

95-05-06

영농방식 변화에 따른 필요수량 변화 연구(I)

A Study on the Water Requirement Variation with the Farming Conditions in Paddy Field

1995. 12

농 립 수 산 부
농 어 촌 진 흥 공 사



목 차

| | |
|---------------------------|----|
| 요 약 | 11 |
| 제1장 서론 | 17 |
| 1.1 연구배경 | 19 |
| 1.2 연구목적 | 22 |
| 1.3 연구내용 및 실적 | 23 |
| 1.4 기대효과 | 25 |
| 1.5 연구진 및 연구내용 | 25 |
| 제2장 영농방식의 변화 | 27 |
| 2.1 벼/직파재배 | 29 |
| 2.1.1 직파재배의 배경 | 29 |
| 2.1.2 직파재배의 종류와 특징 | 33 |
| 2.1.3 직파재배의 조건 | 38 |
| 2.1.4 직파재배와 물관리 | 39 |
| 2.1.5 직파재배와 용수량 | 43 |
| 2.2 어린모 기계이앙의 확대 | 44 |
| 2.2.1 어린모의 보급 배경 | 44 |
| 2.2.2 어린모재배의 특성 | 45 |
| 2.2.3 어린모의 육묘기술 | 47 |
| 2.2.4 본논 재배기술과 물관리 | 52 |
| 2.3 밭 전환 | 58 |
| 2.3.1 밭전환의 현황 | 58 |
| 2.3.2 논·밭의 특징과 전환기술 | 60 |

| | | |
|--------------------------|-------------------|-----------|
| 2.3.3 | 밭 전환시 용수량의 변화 | 61 |
| 2.4 | 지속적 농업 | 62 |
| 2.4.1 | 현대 농업의 발달과 환경파괴 | 62 |
| 2.4.2 | 환경보전형 지속농업의 형태 | 65 |
| 2.4.3 | 환경보전형 지속농업을 위한 조건 | 68 |
| 2.4.4 | 지속적 농업과 용수량의 변화 | 70 |
| 2.5 | 기계화/자동화 | 72 |
| 2.5.1 | 기계화/자동화의 배경 | 72 |
| 2.5.2 | 첨단농업 시설의 확대 | 72 |
| 2.4.3 | 농업기계화의 현황과 전망 | 75 |
| 2.5.4 | 기계화와 용수량의 변화 | 79 |
| 2.5.5 | 물관리의 자동화 | 80 |
| 2.6 | 대구획화 경지 | 81 |
| 제3장 직파재배의 소비수량 시험 | | 83 |
| 3.1 | 작물계수 시험 | 85 |
| 3.1.1 | 시험목적 | 85 |
| 3.1.2 | 시험포장 | 85 |
| 3.1.3 | 기상자료 | 88 |
| 3.1.4 | 생육자료조사 | 94 |
| 3.1.5 | 작물계수 | 97 |
| 3.2 | 포장용수량 시험 | 107 |
| 3.2.1 | 시험목적 | 107 |
| 3.2.2 | 시험포장 | 107 |
| 3.2.3 | 포장용수량의 산정 | 111 |

| | |
|-----------------------------------|------------|
| 3.2.4 문제점 및 대책 | 113 |
| 제4장 직파재배의 물관리특성 조사분석 | 115 |
| 4.1 조사목적 | 117 |
| 4.2 조사방법 | 117 |
| 4.2.1 조사지역 및 기관 | 117 |
| 4.2.2 수집자료 | 118 |
| 4.3 '95직파재배 현황 | 118 |
| 4.4 생육기별 물관리 실태 | 123 |
| 4.4.1 파종시기 | 123 |
| 4.4.2 생육기별 생육일수 | 125 |
| 4.4.3 생육기별 물관리 | 126 |
| 4.5 수원공별 직파재배 현황 | 132 |
| 제5장 필요수량 추정모형의 개발 | 135 |
| 5.1 기존모형의 검토 | 137 |
| 5.1.1 수문모형 | 137 |
| 5.1.2 모형의 조건 | 137 |
| 5.1.3 기존모형의 특성분석 | 139 |
| 5.2 ROS 모형 | 140 |
| 5.2.1 개요 | 140 |
| 5.2.2 유출량 모형 | 141 |
| 5.2.3 필요수량 계산 | 144 |
| 5.2.4 물수지 모형 | 144 |
| 5.2.5 제약조건 | 146 |
| 5.2.6 입·출력 및 실제응용 방법 | 149 |

| | |
|---------------------------|------------|
| 5.3 DIROM 모형 | 150 |
| 5.3.1 개요 | 150 |
| 5.3.2 유입량 모형 | 151 |
| 5.3.3 필요수량 모형 | 153 |
| 5.3.4 방류량 모형 | 154 |
| 5.3.5 설계응용 방법 | 155 |
| 5.4 모형의 개발방향 | 156 |
| 5.4.1 개요 | 156 |
| 5.4.2 구성요소 | 156 |
| 5.4.3 모형의 구조 | 158 |
| 제6장 요약 및 결론 | 161 |
| 6.1 연구내용 요약 | 163 |
| 6.1.1 영농방식의 변화 | 163 |
| 6.1.2 직파재배의 소비수량 시험 | 163 |
| 6.1.3 직파재배 물관리특성 조사분석 | 164 |
| 6.1.4 필요수량 추정모형의 개발 | 164 |
| 6.2 결론 | 165 |
| 제7장 건의사항 및 향후 연구계획 | 169 |
| 7.1 건의사항 | 171 |
| 7.2 향후 연구계획 | 171 |
| 참고문헌 | 173 |
| 부 록 | 179 |

표 목 차

| | |
|---|----|
| <표 2.1.1> 직파재배에 의한 노동력의 비교 | 33 |
| <표 2.1.2> 직파재배의 종류와 특징 | 37 |
| <표 2.1.3> 파종후 물관리 방법에 따른 입모 상태 | 41 |
| <표 2.1.4> 건답직파시 담수시기에 따른 수확량 비교 | 42 |
| <표 2.1.5> 이앙재배와 담수직파재배시의 용수량 비교 | 44 |
| <표 2.2.1> 어린모와 증묘의 차이점 | 46 |
| <표 2.2.2> 어린모 이앙후 물깊이에 따른 품종별 입모율 | 48 |
| <표 2.2.3> 토양종류별 어린모 생육 | 49 |
| <표 2.2.4> 어린모 파종한계기 | 50 |
| <표 2.2.5> 간이 출아시 관수량에 따른 어린모의 생육 | 51 |
| <표 2.2.5> 어린모 이앙시기 | 53 |
| <표 2.2.6> 지대별 작기에 따른 적정재식밀도 | 54 |
| <표 2.2.7> 이앙심도에 따른 벼의 생육 | 54 |
| <표 2.2.8> 관개 물깊이에 따른 이앙후 초기생육 | 56 |
| <표 2.3.1> 경지 면적의 변화 | 59 |
| <표 2.3.2> 논과 밭의 특징과 전환 기술 | 61 |
| <표 2.4.1> 稜町の 유기농업의 기본기술 | 69 |
| <표 2.5.1> 첨단농업시설에 대한 생산단지 조성사업 | 73 |
| <표 2.5.2> 벼농사의 농작업별 기계화율 | 76 |
| <표 2.5.3> 주요 농업기계 보유현황 | 77 |
| <표 2.5.4> 주요 농기계 이용실적 | 78 |
| <표 2.5.5> '94농기계 이용현황(대당) | 78 |
| <표 2.5.6> 주요 농기계 대당작업 면적 | 79 |

| | |
|--|-----|
| <표 2.5.7> 설계용수량의 변화 | 80 |
| <표 3.1.1> 시험포장의 토양특성 | 86 |
| <표 3.1.2> 지역별 품종 및 재배방식 | 95 |
| <표3.1.3(a)> 품종별 초장조사(수원) | 95 |
| <표3.1.3(b)> 품종별 초장조사(대구) | 96 |
| <표 3.1.4> 벼 증발산량 측정 결과 | 99 |
| <표 3.1.5> 위도별 년주간시간 백분율(P) | 101 |
| <표 3.1.6(a)> 지역별 순별 평균 잠재증발량(수정 Penman式) | 102 |
| <표 3.1.6(b)> 지역별 순별 평균 잠재증발량(수정 Blaney-Criddle式) | 102 |
| <표 3.1.7> 지역별 순별 작물계수(Penman式) | 104 |
| <표 3.1.8> 지역별 순별 작물계수(Blaney-Criddle式) | 104 |
| <표 3.2.1> 생육기별 담수심의 변화 | 109 |
| <표 3.2.2> 시험포장의 토양특성 | 111 |
| <표 3.2.3> 포장용수량의 산정 결과 | 112 |
| <표 4.2.1> 직파 물관리 특성조사 지역 및 기관 | 118 |
| <표 4.3.1> 전국 벼 재배방법별 면적 | 119 |
| <표 4.3.2> 도별 파종방법별 직파재배 면적 | 121 |
| <표 4.3.3> 직파 적지면적 | 122 |
| <표 4.4.1> 도별 파종시기 | 124 |
| <표 4.4.2> 지역별 4, 5월 순별 평균기온 | 124 |
| <표 4.4.3> 생육기별 생육일수 | 125 |
| <표 4.5.1> 수원공별 직파재배 면적 | 133 |
| <표 5.1.1> 기존모형의 특성 | 140 |
| <표 5.2.1> 월별 개정계수 | 143 |
| <표 5.2.2> 유역의 유출계수 | 143 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| <표 5.2.3> 기상관측소 코드명 | 147 |
| <표 5.2.4> 중부지방 작부시기 | 147 |
| <표 5.2.5> 중부지방 작물계수 | 148 |
| <표 5.2.6> 못자리 기간 | 149 |
| <표 5.2.7> 입력자료 | 149 |
| <표 5.3.1> Tank 모형의 상관 매개변수 | 152 |

그림 목 차

| | |
|---|-----|
| <그림 2.1.1> 담수직파의 파종방법 | 36 |
| <그림 2.1.2> 건답직파의 물관리 체계 | 40 |
| <그림 2.2.1> 어린모 육묘과정과 육묘일수 | 45 |
| <그림 2.2.2> 기계이앙벼의 일생과 재배관리 | 55 |
| <그림 2.5.1> 농업생산기반의 자동물관리 기본시스템 | 81 |
| <그림 3.1.1(a)> 시험포장(수원) | 86 |
| <그림 3.1.1(b)> 시험포장(대구) | 87 |
| <그림 3.1.2> 수원과 대구지역의 증발산량 측정 시험포장 배치도 | 88 |
| <그림 3.1.3(a)> 강우량의 일별 변화(수원) | 89 |
| <그림 3.1.3(b)> 최대, 최소, 평균기온의 일별 변화(수원) | 89 |
| <그림 3.1.3(c)> 상대습도의 일별 변화(수원) | 90 |
| <그림 3.1.3(d)> 일사량, 일조시간의 일별 변화(수원) | 90 |
| <그림 3.1.3(e)> 평균풍속의 일별 변화(수원) | 91 |
| <그림 3.1.4(a)> 강우량의 일별 변화(대구) | 92 |
| <그림 3.1.4(b)> 최대, 최소, 평균기온의 일별변화(대구) | 92 |
| <그림 3.1.4(c)> 상대습도의 일별 변화(대구) | 93 |
| <그림 3.1.4(d)> 일사량, 일조시간의 일별 변화(대구) | 93 |
| <그림 3.1.4(e)> 평균풍속의 일별 변화(대구) | 94 |
| <그림 5.1.5(a)> 수원 시험포장의 벼 초장조사 | 96 |
| <그림 5.1.5(b)> 대구 시험포장의 벼 초장조사 | 97 |
| <그림 3.1.6> 라이시메타 구조도 | 98 |
| <그림 3.1.7(a)> 증발산량 측정 결과(수원)..... | 99 |
| <그림 3.1.7(b)> 증발산량 측정 결과(수원) | 100 |

