	6.5	35.0	1244	1.35	21.3	2.5	30.3	4.50	72	360	1.751	16.3
11	Cheongweon	5.7	14.0	1409	1.16	7.8	0.8	17.3	2.60	29	145	1.781	30.4
12	Cheongweon	6.5	19.0	596	0.81	9.9	1.0	17.9	1.10	13	65	1.755	28.0
13	Cheongweon	6.6	30.0	1666	1.02	6.9	1.0	16.2	1.10	15	75	1.78	18.7
14	Cheongweon	6.5	29.0	1610	1.06	5.5	1.8	15.4	0.90	14	70	1.78	7.0
15	Cheongweon	6.2	16.0	833	0.77	2.7	0.4	10.1	0.40	7.3	37	1.633	30.3
16	Cheongju	6.0	16.0	904	0.90	6.3	1.7	15.7	1.30	18	90	1.778	35.0
17	Cheongju	6.3	23.0	1099	1.11	7.3	2.1	16.9	2.70	32	160	1.753	23.3
18	Cheongju	6.6	22.0	1578	1.15	7.1	1.6	13.9	1.60	24	120	1.805	23.3
19	Cheongju	6.4	16.0	668	1.04	5.5	1.2	14.7	1.50	25	125	1.739	23.3
20	Cheongju	5.5	12.0	1008	0.69	0.8	0.2	9.0	0.20	1.7	10	1.145	11.7

⁽¹⁾ Ultraviolet absorbency of 0.01M NaHCO₃ extract at 200nm

⁽²⁾ The amount of NH₄-N mineralized from soil in 2M-KCl solution for 4 hours at 90 °C

3. 배추 시비 적량시험

시설재배 토양의 보다 정밀한 비옥도 평가에 의한 시비적량을 구명하기 위하여 토양중 무기태 질소함량이 220mg/kg 이하인 시설재배 토양 10개 종류를 충북지역 시설재배지에서 채취하였다. 공시작물을 배추로 하여 9월 하순에 정식하였다. 비료효과를 보다 정밀하게 평가하기 위하여 시비수준을 무비구, 표준시비량의 50%구, 표준 시비구, 표준시비구의 150%구의 4개 수준으로 구분하여 처리하였다. 표 5는 토양 화학성을 나타낸 것으로 무기태 질소 함량은 20.2~239.2mg/kg의 분포를 나타냈다.

Table 5. Chemical properties of experimental soil (1998).

Site No	Soil Texture	pH (1:5)	OM (g/kg)	Ava. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch.-K (cmol+/kg)	Exch.-Ca (cmol+/kg)	Exch.-Mg (cmol+/kg)	E.C. (dS/m)	NH ₄ -N (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	NH ₄ -N-NO ₃ -N (mg/kg)
1	Sandy loam	5.05	21.0	1331	1.55	0.93	0.83	0.38	7.8	13.9	21.6
2	Sandy loam	5.58	23.6	1211	0.74	1.91	0.88	0.23	6.4	13.8	20.2
3	Sandy loam	5.65	30.9	314	0.86	2.75	1.49	1.42	9.0	60.6	69.6
4	Silt loam	6.07	33.3	1255	0.64	3.40	1.70	1.08	8.5	39.2	47.8
5	Silt loam	6.79	33.2	1387	1.27	5.57	3.04	4.04	11.7	174.7	186.4
6	Silt loam	6.35	35.9	1150	2.15	4.72	3.06	2.82	11.8	132.5	144.3
7	Sandy loam	6.95	37.9	1200	1.30	3.96	1.93	1.29	9.5	56.9	66.4
8	Silt loam	6.96	24.1	1802	1.01	4.66	2.78	2.61	9.5	113.8	123.3
9	Silt loam	6.75	37.4	1372	1.78	5.12	3.48	4.83	13.3	204.0	217.3
10	Silt loam	6.97	52.4	1492	1.64	6.01	4.17	6.43	13.8	225.4	239.2

4. 토양 및 식물체 분석

토양 화학성은 농업기술연구소(현 농업과학기술원) 토양화학분석법(1988)에 준하여 분석하였고 NO₃-N 함량은 0.025M Al₂(SO₄)₃를 침출액으로 하고, NH₄-N 함량은 2M KCl 용액으로 침출 하여 이온 전극법(Fox 등 1978)으로 측정하였다. 토양의 유기태 질소를 평가하기 위해 이용되는 KCLA-N는 100ml 시험관에 토양시료 10g과 2M KCl 용액 20ml를 첨가하고 고무마개로 막은후 90 °C에서 4시간 처리하고 냉각시켜 수증기 증류하여 암모니아를 측정 하였다. 그리고 동일한 방법으로 90°C에서 4시간 처리하지 않은 토양에서 측정된 암모니아 량을 공제하여 계산 하였다. NaHCO₃ 자외선 흡광도는 토양시료 2.5g와 0.01M NaHCO₃ 용액 50ml를 혼합 15분간 진탕후 여액을 200nm에서 흡광도를 측정했다. 이 측정법은 Fox 등(1978)이 옥수수 재배토양의 질소공급능력을 평가함에 있어 효과적이라고 제안한 토양 검정방법 이다.

식물체 분석은 70°C에서 건조 후 분쇄된 시료를 산 분해용액(HClO₄ : H₂SO₄ = 10:1)으로 습식 분해하여 전질소는 Kjeldahl 법으로, 인산은 Vanadate 법으로, 그리고 K, Ca, Mg 은 ICP를 이용하여 분석 하였다.

5. 비옥도 평가방법

생물학적 검정방법에 의한 토양 비옥도 요인은 무비구의 건물중 및 질소, 인산, 칼륨 흡수량으로 하였고 시비구에서 무비구의 건물중 및 질소, 인산, 칼륨 흡수량을 공제한 값을 각각 비료 전체효과, 비료 질소효과, 비료 인산효과, 및 비료 칼륨효과로 고려하여 토양 화학성들과 상호관계를 분석 하였다. 회귀분석은 SAS 프로그램의 REG 절차, MODEL 문장을 이용하였으며 회귀 분석을 수행하기 전에 Influence 명령으로 관측치의 영향진단을 평가하였다. 토양 비옥도 및 비료 효과 요인들에 미치는 화학성들의 가중치를 STB 명령을 이용하여 표준화 편회귀계수로서 비교 평가 하였다. 또한 여러가지 화학성들에 의한 회귀분석의 적합성을 검토 하기위해 화학성들간의 공선성 진단(collinearity diagnostics)이 수행 되었다.

제 3 장 결과 및 고찰

제 1 절 밭 토양 비옥도 평가

1. 시험포장의 지형 및 토양 물리성

가. 고추 재배포장

충북지역 6개군에서 1996년부터 1998년까지 3년간 수행된 고추재배 공시포장의 토양통은 감천통 이외 30개 종류가 포함되었으며 표고는 53~450m, 경사도는 0~23%의 지형 특성을 보였으며 그 이외 경사향, 토성, 배수등급, 유효토심, 밭토양 추천등급, 지형, 모재, 토양산도, A층 깊이, A층 자갈함량 등은 다양한 분포특성을 나타냈다. 공시포장의 다양한 지형 및 토양 특성은 고추의 비옥도 평가를 위해 비교적 광범위하게 선정된 것으로 생각된다(표 6, 6-1).

Table 6. Landscape and soil characteristics selected from GIS database for experimental sites of red pepper (1996, 1997).

Site	County	Soil Series	Altitude (m)	Slope (%)	Aspect	Texture	Drainage Class	Available Soil Depth (cm)	Recomm. Class for Upland
(1996)									
1	Cheongweon	Camcheon	150	0	Flat	Loam	Imperfectly	100-150	2
2	"	Jisan	150	0	Flat	F.Gravelly Loam	Well	50-100	3
3	"	Weolgog	200	0	Flat	Silty Loam	Moder. Well	20-50	3
4	"	Suam	200	0	Flat	Gravelly SL	Well	50-100	3
5	"	Miweon	260	19	West	Gravelly Loam	Well	50-100	5
6	"	Sangju	100	2	Northwest	F.Gravelly SL	Well	50-100	2
7	"	Sangag	128	15	West	F.Gravelly SL	Well	50-100	3
8	"	Sangju	86	5	Northwest	F.Gravelly SL	Well	50-100	2
9	"	Hwabong	100	0	North East	Loamy Sand	Excessively	50-100	4
10	"	Sangju	94	3	West	F.Gravelly SL	Well	50-100	2
11	Eumseong	Yonggye	178	3	Southwest	Gravelly Loam	Well	100-150	2
12	"	Yonggye	183	4	South	Gravelly Loam	Well	100-150	2
13	"	Songsan	250	5	Southwest	Rocky SL	Excessively	20-50	5
14	"	Jisan	250	1	Flat	Loam	Imperfectly	100-150	3
15	"	Sangag	100	0	Flat	Sandy Loam	Excessively	20-50	5
16	"	Sangag	100	0	Flat	Sandy Loam	Excessively	20-50	5
17	"	Ogcheon	100	0	Flat	Loam	Poorly	20-50	5
18	"	Noegog	100	0	North West	Sandy Loam	Moder. Well	100-150	2
19	"	Yesan	150	0	Flat	Loam	Well	50-100	3
20	"	Sangag	150	0	Flat	Sandy Loam	Excessively	20-50	5
21	"	Yesan	125	9	Northwest	Sandy Loam	Well	100-150	2
22	Cheongju	Hwadong	53	0	Flat	Silty Loam	Moder. Well	100-150	2
(1997)									
23	Boeun	Daesan	195	17	North	Gravelly SiL	Well	50-100	3
24	"	Jecheon	197	4	Northeast	Gravelly SiL	Well	20-50	2
25	"	Nangog	250	0	Flat	Gravelly SiL	Well	100-150	3
26	"	Jecheon	250	0	Flat	Gravelly SiL	Well	20-50	3
27	"	Jecheon	300	0	Flat	Gravelly SiL	Well	20-50	2
28	"	Yesan	164	6	Southwest	Loam	Well	50-100	4
29	"	Sangju	181	6	West	Sandy Loam	Well	100-150	3
30	"	Gwacheon	200	0	Flat	Gravelly SL	Well	100-150	2
31	"	Sangju	178	3	East	Sandy Loam	Well	100-150	2
32	"	Daesan	225	10	East	Gravelly SiL	Well	50-100	4
33	Goesan	Jigog	200	0	Flat	Gravelly SL	Well	100-150	2
34	"	Yonggye	150	0	Flat	Gravelly Loam	Well	100-150	2
35	"	Yonggye	250	0	Flat	Gravelly Loam	Well	100-150	2
36	"	Jigog	200	7	West	Gravelly SL	Well	100-150	2
37	"	Heugseog	299	23	Southeast	Gravelly SiL	Well	50-100	2
38	"	Flooding	182	6	North	Gravelly SL	Excessively	100-150	3
39	"	Suam	450	0	Northeast	Gravelly SL	Well	20-50	3
40	"	Maegog	250	0	Flat	Sandy Loam	Moderately	100-150	2
41	"	Jigog	297	8	South	Gravelly SL	Well	100-150	2
42	"	Yonggye	250	0	Flat	Gravelly Loam	Well	100-150	2

Table 6. Continued (1996, 1997).

Site	County	Topography	Parent Material	Acidity	Depth of A-horizon (cm)	Gravel Content in A-horizon (%)
(1996)						
1	Cheongweon	Valley	Valley Alluvium	Strong	20.0	0.0
2	"	Valley Fans	Valley Alluvium, Colluvium	Strong	58.0	14.6
3	"	Valley Fans	Valley Alluvium, Colluvium	Weak	22.0	0.0
4	"	Foot Slope of Mount.	Valley Alluvium, Colluvium	Weak	26.0	62.2
5	"	Mountain	Residual	Weak	0.1	0.1
6	"	Valley Fans	Valley Alluvium, Colluvium	Strong	58.0	14.6
7	"	Valley Fans	Valley Alluvium, Colluvium	Strong	58.0	14.6
8	"	Valley Fans	Valley Alluvium, Colluvium	Strong	58.0	14.6
9	"	Plain	Alluvial Deposit	Weak	35.0	1.1
10	"	Valley Fans	Valley Alluvium, Colluvium	Strong	58.0	14.6
11	Eumseong	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	V. Strong	15.0	20.7
12	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	V. Strong	15.0	20.7
13	"	Mountain	Granitic Gneiss Residual	V. Strong	14.0	11.6
14	"	Valley	Valley Alluvium	Strong	12.0	0.0
15	"	Mountain Hillock	Granitic Residual	V. Strong	15.0	9.4
16	"	Mountain Hillock	Granitic Residual	V. Strong	15.0	9.4
17	"	Valley	Valley Alluvium	Strong	15.0	0.0
18	"	Valley	Alluvium, Colluvium	V. Strong	12.0	0.0
19	"	Hillock	Granitic Residual	V. Strong	12.0	8.8
20	"	Mountain Hillock	Granitic Residual	V. Strong	15.0	9.4
21	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Strong	14.0	9.7
22	Cheongju	Dilluvium	Dilluvium	V. Strong	20.0	0.8
(1997)						
23	Boeun	Low Hillock	Residual	Strong	15	25.2
24	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Weak	16	73.9
25	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	V. Strong	17	27.3
26	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Weak	16	73.9
27	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Weak	16	73.9
28	"	Hillock	Residual	V. Strong	16	0.0
29	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	V. Weak	35	19.1
30	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	V. Strong	16	31.6
31	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	V. Weak	35	19.1
32	"	Hillock	Residual	Strong	15	25.2
33	Goesan	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Weak	12	12.7
34	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Weak	10	11.2
35	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Weak	10	11.2
36	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Weak	12	12.7
37	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	V. Weak	8	27.0
38	"	Floodplain	Residual	Weak	10	15.0
39	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Strong	13	14.4
40	"	Valley	Alluvium, Colluvium	Weak	15	10.5
41	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Weak	12	12.7
42	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Weak	10	11.2

Table 6-1. Landscape and soil characteristics selected from GIS database for experimental sites of red pepper (1998).

Site	County	Soil Series	Altitude (m)	Slope (%)	Aspect	Texture	Drainage Class	Available Soil Depth (cm)	Recomm Class for Upland
(1998)									
1	Jincheon	Daegog	100	0	Flat	Sandy Loam	Moder. Well	100-150	2
2	"	Noegog	150	0	Flat	Sandy Loam	Moder. Well	100-150	2
3	"	Seogto	200	5	North	Gravelly Loam	Well	20-50	3
4	"	Yongji	100	0	Flat	Loam	Moder. Well	100-150	2
5	"	Guacheon	100	0	Flat	Gravelly SL	Well	100-150	2
6	"	Sachon	154	11	Southeast	Sandy Loam	Imperfectly	100-150	4
7	"	Maegog	250	7	East	Sandy Loam	Moder. Well	100-150	3
8	"	Daegog	72	1	South	Sandy Loam	Moder. Well	100-150	2
9	"	Bugog	69	1	Southeast	Loam	Moder. Well	50-100	2
10	"	Daegog	95	3	Northwest	Sandy Loam	Moder. Well	100-150	2
11	"	Daegog	98	3	Northwest	Sandy Loam	Moder. Well	100-150	2
12	Chungju	Daegog	100	0	Flat	Loam	Moder. Well	100-150	2
13	"	Sangju	100	0	Flat	F.Gravelly SL	Well	100-150	2
14	"	Jisan	100	0	Flat	Loam	Imperfectly	100-150	4
15	"	Jisan	100	0	Flat	Loam	Imperfectly	100-150	3
16	"	Jisan	100	0	Flat	Loam	Imperfectly	100-150	3
17	"	Yecheon	100	0	Northwest	Loam	Poorly	20-50	5
18	"	Noegog	100	0	Flat	Sandy Loam	Moder. Well	100-150	2
19	"	Daegog	100	0	Flat	Loam	Moder. Well	100-150	2
20	"	Seogcheon	100	0	Flat	Loam	Imperfectly	100-150	3
21	"	Eagsan	100	0	Flat	Sandy Loam	Well	100-150	2
22	"	Namgye	100	0	Flat	Sandy Loam	Well	0-20	4
23	"	Daegog	100	0	Flat	Loam	Moder. Well	100-150	2
24	"	Jisan	100	0	Flat	Loam	Imperfectly	100-150	3

Table 6-1. Continued (1998).

Site	County	Topography	Parent Material	Acidity	Depth of A-horizon (cm)	Gravel Content in A-horizon (%)
(1998)						
1	Jincheon	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	V. Strong	13.0	5.2
2	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Neutral	26.0	13.2
3	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Strong	14.0	0.0
4	"	Valley	Valley Alluvium	V. Weak	22.0	6.0
5	"	Valley Fans	Alluvium	V. Strong	30.0	8.3
6	"	Valley	Valley Alluvium	Strong	31.0	4.6
7	"	Valley	Alluvium, Colluvium	V. Strong	22.0	3.2
8	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	V. Strong	13.0	5.2
9	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	V. Weak	13.0	3.2
10	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	V. Strong	13.0	5.2
11	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	V. Strong	13.0	5.2
12	Chungju	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Neutral	20.0	0.0
13	"	Valley	Alluvium, Colluvium	V. Strong	23.0	15.1
14	"	Valley	Valley Alluvium	Weak	30.0	0.0
15	"	Valley	Valley Alluvium	Weak	30.0	0.0
16	"	Valley	Valley Alluvium	Weak	30.0	0.0
17	"	Valley	Valley Alluvium	V. Weak	10.0	6.4
18	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Strong	15.0	4.2
19	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Neutral	20.0	0.0
20	"	Plain	Alluvial Deposit	Strong	13.0	4.4
21	"	Valley	Alluvium, Colluvium	Weak	16.0	8.1
22	"	Plain	Alluvial Deposit	Neutral	20.0	0.0
23	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Neutral	20.0	0.0
24	"	Valley	Valley Alluvium	Weak	30.0	0.0

나. 연초 재배포장

1996년부터 1998년까지 3년간 수행된 연초재배 공시포장의 토양통은 삼각통 이외 28개 종류가 포함되었으며 표고는 53~485m, 경사도는 0~11%의 지형 특성을 보여 고추 재배지역보다 완만한 경작지 특성을 보였으며 그 이외 경사향, 토성, 배수등급, 유효토심, 발토양 추천등급, 지형, 모재, 토양산도, A층 깊이, A층 자갈함량 등은 다양한 분포특성을 나타냈다. 공시포장의 다양한 지형 및 토양 특성은 연초의 비옥도 평가를 위해 비교적 광범위하게 선정된 것으로 생각된다(표 7, 7-1).

Table 7. Landscape and soil characteristics selected from GIS database for experimental sites of tobacco (1996, 1997).

Site	County	Soil Series	Altitude (m)	Slope (%)	Aspect	Texture	Drainage Class	Available Soil Depth (cm)	Recomm Class for Upland
(1996)									
1	Cheongweon	Samgag	53	0	East	Sandy Loam	Excessively	20-50	5
2	"	Sangju	53	0	East	F.Gravelly SL	Well	50-100	2
3	"	Samgag	63	1	Northwest	Sandy Loam	Excessively	20-50	5
4	"	Yesan	100	0	Flat	Loam	Well	50-100	5
5	"	Sangju	100	0	Flat	F.Gravelly SL	Well	50-100	2
6	"	Ogcheon	84	1	Southwest	Loam	Poorly	50-100	4
7	"	Jisan	66	1	Northwest	Loam	Imperfectly	100-150	2
8	"	Yesan	79	3	North East	Loam	Well	50-100	5
9	"	Suam	300	0	Flat	Gravelly SL	Well	50-100	4
10	"	Oesan	300	0	North East	Gravelly SL	Well	50-100	4
11	Humseong	Docheon	100	0	Flat	Sandy Loam	Well	100-150	2
12	"	Yesan	100	0	Flat	Loam	Well	50-100	3
13	"	Yonggye	192	3	South	Gravelly Loam	Well	100-150	2
14	"	Anryong	200	1	South East	Gravelly Loam	Well	50-100	3
15	"	Yonggye	181	3	South	Gravelly Loam	Well	100-150	2
16	"	Gwacheon	150	0	Flat	Gravelly SL	Well	50-100	2
17	"	Jigog	150	5	Southwest	Gravelly SL	Well	100-150	3
18	"	Sangju	100	0	Flat	Sandy Loam	Well	100-150	2
19	"	Sangju	100	0	Flat	Loam	Well	50-100	4
20	"	Samgag	100	0	Flat	Sandy Loam	Excessively	20-50	5
21	"	Jisan	100	0	Flat	Sandy Loam	Well	100-150	3
22	Cheongju	Hwadong	53	0	Flat	Silty Loam	Well	100-150	2
23	"	Yesan	82	1	Northwest	Loam	Well	50-100	3
(1997)									
24	Boeun	Hogye	250	0	Flat	Gravelly Loam	Well	20-50	2
25	"	Jecheon	250	0	East	Gravelly SIL	Well	20-50	3
26	"	Banggog	300	0	Flat	Silty Loam	Moderately	100-150	2
27	"	Jecheon	250	0	Flat	Gravelly SIL	Well	20-50	3
28	"	Banggog	300	3	East	Silty Loam	Moderately	100-150	3
29	"	Jecheon	250	0	Flat	Gravelly SIL	Well	20-50	3
30	"	Jecheon	250	0	Flat	Gravelly SIL	Well	20-50	2
31	"	Jinmog	250	0	Flat	Gravelly SIL	Moderately	20-50	3
32	"	Jecheon	307	10	Southwest	Gravelly SIL	Well	20-50	3
33	"	Jecheon	350	0	North	Gravelly SIL	Well	20-50	3
34	"	Gocheon	300	2	Northwest	Sandy Loam	Moderately	50-100	2
35	"	Jecheon	485	11	Northwest	Gravelly SIL	Well	20-50	2
36	"	Jecheon	300	0	Flat	Gravelly SIL	Well	20-50	3
37	Goesan	Noegog	150	1	Southwest	Sandy Loam	Moderately	100-150	2
38	"	Sangju	150	0	Flat	Sandy Loam	Well	100-150	3
39	"	Noegog	100	0	Flat	Sandy Loam	Moderately	100-150	2
40	"	Jigog	100	2	North	Gravelly SL	Well	100-150	3
41	"	Nangye	100	1	South	Sandy Loam	Moderately	0-20	4
42	"	Jigog	144	5	North	Gravelly SL	Well	100-150	3
43	"	Sangju	150	0	Flat	F.Gravelly SL	Well	100-150	2
44	"	Haggog	150	0	Flat	Sandy Loam	Moderately	0-20	4
45	"	Yonggye	150	0	Flat	Gravelly Loam	Well	100-150	2
46	"	Sangju	150	0	Flat	F.Gravelly SL	Well	100-150	2
47	"	Sangju	200	0	Flat	F.Gravelly SL	Well	100-150	2
48	"	Jigog	200	0	Flat	Gravelly SL	Well	100-150	3

Table 7. Continued (1996, 1997).

Site	County	Topography	Parent Material	Acidity	Depth of A-horizon (cm)	Gravel Content in A-horizon (%)
(1996)						
1	Cheongweon	Mountain Hillock	Granitic Residual	Strong	13.0	4.7
2	"	Valley Fans	Valley Alluvium, Colluvium	Strong	58.0	14.6
3	"	Mountain Hillock	Granitic Residual	Strong	13.0	4.7
4	"	Low Hillock	Granitic Residual	Strong	9.0	6.8
5	"	Valley Fans	Valley Alluvium, Colluvium	Strong	58.0	14.6
6	"	Valley	Valley Alluvium	V. Weak	22.0	0.0
7	"	Valley	Valley Alluvium	Weak	34.0	0.0
8	"	Low Hillock	Granitic Residual	Strong	9.0	6.8
9	"	Foot Slope of Mount.	Valley Alluvium, Colluvium	Weak	26.0	62.2
10	"	Foot Slope of Mount.	Valley Alluvium, Colluvium	Strong	26.0	62.2
11	Eumseong	Floodplains	Alluvial Deposit	Weak	12.0	0.0
12	"	Hillock	Granitic Residual	V. Strong	12.0	8.8
13	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	V. Strong	15.0	20.7
14	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	V. Strong	10.0	16.4
15	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	V. Strong	15.0	20.7
16	"	Alluvial Fans	Valley Alluvium	Strong	12.0	19.4
17	"	Valley	Alluvium, Colluvium	Strong	18.0	12.9
18	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Strong	14.0	9.7
19	"	Hillock	Granitic Residual	V. Strong	0.1	0.1
20	"	Mountain Hillock	Granitic Residual	V. Strong	15.0	9.4
21	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Strong	14.0	9.7
22	Cheongju	Diluvium	Diluvium	V. Weak	20.0	0.8
23	"	Low Hillock	Granitic Residual	Strong	9.0	6.8
(1997)						
24	Boeun	Valley Fans	Alluvium	Strong	12	65.5
25	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Weak	16	73.9
26	"	Valley	Alluvium	Weak	13	20.0
27	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Weak	16	73.9
28	"	Valley	Alluvium	Weak	13	20.0
29	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Weak	16	73.9
30	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Weak	16	73.9
31	"	Valley	Alluvium	Weak	18	20.0
32	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Weak	16	73.9
33	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Weak	16	73.9
34	"	Plain	Alluvium	Weak	35	11.0
35	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Weak	16	73.9
36	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Weak	16	73.9
37	Goesan	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Weak	15	0.0
38	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Strong	10	0.0
39	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Weak	15	0.0
40	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Weak	12	12.7
41	"	Plain	Alluvium	Neutral	14	23.1
42	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Weak	12	12.7
43	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Strong	10	0.0
44	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Strong	12	7.0
45	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Weak	10	11.2
46	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Strong	10	0.0
47	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Strong	10	0.0
48	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Weak	12	12.7

Table 7-1. Landscape and soil characteristics selected from GIS database for experimental sites of tobacco (1998).

Site	County	Soil Series	Altitude (m)	Slope (%)	Aspect	Texture	Drainage Class	Available Soil Depth (cm)	Recomm. Class for Upland
(1988)									
1	Jincheon	Anryong	151	6	North	Gravelly SiL	Well	50-100	3
2	"	Maegog	200	0	Flat	Sandy Loam	Moder. Well	100-150	2
3	"	Seogto	150	0	Flat	Gravelly Loam	Well	20-50	3
4	"	Jigog	150	0	Flat	Gravelly SL	Well	100-150	4
5	"	Jungdong	103	4	East	F.Sandy Loam	Well	100-150	1
6	"	Jigog	150	7	Southwest	Gravelly SL	Well	100-150	4
7	"	Yesan	100	0	Flat	Loam	Well	50-100	3
8	"	Daegog	100	0	Flat	Sandy Loam	Moder. Well	100-150	2
9	"	Jigog	150	0	Flat	Gravelly SL	Well	100-150	3
10	"	Seongsan	100	0	Flat	Sandy Loam	Well	100-150	2
11	Chungju	Yecheon	100	0	Flat	Loam	Poorly	20-50	5
12	"	Osan	200	0	Flat	Gravelly Loam	Well	50-100	4
13	"	Sachon	112	5	South	Loam	Imperfectly	100-150	3
14	"	Sangju	100	0	Flat	F.Gravelly SL	Well	100-150	2
15	"	Daegog	100	0	Flat	Loam	Moder. Well	100-150	2
16	"	Anryong	150	0	Flat	Gravelly Loam	Well	50-100	3
17	"	Anryong	150	0	Flat	Gravelly Loam	Well	50-100	3
18	"	Sangju	150	0	Flat	F.Gravelly SL	Well	100-150	2
19	"	Daegog	150	0	Southeast	Loam	Moder. Well	100-150	2

Table 7-1. Continued (1998).

