

최 종
연구보고서

시설영농을 위한 용수 및 농지의
효율적 이용 · 관리기술 개발

Management of Water and Farm-Land
for Greenhouse Farming

연구기관
환경대학교

1999-156

농림부 자료실
등록번호: 1696
등록일: 2001년 12월 18일
1/2

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “시설영농을 위한 용수 및 농지의 효율적 이용·관리
기술 개발” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

1999년 10월 30일

주관연구기관명 : 한경대학교

총괄연구책임자 : 이 남 호

연 구 원 : 전 우 정

연 구 원 : 황 한 철

연 구 원 : 홍 성 구

연 구 원 : 남 상 운

요 약 문

I. 제 목 : 시설영농을 위한 용수 및 농지의 효율적 이용·관리 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 시설영농을 위한 용수의 이용·관리 기술 개발

최근 들어 시설재배의 중요성이 높아짐에 따라 시설재배면적이 증가되고 있는데, 이와 같은 시설들은 주로 논과 밭에 위치하고 있다. 특히 저평야 지역에서는 용수원과 수리시설이 완비된 논이 시설재배지로 활용되고 있다. 이와 같이 동일한 수리구역 내에서 농지의 다목적 이용에 따라 용수소비 형태의 변화가 예상되고 이에 따른 기존 수리시설의 운영에도 영향을 미칠 것으로 생각된다.

수질오염의 증가로 인한 농업용수의 부족 현상은 적절한 물관리를 통해서 부분적으로 해결 할 수 있는데, 적절한 물관리가 이루어지기 위해서는 우선 지역특성과 영농의 다양화를 고려해서 용수가 관리·운영되는 것이 중요하다. 그러나 현재까지는 우리나라에서 시설농업을 위한 용수의 이용 및 관리, 관개시설의 선정·설계·운영에 관한 기준 등이 확립되어있지 않아 여러 가지 문제를 안고 있다.

용수의 절약과 작물의 생산량 증대를 위한 물관리 자동화의 필요성이 높아지고 있는데, 노지재배를 위한 관개방법이나 물관리 자동화 등에 관한 연구가 진행되어 오고 있는 관계로 상당한 노하우가 축적되어 있으나 시설재배를 위한 관개방법이나 물관리 자동화에 관한 기술개발이 미흡한 실정이다. 현재까지 개발된 기술은 아직까지는 연구개발단계로서 실용성이 부족하다.

본 연구는 시설농업을 위한 용수원 및 관개시설의 이용실태를 조사·분석하고, 이를 토대로 지역특성을 고려한 시설농업 유형별 용수원의 이용방안을 제시하고, 시설농업 유형별 적정 관개시설의 선정 기준 및 설계기준을 제시하며, 시설농업을 위한 물관리 자동화 시스템을 개발하고 그 적용성을 검토하는데 목적이 있다.

2. 시설환경 및 재배방식별 증발산량 산정 연구

시설원예의 급속한 증가와 더불어 시설재배에 있어서도 증수, 품질의 향상, 노동력 절감 등의 관점에서 물관리의 중요성이 대두되고 있다. 시설재배 작물의 물관리를 합리적으로 실시하기 위해서는 시설재배에 있어서의 증발산량의 파악이 불가피한데 이에 관한 연구에는 경지의 그것에 비하여 매우 적고, 일부 실측된 예가 있으나 시설환경이나 재배방식 등을 고려하여 정량적으로 파악된 예는 거의 찾아볼 수 없으며, 따라서 그것을 구명하는 것은 시설재배 작물의 소비수량 산정에 중요한 자료가 될 수 있을 것이다. 또한 시설재배에 있어서의 증발산에 관한 연구는 단순히 물관리를 위해서 뿐만 아니라 온실내에서의 열에너지의 이동과도 밀접한 관계를 가지고 있으므로, 이에 관한 많은 자료를 축적하지 않으면 안될 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 시설재배시의 관수자동화 및 필요수량 산출에 대한 기초자료를 얻고자 시설환경, 재배방식 및 생육단계별로 시설재배 작물의 증발산량을 실측 조사하고, 이를 기초로 증발산량 추정 모델을 개발하며 또한, 시설재배 작물의 적정 수분 조건을 유지하는데 필요한 용수를 충분히 확보하고 관수설비의 과학적인 계획, 설계가 이루어질 수 있도록 하기 위하여 시설재배 작물의 소비수량 및 용수량 산정방법을 정립하고, 원예시설의 관수설비 설계에 필요한 기준 자료를 제시하는 것을 목적으로 하였다.

3. 시설농업의 적지분석 기술 개발

국내의 농업환경의 변화와 더불어 시설농업의 성장 잠재력이 커지면서 시설면적은 날로 증가하고 있으며, 그 수요 또한 계속 급증하리라 예상된다. 그러나 시설면적은 늘어나고 있지만 농지의 효율적 이용측면은 고려되지 않은 채 원예시설을 무질서하게 설치하여 토지 이용 측면에서 혼란을 초래하고 있는 것 또한 사실이다.

따라서 적절한 장소에 원예시설이 설치될 수 있도록 과학적이고 합리적인 입지적성 평가기술의 개발이 우선되어야 할뿐만 아니라, 시설농업의 유형(형태)을 사전에 면밀히 검토하여 체계적인 입지정책이 수립될 수 있도록 하여야 할 것이다. 그러나, 이와 같은 시설농업 입지정책의 기초자료는 전무한 상태이고, 농지의 효율적 이용측면에서 시설농업의 적정입지 분석에 관한 연구 또한 거의 이루어지지 않은 실정이다.

이러한 관점에서 본 연구는 무질서한 시설농업의 난립을 미연에 방지함은 물론 시설농업의 생산성을 향상시키고, 농지의 효율적 이용으로 토지이용의 질서를 도모하기 위한 시설농업 입지정책의 기초자료를 제공하고자 함을 주된 목적으로 하고 있다.

4. 시설토양의 이화학적 특성변화 분석 및 개량방법 개발

시설재배지토양은 노지토양과는 여러 가지 다른 특성을 갖고 있다. 시설내에서는 강우가 차단되고 관개에 의해서만 작물이 필요로 하는 수분이 공급되기 때문에 물의 이동이 노지토양과는 매우 다르다. 또한 집약적인 재배방식으로 인해 다비하는 경향이 많아 노지토양에서 발생되지 않는 각종 문제점이 발생하게 된다.

시설재배지토양에서 발생하는 여러 가지 문제점 가운데 염류집적은 가장 대표적인 것으로서 염류집적이 발생하게 되면 작물이 제대로 성장하지 못하고 각종 병해를 입을 수 있다. 따라서 농업소득 증

대에 필수적인 생산성 향상과 지속적 농업의 육성 및 발전을 위해서는 토양의 질적 저하를 방지하기 위한 기술의 개발이 중요하다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 과제에서 수행한 주요 연구내용 및 범위를 요약하면 다음과 같다.

세부과제명	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
시설영농을 위한 용수의 이용·관리 기술 개발	시설농업을 위한 용수원과 관개시설의 이용실태 분석 및 이용방안 연구	①시설농업을 위한 용수원의 이용 실태 조사 ②시설농업을 위한 관개시설의 이용실태 조사 ③지역특성을 고려한 시설농업 유형별 용수원 이용방안
	시설농업 물관리 자동화 시스템의 개발	①유형별 적정 관개시설의 선정 기준 및 설계기준의 제시 ②시설농업 물관리 자동화 시스템의 개발
	시설농업 물관리 자동화 시스템의 개발 및 평가	①물관리 자동화 프로그램의 개발 ②시설농업 물관리 자동화 시스템의 평가
시설환경 및 재배방식별 증발산량 산정 연구	시설환경 및 재배방식별 증발산량의 비교분석	①생육단계별 시설환경 조건에 따른 증발산량 실측조사 ②재배방식별 증발산량 조사 : 토양재배, 양액재배
	시설재배 작물의 증발산량 추정모델 개발	①시설환경 및 재배방식별 증발산량 조사계속 ②시설환경요인과 증발산량과의 관계 분석 ③시설재배 작물의 증발산량 추정 모델의 구축
	시설재배 작물의 증발산량 추정모델의 검증 및 소비수량 산정 방법의 정립	①증발산량 추정 모델의 검증 및 적용성 검토 ②시설재배 작물의 소비수량 산정 방법의 개발 ③시설재배 방식별 용수량 산정 방법 정립

세부과제명	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
시설농업의 적지분석 기술 개발	시설농업 적지분석 기초 조건 정립	①시설농업 입지현황 조사분석 ②적지분석 평가항목 도출
	적지분석 평가모델 개발	①시설농업 적지분석 평가기법 개발 ②적지분석 평가방정식 구축
	시설농업의 적지분석 평가모델 적용 및 검증	①지역특성별 적지분석 평가모델 검증 ②사례연구를 통한 적지분석 평가모델 검증 ③기존시설 및 신규입지에 대한 시설농업 적지평가
시설토양의 이화학적 특성변화 분석 및 개량방법 개발	시설토양의 이화학적 특성변화 조사분석	①시설토양의 유형별 이화학적 특성 실측조사 ②시설토양의 이화학적 특성변화 분석
	시설토양의 이화학적 특성변화 요인 도출	①시설농업의 토양환경 인자 분석 ②시설토양의 이화학적 특성변화 요인 도출
	시설토양의 개량방법 개발	①시설토양의 개량방법 개발 ②시설토양 개량방법의 현장검증 실험 ③개발된 토양개량방법의 적용성 검토

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

시설영농을 위한 생산기반의 조성은 적지에 시설을 설치하고, 작물 생육에 가장 기본이 되는 용수를 확보·관리하고 토양을 효율적으로 관리하는 등의 종합적인 기술이 정립되어야 한다. 본 시설영농을 위한 용수 및 농지의 효율적 이용·관리 기술 개발 과제는 시설원에 생산기반의 조성에 필요한 구체적인 자료를 제공하기 위하여 수행하였으며 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 시설영농을 위한 용수의 이용·관리 기술 개발

- 1) 시설농업의 지역적 특성에 알맞는 용수의 이용 및 관리에 관한 모형의 제시를 위한 기초자료를 제공하기 위해, 도시근교지역, 평야지역, 중산간지역에서의 용수원 및 도수시설의 선정방법, 종류, 운영실태 등 이용 전반에 관한 실태를 조사하고 이를 분석한 결과, 용수원으로는 지하수를 제일 많이 사용하고 있었는데 동일 수리구역 내에서 농지의 시설농업화에 따른 용수소비 형태의 변화는 없는 것으로 나타났고, 시설재배농민들이 외부로부터 기술적인 지원을 받지 못하고 있고 취수시설의 선정 및 운영에 필요한 기준이나 지침이 없었다.
- 2) 관개시설의 선정방법, 종류, 운영실태 등 관개시설 이용 전반에 관한 실태를 조사하고 분석한 결과, 시설재배농민들이 관개시설과 관련하여 외부로부터 기술적인 지원을 받지 못하고 있었고, 관개시설의 선정 및 운영에 필요한 기준이나 지침이 없었고, 과학적인 물

관리가 되지 않고 경험에 의한 물관리가 시행되고 있었으며, 관개 시설은 대부분이 수동으로 조작되고 있고, 관개자동화에 대한 요구도가 높았다. 관개시설 설치 후에 적절한 유지관리체계가 되어있지 않은 것으로 나타났다.

- 3) 지역특성별 시설농업의 유형을 도시근교농업, 순수평야농업, 중산간농업으로 구분하고, 각 유형별로 주요대상 작목, 관개방법 및 시설, 용수원의 종류 및 이용, 용수의 수질 등의 특성을 분석하고 이를 토대로 용수원 및 관개시설의 이용모델을 제시하였다.
- 4) 시설농업을 위한 적절한 관개시설의 계획 및 설계를 위하여 설계편람을 작성하였는데, 그 주요 내용으로 시설농업을 위한 관개의 기초이론, 관개계획, 관개시설계획, 말단 관개시설계획, 관개조절방법 등이 정리되어 있다. 일부 관개시설의 수리적 특성에 관한 현장실험이 실시되고, 그 결과가 활용되었다.
- 5) 시설내의 토양재배를 위한 물관리자동화 시스템은 토양수분을 측정하여 포장의 토양수분이 적정하게 유지되도록 관개간격과 관개량을 결정할 수 있도록 개발되었고, 양액재배를 위한 물관리자동화 시스템은 표준일사 제어와 적산일사 제어가 가능하도록 개발되었다. 개발된 자동화 시스템은 토양재배는 배추를, 양액재배는 오이를 대상으로 현장적용되어 적용 가능성이 있는 것으로 나타났다.

나. 시설환경 및 재배방식별 증발산량 산정 연구

- 1) 시설재배시의 관수자동화 및 필요수량 산출에 대한 기초자료를 얻고자 우리나라에서 가장 많이 재배되고 있는 시설재배 작물인 엽채류의 상추와 과채류의 오이를 대상으로 시설환경, 재배방식 및 생육단계별 증발산량을 실측하였다. 상추의 재배방식은 토양재배,

NFT, 오이의 재배방식은 토양재배, 락울, 필라이트로 하였으며, 토양재배쪽이 양액재배에 비하여 많은 물을 소비하는 것으로 조사되었고, 증발산비는 양액재배 쪽이 토양재배에 비하여 큰 값을 보이고 있으며, 상추 토양재배를 제외하고는 생육단계에 따라서 크게 증가하는 경향을 보였다.

2) 증발산량과 시설환경요인과의 상관관계 분석결과 토양재배 상추의 증발산량과 평균기온 사이에만 유의성이 없었으며 나머지 재배방식별 증발산량과 증발계증발량, 일사량 및 최저습도 사이에는 고도로 유의한 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 농가활용을 위한 간편성을 고려하고 증발산량과 시설환경요인과의 상관관계 분석결과를 토대로 일사량으로부터 시설재배 상추 및 오이의 생육단계별 증발산량 추정 모델을 개발하였으며, 모델의 타당성 검증 결과 유의성이 매우 높았다.

3) 양액재배 농가의 급액제어 실태를 조사한 결과 거의 대부분이 타이머에 의한 제어를 실시하고 있었으며, 타이머제어로 충분하다는 생각을 하고 있으나 날씨가 흐린날은 낭비되는 양액이 너무 많으므로 이를 보완할 수 있으면서 기능이 단순하고 경제적이며 사용이 편리한 제어시스템의 개발이 요구되었다. 이와 같은 제어시스템에 활용할 수 있도록 양액재배 오이의 증발산량 실험 결과를 토대로 급액제어모델을 개발하였다. 급액제어의 기본은 타이머제어로 하되, 계절별로 기준급액모델을 구축하고 일사량과 생육단계별 가중치를 고려한 급액제어모델을 구축하였으며 시뮬레이션 및 실험에 의하여 개발된 급액제어모델의 적용성을 검토한 결과 적용가능성이 비교적 높은 것으로 판단되었다.

4) 재배방식을 토양재배와 양액재배로 구분하여 시설재배시의 소비

수량 및 1회 관수량 산정방법을 정립하고, 관수방법별 관수효율과 재배방식별 시설이용을 및 양액재배의 적정배액율을 고려한 관개용수량 산정방법을 정리하여 제시하였다. 작물별 관개기간의 총관수량 및 1일 최대 관수량에 관한 재배사례를 조사하였으며 냉난방용수, 제염용수, 세정수 등의 시설환경 관리용수량을 조사하고 시설재배시의 계획용수량 및 설계용수량 산정방법을 정리하여 제시하였다.

다. 시설농업의 적지분석 기술 개발

- 1) 시설원예의 입지현황 및 특성 분석 : 시설농업의 적정입지를 평가하기 위한 기초조건을 정립하고자 본 연구에서는 자연입지적 요인, 사회입지적 요인, 일반적 입지요인 등 각종 입지요인을 토대로 시설농업의 입지현황과 특성을 고찰하였다. 교차분석 등의 통계해석을 통하여 도시근교지역, 평야지역, 중산간지역 등의 지역특성별로 입지특성을 분석한 결과, 지역간 입지특성의 상당한 유의차를 확인하였다.
- 2) 시설농업의 입지유형 분석 : 15개의 시설입지요인을 토대로 수량화 이론(다중대응분석)을 적용하여 지역특성별 시설농업의 입지유형을 분석하였다. 그 결과, 지역특성별 각각 3가지의 입지유형을 도출할 수 있었다. 도시근교지역은 「저평지 답작지대형」, 「마을근교형」, 「경사(산간)지대형」의, 평야지역은 「마을근교형」, 「평야(원격) 답작지대형」, 「경사(구릉)지대형」의, 중산간지역은 「경사지 전작지대형」, 「마을근교형」, 「평지 답작지대형」의 입지적성 유형을 띄고 있음을 알 수 있었다.
- 3) 시설농업의 입지적성평가 모델 개발 : 3가지 지역특성별 시설농

업의 입지적성 평가모델 구축을 시도하였으며, 특히 시설농업 입지적성평가모델 구축에 가장 근간이 되는 입지적성평가요인의 중요도 결정(평가)기법을 중심으로 고찰하였다. AHP법, 비울평가법, 실수평가법 등의 평가기법별 특성을 살펴 본 결과 AHP기법이 가장 과학적이고 합리적인 기법으로 판단되었으며, 본 연구에서는 AHP 기법에 의해 구축된 시설농업 입지적성평가모델을 적용하였다.

- 4) 시설농업의 적지평가모델의 적용 : 본 연구에서 개발한 시설농업 입지적성평가 모델을 지역특성별로 각각 적용하였으며 시설농업의 적지등급을 5등급으로 구분하여 그 결과를 바탕으로 각각의 시설 적지평가(분포)도를 작성할 수 있었다. 그 결과, 도시근교지역은 전체적으로 비교적 양호한 시설적지가 많이 분포하고 있는 것을 알 수 있었다. 평야지역은 마을주변지역보다 경사가 완만하고 경지가 잘 정리된 경지의 조건이 양호한 평야답작지대를 중심으로 적지등급이 높게 나타났으며 대체로 시설적지가 많이 분포하고 있음을 확인하였다. 중산간지역은 주로 하천과 마을이 가까운 비교적 완경사 지대를 제외하고는 시설적지가 비교적 적음을 알 수 있었다.
- 5) 시설농업의 입지적성평가모델 검증 : 본 연구에서 개발한 시설농업의 적지평가모델을 검증하기 위하여 학계 및 행정전문가로 구성된 전문가 그룹을 통하여 시설농업 적지평가모델에서 평가된 적성값과 전문가들의 식견을 통해서 평가한 적성값과의 관계를 규명함으로써 모델의 검증을 시도하였으며, 그 결과 모델의 적합성을 인정할 수 있는 것으로 판단되었다.

라. 시설토양의 이화학적 특성변화 분석 및 개량방법 개발

- 1) 시설재배지토양의 이화학적 특성을 조사하고 염류집적에 영향을

미치는 요인을 파악하기 위해서 경기도 안성군 및 화성군 지역의 99개 시설을 대상으로 설문조사와 시료채취 및 분석을 수행하였다. 조사된 시설에 대한 표층의 평균 pH, EC, 유기물함량은 기존의 연구결과와 유사한 수준으로 나타났다. 전기전도도가 증가함에 따라서 pH가 다소 낮아지는 경향을 관찰할 수 있었다.

- 2) 경과년수에 따른 전기전도도의 변화는 조사기간이 작물을 재배하고 있는 기간이라서 지속적인 관수가 이루어지고 있었고, 작물재배 직전에 행한 경운으로 인하여 염류가 분산 및 저층으로 이동되었기 때문인 것으로 판단된다. 염류농도의 지표로서 전기전도도는 관수방법에 따라서 영향을 받았는데, 점적관수에 비해 분수호스에 의해 관수하는 시설의 전기전도도가 낮았다.
- 3) 토양의 건조과정에 따른 염류집적현상을 파악하기 위하여 포트 내에 토양시료를 채우고 질산칼슘을 처리한 후 건조하면서 경과시간에 따른 토층별 염류농도의 변화를 조사한 결과, 10여일 경과 후 표토층에서의 EC는 약 2배로 증가한 반면 저층의 EC는 변화가 거의 없었으며, 30여일이 지난 후에는 표토층에서의 EC는 약 4배 이상으로 증가하며 저층의 평균 EC 값은 점차 감소하는 것을 관찰할 수 있었다.
- 4) 집적매체를 이용한 흡착식 제염방법의 효과를 실험적으로 구명한 결과, 처리구는 무처리구에 비하여 표토층에서 비교적 낮은 염류농도를 나타냈으며, 집적매체를 교체하고 토양수를 추가하여 수분증발이 지속되는 경우 최고 우수한 제염효과를 관찰할 수 있었다. 집적매체를 이용한 흡착식 제염방안의 경우 적절한 건조-관수의 반복과 집적매체의 교환 등의 관리를 통해서 시설토양에 집적된 염류는 효과적으로 제거될 수 있다.

2. 활용에 대한 건의

연구결과의 활용방안 및 활용에 대한 건의는 다음과 같다.

가. 시설영농을 위한 용수의 이용·관리 기술 개발

본 연구에서 시설농업을 위한 용수원 및 관개시설의 이용실태를 조사·분석한 결과, 시설농업을 위한 물관리 시설은 어느 정도 고급화 된 기술이 사용되고 있는데도 불구하고 이를 선정하고 활용할 수 있는 기술지침이나 기준이 거의 없고 또한 농업기술지원기관의 지원체제가 없는 실정이다. 본 연구에서 제작된 “시설농업을 위한 관개시설 설계편람”의 보급이 이와 같은 문제를 어느 정도 해결할 수 있을 것이다. 또한 관개시설의 계획 및 설계기준 자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 개발된 물관리자동화 시스템은 농민들이 사용하기 간단하면서도 보다 합리적으로 물관리를 할 수 있도록 개발되었는데, 이와 같은 시스템의 현장 보급에 장애가 되는 것은 현재 국내에 공급되고 있는 토양수분과 일사량센서들이 가격이 비싸 농민들이 구매를 기피하는 경향이 있으므로 값싼 센서의 개발 보급이 필요하다. 현재 이와 관련된 연구가 별도의 과제로 총괄연구기관에 의해 수행 중에 있어 물관리자동화 시스템의 보급에 기여할 것으로 생각된다. 새로이 개발되는 센서를 이용한 물관리시스템의 적용성 검토도 필요하다고 판단된다.

나. 시설환경 및 제배방식별 증발산량 산정 연구

본 연구에서는 상추와 오이를 대상으로 온실 토양재배 및 NFT,

펠라이트, 락울경 등의 양액재배 방식에 대한 단기간의 실험 결과로써 충분하지는 못하지만 시설재배 작물의 증발산량과 관개용수량은 노지재배의 그것들과는 상당히 다른 경향을 보인다는 것이 확인되었다. 따라서 보다 많은 시설재배 작물을 대상으로 다양한 재배방식에 대한 증발산량을 측정하여 자료를 축적하고, 축적된 자료를 바탕으로 값싸고 안정적인 토양재배 관수시스템 및 양액재배 급액시스템의 개발이 필요하다. 또한 현장에 기술을 보급하기 위해서는 다수의 선도 재배농가에 계측장비를 설치해 놓고 장기적으로 물관리 실태를 실측하는 과업이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구 결과는 향후 정부기관 또는 온실산업분야에서 온실의 환경설계 기준의 설정 및 평가에 있어서 관수시설의 설계기준 자료로써 활용될 수 있으며, 관련분야 연구 및 사업의 지침으로서 또한 시설재배 농민이나 온실 설계 및 시공업체들의 방향설정 자료로써 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

다. 시설농업의 적지분석 기술 개발

본 연구에서 개발된 지역특성별 시설농업 입지적성평가모델 등을 바탕으로 지역특성에 알맞은 시설농업에 대한 체계적인 입지정책이 조속히 마련되어 시설농업을 합리적이고 경쟁력 있게 육성하여야 할 것이다. 나아가 본 연구에서 마련된 평가모델을 토대로 여러 농촌지역에 직접 적용시켜, 본 평가모델의 유효성을 검증하는 연구가 계속해서 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서의 시설입지 적성평가모델의 사례지역 적용 결과를 보면 외형적으로 비슷한 토지조건일지라도 시설농업의 적지성은 다양하게 분포하고 있음을 알 수 있었다. 또 수도작 재배조건이 좋은 경

지 정리된 저평지의 농지임에도 불구하고 반드시 시설적지로 판명되지 않은 반면 비교적 계곡에 위치한 수도작 재배조건이 불량한 것으로 판단되는 농지에 시설적지로 판명된 경우도 나타났다. 이와 같은 조건을 고려해 볼 때 농지의 효율적 이용측면에서 본 연구에서 평가한 시설적지 자료를 근거로 합리적인 농지이용계획이 마련되어야 할 것이다. 또한, 현재 시설재배가 이루어지고 있는 지역은 비교적 수도작의 재배조건이 좋은 농지가 대부분을 차지하고 있는데, 본 연구결과를 토대로 하여 농지의 효율적 이용을 고려한 적정 배치의 유도가 필요할 것으로 사료된다.

현재의 시설농업은 비교적 양호한 적지에서 이루어지고 있는 곳이 많으나, 아직도 일부지역은 조건이 불리한 지역에서 시설농업이 행하여지고 있어 이런 지역에 대한 적절한 시정과 지도가 요구되고 있다.

라. 시설토양의 이화학적 특성변화 분석 및 개량방법 개발

표토층에서 집적매체를 이용한 흡착식 제염방안의 효과가 확인되었다. 기존의 용탈식 제염의 경우 많은 양의 관수량이 필요하고 토양 중의 유효성분까지 유실되는 단점이 있으나 흡착식의 경우 적은 양의 관수로도 효과적인 제염이 가능하다. 집적매체로서 펄프질 휴지를 실험에서 이용하였으나, 현장에서는 이를 대체할 수 있는 재료가 필요하다고 판단된다. 집적매체로서의 조건은 토양 표면에 밀착될 수 있어 수분증발이 용이하여야 한다. 또한 내구성 있는 재료로서 흡착된 염류를 쉽게 세척할 수 있어야 한다. 이러한 요건을 만족하는 재료를 활용하면 농가에서 손쉽게 제염이 가능하다고 판단된다. 특히 유리온실과 같이 피복 재료를 제거할 수 없는 시설에서 제염을 위한 충분한 관수가 어려운 경우 효과적으로 적용할 수 있는

제염방안으로 판단된다.

따라서 농가에서 쉽게 획득할 수 있고 집적매체로서의 요건을 갖춘 재료를 활용하면 시설토양에 축적된 염류를 효과적으로 제거할 수 있다. 또한 본 연구의 결과를 바탕으로 흙착포를 제작하면, 상품화도 가능하다고 판단된다.

SUMMARY

1. Irrigation Water Management for Greenhouse Farming

A field survey with interview was conducted to get information on the irrigation water utilization for greenhouse farming. From the results, greenhouse farmers did not take an advantage of technical assistances. Proper criteria or guidelines for selection and operation of water intake facilities were not available.

A survey was also conducted to get information on the utilization of irrigation systems for greenhouse farming. The results showed that greenhouse farmers did not take technical assistances. Proper criteria or guidelines for selection and operation of irrigation systems were not available. Irrigation systems were operated manually. Irrigation scheduling was executed by farmers' experience. Maintenance of irrigation systems in general were poor.

Three types of greenhouse farming were classified which represent geographical characteristics such as suburban area, flat-field area, and mountainous area. Based on cultivated crops, irrigation method, irrigation system, types of irrigation water, and water quality of each type of farming, presented were guidelines for selecting appropriate type of irrigation water sources and irrigation systems.

A handbook of irrigation systems for greenhouse farming was published. The book includes basic irrigation theories, irrigation scheduling, irrigation systems, on-farm irrigation systems, irrigation control. Field experiments on hydraulic characteristics of irrigation systems were conducted and the results were included in the book.

Automated irrigation management systems for two different types of cultivation were developed and evaluated : in-soil cultivation and soilless cultivation. The former is controlled based on soil moisture contents and the latter is based on solar radiation.

2. Studies on evapotranspiration of crops in greenhouse

In greenhouse, data on evapotranspiration or water consumption is important for the rational water management, irrigation planning, thermal environment analysis, and watering automation. But little investigations have been attempted to make clear the characteristics of water consumption in greenhouse. In this study, evapotranspiration of lettuce and cucumber by cropping systems were investigated, and its correlations with environmental factors were analyzed. Based on the results, a model was developed to estimate the evapotranspiration. Experimental cropping systems of lettuce were soil culture and NFT system. Those of cucumber were soil culture, perlite culture, and rockwool culture. Total water consumption of soil culture showed higher than that of soilless culture.

In order to develop the simple and convenient irrigation control model, a set of experiments of the actual soilless culture practices was carried out. Most irrigation systems of soilless culture were controlled by the time clock. An irrigation control model was developed based on the clock and some factors such as weather conditions and growth stages. The model can be used to determine the amount of nutrient solution. Applicability of the model was tested by simulation and experiment.

In field experiments, investigated were total amount of water supplied during the entire cultivation period, daily maximum water supply, water requirement for management of greenhouse environment, etc. In order to provide the planning and design guidelines for greenhouse irrigation, existing methods for bare ground irrigation was reviewed and modified, and new methods were developed based on the experimental results. The new methods can be employed to determine consumptive use of water, total and unit irrigation water requirement for both soil and soilless culture in greenhouse.

3. Development of the Evaluation Model of Location Suitability for Greenhouse farming

It is necessary to evaluate the location suitability of greenhouse farming facilities to guide reasonable greenhouse farming. The evaluation system could help plan new greenhouse farming facilities in rural areas. In this study, an assessment was made for the facilities located in three different selected regions; suburban, plain, and mountainous. The assessment was performed based on spatial characteristics of greenhouse farming facilities such as land category, size of greenhouse farming facilities, land shape, stoniness, land consolidation level, soil drainage, land slope, topography, effective soil depth, zoning or not of agricultural development area, irrigation and drainage condition, distance from roads, and so forth. The results showed that there were significant differences in locational characteristics among the three regions.

Location patterns of protected horticulture were analyzed using a multiple correspondence analysis(MCA). The analysis could be used in evaluating location suitability of protected horticulture. The location factors of the protected horticulture for MCA include land category, size of protected horticulture, land slope, topography, effective soil depth, irrigation and drainage condition, distance from roads, and so forth.

The results showed that there were three different location patterns of protected horticulture. The first pattern was characterized by their nearness to villages. The facilities with this pattern were mainly located near to residential area. The second pattern was of those found in plain area. The facilities with this pattern were large in scale and located in paddy fields far from residential area. The facilities with the last pattern were small in scale and located on non-paddy fields. They were mostly found in hilly or mountainous area.

For objective and systematic evaluation of location suitability for protected horticulture, three different evaluation models were constructed based on grading, proportion, and analytic hierarchy process(AHP). The three methods were tested to evaluate the location suitability for protected horticulture in three selected regions; suburban, plain, mountainous. The results indicated that the grading method underestimated the difference of importance among grouping categories,

compared to the proportion and AHP methods. Based on the results, the AHP method was founded to be better than the other two methods in terms of evaluation process, reproductivity, and reliability of the results.

Models for evaluating location suitability of protected horticulture in three selected regions; suburban, plain, mountainous were constructed based on the method of analytic hierarchy process(AHP). The models were adopted to evaluate locational characteristics of protected horticultures in the three case study areas.

4. Investigation and management of soils under greenhouse farming based on their physical and chemical characteristics

The fourth topic of this study is to investigate the characteristics of soils under greenhouse farming and to develop techniques for reducing the amount of salt accumulated in the soils. Soil samples were collected from the facilities around Ansung-City. The result of soil sample analyses showed that average electrical conductivity was 0.63 mS/cm (soil : water = 1 : 5) and affected by the type of irrigation. EC's in top soil layers were much higher than lower layers.

A series of pot experiments were conducted to investigate the characteristics of salt accumulation in soils. The results indicated that EC's in tops soil layers increased dramatically, compared to those in lower soils. Based on the characteristics of the salt accumulation in top layers, a salt extraction technique using adsorbing media was proposed. When adsorbing media was laid properly on the soil surface, the salt could be adsorbed into the media as soil water evaporated. The pot experiments showed that surface adsorbing media could reduce salt concentration up to 50%, compared to those in the soils with no media.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	1
1-1. Objectives	1
1-2. Contents and scopes	4
Chapter 2. Irrigation Water Management for Greenhouse Farming	6
2-1. Introduction	6
2-2. Survey on the Utilization of Irrigation Water for Greenhouse Farming	8
1. Materials and Methods	8
2. Characteristics on the Utilization of Irrigation Water for Greenhouse Farming	9
2-3. Survey on the Utilization of Irrigation Systems for	19
Greenhouse Farming	
1. Materials and Methods	19
2. Characteristics on the Utilization of Irrigation Systems for Greenhouse Farming	21
2-4. Recommendation on the Utilization of Irrigation Water for	34
Greenhouse Farming	
1. Types of Greenhouse Farming	34
2. Recommendation on the Utilization of Irrigation Water	39
2-5. Design Guidelines for Irrigation Systems	41
1. General	41
2. Field Experiments on Hydraulic Characteristics of Irrigation Systems	42
3. Handbook of Irrigation Systems for Greenhouse Farming	65

2-6. Development and Evaluation of Automated Irrigation Systems	67
1. Soil Cultivation	67
2. Soilless Cultivation	77
2-7. Conclusions	84
Chapter 3. Studies on Evapotranspiration of Crops in Greenhouse	86
3-1. Introduction	86
3-2. Experimental Study on Actual Evapotranspiration in Greenhouse	88
1. Experimental Facility and Method	88
2. Indoor and Outdoor Meteorological Environment	93
3. Growth Conditions of Experimental Crops	95
4. Evapotranspirations with the Cropping Systems	99
3-3. Development of the Model for Estimating Evapotranspiration	104
1. Investigation of Actual State for Soilless Culture Practice	104
2. Correlations between Evapotranspiration and Environmental	108
Factors	
3. Development of the Model for Estimating Evapotranspiration	110
4. Development of Irrigation Control Model in Soilless Culture	116
3-4. Consumptive Use of Water for Crops in Greenhouse	127
1. Computation Method of Consumptive Use of Water	127
2. Computation Method of Irrigation Water Requirement	133
3. Total and Unit Irrigation Water Requirement for Design	139
3-5. Conclusions	146
Chapter 4. Development of the Evaluation Model of Location Suitability	149
for Greenhouse Farming	
4-1. Introduction	149
4-2. Spatial Characteristics of Greenhouse Farming	151

1. Materials and Methods	151
2. General Conditions of Case-study Areas	152
3. Spatial Characteristics of Greenhouse Farming	155
4-3. Analysis of Location Patterns for Greenhouse Farming	174
1. Methodology for Analysis of Location Patterns	174
2. Analysis of Location Patterns for Greenhouse Farming	177
by Case Study	
4-4. Development of the Evaluation Model of Location Suitability for	193
Greenhouse Farming	
1. Formulation of Goal System for Evaluation Model of Location	193
Suitability for Greenhouse Farming	
2. Technique for Development of Evaluation Model	193
3. Surveying Methods	198
4. Development of the Evaluation Model of Location Suitability for	198
Greenhouse Farming	
4-5. Adaptation and Examination of Evaluation Model of Location	237
Suitability for Greenhouse Farming	
1. Surveying Methods	237
2. Adaptation for Evaluation Model of Location Suitability for Greenhouse	241
Farming	
3. Examination of Evaluation Model of Location Suitability for	248
Greenhouse Farming	
4-6. Conclusions and Suggestions	253
 Chapter 5. Investigation and Management of Soils Under Greenhouse	 264
Farming Based on their Physical and chemical Characteristics	
5-1. Introduction	264
1. Background	264
2. Methodology	265

3. Objectives	265
5-2. Investigation of Physical and Chemical Characteristics of Soils ...	266
Under Greenhouse Farming	
1. Materials and Methods	266
2. Sampling and Analysis	266
3. Results and Discussion	268
5-3. Factors Influencing on Changes in Soil Characteristics	280
1. Environmental Characteristics of Greenhouse Farming	280
2. Physical and Chemical Characteristics	282
3. Salt Accumulation and Related Factors	283
5-4. Methodology for Reducing Salt Level in Soils	289
1. Major Methods in Reducing Soil Salt Level	289
2. Leaching	293
3. Adsorption	294
5-5. Summary and Conclusions	305
 Chapter 6. Conclusions	 307
 References	 314
 Appendix	 323

목 차

제 1 장 서 론	1
제1절 연구개발의 목적 및 중요성	1
제2절 연구개발 내용 및 범위	4
제 2 장 시설영농을 위한 용수의 이용·관리 기술 개발	6
제1절 서 론	6
제2절 시설농업의 용수 이용실태 조사분석	8
1. 조사내용 및 방법	8
2. 시설농업의 용수이용 특성	9
제3절 시설농업을 위한 관개시설의 이용실태	19
1. 조사내용 및 방법	19
2. 시설농업의 용수이용 특성	21
제4절 지역특성을 고려한 시설농업 유형별 용수원 이용방안	34
1. 시설농업의 유형구분	34
2. 시설농업 유형별 용수 이용방안	39
제5절 시설농업의 관개시설 설계기준	41
1. 현황	41
2. 관개시설의 수리적 특성에 관한 현장실험	42
3. 시설농업 관개시설의 설계편람	65
제6절 시설농업을 위한 물관리자동화 시스템의 개발 및 평가	67
1. 토양재배를 위한 물관리 자동화시스템	67
2. 양액재배를 위한 물관리 자동화시스템	77
제7절 결 론	84

제 3 장 시설환경 및 재배방식별 증발산량 산정	86
제1절 서론	86
제2절 시설재배 재배방식별 증발산량 측정시험	88
1. 시험장치 및 방법	88
2. 시설내외의 기상환경	93
3. 시험재배 생육특성	95
4. 재배방식별 증발산량	99
제3절 시설재배 작물의 증발산량 추정모델 개발	104
1. 양액재배 농가 실태조사	104
2. 증발산량과 환경요인과의 상관관계	108
3. 증발산량 추정모델 개발	110
4. 양액재배 급액제어 모델 개발	116
제4절 시설재배 작물의 소비수량 및 용수량 산정방법	127
1. 소비수량 산정방법	127
2. 관개용수량 산정방법	133
3. 계획 및 설계용수량	139
제5절 결 론	146
제 4 장 시설농업의 적지분석 기술 개발	149
제1절 서 론	149
제2절 시설농업의 입지현황 및 특성	151
1. 입지요인 선정 및 자료조사·분석방법	151
2. 사례지역 선정 및 개요	152
3. 시설농업의 지대별 입지특성	155
제3절 시설농업의 입지유형 분석	174
1. 입지요인 선정 및 유형화 기법	174
2. 사례적 고찰을 통한 시설농업의 입지유형 분석	177
제4절 시설농업의 적지평가모델 개발	193

1. 시설농업 적지분석을 위한 평가목표 체계 설정	193
2. 평가방정식(모델) 구축 기법	193
3. 조사방법	198
4. 시설농업의 입지적성평가 모델 개발	198
제5절 시설농업의 적지평가모델 적용 및 검증	237
1. 적지평가항목별 자료 조사 방법	237
2. 시설농업 입지적성평가 -사례지역 적용 및 고찰-	241
3. 시설농업 적지평가모델 검증	248
제6절 결론 및 제언	253
제 5 장 시설토양의 이화학적 특성변화 분석 및 개량방법 개발	264
제1절 서론	264
1. 연구배경	264
2. 연구방법	265
3. 연구목적	265
제2절 시설토양의 이화학적 특성변화 조사	266
1. 조사방법 및 항목	266
2. 시료채취 및 분석	266
3. 결과 및 고찰	268
제3절 시설토양의 이화학적 특성변화요인	280
1. 시설농업의 환경특성	280
2. 시설토양의 이화학적특성	282
3. 시설토양의 염류집적과 관련요인의 분석	283
제4절 시설토양의 개량방법 개발	289
1. 제염방법의 종류와 특성	289
2. 용탈식 제염	293
3. 흡착식 제염	294
제5절 요약 및 결론	305

제 6 장 종합결론	307
참고문헌	314
부 록	323

제1장 서론

제1절 연구개발의 목적 및 중요성

1. 시설영농을 위한 용수의 이용·관리 기술 개발

최근 들어 시설재배의 중요성이 높아짐에 따라 시설재배면적이 증가되고 있는데, 이와 같은 시설들은 주로 논과 밭에 위치하고 있다. 특히 저평야 지역에서는 용수원과 수리시설이 완비된 논이 시설재배지로 활용되고 있다. 이와 같이 동일한 수리구역 내에서 농지의 다목적 이용에 따라 용수소비 형태의 변화가 예상되고 이에 따른 기존 수리시설의 운영에도 영향을 미칠 것으로 생각된다.

수질오염의 증가로 인한 농업용수의 부족 현상은 적절한 물관리를 통해서 부분적으로 해결 할 수 있는데, 적절한 물관리가 이루어지기 위해서는 우선 지역특성과 영농의 다양화를 고려해서 용수가 관리·운영되는 것이 중요하다. 그러나 현재까지는 우리나라에서 시설농업을 위한 용수의 이용 및 관리, 관개시설의 선정·설계·운영에 관한 기준 등이 확립되어있지 않아 여러 가지 문제를 안고 있다.

용수의 절약과 작물의 생산량 증대를 위한 물관리 자동화의 필요성이 높아지고 있는데, 노지재배를 위한 관개방법이나 물관리 자동화등에 관한 연구가 진행되어 오고 있는 관계로 상당한 노하우가 축적되어 있으나 시설재배를 위한 관개방법이나 물관리 자동화에 관한 기술개발이 미흡한 실정이다. 현재까지 개발된 기술은 아직까지는 연구개발단계로서 실용성이 부족하다.

본 연구는 시설농업을 위한 용수원 및 관개시설의 이용실태를 조

사·분석하고, 이를 토대로 지역특성을 고려한 시설농업 유형별 용수원의 이용방안을 제시하고, 시설농업 유형별 적정 관개시설의 선정 기준 및 설계기준을 제시하며, 시설농업을 위한 물관리 자동화 시스템을 개발하고 그 적용성을 검토하는데 목적이 있다.

2. 시설환경 및 재배방식별 증발산량 산정 연구

시설원예의 급속한 증가와 더불어 시설재배에 있어서도 증수, 품질의 향상, 노동력 절감 등의 관점에서 물관리의 중요성이 대두되고 있다. 시설재배 작물의 물관리를 합리적으로 실시하기 위해서는 시설재배에 있어서의 증발산량의 파악이 불가피한데 이에 관한 연구에는 경지의 그것에 비하여 매우 적고, 일부 실측된 예가 있으나 시설환경이나 재배방식 등을 고려하여 정량적으로 파악된 예는 거의 찾아볼 수 없으며, 따라서 그것을 구명하는 것은 시설재배 작물의 소비수량 산정에 중요한 자료가 될 수 있을 것이다. 또한 시설재배에 있어서의 증발산에 관한 연구는 단순히 물관리를 위해서 뿐만 아니라 온실내에서의 열에너지의 이동과도 밀접한 관계를 가지고 있으므로, 이에 관한 많은 자료를 축적하지 않으면 안될 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 시설재배시의 관수자동화 및 필요수량 산출에 대한 기초자료를 얻고자 시설환경, 재배방식 및 생육단계별로 시설재배 작물의 증발산량을 실측 조사하고, 이를 기초로 증발산량 추정 모델을 개발하며 또한, 시설재배 작물의 적정 수분 조건을 유지하는데 필요한 용수를 충분히 확보하고 관수설비의 과학적인 계획, 설계가 이루어질 수 있도록 하기 위하여 시설재배 작물의 소비수량 및 용수량 산정방법을 정립하고, 원예시설의 관수설비 설계에 필요한 기준 자료를 제시하는 것을 목적으로 하였다.

3. 시설농업의 적지분석 기술 개발

국내의 농업환경의 변화와 더불어 시설농업의 성장 잠재력이 커지면서 시설면적은 날로 증가하고 있으며, 그 수요 또한 계속 급증하리라 예상된다. 그러나 시설면적은 늘어나고 있지만 농지의 효율적 이용측면은 고려되지 않은 채 원예시설을 무질서하게 설치하여 토지 이용 측면에서 혼란을 초래하고 있는 것 또한 사실이다.

따라서 적절한 장소에 원예시설이 설치될 수 있도록 과학적이고 합리적인 입지적성 평가기술의 개발이 우선되어야 할뿐만 아니라, 시설농업의 유형(형태)을 사전에 면밀히 검토하여 체계적인 입지정책이 수립될 수 있도록 하여야 할 것이다. 그러나, 이와 같은 시설농업 입지정책의 기초자료는 전무한 상태이고, 농지의 효율적 이용측면에서 시설농업의 적정입지 분석에 관한 연구 또한 거의 이루어지지 않은 실정이다.

이러한 관점에서 본 연구는 무질서한 시설농업의 난립을 미연에 방지함은 물론 시설농업의 생산성을 향상시키고, 농지의 효율적 이용으로 토지이용의 질서를 도모하기 위한 시설농업 입지정책의 기초자료를 제공하고자 함을 주된 목적으로 하고 있다.

4. 시설토양의 이화학적 특성변화 분석 및 개량방법 개발

시설재배지토양은 노지토양과는 여러 가지 다른 특성을 갖고 있다. 시설내에서는 강우가 차단되고 관개에 의해서만 작물이 필요로 하는 수분이 공급되기 때문에 물의 이동이 노지토양과는 매우 다르다. 또한 집약적인 재배방식으로 인해 다비하는 경향이 많아 노지토양에서 발생되지 않는 각종 문제점이 발생하게 된다.

시설재배지토양에서 발생하는 여러 가지 문제점 가운데 염류집적은 가장 대표적인 것으로서 염류집적이 발생하게 되면 작물이 제대로 성장하지 못하고 각종 병해를 입을 수 있다. 따라서 농업소득 증대에 필수적인 생산성 향상과 지속적 농업의 육성 및 발전을 위해서는 토양의 질적 저하를 방지하기 위한 기술의 개발이 중요하다.

제2절 연구개발 내용 및 범위

본 과제에서 수행한 주요 연구내용 및 범위를 요약하면 다음과 같다.

세부과제명	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
시설영농을 위한 용수의 이용·관리 기술 개발	시설농업을 위한 용수원과 관개시설의 이용실태 분석 및 이용방안 연구	①시설농업을 위한 용수원의 이용실태 조사 ②시설농업을 위한 관개시설의 이용실태 조사 ③지역특성을 고려한 시설농업 유형별 용수원 이용방안
	시설농업 물관리 자동화 시스템의 개발	①유형별 적정 관개시설의 선정 기준 및 설계기준의 제시 ②시설농업 물관리 자동화 시스템의 개발
	시설농업 물관리 자동화 시스템의 개발 및 평가	①물관리 자동화 프로그램의 개발 ②시설농업 물관리 자동화 시스템의 평가
시설환경 및 재배방식별 증발산량 산정 연구	시설환경 및 재배방식별 증발산량의 비교분석	①생육단계별 시설환경 조건에 따른 증발산량 실측조사 ②재배방식별 증발산량 조사 : 토양재배, 양액재배
	시설재배 작물의 증발산량 추정모델 개발	①시설환경 및 재배방식별 증발산량 조사계속 ②시설환경요인과 증발산량과의 관계 분석 ③시설재배 작물의 증발산량 추정모델의 구축
	시설재배 작물의 증발산량 추정모델의 검증 및 소비수량 산정 방법의 정립	①증발산량 추정 모델의 검증 및 적용성 검토 ②시설재배 작물의 소비수량 산정 방법의 개발 ③시설재배 방식별 용수량 산정 방법 정립

세부과제명	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
시설 농업의 적지분석 기술 개발	시설농업 적지분석 기초 조건 정립	①시설농업 입지현황 조사분석 ②적지분석 평가항목 도출
	적지분석 평가모델 개발	①시설농업 적지분석 평가기법 개발 ②적지분석 평가방정식 구축
	시설농업의 적지분석 평가모델 적용 및 검증	①지역특성별 적지분석 평가모델 검증 ②사례연구를 통한 적지분석 평가모델 검증 ③기존시설 및 신규입지에 대한 시설농업 적지평가
시설 토양의 이화학적 특 성변화 분석 및 개량방법 개발	시설토양의 이화학적 특성변화 조사분석	①시설토양의 유형별 이화학적 특성 실측조사 ②시설토양의 이화학적 특성변화 분석
	시설토양의 이화학적 특성변화 요인 도출	①시설농업의 토양환경 인자 분석 ②시설토양의 이화학적 특성변화 요인 도출
	시설토양의 개량방법 개발	①시설토양의 개량방법 개발 ②시설토양 개량방법의 현장검증 실험 ③개발된 토양개량방법의 적용성 검토

제2장 시설영농을 위한 용수의 이용·관리 기술 개발

제1절 서론

전체 수자원의 약 50% 이상을 차지하는 농업용수는 자연적·사회적·인위적인 요인에 의해 사용 가능한 수자원의 공급비율이 감소하는 추세에 있으며 이러한 현상은 더욱 가속화될 전망이다.

최근 들어 시설재배의 중요성이 높아짐에 따라 시설재배면적이 증가되고 있는데, 이와 같은 시설들은 주로 논과 밭에 위치하고 있다. 특히 저평야 지역에서는 용수원과 수리시설이 완비된 논이 시설재배지로 활용되고 있다. 이와 같이 동일한 수리구역 내에서 농지의 다목적 이용에 따라 용수소비 형태의 변화가 예상되고 이에 따른 기존 수리시설의 운영에도 영향을 미칠 것으로 생각된다.

수질오염의 증가로 인한 농업용수의 부족 현상은 적절한 물관리를 통해서 부분적으로 해결 할 수 있다. 따라서 적절한 물관리가 이루어지기 위해서는 우선 지역특성과 영농의 다양화를 고려해서 용수가 관리·운영되는 것이 중요하다. 그러나 현재까지는 우리나라에서 시설농업을 위한 용수의 이용 및 관리에 관한 기준 등이 확립되어 있지 않아 여러 가지 문제를 안고 있는 실정이다. 정 등(1996)은 경북 지역의 현대화 원예시설의 관리실태조사에서 관개에 사용되는 용수원에 대한 조사를 실시하였고, 김 등(1997)은 원예시설의 환경설계기준 작성 연구에서 유리온실과 프라스틱 현대화 온실을 대상으로 용수원, 관개방법 및 제어방식에 대한 실태조사를 한 바 있다. 그러나

아직까지 용수 이용에 관한 실태 파악은 어려운 실정이다.

시설재배의 양적인 증가와 함께 질 높은 생산기술이 요구되고 있다. 온실 내에서 작물을 재배하는 것은 가장 집약적인 농업생산활동의 하나이고 이의 생산기반은 거의 인공적으로 만들어지는 특성을 갖고 있다. 따라서 인위적인 환경조절이 생산량을 결정하는 직접적인 요인으로 작용하고 있는데, 이들 환경요인 중에서 적정 토양수분의 유지는 식물의 생존과 관련되는 가장 근본적인 문제이다. 시설재배를 위한 관개는 우선 강우량을 이용하고 부족되는 보충수를 공급한다는 노지재배의 개념과 달리 필요한 전량의 물을 인위적으로 공급해야 한다는 측면에서 더욱 적절한 물관리가 요구된다.

비료를 물과 동시에 공급하는 경우에 부적절한 물관리는 물과 비료의 과다·과소 사용에 따른 경제적·환경적 문제를 야기 할 수 있다. 따라서 적절한 물관리가 이루어지기 위해서는 우선 지역특성과 재배작물에 적합한 관개시설이 설치되고 관리·운영되는 것이 중요하다.

정 등(1996)은 경북지역의 현대화 원예시설의 관리실태조사에서 관개에 사용되는 용수원에 대한 조사를 실시하였고, 김 등(1997)은 원예시설의 환경설계기준 작성 연구에서 유리온실과 프라스틱 현대화 온실을 대상으로 용수원, 관개방법 및 제어방식에 대한 실태조사를 한 바 있다. 그러나 대부분의 조사들은 원예시설 전반에 관한 사항들을 대상으로 하였기 때문에 관개시설의 이용실태를 파악하기는 어려운 실정이다.

또한 시설재배에서 적절한 물관리가 이루어지기 위해서는 생산비 절감과 수확량을 제고할 수 있고 환경의 피해를 저감할 수 있는 물관리자동화 시스템의 도입이 필수적이다.

그러나 현재까지는 우리나라에서 시설농업에 관한 관개시설의 선

정기준·설계기준·운영지침 등이 확립되어 있지 않고, 경제적인 물관리 자동화시스템이 널리 보급되어 있지 못한 실정이다.

본 연구는 시설농업을 위한 용수원, 도수시설 및 관개시설의 선정 방법, 종류, 운영실태 등 이용 전반에 관한 실태를 조사하고 이를 분석하여 지역특성에 알맞는 용수 및 관개시설의 이용 및 관리에 관한 모형을 제시하고, 시설농업을 위한 관개시설의 계획, 설계 및 운영을 지원할 수 있는 설계편람을 제시하고, 두가지 대표적인 시설재배인 토양재배와 양액재배를 위한 물관리를 자동화 시스템을 개발하고 그 적용성을 검토하는데 그 목적이 있다.

제2절 시설농업의 용수 이용실태 조사분석

1. 조사내용 및 방법

가. 조사대상지역의 구분 및 선정

본 연구에서는 시설농업의 지역특성을 도시근교지역, 순수평야지역 및 중산간지역으로 구분하여 각 지역마다 1개면을 선정하였다. 도시근교지역으로는 수도권에 위치한 경기도 용인시 남사면을, 순수평야지역은 충청남도 논산시 채운면을, 중산간 지역으로는 강원도 평창군 용평면을 선정하였다. 각 지역별로 남사면 151가구, 채운면 200가구, 용평면 81가구의 총 432농가를 조사하였다. 조사방법은 시설재배농가를 직접 방문하여 면담조사를 실시하였다. 조사는 가능한 전수 조사를 원칙으로 하였으나 2-3회 방문에도 농민을 만나지 못한 경우에는 조사대상에서 제외하였다.

나. 조사내용

용수의 이용실태를 분석하기 위해서 시설의 특성, 용수원 및 도수 시설의 이용실태, 용수의 수질 등에 대해 조사하였는데 그 세부 내용은 다음과 같다.

- 1) 시설의 특성 : 시설의 규모, 지목구분
- 2) 용수의 이용실태 : 용수원의 종류, 용수사용 이유, 관개방법
- 3) 도수시설 특성 : 종류, 규모결정 방법, 만족도, 문제점
- 4) 용수의 수질 : 지역별/용수종류별 수질만족도, 수질검사의 실시여부/필요성

다. 분석내용 및 방법

1997년 7, 8월에 걸쳐 현지 방문조사에 의해 수집된 자료는 통계 분석을 위한 전산프로그램 SPSS를 사용하여 처리되었다. 각 조사항목에 대한 지역별 및 전체에 대한 도수분포가 작성되었으며 용수원의 종류, 지목등과 같은 요인별 특성이 분석되었다.

2. 시설농업의 용수이용 특성

가. 시설의 규모 및 위치

1) 시설의 규모

표 2-1에서 보이는 것과 같이 남사면과 채운면은 600평 이상의 시설을 운영하는 농가가 각각 63.5%, 54.1%인 반면에 용평면은 77.7%의 농가가 600평 이하의 시설을 그리고 48.1%가 300평 이하의 면적을 소규모로 운영하고 있는데 이는 지형적인 조건에 기인된 것으로 생각된다. 전체적으로는 300-1,000평의 중규모 시설이 52.5%를 차지

하는 것으로 나타났다.

표 2-1. 시설의 규모

단위 : 농가수(%)

구 분	남사면	채운면	용평면	전 체
300평 이하	18(12.2)	39(19.9)	39(48.1)	96(22.6)
300-600평	36(24.3)	51(26.0)	24(29.6)	111(26.1)
600-1000평	49(33.1)	49(25.0)	14(17.3)	112(26.4)
1000-2000평	36(24.3)	42(21.4)	2 (2.5)	80(18.8)
2000평 이상	9 (6.1)	15 (7.7)	2 (2.5)	26 (6.1)
합 계	148(100)	196(100)	81(100)	425(100)
유의성	$\chi^2 = 91.3$ $p < .001$			

2) 시설의 위치

시설의 위치를 필지의 지목을 기준으로 하여 조사하였다. 표 2-2에서 보는 것과 같이 3개 지역 전체적으로 논에 59.7%, 밭에 39.8%, 임야에 0.5%가 위치하고 있는 것으로 나타났다. 남사면은 시설의 대부분이 논(88.6%)에 위치하고 있고, 채운면은 논(54%)과 밭(46%)에 고루 분포되어 있는 반면에 용평면은 대부분이 밭(77.8%)에 편중되어 있어 지역적인 차이를 보이고 있다.

표 2-2. 지목별 시설의 위치

단위:농가수(%)

구 분	남사면	채운면	용평면	전 체
논	132(88.6)	108(54.0)	17(21.0)	257(59.7)
밭	16(10.7)	92(46.0)	63(77.8)	171(39.8)
임야	1 (0.7)	0 (0.0)	1 (1.2)	2 (0.5)
합 계	149(100)	200(100)	81(100)	430(100)
유의성	$\chi^2 = 107.3$ $p < .001$			

나. 용수원

1) 용수원의 종류

전체적으로 지하수가 82.8%로 대부분을 차지하고 있고 의외로 저수지는 0.5%로 거의 사용되고 있지 않은 것으로 나타났다. 이것은 저수지의 사용은 시기적·양적으로 제한을 받고 있기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 수리구역 내에서의 시설농업이 기존 용수원(저수지)의 운영에 경합적 요소는 아닌 것으로 나타났다. 남사면과 채운면에서 제일 많이 사용되고 있는 용수원은 지하수이며 채운면의 경우는 99%가 지하수를 사용하고 있었다. 반면에 증산간지역인 용평면은 하천수(48.3%)가 많이 사용되고 있는 특징을 보이고 있다. 특히 암반지하수는 남사면과 용평면에서 9~10% 정도가 사용되고 있다.

표 2-3. 사용 용수원의 종류

단위 : 농가수(%)

구 분	남사면	채운면	용평면	전 체
저수지	1 (0.7)	0 (0.0)	1 (1.2)	2 (0.5)
상수도	1 (0.7)	1 (0.5)	3 (3.7)	5 (1.2)
하천	5 (3.4)	1 (0.5)	39(48.1)	45(10.5)
지하수	128(86.0)	198(99.0)	30(37.0)	356(82.8)
암반지하수	14 (9.4)	0 (0.0)	8 (9.9)	22 (5.1)
합 계	149(100)	200(100)	81(100)	430(100)
유의성	$\chi^2 = 189.5$ $p < .001$			

2) 사용 이유

현재 사용하고 있는 용수를 선택한 이유는 대부분이 다른 종류의 용수가 없어 선택의 여지가 없어 사용하고 있다는 응답을 했고, 그 다음으로는 용수를 사용하기에 편리하기 때문인 것으로 나타났다. 용평면의 경우는 22.2%가 사용하기가 편리하다는 이유를 들고 있다. 비용이나 수질 문제 등은 용수를 선택하는데 영향을 미치지 않는 것

으로 생각된다.

표 2-4. 용수원의 사용 이유

단위 : 농가수(%)

구 분	남사면	채운면	용평면	전 체
선택의 여지가 없다	136(91.3)	178(89.0)	54(66.7)	368(85.6)
비용이 적게 든다	1 (0.7)	0 (0.0)	4 (4.9)	5 (1.2)
수질이 좋다	6 (4.0)	0 (0.0)	5 (6.2)	11 (2.5)
사용하기 편리하다	6 (4.0)	21(10.5)	18(22.2)	45(10.5)
기타	0 (0.0)	1 (0.5)	0 (0.0)	1 (0.2)
합 계	149(100)	200(100)	81(100)	430(100)
유의성	$\chi^2 = 44.9$ $p < .001$			

다. 관개의 방법

3개 지역 전체적으로 표 2-5에 나타나 있듯이 분수호스, 점적관개, 일반호스, 고랑관개, 스프링클러의 순으로 많이 사용하고 있으며, 하미스트는 거의 사용하고 있지 않다. 지역별로 제일 많이 사용되는 관개방법은 남사면에서는 일반호스, 채운면에서는 분수호스, 용평면에서는 점적관개방법이었다. 남사면에서는 화훼가 많이 재배되고 있는 관계로 일반호스가 가장 많이 사용되고 그 다음으로는 스프링클러, 분수호스, 점적호스의 순으로 나타나고 있었다. 용평면에서는 점적관개방법이 가장 많이 사용되고 있었는데, 이는 물이 상대적으로 충분치 못한 관계로 물을 절약할 수 있는 방법을 사용하는 것으로 생각된다. 시설의 위치별 관개방법을 살펴보면, 논과 밭 모두 분수호스, 점적관개, 일반호스의 순으로 많이 사용되고 있다. 1개 농가에서 2개 이상의 관수 방법을 사용하고 있는 관계로 다른 항목과 비교해서 전체 표본수가 많다.

표 2-5. 지역별 위치별 관개방식

단위 : 농가수(%)

구 분	지 역 별			위 치 별			전 체
	남사면	채운면	용평면	논	밭	임야	
분수호스	43 (25.9)	185 (86.9)	5 (5.1)	143 (50.2)	90 (47.9)	0 (0.0)	233 (48.8)
점적관개	44 (26.5)	6 (2.8)	45 (45.9)	52 (18.2)	42 (22.3)	1 (25.0)	95 (19.9)
이랑관개	3 (1.8)	19 (8.9)	13 (13.3)	26 (9.1)	9 (4.8)	0 (0.0)	35 (7.3)
일반호스	58 (35.0)	3 (1.4)	23 (23.4)	49 (17.2)	34 (18.1)	1 (25.0)	84 (17.6)
스프링클러	17 (10.2)	0 (0.0)	12 (12.2)	15 (5.3)	13 (6.9)	1 (25.0)	29 (6.2)
하이미스트	1 (0.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	1 (0.2)
합 계	166 (100)	213 (100)	98 (100)	285 (100)	188 (100)	4 (100)	477 (100)
유의성	$\chi^2 = 287.4$ $p < .001$			$\chi^2 = 127.6$ $p < .001$			

라. 도수시설

1) 도수시설의 종류

용수원에서 작물까지 물을 공급하기 위해 사용되고 있는 도수시설을 개수로, 우물, 펌프 3가지로 구분하여 조사를 실시하였다. 표 2-6과 같이 전체적으로는 지하수가 제일 많이 사용되고 있고 개수로와 우물은 거의 사용하고 있지 않은 것으로 나타났다. 각 지역별이나 시설 위치별로도 공히 대부분 펌프를 사용하고 있었다. 용평면에서는 극히 일부(12.1%)가 상류에서 하천수를 취수하여 중력식 관개방법을 이용하고 있었다.

표 2-6. 도수시설의 종류

단위 : 농가수(%)

구 분	남사면	채운면	용평면	전 체
개수로	1 (0.7)	1 (0.5)	11(12.1)	13 (3.0)
우물	2 (1.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (0.5)
펌프	145(98.0)	199(99.5)	69(87.9)	413(96.5)
합 계	148(100)	200(100)	80(100)	428(100)
유의성	$\chi^2 = 42.1$ $p < .001$			

2) 도수시설의 규모결정 방법

농가들이 현재 사용하고 있는 도수시설의 규모를 결정하는데, 95%이상의 농가들이 전문가의 도움을 받지 못하고 본인 스스로 결정하였고, 4~5%정도가 주변 농민이나 자재회사의 도움을 받아서 결정하였는데 농촌지도소의 도움이 거의 없는 것으로 나타났다.

표 2-7. 도수시설의 규모결정 방법

단위 : 농가수(%)

구 분	남사면	채운면	용평면	전 체
본인이 알아서	137(94.5)	193(99.0)	72(90.0)	402(95.7)
지도소직원의 추천	0 (0.0)	1 (0.5)	1 (1.2)	2 (0.5)
주변 농민의 추천	5 (3.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (1.2)
자재회사의 추천	3 (2.1)	0 (0.0)	6 (7.6)	9 (2.1)
기 타	0 (0.0)	1 (0.5)	1 (1.2)	2 (0.5)
합 계	145(100)	195(100)	80 (100)	420(100)
유의성	$\chi^2 = 59.4$ $p < .001$			

3) 도수시설에 대한 만족도

전체적으로는 64%의 농가가 도수시설의 성능에 대해 만족하고, 12%정도는 불만인 것으로 나타났다. 지역별로는 도수시설의 만족도가 채운면에서 제일 높았고, 불만은 용평면에서 가장 높았다.

표 2-8. 도수시설에 대한 만족도

단위 : 농가수(%)

구 분	남사면	채운면	용평면	전 체
매우만족	3 (2.0)	2 (1.0)	1 (1.3)	6 (1.4)
만족	90(61.2)	126(64.6)	49(61.2)	265(62.8)
보통	34(23.1)	53(27.2)	13(16.3)	100(23.7)
불만족	18(12.3)	14 (7.2)	17(21.2)	49(11.6)
매우불만족	2 (1.4)	0 (0.0)	0(0.0)	2 (0.5)
합 계	147(100)	195(100)	80(100)	422(100)
유의성	$\chi^2 = 17.2$ $p < .05$			

4) 도수시설의 문제점

대부분이 도수시설에 대한 문제점은 없는 것으로 나타났다. 전체적으로는 용량이 적다, 잦은 고장, A/S의 곤란의 순으로 문제점이 지적되었다.

표 2-9. 도수시설의 문제점

단위 : 농가수(%)

구 분	남사면	채운면	용평면	전 체
고장이 자주발생한다	10 (6.8)	1 (0.5)	8(10.0)	19 (4.5)
A/S 받기가 어려움	3 (2.1)	0 (0.0)	1 (1.3)	4 (0.9)
용량이 적다	14 (9.6)	9 (4.6)	3 (3.7)	26 (6.2)
기타	4 (2.7)	0 (0.0)	1 (1.3)	5 (1.2)
없음	115(78.8)	185(94.9)	67(83.7)	367(87.2)
합 계	146(100)	195(100)	80(100)	421(100)
유의성	$\chi^2 = 30.0$ $p < .001$			

마. 용수의 수질에 대한 만족도

1) 지역별

전체적으로 용수의 수질에 대해 만족하는 것으로 나타났다. 표 2-10에서 볼수 있듯이 용평면에서 용수의 수질에 대한 불만이 3.8%로 거의 없는 것으로 나타났는데, 이는 지표수와 지하수의 오염 가

능성이 낮은 지역으로 상대적으로 깨끗한 물을 사용하고 있기 때문인 것으로 생각된다. 남사면과 채운면과 같은 저평탄지에서는 수질에 대해 1/3정도가 불만족인 것으로 나타났다.

표 2-10. 지역별 용수의 수질 만족도

단위 : 농가수(%)

구 분	남사면	채운면	용평면	전 체
만족	161(41.5)	89(45.4)	74(92.4)	224(53.0)
보통	42(28.6)	42(21.4)	3 (3.8)	87(20.5)
불만족	44(29.9)	62(31.7)	3 (3.8)	109(25.8)
무관심	0 (0.0)	3 (1.5)	0 (0.0)	3 (0.7)
합 계	147(100)	196(100)	80(100)	423(100)
유의성	$\chi^2 = 67.2$ $p < .001$			

2) 용수의 종류별

표 2-11에서 보면 하천수와 암반지하수에 대해서 만족하고 있고 지하수 수질에 대한 불만이 가장 높은 것으로 나타났다. 현장조사 과정에서 대부분의 농민들은 경제적인 문제점만 해결할 수 있다면 지하수보다는 암반지하수를 개발하기를 원했다.

표 2-11. 용수의 종류별 수질 만족도

단위 : 농가수(%)

구 분	저수지	상수도	하천	지하수	암반 지하수	전체
만족	1(50.0)	4(80.0)	36(81.8)	167(47.7)	16(72.8)	224(53.0)
보통	1(50.0)	1(20.0)	5(11.4)	77(22.0)	3(13.6)	87(20.5)
불만족	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (6.8)	103(29.4)	3(13.6)	109(25.8)
무관심	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (0.9)	0 (0.0)	3 (0.7)
계	2(100)	5(100)	44(100)	350(100)	22(100)	423(100)
유의성	$\chi^2 = 26.2$ $p < .01$					

바. 용수의 수질검사

1) 수질검사의 유무

용수의 수질 상태는 시설을 이용한 양액재배에 있어서 가장 중요한 인자의 하나이고, 점적과 같은 저유량 관개시설의 성능을 좌우할 수 있다. 양액재배의 경우에는 부적정한 무기이온의 함량이 작물의 생리장애를 초래할 수 있고, 점적관개의 경우에는 염류나 기타 부유물질에 의한 막힘현상이 발생할 수 있다. 중요한 수질항목은 pH, EC 및 무기이온농도 등이 있다.

채운면에서는 96.9%가 용평면에서는 87.5%가 남사면에서는 71.4%가 전체적으로는 86.3%가 용수에 대한 수질검사를 실시하지 않았다. 일반적으로는 용수에 대한 수질검사를 하지 않고 사용하는 것으로 나타났다.

표 2-12. 용수의 수질검사 유무

단위 : 농가수(%)

구분	남사면	채운면	용평면	전체
실시	42(28.6)	6 (3.1)	10(12.5)	58(13.7)
미실시	105(71.4)	190(96.9)	70(87.5)	365(86.3)
계	147(100)	196(100)	80(100)	423(100)
유의성	$\chi^2 = 46.3$ $p < .001$			

2) 필요성

면담조사 과정에서 많은 농민들이 자기가 현재 사용하고 있는 용수의 질이 어떤 수준인지 또는 과연 작물재배에 적당한지에 대한 의문을 표시하였는데, 전체적으로는 62.3%가 용수의 수질검사가 필요하다고 생각하고 있었다. 남사면에서 제일 많은 71.7%의 농가가 수질검사를 원했고 채운면에서는 66.3%, 용평면에서는 37.2%가 필요성

을 갖고 있는 것으로 나타났다. 용평면에서는 61.4%가 필요없다고 응답을 했는데 이는 용평면의 지역적 특성으로 인한 것으로 오염되지 않은 지표수와 지하수를 사용하고 있다는 인식에 의한 결과로 생각된다.

표 2-13. 수질검사의 필요성

단위 : 농가수(%)

구 분	남사면	채운면	용평면	전체
필요있다	76(71.7)	126(66.3)	26(37.2)	228(62.3)
필요없다	27(25.5)	62(32.6)	43(61.4)	132(36.1)
모르겠다	3 (2.8)	2 (1.1)	1 (1.4)	6 (1.6)
계	106(100)	190(100)	70(100)	366(100)
유의성	$\chi^2 = 26.8$ $p < .001$			

사. 용수의 지역별 이용 특성

이상의 조사분석결과를 이용하여 지역별 용수의 이용 특성을 정리하면 표 2-14와 같다.

표 2-14. 시설농업을 위한 용수의 지역별 이용특성

구 분	도시근교지역	순수평야지역	중산간지역	
위 치	용인시 남사면	논산시 채운면	평창군 용평면	
시설의 위치	논	논/밭	밭	
사용 용수의 종류	지하수	지하수	하천수	
용수사용 이유	다른 용수의 선택의 여지가 없어서			
주요관개방법	일반호스/점적	분수호스	점적	
도수시설	종류	펌프		
	규모결정	본인이 알아서		
	만족도	만족/보통	만족/보통	만족/불만족
	문제점	적은 용량/고장	적은 용량	고장
수질만족도	지역별	만족/불만족	만족/불만족	만족
	용수별	하천>암반지하수>지하수		
수질검사	실시여부	미 실시	미 실시	미 실시
	필요성	있다	있다	없다

아. 요약 및 결론

시설농업의 지역적 특성에 알맞는 용수의 이용 및 관리에 관한 모형의 제시를 위한 기초자료를 제공하기 위해, 도시근교지역, 평야지역, 중산간지역에서의 용수원 및 도수시설의 선정방법, 종류, 운영실태 등 이용 전반에 관한 실태를 조사하고 이를 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 용수원으로는 지하수를 제일 많이 사용하고 있으나 중산간지역에서는 하천수가 주로 사용되고 있고 반면에 저수지는 거의 사용되고 있지 않았다. 따라서 동일 수리구역 내에서 농지의 시설농업화에 따른 용수소비 형태의 변화는 없는 것으로 생각된다.

2) 관개방식으로는 분수호스, 점적관수, 일반호스의 순으로 많이 사용되고 있다.

3) 시설재배농민들이 외부로부터 기술적인 지원을 받지 못하고 있고 취수시설의 선정 및 운영에 필요한 기준이나 지침이 없다.

4) 도수시설에 대해서는 대체적으로 만족하고 있었다.

5) 사용용수의 수질에 대해서는 일반적으로 만족하고 있었고, 용수 중에서는 하천수에 대한 만족도가 가장 높은 것으로 나타났다.

6) 용수의 수질검사는 전반적으로 실시되지 않았고, 수질검사의 필요성은 비교적 깨끗한 물을 사용하고 있는 중산간지역을 제외하고는 높은 것으로 나타났다.

제3절 시설농업을 위한 관개시설의 이용실태

1. 조사내용 및 방법

가. 조사대상지역의 선정 및 조사방법

우리나라의 시설농업을 위한 관개시설의 이용실태와 그 특성을 파악하기 위해서는 전국을 대표할 수 있는 지역에 대한 조사가 필요하다. 그러나 전국을 대상으로 한 조사자료의 수집은 현실적으로 어렵기 때문에, 본 연구에서는 지역특성을 고려하여 도시근교지역, 순수평야지역 및 중산간지역으로 구분하여 각 지역마다 1개면을 선정하고 1997년 7월~8월에 시설재배농가를 직접 방문하여 면담조사를 실시하였다. 조사는 가능한 한 전수(全數)조사를 원칙으로 하였으나 농민을 만나지 못한 경우에는 조사대상에서 제외시켰다. 도시근교지역으로는 경기도 용인시 남사면을 순수평야지역은 충청남도 논산시 채운면을 중산간지역으로는 강원도 평창군 용평면을 선정하였으며, 조사농가수는 각 지역별로 남사면 151가구, 채운면 200가구, 용평면 81가구의 총 432농가가 조사되었다.

나. 조사내용

관개시설의 이용실태를 파악하고 지역적 특성을 분석하기 위해서 일반사항, 시설의 특성, 영농의 특성, 관개시설의 이용실태등에 대해 조사하였으며, 세부조사 내용은 표 2-15와 같다. 관개시설의 이용실태에 관한 조사항목은 용수원의 종류, 관개방법과 선정동기, 관개시설의 규모결정방법, 성능평가, 문제점, 관개계획과 관개자동화에 관련된 사항 등으로 구성되어 있다.

표 2-15. 주요조사 내용

구 분	세 부 항 목
일반사항	영농인의 학력, 시설재배경력
시설의 특성	시설의 규모, 설치장소
영농특성	재배작목, 시설재배방식
관개시설의 이용실태	관개의 방법, 관개방법의 선정동기, 관개시설의 규모결정방법, 관개시설에 대한 성능평가, 관개시설의 문제점, 희망하는 관개방법, 관개개시점 및 관개량결정방법, 관개자동화의 범위, 관개자동화의 필요성/관개작업에 소요되는 시간

다. 분석방법

수집된 자료는 전산프로그램인 SPSS를 사용하여 통계처리하였다. 각 조사항목에 대한 지역별 및 전체에 대한 도수분포가 분석되었고, 일부 조사 결과에 대해서는 재배작물, 용수원, 지목등과 같은 요인별 특성을 분석하였다. 조사자료의 유의성을 검토하기 위해서 χ^2 -test를 실시하고 그 결과를 각 도표로 표시하였다.

2. 시설농업의 용수이용특성

가. 일반특성

시설재배 농민의 일반적인 특성을 파악하기 위해 시설재배경력과 학력을 조사하였으며 그 결과는 표 2-16과 같다. 전지역에서는 시설재배 경력은 5년 이하인 경우가 제일 많았고(32%), 그 다음으로는 6-10년의 시설재배경험을 갖고 있었다. 시설재배에 21년 이상 종사한 농민들도 17.9%나 되었다. 특히 남사면과 용평면과는 달리 채운면에서는 21년 이상의 경력을 가진 농민이 30.1%로 제일 많은 것으

로 나타났다. 학력은 전지역에 걸쳐 초등학교를 졸업한 농민들이 제일 많고, 그 다음으로는 고등학교 졸업자인 것으로 나타났다. 도시근교지역인 남사면은 다른 2개 지역과 달리 고등학교 졸업 이상의 학력을 가진 농민들이 많았다.

표 2-16. 시설재배농민의 경력 및 학력

단위 : 농가수(%)

구 분	시설재배경력(년)					학 력					합계
	0-5	6-10	11-15	16-20	>21	무응답	초 졸	중 졸	고 졸	대 졸	
남사면	39 (62.4)	42 (28.4)	36 (24.3)	19 (12.8)	12 (8.1)	6 (4.0)	18 (12.2)	47 (31.8)	59 (39.8)	18 (12.2)	148 (100)
채운면	48 (29.5)	30 (15.3)	28 (14.3)	31 (15.8)	59 (30.1)	12 (6.1)	92 (47.0)	45 (23.0)	43 (21.9)	4 (2.0)	196 (100)
용평면	49 (60.5)	21 (25.9)	2 (2.5)	4 (4.9)	5 (6.2)	3 (3.7)	35 (43.2)	14 (17.3)	24 (29.6)	5 (6.2)	81 (100)
전 체	136 (32.0)	93 (21.9)	66 (15.5)	54 (12.7)	76 (17.9)	21 (4.9)	145 (34.2)	106 (24.9)	126 (29.6)	27 (6.4)	425 (100)
유의성	$\chi^2 = 85.1$ $p < .001$					$\chi^2 = 62.3$ $p < .001$					

나. 시설의 특성

시설의 특성을 파악하기 위해 지역별 시설의 규모와 시설의 위치를 분석하였다. 전체적으로는 표 2-3에서 볼수 있는 것과 같이 300평 이하의 소규모 시설이 22.6%, 300-1,000평의 중규모 시설이 52.5%, 1,000평 이상의 대규모 시설이 24.9%를 차지하는 것으로 나타났다. 남사면과 채운면은 중규모의 시설을 운영하는 농가가 각각 57.4%, 51%인 반면에, 용평면은 48.1%의 농가가 300평 이하의 소규모 시설을 운영하고 있었으며 이는 지형적인 조건에 기인된 것으로 생각된다.

재배시설의 지목은 남사면은 시설의 대부분이 논(88.6%)이었고, 채

운면은 논(54%)과 밭(46%)에 고루 분포되어 있었으며 용평면은 대부분이 밭(77.8%)이었다. 전체적으로는 논과 밭의 비율이 6:4 정도로 나타났다.

표 2-17. 시설의 크기 및 위치

단위 : 농가수(%)

구 분	시설의 규모(평)						지목별 시설의 지목			
	<300	300-600	600-1000	1000-2000	>2000	합계	논	밭	임야	합 계
남사면	18 (12.2)	36 (24.3)	49 (33.1)	36 (24.3)	9 (6.1)	148 (100)	132 (88.6)	16 (10.7)	1 (0.7)	149 (100)
채운면	39 (19.9)	51 (26.0)	49 (25.0)	42 (21.4)	15 (7.7)	196 (100)	108 (54.0)	92 (46.0)	0 (0.0)	200 (100)
용평면	39 (48.1)	24 (29.6)	14 (17.3)	2 (2.5)	2 (2.5)	81 (100)	17 (21.0)	63 (77.8)	1 (1.2)	81 (100)
전 체	96 (22.6)	111 (26.1)	112 (26.4)	80 (18.8)	26 (6.1)	425 (100)	257 (59.7)	171 (39.8)	2 (0.5)	430 (100)
유의성	$\chi^2 = 91.3$ $p < .001$						$\chi^2 = 107.3$ $p < .001$			

다. 조사대상지역의 영농특성

표 2-18에서 보는 것과 같이 도시근교지역인 남사면에서는 채소와 화훼가 반반씩 재배되고 있었고 채운면과 용평면에서는 1-2 가구를 제외하고는 전부가 채소를 재배하고 있었다. 채소의 경우 남사면에서는 오이와 상추, 채운면에서는 상추, 수박, 딸기, 용평면에서는 고추와 피망이 주 재배작목이었다. 시설재배 방식은 지역적인 차가 없었으며 99% 이상이 토경재배 방식이었고, 양액재배 방식은 1% 미만이었다.

표 2-18. 재배작물의 종류

단위 : 농가수(%)

구 분	남사면	채운면	용평면	전 체
채 소	79(53.0)	199(99.5)	79(97.5)	357(83.0)
화 췌	70(47.0)	1(0.5)	2 (2.5)	73(17.0)
합 계	149(100)	200(100)	81(100)	430(100)
유의성	$\chi^2 = 145.8$ $p < .001$			

라. 관개시설의 이용 실태

1) 관개방법

시설농업에서 사용되고 있는 관개방법을 분수호스, 점적관개, 고랑관개, 일반호스, 스프링클러, 하이미스트의 6개로 분류하여 조사를 실시하였다. 지역별, 시설의 지목별, 재배작목별 관개방법의 차이를 분석하였고, 그 결과는 표 2-19와 같다.

가장 많이 이용되는 관개방법은 남사면에서는 일반호스, 채운면에서는 분수호스, 용평면에서는 점적관개방법이었다. 남사면에서는 화췌를 많이 재배하고 있었기 때문에 일반호스가 가장 많이 사용되고 있었다. 용평면에서는 점적관개방법이 가장 많이 사용되고 있었는데 이는 물이 상대적으로 충분치 못한 관계로 물을 절약할 수 있는 방법을 채택한 것으로 생각된다.

시설의 지목별 관개방법을 분석한 결과 논과 밭 모두 분수호스, 점적관개, 일반호스의 순으로 많이 사용되고 있는데 이는 전지역에 대해서도 같은 경향을 보이고 있다. 채소재배에는 분수호스, 점적관개의 순서로 많이 사용되고 있고, 화췌재배의 경우는 일반호스, 스프링클러, 분수호스의 순서로 많이 사용되고 있었다.

표 2-19. 관개방법의 종류

단위 : 농가수(%)

구 분	지 역 별			지 목 별			재배작목별		전 체
	남사면	채운면	용평면	논	밭	임야	채소	화훼	
분수호스	43 (25.9)	185 (86.9)	5 (5.1)	143 (50.2)	90 (47.9)	0 (0.0)	220 (56.0)	13 (15.5)	233 (48.8)
점적관개	44 (26.5)	6 (2.8)	45 (45.9)	52 (18.2)	42 (22.3)	1 (25.0)	90 (22.9)	5 (6.0)	95 (19.9)
고랑관개	3 (1.8)	19 (8.9)	13 (13.3)	26 (9.1)	9 (4.8)	0 (0.0)	35 (8.9)	0 (0.0)	35 (7.3)
일반호스	58 (35.0)	3 (1.4)	23 (23.4)	49 (17.2)	34 (18.1)	1 (25.0)	34 (8.7)	50 (59.5)	84 (17.6)
스프링클러	17 (10.2)	0 (0.0)	12 (12.2)	15 (5.3)	13 (6.9)	1 (25.0)	13 (3.3)	16 (19.0)	29 (6.2)
하이미스트	1 (0.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	1 (0.2)	0 (0.0)	1 (0.2)
합 계	166 (100)	213 (100)	98 (100)	285 (100)	188 (100)	4 (100)	393 (100)	84 (100)	477 (100)
유의성	$\chi^2 = 28.7$ p < .001			$\chi^2 = 127.6$ p < .001			$\chi^2 = 170.8$ p < .001		

2) 관개방법의 선정 및 관개시설의 규모결정 방법

시설농가들이 현재 사용하고 있는 관개방법을 선정할 때, 90%이상의 농가들이 전문가의 도움을 받지 못하고 본인 스스로 결정하였고, 6%정도가 주변 농민이나 관개자재회사의 도움을 받아서 결정하였는데, 유관 지도기관의 도움은 거의 없는 것으로 나타났다. 관개시설의 규모를 결정하는 경우에도 관개방법의 선정동기와 동일한 양상을 보이고 있다. 근본적으로 우리나라의 경우 시설재배농민들이나 유관지도기관에서 작물별로 적정한 관개방법과 시설의 규모를 결정하는데 사용할 수 있는 각종 기준이나 지침이 거의 없어 이에 대한 대책이 시급한 것으로 판단된다.

표 2-20. 관개방식 및 관개시설의 규모결정 방법

단위 : 농가수(%)

구 분	관개방법의 선정동기				관개시설의 규모결정 방법			
	남사면	채운면	용평면	전 체	남사면	채운면	용평면	전 체
본인이 알아서	133 (89.9)	194 (99.4)	67 (83.7)	394 (93.1)	137 (94.5)	193 (99.0)	72 (90.0)	402 (95.7)
유관지도기관의 추천	1 (0.7)	0 (0.0)	1 (1.3)	2 (0.5)	0 (0.0)	1 (0.5)	1 (1.2)	2 (0.5)
주변 농민의 추천	11 (7.4)	0 (0.0)	2 (2.5)	13 (3.1)	5 (3.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (1.2)
관개자재회사의 추천	3 (2.0)	0 (0.0)	10 (12.5)	13 (3.1)	3 (2.1)	0 (0.0)	6 (7.6)	9 (2.1)
기 타	0 (0.0)	1 (0.6)	0 (0.0)	1 (0.2)	0 (0.0)	1 (0.5)	1 (1.2)	2 (0.5)
합 계	148 (100)	195 (100)	80 (100)	423 (100)	145 (100)	195 (100)	80 (100)	420 (100)
유의성	$\chi^2 = 49.9$ p < .001				$\chi^2 = 28.3$ p < .001			

3) 관개시설 및 자재의 문제점과 만족도

관개시설 및 자재에 대한 문제점으로는 전체적으로 과다한 시설비 투자(53.3%), 빈번한 고장(32%), 과다한 유지관리비(11.7%)의 순서로 지적되었다. 남사면(66%)과 용평면(69.8%)에서는 시설비투자비용의 과다가 채운면(77.7%)에서는 빈번한 고장이 가장 큰 불만이었다. 관개시설이 일반 관리작업에 거의 영향을 주지 않고, 관개시설의 조작용이한 것으로 나타났다.

표 2-21. 관개시설에 대한 농민들의 불만

단위 : 농가수(%)

구 분	남사면	채운면	용평면	전 체
시설비가 많이 든다	66 (66.0)	9 (16.7)	30 (69.8)	105 (53.3)
유지관리비가 많다	15 (15.0)	2 (3.7)	6 (14.0)	23 (11.7)
고장이 자주 발생한다	14 (14.0)	42 (77.7)	7 (16.2)	63 (32.0)
일반관리작업에 지장	3 (3.0)	1 (1.9)	0 (0.0)	4 (2.0)
조작이 쉽지 않다	2 (2.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (1.0)
합 계	100 (100)	54 (100)	43 (100)	197 (100)
유의성	$\chi^2 = 75.0$ p < .001			

전지역에 대해서 관개시설 및 자재의 성능에 대해 비교적 불만이 적은(15.5%) 것으로 나타나 남사면에서는 73.5%가, 채운면에서는 39.4%가, 용평면에서는 57.1%가 관개자재에 대해 만족하고 있었다. 그러나 채운면에서는 타지역에 비해 상대적으로 불만이 23.9%로 높았는데, 이는 표 2-8에서 볼 수 있듯이 77.7%가 관개시설의 문제점으로 고장을 지적했는데 이것이 원인인 것으로 추정된다.

표 2-22. 관개시설의 성능에 대한 만족도

단위 : 농가수(%)

구 분	남사면	채운면	용평면	전 체
매우만족	4 (2.7)	1 (0.5)	4 (5.7)	9 (2.2)
만족	104 (70.8)	73 (38.9)	36 (51.4)	213 (52.7)
보통	30 (20.4)	68 (36.2)	22 (31.4)	120 (29.6)
불만족	9 (6.1)	45 (23.9)	6 (8.6)	50 (14.8)
매우불만족	0 (0.0)	1 (0.5)	2 (2.9)	3 (0.7)
합 계	147 (100)	188 (100)	70 (100)	405 (100)
유의성	$\chi^2 = 54.8$		p < .001	

4) 관개개시점 및 관개량 결정방법

시설재배에서 물과 비료의 효율적인 관리를 위해서는 적절한 관개계획의 수립이 필요하다. 관개계획이란 물이 필요한 시기(관개개시점)와 필요한 물의 양(관개량)을 결정하는 것이다. 전체적으로 97.7%가 경험에 의해서 관개개시점과 관개량을 결정하는 것으로 나타났고, 8개 농가가 타이머를, 1개 농가만이 토양수분 계측장치를 이용하고 있었고, 일사량을 이용하는 경우는 없었다. 물과 비료를 절약하고 작물의 수확량을 증대시킬 수 있는 과학적인 관개를 하지 않고 경험적인 관개를 시행하는 것으로 나타났는데, 이를 해결하기 위해서는 과학적인 관개가 경제적으로 유리할 수 있다는 연구 결과의 제시와 경제적인 기자재의 개발이 필요하다고 생각한다.

표 2-23. 관개시간 및 관개량 결정 방법

단위 : 농가수(%)

구 분	남사면	채운면	용평면	전 체
토양수분	1 (0.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.2)
일사량	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
일정시간/일정량	5 (3.4)	0 (0.0)	3 (3.8)	8 (1.9)
경 험	141 (95.2)	196 (100.0)	77 (96.2)	414 (97.7)
기 타	1 (0.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.2)
합 계	148 (100)	196 (100)	80 (100)	424 (100)
유의성	$\chi^2 = 10.9$		$p < .01$	

5) 관개자동화의 정도 및 필요성

가) 자동화 정도

관개자동화는 노동력 부족과 인건비 상승 문제를 해결해 줄 수 있는 수단으로 각 산업분야에서 적극적으로 활용하고 있는 기술이다. 그러나 시설농업에서는 자동화가 도입되지 못하고 있고, 전체적으로는 95.7%의 농가들이 관개작업을 수동으로 조작하고 있다. 지역별로는 남사면에서는 소수의 농가들이 자동(4.1%)과 반자동(4.7%)으로 관개작업을 하고 있고 채운면과 용평면에서는 자동화가 거의 없고 있다. 재배작목별로는 화훼가 채소보다 자동 및 반자동비율이 약간 높은 것으로 나타났다. 면담조사 과정에서 많은 농민들이 관개자동화를 주저하는 원인으로 지적한 것은 많은 초기투자비가 필요하고 투자에 따른 효과가 불확실하다는 점이다.

표 2-24. 관개자동화의 정도

단위 : 농가수(%)

구 분	지 역 별			재배작목별		전 체
	남사면	채운면	용평면	채소	화훼	
자동관개	6 (4.1)	2 (1.0)	2 (2.5)	6 (1.7)	4 (5.6)	10 (2.4)
반자동관개	7 (4.7)	0 (0.0)	1 (1.2)	4 (1.1)	4 (5.6)	8 (1.9)
수동관개	135(91.2)	194(99.0)	77(96.3)	342(97.2)	64(88.8)	406(95.7)
합 계	148(100)	196(100)	80(100)	352(100)	72(100)	424(100)
유의성	$\chi^2 = 14.0$ $p < .01$			$\chi^2 = 10.4$ $p < .01$		

2) 자동화의 필요성

전체적으로는 66%가 관개의 자동화가 필요하다고 생각하고 있었다. 남사면에서 제일 많은 77%의 농가가 자동화를 원했고 용평면에서는 63.7%, 채운면에서는 58.7%가 필요성을 갖고 있는 것으로 나타났다. 채운면에서는 34.7%가 필요없다고 응답을 했는데 이는 표 2-21에서 살펴보았듯이 관개시설의 잦은 고장에 의한 불신이 원인으로 작용한 것으로 생각할 수 있다. 재배작목별로는 채소농가보다는 화훼농가가 관개자동화를 더욱 원하는 것으로 나타났다.

표 2-25. 자동화의 필요성

단위 : 농가수(%)

구 분	지역별			재배작목별		전 체
	남사면	채운면	용평면	채 소	화 훼	
필요하다	114 (77.0)	115 (58.7)	51 (63.7)	222 (63.1)	58 (80.5)	280 (66.0)
필요없다	32 (22.0)	68 (34.7)	25 (31.3)	112 (31.8)	13 (18.1)	125 (29.5)
모르겠다	3 (2.0)	13 (6.6)	4 (5.0)	18 (5.1)	1 (1.4)	19 (4.5)
합 계	148 (100)	196 (100)	80 (100)	352 (100)	72 (100)	424 (100)
유의성	$\chi^2 = 48.7$ $p < .001$			$\chi^2 = 8.1$ $p < .05$		

6) 희망하는 관개방법

시설재배 농민들이 희망하고 있는 관개방법은 전지역에 대해서 분수호스, 점적관개, 스프링클러, 일반호스, 고랑관개, 하이미스트 순서로 나타났다. 남사면에서는 점적관개, 스프링클러, 분수호스를 선호하였고, 채운면에서는 66%가 분수호스를, 용평면에서는 점적관개를 가장 선호하였다.

재배작목별 특성을 보면, 채소농가들은 분수호스와 점적관개를, 화훼농가들은 스프링클러, 일반호스, 점적관개를 희망하였다.

현재 농가에서 사용하고 있는 관개방식별로 관개방법의 선호도를 분석한 결과, 고랑관개와 하이미스트를 제외한 관개방법을 사용하는

농가는 현재 사용하고 있는 관개방법을 가장 선호하는 것으로 나타났다.