| | |
|--|-----|
| <그림 3.1.8(a)> 수정 Penman공식에 의한 순별 평균 잠재증발산량 | 103 |
| <그림 3.1.8(b)> 수정 Blaney-Criddle공식에 의한 순별 평균 잠재증발산량 .. | 103 |
| <그림 3.1.9(a)> 수원지방의 품종별 순별 작물계수(수정Penman식) | 105 |
| <그림 3.1.9(b)> 수원지방의 품종별 순별 작물계수(수정Blaney-Criddle식) ... | 105 |
| <그림 3.1.10(a)> 대구지방의 품종별 순별 작물계수(수정Penman식) | 106 |
| <그림 3.1.10(b)> 대구지방의 품종별 순별 작물계수(수정Blaney-Criddle식) .. | 106 |
| <그림 3.2.1> 시험포장의 전경(안중) | 108 |
| <그림 3.2.2> 생육기별 담수심의 변화 | 109 |
| <그림 3.2.3> 관개수량 측정용 유량계 | 110 |
| <그림 3.2.4> 배수량 측정용 유량계 | 110 |
| <그림 3.2.5> 담수심변화 및 감수심 측정용 자기수위계 | 111 |
| <그림 3.2.6> 시험포장의 일별 담수심 변화 | 112 |
| <그림 4.3.1> 벼 재배방법별 면적 분포 | 120 |
| <그림 4.3.2> 도별 직파종류별 재배면적 | 121 |
| <그림 4.4.1> 건답직파 생육기별 물관리 | 127 |
| <그림 4.4.2> 담수직파(무논골뿌림) 생육기별 물관리 | 129 |
| <그림 4.4.3(a)> 무논골뿌림 재배(과중 ; 5월 10일) | 131 |
| <그림 4.4.3(b)> 무논골뿌림 재배(분얼기 ; 6월 30일) | 131 |
| <그림 4.4.3(a)> 무논골뿌림 재배(호숙기 ; 9월 15일) | 132 |
| <그림 5.2.1> 간접유역에 대한 저수지 모의조작도 | 141 |
| <그림 5.2.2> 저수지 물수지 구성요소 | 145 |
| <그림 5.3.1> DIROM의 Tank모형 구조도 | 152 |
| <그림 5.4.1> 필요수량 추정 모형도 | 159 |

여 백

요약

여 백

요 약

1. 연구과제명 : 영농방식변화에 따른 필요수량 변화 연구(I)
2. 연구기간 : 1995. 2~ 1995. 12 (총연구기간 : '95~'97년) ,1년
3. 연구의 필요성 및 목적

가. 연구의 필요성

- 1) UR대책의 일환으로 쌀의 국제 경쟁력을 높이기 위해 쌀생산비 절감방안의 하나로 쌀농사 영농방식이 이앙재배에서 직파재배로 전환
- 2) 직파재배에 따른 용수량과 저수량의 변화
- 3) 시설 수리시설물의 용수공급 및 내한능력에 대한 영향 검토
- 4) 향후 계획시설물의 설계기준 정립에 필요

나. 목 적

- 1) 직파재배에 따른 필요수량의 추정
- 2) 직파재배에 따른 필요저수량의 변화 검토
- 3) 시설 저수지 및 용수계통의 영향분석
- 4) 향후 계획시설물의 설계기준 마련

4. 연구내용 및 결과

쌀농사 영농방식의 변화 검토, 벼 직파재배에 대한 작물계수 시험과 물관리 시험, 직파재배의 물관리특성 분석 그리고 필요수량추정 모형개발에 대한 연구 결과는 아래와 같다.

- ① 벼 직파재배시 가장 중요한 재배기술은 발아를 촉진하고, 입모율을 향상

시키면서 잡초 및 도복을 방지하는 것이며 이는 적기에 적량의 물을 공급할 수 있는 물관리기술과 용수의 안정적 확보에서만 가능한 것으로 나타났다.

- ② 직파재배 이외의 쌀농사 여건변화 중 발전환, 경지의 대구획화, 기계화/자동화등의 생산기반 변화와 영농방식의 변화는 용수량을 변화시키는 요인이 되었고 이에 대한 대책으로 필요수량을 추정하고 수원공의 용수공급능력을 재검토할 필요성이 제기되었다.
- ③ 벼 직파재배의 소비수량시험에 의한 품종별, 지역별 증발산량은 대구지역이 수원지역보다 전품종에서 크게 나타났으며, 생육기간 평균값은 수원지역에서 조생종은 5.1mm, 중생종은 5.4mm, 만생종이 5.2mm였고, 대구지역에서는 조생종이 5.3mm, 중생종이 5.5mm, 만생종이 5.6mm로 나타났다.
- ④ 수정 Penman식에 의한 잠재증발산량 산정에서 생육기간 평균값이 수원지역은 3.7mm, 대구지역은 4.4mm였고, 수정 Blaney-Criddle식에서는 수원이 6.1mm, 대구가 6.2mm였다.
- ⑤ 수정 Penman식 의한 생육기간동안의 평균 작물계수는 수원지역에서 조생종이 1.44, 중생종이 1.51, 만생종이 1.48였고 대구지역에서는 조생종이 1.42, 중생종이 1.49, 만생종이 1.48였으며, Blaney-Criddle식에 의한 작물계수는 수원지역이 조생종 0.86, 중생종 0.91, 만생종 0.87였고 대구지역에서는 조생종이 0.94, 중생종이 0.97, 만생종이 0.95였다.
- ⑥ 담수직파 방식의 벼직파재배 물관리 시험에서 정지용수량은 157.9mm, 관개수량은 228.2mm, 유효수량은 657.8mm, 배수량은 557.2mm로 실측되었으며 전생육기간의 총소비수량은 1,062mm로 나타났다.
- ⑦ 직파 물관리특성조사에서 나타난 '95직파 재배면적은 전국 논농사 총 식부면적 1,105,105ha의 10.6%인 117,494ha였다. 이중 건답직파는 7,700ha로 57.6%이며 담수직파는 49,794ha로 42.4%를 차지하였다. 이와같은 면

적은 '92년도에 비해 43.2%가 증가한 것으로 나타나 직파재배가 급속히 확대, 보급되고 있는 것으로 나타났다.

- ⑧ 도별 직파재배면적을 분석한 결과 전라남도가 총답면적 200,017ha중 18.7%인 37,325ha에 직파를 실시하여 가장 많이 직파를 재배한 지역으로 나타났고, 직파종류별로는 경상북도가 직파면적 15,532ha중 98.4%에서 건답을 실시하였고 충청북도는 총 직파면적 3,353ha에서 95.2%인 3,193ha에서 담수직파를 실시한 것으로 나타났다.
- ⑨ 파종시기 조사에서 중북부지역은 파종기간이 중생종을 기준하였을 때 건답인 경우 4월 20일~5월 1일, 담수는 5월 1일~5월 20일, 중부지역인 경우는 건답은 4월 20일~5월 15일, 담수는 5월 1일~5월 20일, 남부지역인 경우는 건답은 4월 20일~5월 20일, 담수는 5월 1일~5월 20일로 나타났다.
- ⑩ 생육일수 조사에서 파종부터 완숙기까지 건답에서는 162일 담수는 152일로 나타나 담수직파가 건답직파보다 생육이 빠른 것으로 조사되었다.
- ⑪ 생육기별 물관리는 건답직파의 경우 파종후 2~3엽기(파종후 30일 정도경과)부터 관개를 시작하며 이때의 담수심은 20~40mm의 범위였고, 그 후 분얼기까지는 간단관개를 실시하였으며, 담수직파의 경우 파종후 1~2일 이내에 관개를 시작하고 이때의 담수심은 10~20mm정도였고 분얼기까지는 간단관개를 실시하였으며 이후의 물관리는 건답, 담수 모두 기계이양재배 방식의 물관리와 같은 것으로 나타났다.
- ⑫ 직파재배에 따른 기존수리시설물의 영향을 검토하기 위한 기초자료로 활용하고자 실시한 4개 농지개량조합(춘천, 기호, 청원, 칠곡)의 수원공별 직파재배 면적은 저수지는 1.5%, 양수장은 1.4%, 보, 집수암거, 관정등의 기타 수원공은 0.1%로 나타났다.
- ⑬ 기존의 필요수량추정 모형들을 분석한 결과 DIROM(Daily Irrigation

Reservoir Operation Model)모형이 정확성, 응용성, 범용성이 큰 것으로 밝혀졌다.

- ⑭ 앞으로 개발할 직파재배에 대한 필요수량 개발모형에서 유입량 산정에는 Tank 모형을 소비수량산정에는 Penman식을 이용하며 물수지는 일별 계산이 가능하도록 계획하고 영농방식 선정모형을 구축하여 직파재배, 이앙재배는 물론 이들의 혼합재배방식에서도 필요수량추정이 가능하도록 하였다.
- ⑮ 또한 모형의 전산화를 위하여 기상 및 기초자료를 DB화하고 출력의 그래픽기능을 강화시키며 WINDOWS상에서 운영할 수 있는 운영시스템을 갖도록 계획하였다.

5. 연구결과의 실용화 방안

- 가) 영농방식의 변화에 따른 소비수량추정모형을 개발하여 농업용수사업설계에 반영할 수 있도록 사용자지침서를 작성 보급함
- 나) 향후 수원공 및 관개계획 시설물의 설계기준으로 활용

6. 건의사항

'95년 직파재배 소비수량산정시험은 사양토와 식양토의 시험포장에서 담수직파 재배방식만으로 국한하여 실시하였다. 그러나 토성은 소비수량을 변화시키는 요인이 되며 또한 직파물관리 특성조사에 의하면 건답직파는 파종부터 분얼기까지의 초기물관리가 담수직파와 근본적으로 다른 체계를 가지고 있는 것으로 나타났다.

따라서 2차년도 연구에서는 초기 물관리 기간동안에 건답직파에 대해서도 소비수량산정시험을 실시함과 아울러 우리나라 논의 대표적 토양 유형별로도 시험의 확대실시가 요망됨.

제1장 서론

1.1 연구배경

1.2 연구목적

1.3 연구내용 및 실적

1.4 기대효과

1.5 연구진 및 연구내용

여 백

제1장 서론

1.1 연구배경

우리나라에서 쌀농사는 “경쟁력이 낮다”라고 하면서 왜 계속 유지되어야 하는가? 이에 대한 답은 두가지 측면에서 찾을 수 있다. 그 첫째는 쌀이 가지고 있는 경제적 중요성이다. 즉 쌀은 우리나라 국민의 주식이며 농가의 가장 안전한 소득원일 뿐만 아니라 우리의 식량안보를 지탱하고 있는 기초농산물로서 사회안전을 담보로 하는 기초산업이라는 점이다. 둘째 논은 우리나라의 전 국토에 걸쳐 거대한 댐의 역할을 하며 이로 인하여 토양유실을 방지하고 홍수를 조절할 뿐만 아니라 연간 157억톤에 달하는 지하수함양으로 하천의 유량을 조절하고 지표수로 재이용이 가능하다. 또 논물 담수에 의한 수질정화 기능 및 작물의 산소방출에 의한 대기정화와 같은 환경조성에도 큰 몫을 차지하여 간접적인 경제효과를 발휘하는 무한한 공익적 기능을 가지고 있다.

이와같은 우리나라의 쌀농사 여건은 지금까지 농업을 둘러싸고 있는 경제·사회적 구조와 밀접하게 관련되어 많은 변화를 가져왔다. 즉 1970년대에는 식량자급이라는 목표를 달성하기 위한 정부의 식량증산정책은 쌀생산기반을 변화시키는 원인이 되었다. 또한 이와 함께 나타난 공업 위주의 산업구조 개편과정은 농촌인구를 도시로 유출시키는 이농현상을 유발하여 농촌노동력의 부족과 아울러 농촌인력의 노령화 및 부녀화를 가져왔다. 따라서 1980년대에 와서는 농작업의 기계화를 자연스럽게 발생시켜 영농의 기계화를 촉진시키는 요인이 되었다. 더우기 최근의 UR협상에 따른 농산물 수입자유화는 우리농업의 국제경쟁력강화를 요구하게 되었고 이에 부응한 농업구조의 재조정 정책은 쌀농사에서 영농방식도 급격히 변화시키는 요인이 되었다.