Site	County	Topography	Parent Material	Acidity	Depth of A-horizon (cm)	Gravel Content in A-horizon (%)
(1998)						
1	Jincheon	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Strong	11.0	0.0
2	"	Valley	Alluvium, Colluvium	V. Strong	22.0	3.2
3	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Strong	14.0	0.0
4	"	Valley Fans	Gneiss Alluvium, Colluvium	Strong	12.0	11.7
5	"	Plain	Alluvial Deposit	V. Strong	12.0	6.8
6	"	Valley Fans	Gneiss Alluvium, Colluvium	Strong	12.0	11.7
7	"	Low Hillock	Granitic Residual	V. Strong	11.0	3.4
8	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	V. Strong	13.0	5.2
9	"	Valley Fans	Gneiss Alluvium, Colluvium	Strong	12.0	11.7
10	"	Valley	Alluvium, Colluvium	V. Strong	11.0	18.4
11	Chungju	Valley	Alluvium, Colluvium	V. Weak	10.0	6.4
12	"	Hillock	Granitic Residual	Neutral	15.0	9.6
13	"	Valley	Valley Alluvium	Weak	12.0	0.0
14	"	Valley	Alluvium, Colluvium	V. Strong	23.0	15.1
15	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Neutral	20.0	0.0
16	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Strong	12.0	9.6
17	"	Foot Slope of Mount.	Colluvium	Strong	12.0	9.6
18	"	Valley	Alluvium, Colluvium	V. Strong	23.0	15.1
19	"	Valley Fans	Alluvium, Colluvium	Neutral	20.0	0.0

2. 시험전 토양의 화학성

가. 고추재배 토양

Table 8. Chemical properties of experimental soils for red pepper (1996, 1997).

Site	NO ₃ -N (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)	pH (1:5)	O.M. (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch.-K (cmol/kg)	Exch.-Ca (cmol/kg)	Exch.-Mg (cmol/kg)	C.E.C. (cmol/kg)	E.C. (dS/m)	⁽¹⁾ UV-Abs at 200nm	⁽²⁾ KCLA-N (mg/kg)
(1996)												
1	4.7	17.6	6.2	11.0	490	0.3	5.5	1.2	10.3	0.20	1.769	22.1
2	15.7	10.3	6.3	17.0	285	0.5	3.9	1.1	7.5	0.40	1.751	20.0
3	15.4	19.2	6.1	20.0	237	0.8	5.2	0.6	10.1	0.55	1.960	29.8
4	50.4	27.3	5.1	25.0	802	1.2	3.0	0.3	10.6	0.60	2.153	14.7
5	4.9	10.7	6.5	21.0	87	0.4	4.8	0.6	9.1	0.20	2.008	43.0
6	18.7	19.2	5.6	17.0	502	0.8	2.2	0.2	6.1	1.05	2.126	18.1
7	5.0	36.5	5.2	41.0	262	0.5	1.8	0.5	5.4	0.35	1.943	1.2
8	3.4	31.9	6.3	13.0	313	0.5	4.6	0.9	7.3	0.25	1.586	3.1
9	9.8	9.6	6.3	6.0	701	0.7	2.6	1.1	5.5	0.35	2.001	20.7
10	4.9	7.2	7.3	11.0	697	0.6	6.9	0.4	7.9	0.45	1.242	13.8
11	5.3	18.0	5.3	16.0	267	0.7	2.1	0.7	8.1	0.40	2.007	14.7
12	20.7	28.3	4.9	13.0	764	1.4	0.9	0.3	5.2	0.85	2.092	4.4
13	22.6	7.1	4.7	15.0	271	1.3	2.0	1.2	10.4	0.75	2.120	30.2
14	8.2	14.7	3.6	12.0	344	1.1	2.4	0.6	7.6	0.75	1.839	7.7
15	29.7	24.6	4.9	12.0	527	1.0	2.9	0.7	7.2	1.00	2.069	10.4
16	54.5	16.1	5.4	13.0	610	0.8	2.7	0.7	5.5	0.75	2.070	28.2
17	1.7	8.4	6.5	3.0	399	0.3	10.6	4.3	18.1	0.25	0.799	24.3
18	55.9	8.1	5.7	8.0	361	0.5	6.7	0.3	10.1	0.25	1.980	12.9
19	21.7	10.5	5.4	11.0	431	0.5	7.1	2.8	13.7	0.50	1.788	12.8
20	2.5	28.4	4.7	10.0	641	0.7	1.5	0.3	5.8	0.65	1.687	25.3
21	3.2	21.7	5.4	11.0	308	0.4	2.7	0.8	7.6	0.45	1.867	1.4
22	2.3	5.4	7.0	17.0	183	0.7	8.0	1.2	9.0	0.50	1.952	41.3
(1997)												
23	305.0	0.65	4.9	19.0	184	0.66	0.6	0.2	9.9	0.35	2.047	28.0
24	16.0	1.65	6.1	21.0	412	0.28	3.8	0.4	9.8	0.25	1.899	32.7
25	38.0	5.50	4.8	17.0	665	0.66	2.2	0.5	12.0	0.35	1.929	20.0
26	11.0	0.55	7.0	15.0	407	1.01	10.8	1.6	18.0	0.30	1.487	39.7
27	9.0	0.75	6.0	20.0	559	0.87	5.7	0.8	11.6	0.30	1.437	30.3
28	85.0	1.50	5.7	9.0	519	0.65	4.0	0.9	9.1	1.00	2.010	21.0
29	16.5	0.55	6.3	13.0	501	0.41	2.9	0.5	6.5	0.20	1.584	14.0
30	13.0	0.55	5.7	16.0	559	0.31	1.9	0.3	7.6	0.15	1.695	21.0
31	11.5	1.60	7.4	25.0	795	0.75	9.3	1.2	19.5	0.40	1.738	7.0
32	12.5	6.50	5.5	19.0	307	0.92	2.9	0.8	11.0	0.50	1.912	11.7
33	6.0	1.75	5.5	14.0	492	0.98	2.4	0.5	11.2	0.35	1.303	21.0
34	5.5	1.20	5.6	19.0	887	0.57	2.4	0.6	12.8	0.20	1.669	23.3
35	16.0	16.50	5.4	27.0	469	1.13	4.2	0.8	14.7	0.50	2.067	9.1
36	7.0	9.00	5.9	19.0	769	1.63	4.7	0.5	14.7	0.40	1.816	16.3
37	95.0	21.00	4.8	28.0	371	0.9	3.6	0.8	15.2	1.15	2.117	12.3
38	12.5	1.20	5.9	12.0	159	1.14	7.1	1.4	17.3	0.50	1.376	14.0
39	2.4	1.70	5.6	11.0	1049	0.56	2.2	0.4	9.4	0.15	1.595	23.3
40	4.2	1.05	6.3	18.0	874	1.29	3.7	0.7	12.7	0.25	1.848	42.0
41	15.5	10.50	5.9	22.0	1170	1.48	3.8	0.9	12.8	0.50	2.041	20.0
42	13.0	0.85	5.4	21.0	487	1.02	2.9	1.9	9.9	0.20	2.142	28.0

⁽¹⁾ Ultraviolet absorbency of 0.01M NaHCO₃ extract at 200nm

⁽²⁾ The amount of NH₄-N mineralized from soil in 2M-KCl solution for 4 hours at 90 °C

Table 8-1. Chemical properties of experimental soils for red pepper (1998).

Site (1998)	NO ₃ -N (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)	pH (1-5)	O.M. (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch.-K (cmol/kg)	Exch.-Ca (cmol/kg)	Exch.-Mg (cmol/kg)	C.E.C. (cmol/kg)	E.C. (dS/m)	⁽¹⁾ UV-Abs ⁽²⁾ at 200nm	KCLA-N (mg/kg)
1	5.9	12.8	5.1	20.0	1419	0.23	5.2	0.4	12.6	0.13	1.813	21.4
2	79.6	20.5	5.1	11.0	1817	0.60	5.9	1.6	12.5	1.00	1.578	11.7
3	16.1	24.9	5.3	24.0	1881	0.47	5.7	0.7	11.7	0.72	1.099	21.5
4	6.7	34.1	5.1	13.0	623	0.82	4.4	1.4	11.4	0.25	1.247	17.3
5	7.0	14.0	4.9	23.0	2068	0.24	4.0	0.3	11.1	0.22	1.532	14.9
6	13.3	10.6	6.3	11.0	1621	0.37	5.0	1.1	7.4	0.41	0.806	17.3
7	11.5	28.7	5.2	15.0	2510	1.25	4.5	0.5	10.5	0.46	1.282	19.1
8	22.6	19.0	6.7	17.0	2373	0.94	6	1.1	8.4	0.55	0.776	28.9
9	22.5	45.2	5.3	23.0	1036	1.07	5.7	1.8	14.1	0.51	1.656	45.3
10	5.2	15.5	7.3	13.0	1203	0.46	6.2	0.6	7.3	0.54	0.593	18.7
11	5.0	13.5	5.7	7.0	363	0.22	6.1	3.7	12.9	0.20	0.533	12.6
12	5.1	12.2	6.9	8.0	658	0.20	3.6	0.4	4.6	0.22	1.264	14.9
13	54.5	25.4	6.3	12.0	943	0.52	5.5	0.6	7.7	1.28	1.552	7.9
14	7.0	17.3	5.4	8.0	309	0.58	4.2	0.6	7.8	0.20	0.496	18.7
15	124.0	35.8	5.7	13.0	1252	0.64	5.4	1.0	8.8	1.82	1.646	28.0
16	7.9	19.0	5.4	10.0	476	0.72	4.5	0.5	7.9	0.54	0.588	21.0
17	18.0	21.9	4.9	14.0	294	0.17	4.4	0.3	8.4	0.32	1.232	8.9
18	8.7	16.3	5.8	18.0	1729	0.34	5.5	0.4	9.3	0.21	1.185	23.3
19	9.7	13.5	6.1	10.0	894	0.23	5.9	0.9	8.5	0.20	0.448	10.3
20	5.5	10.5	6.9	7.0	437	0.13	6.1	0.9	8.2	0.16	1.216	11.2
21	6.1	14.3	5.0	24.0	2152	0.29	4.3	0.2	9.9	0.16	1.488	9.8
22	13.6	12.6	5.9	18.0	1110	0.23	5.7	0.7	9.7	0.26	1.305	26.6
23	15.0	54.9	4.6	18.0	2328	0.63	4.8	0.3	11.2	1.04	1.495	30.8
24	7.3	12.8	5.2	17.0	1036	0.76	5.5	0.6	10.6	1.02	1.496	48.1

⁽¹⁾Ultraviolet absorbency of 0.01M NaHCO₃ extract at 200nm.

⁽²⁾The amount of NH₄-N mineralized from soil in 2M-KCl solution for 4 hours at 90 °C

고추재배를 위해 선정된 공시토양의 pH는 1996년도에 4.7~7.3, 1997년도에 4.8~7.4, 1998년도에 4.6~7.3의 다양한 산도 분포를 보였고 유기물 함량은 1996년도에 3.0~41.0 g/kg, 1997년도에 9.0~28.0 g/kg, 그리고 1998년도에 7.0~24.0g/kg의 분포를 보였다. 1년차에서 3년차까지 전체 공시토양의 유효 인산 함량은 87~2,510 mg/kg, 잠재적 유기태질소의 평가로 활용되는 KCLA-N(90°C 에서 4시간 처리후 생성된 암모니아) 함량은 1.2~48.1 mg/kg, 토양 질소공급 능력의 유효지표로 활용되는 NO₃-N 함량은 2.3~305.0 mg/kg의 다양한 화학성 분포를 나타냈다. 그리고 그 이외의 화학성들의 함량분포에서도 선정된 시험포장간에 다양한 함량분포 특성을 보여 지형 및 토양 물리성들과 함께 공시토양의 비옥도 특성으로 나타났다(표 8, 8-1).

나. 연초재배 토양

Table 9. Chemical properties of experimental soils for tobacco (1996, 1997).

Site	NO ₂ -N (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)	pH (1:5)	O.M. (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch.-K (cmol/kg)	Exch.-Ca (cmol/kg)	Exch.-Mg (cmol/kg)	C.E.C. (cmol/kg)	E.C. (dS/m)	⁽¹⁾ UV-Ab ⁽²⁾ KCLA-N at 200nm (mg/kg)	
(1996)												
1	2.8	7.7	5.0	9.0	490	0.1	2.4	0.3	7.9	0.20	1.908	15.6
2	6.1	11.0	6.0	14.0	461	0.9	5.3	1.4	11.2	0.30	1.488	24.0
3	20.3	2.6	4.9	10.0	524	0.3	2.2	0.8	7.9	0.70	1.259	23.1
4	1.4	8.6	5.5	12.0	358	0.7	3.0	0.7	10.1	0.25	1.537	21.7
5	1.7	7.7	5.9	11.0	423	0.3	1.7	0.2	8.4	0.15	1.339	46.0
6	1.4	6.7	5.5	5.0	496	0.2	5.6	2.0	11.1	0.25	1.179	19.0
7	2.8	11.4	5.8	7.0	140	1.0	5.5	5.1	15.8	0.50	1.455	11.9
8	2.6	19.3	4.5	11.0	665	0.6	1.3	0.3	6.9	0.65	1.359	22.7
9	28.8	22.2	5.6	20.0	476	0.8	3.0	0.6	10.1	0.65	1.859	24.5
10	7.3	1.9	4.9	23.0	701	0.7	4.5	1.1	13.8	0.40	1.790	23.8
11	10.8	8.5	5.5	14.0	278	0.7	7.4	0.7	14.5	0.55	1.861	73.2
12	54.2	5.3	6.2	18.0	588	0.7	5.3	2.5	12.7	2.40	1.984	34.3
13	33.9	11.5	5.3	17.0	569	0.9	3.8	0.8	11.9	0.75	2.031	46.8
14	1.1	4.7	5.3	20.0	584	0.6	1.3	0.2	9.8	0.29	1.669	30.3
15	2.0	8.4	5.6	11.0	128	0.3	4.7	1.2	12.6	0.25	1.528	52.3
16	3.3	7.8	5.9	16.0	564	0.7	7.6	0.8	13.3	0.25	1.402	22.5
17	3.7	11.8	5.3	22.0	432	0.9	2.8	0.9	10.1	0.55	1.629	25.5
18	4.9	9.1	5.9	12.0	730	0.7	4.0	0.6	9.3	0.30	1.411	21.2
19	2.0	6.8	5.2	16.0	344	0.2	4.0	0.6	6.7	0.50	1.324	25.9
20	29.4	9.0	5.2	12.0	624	0.8	2.2	0.3	7.5	0.40	1.677	16.7
21	5.9	4.0	4.7	8.0	577	0.5	1.0	0.3	7.5	0.30	1.915	56.7
22	5.0	3.7	4.9	18.0	186	0.5	5.6	1.2	13.9	0.35	1.851	24.3
23	6.6	10.1	5.2	8.0	236	0.8	3.6	1.8	10.4	0.40	1.815	29.6
(1997)												
24	19.5	0.75	4.9	26.0	544	0.47	1.80	0.40	8.90	0.55	1.737	108.3
25	18.5	2.30	5.7	20.0	455	0.27	3.00	0.30	8.70	0.25	1.677	66.2
26	9.0	0.55	6.2	10.0	122	0.62	2.20	1.40	9.30	0.60	0.769	36.0
27	9.5	2.75	4.8	21.0	374	0.72	1.40	0.30	8.60	0.50	1.796	56.9
28	25.5	0.80	4.7	20.0	679	0.56	1.60	0.50	10.80	0.40	1.990	50.0
29	10.0	0.45	5.7	17.0	439	0.65	3.70	0.70	10.20	0.35	1.428	49.9
30	13.0	0.65	5.1	15.0	95	0.16	2.40	0.70	9.70	0.25	1.604	47.6
31	12.5	0.60	5.1	18.0	227	0.32	1.90	0.50	8.60	0.50	1.893	94.3
32	29.0	5.50	4.7	26.0	517	0.63	0.70	0.30	8.00	0.85	2.194	122.3
33	12.0	0.50	5.2	22.0	350	0.71	2.00	0.50	9.60	0.40	2.033	40.6
34	15.0	0.65	4.8	20.0	169	0.57	0.50	0.30	8.40	0.45	1.742	26.6
35	49.0	0.80	4.7	24.0	530	0.89	1.60	0.50	10.00	0.85	2.135	19.6
36	70.0	0.75	5.2	27.0	553	0.53	1.60	0.90	9.40	0.95	2.184	40.6
37	60.0	37.50	4.8	16.0	1103	0.76	0.60	0.40	7.10	0.90	2.132	170.8
38	75.0	2.30	5.1	13.0	502	0.42	5.90	1.70	12.60	0.95	2.042	26.6
39	14.5	1.55	5.2	16.0	176	0.39	4.70	2.60	12.30	0.30	1.339	38.1
40	8.0	0.95	5.9	11.0	243	0.24	7.10	2.70	14.40	0.20	0.848	42.9
41	38.5	8.50	4.9	12.0	300	0.36	2.10	0.60	8.40	0.50	1.919	63.9
42	7.5	0.55	6.0	9.0	98	0.22	1.50	0.40	5.60	0.25	1.004	43.0
43	75.0	41.00	5.8	19.0	517	0.50	2.20	0.80	8.60	1.05	2.067	230.1
44	6.0	0.95	5.4	14.0	276	0.32	2.80	0.80	9.60	0.20	1.304	73.2
45	46.0	3.05	5.1	19.0	175	0.74	2.10	0.60	8.70	0.95	2.001	52.2
46	39.0	6.00	4.8	15.0	854	0.58	1.20	0.40	8.80	0.60	1.991	78.0
47	32.5	11.00	5.1	22.0	482	0.66	3.10	0.90	9.80	0.80	1.892	26.6
48	23.0	1.25	4.9	26.0	572	1.17	6.00	1.50	14.90	0.70	1.997	115.2

⁽¹⁾Ultraviolet absorbency of 0.01M NaHCO₃ extract at 200nm.

⁽²⁾The amount of NH₄-N mineralized from soil in 2M-KCl solution for 4 hours at 90 ° C

Table 9-1. Chemical properties of experimental soils for tobacco (1998).

Site	NO ₃ -N (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)	pH (1.5)	O.M. (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch.-K (cmol/kg)	Exch.-Ca (cmol/kg)	Exch.-Mg (cmol/kg)	C.E.C. (cmol/kg)	E.C. (dS/m)	⁽¹⁾ UV-Abs ⁽²⁾ at 200nm	KCLA-N (mg/kg)
(1998)												
1	10.7	5.7	6.2	25.0	882	2.68	6.0	1.4	14.1	0.360	1.314	12.6
2	10.5	12.1	5.7	20.0	1188	0.57	4.1	0.9	9.6	0.275	1.038	42.9
3	10.8	9.3	5.7	11.0	377	0.98	5.1	2.0	11.8	0.270	0.263	49.9
4	55.0	8.2	5.4	28.0	729	0.74	5.6	0.8	12.4	1.028	1.21	34.5
5	16.1	5.1	5.1	16.0	371	0.78	4.2	0.4	10.0	0.375	1.308	31.7
6	8.3	8.8	5.5	18.0	829	1.23	4.0	0.3	10.1	0.235	1.467	7.9
7	10.9	12.4	5.8	13.0	12	0.65	4.8	1.0	8.5	0.118	1.117	14.9
8	6.6	20.2	6.0	2.0	406	0.28	5.7	1.9	9.7	0.133	1.322	14.9
9	11.0	15.7	5.1	10.0	377	0.77	5.5	0.8	11.9	0.243	1.267	17.9
10	7.1	14.5	5.1	12.0	741	1.30	5.2	0.8	11.5	0.655	1.662	39.2
11	12.3	6.1	7.0	10.0	770	1.55	5.5	1	8.1	0.438	1.147	12.6
12	41.6	47.6	5.1	11.0	347	0.49	4.5	1	10.8	0.303	0.156	19.6
13	42.8	8.9	5.3	7.0	312	1.14	5.2	0.6	9.8	1.088	1.481	21
14	27.8	6.5	5.3	11.0	429	0.58	5.5	0.4	9.1	0.505	1.192	12.1
15	9.5	8.6	6.7	26.0	820	1.33	6.3	1.1	9.6	0.530	1.028	30.8
16	11.6	12.4	5.5	22.0	558	0.88	3.6	0.3	7.4	0.185	0.217	11.7
17	6.4	14.7	5.7	29.0	256	1.02	5.6	1.6	11.9	0.380	1.431	14.9
18	9.6	12.6	4.7	20.0	759	1.17	3.9	0.3	10.2	0.748	1.07	15.4
19	27.1	15.7	5.4	26.0	1026	1.59	6.6	0.6	12.1	0.503	0.177	14.5

⁽¹⁾ Ultraviolet absorbency of 0.01M NaHCO₃ extract at 200nm

⁽²⁾ The amount of NH₄-N mineralized from soil in 2M-KCl solution for 4 hours at 90 °C

고추재배 토양의 화학성과 유사한 분포로 3년동안의 연초재배 공시토양의 pH는 4.7~7.0, 유기물 함량 8.0~29.0g/kg, 유효인산 함량 95~1,188 mg/kg의 분포를 보였다. 그리고 KCLA-N 함량은 7.9~230.1 mg/kg, NO₃-N 함량은 1.4~75.0 mg/kg, NH₄-N 함량은 0.5~41.0 mg/kg으로 선정된 공시토양의 특성으로서 매우 다양한 화학성을 보였다(표 9, 9-1).

3. 충북 6개 군의 토성 및 지형 분포 특성

Table 10-1. Area distribution classified by soil texture, aspect, slope, and altitude (Cheongweon and Eumseong county)

Factor	Classification									
(Cheongweon county)										
Soil Texture	Clay Loam	Silty CL	Silty Loam	Sandy Loam	Fine SL	Buried SL	Loam	Gravelly Loam	Cobbly Loam	
Area(km ²)	0.9	6.2	43.9	449.8	17.4	4.2	141.6	224.5	6.1	
(%)	0.1	0.6	4.6	47.2	1.8	0.4	14.8	23.5	0.6	
	Loamy Sand	Loamy fine Sand	Loamy Coarse Sand	Flood Plain	Rock	Non Survey				
Area(km ²)	4.9	12.5	3.4	0.8	0.3	37.5				
(%)	0.5	1.3	0.4	0.1	0.0	3.9				
Aspect	Flat	North	North East	East	South East	South	South West	West	North West	
Area(km ²)	403.1	54.2	57.3	58.4	76.0	52.3	75.2	84.3	89.7	
(%)	42.4	5.7	6.0	6.1	8.0	5.5	7.9	8.9	9.4	
Slope(%)	0%	0-5%	5-10%	10-30%	30-60%	60% <				
Area(km ²)	436.9	161.0	107.2	241.4	4.0	0.0				
(%)	46.0	16.9	11.3	25.4	0.4	0.0				
Altitude	< 200m	200-300m	300-500m	500m <						
Area(km ²)	696.1	132.2	120.0	2.1						
(%)	73.2	13.9	12.6	0.2						
(Eumseong county)										
Soil Texture	Silty CL	Silty Loam	Sandy Loam	Rocky SL	Fine SL	Gravelly SL	Loam	Rocky Loam	Gravelly Loam	
Area(km ²)	3.9	8.2	83.4	9.1	7.8	96.7	143.5	8.7	128.0	
(%)	0.7	1.6	16.2	1.8	1.5	18.7	27.8	1.7	24.8	
	Cobbly Loam	Flood Plain	Non Survey							
Area(km ²)	1.8	8.3	16.8							
(%)	0.4	1.6	3.3							
Aspect	Flat	North	North East	East	South East	South	South West	West	North West	
Area(km ²)	210.7	32.2	32.1	33.0	39.6	36.6	46.4	42.0	43.5	
(%)	40.8	6.2	6.2	6.4	7.7	7.1	9.0	8.1	8.4	
Slope	0%	0-5%	5-10%	10-30%	30-60%	60% <				
Area(km ²)	226.8	80.4	58.2	148.0	2.7	0.0				
(%)	43.9	15.6	11.3	28.7	0.5	0.0				
Altitude	< 200m	200-300m	300-500m	500m <						
Area(km ²)	364.8	107.3	42.0	2.3						
(%)	70.7	20.8	8.1	0.4						

1996년도 청원군경작지의 토성분포는 47.2%가 사양토로 가장 많았고 다음 이 자갈이 있는 양토로 28.5%를 차지하였으며 음성군은 양토 27.8%, 자갈이 있는 양토 24.8%, 사양토 16.2%의 순이었다. 청원군의 경사향 분포는 무경사가 42.4%로 가장 많았고 북서향 9.4%, 서향 8.9%의 순이었고 음성군은 무경사가 40.8%, 남서향 9.0%, 북서향 8.4%의 순이었다. 경사도는 청원군의 경우 평지

가 46.0%, 10~30% 경사도가 25.4%이었고 음성군의 경우 평지 43.9%, 10~30% 경사지가 28.7%를 나타냈다(표 10-1).

Table 10-2. Area distribution classified by soil texture, aspect, slope, and altitude (Boeun and Goesan county)

Factor	Classification									
(Boeun county)										
Soil Texture	Silty Loam	Gravelly SL	Sandy Loam	Fine SL	Gravelly SL	Loam	Gravelly Loam	Loamy F. Sand	Non Suvey	
Area(km ²)	19.9	49.2	50.4	9.5	22.3	26.6	25.0	1.1	395.2	
Percent(%)	3.3	8.2	8.4	1.6	3.7	4.4	4.2	0.2	65.9	
Aspect	Flat	North	North East	East	South East	South	South West	West	North West	
Area(km ²)	100.1	51.3	54.0	61.5	69.5	59.4	69.8	66.6	66.7	
Percent(%)	16.7	8.6	9.0	10.3	11.6	9.9	11.7	11.1	11.1	
Slope(%)	0%	0-5%	5-10%	10-30%	30-60%	60%<				
Area(km ²)	119.8	96.6	105.2	273.6	3.8	0.0				
Percent(%)	20.0	16.1	17.6	45.7	0.6	0.0				
Altitude	<200m	200-300m	300-500m	500m<						
Area(km ²)	194.4	181.9	187.5	35.2						
Percent(%)	32.5	30.4	31.3	5.9						
(Goesan county)										
Soil Texture	Silty Loam	Gravelly SL	Sandy Loam	Loamy Sand	Fine SL	Gravelly SL	Loam	Rocky Loam	Gravelly Loam	
Area(km ²)	26.4	32.9	66.2	0.8	10.3	58.3	60.6	1.7	47.0	
Percent(%)	3.0	3.8	7.6	0.1	1.2	6.3	7.0	0.2	5.4	
	F. Gravelly SL	Sandy Flood Plain	Gravelly Flood Plain	Non Suvey						
Area(km ²)	3.4	5.0	8.3	601.0						
Percent(%)	0.4	0.6	1.0	69.3						
Aspect	Flat	North	North East	East	South East	South	South West	West	North West	
Area(km ²)	190.4	90.1	89.8	76.8	84.9	83.3	104.1	94.7	107.9	
Percent(%)	20.7	9.8	9.7	8.3	9.2	9.0	11.3	10.3	11.7	
Slope	0%	0-5%	5-10%	10-30%	30-60%	60%<				
Area(km ²)	212.9	102.9	105.5	457.9	42.8	0.0				
Percent(%)	23.1	11.2	11.4	49.7	4.6	0.0				
Altitude	<200m	200-300m	300-500m	500m<						
Area(km ²)	324.9	247.5	256.8	92.8						
Percent(%)	35.2	26.8	27.9	10.1						

1997년도 보은군 경작지의 토성의 분포는 자갈이있는 미사질양토와 사양토가 8.2% 및 8.4%로서 가장 많았고 괴산군은 사양토와 양토가 7.6% 및 7.0%로서 가장 많았다. 지형특성에서 경사향은 보은군의 경우 남동, 남서, 서, 및 북서향이 11.1~11.7%의 분포로 가장 많았고 괴산군의 경우는 남서와 북서향이 11.3% 및 11.7%의 분포를 보였다. 경사도는 보은군과 괴산군 모두 10~30% 경

사도가 45.7% 및 49.7%로 가장 많았다. 선정된 포장의 표고는 200m 이하, 200-300m, 300-500m의 분포비율이 보은군은 각각 32.5%, 30.4%, 31.3%이었고, 괴산군은 각각 35.2%, 26.8%, 27.9%를 나타냈다(표 10-2).