표 2-26. 지역별 및 재배작물별 희망하는 관개방법

단위 : 농가수(%)

구 분	지 역 별			재배작물별		전 체
	남사면	채운면	용평면	채소	화훼	
분수호스	25(16.9)	162(82.6)	6 (7.5)	188(53.4)	5 (6.9)	193(45.5)
점적관개	40(27.0)	26(13.3)	33(41.3)	86(24.4)	13(18.1)	99(23.3)
고랑관개	2 (1.4)	6 (3.1)	3 (3.8)	11(3.1)	0 (0.0)	11 (2.6)
일반호스	16(10.8)	2 (1.0)	10(12.5)	14(4.0)	14(19.5)	28 (6.6)
스프링클러	27(18.2)	0 (0.0)	5 (6.2)	8(2.3)	24(33.3)	32 (7.5)
하이미스트	1 (0.7)	0 (0.0)	1 (1.2)	1(0.3)	1 (1.4)	2 (0.6)
없다	37(25.0)	0 (0.0)	22(27.5)	44(12.5)	15(20.8)	59(13.9)
합 계	148(100)	196(100)	80(100)	352(100)	72(100)	424(100)
유의성	$\chi^2 = 241.1$ p < .001			$\chi^2 = 134.2$ p < .001		

표 2-27. 사용관개방식별 희망관개방법

단위 : 농가수(%)

구 분	사용하고 있는 관개방식별						전 체
	분수호스	점적관개	고랑관개	일반호스	스프링클러	하이미스트	
분수호스	175 (76.4)	8 (8.4)	12 (34.3)	8 (9.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	203 (42.9)
점적관개	38 (16.6)	48 (50.5)	9 (25.7)	12 (14.3)	9 (31.0)	0 (0.0)	116 (24.5)
고랑관개	1 (0.4)	2 (2.1)	9 (25.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	12 (2.6)
일반호스	1 (0.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	26 (31.0)	1 (3.5)	0 (0.0)	28 (5.9)
스프링클러	9 (3.9)	5 (5.3)	0 (0.0)	16 (19.0)	11 (37.9)	1 (100)	42 (8.9)
하이미스트	0 (0.0)	1 (1.1)	0 (0.0)	1 (1.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (0.4)
없다	5 (2.2)	31 (32.6)	5 (14.3)	21 (25.0)	8 (27.6)	0 (0.0)	70 (14.8)
합 계	229 (100)	95 (100)	35 (100)	84 (100)	29 (100)	1 (100)	473 (100)
유의성	$\chi^2 = 462.7$ p < .001						

7) 관개작업시간

관개작업에 사용하고 있는 시간을 분석한 결과, 작업시간이 1시간 미만인 경우가 40.6%, 1-2시간이 31.4%, 2-3시간이 15.3%로 나타났다. 남사면은 1시간미만, 1-2시간, 2-3시간이 소요되는 경우가 각각 28.4%, 23.6%, 26.4%로 고르게 분포 되어있고, 채운면과 용평면에서는 1시간미만, 1-2시간이 대부분이었다. 채소농가에서는 1시간미만과 1-2시간이, 화훼농가에서는 2-3시간과 1시간미만의 경우가 많았다. 채소농가에 비해서 화훼농가가 상대적으로 관개작업시간이 많았다. 사용하고 있는 관개방법별 관개작업시간은 1시간미만과 1-2시간이 대부분이었다.

표 2-28. 지역별 및 재배작물별 관개작업시간

단위 : 농가수(%)

구 분	지 역 별			재배작목별		전 체
	남사면	채운면	용평면	채소	화훼	
1시간미만	42(28.4)	88(44.9)	42(52.5)	154(43.8)	18(25.0)	172(40.6)
1-2시간	35(23.6)	70(35.7)	28(35.0)	119(33.8)	14(19.4)	133(31.4)
2-3시간	39(26.4)	19 (9.7)	7 (8.8)	44(12.5)	21(29.2)	65(15.3)
3-4시간	17(11.5)	12 (6.1)	3 (3.7)	23 (6.5)	9(12.5)	32 (7.5)
4시간이상	15(10.1)	7 (3.6)	0 (0.0)	12 (3.4)	10(13.9)	22 (5.2)
합 계	148(100)	196(100)	80(100)	352(100)	72(100)	424(100)
유의성	$\chi^2 = 48.7$ p < .001			$\chi^2 = 35.4$ p < .001		

표 2-29. 사용관개방식별 관개작업시간

단위 : 농가수(%)

구 분	사용하고 있는 관개방식별						전 체
	분수호스	점적관개	고랑관개	일반호스	스프링 클러	하이미 스트	
<1시간	101(44.1)	34(35.8)	19(54.2)	28(33.3)	10(34.5)	0(0.0)	192(40.6)
1-2시간	78(34.1)	31(32.6)	12(34.3)	17(20.2)	8(27.6)	0(0.0)	146(30.9)
2-3시간	25(10.9)	20(21.1)	1 (2.9)	20(23.8)	6(20.7)	0(0.0)	72(15.2)
3-4시간	14 (6.1)	8 (8.4)	2 (5.7)	10(11.9)	3(10.3)	0(0.0)	37 (7.8)
>4시간	11 (4.8)	2 (2.1)	1 (2.9)	9(10.7)	2 (6.9)	1(100)	26 (5.5)
합 계	229(100)	95(100)	35(100)	84(100)	29(100)	1(100)	473(100)
유의성	$\chi^2 = 48.6$ $p < .001$						

마. 지역별 관개시설의 이용·관리 특성

이상의 조사분석결과를 이용하여 지역별 관개시설의 이용·관리 특성을 정리하면 표 2-30과 같다. 지역적으로 변화를 보이는 것은 시설의 규모 및 지목, 재배작목, 관개방법, 관개시설과 자재의 만족도 및 문제점, 희망하는 관개방법, 관개작업시간 등이다. 이 중에서 관개방법의 결정, 관개개시점 및 관개량의 결정방법, 관개자동화의 정도 및 필요성 등은 지역별로 차이가 없고 같은 경향을 보였고, 나머지 항목은 지역별로 차이를 보였다.

표 2-30. 지역별 관개시설의 이용 특성

구 분	도시근교지역	순수평야지역	중산간지역
위 치	용인시 남사면	논산시 채운면	평창군 용평면
시설의 규모	중/대규모	중/대규모	소규모
시설의 위치	논	논/밭	밭
주요재배작목	오이/고추/화훼	딸기/상추/수박	고추/피망
주요 관개방법	일반호스/ 점적관개	분수호스	점적관개
관개방법의 결정	본인이 알아서		
관개시설/자재에 대한 만족도	만족	만족/보통	만족
관개시설의 문제점	높은 시설비 높은 유지관리비	짚은 고장 높은 시설비	높은 시설비 짚은 고장
관개개시점 및 관개량의 결정	경험에 의하여 결정		
관개자동화의 정도	대부분 수동으로 조작		
관개자동화의 필요성	필요성을 갖고 있다.		
희망하는 관개방법	점적관개/ 스프링클러	분수호스/ 점적관개	점적관개/ 일반호스
관개작업시간	1-3시간	1-2시간	1-2시간

바. 요약 및 결론

지역특성에 알맞는 시설농업 관개시설의 모형의 제시 및 설계기준 수립을 위한 기초자료를 제공하기 위하여, 도시근교지역, 평야지역, 중산간지역에서의 관개시설의 선정방법, 종류, 운영실태 등 관개시설 이용 전반에 관한 실태를 조사하고 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 관개방식으로는 분수호스, 점적관개, 일반호스의 순으로 많이 사용되고 있다.

2) 시설재배농민들이 관개시설과 관련하여 외부로부터 기술적인 지원을 받지 못하고 있다.

3) 관개시설의 선정 및 운영에 필요한 기준이나 지침이 없다.

4) 과학적인 물관리가 되지않고 경험에 의한 물관리가 시행되

고 있다.

5) 관개시설은 대부분이 수동으로 조작되고 있고, 관개자동화에 대한 요구도가 높았다.

6) 관개시설 및 자재에 대해서는 대체로 만족하고 있고, 문제점으로는 시설비, 유지관리비, 및 고장 등이 지적되었다.

7) 관개시설 설치후에 적절한 유지관리체계가 되어있지 않다.

8) 높은 초기투자비용 때문에 적절한 관개시설이 사용되지 못하므로 경제적인 관수자재 및 시설의 개발이 필요하다.

제4절 지역특성을 고려한 시설농업 유형별 용수 원 이용방안

1. 시설농업의 유형구분

농업활동은 일정한 면적에서 이루어지고 있으며, 이것은 오랜 세월의 변모과정을 통해서 일정 범위 안에서 공통적인 지역특성을 갖게 된다. 그러나 이러한 지역특성은 완전히 고립, 배타적인 것이 아니고 이웃하고 있는 영역의 농업활동과 맥을 같이 하면서 공존한다. 본 연구와 관련되어 시설농업의 유형을 구분하기 위하여 우선 국내외에서 농업지역에 대해 유형을 구분한 사례를 살펴보기로 한다.

가. 우리나라의 농업지역 구분

우리나라에서는 1920년대부터 효율적인 식민정책의 수행을 위해 일제에 의해 농업지역의 구분이 시도되었다. 1935년에는 이훈구에

의해 작물분포와 경종방식에 따라 춘파지역과 추파지역으로 나뉘어 있으며, 1940년에 인정식은 전답의 구성비에 따라 전작지대, 답전혼합지대, 답작지대로 구분하였다. 1967년에는 구재서가 우리나라 농업을 산간전작지대, 준산간전작지대, 준평야전작지대, 평야전작지대, 산간혼작지대, 준산간혼작지대, 준평야혼작지대, 평야혼작지대, 산간답작지대, 준산간답작지대, 준평야답작지대, 평야답작지대로 구분한바 있다. 1978년 서찬기, 이종우는 3개의 지표를 이용하여 농업지역을 구분하였는데, 사용된 지표는 경지율, 답지율, 작물복합관계였다. 1960년대부터 1980년대에 이르는 산업화시대의 농업지역은 도시화에 의한 외적영향, 인구유출에 의한 내적 변화, 그리고 지역고유의 자연적 조건에 따라서 지역마다 서로 다른 분화과정을 겪게되었다. 도시근교지역은 도시자본의 토지점유와 투기성 지가로 인해서 농지소유규모의 축소와 함께 임대차 경영규모의 조정 및 농업의 산업화가 급속히 이루어지고 있고, 평야와 산간지역은 도시화와 인구유출에 의해서 토지의 소유와 경영규모, 임대차 관계의변화가 일어나고, 농업의 기계화가 수용되고 있다. 농작물 선택도 도시근교지역은 시설작물 위주의 농업의 산업화가 진전되고 있고, 산간지역은 특용작물이나 과수를 선택하는 경향이 높아지고, 평야지역은 미작과 함께 채소작물이 결합되는 형태가 주를 이루고 있다(김기혁, 1991).

나. 외국의 농업지역 구분

일본 농림수산성 통계정보부가 1971년에 설정한 경제지대구분에 의하면, 전국의 시정촌을 도시근교, 평지농촌, 농산촌, 산촌의 4가지 유형으로 구분하고 이중 농산촌과 산촌을 합쳐 중산간지역이라 하였다. 이와 같은 지대구분과 기준이 되는 지표는 표 2-31과 같다. 이후

1990년부터는 기준지표를 재검토하여 새로운 농업지역 유형구분을 실시하고 있는데, 그 내용은 표 2-32와 같다.

표 2-31. 일본 농업통계상의 경제지대구분(1971년)

지역구분	내 용
도시근교	제2차산업 취업인구율 20%이상 농가율 30%미만
평지농촌	경지율 30%이상 임야율 50%미만 전업농가율 40%이상
농 산 촌	경지율 10~30% 임야율 50~80% 전업농가율 40% 이상 입업겸업농가율 5~10%
산 촌	경지율 10%미만 임야율 80%이상 입업겸업농가율 10%이상

표 2-32. 일본 농업통계상 농업지역 유형구분(1990년)

농업지역 유형	기준지표
도시근교지역	· 거주지에서 접하는 택지율이 60%이상으로 인구밀도 500인 이상의 시정촌. 단, 임야율 80%이상은 제외
평지농업지역	· 경지율 20%이상이면서 임야율 50%미만인 시정촌. 단, 경사 1/20이상의 논과 경사 8° 이상 밭의 합계면적비율이 90%이상 시정촌은 제외 · 경지율 20%이상이면서 임야율 50%이상으로, 경사 1/20이상의 논과 경사 8° 이상 밭의 합계면적 비율이 10%미만인 시정촌.
중간농업지역	· 경지율 20%미만으로, 도시근교지역 및 산간농업지역 이외의 시정촌 · 경지율 20%이상으로, 도시근교지역 및 산간농업지역 이외의 시정촌
산간농업지역	· 임야율이 80%이상이면서 경지율이 10%미만인 시정촌

중산간지역은 도시근접 및 평지지역을 제외한 중간·산간적 공간으로서, 경지가 소규모로 모여 있고 자급자족적·복합적 농림업생산을 주체로 하여 저밀도의 경제활동이 전개되고 있는 지역이다. 수계로 보았을 때 하천의 중상류에 위치하며 도시, 도시근교, 평지농촌의 수자원 함양지대로서 하류부에 대해 수원적 기능을 가지고 있는 지역이다(熊谷宏, 1998).

Grigg(1988)은 도시근교지역에서의 농업의 특징을 표 2-33과 같이 토지이용, 농장의 유형, 투입, 구조 측면에서 정리하고 있다.

표 2-33. 도시근교지역의 농업 특성

구 분	내 용
토지이용	<ul style="list-style-type: none"> · 총면적에서 차지하는 경지의 비율이 높다. · 작부지의 비율이 높다. · 휴한지의 비율이 높다. · 다모작지의 비율이 높다.
농장의 유형	<ul style="list-style-type: none"> · 원예농장의 비율이 높다. · 낙농을 하고 있는 농장의 비율이 높다. · 돼지나 가금을 사육하는 농장의 비율이 높다.
투 입	<ul style="list-style-type: none"> · ha 당 노동의 투입이 많다. · 노동자 1인당의 자본투입이 많다. · 임금의 비율이 높다. · ha 당 총투입량이 높다. · 농산물 가격이 높다. · ha 당 순이익이 높다. · ha 당 지대와 토지의 가격이 높다.
구 조	<ul style="list-style-type: none"> · 소농장의 비율이 높다. · 차지농장의 비율이 높다. · 겸업농장의 비율이 높다. · 세분화된 농장의 비율이 높다.

다. 시설농업지역의 구분

국내외에서 농업지역에 대한 유형구분을 실시한 사례를 참고하여 본 연구에서는 시설농업지역을 도시근교지역, 평야지역, 중산간지역으로 구분하고, 본장의 2절과 3절의 조사연구에서의 결과를 고려하여 표 2-34에서 보는 것과 같이 그 특성을 정리하였다. 각 지역별 특성을 지역적 위치, 영농형태, 시설의 지목, 수계상의 위치, 사용가능한 용수원의 종류, 시설재배작목, 시설재배방식, 관개방식, 수질, 시설의 구조등로 구분하였다.

표2-34 시설 농업지역의 구분 및 특성

지역구분	도시근교지역	평야지역	중산간지역
지역적 위치	대도시 주변	순수농업지역	임야가 경지보다 많은 산간지역
영농 형태	겸업농가가 많다	전업농가가 많다	전업농가가 많다
시설의 지목	논>밭	논>밭	논<밭
수계상의 위치	하천의 중·하류부	하천의 중·하류부	하천의 상류
사용가능한 용수원	지하수 상수도	지하수 저수지/양수장	계곡하천수 지하수
시설재배작목	채소(오이) 화훼	채소(딸기/상추/수박)	채소(고추/피망)
시설재배방식	토양재배 양액재배 포트재배	토양재배	토양재배 양액재배
관개방식	일반호스 점적관개 분수호스 스프링클러	분수호스 점적관개	점적관개 분수호스
수 질	약간 불량	보통	양호
시설의 구조	고정식이 많다	이동식(논) 고정식(밭)	고정식

2. 시설농업 유형별 용수 이용방안

가. 기본 사항

1) 용수의 종류는 선택의 여지가 별로 없기 때문에 지역에서 사용가능한 용수를 선택하고, 2개 이상의 사용가능한 용수가 있는 경우에는 사용하기 편리한 용수를 이용한다.

2) 시설재배 작목에 따라 관개방식을 선정한다.

3) 선정된 관개방식에 따라 적절한 수질의 확보가 필요하다.

나. 유형별 용수 이용방안

1) 도시근교지역

가) 사용 가능한 용수로는 지하수와 상수이다. 용수의 수질 상태는 시설을 이용한 양액재배에 있어서 가장 중요한 인자의 하나이고, 점적과 같은 저유량 관개시설의 성능을 좌우할 수 있다. 양액재배의 경우에는 부적정한 무기이온의 함량이 작물의 생리장애를 초래할 수 있고, 점적관개의 경우에는 염류나 기타 부유물질에 의한 막힘현상이 발생할 수 있다. 따라서 상수는 지하수의 수질이 부적합할 때 사용하는 것이 경제적이다.

나) 도시근교에서는 값싼 양질의 노동력을 확보하기가 어렵기 때문에 특별한 경우를 제외하고는 가급적 수동관개 보다는 자동관개를 실시하는 것이 바람직하다.

다) 양액재배의 경우에는 부적절한 물관리는 작물 생육의 저하와 용수·비료분의 낭비뿐 만 아니라 환경문제를 야기시킬 수 있기 때문에 특별한 주의를 필요로 한다.

라) 토양재배의 경우, 타 지역에 비해 질 좋은 용수를 확보

하는데 상대적으로 많은 비용이 들기 때문에 자동관개가 필요하고, 관개방식은 분수호스 보다는 점적관개를 선택하는 것이 바람직하다.

2) 평야지역

가) 이 지역에서의 시설재배는 논인 경우, 수도작과 병행되거나 수도작이 종료된 후에 이동식 시설을 설치하여 이루어 지게 된다. 수도작과 병행하는 경우에는 주변 논인 담수에 따라 지하수위가 높으므로 이에 따른 피해가 없도록 주의를 요한다. 또한 일반적으로 논토양은 배수가 불량한 경우가 많으므로 적절한 배수관리가 필요하다.

나) 농지개량조합 구역내의 논을 이용하는 경우에는 대부분이 저수지나 양수장과 같은 용수원을 이용할 수 있으나 필요한 시기에 필요한 용수의 확보가 어렵고, 또한 일반적으로 지하수보다 수질이 나쁜 경우가 많으므로 적정 수질의 확보 및 용수 사용의 편의성을 고려하여 지하수를 활용하는 것이 바람직하다.

다) 다른 영농형태(예를 들면 수도작 병행과 같은)와의 용수경합이 없는 대단위 시설재배단지의 경우에는 지표수 용수원의 활용도를 높이는 것이 경제적이다.

라) 이 지역은 일반적으로 대부분의 농가가 사용하기 간편하고 가격이 저렴한 분수호스를 사용하고 있는데, 이것은 용수가 풍부한 경우에는 무방하나 용수가 부족한 경우에는 물 사용효율이 높은 점적관개를 실시하는 것이 바람직하다.

3) 중산간지역

가) 이 지역에서 사용할 수 있는 용수는 계곡하천수와 지하수인데 일반적으로 수질은 양호한 편이나 타 지역과 비교해서 상대적으로 사용 가능한 용수가 부족한 경우가 많으므로 적절한 물관리가 요구된다. 따라서 이 지역에서도 물 사용효율이 높은 점적관개를

실시하는 것이 바람직하다.

나) 많은 시설비를 투자하지 않고 계곡하천수를 사용할 수 있는 경우에는 가급적 하천수를 이용하는 것이 바람직하다. 또한 하천에서 시설포장까지의 도수를 중력에 의존하는 것이 바람직하다.

다) 하천수의 활용이 어려운 지역은 지하수를 사용하여야 하는데, 중산간지역에서는 도시근교나 평야지역과 비교해서 상대적으로 비피압대수층의 지하수를 확보하는 것이 용이하지 않기 때문에 일정 규모의 시설재배단지가 구성되면 암반지하수의 공동개발에 의한 용수확보가 경제적이 될 수 있다.

제5절 시설농업의 관개시설 설계기준

1. 현황

현재까지는 우리나라에서 시설농업에 관한 관개시설의 선정기준·설계기준·운영지침 등이 확립되어 있지 않고 이를 위한 연구도 거의 이루어지지 않았기 때문에 활용할 수 있는 자료가 부족하다. 현재 우리나라에서 시설농업의 관개시설의 설계에 부분적으로 활용할 수 있는 자료는 표 2-35와 같다.

표 2-35. 시설농업의 관개관련 자료

자 료 명	발행년도	발행기관
발관개설계편람	1979	농업진흥공사
Micro-Irrigation Handbook	1993	Auburn대학교
토지개량사업계획지침(마이크로관개)	1994	일본농림수산성
Selection criteria for irrigation systems	1995	ICID
원예시설의 환경설계기준 (안)	1997	농어촌진흥공사

2. 관개시설의 수리적 특성에 관한 현장실험

가. 점적 emitter의 성능과 수리적 특성

최근 들어 시설재배, 과수재배, 노지재배 등을 위한 점적관개시설의 도입이 급증하고 있으나, 이에 필요한 자재들의 대부분은 외국에서 수입하고 있는 실정이다. 또한 수많은 외국 관개자재회사들의 여러 종류의 제품이 시판되고 있는데, 일부 관개자재 제작회사에서 사양서가 제공되고 있으나 각 제품의 일반적인 특성이나 수리적 특성에 대해 구분이 어려운 실정이다. 현재 사용되고 있는 점적관개자재를 포함한 각종 관개자재에 대한 기초적인 지식이 전무한 상태이고, 관개시설의 선정, 설계 및 조작에 관한 기준이나 지침이 없는 것으로 보고된 바 있다. 특히 현재 사용되고 있는 관개자재들의 제품 제작상의 결함이나 성능에 대해 알려진 것이 없다.

본 연구에서는 현재 국내에서 시판되어 사용하고 있는 점적 emitter들의 제품 변이도와 수리적 특성을 파악하기 위한 포장실험을 실시하고 그 결과를 분석하여 영농인들과 관개기술자들의 적정 점적관개 시스템 선정, 설계 및 운영에 필요한 기초자료를 제공하는데 그 목적을 두었다.

1) 재료 및 방법

가) 실험개요

실험은 경기도 안성시 한경대학교의 발관개 시험포장에서 1998년 7~8월에 실시되었다. 시험포장은 경사가 거의 없는 평지이고, 본 실험기간 동안에는 작물이 재배되지 않았다. 실험에 사용된 점적 emitter는 화란과 이스라엘에서 생산된 6가지 종류에 8개 모델이 사용되었는데, 그림 1에 나타나 있고 자세한 내용은 표 2-36에 정리되

어 있다. 실험에는 압력보정형, 낙수방지기능을 갖는 압력보정형, 유량조절기능이 있는 난류형, 점적 emitter와 튜브 일체형, 스파게티형과 같은 점적 emitter들이 사용되었다. 압력보정형 emitter는 관개시스템의 작용압력이 변화하는 경우에도 유량의 변이정도가 크지 않고 일정하고, 낙수방지 기능을 갖는 압력보정형은 펌프가 작동을 멈추게 되면 emitter를 통한 누수가 없는 특징을 갖고 있다. 일반적으로 낙수방지 기능이 없는 점적 emitter나 점적테이프의 경우에 펌프 가동을 중단한 후에도 약간의 누수가 발생한다. 유량조절기능이 있는 emitter는 작용압력의 변화에 따라 유량이 변화한다. 일체형과 스파게티형 모두 고정핀을 사용하고 온실에서 주로 사용되는 점적 emitter로서 유량조절형에 속한다. 실험에 사용된 emitter들은 모두 점원(point source) emitter들이고, 표 2-36의 유량은 공칭유량을 나타낸다. 실험에는 용량이 140l/min인 펌프, 정압발브, 40mm-120mesh의 Amid filter, 지거관은 직경 14mm의 PE 튜브가 이용되었고, 압력은 0.5, 1.0, 1.5, 2.0bar가 적용되었다. 간선관으로부터의 거리에 따른 유량의 변화를 파악하기 위하여 지거관의 길이를 100m로 하고 매 10m 마다 emitter를 설치하여 각 지점에서 bucket을 이용하여 emitter로부터의 유출량을 집수하여 그 무게를 측정하였다. 유출량 측정은 30분씩 2회 반복으로 실시되었고, 무게 측정에는 0.1g 단위까지 측정할 수 있는 CAS전자저울을 사용하였다. 실험에 사용된 emitter는 새 것들 중에서 임의로 10개씩을 선정하였다.

표 2-36. 실험에 사용된 점적 emitter들의 특성

Emitter형태	유량(l/hr)	명칭
A	8	pressure compensated
B	4	pressure compensated
C	4	pressure compensated + anti-leak
D	8	turbulent flow + flow regulated
E	4	turbulent flow + flow regulated
F	4	flow regulated
G	2	ready-made dripper
H	2	spaghetti

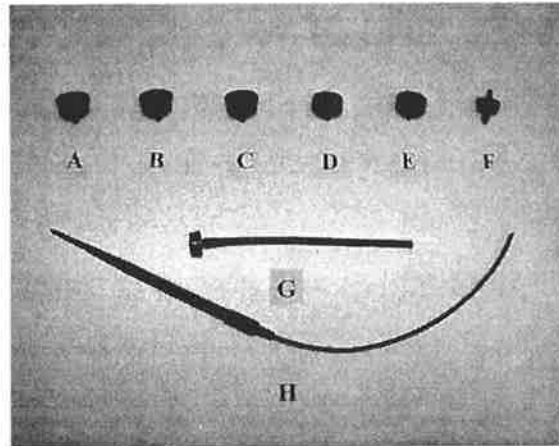


그림 1. 실험에 사용된 점적 emitter

나) 수리특성

본 연구에서는 미국농공학회기준 EP458 DEC96인 “마이크로관개 시스템의 현장평가”를 적용하여 다음과 같은 인자들을 점적 emitter의 성능평가에 사용하였다.

① 통계적 균등계수(Statistical uniformity, U_s)

통계적 균등계수는 emitter 유량의 변이정도를 나타내는 계수로서

식(1)과 같이 표시되는데, 1942년에 Christiansen에 의해 균등계수 (Uniformity Coefficient, Cu)로 제안되었다. 이 계수는 emitter 유량의 변이도를 정량적으로 평가하는 도구이다.

$$U_s = 100(1 - V_{qs}) \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$V_{qs} = S_q / \bar{q}$$

여기서, V_{qs} 는 변동계수(Coefficient of variation)이고, S_q 는 emitter 유량들의 표준편차이고 \bar{q} 는 emitter들의 평균유량이다. 미국 농공학회기준 EP405.1에 의하면, 제작회사의 변동계수에 대한 평가 기준은 0.05보다 작으면 매우 양호(excellent), 0.05~0.07이면 양호(average), 0.07~0.11이면 보통(marginal), 0.11~0.15이면 불량(poor), 0.15보다 크면 사용불가(unacceptable)이다.

② 유출균등계수(Emission uniformity, EU)

유출균등계수는 Keller와 Kalmeli(1975)에 의해 식(2)와 같이 제안되었는데, 이는 점적관로에서의 emitter 유량의 변이도를 나타낸다.

$$EU = 100[1.0 - 1.27 \frac{C_v}{\sqrt{n}}] \frac{q_m}{q_a} \quad \text{-----} \quad (2)$$

여기서, n 는 작물당 설치되는 emitter의 개수이고, q_m 은 emitter의 최소유량(L/h)이고, q_a 는 emitter의 평균유량 또는 설계 emitter유량이고, C_v 는 제작회사의 변동계수인데 본 연구에서는 전에 사용되지 않은 emitter를 사용하여 측정한 관계로 V_{qs} 를 사용하였다. 미국농공학회기준 EP405.1에 의하면, 유출균등계수에 대한 평가기준은 평지의 경우 85~95%가 허용범위이다.

2) 결과 및 고찰

가) 거리에 따른 압력별 유량의 변화

8개의 emitter에 대한 4개 작용압력별로 간선관으로 부터의 거리별 유량을 측정한 결과를 그림 2~그림 9에 정리하였는데, 각각 emitter A에서 H까지를 나타내고 있다. 전체적으로 관으로부터의 거리증가에 따른 압력변화에 의한 유량감소현상은 없었다.

① 압력보정형

그림 2와 그림 3은 압력보정형 emitter A와 B에 대한 결과를 도시하고 있는데, 압력별로 거리별로 유량의 변화를 크게 나타내고 있지는 않지만, emitter A의 경우 최저 7.7 l/hr에서 최고 9.2 l/hr까지의 유량을 나타내고 있어 emitter 유량의 분산정도가 큰 것으로 보인다.

② 낙수방지 기능을 갖는 압력보정형

그림 4는 낙수방지형 emitter C에 대한 결과인데, 일반 압력보정형 A, B와 거의 유사하나 제품의 변이도가 작고 성능면에서 보다 양호한 것으로 나타났다. 압력별 변화와 거리별 변화는 거의 없는 것으로 나타났다.

③ 유량조절기능이 있는 난류형

그림 5와 그림 6은 유량조절기능이 있는 난류형 emitter D, E에 대한 결과인데 거리별 유량변화는 없었으나, 압력별 유량변화는 큰 것으로 나타났다. 특히 제작회사의 적정 작용압력 1.0bar에서 공칭유량 8 l/hr과 4 l/hr가 발생하였다. 또한 2개의 emitter 모두 낮은 압력 0.5bar에서 상대적으로 적은 유량을 보였다.

④ 유량조절형

그림 7은 유량조절형 emitter F의 실험 결과를 나타내고 있는데

거리별 압력별 변화는 emitter D, E와 같았다. 또한 압력 1.0bar에서 공칭유량 4 l/hr가 발생하였다.

⑤ 점적 emitter와 튜브일체형

그림 8은 일체형 emitter G에 대한 결과인데 거리증가에 따른 압력강하에 의한 유량변화는 보이지 않았으나 emitter D, E, F와는 달리 동일 압력에서의 유량의 분산정도가 크게 나타났다.

⑥ 스파게티형

그림 9는 스파게티 emitter H에 대한 결과인데 동일압력에서의 분산정도가 작게 나타났고 0.5bar에서 상대적으로 적은 유량을 보였다.

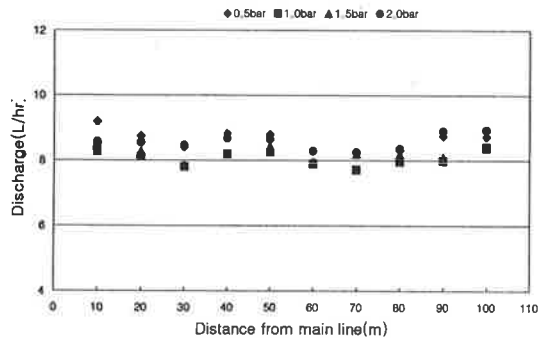


그림 2. 압력별 거리별 유량변화(Type A)

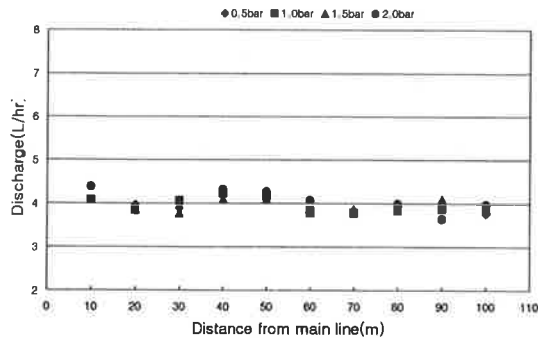


그림 3. 압력별 거리별 유량변화(Type B)

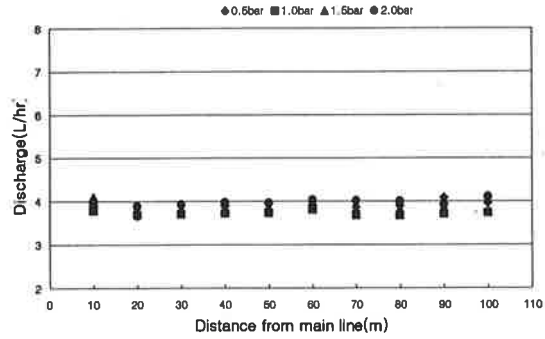


그림 4. 압력별 거리별 유량변화(Type C)

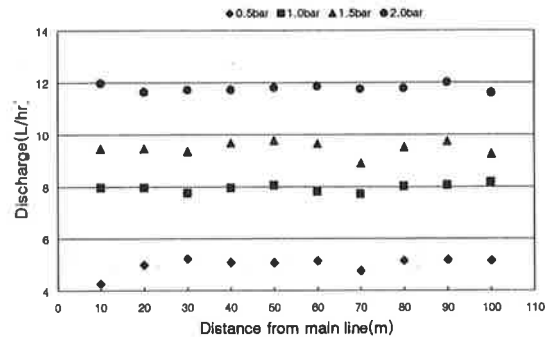


그림 5. 압력별 거리별 유량변화(Type D)

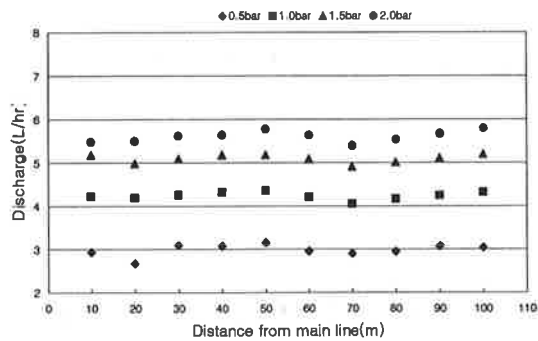


그림 6. 압력별 거리별 유량변화(Type E)

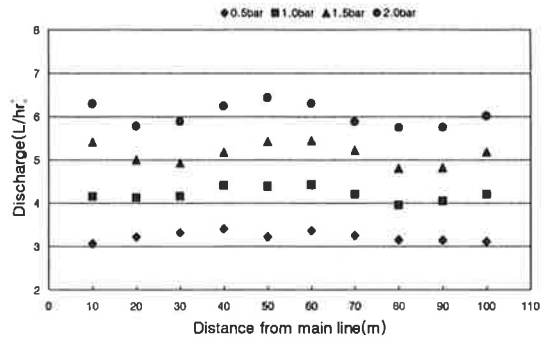


그림 7. 압력별 거리별 유량변화(Type F)

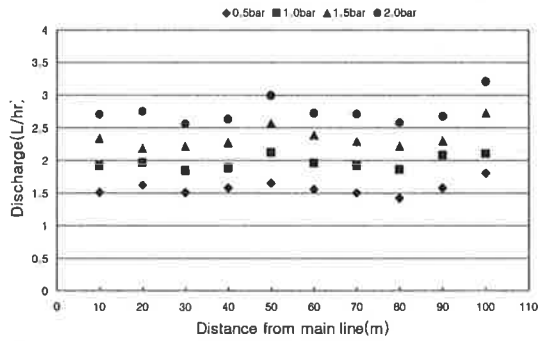


그림 8. 압력별 거리별 유량변화(Type G)

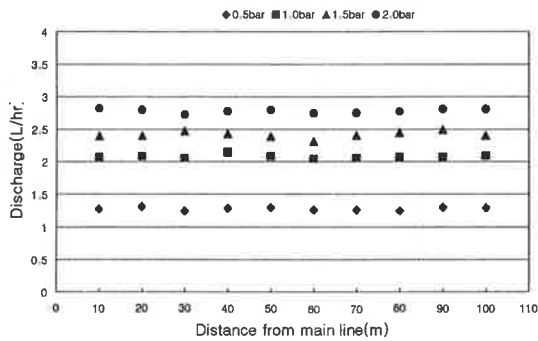


그림 9. 압력별 거리별 유량변화(Type H)

나) 점적 emitter의 성능평가

점적 emitter의 성능을 평가하기 위하여 2반복으로 실시한 실험 결과를 식(1)과 식(2)를 이용하여 변동계수, 균등계수와 유출균등계수

를 계산하고 그 결과를 표 2-37에 나타내었다. 표에서 보면 앞에서 논의한 것과 같이 압력보정형 emitter A, B, C는 압력변화에 대해서 유량이 변화하지 않는 것으로 나타났기 때문에 이들 emitter에 대해서는 전체 측정 결과를 이용해서 균등계수와 유출균등계수를 계산하고 그 결과를 Table 3에 나타내었다. Table 4는 미국농공학회기준 EP405.1에 의하여 각 emitter들의 성능을 평가한 결과가 정리되어 있다.

표 2-37. 점적 emitter의 성능

Emitter Type	Application Pressures (bar)	Mean Discharge (l/hr)	Standard Deviation	Variation Coefficient	Statistical Uniformity (%)	Emission Uniformity (%)
A	0.5	8.64	0.304	0.035	96.5	91.2
	1.0	8.08	0.244	0.030	97.0	91.8
	1.5	8.19	0.189	0.023	97.7	92.8
	2.0	8.58	0.235	0.027	97.3	93.0
B	0.5	3.97	0.158	0.040	96.0	90.5
	1.0	3.97	0.159	0.040	96.0	90.7
	1.5	3.95	0.137	0.035	96.5	91.8
	2.0	4.05	0.237	0.059	94.1	83.6
C	0.5	3.91	0.104	0.027	97.3	90.5
	1.0	3.72	0.043	0.012	98.8	97.1
	1.5	3.84	0.110	0.029	97.1	92.5
	2.0	3.98	0.061	0.015	98.5	95.8
D	0.5	5.00	0.291	0.058	94.2	79.0
	1.0	7.95	0.143	0.018	98.2	94.5
	1.5	9.48	0.265	0.028	97.2	90.6
	2.0	11.78	0.131	0.011	98.9	97.0
E	0.5	2.99	0.137	0.046	95.4	84.3
	1.0	4.23	0.089	0.021	97.9	93.1
	1.5	5.09	0.098	0.020	98.1	94.1
	2.0	5.61	0.129	0.023	97.7	93.4
F	0.5	3.23	0.116	0.036	96.4	90.5
	1.0	4.21	0.161	0.038	96.2	89.3
	1.5	5.14	0.248	0.048	95.2	87.7
	2.0	6.04	0.264	0.044	95.6	90.0
G	0.5	1.58	0.108	0.069	93.1	82.4
	1.0	1.97	0.100	0.051	94.9	88.0
	1.5	2.35	0.170	0.072	92.8	84.5
	2.0	2.76	0.198	0.072	92.8	84.5
H	0.5	1.28	0.023	0.018	98.2	95.3
	1.0	2.08	0.029	0.014	98.6	96.6
	1.5	2.41	0.047	0.020	98.0	93.4
	2.0	2.79	0.032	0.012	98.8	96.6

① 압력보정형

Emitter A와 B는 모두 평가 결과 통계적 균등계수가 매우 양호하고 유출균등계수는 범위내에 있는 것으로 나타났다. 단지 emitter B의 경우 작용압력 2.bar에서 통계적 균등계수는 94.1로 양호하지만 유출균등계수는 83.6%로 허용범위 밖에 있는 것으로 나타났다.

② 낙수방지 기능을 갖는 압력보정형

Emitter C는 일반 압력보정형 emitter A, B에 비해 제품의 변이도가 작고, 모든 작용압력에서 통계적 균등계수와 유출균등계수가 높은 것으로 나타났다.

③ 유량조절기능이 있는 난류형

Emitter D와 E는 통계적 균등계수 기준으로는 D의 경우 0.5bar를 제외하면 매우 양호하고, 유출균등계수 기준으로는 D와 E의 경우 0.5bar에서 허용범위 밖에 있는 것으로 나타났다. 특히 D의 경우는 유출균등계수가 79.0%로 가장 낮은 값을 보였다.

④ 유량조절형

Emitter F는 모든 작용압력에서 통계적 균등계수가 매우 양호하고 유출균등계수는 범위내에 있는 것으로 나타났다.

⑤ 점적 emitter와 튜브 일체형

Emitter G는 통계적 균등계수는 양호한 것으로 나타났고, 유출균등계수는 작용압력 1.0bar에서만 허용범위 내에 들고 그 외의 경우에는 범위 밖에 있는 것으로 나타났다.

⑥ 스파게티형

Emitter H는 제품의 변이도가 실험에 사용된 제품 중에서 가장 낮았으며, 모든 작용압력에서 통계적 균등계수가 매우 양호하고 유출균등계수는 범위내에 있는 것으로 나타났다.

표 2-38. 압력보정형 점적 emitter의 성능

Emitter Type	Mean Discharge (l/hr)	Standard Deviation	Variation Coefficient	Statistical Uniformity (%)	Emission Uniformity (%)
A	8.37	0.341	0.041	95.9	87.4
B	3.98	0.174	0.044	95.6	86.7
C	3.86	0.126	0.033	96.7	90.9

표 2-39. ASAE Standard EP405.1에 의한 점적 emitter의 성능 평가

Emitter Type	Statistical Uniformity	Emission Uniformity
A	excellent	acceptable
B	excellent	acceptable
C	excellent	acceptable
D	excellent ~ average	partly acceptable
E	excellent	acceptable
F	excellent	acceptable
G	average ~ marginal	mostly unacceptable
H	excellent	acceptable

나. 미니스프링클러의 살수분포

최근 국내 시설농업을 이용한 영농의 증가와 과수재배를 위한 관개의 중요성 증가에 따라 미니스프링클러의 사용이 증가하고 있고, 그러나 현재 다양한 종류의 관개용 미니스프링클러가 소개되고 있는데 대부분의 미니스프링클러는 국외에서 개발, 제작된 것이다. 국외에서 수입해 온 미니스프링클러의 기술자료는 사용압력에 따른 살수 범위만이 제공되어 있어 미니스프링클러를 이용하는 관개시스템의 계획이나 설계에 충분치 못한다. 그래서 시설농업에 사용하는 미니스프링클러의 살수분포는 미니스프링클러의 배치와 간격을 결정하는데 중요한 요인으로 작용하고 있다. 따라서 적합한 종류의 미니스프링클러를 선택하기 위해서는 미니스프링클러의 살수특성을 고려해야 한다.

일반적으로 중·대형 스프링클러의 살수분포의 전형적인 형태는 삼각형분포와 사다리꼴분포로 대별된다. 따라서 일반 중·대형 스프링클러의 배치간격등은 이를 기준으로 결정된다. 그러나 미니스프링클러는 그 종류가 다양하고 그 살수분포가 잘 알려져 있지 않다. 본 연구에서는 현재 국내에 사용되고 있는 미니스프링클러에 대한 살수 실험을 실시하고 그 특성을 분석하여 미니스프링클러의 배치간격등의 결정을 위한 설계기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

1) 실험 장소

실험은 경기도 안성시 국립한경대학교 농촌공학과 발판개 시험포장에 있는 아치형 PC온실에서 미니스프링클러의 살수특성을 측정을 실시하였다.

2) 미니스프링클러의 살수분포와 거리 측정

본 연구를 위해서 국내에 소개된 대표적인 그림 10에서 보는 것과 같은 9개의 미니스프링클러를 선택하였으며 그 세부적인 내용은 표 2-40과 같다.

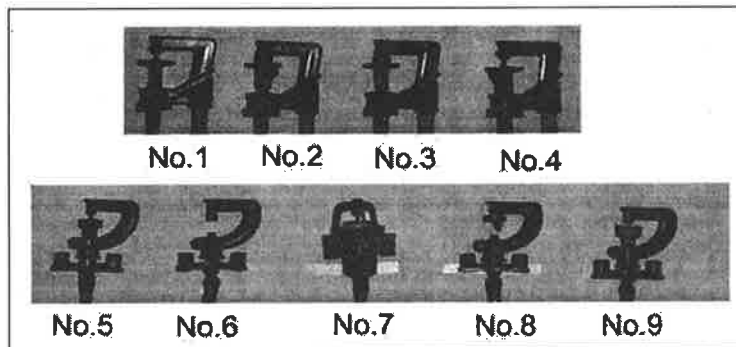


그림 10. 미니스프링클러

미니스프링클러의 기본적으로 노즐, 스프레더, 브릿지, barb로 구성

되어있다. 이 실험에 사용한 노즐과 스프레더는 아래의 표 2-40와 같고, 스프레더는 살수형태는 나타나며 미니스프링클러의 중요한 구성요소이다.

표 2-40. 미니스프링클러의 구성요소

미니스프링클러의 종 류	노즐		형 식	제조회사
	색 갈	살수량(L/hr)		
1	녹색	100	UD스프레더(검정색)	Rondo
2	녹색	100	UD스프레더(파란색)	Rondo
3	빨간색	280	UD스프레더(파란색)	Rondo
4	빨간색	280	UD스프레더(검정색)	Rondo
5	갈색	50	SS스프레더(검정색)	Dan
6	갈색	50	360° 미스트 스프레더(보라색)	Dan
7	보라색	35	SS 스프레더(빨간색)	Dan
8	갈색	50	180° 미스트 스프레더(빨간색)	Dan
9	갈색	50	BS스프레더(주황색)	Dan

실험은 바람의 영향을 제거하기 위해서 아치형 PC온실에 계폐기를 모두 닫고 실시 되었고 장소의 제약성 때문에 살수지역의 1/2만을 측정대상으로 하였다. 미니스프링클러의 살수 시험을 위한 기준이 없어서 미국농공학회기준 S330.1인 “연구 목적을 위한 스프링클러 실험 절차”를 가능한 한 적용하였다. 집수통은 ASAE/S330.1에 의해 0.3m 간격의 격자로 배치하였다.

실험에는 물을 받는 집수통은 직경65mm, 높이 100mm인 알루미늄으로 된 것으로 선택하여 합판 위에 올려놓고 측정하였고, 미니스프링클러는 노즐이 집수통 상단으로부터 30cm 높이에 설치하였다. 펌프는 LG(주)의 급수형 펌프(PV-758M)를 사용하였다. 그림 11은 살수 시험을 측정하는 광경을 보여주고 있다.



그림 11. 미니스프링클러의 실험광경

미니스프링클러의 헤드부분은 세로의 일직선상에 맞추었고 살수는 시험포장에 있는 펌프를 이용하여 1bar의 압력으로 정하고 미니스프링클러는 30분씩 2회 반복하여 한시간 동안 집수통에 집수된 물의 무게를 측정하였다.

3) 살수형태

본 실험결과 미니스프링클러의 살수형태는 아래의 표 2-41과 그림 12와 같다. 미니스프링클러의 중심으로 가로, 세로, 대각선으로 거리를 측정하였다.

표 2-41. 미니스프링클러 종류별 살수거리(cm)

미니스프링클러의 종류	S-L1	S-L2	S-L3	S-L4	S-L5
No.1	300	296.98	270	254.56	240
No.2	240	254.56	240	254.56	210
No.3	270	296.98	240	212.13	210
No.4	300	339.41	300	296.98	240
No.5	240	254.56	240	254.56	240
No.6	150	169.71	180	212.13	240
No.7	240	254.56	240	254.56	240
No.8	150	169.71	150	127.28	60
No.9	270	296.98	270	296.98	300

그림 12에서 보여주는 것은 미니 스프링클러의 살수거리를 나타낸 것으로 S는 스프링클러의 위치이고 L1~L5는 미니 스프링클러로부터의 거리이다.

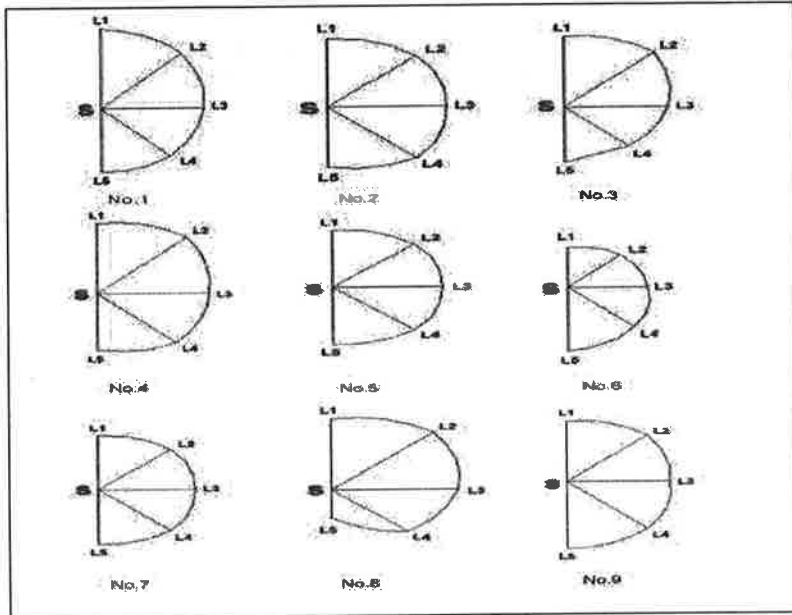


그림 12. 미니스프링클러의 살수형태

미니스프링클러는 스프레더의 형식에 따라 거리가 다르게 나타나고 있다. No.1과 No.4의 스프레더의 길이가 1.25cm 이고 No.2와 No.3의 스프레더는 1.3cm이다. 같은 종류의 형식인 스프레더라도 길이가 짧으면 살수거리가 멀고 길수록 살수거리가 가까워진다.

표 2-41에서 No.1과 No.4는 최고 살수거리가 2.7m~3.0m이고 최소 살수거리는 2.4m 이고 No.2와 No.3는 최고 2.4m~2.7m이고 최소 2.1m로 나타났다. No.5와 No.7은 살수거리가 2.4m로 균일하게 원형으로 이루어져 있다. No.6과 No.8은 최대 2.4m 최소 0.6m로 나타내고 있다. No.9는 최대 3.0m 최소 2.7로 농작업 하기에 넓은 곳에 사

용할 수 있다. 대체로 미니스프링클러의 살수형태는 원형을 이루고 있는데, 일부는 타원형을 이루고 있고 이러한 현상은 미니스프링클러의 구성요소인 브릿지의 영향을 받기 때문이다.

4) 미니스프링클러의 거리별 특성

No.1~No.4는 미니스프링클러를 중심으로 0.3m되는 부분과 1.8m~2.1m부분이 살수량이 많고 2.1m 이후로는 살수량이 줄어들고 있다. 0.3m~2.1m 부분은 균일하게 살수를 하고 있다. No.5과No.7은 0.3m~0.6m부분이 살수량이 많고 점점 줄어들고 있다. No.6과No.8은 0.3m~0.6m까지는 증가하고 0.6m에서부터는 급격히 살수량이 줄어들고 있다. No.9는 대체적으로 균일하게 살수패턴을 보인다.

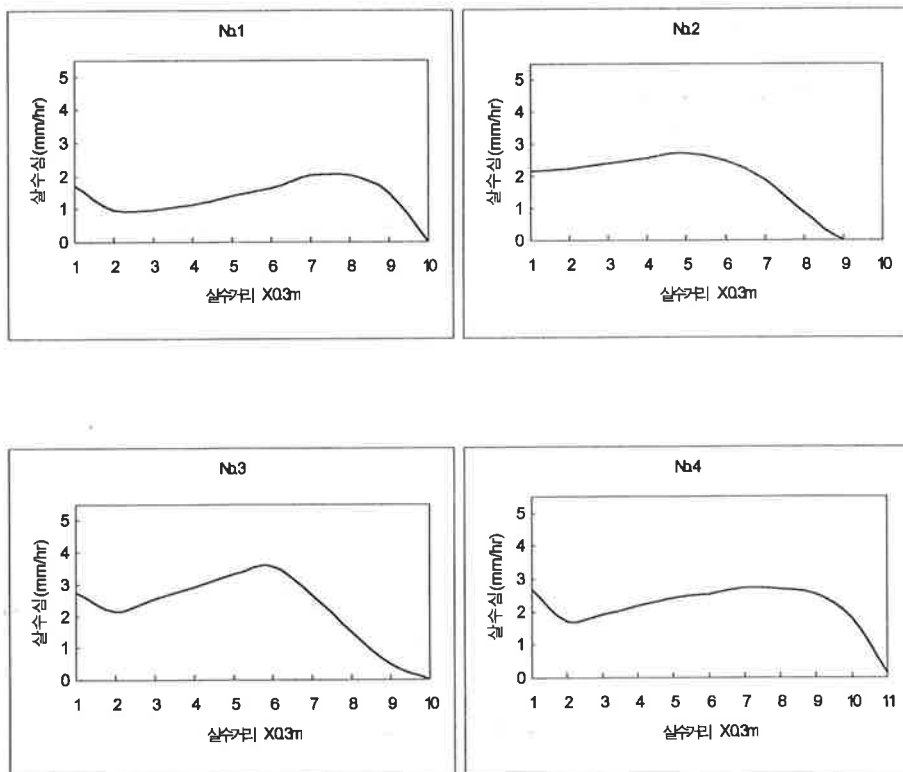


그림 13. UD스프레더의 살수패턴

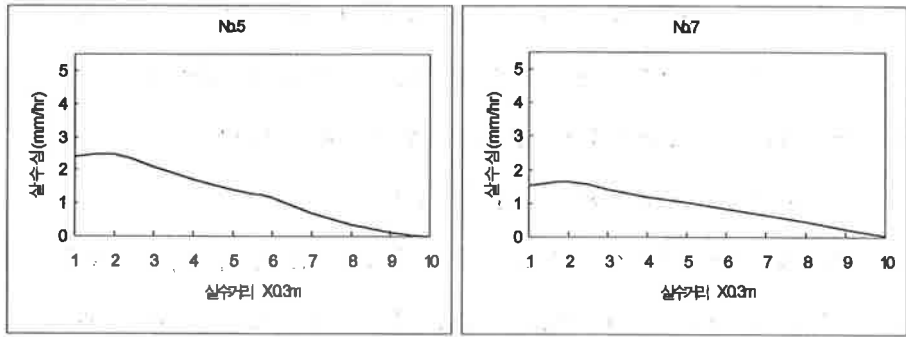


그림 14. SS스프레더의 살수패턴

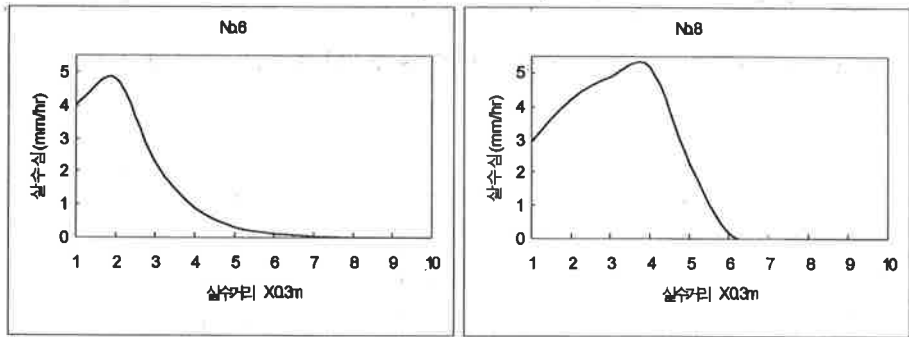


그림 15. 미스트스프레더의 살수패턴

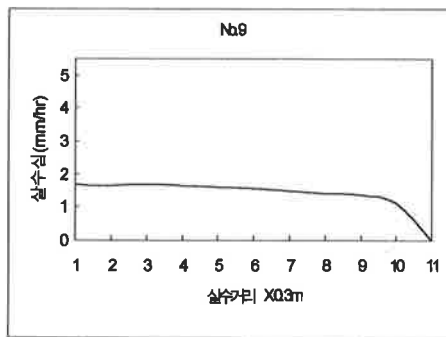


그림 16. BS스프레더의 살수패턴

다. Non bridge형 미니스프링클러의 살수특성

본 연구는 bridge가 없는 미니스프링클러의 살수특성을 파악하기 위한 살수실험을 실시하고 그 결과로부터 살수특성인자들을 결정하여 마이크로관개시스템의 설계에 필요한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

1) 실험 개요

살수실험에 사용된 미니스프링클러는 이스라엘의 Ein Dor사에서 제작한 861 minisprinkler로서 nozzle의 크기가 1.2mm이고 bridge가 없는 형태이다. bridge가 있는 스프링클러는 노즐에서 물이 분사될 때 bridge가 있는 방향으로 저항 때문에 살수거리가 짧아져서 살수면이 원형과 마제형의 중간 형태를 이루고 있고, 본 연구에서 사용한 bridge가 없는 스프링클러의 살수면은 원형에 가깝다. 제품 사양서에 의하면 유량이 70 l/hr이고 작용압력 2.0bar에서 최대살수반경은 2.9m이다. 중규모 지역의 관개에 적합하고, 채소, 과수, 정원, 육묘 등에 사용되고 있다. 실험은 바람의 영향을 제거하기 위해서 플라스틱온실에서 실시되었고 장소의 제약성 때문에 살수지역의 1/2만을 측정대상으로 하였다. 미니스프링클러의 살수실험을 위한 기준이 없어서 미국 농공학회기준 S330.1인 “연구 목적을 위한 스프링클러 실험절차”를 가능한 한 적용하였다. 집수통은 ASAE/S330.1에 의해 0.3m간격의 격자로 배치하였다. 실험에는 직경65mm, 높이 100mm인 알루미늄으로 된 집수통을 사용하였다. 실험은 미니스프링클러의 설치높이별(0.2, 0.3, 0.4m), 작용압력별(1.5, 2.0, 2.5, 3.0bar)로 1시간씩 2회 반복 실시되었다. 집수통에 집수된 물의 양은 무게를 측정하여 높이로 환산하였다. 원하는 압력을 얻기 위해서 정압밸브를 사용하였다.

2) 미니스프링클러의 살수 특성인자

본 연구에서는 미니스프링클러의 살수성능을 나타내기 위하여 유효살수반경, 유효살수면적, 평균살수심, 최대살수심, 유효최대살수심, 변이계수 등을 사용하였는데, 각각 다음과 같이 정의된다.

가) 유효살수반경(R_e , effective radius)은 살수된 물이 집수된 통 중에서 미니스프링클러로부터 가장 멀리 떨어진 5%까지의 집수통들의 평균거리이다.

나) 유효살수면적(A_e , effective area)은 유효살수반경이내의 살수면적이다.

다) 평균살수심(D_a , mean application depth)은 미니스프링클러로부터 유효살수반경 내에 있는 집수통들에서 집수된 물의 평균 깊이이다.

라) 최대살수심(D_{xa} , absolute maximum application depth)은 집수된 물의 깊이가 가장 큰값이다.

마) 유효최대살수심(D_{xe} , effective maximum application depth)은 집수된 물의 깊이가 가장 큰 5%의 평균 깊이이다.

바) 변이계수(C_v , coefficient of variation)는 변이계수는 평균살수심을 전체 살수심의 표준편차로 나눈 값의 백분율을 말한다. 변이계수가 100보다 적으면 일반적으로 살수성능이 양호한 것을 의미하고, 100보다 크면 물이 공급되지 않는 지역이 많다는 것을 의미한다.

3) 미니스프링클러 살수분포의 특성

가) 스프링클러로부터의 거리별 특성

미니스프링클러의 살수분포는 집수통에서 집수된 물의 깊이를 나타내는데, 미니스프링클러의 배치와 간격을 결정하는데 결정적인 요

인으로 작용하고 있다. 일반 중·대형 스프링클러의 살수분포의 전형적인 형태는 삼각형분포와 마름모꼴분포로 대별된다. 본 연구에서 실시한 살수실험의 결과의 일부를 입체적으로 표시하면 그림 17과 같다. 여기서 수직축은 살수심(mm/hr)을 나타내고 x, y축 스프링클러로부터의 격자수를 나타낸다. 그림 17에서 보면 미니스프링클러의 살수심의 거리별 변화는 미니스프링클러가 설치된 원점에서부터 평균최대살수심까지 증가하다가 그 이후 서서히 감소하는 것으로 나타나고 있어 중·대형 스프링클러와는 상이한 결과를 보였다. 그림 18은 이와 같은 특성을 잘 나타내고 있는 실험결과의 하나를 MATLAB을 이용하여 3차원그래프로 표시한 것인데, 중앙에 있는 "S"자는 미니스프링클러의 위치를 나타낸 것이다. 그림 17과 그림 18에서 보면 미니스프링클러의 살수분포의 전형적인 특성은 "도너츠"형이다.

이상의 살수분포형태에 관한 실험결과를 일반화하여 모식화하면 그림 19와 같다. 그림에서 D_0 는 미니스프링클러가 설치된 지점에서의 살수심이고, D_{max} 는 미니스프링클러로부터 X_{max} 떨어진 지점에서 발생하는 유효최대살수심이다. 본 실험에서 얻어진 작용압력별 살수높이별 유효최대살수심이 발생하는 평균거리는 표 2-42와 같다. 최대살수심 발생의 평균거리(X_{max})는 유효최대살수심 계산에 사용된 집수통 들의 미니스프링클러로부터의 평균거리이다. 작용압력이 증가할수록 또는 살수높이가 증가할수록 X_{max} 도 증가하는 것으로 나타났으나 큰 변화는 보이지 않고 0.44~0.52m의 범위에서 변화하는 것으로 나타났다.

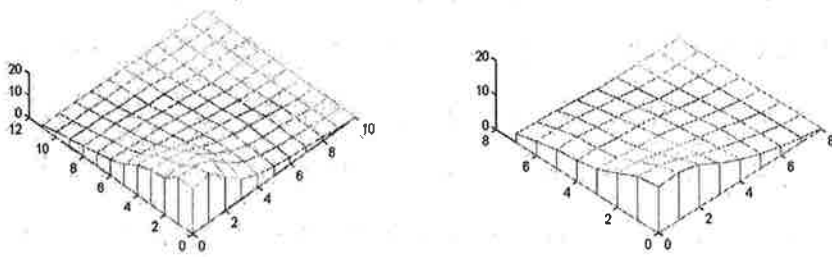


그림 17. 미니스프링클러의 살수형태

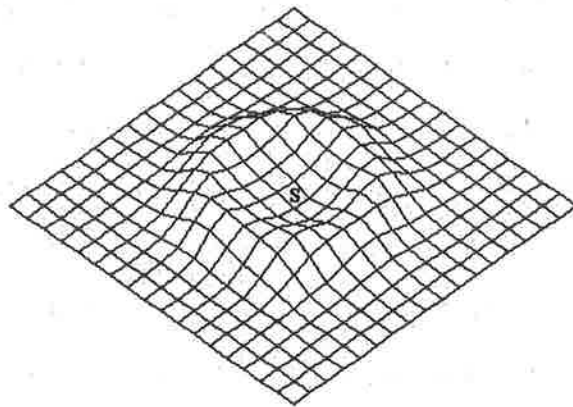


그림 18. 미니스프링클러 살수형태의 3차원 그림

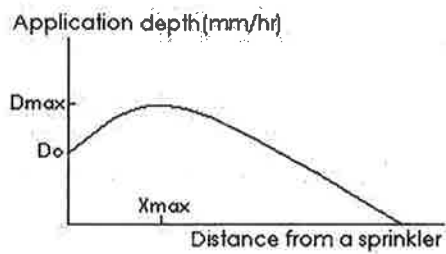


그림 19. 미니스프링클러의 거리별 살수형태의 모식도

표 2-42. 최대살수심이 발생하는 평균거리

Class.	Pressures (bars) at 0.2m height				Heights(m) at 2.0 bar		
	1.5	2.0	2.5	3.0	0.2	0.3	0.4
Xmax(m)	0.44	0.47	0.48	0.49	0.47	0.49	0.52

나) 공간적 분포 특성

실험 결과에 의하면 스프링클러로부터 분무되는 물은 그림 19에서 보는 것과는 달리 일반적으로 정형화되어 있지 못하다. 본 연구에서는 살수의 공간적 분포의 특성을 파악하기 위해 실험에서 얻어진 격자의 4개 꼭지점의 살수심의 산술평균을 격자면의 살수심으로 하고, 이를 MATLAB을 이용하여 2차원 그래프로 나타낸 것이 그림5이다. 그림 20에서는 살수높이가 0.2m 일 때 작용압력이 1.5, 2.0, 2.5, 3.0bar인 경우의 실험결과를 (a)~(d)에 정리하였고, 작용압력이 2.0bar 일 때 살수높이가 0.3, 0.4m인 경우를 (e)~(f)에 정리하였다. 각 그림의 x축과 좌측의 y축은 미니스프링클러가 위치한 지점으로부터의 거리를 나타낸다. 격자의 크기는 0.3m×0.3m이다. 우측의 색도 구분을 나타내는 수치는 시간당 살수심(mm/hr)이다. 그림5에서 보면 미니스프링클러를 중심으로 각 방향별 등거리(等距離) 지점에서 의 살수심은 동일하지 않은 것으로 나타났다. 작용압력별로 또는 살수높이별로 약간 불규칙한 공간적 분포를 보였다.

본 연구에 사용된 bridge가 없는 미니스프링클러와 bridge가 있는 미니스프링클러의 살수공간 분포특성의 차이점을 알아보기 위해 bridge가 있는 미니스프링클러에 대한 살수분포실험을 실시하였다. 시험에는 Naan-Hadar 미니스프링클러가 사용되었고, 그 시험결과는 그림6에 정리되어 있다. (a)는 높이가 0.3m에서 작용압력이 2.0bar, (b)는 높이가 0.3m에서 작용압력이 2.5bar, (c)는 높이가 0.2m에서 작용압력이 2.5bar일 때의 살수시험 결과를 보이고 있다. 그림 21의

결과를 그림 20의 결과와 비교하면 bridge가 있는 미니스프링클러의 살수분포가 bridge가 없는 미니스프링클러보다 상대적으로 더욱 불균형한 것으로 나타났는데 이것은 bridge의 영향에 의한 것으로 판단된다.

다) 작용압력별 살수성능의 변화

미니스프링클러의 작용압력별 살수성능을 파악하기 위하여 살수높이 0.2m를 고정하고 정압밸브를 이용하여 작용압력을 1.5, 2.0, 2.5, 3.0bar로 하여 각각에 대한 살수실험을 실시하였다. 실험결과는 표 2-43에 나타나 있다. 유효살수반경, 유효살수면적, 평균살수심, 최대살수심, 유효최대살수심은 작용압력이 증가함에 따라서 모두 증가하는 것으로 나타났다. 중·대형 스프링클러의 경우, 적정 작용압력보다 적은 경우에는 살수반경이 줄어들고 물방울의 크기가 증가하게 되며, 반대로 작용압력이 너무 높은 경우에는 살수반경은 늘어나고 물방울의 크기는 아주 미세하게 되어 바람의 영향을 많이 받고 증발손실의 우려가 높다는 것이 미니스프링클러의 경우에도 해당되는 것으로 나타났다. 변이계수는 작용압력 증가에 따라 감소현상을 보이고 있고 작용압력이 증가할수록 살수성능이 증가하는 것으로 나타났다. tm프링클러의 성능은 최종적으로는 포장에서의 균등계수, 적정성 및 지표유출 등에 의하여 결정되는 것이 바람직하다.

표 2-43. 살수높이 0.2m에서 압력별 미니스프링클러의 성능

Performance Characteristics	Pressures(bars)			
	1.5	2.0	2.5	3.0
Effective radius(m)	2.51	2.53	2.58	3.01
Effective area(m ²)	4.95	5.06	5.25	7.09
Mean application depth(mm/hr)	4.82	5.08	5.79	6.07
Absolute max. application depth(mm/hr)	16.6	20.1	23.7	26.3
Effective max. application depth(mm/hr)	14.8	17.4	20.4	22.6
Coefficient of variation(%)	122	118	110	92

라) 살수높이별 살수성능의 변화

미니스프링클러의 살수높이별 살수성능을 파악하기 위하여 제작회사가 추천한 적정 작용압력 2.0bar에서 살수높이를 0.2, 0.3, 0.4m로 하여 각각에 대한 살수실험을 실시하였다. 실험결과는 표 2-44와 같다. 유효살수반경과 유효살수면적은 살수높이가 0.2m 일 때 가장 낮은 값을, 0.3m 일 때 가장 높은 값을 보였고 0.4m로 살수높이가 높아지면 오히려 감소하였다. 평균살수심은 살수높이가 높아질수록 감소하는 것으로 나타났다. 변이계수는 살수높이가 높아질수록 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 살수높이에 따라 평균살수심이 감소하기 때문이다.

표 2-44. 압력 2.0bar에서 살수높이별 미니스프링클러의 성능

Performance Characteristics	Heights(m)		
	0.2	0.3	0.4
Effective radius(m)	2.51	3.24	3.10
Effective area(m ²)	5.06	8.28	7.54
Mean application depth(mm/hr)	5.08	4.00	3.52
Absolute max. application depth(mm/hr)	20.1	17.2	19.8
Effective max. application depth(mm/hr)	17.4	11.4	13.1
Coefficient of variation(%)	118	115	101

3. 시설농업 관개시설의 설계편람

본 연구에서는 시설농업 관개시설의 계획 및 설계에 활용할 수 있는 편람을 별도로 제작하였으며 그 주요 내용은 표 2-45에 있는 목차와 같다.

표 2-45. 시설농업 관개시설의 설계편람 목차

<p>I. 기초편</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 시설농업과 관개 <ol style="list-style-type: none"> 1.1. 작물-토양-물 1.2. 작물의 스트레스 2. 시설농업 관개방법의 분류 3. 시설농업 관개방법의 선정기준 4. 토양수분 <ol style="list-style-type: none"> 4.1. 토양수분의 표시단위 4.2. 토양수분의 종류 4.3. 토양수분의 측정 <p>II. 관개계획</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 관개계획 2. 소비수량의 산정 <ol style="list-style-type: none"> 2.1. 실측법 2.2. 증발계증발량 이용법 2.3. 일사량 이용법 2.4. 회귀모형 2.5. 추정공식 이용법 3. 관개시기의 결정 4. 관개량의 결정 5. 용수량의 결정 <p>III. 관개시설계획</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 관개시설의 구성 2. 수원시설계획 3. 급수방식 4. 관수로의 기초수리 5. 기본설비 <ol style="list-style-type: none"> 5.1. 펌프 5.2. 배관재료 5.3. 노즐 	<ol style="list-style-type: none"> 5.4. 밸브 5.5. 액비혼입기 <p>IV. 말단 관개시설계획</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 지표관개 <ol style="list-style-type: none"> 1.1. 고랑관개 1.2. 수동식 호스 2. 살수관개 <ol style="list-style-type: none"> 2.1. 고려사항 2.2. 살수기의 성능과 기초수리 2.3. 살수기의 종류별 특성 2.4. 살수기의 선정 2.5. 살수관개시설의 관로 3. 마이크로관개 <ol style="list-style-type: none"> 3.1. emitter의 종류 3.2. emitter의 선정 3.3. 지판의 설계 3.4. 제어기기 4. 저면관개 5. 배수처리 <p>V. 관개조절</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 조절방법 <ol style="list-style-type: none"> 1.1. look and feel 법 1.2. 증량법 1.3. 일정시간 제어법 1.4. 센서제어법 1.5. 모델제어법 2. 수량조절장치 3. 자동제어장치 <p>VI. 부록</p>
---	---

제6절 시설농업을 위한 물관리자동화 시스템의 개발 및 평가

1. 토양제배를 위한 물관리 자동화시스템

가. 관개자동화 현황 및 문제점

본 장의 제2절과 제3절에서 논의한 현지조사 내용에서 관개자동화와 관련된 부분을 재정리하면 표 2-46과 표 2-47과 같다. 표에서 보면 관개자동화는 많은 농민들의 그 필요성은 인식하면서도, 실제로는 이뤄지지 못하고 있는 실정이다. 농민들이 지적하는 자동화의 문제점은 많은 초기투자비가 필요하고, 투자에 따른 효과가 불확실하고, 조작이 복잡하고 고장이 자주 발생한다는 것이다.

표 2-46. 관개자동화 정도

단위 : 농가수(%)

구 분	재배작목별		전 체
	채 소	화 훼	
자동	6 (1.7)	4 (5.6)	10 (2.4)
반자동	4 (1.1)	4 (5.6)	8 (1.9)
수동	342(97.2)	64(88.8)	406(95.7)
합 계	352(100)	72(100)	424(100)

표 2-47. 관개자동화의 필요성

단위 : 농가수(%)

구 분	재배작목별		전 체
	채 소	화 훼	
필요	222(63.1)	58(80.5)	280(66.0)
불필요	112(31.8)	13(18.1)	125(29.5)
무응답	18 (5.1)	1 (1.4)	19 (4.5)
합 계	352(100)	72(100)	424(100)

나. 국내 관개자동화시스템의 연구·개발 현황

국내에서 연구·개발된 관개자동화시스템의 현황은 표 2-48과 같다. 그 내용을 재정리하면 다음과 같다.

1) 사용센서의 종류 : 토양수분센서(석고블럭, 텐시오미터, 텐시오미터+광센서, 간이TDR), 일사량센서, 온도센서

2) 사용컨트롤러의 종류 : Micro 컴퓨터, One-chip micro controller, PLC Board형 컨트롤러, PLC컨트롤러, 타이머

3) 관개개시점의 결정방법 :

- 일정시기
- 토양수분이 유효성장수분점에 도달되는 시기
- 토양수분이 PF2.3(또는 PF2.5)에 도달되는 시기
- 오전 6시와 오후 6시 사이에서 토양수분이 PF2.0에 도달되는데 필요한 시기

4) 관개량의 결정방법

- 일정량
- 증발량
- 포장용수량에 도달되는데 필요한 양
- 토양수분이 PF2.0에 도달되는데 필요한 양

다. 본 연구에서의 관개자동화시스템의 개발 방향

- 본연구는 관개계획모형과 이를 구현할 수 있는 컨트롤러 개발에 한정하고, 기타 부분은 기존의 개발된 제품을 최대한 활용한다.

- 조작성이 간단해야 한다.

- 가격이 저렴한 보급형이어야 한다.

표 2-48. 국내 관개자동화시스템의 연구·개발실적

번호	시스템의 구성		관개계획		비고
	센서	컨트롤러	관개개시점	관개량	
1	석고블럭	Micro 컴퓨터	토양수분이 유효성장 수분점에 도달시	포장용수량 도달에 필요한 양	
2	텐시오미터 광센서	One-chip controller	일정시기	일정량	
3	텐시오미터 Thermocouple	Micro 컴퓨터	토양수분이 PF2.3에 도달시	토양수분이 PF2.0 도달에 필요한 양	
4	텐시오미터 석고블럭 온도	Micro 컴퓨터	6시~18시 사이에 토양수분이 PF2.3에 도달시	토양수분이 PF2.0 도달에 필요한 양	
5	일사량, 온도	PLC Board형 컨트롤러	일정증발량 도달시	증발량	
	일사량, 온도		일정시기	증발량	
		타이머	일정시기	일정량	
6	텐시오미터 (Irrrometer)		토양수분이 PF2.5에 도달시		
7	간이 TDR	PLC컨트롤러	일정시기	일정량	ME-1000
연구 및 개발자	1. 이기명, 박규식(1986) 2. 김경수, 이기명, 장익수(1992) 3. 김철수, 김진현, 정성현(1989) 4. 김철수, 김진현, 고수현, 이근후(1991) 5. 송천호, 남윤일, 우영희, 김형준, 김동익(1996) 6. 김갑철, 오동훈, 엄미정, 최정식(1995) 7. (주)한국원예자재				

라. 컨트롤러 설계 및 제작

본 연구의 컨트롤러 제작에 이용하기 위하여 컴파일 테크놀로지사의 PIC(PICBASIC 5G)를 이용하였다. PICBASIC은 두 개의 주요 부품인 PIC마이컴과 EEPROM으로 구성되어 있으며 사용자가 작성한

프로그램이 중간코드형태로 바뀌어 EEPROM에 저장되며 별도의 컨트롤러 개발 장비 없이 PC의 프린터포트와 연결하여 간단하게 컨트롤러를 제작할 수 있다. 본 연구에서 사용된 PIC는 32K byte의 프로그램 메모리(EEPROM)과 8K byte의 데이터 메모리(SRAM), 34개의 입출력 포트를 가지고 있어 큰 규모의 컨트롤러와 비교적 많은 센서 입력 및 출력포트를 필요로 하는 프로젝트에 적합하다. 또한 자체 리얼타임 클럭 칩(Real time clock chip)을 내장하고 있어 관개배수용 컨트롤러 제작에 아주 적합할 뿐만 아니라 컨트롤러 구동프로그램은 베이직으로 작성하여 마이크로프로세서에 쉽게 Load/Erase할 수 있어 컨트롤 프로그램의 수정이나 보완이 아주 편리하다. 동시에 각종 센서 신호에 대한 A/D 및 D/A 컨버터 회로가 자체 내장되어 있어 별도의 A/D 및 D/A 변환회로 없이 센서 신호의 입력 및 릴레이 회로 등과 같은 구동회로의 구성이 용이하며 별도의 변환회로 없이 LCD 패널이나 7-Segment 등으로 컨트롤러의 각종 출력이나 결과 등을 쉽게 출력할 수 있다.

1) 토양수분계측제어용 컨트롤러

가) 토양 수분 측정센서 신호 입력부

토양 수분함량 측정에 사용된 포텐쇼미터는 토양수분 변화에 따른 압력변화를 전기적인 신호로 출력해주는 장치로서 토양수분함량에 따라 4~20mA의 전류를 출력하므로 본 연구에서 제작된 컨트롤러에 입력신호로 사용하기 위하여 0~5V의 digital 신호를 얻기 위하여 250 Ω 의 고정밀 저항을 이용하여 토양 수분 측정센서 신호 입력부를 구성한 다음 분해능이 8비트인 0~255의 비트로 변환하도록 하였다. 센서 신호의 입력포트는 0~3번 포트로서 4개의 입력이 가능하도록

제작하였으며 제작된 수분측정센서의 입력부는 다음 그림 2-20에서 보는 바와 같다.

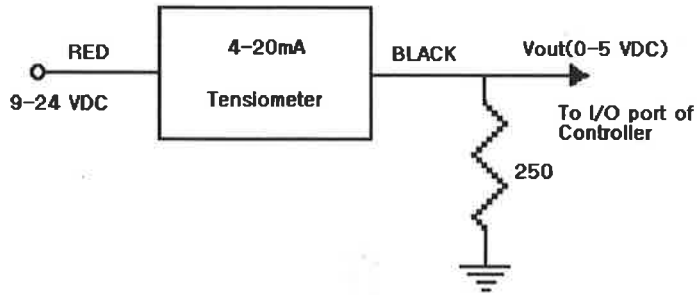


그림 2-20. 수분측정센서의 입력부

나) 펌프 구동 신호 출력부

펌프 구동을 위한 신호는 PIC 출력신호가 25mA 이므로 릴레이를 구동하기 위한 필요 전류인 100mA 보다 작으므로 다음과 같은 포토커플러(PC 817)를 이용하여 릴레이 구동회로를 제작하였으며 출력 포트는 16~19번 포트가 된다. 최근, 포토커플러는 기기의 고기능화가 진전되는 것과 함께 I/O 인터페이스부나 전원부의 아이솔레이터(isolator)로서 많이 사용되는 chip으로서 발광 소자와 수광 소자를 전기적으로 절연하고 광학적으로 결합한, 한 방향 전달의 isolator로서 릴레이나 트랜스(trance)등의 디바이스에 비해 직류에서 고주파까지의 폭넓은 전달특성을 가지며, 입출력간의 전기적 절연성이 높으며, 한 방향의 신호전달 특성이 우수할 뿐만 아니라 소형·경량이라는 장점을 가지고 있어 본 연구의 목적에 부합하다고 판단된다. 즉, PIC의 I/O포트에서 출력되는 전류로 포토커플러 안에 있는 LED를 ON하면 릴레이가 구동되는 원리로 동작하는 것으로서 포토커플러는 빛으로 신호의 상태를 전달하기 때문에 PIC측의 5V 전원과 릴레이

측을 전기적으로 분리시킬 수 있으므로, 노이즈 등이 전달되지 않는다. 본 연구에서 개발된 펌프구동 신호출력부는 그림 2-21에서 보는 바와 같으며 그림에서 릴레이 측에 부착된 다이오드는 코일이 ON/OFF될 때 발생하는 역기전류를 방지하며 릴레이 구동전압은 직류 24V로 하였다.

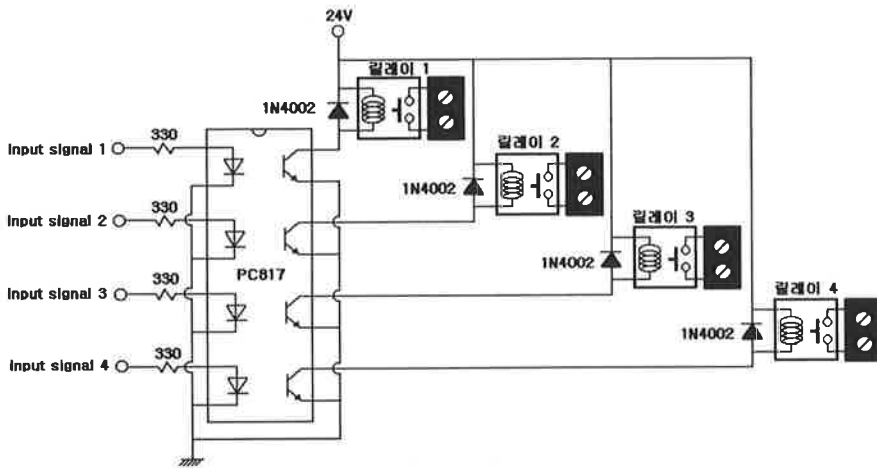


그림 2-21. 펌프구동 신호출력부

다) 컨트롤러 입력변수 입력회로 제작

본 연구에서 제작된 컨트롤러의 각종 작동 변수들을 쉽게 컨트롤러로 입력하기 위하여 다음그림과 같은 4×3의 키 매트릭스를 구성하여 컨트롤러에 연결하였다. 즉, 컨트롤러의 작동환경이나 설정 등을 쉽게 수정하기 위한 회로로서 스위치와 저항을 이용하여 간단한 키 입력이 되도록 구성하였다.

라) 컨트롤러 Display 회로 제작

본 연구에서 제작된 컨트롤러 display 부분은 LCD 패널을 이용하여 제작하였으며 각종 컨트롤러 입력 변수 및 펌프 작동시간, 센서

측정값들을 사용자가 쉽게 알 수 있도록 하였다.

마) Flow-chart

토양 수분 센서(텐쇼미터)로부터의 토양 수분함량에 따른 컨트롤러 입출력 포트 입력전류(PR)는 컨트롤러내에서 다음과 같이 변환된다.

$$PSM = 0.058125 \times (PR - 4)$$

여기서, PR = 토양 센서 입력 전류(mA)

PSM = 토양 수분 환산값(bar)

토양 수분 센서로부터 입력되는 신호는 4~20mA 이므로 이 신호를 0~255 비트의 디지털 신호로 변환하여 다음과 같은 토양수분 환산식을 구하여 PIC의 입력포트에 입력하도록 하였다.

$$PSM = 0.068125 (0.078431 IN - 4)$$

여기서, IN = 토양 수분센서 출력전류의 디지털 신호 변환값

컨트롤러는 먼저 컨트롤러가 작동하면 재배면적, 포장용수량, 성장저해수분, 펌프유량, 토양 수분 센서 작동 간격 등을 키보드로부터 입력받는다. 그 다음 설정된 토양 수분 측정시간에 토양수분 함량을 계측한 후 이 값과 컨트롤러 작동 변수들을 이용하여 관개시간을 계산하여 펌프를 구동시키도록 하였다.

전체 신호처리 흐름도는 그림 2-22에서 보는바와 같다.

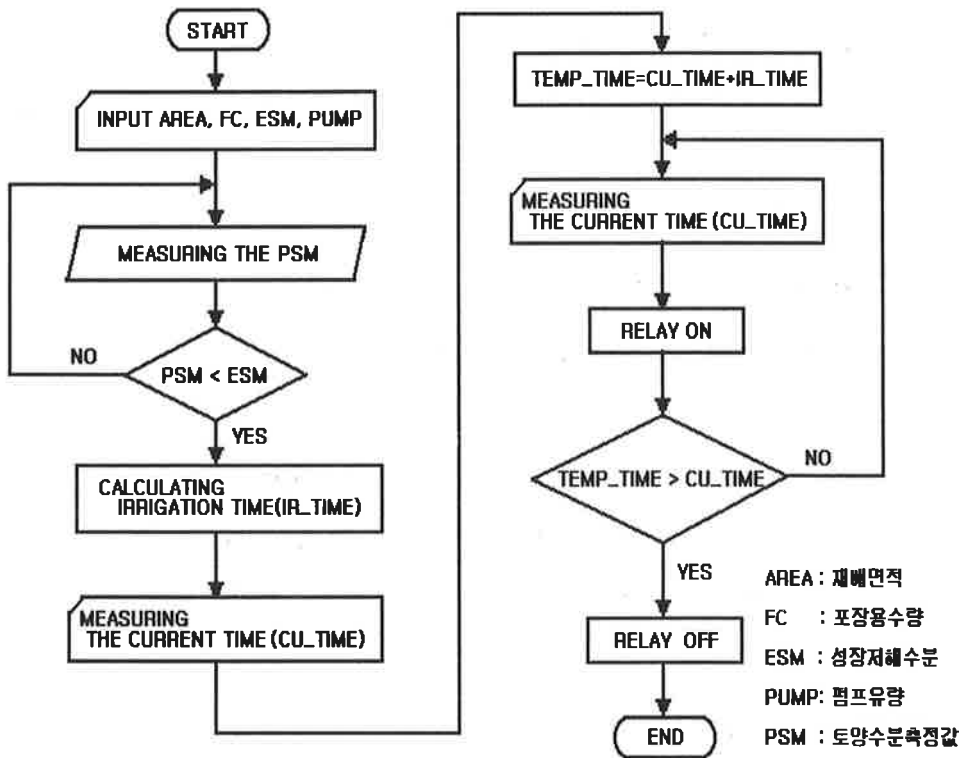


그림 2-22. 전체 신호처리 흐름도

바) 전체 시스템 회로도

토양재배를 위한 물관리자동화시스템의 전체 회로도 는 그림 2-23 과 같다.

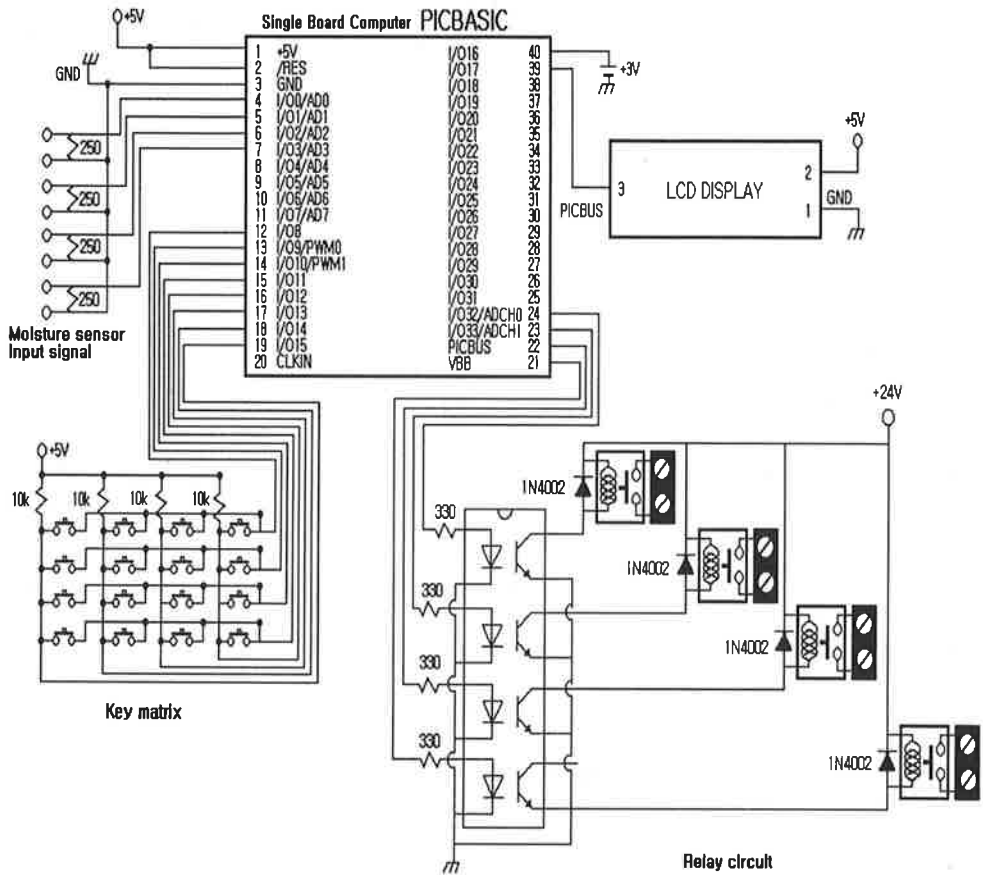


그림 2-23. 전체 시스템 회로도

마. 컨트롤러 적용시험

본 연구에서 개발된 토양재배 자동화를 위한 컨트롤러는 그림 2-24와 같다. 물관리자동화 시스템의 적용성을 검토하기 위하여 한 경대학교 부속농장 실험포장에 위치한 폭 5m, 길이 15m, 높이 2m의 폴리에틸렌 필름 피복의 플라스틱 온실 내에 1.2m×10m의 구획 3개를 설치하여 실험을 수행하였다. 공시작물로는 배추를 재배하였고, 컨트롤러에 의한 관개제어방식은 실시간 토양수분함량을 이용한 제

어방식과 미리정해진 시간에 정해진 양의 물을 공급하는 제어방식을 사용하였다. 그림 2-25는 시험광경을 보여주고 있다. 토양수분제어에는 Irrrometer사에서 개발한 Remote Sensing Tensiometer를 사용하였는데 그림 2-26은 설치된 광경을 보여주고 있다. 실험은 1999년 9월 21일~10월 20일에 실시하였다. 본 연구는 토양수분에 의한 제어 방식에 주안점을 두었기 때문에 사용된 토양수분센서와 컨트롤러에 의해 작물의 근역에서 토양수분이 목적 한 대로 적절하게 유지할 수 있으나에 초점을 맞추어 실험을 실시하였다. 근역의 토양수분은 TDR(Time Domain Reflectry)을 사용하여 1일 1회씩 오전 10시에 측정을 실시하였다. 시험기간 동안에 컨트롤러에 유지된 토양수분의 변화는 그림 2-27과 같은데 포장용수량과 성장저해수분점 사이에서 대체적으로 잘 유지되는 것으로 나타났다. 개발된 컨트롤러의 실용화를 위해서는 연구 종료 이후에 추가적인 컨트롤러의 적용성에 관한 실험이 필요하다고 생각된다.

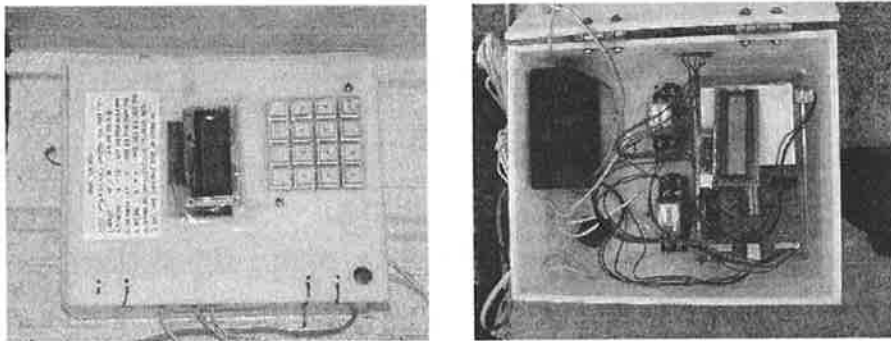


그림 2-24. 토양재배 물관리자동화 컨트롤러

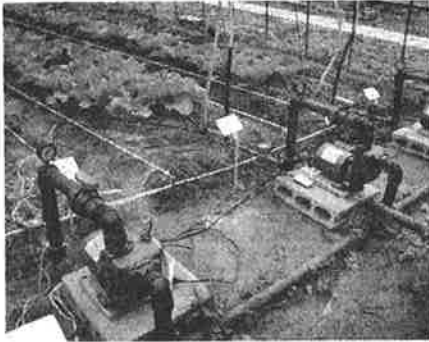


그림 2-25. 현장적용시험



그림 2-26. 토양수분센서 매설관경

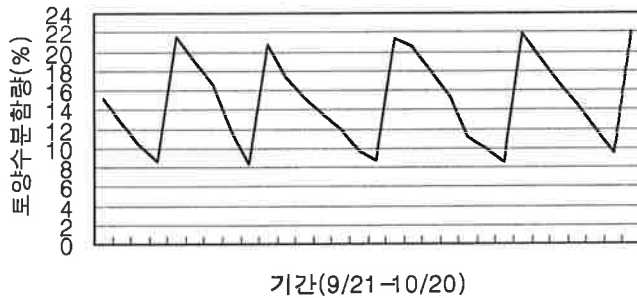


그림 2-27. 토양수분의 변화

2. 양액재배를 위한 물관리 자동화시스템

가. 양액재배 자동화 현황 및 문제점

양액재배 농가에 대한 실태조사 결과에서 양액재배 물관리 자동화와 관련된 부분을 정리하면 표 2-49와 같은데, 표 2-49에서 보면 양액이용방식은 수경재배의 경우는 모두 순환식을 사용하고 배지경재배는 내리흐림식이 많이 사용되었고, 급액제어는 수동보다는 타이머가 대부분이었고 배지경의 경우 계측제어도 8개 농가가 실시하고 있는 것으로 나타났다. 계측제어에 사용된 계측항목은 7개 농가가 일사량을, 1개 농가가 배지내 수분을 사용하였다.

표 2-49. 양액재배 방식별 양액이용방식 및 급액제어방식

단위 : 농가수

구 분		재배방식별		
		수 경	배지경	계
양액이용방식	순환식	6	11	17
	내리흘림식		35	35
	소계	6	46	52
급액제어방식	수동	1	2	3
	타이머	5	36	41
	계측제어		8	8
	소계	6	46	52

조사 과정에서 얻어진 급액제어에 관한 특기사항 및 희망사항은 다음과 같다.

1) 기능이 복잡하고 정밀하고 가격이 비싼 것보다는 단순하고 사용이 편리하고 고장이 적은 시스템을 원함.

2) 타이머제어로 충분하나 날씨가 흐린 날은 낭비되는 양액이 너무 많으므로, 타임제어와 병행하여 3~4단계의 일사제어가 가능한 값싼 센서와 제어기의 개발이 필요함.

3) 시간의 경과에 따라 정량펌프의 균일성이 저하되어 문제가 있으므로 대책이 필요함.

나. 급액자동화시스템의 연구·개발 현황

국내에서 연구·개발된 급액자동화시스템의 현황은 표 2-50과 같다. 그 내용을 재정리하면 다음과 같다. 급액계획(급액개시점, 급액량)과 자동급액시스템이 제시된 연구결과만 제시하였다.

표 2-50. 국내 급액자동화시스템의 연구·개발 실적

번호	급액시스템의 구성		급액계획		비 고
	측정 항목	컨트롤러	급액개시점	급액량	
1	수위, 일사량	Micro 컴퓨터	증산추정식을 이용	배액량에 의해 중단	
	수위접점, 일사량				
2	일사량	Micro 컴퓨터	기준 적산일사량 도달시간	일정량	
3	일사량	Board형 PLC컨트롤러	기준 적산일사량 도달시간	일정량	
			외부접점	일정량	
			일정시간간격별	일정량	
			하루시간표	일정량	
4	일사량, 온도, 습도	내장형제어기 (single board PC)	퍼지제어 알고리즘		
연구 및 개발자	1. 권지선, 이재욱, 이용호(1997) 2. 오미영(1997) 3. 김형준, 남윤일, 우영희, 송천호, 김동억, 이용호(1996) 4. 황호준, 류관희, 이규철, 김기영(1996)				

- 1) 사용센서의 종류 : 일사량, 수분, 온도
- 2) 컨트롤러의 종류 : Micro 컴퓨터, 내장형 PC, PLC Board형 컨트롤러, PLC컨트롤러, 타이머
- 3) 급액개시점의 결정방법 :
 - 증산추정식의 활용
 - 적산일사량
 - 일정시간
 - 퍼지제어 알고리즘
- 4) 급액량의 결정방법
 - 일정량
 - 배액량
 - 퍼지제어 알고리즘

다. 본 연구에서의 금액자동화시스템의 개발 방향

- 본연구는 금액계획모형과 이를 구현할 수 있는 컨트롤러 개발에 한정하고, 기타 부분은 기존의 개발된 제품을 최대한 활용한다.

- 단순한 관개개시점 및 관개량 결정방법을 사용할 수 있어야 한다.