이러한 쌀농사 여건의 변화중에서 쌀생산기반조성 사업의 일환으로 실시된 경지정리는 1994년에 68.3%로서 1970년에 비하여 56.2%나 상승하였고 수리답의

면적도 74%로 16%가 증가(농림수산부, 1995)하였다. 그러나 이와같은 성과는 쌀의 자급달성이라는 목표에 비추어 볼 때 어느정도 그 목표를 달성한 것으로 볼 수 있으나 현재 우리 농업이 직면하고 있는 국제화 및 개방화 같은 새로운 여건변화를 수용하기에는 아직도 미흡한 실정이다. 이러한 여건변화에 대응하여 자생력 있고 국제경쟁력을 갖는 영농기틀을 마련하기 위해서는 첨단기술적이고 생산효율적인 생산기반이 절실하게 요구된다. 따라서 모든 논·밭의 경지정리는 물론 대구획화 경지를 확충하고 논·밭 유회관개와 같은 농지의 범용화 및 수리시설의 첨단화를 더욱 추진하여야 할 것이다.

또한 영농의 기계화 추진으로 농기계가 확대보급되면서 쌀농사에 대한 기계화율도 제고되어 1994년에 경운정지작업은 96%, 이앙과 수확작업은 각각 93%, 91%까지 향상되었다(한국농업기계학회, 1995). 이와같은 영농의 기계화는 토지이용을 극대화시키고 농지규모의 대구획화를 촉진시켰으며 농가의 영농규모와 농작업의 체제도 변화시키는 요인으로 작용하였다.

그러나 이와같은 생산기반의 변화나 영농의 기계화는 용수량의 변화를 수반하게 되었다. 즉 경지의 대구획화 경우는 수로와 경지내의 손실량 및 침투용수량을 증가시키게 하였다. 또한 논·밭유회관개 같은 농지의 범용화는 다양한 작부체계로 인하여 비관개기에서도 용수사용을 증가시키는 원인이 되었다. 따라서 수원공에 대한 용수공급의 시간적 패턴을 변화시켜 관개기에서 용수가 부족될 수 있는 가능성을 발생시키는 등 필요수량추정과 수원공의 용수공급시설능력을 재검토해야 하는 필요성이 대두되게 되었다.

쌀농사 여건의 또 다른 변화는 영농방식의 변화이다. 영농방식의 변화를 시기적으로 살펴보면 1960년대는 육종사업의 규모가 변화되면서 식량부족을 해결하기 위한 국가적인 노력이 집중되었던 시대였으며 이때 손이양재배방식이 확립되었다. 그 당시 수리답이 40%정도에 불과하여 한발대책의 일환으로 건답직파에 대한 관심을 가져 1967년에는 건답직파 재배면적이 40,000ha로 확대되기도

하였다. 1970~1976년에는 다수확 재배방식이 확립된 시기로 조식재배방식을 실시하였다. 즉 통일벼가 보급되면서 4월하순에 육묘하여 종전에 6월 10일경에 이앙하던 것을 5월 하순으로 앞당기는 방식이었다. 1977~1986년은 농작업의 기계화 정책으로 기계이앙 재배방식이 확립된 시기였고 1987년이후는 벼 생산비 절감기술과 양질미생산 기술시대로 기존의 중묘 육묘에 소요되는 노력을 단축시킨 어린모 기계이앙 재배방식이 확립되었다(농촌진흥청, 1993). 1990년대는 기계이앙재배가 완전히 정착되었으나 농업인구의 고령화 및 부녀화가 심화되고 농촌노임의 상승으로 쌀농사의 적기 정밀작업이 이루어 지지 못하였으며 더우기 쌀 시장 개방 타결에 따른 국내 쌀생산의 경쟁력제고를 위한 생산비 절감 시책이 시급한 실정에서 농작업의 생력화를 요구하는 동시에 수량생산도 충족시킬 수 있는 재배방식을 기대하기에 이르렀다.

정부에서는 2001년까지 쌀생산비를 47%까지 절감하겠다는 목표를 제시하고 그 중의 한 방안으로 대규모 기계화와 더불어 직파재배, 항공방제등 극도로 단순화된 영농방식을 통한 획기적인 생력화 및 생산비 절감 기술 개발을 추진하게 되었다. 따라서 벼 직파재배에 대한 기술체계가 점차 확립되어 가면서 재배면적도 급증하고 있는 추세이며 이러한 경향으로 볼 때 2000년도에는 전체 답중 60%가 직파재배를 실시할 것으로 예상된다(농촌진흥청, 1991).

그러나 우리나라의 직파재배가 쌀농사의 국제 경쟁력에 대응할 수 있고 경작면에서도 생력적이고 안전한 영농방식으로 탈바꿈하기 위해서는 조속히 해결해야 할 과제를 가지고 있다. 이는 바로 쌀농사 영농방식이 직파재배로 변화됨에 따른 필요한 시기에 필요한 수량을 정확히 파악하여 적기에 적량의 물을 공급할 수 있는 물관리 계획을 수립하는 것이며 이는 또한 쌀농사 작업체계중 생력화가 가장 뛰떨어진 부분을 개선하는 것이므로 쌀농사의 경쟁력제고에 기여함과 동시에 직파재배의 안정적 보급 및 수량생산에도 기여하게 될 것이다.

일반적으로 답에서의 필요수량은 토양조건, 영농방법, 포장의 물관리 방법등

에 의하여 결정되는데 직파재배는 파종당시의 물관리에 따라 건답, 담수직파로 분류되며 못자리가 생략된 대신 본답기간이 이앙재배보다 30일 정도 긴 것에서 알 수 있듯이 기존의 이앙방식 재배와는 크게 다른 물관리 방법을 선택하지 않을 수 없다.

이러한 영농방법 및 물관리방법의 변화는 물소비형태를 변화시키므로 그 시기와 양적 변화가 예상될 뿐 아니라 관개구역내에서 여러방식의 쌀농사가 병행될 경우 물관리 형태가 매우 복잡하게 나타날 것이 틀림이 없다.

또한 작물에 대한 소비수량의 변화는 수원공이나 수로조직의 규모에 영향을 미칠 것이며 따라서 기존의 수리시설물의 용수공급 및 내한능력의 검토도 실시되어 적정규모의 설계기준도 마련되어야 할 것이며 여기에는 단일재배방식 및 혼합재배방식에 대한 소비수량을 일단위로 파악하고 또한 예측할 수 있는 기법도 필요하게 될 것이다.

결국 이와같이 쌀농사의 영농방식변화에 따른 물관리특성 변화분석, 소비수량의 재산정 및 소비수량산정기법의 개발과 같은 금회 다수의 연구는 직파재배의 방향과 확산속도 및 생산비 절감에 지대한 영향을 미칠 것이며 수원공 계획의 설계기준정립에도 기여할 수 있을 것이다.

1.2 연구목적

논에서의 물 소비구조는 삼투량과 작물의 증발산량으로 구분되며 이 둘을 합하여 소비수량이라고 한다. 이중 삼투량은 작물의 생육기간을 통하여 볼 때 비교적 안정된 값을 갖지만 증발산량은 기상조건, 작물의 품종, 생육상태, 경작방법 및 물관리방법에 따라 다양한 변화를 나타낸다.

이러한 소비수량은 논에서의 관개계획을 수립하는데 기본이 되는 용수량이 되며 또한 수원공이나 수로공동 관·배수조직 설계에 이용되는 중요한 기초자료이기 때문에 필요한 시기와 수량을 정확히 산정하기 위한 많은 연구가 수행되었고

그 결실로 지금까지 이앙재배방식의 물관리를 위한 관개방법이 확립된 것이다 (농어촌진흥공사, 1989).

그러나 직파재배는 기존의 이앙재배방식과는 다른 별도의 물관리 방법을 고려해야 하며 재배방법별로도 물관리 방법이 크게 다르기 때문에 물이 필요한 시기와 그 양도 다르게 된다. 특히 담수직파는 담수상태의 본논 기간이 길어진 관계로 기존의 이앙재배방식보다 많은 용수량을 필요로 할 것이며 건담직파에서도 못자리용수는 필요 없지만 담수상태의 썩레질한 작토와는 다른 건토 상태이므로 관개를 시작했을 때 수직 침투가 심하여 초기의 용수손실이 많을 것으로 예상된다. 또한 도복의 방지나 분얼을 조절하기 위해 정밀한 물관리가 요구되므로 결국 직파재배를 실시한 논에서의 물수지에 대한 면밀한 측정을 통한 소비수량의 재조정이 필요하게 되었고 이와 같은 요인이 기존의 수리시설물에 미치는 영향에 대한 분석도 절실히 요구된다.

따라서 본 연구의 구체적인 목적을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 직파재배에 따른 품종별, 생육기별 일별 증발산량을 측정하고 그에 따른 작물계수를 산정하며
- 2) 직파재배의 물관리 특성을 조사분석하고 산정된 작물계수에 의한 재배유형별 소비수량산정모형 및 물수지프로그램을 개발하고
- 3) 변경물관리에 따른 기존 수리시설물의 영향을 검토하여 농업용수개발사업설계에 반영할 수 있는 설계기준으로 활용하며 직파재배에 의한 쌀농사의 안정적 생산을 위한 물관리 방안을 제시하는데 있다.

3. 연구내용 및 실적

본 연구는 쌀농사에 대한 영농방식 변화에 따라 변경된 물관리특성 조사와 함께 시험포장에서 얻어진 소비수량과 관개수량을 기초로 하여 일별 필요수량산정 모형을 개발하고 직파재배의 물관리 설계기준을 정립하는데 있다.

| 년 도 | 연 구 내 용 | 비 고 |
|---------|--|-------------------------|
| ('95 년) | 1. 영농방식의 변화 검토 - 직파재배 - 어린모 기계이앙의 확대 - 밭 전환 - 지속적 농업 - 기계화/자동화 - 경지의 대구획화 | 농진공 |
| | 2. 증발산량, 삼투량 측정 및 분석 - 전국 2개 지점 증발산량, 삼투량 측정 - 기상자료 수집 및 분석 | 서울대 농업개발연구소 경북대 농과대학 |
| | 3. 직파재배 물관리 시험 연구 - 필지단위의 용수량 및 기간측정 - 생육시기별 관개일수 및 관개수량 측정 및 분석 | 서울대 농업개발연구소 |
| | 4. 직파재배 관련자료 수집 - 파종방법 및 시기 - 직파 적지면적 - 직파에 알맞는 품종 - 직파 재배면적 - 시비 및 제초 방법 - 직파 재배시험 연구자료 - 직파 시범단지 재배기술 | 농진공 |
| | 5. 직파재배 물관리 특성조사 - 직파 종류별, 생육기별 물관리 - 수원공별 직파 적지면적 - 수원공별 직파 재배면적 - 생육기별 관개일수 및 담수심 - 직파시범단지 물관리특성조사 | 농진공 |
| | 6. 필요수량추정 모형개발 - 기존 모형의 검토 o ROS 모형 o DIROM 모형 - 모형의 개발 계획 및 구상 | 농진공 |

1.4 기대효과

본 「영농방식의 변화에 따른 필요수량 변화 연구」가 연차별로 수행되므로 아래와 같은 효과가 기대된다.

- 1) 직파재배에 대한 합리적인 물관리방법을 제시함으로써 쌀농사의 생산비 절감에 기여하게 되며
- 2) 영농방식 변화에 따른 직파재배의 필요수량추정 전산모형을 개발하여 수리시설물의 계획 및 설계에 활용하고
- 3) 정확한 설계용수량 추정에 의한 설계기준의 제시로 신규시설물의 규모 최적화로 사업비의 절감을 기대할 수 있다.

1.5 연구진 및 연구내용

| 연구기관 | 성명 | 직급 | 소속 | 연구내용 |
|---------|-----|-----|--------|-----------------------------|
| 농진공 | 김현영 | 2급 | 조사설계처 | 연구총괄 |
| | 서영제 | 3급 | " | 영농방식변화 필요수량추정 모형 구상 및 검토 |
| | 오수훈 | 4급 | " | 영농방식변화 물관리특성 자료수집 및 조사분석 |
| | 강원대 | 4급 | " | 물관리특성 자료수집 |
| | 김대의 | 4급 | " | 물관리특성 자료수집 |
| | 강석만 | 4급 | " | 물관리특성 자료수집 |
| | 서울대 | 정하우 | 교수 | 서울대 농생대 |
| 농업개발연구소 | 정상욱 | 교수 | 경북대 농대 | 소비수량시험 |

여 백

제2장 영농방식의 변화

2.1 벼 직파재배

2.2 어린모 기계이앙의 확대

2.3 밭 전환

2.4 지속적 농업

2.5 기계화/자동화

2.6 대구획화 경지

여 백

제2장 영농방식의 변화

2.1 벼 직파재배

2.1.1 직파재배의 배경

우리나라의 직파재배는 옛 부터 가뭄이 들어 이앙용수가 부족할 때 벼 씨를 논에 직접 파종하는 영농기술이다. 그러나 관개시설이 늘어나고 관개기술이 발전함에 따라 이앙법이 발달하게 되었다. 우리 나라에는 고려 말부터 이앙법이 알려졌으나 조선조 전기에는 엄격히 금지되었다. 이유인즉 직파재배 때에는 가물더라도 약간의 수확이 가능하지만 이앙은 심기조차 못했기 때문이다.