Table 10-3. Area distribution classified by soil texture, aspect, slope, and altitude (Jincheon county and Chungju city)

Factor	Classification									
(Jincheon county)										
Soil Texture	Silty CL	Silty Loam	Sandy Loam	F. Sandy Loam	Loam	Gravelly SL	Gravelly Loam	F. Gravelly SL	F. Gravelly Loam	
Area(km ²)	7.1	11.2	40.6	10.0	72.8	12.5	21.3	2.4	6.1	
Percent(%)	1.7	2.8	10.0	2.5	18.0	3.1	5.3	0.6	1.5	
	Flood Plain	Non Survey								
Area(km ²)	9.3	211.8								
Percent(%)	2.3	52.3								
Aspect	Flat	North	North East	East	South East	South	South West	West	North West	
Area(km ²)	140.7	26.7	34.3	47.6	43.4	28.7	28.0	27.7	28.0	
Percent(%)	34.7	6.6	8.5	11.7	10.7	7.1	6.9	6.9	6.9	
Slope(%)	0%	0-5%	5-10%	10-30%	30-60%	60% <				
Area(km ²)	163.0	61.8	42.3	136.1	1.9	0.0				
Percent(%)	40.2	15.3	10.4	33.6	0.5	0.0				
Altitude	<200m	200-300m	300-500m	500m <						
Area(km ²)	292.2	68.7	43.4	0.7						
Percent(%)	72.1	17.0	10.7	0.2						
(Chungju city)										
Soil Texture	Loam	Burried SL	Silty CL	Silty Loam	Sandy Loam	F. Sandy Loam	Loamy F. Sand	Gravelly SL	Gravelly SL	
Area(km ²)	79.4	2.6	5.8	28.4	48.5	19.5	1.7	7.9	31.6	
Percent(%)	8.1	0.3	0.6	2.9	4.9	2.0	0.2	0.8	3.2	
	Gravelly Loam	Cobbly CL	F. Gravelly SL	F. Gravelly Loam	Flood Plain	Non Survey				
Area(km ²)	81.2	5.3	12.7	41.9	23.6	593.2				
Percent(%)	8.3	0.5	1.3	4.3	2.4	60.3				
Aspect	Flat	North	North East	East	South East	South	South West	West	North West	
Area(km ²)	275.5	90.6	99.8	87.7	83.2	78.6	89.1	85.6	93.2	
Percent(%)	28.0	9.2	10.1	8.9	8.5	8.0	9.1	8.7	9.5	
Slope	0%	0-5%	5-10%	10-30%	30-60%	60% <				
Area(km ²)	299.4	108.8	111.0	430.7	28.1	5.2				
Percent(%)	30.5	11.1	11.3	43.8	2.9	0.5				
Altitude	<200m	200-300m	300-500m	500m <						
Area(km ²)	564.4	204.6	167.7	46.6						
Percent(%)	57.4	20.8	17.1	4.7						

1998년도 진천군 경작지의 토성은 양토가 18.0%로 가장 많았고 충주시는 다양한 토성분포를 보여 자갈 있는 양토가 8.3%로 가장 높은 분포를 보였다. 경사향은 진천군의 경우 무경사 34.7%, 동향 11.7% 순이었고 충주시는 무경사

28%, 북동향 10.1%의 순이었다. 경상도에서도 마찬가지로 평지의 분포가 가장 많아 40.2%와 30.5%를 보였으며 충주의 경우는 10-30% 경사지가 43.8%로 매우 높은 분포를 보였다(표 10-3).

4. 건물중 및 수량

가. 고추

선정된 시험포장의 무비구 성장량은 공시토양의 비옥도 특성에 따라 수확기의 전체 건물중에서도 다양한 차이를 보여 1996년도에 최소 974kg/ha에서 최대 4,803 kg/ha, 1997년도에 최소 720kg/ha에서 최대 3,788kg/ha, 1998년도에 최소 645kg/ha에서 최대 3,548kg/ha로서 약 5배이상의 건물중 차이를 보였다. 98년도에는 선정된 24개 포장중에서 8월의 집중강우 피해로 2개 포장의 수확이 불가능하였다. 또한 시비구의 전체 건물중도 무비구에서와 같은 경향으로 시험포장간에 매우 큰 변이폭을 나타냈다. 그러나 1996년도에 토양중 질소 함량이 많았던 일부 시험구에서는 비료를 시용하지 않은 경우가 더 많은 건물중을 보여 질소과다에 의한 성장량 저하가 인정 되었다(표 11, 11-1).

Table 11. Yield and dry weight of red pepper (1996, 1997)

Site	No Fertilization plot				Recomm. Fertilization plot			
	Dry Weight			Yield Pepper	Dry Weight			Yield Pepper
	Stem	Leaves	Total		Stem	Leaves	Total	
(1996)	----- (kg/ha) -----							
1	447	1,269	1,715	8,588	426	1,206	1,632	10,601
2	841	1,326	2,167	9,970	1,469	1,742	3,211	21,341
3	617	1,027	1,644	15,350	962	1,491	2,453	20,944
4	1,853	2,590	4,443	22,843	1,779	2,618	4,397	36,929
5	741	834	1,575	16,506	1,378	1,599	2,977	22,126
6	964	1,310	2,275	8,188	554	979	1,533	12,506
7	1,002	1,200	2,202	9,460	1,245	1,185	2,430	21,883
8	1,562	1,658	3,220	11,915	837	1,764	2,601	10,196
9	1,024	1,506	2,531	9,680	1,643	2,000	3,643	8,310
10	490	691	1,182	11,971	1,260	1,713	2,974	26,188
11	449	732	1,181	6,489	1,347	1,488	2,835	9,417
12	1,145	1,298	2,443	11,160	598	1,092	1,690	8,372
13	1,109	1,292	2,401	17,442	977	923	1,899	25,908
14	486	792	1,278	4,234	580	987	1,567	11,233
15	472	784	1,255	12,796	1,540	1,859	3,399	5,540
16	1,243	1,736	2,980	38,947	1,211	1,562	2,772	36,360
17	618	1,215	1,833	10,803	863	1,947	2,810	20,299
18	2,455	2,348	4,803	19,842	1,540	1,896	3,436	17,789
19	448	1,020	1,468	15,486	841	1,287	2,129	17,600
20	850	737	1,587	9,405	1,294	1,674	2,968	8,079
21	337	637	974	10,231	761	1,064	1,825	47,423
22	762	1,078	1,839	7,114	763	1,556	2,319	17,388
(1997)								
23	1,174	737	1,911	14,471	1,329	765	2,094	17,568
24	584	330	914	12,000	1,489	866	2,355	13,333
25	726	435	1,161	4,027	805	485	1,290	7,904
26	492	298	790	7,543	1,420	808	2,227	14,864
27	762	440	1,202	13,444	1,988	1,231	3,219	20,408
28	1,136	714	1,851	10,682	1,800	1,105	2,905	15,911
29	445	272	717	6,945	1,061	640	1,701	12,721
30	575	366	941	5,445	1,213	700	1,913	10,556
31	933	540	1,473	15,000	1,444	881	2,325	15,037
32	734	438	1,172	11,139	1,349	869	2,218	13,389
33	2,339	1,449	3,788	8,067	2,550	1,571	4,121	10,761
34	1,342	771	2,113	13,370	1,541	971	2,511	23,482
35	1,421	845	2,266	11,686	2,232	1,438	3,670	12,934
36	919	561	1,480	5,849	2,485	1,544	4,029	7,389
37	435	284	720	8,278	673	400	1,073	9,630
38	660	433	1,093	6,508	789	458	1,247	10,985
39	997	632	1,629	7,551	2,584	1,521	4,104	20,602
40	1,065	706	1,771	6,815	1,795	1,046	2,841	20,444
41	1,658	983	2,641	6,723	2,129	1,270	3,399	8,388
42	1,055	610	1,666	7,564	1,419	922	2,341	10,726

Table 11-1. Yield and dry weight of red pepper (1998)

Site (1998)	No Fertilization plot				Recomm. Fertilization plot			
	Dry Weight			Yield Pepper (kg/ha)	Dry Weight			Yield Pepper
	Stem	Leaves	Total		Stem	Leaves	Total	
1	874	283	1,157	5,772	1,385	472	1,857	6,660
2	---	---	---	---	---	---	---	---
3	2,094	1,146	3,240	12,696	2,383	1,894	4,276	15,915
4	790	195	985	4,128	1,849	692	2,541	10,473
5	1,351	1,293	2,644	8,340	2,251	1,642	3,893	13,371
6	538	375	913	3,303	1,430	744	2,174	9,786
7	1,031	585	1,616	6,810	2,732	1,752	4,484	19,425
8	2,092	1,456	3,548	10,437	3,619	2,265	5,884	18,408
9	1,108	571	1,679	6,201	1,982	1,009	2,991	12,546
10	984	455	1,439	7,848	2,621	1,879	4,500	16,200
11	1,323	866	2,189	8,466	2,140	1,356	3,496	14,688
12	1,087	763	1,850	7,881	2,081	1,454	3,534	12,039
13	---	---	---	---	---	---	---	---
14	1,204	465	1,669	10,989	2,476	1,252	3,728	15,594
15	975	462	1,437	7,989	2,399	1,180	3,578	14,037
16	484	160	645	3,774	1,712	849	2,562	9,603
17	709	412	1,121	4,170	1,210	900	2,111	9,249
18	1,067	936	2,003	7,134	1,731	1,376	3,106	13,152
19	1,869	947	2,816	10,095	1,627	1,551	3,177	17,325
20	1,110	626	1,736	8,493	1,604	1,261	2,864	13,209
21	1,078	803	1,880	6,708	2,142	1,461	3,603	12,879
22	1,155	961	2,116	10,842	2,069	1,472	3,541	14,760
23	1,058	911	1,968	8,403	2,024	1,636	3,659	13,095
24	545	525	1,070	4,173	2,091	1,539	3,631	15,594

나. 연초

연초의 건물중도 고추와 마찬가지로 공시토양의 다양한 비옥도 특성에 따라 선정된 시험포장의 무비구 생장량은 큰 차이를 나타냈다. 앞담배 수량으로 고려되는 수확기의 건엽중을 비교해 볼 때 1996년도에 최소 788kg/ha에서 최대 4,006kg/ha, 1997년도에 최소 522kg/ha에서 최대 2,293kg/ha, 98년도에 최소 609kg/ha에서 최대 2,396kg/ha로서 고추와 비슷하게 약 5배이상의 건엽중 차이를 보였다. 1998년도에는 선정된 24개 포장중에서 8월의 집중강우 피해로 2개 포장의 수확이 불가능하였다.

Table 12. Dry weight of tobacco (1996, 1997).

Site	No Fertilization plot			Recomm. Fertilization plot		
	Stem	Leaves	Total	Stem	Leaves	Total
(1996)	----- (kg/ha) -----					
1	1,056	1,666	2,722	1,026	2,610	3,636
2	943	1,051	1,994	1,217	1,698	2,915
3	430	1,197	1,626	1,574	2,559	4,134
4	884	1,721	2,606	2,127	2,838	4,964
5	741	1,050	1,790	1,899	2,686	4,585
6	525	1,227	1,752	1,705	2,032	3,738
7	700	1,914	2,614	1,992	2,730	4,722
8	783	1,726	2,509	1,297	1,936	3,234
9	1,347	1,549	2,895	1,646	1,672	3,318
10	868	1,179	2,047	1,726	1,625	3,351
11	1,739	2,600	4,339	1,431	2,599	4,031
12	1,932	4,006	5,938	1,928	2,531	4,458
13	1,314	1,653	2,966	1,135	2,066	3,202
14	497	1,197	1,695	844	1,809	2,653
15	652	788	1,440	1,125	1,717	2,842
16	652	818	1,470	952	1,863	2,816
17	1,073	1,752	2,825	1,254	2,026	3,280
18	1,039	1,709	2,748	1,348	2,568	3,916
19	382	874	1,256	1,765	1,561	3,325
20	1,638	2,147	3,785	1,796	2,811	4,607
21	952	1,974	2,926	1,239	2,066	3,305
22	490	844	1,334	1,273	2,236	3,508
23	940	1,806	2,745	2,063	2,570	4,633
(1997)						
24	1,346	1,212	2,558	1,534	2,309	3,843
25	679	1,530	2,209	1,385	1,804	3,189
26	497	913	1,410	1,338	1,920	3,258
27	316	729	1,045	1,580	2,180	3,760
28	794	1,494	2,287	1,424	1,844	3,268
29	376	1,075	1,451	900	1,723	2,623
30	1,011	1,747	2,758	1,219	2,087	3,307
31	596	867	1,464	1,621	1,455	3,076
32	347	1,019	1,367	662	1,146	1,808
33	591	1,164	1,755	1,453	2,186	3,639
34	204	769	973	525	1,335	1,860
35	1,050	1,261	2,311	2,296	3,116	5,412
36	1,243	1,914	3,158	1,635	2,483	4,118
37	1,771	2,036	3,808	1,742	2,238	3,981
38	300	1,056	1,356	1,901	2,002	3,903
39	1,712	1,961	3,674	2,214	2,702	4,916
40	700	1,639	2,339	1,749	2,301	4,050
41	1,430	1,931	3,361	1,901	1,933	3,835
42	701	1,407	2,108	2,122	2,648	4,771
43	1,610	2,293	3,904	2,335	2,278	4,614
44	511	846	1,357	1,776	1,659	3,435
45	374	522	896	1,722	1,769	3,491
46	672	1,376	2,048	1,983	2,349	4,331
47	417	790	1,207	2,160	2,050	4,210
48	247	540	787	1,447	1,957	3,404

Table 12-1. Dry weight of tobacco (1998).

Site	No Fertilization plot			Recomm. Fertilization plot		
	Stem	Leaves	Total	Stem	Leaves	Total
(1998)	----- (kg/ha) -----					
1	263	625	888	1,020	1,758	2,778
2	1,420	2,396	3,816	1,572	2,737	4,309
3	1,564	1,310	2,874	2,771	3,895	6,666
4	782	1,623	2,405	1,957	3,619	5,576
5	320	570	890	2,520	3,943	6,464
6	695	1,337	2,031	1,868	2,766	4,634
7	649	1,185	1,833	1,841	2,592	4,433
8	598	1,233	1,831	2,493	3,460	5,954
9	214	609	823	2,176	3,196	5,373
10	1,293	1,957	3,250	1,557	2,309	3,866
11	545	1,102	1,646	1,127	2,429	3,556
12	581	1,416	1,997	1,888	2,695	4,583
13	1,134	2,021	3,154	1,865	3,222	5,087
14	985	1,792	2,777	2,256	3,731	5,987
15	736	1,581	2,317	1,468	2,631	4,099
16	769	1,568	2,337	1,451	2,639	4,090
17	613	1,067	1,680	1,259	2,054	3,313
18	1,177	1,516	2,693	2,179	2,555	4,734
19	391	902	994	2,028	2,743	4,771

또한 시비구의 전체 건엽중은 무비구에서와 같은 경향으로 시험포장간에 매우 큰 변이폭을 나타냈으나 1996년도에 4개 포장과 1997년도에 1개 포장에서는 시비구에서 오히려 적은 건엽중을 나타냈다. 이와같이 고추 및 연초의 생장량이 시비구에서 더 적은 결과는 비료가 현재 비효율적으로 사용되고 있음을 암시하는 것이며 비옥도에 따른 적정시비량 추천방법의 확립이 절실하게 요구된다는 것을 간접적으로 시사하고 있다(표 12, 12-1).

5. 추천 시비량 확인시험

연초 재배시험의 2년간 비옥도 평가 결과의 수치자료로부터 평가한 모델식을 적용하여 추천시비량을 추정하여 5개 시험포장에 확인시험을 수행 하였다. 표 11과 같이 1998년도 시험포장 3, 5, 13, 17, 19에서 표준시비량의 10%에서 50% 감비 수준으로 시비하여 적심기와 수확기에 건엽중을 조사하였다. 표준 시비구의 건엽중과 비교할 때 추천시비구 건엽중의은 5번 토양이 67%의 건엽중을 보여 다소 낮았으나 그이외 토양에서는 81% - 99%의 건엽중 생산비율을 보였다. 이는 5개 포장중 4개 포장에서 추천시비량이 비교적 근접하여 평가 되었다는 것을 시사하고 있다(표 13).

Table 13. Dry weight of tobacco as to reduced application rate of fertilizer by estimation.

Site	Topping stage			Harvesting stage			Reduced rate of Recomm Fertilization (%)
	Recomm Fertilization (kg/ha)	Estimated Fertilization (kg/ha)	Ratio of Estim/Recomm	Recomm Fertilization (kg/ha)	Estimated Fertilization (kg/ha)	Ratio of Estim/Recomm	
(Tobacco)							
3	2,130	2,207	1.04	3,895	3,155	0.81	30
5	2,016	1,637	0.81	3,943	2,632	0.67	40
13	2,079	1,890	0.91	3,222	3,203	0.99	10
17	1,123	836	0.74	2,054	1,894	0.92	50
19	2,319	1,806	0.78	2,743	2,356	0.86	20

6. 양분 흡수량

가. 고추

Table 14. Amount of nutrients uptake by red pepper (1996, 1997).

Site	No Fertilization plot					Recomm. Fertilization plot				
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
----- (kg/ha) -----										
(1996)										
1	40.0	18.0	49.3	38.5	10.5	30.9	18.4	46.7	36.6	10.1
2	30.6	14.6	55.7	44.9	9.0	41.8	23.5	68.4	66.2	16.4
3	29.2	18.0	38.4	30.0	4.5	36.5	29.9	67.0	51.4	7.9
4	83.9	50.0	130.3	85.8	14.7	79.0	50.9	130.5	96.9	16.7
5	28.7	11.2	43.7	28.5	7.5	47.6	19.6	83.8	50.9	13.8
6	33.8	14.6	66.8	48.0	7.3	22.7	9.6	45.7	31.6	5.9
7	31.5	17.8	59.4	34.0	9.6	38.8	20.1	68.7	37.3	13.4
8	68.0	22.4	93.8	60.4	20.8	47.2	20.3	76.5	49.0	17.7
9	44.9	16.7	72.0	53.5	16.4	62.7	21.5	102.2	69.8	21.0
10	17.8	9.3	31.3	20.0	4.8	41.3	24.8	83.8	52.1	13.8
11	16.5	8.4	25.8	15.7	4.5	29.8	21.7	60.2	37.6	14.5
12	36.2	22.7	52.1	28.2	15.3	26.5	14.8	40.9	22.8	12.4
13	32.7	13.0	43.4	28.2	13.1	30.8	11.6	40.6	21.8	9.4
14	20.3	10.6	31.7	16.8	9.0	28.2	14.0	37.2	20.7	10.7
15	19.8	8.9	34.5	14.2	8.2	56.7	28.0	86.0	41.0	21.7
16	56.2	20.8	61.5	35.6	18.0	43.0	18.9	62.3	37.4	16.2
17	29.1	14.5	39.9	20.3	15.0	57.0	22.1	57.6	30.0	26.5
18	68.7	38.4	89.4	33.4	25.1	56.8	25.2	61.5	37.1	18.2
19	18.4	12.0	29.8	14.6	10.1	28.8	14.6	41.8	19.8	12.2
20	20.4	9.8	38.8	21.3	8.5	43.9	20.2	72.8	50.5	20.7
21	15.0	5.3	22.1	15.5	5.9	27.2	9.0	45.1	33.3	11.1
22	28.0	15.5	46.6	35.5	14.6	39.8	21.0	63.4	43.5	19.7
(1997)										
23	38.3	8.1	89.9	31.9	6.9	47.1	8.9	91.5	40.1	7.9
24	17.5	3.1	39.6	13.0	2.2	49.2	7.4	107.5	41.4	7.0
25	21.7	4.9	51.7	16.0	3.9	26.3	5.7	61.0	18.4	4.1
26	15.4	3.4	34.7	13.5	3.4	49.6	9.5	89.9	40.1	10.4
27	26.1	4.5	52.5	18.2	4.3	69.4	11.2	140.0	65.3	13.9
28	38.9	5.5	91.6	28.6	7.4	56.8	11.0	152.1	55.6	14.4
29	14.0	2.6	36.3	8.8	2.9	34.7	7.2	76.5	30.8	7.7
30	17.5	4.3	41.0	13.8	3.7	37.5	8.8	82.4	30.4	6.3
31	28.7	5.5	71.9	30.6	6.5	49.3	8.0	113.6	47.5	11.8
32	21.9	5.5	82.2	18.6	3.7	45.8	9.3	134.4	52.6	9.1
33	74.7	17.7	140.4	55.9	11.6	88.4	15.2	185.6	62.3	14.7
34	37.3	6.2	95.5	25.6	5.4	48.3	7.8	109.1	39.1	7.9
35	45.6	9.7	96.0	25.9	6.7	74.6	10.9	173.4	50.0	13.5
36	27.9	6.4	57.8	17.5	3.5	81.0	17.0	186.6	56.0	14.5
37	15.1	3.8	30.4	12.0	2.0	22.5	4.5	35.8	15.6	3.4
38	22.8	5.1	41.0	16.5	5.1	28.8	3.7	63.0	23.1	6.4
39	35.9	4.8	54.3	21.7	5.1	95.4	13.5	329.5	66.0	14.4
40	37.4	9.3	78.5	24.2	6.8	63.9	12.4	151.6	41.8	11.3
41	54.2	11.2	141.0	36.2	10.9	78.8	12.0	169.7	49.8	13.4
42	35.4	6.5	74.0	25.7	6.3	54.9	9.8	97.6	32.0	10.4

Table 14-1. Amount of nutrients uptake by red pepper (1998).

Site	No Fertilization plot					Recomm. Fertilization plot				
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
(1998)	----- (kg/ha) -----									
1	17.6	9.5	32.4	18.8	55.5	34.2	9.8	55.2	25.7	55.3
2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3	44.7	11.4	96.1	41.9	79.5	81.0	18.8	156.3	66.2	94.7
4	15.5	8.7	34.7	7.3	53.3	50.3	13.2	82.3	20.2	84.2
5	49.4	8.4	94.2	33.2	68.6	83.4	15.8	140.3	59.0	114.1
6	14.7	4.9	21.8	11.6	43.7	39.4	12.4	71.6	31.6	73.7
7	24.3	14.7	53.2	18.5	71.6	102.1	26.8	177.7	69.4	117.3
8	67.5	15.2	125.4	69.1	84.7	134.0	19.5	242.4	129.2	130.3
9	23.9	11.9	50.2	18.3	70.5	54.3	13.5	111.8	42.1	101.6
10	24.8	12.0	41.9	29.3	115.3	89.6	22.3	147.5	115.1	155.4
11	43.9	25.5	62.9	42.0	105.0	79.0	19.8	95.7	54.9	137.4
12	31.1	14.9	54.6	33.8	84.0	71.1	14.7	79.6	58.6	149.2
13	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14	19.3	6.5	58.3	14.0	45.1	69.0	10.0	133.0	32.2	51.8
15	15.9	10.9	39.9	20.9	38.7	67.4	15.1	116.8	77.0	84.3
16	7.4	2.9	17.9	6.4	31.4	43.3	8.0	72.7	31.5	67.9
17	21.5	4.3	24.8	13.6	31.7	54.9	6.2	44.7	27.9	69.8
18	34.7	7.0	55.4	38.0	53.4	64.5	11.2	108.7	62.0	73.6
19	36.0	10.8	98.5	39.0	47.4	65.7	11.0	110.2	76.8	54.0
20	20.4	10.3	35.7	42.4	145.8	78.4	12.4	68.7	76.8	150.4
21	25.5	13.1	40.7	26.0	60.8	73.6	18.6	69.7	85.0	139.7
22	35.0	6.6	47.5	49.2	75.8	80.3	10.2	73.7	93.3	100.2
23	25.3	7.8	57.9	29.2	31.4	84.4	10.3	87.5	84.4	107.2
24	18.3	4.6	38.4	14.5	39.3	85.1	11.5	153.1	72.0	70.6

고추 수확기에 무비구 식물체에 흡수된 양분량은 지상부 건물중에서와 같은 경향으로 다양한 분포를 보여 비옥도 평가에서 토양의 질소공급능력의 평가에 활용하는 질소흡수량은 1996년에 최소 15.0kg/10a 에서 최대 83.9 kg/10a, 1997년에 최소 14.0kg/ha에서 최대 74.7kg/ha, 1998년에는 최소 7.4 kg/ha에서 최대 67.5kg/ha로서 약 5-9배의 차이를 나타냈다. 시비구의 식물체에 의해 흡수된 양분량도 무비구에서와 마찬가지로 선정된 포장간에 매우 큰 차이를 보였으며 일부 포장의 질소흡수량은 무비구보다 적은 경우도 있었다(표 14, 14-1).

Table 15. Amount of nutrients uptake by the tobacco leaves (1996, 1997).