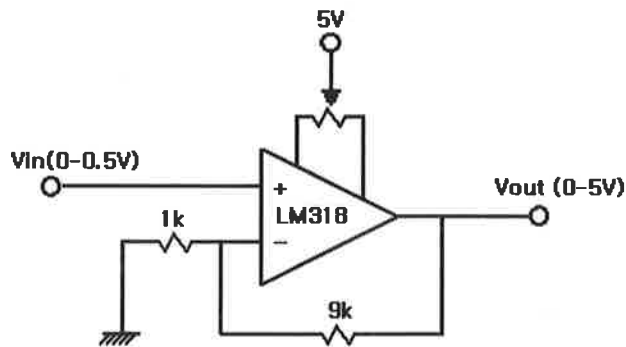
- 조작이 간단해야 한다.

- 가격이 저렴한 보급형이어야 한다.

라. 일사계측제어용 컨트롤러

1) 일사 센서 신호 입력회로

일사 센서로부터 입력되는 신호는 0~0.5V이므로 이 값을 본 연구에서 제작된 컨트롤러의 입력 포트에 그대로 입력하면 분해능이 낮아 일사량 계측시 오차가 크게 발생할 가능성이 있으므로 0~5V의 신호에 따라 8비트의 분해능의 0~255비트로 변환될 수 있도록 아래와 같이 증폭비가 10인 일사 센서 신호 증폭회로를 구성하였다. 사용한 증폭기는 모놀리딕 OP-AMP인 LM318을 이용하였다.



Amplification of the radiation sensor output.

그림 2-28. 일사측정세서의 입력부

2) 펌프 구동 신호 출력부

펌프 구동 신호 출력부는 상기의 토양 수분 측정 센서의 경우와 동일하게 포토커플러와 릴레이를 조합하여 구성하였다.

3) Flow-chart

일사 센서로부터 입력되는 신호는 0~0.5V의 전압신호이며 일사량은 다음과 같이 표현된다.

센서 신호 V_r 이 0.4보다 클 때

$$\text{Radiation} = 78571 \times V_r - 31257$$

센서 신호 V_r 이 0.3과 0.4 사이일 때

$$\text{Radiation} = 1557 \times V_r - 507$$

센서 신호 V_r 이 0.3보다 작을 때

$$\text{Radiation} = 0$$

센서 신호인 0~0.5V를 0~5V(0~255bit)로 증폭한 후 변환되는 디지털 신호를 이용하여 다음과 같은 식으로 변환하여 일사량을 측정하였다.

센서 신호 V_r 이 0.4보다 클 때

$$\text{Radiation} = 154.06 \times IN_R - 31257$$

센서 신호 V_r 이 0.3에서 0.4사이일 때

$$\text{Radiation} = 3.05 \times IN_R - 507$$

컨트롤러의 작동 흐름은 그림 2-29에서 보는 바와 같으며 수분 측정 시스템과 마찬가지로 센서의 작동 변수들을 입력하고 일사 센서 작동 시간을 입력하면 설정된 시간간격으로 일사센서가 작동하여 펌프구동시간을 계산한 다음 릴레이를 구동시키는 구조로 되어 있다.

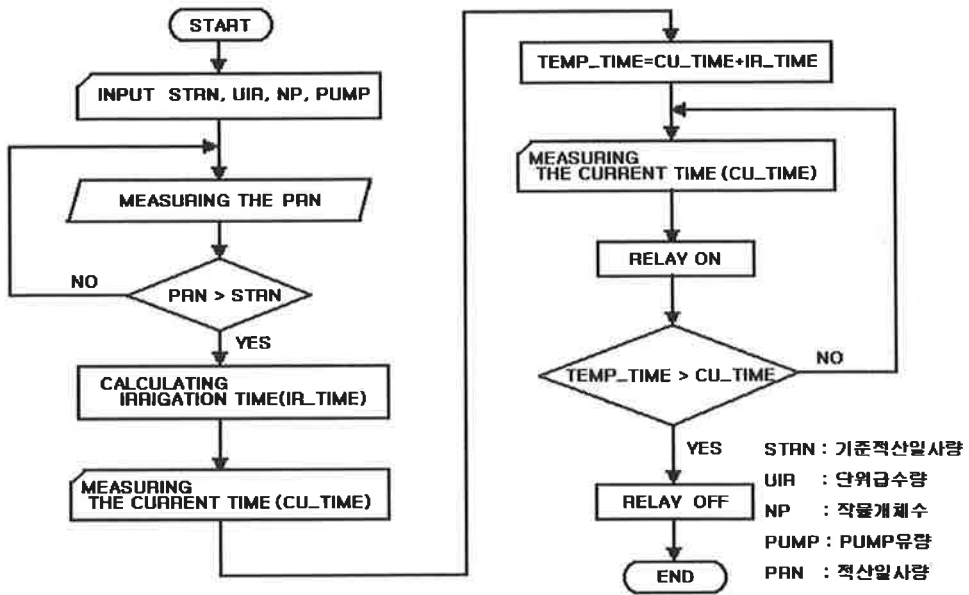


그림 2-29. 전체 신호처리 흐름도

4) 전체 시스템 회로도

양액재배를 위한 물관리자동화 시스템의 전체 시스템 회로도 는 아래 그림 2-30에서 보는바와 같다.

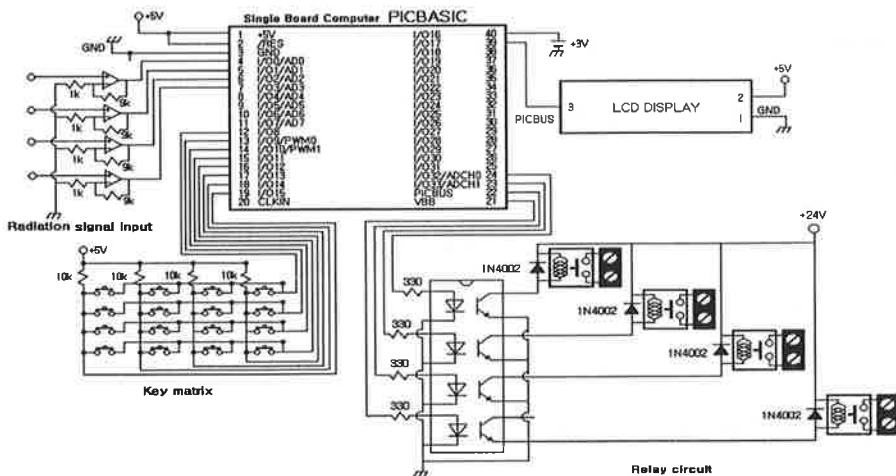


그림 2-30. 전체 시스템 회로도

마. 컨트롤러 적용시험

본 연구에서 개발된 양액재배 자동화를 위한 컨트롤러의 적용성을 검토하기 위하여 한경대학교 부속농장 실험포장에 위치한 폭 5m, 길이 13m, 높이 3m의 폴리에틸렌 필름 피복의 플라스틱 온실 내에 0.4m×6m의 베드 2개를 설치하여 실험을 수행하였다. 공시작물로는 오이를 재배하였고, 재배방식은 펄라이트 배지에 내리흘림식이었다. 실험기간은 1999년 5월 1일~7월 10일에 실시하였다. 각각의 베드는 1/100의 경사를 주어 공급된 양액이 베드 끝에서 흘러나오도록 하였으며 흘러나온 양액을 다시 받을 수 있도록 약 15ℓ의 배액통을 설치하였다. 그림 2-31은 실험광경을 보이고 있다. 기본 실험구는 개발된 급액량 산정 모형에 의해서 급액을 제어하였으며, 대조구의 급액 제어는 관행의 타이머 제어로 하였다. 일사량 측정에는 그림 2-32에서와 같은 LI-200SA가 사용되었다. 7월 1일부터 10일간의 배액율을 비교한 결과는 제3장의 그림 3-32와 같았다. 본 연구에서 개발된 급액제어 모델에 의한 급액제어를 제대로 수행한 것으로 나타났다. 급액제어의 평균 배액율은 21%로서 관행의 타이머에 의한 급액제어의 평균 배액율 52%에 비해 훨씬 작았으며, 특히 일사량이 적은 날의 경우 관행의 타이머에 의한 급액 제어에 비하여 배양액이 상당히 많이 절약되는 것으로 나타났다.



그림 2-31 현장적용시험

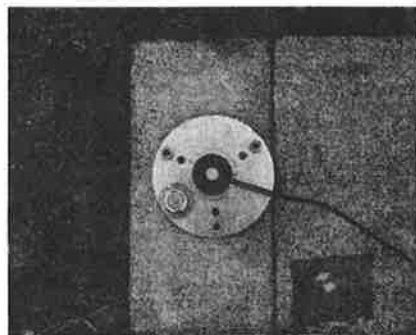


그림 2-32. 일사센서

제7절 결 론

시설농업을 위한 용수원 및 관개시설의 이용실태를 조사·분석하고, 이를 토대로 지역특성을 고려한 시설농업 유형별 용수원의 이용방안을 제시하고, 시설농업 유형별 적정 관개시설의 선정 기준 및 설계기준을 제시하며, 시설농업을 위한 물관리 자동화 시스템을 개발하고 그 적용성을 검토하는 것을 목적으로 한 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 시설농업의 지역적 특성에 알맞는 용수의 이용 및 관리에 관한 모형의 제시를 위한 기초자료를 제공하기 위해, 도시근교지역, 평야지역, 중산간지역에서의 용수원 및 도수시설의 선정방법, 종류, 운영실태 등 이용 전반에 관한 실태를 조사하고 이를 분석한 결과, 용수원으로는 지하수를 제일 많이 사용하고 있었는데 동일 수리구역 내에서 농지의 시설농업화에 따른 용수소비 형태의 변화는 없는 것으로 나타났고, 시설재배농민들이 외부로부터 기술적인 지원을 받지 못하고 있고 취수시설의 선정 및 운영에 필요한 기준이나 지침이 없었다.

나. 관개시설의 선정방법, 종류, 운영실태 등 관개시설 이용 전반에 관한 실태를 조사하고 분석한 결과, 시설재배농민들이 관개시설과 관련하여 외부로부터 기술적인 지원을 받지 못하고 있었고, 관개시설의 선정 및 운영에 필요한 기준이나 지침이 없었고, 과학적인 물관리가 되지 않고 경험에 의한 물관리가 시행되고 있었으며, 관개시설은 대부분이 수동으로 조작되고 있고, 관개자동화에 대한 요구

도가 높았다. 관개시설 설치 후에 적절한 유지관리체계가 되어있지 않은 것으로 나타났다.

다. 지역특성별 시설농업의 유형을 도시근교농업, 순수평야농업, 중산간농업으로 구분하고, 각 유형별로 주요대상 작목, 관개방법 및 시설, 용수원의 종류 및 이용, 용수의 수질 등의 특성을 분석하고 이를 토대로 용수원 및 관개시설의 이용모델을 제시하였다.

라. 시설농업을 위한 적절한 관개시설의 계획 및 설계를 위하여 설계편람을 작성하였는데, 그 주요 내용으로 시설농업을 위한 관개의 기초이론, 관개계획, 관개시설계획, 말단 관개시설계획, 관개조절방법 등이 정리되어 있다. 일부 관개시설의 수리적 특성에 관한 현장실험이 실시되고, 그 결과가 활용되었다.

마. 시설내의 토양재배를 위한 물관리자동화 시스템은 토양수분을 측정하여 포장의 토양수분이 적정하게 유지되도록 관개간격과 관개량을 결정할 수 있도록 개발되었고, 양액재배를 위한 물관리자동화 시스템은 표준일사 제어와 적산일사 제어가 가능하도록 개발되었다. 개발된 자동화 시스템은 토양재배는 배추를, 양액재배는 오이를 대상으로 현장적용되어 적용 가능성이 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서 개발된 물관리자동화 시스템은 농민들이 사용하기 간단하면서도 보다 합리적으로 물관리를 할 수 있도록 개발되었는데, 이와 같은 시스템의 현장 보급에 장애가 되는 것은 현재 국내에 공급되고 있는 토양수분과 일사량센서들이 가격이 비싸 농민들이 구매를 기피하는 경향이 있으므로 값싼 센서의 개발 보급이 필요하다.

제3장 시설환경 및 재배방식별 증발산량 산정

제1절 서론

시설원예의 급속한 증가와 더불어 시설재배에 있어서도 증수, 품질의 향상, 노동력 절감 등의 관점에서 물관리의 중요성이 대두되고 있다. 시설재배 작물의 물관리를 합리적으로 실시하기 위해서는 시설재배에 있어서의 증발산량의 파악이 불가피한데 이에 관한 연구에는 경지의 그것에 비하여 매우 적고, 일부 실측된 예가 있으나 시설환경이나 재배방식 등을 고려하여 정량적으로 파악된 예는 거의 찾아볼 수 없으며, 따라서 그것을 구명하는 것은 시설재배 작물의 소비수량 산정에 중요한 자료가 될 수 있을 것이다. 또한 시설재배에 있어서의 증발산에 관한 연구는 단순히 물관리를 위해서 뿐만 아니라 온실내에서의 열에너지의 이동과도 밀접한 관계를 가지고 있으므로, 이에 관한 많은 자료를 축적하지 않으면 안될 것으로 생각된다.

최근의 시설원예는 단지화와 대규모화, 유리온실 및 양액재배 면적의 급속한 증가 추세를 보이고 있다. 그러므로 기존의 토양재배 방식뿐만 아니라 다양한 양액재배 방식에 대한 소비수량 예측도 관계계획을 위해서 필수적이다. 양액재배에 있어서 배양액의 공급량은 작물의 생육에 중대한 영향을 미친다. 작물에 의해서 흡수되는 물의 양은 작물의 증산과 관계되고, 증산은 또한 환경요인과 밀접한 관련을 갖고 있다. 따라서 공급하는 배양액량은 작물의 종류, 계절 및 생육단계별로 증산량의 추이에 따라 조절해야 한다. 급액량이 적으면 수분 스트레스를 받게 되고 급액량이 과다하면 수확량에 부정적인

영향을 미친다.

양액재배에서는 배양액 관리 시스템의 자동화가 진행되면서 급액 제어에 대한 필요성도 대두되고 있다. 현재 알려진 급액제어 방법으로는 타이머에 의한 제어, 배지내 수분계측에 의한 제어, 적산일사량에 의한 제어 등이 주로 이용되고 있다. 타이머에 의한 제어는 가장 간편한 방법이기 때문에 많이 이용되고 있지만 정밀성이 떨어지고 양액의 낭비가 많게 된다. 배지내 수분계측에 의한 제어는 적절한 센서의 선택과 측정지점의 대표성 등에서 문제점을 갖고 있으며, 적산일사량에 의한 제어는 상업적으로 많이 적용되고 있지만 일사센서와 제어시스템이 고가인 관계로 영농현장에서는 널리 보급되지 못하고 있다. 따라서 경제적인 급액제어 시스템의 개발이 요망된다.

한편, 시설재배 작물이 필요로 하는 수분을 충분하면서도 적절히 공급하기 위해서는 과학적인 계획, 설계에 의해서 충분한 용수를 확보하고 또한 적절한 관수설비를 갖추어야만 한다. 합리적인 관수설비의 계획이나 설계를 위해서는 기준이 되는 작물의 소비수량과 각종 용수량의 산정 방법이 정립되어 있어야 하지만 이에 관한 연구는 노지의 밭작물에 대하여만 일부 이루어졌을 뿐 시설재배 작물에 대하여는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 시설재배시의 관수자동화 및 필요수량 산출에 대한 기초자료를 얻고자 우리나라에서 가장 많이 재배되고 있는 시설재배 작물인 엽채류의 상추와 과채류의 오이를 대상으로 시설환경, 재배방식 및 생육단계별 증발산량을 실측 조사하였으며, 이를 기초로 증발산량 추정 모델을 개발하였다. 그리고 양액재배 농가 실태 조사와 개발된 증발산량 추정 모델을 이용하여 일반농가가 사용하기에 간편하고 시설환경이나 생육단계에 따라 적정 급배액율을 유지할

수 있는 금액제어모형을 개발하여 적용성을 검토하였다. 또한, 시설 재배 작물의 적정 수분 조건을 유지하기 위한 충분한 용수를 확보하고 관수설비의 과학적인 계획, 설계가 이루어질 수 있도록 하기 위하여 시설재배 작물의 소비수량 및 용수량 산정방법을 정립하고, 원예시설의 관수설비 설계에 필요한 기준 자료를 제시하였다.

제2절 시설재배 재배방식별 증발산량 측정시험

1. 시험장치 및 방법

본 실험은 한경대학교 부속농장 실험포장에 위치한 폭 4m, 길이 6m, 높이 3m의 아치형 PC온실 2개동에서 3차에 걸쳐 실시하였으며 실험온실 및 실험광경은 그림 3-1에서 그림 3-3과 같다. 상추는 97년 4월 26일 ~ 5월 25일(1차), 97년 10월 7일 ~ 11월 10일(2차), 98년 4월 15일 ~ 5월 24일(3차) 사이에, 오이는 97년 4월 26일 ~ 6월 27일(1차), 97년 10월 7일 ~ 11월 17일(2차), 98년 4월 18일 ~ 6월 9일(3차) 사이에 실험을 실시하였으며 실험장치 및 조사내용 등은 다음과 같다.

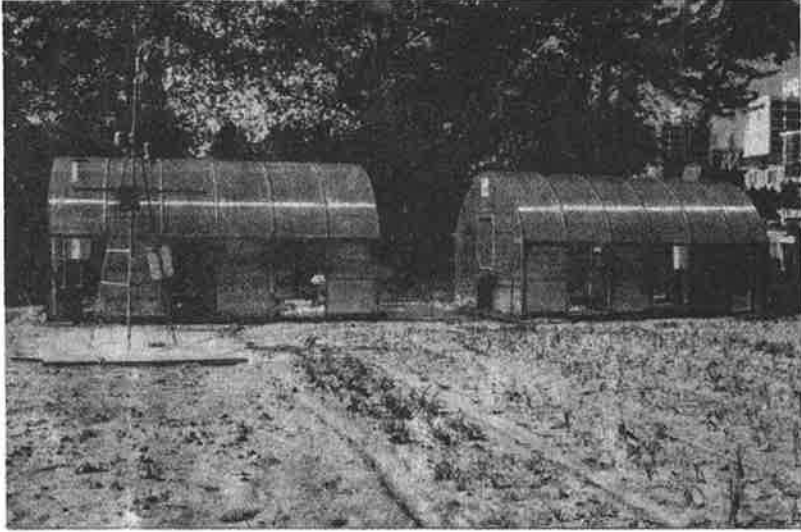


그림 3-1. 실험 온실 외부 전경

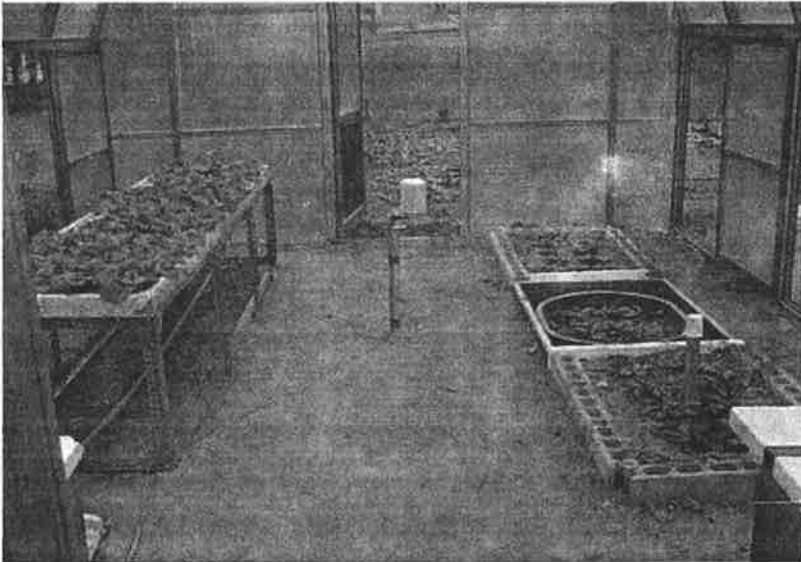


그림 3-2. 상추의 증발산량 측정 실험 광경

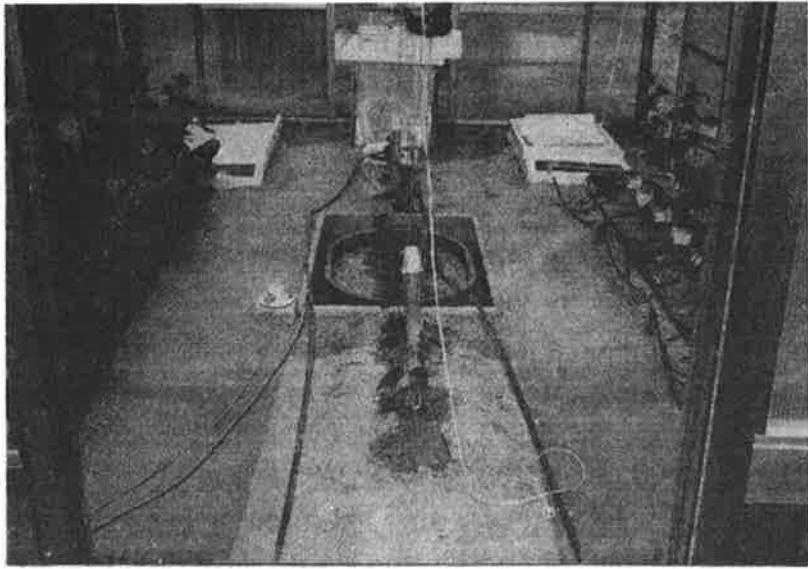


그림 3-3 오이의 증발산량 측정 실험 광경

가. 공시작물

공시작물은 우리나라의 대표적인 시설재배 작물중에서 엽채류 1품목, 과채류 1품목을 선정하였으며 엽채류는 상추, 과채류는 오이로 하였다. 상추는 홍농종묘 만추대 청치마, 오이는 홍농종묘 은성 백다다기로 인근에 있는 농협 육묘장에서 플러그묘를 구입하여 사용하였다.

나. 재배방식

재배방식은 크게 토양재배와 양액재배로 나누었다. 상추는 토양재배와 수경재배(NFT)로 하였고, 오이는 토양재배와 락울(Rockwool)경, 펄라이트(Perlite)경으로 하였으며 1차 실험 결과 락울과 펄라이트 사이에 큰 차이를 발견하지 못하여 2, 3차 실험에서는 오이 양액재배에 가장 많이 채택되고 있는 펄라이트만 시험구로 채택하였다.

다. 재식밀도

시험재배의 재식밀도는 상추 토양재배 25주/m², NFT재배 55주/m²으로 하였으며, 오이는 토양재배 6주/m², 락올 및 펄라이트 재배 10주/m²으로 하였다. 상추와 오이 증발산량 측정 실험 온실의 배치도는 그림 3-4 및 그림 3-5와 같다.

라. 재배관리

시비는 농촌진흥청에서 제시한 작물별 표준시비법에 준하여 실시하였다. 상추는 10a당 퇴비 2000kg, 질소 20kg, 인산 10kg, 칼륨 15kg을 시비하였고, 오이는 10a당 퇴비 3000kg, 질소 35kg, 인산 22kg, 칼륨 30kg을 시비하였다.

양액은 작물별 원더그로(주식회사 조비) 처방에 준하여 상추는 물 1000 l 당 N 260g, P 72g, K 225g, Ca 88g, Mg 18g의 농도로, 오이는 물 1000 l 당 N 440g, P 104g, K 325g, Ca 198g, Mg 26g의 농도로 제조하였다.

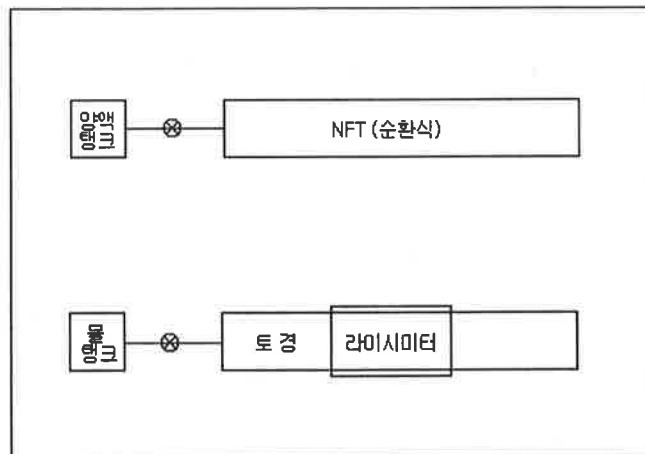


그림 3-4. 상추 증발산량 측정 실험 온실의 배치도

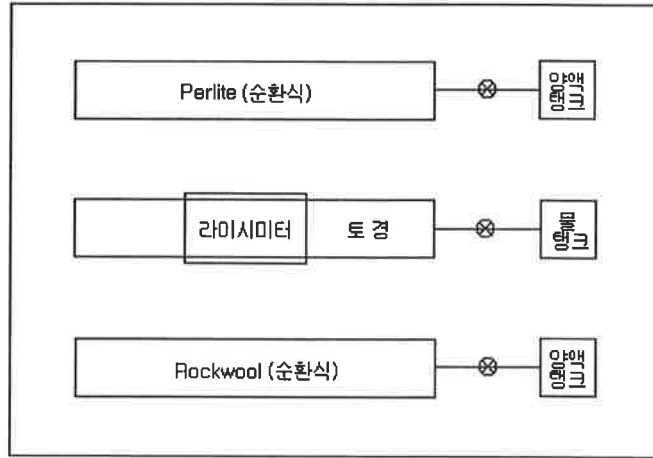


그림 3-5. 오이 증발산량 측정 실험 온실의 배치도

토양재배구에서는 매일 오전 10시에 일정량씩 관수하였으며, 양액재배구에서는 타이머를 이용하여 주간에는 1시간에 15분씩 펌프를 가동하고, 야간에는 3시간에 15분씩 펌프를 가동하도록 하였다.

마. 계측항목 및 방법

외부기상 환경은 실험포장에 설치된 종합기상장비(NOVALYNX)를 이용하여 온도, 습도, 일사, 풍속, 강우를 관측하였고, 온실내부 환경은 온실 내에 설치된 미기상 측정장치(Enviro caster)를 이용하여 건구온도, 습구온도, 상대습도, 토양수분을 관측하였다. 온실내의 일사량은 전천일사계와 하이브리드 레코더를 이용하여 기록하였고, 증발계 증발량은 지름 20cm, 높이 15cm의 소형 증발계를 이용하여 전자저울로 측정하였다.

증발산량은 토양재배의 경우 그림 3-6과 같이 전자저울을 이용한

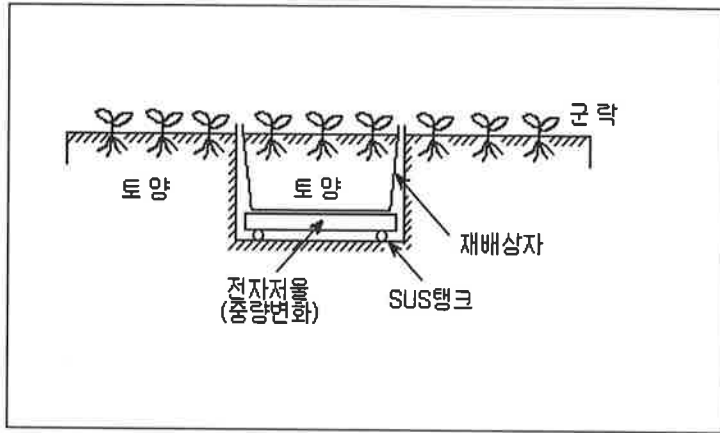


그림 3-6. 토양재배의 증발산량 측정장치(중량법) 모식도

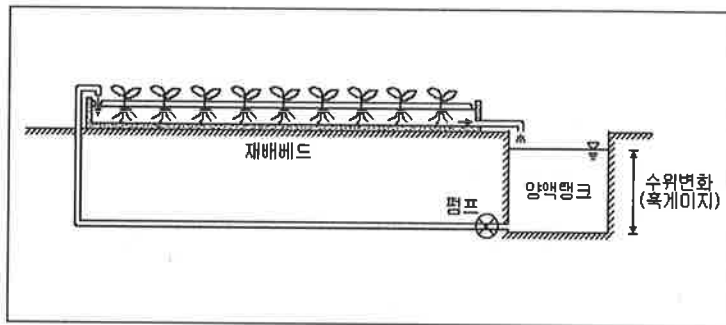


그림 3-7. 양액재배의 증발산량 측정장치(수위법) 모식도

중량법으로, 양액재배의 경우는 그림 3-7과 같이 혹계이지를 이용한 수위법으로 매일 오전 10시에 계측하였다. 그리고 초장, 잎수, 생체중, 엽면적 및 수량 등의 생체정보를 5~7일 간격으로 측정하였다.

2. 시설내외의 기상환경

외부 기상 환경 및 온실 내부 기상 환경의 관측 결과는 표 3-1과 같고, 수집한 관측자료들은 관측 당일 오전 10시부터 다음날 오전 10시를 하루 단위로 정리하였다. 1997년 봄에 실시한 1차 실험시의

실외기온은 최저 8.6℃에서 최고 31.1℃의 범위를 보였으며 평균 19.1℃로 나타났다. 실내기온은 최저 9.2℃에서 최고 34.2℃의 범위에 평균 21.2℃로서 외기온 보다 2.1℃ 높게 나타났다. 외부의 상대습도는 최저 33.2%, 평균 76.6%, 실내는 최저 26%, 평균 73.5%로 나타나 실내가 약간 낮았다. 수평면 일사량은 외부가 평균 16.22 MJ/m²/day, 실내는 9.72 MJ/m²/day로 나타나 평균 일사투과율은 약 60%를 보였으며 온실 내부의 증발계증발량은 평균 3.2mm로 나타났다.

1997년 가을에 실시한 2차 실험시의 실외기온은 최저 0.3℃에서 최고 23.2℃의 범위를 보였으며 평균 10.6℃를 나타내었고 실내기온은 최저 0.6℃에서 최고 31.1℃의 범위로 평균 13.0℃를 나타내었으며 실외기온보다는 2.4℃ 높게 나타났다. 외부의 상대습도는 최저 27.9%, 평균 66.3%로 나타났고 실내의 상대습도는 최저 29.8%, 평균 81.1%로 나타나 실내가 다소 높게 나타났다. 외부의 일사량은 평균 11.09MJ/m²/day로 나타났고, 실내의 일사량은 6.68MJ/m²/day로 나타나 평균 일사투과율은 약 60%를 보였고, 온실 내부의 소형 증발계증발량은 평균 1.5mm로 나타났다.

1998년 봄에 실시한 3차 실험시의 실외기온은 최저 10.8℃에서 최고 26.7℃의 범위를 보였으며 평균 18.0℃를 나타내었고 실내기온은 최저 8.2℃에서 최고 32.0℃의 범위로 평균 20.9℃를 나타내었으며 외기온보다 2.9℃ 높게 나타났다. 외부의 상대습도는 최저 32.5%, 평균 74.0%로 나타났고 실내의 상대습도는 최저 36.2%, 평균 80.6%로 나타나 실내가 약간 높게 나타났다. 외부의 일사량은 평균 14.83MJ/m²/day로 나타났고, 실내의 일사량은 8.65MJ/m²/day로 나타나 평균 일사투과율은 약 58%를 보였으며, 온실 내부의 소형 증발계증발량은 평균 2.9mm로 나타났다.

3. 시험재배 생육특성

1차실험시 상추 및 오이의 재배방식별 생육상황은 표 3-2 및 표 3-3과 같다. 상추의 경우 정식후 22일째인 5월 17일에 토양재배는

표 3-1. 증발산량 시험기간중 기상관측 자료

기 간	외 부						실 내												
	기온(℃)			상대습도 (%)		풍속 (m/s)		일사 (MJ/m ²)	강우 (mm)	기온(℃)			상대습도 (%)		일사 (MJ/m ²)	증발량 (mm)			
	최저	최고	평균	최저	평균	최대	평균			최저	최고	평균	최저	평균					
97 봄	4	L	2	8.6	20.6	14.4	33.2	57.2	3.5	1.2	16.27	8.9	9.2	26.0	16.9	36.8	70.9	9.76	3.2
	F	1	10.9	25.1	17.7	35.9	63.9	2.1	0.8	14.12	0.4	11.8	30.4	20.0	38.4	72.3	11.82	3.4	
		2	10.6	22.1	16.3	63.7	83.7	2.6	1.0	12.76	9.6	12.9	24.5	19.1	61.8	78.8	7.88	2.1	
	5	M	1	14.7	21.9	17.9	71.0	86.8	2.0	0.8	7.18	17.6	15.3	28.2	19.6	76.6	92.1	4.38	0.9
		2	10.4	22.1	16.7	42.7	69.9	3.1	1.1	21.22	0.6	12.1	27.2	19.6	54.0	81.3	13.66	3.5	
	L	1	9.1	21.1	15.0	46.3	75.4	2.6	0.8	19.12	1.8	10.8	27.0	18.1	57.8	83.2	11.54	4.1	
		2	13.9	23.3	18.1	53.3	77.3	2.6	1.0	17.48	8.7	15.0	27.9	20.4	64.2	86.3	10.10	2.7	
	F	1	12.1	23.7	17.7	53.5	80.7	2.1	0.8	17.22	6.2	13.3	26.7	19.5	62.8	85.2	9.56	2.7	
		2	15.2	27.1	21.0	47.2	77.5	2.0	0.7	20.84	0.0	16.4	30.3	22.9	32.3	62.6	11.36	3.5	
	6	M	1	15.5	29.9	22.5	37.3	69.3	1.9	0.6	23.70	0.0	17.0	31.9	24.6	26.0	48.4	13.20	5.6
		2	18.4	31.1	24.4	46.5	74.6	1.6	0.6	19.86	1.6	19.8	34.2	26.5	38.0	61.0	11.36	4.8	
	L	1	19.5	28.4	23.4	57.7	84.6	1.5	0.5	14.86	24.8	21.3	27.8	23.8	56.8	70.7	8.30	3.4	
		2	21.1	25.8	23.0	80.7	94.9	2.2	0.9	6.27	3.0	21.7	27.7	24.1	50.5	62.1	3.50	1.6	
		평균		13.8	24.8	19.1	51.5	76.6	2.3	0.8	16.22		15.1	28.4	21.2	50.5	73.5	9.72	3.2
97 가을	F	1	7.3	21.9	14.7	33.5	61.5	6.3	2.6	13.54	0.0	12.3	24.5	18.3	35.0	79.1	8.65	2.2	
		2	4.9	18.4	11.8	31.0	61.1	5.9	1.9	13.20	1.7	5.1	23.7	13.3	29.8	60.6	9.71	2.1	
	10	M	1	8.5	23.2	15.7	31.7	68.9	6.1	2.1	12.19	2.1	8.6	31.1	17.4	37.0	82.2	6.30	1.8
		2	7.1	20.8	14.0	29.5	59.9	5.3	2.0	10.24	0.0	7.3	24.1	14.9	32.4	78.5	5.48	2.0	
	L	1	2.1	11.8	6.6	42.3	64.8	6.2	2.4	9.97	1.3	2.4	24.2	10.1	45.3	84.0	6.14	1.1	
		2	1.3	15.8	7.8	34.2	71.0	3.3	0.8	10.98	0.0	1.5	30.6	11.3	44.6	85.0	7.79	1.3	
	11	F	1	2.7	17.5	9.4	27.9	66.3	2.9	0.7	9.21	0.0	2.1	26.8	10.8	41.9	84.7	6.49	1.2
		2	7.5	15.4	11.3	54.3	78.1	4.2	1.6	5.48	12.9	7.6	22.4	12.5	69.5	93.1	3.51	0.9	
		M	1	0.3	9.3	4.2	43.2	65.3	6.1	2.7	15.03	0.1	0.6	21.0	8.0	31.0	82.7	6.06	1.2
		2		4.6	17.1	10.6	36.4	66.3	5.1	1.9	11.09		5.3	25.4	13.0	40.8	81.1	6.68	1.5
98 봄	4	M	2	14.9	26.7	20.1	47.2	76.6	6.4	1.7	15.55	0.0	10.8	29.4	17.9	61.7	84.9	8.95	3.5
		L	1	15.4	23.2	18.3	60.4	82.6	3.6	1.4	9.15	2.6	11.8	23.5	15.9	68.1	91.4	5.28	1.7
		2	13.4	24.6	18.8	42.6	66.5	5.5	2.1	16.85	0.4	8.2	26.5	17.3	44.1	68.0	10.06	3.7	
	5	F	1	12.1	24.5	17.7	46.0	75.0	4.6	1.5	17.40	1.0	15.1	29.4	20.7	50.6	79.8	12.61	2.7
		2	10.8	18.8	15.0	45.4	75.6	5.1	1.8	11.18	9.8	15.9	27.2	20.7	64.7	83.5	6.73	2.5	
	M	1	12.3	22.2	17.1	49.0	76.6	5.3	1.9	15.04	3.8	15.9	29.8	20.4	59.9	81.2	9.79	2.6	
		2	14.5	26.7	20.1	38.3	75.3	3.4	1.2	19.14	0.0	21.0	32.0	25.0	49.1	82.5	10.78	2.8	
	L	1	13.2	26.4	19.7	32.5	67.4	3.8	1.5	18.99	0.0	21.8	31.7	26.2	39.5	71.1	12.14	4.0	
		2	12.3	24.7	18.4	35.4	66.0	4.6	1.7	17.90	0.5	12.2	28.6	19.6	36.2	70.7	12.06	4.7	
	6	F	1	13.6	18.5	15.7	50.9	82.1	5.1	2.6	7.60	7.4	16.4	27.5	20.0	80.2	94.5	2.28	0.8
		2	16.2	19.2	17.6	38.3	70.8	3.7	2.1	14.33	4.0	21.4	28.3	25.8	73.1	79.2	4.41	3.0	
		평균		13.5	23.2	18.0	44.2	74.0	4.7	1.8	14.83		15.5	28.5	20.9	57.0	80.6	8.65	2.9

표 3-2. 시설재배 상추의 생육 개요(1997년)

날짜	엽면적(cm ² /주)		생체중(g/주)	
	토양재배	NFT	토양재배	NFT
5월 2일	52.7	51.2	1.4	1.3
5월 8일	221.7	316.7	7.4	10.9
5월 17일	625.6	1315.6	21.9	46.6
5월 26일	1494.7	1903.3	62.8	87.5

표 3-3. 시설재배 오이의 생육 개요(1997년)

날짜	잎수(주당)			초장(cm)			엽면적(cm ² /주)			수량(g/주)		
	S	R	P	S	R	P	S	R	P	S	R	P
5/2	4	4	4	17	20	21	199.8	238.0	605.5	-	-	-
5/8	4	4	6	27	37	50	271.0	425.0	892.5	-	-	-
5/15	4	6	7	36	55	76	308.3	891.5	1258.4	-	-	-
5/22	6	10	11	53	95	125	621.3	2233.3	3228.9	-	-	-
5/29	11	15	15	85	140	170	1672.0	4589.8	4952.7	-	63.7	79.7
6/5	12	20	20	105	170	175	2778.0	6784.2	6983.8	-	439.8	502.9
6/14	17	30	34	127	177	186	3838.8	10176.	11871.	35.3	1202.0	1324.3
6/20	23	-	-	146	-	-	5531.0	-	-	436.0	-	-
6/27	29	-	-	170	-	-	7828.2	-	-	860.7	-	-

주) S ; 토경재배, R ; 락울재배, P ; 펠라이트재배

엽면적 625.6cm², 생체중 21.9g이었으며, NFT재배구에서는 엽면적 1315.6cm², 생체중 46.6g으로서 NFT재배구의 생육이 토양재배에 비하여 2배이상 크게 나타났다. 오이의 경우 5월 30일부터 6월 4일사이에 20번째 마디에서 순지르기를 하였으며, 정식후 50일째인 6월 14일의 생육상황을 비교해 보면 잎수는 토양재배 17장, 락울경 30장, 펠라이트경 34장, 초장은 토양재배 127cm, 락울경 177cm, 펠라이트

경 186cm로서 펠라이트 재배의 생육이 가장 좋았으며 락울경은 펠라이트경보다 약간 작지만 거의 비슷한 생육을 보였으나 토양재배의 생육은 상당히 떨어지는 것으로 나타났다. 수확은 토양재배 6월 8일, 락울경 5월 29일, 펠라이트경 5월 28일부터 시작되었다. 수량도 생육과 거의 비슷한 경향을 보였으며 최초 수확일로부터 약 20일간에 걸친 총수량은 토양재배 860.7g, 락울경 1202.0g, 펠라이트경 1324.3g으로 조사되었다.

2차실험에서는 97년 10월말부터 외기온이 5°C 이하로 급강하 하였으나 난방을 실시하지 못한 관계로 생육이 불량하여 2차시험의 후반부 데이터는 증발산량 자료 분석시에 제외시켰다.

3차실험의 생육특성은 1차실험과 비슷하였으며, 증발산량과 가장 밀접한 관련이 있는 엽면적을 중심으로 시설재배 상추 및 오이의 재배방식별 생육특성을 종합해 보면 그림 3-8 및 그림 3-9와 같다. 수확하기 전에는 성장기로서 생장곡선이 정식후 일수의 제곱에 비례하는 것으로 나타났으며, 수확 기간중에는 엽면적 등이 일정범위내에 분포하는 것으로 나타났다.

상추는 잎의 길이 20cm 전후에 수확을 하였으며 토양재배는 정식후 25~30일부터 수확이 시작되었고, 수확기간의 LAI(엽면적 지수, leaf area index)는 2.0~3.0 (주당 엽면적 800~900cm²)의 범위였다. 수경재배는 정식후 20일경부터 수확이 시작되었으며 LAI는 3.0~4.0 (주당 엽면적 800~900cm²)의 범위를 보였다.

오이는 과중 170~180g, 과장 20~22cm정도에 수확을 하였으며 토양재배는 정식후 40~45일부터 수확이 시작되었고, 평균과중 171.3g, LAI 2.5~4.5, 초장 150~170cm의 범위를 보였다. 양액재배의 경우에는 정식후 35~40일부터 수확이 시작되었고, 평균과중

179.7g, LAI 3.5~5.0, 초장 170~190cm의 범위로 나타났다.

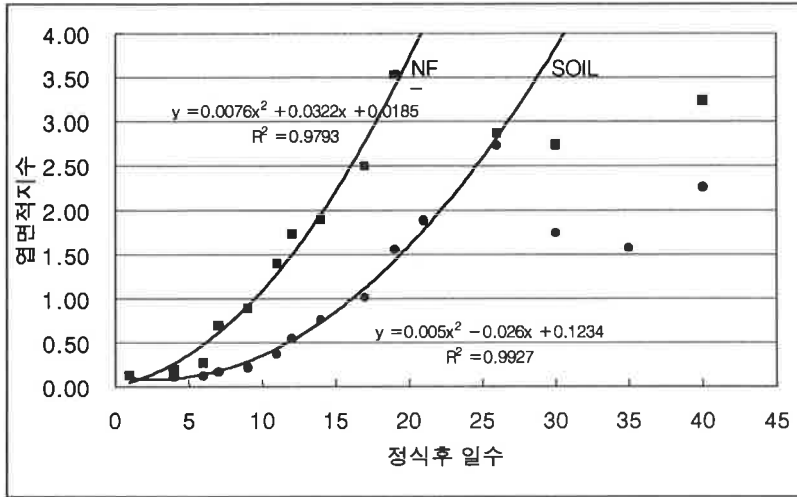


그림 3-8. 상추의 재배방식별 생육특성

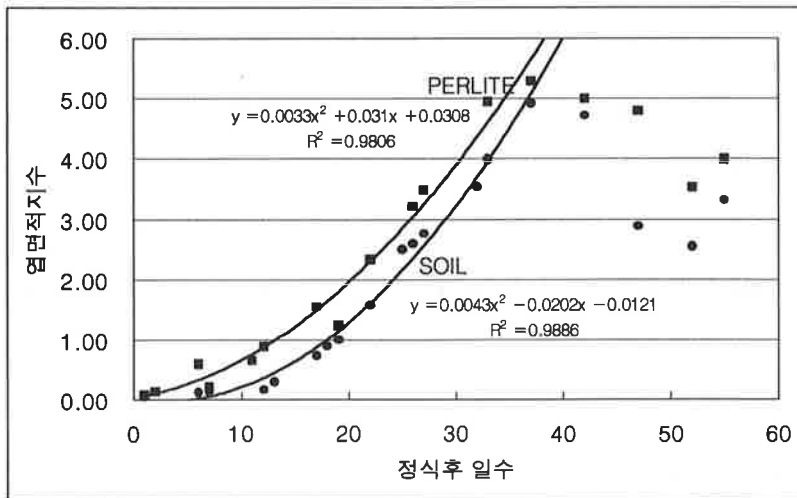


그림 3-9. 오이의 재배방식별 생육특성

4. 재배방식별 증발산량

상추와 오이의 재배방식별 증발산량을 생육시기에 따라 정리하면 표 3-4 및 그림 3-10, 그림 3-11과 같다. 상추의 경우 생육초기에는 토양면 증발량의 영향으로 토양재배의 증발산량이 NFT재배구에 비하여 월등히 크게 나타나고 있다. 그러나 생육기간이 경과함에 따라 NFT재배구의 생육이 토양재배에 비하여 훨씬 빠르기 때문에 증발산량도 오히려 NFT재배구쪽이 큰 것으로 나타나고 있다.

오이의 경우에도 토양재배와 양액재배의 증발산량 차이는 상추의 경우와 비슷한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 생육초기에는 토양재배의 주당 1일 증발산량이 0.14~0.49 l로 락울경 0.04~0.1 l, 펄라이트경 0.01~0.14 l에 비하여 훨씬 많았다. 그러나 일정기간이 경과한 후부터는 성장속도의 차이로 인하여 토양재배의 증발산량이 1일 주당 0.68~1.56 l로 락울경 0.73~1.79 l와 펄라이트경 0.81~1.85 l에 비하여 약간 적게 나타났다.

상추의 정식후 30일동안 1주당 총 증발산량은 토양재배 2.75~2.88 l, NFT 1.68 ~2.01 l로써 토양재배쪽이 조금 많은 것으로 나타났으며, 오이의 정식후 50일동안 주당 총 증발산량은 토양재배 29.2~35.6 l, 락울경 약 31.1 l, 펄라이트경 32.4~39.8 l로써 재배 방식별로 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

그러나 재배 방식별로 정식후의 성장속도와 수확 개시점이 다르기 때문에 일정기간 동안의 증발산량 값을 직접 비교하는 것은 곤란하다. 수확기간 동안의 1일 평균 증발산량은 상추의 경우 토양재배 98.6ml/주, NFT 90.6 ml/주로 나타났으며, 오이의 경우는 토양재배 1.38 l/주, 락울경 1.21 l/주, 펄라이트경 1.28 l/주로 나타나 토양재

배쪽이 양액재배에 비하여 많은 물을 소비하는 것을 알 수 있었다.

표 3-4. 시설재배 상추 및 오이의 재배방식별 증발산량

기간				상추(ml/주/일)		오이(l/주/일)		
				토양재배	수경재배	토양재배	펄라이트	락울재배
'97	4월	하순	2	87.5	14.0	0.35	0.01	0.04
			1	125.0	15.0	0.49	0.14	0.10
	5월	상순	2	60.0	31.8	0.17	0.09	0.10
			1	35.0	34.9	0.14	0.11	0.09
		중순	2	138.3	157.2	0.41	0.44	0.34
			1	130.5	150.0	0.45	0.57	0.47
	6월	하순	2			0.68	0.81	0.73
			1			0.69	0.89	0.88
		상순	2			0.73	1.48	1.26
			1			1.56	1.85	1.79
		중순	2			1.37		
			1			1.60		
	하순	2			0.67			
		1						
'97	10월	상순	2	87.5	39.2	0.24	0.08	
			1	63.3	71.7	0.26	0.09	
		중순	2	73.3	99.4	0.28	0.13	
			1	75.0	86.7	0.21	0.15	
	11월	하순	2	47.2	85.9	0.14	0.11	
			1	36.7	87.6	0.13	0.20	
		상순	2	33.3	103.9	0.18	0.18	
			1			0.08	0.25	
중순	2			0.10	0.28			
	1							
'98	4월	중순	1	59.6	14.9			
			2	80.0	21.5	0.40	0.01	
		하순	1	60.0	37.1	0.27	0.06	
			2	115.0	70.9	0.47	0.17	
	5월	상순	1	103.4	66.2	0.49	0.28	
			2	101.7	77.9	0.43	0.42	
		중순	1	98.4	74.8	0.37	0.60	
			2	113.4	69.5	0.81	0.97	
		하순	1	139.6	131.5	1.07	2.20	
			2			1.33	1.53	
	6월	상순	1			0.49	0.44	
			2			1.63	1.61	

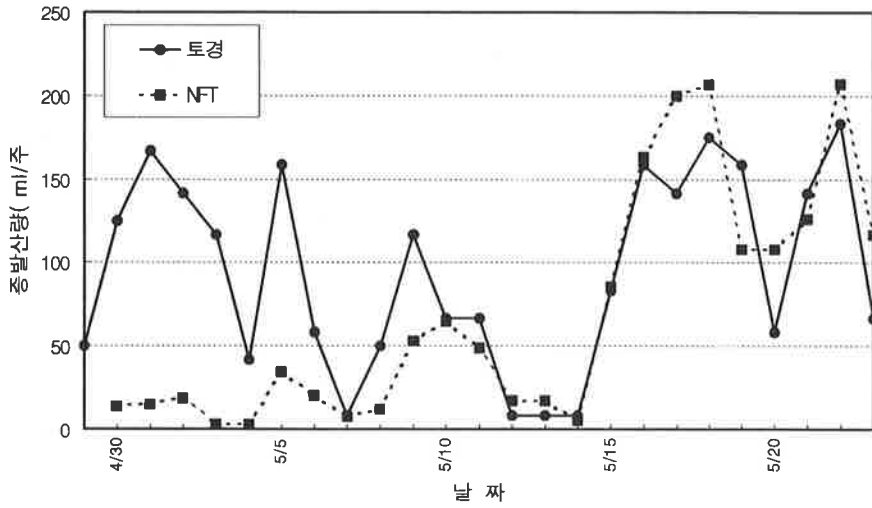


그림 3-10. 상추의 재배방식별 증발산량(1997년)

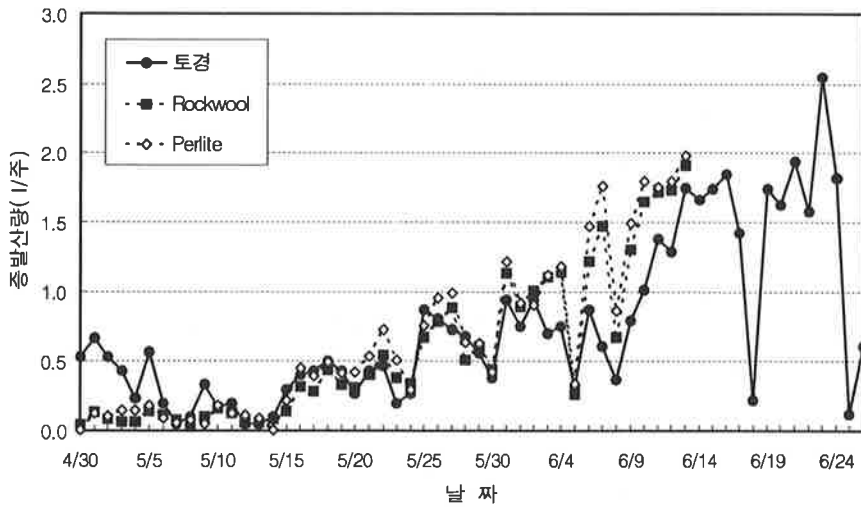


그림 3-11. 오이의 재배방식별 증발산량(1997년)

표 3-5. 시설재배 상추 및 오이의 재배방식별 증발산비

기간				상추		오이			
				토양재배	수경재배	토양재배	펄라이트	락울재배	
'97	4월	하순	2	1.19	0.24	1.01	0.03	0.14	
			1	1.16	0.27	0.87	0.46	0.30	
	5월	상순	2	0.68	0.73	0.45	0.51	0.51	
			1	0.85	1.99	0.85	1.25	1.10	
		중순	2	0.98	2.57	0.69	0.35	1.04	
			1	0.89	2.41	0.60	1.47	1.20	
		하순	2			1.89	3.61	3.21	
			1			2.06	4.23	3.85	
	6월	상순	2			1.44	4.93	4.13	
			1			1.87	3.31	3.21	
		중순	2			1.81			
			1			2.67			
		하순	2			2.19			
			1						
	'97	10월	상순	2	0.99	0.98	0.65	0.36	
				1	0.75	1.88	0.74	0.43	
중순			2	1.02	3.04	0.93	0.72		
			1	0.94	2.38	0.63	0.75		
11월		상순	2	1.07	4.29	0.76	1.00		
			1	0.71	3.71	0.60	1.54		
		중순	2	0.69	4.76	0.90	1.50		
			1			0.53	2.78		
2			0.50	2.33					
'98	4월	중순	1	0.52	0.27				
			2	0.57	0.34	0.69	0.03		
		하순	1	0.88	1.20	0.95	0.35		
			2	0.78	1.05	0.76	0.46		
	5월	상순	1	0.96	1.35	1.09	1.04		
			2	1.02	1.71	1.03	1.68		
		중순	1	0.95	1.58	0.85	2.31		
			2	1.01	1.37	1.74	3.46		
		하순	1	0.87	1.81	1.61	5.50		
			2			1.70	3.26		
	6월	상순	1			3.67	5.50		
			2			3.26	5.37		

작물의 증발산량은 증발계 증발량과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있으며, 증발계 증발량으로부터 증발산량을 추정하고자 하는 시도가 많이 이루어진바 있다. 본 연구에서는 부피단위로 측정된 증발산량을 재식 면적으로 나누어 감수심 단위로 환산한 증발산량(mm)을 사용하여 증발계 증발량과의 비를 구하였으며 그 결과는 표 3-5와 같다.

97년 가을재배는 분석에서 제외시켰다. 상추의 증발산비는 토양재배에서 0.62~1.19(평균 0.89, 표준편차 0.17), NFT재배에서 0.24~2.57(평균 1.26, 표준편차 0.75)로 나타났으며, 토양재배에서는 생육단계별로 큰 차이가 없었으나 양액재배에서는 생육단계에 따라 크게 증가하는 것으로 나타났다.

오이의 증발산비는 토양재배에서 0.45~3.67(평균 1.49, 표준편차 0.83), 펄라이트 양액재배에서 0.03~5.50(평균 2.34, 표준편차 1.92)으로 나타났다. 증발산비는 오이의 생육과 더불어 증가하고 생육단계에 따른 증발산비의 증가는 양액재배가 토양재배에 비하여 현저하게 큰 것으로 나타났으며, 평균 증발산비는 양액재배의 경우가 토양재배에 비하여 57%정도 크게 나타나고 있다.

증발산비의 변이계수가 상추의 토양재배에서는 19%, 오이 토양재배 56%로서 상추 수경재배 60%, 오이 양액재배 82%에 비하여 작게 나타나고 있다. 즉, 양액재배에서 증발산비의 변이가 훨씬 큰 것을 알 수 있는데, 이는 양액재배의 경우 증발량은 거의 없고 증산량이 대부분을 차지하기 때문으로 판단된다. 따라서 증발산비를 이용하여 증발산량을 추정하는 방법은 토양재배에서 더 적합하며, 양액재배에서는 생육단계별 차이를 고려해야 할 것으로 생각된다.

제3절 시설재배 작물의 증발산량 추정모델 개발

1. 양액재배 농가 실태조사

급액제어모델 개발의 방향설정을 위하여 국내 양액재배 농가를 대상으로 급액제어 실태와 개발방향에 대한 의견 및 개선방향을 조사하였다.

조사항목은 재배방식, 재배작목, 양액이용방식, 온실면적 대비 배드면적비, 급액제어방식, 타이머 제어시 배지경의 급액횟수, 계측제어시 계측항목, 급액제어에 관한 특기사항 및 개선방향 등이다.

가. 재배 방식

총 조사 대상 농가수는 52농가였으며 그 중 수경이 6농가(11.5%), 배지경이 46농가(88.5%)였다. 그림 3-12와 같이 수경재배 농가 중에는 NFT가 4농가(66.7%), DFT가 2농가(33.3%)였으며, 배지경은 펠라이트가 35농가(76.1%), 락울이 11농가(23.9%)였다.

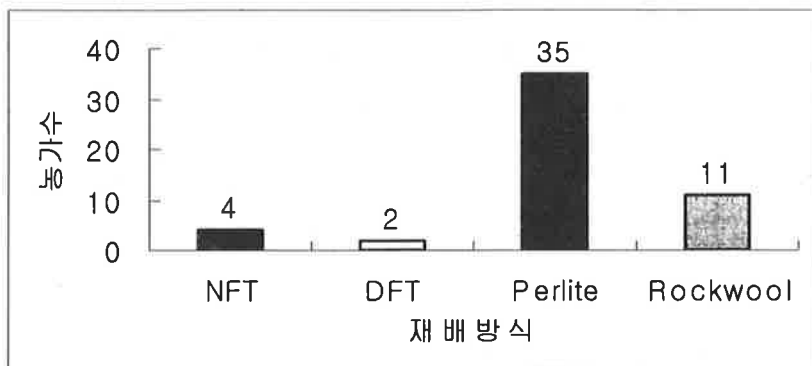


그림 3-12. 양액재배 방식별 농가수

나. 재배 작목

수경 재배 농가에서는 대부분이 상추, 치커리, 케일 등의 엽채류를 재배하고 있었고, 배지경 재배 농가에서는 오이(21농가), 토마토(11농가), 장미(8농가), 방울토마토(6농가), 고추(2농가), 호박(2농가), 멜론(1농가) 등의 과채류를 재배하고 있었다.

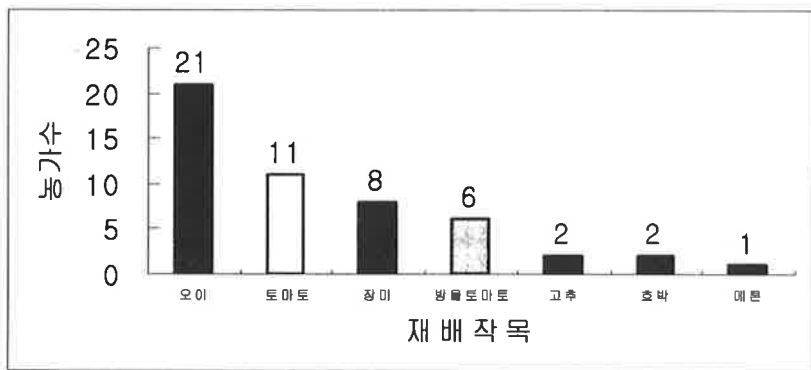


그림 3-13. 양액재배 농가의 재배작목별 분포

다. 양액 이용 방식

양액이용방식은 수경재배의 경우 모두 순환식이었으며, 배지경에서는 순환식이 11농가(23.9%), 내리흘림식이 35농가(76.1%)로 조사되었다. 내리흘림식중 6농가는 집수해서 토양 액비로 재활용하고 있었으나 나머지는 하천이나 논밭으로 방류하므로 양액이 낭비될 뿐만 아니라 수질오염문제도 야기할 수 있을 것으로 판단되었다(그림 3-14).

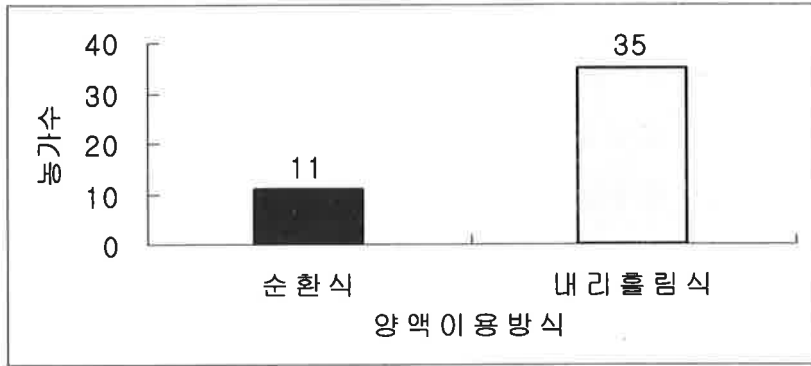


그림 3-14. 양액재배 농가의 양액 이용 방식별 분포

라. 온실면적 대비 베드면적비

재식밀도로부터 정식된 작물의 주수를 구하기 위해서 필요한 온실 면적에 대한 베드의 면적비는 수경재배에서 50~60%로 평균 54%를 차지하고 있었으며, 배지경의 경우 19~40%로 평균 25%를 차지하고 있었다.

마. 급액 제어 실태

급액제어 실태는 표 3-6과 같이 대부분의 농가가 타이머 제어를 이용하고 있었으며 일부 농가만이 계측제어방식을 사용하고 있었다. 배지경에서 타이머제어시 1일 급액횟수는 10회미만이 8농가(17.4%), 10~15회가 33농가(71.7%), 15회이상인 5농가(10.9%)로 조사되었으며, 대체로 생육단계(육묘기, 생육초기, 성장기, 수확기) 및 계절별로 급액횟수를 달리하고, 일정량을 시간대별로 세팅하여 급액하는 것으로 나타났다(그림 3-15). 야간의 급액실태는 그림 3-16과 같이 1회만 급액하는 경우가 8농가(17.5%), 2회급액이 2농가(4.3%), 3회이상인 2농가(4.3%)였으며, 급액하지 않는 농가가 34농가(73.9%)로 대부분을 차지하였다. 계측제어시 계측항목으로는 일사량 계측이 7농가

(87.5%), 배지내 수분 계측이 1농가(12.5%)로 나타났다(그림 3-17).

표 3-6. 양액재배 농가의 급액제어 실태

단위 ; 농가수(%)

제어방법	수 경	배지경	계
수 동	1(16.7)	2(4.3)	3(5.8)
타이머	5(83.3)	36(78.3)	41(78.8)
계 측	0(0.0)	8(17.4)	8(15.4)
계	6(100)	46(100)	52(100)

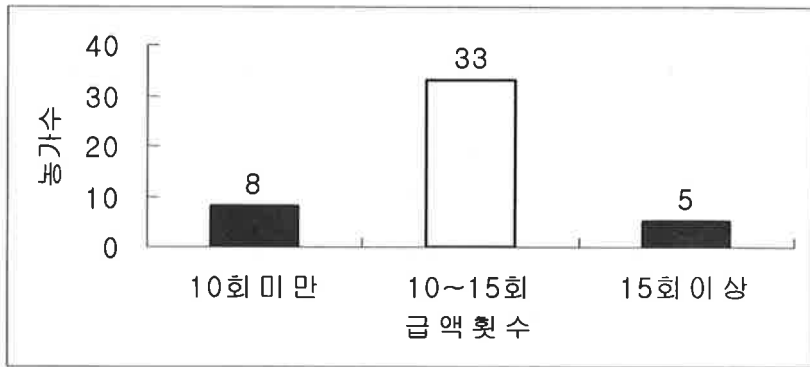


그림 3-15. 양액재배(배지경) 농가의 1일 급액 횟수(주간)

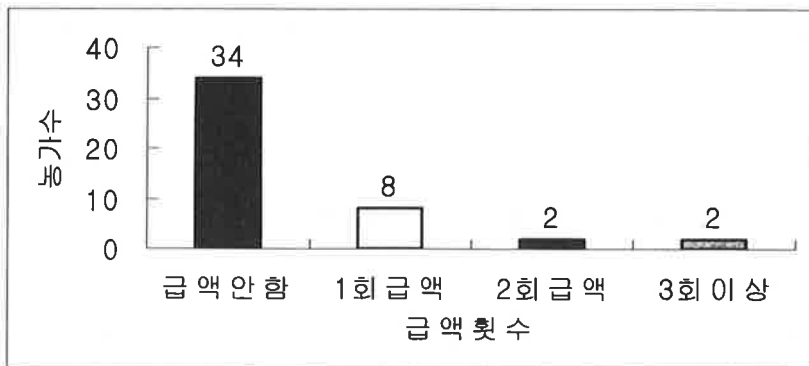


그림 3-16. 양액재배(배지경) 농가의 1일 급액 횟수(야간)

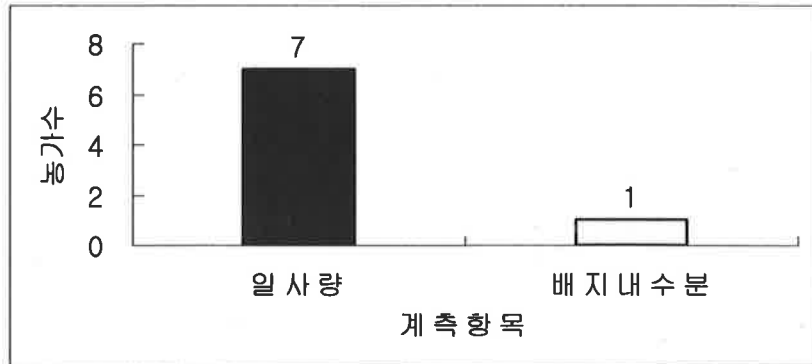


그림 3-17. 배양액 공급의 계측제어시 계측항목

바. 급액 제어에 관한 희망사항

급액제어에 관한 특기사항 및 희망사항을 조사해 본 결과, 기능이 복잡하고 정밀하면서 가격이 비싼 것 보다는 단순하고 경제적이며 사용이 편리하고 고장이 적은 것을 원하고 있었다. 따라서 가격이 비싼 계측제어시스템에 대하여 관행의 타이머제어로 충분하다고 생각하고 있으나 날씨가 흐린날은 낭비되는 양액이 너무 많으므로 타이머제어와 병행하여 3~4단계의 일사제어가 가능한 값싼 센서와 제어기의 개발이 요구되었다. 한편 급액시스템에 있어서 시간 경과에 따라 정량펌프의 균일성이 저하되어 문제가 있으므로 대책이 필요한 것으로 지적되었다.

2. 증발산량과 환경요인과의 상관관계

3차에 걸쳐 이루어진 증발산량 측정 실험의 결과를 이용하여 증발산량과 시설 내의 환경요인과의 상관관계를 분석하였다. 여기서 육묘기는 제외하였으며 생육기간을 수확하기 전과 수확기간으로 구분

하여 분석하였다. 생육상태를 검토해본 결과 수확기간 중에는 엽면적 등이 일정범위내에 분포하였으나, 수확하기 전에는 성장기로서 성장곡선이 정식후 일수의 제곱에 비례하는 것으로 나타나 정식후 일수를 고려하였다.

증발산량과 시설환경 요인과의 관계를 알아보기 위하여 각종 환경요인과 증발산량 사이의 상관계수를 구해본 결과 표 3-7과 같았다. 상추의 증발산량과 평균기온 사이에만 유의성이 없었으며 나머지 환경요인과 증발산량 사이에는 고도로 유의한($\alpha = 0.01$) 상관관계를 보였다.

보통 시설의 기상요소는 증발산량에 비하여 측정이 용이하고 대부분 측정이 권장되고 있으므로 증발산량과 시설환경 요인과의 관계가 정량적으로 밝혀지면 수분소비량의 추정은 간단해질 수 있을 것이다. 본 실험에 의하면 시설환경 요인으로부터 증발산량을 추정할 수 있는 모델의 개발이 가능할 것으로 판단되며, 추후 다른 작물을 포함하여 시설재배 작물에 대한 증발산량 측정의 반복실험을 통한 데이터의 축적이 요망된다.

표 3-7. 증발산량과 시설환경요인과의 상관관계

구 분		일사량	평균기온	최소습도	증발계증발량	
상 추	토양재배	수확전	0.855**	0.233 ^{ns}	0.530**	0.792**
		수확기	0.912**	0.486**	0.864**	0.960**
	수경재배	수확전	0.808**	0.613**	0.707**	0.708**
		수확기	0.816**	0.188 ^{ns}	0.805**	0.723**
오 이	토양재배	수확전	0.802**	0.676**	0.714**	0.792**
		수확기	0.768**	0.453**	0.499**	0.716**
	양액재배	수확전	0.817**	0.779**	0.771**	0.846**
		수확기	0.780**	0.418**	0.777**	0.817**
평 균		0.820	0.481	0.708	0.794	

주) ** ; 유의성 있음($p < 0.01$), ns ; 유의성 없음(non-significant)

3. 증발산량 추정모델 개발

증발산량 측정 실험 및 상관관계 분석결과를 토대로 고도의 상관관계가 있는 시설 내의 환경요인으로부터 시설재배 상추 및 오이의 생육단계별 시설환경에 따른 증발산량 추정식을 개발하였다.

가. 모델 개발의 검토사항

보다 합리적인 모델을 개발하기 위하여 고려해야 할 사항들을 검토하였다. 먼저 증발산량과 환경요인과의 상관관계 분석결과를 보면 일사량이 가장 높은 상관계수를 보이는 것으로 나타났다. 관수 및 급액제어 시스템에 대한 농민들의 희망사항을 검토해 보면 기능이 복잡하고 정밀하면서 가격이 비싼것 보다는 경제적인 것을 원하고 있으며, 단순하고 사용이 편리하며 고장이 적은 것을 원하는 것으로 나타났다. 또한 타임제어와 병행하여 3~4단계의 적응제어가 가능한 값싼 센서와 제어기의 개발을 희망하는 것으로 나타나고 있다.

따라서 실용적인 측면에서 간편성이 무엇보다 중요하므로 단요인으로 가장 상관이 높은 일사량을 증발산량 추정모델에 우선적으로 고려하였고, 생육단계를 수확전과 수확기로 나누어, 수확전에는 생장이 급속도로 진행되므로 정식후 일수를 고려하여 다음형태의 회귀모델을 구하였다.

$$\text{수확전; } ET = aR + bD^2 + c \quad (3-1)$$

$$\text{수확기; } ET = aR + b \quad (3-2)$$

여기서, ET ; 증발산량(ml/주/일)

R ; 실내일사량(MJ/m²/day)

D ; 정식후일수(days after planting)

a, b, c ; 회귀계수

나. 증발산량 추정모델

시설재배 상추 및 오이의 증발산량 추정 모델은 다음과 같고, 각 모델의 상관계수 및 RMS(root mean square)오차는 표 3-8과 같다. 또한 각 모델들은 그림 3-18부터 그림 3-21까지에서 보는바와 같이 실측치와 추정치가 잘 일치하는 것으로 나타났다.

1) 상추 토양재배

토양재배 상추의 증발산량 추정 모델은 식(3-3) 및 식(3-4)와 같고, 그림 3-18에 실측치와 추정치를 비교하여 나타내었다.

$$\text{수확전 ; } ET=8.518R+0.028D^2+0.68 \quad (3-3)$$

$$\text{수확기; } ET=12.249R-19.44 \quad (3-4)$$

2) 상추 수경재배

수경재배 상추의 증발산량 추정 모델은 식(3-5) 및 식(3-6)과 같고, 그림 3-19에 실측치와 추정치를 비교하여 나타내었다.

$$\text{수확전 ; } ET=2.363R+0.201D^2-14.62 \quad (3-5)$$

$$\text{수확기; } ET=8.821R-1.77 \quad (3-6)$$

표 3-8. 증발산량 추정 모델의 상관계수 및 오차

구 분			상관계수 (r)	RMS오차 (ml/주/일)	유의성 (Prob>F)
상 추	토양재배	수확전	0.855	21.3	7.78E-14
		수확기	0.912	25.1	4.31E-15
	수경재배	수확전	0.808	11.1	8.81E-06
		수확기	0.816	31.5	7.87E-10
오 이	토양재배	수확전	0.802	183.0	8.64E-22
		수확기	0.768	357.3	1.18E-07
	양액재배	수확전	0.817	119.2	2.97E-17
		수확기	0.780	368.4	4.22E-10

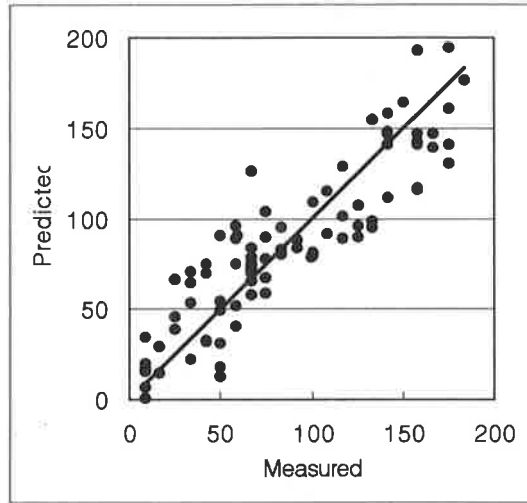


그림 3-18. 토양재배 상추의 증발산량 실측치 및 추정치

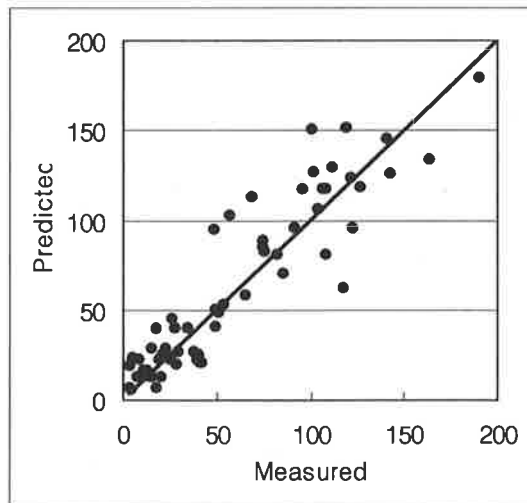


그림 3-19. 수경재배 상추의 증발산량 실측치 및 추정치

3) 오이 토양재배

토양재배 오이의 증발산량 추정 모델은 식(3-7) 및 식(3-8)과 같고, 그림 3-20에 실측치와 추정치를 비교하여 나타내었다.

$$\text{수확전; } ET=34.989R+0.283D^2-45.22 \quad (3-7)$$

$$\text{수확기; } ET=81.843R+467.82 \quad (3-8)$$

4) 오이 양액재배

양액재배 오이의 증발산량 추정 모델은 식(3-9) 및 식(3-10)과 같고, 그림 3-21에 실측치와 추정치를 비교하여 나타내었다.

$$\text{수확전 ; } ET=20.592R+0.538D^2-87.43 \quad (3-9)$$

$$\text{수확기; } ET=95.093R+252.32 \quad (3-10)$$

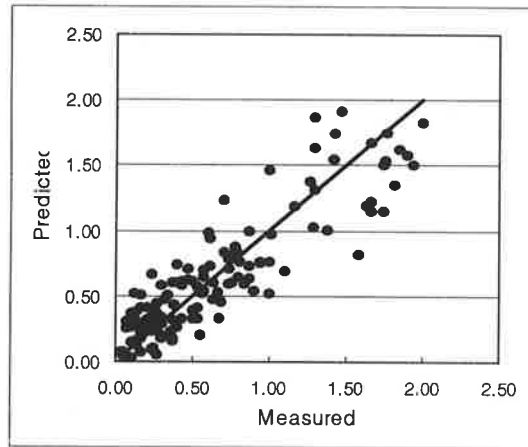


그림 3-20. 토양재배 오이의 증발산량 실측치 및 추정치

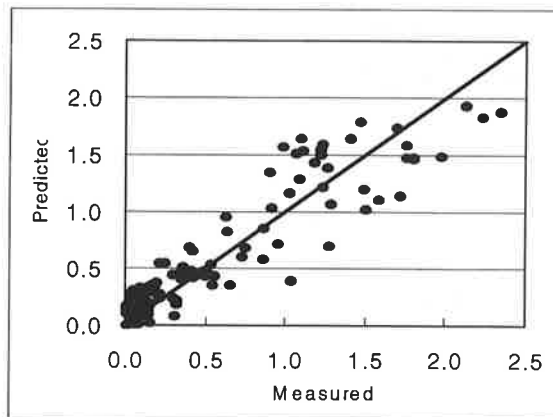


그림 3-21. 양액재배 오이의 증발산량 실측치 및 추정치

다. 증발산량과 일사량과의 관계

증발산량은 기상조건, 토양환경, 재배방법 및 엽면적, 초장, 잎표면의 요철 등과 같은 작물 특성에 따라 변하는데, 그 중에서도 기상조건에 따른 영향이 가장 크다. 기상 조건들은 단일 요소의 작용보다는 복합 요소의 상호작용에 의하여 증발산량에 영향을 미친다. 증발산량과 밀접한 관계가 있는 기상 요인으로는 일사량, 기온, 습도 및 풍속 등이 있는데, 특히 일사량은 증발산량에 큰 영향을 미치고 있다.

시설재배 상추 및 오이의 수확기간중 증발산량과 일사량과의 관계를 그림 3-22부터 그림 3-25에 나타내었다. 증발산량은 일사량과 거의 직선적인 관계를 이루고 있는 것을 알 수 있다. 따라서, 일사량은 증발산량의 추정뿐만 아니라 배양액의 공급량과 급액시간을 제어하는 데에도 유용하게 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

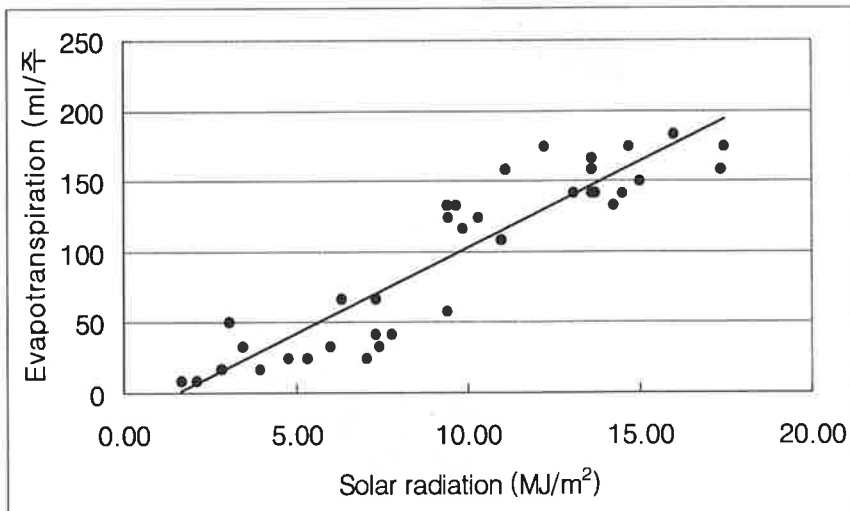


그림 3-22. 토양재배 상추의 증발산량과 일사량의 관계

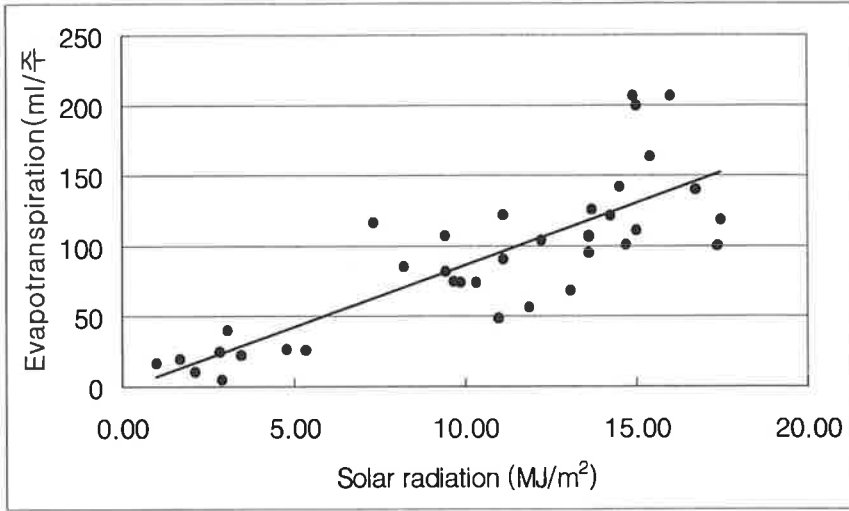


그림 3-23. 수경재배 상추의 증발산량과 일사량의 관계

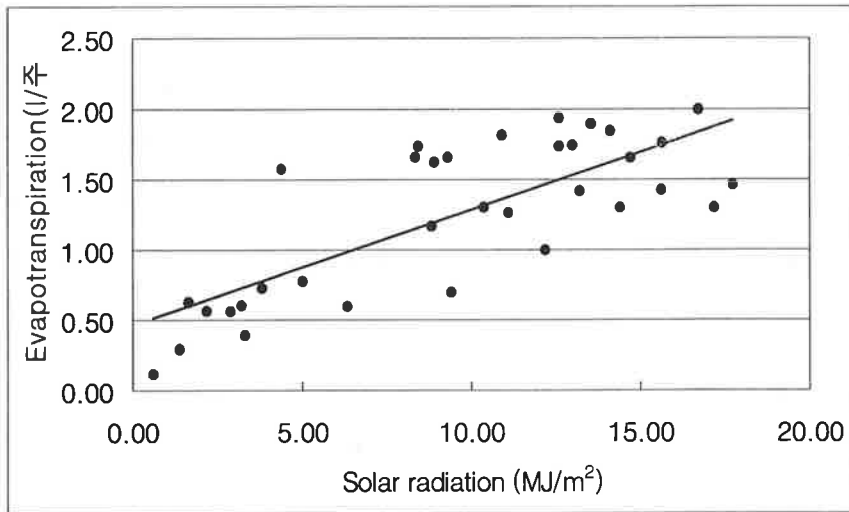


그림 3-24. 토양재배 오이의 증발산량과 일사량의 관계

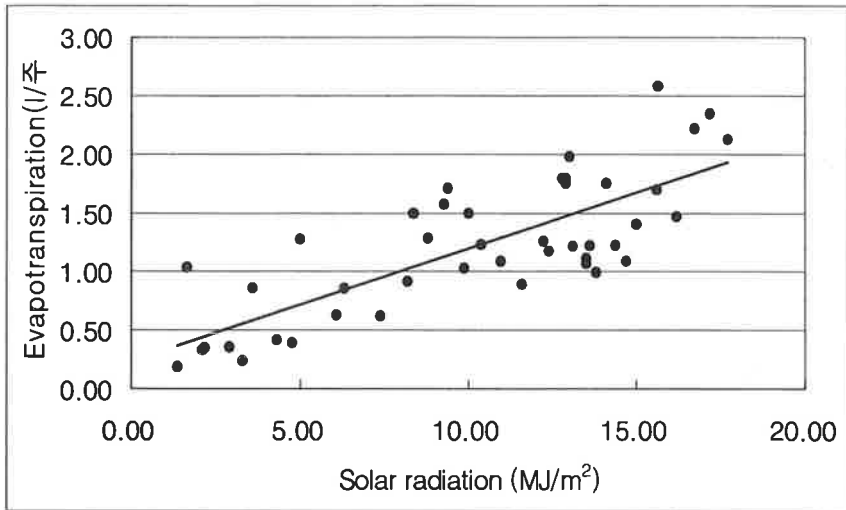


그림 3-25. 양액재배 오이의 증발산량과 일사량의 관계

4. 양액재배 급액제어 모델 개발

급액 제어에 관한 실태조사와 양액재배 오이의 증발산량 측정실험 결과를 이용하여 급액제어 모델을 구성하였다. 급액 제어의 기본은 타이머 제어로 하였으며, 계절별로 기준 급액 모델을 구축하고 일사량과 생육단계별로 가중치를 구하여 급액량을 조절하도록 하였다.

가. 계절별 기준 급액 모델

계절별 기준 급액 모델은 일사량의 월별 변화(그림 3-26)와 계절별 청명일사량의 시간적 변화(그림 3-27, 복위 37도)를 기초로 하여 구축하였다.

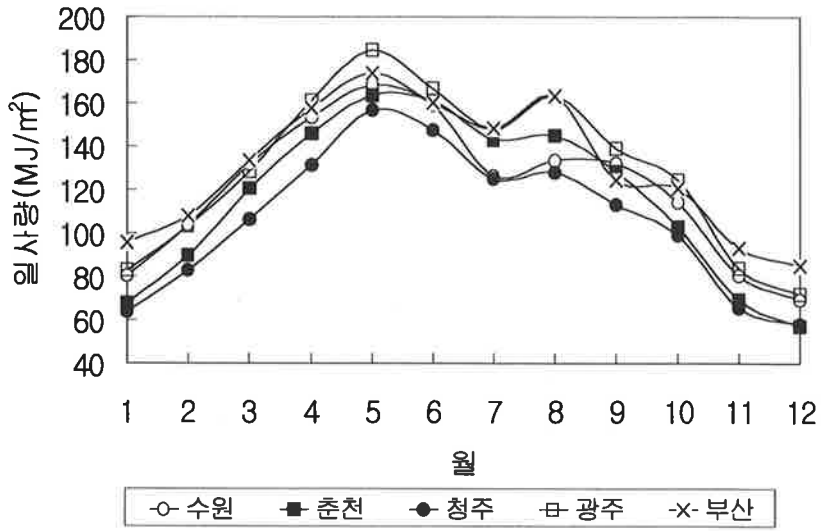


그림 3-26. 지역별 수평면 일사량의 월별 변화

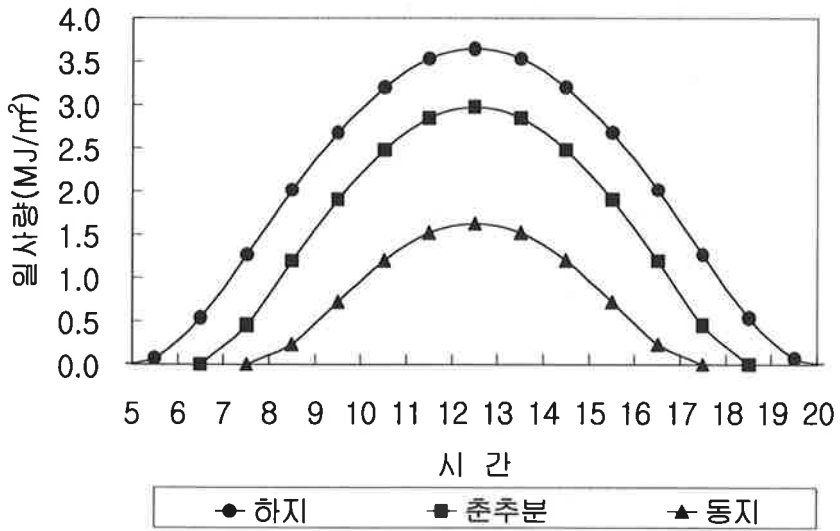


그림 3-27. 계절별 청명일사량 시간적 변화(위도 37°)

일사량의 월별 변화는 수원, 춘천, 청주, 광주, 부산지방의 일사량 관측자료의 평년값을 이용하였으며, 그림으로부터 일사량의 다소에 따라 11, 12, 1, 2월을 겨울철로, 3, 4, 9, 10월을 봄가을로, 5, 6, 7, 8월을 여름철로 구분하였다. 계절별 표준 일사량은 태양과 지구의 위치 관계로부터 지표면에 도달되는 전천일사량을 구하는 이론식을 이용하여 계산하였다. 전천일사량은 태양으로부터 직접 지상에 도달하는 직달일사량과 천공에서 산란되어 지상에 도달하는 산란일사량을 합한 것으로 다음과 같다.

$$J = J_h + J_d \quad (3-11)$$

여기서, J_h : 수평면의 직달일사량(W/m²)

J_d : 수평면이 받는 산란일사량(W/m²)

수평면의 직달일사량은 다음과 같다.

$$J_h = J_n \sin h \quad (3-12)$$

여기서, J_n : 지상의 법선면 직달일사량(W/m²)

h : 태양의 고도

지상의 법선면 직달일사량은 Bouguer의 식으로부터 구할 수 있다.

$$J_n = J_0 P^{\text{cosec} h} \quad (3-13)$$

여기서, J_0 : 대기권 밖의 법선면 일사량(W/m²)

P : 대기 투과율(0.7 사용)

대기권 밖의 법선면 일사량은 Lunde의 경험적인 근사식을 이용하여 다음과 같이 구한다.

$$J_0 = J_{sc} \left[1 + 0.033 \cos\left(-\frac{360X}{370}\right) \right] \quad (3-14)$$

여기서, J_{sc} : 태양상수(1353 W/m²)

X : 1월 0일로부터의 일수(Julian day)

맑은 날의 산란일사량은 Berlage의 식으로부터 다음과 같다.

$$J_d = \frac{1}{2} J_0 \sinh \frac{1 - P^{\csc h}}{1 - 1.4 \ln P} \quad (3-15)$$

태양의 고도 h 는 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\sinh = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \quad (3-16)$$

여기서, φ : 지점의 위도

δ : 태양적위

t : 시간각

시간각이란 그 지역의 남중시를 0° 로 하고, 남중 이후를 정(+)으로 하여 1시간을 15° 로 환산한 값이며, 태양적위는 다음식을 이용하여 구하였다.

$$\delta = 23.45 \sin \left[\left(\frac{X - 80}{370} \right) \times 360 \right] \quad (3-17)$$

계절별 기준 급액량의 계산은 계절별 표준 일사량에 일사투과율을 고려한 실내일사량으로부터 개발된 증발산량 추정식을 이용하여 증발산량을 계산한 후 권장 배액율을 고려하여 일 기준 급액량을 계산하였고, 이를 시간적 변화의 표준 일사량 비율에 따라 시간대별 기준 급액량을 계산하였다. 계절별 표준 일사량 및 기준 급액량은 표 3-9와 같다.

표 3-9. 계절별 표준 일사량(SR, MJ/m²/hr) 및 기준급액량(SN, ℓ/주)

시간	봄·가을			여름			겨울		
	SR	비율	SN	SR	비율	SN	SR	비율	SN
5				0.08	0.00	0.01			
6				0.55	0.02	0.04			
7	0.46	0.02	0.04	1.26	0.04	0.10			
8	1.19	0.06	0.10	2.01	0.07	0.16	0.24	0.03	0.02
9	1.91	0.09	0.16	2.68	0.09	0.21	0.73	0.08	0.07
10	2.48	0.12	0.20	3.20	0.11	0.25	1.20	0.13	0.12
11	2.85	0.14	0.23	3.53	0.12	0.27	1.52	0.17	0.15
12	2.98	0.14	0.24	3.64	0.12	0.28	1.63	0.18	0.16
13	2.85	0.14	0.23	3.53	0.12	0.27	1.52	0.17	0.15
14	2.48	0.12	0.20	3.20	0.11	0.25	1.20	0.13	0.12
15	1.91	0.09	0.16	2.68	0.09	0.21	0.73	0.08	0.07
16	1.19	0.06	0.10	2.01	0.07	0.16	0.24	0.03	0.02
17	0.46	0.02	0.04	1.26	0.04	0.10			
18				0.55	0.02	0.04			
19				0.08	0.00	0.01			
계	20.74	1.00	1.70	30.25	1.00	2.34	8.99	1.00	0.91
적용	3, 4, 9, 10월			5, 6, 7, 8월			11, 12, 1, 2월		
급액횟수	10회			14회			8회		

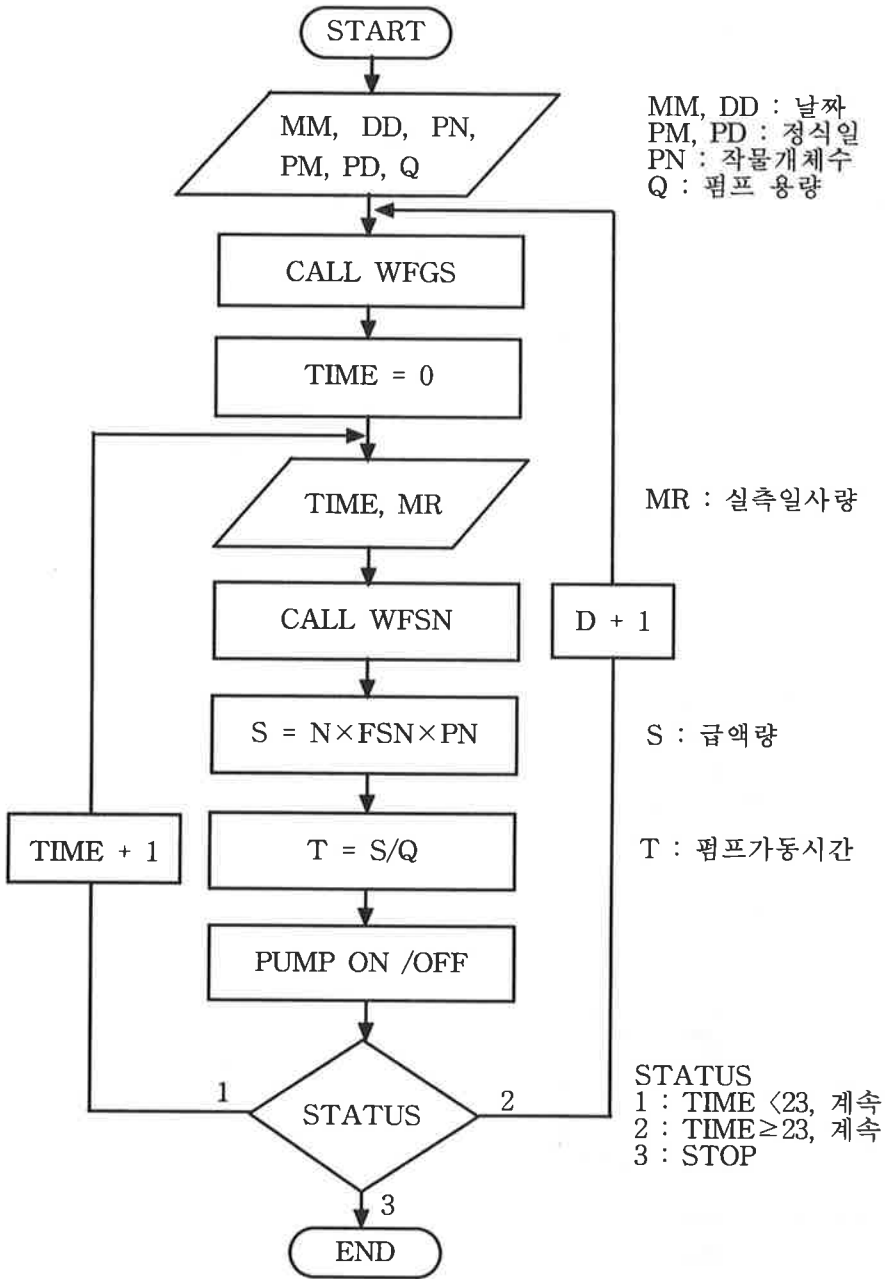


그림 3-28. 양액재배 급액제어 모델의 흐름도

나. 급액제어 모델의 개발

급액제어 모델의 흐름도는 그림 3-28과 같이, 생육단계별 가중치와 계절별 날씨에 따른 가중치를 부프로그램으로부터 넘겨받아 시간대별 급액량을 산정하고, 배양액 펌프 가동시간을 구하여 정해진 시간동안만 펌프를 가동하도록 하였다. 즉, 매시간 배양액을 공급하되 작물의 크기와 날씨에 따라 공급량을 조절하도록 하는 적응 타이머 방식이다.