그러나 왜란 이후에는 관개시설 여부와 관계없이 무차별하게 이앙법이 확대되어갔다. 『승정원(承政院)』 일기 숙종 30년(1704) 8월조에는 「이앙의 피해가 숙종 중기부터 출현하였다. 예전의 직파마저 지금은 모두 이앙하여 갑자기 금할 수 없다」고 했다. 이와같은 이유에 대하여 지금까지는 제초의 편리·2모작·수확증대가 가능해지기 때문으로 보아왔다. 그러나 더 근본적인 동기는 노임의 절약 때문이었다. 반대로 오늘날 직파재배의 확대 이유인 노동력의 절감이 이앙법의 확대 이유와 동일한 것이 아이러니하다. 이는 기계화와 제초제 및 관개기술등 전반적인 영농기술의 형편이 옛날과 상이하므로 생긴 결과로 해석된다.

노임이 이앙법 확대의 주 요인이 된 것에 대해서는 소작제도와 당시의 제초작업의 어려움을 나타냈다고 볼 수 있다. 임진왜란 후 신분제도의 동요로 양반지주들에 의해 영위되던 농장제(農莊制)는 협호(狹戶 : 농장에 편입된 농가)조달의 어려움으로 더 이상 경영이 불가능하였다. 노동력의 부족은 당연히 노동력이 적게 드는 쪽으로 변하기 마련이다. 실례로 일성록(日省錄) 정조 23년(1799) 3월조를 보면, 「비록 8인 가족의 세 농가가 어울려 농사를 지어도 농번기에는 반드시 雇人(고용인)이 필요하다. 고인 1명의 노임은 십문 이상이고 세 때를 배불리 먹

어야 일을 시킬 수 있다. 1斗의 직파지를 세번 김매려면 고인 20인으로도 부족 한데 물에 이앙하면 3인으로 족하다」고 했다. 결국 이때는 직파를 이앙으로 바꾸면 85%의 노임절약이 가능하다.

李瀆의 星湖僮說 농정서에서도 「이앙기의 노력은 직파에 비해 4(80%)가 덜해 진다」고 했다. 직파재배 구역에서는 뿌리가 영켜 제초하기가 어렵지만, 이앙하면 뿌리가 영키지 않아 제초가 편리해 진다. 결국 지주들은 신분제의 붕괴로 협호를 구하지 못하자 고인을 쓸 수 밖에 없게 되었는데, 이렇게 되자 노임절약을 위해 종래의 직파법을 이앙법으로 변경하였던 것이다. 따라서 이앙법의 확대는 노동작업과 노임의 절약으로 새로운 기술혁신을 이룩하게 되었으며 지주들은 대대적으로 직영규모를 확대하였다. 이러한 현상을 학계에서는 「廣作運動」으로 호칭되었다. 따라서 광작운동의 결과 절약된 노동력으로 인해 실업농민이 발생하였고 소작제의 경쟁이 심했으며 나중에는 소위 “群盜의 시대”를 연출하는 계기가 되었다(농어촌진흥공사, 1990).

오늘날의 직파재배는 과거의 이앙법의 확대 이유(노동력의 절감을 위해)와 같은 이유로 다시 확대되고 있다. 물론 지금의 이앙영농이 기계화가 되어 옛날의 이앙영농보다 노동력의 질과 종류에 있어서 혁혁한 차이가 있음에도 불구하고 다시 직파재배로 환원되고 있다. 이는 바로 직파재배가 기계화가 되고 제초작업이 용이해지면 이앙법보다 노동력이 절감되고 영농의 대규모화가 쉽기 때문에 직파재배가 유리함을 알 수 있다.

이러한 일련의 과정은 일본의 직파재배에서 잘 나타나 있다. 일본은 전후 농촌의 노동력이 부족하기 시작한 1945년도 이후 수도작에 있어서의 노동경감 기술의 하나로서 오카야마(岡山)현을 중심으로 1,000ha정도 도입되었다(富久保男, 1994). 그러나 이 방법은 건답조건하에서 직파재배법으로 파종이 고르지 못하여 중간 숙기와 보식 그리고 초기 잡초의 방제를 모두 인력으로 행하였기 때문에 오히려 노동력이 들고 수량면에서도 불안정하여 보급이 되지 않았다.

1960년대 초반에는 일본의 소득 배가계획에 따른 농촌인구의 도시유입이 활발하여 농촌의 노동력이 현저히 부족하게 되자 소형 경운기가 개발 보급되면서 논에서의 기계화작업이 용이하게 되어 건답직파가 주목받기 시작하였다. 1960년대 후반에는 중부지역에서부터 구주 및 관동지방에 까지 확대 보급되어 한때 직파 총면적이 55,000ha에 달하였다. 그러나 1970년대 후반 이후 이앙기가 보급됨에 따라 논 식부작업이 기계화되어 수량이 불안정한 직파재배는 거의 소멸하여 그 면적은 10,000ha 이하로 저하되고 말았다(太田保夫, 1995).

건답직파재배의 결점은 강우에 의하여 파종작업이 곤란하게 되는 등 적기에 파종이 되지 않는 것과 출아가 고르지 못하다는 것이다. 담수직파재배에서는 지하침투에 의한 누수 방지와 담수에 의한 보온으로 야간의 저온을 방지하는 이점이 있으나, 담수하에서 종자가 토양중에 매몰하면 출아불능이 되고 또한 매몰을 피하여 토양표면에 종자를 뿌리면 출아시 모가 가로 눕거나 뜯 모가 발생하기 쉽고, 바람에 의한 물결에 물림이 일어나 균일한 출아 벼삭을 얻을 수 없는 것과 잎이 너무 번성하여 뿌리휩으로 넘어지기 쉬운 결점이 있다. 이러한 결점을 보완하여 담수 중에서 종자가 토양중에 매몰하여도 출아 벼삭이 안정되는 기술이 발견되어 담수토양 직파재배가 확대되었다. 이 방법은 종자에 과산화석회를 도포하여 파종하므로써 달성되는 방법이다. 여기에 더하여 제초제(산바드)도 실용화되므로써 직파재배의 기술적 여건은 모두 갖추어 지게 되었다.

일본의 담수토양중 직파재배의 보급면적은 1981년에 전국적으로 68ha에 불과하였으나 1987년에는 2,657ha에 달하였다. 그러나 그 후에는 정체되고 있다. 보급면적이 많은 현(縣)은 난초의 수확기가 벼의 이앙시기와 중복되는 능본현(能本縣), 농촌의 노동력이 격감하고 있는 애지현(愛知縣), 차잎 수확과 시설채소의 수확 및 모심기가 경합하는 정강현(靜岡縣) 등이다.

한편 북해도와 동북부지방의 농가에서는 노동력의 절감보다는 재배비용의 절감 기술로서 활용되어 지고 있다. 경영규모가 큰 북해도에서 헬기를 이용한 항공직

과가 시험재배되고 있고 관동, 동해, 구주 지방의 대규모 벼집단 재배단지에서도 이를 주목하고 있다. 헬기에 의한 종자파종은 토양중에 매몰시키기 위하여 종자의 무게를 3~4배 되도록 분의제를 도포하여 지상 8~10m상공에서 파종하고 있다. 일반 농가에서는 동력분무기를 이용하여 파종하기도 한다.

이와 같이 일본에서 담수토양중 직파를 도입하고 있는 주된 이유는 노동력의 현저한 감소와 영농 규모확대에 따른 벼농사의 비용절감에 대한 사회적 요청에 의해 행하여지고 있음을 알 수 있다.

우리 나라의 경우 직파재배는 일본과는 약간 경중이 서로 다른 이유로 해서 최근 도입되고 있다. 일본의 경우 직파재배는 노동력 절감 차원에서 도입되기 시작하였으나 우리 나라의 경우는 WTO체제 하에서 농가에 대한 가격보조 정책이 벽에 부딪치자 생산비 절감 차원에서 도입되기 시작하였다. 엄격히 말하면 생산비의 절감은 인건비와 직접적인 관련이 있는 노동력의 절감과 무관하지 않다. <표 2.1.1>에 의하면 일본, 미국, 한국의 노동시간을 비교하고 있다. 미국의 경우 대형기계로 인해 직파재배를 실시함으로써 ha당 20~30시간이 소요된 반면 일본의 경우 중형기계를 사용하였을 때 ha당 150시간에서 250시간이 걸렸으며, 이에 비해 이앙재배의 경우 일본이 480시간, 한국이 650시간이 소요되는 것으로 조사된 바 있다(이석순 등, 1991). 따라서 우리나라에서 중형기계를 도입하여 직파재배를 실현하면 일본 수준까지 따라 간다고 볼 때 이앙재배 보다 약 77%에서 62%까지 노동력을 절감할 수 있을 것으로 예상된다.

이 외에 가뭄대책의 일환, 농촌 노동력의 부족, 노임상승, 노동력의 질저하와 고령화, 벼농사의 생력화 등 현재 농촌이 가지고 있는 농업문제를 구조적으로 개선하기 위해 농지규모화 사업을 병행하면서 활발히 확대하기에 이르렀다. 1991년에 약 900ha의 농가시험재배에서 1992년에는 2,719ha(구연충 등, 1993), 1995년에는 약 117,000ha에 이르게 되었다. 이렇게 직파재배가 확대될 수 있었던 배경에는 무엇보다도 잡초방제 기술, 기계화, 발아촉진 기술, 물관리 등 영농기술의 개발과 발전이 기초가 되었음을 부인할 수 없다.

<표 2.1.1> 직파재배에 의한 노동력의 비교

(단위 : 시간)

| 구 분 | 국 명 | 농 기 계 | 소 요 시 간 | 비 고 |
|------|-----|-------|-----------|-----|
| 직파재배 | 미 국 | 대 형 | 20 ~ 30 | |
| | 일 본 | 소 형 | 400 ~ 450 | |
| | 일 본 | 중 형 | 150 ~ 250 | |
| 이앙재배 | 일 본 | 기계이앙 | 480 | |
| | 한 국 | 기계이앙 | 650 | |

2.1.2 직파재배의 종류와 특징

벼 직파재배는 크게 2가지로 구분된다. 하나는 논에 물을 대지 않고 직접 벼씨를 뿌리는 건답직파와 논에 물을 대고 토양중에 벼씨를 파종하는 답수직파가 그것이다. 이들은 다시 씨레질 여부, 파종형식, 파종후 물관리 상태, 파종시 종자의 위치 등에 따라 우리나라와 일본에서 여러 가지로 분류되고 있다.

가. 건답직파

건답직파도 건답의 나지(裸地)를 경운하여 행하는 보통의 경운 건답직파와 경운하지 않은 상태에서 그대로 행하는 무경운 건답직파가 있다. 경운하지 않은 상태에서도 나지와 비교하여 기존의 보리작물 사이에 파종하는 이모작 건답직파도 있다. 또한 나지에 이랑을 만들고 골을 따라 관개·배수가 가능하도록 하는 건답휴립(畦立)직파가 있다(이석순 등, 1993a).

직파재배의 장·단점을 <표 2.1.2>에서 요약하였다. 이중 무경운 건답직파의 장점은 경운과 씨레질을 생략하므로써 파종시의 노동력을 절감할 수 있으며, 경운을 하지 않으므로 파종작업을 어느때나 할 수 있어 강우 등의 영향이 감소되

고, 담수 및 씨레질을 하지 않으므로 지내력이 크고 작업효율이 좋아지며, 토양표면이 직접 공기와 접하므로 토양의 통기 및 투수성이 좋고 뿌리의 발육이 양호한 점등을 들 수 있다. 이앙재배와 비교할 때 건답직파의 장점은 육묘이앙의 노력이 생략되고, 입묘기간 중 관개용수가 절약되며, 지내력이 좋기 때문에 대형 기계화에 유리한 점이 있다. 또한 담수직파에 비해 땅속에 파종되므로 도복에 강하다.