Site	No Fertilization plot					Recomm. Fertilization plot				
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	(kg/ha)									
(1996)										
1	26.5	8.1	32.2	27.7	20.3	59.2	15.5	51.0	52.1	34.6
2	22.2	4.7	21.7	13.5	4.2	28.1	8.0	35.5	42.7	13.5
3	22.1	7.9	21.1	14.5	3.5	56.4	16.7	52.2	88.9	14.7
4	23.9	7.0	34.6	25.3	7.6	72.4	10.5	57.3	54.7	10.5
5	17.9	4.6	21.3	17.5	2.7	40.7	13.0	55.1	108.1	8.0
6	15.6	4.8	24.0	9.2	8.6	39.3	9.7	43.9	42.8	19.3
7	61.4	9.7	37.5	59.7	42.6	68.9	16.3	54.2	85.4	44.0
8	31.2	6.7	33.6	16.3	12.0	36.0	9.7	37.5	34.7	20.1
9	33.2	4.7	32.1	39.1	11.2	44.5	4.7	34.9	19.3	10.2
10	22.8	4.7	24.6	11.9	5.0	12.7	7.9	36.8	32.8	12.9
11	53.4	13.1	53.7	62.5	11.3	56.8	18.5	56.1	22.3	17.8
12	68.0	32.8	87.8	93.7	56.3	61.4	19.4	53.4	83.5	35.5
13	24.5	9.5	35.6	32.7	12.3	60.0	12.6	44.7	51.0	22.9
14	7.2	6.0	24.7	19.1	3.1	54.7	11.1	39.4	47.6	7.1
15	1.8	4.3	15.7	23.3	10.7	47.8	8.0	36.0	33.2	10.1
16	2.4	2.9	14.4	10.9	3.7	54.7	8.6	39.1	42.2	16.0
17	6.1	7.2	33.3	7.2	2.9	48.4	9.8	43.4	57.4	14.0
18	9.3	7.1	33.1	14.7	4.4	73.0	11.7	55.8	85.0	15.5
19	5.6	4.3	16.1	13.9	4.4	24.6	6.6	31.6	37.7	7.8
20	11.6	13.5	46.4	52.5	11.3	98.1	25.3	62.4	74.9	21.9
21	7.5	13.5	42.2	39.3	6.2	69.5	19.3	45.1	27.3	7.6
22	4.5	3.4	14.9	12.3	2.4	34.2	7.4	46.3	46.9	12.4
23	14.0	10.0	37.8	13.5	3.5	51.2	13.9	54.9	29.9	6.0
(1997)										
24	7.4	7.8	26.5	13.1	2.8	34.7	9.8	99.0	75.7	10.3
25	15.4	8.8	38.6	13.8	3.1	22.2	9.0	93.6	50.8	7.4
26	4.7	4.3	22.5	4.7	4.5	40.2	9.5	105.8	44.9	21.9
27	5.6	3.0	19.5	4.4	1.2	26.5	9.7	97.3	69.4	7.2
28	12.3	8.8	37.5	16.2	4.4	34.5	9.1	84.8	65.4	9.4
29	16.5	7.0	23.3	13.5	6.1	34.6	6.9	75.4	62.4	10.3
30	39.7	11.7	74.9	36.8	6.4	39.9	12.3	107.2	89.7	14.1
31	8.3	4.4	22.4	3.6	1.7	21.5	6.3	59.2	39.3	7.1
32	10.3	5.5	34.3	4.6	2.4	20.4	6.4	63.1	16.3	4.1
33	12.7	7.5	30.8	7.1	3.3	27.9	11.1	91.6	68.5	11.7
34	6.7	4.6	23.9	3.4	1.7	23.5	7.9	58.5	21.0	3.8
35	15.4	5.4	39.7	14.4	4.0	46.9	15.3	110.7	99.8	11.0
36	22.4	13.1	63.2	30.7	10.2	42.1	12.3	114.8	97.6	15.2
37	58.2	17.0	81.1	41.7	15.4	54.9	23.2	115.6	69.0	13.8
38	15.8	9.8	31.0	16.2	8.2	40.0	16.3	55.9	68.7	10.6
39	18.0	10.0	53.2	17.5	7.1	31.9	15.9	98.0	56.0	9.8
40	15.7	9.0	44.8	9.8	5.3	31.1	16.1	91.9	60.5	12.9
41	29.8	10.3	71.4	17.2	6.8	28.5	11.2	87.6	71.0	15.2
42	17.9	7.6	42.3	23.7	5.2	30.2	16.0	158.9	77.2	14.4
43	47.8	13.1	77.7	37.6	14.9	59.2	17.2	114.9	93.4	21.8
44	14.6	4.8	20.3	7.3	2.1	16.7	10.9	61.6	40.5	6.9
45	12.5	3.0	17.9	7.9	1.9	21.7	8.6	57.4	33.9	5.2
46	18.6	7.7	41.4	26.6	6.3	54.2	16.1	95.9	93.5	20.2
47	13.5	4.5	40.4	12.5	3.3	60.0	12.8	86.7	75.7	10.4
48	5.9	6.0	14.8	11.4	2.5	26.6	12.8	64.8	53.6	9.8

Table 15-1. Amount of nutrients uptake by the tobacco leaves (1998).

Site	No Fertilization plot					Recomm Fertilization plot				
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
------(kg/ha)-----										
(1998)										
1	9.2	2.8	18.7	9.0	1.9	38.5	6.9	62.7	36.1	6.8
2	41.8	13.2	73.4	35.9	12.7	55.9	14.1	102.9	41.1	9.9
3	24.2	4.5	39.7	34.7	6.1	60.1	14.7	103.1	78.3	17.7
4	30.3	8.1	47.9	24.5	6.3	65.0	13.2	103.3	77.0	17.7
5	8.7	2.6	14.7	5.9	1.6	94.4	15.6	142.6	69.9	12.2
6	22.8	6.5	31.3	15.5	4.1	57.2	12.5	94.8	53.6	8.5
7	17.7	7.7	30.2	21.8	4.8	57.9	12.5	74.1	58.4	11.4
8	17.7	5.3	25.2	18.0	4.7	70.1	12.6	95.3	70.8	17.9
9	10.9	4.3	18.7	5.8	1.4	55.3	13.6	103.6	58.2	10.4
10	48.0	10.1	80.8	38.5	13.9	52.7	17.4	104.3	51.4	19.3
11	16.0	9.2	30.1	17.6	4.5	47.6	10.2	77.0	46.3	12.0
12	26.2	6.3	35.1	29.8	4.6	55.5	11.2	81.1	85.7	13.9
13	36.2	8.9	63.7	23.0	5.1	70.7	12.0	102.0	57.8	11.2
14	24.6	7.8	45.3	28.6	8.8	94.0	16.4	115.0	69.9	23.0
15	41.7	6.7	44.1	13.7	1.8	56.7	10.3	71.5	55.1	11.3
16	30.4	7.3	50.5	41.7	8.6	73.0	12.7	118.5	53.6	10.6
17	18.4	4.3	27.1	18.1	2.8	41.7	9.3	47.5	30.9	5.5
18	24.2	6.8	53.1	26.9	4.1	56.2	11.5	76.0	39.1	8.1
19	12.5	7.2	23.2	19.0	4.2	48.8	11.7	63.1	72.8	18.6

나. 연초

고추의 경우와 유사하게 연초 수확기에 무비구 엽증에 흡수된 질소량은 1996년에 최소 1.8kg/ha에서 최대 68.0kg/ha, 1997년에 최소 4.7kg/ha에서 최대 58.2kg/ha, 1998년에 최소 8.7kg/ha에서 최대 48.0kg/ha로서 5배 이상의 차이를 나타내어 다양한 질소공급 능력을 나타냈다(표 15, 15-1).

고추와 연초 무비재배의 건물중과 식물체에 의한 질소, 인산, 칼륨 흡수량은 선정된 공시토양의 비옥도 특성으로 간주하고 또한 시비구의 건물중과 양분 흡수량에서 무비구의 건물중 및 질소, 인산, 칼륨 흡수량을 공제한 값을 비료 전체효과, 비료 질소효과, 비료 칼륨효과로 고려하여 토양화학성과 지형 및 토양 물리성 등의 독립변수들과 상호관계를 분석하는데 활용하였다.

7. 비옥도 및 비료효과 평가

3년간의 시험결과를 종합하여 고추 및 연초의 비옥도 요인으로 고려한 무비구 건물중과 질소, 인산, 칼륨 흡수량과 시비구에서 무비구의 이들 값을 공제한 비료효과와의 상호관계를 표 16에 나타냈다. 두 작물 모두 비옥도 요인들간에는 상관계수 0.7이상의 유의성 있는 상관을 보였고 또한 비료효과들간의 상관계수도 고추는 0.74~0.92, 연초는 0.45~0.87의 유의성 있는 관계를 보였다. 그리고 비옥도 요인들과 비료효과들간에는 부의 상관관계를 나타냈다.

Table 16. Correlation coefficients for the relationship among dry weight, amounts of nutrients uptake, and fertilizer effects (1996-1998)

Crop		(1)Dry weight	(2)N -uptake	(2)P -uptake	(2)K -uptake	(3)Fert. T-effect	(3)Fert. N-effect	(3)Fert. P-effect
Red pepper	N-uptake	0.930						
	P-uptake	0.776	0.784					
	K-uptake	0.878	0.888	0.706				
	Fert. T-effect	-0.335	-0.384	-0.281	-0.278			
	Fert. N-effect	-0.207	-0.336	-0.208	-0.196	0.919		
	Fert. P-effect	-0.400	-0.432	-0.481	-0.312	0.839	0.742	
	Fert. K-effect	-0.231	-0.292	-0.242	-0.236	0.883	0.826	0.775
Tobacco	N-uptake	0.738						
	P-uptake	0.894	0.692					
	K-uptake	0.935	0.786	0.849				
	Fert. T-effect	-0.570	-0.500	-0.520	-0.600			
	Fert. N-effect	-0.265	-0.508	-0.234	-0.317	0.525		
	Fert. P-effect	-0.297	-0.249	-0.318	-0.276	0.740	0.490	
	Fert. K-effect	-0.459	-0.484	-0.478	-0.504	0.866	0.447	0.648

(1) Dry weight of red pepper plant and tobacco leaves with no fertilization

(2) The amounts of N, P, and K uptake by red pepper plant and tobacco leaves with no fertilization.

(3) Fertilizer total, N, P, and K effect were estimated from differences of dry weight, N uptake, P uptake, and K uptake by red pepper plant and tobacco leaves between fertilization and no fertilization plot.

Table 17. Correlation coefficients for the relationship among dry weight, amounts of N uptake, fertilizer effects, and chemical properties of soils.

Year	Factors	Red pepper				Tobacco			
		(1) Dry weight	(2) N-uptake	(3) Fert. T-effect	(3) Fert. N-effect	(1) Dry weight	(2) N-uptake	(3) Fert. T-effect	(3) Fert. N-effect
1996	NO ₃ -N	NS	NS	NS	NS	0.849**	0.670**	-0.809**	NS
	Exch.-Mg	NS	NS	NS	NS	NS	0.553*	NS	NS
	E.C.	NS	NS	NS	NS	0.787**	0.615**	-0.820**	NS
	(4)UV-Abs.	NS	NS	NS	NS	0.490*	NS	-0.513*	NS
1997	NO ₃ -N	NS	NS	NS	NS	NS	0.490*	NS	NS
	NH ₄ -N	NS	NS	NS	NS	NS	0.614**	NS	NS
	Exch.-K	NS	NS	NS	NS	-0.417*	NS	0.464*	NS
	K/(Ca+Mg) ^{0.5}	0.540*	0.551*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	(5)KCLA-N	NS	NS	NS	NS	NS	0.549**	-0.452*	NS
1998	Avail.-P ₂ O ₅	0.428*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Exch.-K	NS	NS	0.601**	0.476*	NS	NS	NS	NS
	K/(Ca+Mg) ^{0.5}	NS	NS	0.625**	0.500*	NS	NS	NS	NS
	(5)KCLA-N	NS	NS	NS	NS	NS	0.509*	NS	NS
96-98 3 Years	NO ₃ -N	NS	NS	NS	NS	0.468**	0.432**	-0.521**	NS
	NH ₄ -N	NS	NS	NS	NS	0.253*	NS	NS	NS
	Avail.-P ₂ O ₅	0.363**	0.265*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	E.C.	NS	NS	NS	NS	0.375**	0.336**	-0.456**	NS
	(4)UV-Abs.	NS	NS	-0.344**	-0.348**	NS	NS	NS	NS
(5)KCLA-N	NS	NS	NS	NS	0.298*	NS	NS	NS	

(1) Dry weight of red pepper plant and tobacco leaves with no fertilization

(2) The amount of N uptake by red pepper plant and tobacco leaves with no fertilization.

(3) Fertilizer total and N effects were estimated from differences of dry weight and N uptake by red pepper plant and tobacco leaves between fertilization and no fertilization plot.

(4) Ultraviolet absorbency of 0.01M NaHCO₃ extract at 200nm

(5) The amount of NH₄-N mineralized from soil in 2M-KCl solution for 4 hours at 90 °C

Red pepper 1996(n=22), 1997(n=20), 1998(n=22)

Tobacco 1996(n=23), 1997(n=25), 1998(n=19)

표 17은 고추 및 연초의 연도별 비옥도 및 비료효과 요인들에 토양 화학성들의 상관계수를 나타낸 것이다. 이들 요인들과 유의성 있는 상관을 갖는 화학성 지표들은 고추보다 연초에서 더 많았으며 고추의 경우 96년도에는 유의성있는 화학성이 없었다. 또한 유의성 있는 것으로 선발된 지표들도 년차간에 일관성을 보이지 않고 상이한 경향을 나타냈다. 즉 비옥도와 비료효과에 작용하는 화학성이 년차간에 다르다는 것을 보였으며 3년간의 결과를 종합한 경우 선발된 유효지표도 적을뿐 아니라 평가 신뢰도도 낮았다. 이는 토양의 화학성만으로 작물의 생산성을 예측하는 것이 쉽지 않다는 것을 시사하며 또

한 작물 생산성에 관여하는 외부 환경요인들이 크게 영향을 미치고 있다는 것을 시사한다.

Table 18. Standardized partial regression coefficients of soil attributes for the dependent variables dry weight, N uptake, fertilizer total effect, and fertilizer N effect of red pepper.

Year	Factors	NO ₃ -N	NH ₄ -N	pH	O.M.	Ava. P ₂ O ₅	Exch.-K	Exch.-Ca	Exch.-Mg
1996	⁽¹⁾ Dry weight	1.61	1.40	0.20	0.04	0.08	-1.62	-2.46	-0.51
	⁽²⁾ N-uptake	1.38	1.28	1.76	0.05	0.38	-1.99	-2.45	-0.75
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	-1.65	-0.90	-0.70	-0.08	-0.34	1.75	2.55	0.57
	⁽³⁾ Fert. N-effect	-1.20	-0.32	-0.67	-0.14	-0.54	2.23	1.74	0.90
1997	⁽¹⁾ Dry weight	1.17	1.02	3.10	-0.79	0.28	-0.47	-5.13	1.57
	⁽²⁾ N-uptake	1.55	1.05	3.52	-0.90	0.19	0.13	-6.08	1.70
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	-3.37	-2.14	-4.92	2.51	-0.02	-3.48	13.55	-3.37
	⁽³⁾ Fert. N-effect	-2.98	-1.84	-3.99	2.10	0.04	-3.27	11.59	-2.80
1998	⁽¹⁾ Dry weight	-0.20	0.17	0.22	-0.33	1.17	9.25	-0.77	0.03
	⁽²⁾ N-uptake	-0.06	0.07	0.22	-0.46	1.21	7.80	-1.00	0.25
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	0.28	-0.10	0.94	0.79	-0.42	-10.92	0.04	0.65
	⁽³⁾ Fert. N-effect	-0.38	0.16	0.13	0.33	0.08	-5.50	0.80	0.83
96-98 (3 years)	⁽¹⁾ Dry weight	0.35	-0.03	0.16	0.19	0.37	0.24	-0.13	0.12
	⁽²⁾ N-uptake	0.28	-0.12	0.15	0.14	0.36	0.26	-0.12	0.17
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	-0.31	0.08	-0.02	0.00	0.05	-0.33	0.26	-0.04
	⁽³⁾ Fert. N-effect	-0.23	0.13	0.00	0.06	0.05	-0.30	0.20	-0.03

Year	Factors	K/ (Ca+Mg) ^{0.5}	E.C.	C.E.C.	⁽⁴⁾ UV-Abs.	⁽⁵⁾ KCLA-N	Slope	Altitude	Depth of A-horizon	Gravel Content in A-horizon
1996	⁽¹⁾ Dry weight	1.02	0.39	3.74	0.82	-0.06	-0.62	-1.01	1.01	-1.27
	⁽²⁾ N-uptake	1.23	0.60	3.92	0.94	0.06	-0.66	-1.06	1.02	-1.21
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	-1.57	-0.58	-4.05	-0.92	0.22	0.51	1.09	-1.38	1.90
	⁽³⁾ Fert. N-effect	-1.87	-0.89	-3.32	-0.90	0.03	0.64	0.87	-1.22	1.26
1997	⁽¹⁾ Dry weight	1.09	1.35	1.63	-0.67	-0.83	-1.78	-0.14	-0.29	1.55
	⁽²⁾ N-uptake	0.54	1.47	1.91	-0.69	-0.91	-1.98	0.03	-0.24	1.73
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	3.55	-1.24	-5.69	0.74	0.91	2.09	0.31	-0.98	-3.56
	⁽³⁾ Fert. N-effect	3.42	-1.12	-4.87	0.65	0.70	1.83	0.40	-0.95	-2.96
1998	⁽¹⁾ Dry weight	-10.07	0.00	0.22	-0.79	0.19	-1.52	1.60	0.17	0.08
	⁽²⁾ N-uptake	-8.86	-0.03	0.10	-1.03	0.92	-1.62	1.76	-0.02	0.54
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	11.40	0.49	-0.18	-0.47	0.91	0.02	-0.27	-0.32	0.53
	⁽³⁾ Fert. N-effect	5.92	0.44	-1.16	0.20	0.36	-0.70	0.46	0.01	0.46
96-98 (3 years)	⁽¹⁾ Dry weight	-0.10	-0.24	0.04	-0.13	-0.15	-0.31	-0.06	-0.03	-0.21
	⁽²⁾ N-uptake	-0.06	-0.24	-0.01	0.01	-0.14	-0.20	-0.07	0.08	-0.11
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	0.46	0.29	0.26	-0.26	0.21	-0.02	0.21	-0.09	0.10
	⁽³⁾ Fert. N-effect	0.37	0.17	-0.21	-0.30	0.20	-0.05	0.25	-0.21	0.01

⁽¹⁾Dry weight of red pepper plant with no fertilization

⁽²⁾The amount of N uptake by red pepper plant with no fertilization.

⁽³⁾Fertilizer total and N effects were estimated from differences of dry weight and N uptake by red pepper plant between fertilization and no fertilization plot.

⁽⁴⁾Ultraviolet absorbency of 0.01M NaHCO₃ extract at 200nm.

⁽⁵⁾The amount of NH₄-N mineralized from soil in 2M-KCl solution for 4 hours at 90 °C

Red pepper: 1996(n=22), 1997(n=20), 1998(n=22)

Tobacco: 1996(n=23), 1997(n=25), 1998(n=19)

표 18은 고추의 무비구 건물중과 질소흡수량 그리고 비료 전체효과와 비료 질소효과에 기여하는 수치화 된 정량적 지표들의 가중치를 비교하기 위하여 SAS, GLM, STB 절차에 의하여 표준화된 편회귀계수를 나타낸 것이다. 앞의

화학생과의 상관에서 년차간에 작물간에 유의성을 갖는 요인들이 일관성이 없
이 여러 가지로 선발된 결과를 반영하며 고추에 의한 비옥도 및 비료효과에
절대적으로 영향을 미치는 지표들은 확인 되지 않았다. 이는 고추 생산성을
평가할만한 단일의 유효지표가 없으며 여러 요인들이 복합적으로 관여하고 있
다는 것을 시사하고 있다.

Table 19. Standardized partial regression coefficients of soil attributes for the dependent variables dry weight, N uptake, fertill and fertilizer N effect of tobacco.

Year	Factors	NO ₃ -N	NH ₄ -N	pH	O.M.	Ava. P ₂ O ₅	Exch.-K	Exch.-Ca	Exch.-Mg
1996	⁽¹⁾ Dry weight	0.14	-0.03	-0.17	-0.33	-0.22	0.79	-0.39	-0.18
	⁽²⁾ N-uptake	-0.09	0.10	-0.42	0.05	-0.59	1.04	-0.70	0.21
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	-0.91	-0.31	-0.38	-0.43	0.20	0.46	-1.22	-1.17
	⁽³⁾ Fert. N-effect	0.11	-0.48	0.00	-0.93	0.25	0.00	0.06	-0.88
1997	⁽¹⁾ Dry weight	1.10	0.48	-0.07	0.02	0.55	0.30	-0.71	1.33
	⁽²⁾ N-uptake	0.79	0.92	-0.85	-0.15	0.68	0.37	0.52	0.73
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	0.64	-0.43	-0.38	0.34	-0.28	0.70	0.99	0.02
	⁽³⁾ Fert. N-effect	-0.02	0.29	-0.26	0.62	-0.14	-0.66	0.18	-0.55
1998	⁽¹⁾ Dry weight	3.35	0.00	-3.05	0.65	-0.09	-11.15	3.98	3.08
	⁽²⁾ N-uptake	2.79	0.39	-2.62	0.79	-0.29	-11.92	4.24	2.58
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	-3.23	-0.48	3.05	-0.93	0.21	10.45	-3.81	-2.92
	⁽³⁾ Fert. N-effect	-3.18	-0.60	2.26	-0.69	0.56	17.04	-4.75	-2.53
96-98 (3 years)	⁽¹⁾ Dry weight	0.67	0.01	-0.06	-0.03	0.30	0.11	0.24	0.30
	⁽²⁾ N-uptake	0.48	0.13	-0.08	-0.12	0.23	0.23	0.20	0.27
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	-0.54	0.25	-0.24	-0.04	-0.16	0.23	0.02	-0.12
	⁽³⁾ Fert. N-effect	-0.08	0.06	-0.18	-0.06	-0.06	-0.09	0.25	-0.16

Year	Factors	K/ (Ca+Mg) ^{0.5}	EC	C.E.C	⁽⁴⁾ UV-Ab _s	⁽⁵⁾ KCLA-N	Slope	Altitude	Depth of A horizon	Gravel Content in A horizon
1996	⁽¹⁾ Dry weight	-0.20	0.86	0.02	-0.15	0.13	-0.21	0.27	-0.01	-0.48
	⁽²⁾ N-uptake	-0.58	0.75	0.27	-0.38	0.50	-0.40	-0.38	-0.15	0.07
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	-0.59	0.85	1.83	-0.87	-0.32	-0.17	-0.94	0.09	0.84
	⁽³⁾ Fert. N-effect	0.22	-0.06	0.24	0.15	-0.67	0.08	0.49	0.35	-0.11
1997	⁽¹⁾ Dry weight	-0.87	-1.23	-0.59	0.23	0.13	0.44	0.05	0.18	0.22
	⁽²⁾ N-uptake	-0.95	-0.56	-1.39	-0.50	0.08	0.30	0.12	0.26	0.27
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	0.11	-0.82	-1.06	-0.39	-0.13	-0.18	0.95	-0.53	-0.62
	⁽³⁾ Fert. N-effect	0.61	0.68	0.29	-1.12	-0.73	-0.35	0.59	-0.60	-0.48
1998	⁽¹⁾ Dry weight	14.46	-2.89	-4.98	2.66	1.94	-0.50	1.57	0.57	0.20
	⁽²⁾ N-uptake	15.01	-2.62	-4.64	2.43	2.30	-0.33	1.44	0.40	0.26
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	-14.59	3.12	4.97	-3.16	-1.70	1.00	-1.65	-0.42	0.07
	⁽³⁾ Fert. N-effect	-20.76	3.25	3.93	-3.20	-2.20	1.31	-1.85	-0.34	0.41
96-98 (3 years)	⁽¹⁾ Dry weight	-0.19	-0.19	-0.50	-0.16	0.30	0.12	0.03	0.08	0.13
	⁽²⁾ N-uptake	-0.06	0.00	-0.31	-0.20	0.15	0.01	-0.18	0.07	0.17
	⁽³⁾ Fert. T.-effect	-0.28	0.05	0.04	-0.09	-0.26	0.05	0.12	-0.04	-0.02
	⁽³⁾ Fert. N-effect	0.11	-0.04	-0.22	0.03	-0.30	-0.01	0.39	-0.17	-0.32

⁽¹⁾ Dry weight of tobacco leaves with no fertilization

⁽²⁾ The amount of N uptake by tobacco leaves with no fertilization.

⁽³⁾ Fertilizer total and N effects were estimated from differences of dry weight and N uptake by tobacco leaves between fertilization and no fertilization plot.

⁽⁴⁾ Ultraviolet absorbency of 0.01M NaHCO₃ extract at 200nm.

⁽⁵⁾ The amount of NH₄-N mineralized from soil in 2M-KCl solution for 4 hours at 90 °C

Table 20. Coefficients of determination (r^2) of regression by selected indexes of soil attributes for the dependent variables of dry weight, amounts of nutrients uptake, and fertilizer effects by red pepper and tobacco.

Year	Factor	Red pepper			Tobacco		
		Simple	Multiple Regression		Simple	Multiple Regression	
		Regress.	(1)Chem.	(2)Quantitative	Regress.	(1)Chem.	(2)Quantitative
r^2							
1996	(4)Dry weight	0.175	0.274	0.282	0.721	0.894	0.901
	(5)N-uptake	0.114	0.114	0.162	0.449	0.668	0.668
	(5)P-uptake	0.189	0.349	0.504	0.832	0.959	0.963
	(5)K-uptake	0.106	0.106	0.302	0.745	0.918	0.949
	(6)Fert. T.-effect	-0.144	0.144	0.144	-0.672	0.816	0.860
	(6)Fert. N-effect	-0.101	0.101	0.212	-0.162	0.357	0.357
	(6)Fert. P-effect	-0.141	0.141	0.141	-0.677	0.767	0.767
	(6)Fert. K-effect	-0.094	0.094	0.094	-0.706	0.834	0.876
1997	(4)Dry weight	0.292	0.296	0.521	0.116	0.574	0.926
	(5)N-uptake	0.304	0.308	0.461	0.377	0.745	0.774
	(5)P-uptake	0.416	0.423	0.542	0.217	0.813	0.865
	(5)K-uptake	0.318	0.321	0.321	0.213	0.623	0.623
	(6)Fert. T.-effect	-0.130	0.130	0.454	-0.204	0.594	0.689
	(6)Fert. N-effect	-0.135	0.174	0.623	-0.120	0.293	0.362
	(6)Fert. P-effect	-0.048	0.048	0.048	-0.106	0.463	0.463
	(6)Fert. K-effect	-0.096	0.283	0.682	-0.206	0.470	0.633
1998	(4)Dry weight	0.183	0.286	0.498	0.138	0.495	0.601
	(5)N-uptake	0.167	0.408	0.616	0.259	0.510	0.510
	(5)P-uptake	0.425	0.623	0.732	0.170	0.618	0.618
	(5)K-uptake	0.177	0.322	0.548	-0.082	0.500	0.500
	(6)Fert. T.-effect	-0.053	0.537	0.537	-0.162	0.162	0.162
	(6)Fert. N-effect	-0.038	0.373	0.373	-0.191	0.305	0.305
	(6)Fert. P-effect	-0.281	0.637	0.722	-0.231	0.371	0.743
	(6)Fert. K-effect	-0.010	0.814	0.837	-0.105	0.105	0.105

(1)Chemical indexes were chemical properties of soils.

(2)Quantitative index was considered as quantitative attributes of chemical properties, depth of Ap horizon, and gravel content of Ap horizon.

(3)Qualitative indexes of slope, altitude, soil texture, recommended class for upland use, topography, parent material, and soil acidity were selected as class variables and estimated with quantitative indexes by multiple regression.

(4)Dry weight of red pepper plant and tobacco leaves with no fertilization

(5)The amounts of N, P, and K uptake by red pepper plant and tobacco leaves with no fertilization.

(6)Fertilizer total, N, P, and K effects were estimated from differences of dry weight and N uptake by red pepper plant and tobacco leaves between fertilization and no fertilization plot.

Red pepper 1996(n=22), 1997(n=20), 1998(n=22)

Tobacco 1996(n=23), 1997(n=25), 1998(n=19)

연초 무비구 건엽중과 질소흡수량 그리고 비료 전체효과 및 비료 질소효과에 대한 정량적 지표들의 기여도를 표준화 편회귀계수로서 표 19에 나타냈다.

1998년도의 경우 엽기 당량비율의 표준화된 편회귀계수의 절대치가 다른 것에 비하여 다소 높은 10 정도를 나타냈으나 년차간에 일관성이 없었으며 3년간의 종합분석에서는 고추에서와 같은 경향으로 절대적으로 크게 영향을 미치는 요인들은 확인되지 않았다. 이는 연초의 비옥도를 평가함에 있어 주요한 유효 지표가 존재하지 않음을 의미한다.