생육단계별 가중치 부프로그램(그림 3-29)은 정식일과 현재 날짜로부터 정식후 일수를 계산하여 정식후 일수가 15일 이하이면 가중치를 0.25, 16일~24일이면 0.5, 25~30일이면 0.75, 30일 이후부터는

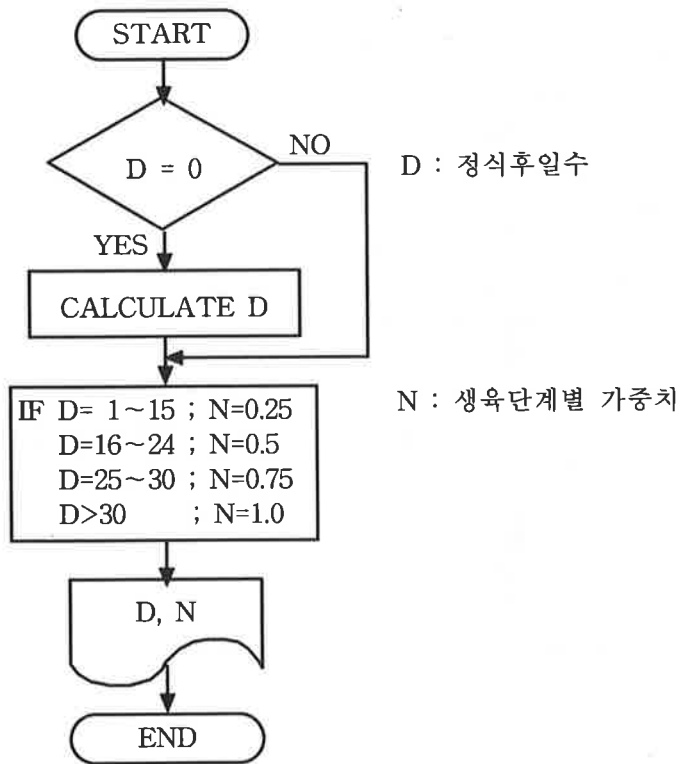


그림 3-29. 생육단계별 가중치 부프로그램(WFSGS)의 흐름도

1.0으로 하여 4단계의 가중치를 부여하도록 하였다. 기준 금액 모델 부프로그램은 그림 3-30과 같이 계절에 따라 기준 일사량 및 기준 금액량을 선택한 후 기준 일사량에 대한 일사량 측정치의 비율이 80% 이상으로 아주 맑은날은 1.0, 50% 이상이면 0.75, 30% 이상이면 0.5, 30% 미만으로 비가 오거나 아주 흐린날은 0.25의 가중치를 부여하도록 하였다.

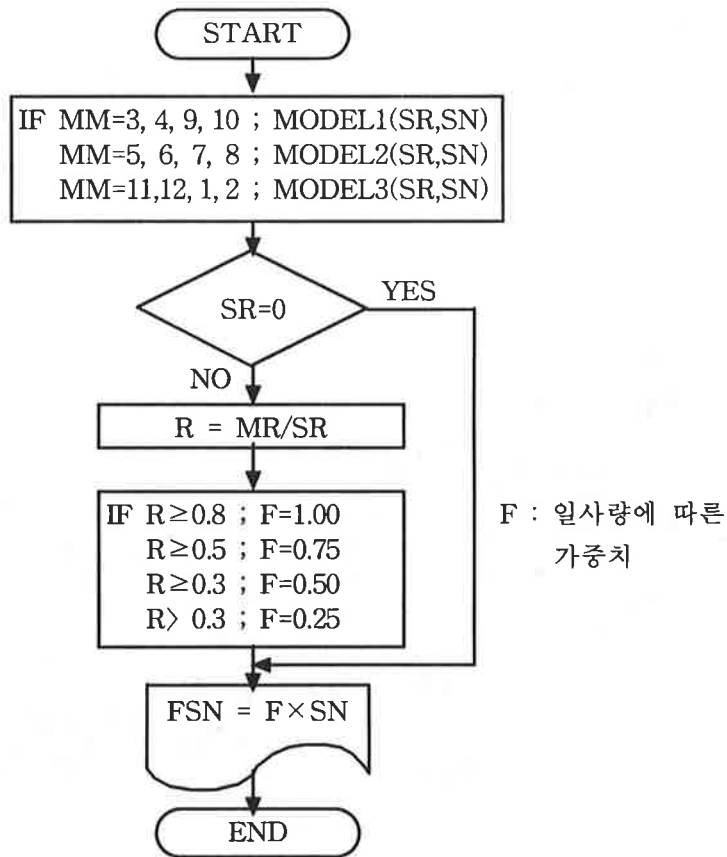


그림 3-30. 기준금액모델 부프로그램(WFSN)의 흐름도

다. 급액제어 모델의 적용성 검토

1) 시뮬레이션에 의한 적용성 검토

양액재배 급액제어 모델의 적용성을 검토하기 위하여 1998년 5월 1일부터 5월 31일까지의 기상자료와 증발산량 실측자료들을 이용하여 배양액의 급액량과 배액량을 모의발생시키는 시뮬레이션 프로그램을 Microsoft Excel 97을 이용하여 작성하였다. 시뮬레이션 결과로부터 본 연구에서 개발된 급액제어 모델에 의한 급액 제어와 관행의 타이머에 의한 급액 제어 및 적산일사량에 의한 급액 제어시의 배액율을 비교하였다.

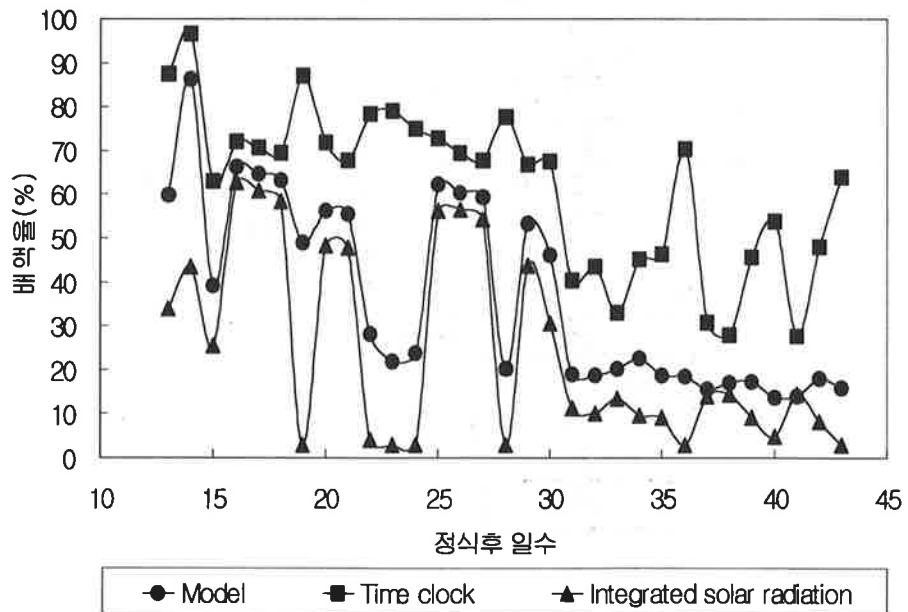


그림 3-31. 시뮬레이션에 의한 급액제어 모델의 적용성 검토

배지경에서 급액량은 작물의 증산에 필요한 수량보다 많게 하여 배액이 되도록 해야한다. 배지로부터의 배액량을 감소시키면 흡수가 느리거나 선택성을 지닌 이온들의 배지내 농도가 높아져 작물의 생육에 해를 끼치게 된다. 반면에 배액량이 너무 많으면 배액처리나 비료구입비 면에서 불리하므로 적정 급배액율을 유지하는 것은 양액 재배에서 매우 중요하다.

그림 3-31에서 보는 바와 같이 본 연구에서 개발된 급액제어 모델에 의한 평균 배액율은 32%로서 적산일사량에 의한 급액 제어의 배액율 20%보다는 다소 많은 결과를 나타내었지만 관행의 타이머에 의한 급액 제어의 배액율 61%에 비하여는 훨씬 작았으며, 수확기의 평균 배액율은 19%로 나타났다. 과채류의 배지경 양액재배시 20~30%가 적정 배액율로 보고되고 있는 것과 비교할 때 적용가능성은 비교적 큰 것으로 판단되었다.

2) 실험에 의한 적용성 검토

본 연구에서 개발된 양액재배 급액제어 모델의 적용성을 검토하기 위하여 실제로 한경대학교 부속농장 실험포장에 위치한 폭 5m, 길이 13m, 높이 3m의 폴리에틸렌 필름 피복의 플라스틱 온실 내에 0.4m × 6m의 베드 2개를 설치하여 실험을 수행하였다. 공시작물, 재배 방식, 양액 처방 등은 앞의 증발산량 실측 실험과 같고, 실험기간은 1999년 5월 1일 ~ 7월 10일에 실시하였다. 각각의 베드는 1/100의 경사를 주어 공급된 양액이 베드 끝에서 흘러나오도록 하였으며 흘러나온 양액을 다시 받을 수 있도록 약 15ℓ의 배액통을 설치하였다. 기본 실험구는 개발된 급액량 산정 모형에 의해서 급액을 제어하였으며, 대조구의 급액 제어는 관행의 타이머 제어로 하였다. 급액

제어 실험을 위한 컨트롤러는 본 연구의 제1세부과제에서 개발된 것을 사용하였다. PIC 마이크로컴퓨터와 EEPROM으로 구성되어 있는 PICBASIC 5G를 이용하였고 일사량 측정에는 LI-200SA가 사용되었다.

개발된 컨트롤러의 문제로 6월말까지는 급액제어가 원만하게 이루어지지 못하였고, 컨트롤러 문제가 완전히 해결된 후의 실험자료인 7월 1일부터 10일간의 배액율을 비교한 결과는 그림 3-32와 같았다. 본 연구에서 개발된 급액제어 모델에 의한 급액제어의 평균 배액율은 21%로서 관행의 타이머에 의한 급액제어의 평균 배액율 52%에 비해 훨씬 작았으며, 특히 일사량이 적은 날의 경우 관행의 타이머에 의한 급액제어에 비하여 배양액이 상당히 많이 절약됨을 알 수 있었다.

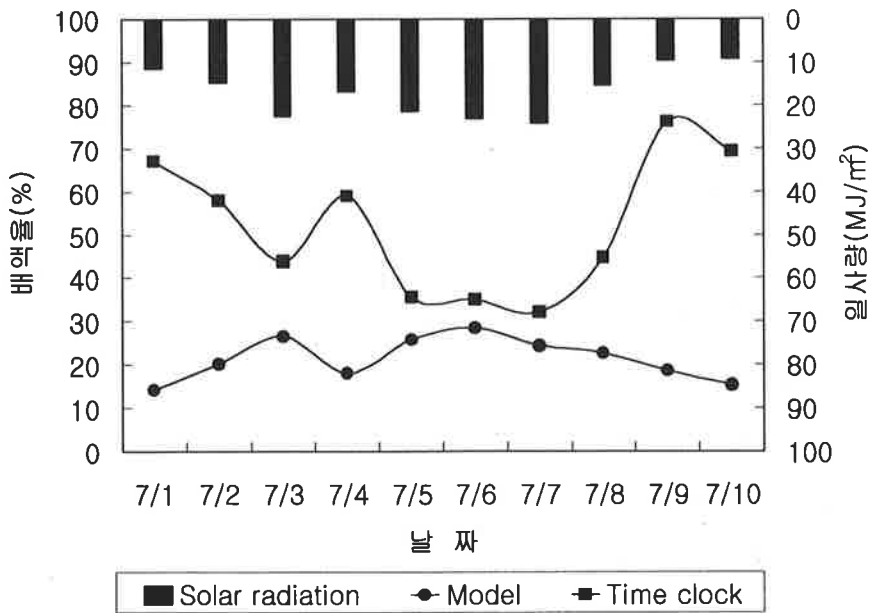


그림 3-32. 실험에 의한 급액제어 모델의 적용성 검토(1999년)

제4절 시설재배 작물의 소비수량 및 용수량 산정방법

1. 소비수량 산정방법

소비수량은 작물이 정상적인 생육을 하는 상태의 근원으로써, 시설재배에 있어서 토양재배의 경우는 유효토층, 양액재배의 경우는 배지 또는 베드에서의 수분 감소량을 말한다.

$$\text{토양재배 ; } S = TR + E_s + P - G \quad (3-18)$$

$$\text{양액재배 ; } S = TR + E_m + P \quad (3-19)$$

여기서, S : 소비수량

TR : 증산량

E_s : 토양면 증발량

E_m : 배지 또는 수면 증발량

P : 작물 생체수분 증가량

G : 지하 보급 수량

E_m 은 수경재배에서 정식관 틈사이의 수면 증발량 또는 배지경 재배에서 피복된 배지의 증발량으로서 매우 작기 때문에 무시할 수 있을 뿐만 아니라, 토양재배에서도 증산량과 증발량을 분리하는 것은 쉽지 않으므로 두가지를 합쳐 증발산량으로 취급한다. 결구기 상추의 멀칭재배와 같이 증발산량은 작는데 성장량이 큰 경우에는 작물 생체수분 증가량도 무시할 수 없지만 대부분 증발산량에 비하여 매우 작기 때문에 무시할 수 있다. 지하보급수량은 일반적으로 무시할 수 있지만, 지하수위가 높은 지대이거나 논지대에 입지한 시설에서 담수기간중에는 지하로 부터의 자연보급수가 상당한 양에 달하므로 고려해야 한다. 지하보급수의 실태를 알기 위해서는 토양수분 감소

량과 증발산량을 동시에 측정하여 양자의 차이로부터 구할 수 있다.

따라서 작물 생체수분 증가량을 무시하면, 토양수분 또는 배지수분 감소의 실측에 의한 방법으로 소비수량을 산정할 수 있다. 또한 증산량과 토양면 증발량 또는 배지 증발량을 합쳐 증발산량으로 취급하고 지하 보급 수량을 무시하면 토양재배와 양액재배 모두 소비수량(S)은 증발산량(ET)과 같으므로 증발산량의 실측이나 증발산량을 추정할 수 있는 간접적인 방법을 이용하여 소비수량을 산정할 수 있다.

$$S = ET \quad (3-20)$$

가. 토양(또는 배지)수분 감소의 실측에 의한 방법

1) 토양수분 표시법

토양수분은 함수비(%) 또는 pF값으로 나타낸다. 함수비는 토양수분이 차지하는 체적(중량)을 토양의 전체적(전중량)에 대한 백분율(%)로 표시한 것으로서 관개계획이나 물관리 분야에서는 체적함수비를 사용한다. pF값은 토양수분이 토양입자 표면의 물분자에 대한 흡인력과 물분자 상호간의 인력으로 유지되고 있는 것으로 생각하여 함수량을 이 수분장력의 크기와 같은 값을 가지는 물기둥 높이의 대수값(log 값)으로 표시한 것이다. pF값은 토양이 건조하면 커지는 것으로 토양수분에 반비례하는 함수가 된다.

토양수분의 계측값이나 관수개시점 등의 중요한 지표는 일반적으로 pF값으로 표시되고, 실제 함수량이나 필요한 수분의 양을 계산하기 위하여는 함수비가 이용되기 때문에 그림 3-33과 같은 pF값과 함수비 사이의 대응관계를 조사해둘 필요가 있다.

토양수분 측정법으로는 채토건조법, 텐시오미터법, 전기저항법, 열

전도법, 중성자법 등이 있으며, 그 측정방법은 목적 및 각 방법의 장단점을 고려하여 결정한다.

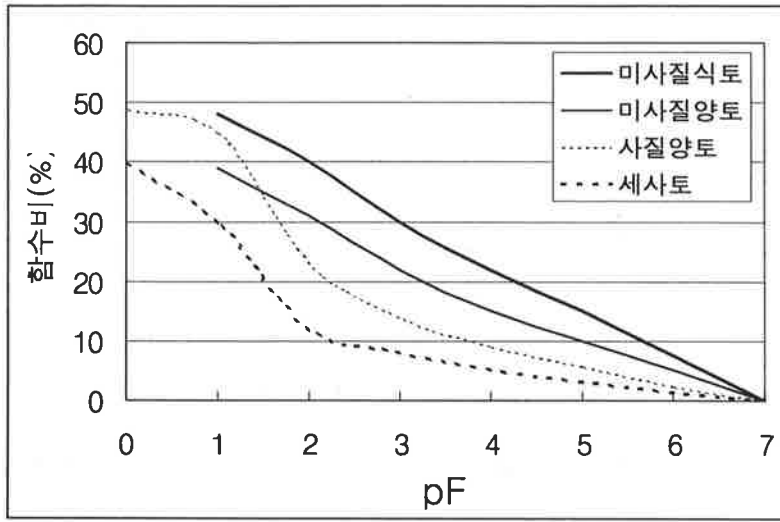


그림 3-33. 흙의 함수비와 pF와의 관계 예

2) 수분 감소의 실측에 의한 소비수량 산정 방법

이 방법은 포장용수량(충분히 관수한 후 증력수가 배제된 때 토양 중에 남아 있는 수량으로써 24시간 경과후에 잔류한 물의 양과 비슷하여 24시간용수량이라고도 부른다)으로부터의 토양수분의 감소량을 측정하는 것이다. 측정은 전토층이 포장용수량에 도달했을 때부터 개시한다. 측정 위치는 시설 중심 부근의 이랑에 위치한 작물체 사이의 뿌리가 고르게 분포되어 있는 장소를 선택한다. 측정하는 깊이는 뿌리의 분포나 토양의 종류에 따라 변하지만, 뿌리의 흡수에 의한 수분감소가 극히 작은 깊이를 포함하여 적어도 4점 이상의 깊이에서 측정하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 그림 3-34와 같다. 그림에 보이는 ①~⑥의 위치의 토양수분은 각 토층 H1~H6의 평균치를 나타낸다. 토양단면의 관찰 등에 의해 유효토층이 알다고 생각되는 경

우에는 심부의 측정을 생략해도 좋다. 관수는 시설내 전역에 균등하게 한다. 유효토층(깊이 $\sum H_i$)의 매일의 토양수분의 실측결과로부터 다음 식에 의해 일소비수량 S를 구한다. 1일 사이에 토양수분의 차가 명확하지 않은 경우에는 2~3일 단위로 계산한다.

$$S = \sum e_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3-21)$$

$$e_i = \frac{1}{100} (W_i - W'_i) H_i \quad (3-22)$$

여기서, H_i : 각층의 두께 (mm)

W_i : 각층의 측정개시시의 토양수분(체적%)

W'_i : 각층의 측정종료시의 토양수분(체적%)

e_i : 각층의 토양수분 소비량 (mm)

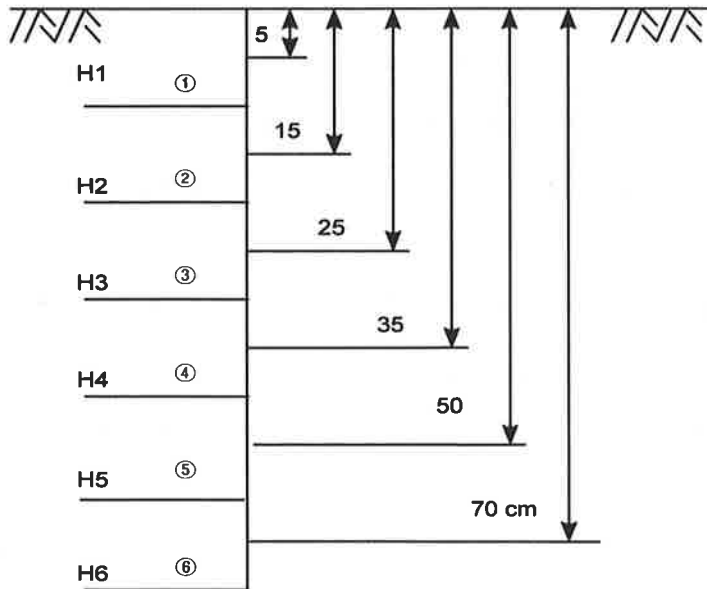


그림 3-34. 토양수분의 측정 깊이의 예

나. 증발산량에 의한 방법

1) 실측에 의한 방법

증발산량을 실측하는 방법으로서 토양재배에서는 작물군락내에 토양탱크를 매설하여 증량을 측정하는 라이시미터법, 양액재배에서는 양액탱크내의 수위변화를 측정하는 수위법과 급배액구의 유량을 측정하는 유량법이 가장 많이 사용되고 있다.

2) 증발산비를 이용한 방법

증발산량의 수면증발량에 대한 비를 증발산비라 한다. 그림 3-35는 각종 작물의 증발산비와 엽면적지수와의 관계를 나타낸 것으로서 엽면적지수가 증가하면 증발산비도 커지지만, 엽면적지수가 일정한 값 이상이 되면 증발산비는 더 이상 커지지 않고 일정한 값을 보이고 있다. 이러한 경향은 동일 작물에 대하여도 마찬가지로 생육이 진행됨에 따라 엽면적지수가 증가하는 과정에서 증발산비도 증가하지만, 오이의 경우 엽면적지수가 2.5로 되면 증발산비는 대체로 증가하지 않고 일정한 값으로 된다. 증발산비가 일정한 값으로 되는 때는 대체로 잎에 의해서 만들어지는 그늘이 지면을 완전히 덮는 시기로서, 증산의 열원으로서 일사의 이용도가 최대가 되는 시기라고도 말할 수 있다.

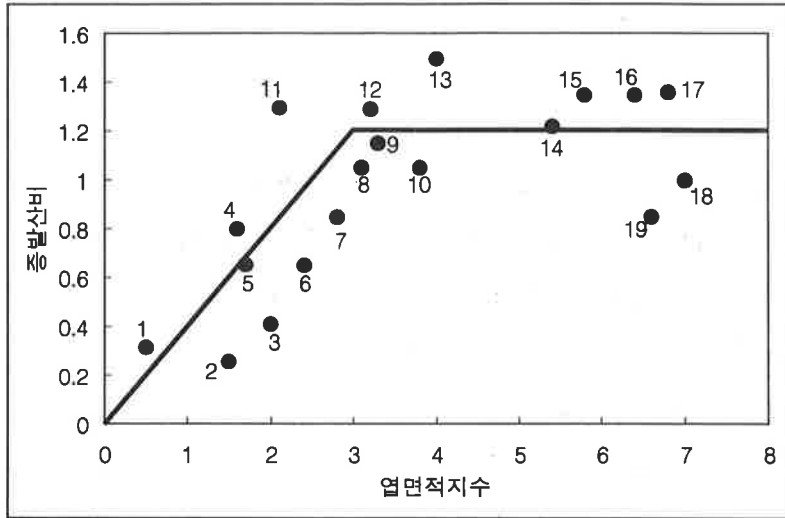
수면증발량은 소형증발계(보통 직경 20cm, 깊이 10cm)를 작물의 줄기나 잎으로 덮이지 않는 위치에서 대개 성장점의 높이에 설치하여 계측한다. 증발계 증발량으로부터 증발산량을 구하는 방법은 다음 식과 같다.

$$ET = \alpha E_p \quad (3-23)$$

여기서, ET : 증발산량

α : 증발산비

E_p : 증발계증발량



- 1 : 호박, 2 : 상추, 3 : 포도, 4 : 수박 5 : 딸기
 6 : 감자, 7 : 샐러리, 8 : 멜론, 9 : 오이, 10 : 양배추
 11 : 피망, 12 : 결구배추, 13 : 가지, 14 : 발버, 15 : 배추
 16 : 케일, 17 : 콩, 18 : 논벼, 19 : 옥수수

그림 3-35. 작물별 엽면적지수 최대시의 증발산비(位田, 1977)

3) 일사량에 의한 방법

증발산은 태양에너지를 이용한 물의 기화현상으로 일사량에 크게 영향을 받는다. 대체로 물 1ℓ가 증발하는데는 약 580kcal의 기화열을 필요로 한다. 즉, 증발산량을 열량으로 환산한 값에 대한 같은날의 적산일사량의 비를 구하면 증발산비와 마찬가지로 대체로 일정한 값을 보인다. 따라서 그 비율만 알면 일사량으로부터 증발산량을 쉽게 구할 수 있게 된다.

한편, 증발산량이나 증발계 증발량을 실측하기는 쉽지 않으며, 보통 시설 현장에서 측정하는 예는 거의 없다. 그러나 일사량은 비교적 측정하기가 간편하며, 기상환경의 계측은 시설재배에 있어서 권

장사항이므로 일사량을 이용한 증발산량의 산정 방법이 가장 간편한 방법으로 판단된다. 일사량을 이용한 증발산량 산정방법은 열량 환산 비율에 의한 방법뿐만 아니라 축적된 관측자료로 부터의 회귀 모델에 의한 방법도 이용할 수 있으며, 이에 관한 것은 앞 절의 증발산량 추정 모델 개발에서 자세히 언급하였으므로 여기에서는 생략한다.

2. 관개용수량 산정방법

작물의 정상적인 생육을 위하여 공급해야할 물의 양을 관개용수량이라고 한다. 시설재배에서의 관수는 논의 연속 관개나 노지 밭의 간단 관개와는 달리 비교적 미세한 조절이 가능하므로 관수시기를 빠르게 그리고 관수횟수도 더 자주 소량씩 관수하는 것이 수분손실이나 과습등의 대책상 유리하다. 따라서 시설재배시의 용수계획에 있어서는 1회 관수량의 결정이 매우 중요하다.

가. 1회 관수량의 산정

1) 토양수분 또는 배지수분 계측에 의한 방법

1회 관수량은 다음식으로 구한다.

$$I_r = \frac{W_{\max} - W_{\min}}{1,000} \cdot D \quad (3-24)$$

여기서, I_r : 1회당 관수량(ℓ/m^2)

W_{\max} : 적정 토양수분의 상한치(%)

W_{\min} : 적정 토양수분의 하한치(%)

D : 뿌리가 분포하는 토층의 깊이(cm)

토양수분량이 W_{\min} 까지 감소했을 때 I_r 에 상당한 양을 관수하면 항상 수분이 적정 범위내로 유지될 수 있다. 이것이 생장저해 수분

점으로 관수개시점의 pF값에 상당한 수분량이다. W_{min} 은 과거의 재배예로부터 경험적으로 정해지는데 그 일례는 표 3-10과 같다. 일반적으로 노지 발작물의 관수 개시점은 pF 3.0 전후인데, 시설재배에서는 pF 2.0 전후로 설정하고 있다.

표 3-10. 시설재배 작물의 관수개시시 토양수분장력(pF)

작물명	관수개시점의 pF값 (10cm 깊이)	비 고
토마토	생육전기 : 2.0~2.5 생육후기 : 1.8~2.3	전기는 제3화방의 개화기 까지. 관수 과다시 도장, 공동과 및 기형과 발생 증가. 건조시 생육불량 및 배꼽썩음병 발생증가.
오이	생육전기 : 2.0~2.5 생육후기 : 1.7~2.3	전기(수확개시 이전)는 비교적 건조하게, 후기는 수분이 많은 것이 좋음.
피망	1.5~2.0	시비량 보다 관수량에 의한 차이가 큼.
가지	1.5~2.0	건조관리가 뿌리 발육을 촉진하나 과실의 착색이 불량해짐.
딸기	1.5~2.0	수확기에는 수분부족이 되지 않을 정도로 낮게 관리하여 회색곰팡이병의 발생 방지.
샐러리	1.5~2.0	배수불량지에서는 pF값의 변동폭을 크게, 통기성이 좋으면 낮은 pF관리도 좋음. 공기습도는 높게 유지하는 것이 좋음.
멜론	정식직후 : 2.0전후 교배후 : 2.4부근 네트형성기:2.4~2.7 성숙기 : 2.5~2.7	수분장력을 낮에는 낮게, 밤에는 높게 유지. 과실비대기와 네트형성기에는 공기습도의 조절이 필요. 수확 1주 전부터는 단수하여 당도를 높힘.
국화	1.9~2.2	수분 부족시 아래 잎이 떨어짐. 배수불량지의 과다관수는 뿌리 부패 발생.
카네이션	1.5~1.8	여름철 고온기는 1.3~1.5, 겨울철은 2.1~2.3

자료 : 小澤 外(1993)

W_{max} 도 경험적으로 정해지는데 대개는 포장용수량(pF 1.5~1.8)의 전후로 설정된다. W_{max} 을 너무 높게(pF값이 낮게) 설정하면 통기불량으로 습해를 받아 뿌리가 얇게 분포하여 생육이 불안정해질 염려가 있다. W_{min} 이 너무 낮게 설정되고 소량씩 빈번하게 관수를 하면

수분분포가 고르지 못해 뿌리분포도 불균일해져 견해를 받기 쉽게 된다.

양액재배에서는 토양수분 대신 배지수분을 계측하면 위와 같은 방법으로 관수량을 산정할 수 있으며, 다음 식과 같다.

$$I_r = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{100} \cdot V \quad (3-25)$$

여기서, I_r : 1회당 관수량(ℓ/m^2)

M_{\max} : 적정 배지수분의 상한치(%)

M_{\min} : 적정 배지수분의 하한치(%)

V : 단위면적당 배지의 체적(ℓ/m^2)

2) 증발산량을 이용한 방법

토양 또는 배지의 수분을 계측하여 식(3-24) 및 식(3-25)의 각 항목을 현장에서 구하는 것은 매우 번잡하고, 근근역의 수분 소비형태는 작물의 생육 단계에 따라서 변화한다. 따라서 관수량을 간편하게 구하는 방법이 이용될 수 있는데 그 원리는 다음과 같다.

중력수를 배제한 후의 토양수분의 감소는 증발산에 의한 것이다. 그러므로 자연의 지하보급수가 없는 조건에서는 1회의 관수량은 전회의 관수시부터 다음회 관수시 까지 사이의 증발산량 ET 와 같다. 양액재배에 있어서는 폐쇄된 재배시스템에서 수분이 이동하므로 배지수분의 감소량은 증발산량과 거의 같다. 즉, 다음식이 성립한다.

$$I_r = ET \quad (3-26)$$

그러나, 실제 온실에서 증발산량을 측정하는 것도 역시 어렵기 때문에 증발산량을 일사량으로 추정하는 방법, 또는 증발계 증발량을 이용하는 방법 등이 사용된다. 증발산량을 구하는 방법은 앞절에서

설명한 바 있다.

나. 관개용수량과 관수효율

1) 관개용수량

재배 방식별 관개용수량 I 는 다음과 같다.

$$\text{토양재배; } I = S + W_I + W_L \quad (3-27)$$

$$\text{양액재배; } I = S + W_D + W_L \quad (3-28)$$

여기서, S : 소비수량

W_I : 침투량

W_D : 배액량

W_L : 손실수량

시설재배 토양에서의 침투량은 보통 손실수량에 포함시키며, 손실 수량은 일반적으로 효율로서 표시하므로 실제 관수 해야할 용수량은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$\text{토양재배 ; } I = \frac{I_r \times A}{1,000E_i} \quad (3-29)$$

$$\text{양액재배 ; } I = \frac{I_r \times A}{1,000E_i} \left(1 + \frac{d}{100}\right) \quad (3-30)$$

여기서, I : 관개용수량(톤)

I_r : 1회당 관수량(l/m^2)

A : 관수면적(m^2)

E_i : 관수효율(소수)

d : 적정 배액율(%)

관수면적은 (시설면적)×(이용율)로 계산한다. 이용율이란 시설바

다 면적으로부터 통로, 기기설치장소, 난방용방열관 설치장소, 중간기후실등의 면적을 뺀 부분의 전체바닥면적에 대한 비를 말한다. 이랑폭×이랑 길이×이랑수가 대략 이에 상당하고, 양액재배의 경우에는 온실면적에 대한 베드면적비를 이용하면 된다. 벤치 또는 이에 준하는 형태의 경우는 벤치면적을 관수면적으로 한다. 적정배액율은 배지의 종류에 따라서 20~30% 정도이다.

보통 발판개에서는 수일에 한번씩 관개를 하게 되므로 용수계획시 간단일수의 결정이 또한 중요하다. 그러나 시설재배에서는 매일 일정한 시각에 관수하거나 더 자주 관수하는 예가 많으므로 간단일수는 중요하지 않고 1회 관수량만 결정하면 된다. 즉, 전회의 관수 후 당회의 관수시각까지 사이의 소비수량 상당분을 관수하는 것이 된다.

2) 관수효율

관수는 각종 손실수량을 수반하므로 관수계획시에는 1회의 순관수량에 이러한 손실수량을 고려하여 실제 관수해야할 용수량을 결정한다. 손실수량은 시설내에서의 적용효율과, 송수중의 손실을 감안한 관수효율에 의해 나타낸다. 관수에 따른 적용효율, 송수손실 및 관수효율은 살수관수법의 경우 다음과 같다.

살수법에 있어서 손실은 살포된 물방울의 비산, 증발, 엽면부착에 의한 것과, 살수분포의 불균일성에 의한 것으로 나뉘어진다. 이들 전부의 손실을 생각한 것을 적용효율이라 한다. 또한, 시설내에서는 풍속이 매우 낮고, 미스트법 이외에는 살수장치가 지표면에 설치되는 경우가 많으므로, 물방울 입자의 비산이나 엽면부착량은 노지의 살수관개에 비해 작다. 노지에 있어서 비산손실은 일반적으로 수 %

이하, 작물에 의한 차단손실은 2~5%로 합하여 최대 5% 정도이다. 살수분포의 불균일성에 의한 살포효율은 다음식으로 계산된다.

$$E_p = \frac{h_m}{h_a} \times 100 \quad (3-31)$$

여기서, E_p : 살포효율(%)

h_a : 평균급수심

h_m : 최소급수심

평균급수심은 지표면에 도달한 수량의 평균치, 최소급수심은 전체 측정치의 25%에 해당하는 개수를 작은 순으로 선별하여 그 평균치로 한다.

노지에서 살포효율은 85~95% 정도이나, 시설내에서는 강우가 없고 바람 등의 조건이 다르므로 노지보다도 균일성을 크게 할 필요가 있다. 따라서 노지에 있어서 값의 최대치를 사용하는 것이 합리적이다.

적용효율은 다음 식에 의해 구해진다.

$$E_a = \left(1 - \frac{h_r}{h_n}\right) E_p \quad (3-32)$$

여기서, E_a : 적용효율(%)

h_n : 살수기로부터의 배출수량

h_r : 엽면차단, 증발, 비산 등에 의한 손실수량

h_r/h_n 의 값을 0.05, 살포효율을 95%로 계획하면, 적용효율은 90%로 된다. 또, h_r/h_n 를 0.02로 하면 적용효율은 93%가 된다. 노지에서는 보통 80 ~ 90%의 값이 사용된다.

송수손실은 송수방법, 관의 종류, 관의 연결방법 등에 따라 달라지며 그 계산은 다음 식에 의한다. 노지에서는 이 값을 5~10%로 고

려하고 있다.

$$E_c = \frac{W_i}{W} \times 100 \quad (3-33)$$

여기서, E_c : 송수손실(%)

W : 수원으로부터의 취수량

W_i : 말단시설에 도달하기까지의 손실수량

관수효율은 적용효율에 송수손실을 고려한 것으로 다음 식과 같이 구할 수 있다. 여기서, 손실수량은 효율로 표시한다.

$$E_i = E_a - E_c \quad (3-34)$$

여기서, E_i : 관수효율(%)

따라서, 적용효율을 90%, 송수손실을 5~10%로 하면, 관수효율은 80~85%가 된다.

점적관수의 경우는 관수장치가 지표면에 설치되고 튜브로부터 물방울이 똑똑 떨어지거나 또는 천천히 흘러 나오므로 엽면차단이나 증발, 비산 등에 의한 손실수량은 거의 없게 된다. 따라서 적용효율은 거의 100%에 가까우며 송수손실을 고려하여도 관수효율은 90~95%로 높은 편이다.

한편, 양액재배의 경우는 시설내부에 양액탱크 설비를 갖추고 폐쇄 관로를 통하여 급액이 이루어지므로 손실수량은 거의 없다. 또한 배지의 안정을 위하여 20~30%의 배액율을 유지하므로 양액재배의 관수효율은 100%로 적용해도 별다른 문제는 없을 것으로 판단된다.

3. 계획 및 설계용수량

가. 계획용수량

관수계획을 수립하는데 기준이 되는 관개기간 전체의 관개용수량을 계획용수량이라고 한다. 시설재배에 있어서는 작물에 공급하는 관개용수량 이외에도 냉난방용수, 연작장애 방지 및 제염용수, 세정수 등의 시설환경 관리를 위한 용수량이 필요하므로 이들을 모두 합쳐서 계획용수량으로 정의한다.

$$W_p = I_T + EW \quad (3-35)$$

여기서, W_p : 계획용수량

I_T : 전 관개기간의 관개용수량

EW : 시설환경 관리용수량

표 3-11. 시설내 작물의 재배기간중 관수량 관측예

작물명	재배기간 (조사기간)	관수량(mm)			간단일수 (일)
		총량	1회당	1일당	
토마토	4월~6월	800	49.0	9.0	5.0
	3하~7상	513	16.0	5.0	3.1
	9상~1하	375	19.0	4.2	4.9
오 이	4월~6월	1,500	52.0	15.0	3.0
	4.15~7.22	875	-	13.0	-
	4.27~6.30	409	4.2	5.5	0.7
	2상~5하	160	-	1.6	-
피 망	4.10~7.29	430	10.0	-	-
	11.20~3.3	663	23.0	6.0	3.8
	11.25~6.2	1,536	30.0	8.0	3.7
	11.27~5.30	1,413	21.1	8.0	2.7
	10.19~6.5	2,249	35.0	10.0	3.5
	11중~5중	265	-	1.4	-
멜 론	6.16~8.27	230	1.9	3.3	0.6
	7.1~9.5	301	2.2	4.5	0.5
	6.25~8.27	333	3.8	5.0	0.8
	6.16~8.20	169	1.2	2.6	0.47
가 지	6.1~8.26	270	-	6.0	2.3~1.7
참외	2.5~7.10	320	10.0	5	-
샐러리	11.12~2.28	525	12.5	5~7	1~2
	10.27~2.10	126	4.8	4.4	4.5
카네이션	6월~12월	750~1,000	10.0	10.0	1.0
電照국화	9.25~1.31	270	4.1	2.1	2.0
	9.26~2.15	400	6.1	2.9	2.1

자료 : 位田(1977)

시설내 토양재배 작물의 전 관개기간의 관개용수량의 관측예를 표 3-11에 나타내었다. 또한 작물 재배기간동안 총 증발량과 증산량의 관측 예를 표 3-12에 나타내었다.

재배사례에서 본 양액재배 작물의 월별 급액량 기준은 표 3-13과 같다. 양액재배시 배액량은 순환식 재배시스템의 경우 재사용되므로 I_T 산정시에 제외시킬 수 있다.

표 3-12. 여러가지 작물의 총 증산량과 요수량

작물명	측정기간	측정 일수	총증발량 (mm)	건물중 (g/주)	총증산량 (l/주)	일평균증산량 (ml/주/일)	요수량
상추	4.28~6.16	49	167	36	6.6	135	183
케일	9.13~10.26	43	154	183	41.5	965	227
배추	10.2~12.13	72	163	114	54.0	750	473
피망	6.19~9.5	78	387	155	96.9	1,244	625
가지	6.19~8.21	63	322	237	100.3	1,590	423
오이	6.29~9.1	64	321	133	101.7	1,591	765

자료 : 日本農業氣象學會(1983)

표 3-13. 재배사례에서 본 양액재배 작물의 월별 급액량 (l/주/일)

작물명	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
토마토	평균	0.79	0.74	0.84	1.14	1.15	1.33	1.64	1.85	1.48	1.05	0.81	0.67
	편차	0.28	0.25	0.25	0.27	0.46	0.38	0.41	0.33	0.14	0.23	0.22	0.23
오이	평균	1.08	1.01	1.15	1.56	2.07	1.82	2.24	2.52	2.02	1.43	1.11	0.91
	편차	0.10	0.21	0.15	0.66	0.48	0.31	0.38	0.30	0.58	0.59	0.31	0.21
장미	0.3~0.5		0.5~0.8			0.65~0.9		0.55~0.8		0.3~0.5			

자료 : 박(1993), 정등(1996)

시설환경 관리용수량은 재배방식이나 시설의 종류, 시설의 환경조절 설비의 수준에 따라서 큰 차이를 보이므로 일률적으로 산정하기

는 어렵다.

냉난방용수로는 지중가온 및 온수난방시의 시스템 보유수량, 근권 냉각수, 지붕 냉각수, 증발냉각수 등이 있다. 온수난방시에는 표 3-14와 같이 보일러 및 온수배관에 보유수량이 필요하며, 지역의 기상조건이나 재배 작목에 따라서 다르지만 300평(1,000m²)당 1.88~5.55톤 정도의 난방용수량이 필요한 것으로 나타났다. 근권 냉각수는 고온기에 지하수를 지중배관이나 양액탱크 또는 배지내 배관을 통하여 흘려줌으로써 뿌리의 활력을 증진시키고, 고온스트레스를 감소시킬 목적으로 사용하는 것이며, 지붕 냉각수 역시 지붕에 지하수를 살수하는 것으로서 한번 사용한 지하수는 배수시켜야 되므로 매우 많은 양의 용수를 필요로 한다. 실제로 근권 냉각수는 최대부하시 300평당 2.5톤/hr 정도, 지붕 냉각수는 3.8톤/hr 정도가 필요한 것으로 조사되었다.

증발냉각수는 패드시스템이나 포그시스템 등의 증발냉각시스템을 이용하여 온실을 냉방하는 경우에 필요한 수량으로서 여름철 고온기의 낮동안에 온실 내부의 기온을 30~32℃로 유지하기 위하여는 지역에 따라서 300평당 7.3~14.0 ℓ/min 정도의 물을 분무해 줘야 하는 것으로 나타나고 있다.

표 3-14. 온수난방시설 설치온실의 난방용수량 산정 예

작물명	면적(평)	난방시스템 보유수량(톤)				지역
		온수배관	보일러	전체	300평당	
오이	1,250	18.18	4.96	23.14	5.55	서울
토마토	2,850	30.75	9.40	40.15	4.23	대전
장미	1,250	17.50	4.96	22.46	5.39	전주
카네이션	1,340	14.14	4.96	19.10	4.28	대구
토마토	440	1.99	0.77	2.76	1.88	광주

그 밖에 연작장애 방지 및 제염용수는 토성에 따라 다른데 대개 200mm 정도의 관수로 대부분의 염류가 제거되는 것으로 보고 되고 있다. 이것은 300평에 200톤의 매우 많은 물이 필요한 것이지만 재배가 끝난 후 휴경기에 일시적으로 사용하는 것이므로 설계용수량의 산정에는 고려하지 않아도 된다. 양액재배의 경우에는 제염용수가 필요 없는 대신 작기가 끝난 후 재배시스템 등의 세척용수가 필요하다. 온실을 장기간 사용하면 피복재에 먼지가 부착하여 광투과율을 저하시키며 이는 생산성의 저하로 연결된다. 따라서 온실의 지붕 피복재는 정기적으로 세척이 필요한데 여기에 필요한 물을 세정수라고 한다. 세정수로는 300평당 2.5톤/hr 정도의 유량이 필요하다.

나. 설계용수량

용수시설의 설계 기준이 되는 단위시간당의 최대용수량을 설계용수량이라고 한다.

$$W_D = I_{\max} + EW_{add} \quad (3-36)$$

여기서, W_D : 설계용수량

I_{\max} : 최대 관개용수량

EW_{add} : 부가용수량

부가용수량은 시설환경 관리용수량중 최대 관수시기에 부가적으로 필요한 용수량을 말한다. 대개 관개용수량이 최대로 필요한 시기는 여름철이므로 냉방설비를 가동하는 온실의 경우에는 증발냉각수량 등을 부가용수량에 포함시켜야 한다. 또한 겨울철을 주 재배기간으로 하는 작형의 온실에서 온수난방을 실시하는 경우에는 난방용수량도 부가용수량에 포함시켜야 한다. 그러나 대부분의 시설환경 관리용수량은 최대 관개용수량의 기간을 피해서 사용할 수 있으므로 부

가용수량에서 제외시킬 수 있다.

최대 관개용수량은 재배 전기간 중에서 시설에 공급해야할 손실수량을 고려한 단위시간당의 최대 수량이다. 관수시설의 설계부하가 되는 최대 관개용수량 I_{max} (톤/일)는 다음식으로 구할 수 있다.

$$I_{max} = \frac{A_g D_p E_u W_{max}}{1,000} \quad (3-37)$$

여기서, A_g : 시설면적(m^2)

D_p : 재식밀도(주/ m^2)

E_u : 이용율(이랑 또는 베드면적/시설면적)

W_{max} : 일 최대 관수량(l /주/일)

시설재배농가 조사결과 이용율은 엽채류의 수경재배에서 50~60%로 높았으나 과채류의 배지경재배에서는 19~40%로 매우 낮았으며, 토양재배에서는 베드를 설치하지 않기 때문에 양액재배에 비하여 약간 높았다.

일 최대 관수량은 작형이나 작물별로 다르지만 대체로 표 3-15와 같으며, 양액재배시 과채류는 2.0 l /주/일 정도이고 화훼류는 1.0 l /주/일 정도이다.

표 3-15. 관측예에서 본 작물별 일 최대 관수량(l /주/일)

구분	토양재배	양액재배	비고(참고문헌)
과채류	2.78	2.50	오이(본 과제 실험결과)
	2.92	-	오이(鴨田, 1997)
	-	2.52	오이(정등, 1996)
	-	1.85	토마토(박등, 1993)
	-	2.00	과채류(농림부, 1997)
엽채류	0.25	0.21	상추(본 과제 실험결과)
	0.34	-	상추(鴨田, 1997)
화훼류	-	0.9	장미(정등, 1996)
	-	1.0	화훼류(농림부, 1997)

토양재배의 경우에는 토양면 증발량이 배지의 증발량에 비하여 많고, 관수효율도 양액재배에 비하여 낮기 때문에 최대 관수량이 더 큰 것으로 나타나고 있다.

300평의 온실에서 양액재배 베드를 설치하여 과채류 재배를 계획할 경우의 실제용수량을 계산해 보면, 재식밀도 $10\text{주}/\text{m}^2$, 이용율 25%, 일 최대 관수량 $2.0\text{ l}/\text{주}/\text{일}$ 로 계획할 때 5.0톤/일이 된다. 실제 양액재배 선도농가의 재배사례를 보면 오이의 경우 300평당 2,500~2,700주를 정식하여 하루에 최대 5.0~5.4톤의 양액을 급액하고 있으며, 토마토의 경우는 300평당 2,000~2,300주를 정식하여 하루 최대 4.0~4.6톤 정도의 양액을 급액할 수 있도록 관수설비를 설치하고 있는 것으로 나타나고 있다.

또한, 1999년 7월 2일부터 28일 사이에 경기 이천, 충남 부여, 경남 김해지방에 위치한 토양재배 농가 90호, 양액재배 농가 44호를 대상으로 일 최대 관개용수량을 조사해 보았다. 정확한 실측자료는 구할 수 없었고 농민들의 경험적인 답변으로 조사하였으며, 작목이나 재배방식 등의 요인별로 분석해본 결과 유의적인 자료를 도출할 수 없었다. 따라서 작목별 또는 재배방식별로 분석하는 것은 의미가 없을 것으로 판단되며 대체적인 값은 다음과 같았다. 토양재배에서는 오이, 수박, 고추, 토마토, 호박, 참외, 상추, 시금치, 열무, 썩갓, 배추, 청경채 등 엽채류를 많이 재배하고 있었고 300평당으로 환산한 1일 최대 급수량은 0.75~6.92(평균 2.38)톤의 범위였으며, 양액재배에서는 장미, 토마토, 방울토마토, 오이, 백합, 파프리카, 멜론, 고추, 스타티스 등 주로 과채류와 화훼류를 재배하고 있었고 1일 최대 0.83~6.0(평균 4.63)톤 정도를 관수하는 것으로 응답하였다. 농가의 면적에 의한 실태조사 만으로는 요인별 실제 관수량의 파악은 불가

능하며, 따라서 현장에 기술을 보급하기 위하여는 다수의 선도 재배 농가에 계측장비를 설치해 놓고 장기적으로 물관리의 실태를 실측하는 과업이 필요할 것으로 생각된다.

제5절 결 론

본 연구에서는 시설재배시의 관수자동화 및 필요수량 산출에 대한 기초자료를 얻고자 우리나라에서 가장 많이 재배되고 있는 시설재배 작물인 엽채류의 상추와 과채류의 오이를 대상으로 시설환경, 재배 방식 및 생육단계별 증발산량을 실측 조사하였으며, 이를 기초로 증발산량 추정 모델을 개발하였다. 그리고 모델을 응용하여 일반농가가 사용하기에 간편하고 시설환경이나 생육단계에 따라 적정 급배액을 유지할 수 있는 양액재배 급액제어모델을 개발하여 적용성을 검토하였다. 또한, 시설재배 작물의 적정 수분 조건을 유지하기 위한 충분한 용수를 확보하고 관수설비의 과학적인 계획, 설계가 이루어질 수 있도록 하기 위하여 시설재배 작물의 소비수량 및 용수량 산정방법을 정립하고, 원예시설의 관수설비 설계에 필요한 기준 자료를 제시하였으며, 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 상추의 1일 평균 증발산량은 토양재배 98.6 ml/주, NFT 90.6 ml/주로 나타났으며 오이의 1일 평균 증발산량은 토양재배 1.38 l/주, 배지경 1.21~1.28 l/주로 나타나 토양재배쪽이 양액재배에 비하여 많은 물을 소비하는 것으로 조사되었다.
2. 상추의 평균 증발산비는 토양재배 0.89, NFT 1.26으로 나타났고,

- 오이의 평균 증발산비는 토양재배 1.49, 배지경 2.34로 나타나 양액 재배 쪽이 토양재배에 비하여 큰 값을 보이고 있으며, 상추 토양재배를 제외하고는 생육단계에 따라서 크게 증가하는 경향을 보였다.
3. 증발산량과 시설환경요인과의 상관관계 분석결과 토양재배 상추의 증발산량과 평균기온 사이에만 유의성이 없었으며 나머지 재배 방식별 증발산량과 증발계증발량, 일사량 및 최저습도 사이에는 고도로 유의한 상관관계를 보이는 것으로 나타났다.
 4. 농가활용을 위한 간편성을 고려하고 증발산량과 시설환경요인과의 상관관계 분석결과를 토대로 일사량으로부터 시설재배 상추 및 오이의 생육단계별 증발산량 추정 모델을 개발하였으며, 모델의 타당성 검증 결과 유의성이 매우 높았다.
 5. 급액제어모델 개발에 기초자료로 활용하기 위하여 양액재배 농가의 급액제어 실태를 조사한 결과 거의 대부분이 타이머에 의한 제어를 실시하고 있었으며, 타이머제어로 충분하다는 생각을 하고 있으나 날씨가 흐린날은 낭비되는 양액이 너무 많으므로 이를 보완할 수 있으면서 기능이 단순하고 경제적이며 사용이 편리한 제어시스템의 개발이 요구되었다.
 6. 급액제어에 관한 실태조사와 양액재배 오이의 증발산량 실험 결과를 토대로 급액제어모델을 개발하였다. 급액제어의 기본은 타이머제어로 하되, 계절별로 기준급액모델을 구축하고 일사량과 생육단계별 가중치를 고려한 급액제어모델을 구축하였으며 시뮬레이션 및 실험에 의하여 개발된 급액제어모델의 적용성을 검토한 결과 적용가능성이 비교적 높은 것으로 판단되었다.
 7. 재배방식을 토양재배와 양액재배로 구분하여 토양 또는 배지수분의 계측에 의한 방법 및 증발산량을 이용한 방법으로 시설재배시

의 소비수량 및 1회 관수량 산정방법을 정립하고, 관수방법별 관수 효율과 재배방식별 시설이용을 및 양액재배의 적정배액율을 고려한 관개용수량 산정방법을 정리하여 제시하였다.

8. 작물별 관개기간의 총관수량 및 1일 최대 관수량에 관한 재배사례를 조사하였으며 냉난방용수, 제염용수, 세정수 등의 시설환경 관리용수량을 조사하고 시설재배시의 계획용수량 및 설계용수량 산정방법을 정리하여 제시하였다.

제4장 시설농업의 적지분석 기술 개발

제1절 서 론

최근 국민소득의 증대와 생활수준의 향상에 따른 연중 고급신선채소와 과일 등에 대한 국민의 수요가 급증하면서 시설면적은 매년 늘어가고 있는 추세에 있다.

뿐만 아니라 WTO, OECD 등 국제기구 가입과 더불어 농산물의 수입개방화 정책에 따라 외국 농산물들의 대량 유입으로 인해 우리의 농업기반을 위축시키고 있어 농산물 시장의 개방으로 인하여 농업의 장래에 대한 불안감 확산과 경쟁력 있는 새로운 분야에 대한 추구, 상업농 시대에 상대적으로 소득이 높은 분야와 경제성장에 따른 채소, 화훼, 과일소비의 다양화, 고급화가 요구되면서 상대적 우위에 있는 시설농업에 관심이 집중되고 있다.

이러한 농업환경의 변화와 더불어 농지의 지속적인 감소와 지가상승으로 인한 토지절약형 농업, 농업인구의 감소와 인건비 상승 등으로 인한 노동절약형 농업, 안전농산물의 수요증가에 따른 환경보전형 농업, 농산물 시장개방을 극복하기 위한 기술집약형 수출농업 등으로의 변화가 요구되고 있다. 이와 더불어 시설농업의 성장 잠재력이 커지면서 시설면적은 날로 증가하고 있으며, 그 수요 또한 계속 급증하리라 예상된다.

이와 같은 추세에 힘입어 시설면적은 늘어나고 있지만 농지의 효율적 이용측면은 고려되지 않은 채 원예시설을 무질서하게 설치하여 토지이용 측면에서 혼란을 초래하고 있는 것 또한 사실이다.

이는 사전에 시설농업의 적정입지를 고려하지 않고 원예시설이 농가들의 자유의사에 따라 설치되어 시설농업 적지성이 검증되지 않은 상태에서 결정되기 때문이다.

농지의 효율적 이용과 토지이용 질서의 정립, 나아가 농업생산성 향상을 고려할 때 시설농업의 적정입지 유도는 무엇보다도 중요한 과제라고 할 수 있다. 즉, 적정한 장소에 원예시설이 설치될 수 있도록 과학적이고 합리적인 입지적성 평가기술의 개발이 우선되어야 할 뿐만 아니라, 시설농업의 유형(형태)을 사전에 면밀히 검토함으로써 체계적인 입지정책이 수립될 수 있을 것으로 판단된다.

그러나, 이와 같은 시설농업 입지정책의 기초자료는 전무한 상태이고, 농지의 효율적 이용측면에서 시설농업의 적정입지 분석에 관한 연구 또한 거의 이루어지지 않은 실정이다. 단지, 기후특성 등을 고려한 광역 단위의 작물 적지성 분석 등의 연구에 국한되어 있을 뿐이다.

따라서, 시설농업의 과학적·합리적인 적지평가 기술개발을 통하여 적정입지의 시설농업을 유도함으로써 농지의 효율적 이용과 토지이용 질서를 도모하고, 나아가 생산성 향상에도 기여할 수 있는 대책이 시급히 요청되고 있다.

그러나, 시설농업의 입지적성 평가기술을 개발하기 위해서는 시설농업 적지평가를 위한 기초조건을 정립(시설농업의 현황파악 등)하여, 시설농업 적지분석을 위한 평가모델을 구축하고, 이를 토대로 시설농업 입지적성 평가모델을 적용·검증하는 등, 일련의 연구과정이 요구된다 하겠다.

이러한 관점에서 본 연구는 무질서한 시설농업의 난립을 미연에 방지함은 물론 시설농업의 생산성을 향상시키고, 농지의 효율적 이

용으로 토지이용의 질서를 도모하기 위한 시설농업 입지정책의 기초 자료를 제공하고자 함을 주된 목적으로 하고 있다.

이를 위하여 먼저, 제2, 3절에서는 시설농업의 과학적·합리적인 적지분석·평가를 위한 기초조건을 정립하기 위하여 시설농업의 입지현황 및 특성과 지역특성별 시설농업의 입지유형을 중심으로 분석·고찰하였다.

제4절에서는 지역특성별 시설농업의 입지적성 평가모델 구축을 시도하였으며, 특히 시설농업 입지적성평가요인의 중요도 결정(평가)기법을 개발하였다. 제5절에서는 본 연구에서 개발된 시설농업의 입지적성 평가모델을 사례지역에 적용하여 본 평가모델의 유용성을 확인하였고, 또 전문가 평가를 통하여 평가모델의 검증을 실시하였다.

제2절 시설농업의 입지현황 및 특성

1. 입지요인 선정 및 자료조사·분석방법

가. 입지요인 선정

시설농업의 입지현황 및 입지특성의 분석을 위한 지표(입지요인)로는 시설이 입지해 있는 현황지목, 시설규모, 단지성, 구획형상, 시설의 설치방향 등의 일반적인 요인과 경사, 지형, 토양배수, 유효토심, 석력함량, 적지등급, 자연재해 등의 자연 입지적 요인, 농업진흥지역지정, 진입도로 상태, 도로접근상태, 통작거리, 용수상황, 배수상

황, 전기정비상황, 경지정리, 주변토지이용상황 등의 사회 입지적 요인 등을 선정하였다.

나. 자료조사 및 분석방법

입지요인에 대한 자료조사·수집방법은 다음과 같다.

① 현지조사 및 지형도(1/5,000, 1/25,000) : 현황지목, 시설규모, 단지성, 구획형상, 시설설치방향, 접근상태, 접도상황, 전기정비상황, 주변토지이용상황, 용수상황, 배수상황 등

② 설문조사 : 자연재해, 용수상황, 배수상황, 통작거리 등

③ 정밀토양해설도(1/25,000) : 토성, 경사, 지형, 토양배수, 유효토심, 석력함량, 적지등급 등

④ 기타 행정자료(농업진흥지역지정도, 경지정리자료) : 농업진흥지역지정 유무, 경지정리 유무 등

조사·수집된 자료는 주로 교차분석(cross table, contingency table) 등의 통계분석 기법을 응용하여 시설농업의 입지특성을 도출하였으며, 통계처리는 SAS통계패키지를 이용하였다.

2. 사례지역 선정 및 개요

가. 사례연구지역 선정

우리나라의 시설농업 입지현황과 특성을 밝히기 위해서는 사례연구가 필수적인데, 그 사례연구지역은 전국을 대표할 수 있는 곳이 전제되어야 한다.

전국을 모집단으로 표본을 선정하여 조사·분석하는 것이 가장 객관적인 방법으로 제시될 수 있으나, 전국의 표본을 대상으로 상기요인들의 기초자료를 수집한다는 것은 경제적, 시간적인 측면에서 현실적인 어려움이 매우 크다.

따라서, 본 연구에서는 지역특성을 시설농업의 여건에 비추어 도시근교지역, 순수평야지역, 중산간지역으로 3대별하여 사례연구지역을 각각 선정함으로서 상기의 문제점을 보완하고자 하였다.

사례연구지역으로는 그림 4-1에서 보는 바와 같이 도시근교지역은 수도권에 위치하고 있는 용인시 남사면, 순수평야지역으로는 충청남도 논산시 채운면, 중산간지역에는 강원도 평창군 용평면을 각각 선정하였다. 지대별 지역 전체적인 시설농업의 입지특성을 보다 명확하게 밝히기 위하여 대상지역(면)에 입지하고 있는 10평 이상의 시설 전부를 조사하였다.



그림 4-1. 사례지역 위치도

나. 사례지역의 개요

도시근교지역인 남사면은 11개 법정리(34개 행정리)로 총면적 5,863ha에 경지면적이 약 31.8%를 차지하고 있으며, 2,306호에 7,505명의 인구 중 농가는 58.9%, 농가인구는 66.0%를 점하고 있다. 이 중 시설농가는 전체농가 중 13.7%를 차지하고 있으며, 시설면적은 경지면적의 3.1%이다(표 4-1).

평야지역인 채운면은 8개 법정리(24개 행정리)로 총면적 1,973ha에 경지면적은 74.4%로 높은 점유율을 보이고 있다. 농가는 총가구 1,396호 중 56.7%, 총인구 4,533명 중 농가인구는 59.2%를 점하고 있으며, 시설농가가 전체농가 중 31.1%로 3지역 중 가장 높은 비율을 차지하며, 시설면적은 경지면적의 3.5%를 점유하고 있다.

표 4-1. 사례지역의 개요

단위: ha, 호, 인, (): %

내용 지역	토지 이용 현황					가구 및 인구현황				시설농업 현황*3	
	총면적	전	답	임야	기타	총가구	총인구	농가*1	농가 인구*2	시설 농가*4	시설 면적*5
남사	5,963 (100.0)	444 (7.6)	1,416 (24.2)	3,148 (53.6)	855 (14.6)	2,306 (100.0)	7,505 (100.0)	1,359 (58.9)	4,950 (66.0)	186 (13.7)	57.36 (3.1)
채운	1,973 (100.0)	141 (7.1)	1,327 (67.3)	61 (3.1)	444 (22.5)	1,396 (100.0)	4,533 (100.0)	791 (56.7)	2,685 (59.2)	245 (31.0)	51.29 (3.5)
용평	13,547 (100.0)	1,081 (8.0)	279 (2.1)	11,313 (83.5)	874 (6.4)	1,001 (100.0)	3,395 (100.0)	605 (60.4)	1,997 (58.8)	107 (17.7)	14.03 (1.0)

*1: ()는 총가구에 대한 비율 *2: ()는 총인구에 대한 비율

*3: 본 조사에 의한 자료 *4: ()는 농가에 대한 비율

*5: ()는 경지면적에 대한 비율

중산간지역인 용평면은 8개 법정리(14개 행정리)로 구성되어 있으며, 총면적이 13,547ha로 3지역 중 가장 큰 지역이나, 이 중 경지면적이 10.1%로 아주 낮은 점유율을 보이고 있다. 총 가구 1,001호 중 농가는 60.4%인 605호, 농가인구는 총인구 중 58.8%를 차지하고 있고, 농가수 605호 중 17.7%가 시설농업을 하고 있으며, 시설면적은 경지면적 1,360ha중 약 1.0%로 가장 낮은 점유율을 보이고 있다.

3. 시설농업의 지대별 입지특성

가. 일반적 입지특성

1) 시설의 입지현황

그림 4-2는 도시근교지역인 남사면의 시설입지 현황도이다. 총 186개 시설(10평 이상)로, 주로 저평지 답작지대에 집단적으로 입지하고 있음을 알 수 있다.

그림 4-3은 평야지역인 채운면의 시설입지 현황도로 총 245개 시설이 입지해 있다. 이 지역은 마을근교에 가장 많은 시설이 집중해 있으며, 다음으로 평야지에 군데군데 집단화되어 있음을 볼 수 있다.

그림 4-4는 중산간지역인 용평면의 시설입지 현황도이다. 총 107개 시설로, 도로에 인접된 곳과 마을주변, 그리고 하천변의 평지 답작지대에 대부분의 시설이 입지해 있음을 알 수 있다.

4

- 시설
- == 2차선 도로
- 소로
- 수로

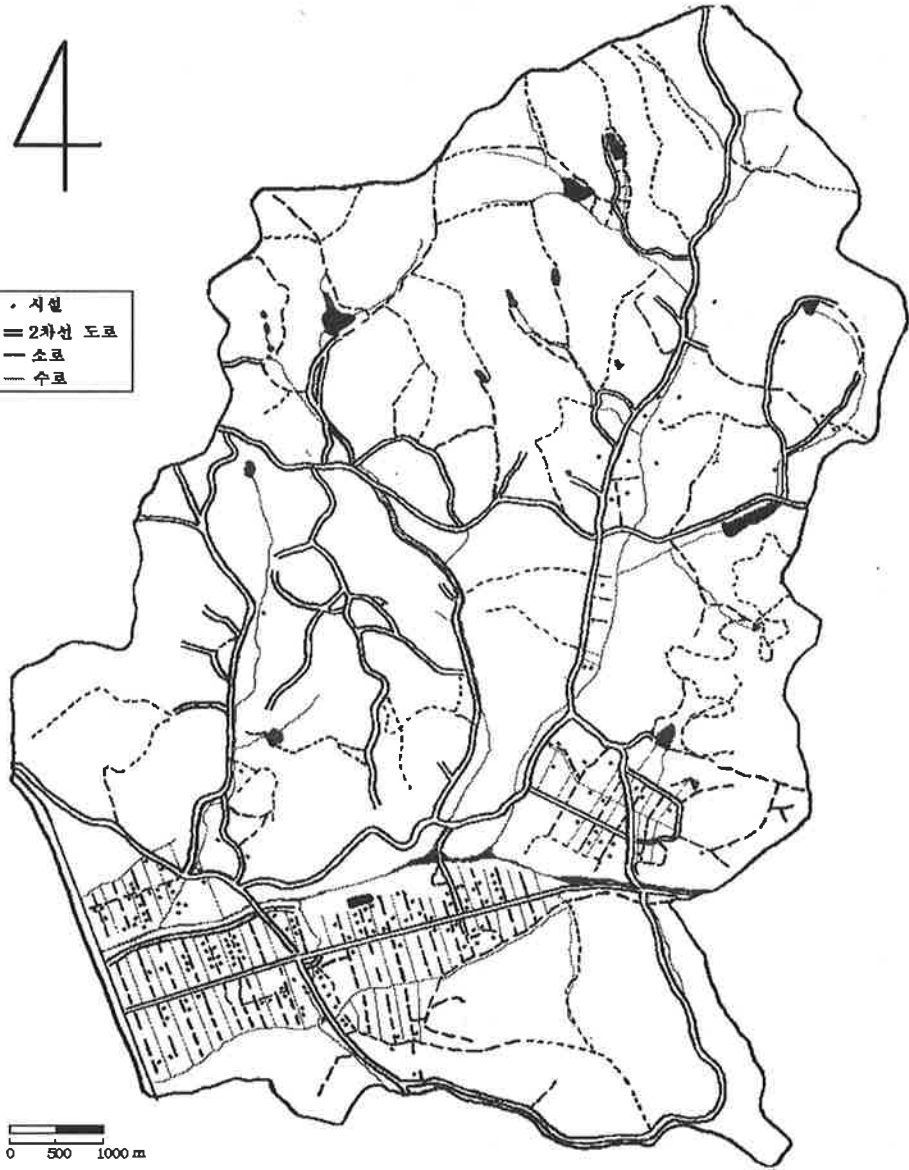


그림 4-2. 도시근교지역(남사면)의 시설입지 현황도

4

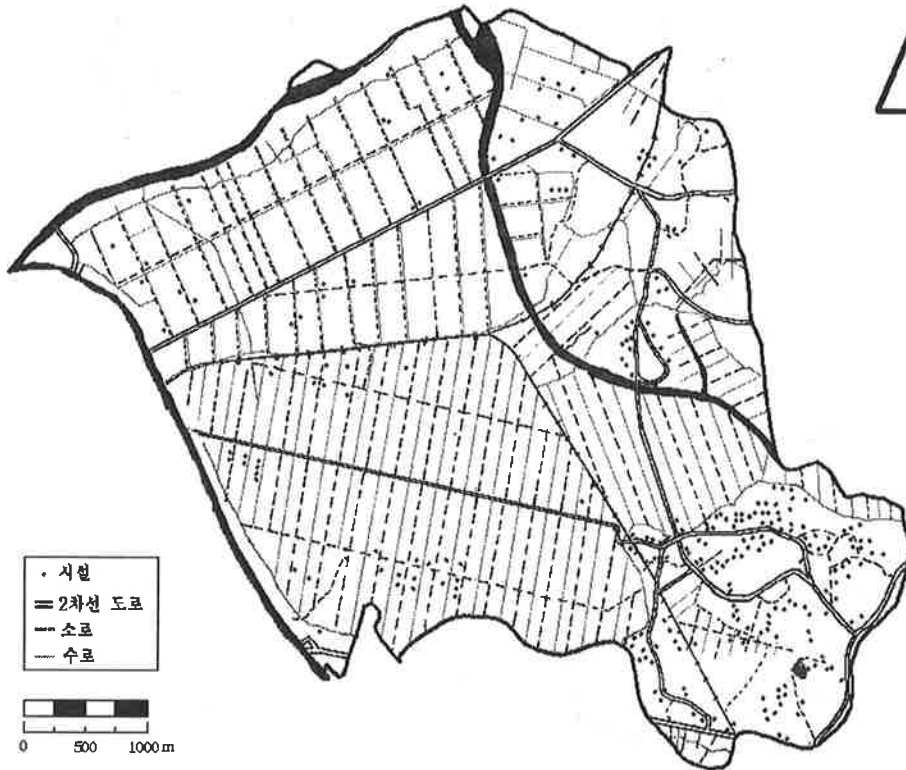


그림 4-3. 평야지역(채운면)의 시설입지 현황도

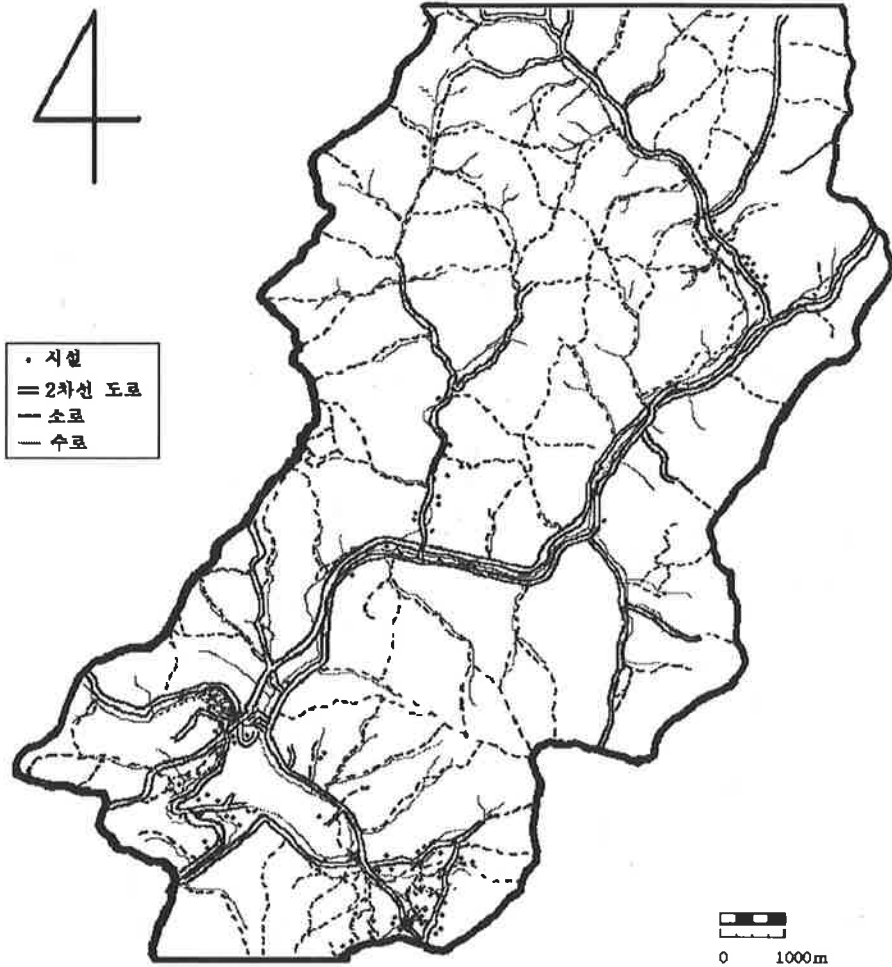


그림 4-4. 중산간지역(용평면)의 시설입지 현황도

2) 현황지목

시설이 입지하고 있는 현황지목은 그림 4-5와 같이 전, 담으로 구성되어 있는데, 중산간지역인 용평면은 밭이 82.2%를 차지하고 있는 반면, 도시근교지역인 남사면은 대부분이 논이고 밭은 9.1%를 차지하고 있고, 평야지역인 채운면은 밭이 53.5%를 점하고 있어 지역간 뚜렷한 차이를 보이고 있다(유의도 $\chi^2=164.265$, $p=0.000$).

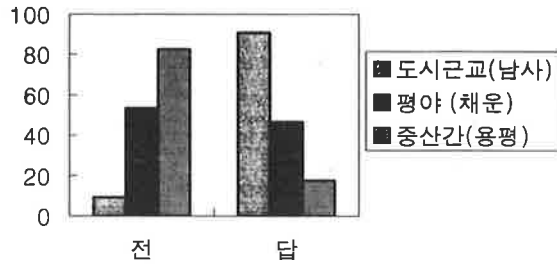


그림 4-5. 지목현황

3) 시설규모 및 단지성(집단화)

시설규모를 살펴보면, 남사면이 호당 평균 약 934평(3,083㎡), 채운면이 약 634평(2,093㎡), 용평면이 약 397평(1,311㎡)의 순으로 되어, 시설의 장단변의 규모(연동인 경우 단동으로 환산)는 남사면은 장변 69.3m 단변 6.4m, 채운면 장변 63.7m 단변 5.7m, 용평면 장변 46.5m 단변 6.9m로 저평지가 많은 남사 및 채운면은 장변이 긴 반면, 구릉지·산간지로 형성된 용평면이 가장 짧게 나타났으며, 단변인 경우는 용평면이 약간 큰 것으로 나타났으나 지역간 현격한 차이는 보이지 않았다.

시설규모별 분포상황을 살펴보면 표 4-2에서 보는 바와 같이 남사면은 600-900평(33.3%), 1200평 이상(20.4%)의 순으로, 채운면은 300평 이하(35.1%), 300-600평(27.4%)의 순이며, 용평면은 300평 이하(51.4%), 300-600평(25.3%)의 순으로 지역간 분포상의 상당한 차이를 나타내고 있다.

시설의 집단화(단지성) 정도를 살펴보면, 표 4-2와 같이 남사면은 3000평이상이 전체의 47.3%를 차지하고 있으나 채운면과 용평면은 1000평 이하가 51.8%, 81.31%를 보여 매우 대조적이며, 이는 시설의 집단화가 유리한 논에 시설이 분포하고 있는 양상과 아주 흡사한 양

상을 보이고 있음(현황지목 참조)을 알 수 있다.

단지규모는 남사면이 평균 9.4호에 54.6동 3.2ha, 채운면은 2.4호 11.6동 0.6ha, 용평면은 1.4호 5.4동 0.2ha의 규모를 각각 보여 도시근교, 평야, 중산간지역 순으로 큰 차이를 보였다(표 4-3).

표 4-2. 시설규모

(): %

내 용 지 역	시 설 규 모					
	300평 이하	300- 600	600- 900	900- 1200	1200평 이상	계
도시근교 (남사)	23 (12.37)	35 (18.82)	62 (33.33)	28 (15.05)	38 (20.43)	186 (100)
평 야 (채운)	86 (35.10)	67 (27.35)	26 (10.61)	34 (13.88)	32 (13.06)	245 (100)
중 산 간 (용평)	55 (51.40)	27 (25.23)	16 (14.95)	1 (0.93)	8 (7.48)	107 (100)
계	164 (30.48)	129 (23.98)	104 (19.33)	63 (11.71)	78 (14.50)	538 (100)

$$\chi^2 = 91.830 \quad p = 0.000$$

표 4-3. 단지성

(): %

내 용 지 역	단 지 성				
	1000평 이하	1000- 2000	2000- 3000	3000평 이상	계
도시근교 (남사)	53 (28.49)	29 (15.59)	16 (8.60)	88 (47.31)	186 (100)
평 야 (채운)	127 (51.84)	69 (28.16)	19 (7.76)	30 (12.24)	245 (100)
중 산 간 (용평)	87 (81.31)	11 (10.28)	6 (5.61)	3 (2.80)	107 (100)
계	267 (49.63)	109 (20.26)	41 (7.62)	121 (22.49)	538 (100)

$$\chi^2 = 135.068 \quad p = 0.000$$

4) 구획형상 및 시설설치방향(연단동)

시설이 설치된 필지의 구획형상은 표 4-4에서 보는 바와 같이 지역 모두 대부분이 장방향(정형)을 띄고 있으나, 마을주변 등의 밭에 비교적 많은 입지를 하고 있는 채운면과 용평면은 부정형 또는 준장방향의 경우도 비교적 많은 편이다.

시설의 설치방향(장변을 기준)을 살펴보면, 연동이 대부분인 남사면의 경우 「동-서」방향이 거의 절반을 차지하고 있는 반면, 단동이 대부분인 채운면과 용평면은 「동-서」, 「남-북」, 「남서-북동」, 「북서-남동」 등에 고루 분포해 있음을 알 수 있다.

표 4-4. 구획형상

() : %

내 용 지 역	구획형상			
	장방향	준장방향	부정형	계
도시근교 (남사)	174 (93.55)	6 (3.23)	6 (3.23)	186 (100)
평야 (채운)	163 (66.53)	38 (15.51)	44 (17.96)	245 (100)
중산간 (용평)	87 (81.31)	5 (4.67)	15 (14.02)	107 (100)
계	424 (78.81)	49 (9.11)	65 (12.08)	538 (100)

$\chi^2 = 49.713$ $p = 0.000$

표 4-5. 시설설치방향 및 연단동

(): %

내 용 지 역	시설설치방향					연단동		
	남-북	남서-북동	동-서	북서-남동	계	연동	단동	계
도시근교 (남사)	42 (22.58)	11 (5.91)	113 (60.75)	20 (10.75)	186 (100)	151 (81.18)	35 (18.82)	186 (100)
평야 (채운)	69 (28.16)	59 (24.08)	89 (36.33)	28 (11.43)	245 (100)	6 (2.45)	239 (97.55)	245 (100)
중산간 (용평)	33 (30.84)	19 (17.76)	28 (26.17)	27 (25.23)	107 (100)	4 (3.74)	103 (96.26)	107 (100)
계	144 (26.77)	89 (16.54)	230 (42.75)	75 (13.94)	538 (100)	161 (29.93)	377 (70.07)	538 (100)

$\chi^2 = 58.875$ p=0.000

$\chi^2 = 356.230$ p=0.000

나. 자연 입지적 특성

1) 토성 및 유효토심

표 4-6. 토성 및 유효토심

(): %

내 용 지 역	토 성			유 효 토 심				
	사양토 세사양토	양토 미사질양토	계	100이상	50-100	20-50	20이하	계
도시근교 (남사)	72 (38.71)	114 (61.29)	186 (100)	109 (58.60)	55 (29.57)	11 (5.91)	11 (5.91)	185 (100)
평 야 (채운)	12 (4.90)	233 (95.10)	245 (100)	93 (37.96)	107 (43.67)	45 (18.37)	0 (0)	245 (100)
중 산 간 (용평)	55 (51.40)	52 (48.60)	107 (100)	42 (39.25)	45 (42.06)	17 (15.89)	3 (2.80)	107 (100)
계	139 (25.84)	399 (74.16)	538 (100)	244 (45.35)	207 (38.48)	73 (13.57)	14 (2.60)	538 (100)

$\chi^2 = 108.642$ p=0.000

$\chi^2 = 43.787$ p=0.000

토성은 남사면이 양토(미사질양토) 61.3%, 사양토(세사양토) 38.7%의 분포를 보이고 있는 반면, 저평지가 대부분인 채운면은 양토가 95.1%로 대부분을 차지하고 있으며, 용평면은 사양토, 양토 거의 절반씩 분포하고 있어 3지역간 토성의 분포도가 약간의 차이를 보이고 있다.

유효토심을 살펴보면, 남사면은 100cm이상이 절반을 넘는 58.6%를 차지하고 있으며, 채운면과 용평면의 경우는 유효토심 50-100cm가 43.7%와 42.1%, 100cm이상이 38.0%와 39.3%로 3지구 모두 유효토심은 깊은 곳에 시설농업이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

2) 경사 및 지형

시설이 위치해 있는 지대의 경사도를 살펴보면, 남사면은 74.7%가 2%이하의 낮은 경사를 보이고 있는 반면, 취락주변에 집중해 있는 채운면의 경우 경사 7-15%(49.8%), 2%이하(31.4%)의 순을 보이고 있고, 중산간지인 용평면의 경우는 완·급경사 고루 분포된 양상을 보여 지역간의 뚜렷한 차이를 보이고 있다.

시설이 설치해 있는 지형은 남사면은 90.9%가 평탄지에 위치해 있으나, 채운면과 용평면의 경우 평탄지, 곡간지(곡간 및 선상지), 구릉지(산록경사지, 저구릉 및 산록경사지) 등에 비교적 넓게 분포해 있어, 경사와 비슷한 양상을 보이고 있다.

표 4-7. 경사

(): %

내 용 지 역	경 사				
	0-2%	2-7	7-15	15이상	계
도시근교 (남사)	139 (74.73)	43 (23.12)	1 (0.54)	3 (1.61)	186 (100)
평 야 (채운)	77 (31.43)	42 (17.14)	122 (49.80)	4 (1.63)	245 (1.63)
중 산 간 (용평)	28 (26.17)	25 (23.36)	38 (35.51)	16 (14.95)	107 (19.89)
계	244 (100)	110 (20.45)	161 (29.93)	23 (4.28)	538 (100)

$\chi^2 = 179.701$ $p = 0.000$

표 4-8. 지형

(): %

내 용 지 역	지 형				계
	하 성 평탄지	곡간 및 선상지	저구릉 및 산록경사	구릉 및 산악지	
도시근교 (남사)	169 (90.86)	12 (6.45)	1 (0.54)	4 (2.15)	186 (100)
평 야 (채운)	72 (29.39)	89 (36.33)	80 (32.65)	4 (1.63)	245 (100)
중 산 간 (용평)	29 (27.10)	45 (42.06)	30 (28.04)	3 (2.80)	107 (100)
계	270 (50.19)	146 (27.14)	111 (20.63)	11 (2.04)	538 (100)

$\chi^2 = 196.441$ $p = 0.000$

3) 토양배수 및 석력함량

시설이 입지해 있는 곳의 토양배수 조건을 살펴보면, 남사면의 거의 대부분이 「보통」(82.3%)으로 나타났고, 채운면과 용평면은 「양호」

(52.2%, 41.1%), 「보통」(44.5%, 58.9%)이 주를 이루고 있다.

석력함량은 3지역간 상당한 차이를 보이고 있는데, 남사면은 석력함량이 적은 10%이하(55.9%)와 가장 많은 35%이상(40.9%)으로 양분되고 있으나, 채운면은 10%이하가 42.0%, 10-35%가 58.0%를 보이고 있으나, 용평면의 경우는 10-35%(56.1%)와 35%이상(35.5%)이 대부분을 차지하고 있다.

표 4-9. 토양배수 및 석력함량

() : %

내 용 지 역	토 양 배 수				석 력 함 량			
	양 호	보 통	불 량	계	0-10	10-35	35 이상	계
도시근교 (남사)	21 (11.29)	153 (82.26)	12 (6.45)	186 (100)	104 (55.91)	6 (3.23)	76 (40.86)	186 (100)
평 야 (채운)	128 (52.24)	109 (44.49)	8 (3.27)	245 (100)	103 (42.04)	142 (57.96)	0 (0)	245 (100)
중 산 간 (용평)	44 (41.12)	63 (58.88)	0 (0)	107 (100)	9 (8.41)	60 (56.07)	38 (35.51)	107 (100)
계	193 (35.87)	325 (60.41)	20 (3.72)	538 (100)	216 (40.15)	208 (38.66)	114 (21.19)	538 (100)

$\chi^2 = 83.331$ $p = 0.000$

$\chi^2 = 227.220$ $p = 0.000$

4) 적지등급

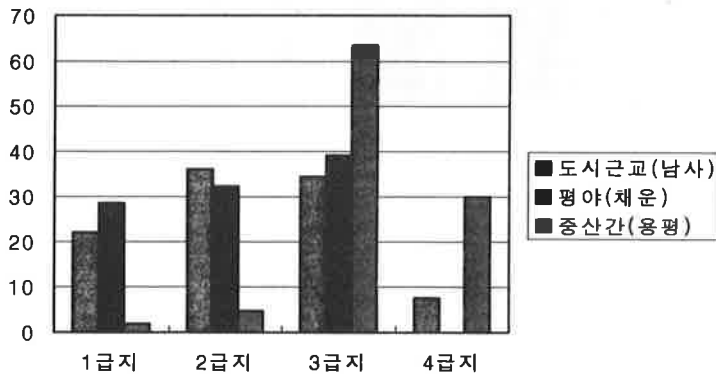


그림 4-6. 적지등급

는, 밭의 적지등급별 시설의 분포상황을 보면, 경지조건이 비교적 양호한 남사면과 채운면의 경우는 1, 2, 3급지(정밀토양해설도상의 적지등급기준) 고루 분포해 있는 반면, 용평면의 경우는 1, 2급지는 거의 없으며 주로 3, 4급지에 입지해 있음을 알 수 있다. 전체적으로는 3급지에 가장 많은 분포를 보이고 있음(42.4%)을 알 수 있다($\chi^2=144.96$, $p=0.000$).

5) 자연재해

홍수, 풍해, 설해, 냉해 등의 자연재해의 조건별 시설입지 분포를 살펴보면, 3지역간 약간의 정도차는 있지만 절반이상이 자연재해를 입은 경험이 있는 지역들로 나타났다(3지역평균 60.2%). 이 중 평야 지역인 채운면이 가장 많은 자연재해(주로 수해)를 입은 것으로 나타났다(66.9%).

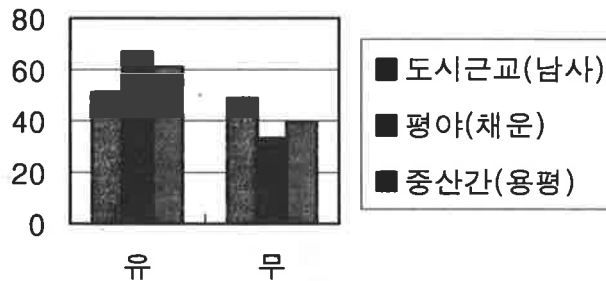


그림 4-7. 자연재해

다. 사회 입지적 특성

1) 농업진흥지역 및 경지정리 현황

농업진흥지역에 입지한 농업시설의 분포상황을 보면, 남사면의 대부분인 99.1%는 농업진흥지역내에 분포해 있는 반면, 채운면과 용평면은 농업진흥지역밖에 69.8%, 79.4%가 분포해 있어 대조를 보이고 있다.

또한, 경지정리 유무별 분포상황도 마찬가지로 양상으로 남사면은 90.3%가 경지 정리된 곳에 입지해 있으나 채운면과 용평면은 각각 62.0%, 90.7%가 경지정리가 되지 않은 곳에 입지해 상당한 차이를 나타내고 있다.

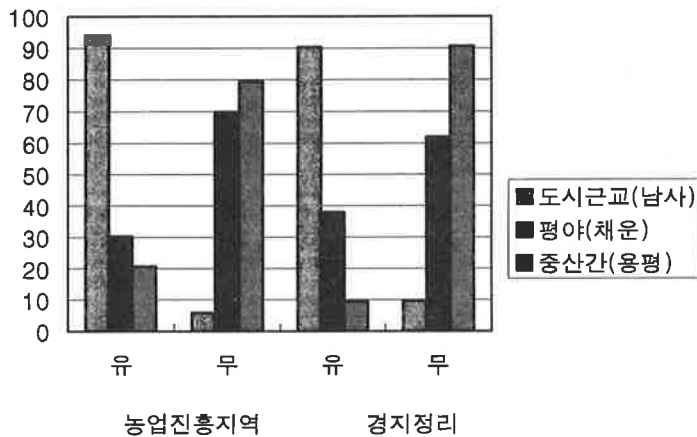
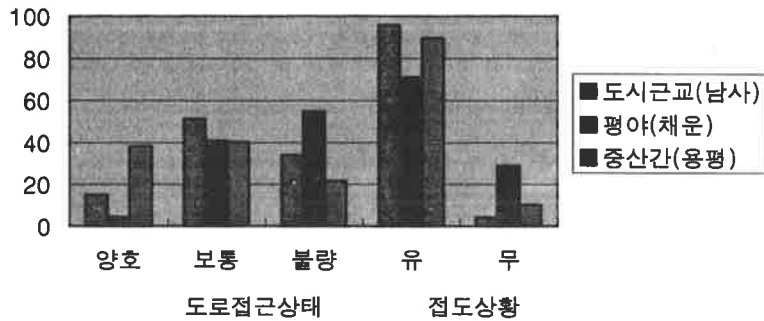


그림 4-8. 농업진흥지역 및 경지정리 현황

2) 진입도로 상태와 도로접근 상태



주: 진입도로 상태의 기준은 양호(포장 2차선 이상), 보통(포장 1차선), 불량(비포장)으로 구분하였음.

그림 4-9. 진입도로 상태와 도로접근 상태

간선도로에서 시설까지의 진입상태는 남사면과 채운면의 경우는 농지 가운데 또는 마을에서 가까운 구릉지 등에 주로 시설이 입지한 관계로 보통(포장1차선)과 불량(비포장)이 대부분인 반면, 중산간지인 용평면의 경우는 도로를 따라 농지가 형성되어 있고 또한 도로 주변을 중심으로 시설이 입지하고 있어 간선도로에서의 접근상태는 양호한 편으로 나타났다. 또한, 시설의 도로접근상태를 살펴보면, 3지역 모두 대부분이 농업기계통행이 가능한 도로에 접해 있음을 알 수 있었다.

3) 주변토지이용상황 및 통작거리

시설주변의 토지이용상황을 살펴보면, 남사면의 경우 대부분이 논 등의 평지(87.1%)를 이루고 있으나, 채운면은 밭 등의 구릉지(51.8%)와 평지(38.4%) 순이며, 용평면은 구릉지(56.1%)와 시설·마을(20.6%)등의 순으로 입지하고 있는 등 지역간 차이를 보이고 있다.

표 4-10. 주변토지이용상황 및 통작거리

(): %

내 용 지 역	주변토지이용상황					통 작 거 리				
	평야부 (논)	구릉지 (밭)	시설및 마을	계 목 산간지	계	100 이하	100- 300	301- 500	500 이상	계
도시근교 (남사)	162 (87.10)	13 (6.99)	10 (5.38)	1 (0.54)	186 (100)	103 (55.38)	8 (4.30)	6 (3.23)	69 (37.10)	186 (100)
평 야 (채운)	94 (38.37)	127 (51.84)	24 (9.80)	0 (0)	245 (100)	88 (35.92)	40 (16.33)	30 (12.24)	87 (35.51)	245 (100)
중 산 간 (용평)	6 (5.61)	60 (56.07)	22 (20.56)	19 (17.76)	107 (100)	80 (74.77)	3 (2.80)	3 (2.80)	21 (19.63)	107 (100)
계	262 (48.70)	200 (37.17)	56 (10.41)	20 (3.72)	538 (100)	271 (50.37)	51 (9.48)	39 (7.25)	177 (32.90)	538 (100)

$\chi^2 = 258.629$ $p = 0.000$

$\chi^2 = 68.874$ $p = 0.000$

4) 용배수 상황

시설의 용수공급의 용이성을 살펴보면, 남사면과 용평면의 경우는 비교적 양호한 입지를 하고 있으나 채운면은 불량(41.2%), 양호(37.1%), 보통(21.6%)의 순으로 나타나 지역간의 격차를 보이고 있는 반면, 배수상황은 3지역 모두 대체로 양호한 상태를 보이고 있다.

표 4-11. 용수상황 및 배수상황

(): %

내 용 지 역	용 수 상 황				배 수 상 황			
	양호	보통	불량	계	양호	보통	불량	계
도시근교 (남사)	123 (66.13)	44 (23.66)	19 (10.22)	186 (100)	122 (65.59)	23 (12.37)	41 (22.04)	186 (100)
평 야 (채운)	91 (37.14)	53 (21.63)	101 (41.22)	245 (100)	200 (81.63)	31 (12.65)	14 (5.71)	245 (100)
중 산 간 (용평)	91 (85.05)	10 (9.35)	6 (5.61)	107 (100)	101 (94.39)	4 (3.74)	2 (1.87)	107 (100)
계	305 (56.69)	107 (19.89)	126 (23.42)	538 (100)	423 (78.62)	58 (10.78)	57 (10.59)	538 (100)

$\chi^2 = 103.800$ $p = 0.000$

$\chi^2 = 50.043$ $p = 0.000$

주: 시설재배농민이 겪고 있는 용수 및 배수상태에 대한 용이성의 정도를 3등급 척도(양호, 보통, 불량)로 구분하였고, 설문조사에 의해 자료가 수집되었음.

라. 시설입지요인간의 특성분석

1) 시설규모와 지목현황

3차원 교차분석을 통한 지역별 시설이 입지한 지목에 따른 시설규모의 양상을 살펴보면, 남사면은 지목이 논인 경우 시설규모가 600-900평과 그 이상의 규모에 집중되어 있으나 밭은 시설규모가 작은 쪽으로 분포해 있다.

그러나, 채운면의 경우 논에는 비교적 규모가 고르게 분포되어 있으면서 900평 이상의 규모가 약간 우위를 점하고 있으나, 전체적으로는 밭에 규모가 작은 시설들이 대부분 집중되어 있는 양상을 보이고 있다.

중산간 지역인 용평면은 논밭 모두 시설규모가 작은 순으로 분포해 있으며, 특히 밭의 300평 이하에 45%이상이 집중되어 있음을 알 수 있다.

표 4-12. 시설규모와 지목현황

(): %

지목 시설규모	남 사			채 운			용 평		
	전	답	계	전	답	계	전	답	계
300평 이하	8 (4.3)	15 (8.1)	23 (12.4)	67 (27.4)	19 (7.8)	86 (35.1)	49 (45.8)	6 (5.6)	55 (51.4)
300 - 600	4 (2.2)	31 (16.7)	35 (18.8)	43 (17.6)	24 (9.8)	67 (27.4)	16 (15.0)	11 (10.3)	27 (25.2)
600 - 900	3 (1.6)	59 (31.7)	62 (33.3)	12 (4.9)	14 (5.7)	26 (10.6)	14 (13.1)	2 (1.9)	16 (15.0)
900 - 1,200	0 (0.0)	28 (15.1)	28 (15.1)	6 (2.5)	28 (11.4)	34 (13.9)	1 (0.9)	0 (0.0)	1 (0.9)
1,200 이상	2 (1.1)	36 (19.4)	38 (20.4)	3 (1.2)	29 (11.8)	32 (13.1)	8 (7.5)	0 (0.0)	8 (7.5)
계	17 (9.1)	169 (90.9)	186 (100.0)	131 (53.5)	114 (46.5)	245 (100.0)	88 (82.2)	19 (17.8)	107 (100.0)
유의도	$\chi^2=23.318$ p=0.000			$\chi^2=66.835$ p=0.000			$\chi^2=13.778$ p=0.008		

2) 단지성과 지목현황

남사면의 단지성과 지목과의 관계를 살펴보면, 논외의 경우 3000평 이상이 47%를 차지하고 있으나 1000평 이하도 약 22%를 점하고 있어 양분되는 분포를 보이고 있으며, 밭은 단지성이 낮은 쪽에 거의 집중해 있다.