이러한 장점에 비해 건답직파의 단점은 바로 직파재배가 확대되지 못하는 원인이 되고 있다. 즉, 파종후 강우가 있을 경우 뿌리의 활착이 원활하지 못해 입묘율이 저하하며, 토양중의 수분 증발이 심하여 안정적인 수분관리가 어렵고 이로 인해 용수량이 증가하며, 파종전 잡초방제가 어렵고, 비료가 유실되기 쉬우며, 장기간 계속될 경우 토양의 물리적·화학적 특성이 악화될 우려가 있다. 또한 담수직파에 비해 보온이 되지 못하므로 발아 및 입묘가 불안해지며 이로 인해 출아기간이 길어지고, 새들의 피해를 받기 쉬운 등의 단점이 있으며, 반대로 토양이 과습되어 있는 상태에서 파종되면 파종 자체가 지연되어 냉해의 우려가 있다. 따라서 건답직파의 성패는 출아 및 입묘의 안정화와 잡초방제 및 도복 경감 대책 기술의 개발에 달려 있다고 할 수 있다.

다음으로 경운 건답직파의 경우 장점으로는 경운과 파종을 대형 기계로 할 수 있으므로 생력적인 작업이 가능하고, 씨레질을 생략할 수 있으므로 뿌리의 활력이 후기까지 유지되며, 직파중에서도 도복성이 억제되고, 씨레질을 하지 않으므로 이모작시 후작의 발작물의 재배에 유리하다. 무경운과 비교할 때 분얼수와 입묘수에 있어서 약 10~30%까지 증가한 것으로 시험되기도 하였다(이석순 등, 1991a). 이에 반해 경운 건답직파의 단점은 무경운 건답직파의 단점과 같다.

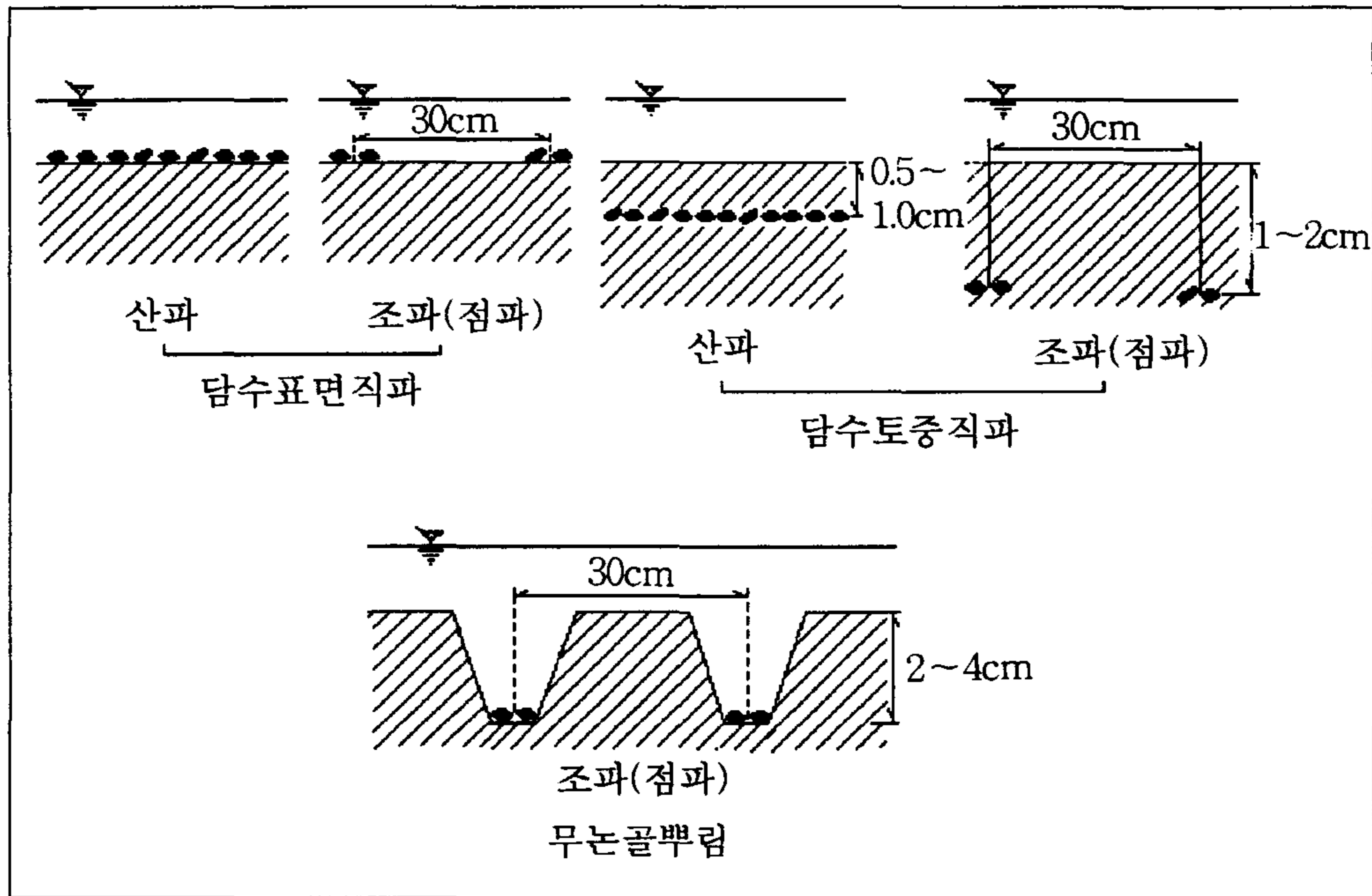
건답휴립직파는 건답직파의 장점인 땅속에 파종하므로 담수직파에 비해 도복에 강한 점은 살리면서 단점인 토양수분 부족으로 인한 입묘가 불안정한 점을 개선하기 위해 개발된 것이다. 따라서 flushing으로 관개가 필요하다. 한편 직파의 발아 원리는 담수직파인 경우 혐기성 조건에서도 발아는 되나 산소가 있는 외부로 있을

빨리 노출시키기 위하여 뿌리 대신에 中胚軸과 초엽만 자라는 이상 발아가 되는 것을 건답직파에서는 이 점을 방지할 수 있다. 또한 건답직파에서 복토심을 너무 깊게 하면 중배축이 공기중으로 나오지 못하므로 배수가 필요하다. 이러한 단점을 개선하는 데는 관개와 배수가 필요하며 이를 원활히 할 수 있도록 하기 위해 휴립을 만들고 이 골을 따라 관개와 배수가 가능하게 된다. 여기서 배수만 되면 관개수심은 사실상 무관하다(이석순 등, 1993a).

건답휴립직파의 특징은 땅속에 파종하므로 담수직파보다 도복의 위험이 적고, 담수직파의 낮은 입묘율을 개선하기 위해 골에만 관개하면 되며, 제초제에 의한 제초가 가능하고, 더불어 파종작업을 기계화할 수 있다는 것이다. 또한 수량은 이앙재배와 다른 직파재배에 비해 떨어지지 않는데 비해 총 노동시간은 기계이앙의 61%, 담수직파의 74%로 낮으며, 경영비는 기계이앙의 62%, 담수직파의 83%에 해당한다(이석순 등, 1993b). 파종후 건조하면 골에만 관개하고 파습하면 배수처리가 가능하여 과산화 석회처리가 불필요하고, 제초제 층의 파괴없이도 토양수분의 공급이 가능하여 제초제의 효과를 높일 수 있는 것이 또한 특징이다.

나. 담수직파

담수직파는 논을 씨레질한 후 파종하고 담수상태를 유지하는 방법이다. 파종하는 방법에 따라 담수표면직파, 담수토중직파, 무논골뿌림 등으로 분류한다. <그림 2.1.1>에서 보는 바와 같이 담수표면직파는 씨레질후 손 또는 산립기를 이용하여 파종하는 것으로서 손으로 할 경우 산파가 되며 산립기를 쓸 경우 조파 또는 점파가 가능하다. 항공기를 이용하여 파종하는 경우도 이에 해당하며 파종된 상태는 산파가 된다. 담수토중직파는 씨레질후 전용 파종기를 이용하여 종자를 토양중 1~2cm 깊이에 파종하는 방법이다. 여기에도 파종상태에 따라 산파와 조파가 가능하다. 무논골뿌림은 씨레질후 완전배수하여 논 표면이 두부 또는 컷볼 정도 굳었을 때 전용 파종기를 이용하여 3~4cm 깊이에 골을 타면서 파종하는 방법이다. 골을 따라 파종되기 때문에 조파가 된다.



<그림 2.1.1> 담수직파의 파종 방법

이러한 담수직파의 장점은 건답직파에 비해 물에 의한 보온 효과가 있기 때문에 기온이 낮은 지역에서도 직파재배가 가능하다는 점이다. 담수직파는 평균기온이 8℃ 이하인 곳에서도 재배가 가능하며 5월1~10일 사이가 담수직파의 적기이다(곽태순, 1993). 또한 <표 2.1.2>에서 보는 바와 같이 기상과 토양 조건의 영향을 덜 받으며, 담수에 의해 잡초발생이 억제되고, 파종이 확실하여 작업이 안정되고 간편하며, 무엇보다 토양수분이 안정되어 있어 출아와 입묘가 좋다는 점이다. 그러나 단점으로서 담수상태하에서 공기의 부족으로 발아가 좋지 않으며, 출아가 불균일하고, 기간도 길어지며, 부묘 또는 도복이 심한 것 등이 꼽히고 있다(박석홍 외, 1986). 또한 수리시설이 불비한 곳에서는 용수의 제약을 받아 담수직파의 영농이 불가능 해진다. 특히 담수표면직파의 경우 뿌리의 식물체 지지력이 떨어져 도복이 쉽게 발생하는 점이 벼 생력재배를 저해하는 요소가 되고 있다(김제규 등, 1993).

<표 2.1.2> 직파재배의 종류와 특징

| 구 분 | 장 점 | 단 점 |
|----------|--|---|
| 무경운 전답직파 | <ul style="list-style-type: none"> · 경운과 씨레질을 생략하여 파종노력 절감 · 파종작업에 대한 강우의 영향 경감 · 지내력이 크고 작업이 용이 · 토양의 통기투수성이 좋고 뿌리발육이 양호 | <ul style="list-style-type: none"> · 파종후 강우에 의해 입묘가 불안 · 토양 수분유지 불량, 용수량 증가 · 파종전 잡초발생 억제 곤란 · 비료가 유실되기 쉬움 · 토양의 이화학성 악화 우려 |
| 경운 전답직파 | <ul style="list-style-type: none"> · 대형기계에 의한 생력적 경운과 파종작업 · 씨레질 생략에 의해 뿌리의 활력이 후기까지 유지됨 · 직파중 도복성이 억제됨 · 씨레질 생략으로 후작의 발작물의 재배에 유리 | <ul style="list-style-type: none"> · 경운과 파종시 강우의 영향이 큼 · 토양수분 불량으로 용수량이 증가 · 비효분의 변동이 크고 지력도 저하하기 쉬움 · 출아를 위한 보온효과가 없음 · 전답기간의 제초억제 불량 · 출아시 새의 피해발생 우려 |
| 담수 표면직파 | <ul style="list-style-type: none"> · 육묘·이앙노력 생략 · 물에 의한 보온효과가 큼 · 파종의 노력이 절감 · 기상 및 토양조건의 제한이 줄어듦 · 항공직파에 유리 | <ul style="list-style-type: none"> · 부묘 및 도복이 심함 · 용존산소의 부족으로 출아불안 · 출아기간이 길고 불균일 · 본답기간의 연장으로 다량의 용수 소요 · 잡초발생이 많고 방제가 어려움 |
| 담수 토중직파 | <ul style="list-style-type: none"> · 기상조건(온도,강우)과 토양 조건에 대한 적응성이 큼 · 각종의 파종기 (헬리콥타, 조파파종기)의 이용가능 · 출아 및 묘립의 안정성이 큼 · 제초의 안정도는 직파중에서 가장 큼 | <ul style="list-style-type: none"> · 헬리콥타 이외의 대형기계에 의한 전답직파보다 생력효과가 떨어짐 · 종자의 코팅 노력이 필요 · 내도복성에서 전답직파 보다 떨어짐 · 파종시기가 용수의 제한을 받음 · 본답기간의 연장으로 다량의 용수 소요 |

2.1.3 직파재배의 조건

벼 직파재배는 논 기반, 기상, 종자, 재배관리 등의 조건에 따라 지배를 받는다. 이 중에서 기상조건은 이앙재배와 달리 기온, 강수량, 일사량 등의 영향이 크므로 안정적인 수확량을 확보하는데 필수적인 요소가 되고 있다. 다음으로 논 기반상태로서 관개·배수시설과 토양조건이 여기에 포함되며 재배관리의 조건에는 물관리, 시비, 제초 등이 있으나 시비와 제초는 영농에 대한 실행방법이므로 여기서는 물관리에 대해서만 다음 절에서 논의하기로 하였다.