두 작물의 비옥도 및 비료효과에 대한 정량적 지표들의 상관 및 표준화된 편회귀계수 분석에서 우세하게 영향을 미치는 지표들이 확인되지 않음에 따라 이들 정량적 지표들에 의한 다중회귀 분석을 수행하여 결정계수를 표 20에 나타냈다. 다중회귀분석은 SAS의 REG stepwise 절차에 의하여 분석하였으며 P 값이 0.15이상인 유의성있는 지표들이 선발되었다. 비옥도 및 비료효과에 대한 평가는 단일지표에 의한 단순회귀 보다는 화학적 지표들에 의한 다중회귀가, 그리고 화학적 지표들을 포함한 정량적지표들에 의한 다중회귀에서 가장 높은 결정계수(r^2)를 보였다. 그리고 작물간에는 상관분석에서 확인되었던 바와 같이 고추의 경우는 유의성 있는 지표들의 선정수가 적으며 연초보다 상대적으로 결정계수(r^2)가 훨씬 낮았다. 실례로 무비구 건물중을 평가하는 정량적 지표들에 의한 결정계수(r^2)는 1996년의 경우 고추는 0.282인데 비하여 연초는 0.901이었고, 97년의 경우 고추는 0.521인데 비하여 연초는 0.926이고 98년의 경우 고추는 0.498인데 비하여 연초는 0.601로 신뢰도에서 큰 차이를 보였다. 비옥도 평가에서 고추가 연초보다 낮은 신뢰성을 보인 결과는 재배 기간이 연초보다 훨씬 길기 때문에 작물의 생산성으로 평가하는 건물중 요인이 비옥도를 잘 반영하지 못한 것으로 생각된다.

1996~1997년의 2년간 종합결과와 1996~1998년의 3년간 종합자료로 두 작물의 비옥도 요인들과 비료효과 요인들에 대한 정량적 및 정성적 지표들에 의한 다중회귀분석의 결정계수(r^2)를 표 21에 나타냈다.

Table 21. Coefficients of determination (r^2) of regression by selected indexes of soil attributes for the dependent variables of dry weight, amounts of nutrients uptake, and fertilizer effects by red pepper and tobacco.

Year	Factor	Red pepper				Tobacco				Red pepper+Tobacco			
		Simple		Multiple Regression		Simple		Multiple Regression		Simple		Multiple Regression	
		Regress.	(¹)Chem.	(²)Quant	(³)Qualit.	Regress.	(¹)Chem.	(²)Quant	(³)Qualit.	Regress.	(¹)Chem.	(²)Quant	(³)Qualit.
2 years	(³)Dry weight	0.058	0.058	0.058	0.278	0.321	0.491	0.491	0.716	0.101	0.193	0.232	0.411
(96-97)	(⁴)N-uptake	0.093	0.093	0.093	0.297	0.350	0.553	0.573	0.630	0.101	0.262	0.262	0.418
	(⁴)P-uptake	0.130	0.246	0.246		0.438	0.740	0.779		0.125	0.294	0.322	
	(⁴)K-uptake	0.159	0.210	0.213		0.370	0.551	0.551		0.108	0.205	0.205	
	(⁵)Fert. T.-effec	-0.070	0.070	0.158	0.374	-0.360	0.360	0.360	0.682	-0.150	0.204	0.235	0.382
	(⁵)Fert. N-effect	-0.041	0.053	0.175	0.395	-0.043	0.043	0.043	0.614	-0.044	0.083	0.140	0.277
	(⁵)Fert. P-effect	-0.041	0.055	0.055		-0.221	0.448	0.450		-0.098	0.214	0.214	
	(⁵)Fert. K-effect	-0.042	0.042	0.042		-0.536	0.536	0.536		-0.178	0.311	0.311	
3 years	(³)Dry weight	0.132	0.132	0.132	0.489	0.219	0.398	0.398	0.652	0.051	0.175	0.206	0.337
(96-98)	(⁴)N-uptake	0.070	0.070	0.070	0.496	0.187	0.342	0.350	0.646	0.052	0.176	0.186	0.304
	(⁴)P-uptake	0.046	0.046	0.046		0.262	0.550	0.550		0.066	0.194	0.226	
	(⁴)K-uptake	0.059	0.148	0.148		0.243	0.349	0.349		0.064	0.146	0.146	
	(⁵)Fert. T.-effec	-0.118	0.181	0.217	0.561	-0.271	0.324	0.324	0.518	-0.115	0.168	0.168	0.262
	(⁵)Fert. N-effect	-0.121	0.185	0.286	0.652	-0.050	0.105	0.105	0.371	-0.052	0.090	0.141	0.232
	(⁵)Fert. P-effect	-0.026	0.110	0.179		-0.189	0.417	0.435		-0.073	0.108	0.108	
	(⁵)Fert. K-effect	-0.099	0.279	0.332		-0.413	0.449	0.449		-0.127	0.198	0.214	

(¹)Chemical indexes were chemical properties of soils.

(²)Quantitative indexes was considered as quantitative attributes of chemical properties, depth of Ap horizon and gravel content of /

(³)Qualitative indexes of slope, altitude, aspect, soil texture, drainage class, available soil depth, recommended class for upland soil parent material, and soil acidity were selected as class variables and estimated with quantitative indexes by multiple regression.

(⁴)Dry weight of red pepper plant and tobacco leaves with no fertilization

(⁵)The amounts of N, P, and K uptake by red pepper plant and tobacco leaves with no fertilization.

(⁶)Fertilizer total, N, P, and K effects were estimated from differences of dry weight and N uptake by red pepper plant and tobacco between fertilization and no fertilization plot.

Red pepper 1996(n=22), 1997(n=20), 1998(n=22)

Tobacco 1996(n=23), 1997(n=25), 1998(n=19)

년차간 효과가 포함된 2년간 및 3년간의 결정계수는 단일 연도에 비하여 낮아졌으며 작물간의 차이는 년차결과와 동일하게 고추보다는 연초에서 보다 높은 신뢰도로 평가되었다. 그리고 년차효과와 작물효과를 종합한 경우에는 다중회귀의 결정계수(r^2)가 더 낮아졌다. 이는 토양의 비옥도를 평가함에 있어 두 작물을 함께 포함하는 것이 신뢰도가 떨어진다는 것을 의미하며 또한 작물별로 별도로 평가하는 것이 바람직하다는 것을 시사하고 있다. 년차간 효과가 반영된 누년 자료에서 정량적 지표들에 의한 다중회귀 분석에 의한 신뢰도는 만족스럽지 못하기 때문에 정성적 지표들을 다중회귀에 포함시키는 분석을 수행하였다. 정성적 지표들은 유사한 부류들로 표 22과 같이 분류하여 각 집

단들을 class 로 하여 유의성 있는 정량적 지표들과 함께 SAS GLM 의 MODEL 절차에 각각의 class를 지정해주고 solution3 절차로 분석하여 비옥도 및 비료효과에 유의성있게 영향을 미치는 정성적 지표들을 선발하였고 각 class의 집단부류들 각각에 대한 가중치를 추정하였다. 그 결과 유의성있는 정량적 지표들과 함께 정성적 지표들까지 포함된 다중회귀의 결정계수(r^2)는 증진되었다. 실제로 3년간의 자료에서 건물중에 대한 평가에서 고추는 정량적 지표들에 의한 결정계수(r^2)가 0.132인 반면 정성적 지표들까지 포함된 것은 0.489로 증가하였고, 연초의 경우는 0.398에서 0.652로 크게 향상되었다. 이상의 결과로 미루어 자연조건하의 경작지 비옥도를 단순한 지표로 평가한다는 것은 여러 가지 환경조건을 감안할 때 신뢰할 수 없으며 또한 가능한 한 많은 외부 환경요인들을 평가에 포함시키는 것이 비옥도 평가의 신뢰도를 향상시킨다는 합리적인 결과를 도출할 수 있었다.

Table 22. Classification of non-numerical data for calss analysis of multiple regression

Class	Aspect	Soil texture	Drainage Class	Available Soil Depth	Slope
a	Flat	Clay, Silty Clay	Excessively	0-20cm	0-2%
b	North	Clay Loam, Silty Clay Loam	Moderately Well	20-50cm	3-7%
c	North East	Sandy Clay, Sandy Clay Loam	Well	50-100cm	8-15%
d	East	Silt, Silty Loam	Imperfectly	100-150cm	16-25%
e	South East	Loam	Poorly	150cm<	26-40%
f	South East	Sandy Loam, Loamy Sand	Very Poorly		41%<
g	South West	Sand			
h	West				
I	North West				

Class	Recomm. class for Upland	Topography	Parent Materials	Acidity	Altitude
a	1	Foot Slope of Mountain	Alluvium	Strong Base	0-50m
b	2	Mountain Hillock	Dilluvium	Weak Base	50-100m
c	3	Mountain Hillock	Colluvium	Neutral	101-150m
d	4	Hillock	Residual	V. Weak Acid	151-200m
e	5	Valley	Alluvium, Colluvium	Weak Acid	201-250m
f		Valley Fans		Strong Acid	251-300m
g		Alluvial Fans		V. Strong Acid	301-350m
h		Dilluvium			351-400m
I		Plain			401-450m
j		Floodplain			451-500m
k					501m<

Table 23. Estimation equation of multiple regression by quantitative and qualitative indexes of soil and landscape attributes for the dependent variables of dry weight and fertilizer total effect (1996-1998)

Crop	Factor	r ²	Equation			
Red pepper	(1)Dry	(3)Quant	0.132	$Y=0.34681+0.00012978(x5)$		
	weight	(4)Qualit	0.489	$Y=-0.72648+0.000076(x5)-0.009799(x6)+\text{Est. of G3-G5}(x19)+\text{Est. of G1-G4}(x21)$ $+\text{Est. of G1-G10}(X23)+\text{Est. of G1-G5}(X24)+\text{Est. of G2-G5}(X24)+\text{Est. of G2-G5}(X25)$ ⁽²⁾ Estimate of x19; G3=0.79027, G4=0.56606, G5=0.85362, G6=0 ⁽³⁾ Estimate of x21; G1=0.61820, G2=0.081427, G3=0.049557, G4=0 ⁽⁴⁾ Estimate of x23; G1=0.18413, G2=0.27481, G3=0.45406, G4=0.34402, G5=0.07461, G6=0.242863, G8=0.42183, G9=0.66506, G10=0 ⁽⁵⁾ Estimate of x24; G2=0, G3=0.164996, G4=0, G5=0 ⁽⁶⁾ Estimate of x25; G2=0.056153, G3=0.0331775, G4=0.161871, G5=0.076331, G6=0		
			(2)Fert.	(3)Quant	0.217	$Y=0.58115-0.320499(x12)+0.007759(x13)+0.000944(x15)$
			T-effect	(4)Qualit	0.561	$Y=-1.183134+0.0000797(x5)-0.268881(x12)+0.001913(x13)+\text{Est. of G1-G4}(x16)$ $+\text{Est. of G1-G9}(X18)+\text{Est. of G1-G5}(X20)+\text{Est. of G1-G4}(X21)+\text{Est. of G1-G5}(X24)$ ⁽²⁾ Estimate of x16; G1=0.428117, G2=0.31036, G3=0.20434, G4=0 ⁽³⁾ Estimate of x18; G1=0.39699, G2=0.536192, G3=0.0159, G4=0.499818, G5=0.43587, G6=0.472223, G7=0.11932, G8=0.32428, G9=0 ⁽⁴⁾ Estimate of x20; G1=0.10120, G2=0.174980, G3=0.335533, G4=0.06293, G5=0 ⁽⁵⁾ Estimate of x21; G1=0.27134, G2=0.232766, G3=0.21225, G4=0 ⁽⁶⁾ Estimate of x24; G1=0.0069586, G2=0.486575, G3=0.138165, G4=0.038135, G5=0
					(2)Fert.	(3)Quant
weight	(4)Qualit	0.652			$Y=-0.72541+0.002068(x1)+0.0000934(x5)-0.22909(x11)+\text{Est. of G1-G3}(x16)$ $+\text{Est. of G2-G10}(x17)+\text{Est. of G1-G5}(X20)+\text{Est. of G1-G4}(X21)+\text{Est. of G1-G5}(X22)$ $+\text{Est. of G1-G9}(X23)+\text{Est. of G1-G5}(X24)+\text{Est. of G2-G5}(X25)$ ⁽²⁾ Estimate of x16; G1=0.19605, G2=0.048515, G3=0 ⁽³⁾ Estimate of x17; G2=0.40813, G3=0.52411, G4=0.45747, G5=0.277502, G6=0.207222, G7=0.17428, G10=0 ⁽⁴⁾ Estimate of x20; G1=0.62267, G2=0.592875, G3=0.4151775, G4=0.390177, G5=0 ⁽⁵⁾ Estimate of x21; G1=0.325845, G2=0.292332, G3=0.05998, G4=0 ⁽⁶⁾ Estimate of x22; G1=0.067585, G2=0.154567, G3=0.1064324, G4=0.0064103, G5=0 ⁽⁷⁾ Estimate of x23; G1=0.172415, G2=0.81688, G3=0, G4=0.49599, G5=0.388441, G6=0.596501, G7=0.230756, G8=0.435871, G9=0 ⁽⁸⁾ Estimate of x24; G1=0.385045, G2=0, G3=0.35743, G4=0, G5=0 ⁽⁹⁾ Estimate of x25; G2=0.440795, G3=0, G4=0.171261, G5=0.187726, G6=0	
		(2)Fert.			(3)Quant	0.324
		T-effect	(4)Qualit	0.518	$Y=-1.102258-0.004949(x1)-0.036803(x3)-0.00019(x5)-0.040399(x8)-0.001708(x13)+\text{Est. of G1-G3}(x16)$ $+\text{Est. of G3-G5}(X19)+\text{Est. of G1-G4}(X21)+\text{Est. of G1-G4}(X24)+\text{Est. of G2-G5}(X25)$ ⁽²⁾ Estimate of x16; G1=0.411714, G2=0.395888, G3=0 ⁽³⁾ Estimate of x19; G3=0.019609, G4=0.416650, G5=0 ⁽⁴⁾ Estimate of x21; G1=0.097636, G2=0.269573, G3=0.208949, G4=0 ⁽⁵⁾ Estimate of x24; G1=0.070925, G2=1.003193, G3=0.142205, G4=0.141691, G5=0 ⁽⁶⁾ Estimate of x25; G2=0.029823, G3=0.085207, G4=0.04163, G5=0.00171, G6=0	

(2) Quantitative index was considered as quantitative attributes of chemical properties, depth of Ap horizon and gravel content of Ap horizon.

(4) Qualitative indexes of slope, altitude, aspect, soil texture, drainage class, available soil depth, recommended class for upland use, and topography were selected as class variables and estimated together with quantitative indexes by multiple regression.

(2) Estimate value of each group for classified qualitative indexes of soil and landscape attributes on dry weight and fertilizer total effect: x1=NO₃-N, x2=NH₄-N, x3=pH, x4=O.M., x5=Ava.-P₂O₅, x6=Exch.-K, x7=Exch.-Ca, x8=Exch.-Mg, x9=K/(Ca+Mg)^{0.5}, x10=E.C, x11=CEC, x12=UV-abs., x13=KCLA-N, x14=depth of A-horizon, x15=Gravel content in A-horizon, x16=Slope, x17=Altitude, x18=aspect, x19=soil texture, x20=drainage class, x21=available soil depth, x22=recomm. Class (upland), x23=topography, x24=parent material, x25=soil acidity

표 23은 3년간의 종합자료로서 무비구 건물중과 시비구의 건물중에서 무비구의 건물중을 공제한 비료 전체효과에 대한 정량적 지표들의 다중회귀 모델식과 정성적 지표들까지 포함한 다중회귀 모델식을 나타낸 것이다. 정량적인 지표들에 의한 다중회귀 모델식은 단순히 유의성있는 것으로 선발된 지표값에 계수 평가치를 곱하는 방법이며 정성적 지표들의 반영방법은 유의성있는 class 로 선발된 지표들 각각의 집단에 대한 계수 평가치를 곱하여 평가 모델식에 포함시키는 것이다. 정성적 지표들을 포함한 모델식은 복잡해 보이지만 컴퓨터에 프로그램으로 입력해 두면 실제 이용자는 유의성있는 지표로 확인된 화학성만 분석하고 지리정보시스템의 데이터베이스를 활용한 모델식으로 평가한다면 비옥도 등급이나 비료효과에 대한 결과 도출이 용이 할 것이다. 실제로 연초 무비구 건물중의 평가 모델식은 정량적 지표로서 질산태 질소 함량, 유효인산 함량, 양이온 치환용량의 3개 지표와 함께 정성적 지표들은 경사도, 표고, 배수등급, 유효토심, 발토양 추천등급, 지형, 모재, 산도가 선발되었다.

이러한 평가 모델 방법에 따른 작물의 무비구 생산력과와의 상호관계를 비교하기 위하여 그림 1, 2, 3에 연초 무비구 생산력과 평가된 지표들과의 관계를 나타냈다. 그림 1은 단일지표로서 유의성이 가장 양호하였던 토양중 질산태 질소 함량과의 상호관계를, 그림2는 정량적 지표들에 의한 다중선형회귀 모델과의 상호관계를, 그리고 그림 3은 정량적 정성적 지표들에 의한 다중선형회귀 모델과의 상호관계를 나타낸 것이다. 그림에서 비교할 수 있듯이 단일지표보다는 화학성과 정량적 지표들에 의한 평가 신뢰도가 증진되었으며 특히 정성적 지표들까지 평가에 포함 시킨 그림 3에서 가장 양호한 관계를 보여주고 있다.

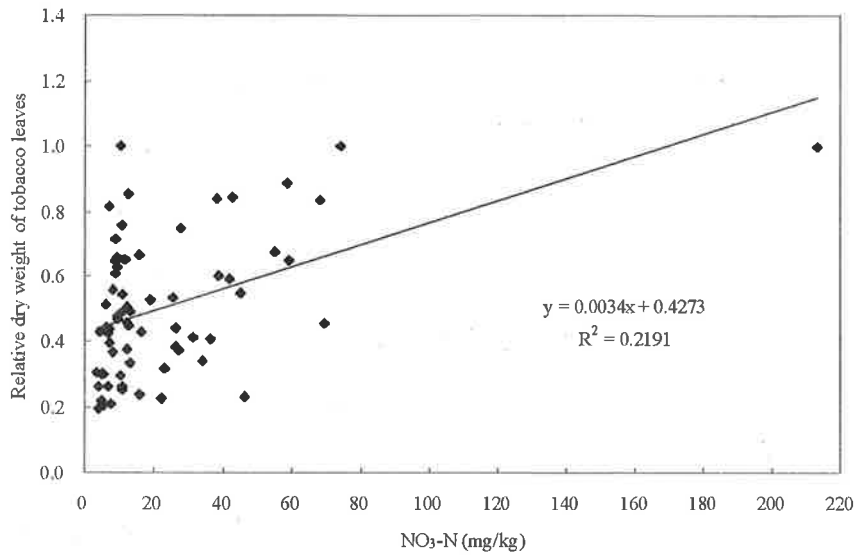


Fig. 1. Relationship between relative dry weight of tobacco leaves and NO₃-N content in soil.

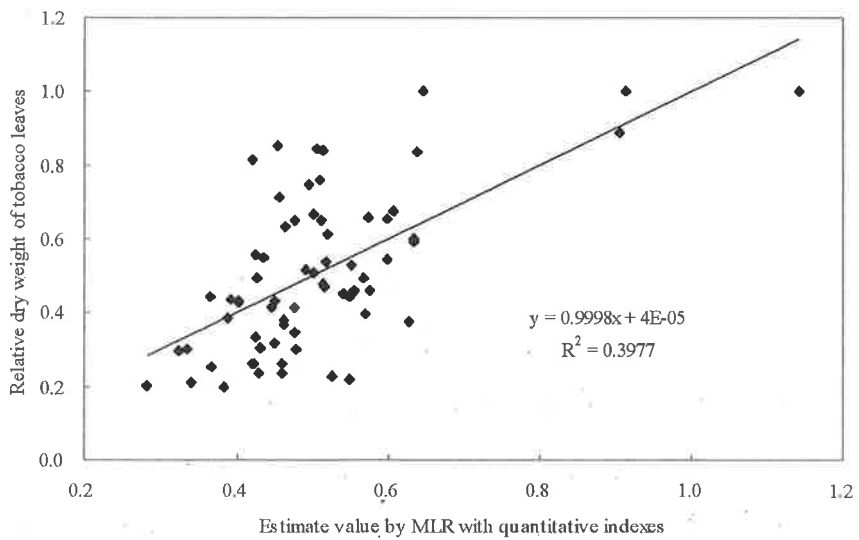


Fig. 2. Relationship between relative dry weight of tobacco leaves and estimate value by multiple linear regression (MLR) with quantitative indexes of soil and landscape attributes.

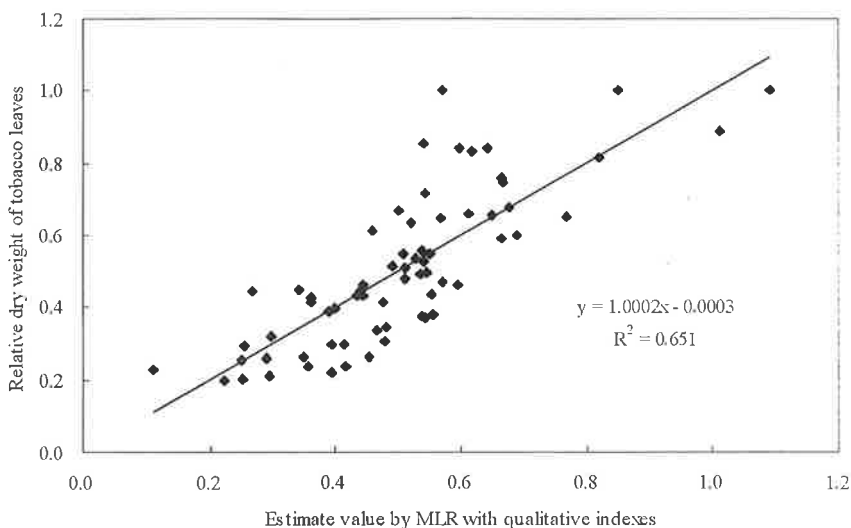


Fig. 3. Relationship between relative dry weight of tobacco leaves and estimate value by mutple linear regression(MLR) with quantitative and qualitative indexes of soil and landscape attributes.

Table 24. Coefficients of determination (r^2) of regression by selected indexes of soil attributes of GIS database for the dependent variables of dry weight, amonts of nutrients uptake, and fertilizer effects by red pepper and tobacco.

Factor	Red pepper		Tobacco		All crop	
	r^2	Pro.>F	r^2	Pro.>F	r^2	Pro.>F
⁽¹⁾ Dry weight	0.669	0.355	0.704	0.090	0.411	0.109
⁽²⁾ N-uptake	0.734	0.122	0.697	0.104	0.379	0.239
⁽²⁾ P-uptake	0.672	0.344	0.735	0.039	0.383	0.223
⁽²⁾ K-uptake	0.718	0.167	0.668	0.186	0.422	0.080
⁽³⁾ Fert. T.-effect	0.774	0.044	0.644	0.271	0.319	0.621
⁽³⁾ Fert. N-effect	0.851	0.002	0.612	0.412	0.387	0.203
⁽³⁾ Fert. P-effect	0.664	0.381	0.708	0.081	0.359	0.357
⁽³⁾ Fert. K-effect	0.794	0.023	0.514	0.816	0.336	0.504

⁽¹⁾ Dry weight of red pepper plant and tobacco leaves with no fertilization

⁽²⁾ The amounts of N, P, and K uptake by red pepper plant and tobacco leaves with no fertilization.

⁽³⁾ Fertilizer total, N, P, and K effects were estimated from differences of dry weight and N uptake by red pepp plant and tobacco leaves between fertilization and no fertilization plot.

표 24는 지리정보시스템의 자료만으로 두 작물의 비옥도 및 비료효과에 대한 평가가 가능한지를 정량적 및 정성적 지표들을 포함하는 평가방법으로 분석하여 다중회귀의 결정계수를 나타낸 것이다. 즉 정량적 지표로서 A층 깊이, A층 자갈함량을 이용하고 정성적 지표로서 경사도, 표고, 배수등급, 유효토심, 밭 토양 추천등급, 지형, 모재, 토양산도등에 의한 평가 결과이다. 다중회귀의 결정계수에 대한 유의성의 척도인 P값으로 비교해 볼 때 고추와 연초의 무비구 건물중은 다른 요인보다 신뢰성 있게 지리정보시스템의 자료들로 평가 가능한 것으로 나타났다.

따라서 표 25와 같이 연초 무비구 건엽중 및 질소 흡수량에 대한 평가 모델식을 확립할 수 있으며 또한 이러한 방법에 의해 충북지역 경작지의 비옥도 등급 구분이 가능하다. 그림 4는 이와 같은 평가모델식에 의한 무비구 연초 건엽중과 다중선형회귀 모델과의 상호관계를 나타낸 것이다. 실례로 그림과 같이 연초작물을 지표작물로 하여 경작지의 비옥도 구분은 신뢰성 있게 평가할 수 있었다. 그 결과로서 별첨의 그림과 같이 충북 전체 경작지의 비옥도를 5단계로 구분하여 출력 할수 있으며 더 세부적으로는 각 군 단위 별로 비옥도 구분 지형도를 제작할수 있었다 (별첨 그림도표 참조).

Table 25. Estimation equation of multiple regression by geographic information system(GIS) indexes for the dependent variables of dry weight and N uptake by tobacco with no fertilization plot(1996-1998).