채운면의 경우 밭은 거의 2000평 이하에 분포한 반면, 논은 커다란 차이는 보이고 있지 않지만 시설규모와 마찬가지로 단지성도 낮은 편에 대체적인 분포를 하고 있다.

용평면은 밭의 1000평 이하의 경우가 전체 약 68%(밭의 전체시설 중 84%)를 점하고 있으며, 논인 경우도 논에 위치한 전체시설의 74%가 단지성이 가장 낮은 1000평 이하에 집중된 양상을 띄고 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 시설이 입지한 지목에 따른 단지성과 시설규모와 관계는 전체적인 분포형태가 서로 비슷한 양상을 보이고 있음을 알 수 있다.

표 4-13. 단지성과 지목현황

(): %

지목 단지성	남 사			채 운			용 평		
	전	답	계	전	답	계	전	답	계
1,000평 이하	13 (7.0)	40 (21.5)	53 (28.5)	85 (34.7)	42 (17.1)	127 (51.8)	73 (68.2)	14 (13.1)	87 (81.3)
1,000 - 2,000	2 (1.1)	27 (14.5)	29 (15.6)	36 (14.7)	33 (13.5)	69 (28.2)	6 (5.6)	5 (4.7)	11 (10.3)
2,000 - 3,000	1 (0.5)	15 (8.1)	16 (8.6)	3 (1.2)	16 (6.5)	19 (7.8)	6 (5.6)	0 (0.0)	6 (5.6)
3,000이상	1 (0.5)	87 (46.8)	88 (47.3)	7 (2.9)	23 (9.4)	30 (12.2)	3 (2.8)	0 (0.0)	3 (2.8)
계	17 (9.1)	169 (90.9)	186 (100.0)	131 (53.5)	114 (46.5)	245 (100.0)	88 (81.3)	19 (17.8)	107 (100.0)
유의도	$\chi^2=22.238$ p=0.000			$\chi^2=31.088$ p=0.000			$\chi^2=7.887$ p=0.048		

3) 시설설치방향과 연·단동

연·단동과 시설설치방향과의 관계를 살펴보면, 3지역 모두 비슷하게 특이할 만한 차이점을 발견할 수 없고 유의성 또한 낮은 것으로 나타났다.

일반적으로 일조량을 고려할 때 단동인 경우는 「동-서」방향이, 연

동인 경우는 「남-북」방향이 이상적이라는 개념과 일치하지 않고 있음을 알 수 있고, 대부분 경지정리 상태 또는 농지의 형상에 따라 시설이 설치되기 때문인 것으로 사료된다.

장차 시설농업을 위한 경지정리 등이 이루어진다면 시설농업 전용지는 이와 같은 시설설치방향을 고려한 정비가 바람직할 것으로 사료된다.

표 4-14. 시설설치방향과 연·단동

(): %

연단동 설치방향	남 사			채 운			용 평		
	연동	단동	계	연동	단동	계	연동	단동	계
남 - 북	34 (18.3)	8 (4.3)	42 (22.6)	3 (1.2)	66 (26.9)	69 (28.2)	1 (0.9)	32 (29.9)	33 (30.8)
남서 - 북동	7 (3.8)	4 (2.2)	11 (5.9)	1 (0.4)	58 (23.7)	59 (24.1)	1 (0.9)	18 (16.8)	19 (17.8)
동 - 서	94 (50.5)	19 (10.2)	113 (60.8)	0 (0.0)	89 (36.3)	89 (36.3)	1 (0.9)	27 (25.2)	28 (26.2)
북서 - 남동	16 (8.6)	4 (2.2)	20 (10.8)	2 (0.8)	26 (10.6)	28 (11.4)	1 (0.9)	26 (24.3)	27 (25.2)
계	151 (81.2)	35 (18.8)	186 (100.0)	6 (2.5)	239 (97.5)	245 (100.0)	4 (3.7)	103 (96.3)	107 (100.0)
유의도	$\chi^2=2.533$ p=0.469			$\chi^2=5.998$ p=0.112			$\chi^2=0.171$ p=0.982		

제3절 시설농업의 입지유형 분석

1. 입지요인 선정 및 유형화 기법

가. 입지요인 선정 및 자료조사

1) 입지 유형화를 위한 입지요인 선정

시설농업의 입지유형 분석 지표가 되는 입지요인으로는 시설설치 지역의 지목현황, 시설규모, 단지성, 구획형상 등의 일반적인 요인을 비롯하여 경사, 지형, 유효토심, 적지등급 등의 자연 입지적 요인, 농업진흥지역지정 여부, 간선도로 접근상태, 접도상황, 통작거리, 용수 상황, 배수상황, 주변의 토지이용상황 등의 사회 입지적 요인 등 15개 입지요인을 선정하였다.

2) 자료조사

선정된 입지요인별 범주화 및 자료조사 내용은 표4-15와 같으며, 입지요인들에 대한 자료는 다음과 같이 수집되었다.

- ① 현지조사 및 측정, 지형도(1/5,000, 1/25,000) : 지목현황, 시설규모, 단지성, 구획형상, 접근상태, 접도 상황, 주변 토지이용상황, 용수 상황, 배수상황 등
- ② 설문조사 : 용수상황, 배수상황, 통작거리 등
- ③ 정밀토양해설도(1/25,000) : 경사, 지형, 유효토심, 적지등급 등
- ④ 기타 행정자료 : 농업진흥지역지정 여부

표 4-15. 시설농업의 입지유형화를 위한 요인

평가요인	범주(category)					자료취득원
	1	2	3	4	5	
1.지목현황	전	답				지형도,현장조사
2.농업진흥지역* ¹	유(지정)	무(미지정)				행정자료
3.접근상태* ²	양호	보통	불량			지형도,현장조사
4.접도상황* ³	유	무				"
5.통작거리(m)	100이하	100-300	300-500	500이상		설문조사
6.용수상황	양호	보통	불량			"
7.배수상황	양호	보통	불량			"
8.구획형상	장방향	준장방향	부정형			지형도,현장조사
9.주변토지이용상황	평야(논)	구릉지(밭)	마을·시설	산지		"
10.경사* ⁴ (%)	0-2	2-7	7-15	15이상		정밀도양도
11.지형* ⁴	평단지	곡간지	산록경사지	산악지		"
12.유효토심* ⁴ (cm)	100이상	50-100	20-50	20이하		"
13.적지등급* ⁴	1급지	2급지	3급지	4급지	5급지	"
14.시설규모(평)	300이하	300-600	600-900	900-1200	1200이상	현장조사·측정
15.단지(집단)성* ⁵ (평)	1000이하	1000-2000	2000-3000	3000이상		"

*¹: 경지정리상황도 중요한 요인이지만 경지정리 농지는 모두 농업진흥지역이므로 중복된 요인으로 판단하여 이 항목에 포함시켰음. *²: 간선도로로 부터의 접근상태로 양호(2차선이상 포장도로), 보통(1차선 포장도로), 불량(비포장도로)으로 구분하였음. *³: 농업기계통행이 가능한 도로를 기준으로 하였음. *⁴: ① 정밀도양해설도(1/25,000, 농촌진흥청)의 범주를 토대로 하였음. ② 범주는 대상지역에 따라 달라질 수 있음. ③ 지형:곡간지(곡간 및 선상지 포함), 산록경사지(산록경사지, 저구릉 및 산록경사지 포함), 산악지(산악 및 구릉지 포함) *⁵: 시설간의 이격거리가 50m이내인 것을 집단화된 것으로 간주하였음.

나. 수량화 이론을 적용한 유형화 기법

수량화 이론(數量化 理論)이란 범주형(질적,정성적) 자료(categorical data)를 다루기 위한 다변량 해석(multivariate analysis)적 기법을 말한다(노형진, 1990). 즉, 성별이나 직업, 혹은 단계별로 평가된 성적과 같은 질적인 변수의 각 범주에 수량을 주어 신장이나 나이 등과 같이 양적으로 측정된 변수의 형식으로 계량화하는 다차원적인 해석기법

이다(김관영외, 1992). 질적 자료 혹은 비 계량적 자료에 대한 해석 방법은 많은 연구자들이 각각 서로 다른 영역에서 독자적인 이름아래 독립적으로 발전시켜온 역사적 배경을 가지고 있다. 특히 프랑스와 일본에서 가장 활발한 연구가 이루어졌으며, 프랑스에서는 correspondence analysis, 일본에서는 수량화 이론(quantification theory)등의 이름으로 발전해 왔으며, 캐나다에서는 dual scaling, 이스라엘에서는 scalogram analysis, 네덜란드에서는 homogeneity analysis, 미국에서는 optimal scaling 등의 서로 다른 언어로써 독립적으로 연구되어 왔다(노형진, 1990). 이들의 기법들은 의견상으로는 서로 다르다고 하지만 결국은 같은 기법으로서 고유방정식을 푸는 문제로 귀착하게 된다.

본 연구에서는 범주형 자료를 토대로 한 요인간의 관계성을 통하여 다차원 공간내의 축약된 표현(최소차원 해석, Minimum Dimension Analysis)과 그것에 의한 분류(시설농업의 입지유형화)를 목표로 하고 있기 때문에 상기의 수량화이론을 응용하여 소기의 목적을 달성할 수 있다. 특히, 수량화 이론 중 제3류는 개체(individuals)와 범주(categories) 양쪽을 수량화하고, 그 수량을 이용하여 분류를 행하고자 하는 방법으로서 본 연구에 응용할 수 있는 유용한 기법이다.^{주1)}

주1) 주로 일본에서 연구개발된 수량화 이론은 크게 두가지의 경우로 구분된다. 첫째는, 외적기준이 있는 경우, 각종의 정성적인 요인으로부터, 외적기준(목적변수)을 예측하거나 반대로 예측에 대하여 어느 요인이 기여하고 있는가하는 관점에서 요인분석을 행하는 방법이다. 둘째는, 외적기준이 없는 경우, 각종의 요인에 관한 정보에 의하여 서로 닮은 것은 가깝게, 닮지 않은 것은 멀리 위치하도록 공간적으로 배치하여 그 결과를 바탕으로 분류하는 방법이다. 전자는 하야시의 수량화이론 제1류(범주형 자료의 회귀분석)와 제2류(범주형 자료의 판별분석)로 구분되고, 후자는 제3류(대상과 변량의 수량화)와 제4류(배치공간의 구성)로 구분된다(노형진,1990,林,1974).

또한, 수량화 이론 제3류와 유사한 기법으로는 프랑스의 대응분석(correspondence analysis)이 있다. 양 기법은 동일한 개념을 지니고 있으나, 단지 유클리드 공간 배치 상에서의 견해차이를 두고 있을 뿐이다.

따라서, 본 연구에서는 통계패키지 사용을 고려하여 대응분석 기법을 사용하기로 하였으며, 통계패키지로는 SAS를 사용하였다. 대응분석은 일종의 분할표(contingency table)에 대한 가중 주성분 분석으로 단순 대응분석과 다중 대응분석이 있으며, 본 연구에서는 다변량 해석이 요구되기 때문에 다중 대응분석(MCA, multiple correspondence analysis) 방법을 채택하였다.

2. 사례적 고찰을 통한 시설농업의 입지유형 분석

가. 사례지역의 개요

본 연구에서는 지역특성을 시설농업의 여건에 비추어 도시근교지역, 순수평야지역, 중산간지역 등 3가지 유형으로 대별하여, 각 유형별 사례연구지역을 선정하였다. 사례지역의 개요는 제2절에서와 마찬가지로 도시근교지역은 수도권에 위치하고 있는 용인시 남사면, 순수평야지역으로는 충청남도 논산시 채운면, 중산간지역에는 강원도 평창군 용평면을 각각 선정하였다(표 4-1, 그림 4-1 참조).

나. 시설농업의 입지유형 구분

대응분석을 통하여 구하여진 고유치(eigenvalue, inertia)를 살펴보

면 표4-16과 같다. 차원의 수(남사,용평:50, 채운:47)가 많은 관계로 제1축을 제외하고는 8%이하의 비교적 작은 값을 나타내고 있다. 제1축의 경우 채운면이 약 21%로 가장 높은 설명력을 보이고 있으며, 남사 및 용평면은 13%, 11% 등의 순으로 각각 나타났다.

범주별 수량을 대표성 있는 제1축(Dim1)과 제2축(Dim2)을 중심으로 나타낸 것이 표 4-17~표 4-19이며, 이들 수량화 결과를 각각 제1축(수평축)과 제2축(수직축)으로 하여 산포도를 작성하고 범주별 수량의 특성을 토대로 유형화하면 그림 4-10, 그림 4-11, 그림 4-12와 같다.

표 4-16. 지역별 고유치 현황

Dim. No.*1	도시근교지역(남사)			평야지역(채운)			중산간지역(용평)		
	고유치	카이제곱	비율(%)	고유치	카이제곱	비율(%)	고유치	카이제곱	비율(%)
1	0.311	866.27	12.94	0.468	1719.77	21.27	0.263	422.20	10.96
2	0.173	483.25	7.22	0.174	638.12	7.89	0.181	291.00	7.55
3	0.163	370.14	6.78	0.153	561.54	6.95	0.175	280.43	7.28
4	0.133	346.92	5.53	0.106	388.99	4.81	0.160	257.41	6.68
5	0.124	328.37	4.90	0.095	376.64	4.66	0.141	226.94	5.89
6	0.112	292.66	4.37	0.087	350.16	4.33	0.112	180.36	4.68
7	0.105	287.10	4.29	0.075	318.56	3.94	0.108	174.23	4.52
.									
.									
.									
계	2.400	6696.00	100.00	2.200	8085.00	100.00	2.400	3852.00	100.00

*1:차원(축)의 최대수는 개체수와 총범주수 중 작은 것에서 1을 뺀 수임. ① 남사와 용평의 경우: 차원수= 51(총범주수) - 1 = 50 ② 채운의 경우: 차원수= 48(총범주수) - 1 = 47

그림 4-10은 도시근교지역인 남사면의 유형화 결과인데 크게 3가지 유형으로 구분된다. 주로 제1상한을 중심으로 분포해 있는 그룹을 「마을근교형」, 제3상한과 중심축 중앙에 집중적으로 형성되어 있

는 요인군을 「저평지 답작지대형」으로, 그리고 제4상한에 전자의 두 그룹과 먼 거리에 위치한 그룹을 「경사(산간)지대형」으로 각각 분류·명명하였다.

표 4-17. 남사지역의 범주수량

번호	요 인	범주	내 용	Dim1	Dim2
1	현황지목	1	전	2.324	0.055
2		2	답	-0.234	-0.006
3	농업진흥지역	1	유(지정)	-0.163	-0.014
4		2	무(미지정)	2.600	0.216
5	접근상태	1	양호	0.184	0.573
6		2	보통	-0.118	0.132
7		3	불량	0.096	-0.454
8	접도상황	1	유	-0.134	0.020
9		2	무	2.971	-0.456
10	통작거리(m)	1	100이하	0.235	0.372
11		2	100-300	0.337	-0.789
12		3	300-500	-0.581	-0.910
13		4	500이상	-0.339	-0.385
14	용수상황	1	양호	-0.033	-0.016
15		2	보통	0.058	-0.386
16		3	불량	0.076	0.995
17	배수상황	1	양호	-0.049	-0.229
18		2	보통	0.155	-0.262
19		3	불량	0.058	0.828
20	구획형상	1	장방형	-0.085	-0.032
21		2	준장방형	-0.007	0.799
22		3	부정형	2.461	0.118
23	주변토지이용상황	1	평야(논)	-0.253	-0.030
24		2	구릉(밭)	1.919	-0.323
25		3	마을·시설	1.027	1.234
26		4	산지 등	5.705	-3.223

표 4-17. 계속

번호	요 인	범 주	내 용	Dim1	Dim2
27	경사(%)	1	0-2	-0.250	-0.299
28		2	2-7	0.295	1.213
29		3	7-15	4.720	-3.372
30		4	15이상	5.760	-2.394
31	지형	1	평탄지	-0.198	-0.080
32		2	곡간지	0.796	1.822
33		3	산록경사	1.976	2.298
34		4	산악지	5.500	-2.639
35	유효토심(cm)	1	100이상	-0.206	-0.214
36		2	50-100	0.335	0.383
37		3	20-50	0.442	0.239
38		4	20이하	-0.072	-0.033
39	적지등급	1	1급지	-0.148	-0.204
40		2	2급지	0.078	0.884
41		3	3급지	-0.333	-0.724
42		4	4급지	1.581	-0.325
43	시설규모(평)	1	300이하	1.605	-0.145
44		2	300-600	-0.056	0.305
45		3	600-900	-0.212	-0.104
46		4	900-1200	-0.321	0.229
47		5	1200이상	-0.338	-0.192
48	단지(집단)성 (평)	1	1000이하	0.833	0.439
49		2	1000-2000	-0.170	0.065
50		3	2000-3000	-0.128	0.912
51		4	3000이상	-0.422	-0.452

표 4-18. 채운지역의 범주수량

번호	요인	범주	내용	Dim1	Dim2
1	현황지목	1	전	-0.689	0.123
2		2	답	0.792	-0.141
3	농업진흥지역	1	유(지정)	1.290	0.083
4		2	무(미지정)	-0.558	-0.036
5	접근상태	1	양호	-0.042	0.757
6		2	보통	-0.659	-0.129
7		3	불량	0.496	0.034
8	접도상황	1	유	0.163	-0.054
9		2	무	-0.399	0.133
10	통작거리(m)	1	100이하	-0.431	-0.185
11		2	100-300	-0.329	-0.078
12		3	300-500	0.240	0.110
13		4	500이상	0.504	0.185
14	용수상황	1	양호	0.428	0.032
15		2	보통	0.056	-0.277
16		3	불량	-0.415	0.117
17	배수상황	1	양호	-0.227	0.020
18		2	보통	1.091	-0.363
19		3	불량	0.821	0.522
20	구획형상	1	장방형	0.328	0.033
21		2	준장방형	-0.716	0.118
22		3	부정형	-0.597	-0.226
23	주변토지이용상황	1	평야(논)	1.017	-0.050
24		2	구릉(밭)	-0.619	0.000
25		3	마을·시설	-0.710	0.194
26		4	산지 등	-	-

표 4-18. 계속

번호	요 인	범 주	내 용	Dim1	Dim2
27	경사(%)	1	0-2	1.340	0.037
28		2	2-7	-0.245	-1.011
29		3	7-15	-0.730	0.293
30		4	15이상	-0.959	0.965
31	지형	1	평탄지	1.443	0.098
32		2	곡간지	-0.516	-1.129
33		3	산록경사	-0.676	1.120
34		4	산악지	-0.959	0.965
35	유효토심(cm)	1	100이상	1.051	-0.188
36		2	50-100	-0.575	0.654
37		3	20-50	-0.805	-1.167
38		4	20이하	-	-
39	적지등급	1	1급지	1.209	-0.033
40		2	2급지	-0.579	-1.097
41		3	3급지	-0.405	0.927
42		4	4급지	-	-
43	시설규모(평)	1	300이하	-0.640	-0.150
44		2	300-600	-0.476	0.027
45		3	600-900	0.216	0.594
46		4	900-1200	1.078	-0.235
47		5	1200이상	1.396	0.114
48	단지(집단)성(평)	1	1000이하	-0.431	-0.258
49		2	1000-2000	0.034	0.419
50		3	2000-3000	0.774	-0.138
51		4	3000이상	1.257	0.217

표 4-19. 용평지역의 범주수량

번호	요인	범주	내용	Dim1	Dim2
1	현황지목	1	전	-0.330	-0.080
2		2	답	1.530	0.371
3	농업진흥지역	1	유(지정)	1.267	0.144
4		2	무(미지정)	-0.328	-0.037
5	접근상태	1	양호	0.015	-0.223
6		2	보통	0.236	0.361
7		3	불량	-0.467	-0.279
8	접도상황	1	유	0.096	-0.019
9		2	무	-0.835	0.165
10	통작거리(m)	1	100이하	-0.136	-0.062
11		2	100-300	-0.174	-0.798
12		3	300-500	0.173	-0.976
13		4	500이상	0.518	0.488
14	용수상황	1	양호	0.016	0.116
15		2	보통	0.189	-1.179
16		3	불량	-0.555	0.211
17	배수상황	1	양호	-0.016	0.075
18		2	보통	0.525	-2.013
19		3	불량	-0.233	0.264
20	구획형상	1	장방형	0.189	0.037
21		2	준장방형	-0.516	-1.273
22		3	부정형	-0.922	0.209
23	주변토지이용 상황	1	평야(논)	2.294	1.021
24		2	구릉(밭)	-0.083	0.037
25		3	마을·시설	-0.039	-0.559
26		4	산지 등	-0.418	0.208

표 4-19. 계속

번호	요 인	범 주	내 용	Dim1	Dim2
27	경사(%)	1	0-2	1.269	0.187
28		2	2-7	0.046	-1.365
29		3	7-15	-0.524	0.478
30		4	15이상	-1.049	0.668
31	지형	1	평탄지	1.234	0.236
32		2	곡간지	-0.088	-0.680
33		3	산록경사	-0.930	0.754
34		4	산악지	-1.302	0.372
35	유효토심(cm)	1	100이상	0.649	-0.670
36		2	50-100	-0.253	0.387
37		3	20-50	-1.049	0.580
38		4	20이하	0.647	0.273
39	적지등급	1	1급지	2.470	1.047
40		2	2급지	-0.734	-1.754
41		3	3급지	0.242	-0.049
42		4	4급지	-0.553	0.313
43	시설규모(평)	1	300이하	-0.180	-0.370
44		2	300-600	0.621	0.325
45		3	600-900	-0.202	-0.095
46		4	900-1200	-1.142	2.294
47		5	1200이상	-0.313	1.355
48	단지(집단)성 (평)	1	1000이하	-0.061	-0.174
49		2	1000-2000	0.891	1.390
50		3	2000-3000	-0.359	0.322
51		4	3000이상	-0.780	-0.692

그림 4-11은 평야지대인 채운면의 범주 수량의 분포상황이다. 이 결과를 바탕으로 3가지 유형으로 구분하면 다음과 같다.

제2축(Y축)의 기준선을 중심으로 상하로 제1, 4상한에 넓게 분포해 있는 그룹을 「평야(원격)지 답작지대형」, 제3상한을 중심으로 분포해 있는 그룹을 「마을근교형」, 제2상한에 몇 개의 요인(범주)들로 구성된 그룹을 「경사(구릉)지대형」으로 각각 구분하였다.

중산간지역인 용평면의 경우도 범주별 수량화 결과를 토대로 하여 시설농업의 유형을 3가지로 구분한 결과 그림 4-12와 같다.

제1, 2축 모두 양의 값을 보이고 있는 제1상한에 위치한 그룹을 「평지 답작지대형」, 제1축을 기준으로 한 좌우의 제3, 4상한에 널리 분포한 그룹을 「마을근교형」으로, 제1, 2축의 교점(0,0)과 제2상한에 집중적으로 분포해 있는 그룹을 「경사지 전작지대형」으로 구분하였다. 그러나, 중산간지의 특성상 마을(가옥)들이 경사지에 비교적 많이 위치하고 있어 「마을근교형」과 「경사지 전작지대형」간의 구분이 타 지역에 비하여 비교적 불분명하지만, 본 연구에서는 범주내용을 검토한 후 최종적인 그룹간의 구분을 설정하였다.

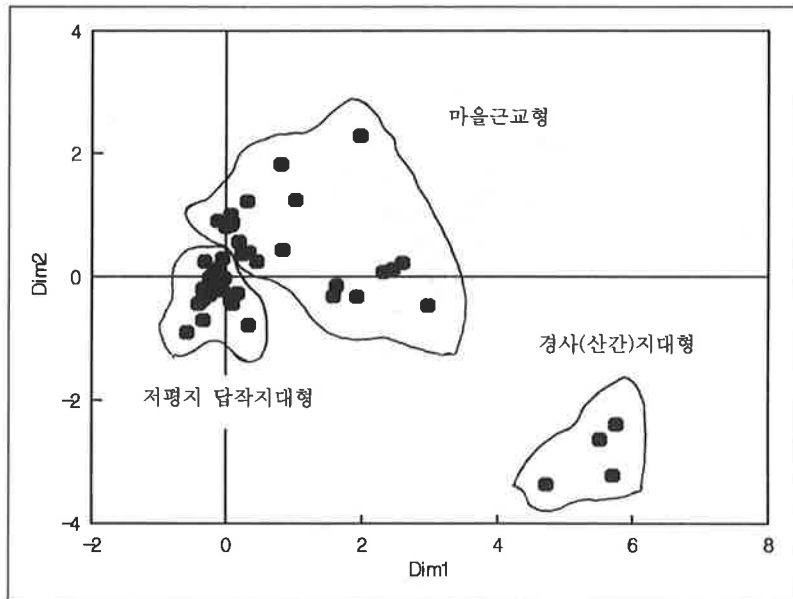


그림 4-10. 도시근교지역(남사면) 시설농업의 입지유형

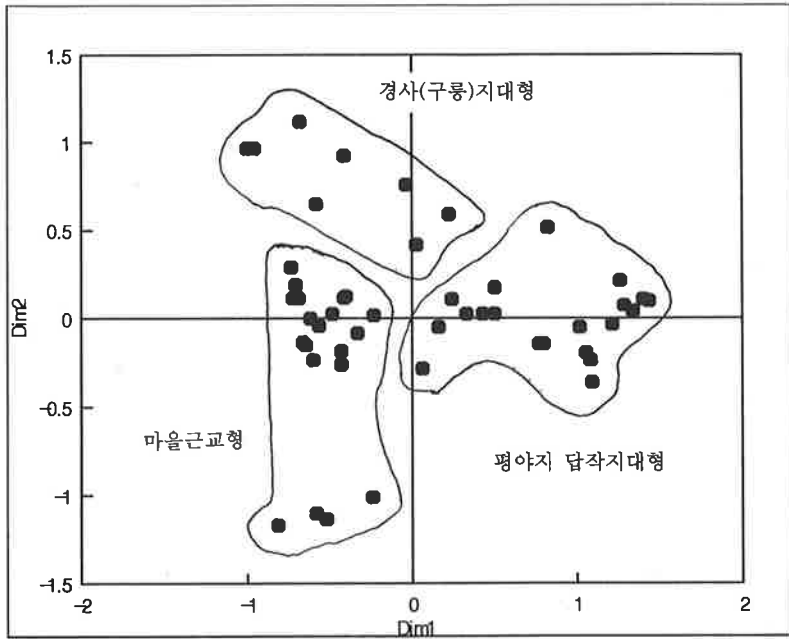


그림 4-11. 평야지역(채운면) 시설농업의 입지유형

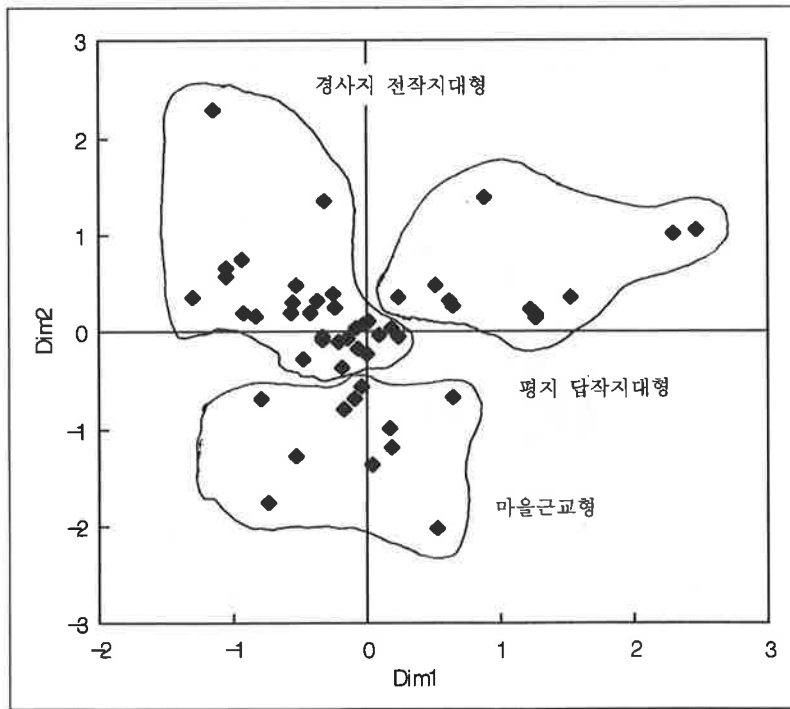


그림 4-12. 중산간지역(용평면) 시설농업의 입지유형

다. 시설농업의 입지유형별 특성

이상에서 구분·설정된 각 지역별 입지유형의 특성을 살펴보면 표 4-20과 같이 요약할 수 있다.

먼저, 도시근교지역인 남사면의 「마을근교형」은 통작거리가 가깝고 도로와 접하여 있고 구획형상은 대부분 준장방형을 띄고 있으며, 단지성이 낮은 특성을 보이고 있다. 「저평지 답작지대형」은 낮은 경사의 평야지로 경지조건이 가장 양호한 답작지대에 주로 입지해 있으나, 통작거리는 먼 반면에 시설이 대규모로 집단화되어 있는 특성을 가지고 있다. 「경사(산간)지대형」은 농업진흥지역 밖의 경지조건이 나쁜 경사(산간)지에 위치해 있다.

평야지역인 채운면의 경우, 「마을근교형」은 중간경사 및 구릉지의 마을과 인접하고 경지조건이 비교적 열악한 농업진흥지역 밖의 전작지대로 시설규모 또한 작고 단지성도 낮은 특성을 보이고 있다. 「평야(원격)지 답작지대형」은 경지 정리된 경지조건이 매우 양호한 농업진흥지역의 평야지 답작지대로 시설규모가 크고 집단성 또한 양호하나 마을(가옥)과의 거리가 매우 먼 입지특성을 보이고 있다. 「경사(구릉)지대형」은 비교적 경사가 급한 구릉·산악지대로 도로에 연결한 곳으로서 중규모이며, 단지성은 보통정도를 나타내고 있다.

마지막으로, 중산간지역인 용평면의 경우를 살펴보면 「마을근교형」은 중간급 경사지의 마을에 근접해 있으며, 준장방형의 구획형상이 비교적 많은 편이고 적지등급은 주로 2급지로 경지조건은 보통정도의 수준을 보이고 있다. 「평지 답작지대형」은 표고는 높은 편이나 경사가 완만한 평탄지의 답작지대로 경지조건이 양호한 농업진흥지역내의 적지등급 1급지에 대부분 분포해 있으나 통작거리는 비교적

면 편이고 시설규모와 단지성은 보통수준을 보이고 있다. 「경사지 전작지대형」은 시설규모가 대·중·소규모의 다양성을 보이고 있으며, 단지성과 용수조건 등도 다양한 양상을 보이고 있다. 이는 산간지의 전작지대임에도 불구하고 밭기반 정비 등의 유무에 따라 상당한 조건의 차이를 보이고 있음을 나타내고 있다. 즉, 시설농업을 위한 정비, 또는 밭기반 정비가 이루어진 곳은 평지보다 시설규모도 클 뿐만 아니라 단지성, 용수조건 등이 양호하기 때문이다.

이상과 같이 각 지역별 입지유형을 살펴보았는데, 유형의 명칭은 비슷하지만 지역에 따라 입지특성이 상이함을 알 수 있고, 또한 분포상태도 상당한 차이를 보이고 있다.

상기의 각 지역별 3가지 유형에 따라 개체(시설)변량을 토대로 하여 시설들의 유형을 구분한 결과는 다음과 같다.

도시근교지역인 남사면은 그림 4-13과 같이, 「저평지 답작지대형」이 전체 186개 중 155개(83.3%)로 가장 많은 분포를 보이고 있으며, 「마을근교형」이 27개로 14.5%를 차지하고 있다. 그러나, 「경사(산간)지대형」은 4개(2.2%)로 가장 낮은 점유율을 보이고 있다. 이 지역에서는 경지조건이 양호한 저평지에 대부분 집단적으로 시설농업이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

평야지역인 채운면의 경우 그림 4-14와 같이, 전체 시설수 245개 중 「마을근교형」 36.3%, 「평야(원격)지 답작지대형」 29.0%, 「경사(구릉)지대형」 34.7% 등으로 3가지 유형에 비교적 고른 분포를 보이고 있다.

중산간지역인 용평면은 그림 4-15와 같이, 전체 107개 시설 중 「경사지 전작지대형」이 가장 많은 47개(43.9%), 「마을근교형」이 33개(30.9%), 「평지 답작지대형」이 27개(25.2%) 등의 순으로 나타나, 중

산간지의 지형적 특성을 잘 반영해 주고 있다.

표 4-20. 입지유형별 특성

지역	유형	특성	시설수
도시 근교 (남사) 총 시설수 :186개 (100%)	마을근교형	마을과 인접하며 통작거리가 가까움, 도로와 접함, 구획형상 준장방형, 용배수불량, 중간정도의 경사(곡간지), 단지성 낮은 편임	27개 (14.5%)
	저평지 답작지대형	낮은 경사의 평야지로 주로 답작지대임, 통작거리가 멀고 용배수 양호, 대규모 시설로 단지성 높은 편임, 경지정리가 되어 구획형상은 대부분 장방형으로 양호함	155개 (83.3%)
	경사(산간) 지대형	경사 급하고 산악지대로 농업진흥지역 밖임, 소규모의 시설이며 구획형상은 대부분 부정형임, 적지등급 4급지임	4개 (2.2%)
평야 (채운) 총 시설수 :245개 (100%)	마을근교형	중간경사 및 구릉지의 마을과 인접하고 통작거리가 가까움, 준장방형·부정형의 전작지대에 비교적 많은 시설이 위치하고 있으며, 시설규모가 작고 단지성 또한 낮은 편임, 농업진흥지역밖이 대부분임	89개 (36.3%)
	평야(원격)지 답작지대형	저평지의 답작지대로 적지등급 1급지임, 통작거리가 멀고 용배수 양호, 보통, 불량 등 다양함, 대부분 도로에 접하고 있으나 접근상태는 비포장 등으로 불량함, 경지 정리된 장방형으로 대부분 농업진흥지역내임, 시설규모 큰 편이며 집단성이 양호함	71개 (29.0%)
	경사(구릉) 지대형	비교적 경사가 급한 구릉·산악지대임, 접근상태는 2차선 포장 간선도로 등에 접하고 있어 양호한 편임, 중규모 시설이며 단지성도 보통정도임, 적지등급 3급지가 많이 분포해 있음	85개 (34.7%)
중산간 (용평) 총 시설수 :107개 (100%)	마을근교형	보통경사지대의 마을에 인접하고 있으나, 통작거리는 보통정도임, 구획형상은 비교적 준장방형이 많으며, 적지등급은 2급지임	33개 (30.9%)
	평지 답작지대형	경사가 완만한 평탄지의 답작지대이며 농업진흥지역내가 많은 편으로 적지등급 1급지임, 통작거리는 비교적 먼 곳임, 시설규모 및 단지성은 보통수준임	27개 (25.2%)
	경사지 전작지대형	경사지의 전작지대임, 시설은 대·중·소규모로 다양하며, 단지성과 용수조건 등도 다양한 편임, 주로 준농림지역으로 적지등급 3, 4급지가 많음, 시설농업을 위한 정비유무에 따라 현격한 차이를 보이고 있음	47개 (43.9%)

4

- * 경사 (산간) 지대형
- 저평지 담작 지대형
- ▲ 마을 근교형

- == 2차선 도로
- 소로
- 수로

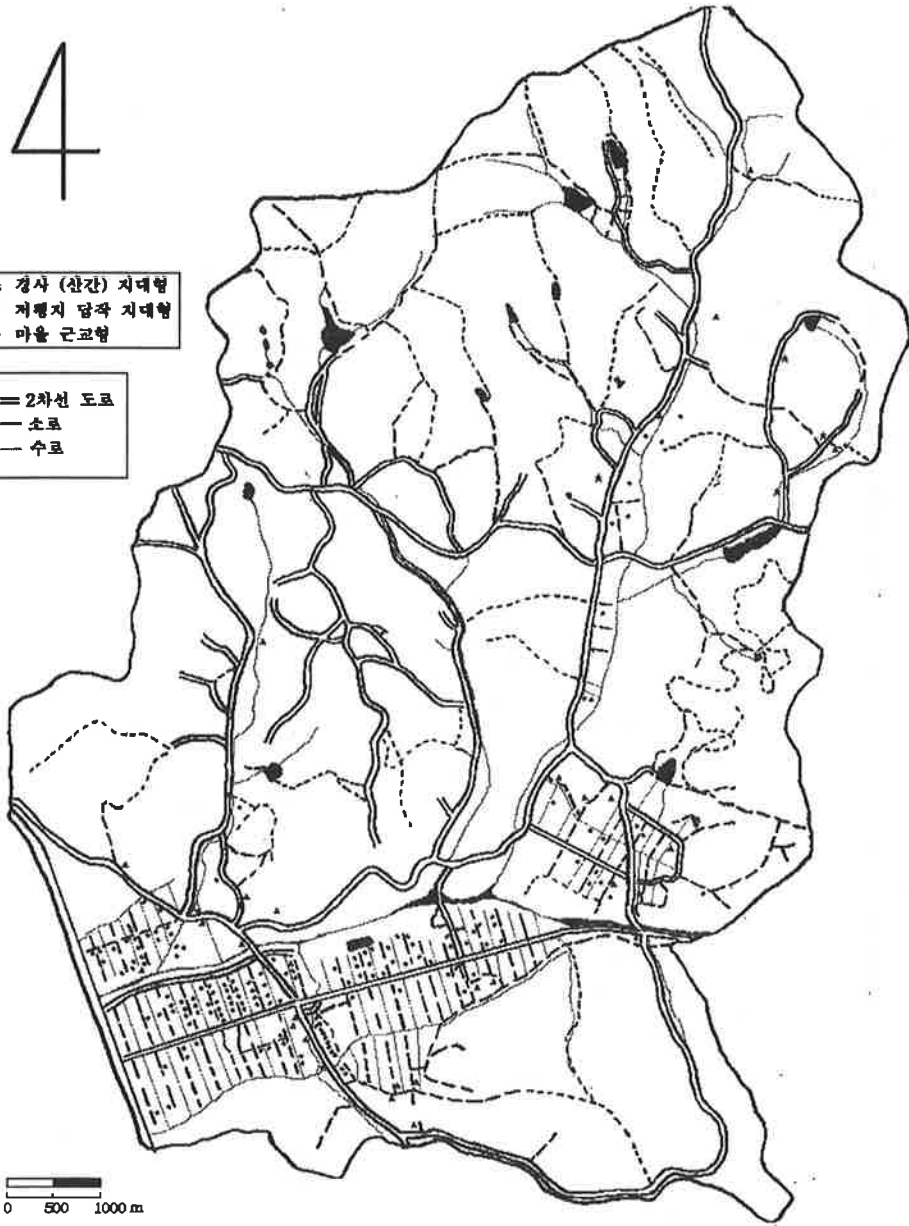


그림 4-13. 도시근교지역(남사면) 시설농업의 입지유형별 분포도

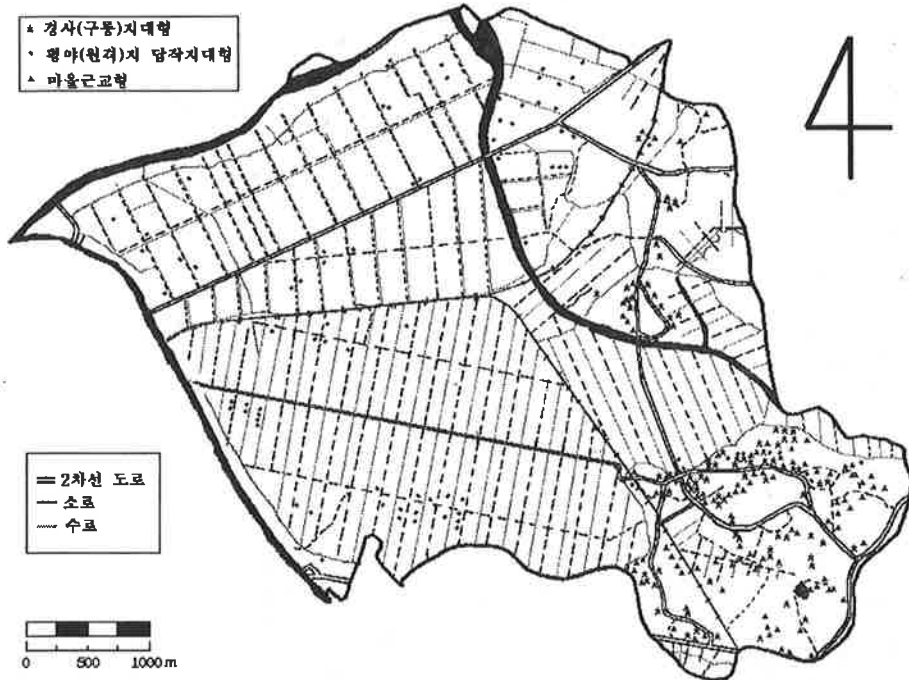


그림 4-14. 평야지역(채운면) 시설농업의 입지유형별 분포도

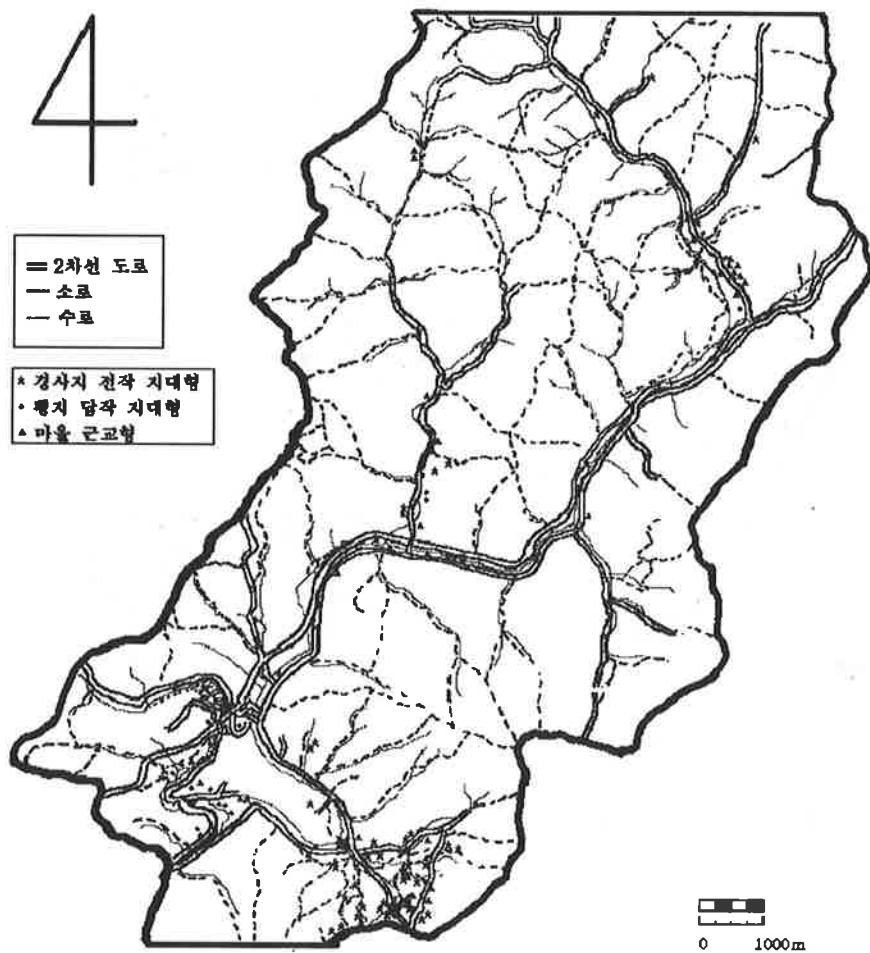


그림 4-15. 중산간지역(용평면) 시설농업의 입지유형별 분포도

제4절 시설농업의 적지평가모델 개발

1. 시설농업 적지분석을 위한 평가목표 체계 설정

시설농업 입지적성 분석을 위한 평가목표 체계는 대, 소분류의 2 단계로 구분하였고, 소분류에 대한 각각의 기준을 마련하였다. 이는 1차적으로 각종 참고문헌과 예비조사 등을 거쳐 연구자에 의한 시안이 마련되었고, 1차 시안을 토대로 시설농업, 농촌계획, 농공, 농촌사회, 농업경제 등 각계의 전문가들로 구성된 전문가회의를 통하여 최종적으로 시설농업 적지분석을 위한 평가목표 체계를 설정하였다.

표 4-21, 표 4-22, 표 4-23에서 보는 바와 같이 대분류 항목에는 시설 특성적 요소, 생산 기반적 요소, 자연 입지적 요소로 구분하였으며, 대분류 항목별로 각각의 소분류 항목을 설정하였다.

시설 특성적 요소에는 지목현황, 구획형상, 구획규모, 단지화 가능성, 평균 필지규모, 필지(장변)방향 등을 선정하였고, 생산 기반적 요소에는 농업진흥지역 지정 유무, 진입도로 접근상태, 최근접 마을 거리, 용수상황, 배수상황 등을 선정하였다. 자연 입지적 요소에는 경사(지형), 일조상태, 자연재해, 토양조건 등이 각각 시설농업 적지분석을 위한 소분류 항목으로 선정되었다. 또 각 소분류 항목별로 각각의 해당 범주(category)를 작성하여 세부적인 분류기준을 마련하였다.

2. 평가방정식(모델) 구축 기법

가. 실수평가법

실수평가법은 기 구축된 시설농업 입지적성평가목표체계를 바탕으로 각각의 평가요인들이 시설농업의 입지적성을 평가하는데 어느 정도 중요한가의 정도를 실수(점수)로 표현하는 절대평가 방법이다. 본 연구에서는 중요성의 척도를 그 정도에 따라 최저 0점에서부터 보통을 50점, 100점을 최고점(만점)으로 하였다. 이렇게 평가된 점수를 평균하여 각 계층, 항목간에 표준화하여 다음 식과 같이 그 중요도를 환산하였다.

$$w_i = (x_i / \sum x_i) \times 100 \quad \text{-----} \quad (\text{식 4-1})$$

여기서, w_i 는 항목 i 의 중요도, x_i 는 항목 i 의 실수평가치이다.

나. 비율평가법

비율평가법도 실수평가법과 마찬가지로 기 구축된 각 시설농업 입지적성평가목표체계를 토대로 하여 각 평가요인들이 시설농업의 입지적성을 평가하는데 어느 정도 중요성을 띄고 있는가를 나타내는 방법인데, 본 방법은 각 평가목표 체계별로 상대평가를 실시하여 계층별 일정한 비율로 표현하는 방법이다. 본 연구에서는 각각의 총합이 100이 되도록 평가하였다. 중요도 산정은 각 계층, 항목간의 평균값으로 구할 수 있다.

다. AHP법

AHP는 Saaty(1980)에 의해 개발된 기법으로 복수의 판단기준을 토대로 하여 몇 개의 대체안 중에서 최선의 대안을 선택하는 의사 결정기법이다(刀根,1986).

동 기법은 ① 문제의 계층적 구조화, ② 쌍쌍비교행렬을 이용한 중요도 산정 이론, ③ 쌍쌍비교행렬의 추정방법, ④ 특성치의 계층간 변환에 의한 대체안 비교 등의 내용을 포함하고 있다.

이 중 시설농업의 적지평가모델개발에 따른 평가항목(요소)간의 중요도 산정에는 ②, ③을 응용하였으며, 각 평가항목의 중요성을 나타내는 쌍쌍비교행렬을 이용한 중요도의 결정은 본 기법의 최대 특징이다.

각 평가요소간 쌍쌍비교결과에 대하여 다음 예시와 같은 평가척도를 부여함으로써 수치화 할 수 있다.

A와 B가 동일	1		
A가 B보다 약간 중요	3	B가 A보다 약간 중요	1/3
A가 B보다 중요	5	B가 A보다 중요	1/5
A가 B보다 매우 중요	7	B가 A보다 매우 중요	1/7
A가 B보다 절대적 중요	9	B가 A보다 절대적 중요	1/9

이렇게 구해진 쌍쌍비교치에서 $n \times n$ (n 은 비교하는 하위 평가항목의 수)행렬 $A = [a_{ij}]$ 를 만들고 이 행렬에서 각 요소별 중요도를 구하게 된다.

여기서, n 개의 평가항목($a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$)의 상대적 중요도를

$w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ 이라고 하면, a_{ij} 및 a_{ji} 의 쌍쌍비교치는 다음과 같이 치환할 수 있다.

$$a_{ij} = w_i/w_j \quad a_{ji} = w_j/w_i \quad \dots \quad (\text{식 4-2})$$

(식 4-2)식을 이용하여 쌍쌍비교행렬 A 는 다음의 (식 4-3)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$A = (a_{ij}) = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_3 & \dots & w_2/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & \cdot \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_3 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \cdot (\text{식 4-3})$$

(2)식의 행렬 A 에 중요도 벡터 $W(w_1, w_2, w_3, \dots, w_n)$ 를 곱하면

$$AW = nW \quad \dots \quad (\text{식 4-4})$$

이 된다.

(식 4-4)식을 다시

$$(A - nI)W = 0 \quad \dots \quad (\text{식 4-5})$$

로 변형하면 통상의 고유치 문제에 귀착하게 된다.

여기서, n 은 A 의 고유치, W 는 A 의 고유벡터이며, (식 4-5)식에서

구한 A의 최대 고유치 λ_{\max} 에 대한 고유벡터가 중요도(Weight)의 추정치이다.

n개 평가항목의 중요도(Weight) 합계가 1이 되도록 추정치의 수치를 환산하면 각 평가항목의 중요도를 구할 수 있다.

그런데, 쌍쌍비교행렬에서 회답자가 각 평가항목의 상대적 중요성에 일관된 회답을 하지 못할 경우는 쌍쌍비교행렬 A의 정합성이 낮아 중요도 W의 추정 정도가 낮아지게 된다. 따라서, 회답의 정합성을 평가하기 위한 지표로서 (식 4-6)식과 같이 정합도(CI ; Consistency Index)를 구하여 사용할 수 있다.

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) \quad \dots \quad (\text{식 4-6})$$

회답이 완전한 정합성을 가진다면 n의 추정치인 λ_{\max} 과 n이 같은 경우로 이 때의 CI는 0이 되며, 회답의 정합성이 낮을수록 λ_{\max} 이 n보다 커지게 되어 CI도 커지게 된다. 일반적으로 CI가 0.15 이하이면 정합성이 비교적 양호한 것으로 판단하고 있다(相川,1998).

이상에서 살펴본 AHP기법은 절차가 비교적 간단하고 이해하기 쉽고, 판단의 정합성을 최초부터 요하지 않으며, 감각적인 평가항목의 취급이 가능하다는 등의 장점을 지니고 있는데, AHP를 응용한 시설농업의 적지평가모델 개발에 따른 중요도 평가기법의 특징으로는, ① 중요도계수 산정 절차의 객관화, ② 평가의 정교함, ③ 판단자의 상이점을 명확화, ④ 정합성계수에 의한 신뢰성 추정, ⑤ 계층적 평가구조에 의해 쌍쌍비교의 용이 등을 들 수 있다.

전문가집단과 농업종사자로부터 조사·취득한 자료(평가항목별 중요도의 쌍쌍비교 결과)를 토대로 본 연구에서 수정·개발한 AHP분

석 프로그램에 입력하여 평가자 개인별 자료구축과 분석을 실시하고 전체적인 집계와 평균과정 등을 거쳐 시설농업 적지평가항목의 중요도에 대한 최종 평가결과를 도출하였다.

AHP분석 절차의 기본적인 흐름은 그림 4-16 과 같이 평가항목설정, AHP분석, 집계 등의 주메뉴에서 각각의 하위메뉴를 구성하여 각 단계별 연계 또는 독립적인 작업이 가능하도록 하였으며, PC를 통한 개인적인 대화식 처리가 가능하도록 Visual Basic(Windows용) 및 Quick Basic (DOS용) 언어를 사용하여 분석시스템을 구축하였다.

3. 조사방법

시설농업 입지적성 분석을 위한 평가목표 체계를 바탕으로 각각의 시설농업 입지적성평가요인에 대한 중요도를 산정하기 위하여 ① 실수평가법, ② 비율평가법, ③ AHP법 각각의 설문조사표를 마련하여 시설농업(원예 및 환경조절), 농촌계획, 농공, 농촌사회, 농업경제 등의 학계 및 연구기관의 전문가(12인)와 농촌지도소의 행정전문가(12인)를 중심으로 평가 전문가집단을 구성하였다. 또한, 농업현장의 시설농업 종사자(도시근교, 평야, 중산간 지역 각각 25명)를 대상으로 각각 설문조사를 실시하였다. 전문가집단에게는 충분한 요령이 설명된 조사지를 송부하여 우편조사 하였으며, 농업종사자에게는 사전에 조사교육을 받은 조사자가 직접 면담조사 하였다.

4. 시설농업의 입지적성평가 모델 개발

가. 평가기법에 따른 지역특성별 시설농업 입지적성평가 모델

평가모델의 특성을 지역특성별로 살펴보면, 표 4-21과 표 4-22에서 보는 바와 같이 도시근교지역과 평야지역의 경우, 실수평가법은 대분류 항목인 시설 특성적 요소, 생산 기반적 요소, 자연 입지적 요소의 중요도를 3가지 요소 모두 거의 비슷하게 평가되고 있는 반면, 비율평가법과 AHP법은 정도의 차이는 있지만 생산 기반적 요소, 시설 특성적 요소, 자연 입지적 요소 순으로 중요성의 정도를 각각 다르게 평가하고 있다. 소분류 항목을 살펴보면, 평가기법별 중요도의 대소간에는 약간의 차이를 보이고 있지만 시설 특성적 요소에서는 단지화 가능성, 필지방향, 평균필지규모 등이 비교적 높은 중요성을 보이고 있는 반면, 지목현황, 구획형상 등은 가장 낮은 중요도를 나타내고 있다. 생산 기반적 요소에는 용수상황과 배수상황이 가장 높은 중요도를 보인 반면, 농업진흥지역 지정 유무, 최근접 마을거리 등이 낮은 중요성을 보이고 있다. 자연 입지적 요소에는 일조상태, 토양조건 등이 비교적 높은 중요성을 보이고 있고 경사 등이 대체로 낮은 중요도를 보였다.

분류기준별 중요도를 살펴보면, 대분류 항목, 소분류 항목과 마찬가지로 실수평가법이 각각의 중요도의 정도 차이를 적게 나타낸 반면, 비율평가법과 AHP법은 중요도의 정도 차이를 크게 두고 있음을 알 수 있다.

표 4-23은 중산간 지역의 결과를 나타낸 것인데 실수평가법이 중요성의 정도 차이를 적게 인정한 반면 비율평가법과 AHP법은 비교적 크게 나타나 각 평가기법에 따른 전체적인 양상은 앞서 살펴본 도시근교지역, 평야지역과 동일한 양상을 보여 주고 있다. 그러나 중산간지역의 평가모델 특성을 살펴보면, 지리·지형적인 특성상 앞서 살펴본 두 지역과는 달리 자연 입지적 요소가 가장 높은 중요

도를 보였고, 그 다음이 생산 기반적 요소, 시설 특성적 요소 순이었다. 소분류 항목을 살펴보면 시설 특성적 요소에는 단지화 가능성, 필지방향 등이 비교적 높은 중요도를 보인 반면 지목현황, 구획형상 등이 낮은 중요성을 나타내고 있다. 생산 기반적 요소에는 용수상황과 배수상황이 가장 높은 중요도를 보이고 있으며 농업진흥지역 지정 유무, 최근접 마을거리 등이 낮은 중요도를 나타내었다. 자연 입지적 요소에는 전체적으로 80(평균)이상의 높은 중요도를 보였지만 이 중 일조상태, 자연재해 등이 가장 높은 중요성을 보이고 있는 반면, 경사, 토양조건 등이 비교적 낮은 중요성을 보이고 있다. 분류기준별 중요도를 살펴보면, 도시근교 및 평야지역의 특성과 거의 동일하게 나타났으며 기법간의 특성은 대분류 항목, 중분류 항목과 마찬가지로 실수평가법이 각각의 중요도의 정도 차이가 적게 나타났고 비율평가법과 AHP법이 중요도의 정도 차이를 크게 두고 있음을 알 수 있다.

이상의 특성들을 종합적으로 정리해 보면, 도시근교지역, 평야지역, 중산간지역 등 지역특성과 중요도를 결정하는 평가기법에 따라 시설농업의 입지적성평가모델은 어느 정도 상이함을 보여주고 있다. 먼저, 실수평가법은 비율평가법과 AHP법에 비해 대분류·소분류 항목, 분류기준 모두 중요도 차이를 비교적 적게 나타내고 있음을 알 수 있는데, 이는 실수평가법이 절대평가인 반면, 후자의 두 방법은 상대평가의 개념을 띄고 있기 때문에 절대평가에서는 항목간의 비교를 바탕으로 하지 않고 개개의 항목 자체만을 대상으로 평가하기 때문에 그 차이를 비교적 적게 인정하는 결과로 나타났고, 반면에 상대평가 방법인 비율평가법과 AHP법의 경우는 각각의 항목을 반드시 비교하면서 평가해야 하기 때문에 절대평가보다 정도의 차

이를 크게 나타낸 것으로 판단된다.

또 계층별 특성을 요약해 보면, 대분류 항목에서는 도시근교 및 평야지역은 생산기반적 요소, 시설 특성적 요소, 자연입지적 요소 순으로 나타났지만, 중산간지역은 자연 입지적 요소가 가장 높은 중요도를 보여 지역특성에 따라 요소간의 상이함을 잘 보여 주고 있다. 반면, 소분류 항목과 분류기준에서는 3지역 모두 전체적인 중요도가 비슷한 경향을 나타내고 있다. 그리고, 3지역 모두 “대분류 항목”과 중분류 항목중의 “생산기반적 요소”가 각 기법간의 차이(유의 수준 $p < 0.05$)가 인정되는 것으로 나타났고, 분류기준에서는 기법간의 유의차를 보이고 있지 않았다.

나. 평가자 집단에 따른 지역특성별 시설농업 적지평가 모델

평가자 집단은 학계 및 행정전문가 등의 전문가집단과 농업종사자 집단의 두 집단으로 나누어 평가하였다. 그 결과 표 4-21 ~ 표 4-26과 같이 평가자 집단간의 상당한 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 도시근교지역을 살펴보면, 전문가 집단은 생산기반적 요소, 자연 입지적 요소, 시설 특성적 요소 순으로 나타났지만, 농업종사자 집단은 시설 특성적 요소, 생산기반적 요소, 자연 입지적 요소의 순으로 그 중요도의 우선 순위를 보이고 있다. 그러나, 평야지역은 두 집단 모두 비슷한 양상으로 생산기반적 요소, 시설 특성적 요소, 자연 입지적 요소 순으로 나타났다. 중산간지역은 우선 순위 자체는 동일한 양상을 보이고 있지만, 그 정도는 차이를 보이고 있다. 즉, 전문가집단은 자연 입지적 요소가 598로 타 요소에 비해 2배 이상의 중요도를 보였지만, 농업종사자집단에서는 커다란 차이가 나타나

지 않았다.

소분류 항목의 중요도 특징을 살펴보면, 도시근교지역과 평야지역은 용배수 상황과 일조상태가 비교적 높은 중요도를 보이고 있으며, 중산간지역은 일조상태, 자연재해, 토양조건, 용수상황, 경사 등의 순으로 나타났다. 반면, 지목현황, 농업진흥지역 지정유무, 최근접마을거리 등은 3지역 모두 가장 낮은 중요도를 보였다.

분류기준상의 특징을 살펴보면, 도시근교 및 중산간지역은 밭이 논보다 약간 더 중요한 시설적지임을 나타냈지만, 평야지역은 논이 밭보다 훨씬 더 중요한 시설적지임을 보여주고 있다. 구획규모는 농가집단의 경우 대체로 1ha미만의 작은 쪽에, 규모가 작을수록 그 중요도는 높게 나타났지만, 전문가집단은 3-5ha 전후에 높은 중요도를 평가했다. 평균 필지규모는 크면 클수록 비교적 높은 중요도를 보이고 있으며, 농업진흥지역 지정유무에 따라 도시근교 및 중산간지역은 농업진흥지역이 높게 나타났지만, 평야지역과는 반대의 양상을 띄고 있다.

표 4-21. 전문가집단 평가에 의한 도시근교지역 시설농업 적지평가 모델(AHP법)

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1.시설특성적 요소	214	1.1 지목현황	14	1.1.1 전	1.00
				1.1.2 답	0.89
		1.2 구획형상	27	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.43
				1.2.3 부정형	0.13
		1.3 구획규모 ^{주1)}	36	1.3.1 1ha(정보) 미만	0.45
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.87
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	1.00
				1.3.4 5ha(정보) 이상	0.80
		1.4 단지화 가능성	51	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.14
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.26
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.56
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	37	1.5.1 300평 미만	0.23
				1.5.2 300 - 600평	0.43
				1.5.3 600 - 900평	0.69
1.5.4 900평 이상	1.00				
1.6 필지(장변) 방향	49	1.6.1 남 - 북	0.89		
		1.6.2 남서 - 북동	0.37		
		1.6.3 동 - 서	1.00		
		1.6.4 북서 - 남동	0.38		
2.생산기반적 요소	406	2.1 농업진흥 지역	28	2.1.1 유(지정)	1.00
				2.1.2 무(미지정)	0.75
		2.2 진입도로 접근상태	68	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.38
				2.2.3 불량	0.14
		2.3 최근접 마을 거리	53	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.76
				2.4.3 500-800m	0.39
				2.4.4 800m 이상	0.22
		2.4 용수상황	143	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.29
				2.5.3 불량	0.12
		2.5 배수상황	114	2.6.1 양호	1.00
				2.6.2 보통	0.29
				2.6.3 불량	0.12

표 4-21. 계속

대분류 항목		소분류 항목		분류기준	
3.자연입지적 요소	380	3.1 경사 (지형)	63	3.1.1 0-2%(평탄)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.46
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.16
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.09
		3.2 일조상태	148	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.28
				3.2.3 불량	0.08
		3.3 자연재해	99	3.3.1 빈번함	0.26
				3.3.2 가끔 있음	0.34
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	70	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.37
				3.4.3 불량	0.15
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지”로 정의하였음. 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음. 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 각 요소를 나누어 正規化시킨 것임

표 4-22. 전문가집단 평가에 의한 평야지역 시설농업 적지평가모델(AHP법)

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1.시설특성적 요소	311	1.1 지목현황	24	1.1.1 전	0.88
				1.1.2 답	1.00
		1.2 구획형상	42	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.44
				1.2.3 부정형	0.15
		1.3 구획규모 ^{주1)}	47	1.3.1 1ha(정보) 미만	0.25
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.69
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	0.68
				1.3.4 5ha(정보) 이상	1.00
		1.4 단지화 가능성	84	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.15
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.29
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.51
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	61	1.5.1 300평 미만	0.11
				1.5.2 300 - 600평	0.27
				1.5.3 600 - 900평	0.50
				1.5.4 900평 이상	1.00
		1.6 필지(장변) 방향	53	1.6.1 남 - 북	0.98
				1.6.2 남서 - 북동	0.43
1.6.3 동 - 서	1.00				
1.6.4 북서 - 남동	0.30				
2.생산기반적 요소	401	2.1 농업진흥 지역	39	2.1.1 유(지정)	1.00
				2.1.2 무(미지정)	0.96
		2.2 진입도로 접근상태	59	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.34
				2.2.3 불량	0.10
		2.3 최근접마을 거리	52	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.68
				2.4.3 500-800m	0.44
				2.4.4 800m 이상	0.36
		2.4 용수상황	130	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.28
				2.5.3 불량	0.08
		2.5 배수상황	121	2.6.1 양호	1.00
				2.6.2 보통	0.28
				2.6.3 불량	0.09

표 4-22. 계속

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준	
3.자연입지적 요소	288	3.1 경사 (지형)	43	3.1.1 0-2%(평탄)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.46
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.20
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.16
		3.2 일조상태	92	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.31
				3.2.3 불량	0.11
		3.3 자연재해	97	3.3.1 빈번함	0.35
				3.3.2 가끔 있음	0.37
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	56	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.32
				3.4.3 불량	0.14
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지”로 정의하였음. 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음. 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 각 요소를 나누어 正規化시킨 것임

표 4-23. 전문가집단 평가에 의한 중산간지역 시설농업 적지평가 모델(AHP법)

대분류항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1. 시설특성적 요소	172	1.1 지목현황	14	1.1.1 전	1.00
				1.1.2 답	0.75
		1.2 구획형상	23	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.44
				1.2.3 부정형	0.19
		1.3 구획규모 ^{주1)}	30	1.3.1 1ha(정보) 미만	0.73
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.89
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	0.99
				1.3.4 5ha(정보) 이상	1.00
		1.4 단지화 가능성	33	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.32
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.39
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.62
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	33	1.5.1 300평 미만	0.23
				1.5.2 300 - 600평	0.49
				1.5.3 600 - 900평	0.68
1.5.4 900평 이상	1.00				
1.6 필지(장변) 방향	39	1.6.1 남 - 북	0.90		
		1.6.2 남서 - 북동	0.39		
		1.6.3 동 - 서	1.00		
		1.6.4 북서 - 남동	0.33		
2. 생산기반적 요소	230	2.1 농업진흥 지역	17	2.1.1 유(지정)	1.00
				2.1.2 무(미지정)	0.85
		2.2 진입도로 접근상태	53	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.34
				2.2.3 불량	0.13
		2.3 최근접마을 거리	28	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.64
				2.4.3 500-800m	0.45
				2.4.4 800m 이상	0.21
		2.4 용수상황	74	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.30
				2.5.3 불량	0.09
		2.5 배수상황	58	2.6.1 양호	1.00
2.6.2 보통	0.34				
2.6.3 불량	0.13				

표 4-23. 계속

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준	
3.자연입지적 요소	598	3.1 경사 (지형)	135	3.1.1 0-2%(평탄)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.51
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.27
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.21
		3.2 일조상태	197	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.31
				3.2.3 불량	0.10
		3.3 자연재해	173	3.3.1 빈번함	0.41
				3.3.2 가끔 있음	0.45
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	93	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.35
				3.4.3 불량	0.16
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지”로 정의하였음. 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음. 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 각 요소를 나누어 正規化시킨 것임

표 4-24. 시설농업종사자의 평가에 의한 도시근교지역 시설농업 적지평가 모델
(AHP법)

대분류항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1. 시설특성적 요소	426	1.1 지목현황	65	1.1.1 전	1.00
				1.1.2 답	0.97
		1.2 구획형상	74	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.25
				1.2.3 부정형	0.10
		1.3 구획규모 ^{주1)}	70	1.3.1 1ha(정보) 미만	1.00
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.48
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	0.26
				1.3.4 5ha(정보) 이상	0.22
		1.4 단지화 가능성	68	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.35
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.32
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.60
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	77	1.5.1 300평 미만	0.71
				1.5.2 300 - 600평	0.52
				1.5.3 600 - 900평	0.76
				1.5.4 900평 이상	1.00
		1.6 필지(장변) 방향	72	1.6.1 남 - 북	1.00
1.6.2 남서 - 북동	0.32				
1.6.3 동 - 서	0.87				
1.6.4 북서 - 남동	0.22				
2. 생산기반적 요소	360	2.1 농업진흥 지역	28	2.1.1 유(지정)	1.00
				2.1.2 무(미지정)	0.74
		2.2 진입도로 접근상태	85	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.26
				2.2.3 불량	0.09
		2.3 최근접마을 거리	38	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.49
				2.4.3 500-800m	0.28
				2.4.4 800m 이상	0.23
		2.4 용수상황	119	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.33
				2.5.3 불량	0.09
		2.5 배수상황	90	2.6.1 양호	1.00
				2.6.2 보통	0.25
				2.6.3 불량	0.08

표 4-24. 계속

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준	
3.자연입지적 요소	214	3.1 경사 (지형)	41	3.1.1 0-2%(평탄)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.41
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.14
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.11
		3.2 일조상태	72	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.25
				3.2.3 불량	0.08
		3.3 자연재해	49	3.3.1 빈번함	0.18
				3.3.2 가끔 있음	0.27
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	52	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.37
				3.4.3 불량	0.11
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지” 로 정의하였음. 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음. 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 正規化시킨 것임

표 4-25. 시설농업 종사자의 평가에 의한 평야지역 시설농업 적지평가모델
(AHP법)

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1.시설특성적 요소	320	1.1 지목현황	36	1.1.1 전	0.45
				1.1.2 답	1.00
		1.2 구획형상	48	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.24
				1.2.3 부정형	0.10
		1.3 구획규모 ^{주1)}	57	1.3.1 1ha(정보) 미만	1.00
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.28
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	0.14
				1.3.4 5ha(정보) 이상	0.13
		1.4 단지화 가능성	39	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.18
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.28
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.63
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	59	1.5.1 300평 미만	1.00
				1.5.2 300 - 600평	0.58
				1.5.3 600 - 900평	0.43
				1.5.4 900평 이상	0.60
		1.6 필지(장변) 방향	81	1.6.1 남 - 북	1.00
1.6.2 남서 - 북동	0.36				
1.6.3 동 - 서	0.93				
1.6.4 북서 - 남동	0.35				
2.생산기반적 요소	395	2.1 농업진흥 지역	35	2.1.1 유(지정)	0.73
				2.1.2 무(미지정)	1.00
		2.2 진입도로 접근상태	62	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.28
				2.2.3 불량	0.09
		2.3 최근접마을 거리	45	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.35
				2.4.3 500-800m	0.14
				2.4.4 800m 이상	0.10
		2.4 용수상황	142	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.30
				2.5.3 불량	0.13
		2.5 배수상황	111	2.6.1 양호	1.00
				2.6.2 보통	0.25
				2.6.3 불량	0.12

표 4-25. 계속

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준	
3.자연입지적 요소	285	3.1 경사 (지형)	54	3.1.1 0-2%(평탄)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.28
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.11
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.09
		3.2 일조상태	70	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.22
				3.2.3 불량	0.09
		3.3 자연재해	41	3.3.1 빈번함	0.15
				3.3.2 가끔 있음	0.31
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	120	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.27
				3.4.3 불량	0.08
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지” 로 정의하였음. 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음. 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 正規化시킨 것임

표 4-26. 시설농업 종사자의 평가에 의한 중산간지역 시설농업 적지평가 모델
(AHP법)

대분류항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1.시설특성적 요소	276	1.1 지목현황	30	1.1.1 전	1.00
				1.1.2 답	0.93
		1.2 구획형상	49	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.26
				1.2.3 부정형	0.15
		1.3 구획규모 ^{주1)}	50	1.3.1 1ha(정보) 미만	1.00
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.54
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	0.15
				1.3.4 5ha(정보) 이상	0.15
		1.4 단지화 가능성	66	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.37
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.41
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.54
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	40	1.5.1 300평 미만	1.00
				1.5.2 300 - 600평	0.71
				1.5.3 600 - 900평	0.79
				1.5.4 900평 이상	0.75
		1.6 필지(장변) 방향	41	1.6.1 남 - 북	1.00
1.6.2 남서 - 북동	0.36				
1.6.3 동 - 서	0.95				
1.6.4 북서 - 남동	0.34				
2.생산기반적 요소	345	2.1 농업진흥 지역	18	2.1.1 유(지정)	1.00
				2.1.2 무(미지정)	0.57
		2.2 진입도로 접근상태	63	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.35
				2.2.3 불량	0.10
		2.3 최근접마을 거리	53	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.47
				2.4.3 500-800m	0.27
				2.4.4 800m 이상	0.23
		2.4 용수상황	116	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.27
				2.5.3 불량	0.08
		2.5 배수상황	95	2.6.1 양호	1.00
				2.6.2 보통	0.29
				2.6.3 불량	0.08

표 4-26. 계속

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준	
3.자연입지적 요소	379	3.1 경사 (지형)	41	3.1.1 0-2%(평탄)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.42
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.13
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.10
		3.2 일조상태	72	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.32
				3.2.3 불량	0.09
		3.3 자연재해	49	3.3.1 빈번함	0.23
				3.3.2 가끔 있음	0.35
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	52	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.30
				3.4.3 불량	0.11
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지” 로 정의하였음. 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음. 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 正規化시킨 것임

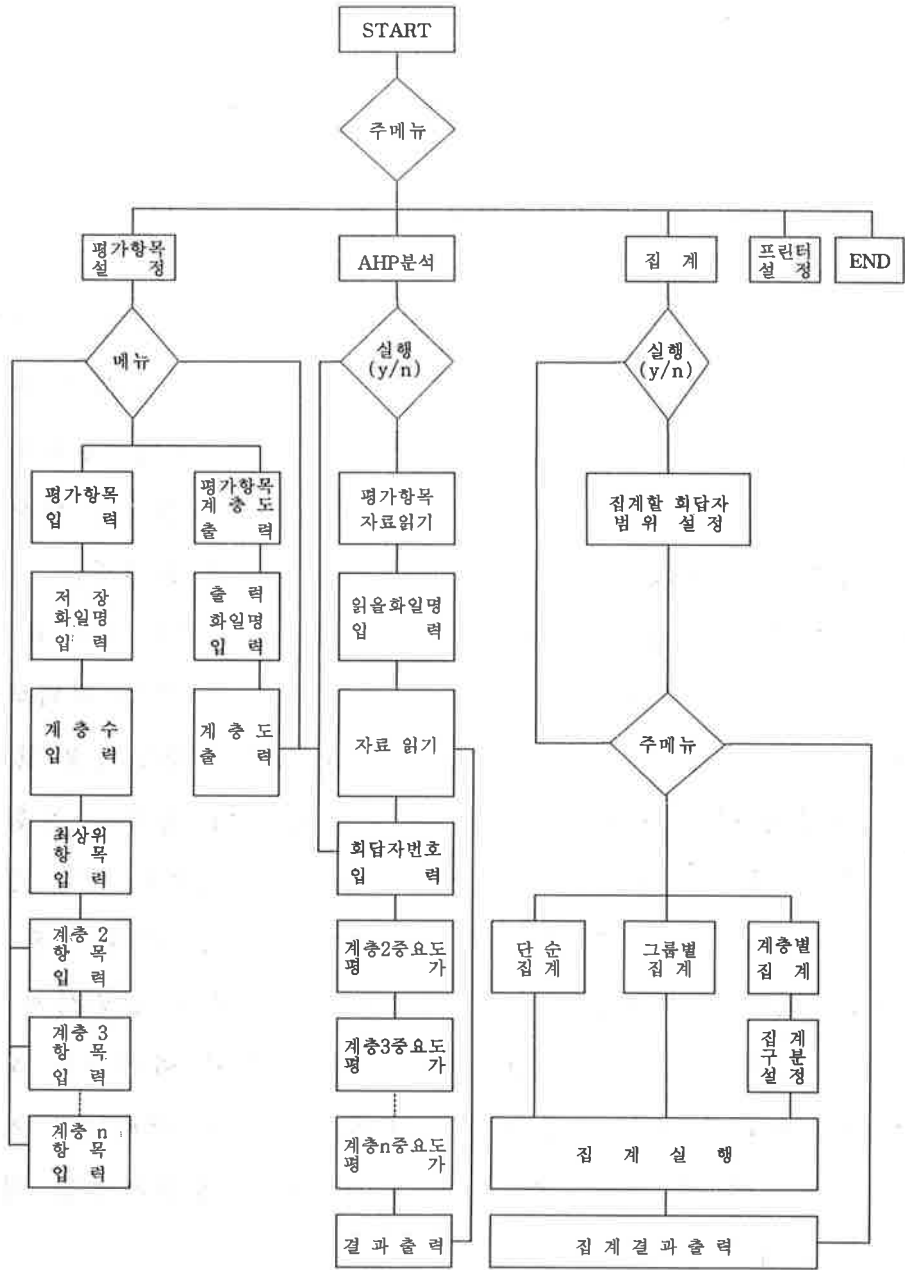


그림 4-16. AHP에 의한 시설농업 적지평가항목의 중요도 산정절차

다. 평가기법의 특징

시설농업 입지적성평가 모델을 구축하기 위한 기법으로 본 연구에서는 평가요인의 중요도 산정방법에 따라 개개의 절대가치를 평가하는 실수평가법, 비교그룹간의 상대적 가치를 평가하는 비율평가법, 쌍쌍의 항목만을 대상으로 비교 평가하는 방식인 AHP법 등 3가지 기법을 이용하였다. 각 평가기법의 특징을 살펴보기 위하여 판단과정의 객관성, 평가의 난이도, 평가소요시간, 재현가능성, 평가결과의 신뢰도 등의 내용을 중심으로 평가에 참여한 전문가집단을 대상으로 설문조사를 실시한 결과 그림 4-17 과 같은 양상을 보였다.

전체적으로 AHP법, 비율평가법, 실수평가법 순으로 우수성을 나타내고 있는데, 평가소요시간이 가장 많이 드는 단점을 제외하고는 AHP법이 가장 양호함을 보이고 있다. 3기법 모두 판단과정(절차)의 객관성, 재현가능성, 결과의 질적 수준(신뢰도)의 항목은 보통수준(3.0) 이상으로 나타났으나, 평가소요시간이 대체적으로 많이 걸리고 평가과정이 약간 어려운 것으로 판단된다. 따라서, 이와 같은 특징을 고려한다면 평가과정이 다소 복잡하지만 결과의 신뢰성과 객관성을 확보하기 위해서는 AHP법을 이용하는 것이 바람직할 것으로 사료되며, 비교적 짧은 시간 내에 전체적인 경향을 살펴보기 위해서는 정교함이 약간 미흡하지만 실수평가법과 비율평가법을 활용할 수 있을 것이다.

표 4-27. 실수평가법에 의한 도시근교지역의 시설농업 입지적성평가모델

대분류항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1.시설특성적 요소	331	1.1 지목현황	46	1.1.1 전	0.89
				1.1.2 답	1.00
		1.2 구획형상	57	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.60
				1.2.3 부정형	0.30
		1.3 구획규모 ^{주1)}	56	1.3.1 1ha(정보) 미만	1.00
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.91
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	0.73
				1.3.4 5ha(정보) 이상	0.62
		1.4 단지화 가능성	57	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.51
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.61
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.91
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	55	1.5.1 300평 미만	0.53
				1.5.2 300 - 600평	0.72
				1.5.3 600 - 900평	0.96
				1.5.4 900평 이상	1.00
		1.6 필지(장변) 방향	60	1.6.1 남 - 북	1.00
1.6.2 남서 - 북동	0.58				
1.6.3 동 - 서	0.96				
1.6.4 북서 - 남동	0.49				
2.생산 기반적요소	334	2.1 농업진흥 지역	49	2.1.1 유(지정)	1.00
				2.1.2 무(미지정)	0.92
		2.2 진입도로 접근상태	74	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.71
				2.2.3 불량	0.29
		2.3 최근접마을 거리	58	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.77
				2.4.3 500-800m	0.62
				2.4.4 800m 이상	0.45
		2.4 용수상황	80	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.67
				2.5.3 불량	0.23
		2.5 배수상황	73	2.6.1 양호	1.00
				2.6.2 보통	0.65
				2.6.3 불량	0.23

표 4-27. 계속

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준	
3.자연입지적 요소	335	3.1 경사 (지형)	78	3.1.1 0-2%(평탄)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.65
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.30
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.16
		3.2 일조상태	87	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.63
				3.2.3 불량	0.18
		3.3 자연재해	81	3.3.1 빈번함	0.17
				3.3.2 가끔 있음	0.48
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	89	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.72
				3.4.3 불량	0.31
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지”로 정의하였음. 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음. 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 正規化시킨 것임.

※유의수준 $p < 0.05$ 인 경우는 대분류 항목과 중분류 항목중 생산 기반적 요소임.

표 4-28. 비율평가법에 의한 도시근교지역의 시설농업 입지적성평가모델

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1. 시설특성적 요소	345	1.1 지목현황	48	1.1.1 전	0.85
				1.1.2 답	1.00
		1.2 구획형상	56	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.39
				1.2.3 부정형	0.14
		1.3 구획규모 ^{주1)}	58	1.3.1 1ha(정보) 미만	1.00
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.62
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	0.47
				1.3.4 5ha(정보) 이상	0.37
		1.4 단지화 가능성	60	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.26
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.38
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.69
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	60	1.5.1 300평 미만	0.51
				1.5.2 300 - 600평	0.48
				1.5.3 600 - 900평	0.80
1.5.4 900평 이상	1.00				
1.6 필지(장변) 방향	63	1.6.1 남 - 북	1.00		
		1.6.2 남서 - 북동	0.33		
		1.6.3 동 - 서	0.94		
		1.6.4 북서 - 남동	0.23		
2. 생산기반적 요소	369	2.1 농업진흥 지역	37	2.1.1 유(지정)	1.00
				2.1.2 무(미지정)	0.94
		2.2 진입도로 접근상태	77	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.39
				2.2.3 불량	0.10
		2.3 최근접마을 거리	49	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.56
				2.4.3 500-800m	0.34
				2.4.4 800m 이상	0.21
		2.4 용수상황	109	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.33
				2.5.3 불량	0.08
		2.5 배수상황	97	2.6.1 양호	1.00
				2.6.2 보통	0.27
				2.6.3 불량	0.06

표 4-28. 계속

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준	
3.자연입지적 요소	286	3.1 경사 (지형)	54	3.1.1 0-2%(평탄)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.38
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.12
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.04
		3.2 일조상태	98	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.27
				3.2.3 불량	0.06
		3.3 자연재해	64	3.3.1 빈번함	0.08
				3.3.2 가끔 있음	0.27
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	70	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.46
				3.4.3 불량	0.12
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지” 로 정의하였음. 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음. 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 正規化시킨 것임

※유의수준 $p < 0.05$ 인 경우는 대분류 항목과 중분류 항목 중 생산 기반적 요소임

표 4-29. AHP기법에 의한 도시근교지역의 시설농업 입지적성평가모델

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1. 시설특성적 요소	305	1.1 지목현황	34	1.1.1 전	1.00
				1.1.2 답	0.90
		1.2 구획형상	44	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.34
				1.2.3 부정형	0.12
		1.3 구획규모 ^{주1)}	51	1.3.1 1ha(정보) 미만	1.00
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.85
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	0.77
				1.3.4 5ha(정보) 이상	0.61
		1.4 단지화 가능성	63	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.24
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.29
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.59
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	53	1.5.1 300평 미만	0.48
				1.5.2 300 - 600평	0.51
				1.5.3 600 - 900평	0.78
				1.5.4 900평 이상	1.00
		1.6 필지(장변) 방향	60	1.6.1 남 - 북	1.00
1.6.2 남서 - 북동	0.38				
1.6.3 동 - 서	0.94				
1.6.4 북서 - 남동	0.33				
2. 생산기반적 요소	395	2.1 농업진흥 지역	29	2.1.1 유(지정)	1.00
				2.1.2 무(미지정)	0.74
		2.2 진입도로 접근상태	75	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.29
				2.2.3 불량	0.12
		2.3 최근접마을 거리	46	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.60
				2.4.3 500-800m	0.34
				2.4.4 800m 이상	0.23
		2.4 용수상황	139	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.32
				2.5.3 불량	0.11
		2.5 배수상황	106	2.6.1 양호	1.00
				2.6.2 보통	0.28
				2.6.3 불량	0.10

표 4-29. 계속

대분류 기준		소분류 기준		분류 기준	
3.자연입지적 요소	300	3.1 경사 (지형)	52	3.1.1 0-2%(평균)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.45
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.16
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.11
		3.2 일조상태	110	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.27
				3.2.3 불량	0.09
		3.3 자연재해	73	3.3.1 빈번함	0.23
				3.3.2 가끔 있음	0.32
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	65	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.37
				3.4.3 불량	0.14
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지” 로 정의하였음. 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음. 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 正規化시킨 것임

*유의수준 $p < 0.05$ 인 경우는 대분류 항목과 중분류 항목중 생산 기반적 요소임

표 4-30. 실수평가법에 의한 평야지역의 시설농업 입지적성평가모델

대분류항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1.시설특성적 요소	330	1.1 지목현황	50	1.1.1 전	0.85
				1.1.2 답	1.00
		1.2 구획형상	48	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.58
				1.2.3 부정형	0.22
		1.3 구획규모 ^{주1)}	65	1.3.1 1ha(정보) 미만	1.00
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.74
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	0.66
				1.3.4 5ha(정보) 이상	0.58
		1.4 단지화 가능성	55	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.35
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.51
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.88
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	67	1.5.1 300평 미만	0.97
				1.5.2 300 - 600평	0.94
				1.5.3 600 - 900평	0.97
				1.5.4 900평 이상	1.00
		1.6 필지(장변) 방향	45	1.6.1 남 - 북	0.94
				1.6.2 남서 - 북동	0.50
1.6.3 동 - 서	1.00				
1.6.4 북서 - 남동	0.46				
2.생산기반적 요소	346	2.1 농업진흥 지역	55	2.1.1 유(지정)	0.85
				2.1.2 무(미지정)	1.00
		2.2 진입도로 접근상태	73	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.66
				2.2.3 불량	0.28
		2.3 최근접마을 거리	62	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.76
				2.4.3 500-800m	0.51
				2.4.4 800m 이상	0.41
		2.4 용수상황	79	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.54
				2.5.3 불량	0.20
		2.5 배수상황	77	2.6.1 양호	1.00
				2.6.2 보통	0.49
				2.6.3 불량	0.22

표 4-30. 계속

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준	
3.자연입지적 요소	324	3.1 경사 (지형)	77	3.1.1 0-2%(평탄)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.59
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.23
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.12
		3.2 일조상태	83	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.44
				3.2.3 불량	0.15
		3.3 자연재해	81	3.3.1 빈번함	0.15
				3.3.2 가끔 있음	0.48
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	83	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.56
				3.4.3 불량	0.26
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지” 로 정의하였음. 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음. 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 正規化시킨 것임.

※유의수준 $p < 0.05$ 인 경우는 대분류 항목과 중분류 항목중 생산 기반적 요소임

표 4-31. 비율평가법에 의한 평야지역의 시설농업 입지적성평가모델

대분류항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1.시설특성적 요소	324	1.1 지목현황	38	1.1.1 전	0.73
				1.1.2 답	1.00
		1.2 구획형상	47	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.33
				1.2.3 부정형	0.10
		1.3 구획규모 ^{주1)}	57	1.3.1 1ha(정보) 미만	1.00
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.45
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	0.33
				1.3.4 5ha(정보) 이상	0.33
		1.4 단지화 가능성	59	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.14
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.35
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.68
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	59	1.5.1 300평 미만	0.89
				1.5.2 300 - 600평	0.68
				1.5.3 600 - 900평	0.76
1.5.4 900평 이상	1.00				
1.6 필지(장변) 방향	64	1.6.1 남 - 북	0.99		
		1.6.2 남서 - 북동	0.37		
		1.6.3 동 - 서	1.00		
		1.6.4 북서 - 남동	0.23		
2.생산기반적 요소	376	2.1 농업진흥 지역	43	2.1.1 유(지정)	0.95
				2.1.2 무(미지정)	1.00
		2.2 진입도로 접근상태	74	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.40
				2.2.3 불량	0.12
		2.3 최근접 마을거리	55	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.45
				2.4.3 500-800m	0.28
				2.4.4 800m 이상	0.17
		2.4 용수상황	110	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.29
				2.5.3 불량	0.08
		2.5 배수상황	94	2.6.1 양호	1.00
				2.6.2 보통	0.27
				2.6.3 불량	0.08

표 4-31. 계속

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준	
3.자연입지적 요소	300	3.1 경사 (지형)	60	3.1.1 0-2%(평탄)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.30
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.08
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.03
		3.2 일조상태	81	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.21
				3.2.3 불량	0.05
		3.3 자연재해	69	3.3.1 빈번함	0.12
				3.3.2 가끔 있음	0.32
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	90	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.29
				3.4.3 불량	0.08
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지” 로 정의하였음 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 正規化시킨 것임

※유의수준 $p < 0.05$ 인 경우는 대분류 항목과 중분류 항목중 생산 기반적 요소임

표 4-32. AHP법에 의한 평야지역의 시설농업 입지적성평가모델

대분류항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1.시설특성적 요소	323	1.1 지목현황	30	1.1.1 전	0.65
				1.1.2 답	1.00
		1.2 구획형상	46	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.34
				1.2.3 부정형	0.12
		1.3 구획규모 ^{주1)}	51	1.3.1 1ha(정보) 미만	1.00
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.64
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	0.50
				1.3.4 5ha(정보) 이상	0.66
		1.4 단지화 가능성	64	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.18
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.30
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.59
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	61	1.5.1 300평 미만	0.53
				1.5.2 300 - 600평	0.47
				1.5.3 600 - 900평	0.57
1.5.4 900평 이상	1.00				
1.6 필지(장변) 방향	71	1.6.1 남 - 북	1.00		
		1.6.2 남서 - 북동	0.40		
		1.6.3 동 - 서	0.96		
		1.6.4 북서 - 남동	0.30		
2.생산기반적 요소	405	2.1 농업진흥 지역	37	2.1.1 유(지정)	0.86
				2.1.2 무(미지정)	1.00
		2.2 진입도로 접근상태	64	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.31
				2.2.3 불량	0.10
		2.3 최근접 마을거리	51	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.49
				2.4.3 500-800m	0.27
				2.4.4 800m 이상	0.21
		2.4 용수상황	137	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.30
				2.5.3 불량	0.11
		2.5 배수상황	116	2.6.1 양호	1.00
2.6.2 보통	0.27				
2.6.3 불량	0.11				

표 4-32. 계속

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준	
3.자연입지적 요소	272	3.1 경사 (지형)	46	3.1.1 0-2%(평탄)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.37
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.15
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.13
		3.2 일조상태	77	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.27
				3.2.3 불량	0.10
		3.3 자연재해	66	3.3.1 빈번함	0.25
				3.3.2 가끔 있음	0.35
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	83	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.30
				3.4.3 불량	0.11
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지” 로 정의하였음. 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 正規化시킨 것임

*유의수준 $p < 0.05$ 인 경우는 대분류 항목과 중분류 항목중 생산 기반적 요소임

표 4-33. 실수평가법에 의한 중산간지역의 시설농업 입지적성평가모델

대분류항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1.시설특성적 요소	312	1.1 지목현황	43	1.1.1 전	1.00
				1.1.2 답	0.97
		1.2 구획형상	54	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.68
				1.2.3 부정형	0.40
		1.3 구획규모 ^{주1)}	55	1.3.1 1ha(정보) 미만	1.00
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.90
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	0.69
				1.3.4 5ha(정보) 이상	0.58
		1.4 단지화 가능성	51	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.54
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.69
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.86
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	53	1.5.1 300평 미만	0.82
				1.5.2 300 - 600평	0.99
				1.5.3 600 - 900평	1.00
				1.5.4 900평 이상	0.98
		1.6 필지(장변) 방향	56	1.6.1 남 - 북	0.91
1.6.2 남서 - 북동	0.54				
1.6.3 동 - 서	1.00				
1.6.4 북서 - 남동	0.50				
2.생산기반적 요소	335	2.1 농업진흥 지역	48	2.1.1 유(지정)	1.00
				2.1.2 무(미지정)	0.92
		2.2 진입도로 접근상태	69	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.60
				2.2.3 불량	0.29
		2.3 최근접 마을거리	61	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.88
				2.4.3 500-800m	0.70
				2.4.4 800m 이상	0.50
		2.4 용수상황	81	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.56
				2.5.3 불량	0.22
		2.5 배수상황	76	2.6.1 양호	1.00
				2.6.2 보통	0.54
				2.6.3 불량	0.21

표 4-33. 계속

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준	
3.자연입지적 요소	353	3.1 경사 (지형)	84	3.1.1 0-2%(평탄)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.77
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.39
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.20
		3.2 일조상태	95	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.54
				3.2.3 불량	0.16
		3.3 자연재해	91	3.3.1 빈번함	0.17
				3.3.2 가끔 있음	0.46
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	83	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.61
				3.4.3 불량	0.28
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지” 로 정의하였음. 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음. 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 正規化시킨 것임

※유의수준 $p < 0.05$ 인 경우는 대분류 항목과 중분류 항목중 생산 기반적 요소임

표 4-34. 비울평가법에 의한 중산간지역의 시설농업 입지적성평가모델

대분류항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1.시설특성적 요소	280	1.1 지목현황	29	1.1.1 전	1.00
				1.1.2 답	1.00
		1.2 구획형상	36	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.45
				1.2.3 부정형	0.23
		1.3 구획규모 ^{주1)}	56	1.3.1 1ha(정보) 미만	1.00
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.63
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	0.44
				1.3.4 5ha(정보) 이상	0.31
		1.4 단지화 가능성	53	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.48
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.53
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.64
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	48	1.5.1 300평 미만	1.00
				1.5.2 300 - 600평	0.90
				1.5.3 600 - 900평	0.98
1.5.4 900평 이상	0.91				
1.6 필지(장변) 방향	58	1.6.1 남 - 북	0.97		
		1.6.2 남서 - 북동	0.35		
		1.6.3 동 - 서	1.00		
		1.6.4 북서 - 남동	0.28		
2.생산기반적 요소	351	2.1 농업진흥 지역	31	2.1.1 유(지정)	1.00
				2.1.2 무(미지정)	0.83
		2.2 진입도로 접근상태	76	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.40
				2.2.3 불량	0.17
		2.3 최근접 마을거리	55	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.51
				2.4.3 500-800m	0.36
				2.4.4 800m 이상	0.24
		2.4 용수상황	107	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.36
				2.5.3 불량	0.07
		2.5 배수상황	82	2.6.1 양호	1.00
				2.6.2 보통	0.36
				2.6.3 불량	0.08

표 4-34. 계속

대분류 항목		소분류 항목		분류 기준	
3.자연입지적 요소	369	3.1 경사 (지형)	75	3.1.1 0-2%(평균)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.48
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.19
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.09
		3.2 일조상태	124	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.28
				3.2.3 불량	0.09
		3.3 자연재해	92	3.3.1 빈번함	0.08
				3.3.2 가끔 있음	0.25
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	78	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.40
				3.4.3 불량	0.11
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지”로 정의하였음. 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음. 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 正規化시킨 것임

※유의수준 $p < 0.05$ 인 경우는 대분류 항목과 중분류 항목중 생산 기반적 요소임

표 4-35. AHP법에 의한 중산간지역의 시설농업 입지적성평가모델

대분류항목		소분류 항목		분류 기준 ^{주3)}	
1.시설특성적 요소	229	1.1 지목현황	22	1.1.1 전	1.00
				1.1.2 답	0.89
		1.2 구획형상	35	1.2.1 장방형	1.00
				1.2.2 준장방형	0.35
				1.2.3 부정형	0.17
		1.3 구획규모 ^{주1)}	41	1.3.1 1ha(정보) 미만	1.00
				1.3.2 1 - 3ha(정보)	0.72
				1.3.3 3 - 5ha(정보)	0.55
				1.3.4 5ha(정보) 이상	0.50
		1.4 단지화 가능성	51	1.4.1 아주미흡(25%미만)	0.33
				1.4.2 약간미흡(25-49%)	0.39
				1.4.3 약간우수(50-74%)	0.58
				1.4.4 아주우수(75%이상)	1.00
		1.5 평균필지 규모	39	1.5.1 300평 미만	0.56
				1.5.2 300 - 600평	0.63
				1.5.3 600 - 900평	0.81
				1.5.4 900평 이상	1.00
		1.6 필지(장변) 방향	41	1.6.1 남 - 북	0.93
				1.6.2 남서 - 북동	0.39
1.6.3 동 - 서	1.00				
1.6.4 북서 - 남동	0.35				
2.생산기반적 요소	284	2.1 농업진흥 지역	19	2.1.1 유(지정)	1.00
				2.1.2 무(미지정)	0.73
		2.2 진입도로 접근상태	60	2.2.1 양호	1.00
				2.2.2 보통	0.35
				2.2.3 불량	0.12
		2.3 최근접 마을거리	39	2.4.1 200m 미만	1.00
				2.4.2 200-500m	0.55
				2.4.3 500-800m	0.36
				2.4.4 800m 이상	0.23
		2.4 용수상황	92	2.5.1 양호	1.00
				2.5.2 보통	0.29
				2.5.3 불량	0.09
		2.5 배수상황	74	2.6.1 양호	1.00
				2.6.2 보통	0.32
				2.6.3 불량	0.11

표 4-35. 계속

대분류 기준		소분류 기준		분류 기준	
3.자연입지적 요소	487	3.1 경사 (지형)	90	3.1.1 0-2%(평탄)	1.00
				3.1.2 2-7%(완경사)	0.47
				3.1.3 7-15%(약간 급경사)	0.20
				3.1.4 15% 이상(급경사)	0.16
		3.2 일조상태	171	3.2.1 양호	1.00
				3.2.2 보통	0.32
				3.2.3 불량	0.10
		3.3 자연재해	133	3.3.1 빈번함	0.33
				3.3.2 가끔 있음	0.41
				3.3.3 거의 없음	1.00
		3.4 토양조건	93	3.4.1 양호	1.00
				3.4.2 보통	0.33
				3.4.3 불량	0.14
계 ^{주2)}	1000	계 ^{주2)}	1000		

주1) 구획이란 “도로, 수로 또는 지형조건 등으로 구획되고 토지이용조건이 균질한 一團의 토지”로 정의하였음. 주2) 중요도의 합이 1000이 되도록 환산/산정하였음. 주3) 분류기준치는 최대치를 기준으로(1.00) 하여 正規化시킨 것임

※유의수준 $p < 0.05$ 인 경우는 대분류 항목과 중분류 항목중 생산 기반적 요소임

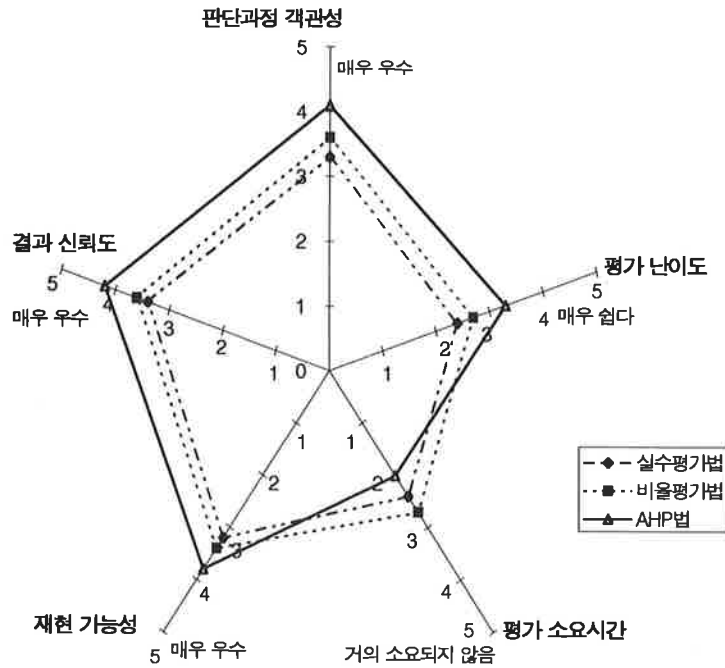


그림 4-17. 평가기법의 특징

라. AHP법에 의한 적지평가모델의 지역특성별 고찰

이상의 평가기법별 특성을 살펴 본 바와 같이 AHP법이 가장 과학적이고 합리적인 기법으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서는 AHP기법에 의해 작성된 평가모델을 적용하기로 하였다. AHP법에 의한 시설농업 적지평가모델을 살펴보면 지역특성별과 분류체계(계층)별로 그 구조가 각각 상이함을 알 수 있다.