기상조건중 직파재배시 출아에 필요한 최저 평균 온도는 14℃ 이상이며 우리나라의 중북부 평야지인 수원의 경우 5월 상순의 기온이 14℃가 되므로 이 보다 일찍 파종하여도 출아를 앞당기기 어렵다. 그렇다고 파종을 무작정 지연할 수 없으며 남부지방의 경우는 5월 중순까지 파종하여야 하며 6월 20일을 경과하면 10a당 50kg이 감수된다는 연구 보고가 있고(이석순 등, 1991b), 파종기가 지연될 수록 벼의 길이나 이삭의 길이가 단축되고 등숙율이 저하된다(김상경 등, 1992). 따라서 중북부지역에서 온도조건을 극복하면서 직파재배를 늘리려는 수단으로 담수직파를 택하고 있다.

온도가 알맞는 범위내에서는 강수량이 가장 중요한 제한요인이 된다. 우리나라의 경우 수리안전답에서 담수직파재배를 할 때 관개용수가 충분하면 어려움이 없지만 건답직파의 경우 파종기인 4~5월에 가뭄이 계속되어 토양수분이 부족하게 되면 출아 기간이 길고 출아율이 떨어져 적정 입묘수 확보가 어렵게 된다. 한편 파종기에 강우로 토양수분이 과다하면 경운작업이 곤란하고 쇄토가 어려워 균평작업의 균일도가 떨어진다. 파종직후의 심한 강우는 용존산소의 부족을 초래하여 출아율이 저하되며 이는 적정 입묘수를 확보하기 어렵게 된다. 따라서 강우의 제한조건을 극복하기 위해서는 관개·배수시설이 완비되어야 한다.

토양환경으로서는 건답직파의 경우 마른 논상태로 경운정지를 하여 줄뿌림 파종기로 파종하기 때문에 습답·식질답에서는 배수가 불량하여 재배가 어렵고 간

척지 논도 점질토이므로 배수가 잘 되지 않아 건답직파는 거의 불가능하며 사질 누수답은 오히려 삼투가 왕성하여 피하는 것이 좋다. 토양수분은 건답직파시 40~60%의 범위가 알맞으며 고온기에는 수분이 많아도 출아에는 큰 지장이 없다(윤용대, 1993). 담수직파시의 토양수분은 담수심을 10~20cm로 하여 계속 흘려대기를 하므로 문제될 것이 없다. 다만 담수심을 될수록 알게 해주고 간단관개를 실시하여 뿌리를 건강하게 유지시키면서 입묘확보와 초기 생육을 촉진시켜야 한다. 토양중 산소량은 담수직파의 경우 입묘율에 절대적인 영향을 미친다. 원래 작물이 정상적인 생육을 하자면 토양공기중 산소가 10%정도 있어야 한다. 이 산소량은 토양수분이 과잉되면 통기성이 줄어들기 때문에 좋지 않다. 담수직파시 발아는 토양의 수분과 용존산소에 의존하므로 물흘려대기와 용존산소를 잘 흡수하는 종자를 택하여야 한다(이철원 등, 1988).

이러한 것 외에 직파재배를 위한 품종의 조건은 ① 줄기가 짧고 낱알이 무거우며 ② 생육일수가 짧고 ③ 저온에서 출아묘립이 좋으며 ④ 도복에 강하고 ⑤ 병충해에 강해야 한다는 점 등을 들 수 있다. 건답직파에 알맞는 품종은 안전출수 한계기 내에 출수할 수 있고 미질이 좋으면서 발아율이 높은 품종으로 중·만생종 품종은 될수록 피하고 조·중생종 중에서 수량의 변이가 적은 것으로 선택해야 한다.

마지막으로 논의 관개·배수시설의 조건은 우선 수리안전답이어야 건답직파에서는 안정적인 토양수분의 확보가 가능하며 담수직파의 경우 물흘려대기가 가능해진다. 또한 관개·배수가 원활히 되고 물관리가 정밀하게 되기 위해서는 논의 정지가 균일하게 되어야 하며 이양재배와 직파재배가 한 수원공 하에서 이루어질 경우 치밀한 물관리에 걸맞는 수로조직이 필요하다. 한편 대형기계에 의해 직파재배의 생력화를 도모하기 위해서는 논 필지의 대구획화가 필수적이다. 이 대구획화와 용수량의 변화 관계는 다음 절에서 논의할 예정이다.

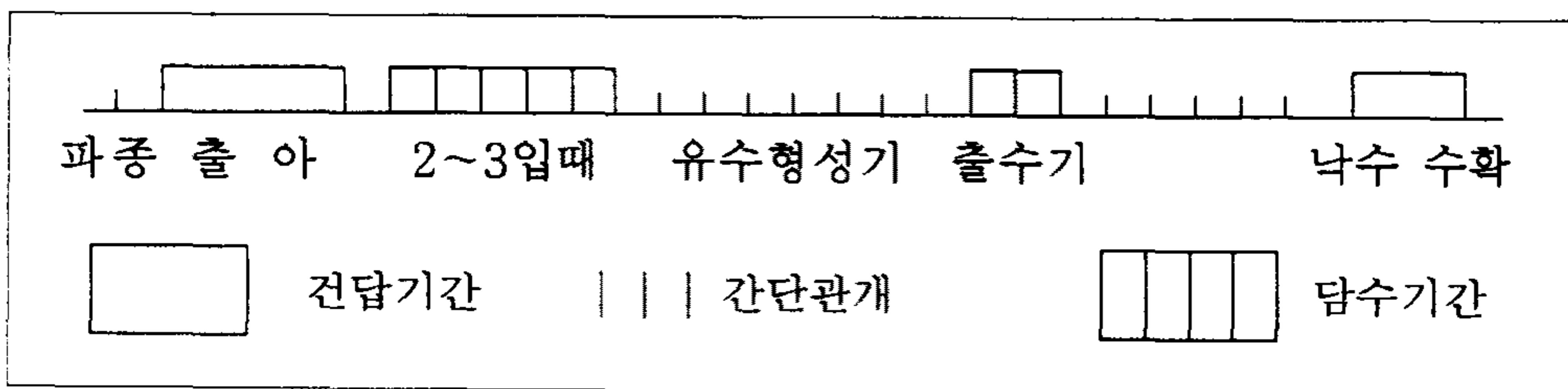
2.1.4 직파재배와 물관리

직파재배에서 물관리는 출아와 입묘에 지대한 영향을 미치며 특히 도복

방지에도 중요한 역할을 하고 있다. 왜냐하면 한냉지에서는 출아기간중에 기온이 낮기 때문에 온수지와 우회수로를 거쳐 수온이 상승된 물로 관개를 하면 출아를 촉진할 수 있기 때문이다. 1.5~2엽기가 되었을 때 하루 정도 낙수를 하면 뿌리를 건조시켜 입묘를 안정화하기 때문이다. 또한 담수직파의 경우 씨레질후 파종을 용이하게 하기 위해서는 전면 담수와 배수를 교대로 하여야 하고, 제초제의 효과를 높이기 위해서 논 수면이 균일하게 되도록 관개를 해야 한다. 생육기 중간에 자주 낙수를 시켜 과번무가 되어 도복되지 않도록 하기 위한 물관리가 중요하며 이는 용수량의 안정적인 확보 위에서 가능함을 알 수 있다.

가. 건담직파

건담직파의 물관리는 <그림 2.1.2>에서 보는바와 같이 대략 파종전, 3엽기, 유수형성기, 출수기 등으로 구분하여 실시한다. 파종후 3엽기(약 30일 소요)까지는 마른 논 상태를 유지하고 그 이후부터 담수관개를 실시하되 20일 후부터는 10일 간격으로 2~3회 중간 낙수를 실시한다. 특히 건담휴립직파의 물관리는 물이 골 상면위로 올라오지 않도록 주의해야 하는데 물이 과다하게 상면위로 올라오면 식질토인 경우 물이 빠진 후 표토가 딱딱하게 굳어져 발아를 방해하게 된다. 파종 후 1회의 관개는 골을 관수하는 것으로 하면 사질토인 경우 1일, 식질토인 경우 2일 정도가 지나면 고랑의 물이 빠지며, 이 관개량은 발아에 필요한 최소한의 수분(종자 무게의 약 30%)이 공급되고 원하는 시기에 출아시켜 입묘를 확보할 수 있게 된다(전병태, 1993).



<그림 2.1.2> 건담직파의 물관리 체계

전답평면직파의 물관리는 상당 기간 강우가 없을 경우 관개를 해야 하는데 이 경우 물골 주위에는 토사가 쌓여 종자가 매몰되거나 표면이 불균일하여 낮은 곳에는 물이 고여 출아가 불균일 하여진다. 한번 관수후 식질토의 경우 표면이 굳어지는 것을 방지하기 위해 간단관개를 실시하여 출아를 유도하기도 한다. 파종 후 강우가 많아 토양이 과습하면 배수를 해야 하는데 휴림직파에 비해 이 작업이 매우 번거롭다. <표 2.1.3>의 파종후 물관리 방법에 따른 입모상태를 시험한 결과 휴림직파시 고랑을 통해 관개와 배수를 한 경우 출아일수와 입모율에서 우수함을 보여주고 있으며 상면 위까지 관수한 경우 관수시간이 짧을 수록 출아시간이 빨랐으며 입모율도 좋았다.

<표 2.1.3> 파종후 물관리 방법에 따른 입모 상태

| 물관리 방법 | 출아소요일수 (일) | 입 모 수 (개/m ²) | 입 모 율 (%) | 균 일 도 (%) |
|-----------------|---------------|------------------------------|--------------|--------------|
| 고랑 관수 상면위 담수 | 13 | 150 | 75 | 88 |
| 12시간 | 13 | 147 | 74 | 86 |
| 24시간 | 14 | 124 | 61 | 67 |
| 48시간 | 16 | 92 | 45 | 54 |

※ 자 료 : 영남시험(1992) : 전병태, 1993

전답직파에 있어서 3엽기 이후의 물관리는 정상적인 생육에 필요한 수분을 공급하는데 주안점을 두고 있다. 이때 담수시기가 늦으면 벼 이삭확보가 어려워 수량이 감소되는 원인이 된다. <표 2.1.4>는 전답직파시 담수시기에 따른 수확량을 비교하고 있다. 보는바와 같이 3엽기에 관개한 것과 7엽기에 관개한 것과의 차이는 10a당 약 20kg의 차이를 보여주고 있다. 전답상태에서 담수상태로 전환하는 방법은 고랑관수를 일주일 정도 하면서 뿌리가 담수상태에서 적응하도록 한 후 고랑 상면위로 담수를 증가시키므로써 뿌리와 지상부의 생육 장애를 최소화 하여야 한다. 낙수기의 물관리는 너무 일찍 낙수시켜 근활력이 저하되고 이

삭으로의 양분전이가 잘 되지 않아 등숙불량으로 미질이 떨어지고 수량이 감소할 우려가 있다.