Factor	r ²	Equation
Dry weight	0.704	$Y = -0.90528 + 0.0033174(x15) + \text{Est. of G1-G3}(x16) + \text{Est. of G2-G10}(x17) + \text{Est. of G1-G9}(x18) + \text{Est. of G1-G5}(X20) + \text{Est. of G1-G4}(X21) + \text{Est. of G1-G5}(X22) + \text{Est. of G1-G9}(X23) + \text{Est. of G1-G5}(X24) + \text{Est. of G2-G6}(X25)$ <p>(1) Estimate of x16; G1=0.40484, G2=0.233033, G3=0</p> <p>(1) Estimate of x17; G2=0.261125, G3=0.455379, G4=0.336074, G5=-0.020010, G6=-0.0683217, G7=-0.113118, G10=0</p> <p>(1) Estimate of x18; G1=-0.094168, G2=-0.210389, G3=-0.0746011, G4=0.0925789, G5=-0.074873, G6=-0.0555639, G7=0.0995859, G9=0</p> <p>(1) Estimate of x20; G1=0.709085, G2=0.744561, G3=0.539254, G4=0.485210, G5=0</p> <p>(1) Estimate of x21; G1=-0.359439, G2=0.183629, G3=-0.0132622, G4=0</p> <p>(1) Estimate of x22; G1=-0.462466, G2=-0.308455, G3=-0.251174, G4=-0.256858, G5=0</p> <p>(1) Estimate of x23; G1=0.388848, G2=0.854450, G3=0, G4=0.606754, G5=0.351790, G6=0.7866822, G7=0.282877, G8=0.560474, G9=0</p> <p>(1) Estimate of x24; G1=0.583049, G2=0, G3=0.419576, G4=0, G5=0</p> <p>(1) Estimate of x25; G2=-0.550446, G3=0, G4=-0.307567, G5=-0.326081, G6=0</p>
N-uptake	0.697	$Y = -1.103165 + 0.001024(x15) + \text{Est. of G1-G3}(x16) + \text{Est. of G2-G10}(x17) + \text{Est. of G1-G9}(x18) + \text{Est. of G1-G5}(X20) + \text{Est. of G1-G4}(X21) + \text{Est. of G1-G5}(X22) + \text{Est. of G1-G9}(X23) + \text{Est. of G1-G5}(X24) + \text{Est. of G2-G6}(X25)$ <p>(1) Estimate of x16; G1=0.569162, G2=0.244924, G3=0</p> <p>(1) Estimate of x17; G2=0.267574, G3=0.400891, G4=0.293391, G5=-0.054407, G6=-0.189939, G7=-0.068656, G10=0</p> <p>(1) Estimate of x18; G1=-0.017458, G2=0.021231, G3=-0.150942, G4=0.273238, G5=0.049445, G6=0.283233, G7=0.141858, G9=0</p> <p>(1) Estimate of x20; G1=0.424637, G2=0.651392, G3=0.348839, G4=0.176934, G5=0</p> <p>(1) Estimate of x21; G1=-0.676863, G2=0.302040, G3=-0.110759, G4=0</p> <p>(1) Estimate of x22; G1=-0.045866, G2=-0.206125, G3=-0.130933, G4=0.048104, G5=0</p> <p>(1) Estimate of x23; G1=0.449599, G2=1.527641, G3=0, G4=0.737232, G5=0.275605, G6=0.698666, G7=0.3580326, G8=0.355646, G9=0</p> <p>(1) Estimate of x24; G1=0.574016, G2=0, G3=0.162069, G4=0, G5=0</p> <p>(1) Estimate of x25; G2=-0.7312147, G3=0, G4=-0.367197, G5=-0.193267, G6=0</p>

(1) Estimate value of each group for classified qualitative indexes of soil and landscape attributes on dry weight and fertilizer total effect.

x15=Gravel content in A-horizon, x16=Slope, x17=Altitude, x18=aspect, x19=soil texture, x20=drainage class, x21=available soil depth, x22=recomm. Class(upland), x23=topography, x24= parent material, x25=soil acidity

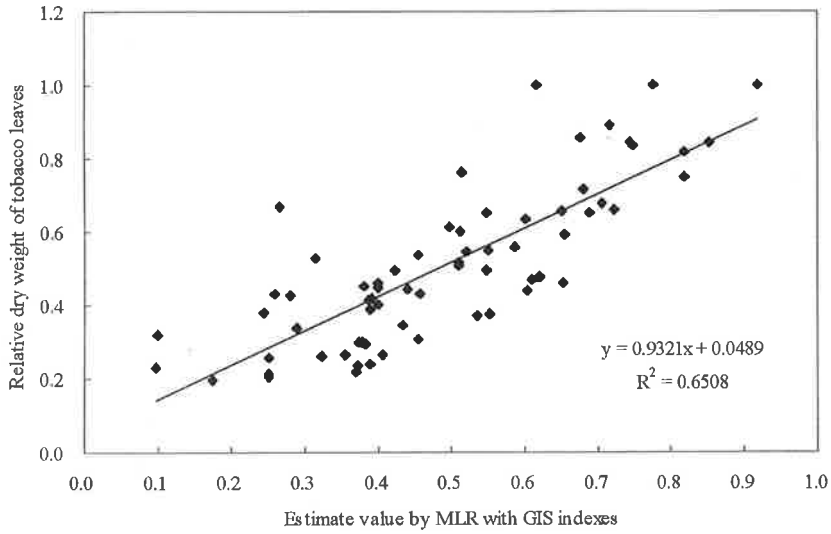
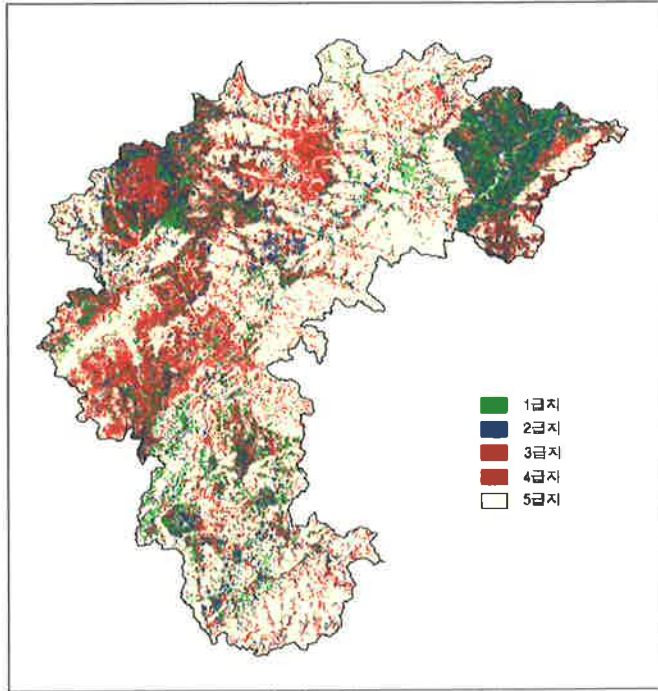
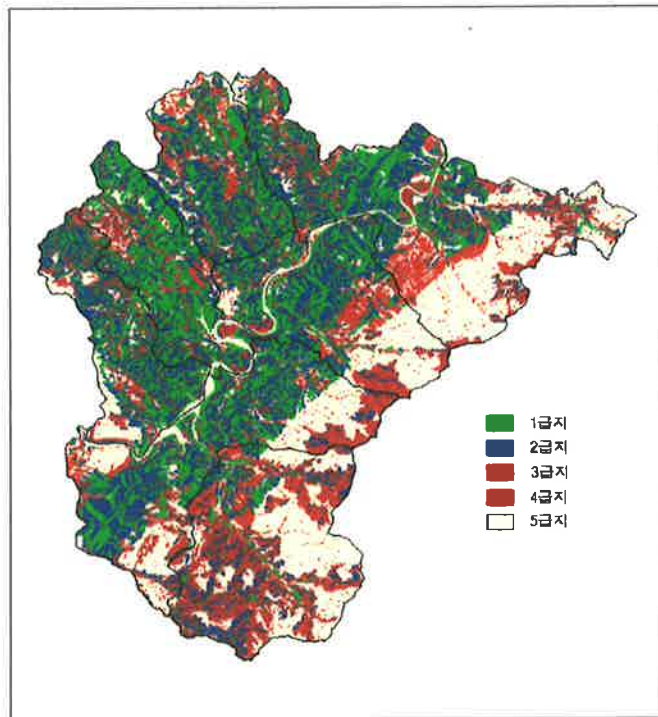


Fig. 4. Relationship between relative dry weight of tobacco leaves and estimate value by multiple linear regression(MLR) with geographic information system(GIS) database.



지형자료에 의한 비옥도 평가(충청북도)



지형자료에 의한 비옥도 평가(단양군)

제 2 절 시설재배 토양의 비옥도 평가

1. 배추의 생산력 검정시험

정식 후 64일째 수확된 배추의 생체중과 건물중은 표 26와 같다. 토양의 전기전도도(Electrical Conductivity, EC)가 9.30 및 15.2 dS/m 인 8번과 9번 처리(표1 참조)에서는 염류장애에 의한 정식 묘의 뿌리 활착 불능으로 생육이 불가능 하였다. 시비구의 성장량은 무비구보다 많았으나 토양의 EC가 4.50dS/m 이상인 7번과 10번 처리에서는 염류장애에 의한 성장저해로 인하여 시비구의 성장량이 무비구보다 적었으며 염류가 집적된 시설재배 토양에서의 작물 생산성을 비교한 다른 보고들(강 등 1996, 송 등 1993, 1996)과 유사하였다. 토양의 비옥도로 가름할 수 있는 무비구의 성장량은 다양한 분포를 보여 주당 건물중이 최소 8.3g에서 최고 128.2g의 차이를 나타냈다. 이러한 성장량 차이는 공시토양의 화학성(표1)에서 다양한 양분 함량범위를 보인 것과 밀접하게 관련 되었다.

Table 26. Fresh and dry weight of chinese cabbage at the harvesting stage.

Site	Non Fertilization		Fertilization	
	Fresh weight (g/plant)	Dry Weight (g/plant)	Fresh weight (g/plant)	Dry Weight (g/plant)
1	1074.3	115.0	1303.9	148.8
2	1052.6	112.4	1310.0	142.7
3	710.7	78.0	1168.7	123.4
4	831.2	87.2	999.6	107.5
5	688.5	72.4	872.2	103.0
6	762.3	81.9	1094.2	115.4
7	1020.1	105.8	317.1	33.1
8	---	---	---	---
9	---	---	---	---
10	1119.2	121.9	840.8	97.2
11	801.6	81.9	1133.0	128.9
12	440.6	49.1	1294.1	139.5
13	845.6	90.9	1257.3	136.8
14	643.9	68.2	1239.8	131.2
15	503.6	53.7	1213.7	124.9
16	965.5	107.5	1273.4	133.4
17	993.8	109.9	1182.7	125.2
18	523.0	56.4	1106.3	123.0
19	1072.7	128.2	1280.5	139.2
20	73.4	8.3	390.1	42.8

배추에 의한 양분 흡수량은 표 27과 같다. 무비구 배추에 의한 질소, 인산, 칼륨, 석회, 및 고토의 흡수량은 조사된 토양의 다양한 비옥도 차이에 따라 매우 다양한 범위를 보였으며 배추의 건물중으로 평가한 경향과 유사 하였다. 무비구의 질소 흡수량은 최소 55mg/주에서 최대 2,509mg/주, 인산 흡수량은 최소 84mg/주에서 최대 1,409mg/주, 그리고 칼륨 흡수량은 최소 107mg/주에서 최대 1743mg/주까지 큰 차이를 보였으며 조사된 대부분의 토양에서 양분 흡수량은 무비구보다 시비구에서 높았다. 그리고 채소의 가식부위의 함량 기준으로 논의되는(손 등 1993) 질산태질소 흡수량은 토양의 EC가 4.5dS/m 이상이고 NO₃-N 함량이 360mg/kg 이상일 때 무비구 조건에서도 19.7 mg과 26.0mg/주 만큼 증가되어 시비구의 흡수량과 유사 하였다.

Table 26. Amount of nutrients uptake by chinese cabbage.

Site	No fertilization (mg/plant)						Fertilization (mg/plant)					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	NO ₃ -N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	NO ₃ -N
1	1632	1051	1610	4481	1085	4.9	2210	2210	2065	3141	797	24.0
2	834	1201	1542	1226	389	3.6	4139	4139	1973	3069	870	30.8
3	898	761	1080	2392	466	3.1	2191	2191	1694	1978	588	24.7
4	1215	716	1189	1964	468	3.3	2336	2336	1499	2396	528	20.9
5	1044	658	989	1456	341	5.0	1219	1219	1442	2365	272	17.3
6	871	619	1109	1097	334	3.3	2243	2243	1608	2010	675	19.9
7	1577	1247	1465	1405	372	19.7	609	609	458	1630	149	11.9
8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10	2509	1409	1660	2110	543	26.0	1655	1655	1332	2210	468	13.5
11	657	651	1138	1844	381	1.7	1499	1499	1779	3315	576	12.9
12	332	450	651	938	134	1.6	1212	1212	1910	3458	698	20.6
13	855	1143	1235	2985	397	4.8	2242	2242	1864	5315	701	25.3
14	527	1023	918	965	268	7.8	2958	2958	1803	2927	930	21.2
15	814	668	733	763	152	2.9	3635	3635	1702	1912	503	8.2
16	1698	1166	1494	3379	790	6.9	2943	2943	1860	4008	839	25.1
17	1787	949	1468	2313	533	11.6	3318	3318	1744	4018	807	37.4
18	611	516	772	2338	243	1.1	2075	2075	1683	2542	733	21.7
19	2115	1246	1743	3367	556	9.3	1784	1784	1902	3770	638	17.5
20	55	84	107	46	11	0.1	1221	1221	577	380	96	10.2

수확 후 무비구의 배추 건물중과 질소, 인산, 칼륨 흡수량을 생물학적 검정법의 토양 비옥도 요인으로 고려하고, 그리고 시비구에서 무비구의 건물중 및 질소, 인산, 칼륨 흡수량을 공제한 값을 각각 비료 전체효과, 비료 질소효과, 비료 인산효과, 및 비료 칼륨효과로 고려하여 여러 가지 토양 화학성분들과의 상호관계를 분석하여 표 28에 나타냈다. 토양의 비옥도 요인으로 고려한 무비구의 배추 건물중과 질소, 인산, 및 칼륨 흡수량들 간에는 상관계수 $r = 0.855 \sim 0.999$ 로서 고도로 유의성 있는 정의 상관을 보여 비옥도 요인들간에서 서로 밀접한 관계가 있음을 보여 주었다. 그리고 시비구와 무비구의 건물중 차이 값으로 고려한 비료 전체효과는 무비구 건물중 및 3요소 양분 흡수량들의 비옥도 요인들과 상관계수 $r = -0.566 \sim -0.677$ 인 유의성 있는 부의 상관을 나타냈다. 이는 배추의 생산량이 높은 비옥한 토양일수록 비료의 첨가에 의한 생산량 증가가 감소하는, 즉 비료시용에 따른 이용율이 낮다는 것을 의미한다.

생물학적 검정법에 의한 비옥도 요인으로 무비구 배추의 건물중과 가장 밀접한 상관을 보인 토양 화학성은 NaHCO_3 자외선 흡광도($r=0.653$)이었고 다음으로 $\text{NH}_4\text{-N}$ ($r=0.521$), $\text{NO}_3\text{-N}$ (0.519), 및 전기전도도($r=0.496$)의 순으로 유의성 있는 상관을 나타냈다. 무비구 질소 흡수량과 가장 밀접한 상관을 보인 화학성은 CEC ($r=0.585$), $\text{NO}_3\text{-N}$ (0.577) 및 $\text{NH}_4\text{-N}$ (0.577)이었고 인산 흡수량 및 칼륨 흡수량과는 NaHCO_3 자외선 흡광도(각각 $r=0.582$, 0.652)가 유의성 있는 정의 상관을 보였다. 이와 같이 토양의 비옥도 요인들과 밀접한 관계를 보이며 선발된 화학성들은 옥수수, 연초, 및 시설채소 작물의 생물검정에 의한 토양 비옥도 평가와 질소공급능력의 평가에서 유효지표로 보고 되었던 것들과 유사하였다(Hong 등 1990, Fox 등 1978, Baker 등 1992, 곽 등 1996). 토양 비옥도 요인들과 비료효과 평가에서 선발된 화학성들은 주로 토양의 질소공급능력과 밀접한 관계를 가지는 무기태 질소와 NaHCO_3 자외선 흡광도, 전기전도도, 그리고 양이온의 보존능력으로 평가되는 CEC 등 이었다.

시비구와 무비구의 배추 건물중 차이로 고려한 비료 전체효과와 가장 밀접한 관계를 보인 화학성은 전기전도도, $\text{NO}_3\text{-N}$, 및 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량 이었고 상관계수 r 값의 범위는 $0.763 \sim -0.810$ 으로 고도로 유의성 있는 부의 상관을 보였다. 시비구와 무비구의 질소 흡수량으로 고려한 비료 질소효과와 밀접한 상관을 보인 화학성은 전기전도도($r= -0.672$)와 CEC ($r= -0.675$)였으며, 비료 인산 및 칼륨효과와 가장 밀접한 상관을 보인 화학성은 전기전도도로서 상관계수 r 값이 각각 -0.620 과 -0.814 이었다. 이와 같이 비료효과의 평가 요인들과 밀접한 상관을 가지는 것으로 선발된 토양 화학성은 비옥도 평가에서 선발된 것들과 동일 하였다.

그리고 시설재배 토양의 염류농도 지표로 이용되는 전기전도도와 가장 밀접한 상관을 보인 화학성들은 $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 $\text{NH}_4\text{-N}$ (각각 $r=0.963$)이었으며 다음으로 치환성 칼리($r=0.718$), 치환성 고토($r=0.706$), CEC ($r=0.638$) 및 치환성 석

회($r=0.595$)의 순이었다. 이러한 결과는 시설재배 토양에서 질소비료의 과량시비에 기인된 잔류 무기태 질소 함량이 염류농도에 가장 크게 기여하고 있다는 것을 시사 하고 있다.

시비구와 무비구의 건물중 및 질소, 인산, 칼륨 흡수량의 차이는 사용된 비료에 의한 순 증가효과로 고려할수 있으므로 비료 효과가 0인 조건은 비료를 사용하지 말아야 하는 한계기준으로 평가 할 수 있다. 이 등(1994)은 노지 재배 채소작물에 대한 검정지표로서 질소는 유기물함량, 인산은 유효인산 함량, 그리고 칼륨은 치환성 염기당량비등의 지표들을 제안 하였는데 시설재배 토양에서 검토한 본 시험 결과와는 상이한 경향을 보였다.

Table 28. Correlation coefficients among the dry weight, N, P, K uptakes by chinese cabbage with no fertilization and fertilizer N, P, K effects of chinese cabbage and chemical properties of soils.

Factors	^① Dry weight	N-uptake	P-uptake	K-uptake	Fert.-effect	Fert. N-effect.	Fert. P-effect.	Fert. K-effect.	pH	O.M.
^① N-uptake	0.855	1.000								
^① P-uptake	0.896	0.771	1.000							
^① K-uptake	0.999	0.852	0.895	1.000						
^② Fert. Total effect.	-0.568	-0.677	-0.566	-0.570	1.000					
^② Fert. N-effect	-0.324	-0.566	-0.249	-0.328	0.653	1.000				
^② Fert. P-effect	-0.135	-0.283	-0.142	-0.142	0.542	0.928	1.000			
^② Fert. K-effect	-0.560	-0.669	-0.565	-0.564	0.999	0.658	0.553	1.000		
pH	-0.022	0.143	0.069	-0.042	-0.066	-0.326	-0.328	-0.055	1.000	
Organic matter	0.206	0.279	0.308	0.196	-0.543	-0.453	-0.480	-0.534	0.688	1.000
Ava. P ₂ O ₅	0.081	-0.123	0.120	0.087	-0.086	0.104	-0.005	-0.082	-0.004	0.279
Exch.-K	0.446	0.502	0.356	0.442	-0.601	-0.620	-0.545	-0.591	0.524	0.784
Exch.-Ca	0.386	0.555	0.399	0.381	-0.464	-0.656	-0.569	-0.462	0.481	0.614
Exch.-Mg	0.477	0.546	0.406	0.479	-0.575	-0.503	-0.388	-0.566	0.399	0.684
CEC	0.461	0.585	0.523	0.458	-0.529	-0.675	-0.618	-0.531	0.387	0.555
E.C.	0.496	0.540	0.453	0.505	-0.810	-0.672	-0.620	-0.814	0.116	0.631
NH ₄ -N	0.521	0.577	0.485	0.533	-0.763	-0.664	-0.596	-0.769	0.021	0.534
NO ₃ -N	0.519	0.577	0.484	0.532	-0.763	-0.665	-0.596	-0.770	0.020	0.534
K/(Ca+Mg) ^{0.5}	-0.141	-0.162	-0.153	-0.132	0.106	0.103	0.070	0.095	-0.079	-0.167
^④ UV-Abs.	0.653	0.389	0.582	0.652	-0.096	-0.083	-0.048	-0.088	0.352	0.363
^⑤ KCLA-N	0.089	0.163	0.097	0.096	0.022	-0.150	-0.107	0.011	0.046	-0.283

Table 28. Continued.

Factors	Ava. P ₂ O ₅	Exch.-K	Exch.-Ca	Exch.-Mg	CEC	E.C.	NH ₄ -N	NO ₃ -N	K/(Ca+Mg) ^{0.5}	UV-Abs. (200nm)
Exch.-K	0.392	1.000								
Exch.-Ca	-0.036	0.676	1.000							
Exch.-Mg	0.141	0.735	0.635	1.000						
CEC	-0.012	0.605	0.942	0.627	1.000					
E.C.	0.109	0.718	0.595	0.706	0.638	1.000				
NH ₄ -N	0.152	0.648	0.538	0.678	0.584	0.963	1.000			
NO ₃ -N	0.151	0.647	0.537	0.677	0.583	0.963	1.000	1.000		
K/(Ca+Mg) ^{0.5}	-0.146	-0.227	-0.028	0.217	0.076	-0.143	-0.175	-0.175	1.000	
^④ UV-Abs.	0.261	0.523	0.398	0.507	0.402	0.358	0.333	0.331	-0.111	1.000
^⑤ KCLA-N	-0.339	-0.141	0.034	-0.252	0.129	0.039	0.006	0.006	-0.201	0.154

^① N,P,K-uptake : Amount of nutrients uptake by top part of chinese cabbage with no fertilization.

^② Fertilizer total effect was estimated from a difference of dry weight between fertilization and no fertilization plot

^③ Fertilizer N, P, K effects were estimated from differences of N, P, and K uptake between fertilization and no fertilization plot

^④ UV-Abs. means the absorbency of 0.01M NaHCO₃ extract of soil at 200 nm.

^⑤ KCLA-N means amount of NH₄-N mineralized from soil in 2M-KCl solution for 4 hours at 90 ° C

^⑥ Dry weight of top part of Chinese cabbage with no fertilization

n=18, P_{0.05} = 0.468, P_{0.01} = 0.590

배추의 생산성으로 평가한 토양의 비옥도 및 비료의 효과 평가요인들과 화학성들과의 상관 분석에서 밀접한 관계를 가지는 화학성들의 비옥도에 대한 가중치를 추정하기 위하여 SAS의 STB 명령에 의하여 표준화 편회귀 계수를 분석 하였으며 각각의 계수는 표 29에 나타냈다. 이러한 회귀분석에 앞서 평가의 신뢰도를 높이기 위하여 각각의 화학성들에 대한 관측치의 영향진단 분석이 Influence 명령으로 비교 평가되어 선발기준에 따라 10번 토양을 제외하고 전체 17개 토양으로 평가 하였다.

비옥도 평가에 포함된 13개 화학성중 무기태 질소 ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$) 함량은 무비구 건물중, 질소, 인산, 칼륨 흡수량, 그리고 시비 전체효과 및 시비 질소, 인산, 칼륨효과등 모든 평가 요인들에 대한 기여도가 가장 컸다. 염류가 비교적 많이 집적 되었다는 시설재배 토양에서 토양 검정지표로 활용되는 전기전도도와 비교해 볼 때 무비구 건물중과 질소, 인산, 칼륨 흡수량등 비옥도 요인들에 대한 전기전도도의 기여도는 0.29~1.06 인데 비하여 무기태 질소 ($\text{NH}_4\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}$) 함량은 1,220~1,870로서 약 1,200배 이상의 기여도를 보였다. 시비구와 무비구의 건물중 차이로 고려한 비료 전체효과 및 양분 흡수량 차이로 고려한 비료 질소, 인산, 칼륨 효과에 대해서도 전기전도도의 가중치는 1.88~2.48인데 비하여 무기태 질소 함량은 756~1,740로서 약 300배 이상의 기여도를 나타냈다. 그리고 토양중 무기태 질소 다음으로 가중치 1 이상의 값을 갖는 화학성들은 0.01M NaHCO_3 침출액의 200nm 자외선 흡광도, 전기전도도, 및 치환성 칼륨 함량 등이었으나 4.1 미만으로 상대적인 가중치는 극히 작았다.

이러한 결과는 회귀분석의 적합성을 평가하기 위한 화학성들간의 공선성 분석에서도 무기태 질소 함량과 다른 화학성간에 공선성이 인정되어 여러 가지 검정법들에 의한 다중회귀분석이 적합하지 않은 원인이 되었다. 즉 시설재배 토양의 배추 생산성에 대한 비옥도와 비료 효과의 평가에 무기태 질소의

영향력이 월등히 크기 때문에 다른 화학성들의 기여도는 무시될 정도로 약화되었다는 것을 의미한다. 질산태 질소 함량에서와 같이 표준화 편회귀 계수가 음수인 것은 과량 존재에 의해 평가요인에 역효과를 가진다는 의미를 나타내는 것이며 비료 전체효과 및 비료 질소, 인산, 칼륨효과의 평가에서 질산태 질소의 편회귀계수가 양의 부호로 바뀌는 것은 그러한 관계를 시사하는 것이다.

Table 29. Standardized partial regression coefficients of soil chemical properties for the dependent variables dry weight, nutrients uptake, and fertilizer effects of chinese cabbage.

Factors	pH	O.M.	Ava. P ₂ O ₅	Exch. -K	Exch. -Ca	Exch. -Mg	CEC	E.C.	NH ₄ -N	NO ₃ -N	K(Ca+ ⁽¹⁾ UV-Abs. ⁽⁵⁾ KCL-N-Mg) ^{0.5}		
⁽¹⁾ Dry weight	0.18	0.07	-0.22	-1.21	0.66	-0.38	-0.47	1.06	1871.6	-1870.1	-0.38	-3.38	-0.07
⁽²⁾ N-uptake	0.37	-0.04	-0.32	-1.05	0.90	-0.01	-0.51	0.29	1648.1	-1646.3	-0.47	-3.43	0.13
⁽²⁾ P-uptake	0.45	0.15	-0.13	-1.65	0.11	-0.37	0.48	0.82	1221.0	-1219.9	-0.53	-1.93	-0.23
⁽²⁾ K-uptake	0.08	0.16	-0.23	-1.12	0.64	-0.38	-0.47	0.86	1838.3	-1836.7	-0.34	-3.30	-0.02
⁽³⁾ Fert. T.-effec	-0.41	-0.20	-0.11	1.34	-0.92	0.18	0.88	-2.48	-1741.8	1741.2	0.27	4.11	-0.13
⁽³⁾ Fert. N-effect	0.41	-0.92	0.40	-1.21	0.28	0.56	-0.07	1.88	-1153.0	1150.2	-0.40	3.06	-0.56
⁽³⁾ Fert. P-effect	0.60	-1.23	0.33	-1.63	0.93	0.83	-0.62	2.25	-759.2	756.4	-0.63	2.17	-0.53
⁽³⁾ Fert. K-effect	-0.39	-0.23	-0.10	1.30	-0.90	0.23	0.87	-2.37	-1691.4	1690.7	0.23	4.00	-0.14

⁽¹⁾ Dry weight of chinese cabbage with no fertilization

⁽²⁾ The amounts of N, P, and K uptake by chinese cabbage with no fertilization.

⁽³⁾ Fertilizer total, N, P, and K effects were estimated from differences of dry weight and nutrients N, P, and K uptakes by chinese cabbage between fertilizer and no fertilizer plot.

⁽⁴⁾ Ultraviolet absorbency of 0.01M NaHCO₃ extract at 200nm

⁽⁵⁾ The amount of NH₄-N mineralized from soil in 2M-KCl solution for 4 hours at 90 °C
n=18

시설재배 토양의 배추 생산력 검정에 의한 토양 비옥도 및 비료 효과의 평가에서 검토된 13개 토양 화학성들 중에서 무기태 질소 함량의 가중치는 다른 화학성들에 비하여 비교할 수 없을 만큼 월등히 높았기 때문에 질산태 질소와 암모니아태 질소의 합계 함량으로 비옥도 및 비료 효과와의 관계를 평가 하였다. 토양중 무기태 질소 함량에 의한 배추의 생산력 및 시비효과의 평가는 XY 분산형 도표를 작성하여 추세선을 적합시키는 방법과 Cate-Nelson split 방법으로 critical level을 추정 하였으나 추세선에 의한 평가는 적합성에서

보다 합리적이지 못하여 후자의 방법으로 분석 하였다. 무비구 배추의 생산력과
과의 관계는 그림 5에 그리고 비료 효과와의 관계는 그림 6에 나타냈다.
Cate-Nelson split 방법은 XY축의 변이 분포경향에 대하여 X축 및 Y축과 평행
선으로 분할하여 분포자료의 추세선 경향과 일치하는 영역과 일치하지 않는 2
개 영역으로 구분하고 일치하지 않는 영역에 변이수가 최소가 되도록 분할 하
는 방법이다.

그림 5의 무비구 배추의 건물중 및 질소 흡수량과 무기태 질소 함량의 관
계에서 무비구 배추의 최대 건물중 115g/주를 생산하는데 추정된 무기태 질소
함량의 검정기준은 220 mg/kg 으로 평가 되었다. 또한 시설재배 토양의 검정
법으로 많이 활용되는 전기전도도의 검정기준은 무비구 배추의 최대 건물중
115g/주에 대하여 2.8 dS/m으로 추정 되어 일반적으로 염류토양의 기준으로
논의되는 2~4 dS/m의 중간 정도를 나타냈다. 무기태 질소 함량의 검정기준인
220 mg/kg 은 시비구와 무비구의 배추 건물중 및 질소, 칼륨 흡수량의 차이로
고려한 비료 전체효과, 비료 질소효과, 및 비료 칼륨효과 0에 대한 평가에서
도 동일하게 추정 되었다(그림 6). 또한 그림에 나타내지 않았지만 무비구
배추의 인산 및 칼륨 흡수량과 비료 인산효과에서도 무기태 질소 함량 220
mg/kg의 동일 수준에서 평가 되었다.