먼저 대분류 항목을 살펴보면 도시근교지역은 생산기반적 요소(395점)가 가장 높은 중요도를 나타내고 있고 시설특성적 요소(305점)

와 자연 입지적 요소(300점)는 거의 비슷한 수준을 보이고 있다. 평야지역은 도시근교지역과 마찬가지로 생산기반적 요소(405점)가 가장 높은 중요도를 보이고 있지만, 시설특성적 요소(323점), 자연 입지적 요소(272점)간에는 시설농업의 적지중요성이 비교적 큰 차이를 나타내고 있다. 한편, 중산간지역은 다른 지역에 비하여 자연 입지적 요소(487점)가 월등히 높은 중요도를 보이고 있으며 그 다음이 생산기반적 요소(284점), 시설 특성적 요소(229점) 순으로 나타났다. 이는 중산간지역의 특성상 지리·지형적 여건에 따라 시설농업 적지에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다.

소분류 항목의 중요도 특징을 살펴보면, 도시근교지역과 평야지역은 용배수 상황과 일조상태 등이 비교적 높은 중요도를 보이고 있으나, 중산간지역은 일조상태, 자연재해, 토양조건, 용수상황, 경사 등의 순으로 나타났다. 반면, 지목현황, 농업진흥지역 지정유무, 최근접 마을거리 등은 3지역 모두 가장 낮은 중요도를 보였다.

분류기준상의 주요특징을 살펴보면, 도시근교 및 중산간지역은 밭이 논보다 비교적 더 중요한 시설적지임을 나타냈지만, 평야지역은 논이 밭보다 훨씬 더 중요한 시설적지임을 보여주고 있다. 구획형상은 장방형이, 구획규모는 대체로 1ha미만의 작은 쪽에, 규모가 작을수록 그 중요도는 높게 나타났다. 단지화 가능성이 좋을수록 평균 필지는 크면 클수록 비교적 높은 중요도를 보이고 있으며, 필지의 장변 방향은 남-북 방향과 동-서 방향이 적지임을 나타내고 있다. 농업진흥지역 지정유무에 따라 도시근교 및 중산간지역은 농업진흥지역이 높게 나타났지만, 평야지역과는 반대의 양상을 띄고 있고, 최근접 마을거리는 가까울수록 경사는 완만할수록 보다 나은 시설농업의 적지임을 보여주고 있다. 그리고 분류기준상의 전체적인 특

징을 살펴보면 지목현황과 농업진흥지역 지정의 2항목을 제외한 모든 항목에서 3지역 모두 분류기준(범주)에 따른 중요도의 정도는 거의 비슷한 양상을 나타내고 있음을 알 수 있다.

제5절 시설농업의 적지평가모델 적용 및 검증

본 절에서는 기 구축된 평가모델을 바탕으로 사례지역을 각각 선정하여 이들 지역에 대한 입지적성평가모델을 적용하고 본 평가모델의 유용성을 확인하였다.

1. 적지평가항목별 자료 조사 방법

본 평가모델의 적용을 위한 평가 항목별 자료수집 및 조사방법을 살펴보면 표 4-36과 같으며 구체적인 내용은 다음과 같다.

- 지목현황 : 1/5,000 및 1/25,000 지형도를 통하여 지목현황을 조사하고, 자료가 불명확한 구획은 현장조사에서 확인함.
- 구획(필지)형상 : 구획전체의 형상뿐만 아니라 구획내의 주요 필지들의 형상(장방형, 준장방형, 부정형)을 먼저, 1/5,000 및 1/25,000 지형도를 통하여 조사하고, 명확하지 않은 구획은 현장조사에서 확인함.
- 구획규모 : CAD에서 지형도(구획구분도)를 입력하여 ARC/INFO 상에서 각 구획별 면적을 산정함.
- 단지화 가능성 : 1/5,000 및 1/25,000 지형도를 토대로 주변구획과의 연결을 구하여 단지화의 용이성 지표로 사용하였음.

- 평균 필지규모 : 먼저, 필지수는 1/5,000 지형도를 통하여 조사하였으며, 구획규모를 필지수로 나누어 평균 필지규모로 산정하였음.
- 필지(장변)방향 : 1/5,000 지형도를 통하여 구획내 주요 필지들의 필지방향(장변 기준)을 구하였으며, 도면상에서 명확하지 않은 구획은 현장조사에서 확인함.
- 농업진흥지역 : 농업진흥지역지정도를 통하여 농업진흥지역 지정 유무를 파악하였음.
- 진입도로 접근상태 : 1/5,000 및 1/25,000 지형도와 현장조사를 통하여 양호(2차선이상도로), 보통(1차선도로), 불량(접하지 않음)으로 각각 구분하였음.
- 최근접 마을거리 : 1/5,000 및 1/25,000 지형도와 현장조사를 통하여 마을의 중심지와 구획의 중심지의 직선거리를 측정하였음.
- 용수상황 : 시설농업의 경우 대부분 하천수와 지하수를 이용하고 있으므로 하천까지의 거리를 측정하여 양호($x < \text{평균} - 1/3SD$), 보통($\text{평균} - 1/3SD \leq x < \text{평균} + 1/3SD$), 불량($\text{평균} + 1/3SD \leq x$)으로 구분하였음. 단, 지하수도 중요한 자료이나 자료수집이 용이하지 않아 활용하지 못하였음.
- 배수상황 : 정밀토양도(1/25,000)를 이용하여 토양배수 조건을 파악하였음.
- 경사 : 정밀토양도(1/25,000)를 이용하여 경사의 정도를 구분하였음.
- 일조상태 : 현장조사를 토대로 일조 장애물이 전혀 없는 곳(양호), 장애물이 남쪽에 있는 곳(불량), 장애물이 남쪽이외 방향으로 있는 곳(보통) 등으로 구분하였음.
- 자연재해 : 시설농업의 자연재해는 주로 홍수(수해), 풍해, 설해

등을 들 수 있는데, 풍해와 설해는 주로 당해 지역 전체적으로 피해를 입힐 뿐만 아니라 객관적인 자료의 취득이 어려워 본 연구에서는 홍수해를 중심으로 파악하였음. 홍수시 재해를 당하기 쉬운 정도를 파악하기 위하여 지대와 배수조건의 상태를 고려하여 빈번함(고지대 - 배수로 유), 가끔 있음(고지대 - 배수로 무, 저지대 - 배수로 유), 거의 없음(저지대 - 배수로 무) 등으로 구분하여 지형도 및 현장조사를 통하여 파악하였음.

○ 토양조건 : 토양조건의 종합적 판단자료라고 할 수 있는 정밀토양도(1/25,000)상의 논, 밭토양의 적지등급을 사용하여 양호(1등급), 보통(2등급), 불량(3등급 이하)로 구분하였음.

표 4-36. 평가항목별 자료조사 방법

대분류항목	소분류 항목	분 류 기 준	조 사 방 법
1.시설특성적 요소	1.1 지목현황	1.1.1 전	1/5,000 및 1/25,000지형도 현지조사
		1.1.2 답	
	1.2 구획형상	1.2.1 장방형	1/5,000 및 1/25,000지형도 현지조사
		1.2.2 준장방형	
		1.2.3 부정형	
	1.3 구획규모	1.3.1 1ha(정보) 미만	CAD 및 ARC/INFO 활용
		1.3.2 1 - 3ha(정보)	
		1.3.3 3 - 5ha(정보)	
		1.3.4 5ha(정보) 이상	
	1.4 단지화 가능성	1.4.1 아주미흡(25%미만)	1/5,000 및 1/25,000지형도, 현지조사 연접율로 계산
		1.4.2 약간미흡(25-49%)	
		1.4.3 약간우수(50-74%)	
		1.4.4 아주우수(75%이상)	
	1.5 평균필지 규모	1.5.1 300평 미만	1/5,000 지형도, CAD 및 ARC/INFO 활용 면적/필지수
		1.5.2 300 - 600평	
		1.5.3 600 - 900평	
1.5.4 900평 이상			
1.6 필지(장변) 방향	1.6.1 남 - 북	1/5,000 및 1/25,000지형도 현지조사 주요필지의 장변 방향	
	1.6.2 남서 - 북동		
	1.6.3 동 - 서		
	1.6.4 북서 - 남동		
2.생산기반적요 소	2.1 농업진흥 지역	2.1.1 유(지정)	농업진흥지역 지정도
		2.1.2 무(미지정)	
	2.2 진입도로 접근상태	2.2.1 양호	1/5,000 및 1/25,000지형도 현지조사, 양호: 2차선 이상, 보통:1차선, 불량: 접하지 않음
		2.2.2 보통	
		2.2.3 불량	
	2.3 최근접마을 거리	2.4.1 200m 미만	1/5,000 및 1/25,000지형도 현지조사 마을중심지와 구획의 중심 까지의 직선거리
		2.4.2 200-500m	
		2.4.3 500-800m	
		2.4.4 800m 이상	
	2.4 용수상황	2.5.1 양호	1/5,000 및 1/25,000지형도 현지조사, 하천까지의 거리 (지하수는 자료미상)
		2.5.2 보통	
		2.5.3 불량	
	2.5 배수상황	2.6.1 양호	정밀토양해설도(1/25,000) 토양배수 상황
2.6.2 보통			
2.6.3 불량			

표 4-36. 계속

대분류 항목	소분류 항목	분류 기준	조사 방법
3.자연입지적 요소	3.1 경사(지형)	3.1.1 0-2%(평탄)	정밀토양해설도(1/25,000)
		3.1.2 2-7%(완경사)	
		3.1.3 7-15%(약간급경사)	
		3.1.4 15% 이상(급경사)	
	3.2 일조상태	3.2.1 양호	현지조사 장애물 유무로 판단
		3.2.2 보통	
		3.2.3 불량	
	3.3 자연재해	3.3.1 빈번함	지형도(1/25,000), 현지조사 홍수를 기준(지대 및 배수조건)으로 판단
		3.3.2 가끔 있음	
		3.3.3 거의 없음	
	3.4 토양조건	3.4.1 양호	정밀토양해설도(1/25,000) 논, 밭 적지등급
		3.4.2 보통	
		3.4.3 불량	

2. 시설농업 입지적성평가 -사례지역 적용 및 고찰-

가. 지역특성별 시설적지 특성 고찰

이상의 방법으로 사례지역별 구획단위의 자료를 수집하여 MS/EXCEL을 통하여 D/B화하고 동 S/W에서 평가모델의 방정식을 입력·결합하여 각 구획별 시설농업의 적지평가도(점수)를 산정하였다. 적지등급은 적지평가점수의 평균값과 표준편차를 이용하여 최상위 등급인 1등급은 (평균값 + 표준편차) 이상인 범위, 최하위 등급인 5등급은 (평균값 - 표준편차) 이하인 경우로 하고 나머지 2, 3, 4등급은 각각 최상위 등급에서 표준편차의 2/3씩 감하여 등급을 선정하

였다. 이와 같이 시설 농업의 적지등급을 5등급으로 구분하여 그 결과를 바탕으로 각각의 시설적지평가(분포)도를 작성할 수 있었다.

먼저 용인시 남사지역(도시근교)을 살펴보면 그림 4-18에서 보는 바와 같이 경지정리된 평지의 답작지대로서 단지화 가능성이 높고 진입도로와 일조상태가 양호한 지역과 마을근교지역 등이 시설적성이 가장 양호한 1등급 지역으로 나타났다. 그러나 수도작 재배조건이 양호한 경지정리지구의 저평지 일부지역(남서부 및 동부중앙지역 등)에는 3등급 지역들이 많이 분포하고 있는 특성을 보이고 있다. 시설적성이 불량한 지역(4, 5등급)은 경사지의 일조불량지역과 단지화 가능성이 매우 낮고 토양조건 또한 불량하거나 구획형상 등이 부정형인 지역 등의 특성을 주로 띄고 있다. 시설적성 2, 3등급인 중간적성 지역은 1등급과 비슷하게 평지의 답작지대에 많이 분포하고 있으나 각종 조건들이 1등급에 비해 약간 저조한 것이 특징이다. 또 등급별 구획수와 면적 분포를 살펴보면 표 4-37에서 보는 바와 같이 시설적지로서 양호한 1, 2등급인 경우 구획수 기준 36.4%이며, 면적 기준으로는 44.6%로 높은 비율을 나타내고 있다. 시설적지로서 불량한 4, 5등급은 가장 낮은 분포를 보이고 있는 등 전체적으로 남사지역은 비교적 양호한 시설적지가 많이 분포하고 있는 것으로 판단된다.

평야지역인 논산시 채운지역의 경우를 살펴보면 경사가 완만하고 경지 정리된 경지의 조건이 양호한 평야답작지대를 중심으로 적지등급이 높게 나타났다(그림 4-19). 그러나 평야답작지대의 남부지역은 다른 지역과는 다르게 토양조건과 배수조건 등이 다소 불량한 관계로 적지등급이 낮은 시설불량지역으로 판명되었다. 그리고, 적지등급 4, 5등급의 대부분은 어느 정도의 경사지역이며 일조상태, 진입도로

등이 불량한 지역이나 마을주변의 경지형상이 불량한 지역들이었다. 또한 각 등급별 분포상황을 보면 구획수는 등급별 비교적 고른 분포를 보이고 있지만 면적기준으로 보면 1, 2등급이 전체의 절반이 넘는 51.8%를 차지하는 등 대체로 시설적지가 많이 분포하고 있는 것을 알 수 있다(표 4-37).

표 4-37. 등급별 구획수 및 면적 분포

지역 등급	도시근교(용인 남사)		평야(논산 채운)		중산간(평창 용평)	
	구획	면적(ha)	구획	면적(ha)	구획	면적(ha)
1등급	128(17.2)	540.4(27.5)	93(19.3)	376.7(22.9)	130(17.2)	180.7(13.4)
2등급	143(19.2)	335.5(17.1)	113(23.5)	474.5(28.9)	141(18.6)	239.3(17.7)
3등급	204(27.4)	544.4(27.8)	109(22.6)	350.1(21.3)	203(26.8)	368.1(27.3)
4등급	145(19.5)	254.2(13.0)	67(14.0)	210.4(12.8)	143(18.9)	261.1(19.3)
5등급	124(16.7)	286.3(14.6)	99(20.6)	231.4(14.1)	140(18.5)	302.0(22.3)
계	744(100)	1,960.8(100)	481(100)	1,643.1(100)	757(100)	1,351.2(100)

중산간지역인 평창군 용평지역은 전체적으로 경사지대가 많으며 논보다 밭이 대부분을 차지하고 구획형상 또한 부정형이 많은 지역으로서 시설적지의 1등급 지역은 주로 하천과 마을이 가까운 비교적 완경사 지대의 진입로와 일조상태가 대체로 양호한 지역을 중심으로 분포하고 있다(그림 4-20). 반면 계곡이 깊어 일조상태가 불량하거나 진입도로가 불량하고 급경사가 많은 지역들이 가장 낮은 4, 5등급을 주로 이루고 있다. 이 지역은 시설농업의 좋은 적지라고 할 수 있는 1, 2등급의 비율이 타 지역에 비해 낮은 반면, 시설부적지라고 할 수 있는 4, 5등급이 비교적 높은 분포를 보이고 있어 시설적지가 적음을 알 수 있다(표 4-37).

이상과 같이 사례지역 적용 결과를 보면 외형적으로 비슷한 토지 조건일지라도 시설농업의 적지성은 다양하게 분포하고 있음을 알 수 있었다. 또한 수도작 재배조건이 좋은 경지 정리된 저평지의 농지임에도 불구하고 반드시 시설적지로 판명되지 않은 반면 비교적 계곡에 위치한 수도작 재배조건이 불량한 것으로 판단되는 농지에 시설적지로 판명된 경우도 나타났다. 이와 같은 조건을 고려해 볼 때 농지의 효율적 이용측면에서 본 연구에서 평가한 시설적지자료를 근거로 합리적인 농지이용계획이 마련되어야 할 것이다.

나. 시설 재배지의 적지 특성 고찰

용인시 남사지역은 현재 시설재배가 이루어지고 있는 구획수가 전체구획의 23.8%인 177개, 면적기준으로는 37.1%를 차지하고 있다(표 4-38). 훌륭한 시설적지라고 할 수 있는 1, 2등급 지역에 전체의 약 56.5%(면적기준)를 차지하고 있는 것을 볼 때 비교적 양호한 적지에 시설이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

그러나, 표 4-38에서 보는 바와 같이 평야지역인 논산시 채운지역과 중산간지역인 평창군 용평지역은 비교적 각 등급 고른 분포를 보이고 있다. 이는 가장 좋은 시설적지 뿐만 아니라 일부는 부적지에도 시설들이 이루어지고 있음을 보이고 있다.

표 4-38. 시설 재배지의 등급별 구획수 및 면적 분포

지역 등급	도시근교(용인 남사)		평야(논산 채운)		중산간(평창 용평)	
	구획	면적(ha)	구획	면적(ha)	구획	면적(ha)
1등급	52(29.4)	270.2(37.2)	23(17.1)	103.5(20.2)	30(25.0)	37.8(13.8)
2등급	42(23.7)	140.3(19.3)	20(14.8)	121.8(23.8)	33(27.5)	66.8(24.4)
3등급	53(29.9)	214.8(29.6)	28(20.7)	108.7(21.2)	27(22.5)	86.4(31.6)
4등급	20(11.3)	66.9(9.2)	19(14.1)	66.9(13.0)	13(10.8)	37.5(13.7)
5등급	10(5.7)	34.6(4.7)	45(33.3)	112.0(21.8)	17(14.2)	44.9(16.5)
계	177(100)	726.8(100)	135(100)	512.9(100)	120(100)	273.4(100)

이상의 결과에서 보면 현재의 시설농업은 양호한 적지에서 이루어지고 있는 곳이 비교적 많으나, 아직도 일부지역은 조건이 불리한 지역에서 시설농업이 행하여지고 있어 이런 지역에 대한 적절한 시정과 지도가 요구되고 있다.

또한, 현재 시설재배가 이루어지고 있는 지역은 비교적 수도작의 재배조건이 좋은 농지가 대부분을 차지하고 있는데, 본 연구결과를 토대로 하여 농지의 효율적 이용을 고려한 적정배치의 유도가 필요할 것으로 사료된다.

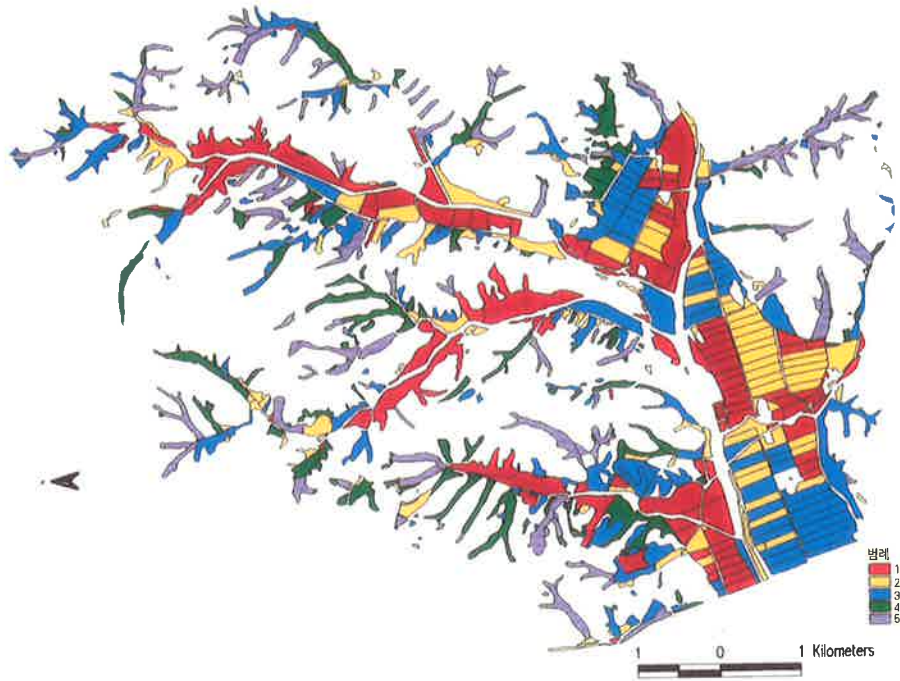


그림 4-18. 도시근교지역 시설농업 적지평가도(용인시 남사지역)

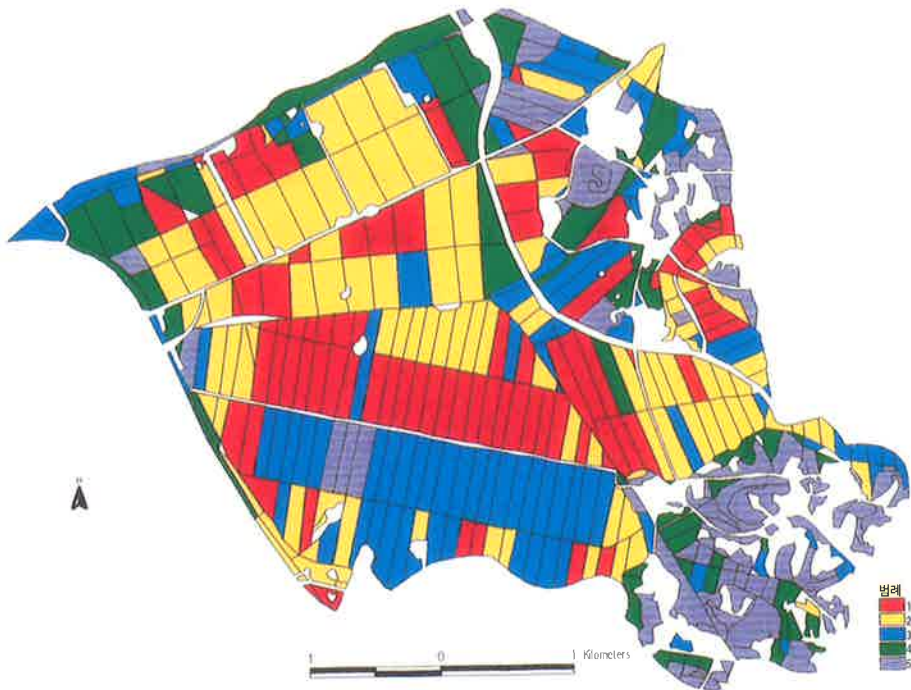


그림 4-19. 평야지역 시설농업 적지평가도(논산시 채운지역)

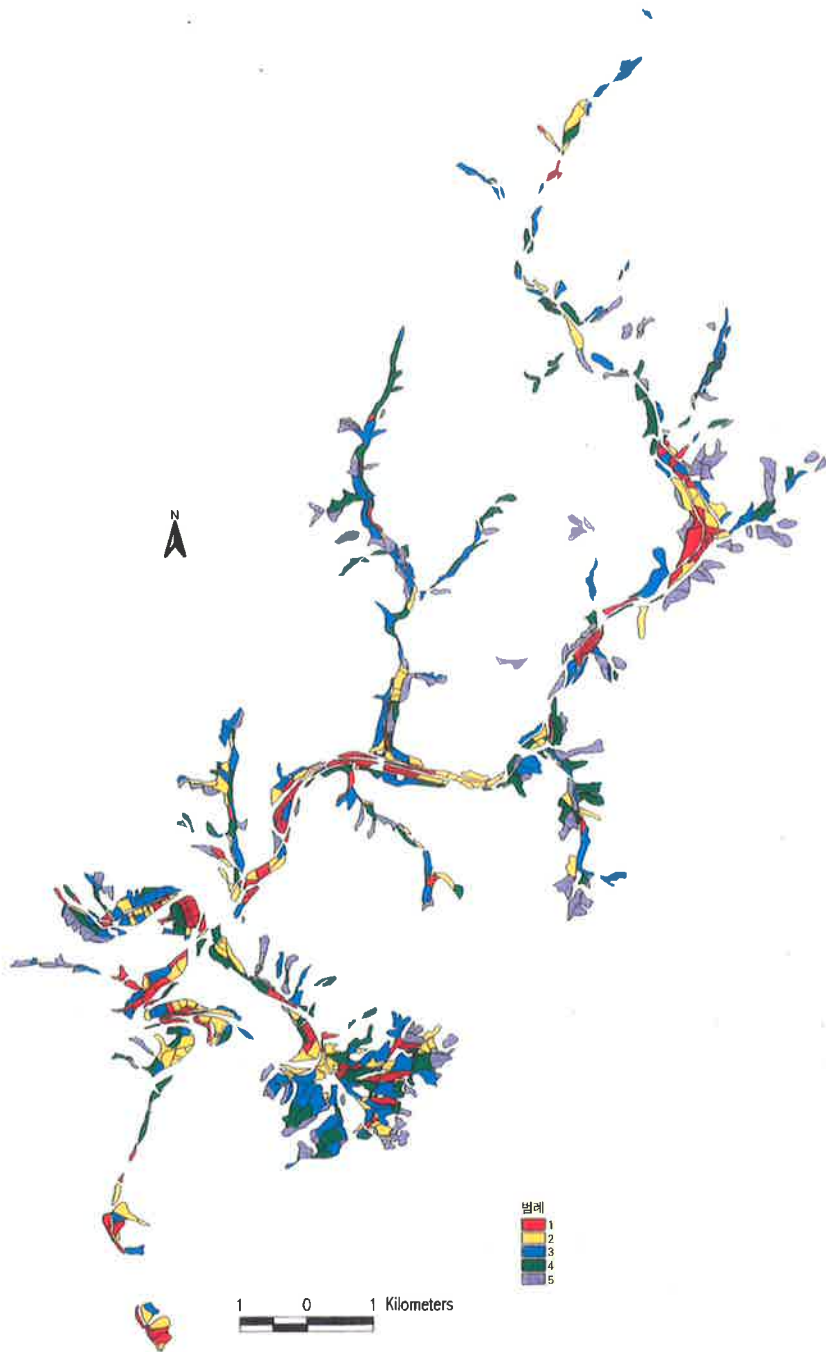


그림 4-20. 중산간지역 시설농업 적지평가도(평창군 용평지역)

3. 시설농업 적지평가모델 검증

본 연구에서 개발한 시설농업의 적지평가모델을 검증하기 위하여 학계 및 행정전문가 각각 4명으로 구성된 전문가 그룹 8명을 통하여 사례연구지역(용인시 남사)의 744개 구획에서 무작위 추출한 75개 구획을 대상으로 전문가 평가를 실시하였다. 이는 본 연구에서 개발된 시설농업 적지평가모델에서 평가된 적성값과 전문가들의 의견을 통해서 평가한 적성값과의 관계를 규명함으로써 모델의 검증이 가능할 것이다.

전문가들이 현장에서 직접 해당 구획을 살펴보고 현지에서 시설농업의 적지 정도를 평가하는데 오류를 최소화하기 위하여 사전에 지역개요 등에 관한 일반적인 사항을 설명하고, 구획 현황을 보다 알기 쉽게 도면이나 해당 구획에 관한 면적, 필지수 등 각종 자료를 설명 들으면서 평가에 임하도록 하였다. 또 평가자가 한번에 시설적지를 종합적으로 판단하는 데는 오류를 범할 가능성이 있어 표 4-39의 전문가평가조사표에서 보는 바와 같이 「시설특성적 요소」, 「생산기반적 요소」, 「자연입지적 요소」 등으로 나누어 체계별로 평가를 실시하고 최종적으로 이를 바탕으로 하여 종합적인 판단에 따라 평가를 하도록 하였다. 본 연구에서는 도시근교지역의 평가모델을 대상으로 전문가 평가를 실시하여 본 연구에서 개발된 평가모델을 검증하였다.

이상과 같은 방법으로 8명의 전문가들이 실시한 평가값은 표 4-40과 같으며, 이들 적성평가값이 어느 정도 신뢰성을 확보하고 있는지를 확인하기 위하여 SPSS통계패키지(RELIABILITY)를 이용하여 신뢰성계수(coefficient of reliability)를 구한 결과 전체 전문가집단(8명) $\alpha = 0.95$, 학계전문가 $\alpha = 0.91$, 행정전문가 $\alpha = 0.91$ 로서 평가값에 대한 신뢰도는 모두 매우 높은 것을 알 수 있다.

표4-39. 시설원예 적지평가 전문가 조사표

구획 번호	세 부 평 가			종합적지평가
	대분류	중분류(분류기준)	요소별 적지평가	
	1. 시설 특성적 요소	1.1 지목현황(전, 답) 1.2 구획형상(장방형, 준장방형, 부정형) 1.3 구획규모(1ha미만, 1-3, 3-5, 5ha이상) 1.4 단지화 가능성(아주 우수, 우수, 약간미흡, 미흡) 1.5 평균필지규모(-300평, 300-600, 600-900, 900+) 1.6 필지방향(남-북, 남서-북동, 동-서, 북서-남동)	①매우 적지 () ②대체로 적지 () ③보통 () ④대체로 부적지 () ⑤매우 부적지 ()	①매우 적지 () ②대체로 적지 () ③보통 () ④대체로 부적지 () ⑤매우 부적지 ()
	2. 생산 기본적 요소	2.1 농업진흥지역 지정(유, 무) 2.2 진입도로접근상태(양호, 보통, 불량) 2.3 최근접마을거리(-200m, 200-500, 500-800, 800+) 2.4 용수상황(양호, 보통, 불량) 2.5 배수상황(양호, 보통, 불량)	①매우 적지 () ②대체로 적지 () ③보통 () ④대체로 부적지 () ⑤매우 부적지 ()	
	3. 자연 입지적 요소	3.1 경사/지형(평탄, 완경사, 약간급경사, 급경사) 3.2 일조상태(양호, 보통, 불량) 3.3 자연재해(빈번함, 가끔 있음, 거의 없음) 3.4 토양조건(양호, 보통, 불량)	①매우 적지 () ②대체로 적지 () ③보통 () ④대체로 부적지 () ⑤매우 부적지 ()	

표 4-40. 전문가 평가 결과표

구획	전문가 평가									평가모델
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	평균등급	등급
1	1	1	2	2	3	3	2	1	2	3
11	1	2	2	2	3	3	3	2	2	1
21	2	1	1	2	2	2	2	1	2	1
31	3	5	4	3	5	4	5	5	4	1
41	1	1	1	2	2	1	2	1	1	2
51	5	4	5	1	4	4	4	2	4	2
61	2	1	2	1	2	2	2	1	2	1
71	2	1	2	3	2	2	1	1	2	1
81	2	1	1	2	3	2	2	1	2	2
91	2	1	1	3	2	2	2	1	2	3
101	3	4	4	3	4	4	5	4	4	3
111	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3
121	4	4	5	4	4	4	4	3	4	3
131	5	5	5	4	5	5	5	4	5	3
141	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4
151	4	3	4	3	4	3	4	3	4	5
161	4	5	5	2	5	5	5	4	4	2
171	2	1	2	-	3	2	-	4	2	2
181	3	5	5	3	4	4	4	4	4	2
191	5	4	5	4	5	5	2	4	4	5
201	4	4	5	3	4	5	3	4	4	2
211	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1
221	2	1	3	2	3	2	1	1	2	1
231	3	3	4	3	4	4	3	3	3	1
241	2	2	3	2	5	4	3	4	3	4
251	3	5	4	3	4	3	2	3	3	2
261	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4
271	5	5	5	4	5	5	5	2	5	4
281	2	3	3	3	4	4	4	3	3	1
291	3	3	4	3	3	3	4	3	3	2
301	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4
311	3	2	3	2	4	4	3	2	3	4
321	5	5	5	4	5	5	5	4	4	4
331	5	4	5	4	5	5	3	3	4	3
341	4	5	4	2	5	4	4	3	4	2
351	4	2	3	2	4	4	3	3	3	4
361	4	4	3	2	3	2	2	2	3	4
371	4	4	4	3	5	4	5	4	4	3

표 4-40. 계속

구획	전문가평가									평가모델 등급
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	평균등급	
381	2	2	3	2	3	3	4	4	3	2
391	4	3	3	-	4	5	-	4	3	5
401	4	4	5	4	5	4	5	2	4	3
411	5	5	4	4	4	5	5	4	5	5
421	4	4	5	4	5	5	4	4	4	2
431	5	5	4	4	5	4	5	4	5	3
441	1	1	1	1	2	2	1	1	1	3
451	1	1	1	2	2	1	2	2	2	1
461	5	4	5	4	3	4	4	4	4	5
471	5	5	5	3	4	5	5	4	5	5
481	1	1	1	2	3	2	2	2	2	4
491	2	1	1	2	2	2	2	2	2	3
501	2	1	1	2	3	2	2	1	2	3
511	2	1	2	2	4	2	3	3	2	3
521	3	3	2	4	4	3	4	4	3	3
531	5	5	5	4	4	5	5	4	5	4
541	2	2	4	4	4	5	4	4	4	5
551	2	1	1	2	3	2	3	2	2	1
561	5	5	4	4	4	5	5	4	5	4
571	4	4	4	4	5	4	3	4	4	2
581	4	3	3	4	4	3	5	2	4	2
591	2	2	2	4	4	3	4	3	3	4
601	4	4	4	4	4	5	5	4	4	3
611	4	3	4	4	3	5	6	2	4	5
621	3	2	2	4	3	4	3	2	3	1
631	3	2	2	4	3	4	3	2	3	4
641	4	3	3	4	-	3	4	4	3	3
651	4	4	3	3	5	4	4	5	4	5
661	4	4	3	4	4	4	5	4	4	5
671	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4
681	4	4	4	4	4	5	4	5	4	3
691	4	4	3	4	4	4	5	3	4	5
701	5	4	4	5	4	5	5	5	5	3
711	4	4	3	5	4	4	5	4	4	3
721	4	3	3	5	5	4	5	5	4	5
731	5	4	5	3	5	5	3	4	4	4
741	2	2	2	2	5	3	5	2	3	4

먼저, 전문가집단이 평가한 결과를 살펴보면 표 4-41과 같이 1등급이 가장 적은 2구획(2.67%)을 나타낸 반면 적성등급이 가장 낮은

4, 5등급을 전체의 절반이 넘는 53.33%를 차지하고 있다. 그러나, 평가모델에서 평가된 등급을 살펴보면 등급별 비교적 고른 분포를 보이고 있으며, 가장 낮은 등급인 4, 5등급의 비율이 전체의 38.67%로 전문가 평가 결과와 약간 대조를 보이고 있다. 즉, 평가모델에서 평가된 적성값보다 전문가 평가에서 대체적으로 낮은 적성으로 평가된 것을 알 수 있다.

표 4-41. 평가모델과 전문가의 시설적성평가 비교

단위: 인, (): %

구 분		평 가 모 델					
		1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	계
전 문 가	1등급	-	1 (1.33)	1 (1.33)	-	-	2 (2.66)
	2등급	8 (10.67)	2 (2.67)	5 (6.67)	1 (1.33)	-	16 (21.34)
	3등급	3 (4.00)	3 (4.00)	3 (4.00)	7 (9.33)	1 (1.33)	17 (22.66)
	4등급	1 (1.33)	8 (10.67)	8 (10.67)	2 (2.67)	9 (12.00)	28 (37.34)
	5등급	-	-	3 (4.00)	7 (9.33)	2 (2.67)	12 (16.00)
	계	12 (16.00)	14 (18.67)	20 (26.67)	17 (22.66)	12 (16.00)	75 (100)

두 방법간의 결과를 비교해 보면 등급의 차이를 보이지 않는 구획이 전체의 12%, 한 등급 차이가 가장 많은 70%, 두 등급 차이가 17%, 세 등급 차이는 1%를 보이고 있다. 또 두 결과의 상관관계를 살펴보면 상관계수가 0.48(p=0.0001)로 평가모델과 전문가 평가에는 어느 정도의 상관관계를 보이고 있다고 설명할 수 있다. 또한 신뢰

성계수는 $\alpha=0.65$ 로 두 결과에 대한 관계를 대체로 인정할 수 있는 수준이었다(일반적으로 $\alpha=0.6$ 이상을 인정하는 수준으로 봄). 즉, 본 연구에서 개발한 시설농업 적성평가 모델은 전문가 평가로 검증해 본 결과 그 적합성을 인정할 수 있는 것으로 사료된다.

제6절 결론 및 제언

무질서한 시설농업의 난립을 미연에 방지하고 시설농업의 생산성을 향상시키면서 농지의 효율적 이용으로 토지이용의 질서를 도모하기 위한 시설농업 입지정책의 기초자료를 제공하고자 함이 본 연구의 주된 목적이다.

이를 위하여 시설농업의 과학적·합리적인 적지분석·평가를 위한 기초조건을 정립하고자 시설농업의 입지현황 및 특성과 지역특성별 시설농업의 입지유형을 중심으로 분석·고찰하였고, 이를 바탕으로 지역특성별 시설농업의 입지적성 평가모델 구축을 시도하였다. 또한 본 연구에서 개발된 시설농업의 입지적성 평가모델을 사례지역에 적용하여 본 평가모델의 유용성을 확인하였고, 전문가 평가를 통하여 평가모델의 검증을 실시하였다.

이상의 연구에서 도출된 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 시설원예의 입지현황 및 특성 분석

시설농업의 적정입지를 평가하기 위한 기초조건을 정립하고자 본 연구에서는 자연 입지적 요인, 사회 입지적 요인, 일반적 입지요인

등 각종 입지요인을 토대로 시설농업의 입지현황과 특성을 고찰하였다. 교차분석 등의 통계해석을 통하여 도시근교지역, 평야지역, 중산간지역 등의 지역특성별로 입지특성을 분석한 결과, 지역간 입지특성의 상당한 유의차를 보였으며, 입지요인별 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

① 도시근교지역(남사면)은 대부분 저평지 답작지대에 집단적으로 시설이 입지한 반면, 평야지역(채운면)은 마을근교에 가장 많은 시설이 집중해 있고 평야지의 군데군데 대규모시설이 입지해 있었다. 중산간지역(용평면)은 도로변과 마을근교, 하천변의 평지 답작지대 등 각각 분산되어 입지하고 있었다.

② 지목별 입지현황은 전답의 구성비(%)가 도시근교지역, 평야지역, 중산간지역 각각 9.1:90.9, 53.5:46.5, 82.2:17.8로 지역간 뚜렷한 차이를 보이고 있었다.

③ 시설규모, 집단화(단지성) 정도 및 단지규모의 크기는 도시근교지역, 평야지역, 중산간지역의 순으로 지역간 대조를 보였고, 시설이 설치된 필지의 구획형상은 3지역 모두 대부분이 장방형을 띄고 있었다.

④ 지형조건별 시설입지현황은 도시근교지역의 시설은 대부분 완경사의 평탄지에 위치해 있으나, 평야지역과 중산간지역의 시설은 평탄지, 곡간지, 구릉지 등에 비교적 고루 분포해 있었다. 또 논, 밭의 적지등급별 시설의 분포상황은 도시근교지역과 평야지역은 1, 2급지의 양호한 곳에 입지해 있으나 중산간지역은 주로 경지조건이 불량한 3, 4급지에 입지해 있었다.

⑤ 도시근교지역의 시설은 주로 경지정리가 완료된 농업진흥지역내에 분포해 있는 반면, 평야지역과 중산간지역은 농업진흥지역밖에

많은 시설이 분포해 있었다. 또, 진입도로상태는 3지역 모두 비교적 불량하였으나, 대부분의 시설이 도로에는 연결하고 있었다.

⑥ 시설규모와 지목과의 관계는 도시근교지역과 평야지역은 논인 경우 대부분 시설규모가 큰 편이나 밭은 비교적 작은 규모로 나타났다. 그러나, 중산간지역은 지목에 따른 시설규모의 차이를 보이지 않았다. 단지성과 지목과의 관계는 도시근교지역은 논인 경우 집단화 되어 있으며 그 규모도 큰 반면, 평야지역은 커다란 차이를 보이지 않았다. 중산간지역은 전체적으로 단지성이 낮고 논외의 경우가 밭보다 단지성이 더욱 낮게 나타났다.

⑦ 시설의 설치방향(장변기준)은 3지역 모두 대부분 경지정리 상태 또는 농지의 형상에 따라 설치된 관계로 연단동, 일조량 등을 고려한 시설의 이상적인 설치방향은 무시되고 제각기 입지해 있었다. 향후 시설농업을 위한 경지정리 등이 이루어진다면 시설농업 전용지는 이와같은 시설설치방향이 고려된 정비가 요망된다.

2) 시설농업의 입지유형 분석

시설농업의 입지정책 수립의 기초자료를 제공하고, 시설농업의 입지적성 평가모델 구축을 위한 전제조건을 정립하기 위한 기초연구로서, 15개의 시설입지요인을 토대로 수량화 이론(다중대응분석)을 적용하여 지역특성별 시설농업의 입지유형을 분석하였다. 그 결과, 지역특성별(도시근교지역, 평야지역, 중산간지역) 사례연구지역에 따라 각각 3가지의 입지유형을 도출할 수 있었다.

① 도시근교지역인 남사면은 전체시설수 186개 중 「저평지 답작지 대형」이 83.3%로 가장 많은 분포를 보이고 있었고, 「마을근교형」이 14.5%를 차지하였으나, 「경사(산간)지대형」은 2.2%로 가장 낮은 점

유율을 보였다. 이 지역은 경지조건이 양호한 저평지에 대부분 집단적으로 시설농업이 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

② 평야지역인 채운면의 경우, 전체 시설수 245개 중 「마을근교형」 36.3%, 「평야(원격)지 답작지대형」 29.0%, 「경사(구릉)지대형」 34.7% 등으로 3가지 유형이 비교적 고르게 분포하고 있었다.

③ 중산간지역인 용평면은 전체 107개 시설 중 「경사지 전작지대형」이 가장 많은 43.9%, 「마을근교형」이 30.9%, 「평지 답작지대형」이 25.2% 등의 순으로 나타나, 중산간지의 지형적 특성을 잘 반영해 주는 것으로 판단된다.

3) 시설농업의 입지적성평가 모델 개발

도시근교지역, 평야지역, 중산간지역 등 지역특성별 시설농업의 입지적성 평가모델 구축을 시도하였다. 특히 시설농업 입지적성평가모델 구축에 가장 근간이 되는 입지적성평가요인의 중요도 결정(평가)기법을 중심으로 고찰하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

① 시설농업 입지적성평가목표체계는 1, 2차에 걸친 전문가회의를 통하여 대, 소분류의 2단계로 구분하였고 소분류에 대하여 각각의 기준을 마련하였다.

② 입지적성의 중요도 평가기법으로는 중요도의 정도를 실수로 나타내는 절대평가 방법의 일종인 「실수평가법」, 계층간의 상대적 중요도를 판단하여 비율로 나타내는 상대평가 개념인 「비율평가법」, 각각의 평가요인을 쌍쌍비교한 행렬을 토대로 통계적인 처리 과정을 거쳐 고유치를 계산하여 중요도를 산정하는 「AHP법」 등 3가지 기법을 이용하여 시설농업 입지적성평가모델을 구축하고 각 기법간의 특성을 파악하였다.

③ 중요도 평가기법에 따른 시설농업의 입지적성평가모델의 결과를 살펴보면, 먼저 실수평가법은 비율평가법과 AHP법에 비해 대분류·소분류항목, 분류기준간의 중요도 차이를 비교적 적게 나타내고 있는데, 이는 실수평가법이 절대평가로서 항목간의 비교를 바탕으로 하지 않고 개개의 항목 자체만을 대상으로 평가하기 때문에 그 차이를 비교적 적게 인정하는 결과로 나타났고, 반면에 상대평가 방법인 비율평가법과 AHP법의 경우는 각각의 항목을 반드시 비교하면서 평가해야 하기 때문에 절대평가보다 정도의 차이를 크게 나타낸 것으로 판단된다.

④ 지역특성별 시설농업 입지적성평가모델의 결과를 살펴보면, 도시근교 및 평야지역은 생산 기반적 요소, 시설 특성적 요소, 자연 입지적 요소 순으로 나타났지만, 중산간지역은 자연 입지적 요소가 가장 높은 중요도를 보여 지역특성에 따라 요소간의 상이함을 잘 보여 주고 있다. 반면, 소분류 항목과 분류기준에서는 3지역 모두 전체적인 중요도가 비슷한 경향을 나타내고 있다. 그리고, 3지역 모두 “대분류 항목”과 중분류 항목 중의 “생산 기반적 요소”가 각 기법간의 차이(유의수준 $p < 0.05$)가 인정되는 것으로 나타났고, 분류기준에서는 기법간의 유의차를 보이고 있지 않았다.

⑤ 평가기법간의 특징으로는 전체적으로 AHP법, 비율평가법, 실수평가법 순으로 우수성을 나타내고 있는데, 평가소요시간이 가장 많이 드는 단점을 제외하고는 판단과정(절차)의 객관성, 재현가능성, 결과의 질적 수준(신뢰도) 등 거의 모든 항목에서 AHP법이 가장 양호함을 보이고 있다. 따라서, 이와 같은 특징을 고려한다면 평가 과정이 다소 복잡하지만 결과의 신뢰성과 객관성을 확보하기 위해서는 AHP법을 이용하는 것이 바람직할 것으로 사료되며, 비교적

짧은 시간내에 전체적인 경향을 살펴보기 위해서는 정교함이 약간 미흡하지만 실수평가법과 비율평가법을 활용할 수 있을 것이다.

4) AHP기법에 의한 적지평가모델의 지역특성별 고찰

이상의 평가기법별 특성을 살펴 본 바와 같이 AHP기법이 가장 과학적이고 합리적인 기법으로 판단되어 본 연구에서는 AHP기법에 의해 구축된 시설농업 입지적성평가모델을 적용하기로 하였다. AHP기법에 의해 구축된 평가기법의 특성을 요약하면 다음과 같다.

① 시설농업 입지적성평가목표체계는 대·소분류의 2계층으로 구성하였고, 소분류에 대한 각각의 세부기준을 설정하였다. 이는 각계의 전문가들로 구성된 전문가집단회의를 거쳐 평가항목들의 첨삭 등을 통하여 최종 확정되었다.

② 학계 및 연구기관의 전문가(12인)와 농촌지도소(농업기술센터)의 행정전문가(12인)로 구성된 전문가집단과 시설농업종사자집단(도시근교, 평야, 중산간지역 각 25인)으로부터 AHP설문조사를 실시하여 획득된 자료를 토대로 본 연구에서 수정·개발한 AHP분석 프로그램을 통하여 시설농업 적지평가항목에 대한 중요도를 산정하였다.

③ 시설농업 적지평가모델은 지역특성별, 분류체계(계층)별로 그 구조가 각각 상이하게 나타났다. 대분류 항목에서는 도시근교지역과 평야지역은 생산 기반적 요소(각각 395점, 405점)가 가장 높은 중요도를 나타냈으며, 다음이 시설 특성적 요소(각각 305점, 325점), 자연 입지적 요소(각각 300점, 272점) 순으로 시설농업의 적지중요성을 보이고 있었다. 그러나, 중산간지역은 다른 지역에 비하여 자연 입지적 요소(487점)가 월등히 높은 중요도를 보이고 있으며 그 다음이 생산 기반적 요소(284점), 시설 특성적 요소(229점) 순으로 나타

났다. 이는 중산간지역의 특성상 지리·지형적 여건에 따라 시설농업 적지에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다.

④ 소분류 항목의 중요도 특징으로는 도시근교지역과 평야지역은 용배수 상황과 일조상태 등이 비교적 높은 중요도를 보이고 있으나, 중산간지역은 일조상태, 자연재해, 토양조건, 용수상황, 경사 등의 순으로 나타났다. 반면, 지목현황, 농업진흥지역 지정유무, 최근접 마을거리 등은 3지역 모두 가장 낮은 중요도를 보였다.

⑤ 분류기준상의 주요특징은 도시근교 및 중산간지역은 밭이 논보다 비교적 더 중요한 시설적지임을 나타냈지만, 평야지역은 논이 밭보다 훨씬 더 중요한 시설적지임을 보여주고 있었다. 농업진흥지역 지정유무에 따라 도시근교 및 중산간지역은 농업진흥지역이 높게 나타났지만, 평야지역과는 반대의 양상을 띄고 있었다. 이상의 지목현황과 농업진흥지역 지정의 2항목을 제외한 모든 항목에서는 3지역 모두 분류기준(범주)에 따른 중요도의 정도는 거의 비슷한 양상을 나타내고 있었다.

5) 시설농업의 적지평가모델의 적용

시설농업의 적지등급을 5등급으로 구분하여 그 결과를 바탕으로 각각의 시설적지평가(분포)도를 작성할 수 있었고, 적용결과를 정리하면 다음과 같다.

① 먼저 용인시 남사지역(도시근교)은 경지정리된 평지의 답작지대로서 단지화 가능성이 높고 진입도로와 일조상태가 양호한 지역과 마을근교지역 등을 중심으로 시설적성이 가장 양호한 1등급 지역으로 나타났으나, 수도작 재배조건이 양호한 경지정리지구의 저평지 일부지역(남서부 및 동부중앙지역 등)에는 3등급 지역들이 많이 분

포하고 있는 특성을 보이고 있다. 시설적성이 불량한 지역(4, 5등급)은 경사지의 일조불량지역과 단지화 가능성이 매우 낮고 토양조건 또한 불량하거나 구획형상 등이 부정형인 지역 등의 특성을 주로 띄고 있다. 시설적지로서 양호한 1, 2등급인 경우 구획수 기준 36.4%이며, 면적기준으로는 44.6%로 높은 비율을 나타내고 있으며 불량한 4, 5등급은 가장 낮은 분포를 보이고 있는 등 전체적으로 남사지역은 비교적 양호한 시설적지가 많이 분포하고 있는 것으로 판단된다.

② 평야지역인 논산시 채운지역의 경우를 살펴보면 경사가 완만하고 경지가 잘 정리된 경지의 조건이 양호한 평야답작지대를 중심으로 적지등급이 높게 나타났으나 남부지역은 다른 지역과는 다르게 토양조건과 배수조건 등이 다소 불량한 관계로 적지등급이 낮은 시설불량지역으로 판명되었다. 적지등급 4, 5등급의 대부분은 비교적 경사지역이며 일조상태, 진입도로 등이 불량한 지역이나 마을주변의 경지형상이 불량한 지역들이었다. 구획수는 등급별 비교적 고른 분포를 보이고 있지만 면적기준으로 보면 1, 2등급이 전체의 절반이 넘는 51.8%를 차지하는 등 대체로 시설적지가 많이 분포하고 있는 것을 알 수 있었다.

③ 중산간지역인 평창군 용평지역의 경우 1등급 지역은 주로 하천과 마을이 가까운 비교적 완경사 지대의 진입로와 일조상태가 대체로 양호한 지역을 중심으로 분포하고 있는 반면, 계곡이 깊어 일조상태가 불량하거나 진입도로가 불량하고 급경사가 많은 지역들이 가장 낮은 4, 5등급을 주로 이루고 있다. 이 지역은 시설농업의 좋은 적지라고 할 수 있는 1, 2등급의 비율이 타 지역에 비해 낮은 반면, 시설부적지라고 할 수 있는 4, 5등급이 비교적 높은 분포를 보이고 있어 시설적지가 적음을 알 수 있었다.

④ 시설 재배지의 적지 특성을 고찰해 본 결과, 용인시 남사지역은 현재 시설재배가 이루어지고 있는 구획수가 전체구획의 23.8%인 177개, 면적기준으로는 37.1%를 차지하고 있었고, 훌륭한 시설적지라고 할 수 있는 1, 2등급지역에 전체의 약 56.5%(면적기준)를 차지하고 있는 것을 볼 때 비교적 양호한 적지에 시설이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 그러나 평야지역인 논산시 채운지역과 중산간지역인 평창군 용평지역은 비교적 각 등급 고른 분포를 보이고 있어 좋은 시설적지 뿐만 아니라 일부는 부적지에도 시설들이 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

6) 시설농업의 입지적성평가모델 검증

본 연구에서 개발한 시설농업의 적지평가모델을 검증하기 위하여 학계 및 행정전문가로 구성된 전문가 그룹을 통하여 사례연구지역(용인시 남사)의 744개 구획에서 무작위 추출한 75개 구획을 대상으로 전문가 평가를 실시하여 본 연구에서 개발된 시설농업 적지평가모델에서 평가된 적성값과 전문가들의 의견을 통해서 평가한 적성값과의 관계를 규명함으로써 모델의 검증을 시도하였다.

① 먼저, 전문가집단이 평가한 결과로는 1등급이 가장 적은 2구획(2.67%)을 나타낸 반면 적성등급이 가장 낮은 4, 5등급을 전체의 절반이 넘는 53.33%를 차지하고 있다. 그러나, 평가모델에서 평가된 등급을 살펴보면 등급별 비교적 고른 분포를 보이고 있으며, 가장 낮은 등급인 4, 5등급의 비율이 전체의 38.67%로 전문가 평가 결과와 약간 대조를 보이고 있다. 즉, 평가모델에서 평가된 적성값보다 전문가 평가에서 대체적으로 낮은 적성으로 평가된 것을 알 수 있었다.

② 두 방법간의 결과를 비교해 보면 등급의 차이를 보이지 않는 구

획이 전체의 12%, 한 등급 차이가 가장 많은 70%, 두 등급 차이가 17%, 세 등급 차이는 1%를 보이고 있다.

③ 두 결과의 상관관계를 보면 상관계수가 0.48($p=0.0001$)로 평가모델과 전문가 평가에는 어느 정도의 상관관계를 보이고 있다고 설명할 수 있다. 또한 신뢰성계수는 $\alpha=0.65$ 로 두 결과에 대한 관계를 대체로 인정할 수 있는 수준이었다(일반적으로 $\alpha=0.6$ 이상을 인정하는 수준으로 봄). 즉, 본 연구에서 개발한 시설농업 적성평가 모델은 전문가 평가로 검증해 본 결과 그 적합성을 인정할 수 있는 것으로 사료된다.

7) 제언

본 연구는 시설농업의 과학적·합리적인 적지평가 기술개발을 목표로 한 그 기초연구로 이루어졌으나, 본 연구에서 도출된 결과들을 바탕으로 장래 시설농업 정책방향을 수립하는데 고려되어야 할 사항들을 정리하면 다음과 같다.

① 시설농업을 합리적이고 경쟁력 있게 육성하기 위하여 본 연구에서 도출된 지역특성별 입지특성 및 입지유형을 잘 이해하고 장래 시설농업의 입지 방향을 마련하여야 할 것이다.

② 또한 본 연구에서 개발된 지역특성별 시설농업 입지적성평가모델 등을 바탕으로 지역특성에 알맞은 시설농업에 대한 체계적인 입지정책이 조속히 마련되어 시설농업을 합리적이고 경쟁력 있게 육성하여야 할 것이다. 나아가 본 연구에서 마련된 평가모델을 토대로 여러 농촌지역에 직접 적용시켜, 본 평가모델의 유효성을 검증하는 연구가 계속해서 이루어져야 할 것이다.

③ 본 연구에서의 시설입지 적성평가모델의 사례지역 적용 결과를

보면 외형적으로 비슷한 토지조건일지라도 시설농업의 적지성은 다양하게 분포하고 있음을 알 수 있었다. 또 수도작 재배조건이 좋은 경지 정리된 저평지의 농지임에도 불구하고 반드시 시설적지로 판명되지 않은 반면 비교적 계곡에 위치한 수도작 재배조건이 불량한 것으로 판단되는 농지에 시설적지로 판명된 경우도 나타났다. 이와 같은 조건을 고려해 볼 때 농지의 효율적 이용측면에서 본 연구에서 평가한 시설적지 자료를 근거로 합리적인 농지이용계획이 마련되어야 할 것이다.

④ 또한, 현재 시설재배가 이루어지고 있는 지역은 비교적 수도작의 재배조건이 좋은 농지가 대부분을 차지하고 있는데, 본 연구결과를 토대로 하여 농지의 효율적 이용을 고려한 적정배치의 유도가 필요할 것으로 사료된다.

⑤ 현재의 시설농업은 비교적 양호한 적지에서 이루어지고 있는 곳이 많으나, 아직도 일부지역은 조건이 불리한 지역에서 시설농업이 행하여지고 있어 이런 지역에 대한 적절한 시정과 지도가 요구되고 있다.

제5장 시설토양의 이화학적 특성변화 분석 및 개량방법 개발

제 1 절 서론

1. 연구배경

시설재배지토양은 노지토양과는 여러 가지 다른 특성을 갖고 있다. 시설내에서는 강우가 차단되고 관개에 의해서만 작물이 필요로 하는 수분이 공급되기 때문에 물의 이동이 노지토양과는 매우 다르다. 또한 집약적인 재배방식으로 인해 다비하는 경향이 많아 노지토양에서 발생되지 않는 각종 문제점이 발생하게 된다. 시설재배지토양에서 발생하는 여러 가지 문제점 가운데 염류집적은 가장 대표적인 것으로서 염류집적이 발생하게 되면 작물이 제대로 성장하지 못하고 각종 병해를 입을 수 있다. 염류집적 이외에 시설재배지토양에서 발생하는 문제점으로 여러 가지 가스의 발생, 미생물상의 변화 등이 있다.

염류집적으로 인한 작물의 생육장해는 시용된 비료성분 가운데 작물에 의해서 흡수되지 않고 토양에 남아있어 직접적으로 농도장해를 일으키거나 혹은 간접적으로 영양성분의 흡수를 저해하는 생리적 장해가 발생하는 것을 일컫는다. 토양내 염류의 종류는 암모니아, 질산, 칼륨, 황산, 염소 등의 성분이며 칼슘이나 마그네슘도 비료성분과 결합하여 염류장해를 일으키는 화합물로 변화한다. 시설재배지토양의 주요 염류집적물질은 질산칼슘과 염화칼슘이 있다. 이러한 염

류가 토양에 고농도로 존재하면 작물의 수분이나 양분 흡수가 저하되고, 심하게 되면 잎이 누렇게 변화하여 말라 죽게된다.

시설재배지토양에서 이와 같은 염류집적에 대하여 많은 조사와 연구가 진행되어 재배년수에 따른 토양의 이화학적 특성이 다각적으로 밝혀진 것은 사실이나 특성변화에 영향을 미치는 각종 요인의 파악과 이를 개선하기 위한 대책의 체계적 정립은 아직 미미한 실정이다.

2. 연구방법

시설토양에 집적된 염류를 제거하기 위한 방안을 개발하기 위해서 첫째, 시설토양의 재배경과년수, 재배작형, 관수방법 등과 관련하여 현장조사를 통해 염류집적 특성의 조사와 둘째, 이를 바탕으로 염류집적에 관련되는 토양환경인자를 분석하여 시설토양의 유형별 특성변화요인을 도출하는 것이 필요하다.

따라서 1차년도에는 시설재배지를 방문, 설문조사와 더불어 시료를 채취 이화학적 특성변화를 파악하고, 2차년도에는 이를 바탕으로 현장조사 및 실험을 통하여 특성변화 요인의 도출하며, 3차년도에는 최종적으로 토양에 집적된 염류를 제거할 수 있는 방안을 선정, 실험 및 현장시험을 거쳐 적용성을 검토한다.

3. 연구목적

시설토양의 염류집적특성과 이와 관련된 요인을 파악하여 시설토양의 개량방법을 제시, 검증하는 것이 본 세부과제의 목적이다. 이를

달성하므로써 시설토양에서 염류장해를 회피하여 지속적인 영농을 가능하게 할 것으로 판단된다.

제 2 절 시설토양의 이화학적 특성변화 조사

1. 조사방법 및 항목

시설재배지토양의 이화학적 분석을 위해서 경기도 안성군 및 인접지역에 분포하는 시설을 대상으로 설문조사와 시료채취를 하여 본 연구를 수행하였다. 설문조사에서는 다음과 같은 항목들을 조사하였다.

- 재배년수
- 재배작목
- 관수방법
- 퇴비 시용량
- 염류집적방지시설의 설치 여부
- 염해여부 및 피해 상황
- 휴한기 관리방법 유무

2. 시료채취 및 분석

가. 시료채취방법

시료는 시설내 토양을 대표할 수 있도록 각각의 시설에 대하여 4개의 지점을 설정하여 채취하였으며, 분석목적에 따라서 3가지로

나누어 보관하였다. 토성을 분석하기 위한 시료는 50 cm 깊이로 채취하였다. 반면에 토양수분과 화학적분석을 하기 위한 시료는 토층을 10 cm 깊이로 나누어 채취, 보관하였다. 시료는 대부분 실험실에서 분석되어야 하므로 채취 후 시료의 오염을 방지토록 시료보존에 각별한 주의를 기했다.

나. 분석방법

1) 토양수분의 측정

현장에서 시료를 채취한 직후와 105℃에서 24시간 건조 후의 중량을 각각 측정하여 수분함량을 계산하였다.

2) pH 및 전기전도도의 측정

시료를 실내에서 건조한 후 건조시료(풍건토) 중량의 5배에 해당하는 증류수를 혼합하여 (1:5) 방치한 후 토양용액의 전기전도도와 pH를 측정하였다. 전기전도도의 측정에는 일본 대립전기의 CM-20E EC meter를, pH는 Orion 사의 pH meter를 이용하였다.

3) 유기물함량의 측정

토양의 유기물함량은 풍건시료 0.1 - 0.5 g 을 취하여 중크롬산용액을 가하고 가열, 유기물을 산화시키고 과잉의 크롬산을 Mohr의 염으로 적정하는 방법으로 탄소량을 산출하여 계산하였다.

시료분석을 통해서 얻은 자료를 이용하여 경과년수에 따른 전기전도도와 같은 주요항목의 변화, 분석항목 상호간의 관계, 토층별 분포등을 알아보았다. 전기전도도는 토양의 염류농도를 간접적으로 나타내는 지표이므로, 전기전도도와 밀접한 관련을 맺고 있는 요

인들을 파악하고자 했다. 자료해석에는 관수방법, 유기물함량, 토성, pH, 재배작목 등을 포함하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 조사시설의 개황

설문조사 및 시료채취는 총 99개 시설에서 이루어졌다. 조사된 시설 가운데 채소류 재배농가는 93%, 화훼류 재배농가는 7%였다. 특히 오이를 재배하는 농가가 절반이상을 차지하고 있었으며 그 외에는 토마토, 참외, 가지, 호박 등 다양한 작목이 포함되었다. 조사시설의 약 67%에 해당하는 시설이 경과년수가 2-6년이었으며, 20년이 넘는 시설도 있었다. 조사된 시설의 경과년수는 표 5-1 과 같다.

표 5-1. 조사시설의 재배년수의 분포

경과년수	시설 수
< 1	6
2 - 3	30
4 - 6	37
7 - 10	5
11 - 15	8
16 - 20	8
21 <	5

나. pH 분포

10cm 간격의 토층별로 채취된 시료에 대하여 pH를 측정된 결과, 표토층의 pH 분포는 그림 5-1 에 나타난 바와 같다. 평균 pH는 6.39로서 조사시설의 절반이상이 pH 6-7 범위에 들었으며 최고치는 7.75, 최소치는 4.56로 나타났다. 평균 pH, 6.39 는 우리나라 시설재

배지토양의 평균 pH 와 비슷한 값이다 (박중춘, 1988). 또한 채소재배에 적합한 pH의 범위는 6-7임에도 불구하고 5.5 이하의 강산성인 토양이 약 13% 차지하였다.

pH 와 EC의 관계를 살펴보면 EC 가 감소함에 따라서 pH 가 다소 증가하는 경향을 볼 수 있었다 (그림 5-2). 즉, 염류농도가 증가함에 따라서 토양이 산성화하는 경향을 볼 수 있다.

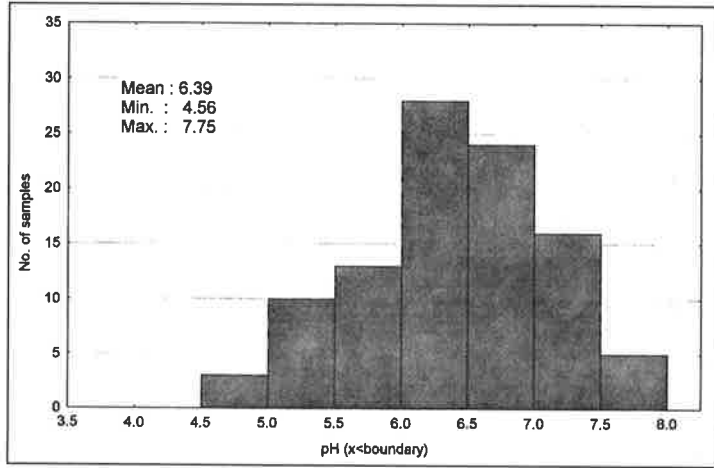


그림 5-1. 조사시설에 대한 표층 pH 의 분포

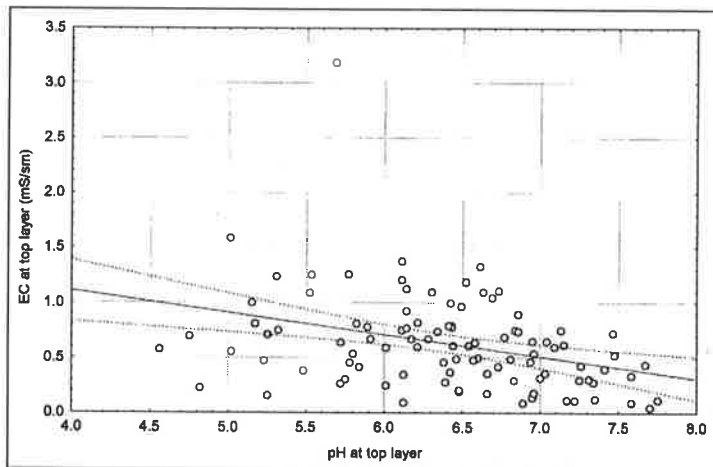


그림 5-2. 조사시설에 대한 표층 pH와 EC와의 관계

일반적으로 시설재배지토양 자체의 pH는 산성, 염기성 등 다양한 반면, 토양용액의 pH는 대체로 중성에 가까운 경우가 많다 (산전영생, 1993). 토양의 콜로이드권에 칼슘이 많이 흡착되어 있는 경우, 토양용액에 있는 수소이온이 칼슘과 치환되어 토양용액은 중성으로 유지되기 때문이다. 이러한 이유로 시설재배지토양에서 토양용액의 산성은 겉보기의 산성이라고도 한다 (산전영생, 1993).

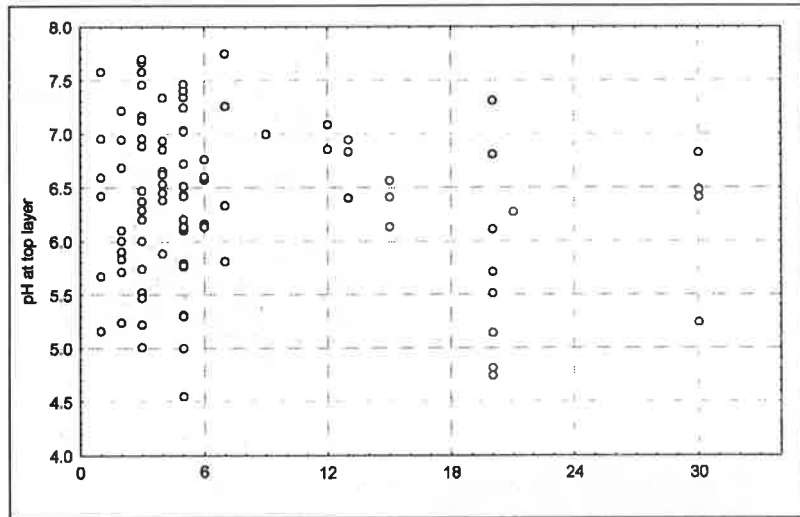


그림 5-3. 재배경과년수에 따른 표층 pH의 분포

경과년수에 따른 pH의 변화는 뚜렷하지 않았다. 경과년수에 따라서 pH가 다소 낮아지는 경향을 볼 수 있으나 (그림 5-3), 경과년수가 작은 시설에서도 낮은 pH를 보이는 곳이 다수 있었다. 조사시설의 경과년수 분포가 대체로 6년 미만인 경우가 대부분이어서 경과년수에 따른 pH 변화를 단정적으로 말할 수는 없으나 앞에서 언급한 바와 같이 토양용액과 토양의 콜로이드권내 이온교환과 같은 기작으로 인해 산성화경향은 뚜렷하지 않은 것으로 판단된다.

유기물함량은 평균 2.9%로서 대체로 1-4%의 범위에 있었다. 다

수의 시설이 비교적 풍부한 유기물함량을 보이고 있었다. 토양 유기물함량과 pH와의 관계를 살펴보면 그림 5-4에 나타난 바와 같이 상관관계가 거의 없었다.

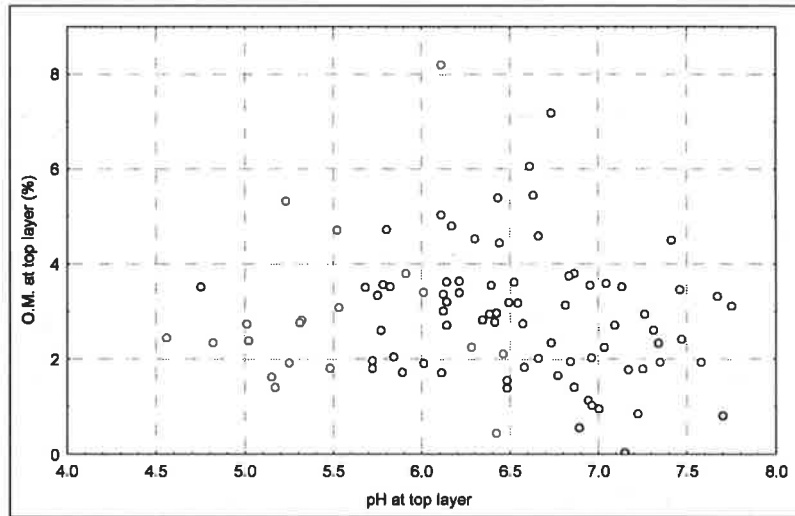


그림 5-4. 표층에서 pH와 유기물함량과의 관계

다. 전기전도도

작물이 정상적으로 생육할 수 있는 전기전도도(1:5)의 범위는 대체로 0.3 mS/cm이하로 볼 수 있다. 0.3 mS/cm이하의 토양에서는 계획시비량을 할 수 있으나 0.5 mS/cm 이상의 토양에서는 시비량을 적절히 감량하여야 염류장해를 회피할 수 있는 것으로 권장되고 있다 (박권우, 1987). 토성별, 작물의 내염성별 한계염류농도는 표2에 나타난 바와 같다.

내염성이 약한 채소류로는 상치, 딸기, 양파 등이 있으며, 강한 종류에는 시금치, 배추, 양배추, 무우 등이 있고, 중간 내염성을 가지는 종류에는 오이, 토마토, 가지, 고추, 파, 당근 등이 있다 (박길순, 1980).

표 5-2. 작물의 내염성별 생육장해한계 (토양 : 물 = 1:5)

토양구조	생육장해한계 (mS/cm)		
	약 내염성	중 내염성	강 내염성
사 토	0.3	0.4	0.5
층적식양토	0.6	0.7	0.7
부식질식양토	0.7	0.7	0.9

(김춘식, 1981)

조사시설의 표층에서 측정된 전기전도도는 평균 0.63 mS/cm로서 대부분이 0.2-0.8 mS/cm의 범위에 있었으며 0.5 mS/cm 이상의 시설이 약 56% 차지하였다(그림 5-5). 그러나 설문조사에 의하면 대부분의 농가가 계획시비량 또는 그 이상으로 시비를 하고 있어 앞으로 특별한 방지대책이 없는 경우, 염류장해로 인한 피해가 심화될 것으로 추정된다. 전기전도도가 1.0 mS/cm 내외의 토양에서는 최소한 토양이 너무 건조되지 않도록하는 것이 권장되고 있다.

시설의 경과년수에 따른 EC의 변화는 뚜렷하지 않음을 그림 5-6 으로부터 알 수 있다. 조사된 시설의 경과년수의 분포가 대체로 6년 미만으로서 자료가 비교적 제한적이지만 시설재배기간이 증가함에 따른 EC의 증가는 관찰할 수 없었다. 경과년수에 따른 뚜렷한 EC의 변화가 보이지 않는 것은 토양시료를 채취한 기간이 작물을 재배하고 있는 기간이라서 지속적인 관수를 하고 있었고 작물의 재배직전에 대부분 경운을 하기 때문에 염류의 분산 및 저층으로 이동되었기 때문으로 판단된다.

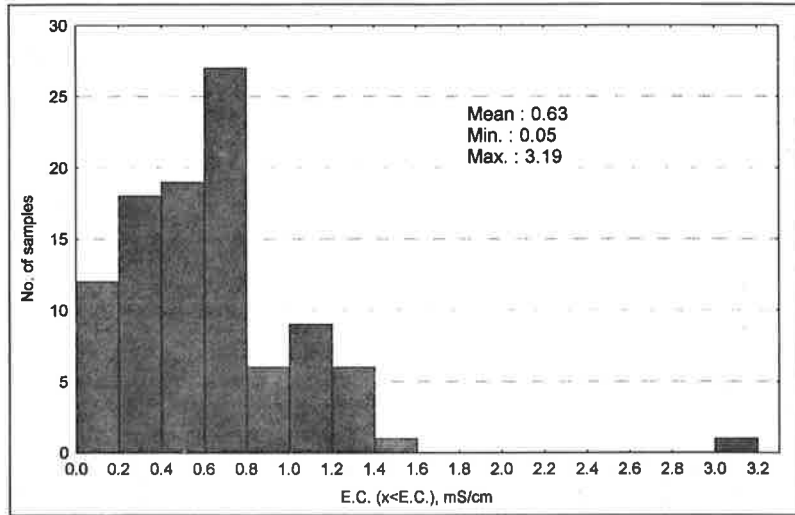


그림 5-5. 조사시설에 대한 표층에서의 EC분포

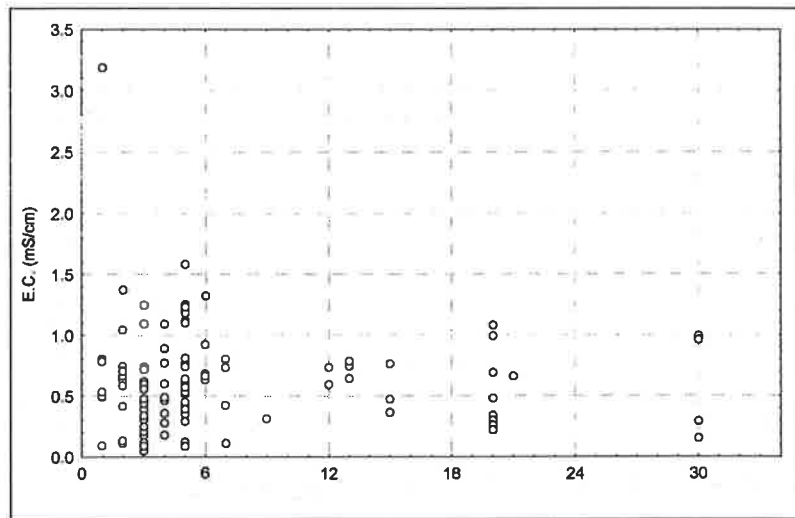


그림 5-6. 경과년수에 따른 EC의 분포

조사시설 가운데 시료채취시 작물을 재배하지 않고 있는 경과년 수 2년의 시설에서는 짧은 경과년수에 비해서 표층의 EC가 1.05 mS/cm로 높게 나타났다. 전체 EC 평균값에 비해서 상당히 높은 수

치로서 작물의 고사한계에 가까운 농도이다. 이는 시료채취시 시설의 상태에 따라서 토양의 EC가 크게 변화할 수 있음을 시사하는 것이다.

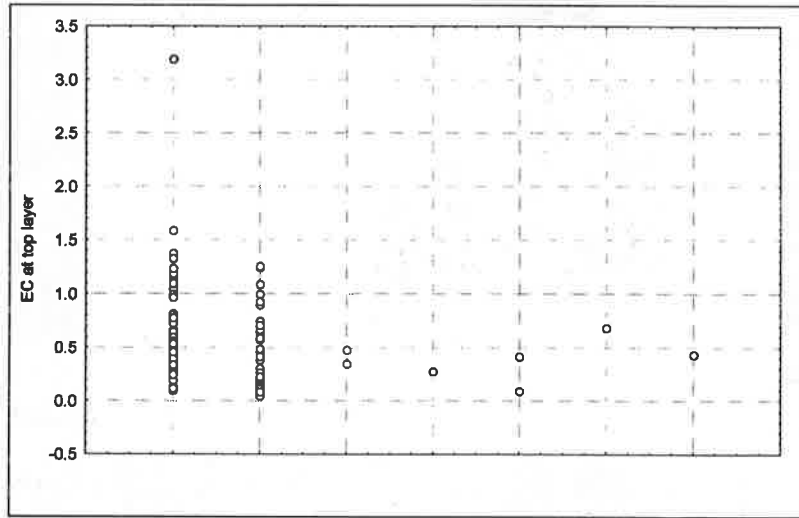


그림 5-7. 관수방법과 표층 EC와의 관계

관수방법으로는 점적관개와 분수호스에 의한 방법이 대부분을 차지하고 있었다. 관수방법에 따른 EC의 분포를 살펴보면 그림 5-7에 나타난 바와 같이 분수호스에 비해서 점적관수방법을 행하는 시설의 토양에서 EC가 다소 높게 나타났다. 50 cm 전층에 대하여 점적관수를 이용하는 시설에서는 평균 EC가 0.32 mS/cm 인 반면에 분수호스의 경우 0.25 mS/cm로 나타났다. 두 관수방법간 평균 EC는 통계적으로 신뢰도 95% 수준에서 유의성이 검증되었다. 한편, 표층토양을 대상으로 비교했을 때는 점적관수를 이용하는 시설에서 평균 EC가 0.71 mS/cm 인 반면에 분수호스의 경우 0.52 mS/cm로 나타났다. 이 두 관수방법간 평균 EC값의 차이는 90% 수준에서 유의성이 검증되었다. 즉, 관수방법에 따라서 토양용액의 염류농도가 영향을

받을 수 있다는 것이다.

토양의 유기물과 EC와의 관계는 그림 5-8에 나타난 바와 같다. 토양의 유기물함량이 다소 높은 토양에서 EC가 높게 나타나고 있으나 뚜렷한 경향은 보이지 않고 있다. 토양유기물의 의의를 살펴보면 긍정적인 면으로서 유기물 자체가 작물의 양분 공급원이 되며, 토양의 물리성을 향상시키고, 토양생물에 좋은 토양환경을 제공하는 반면, 부정적인 측면으로 무기 성분량의 과잉공급을 들 수 있다. 한편, 토양내 염류집적과 관련지어 볼 때, 토양내 유기물함량이 높으면 보수력이 향상되어 토양용액중의 염류농도를 낮출 수 있게 된다.

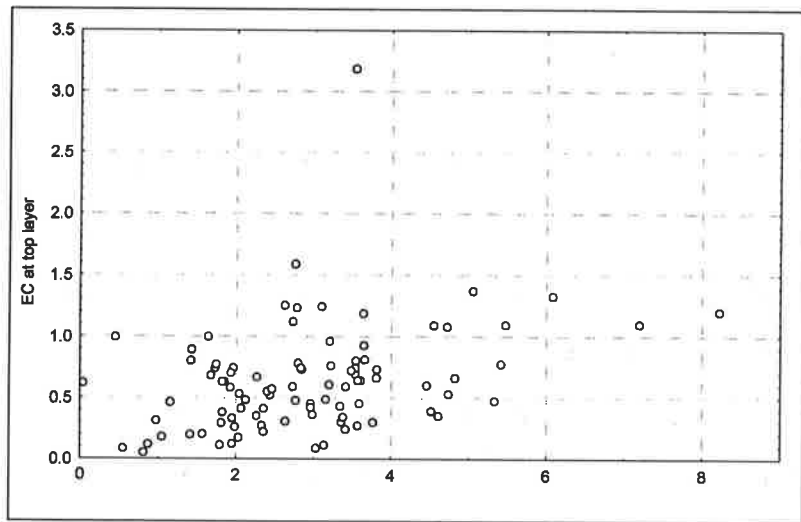


그림 5-8. 표층 EC와 유기물 함량과의 관계

토성에 따라서 토립자에 흡착되는 염류량은 크게 변화할 수 있으나, 본 조사결과에서는 토성에 따라서 전기전도도는 크게 차이가 나지 않았다(그림 5-9). 일반적으로 동일량의 비료를 시비했을 때, 전기전도도의 상승률은 사질토양에서 가장 크고, 염기치환용량이 큰 양토에서나 점토질토양에서 작게 나타난다. 토양의 유기물함량 또한

염기치 환용량이 크므로 염류농도를 관리하기 위해서는 적정량의 토양 유기물함량을 유지하는 것이 좋다.

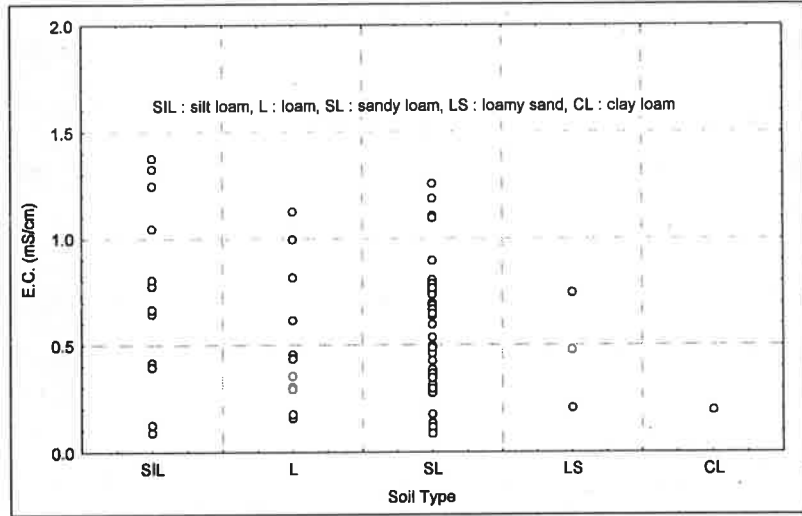


그림 5-9. 토성과 EC와의 관계

시비량과 비중은 조사시설의 수에 비해 매우 다양하여 시비량이 나 비중에 따른 분류를 통해 염류집적분포를 살펴보는 것은 큰 의미가 없는 것으로 판단되어 재배작목의 종류에 따른 EC 분포를 살펴보았다 (그림 5-10). 조사시설 10개 이상을 차지하는 작목은 오이, 호박, 그리고 토마토였으며, 이들을 재배하고 있는 시설의 평균 EC는 각각 0.55, 0.70, 0.59 mS/cm 로서 전체 EC 평균 0.63 mS/cm와 현저한 차이는 보이지 않았다.

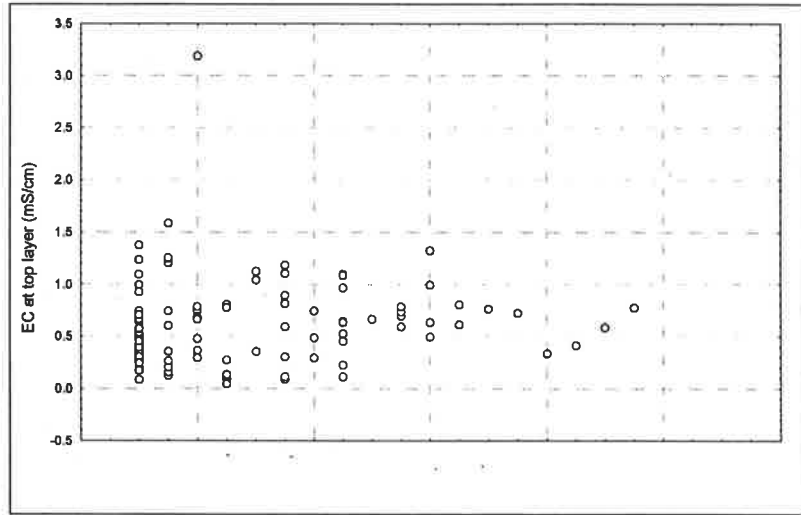


그림 5-10. 재배작목에 따른 EC의 분포

조사과정을 통해서 시설재배지토양내 염류집적억제를 위한 여러 가지 노력을 살펴볼 수 있었다. 염해방지 및 지력향상을 위해서 유기질비료 혹은 퇴비를 사용하는 농가가 많았으며, 휴한기에 석회를 사용하는 농가도 조사되었다. 그러나 살포하는 퇴비량과 토양 EC는 큰 관계가 없음을 앞에서 보았다. 특기할 사항으로서 일부 농가에서는 병해예방과 염류집적억제를 위해서 활성탄을 사용하기도 하였는데 유사한 조건의 시설들에 비해서 EC가 비교적 낮게 나타났다. 조사시설 가운데 약 13%가 염류집적에 대한 방지책을 도입하고 있었으며 이들의 평균 EC는 0.48 mS/cm로서 그렇지 않은 농가의 평균농도 0.65 mS/cm보다 약간 낮은 수치를 보였다.

라. 치환성 칼슘함량

채취한 시료에 대하여 치환성 칼슘함량을 분석한 결과, 50cm 전층에 대한 평균치는 6.20 meq/건토100g, 최대치는 16.97 meq/건토

100g 로 나타났다. 이에 반해 표토층(10cm)에 대한 평균치는 8.91 meq/건토100g, 최대치는24.26 meq/건토100g 로 나타났다.

표토층에서의 치환성 칼슘함량과 전기전도도는 5%수준에서 상관관계가 있는 것으로 나타났다(그림 5-11). 반면에 50cm 전 층에 대한 치환성 칼슘함량은 전기전도도와 5%수준에서 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 그 밖에 pH나 시설의 경과년수 등은 치환성 칼슘함량과의 상관관계는 없는 것으로 나타났다.

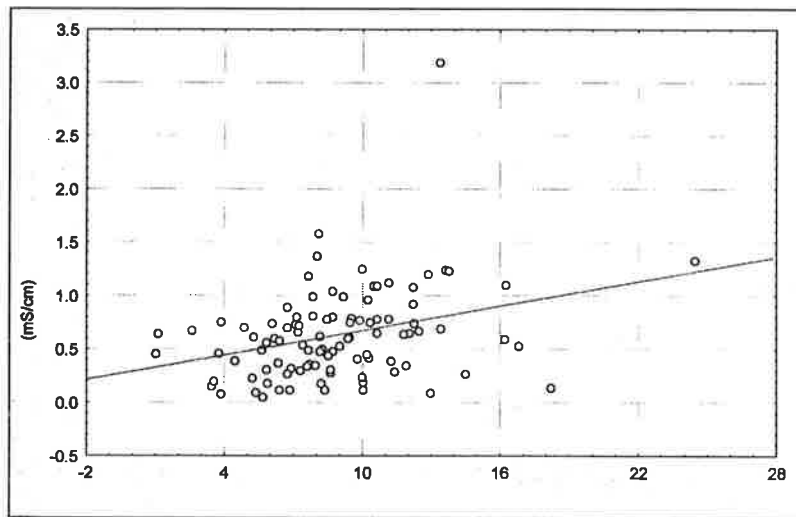


그림 5-11. 표토층에서의 치환성 칼슘함량과 전기전도도의 관계

대체로 토층 전체에 대한 평균 함수율에 대하여 pH를 제외한 전기전도도, 유기물함량, 치환성 칼슘함량 등은 상관관계를 보였다. 시설 재배지의 토양에 집적되는 염은 주로 수용성이 높은 질산칼슘, 염화칼슘, 염화마그네슘 등인 것을 고려하면 쉽게 이해할 수 있는 현상이다. 즉, 토층별 함수율과 각 항목간의 관계는 토양수분이 토양 내 염류의 거동과 관련된 현상을 지배하고 있다는 것을 나타낸다.

마. 토층별 EC의 분포

앞에서 살펴본 바와 같이 경과년수에 따른 전기전도도의 변화는 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 따라서 경과년수에 따른 토층별 EC는 큰 의미가 없으므로 호박을 재배하는 4개의 시설에 대하여 토양수분 함량에 따른 토층별 EC를 살펴보았다. 표토층에서 현저히 높은 EC를 보여주고 있으며 10 cm아래의 토층에서는 EC가 거의 균등하게 나타났으며, 함수율이 낮은 토양에서 표층의 EC가 높게 나타남을 알 수 있다(그림 5-12).

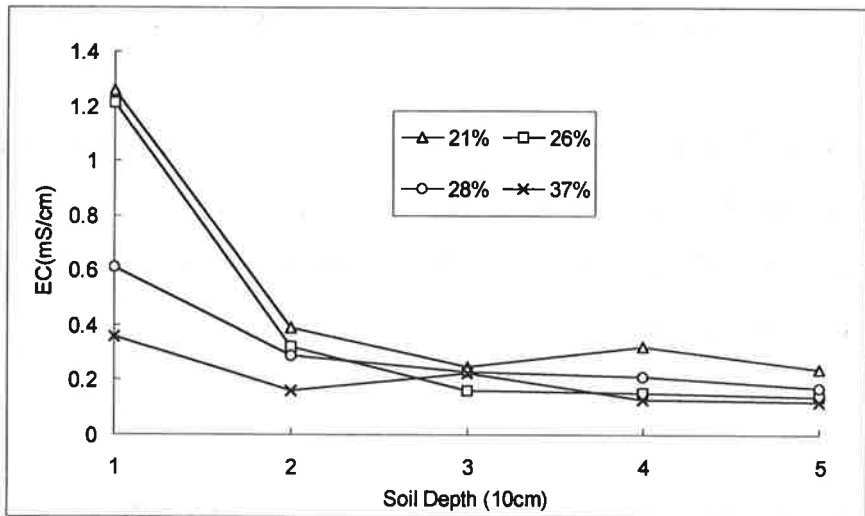


그림 5-12. 함수비 별 토층에 따른 전기전도도의 분포

토층별 EC 분포조사에서 살펴본 동일한 시설을 대상으로 토층별 pH 분포를 조사하였다. 그림 5-13에서 보이는 바와 같이 토양용액 중의 pH는 큰 변화가 없었으며 시료채취시의 토양 함수율 차이에 따른 주목할 만한 경향은 보이지 않았다.