<표 2.1.4> 전답직파시 담수시기에 따른 수확량의 비교

| 담수시기 | 출 아 기 (월. 일) | 이 삭 수 (개/m ²) | 수 확 량 (kg/10a) | 비 고 |
|-------|-----------------|------------------------------|-------------------|------------|
| 출 아 전 | 5. 11 | 339 | 446 | 과종기 : 5. 1 |
| 3 엽 기 | 5. 15 | 284 | 431 | |
| 7 엽 기 | 5. 15 | 275 | 417 | |

※자 료 : 충남농촌진흥원(1989) : 전병태, 1993

나. 담수직파

담수직파시 생육초기의 물관리는 물에 의한 보온효과를 높여 발아를 촉진하는데 목적이 있으므로 담수를 깊게 하고 누수를 막아 수온상승을 피하여야 한다. 담수기간은 지역과 작기에 따라 다르지만 일반적으로 파종후 2~3주간은 심수관개를 하여 잡초의 발생을 억제하고 새의 피해를 줄여 입모율을 향상시키도록 한다. 또한 파종후 즉시 담수하는 것이 잡초발생과 단위면적당 이삭수를 증가시키는 것으로 나타났다(전병태, 1993)

그러나 심수관개가 항상 좋은 것은 아니다. 물을 깊게 오래 계속대면 입모율이 떨어지므로 따듯한 날을 골라 눈그누기를 반듯이 해야하며 깊게 대는 기간은 본엽 2기까지이다. 심수관개 기간 중 강풍이 불면 활착하지 못한 종자가 한곳으로 쏠릴 우려가 있으므로 얇게 대준다.

남부지방이나 평야지에서는 특별히 일찍 파종한 곳이 아니면 보온의 필요성이 없으므로 심수관개를 피하는 것이 좋다. 또한 고온기에 파종이 되었을 경우에도 위와 같은 이유로해서 심수관개를 피하고 새의 피해를 방지할 정도로 2~3cm 얇게 대거나 간단관개를 실시하여 토양의 굳음을 방지하면서 출아를 촉진하는 것이 안전하다. 이때 제초제의 효과를 높이기 위해 논표면의 노출부분이 없도

록 주의한다.

담수직파시 생육중기에서 후기(분얼기~등숙기)의 물관리는 간단관개와 중간낙수이다. 이는 뿌리의 수직발달을 조장하고 활력을 증진시켜 등숙향상은 물론 도복도 경감시키므로 필히 실천해야 할 중요한 과제이다. 낙수시기와 그 후의 물관리는 이앙재배와 같다. 중간낙수는 1주일 정도 일찍 실시하여 과잉 분얼을 억제해야 한다.

2.1.5 직파재배와 용수량

앞에서 논의한 바와 같이 건답직파나 담수직파를 불문하고 직파재배의 물관리의 요체는 간단관개와 중간낙수이다. 이러한 물관리의 시기와 회수는 지역의 기상과 토양의 삼투량, 직파재배의 종류, 출아의 정도등에 따라 달리 적용하였음을 알 수 있다.

직파재배에 따른 용수량의 변화를 연구한 예는 별로 없다. 일본의 경우 長堀金造 등(1972)은 담수직파와 건답직파의 용수량을 비교하여 소비수량은 건답직파가 담수직파의 3배 내외가 많다고 하였다. 또 西村博和(1977)은 건답직파와 담수직파를 대비하면서 투수성의 차이, 토양환원의 발달이 질소의 변화와 벼 잎의 무기성분에 미치는 영향을 검토하였다.

우리 나라의 경우 농촌진흥청에서 발표한 것이 있다. 이는 한정된 시험과 개인적인 경험요소가 많이 가미된 것이기는 하나 본격적으로 시작한 본 연구이전에는 유일한 것이다. <표 2.1.5>는 이앙재배와 담수직파재배의 용수량을 비교하고 있다. 이앙과 직파 재배에 있어 용수량은 각각 연간 973mm, 1,208mm로 분석되었다. 이러한 분석결과는 실제 시험연구과정을 알 수 없으므로 보완이 되어야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 직파재배로 변경되었을 경우 생육기에 따른 작물계수와 물관리 특성을 고려한 용수량의 시험연구 필요성이 인정되어 연구를 하게 되었다.

<표 2.1.5> 이앙재배와 답수직파재배시의 용수량의 비교

(단위 : mm)

| 구 분 | 이 앙 재 배 | 답 수 직 파 재 배 |
|------------|------------------|------------------|
| 관 개 기 간 | 100일(6.1 ~ 9.10) | 130일(5.1 ~ 9.10) |
| 관개기간 중 강우량 | 832 | 917 |
| 유 효 우 량 | - 582 | - 642 |
| 엽면 증산량 | 500 | 500 |
| 수면 증발량 | 435 | 580 |
| 지하 삼투량 | 500 | 650 |
| 씨레질 용수 | 120 | 120 |
| 합 계 | 973 | 1,208 |

※용수량=(엽면증산량 + 수면 증발량 + 지하삼투량 + 씨레 용수량) - 유효우량

2.2 어린모 기계이앙의 확대

2.2.1 어린모의 보급 배경

우리나라의 벼농사에서 기계이앙재배는 '77년부터 시작한 동력이앙기의 개발보급에 따라 급진적으로 확대되었고 이로 인하여 '90년도에는 기계이앙 재배 면적이 총 벼 재배면적의 77.5%에 이르렀다.

그러나 이와같은 기계이앙의 전면 확산에도 불구하고 육묘(育苗)노력의 절감은 미흡한 수준에 머물렀다. 또한 벼농사에서 육묘가 차지하는 비중도 크지만 봄철 저온 하에서 못자리를 설치하고 육묘하는 작업은 농민들에게 어렵고 번거로운 일이었다.

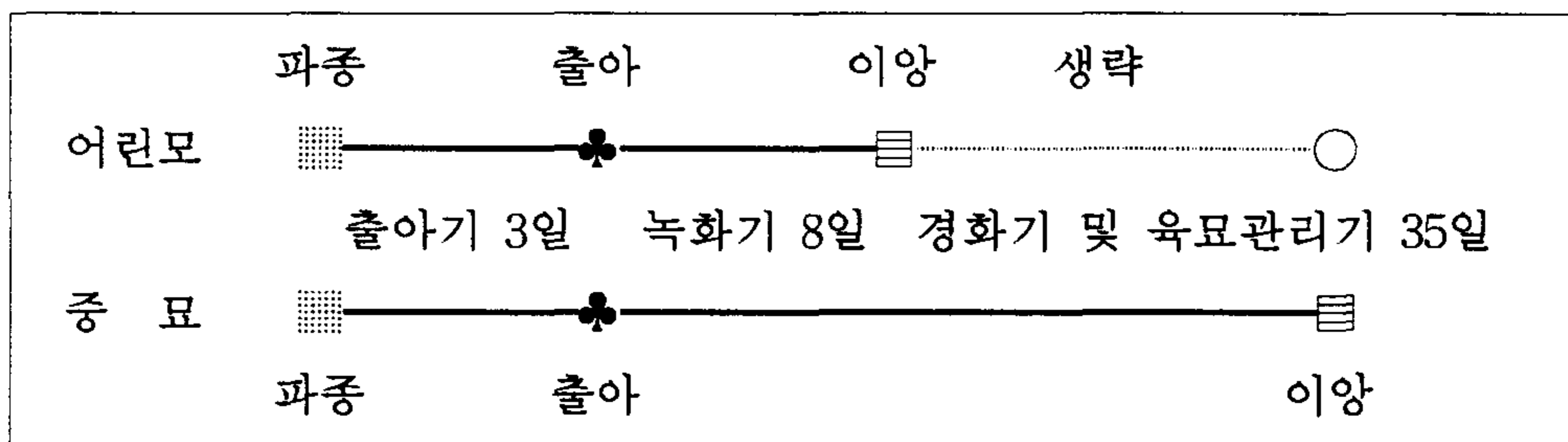
따라서 작업이 간편하고 노력이 절감되는 생력화된 육묘기술을 요구하게 되었으며 그 결과로 창안된 것이 바로 어린모 기계이앙재배법이다.

어린모 기계이앙재배는 최대로 벼씨를 밀파하여 육묘상자수를 줄이고 짧은 기간에 육묘를 끝내는 기술로 생력화면에서 직파재배에는 미치지 못하나 직파재배

의 전단계라고 볼 수 있을 만큼 생력화된 재배법으로 직파재배의 적지 조건이 되지 못한 논에서 쌀농사의 생력화를 도모할 수 있는 영농방식임을 알 수 있다.

2.2.2 어린모재배의 특성

어린모 기계이앙재배는 현행의 중묘 기계이앙재배 체계를 개선하는 것이다. 따라서 기존 이앙기나 시설등을 그대로 이용하므로써 추가 경제 손실이 없으며 <그림 2.2.1>에서와 같이 육묘일수는 8~10일 정도로 짧아 육묘시 노력이 절감되고 파종시 밀파되므로 육묘상자, 육묘상토, 비료, 비닐하우스등의 육묘자재도 절감되므로 생산비 절감과 직결되는 신기술로 주목되고 있다.



<그림 2.2.1> 어린모 육묘(育苗)과정과 육묘일수

가. 기존 방법과의 차이점

어린모 육묘는 <표 2.2.1>에서 보는 바와 같이 육묘과정이 간소화 되고 육묘일수가 단축되며 밀식파종으로 육묘상자가 줄어드는 등 기존의 방법보다 극히 생력화된 육묘방법으로 그 차이점을 구체적으로 나열하면 아래와 같다.

- 1) 육묘작업이 간단하고 육묘일수가 짧다.
- 2) 상자당 파종량이 많아 상자수가 적게 든다.
- 3) 초장이 짧고 묘령이 적다.
- 4) 종자내 배유(胚乳)가 남아 있는 상태로 이앙한다.
- 5) 파종기가 같으면 중묘 이앙보다 출수가 빠르다.

<표 2.2.1> 어린모와 중묘의 차이점

| 구 분 | 단 위 | 어 린 모 | 중 묘 |
|---------|---------|----------|------------------|
| 육 묘 과 정 | | 과종→출아→녹화 | 과종→출수→녹화→경화→비배관리 |
| 육 묘 일 수 | (일) | 8~10 | 30~35 |
| 과 종 량 | (g/상자) | 200~220 | 110~130 |
| 상 자 수 | (개/10a) | 15 | 30 |
| 초 장 | (cm) | 5~8 | 15~18 |
| 묘 령 | (본엽수) | 1.5~2.0 | 3.5~4.0 |
| 출수지연일수 | (일) | 3~5 | 0 |

※ 자 료 : 오윤진, 1991

나. 어린모 기계이앙재배의 장점

어린모 기계이앙의 장점을 재배특성과 생산비 절감효과 측면에서 살펴볼 수 있는데 우선 재배특성면에서는 아래와 같다.

- 1) 묘의 초장이 짧아 기계이앙에 적합
- 2) 육묘중 재해발생이 감소
- 3) 활착 및 본답 초기 생육이 빠름
- 4) 이앙적기 확대로 노동력의 집중이 완화
- 5) 본답의 수수확보가 용이

즉 기계이앙시 묘 초장이 25cm이상 되면 이앙이 어렵고 결주(缺株)가 많이 생기나 어린모는 매트만 형성되면 바로 기계이앙을 하기 때문에 이앙시 어려움이 없다. 또한 이유기 이전에 본답에 이앙되므로 기상의 악화, 육묘관리의 불량으로 인한 입고병 및 뜸묘, 냉해, 고온장해등의 각종 재해가 발생할 우려가 없으며 이앙시에 30~50% 정도의 배유(胚乳)가 남아 있는 상태에서 본답에 이앙되므로 일정 기간동안은 종자내 배유양분으로 성장과 활착을 하게 된다. 따라서 본답 초기에 생육이 빠르고 저온하에서도 관수에 대한 내성이 좋으며 본답에서도 2재

마디에서 분얼이 시작되므로 성묘나 중묘보다 조기에 유효분얼수가 많이 확보되어 수수확보가 용이하다. 더우기 육묘일수가 짧아 1년에 3회정도 육묘해서 이앙할 수 있어 이앙적기의 폭이 확대되므로 이앙기의 노동력 집중현상을 완화시킬 수 있는 장점이 있다.

위와같이 재배특성에서의 장점으로 인하여 어린모 기계이앙에서는 아래와 같은 생산비 절감효과도 기대할 수 있다.