이러한 결과는 시설재배 토양의 무기태 질소 함량이 220 mg/kg 을 초과할
때 비료의 시용 효과가 없다는 것을 의미하며 즉 시비기준의 한계점이라고 할
수 있다. 시비기준의 한계점이 되는 무기태 질소 함량 220 mg/kg를 기준으로
하고 기준값 이하의 평가는 비료효과와 직선적인 반비례 관계로부터 추정 한
다면 시설재배 토양에 대한 배추의 적정 시비량 추천방안으로 활용 할 수 있
을 것이다. 예를 들면 무기태 질소 100 mg/kg 에서 비료 효과는 최고치의 약
50% 이므로 시비량을 50% 줄이는 방법등으로 시비량 추천이 가능 하리라 생각
된다.

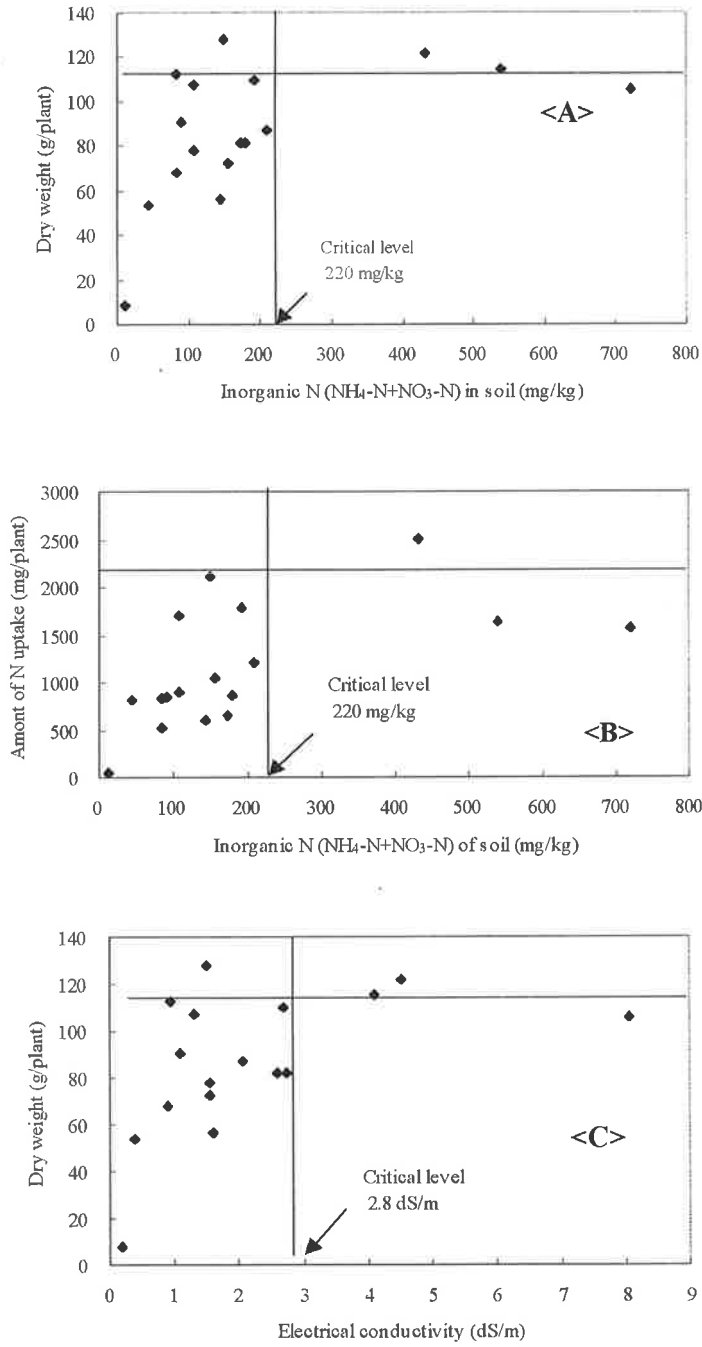


Fig. 5. Scatter diagrams of (A) dry weight of chinese cabbage with no fertilization versus content of inorganic N of soil, (B) amount of N uptake by chinese cabbage

with no fertilization versus content of inorganic N, and (C) dry weight versus electrical conductivity of soil.

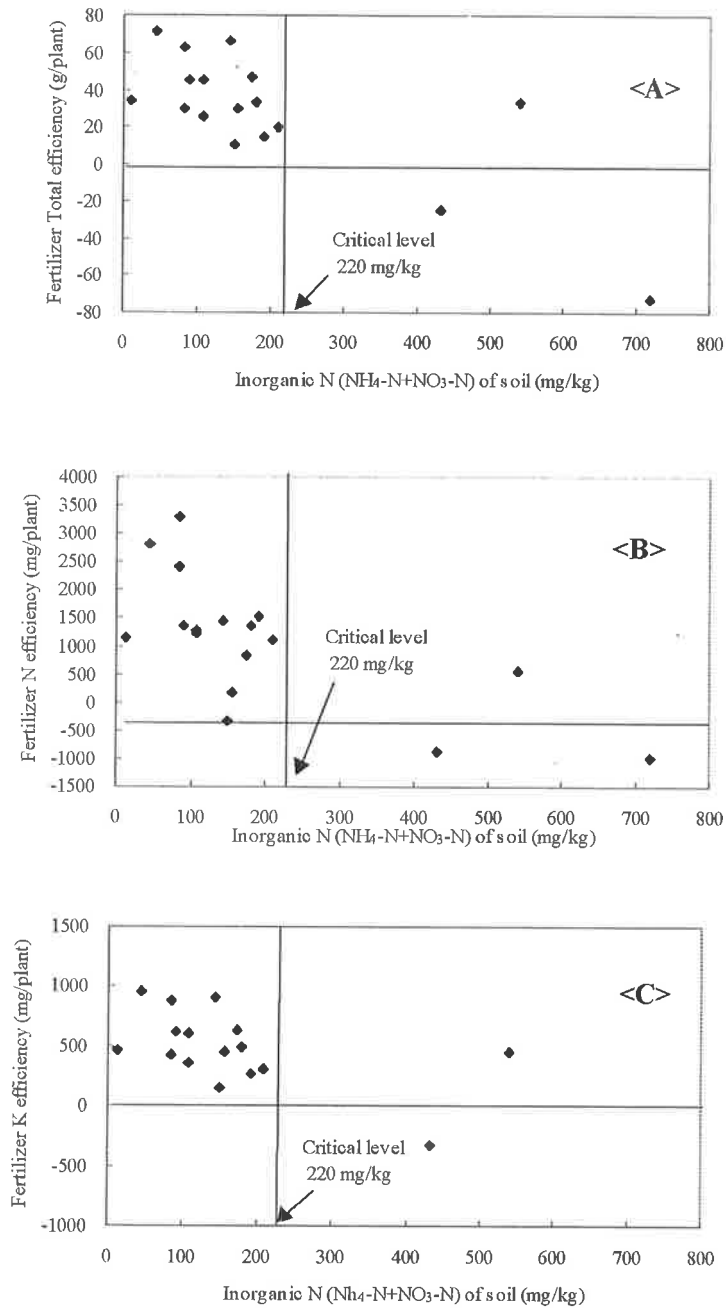


Fig. 6. Scatter diagrams of (A) fertilizer total effect of chinese cabbage versus content of inorganic N of soil, (B) fertilizer N effect versus content of inorganic N of soil, and (C) fertilizer K effect versus content of inorganic N of soil.

그리고 배추의 생산력 및 비료효과의 평가에 유효인산이나 치환성 칼륨이 포함되지 못한 이유는 시설재배 토양의 특성으로 고려되는 유효인산 및 치환성 칼륨 함량이 비정상적으로 높게 축적 되었기 때문으로 생각 되며 화학성분들간의 표준화 편회귀계수(표 29)에서 이러한 성분들의 가중치가 낮았던 결과와 관련 되었다.

2. 토마토의 생산력 검증시험

정식 후 85일째 수확된 토마토의 성장량은 표 30과 같다. 토마토의 성장량은 주당 생체중, 건물중 및 결가지 수에 대하여 조사하였으며 성장요인들 사이에는 유의성있는 정의 상관($r=0.72\sim 0.81$)을 보여 건물중을 비옥도 평가요인으로 선택하였다. 무비구의 건물중은 최소 11.8 g/주에서 최대 133.6 g/주의 범위로서 약 10배의 성장량 차이를 보였는데 이는 채취된 시설재배지 토양의 다양한 화학성(표1)과 관련되었다. 시비구의 건물중은 1번 토양을 제외하고 모두 무비구보다 높았으며 최소 30.9 g/주에서 최대 217.9 g/주의 범위로서 약 7배의 성장량 차이를 보였으나 채취 토양별 생산력 순위는 무비구의 경우와 동일하지 않았다. 또한 시비구 건물중과 무비구 건물중의 차이를 비료전체효과로 간주하여 여러 가지 토양 화학성분들과의 상호관계를 조사하였다.

Table 30. Dry weight of tomato at the 85th day after planting.

Site	No Fertilization					Fertilization				
	Dry Weight			Fresh Weight (stem, leaves, fruits)	No. of Branch	Dry Weight			Fresh Weight (stem, leaves, fruits)	
	Stem	Leaves	Total			Stem	Leaves	Total		
-----(g/plant)----			---(g/plant)---	ea/plant	-----(g/plant)----			---(g/plant)---		
1	49.4	38.1	87.5	1314.9	8.7	35.1	25.8	60.9	719.9	
2	65.2	48.4	113.5	1385.9	13.0	86.4	80.2	166.6	2144.6	
3	42.5	32.0	74.6	1147.2	8.7	82.4	90.2	172.6	1823.6	
4	32.7	26.3	59.0	999.2	8.7	73.4	56.9	130.3	1633.9	
5	35.9	32.9	68.7	1136.9	9.7	79.4	77.8	157.2	1749.9	
6	54.5	45.3	99.8	1315.2	11.3	71.6	60.1	131.7	1695.9	
7	65.1	54.2	119.3	1114.9	9.7	85.4	76.5	162.0	1714.2	
8	63.7	49.7	113.4	842.6	7.7	92.2	51.2	143.4	1073.6	
11	37.5	33.1	70.6	896.6	8.3	65.1	42.2	107.3	1211.9	
12	31.4	21.7	53.1	951.2	6.7	67.4	46.2	113.6	1442.6	
13	58.0	41.7	99.8	1347.6	8.0	68.9	52.1	121.0	1760.2	
14	81.6	52.0	133.6	1491.6	9.3	115.0	102.9	217.9	2451.7	
15	29.7	18.2	47.9	865.2	6.0	80.5	52.0	132.5	1883.9	
16	26.0	22.1	48.1	752.6	7.0	55.2	36.3	91.5	1241.9	
17	38.4	38.1	76.5	987.6	10.0	65.9	48.2	114.1	1568.4	
18	38.0	36.8	74.9	974.6	8.3	69.4	59.7	129.1	1629.6	
19	42.0	31.7	73.7	976.9	8.3	79.1	63.7	142.7	1433.2	
20	8.2	3.6	11.8	175.2	2.7	15.7	15.2	30.9	394.9	

Table 31. Amounts of nutrients uptake by top part of tomato.

Site	No Fertilization					Fertilization				
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	mg/plant	mg/plant	mg/plant	mg/plant	mg/plant	mg/plant	mg/plant	mg/plant	mg/plant	mg/plant
1	866	708	1849	1518	428	1132	503	2113	933	256
2	1237	1112	2830	1753	542	2425	1658	3452	2821	781
3	977	872	2123	2015	431	2762	1752	4387	3506	1028
4	740	547	1820	1438	418	1551	1204	4412	3123	786
5	895	716	2333	1649	431	2120	1695	5396	3761	1097
6	899	970	3000	2905	755	1577	1219	4352	3032	878
7	1598	987	4196	1942	608	2641	1421	6253	3282	978
8	1311	832	3457	1548	432	2794	922	5315	2340	697
9	719	738	1847	2025	341	1101	1095	2958	1930	334
10	380	498	1449	1291	253	938	855	4540	2065	493
11	437	887	2097	1798	397	1031	1088	3228	2450	460
12	665	1135	2998	2102	585	1982	1936	6019	4806	1222
13	337	452	1006	790	199	1275	812	1692	1531	473
14	467	483	1387	1137	282	793	747	2808	1799	424
15	771	660	2142	1616	391	747	882	3698	1951	509
16	590	608	2263	1805	375	801	1024	4066	3005	677
17	400	626	2294	1964	472	2464	1083	5305	2442	842
18	153	64	165	103	22	589	289	973	138	50

토마토의 줄기와 잎에 함유된 지상부 전체 양분흡수량은 표 31과 같다. 무비구 토마토에 의한 질소, 인산, 칼륨, 석회, 및 고토의 흡수량은 조사된 토양의 다양한 양분함량 차이에 따라 매우 다양한 범위를 보였으며 건물중의 경향과 유사하였다. 무비구의 질소흡수량은 최소 153mg/주에서 최대 1,598mg/주, 인산 흡수량은 최소 64mg/주에서 최대 1,135mg/주, 그리고 칼륨흡수량은 최소

165mg/주에서 최대 4,196mg/주 까지 큰 차이를 보였으며 조사된 대부분의 토양에서 양분흡수량은 무비구보다 시비구에서 높았다. 정식후 85일째 무비구의 토마토에 의한 질소, 인산, 칼륨 흡수량은 건물중과 함께 생물학적 평가를 위한 토양비옥도 요인으로 고려하였다. 그리고 시비구에서 무비구의 질소, 인산, 칼륨흡수량을 공제한 값을 각각 비료 질소효과, 비료 인산효과, 및 비료 칼륨효과로 고려하여 건물중 차이 값으로 고려한 비료 전체효과와 함께 시비효율성에 대한 토양 화학성과의 상호관계를 분석하는데 활용하였다.

여러 가지 토양 화학성분들과 무비구 토마토의 건물중 및 양분 흡수량과 비료효과와의 상관계수는 표 32에 나타냈다. 표에 제시되지 않았지만 토양의 비옥도요인으로 고려한 무비구의 건물중과 질소, 인산, 및 칼륨 흡수량들 간에는 상관계수 $r = 0.693 \sim 0.944$ 로서 고도로 유의성 있는 정의 상관을 보여 주었다.

Table 32. Correlation coefficients for the relationship among soil chemical properties and dry weight, amounts of nutrient and fertilizer effects.

Factors	⁽¹⁾ Dry weight	⁽²⁾ N-uptake	⁽²⁾ P-uptake	⁽²⁾ K-uptake	⁽³⁾ Fert. total	⁽³⁾ Fert. N effe	⁽³⁾ Fert. P effe
pH	NS	NS	NS	NS	0.517*	NS	0.470*
Organic matter	0.551*	0.474*	0.489*	0.692**	NS	NS	NS
Ava. P ₂ O ₅	NS	NS	0.487*	NS	NS	NS	NS
Exch.-K	0.530*	0.612**	NS	0.733**	NS	NS	NS
Exch.-Ca	NS	0.530*	NS	0.568*	NS	NS	NS
Exch.-Mg	0.501*	0.699**	NS	0.680**	NS	NS	NS
CEC	NS	0.593**	NS	0.604*	NS	NS	NS
E.C.	0.495*	0.752**	NS	0.679**	NS	NS	NS
NH ₄ -N	0.472*	0.708**	NS	0.616**	NS	NS	NS
NO ₃ -N	0.472*	0.707**	NS	0.615**	NS	NS	NS
K/(Ca+Mg) ^{0.5}	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
⁽⁴⁾ UV-Absorbency	0.649**	0.486*	0.692**	0.651**	NS	NS	NS
⁽⁵⁾ KCLA-N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

⁽¹⁾Dry weight of top part of tomato with no fertilization

⁽²⁾The amounts of N, P, and K uptake by top part of tomato with no fertilization.

⁽³⁾Fertilizer total, N, P, and K effects were estimated from differences of dry weight and nutrients N, P, and K uptakes of tomato between fertilizer and no fertilizer plot.

⁽⁴⁾Ultraviolet absorbency of 0.01M NaHCO₃ extract at 200nm

⁽⁵⁾The amount of NH₄-N mineralized from soil in 2M-KCl solution for 4 hours at 90 °C
n=18

무비구 토마토의 건물중과 가장 밀접한 상관을 보인 토양 화학성은 NaHCO₃ 자외선 흡광도($r=0.649$)이었고 다음으로 유기물함량($r=0.551$) 및 치환성카리

($r=0.530$)의 순이었으나 대부분의 토양 양분함량들과 유의성있는 상관을 보였다. 무비구 토마토의 질소 흡수량과 가장 밀접한 상관을 보인 화학성은 전기전도도($r=0.752$), 암모니아태질소(0.708) 및 질산태질소(0.707)의 순으로 토양중 양분함량들과 유의성 있는 상관을 보였다. 그리고 무비구 토마토에 의한 인산 흡수량은 NaHCO_3 자외선 흡광도($r=0.692$)와 칼륨 흡수량은 치환성 칼리(0.733)와 가장 밀접한 상관을 나타냈다. 이와 같이 토양의 비옥도 요인들과 밀접한 관계를 보이며 선발된 화학성들은 옥수수(Fox et al 1978, Hong et al 1990), 면화(Baker et al 1992) 및 시설채소 작물(곽 등 1996)의 토양 비옥도 평가에서 유효지표로 보고되었던 것들과 유사하였다.

시비구와 무비구의 토마토 건물중 및 양분 흡수량의 차이로 고려한 비료 효과에 대한 평가에서 토양 pH만이 건물중으로 고려한 비료 전체효과, 비료 인산효과, 및 비료 칼리효과에서 유의성있는 상관을 보였을 뿐 배추에서 평가된 결과(홍 등 1998)와 같이 전기전도도, 질산태질소, 및 암모니아태질소 함량 등과 유의성있는 부의 상관을 보이지 않았다. 이는 토마토가 배추보다 2배이상의 재배기간을 가지므로 전량 기비로 사용된 비료의 효과가 무비구에 비하여 상대적으로 적었기 때문으로 생각되었다.

표 33은 시설재배토양에서 염류집적도를 나타내는 전기전도도에 영향을 미치는 토양 화학성들의 기여도를 비교하기 위하여 표준화 편회귀계수를 나타낸 것이다. 토양의 전기전도도에 대한 표준 편회귀계수는 토양중 질산태질소와 암모니아태질소가 -35와 36으로 가장 컸으며 다른 화학성들은 1 이하를 보였다. 이는 무기태질소가 토양의 염류농도에 절대적으로 영향을 미친다는 것을 시사하는 것이며 상관계수의 크기로 비교한 질산태질소와 암모니아태질소(각각 $r=0.991$) > 치환성 칼리 ($r=0.905$) > 치환성 석회($r=0.871$) > 치환성 고토 ($r=0.713$) > 유기물 함량($r=0.290$)의 순위와는 상이한 결과를 보였다.

Table 33. Standardized partial regression coefficients of soil chemical properties for the dependent variable electrical conductivity.

pH	O.M.	Ava.- P ₂ O ₅	Exch.- K	Exch.- Ca	Exch.- Mg	CEC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	UV* Abs.	KCLA- N
-0.063	0.093	-0.038	0.070	-0.063	0.089	0.088	-35.21	36.01	0.013	0.049

Table 34. Standardized partial regression coefficients of soil chemical properties for the dependent variables dry weight, nutrients uptake, and fertilizer effects of dry weight, N, P, K uptake by tomato

Factors	pH	OM	Ava P ₂ O ₅	Exh -K	Exh -Ca	Exh -Mg	CEC	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	¹⁴ UV:Abs	¹⁵ KCLA-N
¹¹ Dry weight	0.39	-0.46	0.09	-0.18	-1.28	-0.18	1.80	1.34	-1159.1	1157.8	2.63	-1.00
¹² N-uptake	0.23	-0.23	0.55	-0.79	-0.07	0.17	-0.55	3.63	670.0	-671.6	-0.72	-0.10
¹³ P-uptake	-0.08	0.09	0.07	-0.06	-1.05	-0.36	1.36	1.08	-565.7	564.4	1.89	-0.71
¹⁴ K-uptake	0.60	-0.49	0.18	-0.27	-0.86	-0.08	0.83	2.76	-247.0	245.3	0.94	-0.64
¹⁵ Fert. total effect	0.80	-0.65	0.15	-0.02	-0.01	0.16	0.28	0.67	-490.6	489.6	0.82	-0.10
¹⁶ Fert. N-effect	-0.10	0.58	-0.60	0.87	-0.91	-1.16	0.98	-2.51	731.8	-728.8	-0.91	-0.25
¹⁷ Fert. P-effect	0.70	-0.46	0.49	-0.11	-0.17	0.12	0.19	1.09	466.9	-477.8	-0.76	-0.07
¹⁸ Fert. K-effect	1.31	-0.91	0.07	-0.17	-0.15	0.14	0.75	0.75	851.2	-851.2	-1.57	-0.47

¹¹ Dry weight of top part of tomato with no fertilization

¹² The amounts of N, P, and K uptake by top part of tomato with no fertilization.

¹³ Fertilizer total, N, P, and K effects were estimated from differences of dry weight and nutrients N, P, and K uptakes of tomato between fertilizer and no fertilizer plot.

¹⁴ Ultraviolet absorberency of 0.01M NaHCO₃ extract at 200nm

¹⁵ The amount of NH₄-N mineralized from soil in 2M HCl solution for 4 hours at 90°C
n=18

토마토의 생산성으로 평가한 토양비옥도 및 비료효과의 평가요인들에 대한 토양화학성들의 가중치를 추정하기 위하여 표준화 편회귀계수를 분석하였으며 각각의 계수는 표 34에 나타냈다.

비옥도 평가에 포함된 13개 화학성 중에서 무기태질소(NH₄-N, NO₃-N) 함량은 무비구 건물중, 질소, 인산, 칼륨 흡수량, 그리고 비료 전체효과 및 비료 질소, 인산, 칼륨효과등 모든 평가 요인들에 미치는 기여도가 가장 컸다. 염류가 비교적 많이 집적되었다는 시설재배 토양에서 검정지표로 활용되는 전기전도도와 비교해 볼 때 무비구 건물중, 질소, 인산, 칼륨흡수량등 비옥도요인들에 대한 전기전도도의 표준 편회귀계수는 1.08~4.02인데 비하여 무기태 질소(NH₄-N, NO₃-N)의 편회귀계수는 무비구 건물중이 1,158~1,159, 무비구 질

소 흡수량 718~720, 인산 흡수량 564~566 및 칼리 흡수량 245~247로서 절대적인 기여도를 보였다. 시비구와 무비구의 건물중 차이로 고려한 비료 전체효과 및 양분 흡수량 차이로 고려한 비료 질소, 인산, 칼륨효과에 대해서도 전기전도도의 표준 편회귀계수는 0.67~2.55인데 비하여 무기태 질소($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$)의 편회귀계수는 전체 비료효과가 490~491, 비료 질소효과 729~732, 비료 인산효과 407~408, 및 비료 칼리효과 851로서 역시 절대적인 기여도를 나타냈다.

이러한 결과는 시설재배 토양의 토마토 생산성에 대한 비옥도와 비료 효과의 평가에 대한 무기태 질소의 기여도는 다른 화학성들에 비하여 월등히 크다는 것을 의미하며 배추에 대한 평가와 동일한 경향을 나타냈다(홍 등 1998). 그리고 각 평가요인들에서 표준화 편회귀계수가 음수인 것은 과량 존재에 의해 평가요인에 역효과를 가진다는 의미를 나타내는 것이며 토양비옥도요인들과 비료 전체효과 및 비료 질소, 인산, 칼륨효과의 평가 사이에 편회귀계수의 부호가 서로 바뀌는 것은 그러한 관계를 시사하는 것이다.

시설재배 토양의 토마토 생산력 검정에 의한 토양비옥도 및 비료효과의 평가에서 무기태 질소 함량의 가중치는 다른 화학성들에 비하여 비교할 수 없을 만큼 월등히 높았기 때문에 질산태 질소와 암모니아태 질소의 합계 함량으로 비옥도 및 비료 효과와의 관계를 평가하였다. 토양중 무기태 질소 함량에 의한 토마토의 생산력 및 비료효과의 평가는 Cate-Nelson split 방법으로 critical level을 추정하는 방법으로 비교 분석하였다. 무비구 토마토의 생산력과의 관계는 그림 7에 그리고 비료효과와의 관계는 그림 8에 나타냈다. Cate-Nelson split 방법은 XY축의 변이 분포경향에 대하여 X축 및 Y축과 평행선으로 분할하여 분포자료의 추세선 경향과 일치하는 영역과 일치하지 않는 2개 영역으로 구분하고 일치하지 않는 영역에 변이수가 최소가 되도록 분할하는 방법이다(Cate et al 1971).

그림 7의 무비구 토마토의 건물중 및 질소 흡수량과 무기태질소 ($\text{NH}_4\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}$) 함량의 관계에서 무비구 토마토의 최대 건물중 117g/주와 무비구 토마토의 최대 질소 흡수량 1,300mg/주를 얻는데 추정된 무기태 질소함량의 기준은 220mg/kg으로 평가되었다. 또한 무기태 질소($\text{NH}_4\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}$) 함량의 검정기준인 220mg/kg은 그림 2에서 보는 바와 같이 시비구와 무비구의 토마토 건물중 및 질소, 칼륨 흡수량의 차이로 고려한 비료 전체효과, 비료 질소효과, 및 비료 칼륨효과 0에 대한 평가에서도 동일하게 추정되었다. 또한 그림에 나타내지 않았지만 무비구 토마토의 인산 및 칼륨 흡수량과 비료 인산효과에서도 무기태 질소 함량 220mg/kg의 동일 수준에서 평가되었고 배추의 경우와 동일한 수준에서 평가되었다. 이는 곽 등(1997)이 시설재배 토양의 배추 시비량 결정에 대하여 무시비 재배기준의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량으로 평가한 310 mg/kg 보다는 훨씬 낮은 수준이었다.

그리고 시설재배 토양의 검정법으로 많이 활용되는 전기전도도의 검정기준(그림 7)은 무비구 토마토의 최대 건물중 117g/주에 대하여 4.2 dS/m으로 추정되어 염류토양의 기준으로 논의되는 2~4 dS/m를 상회하고 있다. 이는 배추에서 평가된 2.8 dS/m 보다 높은 수준으로 염류에 대한 내성이 배추보다 토마토가 더 강함을 시사 해 주고 있다.

시설재배 토양에 대한 배추 및 토마토에 대한 시비기준의 한계치로 평가된 무기태질소($\text{NH}_4\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}$) 함량 220 mg/kg은 시설재배 작물의 무비 재배에 대한 토양검정 기준으로 고려할 수 있다. 따라서 이러한 무기태질소의 기준치 이상인 토양은 비료를 시용하지 않도록 하고 기준치 이하인 토양은 비료효과와 무기태질소 함량간의 부의 상관을 갖는 직선 회귀식을 이용하여 시비기준을 결정한다면 적정시비량을 추천 할 수 있다.