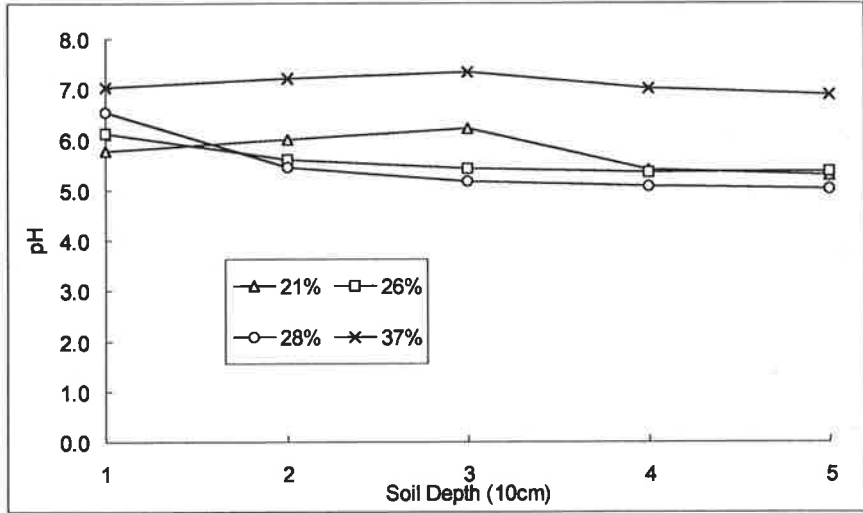


그림 5-13. 합수비 별 토층에 따른 pH의 분포

토양의 유기물함량은 표토층에서 다소 높게 나타났으나 EC와 같이 토층 및 합수율간 일관된 변화는 보이지 않았다. 시설에 관계없이 10cm 이하의 토층에서는 모두 1% 내외로서 비교적 균등한 유기물함량을 보이고 있다.

제 3 절 시설토양의 이화학적 특성변화요인

1. 시설농업의 환경특성

시설재배는 폐쇄된 상태에서 이루어지므로 내부환경과 근권 토양의 이화학적 성질이 불량해져 생육장애가 종종 발생하고 수량과 품질이 떨어지는 경우가 발생한다. 이러한 원인으로서는 염류집적, 병충해 발생, 광합성 불량 등에 의한다고 알려져 있다.

시설 내 토양의 염류집적은 과도한 시비와 부적절한 토양관리 그리고 연작 등에 기인한다. 특히 자연 강우가 차단되어 배수에 의한 용탈이 적고 시설 내 고온으로 인해 모관수의 상승으로 염류가 표토로 이동되어 표토층의 염류가 높아지는 것이다. 특히 관개수 중에 상당한 무기염류가 함유되어 있는 경우에는 빠른 속도로 염류집적이 이루어지게 된다.

시설토양과는 달리 노지재배를 하는 토양의 경우 자연 강우에 의하여 사용된 비료성분의 상당부분이 유출 및 용탈로 인해 근원 밖으로 이동한다. 또한 채소재배 시 사용된 질소성분은 빗물과 함께 용탈되면서 질산태로 바뀌게 되는데, 이 때 질산은 토양에 포함되어 있는 칼슘이나 마그네슘과 결합된 형태로 용탈된다. 이런 경우 토양은 급속하게 산성화된다. 일부 농가에서는 3-5년의 시설재배 후 비닐을 걷어내어 자연강우에 노출시켜서 토양 중의 염류를 제거하여 효과를 보는 경우도 있다. 그러나 시설재배를 오랜동안 한 곳에서 수 년이 경과한 후에도 불구하고 염류가 지표면으로 올라오는 것을 볼 수 있는데, 이것은 염류가 지하로 용탈되었다 하더라도 완전히 제거되지 않는다는 것을 시사한다. 따라서 연속된 시설재배지에서는 자연강우의 차단과 고온 등의 환경 특성으로 인하여 토양 중 염류집적이 필연적이므로 근본적인 제염 노력이 필요하다.

시설재배는 출하시기를 조절하여 이윤을 올리기 위한 것이므로 작물의 생육조건이 불량한 시기에 이루어진다. 불량한 생육조건으로는 낮은 기온과 지온, 일조 부족 등을 포함할 수 있다. 낮은 온도는 인위적인 난방을 통해서 극복할 수 있지만 일조부족은 크게 개선하기 어렵다. 즉, 작물의 생육조건은 대체로 좋지 않은 것이 현실이다. 이를 극복하기 위해 대비하는 경우도 종종 있다. 온도조건이 양호해

저서 뿌리의 활성이 활발해지면 고염류 농도는 다소 극복할 수 있으나 작물의 활력이 떨어지는 경우 토양 중에 존재하는 고농도의 염류는 직접적으로 작물에 피해를 주게 된다. 시설재배에서 작물의 생육 초기에 온도가 낮은 경우 염해를 많이 입게 되는 것이다.

저온에서 인산과 칼륨의 흡수가 현저하게 저하되며, 질산태 질소의 흡수도 떨어지는 것으로 알려져 있다. 외기의 온도가 낮은 경우에는 시설 내 기온만 오르고 지온은 크게 오르지 않는 경우가 있다. 이 때 작물의 활성이 떨어져 생육이 저하되므로 토양의 온도를 적절히 유지하는 것이 필요하다.

2. 시설토양의 이화학적특성

일반적으로 시설재배의 경과년수가 증가할수록 토양 중의 염류 농도가 증가하는 것으로 알려져 있다. 김해, 창녕, 진양 등지의 시설재배지의 토양을 조사한 결과에서는 경과년수가 증가할수록 모든 무기성분이 높아지는 것으로 나타났으며, 경과년수와 토심에 따라서 차이가 크게 나타났다(신, 1987). 표토층에서의 포화침출액에 대한 평균 전기전도도를 살펴보면 경과년수 1년의 경우 2.6 mS/cm, 2-4년의 경우 3.7 mS/cm, 5년 이상 4.6 mS/cm 로 나타났다. 경과년수에 따라서 표토층의 전기전도도가 증가하는 것으로 나타났다. 토심 20cm 이하의 토양 전기전도도는 표층에 비해 증가율이 작게 나타났다. 포화침출액은 본 연구에서 채택한 1:5(토양:물) 침출액에 비하여 전기전도도 값이 훨씬 크게 나타나며 토성에 따라 그 차이가 다르다. 사양토의 경우 포화침출액의 전기전도도는 1:5 침출액에 비하여 약 5배이상 높으며 양토의 경우 약 3배 정도 높게 나타난다. 따라서

본 연구에서 적용한 1:5 침출법으로 환산하는 경우 5년 이상의 재배지에서는 약 1.5 mS/cm 정도의 전기전도도를 가진다고 볼 수 있다.

시설재배지의 경과년수에 따라서 전기전도도가 증가하는 경향은 본 연구에서 수행한 현장조사와는 상이한 것이다. 본 연구에서 토양시료를 채취한 시기는 6-8월로서 작물을 재배하고 있거나 수확이 거의 끝나는 시설이 대부분을 차지하고 있어서 관수에 의한 염류의 이동으로 표층에서의 전기전도도가 대체로 낮게 나타났으며 경과년수와의 상관관계가 낮은 것으로 판단된다.

전기전도도는 토양 중 치환성 양이온의 총량과 직선함수적 상관관계가 있다. 치환성 양이온의 총량을 칼슘, 마그네슘, 칼륨, 나트륨이온의 합으로 나타낼 때 상관계수는 0.98에 이르므로 전기전도도의 측정값으로 치환성 양이온의 양을 추정할 수 있다. 신(1987)의 결과에서는 전기전도도에 미치는 각 무기성분의 기여도는 $Cl^- > NO_3^- > Mg^+ > Fe^{++} > Ca^{++} > NH_4^+$ 등의 순으로 높은 것으로 나타났다.

3. 시설토양의 염류집적과 관련요인의 분석

시설재배지의 토양시료를 채취하여 분석한 결과와 문헌을 통해 시설토양의 염류집적현상은 관수 및 토양수분의 거동과 직접적으로 관련을 맺고 있음을 알 수 있었다. 시설 내 토양에서는 빗물에 의해서 비료성분이 유실되지 않기 때문에 시용한 비료성분 가운데 작물에 의한 흡수되는 양을 제외하면 대부분은 토양에 집적하게 된다. 또한 시설 내는 수분증발이 심하기 때문에 토양의 물은 수분증발에 따라서 밑에서부터 위로 이동하게 되며 이와 동시에 토양의 밑층에 함유되어 있는 칼슘이나 마그네슘 등이 토양표면에 모이게 되어 염

류농도를 높게 된다. 또한 시설재배에서는 작물의 재식본수가 많고 노지에 비하여 생육속도가 빠르며 수량도 많기 때문에 비료를 과다하게 주는 경향이 많다. 물론 비료를 많이 주는 것이 염류의 농도를 높이는 가장 큰 원인이라고 할 수 있으나, 재배년수가 길어질수록 상당량의 염류가 집적되는 것이다.

작물을 재배하는 시설토양과 노지토양의 이화학적 특성에 근본적으로 영향을 미치는 요인은 물(강수/관개수)로 판단된다. 특히 시설토양의 주요 문제인 염류집적은 토양수의 흐름과 직접적으로 관련되는 것이다. 대체로 토층 전체에 대한 평균 함수율에 대하여 pH를 제외한 전기전도도, 유기물함량, 치환성 칼슘함량 등은 상관관계를 보였음을 실험적으로 알 수 있었다. 시설재배지의 토양에 집적되는 염은 주로 수용성이 높은 질산칼슘, 염화칼슘, 염화마그네슘 등인 것을 고려하면 쉽게 이해할 수 있는 현상이다. 본 연구에서는 염류집적과 관련된 요인 가운데 토양수분의 거동이 직접적으로 영향을 미친다고 판단, 이를 정량적으로 구명하기 위하여 토양수분의 증발로 인해 토양표면에서의 염류의 집적특성에 대하여 실험적으로 고찰하였다.

가. 토양수분 증발로 인한 염류집적의 실험적 고찰

1) 재료 및 방법

토양수분 증발로 인해 초래되는 염류집적현상을 조사하기 위하여 원형 파이프 관을 제작하고 여기에 토양을 채운 후, 일정농도의 전기전도도를 가지는 용액을 주입하여 시간에 따라 시료를 채취, 분석하는 방식으로 실험조사를 수행하였다. 원형 파이프관(이하 포트)은 직경 20cm PVC재질로 높이 50cm로 잘라 제작하였다. 포트에 채울 토양은 한경대학교 농기계작업 포장에서 채취하였다. 채취한 토양은

비닐하우스에서 토양시료에 대한 작업을 용이하게 하기 위하여 일정 기간 건조하였다. 건조 후 토양은 5mm의 체로 쳐서 굵은 토립자나 자갈 등을 제거하였다. 이렇게 전처리한 토양은 본 연구를 위해서 축조한 플라스틱하우스에 설치한 포트에 채워 넣었다. 포트 내의 토양의 용적밀도를 동일하게 만들기 위해 토양을 채운 후 원형 판을 이용 다짐봉을 이용하여 동일한 수로 다졌다.



a) 준비된 포트의 하우스내 정치



b) 토양시료의 준비



c) 토양시료의 다짐



d) 질산칼슘 용액의 처리

그림 5-14. 토양시료의 준비와 질산칼슘용액처리 과정

일단 포트 내에 토양시료를 채운 후 증류수에 질산칼슘을 혼합 전기전도도가 6.5 mS/cm 되도록 하였다. 준비된 질산칼슘 용액을 포트 바닥으로부터 충분히 스며 나올 정도로 각 포트에 동일한 양을 주입하였다.

질산칼슘 용액을 주입한 토층에 따른 전기전도도를 파악하기 위하여 2-3일 간격으로 표층은 3cm, 저층은 5cm 씩 시료를 채취하였다. 시료를 채취한 후 실험실에서 자연건조 하였다. 실내에서 충분히 건조시킨 후 앞에서 언급한 방법과 같이 1:5(토양:물)의 침출액에 대하여 전기전도도와 pH를 측정하였다.

2) 결과 및 고찰

질산칼슘용액을 처리한 후 채취한 시료를 분석한 결과, 표토층을 포함한 전 토양층에서의 EC값이 1.0 mS/cm 내외로 비슷하게 나타났다. 예상할 수 있었던 바와 같이 시간이 지남에 따라서 표층에서의 전기전도도 값이 증가하는 것을 관찰할 수 있었다(그림 5-15).

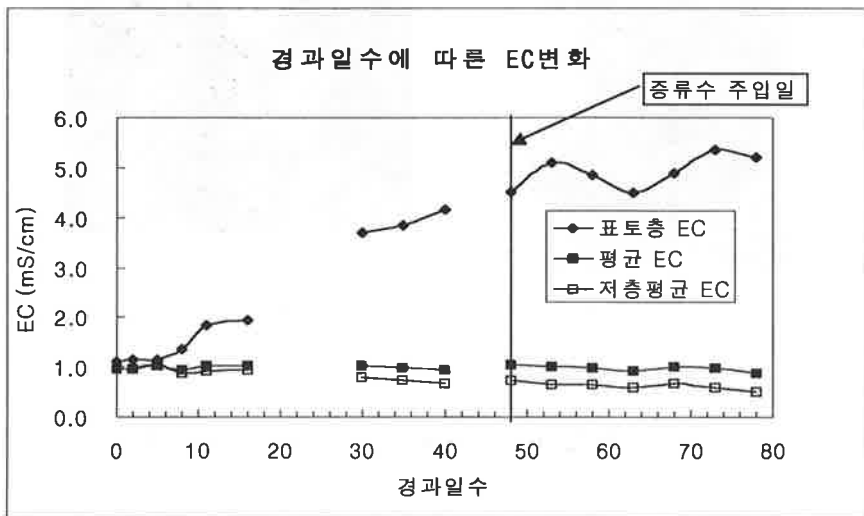


그림 5-15. 경과일수에 따른 전기전도도의 변화

10여일 경과 후 표토층에서의 EC는 약 2배로 증가한 반면 저층의 EC는 변화가 거의 없었으며, 30여일이 지난 후에는 표토층에서의 EC는 약 4배이상으로 증가하며 저층의 평균 EC 값은 점차 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 시료 전체 층에 대한 평균 EC값은 거의 변화가 없는 것을 알 수 있으며, 표층을 제외한 아래층에서는 EC가 다소 감소하는 것을 볼 수 있다. 그래프의 중간에 자료가 없는 부분은 시료채취가 이루어지지 않거나 시료의 오염으로 문제가 발생한 시기로서 공백으로 나타내었다.

Abe(1983)는 본 실험과 유사하게 NaCl 을 이용하여 토양의 건조 과정에 따른 염류집적형태를 조사한 바 있다. 그는 사질 토양에서는 표토층 약 5cm 구간에 염류의 집적이 이루어지고, 점토질이 많을수록 집적층의 두께가 감소한다고 하였다. 또한 집적층의 두께도 토양에 주입한 초기 NaCl 용액의 농도(토양 중 초기 염류농도)가 증가함에 따라서 증가한다.

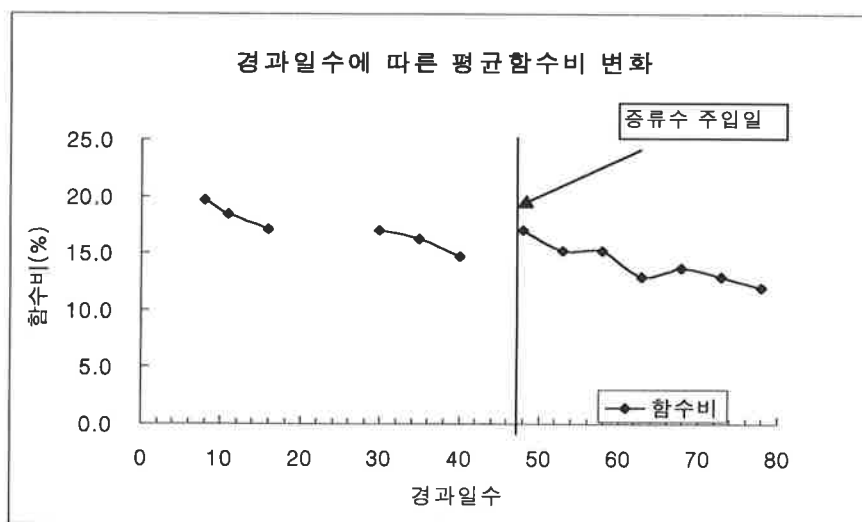


그림 5-16. 경과일수에 따른 평균 함수비의 변화

당해 기간동안의 함수비 변화는 그림 5-16에 나타난 바와 같다. 평균 함수비는 지속적으로 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 증류수를 추가로 주입한 시기에 함수비가 다소 높아진 것을 볼 수 있다.

48일 경과후에는 관수에 의한 염류의 거동을 살펴보기 위하여 남은 시료에 대해서 증류수 500 ml (약 1.6 cm)를 처리하였다. 그러나 표토층에서의 EC 변화는 뚜렷하게 관찰되지 않았고, 표토층에서의 EC가 지속적으로 증가함을 알 수 있다.

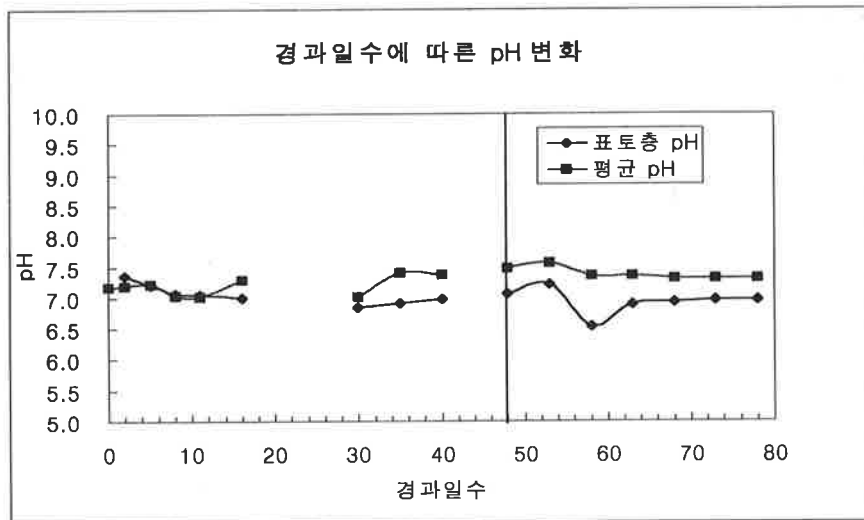


그림 5-17. 경과일수에 따른 pH 변화

한편, 전기전도도와는 다르게 pH는 경과일수에 따른 변화가 크지 않았다. 표토층에서의 pH는 7.0을 계속 유지하고 있는 반면, 전층에 대한 pH의 평균값은 이보다 약간 높게 나타났다. 48일 경과 후 증류수를 처리하였을 때, EC와 마찬가지로 표토층 및 전체 평균 pH의 변화는 관찰되지 않았다.

나. 실험결과의 해석 및 개량공법개발의 방향

토양수분증발로 인한 염류농도의 분포변화를 실험적으로 살펴본 결과, 표토면에서의 수분증발로 인해 토양수분의 상승과 토양내 각종 염류가 표토층에 집적된다는 것을 확인할 수 있었다. 일단 표토층에 염류가 집적된 이후에는 관개를 통한 수분공급으로도 집적된 염류를 충분한 깊이의 저층으로 이동시키는데 한계가 있다. 이러한 사실을 기초로 하여 제염을 위한 시설토양 개량공법 개발의 접근 방향은 표토층에서 직접 제거하는 방식이 타당하다고 판단되었다. 일부농가에서는 3-4년마다 비 재배기간동안 비닐을 제거하고 자연조건 하에서 방치하는 방법으로 토양에 집적된 염류를 제거하는 것을 1차년도 설문조사과정에서 알 수 있었다. 이러한 방법은 강우유출로 표토층에 집적된 염류를 용탈시키는 방법이다. 염류의 용탈은 수분과 함께토양저층으로 일부 이동하거나 지표유출로 토표면으로부터 제거되는 것으로 생각할 수 있다. 그러나 고가의 유리온실이나 비닐을 제거하기 곤란한 경우에는 시설내에서 표토층에 집적된 염류를 제거할 수 있는 별도의 방법이 강구되어야 한다.

제 4 절 시설토양의 개량방법 개발

1. 제염방법의 종류와 특성

시설토양에서 집적된 염류에 의한 작물의 생육 장애문제를 해결하기 위한 방안으로서 시비량의 조절, 충분한 담수에 의한 염류의 유실, 비닐제거를 통한 염류의 유실, 관수량 조절에 의한 토양의 과

다한 건조방지, 표토의 제거 등을 권장하고 있다. 또한 40cm 이상의 심경, 옥수수나 양배추 등과 같이 흡비력이 강한 작물의 재배, 충분한 양의 퇴비 시용 등을 제염 혹은 토양염류관리 방안으로 제시하고 있다.

적극적인 제염방안으로서는 장마기 또는 강우량이 많은 시기에 비닐을 제거하여 강우에 의한 제염이나 관수처리를 하는 것을 생각할 수 있다. 그러나 관수에 의해서 표토층에 집적된 염류를 하층을 이동시키는 방법만으로는 장기적인 제염방안이 될 수 없다. 따라서 다량 관수나 강우에 의한 제염을 위해서는 하층에서의 배수방법도 고려될 수 있다. 이 때에는 염류만이 제거되는 것이 아니라 토양의 유효성분도 함께 유실되므로 토양에 부족한 성분을 보충하여야 한다. 염류집적에 대한 상기의 대책을 유형별로 나누어 그 특성을 살펴보면 다음과 같다.

가. 객토

일단 염류가 상당히 집적된 토양의 경우 가장 적극적인 방법으로서는 시설토양을 바꾸는 객토를 생각할 수 있다. 시설 내의 토양을 산토양이나 논토양으로 객토하여 염류장해문제를 해결할 수 있다. 시설내의 면적은 상대적으로 넓지 않으므로 비교적 쉽게 적용할 수 있는 방안이다. 특히 작물을 수확한 이후, 시설 토양을 충분히 건조시키면 염류가 표층에 집적되므로 5cm 내외의 표토층을 제거, 객토하면 효과적으로 염류장해를 해결할 수 있다. 그러나 객토의 경우 노동력이 많이 들기 때문에 구획으로 나누어 순차적으로 객토하는 것이 바람직하다.

나. 심경

작물을 재배하기 전에 경운을 하게되는데 이 때 경운 깊이를 가능한 한 깊게 가는 방법이다. 심경을 하게되면 표층과 심층의 토양이 섞이게 되어 표층의 염류농도를 낮출 수 있다. 뿐만 아니라 경운을 약 50-70cm 정도로 하게되면 토양의 통기성과 투수성을 좋게할 수 있으므로 작물의 생육에 유리하게 된다. 그러나 심경의 경우 토양 내 집적된 염류를 제거하는 것이 아니고 토층내에서 희석하는 방법이므로 장기적으로는 염류집적문제를 완전히 해결할 수 있는 방안은 아니다.

다. 관수처리

관수처리는 충분한 양의 관수를 통해서 토양에 집적되어 있는 토양을 하층으로 용탈시키는 방법이다. 이 때 암거시설이 있는 경우에는 상당한 효과를 기대할 수 있다. 그러나 100mm 이상의 물을 관수하여야 하므로 현실적으로 쉽지 않은 방법이다. 200mm 이상의 관수를 하게되면 대부분의 염류를 제거할 수 있으나 50mm 정도의 관수로는 제염효과가 미미한 것으로 알려져 있다. 또한 관수에 의한 제염은 토성에 따라서 그 효과가 다르게 나타난다. 사질토양에서는 지하용탈이 쉽게 이루어지므로 관수에 의한 제염효과가 크게 나타날 수 있다.

라. 윤작 또는 내염성작물의 재배

작물에 따라서는 비교적 높은 염류농도에도 잘 자라는 것들이 있다. 또는 흡비력이 강한 옥수수과 같은 작물을 재배하여 염류를 제거하는 방법을 생각할 수 있다. 비고정식 시설의 경우에는 시설 피

복물을 제거하고 시설재배지를 논으로 이용, 윤작할 수 있다.

마. 시비관리

시설에서의 비료는 염류농도를 높이지 않는 종류를 사용하는 것이 좋다. 비료의 3요소인 질소, 인산, 칼륨의 토양용액 중에서 질소 질 비료가 염류농도를 가장 크게 상승시킨다. 또한 질산이나 염화암모니아가 농도상승작용이 크므로 비료의 부성분을 고려하여 시비를 하도록 한다.

그밖에 완효성 비료나 유기질 비료의 시용을 고려하는 것도 필요하다. 완효성 비료는 고온에서 분해가 빠르므로 과다하게 시용해서는 않되며, 유기질 비료는 분해가 늦다는 특성을 감안하여 시용해야 한다.

바. 멀칭재배

토양 표면을 비닐과 같은 재료를 이용하여 피복하는 경우에는 과다한 수분 증발을 막을 수 있다. 멀칭재배는 많은 양의 관수를 이용한 제염효과와 대등한 효과가 있다고 알려져 있다. 멀칭은 이외에도 잡초발생을 억제할 수 있기 때문에 시설토양의 효과적인 방법의 하나로 생각할 수 있다. 그러나, 시설 토양내 집적되는 염류를 근본적으로 제거하는 방법은 아니다.

사. 흡착제염

시설 토양에서 수분의 증발로 인해 표토면에 많은 양의 염류가 집적된다. 토양에서 수분은 공기 중으로 증발하고 증발할 수 없는 염류는 토양에 집적되는 것이다. 따라서 염류를 흡착제를 활용하여

염류를 집적시킨 후 제거하는 것이 가능하다.

2. 용탈식 제염

용탈식 또는 투수에 의한 제염은 물을 통과시켜서 염류를 제거하거나 근권 염류농도를 낮추는 방법이다. 염류가 녹아든 토양용액이 지표면에서 유출수의 형태로 배제되거나 암거배수되는 경우 토양의 염류농도는 낮아질 수 있다. 단순히 관수에 의한 방법은 염류를 저층으로 이동시키기 때문에 장기적으로는 근본적인 제염대책이 되지 못한다.

용탈식 제염은 관수량과 대상이온의 종류에 따라서 효과가 다르다. 토양공극의 절반에 해당하는 부피로 관수할 때 Cl^- 은 약 50%가 제거되며, 토양공극 부피의 관수량을 통과시키면 토양 내 존재하는 Cl^- 은 92%가 제거되는 것으로 알려져 있다(신, 1987). 또한 SO_4^{2-} 은 Cl^- 에 비하여 매우 느리게 제거되며 Na^+ 이온에 비해 K^+ 이온이 비교적 늦게 제거된다. K^+ 가 90% 이상 제거되기 위해서는 토양 공극의 4 배되는 양의 물을 투수시켜야 한다.

신(1987)이 수행한 실험의 결과를 살펴보면 양이온에 비해 음이온의 제거율이 훨씬 크게 나타나며, 일정한 투수량에 대해서도 토층별로 제염효과가 다르게 나타남을 알 수 있다. 또한 표토의 염이 10 mS/cm 일 때 2 mS/cm 이하로 낮추기 위해서는 약 220 mm의 관수를 통과시켜야 한다고 제시하고 있다. 토양에 염류가 집적된 시설 토양에서 토양수분함량과 토층별 전기전도도와와의 관계를 살펴보면, 수분함량이 높아지면서 표층부에서는 전기전도도가 계속 낮아지나 10 cm 이하의 깊이에서는 함수비가 20% 수준에 이르러서야 약간

낮아지며, 20 cm 이하에서는 다소 높아지는 경향을 가진다.

3. 흡착식 제염

앞에서 여러 가지 제염 또는 염류장해를 줄일 수 있는 방안의 종류와 특성을 소개하였다. 이 가운데 흡착식 제염방안은 지금까지 적용되지 않았던 것으로서 그 효과가 검증되지 않았다. 흡착식 제염은 시비관리나 심경과는 달리 토양내 염류를 제거하는 방안으로서 많은 관수량이 필요 없이 쉽게 적용이 가능하다고 판단되어, 본 연구에서는 3차년도 연구내용으로서 흡착식 제염방안에 대하여 제염효과를 조사하기로 하였다.

가. 재료 및 방법

흡착식 제염방안의 효과를 검증하기 위한 실험은 2차년도에 수행한 염류집적 특성조사와 유사한 방법으로 수행하였다. 실험에 이용한 토양은 2차년도와 마찬가지로 한경대학교 농업기계 작업포장에서 채취하여 건조, 채로 쳐서 균등하게 한 후 포트에 채워 넣었다. 2차년도에 사용했던 포트는 직경이 커서 소요 토양시료가 너무 많이 소요되어 다소 작은 10cm 직경의 PVC 파이프를 새로이 제작, 실험에 이용하였다. 포트내 토양시료가 동일한 용적밀도를 갖도록 원형 다짐판으로 다진 후 질산칼슘 용액을 처리하였다. 그림 5-18은 3차년도 토양시료 준비과정을 보여주고 있다.

본 실험은 2차에 걸쳐서 수행하였다. 1차 실험은 토양시료를 일정시간 건조시킨 후 흡착재료를 덮어서 시간에 따른 토층별 염류농도 변화를 살펴보았으며, 2차 실험은 흡착재료를 1회에 걸쳐 교체한

후 집적매체를 피복한 처리구와 피복하지 않은 무처리구 간의 염류 농도를 살펴보았다.



a) 건조 후 토양시료의 혼합 b) 포트 내 토양시료의 다짐

그림 5-18. 흡착식 제염실험을 위한 토양시료의 준비

표 5-3. 3차년도 포트실험의 개요

	1차 실험	2차 실험
기간	4/28 - 5/25	8/24 - 10/6
질산칼슘용액 EC (mS/cm)	5.5	9.7
집적매체교체	무	유
시료채취 포트 개수	1개/회	3개/회

1차실험은 질산칼슘 용액의 전기전도도가 다소 낮은 5.5 mS/cm 로 하여 약 두달에 걸쳐서 수행하였으며 표토면에 처리한 집적매체는 교환하지 않고 표면이 충분히 건조된 후에 증류수를 처리구와 무처리구에 동일한 양의 증류수를 각각 500ml 씩 주입하여 실험을 진행하였다. 토양시료를 준비하는 과정에서 용적밀도와 전기전도도의 초기조건을 가능한 한 동일하게 하였으나 포트간에 약간의 차이가 있는 것으로 판단되어, 2차 실험에서는 처리구와 무처리구에 대하여

각각 3포트를 준비 실험을 수행하였다. 2차 실험에서는 질산칼슘 용액의 전기전도도를 약간 높게 하여 포트에 처리하였다.

토양 표면에서 염류를 집적시키기 위해 사용될 수 있는 재료는 토양의 수분과 염류를 토양과 동일한 수준으로 전달할 수 있어야 한다. 따라서 빈 공간이 없도록 토양의 표면에 잘 밀착될 수 있어야 한다. 이러한 재료로서는 면직포(綿織布)나 휴지 등을 생각할 수 있다. 본 연구에서는 손쉽게 포트 내 표토면에 적용할 수 있는 일반용 펄프질 휴지를 사용하기로 하였다. 시료는 토층별로 나누어 채취, 분석하였으며, 전기전도도, pH, 함수비의 3가지에 대하여 분석하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 1차 실험

표토층에서의 염류집적 현상을 살펴보면 2차년도 실험결과와 유사하게 나타남을 알 수 있었다. 질산칼슘 용액을 주입한 후 1일 경과했을 때 표토층에서의 전기전도도는 0.45 mS/cm 였으나 약 15일 경과 후에는 2.42 mS/cm 로서 약 5배 증가 하였다 (표 5-4). 2cm 이하의 저층에서는 시간이 경과함에 따라서 전기전도도는 점차 낮아짐을 볼 수 있었다. 저층에서 전기전도도가 낮아진 이유는 염류가 지표면으로 이동하였다고 생각할 수도 있으나, 포화상태에서 토양 용액이 중력에 의해서 저층으로 이동하여 바닥층에서 토양시료 외부로 흘러 나갔을 가능성이 있다. 따라서 저층에서 전기전도도가 낮아진 이유는 표토층에서 염류의 집적으로 단정하기는 곤란하다.

토층 전체에 대한 평균 전기전도도는 층별 깊이를 가중치로 하여 계산하였다. 초기에 표토층의 전기전도도가 높지 않을 때는 평균 전기전도도가 동일하게 나타났으나 5월 13일 채취한 시료의 경우 다소

높게 나타났다.

표 5-4. 질산칼슘 용액 주입 후 토층별 전기전도도의 변화

(단위 :mS/cm)

토 층(cm) \ 일	4/8	5/4	5/10	5/13
0 - 2	0.45	0.45	1.66	2.42
2 - 4	0.30	0.30	0.19	0.17
4 - 6	0.28	0.28	0.19	0.18
6 - 10	0.31	0.31	0.18	0.17
10 - 15	0.26	0.26	0.19	0.16
15 - 20	0.28	0.28	0.18	0.16
20 - 25	0.32	0.32	0.18	0.18
25 <	0.27	0.27	0.26	0.21
평균	0.30	0.30	0.30	0.35

집적매체를 이용한 염류제거실험은 포트 내의 토양시료가 어느정도 건조된 후에 시작하였다. 나머지 포트를 집적매체를 덮고 500 ml의 증류수를 넣은 처리구와 동일한 양의 증류수만을 주입한 무처리구로 나누어 실험을 계속 진행하였다.

염류농도로서 전기전도도 값에 대한 처리구와 무처리구 간의 비교는 그림 5-19 와 20 에 나타난 바와 같다. 주입된 증류수가 점차 표면에서 증발함에 따라 무처리구의 표토면에서는 염류 집적이 두드러지게 나타나지만 처리구의 경우 대체로 완만한 증가를 보이고 있다.

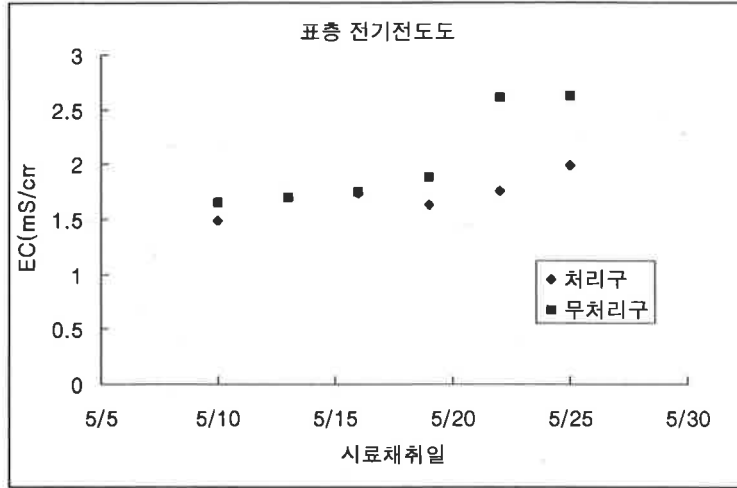


그림 5-19. 표토층 전기전도도에 대한 처리구와 무처리구의 비교

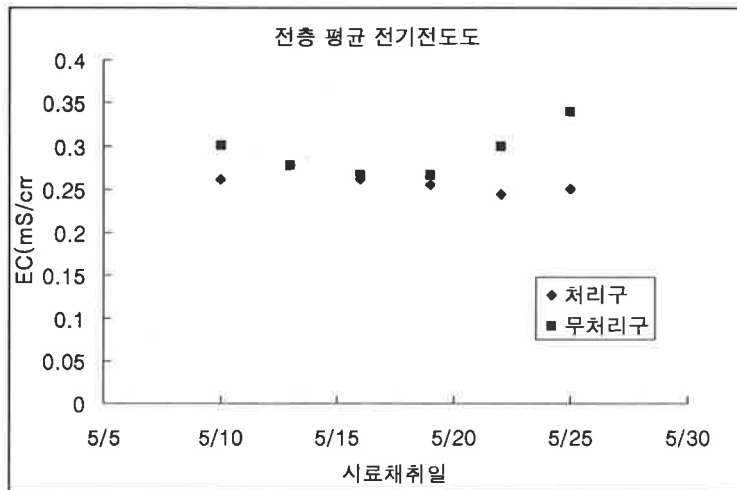


그림 5-20. 전층 평균 전기전도도에 대한 처리구와 무처리구의 비교

토층 전체에 대한 평균 전기전도도는 처리구와 무처리구 간에 현저한 차이를 나타내지는 않지만 10 여일이 경과한 후에는 처리구에서의 염류가 무처리구에 비하여 다소 적게 나타남을 알 수 있다. 처리구와 무처리구의 표층 전기전도도는 95% 수준에서 차이가 있는

것으로 나타났다. 반면에 평균 전기전도도는 95% 수준에서는 차이가 없는 것으로 나타났다. 토층 전체에 대한 전기전도도는 큰 변화가 없는 저층에서 전기전도도가 상대적으로 많은 구간을 차지했기 때문이다.

시료채취 시에 집적재료로서 사용된 휴지는 토양 시료와 동일한 조건에서 건조하였다. 사용된 집적매체는 무게가 아주 적어서 토양과 같은 토양 : 물 (1 : 5)의 비율로 해서 전기전도도를 측정하지 않고 100 ml의 증류수에 담구어 일정시간이 지난 후에 측정하였다. 집적매체에 대한 전기전도도는 처리 직후 0.6 mS/cm에서 3일 후 5.32 mS/cm로 크게 높아졌다. 그러나 시간이 경과함에 따라서 휴지에 집적된 염류량은 증가하지 않았다. 표 5-5에 나타난 바와 같이 시간이 경과됨에도 불구하고 4.5 mS/cm 내외의 전기전도도 값을 유지하였다.

표 5-5. 경과시간에 따른 집적매체에 대한 전기전도도

채취일	pH	전기전도도 (mS/cm)
5/10	6.62	0.60
5/13	6.38	5.32
5/16	6.61	4.80
5/19	6.71	4.31
5/22	6.72	4.38
5/25	6.72	4.55

증류수를 주입했을 때, 함수비는 토층 전체에 걸쳐 15% 내외로 나타났다. 3일 후 5월 13일에는 함수비가 12%내외로 낮아졌으며, 함수비가 낮은 상태에서는 집적매체에 의한 염류집적이 더 이상 진행되지 않는 것으로 해석될 수 있다. 토양이 어느 정도 건조된 이후에는 토양 공극을 통해 토양수분이 이동되지 않고 공극을 통해 직접 공기 중으로 증발된다. 따라서 이러한 상황에서는 염류의 이동이 일

어나지 않으며 표토층에서 염류집적이 중단된다고 볼 수 있다. 2차 년도의 염류거동 실험결과에서도 이와 유사한 사실을 관찰할 수 있다. 그림 5-15와 16에서는 각각 표층 전기전도도와 함수비를 보이고 있는데, 함수비가 15%보다 작은 경우에는 전기전도도가 증가하는 경향이 뚜렷하지 않음을 알 수 있다.

앞에서 언급한 Abe(1983)의 연구에서는 표층에서의 함수비가 1-2 %에 이를 때까지 지속적으로 염류가 집적되고 함수비가 이 수준이하로 떨어지게 되면 염류집적이 더 이상 진행되지 않는 것을 보이고 있다. 본 연구에서 이와는 달리 15% 미만에서 염류집적이 거의 정체 상태를 나타내고 있다. 이것은 Abe의 경우 표층을 보다 세분하여 0.5 cm 간격으로 시료를 채취, 분석했던 반면, 본 연구에서 시료를 채취한 표층은 표면에서 2 cm 깊이였기 때문이다. 시료를 채취하는 심도가 커지면 표층에 비해 상대적으로 높은 함수비를 가지는 저층의 수분이 포함되기 때문이다.

약 한달 동안 건조를 계속한 후 증류수를 처리구와 무처리구에 500 ml씩 주입하고 시료채취를 재개하였는데, 이 때에는 포트별 차이를 파악하기 위하여 포트 3개씩으로부터 시료를 채취하였다. 증류수 2차 주입 후 경과 시간에 따른 표토층의 전기전도도는 표 5-6에 나타낸 바와 같다.

표 5-6. 증류수 2차 주입 후 표층 전기전도도의 변화

(단위 : mS/cm)

	처리구				무처리구			
	1	2	3	평균	1	2	3	평균
6/22	1.87	1.88	1.75	1.83	(0.98)	2.47	2.51	2.49*
6/25	1.67	1.61	1.74	1.67	2.42	(0.34)	2.22	2.32
6/28	2.43	2.24	1.91	2.19	1.83	2.85	2.04	2.24*
7/1	2.42	-	-		2.93	-	-	

() : 비정상치로 판단됨.

* : ()자료를 제외한 평균치.

같은 처리구 또는 무처리구 내에서도 포트 별 차이가 적지 않음을 표 5-6에서 확인할 수 있었다. 무처리구의 일부포트에서는 전기전도도 값이 나머지 2개의 포트에 비하여 너무 낮게 나타나기도 하였다. 그러나 처리구와 무처리구 간에 염류농도로서 전기전도도는 차이가 있음을 다시 한번 확인할 수 있었다. 토층 전체에 잔류하고 있는 염류를 나타내는 평균 전기전도도의 경우에도 처리구가 무처리구에 비하여 15% 이상 감소한 것을 확인할 수 있었다(표 5-7). 표토층의 전기전도도와 마찬가지로 평균 전기전도도의 포트간 차이를 볼 수 있었으나 표토층의 것에 비하여 상대적으로 적었다.

표 5-7. 증류수 2차 주입 후 평균 전기전도도의 변화

(단위 : mS/cm)

	처리구				무처리구			
	1	2	3	평균	1	2	3	평균
6/22	0.25	0.28	0.26	0.26	0.27	0.33	0.32	0.31
6/25	0.25	0.20	0.22	0.22	0.27	0.23	0.27	0.26
6/28	0.25	0.26	0.22	0.24	0.22	0.29	0.22	0.24

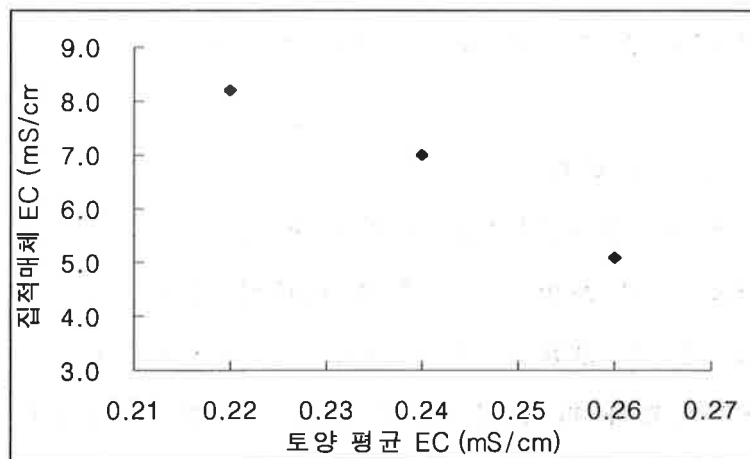


그림 5-21. 집적매체 EC와 토양 평균 EC와의 관계

증류수의 2차 주입 후 집적매체에 대한 전기전도도는 1차 주입 후의 값보다 매우 높게 나타났다. 6월 22일 집적매체의 전기전도도는 4.7 - 5.4 mS/cm 수준에서 25일에는 최고 6.9 - 9.2 mS/cm 로 상승하였다. 그러나 28일 채취된 매체의 전기전도도는 다소 낮아져 6.7 - 7.2 mS/cm를 보였다. 또한 7월 1일에 채취된 매체의 경우 더욱 낮아져 5.9 mS/cm 로 나타났다. 이러한 차이는 처리구의 경과 일별 평균 전기전도도의 변화와 관련지어 설명될 수 있다. 그림 5-21에서 보는 바와 같이 집적매체의 전기전도도가 증가하면 토층 전체에 대한 평균 전기전도도는 감소하는 부의 상관관계가 있음을 알 수 있다. 즉, 표토면에서 집적매체에 의한 염류 흡착능력을 설명하는 것이다.

한편, 시간이 지남에 따라서 집적매체에 의한 염류 흡착량이 계속 증가하지 않는 것을 볼 수 있다. 앞에서 보았듯이 집적매체에 대한 전기전도도가 시간에 따라서 증가하지 않는 경우도 볼 수 있다. 이러한 경우는 특히 토양과 집적매체가 건조되어 함수비가 아주 낮은 상태에서 관찰되는데, 이것은 결정화된 염류가 집적매체로부터 떨어져 표토층에 복귀하기 때문이거나 건조가 진행되면서 집적매체와 표토면 사이에 공간이 생기기 때문인 것으로 추정된다.

2) 2차 실험

1차 실험결과를 살펴보면 토양 내에 적정한 양의 수분이 존재해야만 증발로 인한 토양수분 이동에 의해서 염류가 표토면에 집적된다는 것을 알 수 있었다. 또한 토양 및 집적매체가 너무 건조되면 오히려 제염효과가 다소 낮아지는 것을 관찰할 수 있었다. 1차 실험 결과 처리구와 무처리구 간의 비교를 통해서 보면 표토면에 집적매

체를 활용하여 충분한 제염을 기대하기 어렵다고 생각할 수 있다. 이를 확인하고 집적매체를 활용하는 경우 보다 효과적인 제염작업이 될 수 있는 방안을 모색하기 위하여 2차 실험을 수행하였다.

앞에서 설명한 바와 같이 2차 실험은 처리구에 대하여 집적매체를 1회 교체하는 방식으로 제염효과를 살펴보는 것이다. 실험은 8월 말경에 토양시료를 채워 넣은 후 약 10 mS/cm를 갖는 질산칼슘 용액을 처리하고 약 보름간 건조시켰다. 처리구에 대해서 집적매체로서는 1차 실험과 마찬가지로 세척 후 물기를 뺀 휴지를 이용하였으며, 토양 표면에 완전히 흡착되도록 증류수를 500 ml 주입하였다. 무처리구에 대해서도 동일한 수분 조건을 갖도록 같은 양의 증류수를 주입하였다. 3일 후에 처리구의 집적매체를 새로운 것으로 교체하였다. 이 시기에는 강우로 인해 시설내 습도가 매우 높아서 건조가 쉽게 이루어지지 않았다. 최초 집적매체를 처리하고 17일이 경과한 후에 추가로 증류수를 주입하였으며, 26일 경과 후 시료를 채취하고 집적매체를 회수하였다.

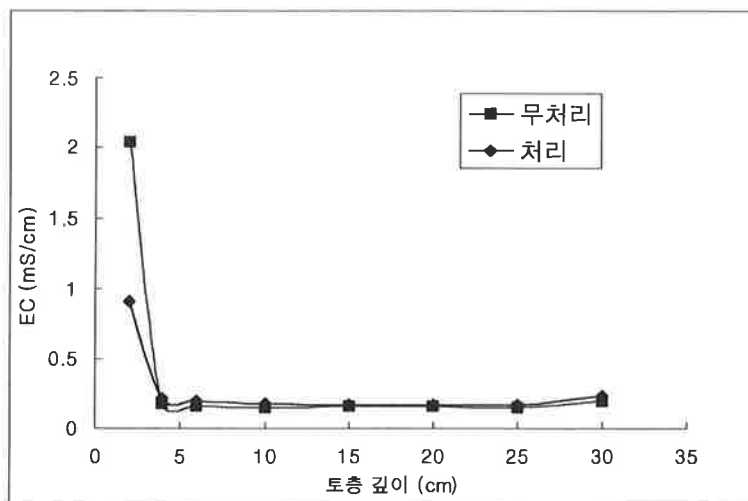


그림 5-22. 2차 실험에서 토층별 전기전도도의 분포

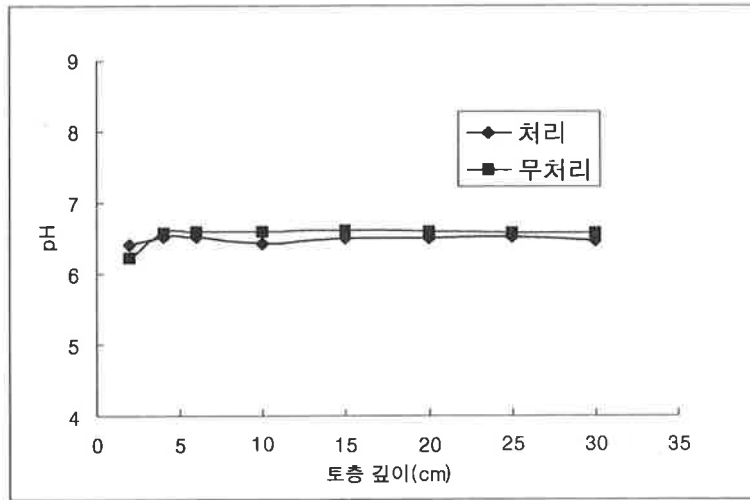


그림 5-23. 2차 실험에서 토층별 pH분포

분석결과 처리구에 대한 표토층의 전기전도도는 무처리구의 그것에 비해 50% 미만으로 나타났으며 평균 전기전도도 또한 낮았다. 처리구의 평균 전기전도도는 0.24, 무처리구는 0.29 mS/cm 로 나타났다. 토양시료 전체에 대하여 약 20%의 제염효과를 나타내는 것이다. 시료채취시 함수비는 표토층의 경우 10% 내외, 저층은 11%를 약간 상회하였다.

1, 2차 실험에서 pH의 변화는 거의 관찰되지 않았다. 그림 5-23은 2차 실험에 대한 토층별 pH 분포를 보여주고 있는데 표층에서는 무처리구에 비해서 처리구의 pH가 약간 높으나 저층에서는 대체로 무처리구의 pH가 다소 높게 나타났다. 그러나 처리구와 무처리구에서 토층에 관계없이 6.4-6.5의 범위에 있었다.

제 5 절 요약 및 결론

시설재배지토양의 이화학적 특성을 조사하고 염류집적에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해서 경기도 안성군 및 화성군 지역의 99개 시설을 대상으로 설문조사와 시료채취 및 분석을 수행하였다. 채취한 시료에 대하여 함수율, 토양용액의 pH, 전기전도도, 유기물함량 등을 분석하였으며 설문조사에 포함된 관수방법, 경과년수, 재배작목 등과 관련지어 자료를 해석하였다.

조사된 시설에 대한 표층의 평균 pH는 6.39였으며, EC는 0.63 mS/cm, 유기물함량은 2.9%로 나타났다. 전기전도도 즉, 염류농도가 증가함에 따라서 pH가 다소 낮아지는 경향을 관찰할 수 있었다. 경과년수에 따른 전기전도도의 변화는 뚜렷하지는 않았다. 이것은 토양시료의 채취시기가 작물을 재배하고 있는 기간이라서 지속적인 관수가 이루어지고 있었고, 작물재배 직전에 행한 경운으로 인하여 염류가 분산 및 저층으로 이동되었기 때문인 것으로 판단된다. 염류농도의 지표로서 전기전도도는 관수방법에 따라서 영향을 받았는데, 점적관수에 비해 분수호스에 의해 관수하는 시설의 전기전도도가 낮았다.

토층별 전기전도도의 분포를 살펴보면 표층에서 가장 큰 값을 보이며 시료채취시의 수분상태에 따라서 영향을 받는 것으로 보였다. pH나 유기물함량은 토층의 깊이에 따라서 큰 변화를 보이지 않았다.

토양의 건조과정에 따른 염류집적현상을 파악하기 위하여 포트 내에 토양시료를 채우고 질산칼슘을 처리한 후 건조하면서 경과시간에 따른 토층별 염류농도를 조사하였다. 조사결과 10여일 경과 후 표토층에서의 EC는 약 2배로 증가한 반면 저층의 EC는 변화가 거

의 없었으며, 30여일이 지난 후에는 표토층에서의 EC는 약 4배 이상으로 증가하며 저층의 평균 EC 값은 점차 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 시료 전체 층에 대한 평균 EC값은 거의 변화가 없는 것을 알 수 있었다.

시설토양에서 집적된 염류에 의한 작물의 생육 장애문제를 해결하기 위한 방안으로서 시비량의 조절, 충분한 담수에 의한 염류의 유실, 비닐제거를 통한 염류의 유실, 관수량 조절에 의한 토양의 과다한 건조방지, 표토의 제거 등을 권장하고 있다. 또한 40cm 이상의 심경, 옥수수나 양배추 등과 같이 흡비력이 강한 작물의 재배, 충분한 양의 퇴비 시용 등을 제염 혹은 토양염류관리 방안으로 제시하고 있다.

이러한 제염방안과는 달리 흡착식 제염은 토양내 염류를 직접적으로 제거하는 방안 가운데 하나이다. 이 방안은 많은 관수량이 필요 없이 쉽게 현장에서 적용이 가능하다고 판단되어 본 연구에서는 집적매체를 이용한 흡착식 제염방법의 효과를 실험적으로 구명하였다.

집적매체를 처리한 처리구는 무처리구에 비하여 표토층에서 15%이상 낮은 염류 농도를 나타냈으며, 집적매체를 교체하고 토양수를 추가하여 수분증발이 지속되는 경우 최고 50% 이상의 제염효과를 관찰할 수 있었다. 따라서 시설토양의 표토층에 적절한 집적매체를 이용하면 집적된 염류는 효과적으로 제거될 수 있다고 판단된다.

집적매체를 이용한 흡착식 제염방안의 경우 적절한 건조-관수의 반복과 집적매체의 교환 등의 관리를 통해서 시설토양에 집적된 염류는 제거될 수 있다. 본 연구에서는 일반용 펄프질 휴지를 사용했으나, 현장에서는 면직포 등이 이용될 수 있다고 판단된다.

제6장 종합결론

시설영농을 위한 생산기반의 조성은 적지에 시설을 설치하고, 작물 생육에 가장 기본이 되는 용수를 확보·관리하고 토양을 효율적으로 관리하는 등의 종합적인 기술이 정립되어야 한다. 본 시설영농을 위한 용수 및 농지의 효율적 이용·관리 기술 개발 과제는 시설원에 생산기반의 조성에 필요한 구체적인 자료를 제공하기 위하여 수행하였으며 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 시설영농을 위한 용수의 이용·관리 기술 개발

가. 시설농업의 지역적 특성에 알맞는 용수의 이용 및 관리에 관한 모형의 제시를 위한 기초자료를 제공하기 위해, 도시근교지역, 평야지역, 중산간지역에서의 용수원 및 도수시설의 선정방법, 종류, 운영실태 등 이용 전반에 관한 실태를 조사하고 이를 분석한 결과, 용수원으로는 지하수를 제일 많이 사용하고 있었는데 동일 수리구역 내에서 농지의 시설농업화에 따른 용수소비 형태의 변화는 없는 것으로 나타났고, 시설재배농민들이 외부로부터 기술적인 지원을 받지 못하고 있고 취수시설의 선정 및 운영에 필요한 기준이나 지침이 없었다.

나. 관개시설의 선정방법, 종류, 운영실태 등 관개시설 이용 전반에 관한 실태를 조사하고 분석한 결과, 시설재배농민들이 관개시설과 관련하여 외부로부터 기술적인 지원을 받지 못하고 있었고, 관개시설의 선정 및 운영에 필요한 기준이나 지침이 없

었고, 과학적인 물관리가 되지 않고 경험에 의한 물관리가 시행되고 있었으며, 관개시설은 대부분이 수동으로 조작되고 있고, 관개자동화에 대한 요구도가 높았다. 관개시설 설치 후에 적절한 유지관리체계가 되어있지 않은 것으로 나타났다.

다. 지역특성별 시설농업의 유형을 도시근교농업, 순수평야농업, 중산간농업으로 구분하고, 각 유형별로 주요대상 작목, 관개방법 및 시설, 용수원의 종류 및 이용, 용수의 수질 등의 특성을 분석하고 이를 토대로 용수원 및 관개시설의 이용모델을 제시하였다.

라. 시설농업을 위한 적절한 관개시설의 계획 및 설계를 위하여 설계편람을 작성하였는데, 그 주요 내용으로 시설농업을 위한 관개의 기초이론, 관개계획, 관개시설계획, 말단 관개시설계획, 관개조절방법 등이 정리되어 있다. 일부 관개시설의 수리적 특성에 관한 현장실험이 실시되고, 그 결과가 활용되었다.

마. 시설내의 토양재배를 위한 물관리자동화 시스템은 토양수분을 측정하여 포장의 토양수분이 적정하게 유지되도록 관개간격과 관개량을 결정할 수 있도록 개발되었고, 양액재배를 위한 물관리자동화 시스템은 표준일사 제어와 적산일사 제어가 가능하도록 개발되었다. 개발된 자동화 시스템은 토양재배는 배추를, 양액재배는 오이를 대상으로 현장적용되어 적용 가능성이 있는 것으로 나타났다.

2. 시설환경 및 재배방식별 증발산량 산정 연구

가. 시설재배시의 관수자동화 및 필요수량 산출에 대한 기초자료를 얻고자 우리나라에서 가장 많이 재배되고 있는 시설재배작물인 엽채류의 상추와 과채류의 오이를 대상으로 시설환경, 재배방식 및 생육단계별 증발산량을 실측하였다. 상추의 재배방식은 토양재배, NFT, 오이의 재배방식은 토양재배, 락울, 펄라이트로 하였으며, 토양재배쪽이 양액재배에 비하여 많은 물을 소비하는 것으로 조사되었고, 증발산비는 양액재배 쪽이 토양재배에 비하여 큰 값을 보이고 있으며, 상추 토양재배를 제외하고는 생육단계에 따라서 크게 증가하는 경향을 보였다.

나. 증발산량과 시설환경요인과의 상관관계 분석결과 토양재배 상추의 증발산량과 평균기온 사이에만 유의성이 없었으며 나머지 재배방식별 증발산량과 증발계증발량, 일사량 및 최저습도 사이에는 고도로 유의한 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 농가활용을 위한 간편성을 고려하고 증발산량과 시설환경요인과의 상관관계 분석결과를 토대로 일사량으로부터 시설재배 상추 및 오이의 생육단계별 증발산량 추정 모델을 개발하였으며, 모델의 타당성 검증 결과 유의성이 매우 높았다.

다. 양액재배 농가의 급액제어 실태를 조사한 결과 거의 대부분이 타이머에 의한 제어를 실시하고 있었으며, 타이머제어로 충분하다는 생각을 하고 있으나 날씨가 흐린날은 낭비되는 양액이 너무 많으므로 이를 보완할 수 있으면서 기능이 단순하고

경제적이며 사용이 편리한 제어시스템의 개발이 요구되었다. 이와 같은 제어시스템에 활용할 수 있도록 양액재배 오이의 증발산량 실험 결과를 토대로 급액제어모델을 개발하였다. 급액제어의 기본은 타이머제어로 하되, 계절별로 기준급액모델을 구축하고 일사량과 생육단계별 가중치를 고려한 급액제어모델을 구축하였으며 시뮬레이션 및 실험에 의하여 개발된 급액제어모델의 적용성을 검토한 결과 적용가능성이 비교적 높은 것으로 판단되었다.

라. 재배방식을 토양재배와 양액재배로 구분하여 시설재배시의 소비수량 및 1회 관수량 산정방법을 정립하고, 관수방법별 관수효율과 재배방식별 시설이용율 및 양액재배의 적정배액율을 고려한 관개용수량 산정방법을 정리하여 제시하였다. 작물별 관개기간의 총관수량 및 1일 최대 관수량에 관한 재배사례를 조사하였으며 냉난방용수, 제염용수, 세정수 등의 시설환경 관리용수량을 조사하고 시설재배시의 계획용수량 및 설계용수량 산정방법을 정리하여 제시하였다.

3. 시설농업의 적지분석 기술 개발

가. 시설원예의 입지현황 및 특성 분석 : 시설농업의 적정입지를 평가하기 위한 기초조건을 정립하고자 본 연구에서는 자연입지적 요인, 사회입지적 요인, 일반적 입지요인 등 각종 입지요인을 토대로 시설농업의 입지현황과 특성을 고찰하였다. 교차분석 등의 통계해석을 통하여 도시근교지역, 평야지역, 중산간

지역 등의 지역특성별로 입지특성을 분석한 결과, 지역간 입지 특성의 상당한 유의차를 확인하였다.

나. 시설농업의 입지유형 분석 : 15개의 시설입지요인을 토대로 수량화 이론(다중대응분석)을 적용하여 지역특성별 시설농업의 입지유형을 분석하였다. 그 결과, 지역특성별 각각 3가지의 입지유형을 도출할 수 있었다. 도시근교지역은 「저평지 답작지대형」, 「마을근교형」, 「경사(산간)지대형」의, 평야지역은 「마을근교형」, 「평야(원격) 답작지대형」, 「경사(구릉)지대형」의, 중산간지역은 「경사지 전작지대형」, 「마을근교형」, 「평지 답작지대형」의 입지적성 유형을 띠고 있음을 알 수 있었다.

다. 시설농업의 입지적성평가 모델 개발 : 3가지 지역특성별 시설농업의 입지적성 평가모델 구축을 시도하였으며, 특히 시설농업 입지적성평가모델 구축에 가장 근간이 되는 입지적성평가요인의 중요도 결정(평가)기법을 중심으로 고찰하였다. AHP법, 비율평가법, 실수평가법 등의 평가기법별 특성을 살펴 본 결과 AHP기법이 가장 과학적이고 합리적인 기법으로 판단되었으며, 본 연구에서는 AHP기법에 의해 구축된 시설농업 입지적성평가모델을 적용하였다.

라. 시설농업의 적지평가모델의 적용 : 본 연구에서 개발한 시설농업 입지적성평가 모델을 지역특성별로 각각 적용하였으며 시설농업의 적지등급을 5등급으로 구분하여 그 결과를 바탕으로 각각의 시설적지평가(분포)도를 작성할 수 있었다. 그 결과,

도시근교지역은 전체적으로 비교적 양호한 시설적지가 많이 분포하고 있는 것을 알 수 있었다. 평야지역은 마을주변지역보다 경사가 완만하고 경지가 잘 정리된 경지의 조건이 양호한 평야답작지대를 중심으로 적지등급이 높게 나타났으며 대체로 시설적지가 많이 분포하고 있음을 확인하였다. 중산간지역은 주로 하천과 마을이 가까운 비교적 완경사 지대를 제외하고는 시설적지가 비교적 적음을 알 수 있었다.

마. 시설농업의 입지적성평가모델 검증 : 본 연구에서 개발한 시설농업의 적지평가모델을 검증하기 위하여 학계 및 행정전문가로 구성된 전문가 그룹을 통하여 시설농업 적지평가모델에서 평가된 적성값과 전문가들의 식견을 통해서 평가한 적성값과의 관계를 규명함으로써 모델의 검증을 시도하였으며, 그 결과 모델의 적합성을 인정할 수 있는 것으로 판단되었다.

4. 시설토양의 이화학적 특성변화 분석 및 개량방법 개발

가. 시설재배지토양의 이화학적 특성을 조사하고 염류집적에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해서 경기도 안성군 및 화성군 지역의 99개 시설을 대상으로 설문조사와 시료채취 및 분석을 수행하였다. 조사된 시설에 대한 표층의 평균 pH, EC, 유기물함량은 기존의 연구결과와 유사한 수준으로 나타났다. 전기전도도가 증가함에 따라서 pH가 다소 낮아지는 경향을 관찰할 수 있었다.

나. 경과년수에 따른 전기전도도의 변화는 조사기간이 작물을 재배하고 있는 기간이라서 지속적인 관수가 이루어지고 있었고, 작물재배 직전에 행한 경운으로 인하여 염류가 분산 및 저층으로 이동되었기 때문인 것으로 판단된다. 염류농도의 지표로서 전기전도도는 관수방법에 따라서 영향을 받았는데, 점적관수에 비해 분수호스에 의해 관수하는 시설의 전기전도도가 낮았다.

다. 토양의 건조과정에 따른 염류집적현상을 파악하기 위하여 포트 내에 토양시료를 채우고 질산칼슘을 처리한 후 건조하면서 경과시간에 따른 토층별 염류농도의 변화를 조사한 결과, 10여일 경과 후 표토층에서의 EC는 약 2배로 증가한 반면 저층의 EC는 변화가 거의 없었으며, 30여일이 지난 후에는 표토층에서의 EC는 약 4배 이상으로 증가하며 저층의 평균 EC 값은 점차 감소하는 것을 관찰할 수 있었다.

라. 집적매체를 이용한 흡착식 제염방법의 효과를 실험적으로 구명한 결과, 처리구는 무처리구에 비하여 표토층에서 비교적 낮은 염류 농도를 나타냈으며, 집적매체를 교체하고 토양수를 추가하여 수분증발이 지속되는 경우 최고 우수한 제염효과를 관찰할 수 있었다. 집적매체를 이용한 흡착식 제염방안의 경우 적절한 건조-관수의 반복과 집적매체의 교환 등의 관리를 통해서 시설토양에 집적된 염류는 효과적으로 제거될 수 있다.

참 고 문 헌

1. 권지선, 이재육, 이응호. 1996. 양액재배기술 체계화 연구 - 양액의 적정공급량 결정연구. 농촌진흥청 원예연구보고서. pp.753-761.
2. 김경수, 이기명, 장익주. 1992. 시설원예에 있어서 물관리 자동화 시스템의 개발. 생물생산시설환경 1(1) : 61-71.
3. 김관영 외 역. 1992. 다변량통계해석법. 자유아카데미.
4. 김문기 외. 1993. 신제 시설원예학. 향문사.
5. 김문기 외. 1994. 시설구조의 기준화 및 작물재배연구. 농촌진흥청.
6. 김문기 외. 1996. 원예시설의 환경설계기준 작성연구. 농어촌진흥공사, 농어촌연구원.
7. 김시원, 김철기, 이기춘. 1984. 신고 농업수리학. 향문사.
8. 김시원 외. 1989. 시설채소의 수경재배 방법별 소비수량과 생육에 관한 연구. 한국농공학회지 31(1) : 31-44.
9. 김춘식. 1981. 비닐하우스 토양의 염류집적 장애와 대책. 새농사. pp.38-41.
10. 농어촌진흥공사. 1995. 온실의 운영과 관리. 원저(Nelson, Prentice hall).
11. 농업진흥공사. 1979. 발판개설계편람. 농업진흥공사.
12. 남상운, 김문기. 1990. 열수지 해석에 의한 온실 수경재배 작물의 증산속도 추정에 관한 연구. 태양에너지 10(3) : 27-34.
13. 남상운, 김문기, 고태균, 김용현. 1990. 하우스 환경요인이 수경재배 상추의 증산속도에 미치는 영향. 서울대 농학연구지 15(1) : 13-18.

14. 남상운. 1996. 대규모 생물생산 시설의 환경 영향 연구. 한국농공학회지 38(5) : 106-115.
15. 남상운, 이남호, 전우정, 황한철, 홍성구, 허연정. 1997. 시설재배 상추 및 오이의 재배방식별 증발산량. 생물생산시설환경학회지 6(3) : 168-175.
16. 남상운 외. 1999. 양액재배 급액제어모델 개발에 관한 기초연구. 한국농공학회지 41(2) : 37-43.
17. 노형진. 1990. 다변량해석-질적데이터의 수량화. 도서출판 석정.
18. 논산시. 1996. 논산통계연보. 논산시.
19. 농림부, 농어촌진흥공사. 1997. 한국형유리온실 표준설계도 설계설명서.
20. 박권우. 1987. 관개수, 농약오염과 염류집적의 원인과 대책. 최신원예. pp.12-15.
21. 박길순. 1980. 시설원예토양의 염류집적장해에 대한 소고. 농협대학. pp.83-92.
22. 박상근, 김광용. 1993. 수경재배. 오성출판사.
23. 박중춘 외. 1988. 토양의 이화학적 특성과 염류집적에 관한 연구. 경상대학교 농업연구소보 22(1) : 123-181.
24. 배종향, 조영렬, 이용범. 1995. 양액재배 농가의 원수 수질 조사. 한국생물생산시설환경학회지 4(1) : 80-88.
25. 배종향, 이용범. 1996. 전북지역 양액재배 농가의 원수 수질 분석. 한국생물생산시설환경학회지 5(2) : 131-137.
26. 산전영생. 1993. 하우스 토양의 특성과 개량, 한국원예기술정보센터.
27. 성내경. 1994. SAS시스템과 SAS언어. 자유아카데미.

28. 송현갑 외. 1993. 시설원예 자동화. 문운당.
29. 신원교. 1987. 시설원예지 토양의 염류 집적과 장해 및 제염효과에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문
30. 용인시. 1996. 용인통계연보. 용인시.
31. 이남호. 1999. 점적 emitter의 성능과 수리적 특성. 한국농공학회지 42(3) : 33-40.
32. 이남호, 황한철, 남상운, 홍성구, 전우정. 1998. 시설농업의 용수이용 실태 조사분석. 한국농촌계획학회지 4(2) : 96-102.
33. 이남호, 황한철, 남상운, 홍성구, 전우정. 1998. 시설농업을 위한 관개시설의 이용실태 조사분석. 한국농공학회지 41(6) : 37-45.
34. 이변우. 1997. 온실재배 토마토의 증산모델 개발 및 검증. 생물생산시설 환경학회지 6(3) : 205-215.
35. 이병일, 문원. 1993. 시설원예. 한국방송통신대출판부.
36. 이석건 외. 1996. Climagraph를 이용한 시설원예의 적지성 분석 (I). 한국농공학회 학술발표회 논문집 : 171-175.
37. 이용범. 1996. 국내 원예시설용 피복자재의 현황과 전망. 한국시설원예연구회 '96춘계세미나 자료.
38. 이종현. 1996. 정성적 도시연구에 있어서 정량화·객관화 기법의 유용성에 관한 연구. 대한국토·도시계획학회지「국토계획」 31(3) : 51-65.
39. 이해방 외. 1996. 시설원예 피복자재의 특성과 개발 방향. 한국시설원예연구회 '96춘계세미나 자료.
40. 장유섭 외. 1996. 시설하우스용 연질필름의 물리적 특성에 관한 연구. 생물생산시설환경 5(1) : 23-33.
41. 정순주 외. 1996. 양액재배 고품질·다수확·생력화의 길. 농민신

문사.

42. 정하우 외. 1990. 발작물 소비수량 산정방법 정립 연구. 농림수산부, 농어촌진흥공사.
43. 정하우, 이남호, 김성준, 최진용, 한형근, 김대식. 1994. 논 물관리의 자동화시스템 개발. 한국농공학회지 36(3) : 67-73.
44. 정하우 외. 1999. 관개배수공학. 동명사.
45. 정현교, 이기명, 박규식. 1996. 경북지역 현대화 원예시설의 관리실태 조사분석. 한국생물생산시설환경학회지 5(2) : 174-186.
46. 최정, 김현제, 신영오. 1994. 토양학 실험. 형설출판사.
47. 평창군. 1996. 평창군통계연보. 평창군.
48. 허노열. 1997. 시설내 원예작물의 합리적인 물관리. 한국시설원예연구회 - 시설원예 관수와 시비기술 심포지움 자료집. pp.57-103.
49. 황한철, 이남호, 전우정, 남상운, 홍성구. 1998. 시설농업의 입지현황 및 특성분석. 한국농촌계획학회지 4(1) : 86-97.
50. 황한철 외. 1998. 시설원예의 입지유형 분석. 농공학회지 40(2) : 92-101.
51. 황한철, 최수명. 1997. 농촌계획지원용 지역자원평가시스템 (I)-AHP기법에 의한 자원요소의 중요도 평가. 한국농촌계획학회지 3(2) : 50~61.
52. 황한철, 최수명. 1999. AHP기법을 이용한 시설원예의 적지평가모델 개발. 한국농공학회지 41(3) : 51-58.
53. 황한철 외. 1998. 시설원예의 입지적성평가모델 개발 -중요도 평가기법의 비교 고찰. 한국농공학회 학술발표회 발표논문집 : 186-191.
54. 황한철 외. 1997. 농촌계획지원용 지역자원평가시스템 구축

- (Ⅱ)-AHP기법에 의한 자원요소의 중요도 평가. 한국농촌계획학회지 3(2) : 50-61.
55. 高橋誠. 1984. 問題解決手法の知識. 日本經濟新聞社.
56. 古在豊樹, 林眞紀夫, 鈴木 等, 渡部一郎. 1982. 溫室水耕栽培キュウリの蒸發散量と環境要因の關係. 農業氣象 38(2) : 153-159.
57. 農林水産技術會議事務局. 1980. 高能率園藝施設計劃・設計基準に關する研究成果. 報告書.
58. 刀根 薫. 1986. ゲーム感覺意思決定法-AHP入門. 日科技連.
59. 刀根 薫, 眞鍋龍太郎. 1990. AHP事例集. 日科技連.
60. 島地英夫. 1990. 養液栽培制御機器. 農業および園藝. 65(1) : 104-110.
61. 馮 捷, 栗原伸一, 鄭岩宇. 1994. 多目的農業構造改善計劃における目標重點化手法の評價. 日本農村計劃學會誌 12(4) : 9-20.
62. 相川哲夫. 1988. 實踐・農村計劃のシステム・テクノロジー. (財)農林統計協會.
63. 相川哲夫. 1990. 地域整備のシステム計劃手法. (財)農林統計協會.
64. 星野 敏, 北村貞太郎. 1989. AHPを應用した評價手法の實證的考察-地區分級に關する基礎的研究(5).日本農村計劃學會誌 8(1) : 8-18.
65. 星野 敏, 北村貞太郎. 1989. AHPを應用した評價手法の理論的考察-地區分級に關する基礎的研究(4).日本農村計劃學會誌 7(4) : 2-12.
66. 小澤行雄, 内藤文男. 1993. 園藝施設學入門. 川島書店.
67. 安井秀夫. 1990. 施設栽培學. 川島書店.
68. 鴨田福也. 1997. 園藝施設の水循環と水分消費特性. 日本施設園藝協會.
69. 養液栽培研究會編. 1998. 養液栽培マニュアル21. 誠文堂新光社.

70. 位田藤久太郎. 1977. 施設園藝の環境と栽培. 誠文堂新光社.
71. 日本農業氣象學會. 1983. 温室内の水分環境とその制御. 四學會共同シンポジウム資料集.
72. 日本農業氣象學會. 1988. 農業氣象の測器と測定法. 農業技術協會.
73. 日本施設園藝協會. 1994. 施設園藝ハンドブック. 園藝情報センター.
74. 林知己夫. 1974. 數量化の方法. 東洋經濟新報社.
75. 長谷場徹也. 1976. 蒸散現象に関する解析的研究. 農業氣象 32(1) : 27-31.
76. 田中豊. 1984. パソコン統計解析ハンドブックⅡ-多變量解析編. 共立出版.
77. 鄭岩宇, 馮捷, 栗原伸一. 1994. 農業・農村アメニティ向上計劃の目標構造と日・韓比較. 日本農村計劃學會誌 13(3) : 23-34.
78. 中山敬一, 山中捷一郎. 1975. ハウス栽培トマトの蒸發散量. 農業氣象 31(1) : 17-22.
79. Abe, Yukuo. 1983. Salt accumulation patterns in the drying process of soil specimens saturated with NaCl solution. Trans. JSIDRE 106 : 61-71.
80. Aldrich, R.A. and J.W. Bartok. 1992. Greenhouse engineering. NRAES-33.
81. Benami, A. and A. Ofen. 1983. Irrigation engineering. IESP. Haifa, Israel.
82. Boztok, K., 1992, The effects of different watering levels in relation to the amount of solar radiation on productivity and quality of some aubergine varieties. Acta Hort. 303 : 73-77.

83. DeGraff, R. 1988. Automation of the water supply of glasshouse crops by means of calculating the transpiration and measuring the amount of drainage water. *Acta Hort.* 229 : 219-231.
84. Fitter, A.H. and R.K.M. Hay. 1987. *Environmental physiology of plants.* Academic Press.
85. Greenacre, M.J. 1988. Correspondence Analysis of Multivariate Categorical Data by Weighted Least-Squares. *Biometrika* 75 : 457-467.
86. Hoffman, G.J., T.A. Howell, and K.H. Solomon. 1990. *Management of farm irrigation systems.* ASAE Monograph No. 9. ASAE.
87. Jagtap, S.S. and J.W. Jones. 1989. Evapotranspiration model for developing crops. *Trans. of the ASAE.* 32(4) : 1342-1350.
88. Mahrer, Y. 1990. Irrigation scheduling with an evapotranspiration model. Symposium on scheduling of irrigation for vegetable crops under field condition. ISHS. pp.491-500.
89. Marvin E.J. and J.L. Wright. 1978. The role of evapotranspiration models in irrigation scheduling, *Trans. of the ASAE* : 82-87.
90. Meurs, W.Th.M. van. 1992. Environmental control of a tomato crop using a transpiration model. *Acta Hort.* 303 : pp.23-30.
91. Monje, O. and B. Bugbee. 1996. Characterizing photosynthesis and transpiration of plant communities in controlled

- environments. *Acta Hort.* 440 : 123-128.
92. NRAES. 1994. Greenhouse systems : automation, culture, and environment. Proc. greenhouse systems international conference. New Jersey, July 20-22. 1994.
93. Papadopoulos, A.P., M.E.D. Graham, & B. Anctil. 1992. On-line matric potential sensors for irrigation control in peat-based soilless media. *Acta Hort.* 304 : 227-235.
94. Reed, D.W.. 1996. Water, media, nutrition for greenhouse crops. Ball Publishing. pp.1-29.
95. Richard, G.S. and L.B. William. 1985. Watering frequency and media volume affect growth, water status, yield, and quality of greenhouse tomatoes. *Hortscience.* 20(2) : 205-207.
96. Roh, M.Y. and Y.B. Lee. 1996. Control of amount and frequency of irrigation according to integrated solar radiation in cucumber substrate culture. *Acta Hort.* 440 : 332-337.
97. Saaty, Thomas L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process - Planning, Priority Setting, Resource Allocation.* McGraw-Hill.
98. SAS Institute Inc. 1987. *SAS User's Guide : Statistics (The CORRESP Procedure).* pp.615-675.
99. Schwarz, M. 1995. *Soilless culture management.* Springer-Verlag.
100. Shimizu, H., Y. Fujinuma and K. Omasa. 1996. Effects of carbon dioxides and/or relative humidity on the growth and the transpiration of several plants. *Acta Hort.* 440 : 175-180.
101. Simunek, J. and M. Th. van Genuchten. *The CHAIN_2D*

Code for Simulating the Two-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple solutes in Variably-Saturated Porous Media., US Salinity Lab., ARS-USDA.

102. Sincich, T. 1987. Statistics by example. Dellen Publishing Co.
103. Smith, D.L. 1996. Rockwool in horticulture. Grower Books.
104. Tantawy, M.M., A.F.AbouHadid and A.S. ElBeltagy. 1992. Lysimetric studies on water consumption in tomato. Acta Hort. 323 : 191-196.
105. Weiler, T.C.. 1996. Water and nutrient management for greenhouse. NRAES-56.

부 록

1. 컨트롤러 프로그램 List
2. 구획별 시설입지 적성평가 현황

1. 컨트롤러 프로그램 List

가. 토양재배용 컨트롤러 프로그램 List

```
CONST DEVICE = 5G
'-----시간 변수-----
DIM SEC AS BYTE
DIM MIN AS BYTE
DIM HOUR AS BYTE
DIM WEEK AS BYTE
DIM DAY AS BYTE
DIM MON AS BYTE
DIM YEAR AS BYTE

CONST BYTE HOURTABLE=(&H0, &H1, &H2, &H3, &H4, &H5, &H6, &H7, &H8,
&H9, &H10, &H11, &H12, &H13, &H14, &H15, &H16, &H17,&H18, &H19, &H20, &H21,
&H22, &H23)
CONST BYTE MINTABLE=(&H0, &H1, &H2, &H3, &H4, &H5, &H6, &H7, &H8,
&H9, &H10, &H11, &H12, &H13, &H14, &H15, &H16, &H17, &H18, &H19, &H20, &H21,
&H22, &H23, &H24, &H25, &H26, &H27, &H28, &H29, &H30, &H31, &H32, &H33,
&H34, &H35, &H36, &H37, &H38, &H39, &H40, &H41, &H42, &H43, &H44, &H45,
&H46, &H47, &H48, &H49, &H50, &H51, &H52, &H53, &H54, &H55, &H56, &H57,
&H58, &H59)
CONST BYTE MONTABLE=(0, 31,28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31)

'-----키 입력 변수-----
DIM I AS BYTE, KDIN AS BYTE, J AS BYTE
DIM J2 AS BYTE, J3 AS BYTE, T AS BYTE
DIM II AS BYTE, IA AS BYTE
DIM S AS INTEGER, K AS INTEGER
DIM L AS INTEGER, O AS INTEGER
DIM M AS BYTE, JJ AS BYTE
DIM IS AS BYTE, P AS BYTE
DIM IB AS BYTE, IC AS BYTE, J1 AS BYTE
'-----FEEDNO-----
DIM N(10) AS BYTE
DIM NO(10) AS BYTE
'-----DLY-----
DIM KD AS BYTE, KE AS BYTE
DIM KF AS BYTE
'-----MOIS INPUT-----
DIM MOIS1 AS BYTE, MOIS2 AS BYTE
DIM MOIS3 AS BYTE, MOIS4 AS BYTE
'-----수분 시간 변수-----
DIM STH AS BYTE, STM AS BYTE
DIM PERTM AS BYTE, ENDTIM AS BYTE
'-----변수 설정-----
DIM PSM AS INTEGER, PSM1 AS INTEGER
DIM PSM11 AS INTEGER, PSM12 AS INTEGER
DIM PSM13 AS INTEGER, PSM14 AS INTEGER
DIM AREA AS INTEGER, FC AS INTEGER
DIM ESM AS INTEGER, PUMP AS BYTE
'-----센서 입력 변수-----
DIM MOISIN1 AS BYTE
'-----변수 계산-----
DIM REQ11 AS INTEGER, REQ12 AS INTEGER
DIM REQ21 AS INTEGER, REQ22 AS INTEGER
DIM FE AS INTEGER, FE1 AS INTEGER
DIM FP1 AS INTEGER, FP2 AS INTEGER
DIM FPT1 AS INTEGER
DIM RFQ1 AS INTEGER, RFQ2 AS INTEGER
```

```

DIM RFQ3 AS INTEGER, RFQ4 AS INTEGER
DIM RFQ5 AS INTEGER, RFQ6 AS INTEGER
DIM RFQ7 AS INTEGER, RFQ8 AS INTEGER
DIM RFQ9 AS INTEGER, RFQ10 AS INTEGER
DIM RFQ11 AS INTEGER, RFQ12 AS INTEGER
DIM RFQD AS INTEGER, RFQN AS INTEGER
DIM SS AS INTEGER
DIM SS1 AS INTEGER, SS2 AS INTEGER
DIM SS3 AS INTEGER, SS4 AS INTEGER
DIM SSQN AS INTEGER, SSQN1 AS INTEGER
DIM SSQN2 AS INTEGER, SSQN3 AS INTEGER
DIM SSQN4 AS INTEGER
DIM SSQD AS INTEGER, SSQD1 AS INTEGER
DIM SSQD2 AS INTEGER, SSQD3 AS INTEGER
DIM SSQD4 AS INTEGER

```

'-----펌프 가동 시간변수-----

```

DIM TN AS BYTE, TD AS BYTE
DIM PUMP1 AS BYTE
DIM PUMP1H AS BYTE, PUMP1M AS BYTE
DIM PUMP2H AS BYTE, PUMP2M AS BYTE
DIM STPUMP2H AS BYTE, STPUMP2M AS BYTE
DIM PERTM1 AS BYTE, PERTM2 AS BYTE
DIM TEMPH AS BYTE, TEMPM AS BYTE
DIM DHTEMP1 AS BYTE, DMTEMP1 AS BYTE
DIM DMTEMP2 AS BYTE, DHTEMP2 AS BYTE
DIM PNO AS BYTE, P2TEMP AS BYTE
DIM STARTTM AS BYTE, ENDTM AS BYTE
DIM PT AS BYTE, DTEMP AS BYTE

```

'-----펌프 상태 -----

```

DIM OUTST1 AS BYTE, OUTST2 AS BYTE

```

'-----시간 설정 및 TEST-----

```

LCDINIT
BUSOUT &HB0;0
CSRON

```

```

'TIMESET 0,&H0
'TIMESET 1,&H30
'TIMESET 2,&H19
'TIMESET 3,&H15
'TIMESET 4,&H10
'TIMESET 5,&H3
'TIMESET 6,&H99

```

```

GOSUB READ_TIME
GOSUB DISP_RTN
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
CLS
LOCATE 5,0
PRINT "CONTROLLER TEST"
FOR K=0 TO 20
FOR I=0 TO 20
OUT 18,1
NEXT I
FOR J=0 TO 20
OUT 18,0
NEXT J
LOCATE 0,1

```



```

PRINT DEC(K,2,1)
NEXT K
LOCATE 20,1
PRINT "->END OF RELAY1"
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
FOR K=0 TO 20
FOR I=0 TO 20
  OUT 18,1
NEXT I
FOR J=0 TO 20
  OUT 18,0
NEXT J
LOCATE 0,1
PRINT DEC(K,2,1)
NEXT K
LOCATE 20,1
PRINT "->END OF RELAY2"
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY

'-----LOGO-----
LOCATE 0,0
PRINT " 환경대학교 농촌공학과"
GOSUB DLY
CLS

'-----PG1 MAIN PG-----
3000 CLS
LOCATE 0,0
PRINT "***함수율 제어입니다**"
GOSUB DLY

'-----변수 입력-----
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "컨트롤러 작동변수 입력"
LOCATE 0,1
PRINT "입력이 끝났으면 ENT"
' LOCATE 0,2
' PRINT "입력하시오!!!!!"
' GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
3001 CLS
LOCATE 0,0
PRINT "재배면적을 입력"
GOSUB FEEDNO
AREA=S
'CLS
'LOCATE 0,0
'PRINT DEC(AREA,5,1);"."
'PRINT DEC(J,5,1);"."
'PRINT DEC(K,5,1)
'GOSUB DLY
'GOSUB DLY
'GOSUB DLY
'GOSUB DLY
'GOSUB DLY
'GOTO 3001
CLS

```

```

LOCATE 0,0
PRINT "포장용수량 입력"
GOSUB FEEDNO
FC=S*100
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "성장저해수분 입력"
GOSUB FEEDNO
CLS
ESM=S*100
LOCATE 0,0
PRINT "펌프유량 입력"
GOSUB FEEDNO
PUMP=S
GOSUB DLY
GOSUB DLY
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "재배면적:";DEC(AREA,5,1)
LOCATE 0,1
PRINT "포장용수량:";DEC(FC,5,1)
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "성장저해수분:";DEC(ESM,5,1)
LOCATE 0,1
PRINT "펌프유량:";DEC(PUMP,5,1)
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "변수 입력이 끝."
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY

LOCATE 0,1
PRINT "===== "
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "펌프2 시작시간입력"
LOCATE 0,1
PRINT "입력이 끝났으면 ENT"
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "시작 시간="
GOSUB FEEDNO
STPUMP2H=S
3010 IF S>23 THEN GOTO 5900
STPUMP2H=S
CLS
LOCATE 0,0

```

```

PRINT "시작 분="
GOSUB FEEDNO
STPUMP2M=S
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "펌프2의 구동기간을"
LOCATE 0,1
PRINT "분으로 입력하십시오."
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "펌프1이 수분센서에 해당됨"
PRINT "입력이 끝났으면 ENT"
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "구동기간(분)"
GOSUB FEEDNO
PERTM2=S
PUMP2H=PERTM2/60
PUMP2M=PERTM2 MOD 60
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "센서 작동 시작과 멈춤시간을"
LOCATE 0,1
PRINT "입력하십시오"
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "입력이 끝났으면 ENT"
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "시작시간="
GOSUB FEEDNO
STARTTM=S '센서에 의한 모터 구동시작 시간
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "멈춤시간"
GOSUB FEEDNO
ENDTM=S
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "센서 작동 간격입력(분):"
LOCATE 0,1
PRINT "입력이 끝났으면 ENT"
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "센서작동간격="
GOSUB FEEDNO
PERTM1=S

```

'-----메인 프로그램 시작-----'

```

4049 DHTEMP1=0
      DMTEMP1=0
      DHTEMP2=0
      DMTEMP2=0
4050 GOSUB READ_TIME
      CLS
      LOCATE 0,0
      GOSUB DISP_RTN
      GOSUB DLY
      IF HOURTABLE(STARTTM)=HOUR AND MIN<&H1 THEN GOTO 4060
      IF HOURTABLE(STPUMP2H)=HOUR AND MINTABLE(STPUMP2M)=MIN THEN
GOTO 4071
      GOTO 4050
4060 GOSUB MOISENS
      IF PSM1<ESM THEN GOTO 4062
4061 GOSUB READ_TIME
      IF HOURTABLE(STPUMP2H)=HOUR AND MINTABLE(STPUMP2M)=MIN THEN
GOTO 4071
      IF DHTEMP2=HOUR AND DMTEMP2=MIN THEN GOTO 4300
      IF HOURTABLE(ENDTM)=HOUR THEN GOTO 4500
      GOSUB INCREASE_MIN
      GOTO 4060
4062 OUT 18,1
      GOSUB PG1COND
      PUMP1H=TN/60
      PUMP1M=TN MOD 60
      DHTEMP1=0
      DMTEMP1=0
      DHTEMP1=HOUR+HOURTABLE(PUMP1H)
      DMTEMP1=HOUR+MINTABLE(PUMP1M)
      IF DMTEMP1>&H59 THEN GOTO 4063
      GOTO 4080
4063 DHTEMP1=DHTEMP1+&H1
      DMTEMP1=DMTEMP1 MOD 10
      GOTO 4080
4071 OUT 19,1
      DHTEMP2=HOUR+HOURTABLE(PUMP2H)
      DMTEMP2=MIN+MINTABLE(PUMP2M)
      IF DMTEMP2>&H59 THEN GOTO 4072
      IF DHTEMP1=HOUR AND DMTEMP1=MIN THEN GOTO 4200
      GOSUB INCREASE_MIN
      GOTO 4080
4072 DHTEMP2=DHTEMP2+&H1
      DMTEMP2=DMTEMP2 MOD 10
      IF DHTEMP1=HOUR AND DMTEMP1=MIN THEN GOTO 4200
      GOSUB INCREASE_MIN
      GOTO 4080
4080 GOSUB READ_TIME
      IF HOURTABLE(STPUMP2H)=HOUR AND MINTABLE(STPUMP2M)=MIN THEN
GOTO 4071
      IF HOURTABLE(ENDTM)=HOUR THEN GOTO 4500
      GOSUB INCREASE_MIN
      GOSUB READ_TIME
      IF DHTEMP1=HOUR AND DMTEMP1=MIN THEN GOTO 4200
      IF DHTEMP2=HOUR AND DMTEMP2=MIN THEN GOTO 4300
      OUTST1=OUTSTAT(18)
      IF OUTST1=1 THEN GOTO 4080
      GOTO 4060
4200 OUT 18,0
      DHTEMP1=&H0
      DMTEMP1=&H0
      IF HOURTABLE(STPUMP2H)=HOUR AND MINTABLE(STPUMP2M)=MIN THEN
GOTO 4071
      IF DHTEMP2=HOUR AND DMTEMP2=MIN THEN GOTO 4300

```

```

GOTO 4080
4300 OUT 19,0
DHTEMP2=&H0
DMTEMP2=&H0
IF DHTEMP1=HOUR AND DMTEMP1=MIN THEN GOTO 4200
GOTO 4080
4500 OUT 18,0
OUT 19,0
DTEMP=STARTTM-&H1
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "=="END OF CONTROL=="
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
4510 GOSUB READ_TIME
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "월 - 일 -시간- 분 - 초 "
PRINT HEX(MON,2,1);":"
PRINT HEX(DAY,2,1);":"
PRINT HEX(HOUR,2,1);":"
PRINT HEX(MIN,2,1);":"
PRINT HEX(SEC,2,1)
IF HOUR>=HOURTABLE(DTEMP) THEN GOTO 4049
GOTO 4510
5900 CLS
LOCATE 0,0
PRINT "다시 입력하십시오"
GOSUB FEEDNO
GOTO 3010

```

```

'-----KEY DLY-----
DLY:
FOR KD=0 TO 250
FOR KE=0 TO 3
NEXT KE
NEXT KD
RETURN
'-----

```

```

'-----KEY INPUT VARIABLE-----
FEEDNO:
J=0
S=0
K=0
L=0
O=0
P=0
JJ=6
NO(0)=0
NO(1)=0
NO(2)=0
NO(3)=0
NO(4)=0
NO(5)=0
NO(6)=0
6010 KDIN=KEYDELAY(PADIN(1),0,20,10)
IF KDIN=0 THEN GOTO 6010
IF KDIN=1 THEN GOTO 6010
IF KDIN=5 THEN GOTO 6010
IF KDIN=9 THEN GOTO 6010
IF KDIN=13 THEN GOTO 6010
IF KDIN=16 THEN GOTO 6020

```

```

IF KDIN=12 THEN PRINT ".": GOTO 6010
IF KDIN=2 THEN I=1
IF KDIN=6 THEN I=2
IF KDIN=10 THEN I=3
IF KDIN=14 THEN I=4
IF KDIN=3 THEN I=5
IF KDIN=7 THEN I=6
IF KDIN=11 THEN I=7
IF KDIN=15 THEN I=8
IF KDIN=4 THEN I=9
IF KDIN=8 THEN I=0
NO(J)=I
JJ=JJ+6
LOCATE JJ,1
PRINT DEC(NO(J),1,1)
J=J+1
GOTO 6010
6020 CLS
GOSUB DLY
J=J-1
GOSUB DLY
IF J=0 THEN GOTO 6030
IF J=1 THEN GOTO 6040
IF J=2 THEN GOTO 6050
IF J=3 THEN GOTO 6060
IF J=4 THEN GOTO 6070
LOCATE 0,0
PRINT "입력이 끝났습니다."
GOTO 6080
6030 K=NO(0)
S=K
GOTO 6080
6040 K=NO(0)*10
L=NO(1)
S=K+L
GOTO 6080
6050 K=NO(0)*100
L=NO(1)*10
O=NO(2)
S=K+L+O
GOTO 6080
6060 K=NO(0)*1000
L=NO(1)*100
O=NO(2)*10
P=NO(3)
S=K+L+O+P
GOTO 6080
6070 K=NO(0)*10000
L=NO(1)*1000
O=NO(2)*100
P=NO(3)*10+NO(4)
S=K+L+O+P
6080 RETURN

```

'-----READ TIME-----'

READ TIME:

```

SEC = TIME(0)
MIN = TIME(1)
HOUR = TIME(2)
DAY = TIME(3)
MON = TIME(4)
WEEK = TIME(5)
YEAR = TIME(6)