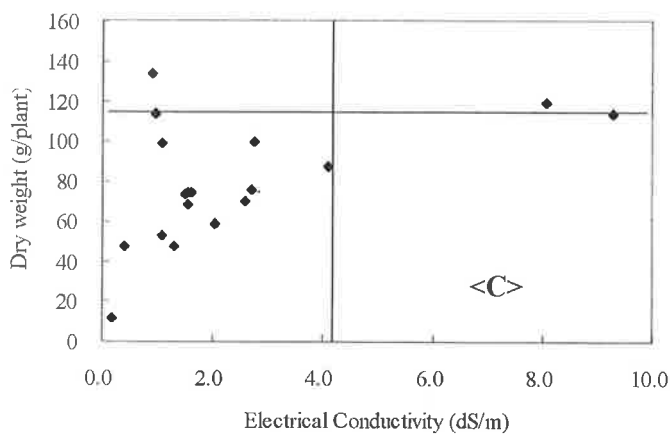
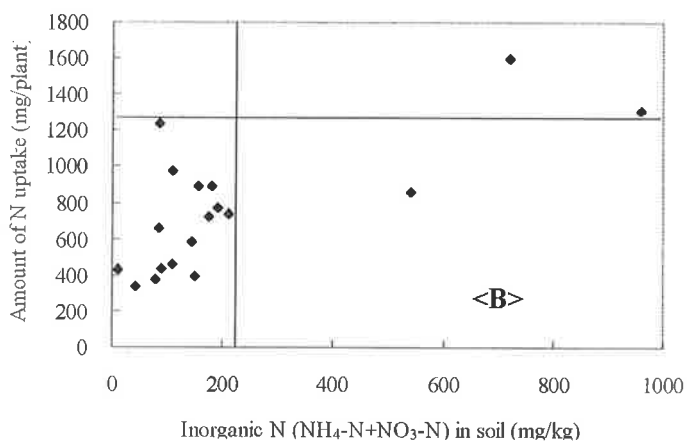
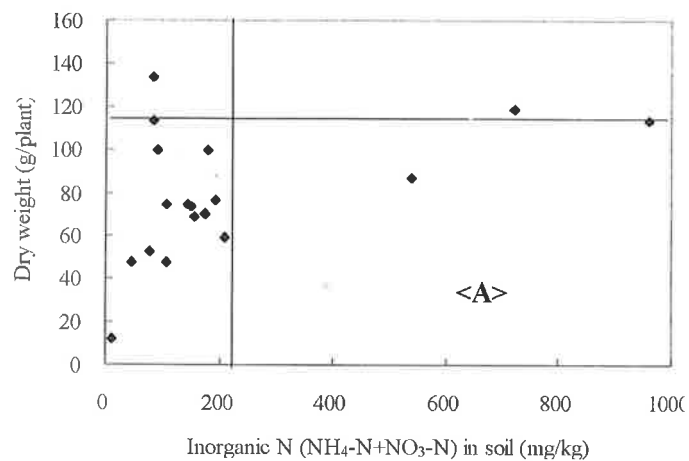


Fig. 7. Scatter diagrams of (A) dry weight of chinese cabbage with no fertilization versus content of inorganic N of soil, (B) amount of N uptake by chinese cabbage with no fertilization versus content of inorganic N, and (C) dry weight versus electrical conductivity of soil.

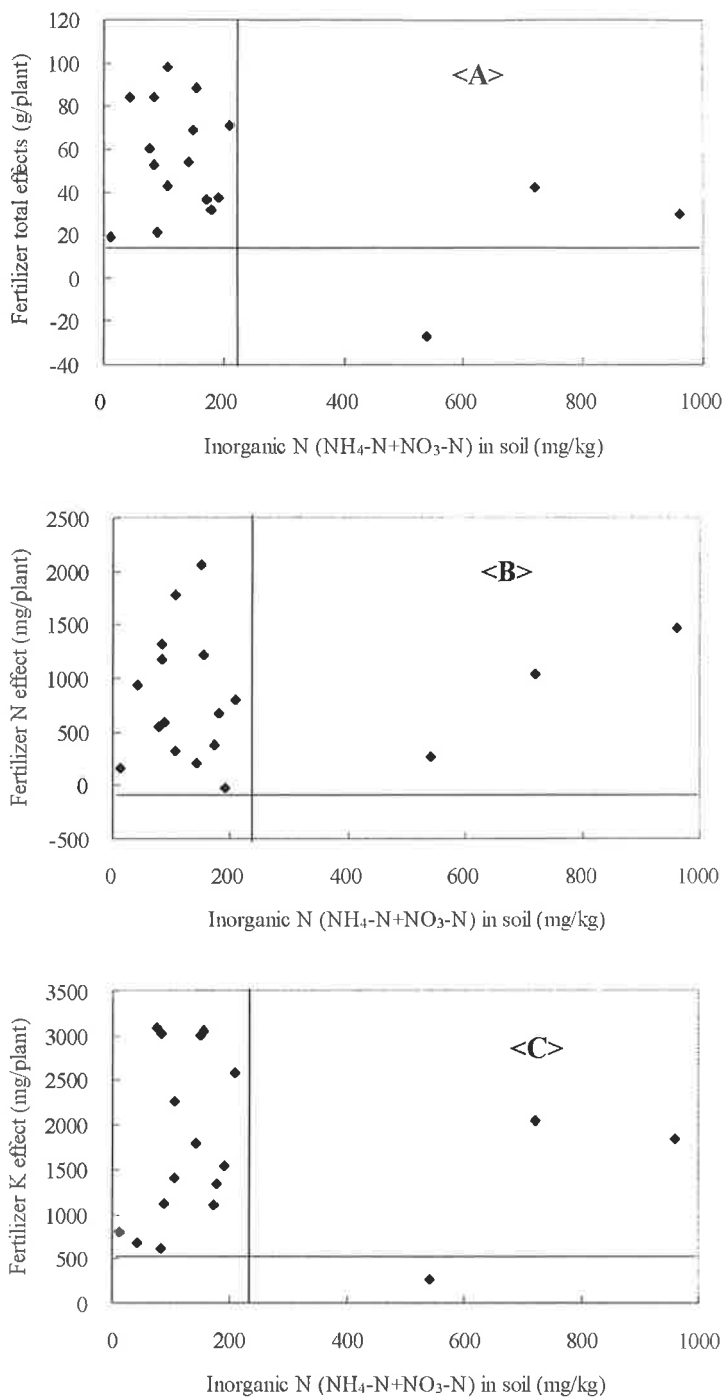


Fig. 8. Scatter diagrams of (A) fertilizer total effect of chinese cabbage versus content of inorganic N of soil, (B) fertilizer N effect versus content of inorganic N of soil, and (C) fertilizer K effect versus content of inorganic N of soil.

실례로 토양중 무기태질소 함량이 110 mg/kg인 경우 비료효과는 최고치의 50%에 해당되므로 시비량을 50% 줄이도록 추천이 가능하다. 물론 토양중 무기태 질소 함량이 220mg/kg 이하인 여러 토양에 대하여 보다 정밀하게 비료효과와 의 회귀관계가 구명된다면 시설재배 작물의 적정시비량 추천방법으로 활용 가능할 것으로 생각된다. 우리 나라 전체 513개소의 시설재배 토양에 대한 화학성 분석결과(정 등 1998)에서 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량의 평균치가 155.1mg/kg에 이르는 것은 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량을 포함할 때 이미 한계기준 이상의 토양이 많이 분포하고 있음을 시사하고 있다.

그리고 배추의 생산력 및 비료효과의 평가에서 유효인산이나 치환성칼륨 함량이 유의성있게 평가되지 못한 이유는 시설재배 토양의 특성으로 고려되는 유효인산 및 치환성칼륨 함량이 비정상적으로 축적되었기 때문(표1 참조)으로 생각되며, 화학성분들 간의 표준편회귀계수(표 34)에서 이러한 성분들의 가중치가 낮았던 결과와 관련되었다.

3. 배추 시비 적량시험

시설재배 토양에 대한 배추 및 토마토에 대한 생산력 검정결과 작물종류간에는 차이가 없이 무비구 작물의 최대 생산력과 비료효과를 효율적으로 평가할 수 있는 지표는 토양중 무기태 질소 함량으로 선발 되었다. 따라서 토양의 무기태 질소 함량이 20에서 239mg/kg으로 분포되는 10개 토양으로 배추를 공시작물로 하여 무비구 최대 생산력과 비료효과를 정밀 분석하였다.

그림 9는 무비구 배추의 건물중과 토양중 무기태 질소 함량의 상호관계를 나타낸 것이다. 무기태 질소 함량에 따른 생산성은 고도의 유의성이 있는 2차함수의 곡선회귀관계를 나타냈고 최대 수량의 무기태 질소 함량은 173.9mg/kg으로 평가 되었다.

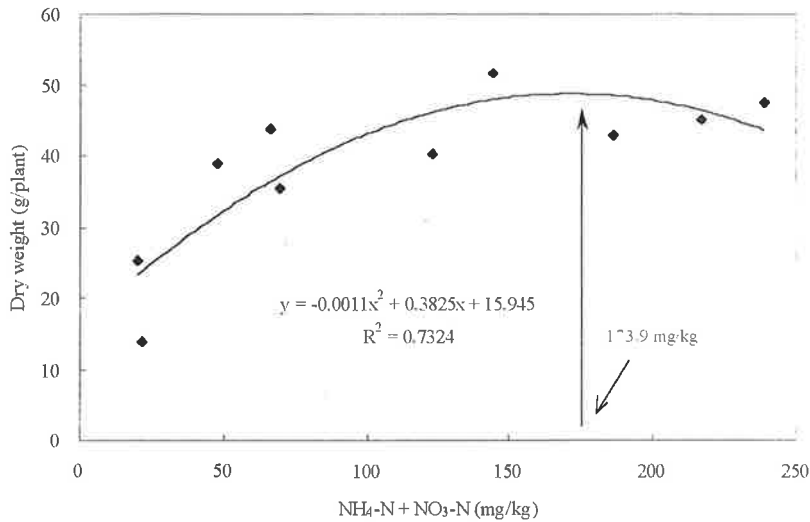


Fig. 9. Relationship between dry weight of chinese cabbage with no fertilization and inorganic N contents in soil

그림 10은 배추 건물중으로 평가한 비료효과와 무기태 질소 함량의 상호관계를 나타낸 것이다. 그림과 같이 무기태 질소 함량에 따른 배추 비료효과는 고도의 유의성이 있는 부의 상관관계를 보였으며 비료효과가 0이 되는, 즉 무비 재배할 수 있는 토양중 무기태 질소 함량은 171.3mg/kg으로 평가 되었으며 무비구 최대 생산력을 평가하는 수준과 비슷하게 평가 되었다. 이러한 결과는 시설재배 토양의 무비재배를 추천할 수 있는 유효도 지표인 무기태 질소 함량은 약 170mg/kg 이라는 것을 시사하고 있다. 이러한 평가기준에 따라 무기태 질소 함량이 170mg/kg이상인 토양은 무비재배로 추천하고 그 이하인 토양은 비료효과의 분석에서 평가된 회귀식에 의해 비료 추천량을 조절할 수 있을 것으로 생각되었다.

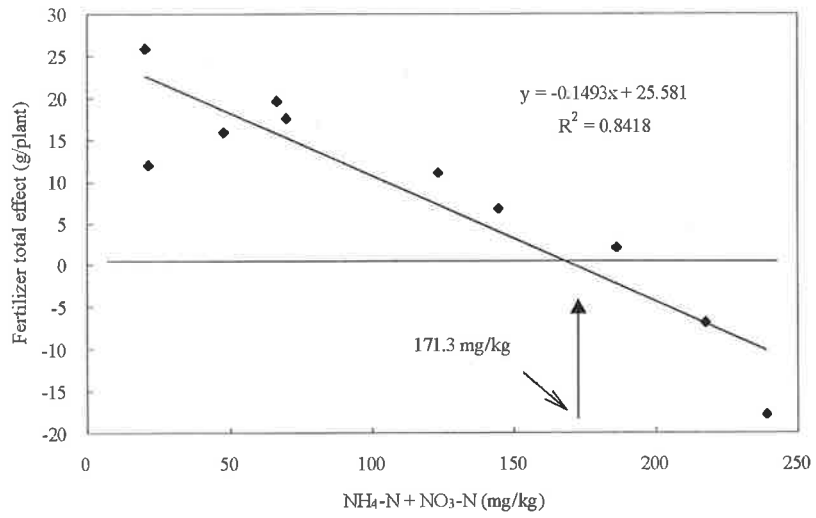


Fig. 10. Relationship between fertilizer total effect estimated from difference of dry weight of chinese cabbage between no fertilization and recommended fertilization plot and inorganic N contents of soil

제 4장 요약

제 1절 밭 토양의 비옥도 평가

토양의 비옥도에 관여하는 여러 가지 환경요인들 중 지형 및 토양도 자료가 데이터베이스로 구축되어 있는 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS)을 활용하여 밭 토양의 생산성을 평가하기 위하여 1986년부터 1988년까지 3년 동안 131개 경작지에서 포장시험이 수행 되었다. 고추재배 포장 64개소(96년 22개, 97년 20개, 98년 22개)와 연초재배 포장 67개소(96년 23개, 97년 25개, 98년 19개)는 충북 청원군, 음성군, 보은군, 괴산군, 진천군, 충주시 등 6개 군에서 지형 및 토양특성에 따른 비옥도가 다양하게 분포 되도록 선정하였다. 고추 및 연초의 생산성과 비료효과를 평가하기 위하여 무비구와 표준시비구로 구분하여 무비구 작물의 건물중과 질소, 인산, 칼륨 흡수량을 토양의 비옥도 요인으로 고려하였다. 그리고 시비구에서 무비구의 건물중, 질소 흡수량, 인산 흡수량, 칼륨 흡수량을 공제한 값을 비료 전체효과, 비료 질소효과, 비료 인산효과, 비료 칼륨효과 등으로 고려하여 비옥도 요인들과 함께 25개 지형 및 토양 속성들과 상호관계를 분석하였다.

토양의 pH 및 무기성분 함량 등 13개 화학성과 지형 및 토양도 자료인 경사도, 표고, 경사향, 토성, 배수등급, 유효토심, 밭 토양 추천등급, 지형, 모재, 토양산도, A층 깊이, A층 자갈함량의 12개 지표 등 전체 25개 지표들은 15개의 정량적 지표들과 10개의 정성적 지표들로 구분하여 다중선형회귀 분석을 수행하였다. 다중선형회귀 분석은 비옥도 요인 및 비료효과 요인들에 대한 15개 정량적 지표들을 독립변수로 하여 SAS의 REG, Stepwise로 분석하여 유의성있는 지표들을 선발하였으며 이들 선발된 지표들과 함께 정성적 지표들을 SAS의 GLM, class지정으로 분석하여 P값의 크기로부터 유의성있는 지표들을 선발하였다. 선발된 이들 정량적 및 정성적 지표들에 의한 비옥도와 비료

효과의 평가는 정량적 지표의 경우 각 지표에 대한 평가계수를 가중치로 적용하고 정성적 지표의 경우 분류된 각 집단에 대한 평가계수를 가중치로 적용하여 최종 평가모델식을 확립하였다.

무비구 고추 및 연초의 건물중은 매년도별 최저치와 최고치간에 약 5배의 생산성 차이를 보여 다양한 비옥도 특성을 나타냈다. 비옥도 및 비료효과에 대한 다중선형회귀 평가는 단일 지표에 의한 평가 신뢰도보다 보다 훨씬 양호하였으며 화학적 지표들 이외에 정량적 및 정성적 GIS 지표들을 포함시킴에 따라 더욱 증진되었다. 고추와 연초 두 작물간의 다중선형회귀 분석에 의한 평가 결과는 차이를 보였으며 고추보다 연초의 평가에서 양호하였다. 실제로 연초의 3년간 종합결과에서 무비구 건엽중으로 평가한 비옥도와 비료 전체효과에 대한 정량적 및 정성적 지표들까지 포함된 다중선형회귀의 결정계수(r^2)는 각각 0.652와 0.518로 단일지표에 의한 결정계수 0.219와 -0.271에 비하여 크게 증진되었다.

동일한 평가방법으로 2개의 정량적 지표들과 10개의 정성적 지표들을 포함한 GIS 지표들만으로 연초 무비구 건엽중과 질소 흡수량에 대한 다중선형회귀 분석에 의한 결정계수는 각각 0.747과 0.672이었다. 따라서 이러한 접근방법은 토양의 비옥도 구분을 가능하게 하였고 또한 이 모델식을 이용하여 충북지역 경작지에 대한 비옥도 구분 지형도의 출력이 가능하였다. 결론적으로 토양의 비옥도에 관여할 수 있는 정량적 및 정성적 지표들을 이용한 다중선형회귀 분석의 접근방법은 밭 토양의 비옥도 및 적정시비량 추천을 위한 평가방법으로 활용할 수 있을 것이다.

제 2절 시설재배 토양의 비옥도 평가

시설재배 토양의 염류집적 방지를 위한 적정 시비량 추천방안을 구명하기 위하여 영동군, 보은군, 청원군, 및 청주시의 시설재배지로부터 염류농도가 다양한 20개 토양을 채취하여 포트 시험으로 무비구와 시비구로 구분하여 배

추와 토마토의 생산성과 비료효과를 조사하였다. 무비구의 배추 및 토마토 건물중 및 질소, 인산, 칼륨 흡수량을 비옥도 요인으로 그리고 이들의 시비구와 무비구의 차이 값을 비료 전체효과 및 비료 질소, 인산, 칼륨효과로 고려하였다. 비옥도 및 비료효과 요인들은 화학성들의 상호관계를 분석하여 시설재배지 배추와 토마토의 시비기준을 설정하기 위한 평가방법을 검토하였다.

비옥도 요인들 및 비료효과들에 대한 무기태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$) 함량의 표준화 편회귀계수는 247~1,870의 범위를 보여 다른 화학성들의 0.02~4.11에 비하여 수백배의 높은 가중치를 보였다. 또한 무기태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$) 함량은 전기전도도에 대한 표준화 편회귀계수가 35.2-36.0으로 다른 화학성들의 1.0이하에 비하여 수십배의 높은 가중치를 나타냈다. 이러한 결과로부터 무기태 질소함량은 시설재배 토양의 비옥도와 전도도에 가장 크게 영향을 미치는 지표로 확인되었다.

Cate-Nelson split 평가방법에 의한 배추 및 토마토의 최대 생산력과 비료효과 0이 되는 무기태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$ + $\text{NH}_4\text{-N}$) 함량은 220mg/kg으로 동일하게 추정되며 작물 종류간에 차이를 보이지 않았다.

따라서 시설재배지 토양의 무기태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$) 함량이 20에서 240mg/kg으로 분포되는 10개 토양으로 배추를 공시작물로 하여 무비구 최대 생산력과 비료효과 0이 되는 토양중 무기태 질소의 정확한 기준을 설정하기 위한 추가시험이 수행되었다. 그 결과 무비구 최대 생산량에 대한 무기태 질소의 평가 기준은 173.9mg/kg, 비료효과 0이 되는 무기태 질소의 기준은 171.3mg/kg으로 비슷하게 평가되었다.

이상의 결과로부터 시설재배 작물의 적정 시비량 추천을 위하여 토양중 무기태 질소 함량이 170mg/kg 이상일 때 무비재배로 추천하고 그 이하인 토양은 비료효과의 분석에서 평가된 회귀식에 의해 비료 추천량의 조절이 가능하다.

제 5장 인용문헌

- 강보구, 이철희. 1990. 시설원예 재배지 환경실태 조사. 농시보고서(충북진 흥원) 1990 : 320-325.
- 강보구, 정인명, 민경범, 김재정. 1996. 염류집적이 상추의 발아 및 생육에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 29(4) : 360-364.
- 강보구, 정인명, 김재정, 홍순달, 민경범. 1997. 충북지역 시설재배 토양의 화학적 특성. 한국토양비료학회지 30(3) : 265-271
- 강보구, 정인명, 민경범, 김재정. 1996. 염류집적이 상추의 발아 및 생육에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 29(4) : 360-364.
- Gianello C. and J.M. Bremner. 1988. A rapid steam distillation method of assessing potentially available organic nitrogen in soil. Commun. In Soil Sci. Plant Anal. 19(4) : 1551-1568.
- Girgin B.N. and B.E. Frazier. 1996. Landscape position and surface curvature effects on soils developed in the Palouse landscape. Precision Agriculture, Proceedings of the 3rd international conference, ASA/CSSA/SSSA : 271
- 곽한강, 송요성, 연병열, 허범량. 1996. 시설재배작물의 질소 시비량 결정을 위한 토양질소의 공급력 측정방법 비교. 한국토양비료학회지 29(3) : 282-287.
- 농수산부. 1996. 농업통계, 작물재배면적. PC 통신 자료.
- Durieux, R.P., H.J. Brown, E.J. Stewart, J.Q. Zhao, W.E. Jokela, and F.R. Magdoff. 1995. Implication of nitrogen management strategies for nitrate leaching potential: Role of nitrogen source and fertilizer recommendation system. Agronomy J. 87(5) : 884-887.

- 박백균, 전태하, 김유학, 호교순. 1994. 주요 논, 밭작물에 대한 농가 시비실태. 한국토양비료학회지 27(3) : 238-246.
- Vanotti, M.B. and L.G. Bundy. 1994. Corn nitrogen recommendations based on yield response data. J. Production agriculture. 7(2) : 249-256.
- Baker, W.H., J. S. McConnell, R. L. Maples, and J. J. Varvil. 1992. Field verification. Current Viewpoints on the use of soil nitrate tests in the south, 5. Application of soil nitrate testing to cotton production. ASA Miscellaneous Publication : 25-32.
- Bundy, L.G. and T.W. Andraski. 1993. Soil and plant nitrogen availability tests for corn following alfalfa. J. Production Agriculture 6(2) : 200-206.
- Bruulsema, G.L. Malzer, P.C. Robert, J.G. Davis, and P.J. Copeland. 1996. Spatial relationships of soil nitrogen with corn yield response to applied nitrogen. Precision Agriculture, Proceedings of the 3rd international conference, ASA/CSSA/SSSA : 505-512.
- SAS Institute. 1995. SAS/STAT User's guide; Release 6.11 Edition. SAS Institute, Inc, Cary, NC, USA.
- 손상목, 오경석. 1993. 질소시비량이 배추, 무, 및 오이의 가식부위내 $\text{NO}_3\text{-N}$ 집적에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 26(1) : 10-19.
- 송요성, 이춘수, 곽한강, 박영대. 1993. 토양검정에 따른 배추와 시금치의 NPK 시비추천. 한국토양비료학회지 26(1) : 25-30.
- 송요성, 곽한강, 허범량, 이상은. 1996. 시설재배토양에 축적된 질산태질소의 유효도. 한국토양비료학회지 29(4) : 347-352.
- Spalding R. F. and M. E. Exner. 1993. Occurrence of nitrate in groundwater - A Review. J. Environ. Qual. 22 : 392-402.

- Schmitt, M.A. and G. W. Randall. 1994. Developing a soil nitrogen test for improved recommendations for corn. *J. Prod. Agric.* 7(3) : 328-335.
- 유인수, 이춘수. 1993. 환경보존을 위한 시비관리, 환경보존형 농업을 위한 토양관리 심포지엄. 한국토양비료학회 : 99-120.
- 이용환, 신용광, 황광남, 이경수. 1993. 비닐 하우스 토양의 화학적 특성에 관한 연구. 한국토양비료학회지 26(4) : 236-240.
- 이윤환, 홍순달, 정훈채, 김용연. 1998. 황색종 연초경작지 비옥도 검정방법. 토양검정과 시비처방에 관한 심포지움. 제주대학교 아열대원예산업 연구센터 : 61-74.
- 이춘수, 송요성, 이주영, 곽한강, 박영대, 김동수. 1993b. 토양검정치에 의한 몇가지 발작물의 3요소 기준량 조정. 한국토양비료학회지 26(2) : 111-120.
- 이춘수, 허범량, 송효성, 곽한강. 1994. 토양검정에 의한 채소류의 3요소 시비량 조정. 한국토양비료학회지 27(2) : 85-91.
- Wibawa, Winny D., Duduzile L. Dlundlu, Larry J. Swenson, David G. Hopkins, and William C. Dahnke. 1993. Variable fertilizer application based on yield goal, soil fertility, and soil map unit. *J. Production Agriculture* 6(2) : 255-261.
- Wollenhaupt N.C., D.J. Mulla, and C.A. Gotway Crawford. 1997. Soil sampling and interpolation techniques for mapping spatial variability of soil properties. The state of site-specific management for agriculture. Related Soc. Publ., ASA/CSSA/ SSSA, Madison, WI. 19-53.
- 정구복, 유인수, 김복영. 1994. 충북부 지역 시설원예지 토양의 토성, 염농도 및 화학성분의 조성. 한국토양비료학회지 27(1) : 33-40.
- 정이근, 이춘수, 임동규. 1994. 화학비료의 발전방향, 21세기를 향한 비료개발과 정책방향 심포지엄. 한국토양비료학회 : 22-47.

- 정병간, 최정원, 윤을수, 윤정희, 김유학, 정구복. 1998. 우리나라 시설원예 재배지 토양 화학적 특성. 한국토양비료학회지 31(1) : 9-15
- Jemison John M. jr, and Richard H. Fox. 1994. Nitrate leaching from nitrogen fertilized and manured corn measured with zero-tension pan lysimeters. J. Environ. Qual. 23 : 337-343.
- 최승락, 이춘희, 이한생, 신원교, 이추식. 1989. 포화토양 용액의 전기전도도가 채소류의 발아, 발근, 및 출아에 미치는 영향. 농시논문집(토양비료편) 31(1) : 56-62.
- Cate, R.B. Jr., and L.A. Nelson. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two class. Soil Sci. Soc. Am. 35 : 658-660.
- Khakural B.R., P.C. Robert, and D.J. Mulla. 1996a. Relating corn/soybean yield to variability in soil and landscape characteristics. Precision Agriculture, Proceedings of the 3rd international conference, ASA/CSSA/SSSA : 117-128
- Khakural B.R., P.C. Robert, and A.M. Starfield. 1996b. Predicting corn yield across a soil landscape in west central Minnesota using a soil productivity model. Precision Agriculture, Proceedings of the 3rd international conference, ASA/CSSA/SSSA : 197-206
- Cambardella C.A., T.B. Moorman, J.M. Novak, T.B. Parkin, D.L. Karlen, R.F. Turco, and A.E. Konopka. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 58 : 1501-1511
- Cambardella C.A., T.S. Colvin, D.L. Karlen, S.D. Logsdon, E.C. Berry, J.K. Radke, T.C. Kaspar, T.B. Parkin, D.B. Jaynes. 1996. Soil property

- contributions to yield variation patterns. Precision Agriculture, Proceedings of the 3rd international conference, ASA/CSSA/SSSA : 189-195
- Fox, R.H. and W.P. Piekielek. 1978a. Field testing of several nitrogen availability indexes. Soil Sci. Soc. Am. J. 42 : 747-750.
- Fox, R.H. and W.P. Piekielek. 1978b. A rapid method for estimating the nitrogen supplying capability of a soil. Soil Sci, Soc. Am. J. 42 : 751-753.
- Franzen D.W., L.J. Cihacek, and V.L. Hofman. 1996. Variability of soil nitrate and phosphate under different landscapes. Precision Agriculture, Proceedings of the 3rd international conference, ASA/CSSA/SSSA : 521-529
- Hong, S.D., R. H. Fox, and W. P. Piekielek. 1990. Field evaluation of several chemical indexes of soil nitrogen availability. Plant and Soil 123 : 83-88.
- 홍순달, 강보구, 김재정. 1998. 시설재배지 토양 검정에 의한 배추의 적정 시비량. 한국토양비료학회지 31(1) : 16-24
- 홍순달. 1992. Pennsylvania주 옥수수 재배지 토양의 질소공급능력에 영향을 미치는 요인분석. 한국토양비료학회지 25(1) : 26-37.
- 홍순달, 강보구, 김재정. 1998. 시설재배지 토양 검정에 의한 배추의 적정 시비량. 한국토양비료학회지 31(1) : 16-24