```

```

RETURN
DISP_RTN:
PRINT "현재시간";HEX(HOUR,2,0)
PRINT ":",HEX(MIN,2,0)
PRINT ":",HEX(SEC,2,0)
RETURN

```

'-----1분 증가-----'

```

INCREASE_MIN:
FOR I=0 TO 2
FOR J=0 TO 213
FOR K=0 TO 220
NEXT K
NEXT J
NEXT I
RETURN

```

'-----조건 계산-----'

```

PG1COND:
3130 FE=FC-ESM
FE1=FE/2
FP1=FC-PSM1
IF FP1>5000 THEN GOTO 3132
FPT1=12*FP1
RFQ1=FPT1/FE
RFQ2=FPT1 MOD FE
IF RFQ2>6000 THEN GOTO 3131
RFQ3=10*RFQ2
RFQ4=RFQ3/FE
RFQ5=RFQ3 MOD FE
IF RFQ5>FE1 THEN RFQ4=RFQ4+1
RFQN=RFQ1
RFQD=RFQ4
GOTO 3135
3131 RFQ3=RFQ2-6000
RFQ4=RFQ3*10
RFQ5=60000/FE
RFQ6=60000 MOD FE
RFQ7=RFQ4/FE
RFQ8=RFQ4 MOD FE
IF RFQ8>FE1 THEN RFQ7=RFQ7+1
RFQN=RFQ1
RFQD=RFQ5+RFQ7
GOTO 3135

```

```

-----
3132 FP2=FP1-5000
FPT1=12*FP2
RFQ1=60000/FE
RFQ2=60000 MOD FE
RFQ3=FPT1/FE
RFQ4=FPT1 MOD FE
RFQ5=RFQ1+RFQ3
RFQ6=RFQ2+RFQ4
IF RFQ6>6000 THEN GOTO 3133
RFQ7=10*RFQ6
RFQ8=RFQ7/FE
RFQ9=RFQ8 MOD FE
IF RFQ9>FE1 THEN RFQ8=RFQ8+1
RFQN=RFQ5
RFQD=RFQ8
GOTO 3135
3133 RFQ7=RFQ9-6000
RFQ8=10*RFQ7
RFQ9=60000/FE
RFQ10=60000 MOD FE

```

```

RFQ11=RFQ8/FE
RFQ12=RFQ8 MOD FE
IF RFQ12>FE1 THEN RFQ11=RFQ11+1
RFQN=RFQ5
RFQD=RFQ9+RFQ11
GOTO 3135
3135 SS1=RFQN*AREA
      SS2=RFQD*AREA
      SSQN1=5*SS1
      SSQN2=SSQN1
      SSQD1=5*SS2
      SSQD2=SSQD1
      SSQN3=0
      SSQD3=0
      IF SSQN1>10000 THEN GOTO 3140
      IF SSQN1>1000 THEN GOTO 3150
      IF SSQN1>100 THEN GOTO 3160
      IF SSQN1>10 THEN GOTO 3170
      GOTO 3180
3140 FOR IS=0 TO 3
      SSQN2=SSQN2/10
      SSQN3=SSQN3+SSQN2
      NEXT IS
      GOTO 3180
3150 FOR IS=0 TO 2
      SSQN2=SSQN2/10
      SSQN3=SSQN3+SSQN2
      NEXT IS
      GOTO 3180
3160 FOR IS=0 TO 1
      SSQN2=SSQN2/10
      SSQN3=SSQN3+SSQN2
      NEXT IS
      GOTO 3180
3170 SSQN2=SSQN2/10
      SSQN3=SSQN3+SSQN2
      GOTO 3180
3180 IF SSQD1>10000 THEN GOTO 3190
      IF SSQD1>1000 THEN GOTO 3200
      IF SSQD1>100 THEN GOTO 3210
      IF SSQD1>10 THEN GOTO 3220
3190 FOR IS=0 TO 3
      SSQD2=SSQD2/10
      SSQD3=SSQD3+SSQD2
      NEXT IS
      GOTO 3230
3200 FOR IS=0 TO 2
      SSQD2=SSQD2/10
      SSQD3=SSQD3+SSQD2
      NEXT IS
      GOTO 3230
3210 FOR IS=0 TO 1
      SSQD2=SSQD2/10
      SSQD3=SSQD3+SSQD2
      NEXT IS
      GOTO 3230
3220 SSQD2=SSQD2/10
      SSQD3=SSQD3+SSQD2
      GOTO 3230
3230 SSQN=SSQN1+SSQN3
      SSQD=SSQD1+SSQD3
      SS3=SSQD/10
      SS4=SSQD MOD 10

```



```
IF SS4>5 THEN SS3=SS3+1
SS=SSQN+SS3
PUMP1=PUMP/2
TN=SS/PUMP
TD=SS MOD PUMP
IF TD>PUMP1 THEN TN=TN+1
RETURN
```

MOISENS:

```
MOISIN1=ADIN(0)
PSM11=36*MOISIN1
PSM12=47*MOISIN1
IF PSM12>100 THEN GOTO 3120
IF PSM12>50 THEN PSM1=PSM11+1
GOTO 3121
3120 PSM13=PSM12/100
PSM14=PSM12 MOD 100
IF PSM14>50 THEN PSM13=PSM13+1
PSM1=PSM11+PSM13
3121 RETURN
```

나. 양액제배용 컨트롤러 프로그램 List

```

CONST DEVICE = 5G
'-----시간 변수 -----
DIM SEC AS BYTE
DIM MIN AS BYTE
DIM HOUR AS BYTE
DIM WEEK AS BYTE
DIM DAY AS BYTE
DIM MON AS BYTE
DIM YEAR AS BYTE
DIM DMON AS BYTE

CONST BYTE HOURTABLE=(&H0, &H1, &H2, &H3, &H4, &H5, &H6, &H7,&H8, &H9,
&H10, &H11, &H12, &H13, &H14, &H15, &H16, &H17,&H18, &H19, &H20, &H21,
&H22, &H23)

CONST BYTE MINTABLE=(&H0, &H1, &H2, &H3, &H4, &H5, &H6, &H7, &H8, &H9,
&H10, &H11, &H12, &H13, &H14, &H15, &H16, &H17, &H18, &H19, &H20, &H21,
&H22, &H23, &H24, &H25, &H26, &H27, &H28, &H29, &H30, &H31, &H32, &H33,
&H34, &H35, &H36, &H37, &H38, &H39, &H40, &H41, &H42, &H43, &H44, &H45,
&H46, &H47, &H48, &H49, &H50, &H51, &H52, &H53, &H54, &H55, &H56, &H57,
&H58, &H59)

CONST BYTE MONTABLE=(0, 31,28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31)
'CONST BYTE MONTABLE=(&H0, &H31, &H28, &H31, &H30, &H31, &H30, &H31, &H30, &H31,
&H31, &H30, &H31, &H30, &H31)
CONST BYTE DAYTABLE=(&H0, &H1, &H2, &H3, &H4, &H5, &H6, &H7, &H8, &H9,
&H10, &H11, &H12, &H13, &H14, &H15, &H16, &H17, &H18, &H19, &H20, &H21,
&H22, &H23, &H24, &H25, &H26, &H27, &H28, &H29, &H30, &H31)
CONST BYTE MMTABLE=(&H0, &H1, &H2, &H3, &H4, &H5, &H6, &H7, &H8, &H9,
&H10, &H11, &H12)

'-----키 입력 변수-----
DIM I AS BYTE, KDIN AS BYTE, J AS BYTE
DIM T AS BYTE, JJ AS BYTE
DIM S AS INTEGER, K AS INTEGER
DIM L AS INTEGER, O AS INTEGER
DIM P AS INTEGER
DIM M AS BYTE
'-----KEY INPUT-----
DIM NO(10) AS BYTE
'-----SOLAR INPUT-----
DIM SOIN AS BYTE
DIM SOL1 AS INTEGER, SOL2 AS INTEGER
DIM SOLN AS INTEGER, SOLR AS INTEGER
DIM SOLR1 AS INTEGER, REQ AS INTEGER
DIM SOINTEMP AS INTEGER

'-----DLY-----
DIM KD AS BYTE, KE AS BYTE

'---프로그램 1 변수 -----
DIM NP AS INTEGER, UIR AS INTEGER
DIM T1 AS BYTE, TIME1 AS BYTE
DIM STRN AS INTEGER, PUMP AS INTEGER
DIM PRN AS INTEGER
DIM PUMP1H AS BYTE, PUMP1M AS BYTE
DIM DHTEMP1 AS BYTE, DMTEMP1 AS BYTE
DIM OUTT AS BYTE

'---프로그램 2 변수-----
CONST INTEGER SR=(0, 350, 558, 744, 889, 981, 1011, 981, 889, 744, 558, 350)

```

```

CONST INTEGER SN=(0,10, 16, 21, 25, 27, 28, 27, 25, 21, 16, 10)
DIM PM AS BYTE, PD AS BYTE '---정식 월일---
DIM PT AS BYTE '---매 시각 ---
DIM D AS BYTE, DM AS BYTE
DIM DD AS BYTE, N AS BYTE
DIM R AS INTEGER, RN AS INTEGER
DIM R1 AS INTEGER
DIM RR AS INTEGER, RTEMP AS INTEGER
DIM DHTEMP2 AS BYTE, DMTEMP2 AS BYTE
DIM F AS BYTE
DIM TIME2 AS BYTE, TIME21 AS BYTE
DIM T3 AS BYTE, DTEMP AS BYTE
DIM PUMP2H AS BYTE, PUMP2M AS BYTE
DIM EPRN AS INTEGER, FSN AS INTEGER

'-----PG2COND변수-----
DIM I2 AS BYTE, DT AS BYTE
DIM DDM AS BYTE, DDT AS BYTE
DIM CM AS BYTE, CD AS BYTE
DIM RR2 AS INTEGER
DIM FSN1 AS INTEGER, FSN2 AS INTEGER
DIM NFSN AS INTEGER, NFSN1 AS INTEGER
DIM NFSN2 AS INTEGER, SS AS INTEGER
DIM SS1 AS INTEGER, SS2 AS INTEGER
DIM ENDTM AS BYTE

'-----시간 설정-----
LCDINIT
'BUSOUT &HB0;0
CSRON
TIMESET 0,&H30
TIMESET 1,&H25
TIMESET 2,&H8
TIMESET 3,&H13
TIMESET 4,&H7
TIMESET 5,&H1
TIMESET 6,&H99
SOL1=0
SOL2=0
DM=&H0
DD=&H0
DTEMP=&H0
PRN=0
ENDTM=18

'-----LOGO-----
GOSUB READ_TIME
CLS
LOCATE 0,0
GOSUB DISP_RTN
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
OUT 16,0
OUT 17,0
CLS
LOCATE 0,0
' PRINT " ---일사량 제어---"
PRINT "SOLAR CONTROL"
' LOCATE 0,1
' PRINT "한경대학교 농촌공학과 "
GOSUB DLY

```

```

GOSUB DLY
' OUT 16,0
CLS
'--기준적산일사량입력----
' LOCATE 0,0
' PRINT "기준적산일사량입력"
' GOSUB KEYINPUT
' STRN=S
' STRN=14000
'--단위급수량입력---
' CLS
' LOCATE 0,0
' PRINT "단위급수량입력"
' GOSUB KEYINPUT
' UIR=S
' UIR=2
'--작물개체수입력--
' CLS
' LOCATE 0,0
' PRINT "작물개체수입력"
' GOSUB KEYINPUT
' NP=S
' NP=20
'--펌프유량입력--
' CLS
' LOCATE 0,0
' PRINT "펌프유량입력"
' GOSUB KEYINPUT
' PUMP=6
'--정식 일,월 입력---
' CLS
' LOCATE 0,0
' PRINT "정식월 입력"
' PRINT "PLANT MON"
' GOSUB KEYINPUT
' PM=S
' PM=4
' CLS
' LOCATE 0,0
' PRINT "정식일 입력"
' PRINT "PLANT DAY"
' GOSUB KEYINPUT
' PD=S
' PD=18
'--현재 월, 일 입력---
' CLS
' LOCATE 0,0
' PRINT "현재 월 입력"
' PRINT "MON NOW"
' GOSUB KEYINPUT
' CM=S
' CM=6
' CLS
' LOCATE 0,0
' PRINT "현재 일 입력"
' PRINT "DAY NOW"
' GOSUB KEYINPUT
' CD=S
' CD=16
'---입력 값 출력--
CLS
LOCATE 0,0
PRINT "기준일사량:";DEC(STRN,5,1)

```

```

PRINT "STRN : ";DEC(STRN,5,1)
LOCATE 0,1
'PRINT "단위급수량:";DEC(UIR,5,1)
PRINT "UIR : ";DEC(UIR,5,1)
GOSUB DLY
CLS
LOCATE 0,0
'PRINT "작물개체수:";DEC(NP,5,1)
PRINT "NP : ";DEC(NP,5,1)
LOCATE 0,1
'PRINT "펌프유량:";DEC(PUMP,5,1)
PRINT "PUMP : ";DEC(PUMP,5,1)
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
'----PG1 계산값-----
'REQ=UIR*NP
'TIME1=REQ/PUMP
'T1=TIME1*10
' PUMP1H=T1/60
PUMP1H=0
' PUMP1M=T1 MOD 60
PUMP1M=5
CLS
LOCATE 0,0
'PRINT "펌프가동시간"
PRINT "PUMP TIME"
LOCATE 0,1
PRINT DEC(PUMP1H,2,1)
PRINT " ";DEC(PUMP1M,2,1)
GOSUB DLY
GOSUB DLY
'-----PG2계산 -----
'----현재의 월일을 읽어들임-----
DM=MMTABLE(PM)+&H1
' DM=PM+1
PT=9 '--PG2작동시간--

4000 GOSUB READ_TIME
'----정식일을 계산하기 위한 DUMMY변수--
CM=MON
CD=DAY
DM=CD/16
DT=CD MOD 16
DDM=DM*10
DDT=DDM+DT
DD=CM-1 '--현재일 - 정식일---
FOR I=PM TO DD '--정식 달수 계산---
DTEMP=DTEMP+MONTABLE(I)
NEXT I
D=DTEMP-PD+DDT '--총 정식후 경과 일수 ---
CLS
LOCATE 0,0
'PRINT "정식후 경과 일수"
PRINT "AFTER PLANT DAY"
LOCATE 0,1
PRINT "=";DEC(D,3,1)
GOSUB DLY
GOSUB DLY
GOSUB DLY
'-----PG2 조건-경과일수에 따른 N계산 -----
IF D<=15 THEN N=25
IF D>15 AND D<=24 THEN N=50

```

```

IF D>24 AND D<=30 THEN N=75
IF D>30 THEN N=100

'-----메인 프로그램 시작-----
DHTEMP1=0
DMTEMP1=0
DHTEMP2=0
DMTEMP2=0
I2=0
CLS
4050 GOSUB READ_TIME '--현재 시간을 읽어들임---
LOCATE 0,0
GOSUB DISP_RTN
GOSUB DLY
GOSUB DLY
IF HOURTABLE(PT)=HOUR THEN GOTO 4051
GOTO 4050
4051 IF MIN<&H1 THEN GOTO 4060
GOTO 4050
4060 GOSUB SOLARIN
GOSUB PG2COND
PUMP2H=TIME2/60
PUMP2M=TIME2 MOD 60
DHTEMP2=0
DMTEMP2=0
GOSUB READ_TIME
DHTEMP2=HOUR+HOURTABLE(PUMP2H)
DMTEMP2=MIN+MINTABLE(PUMP2M)
' DHTEMP2=HOUR+PUMP2H
' DMTEMP2=MIN+PUMP2M
IF DMTEMP2>&H59 THEN GOTO 4061
GOTO 4070
4061 DHTEMP2=DHTEMP2+&H1
DMTEMP2=DMTEMP2 MOD 10
4070 OUT 17,1 '--펌프2 구동--
PT=PT+1
IF HOUR=DHTEMP1 THEN GOTO 4071
GOTO 4080
4071 IF MIN>=DMTEMP1 THEN GOTO 4300
4080 GOSUB SOLARIN
CLS
LOCATE 0,0
'PRINT "센서 입력값"
PRINT "SOLAR=";DEC(SOLN,5,1)
4090 PRN=PRN+SOLN
LOCATE 0,1
PRINT "PRN=";DEC(PRN,5,1)
4100 IF PRN<=STRN THEN GOTO 4200
OUTT=OUTSTAT(16)
IF OUTT=1 THEN GOTO 4200
OUT 16,1
PRN=0
PRN=0
DHTEMP1=&H0
DMTEMP1=&H0
GOSUB READ_TIME
DHTEMP1=HOUR+HOURTABLE(PUMP1H)
DMTEMP1=MIN+MINTABLE(PUMP1M)
' DHTEMP1=HOUR+PUMP1H
' DMTEMP1=MIN+PUMP1M
IF DMTEMP1>&H59 THEN GOTO 4120
GOTO 4130
4120 DHTEMP1=DHTEMP1+&H1
DMTEMP1=DMTEMP1 MOD 10

```

```

4130 IF HOUR>=HOURTABLE(ENDTM) THEN GOTO 4500
      GOSUB INCREASE_MIN
      GOSUB READ_TIME
      IF HOUR>HOURTABLE(ENDTM) THEN GOTO 4500
      IF HOUR=DHTEMP2 THEN GOTO 4140
      IF HOUR=DHTEMP1 THEN GOTO 4150
      GOTO 4080
4140 IF MIN>=DMTEMP2 THEN GOTO 4210
4150 IF MIN>=DMTEMP1 THEN GOTO 4400
      GOTO 4080
4200 IF HOUR>=HOURTABLE(ENDTM) THEN GOTO 4500
      GOSUB INCREASE_MIN
      GOSUB READ_TIME
      IF HOUR>HOURTABLE(ENDTM) THEN GOTO 4500
      IF HOUR=DHTEMP2 THEN GOTO 4201
      IF HOUR=DHTEMP1 THEN GOTO 4202
      IF MIN<&H1 THEN GOTO 4060
      GOTO 4080
4201 IF MIN=DMTEMP2 THEN GOTO 4210
4202 IF MIN>=DMTEMP1 THEN GOTO 4400
      IF MIN<&H1 THEN GOTO 4060
      GOTO 4080
4210 OUT 17,0
      DHTEMP2=&H0
      DMTEMP2=&H0
      IF HOUR=DHTEMP1 THEN GOTO 4211
      IF MIN<&H1 THEN GOTO 4060
      GOTO 4080
4211 IF MIN=DMTEMP1 THEN GOTO 4400
      IF MIN<&H1 THEN GOTO 4060
      GOTO 4080
4300 OUT 16,0
      DHTEMP1=&H0
      DMTEMP1=&H0
      GOTO 4080
4400 OUT 16,0
      DHTEMP1=&H0
      DMTEMP1=&H0
      'GOSUB READ_TIME
      IF MIN<&H1 THEN GOTO 4060
      GOTO 4080
4500 OUT 16,0
      OUT 17,0
      PRN=0
      DTEMP=&H0
      PT=7
      ENDTM=18
      CLS
      LOCATE 0,0
      PRINT "=="END OF CONTROL=="
      GOSUB DLY
      GOSUB DLY
      GOSUB DLY
      CLS
4510 GOSUB READ_TIME
      LOCATE 0,0
      PRINT "MM-DAY";HEX(MON,2,1)
      PRINT " ";HEX(DAY,2,1)
      LOCATE 0,1
      PRINT "HRMNSE=";HEX(HOUR,2,1)
      PRINT " ";HEX(MIN,2,1)
      PRINT " ";HEX(SEC,2,1)
      IF HOUR>=&H6 THEN GOTO 4000
      GOTO 4510

```

```

'-----KEY INPUT VARIABLE-----
KEYINPUT:
  J=0
  JJ=0
  S=0
  K=0
  L=0
  O=0
  P=0
6010 KDIN=KEYDELAY(PADIN(1),0,20,10)
      IF KDIN=0 THEN GOTO 6010
      IF KDIN=16 THEN GOTO 6020
      IF KDIN=12 THEN PRINT " ": GOTO 6010
      IF KDIN=2 THEN I=1
      IF KDIN=6 THEN I=2
      IF KDIN=10 THEN I=3
      IF KDIN=14 THEN I=4
      IF KDIN=3 THEN I=5
      IF KDIN=7 THEN I=6
      IF KDIN=11 THEN I=7
      IF KDIN=15 THEN I=8
      IF KDIN=4 THEN I=9
      IF KDIN=8 THEN I=0
      I=KDIN-1
      NO(J)=I
      LOCATE JJ,1
      PRINT DEC(NO(J),1,1)
      J=J+1
      JJ=JJ+1
      GOTO 6010
6020 CLS
      GOSUB DLY
      J=J-1
      GOSUB DLY
      IF J=0 THEN GOTO 6030
      IF J=1 THEN GOTO 6040
      IF J=2 THEN GOTO 6050
      IF J=3 THEN GOTO 6060
      IF J=4 THEN GOTO 6070
      LOCATE 0,0
      PRINT "입력이 끝났습니다."
      GOTO 6080
6030 S=NO(J)
      GOTO 6080
6040 S=NO(0)*10+NO(1)
      GOTO 6080
6050 K=NO(0)*100
      L=NO(1)*10+NO(2)
      S=K+L
      GOTO 6080
6060 K=NO(0)*1000
      L=NO(1)*100
      O=NO(2)*10+NO(3)
      S=K+L+O
      GOTO 6080
6070 K=NO(0)*10000
      L=NO(1)*1000
      O=NO(2)*100
      P=NO(3)*10+NO(4)
      S=K+L+O+P
6080 RETURN
'-----READ TIME-----

```



```

READ_TIME:
  SEC = TIME(0)
  MIN = TIME(1)
  HOUR = TIME(2)
  DAY = TIME(3)
  MON = TIME(4)
  WEEK = TIME(5)
  YEAR = TIME(6)
  RETURN
DISP_RTN:
  PRINT "현재시간";HEX(HOUR,2,0)
  PRINT "TIEM_NOW";HEX(HOUR,2,0)
  PRINT ":";HEX(MIN,2,0)
  PRINT ":";HEX(SEC,2,0)
  RETURN
DLY:
  FOR KD=0 TO 250
    FOR KE=0 TO 4
      NEXT KE
    NEXT KD
  RETURN
SOLARIN:
  SOIN=0
  SOINTEMP=0
  FOR I=1 TO 20 '---FILTERING--
    SOINTEMP=SOINTEMP+ADIN(1)
  NEXT I
  SOIN=SOINTEMP/20
  IF SOIN<145 THEN GOTO 7010
  IF SOIN>=145 AND SOIN<=175 THEN GOTO 7020
  IF SOIN>175 THEN GOTO 7030
7010 SOLN=0
  GOTO 7090
7020 SOL1=355*SOIN
  SOL2=SOL1-50700
  SOLN=SOL2/100
  SOLR=SOL2 MOD 100
  IF SOLR>=50 THEN SOLN=SOLN+1
  GOTO 7090
7030 SOL1=180*SOIN
  SOL2=SOL1-31257
  SOLN=SOL2
7090 RETURN
-----
PG2COND:
  T3=PUMP/2
  EPRN=SOLN
  I2=PT-6
  RTEMP=10*EPRN
  RN=RTEMP/SR(I2)
  RR=RTEMP MOD SR(I2)
  RR2=SR(I2)/2
  IF RR>RR2 THEN RN=RN+1
  R=RN/10
  R1=RN MOD 10
  IF R1>=5 THEN R=R+1
  IF R<3 THEN F=25
  IF R>=3 AND R<5 THEN F=50
  IF R>=5 AND R<=8 THEN F=75
  IF R>8 THEN F=100
  FSN=F*SN(I2)
  FSN1=FSN/100
  FSN2=FSN MOD 100
  IF FSN2>=50 THEN FSN1=FSN1+1

```

```

NFSN=N*FNS1
NFSN1=NFSN/100
NFSN2=NFSN1 MOD 100
IF NFSN2>=50 THEN NFSN1=NFSN1+1
SS=NF*NFSN1
SS1=SS/10
SS2=SS MOD 10
IF SS2>=5 THEN SS1=SS1+1
IF SS1<PUMP THEN GOTO 8010
GOTO 8020
8010 TIME2=1
GOTO 8030
8020 TIME2=SS1/PUMP
TIME21=SS1 MOD PUMP
IF TIME21>T3 THEN TIME2=TIME2+1
8030 RETURN

'TIME2를 리턴한다...
INCREASE_MIN:
FOR I=0 TO 2
  FOR J=0 TO 213
    FOR K=0 TO 220
      NEXT K
    NEXT J
  NEXT I
NEXT I
RETURN

```

2. 구획별 시설입지적성평가 현황

부록 표-1 도시근교지역(용인시 남사면)의 시설입지적성현황

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
1	44853.75	531.48	3	X
2	79373.97	549.15	3	X
3	69124.46	554.21	3	X
4	76675.29	565.87	3	O
5	70845.9	565.87	3	O
6	72616.13	566.17	3	O
7	59818.53	566.17	3	O
8	62931.39	551.86	3	X
9	8185.63	516.39	3	X
10	35054.16	574.33	2	X
11	23968.46	658.62	1	X
12	29842.19	658.62	1	X
13	679.41	611.92	2	X
14	36200.93	546.16	3	X
15	32794.61	661.43	1	O
16	26333.76	549.22	3	X
17	29394.7	644.09	2	O
18	32294.58	545.14	3	O
19	38775.41	642.36	2	O
20	47667.03	610.2	2	O
21	78605.96	701.98	1	O
22	262435.7	559.72	3	O
23	8011.3	535.63	3	X
24	11673.55	611.81	2	X
25	4569.28	701.23	1	O
26	15146.97	657.47	1	O
27	25244.28	653.99	1	O
28	54705.83	546.57	3	X
29	51402.29	572.4	3	X
30	50207.75	572.4	3	X
31	11306.05	684.46	1	X
32	1552.81	393.67	5	X
33	10085.99	639.64	2	X
34	36237.65	574.15	2	O
35	47872.99	556.94	3	O
36	60360.17	560.44	3	O
37	42529.01	580.56	2	O
38	58728.93	572.4	3	O
39	43294.37	580.56	2	O
40	90810.63	572.4	3	O

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
41	53422.19	628.3	2	O
42	35892.39	580.56	2	O
43	55773.73	502.87	3	O
44	30752.16	584.23	2	O
45	43379.1	572.71	3	O
46	41085.57	643.02	2	O
47	52295.96	629.6	2	O
48	5392.06	683.97	1	X
49	9936.85	752.55	1	X
50	1524.25	625.48	2	X
51	2834.82	622.71	2	X
52	1455.36	708.88	1	X
53	4125.17	706.25	1	X
54	1804.56	734.71	1	X
55	5071.4	669.08	1	X
56	1465.28	734.71	1	X
57	4504.02	732.08	1	X
58	1693.6	671.71	1	X
59	4896.65	706.25	1	X
60	43117.08	728.33	1	X
61	29725.36	720.75	1	X
62	35058.38	728.33	1	O
63	29288.5	708.79	1	O
64	37266.06	716.37	1	O
65	32486.36	704.71	1	O
66	52819.4	739.25	1	O
67	33484.9	716.67	1	O
68	45430.43	728.33	1	O
69	45778.06	652.21	1	O
70	28937.64	724.84	1	O
71	33790.48	728.33	1	O
72	40189.57	734.01	1	X
73	7138.81	643.09	2	X
74	7463.95	646.13	2	X
75	17564.92	739.15	1	O
76	36688.01	728.33	1	O
77	12734.32	617.38	2	X
78	31618.16	680.51	1	X
79	28749.87	684.59	1	X
80	48672.93	639.24	2	O

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
81	43019.21	608.5	2	X
82	50719.85	612	2	X
83	46215.71	608.2	2	X
84	65037	619.12	2	O
85	44591.81	615.62	2	X
86	60014.81	619.12	2	X
87	47843.54	639.24	2	X
88	42689.43	627.58	2	O
89	41038.6	639.24	2	O
90	54118.18	546.57	3	O
91	51406.71	565.65	3	O
92	46640.92	573.81	2	O
93	34330.09	542.77	3	O
94	46719.04	542.77	3	O
95	22577.24	629.71	2	O
96	26031.88	636.31	2	X
97	11173.85	650.48	1	X
98	24550.59	608.47	2	O
99	13844.22	596.81	2	O
100	8306.25	603	2	X
101	8106.78	562.3	3	X
102	45356.21	341.02	5	X
103	8806.98	598.68	2	X
104	5069.77	580.77	2	X
105	3856.03	408.41	5	X
106	1860.54	312.81	5	O
107	18639.26	508.37	3	X
108	32309.93	572.98	3	O
109	31255.65	554.58	3	O
110	22378.13	547	3	X
111	21484.36	558.66	3	X
112	13761.38	546.7	3	X
113	3012.49	533.66	3	X
114	70021.77	557.73	3	O
115	2154.53	473.87	4	X
116	14227.16	512.77	3	X
117	27604.03	427.43	4	X
118	31800.56	253.12	5	X
119	5774.75	539.44	3	X
120	35149.65	641.85	2	X

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
121	22953.42	508.15	3	X
122	69158.57	359.9	5	X
123	3539.38	533.24	3	X
124	16865.18	466.16	4	X
125	4819.02	305.07	5	O
126	44254.68	364.9	5	X
127	1864.6	453.62	4	X
128	1537.31	418.01	5	X
129	3949.79	497	3	X
130	4093.64	343.91	5	O
131	8056.54	506.59	3	X
132	68142.54	325.51	5	X
133	6566.43	338.47	5	O
134	65894.26	314.3	5	X
135	28528.66	346.15	5	X
136	21470.7	387.81	5	X
137	2046.43	474.91	4	X
138	2978.93	571.61	3	X
139	2557.64	421.42	4	O
140	1845.18	438.64	4	X
141	6386.37	465.74	4	X
142	953.08	503.05	3	O
143	3920.73	605.92	2	X
144	3036.84	633.48	2	O
145	1316.6	559.41	3	O
146	6715.78	519.66	3	O
147	2809.22	537.62	3	O
148	3649.58	503.62	3	O
149	7254.42	444.93	4	O
150	4239.96	510.93	3	X
151	56902.89	352.52	5	X
152	4419.59	468.39	4	X
153	5839.42	547.1	3	O
154	22206.36	307.14	5	X
155	15978.09	561.88	3	X
156	7007.48	490.62	4	O
157	19581.64	527.82	3	O
158	918.78	426.67	4	O
159	9814.89	429.85	4	X
160	101799.2	630.79	2	O

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
161	3280.55	636.31	2	O
162	9367.87	689.11	1	X
163	3561.24	737.37	1	X
164	16558.21	706.58	1	O
165	23397.64	718.19	1	X
166	6618.71	460.12	4	X
167	38379.26	619.59	2	X
168	60087.73	611.43	2	X
169	50628.38	599.77	2	X
170	48382.5	588.85	2	O
171	43616.12	588.85	2	X
172	34296.51	690.49	1	X
173	22186.38	687.45	1	O
174	89598.35	412.48	5	X
175	3754.17	480.98	4	X
176	12383.34	308.36	5	X
177	5226.42	363.87	5	X
178	6167.71	336.01	5	X
179	104910	504.46	3	X
180	2471.54	533.38	3	O
181	5028.56	573.48	2	X
182	8643.2	398.96	5	X
183	38031.64	575.23	2	X
184	18092.05	603.27	2	X
185	11324.46	620.33	2	X
186	41186.64	548.1	3	O
187	43032.4	664.66	1	X
188	8135.95	682.64	1	X
189	7878.36	427.4	4	X
190	11011.83	489.51	4	X
191	49189.88	385.73	5	O
192	32779.89	503.85	3	O
193	14065.31	543.65	3	X
194	11988.98	599.42	2	X
195	5547.44	709.27	1	X
196	25649.58	528.67	3	X
197	1779.31	584.09	2	X
198	1883.77	560.55	3	X
199	2768.37	438.66	4	X
200	4400.17	533.27	3	X

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
201	18162.99	629.34	2	X
202	8954.92	542.83	3	O
203	9105.84	636.69	2	O
204	88891.17	311.2	5	O
205	4850.98	280.6	5	X
206	41518.88	665.83	1	O
207	35643.04	691.66	1	O
208	33034.49	842.96	1	O
209	34272.3	710.74	1	O
210	28391.82	714.82	1	O
211	29512.23	714.82	1	O
212	38838.36	710.74	1	O
213	3858.27	611.9	2	X
214	9793.03	528.35	3	O
215	13583.41	539.6	3	O
216	13875.19	744.15	1	X
217	15553.83	785	1	O
218	18661.27	587.87	2	O
219	24286.32	663.31	1	O
220	50968.7	609.8	2	O
221	34276.3	683.86	1	X
222	36671.82	698.17	1	O
223	115848	867.28	1	O
224	41516.62	444.36	4	X
225	17844.3	600.1	2	O
226	49889.54	887.4	1	O
227	19554.56	845.59	1	X
228	20327.18	692.91	1	O
229	180408.5	682.29	1	O
230	7542.32	485.61	4	X
231	17368	692.82	1	O
232	36029.13	535.66	3	X
233	34541.02	546.96	3	O
234	30836.38	466.15	4	X
235	24813.9	646.07	2	X
236	137193.8	509.34	3	O
237	4322.77	667.81	1	O
238	19341.4	586.05	2	X
239	46269.95	507.91	3	X
240	10396.21	553.65	3	X

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
241	13573.27	476.95	4	X
242	31858.15	494.85	4	O
243	3128.03	560.18	3	X
244	7254.81	519.08	3	O
245	7704.39	418.98	5	X
246	6417.48	426.03	4	O
247	1920.54	459.65	4	X
248	13189.4	498.83	3	O
249	6694.31	485.55	4	X
250	4191.65	554.04	3	X
251	3238.96	601.44	2	O
252	29614.9	608.1	2	O
253	4738.01	511.78	3	X
254	65048.49	515.9	3	X
255	58858.06	549.51	3	X
256	66879.31	672.18	1	X
257	7882.19	563.46	3	X
258	10363.23	622.39	2	X
259	8304.48	371.5	5	X
260	45770.18	359.67	5	X
261	895.42	426.11	4	X
262	936.53	385.91	5	X
263	203189.6	487.83	4	O
264	25566.16	527.27	3	X
265	82081.8	528.19	3	X
266	110389.4	650.11	1	O
267	10279.99	634.13	2	X
268	3031.65	551.66	3	X
269	4335.1	493.06	4	X
270	15892.28	464.17	4	X
271	4265.2	493.99	4	X
272	2309.09	572.54	3	X
273	91360.88	403.81	5	X
274	14919	337.56	5	X
275	3132.47	406.7	5	X
276	7717.36	448.43	4	X
277	5365.4	304.54	5	X
278	2372.54	517.37	3	X
279	10975.07	461.76	4	X
280	13212.08	496.64	4	X

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
281	27947.14	771.04	1	X
282	18512.74	510.73	3	X
283	6835.74	423.19	4	X
284	2588.13	291.55	5	O
285	6330.19	573.14	2	X
286	60417.72	508.68	3	X
287	95402.73	508.73	3	X
288	51157.67	521.11	3	X
289	2201.81	322.64	5	X
290	18638.05	455.7	4	X
291	18132.68	599.55	2	O
292	12073.24	564.31	3	X
293	77419.05	535.06	3	O
294	15995.53	694.86	1	X
295	14579.3	326.73	5	X
296	29870.72	344.56	5	X
297	2662.7	423.69	4	X
298	11889.77	375.59	5	X
299	110859.7	418.62	5	X
300	12990.18	562.65	3	X
301	2991.64	477.44	4	X
302	1012.91	409.38	5	X
303	148971.1	660.08	1	X
304	23826.01	545.32	3	X
305	117404.9	660.08	1	X
306	510.16	461.05	4	X
307	1813.05	487.63	4	X
308	26521.23	444.81	4	X
309	26655.62	479.31	4	X
310	7911.7	530.87	3	X
311	127260.5	441.01	4	X
312	3196.33	551.1	3	X
313	1710.61	435.09	4	X
314	6476.49	568.95	3	X
315	48942.9	442	4	X
316	5148.17	416.92	5	X
317	441.76	463.66	4	X
318	5155.52	420.94	5	X
319	2522.53	391.47	5	X
320	12591.88	302.55	5	X

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
321	1198.31	428.71	4	X
322	55491.37	445.74	4	X
323	34093.43	423.04	4	O
324	781.8	430.06	4	X
325	3123.06	555.03	3	X
326	619.3	642.42	2	X
327	49622.69	575.89	2	X
328	51441.2	397.08	5	X
329	58642.68	416.37	5	O
330	9152.93	428.03	4	X
331	1313.12	520.5	3	X
332	45064.07	439.04	4	X
333	6162.29	593.49	2	X
334	9319.62	454.43	4	X
335	5091.81	574.47	2	X
336	6185.92	413.19	5	X
337	3425.04	448.99	4	O
338	2042.79	471.89	4	X
339	17708.97	457.97	4	X
340	579.01	529.48	3	O
341	1936.7	609.41	2	X
342	6509.02	699.84	1	X
343	4885.93	602.36	2	X
344	2482.05	427.16	4	X
345	1678.67	542.64	3	X
346	39609.57	327.07	5	X
347	25999.52	499.7	3	O
348	52111.79	718.58	1	O
349	2830.79	450.06	4	X
350	10746.54	463.24	4	X
351	2697.65	469.3	4	X
352	18068.42	494.06	4	O
353	3852.02	610.32	2	O
354	3974.83	606.34	2	X
355	6623.98	368.13	5	X
356	38702.15	521.46	3	X
357	7096.43	581.84	2	X
358	7702.38	523.11	3	X
359	3657.83	423.76	4	X
360	8403.29	585.77	2	X

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
361	5855.77	472.36	4	X
362	7330.19	595.45	2	O
363	5401.12	556.53	3	X
364	11398.37	565.97	3	X
365	27960.87	697.6	1	X
366	12430.87	668.92	1	X
367	35010.02	288.96	5	X
368	2355.09	466.27	4	X
369	54910.29	475.59	4	O
370	6529.06	653.63	1	X
371	4599.49	535.2	3	X
372	15768.83	503.41	3	X
373	24249.79	486.12	4	X
374	52320.54	507.5	3	X
375	45417.51	671.58	1	X
376	5271.23	531.69	3	X
377	15109.94	416.17	5	X
378	5800.62	463.65	4	X
379	11277.16	431.85	4	X
380	12005.96	628.06	2	O
381	7472.24	596.99	2	X
382	248169.8	680.23	1	O
383	1397.56	415.13	5	X
384	10845.77	374.35	5	X
385	334981.9	714.14	1	X
386	17869.09	452.72	4	X
387	3954.64	651.77	1	X
388	4339.36	636.47	2	X
389	48998.64	474.29	4	X
390	13001.28	645.94	2	X
391	42007.2	364.86	5	X
392	3090.64	582.29	2	O
393	8176.78	623.09	2	O
394	15723.98	486.92	4	O
395	1561.89	476.49	4	X
396	2039.14	477.83	4	X
397	9813.22	423.07	4	X
398	2457.41	530.29	3	X
399	2704.52	610.96	2	X
400	62613.85	520.04	3	X

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
401	20480.17	554.33	3	X
402	6172.8	630.3	2	X
403	41766.34	438.91	4	X
404	3310.48	357.98	5	X
405	2176.94	440.89	4	X
406	1755.45	423.13	4	X
407	3756.63	481.35	4	O
408	1141.66	554.13	3	X
409	2092.09	434.49	4	X
410	69023.63	293.43	5	X
411	21195.66	339.78	5	X
412	36009.94	327.54	5	X
413	84451.03	425.21	4	O
414	4943.51	566.72	3	X
415	7434.83	533.4	3	X
416	22686.62	458.13	4	X
417	6396.68	627.49	2	X
418	12163.34	484.25	4	X
419	15550	607.5	2	X
420	6811.9	576.97	2	X
421	16830.87	607.65	2	X
422	10796.03	614.65	2	X
423	6252.62	543.13	3	X
424	2448.51	663.12	1	X
425	61921.01	384.71	5	X
426	2585.91	525.9	3	X
427	11573.75	484.09	4	X
428	62269.73	631.09	2	X
429	14717.75	476.55	4	X
430	6505.79	475.11	4	X
431	1819.31	557.33	3	X
432	42481.01	515.75	3	X
433	1178.59	469.79	4	X
434	4985.72	529.98	3	X
435	5020.68	413.57	5	X
436	3635.19	539	3	X
437	12920.84	523.48	3	X
438	4235.69	603.18	2	X
439	9735.66	360.87	5	X
440	59542.41	308.01	5	X

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
441	158609.3	571.86	3	X
442	63035.08	664.33	1	X
443	147659.6	770.41	1	O
444	26559.51	665.31	1	X
445	49896.04	648.33	2	X
446	132647.2	790.58	1	X
447	35349.28	621.8	2	X
448	69730.59	625.3	2	X
449	33216.43	633.46	2	O
450	36779.31	651.86	1	O
451	26709.73	738.8	1	O
452	16609.62	601.07	2	O
453	26009.84	761.23	1	O
454	20406.65	662.48	1	X
455	21081.87	619.13	2	X
456	236399.7	661.9	1	O
457	16273.82	600.71	2	X
458	14770.67	635.83	2	X
459	58820.24	378.29	5	X
460	4830.93	350.15	5	X
461	8020.99	362.98	5	X
462	6238.7	470.89	4	X
463	8447.37	439.2	4	X
464	10578.9	567.79	3	X
465	1259.58	487.11	4	X
466	9337.79	466.54	4	X
467	97011.88	457.34	4	O
468	21134.69	539.62	3	X
469	11806.71	456.25	4	O
470	5037.78	501.1	3	X
471	3749.78	383.6	5	X
472	3864.33	478.15	4	X
473	11781.05	423.99	4	X
474	1678.48	547.35	3	X
475	2500.83	523.35	3	X
476	19299.41	355.05	5	X
477	18949.77	482.78	4	X
478	19502.42	508.61	3	X
479	11556.6	589.06	2	X
480	21449.39	443.22	4	X

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
481	51228.17	482.5	4	X
482	54811.23	494.16	4	O
483	3005.96	406.35	5	X
484	7897.54	528.39	3	X
485	7112.2	479.01	4	X
486	53104.42	546.58	3	X
487	6423.13	502.7	3	X
488	3788.47	560.49	3	X
489	21748.05	529.64	3	O
490	10533.57	589.58	2	O
491	30913.71	534.72	3	X
492	22106.08	674.14	1	X
493	25053.47	527.14	3	X
494	26852.88	662.18	1	X
495	24964.63	534.26	3	O
496	29568.39	527.29	3	X
497	20833.61	500.87	3	O
498	24046.27	527.14	3	X
499	35148.6	522.76	3	X
500	32513.6	534.72	3	X
501	23815.57	515.18	3	X
502	29434.82	530.97	3	O
503	69358.83	518.73	3	O
504	32665.3	542.14	3	O
505	93206.55	613.64	2	O
506	61359.52	724.59	1	O
507	13841.21	740.27	1	X
508	4276.92	606.01	2	X
509	11929.97	606.2	2	X
510	3990.39	620.7	2	X
511	60808.23	531.39	3	X
512	65328.57	538.1	3	X
513	15477.67	616.51	2	O
514	5058.84	520.45	3	X
515	59163.19	657.96	1	X
516	11639.07	790.26	1	X
517	2660.26	557.35	3	X
518	87915.64	604.4	2	X
519	4208.63	603.28	2	X
520	31889.46	376.82	5	X

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
521	11021.33	547.88	3	X
522	15285.32	555.72	3	X
523	16306.96	530.38	3	X
524	12405.42	510.05	3	X
525	26132.9	630.91	2	X
526	6884.83	334.5	5	X
527	2649.01	480.09	4	X
528	79567.57	523.12	3	X
529	3202.77	577.87	2	X
530	3111.97	314.46	5	X
531	6600.13	422.4	4	X
532	126314.7	611.29	2	X
533	9572.99	617.85	2	X
534	22293.46	743.95	1	O
535	12010.39	574.63	2	X
536	5215.66	462.01	4	X
537	7164.52	462.72	4	X
538	1522.08	489.85	4	X
539	42886.28	686.62	1	X
540	16823.54	497	3	X
541	1524.86	343.62	5	X
542	18125.03	600.28	2	X
543	48133.11	682.75	1	X
544	1351.91	422.46	4	X
545	53261.71	652.56	1	O
546	47408.11	725.59	1	O
547	28965.73	471.08	4	X
548	2056.53	557.91	3	X
549	85791.66	731.54	1	X
550	63102.2	623.65	2	X
551	73818.84	660.78	1	X
552	19878.71	541.51	3	X
553	16531.76	588.3	2	X
554	899.75	377.33	5	X
555	7830.06	597.12	2	X
556	42369.79	562.08	3	O
557	6883.41	319.59	5	X
558	50374.36	348.38	5	X
559	24785.59	421.54	4	X
560	37093.57	486.42	4	X

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
561	20286.21	449.55	4	X
562	35586.88	313.27	5	X
563	10597.64	502.88	3	X
564	46020.27	396.12	5	X
565	18043.82	414.55	5	X
566	15763.92	400.24	5	X
567	1990.24	402.71	5	X
568	10889.2	383.91	5	X
569	15655.89	452.95	4	X
570	21613.96	704.67	1	X
571	2883.52	641.63	2	X
572	5735.95	516.88	3	X
573	4275.52	616.66	2	X
574	222620.5	649.63	1	O
575	89822.21	701.37	1	X
576	84753.29	599.43	2	O
577	51719.41	675.24	1	X
578	54657.94	641.64	2	O
579	28543.22	564.53	3	X
580	14023.85	539.41	3	X
581	24219	636.16	2	X
582	10581.44	671.38	1	O
583	2048.64	663.13	1	X
584	77787.95	348.47	5	O
585	64227.89	565.41	3	O
586	3817.82	543.16	3	X
587	13765.78	330.62	5	X
588	8464.31	562.17	3	O
589	15267.15	579.29	2	X
590	33020.37	515.71	3	X
591	48942.56	483.4	4	X
592	29344.56	557.71	3	X
593	8949.27	669.81	1	X
594	12371.87	680.49	1	X
595	7438.69	566.44	3	X
596	9643.83	427.52	4	X
597	3139.33	527.37	3	X
598	51138.62	547.39	3	X
599	32711.69	423.41	4	X
600	10468.48	535.62	3	X

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
601	23240.82	504.3	3	X
602	83204	559.96	3	O
603	39155.43	442.54	4	X
604	11982.91	394.37	5	X
605	39051.11	366.02	5	X
606	17261.65	315.84	5	X
607	1875.48	454.5	4	O
608	3319.16	295.86	5	X
609	23465.95	489.12	4	X
610	3343.61	737.77	1	X
611	54069.65	326.74	5	X
612	7937.13	365.16	5	X
613	3020.51	350.01	5	X
614	2633.18	544.41	3	X
615	7669.61	533.97	3	X
616	19463.04	363.32	5	X
617	94996.11	664.83	1	X
618	3399.96	619.18	2	X
619	4384.62	538.88	3	X
620	13876.18	366.56	5	X
621	45485.55	672.07	1	X
622	55469.75	750.66	1	X
623	6569.03	755.38	1	X
624	5498.53	712.18	1	X
625	2177.56	672.78	1	X
626	1238.4	637.66	2	X
627	13526.82	654.09	1	X
628	61900.57	555.93	3	X
629	1236.18	368.75	5	X
630	3815.02	510.11	3	X
631	39360.74	487.11	4	X
632	12999.84	681.21	1	X
633	21578.36	486.48	4	X
634	35330.47	461.01	4	X
635	6054.81	583.92	2	X
636	5145.14	576.79	2	X
637	115897.3	629.69	2	X
638	7660.72	599.24	2	X
639	5526.44	407.34	5	X
640	3417.97	417.71	5	X

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
641	5557.33	566.63	3	X
642	14379.1	552.5	3	X
643	10933.42	717.76	1	X
644	14805.64	535.28	3	X
645	90176.08	528.3	3	X
646	3871.37	514.39	3	X
647	1440.26	516.83	3	X
648	4702.44	495.64	4	X
649	5049.77	519.51	3	X
650	6700.79	537.72	3	X
651	21593.92	331.56	5	X
652	3887.17	467.92	4	O
653	3967.77	688.09	1	X
654	3890.17	404.24	5	X
655	22956.94	675.38	1	O
656	1650.4	601.41	2	X
657	192915.4	693.56	1	X
658	2210.89	639.1	2	X
659	14198.27	637.26	2	X
660	36088.16	669.42	1	O
661	105148.2	342.82	5	X
662	3311.49	542.57	3	X
663	11730.48	432.91	4	X
664	12202.97	600.17	2	X
665	2047.46	659.02	1	X
666	26679.4	694.8	1	X
667	2767.15	645.04	2	X
668	64579.83	509.4	3	X
669	4200.54	547.34	3	X
670	2093.49	373.98	5	X
671	11645.09	484.06	4	X
672	11305.24	571.42	3	X
673	3347.66	484.46	4	X
674	32328.66	415.53	5	X
675	5121.91	522.91	3	X
676	14478.3	572.73	3	X
677	9255.56	447.52	4	X
678	17750.59	319.53	5	X
679	13635.57	498.64	3	O
680	8182.5	399.1	5	X

부록 표-1 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
681	8227.69	543.54	3	○
682	7180.46	600.19	2	X
683	33527.91	481.08	4	X
684	26310.26	426.25	4	○
685	41572.55	496.74	4	X
686	14422.33	527.94	3	X
687	71539.43	538.67	3	X
688	1689.47	432.16	4	X
689	5363.77	689.88	1	X
690	64533.33	414.99	5	X
691	54473.88	392.06	5	X
692	30405.33	319.45	5	X
693	4560.82	535.41	3	X
694	4142.57	527.82	3	X
695	1582.1	460.75	4	X
696	3494.56	596.74	2	X
697	3033.08	610.5	2	X
698	7100.85	500.71	3	X
699	1081.39	577.69	2	X
700	44128.01	344.85	5	X
701	1949.03	531.91	3	X
702	4121.13	423.35	4	X
703	3586.29	413.01	5	X
704	7613.65	410.04	5	X
705	15647.04	409.31	5	X
706	1783.35	530.58	3	X
707	8155.77	599.4	2	X
708	28851.56	558.61	3	○
709	1794.25	544.48	3	X
710	2245.24	392.15	5	X
711	25466.08	552.59	3	X
712	12437.15	423.25	4	X
713	2530.97	435.7	4	X
714	4425.38	402.49	5	X
715	1381.24	284.58	5	X
716	10792.2	378.47	5	X
717	7996.97	308.28	5	X
718	1770.82	413.65	5	X
719	5554.5	458.06	4	X
720	5814.56	301.67	5	X

부록 표-2 평야지역(논산시 채운면)의 시설입지적성현황

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
1	48852.92	672.34	3	X
2	13704.12	620.73	3	X
3	56524.3	643.27	3	X
4	36470.84	513.61	5	X
5	108067.3	584.1	4	X
6	95403.13	592.01	4	X
7	8454.19	504.67	5	X
8	21667.34	686.02	3	X
9	10388.22	672.22	3	X
10	9754.77	693	2	X
11	10673.36	662.47	3	X
12	4389.13	857.93	1	X
13	8970.21	798.44	1	X
14	24618.21	799.72	1	X
15	5940.13	765.61	2	X
16	14393.93	632.73	3	X
17	10141.21	606.72	4	X
18	5607.63	605.44	4	X
19	24027.67	625.63	3	X
20	1782.76	562.99	4	X
21	7771.62	621.18	3	X
22	8490.34	621.18	3	X
23	3900.71	610.83	3	X
24	7702.83	611.06	3	X
25	6388.43	621.18	3	X
26	4432.57	503.64	5	X
27	57991	595.69	4	X
28	107038.7	530.98	4	O
29	31300	618.72	3	X
30	54706.39	530.98	4	O
31	32550	571.14	4	X
32	67629.42	803.99	1	X
33	87088.36	542.2	4	X
34	27475.46	718.29	2	X
35	32953.64	807.05	1	X
36	63156.46	815.21	1	X
37	79760.41	815.21	1	X
38	43940.41	560.05	4	X
39	92168.73	745.32	2	O
40	104767.5	719.31	2	O

부록 표-2 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
41	95470.53	751.92	2	O
42	71839.25	614.5	3	O
43	9163.41	858.56	1	X
44	106255	542.2	4	X
45	65150.89	588.1	4	O
46	47011.77	608.87	4	X
47	37967.17	477.83	5	O
48	37080.25	711.15	2	X
49	48470.35	699.93	2	X
50	41012.09	587.3	4	X
51	52085.69	711	2	O
52	69801.3	726.01	2	O
53	24737.22	802.97	1	X
54	32399.06	813.25	1	O
55	61727.91	821.41	1	X
56	50891.73	718.91	2	X
57	55824.96	718.91	2	X
58	123946.8	718.91	2	X
59	111432.7	730.13	2	X
60	97680.89	704.1	2	O
61	113288.1	704.1	2	X
62	120595.8	730.13	2	X
63	147312.9	718.91	2	O
64	60791.05	815.21	1	O
65	4606.1	832.29	1	X
66	95880.34	586.06	4	X
67	15104.05	510.52	5	X
68	67789.09	534.8	4	X
69	53903.93	501.31	5	X
70	36615.56	506.59	5	X
71	13960.22	656.17	3	X
72	20942.03	660.5	3	X
73	18173.32	558.92	4	X
74	70464.19	625.85	3	O
75	9762.66	715.35	2	X
76	46558.77	669.22	3	O
77	8967.74	671.67	3	X
78	9749.4	773.75	1	O
79	60954.74	708.09	2	O
80	67999.56	480.73	5	O

부록 표-2 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
81	57987.12	480.73	5	O
82	31963.35	418.32	5	X
83	15306.01	780.41	1	X
84	28921.29	643.78	3	O
85	18175.27	582.17	4	O
86	13398.04	484.48	5	X
87	48946.55	799.79	1	O
88	27544.4	647.72	3	X
89	70954.64	719	2	O
90	55807.02	857.81	1	O
91	10830.19	623.46	3	X
92	32594.36	601.05	4	X
93	25789.85	745.61	2	X
94	14062.05	763.47	2	X
95	52998.94	765.77	2	X
96	11929.61	806.9	1	O
97	62128.08	831.31	1	X
98	86264.04	843.75	1	O
99	77120.17	747.85	2	O
100	95911.83	747.85	2	X
101	8296.47	753.85	2	X
102	17569	775.97	1	O
103	44512.16	768.81	2	O
104	53086.79	776.97	1	X
105	80970.69	759.07	2	X
106	69472.82	776.97	1	X
107	83752.85	691.64	2	X
108	97727.02	776.99	1	X
109	99839.55	665.61	3	X
110	102792.5	765.77	2	X
111	90131.95	747.85	2	X
112	115524.7	765.77	2	X
113	79130.09	747.85	2	X
114	70015.98	604.59	4	X
115	88123.95	560.43	4	X
116	64802.89	781.96	1	X
117	28402.9	770	2	X
118	3666.01	776.1	1	X
119	2456.64	644.36	3	X
120	53152.45	781.96	1	O

부록 표-2 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
121	9977.23	616.22	3	X
122	3490.46	535.81	4	X
123	46101.99	440.14	5	X
124	41744.63	647.84	3	X
125	56578.22	700.99	2	X
126	54941.04	700.99	2	X
127	61002.27	766.53	2	O
128	17026.47	765.51	2	O
129	69288.41	796.89	1	O
130	49522.53	788.73	1	X
131	2427.59	755.2	2	X
132	9726.65	783.87	1	X
133	11464.46	783.87	1	X
134	17364.22	795.87	1	X
135	59317.02	796.89	1	O
136	16245.99	826.43	1	X
137	50372.77	796.89	1	O
138	25757.97	807.09	1	O
139	61774.48	808.11	1	X
140	38306.21	799.95	1	X
141	70326.4	808.11	1	O
142	22684.3	783.83	1	O
143	50010.57	808.11	1	X
144	28030.01	680.83	3	X
145	49719.11	622.84	3	X
146	46223.92	704.05	2	X
147	68854.38	808.11	1	X
148	37695.27	704.05	2	O
149	51366.27	808.11	1	X
150	41316.98	704.05	2	X
151	52271.73	808.11	1	O
152	45170.32	692.83	2	X
153	57960.69	796.89	1	O
154	48073.23	692.83	2	X
155	60551.61	796.89	1	X
156	56471.85	700.99	2	X
157	53845.52	796.89	1	X
158	58538.08	697.93	2	X
159	61568.27	793.83	1	X
160	56212.35	697.93	2	X

부록 표-2 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
161	53503.21	793.83	1	X
162	53978.02	793.83	1	X
163	60250.68	793.83	1	X
164	43375.2	689.77	3	X
165	45216.25	785.67	1	X
166	40489.23	785.67	1	X
167	65153.06	793.83	1	X
168	31792.58	755.31	2	X
169	55614.53	793.83	1	X
170	46509.41	785.67	1	X
171	2722.21	685.78	3	X
172	56834.94	793.83	1	X
173	43621.41	692.83	2	X
174	25647.85	795.87	1	X
175	24053.25	765.51	2	X
176	7914.56	795.09	1	X
177	12088.59	560.63	4	X
178	21584.34	592.91	4	X
179	19186.76	767.69	2	X
180	23221.43	706.57	2	O
181	71164.63	803.49	1	O
182	62590.16	796.89	1	X
183	49418.69	689.77	3	X
184	60729.98	674.96	3	X
185	49854.67	666.8	3	X
186	61320.29	674.96	3	X
187	60196.88	674.96	3	O
188	2546.33	509.05	5	O
189	59385.79	497.85	5	X
190	52123.23	497.85	5	X
191	69354.56	497.85	5	X
192	53705.09	674.96	3	O
193	58633.48	674.96	3	O
194	65053.82	674.96	3	X
195	54729.92	674.96	3	O
196	56039.4	674.96	3	O
197	69821.7	674.96	3	O
198	60882.33	674.96	3	O
199	59539.63	674.96	3	X
200	51679.73	674.96	3	X

부록 표-2 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
201	72115.8	674.96	3	X
202	59848.46	671.9	3	X
203	56219.29	671.9	3	X
204	60090.13	671.9	3	X
205	71094.2	674.96	3	X
206	49815	666.8	3	X
207	71212.88	674.96	3	X
208	63738.89	674.96	3	X
209	43998.11	704.05	2	X
210	35811.23	769.59	2	X
211	23354.05	560.63	4	X
212	21930.71	748.68	2	X
213	50247.92	773.13	1	X
214	22824.09	748.96	2	X
215	24261.77	717	2	X
216	49047.48	756.49	2	X
217	36043.82	684.42	3	O
218	57933.48	718.81	2	X
219	41570.06	799.73	1	O
220	29633.92	750.65	2	X
221	4909.57	709.98	2	X
222	12961.59	705.57	2	X
223	38602.58	647.61	3	X
224	66574.91	712.21	2	X
225	2376.06	742.12	2	X
226	5678.55	776.03	1	X
227	14245.16	816.49	1	O
228	7202.64	859.66	1	X
229	3932.97	717.29	2	X
230	43627.45	673.69	3	O
231	41025.91	662.47	3	O
232	71781.74	686.18	3	O
233	62383.9	655.98	3	O
234	25006.98	720.29	2	O
235	16598.55	654.37	3	X
236	44243.16	673.85	3	O
237	35814.8	673.69	3	O
238	28708.95	776.73	1	O
239	23708.74	776.73	1	X
240	30868.41	758.37	2	X

부록 표-2 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
241	25380.39	765.51	2	X
242	38271.63	662.47	3	X
243	41752.41	689.77	3	X
244	48577.21	689.77	3	X
245	34213.56	689.77	3	X
246	35915.95	785.67	1	X
247	24106.79	769.64	2	X
248	24764.26	795.87	1	X
249	30322.71	769.59	2	X
250	35194.18	769.59	2	X
251	10594.33	542.1	4	O
252	14924.84	578.71	4	O
253	23878.72	565.48	4	X
254	46210.67	469.54	5	O
255	6055.22	566.03	4	X
256	12049.78	587.16	4	X
257	13347.58	617.72	3	O
258	7770.3	547.18	4	X
259	11193.77	482.37	5	X
260	8254.27	579.29	4	X
261	7626.27	500.73	5	O
262	8639.4	573.19	4	O
263	2683.03	481.84	5	X
264	3541.17	488.7	5	X
265	11963.46	516.89	5	X
266	8298.97	509.22	5	X
267	9298.12	439.92	5	X
268	6022.68	485.33	5	O
269	7731.48	472.59	5	O
270	3661.88	393.8	5	O
271	39375.75	696.79	2	X
272	14913.83	735.71	2	X
273	8581.97	719.63	2	X
274	13193.09	676.7	3	X
275	14471.61	511.4	5	O
276	23661.5	653.68	3	X
277	91953.31	561.28	4	O
278	7482.96	608.29	4	X
279	5540.43	722.75	2	X
280	2476.91	596.08	4	X

부록 표-2 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
281	3674.3	643.18	3	X
282	33872.57	504.14	5	O
283	36252.95	613.43	3	O
284	5200.35	565.84	4	X
285	5703.23	647.39	3	X
286	61879.64	477.49	5	X
287	18122.45	522.13	5	X
288	6537.22	420.34	5	O
289	21002.78	517.06	5	X
290	13607.56	512.76	5	X
291	116029.4	479.05	5	X
292	23395.46	453.23	5	X
293	14894.24	601.84	4	X
294	8526.16	528.1	5	X
295	81905.48	606.51	4	X
296	70770.5	782.93	1	X
297	18803.56	643.57	3	X
298	9954.46	645.12	3	X
299	3306.33	643.46	3	X
300	13873.64	339.72	5	X
301	15042.87	526.1	5	X
302	14238.87	348.62	5	O
303	10931.63	542.04	4	X
304	6635.57	791.94	1	X
305	21361.08	812.37	1	X
306	14882.43	807.88	1	X
307	20400.22	809.57	1	X
308	13122.47	701.38	2	X
309	21528.96	701.38	2	X
310	4696.86	737.16	2	X
311	43530.21	743.44	2	X
312	12001.9	655.6	3	X
313	25818.18	657.07	3	X
314	16465.65	568.53	4	X
315	65324	681.35	3	X
316	88161.05	681.35	3	X
317	86780.78	788.47	1	O
318	50300.35	445.66	5	O
319	37148.8	589.48	4	O
320	12379.18	563.56	4	X

부록 표-2 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
321	6463.38	575.2	4	O
322	32478.07	536.52	4	O
323	3396.2	632.16	3	O
324	8000.12	807.52	1	O
325	6644.07	654.26	3	O
326	18885.16	623.79	3	X
327	14721.6	762.77	2	X
328	22683.2	762.77	2	X
329	13217.5	762.77	2	X
330	12532.61	491.47	5	O
331	22368.05	783.83	1	X
332	14859.48	777.51	1	X
333	13033.11	783.83	1	X
334	9091.58	775.96	1	X
335	3582.14	713.42	2	X
336	30460.7	499.52	5	X
337	15430.17	750.49	2	X
338	19641.83	780.85	1	X
339	29627.62	711.9	2	X
340	34803.36	458.76	5	X
341	18831.9	780.85	1	X
342	16540.16	762.77	2	X
343	28294.79	780.85	1	X
344	6861.07	471.84	5	X
345	6279.72	733.61	2	X
346	5330.41	630.35	3	X
347	27431.49	780.85	1	X
348	46690.46	666.59	3	X
349	31548.23	666.59	3	X
350	29564.34	769.63	2	X
351	13831.57	614.39	3	X
352	36026.73	679.46	3	X
353	27223.72	720.02	2	X
354	26850.66	720.02	2	X
355	22445.05	669.61	3	X
356	13902.12	689.66	3	X
357	19205.17	650.48	3	X
358	78250.2	773.63	1	X
359	86595.52	803.99	1	X
360	64555.44	784.35	1	X

부록 표-2 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
361	68308.16	609.14	4	O
362	57061.3	732.61	2	X
363	4033.82	869.31	1	X
364	39698.72	735.67	2	O
365	38234.79	691.51	2	X
366	49400.86	691.51	2	X
367	41854.31	787.41	1	X
368	37300.6	691.51	2	X
369	25302.28	698.65	2	X
370	15490.29	744.4	2	X
371	52560.2	815.21	1	X
372	44185.39	807.05	1	X
373	52576.85	815.21	1	X
374	48137.21	729.07	2	X
375	68407.48	763.47	2	O
376	50799.42	681.85	3	X
377	51451.45	708.09	2	X
378	46781.07	699.93	2	X
379	47645.04	699.93	2	X
380	34577.5	699.93	2	X
381	30076.7	719.26	2	X
382	11166.61	670.53	3	X
383	12322.49	739.27	2	X
384	2880.92	655.79	3	X
385	17046.24	721.51	2	X
386	7516.02	739.87	2	X
387	18988.57	741.14	2	X
388	26660.37	593.19	4	O
389	4964.8	570.04	4	X
390	41382.57	474.65	5	O
391	7771.56	752.1	2	O
392	10591.32	490.91	5	X
393	4439.8	598.48	4	X
394	1699.95	556.39	4	X
395	15344.94	447.02	5	X
396	1214.55	581.22	4	O
397	2788.64	524.45	5	X
398	22067.35	662.59	3	X
399	14926.69	535.39	4	X
400	12920.31	470.87	5	O

부록 표-2 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
401	6103.49	520.66	5	X
402	22025.27	555.04	4	X
403	13750.48	531.92	4	O
404	51041.16	526.97	5	O
405	14210.93	556.92	4	X
406	60290.65	527.1	5	O
407	23287.97	509.07	5	O
408	14218.15	504.03	5	O
409	46323.04	386.75	5	O
410	33465.18	425.79	5	O
411	33562.33	561.27	4	O
412	26843.97	568.41	4	X
413	16059.1	511.82	5	X
414	12555.55	535.08	4	X
415	15857.2	474.74	5	O
416	13169.66	390.9	5	X
417	7440.18	484.07	5	O
418	4356.25	469.88	5	X
419	7987.94	456	5	X
420	14817.82	440.47	5	O
421	89922.66	498.04	5	O
422	23245.88	682.21	3	O
423	18766.17	568.41	4	O
424	9961.9	552.22	4	X
425	7837.48	466.87	5	X
426	15995.57	509.07	5	O
427	4948.45	466.87	5	X
428	11244.25	509.07	5	O
429	21091.56	509.07	5	O
430	21327.05	454.05	5	X
431	14955.82	337.89	5	X
432	23281.51	410.01	5	X
433	16494.05	424.01	5	X
434	95152.78	424.23	5	X
435	15399.53	394.88	5	X
436	18341.65	509.07	5	O
437	43641.9	604.43	4	O
438	6381.9	672.86	3	O
439	14068.33	562.5	4	X
440	45133.58	431.5	5	O

부록 표-2 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
441	9161.9	661.92	3	X
442	18736.8	515.03	5	O
443	5239.74	467.47	5	O
444	9309.72	554.62	4	X
445	15276.45	407.21	5	O
446	22087.76	741.15	2	X
447	17373.8	645.25	3	X
448	16779.68	671.48	3	X
449	25276.02	697.49	2	O
450	4170.38	437.24	5	X
451	15322.61	671.48	3	X
452	11915.89	619.22	3	X
453	5031.63	631.48	3	X
454	11068	645.23	3	X
455	3552.42	439.82	5	X
456	8947.14	625.02	3	X
457	24326.32	372.1	5	O
458	16521.97	335.33	5	O
459	19991.58	429.07	5	O
460	19855.79	389.86	5	O
461	9342.14	393.11	5	X
462	15513.11	375.06	5	O
463	8277.6	480.21	5	X
464	13509.72	333.61	5	O
465	20765.86	461.97	5	X
466	4782.91	482.77	5	X
467	4701.46	571.72	4	X
468	14286.58	621.62	3	O
469	31700.93	371.8	5	O
470	6900.27	641.04	3	O
471	5784.66	669.17	3	O
472	4097.56	666.59	3	O
473	8689.36	678.52	3	X
474	8304.97	449.73	5	O
475	25539.05	461.51	5	X
476	15349.45	446.02	5	O
477	11472.77	699.43	2	X
478	22839.55	502.6	5	O
479	4171.18	498.18	5	X
480	15566.52	567.81	4	X
481	15844.17	601.03	4	O

부록 표-3 중산간지역(평창군 용평면)의 시설입지적성현황

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
1	7352.75	558.61	3	X
2	10873.29	510.09	3	X
3	12284.52	561.84	3	X
4	29904.28	513.15	3	X
5	20004.87	502.68	3	X
6	11576.79	611.77	2	X
7	9374.14	534.35	3	X
8	59143.28	577.71	2	X
9	37509.88	470.89	4	X
10	6889.18	727.98	1	X
11	15144.07	570.07	2	X
12	8313.3	579.23	2	X
13	16520.85	701.7	1	O
14	3313.54	518.96	3	X
15	4065.06	553.97	3	O
16	27226.82	536.31	3	X
17	15977.75	489.25	4	X
18	6722.31	482.97	4	X
19	35083.64	506.55	3	X
20	3936.83	562.37	3	X
21	5492.67	507.9	3	X
22	3913.73	537.98	3	X
23	9286.67	490.64	4	X
24	10042.98	534.6	3	X
25	4528.09	596.32	2	X
26	2396.14	609.79	2	X
27	11624.55	533.77	3	X
28	13414.02	576.79	2	X
29	8856.48	571.74	2	X
30	18408.59	515.19	3	X
31	3685.84	662.82	1	X
32	1915.37	543.81	3	X
33	15660.83	460.17	4	X
34	11210.07	438.27	4	X
35	37261.29	438.37	4	X
36	14171.23	511.38	3	X
37	10306.66	432.74	5	X
38	21215.82	428.04	5	O
39	4070.47	482.6	4	X
40	4585.94	528.62	3	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
41	9664.83	519.23	3	X
42	52438.58	598	2	X
43	10206.88	449.39	4	X
44	12826.27	457.52	4	X
45	4493.29	443.36	4	X
46	8079.7	450.38	4	X
47	3716.59	468.88	4	X
48	12205.38	450.66	4	X
49	31308.32	424.5	5	O
50	39734.01	545.26	3	O
51	23228.56	356.78	5	X
52	21391.86	345.15	5	X
53	6677.17	353.85	5	X
54	3290.54	727.5	1	X
55	17254.2	411.88	5	O
56	18259.03	449.48	4	X
57	13215.11	434.28	5	X
58	24070.47	473.05	4	O
59	48696.04	487.74	4	O
60	17088.78	541.29	3	X
61	19613.1	500.6	4	X
62	2870.4	627.25	2	X
63	2278.04	539.93	3	X
64	5304.02	586.67	2	X
65	4557.29	493.94	4	X
66	4909.03	531.3	3	X
67	8121.84	532.94	3	X
68	8477.65	465.98	4	X
69	11916.26	521.46	3	X
70	13354.09	526.12	3	X
71	13831.11	540.54	3	X
72	8401.8	418.2	5	X
73	6370.5	532.58	3	X
74	4783.57	514.91	3	X
75	7300.74	514.91	3	X
76	1865.21	534.32	3	X
77	2654.4	491.27	4	X
78	3997.63	521.87	3	X
79	3756.35	481.52	4	X
80	4368.18	507.74	3	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
81	6706.51	495.32	4	X
82	1257.1	521.84	3	X
83	5627.7	476.21	4	X
84	1836.81	532.61	3	X
85	3418.46	542.3	3	X
86	15997.52	434.02	5	X
87	8522	485.92	4	X
88	2455.36	505.86	3	X
89	4706.67	663.73	1	O
90	10706.16	576.5	2	O
91	15843.34	676.1	1	O
92	15989.38	489.27	4	X
93	2145.48	793.91	1	X
94	14714.61	639.71	1	X
95	22074.62	529.74	3	O
96	14196.32	676.17	1	X
97	24125.48	519.21	3	X
98	15537.48	642.22	1	O
99	16471.61	543.42	3	X
100	59449.55	599.25	2	X
101	20211.47	404.08	5	X
102	5115.4	507.47	3	X
103	17852.07	488.72	4	X
104	8140.98	434.88	5	X
105	5291.78	435.42	5	O
106	33545.21	391.63	5	O
107	19747	398.49	5	X
108	59500.39	376.29	5	X
109	30038.07	400.94	5	O
110	26375.19	531.56	3	O
111	38962.43	574.53	2	O
112	11861.11	558.31	3	X
113	11433.8	665.45	1	X
114	19675.49	630.21	2	O
115	28488.03	613	2	O
116	18777.11	635.59	1	X
117	36984.99	623.58	2	X
118	22062.22	718.23	1	O
119	39134.39	388.91	5	X
120	95057.71	680.99	1	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
121	17186.91	690.22	1	O
122	9500.43	793.39	1	O
123	9780.1	693.87	1	X
124	9229.83	788.41	1	O
125	8494.15	773.98	1	X
126	6193.64	860.87	1	O
127	5658.47	813.22	1	X
128	797.11	772.16	1	O
129	27815.48	397.44	5	X
130	27604.83	414.2	5	X
131	31162.05	632.36	2	X
132	32015.6	358.27	5	X
133	27649.18	335.59	5	X
134	55390.63	401.46	5	X
135	24269.31	707.07	1	X
136	3306.67	680.44	1	X
137	14607.63	573.44	2	O
138	12115.04	533.94	3	X
139	17215.95	435.65	5	X
140	19607.1	365.3	5	X
141	11965.9	376.29	5	X
142	56734.18	380.06	5	X
143	31753.15	423.11	5	X
144	28978.48	391.45	5	O
145	33489.18	507.89	3	X
146	13504.84	524.03	3	X
147	45978.1	462.74	4	X
148	6910.58	471.5	4	X
149	48735.49	410.52	5	X
150	41896.43	404.55	5	X
151	15187.22	514.36	3	X
152	16406.29	444.01	4	X
153	15247.59	504.03	3	X
154	22870.25	410.03	5	X
155	14200.49	374.09	5	O
156	41452.29	567.43	3	X
157	93724.63	510.19	3	O
158	4504.27	496.39	4	X
159	5563.95	498.15	4	X
160	45946	623.33	2	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
161	10944.43	555.16	3	X
162	24911.94	662.34	1	X
163	18775.27	469.29	4	X
164	7086.44	520.37	3	X
165	6148.59	542.51	3	X
166	5324.58	544.79	3	X
167	5824.07	514.28	3	X
168	5867.32	511.22	3	X
169	6452.49	486.75	4	X
170	27967.13	425.03	5	X
171	18526.62	410.35	5	X
172	10842.8	434.42	5	X
173	22366.04	376.15	5	O
174	2233.11	397.41	5	X
175	20097.79	371.34	5	X
176	29784.97	635.91	1	X
177	29330.65	712.33	1	X
178	22902.49	675.61	1	X
179	13860.67	514.78	3	X
180	37724.21	419.05	5	X
181	6091.44	532.29	3	X
182	4381.57	530.06	3	X
183	6150.85	450.35	4	X
184	24171.77	421.32	5	X
185	10957.84	503.08	3	X
186	4207.28	559.19	3	X
187	6624.56	564.26	3	X
188	25411.31	561.64	3	X
189	10246.99	551.67	3	X
190	19430.2	386.89	5	X
191	4647.23	390.66	5	X
192	31980.49	361.28	5	X
193	29607.11	367.6	5	O
194	53764.56	467.69	4	O
195	23502.74	430.48	5	O
196	16706.16	495.02	4	O
197	7616.92	702.4	1	X
198	3221.03	682.99	1	X
199	25384.79	560.32	3	X
200	21637.48	576.59	2	O

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
201	3224.45	543.91	3	O
202	10907.57	622.96	2	X
203	15347.9	502.55	4	X
204	8247.53	586.74	2	X
205	3571.59	525.35	3	O
206	6139.02	451.73	4	X
207	2610.07	627.6	2	X
208	1509.55	603.03	2	X
209	81483.92	396.47	5	X
210	21209.04	530.09	3	X
211	38851.69	435.53	5	O
212	9807.48	508.87	3	X
213	10356.77	439.09	4	X
214	40828.5	417.39	5	O
215	37277.46	437.98	4	X
216	43807.13	464.1	4	X
217	9120.62	551.26	3	X
218	38312.53	447.72	4	X
219	19565.48	609.64	2	X
220	14884.66	647.31	1	X
221	63278.67	554.43	3	X
222	59205.85	431.49	5	O
223	13906.21	466.25	4	X
224	9631.15	436.25	5	X
225	2818.06	401.61	5	X
226	36699.78	569.53	2	X
227	22218.96	395.7	5	X
228	26645.01	450.18	4	X
229	10330.48	450.18	4	X
230	18262.64	591.68	2	X
231	12524.27	535.28	3	X
232	24492.16	399.22	5	X
233	31374.7	504.82	3	X
234	40337.47	417.95	5	O
235	28870.51	433.1	5	X
236	9667.67	434.01	5	X
237	19391.35	500.04	4	X
238	43021.97	531.53	3	X
239	36031.05	526.65	3	X
240	8347.23	440.31	4	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
241	14331.51	398.17	5	X
242	39534.59	441.72	4	X
243	3037.94	413.91	5	X
244	3717.67	481.96	4	X
245	4498.67	538.95	3	X
246	4685.52	610.18	2	X
247	16175.82	619.91	2	X
248	26893.96	609.97	2	X
249	12397.51	573.8	2	X
250	13543.49	615.78	2	X
251	16444.55	607.12	2	X
252	26940.18	645.43	1	X
253	30663.65	577.32	2	X
254	5135.57	575.46	2	X
255	26096.04	574.45	2	O
256	3023.56	471.12	4	X
257	16392.4	472.45	4	X
258	41084.24	555.15	3	O
259	21595.8	524.12	3	X
260	41126.64	677.46	1	O
261	19760.32	581.8	2	X
262	31833.56	547.51	3	O
263	25165.38	628.41	2	X
264	14361.49	666.56	1	O
265	39723.99	429.54	5	X
266	4674.56	743.61	1	X
267	19782.22	580.5	2	X
268	58123.54	538.38	3	O
269	4891.49	642.07	1	X
270	12079.73	614.65	2	O
271	49122.29	396.32	5	X
272	34946.64	570.66	2	X
273	26136.85	422.25	5	X
274	10847.31	405.15	5	X
275	5214.8	545.52	3	X
276	9889.53	543.88	3	X
277	11967.76	612.37	2	X
278	22283.1	453.46	4	X
279	19541.81	464.25	4	X
280	23129.25	520.11	3	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
281	12324.98	567.94	2	X
282	11572.14	425.15	5	X
283	11189.29	509.12	3	X
284	15726.66	474.23	4	X
285	7114.62	514.28	3	X
286	4013.3	516.56	3	X
287	15887.63	425.31	5	X
288	21942.06	540.03	3	X
289	13422.26	495.63	4	X
290	38528.7	530.63	3	X
291	7101.72	503.75	3	X
292	13184.35	465.52	4	X
293	19709.27	392.11	5	X
294	24749.4	615.68	2	O
295	14366.82	363.23	5	X
296	11698.94	505.08	3	X
297	13353.07	517.28	3	X
298	8082	498.46	4	X
299	15532.07	504.14	3	X
300	17072.7	423.35	5	X
301	19045.77	450.18	4	X
302	21563.2	447.12	4	X
303	24068.45	451.25	4	X
304	46317.9	525.46	3	O
305	1395.52	652.56	1	X
306	10305.87	503.44	3	X
307	16629.68	411.89	5	X
308	9165	439.52	4	X
309	6172.97	509.24	3	X
310	4611.5	460.89	4	X
311	8967.53	468.32	4	X
312	14159.91	455.2	4	X
313	10269.16	493.22	4	X
314	29591.13	403.48	5	X
315	4980.09	613.1	2	X
316	25293.62	376.08	5	X
317	25238.83	518.15	3	X
318	34962.81	511.9	3	X
319	8018.15	494.06	4	X
320	16032.18	636.48	1	O

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
321	14189.23	435.22	5	X
322	6386.83	461.98	4	X
323	10163.41	457.47	4	X
324	3293.52	490.31	4	X
325	9086.75	555.8	3	X
326	21006.34	382.12	5	X
327	15323.46	425.64	5	X
328	15837.54	366.66	5	X
329	69815.62	470.48	4	X
330	45050.72	503.92	3	X
331	11379.13	477.36	4	X
332	11290.11	364.13	5	X
333	35937.71	391.06	5	X
334	5370.89	519.23	3	X
335	16486.29	505.88	3	X
336	55996.72	531.7	3	X
337	6294.58	402.38	5	X
338	11287.47	380.62	5	X
339	9223.61	375.73	5	X
340	4679.41	651.98	1	X
341	34969.95	480.5	4	X
342	6893.31	647.4	1	X
343	14084.31	493.41	4	X
344	21974.31	394.46	5	X
345	23824.5	479.32	4	X
346	5002.78	400.57	5	X
347	7393.31	487.15	4	X
348	33549.21	490.04	4	X
349	7652.19	483.29	4	X
350	24273.44	479.5	4	X
351	9985.09	511.7	3	X
352	16933.31	479.39	4	X
353	4849.93	507.03	3	X
354	3667.53	624.51	2	X
355	33054.98	448.19	4	X
356	24154.14	653.78	1	X
357	48803.07	552.88	3	X
358	2996.8	507.9	3	X
359	20053.16	382.85	5	X
360	7273.4	620.58	2	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
361	20735.99	446.1	4	X
362	14336.38	363.28	5	X
363	27319.01	408.48	5	X
364	20397.02	471.91	4	X
365	6567.53	510.81	3	X
366	8548.03	477.19	4	X
367	24118.23	509.41	3	X
368	1906.68	527.89	3	X
369	7005.4	606.78	2	X
370	7073.13	620.58	2	X
371	22498	533.31	3	O
372	17311.57	634.86	1	X
373	5543.96	516.26	3	X
374	4345.93	678.97	1	O
375	24789.38	571.06	2	X
376	20014.94	493.45	4	X
377	13389.6	408.31	5	X
378	24954.11	687.73	1	O
379	6820.46	688.57	1	X
380	16453.39	700.76	1	X
381	4563.97	693.42	1	X
382	22042.91	665.11	1	O
383	2411.45	558.9	3	O
384	6672.88	537.13	3	O
385	5044.28	453.58	4	X
386	5538.79	683.74	1	X
387	14580.02	616.08	2	X
388	15581.64	691.31	1	X
389	16924.28	622.7	2	X
390	14022.19	532.4	3	X
391	19061.36	702.14	1	X
392	27471.56	624.48	2	O
393	35566.63	565.91	3	X
394	24388.16	692.06	1	X
395	9080.16	394.53	5	X
396	1993.95	673.46	1	X
397	28673.32	527.04	3	X
398	16581	707.5	1	X
399	21374.8	707.5	1	X
400	3872.84	529.07	3	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
401	5009.03	694.13	1	X
402	19437.31	364.07	5	X
403	16967.51	535.66	3	X
404	13581.19	631.6	2	X
405	25904.94	619.49	2	X
406	27191.59	650.23	1	X
407	7823.65	657.17	1	X
408	18155.27	630.82	2	X
409	16608.74	523.11	3	X
410	14948.72	812.16	1	X
411	8061.36	680.62	1	X
412	7813.19	650.2	1	X
413	13215.7	476.1	4	X
414	34759.73	508.93	3	X
415	12751.85	632.12	2	X
416	15297.19	429.1	5	X
417	26666.73	450.46	4	X
418	7301.17	543.7	3	X
419	13299.58	441.61	4	X
420	10818.17	540.72	3	X
421	9773.96	668.48	1	X
422	16145.16	490.4	4	X
423	7664.25	613.63	2	X
424	13871.85	422.25	5	X
425	11729.51	422.25	5	X
426	21019.42	554.82	3	X
427	16616.18	607.92	2	X
428	13288.7	465.77	4	X
429	39066.82	606.13	2	X
430	24716.04	407.82	5	X
431	24530.86	576.15	2	X
432	8183.15	563.51	3	X
433	10307.32	452.46	4	X
434	4139.67	475.32	4	X
435	33481.16	519.32	3	X
436	6885.93	455.92	4	X
437	12045.06	589.32	2	X
438	32123.9	556.62	3	X
439	18486.1	429.82	5	X
440	34932.09	556.62	3	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
441	18502.07	571.59	2	X
442	10959.67	614.54	2	X
443	18042.18	660.6	1	X
444	23260.99	433.24	5	X
445	11852.42	489.76	4	X
446	6989.46	431.97	5	X
447	21899.75	592.54	2	X
448	3523.66	658.56	1	X
449	8592.79	717.52	1	X
450	17970.27	534.04	3	X
451	2718.29	406.96	5	X
452	25676.26	486.62	4	X
453	5038.66	589.16	2	X
454	13157.48	659.73	1	O
455	3787	563.67	3	X
456	9335.67	605.2	2	O
457	30211.78	481.42	4	X
458	8039.09	538.62	3	X
459	11350.71	649.27	1	X
460	51021.92	446.93	4	X
461	11859.56	663.69	1	X
462	11827.25	692.39	1	O
463	10931.19	663.69	1	X
464	17021.84	696.99	1	X
465	9383.34	689.6	1	X
466	16825.05	704.4	1	X
467	8200.45	698.72	1	X
468	10356.81	682.7	1	O
469	5512.36	579.91	2	X
470	6499.27	669.84	1	X
471	6898.82	630.84	2	O
472	11255.21	638.84	1	X
473	7823.26	580.72	2	O
474	1948.2	604.25	2	X
475	6063.84	611.58	2	O
476	6178.68	568.71	2	X
477	12064.22	607.51	2	X
478	17789.71	561.83	3	X
479	5055.79	614	2	X
480	16946.1	521.13	3	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
481	13379.22	518.43	3	X
482	23887.25	552.05	3	X
483	9915.13	583.96	2	X
484	5750.55	559.02	3	X
485	13843.54	552.14	3	X
486	19227.04	563.07	3	X
487	21041.35	515.7	3	X
488	32790.26	518.42	3	X
489	15669.29	491.13	4	X
490	31666.15	617.84	2	O
491	4923.32	546.24	3	X
492	11335.05	523.96	3	X
493	8521.42	652.37	1	O
494	6249.01	554.67	3	X
495	3367.9	473.38	4	O
496	7700.5	582.46	2	X
497	13172.42	493.49	4	X
498	19372.52	382.85	5	X
499	22458.91	423.88	5	X
500	12731.99	464.99	4	X
501	12126.05	650.85	1	X
502	5814.01	512.11	3	X
503	6035.04	655.65	1	X
504	13367.02	520.17	3	X
505	8809.71	523.79	3	X
506	19392.21	349.85	5	X
507	12527.63	609.03	2	X
508	34569.38	426.25	5	X
509	36240.77	381.22	5	X
510	22592.46	339.56	5	O
511	30422.78	480.8	4	X
512	13976.76	531.67	3	X
513	14865.35	502.2	4	X
514	22404.28	528.94	3	X
515	9728.79	506.62	3	X
516	8667.88	823.91	1	X
517	21193.12	407.42	5	X
518	2960.8	587.19	2	X
519	6040.67	668.39	1	X
520	15898.12	681.05	1	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
521	3890.17	567.6	3	X
522	4312.4	546.55	3	X
523	17082.52	402.09	5	X
524	23522.58	395.6	5	X
525	7648.36	393.52	5	X
526	18429.03	538.67	3	X
527	16447.04	453.89	4	X
528	46744.86	561.49	3	O
529	24291.83	587.92	2	X
530	21183.01	653.69	1	X
531	30453.42	606.18	2	O
532	26776.43	675.74	1	X
533	27453.82	545.42	3	X
534	6598	687.84	1	X
535	5238.84	687.97	1	X
536	16088.49	620.43	2	X
537	19431.28	640.44	1	X
538	26699.77	703.48	1	X
539	27401.19	652.59	1	X
540	2936.1	406.88	5	X
541	17115.37	559.13	3	X
542	12291.87	501.66	4	X
543	24893.64	514.69	3	O
544	4570.19	464.97	4	X
545	6781.59	694.29	1	X
546	11319.5	604.55	2	X
547	14786.53	541.27	3	X
548	15044.68	667.11	1	X
549	15225.75	585.16	2	X
550	13229.39	599.59	2	X
551	12978.79	592.18	2	X
552	12400.08	457.25	4	X
553	9878.24	426.59	5	X
554	22938.63	441.17	4	X
555	15562.06	514.45	3	X
556	20388.99	447.71	4	X
557	13226.97	439.58	4	X
558	4594.58	592.54	2	X
559	28176.99	479.21	4	X
560	9786.96	703.78	1	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
561	4772.29	680.53	1	X
562	22417.55	598.31	2	X
563	20753.65	659.35	1	O
564	49108.34	575.02	2	O
565	22148.37	645.75	1	X
566	4849.84	578.2	2	X
567	9899.03	695.93	1	X
568	7865.16	712.3	1	X
569	8021.5	602.63	2	X
570	28622.85	546.95	3	O
571	22233.2	545.64	3	X
572	19648.1	554.18	3	X
573	27132.44	575.12	2	X
574	37713.48	574.08	2	X
575	8156.5	575.13	2	X
576	14296.52	649.63	1	X
577	10489.78	632.81	1	X
578	26355.51	660.6	1	X
579	6679.21	599.35	2	X
580	29445.93	663.47	1	X
581	38500.11	591.09	2	X
582	19817.13	598.06	2	X
583	35422.09	579.45	2	O
584	33983.09	590.07	2	X
585	23513.53	424.38	5	X
586	7879.43	619.63	2	X
587	5258.08	624.61	2	X
588	8253.02	602.47	2	X
589	16178.57	539.89	3	X
590	37862.84	475.8	4	X
591	13276.42	768.54	1	O
592	12611.19	662.18	1	X
593	17212.66	745.8	1	X
594	5048.33	632.89	1	X
595	7147.24	597.9	2	O
596	4020.33	693.75	1	O
597	25528.77	588.02	2	O
598	19932.82	529.47	3	X
599	5573	722.62	1	O
600	2960.49	733.69	1	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
601	16922.82	588.51	2	X
602	6824.07	658.32	1	O
603	7830.06	634.2	1	O
604	38429.17	625.63	2	O
605	10476.84	565.01	3	X
606	6601.59	555.94	3	X
607	6256.51	549.25	3	X
608	11722.09	606.79	2	X
609	20397.08	607.46	2	O
610	41624.93	447.88	4	X
611	9212.71	572.89	2	X
612	7282.86	548.31	3	X
613	5034.25	401.46	5	X
614	14837.92	452.61	4	X
615	44803.81	594.81	2	O
616	20776.35	495.59	4	X
617	5157.33	432.1	5	X
618	28922.43	385.42	5	X
619	11589.96	373.12	5	X
620	3778.56	400.27	5	X
621	12176.75	427.65	5	X
622	29733.16	488.72	4	X
623	20618.86	727.58	1	X
624	10888.49	510.81	3	X
625	6468.44	503.21	3	X
626	7475.03	538.92	3	O
627	22256.35	416.88	5	X
628	8778.51	443.81	4	X
629	18107.07	511.12	3	X
630	13537.34	411.79	5	X
631	5085.81	808.5	1	X
632	25564.49	525.25	3	X
633	8178.74	500.79	4	O
634	10336.47	486.25	4	X
635	5309.01	729.7	1	X
636	5947.36	477.98	4	X
637	8571.17	489.35	4	O
638	14983.55	427.5	5	X
639	10598.77	502.25	4	X
640	12628.34	569.99	2	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
641	15188.77	487.16	4	X
642	25830.37	647.36	1	X
643	8634.27	695.33	1	X
644	3804.39	689.95	1	X
645	16332.95	714.32	1	X
646	32751.27	620.61	2	X
647	3046.93	578.5	2	X
648	29814.35	603.46	2	X
649	20376.47	377.52	5	X
650	5928.02	556.9	3	X
651	25576.98	543.73	3	X
652	20145.37	504.95	3	X
653	24096.58	593.99	2	O
654	41276.41	547.36	3	X
655	29948.46	560.28	3	X
656	12885.43	530.81	3	X
657	10307.22	595.94	2	X
658	3019.95	569.61	2	X
659	4469.48	399.03	5	X
660	14484.64	397.24	5	X
661	4989.89	394.29	5	X
662	19349.21	417.76	5	X
663	33540.3	534.42	3	O
664	27730.64	561.92	3	X
665	33332.73	502.18	4	O
666	68575.65	538.47	3	O
667	7105.74	581.11	2	X
668	2928.82	581.98	2	X
669	13695.85	509.39	3	X
670	58271.19	440.21	4	X
671	3828.76	633.55	1	O
672	11940.32	601.35	2	O
673	15156.25	621.9	2	O
674	13125.07	686.12	1	O
675	4717.31	484.67	4	X
676	14478.87	473.19	4	X
677	23065.04	603.5	2	X
678	24168.52	600.4	2	O
679	40955.07	452.67	4	O
680	11082.33	516.09	3	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
681	7795.06	605.36	2	X
682	12961.25	748.56	1	X
683	10737.23	557.07	3	X
684	9334.84	681.94	1	X
685	22311.39	591.63	2	X
686	25038.23	520.52	3	O
687	49058.34	545.84	3	X
688	39984.46	482.24	4	X
689	25926.72	640.27	1	X
690	24158.8	507.96	3	X
691	34921.08	510.21	3	X
692	23024.87	390.26	5	X
693	37076.18	377.12	5	X
694	17937.75	666.84	1	X
695	22034.52	597.91	2	X
696	27748.61	401.27	5	X
697	14352.16	570.21	2	O
698	5482.92	586.35	2	X
699	59007.95	462.73	4	X
700	10353.96	453.93	4	O
701	17001.69	591.63	2	O
702	18491.14	435.53	5	X
703	55915.06	437.34	5	X
704	62558.27	538.47	3	O
705	20996.84	572.91	2	X
706	49254.3	516.29	3	X
707	8364.47	438.96	4	X
708	14844.2	390.61	5	O
709	14365.42	384.43	5	O
710	26732.34	417.02	5	X
711	2339.93	623.95	2	O
712	35513.16	366.88	5	X
713	14098.24	378.87	5	X
714	13818.89	429.71	5	X
715	29831.63	587.66	2	X
716	9176.46	580.97	2	O
717	6782.17	660.22	1	O
718	6363.78	680.53	1	X
719	19165.82	508.38	3	X
720	5121.48	592.03	2	X

부록 표-3 계속

구획번호	구획면적	적성평가점수	적지등급	시설유무
721	43502.08	551.93	3	X
722	28627.51	557.79	3	X
723	14516.33	592.38	2	X
724	6019.49	612.15	2	O
725	37433.77	667.28	1	X
726	14445.01	467.78	4	X
727	62357.97	556.87	3	O
728	25739.87	460.22	4	X
729	7576.82	626.55	2	X
730	47089.84	667.28	1	X
731	35456.32	462.26	4	X
732	17596.72	632.8	1	X
733	5638.58	505.86	3	O
734	53216.03	448.33	4	O
735	11362.64	672.48	1	O
736	21266.76	563.82	3	X
737	18221.29	506.82	3	X
738	18158.29	573.05	2	X
739	12501.76	564.48	3	X
740	6970.78	388	5	X
741	56396.96	543.93	3	O
742	49712.04	349.33	5	X
743	19258.78	346.66	5	X
744	8505.25	506.51	3	X
745	40640.54	382.25	5	X
746	13619.33	495.16	4	X
747	10685.62	490.18	4	X
748	16062.97	501.49	4	X
749	58984.11	502.58	4	O
750	31518.92	555.67	3	O
751	6367.51	376.48	5	X
752	28632.95	555.23	3	X
753	11331.38	454.22	4	X
754	6031.8	602.73	2	O
755	8876.46	528.24	3	O
756	14940.25	459.86	4	O
757	11655.21	372.17	5	X