- 1) 상토량(床土量)과 시비량 절감
- 2) 작업의 간편성으로 노력의 절감
- 3) 육묘상자수 절감 및 재해방재비 절감
- 4) 에너지 절감 및 시설이용 효율성 증대

어린모 기계이앙은 기존의 成苗나 中苗보다 상자당 상토량이 40%정도 줄어 든다. 이로 인해 묘상자의 중량이 가벼워져 운반작업이 용이할 뿐 아니라 묘상자도 10a당 15개 전후로 중묘의 30개보다 반정도로 줄어 육묘하우스의 면적이 줄며 이용회수를 늘릴 수 있어 대규모 영농의 경우에 이들의 이용율을 대폭 증대시킬 수 있기 때문에 농가보급시에 기대되는 효과도 크다고 할 수 있다.

그러나 어린모 기계이앙은 아주 어린모를 심기 때문에 몇가지 주의해야 할 사항이 있다. 즉 가급적 논고르기와 논균히기를 잘하고 담수깊이도 2cm정도로 얇게 하여야 한다. 또한 이앙시 육묘상자의 어린모가 이앙기 모탐재판에 묻리지 않도록 수분상태를 알맞게 유지하여야 한다. 특히 제초제 사용시 어린모에 약해가 발생하지 않도록 제초제 처리와 방법을 철저히 지키고 이때 적절한 물관리가 필요하다.

2.2.3 어린모의 육묘기술

어린모 육묘기술은 산파(散播)와 조파(條播)로 구분할 수 있다. 그러나 육묘기술 개발은 주로 육묘비용 절감효과가 크고 농가에 보급된 이앙기의 70%가 산파용이앙기이기 때문에 여기에서는 어린모산파 육묘기술에 대해 언급하고자 한다.

가. 알맞는 품종

어린모 재배에 알맞는 품종은 기존의 이앙재배방식의 품종과 크게 다를 바가 없다. 그러나 밀파(密播)하므로서 육묘상자수를 줄이기 때문에 출아율이 높고 균일하여야 한다. 또한 이앙시의 모의 길이가 5~8cm 정도이므로 이앙후 물속에 잠겨 관수(冠水)피해를 받기 쉬우므로 관수내성(冠水耐性)을 가진 품종과 어린모 재배시 이앙심도가 낮고 저위분얼(低位分蘖)이 왕성하여 도체가 연약하게 자라게 되어 도복되기 쉬우므로 줄기가 굵고 강하며 분얼이 적은 품종을 선택하는 것이 좋으며 특히 그 지역적 특성에 알맞는 장려품종을 선택하는 것이 좋다. <표 2.2.2>는 물깊이에 따른 내성을 알기 위하여 농촌진흥청 작물시험장에서 어린모 기계이앙 재배후 물깊이에 따른 품종별 입모율시험을 실시한 결과를 나타낸 것이다.

<표 2.2.2> 어린모 이앙후 물깊이에 따른 품종별 입모율

| 구분 | 품종 | 관수심별 입묘율(%) | | | | 10일후 초장 | |
|-----|----|-------------|------|-------|------|---------|--------|
| | | 관수심2cm | | 관수심cm | | | |
| | | 4일후 | 10일후 | 4일후 | 10일후 | 관수심2cm | 관수심2cm |
| 알반형 | 농백 | 80 | 100 | 50 | 90 | 8.1 | 12.6 |
| | 남양 | 70 | 80 | 30 | 80 | 5.9 | 11.5 |
| | 추청 | 40 | 90 | 0 | 90 | 9.1 | 8.8 |
| | 동진 | 60 | 90 | 0 | 90 | 9.4 | 10.4 |
| | 대청 | 100 | 100 | 40 | 80 | 11.2 | 13.3 |
| | 백암 | 90 | 90 | 30 | 70 | 7.0 | 6.8 |
| | 대관 | 20 | 30 | 20 | 70 | 3.1 | 7.8 |
| | 봉광 | 40 | 70 | 30 | 60 | 7.3 | 9.5 |
| | 팔공 | 80 | 80 | 20 | 30 | 6.4 | 5.3 |
| | 도봉 | 70 | 60 | 0 | 0 | 8.4 | 1.8 |
| | 복광 | 60 | 60 | 0 | 0 | 3.2 | 2.2 |
| | 화청 | 50 | 70 | 0 | 0 | 6.7 | 2.2 |
| | 화성 | 40 | 70 | 0 | 0 | 5.7 | 1.6 |
| | 서남 | 20 | 30 | 0 | 10 | 3.9 | 4.1 |
| | 낙농 | 10 | 10 | 0 | 10 | 1.6 | 4.3 |
| 상풍 | 10 | 10 | 0 | 10 | 4.5 | 1.6 | |

표에서 보는 바와같이 관수깊이 5cm에서 입모율이 90%이상인 일반형 품종은 농백, 추청, 동진벼로 나타났으며 또한 호남 작물시험장에서 실시한 시험 결과에서도 물깊이 6cm에서 입모율이 85% 이상인 일반형 품종은 설악, 대성, 탐진벼로 물깊이 내성에 강한 품종은 많지 않은 것으로 나타났다.

따라서 관수내성이 적은 품종을 심을 때는 논고르기를 잘 한 후에 이앙하고 담수심을 1~3cm로 정밀한 물관리를 요구하고 있으며 특히 남부 2모작 지대에서는 모심기가 늦어질 때는 내만식성(耐晩植性)이 강한 조생종 품종을 장려한 바 있다.

나. 육묘에 알맞는 토양

상토(床土)는 단기간에 매트형성을 촉진시켜 주어야 하므로 알맞는 토양을 선택하여야 하며 또한 토성과 상토깊이도 어린모 생육에 영향을 미치므로 적절한 산성도 및 상토깊이를 가져야 한다. 어린모 생육에 알맞는 토양은 <표 2.2.3>에 나타난 바와 같이 모래가 많이 섞인 사양토는 매트형성이 더디고 이앙할 때 매트가 흐트러지기 쉬워서 어린모 육묘용으로는 부적당하나 식양토는 보수력이 좋은 이외도 배수성도 좋아 매트형성이 잘되고 묘생육도 양호한 것으로 나타나 사양토 보다는 흙의 찰기가 30% 내외 섞여 있는 식양토가 좋은 것으로 나타났다.

<표 2.2.3> 토양 종류별 어린모 생육

| 토양종류 | 출아율(%) | 초장(cm) | 엽수(매) | 발근량(cm/본) |
|-------|--------|--------|-------|-----------|
| 식 양 토 | 94.8 | 11.4 | 2.0 | 18.8 |
| 부농상토 | 93.7 | 12.5 | 2.0 | 21.8 |
| 사 양 토 | 89.8 | 10.8 | 2.0 | 15.7 |

※ 자 료 : 경남작물시험장, 1989

또한 모의 생육에 좋은 토양의 산도는 pH 5~6인 것으로 알려져 있으며 따라서 석회를 많이 사용하지 않은 논에서의 산성도는 5.5~5.7정도 이기 때문에 이와 같은 토양을 사용하면 묘 생육에 지장이 없을 것으로 생각되며 상토깊이는 깊을

수록 모생육에 좋은 경향을 보이고 있으나 1.0cm 이상에서 매트가 형성된 것을 고려하면 1.5~2.0cm 정도가 알맞다. 이때 육묘상자당 상토소요량은 복토분을 합쳐 3.5~4.0 l 정도이다.

다. 파종시기 및 파종량

어린모는 육묘일수가 8~10일이 소요되므로 이양기에 맞추어 파종기를 결정하면 되나 남부 평야지 2모작 지대에서는 파종기가 늦어져 고온기에 육묘하게 되므로 고온 장애가 발생하지 않도록 유의하여야 한다. <표 2.2.4>는 어린모의 지역별 품종별 파종한계기를 나타낸 것이다.

<표 2.2.4> 어린모 파종한계기

| 품 종 | | 조 생 종 | 중 생 종 | 중 만 생 종 |
|-------|-----|-----------|-----------|-----------|
| | | | | |
| 중 북 부 | | 5. 5~5.20 | 5. 5~5.15 | 5. 5~5.10 |
| 중 부 | | 5. 5~5.25 | 5. 5~5.20 | 5. 5~5.15 |
| 남 부 | 1모작 | 5. 1~5.30 | 5. 1~5.25 | 5. 1~5.20 |
| | 2모작 | 5.20~6.10 | 5.20~6. 5 | 5.20~5.30 |

한편 어린모의 표준모 규격은 초장이 6~10cm, 본엽수가 1.5~1.9매, 배유양분이 30~50% 남아 있을 때이며 또한 이양에 알맞는 매트형성이 되어야 하는데 이를 충족시킬 수 있는 상자당 파종량은 200~220g이 적정하다.

라. 물관리

어린모 육묘시의 물관리는 출아상태의 물관리와 녹화(綠化)·경화기(硬化期)로 구분되어진다. 어린모 육묘에서는 파종한 상자를 육묘기에 넣어 32℃로 2일간 유지시키기 때문에 상토에 수분이 부족할 때는 들뜨기가 생기거나 출아가 균일하지 못한 원인이 된다. 특히 파종한 상자를 평면으로 늘어 놓을 경우에는

건조되기 쉽기 때문에 반드시 복토위에 신문지를 물에 적시어 덮어서 건조를 막아야 한다.

벼종자가 수분을 흡수하여 발아하는 과정은 3단계로 이루어지는데 1단계는 흡수기로 발아를 위한 생리적 활성을 유발시키며 흡수량이 종자무게의 15%에 달했을 때 부터이다. 2단계는 활성기로 약 30%의 흡수량을 가진 때로 이시기가 끝나는 무렵부터 출아와 유근(幼根)이 나타나고 이 시기를 발아라고 하며 이때의 종자의 흡수량은 30~35%가 된다. 3단계는 출아후 재차 흡수가 왕성하게 이루어지는 신장기이다.

어린모를 출아시킬 때는 특히 관수량 조절에 유의해야 하는데 어린모 전용상자를 사용할 경우 적정 관수량은 <표 2.2.5>에 의하면 500~1,000ml로 나타났다. 이때 출아상태, 뿌리엉킴 및 모생육이 양호한 것으로 나타났으며 물부족보다는 과습한 경우에 출아상태가 불량하였다.

<표 2.2.5> 간이 출아시 관수량에 따른 어린모의 생육

| 상자종류 | 관수량 (ml/상자) | 출아율 (%) | 출아상태 | 초장 (cm) | 뿌리길이 (cm) | 뿌리엉킴 |
|-------------|----------------|------------|------|------------|--------------|------|
| 산파상자 | 250 | 42 | 불량 | 7.2 | 5.2 | 안됨 |
| | 500 | 88 | 보통 | 8.8 | 7.1 | 덜됨 |
| | 750 | 92 | 양호 | 9.8 | 8.4 | 잘됨 |
| | 1,000 | 90 | 양호 | 10.2 | 8.6 | 잘됨 |
| 어린모 전용상자 | 250 | 45 | 불량 | 7.2 | 5.3 | 안됨 |
| | 500 | 91 | 양호 | 9.7 | 8.5 | 잘됨 |
| | 750 | 92 | 양호 | 10.3 | 8.6 | 잘됨 |
| | 1,000 | 36 | 극불량 | 6.4 | 4.1 | 안됨 |

※자료 : 작물시험장, 1992

한편 모가 출아한 다음 녹화·경화기에도 지나치게 관수를 자주하여 과습하게 되면 상토내에 산소부족으로 뿌리활력이 떨어져 뿌리엉킴이 지연되며 물이 부족한 경우에는 육묘기간이 길어지게 된다.

따라서 어린모 육묘에서는 산파상자를 사용할 경우 뿌리엉킴을 촉진시키기 위

하여 상자 밑에 비닐을 깔아 주므로 배수가 억제되고 어린모 전용상자를 이용할 때는 바닥에 구멍이 작아서 배수가 천천히 되기 때문에 하루에 한번만 물을 주어도 된다. 모의 수분상태를 판단하는 방법은 아침 일찍 모잎을 보아 물방울이 맺혀 있으면 수분이 부족하지 않고 물방울이 없으면 부족한 상태이다.

기존의 증묘는 육묘일수가 30~35일로 길기 때문에 하루에 2~3회 관수를 하는데 비하면 관수노력도 많이 절감된다.

2.2.4 본논 재배기술과 물관리

가. 본답경운, 씨레질 및 논고르기

본논의 경운심도가 깊고 지력이 높을수록 벼 생육이 좋다. 그러나 어린모 기계이앙에서는 너무 깊게 경운하면 논고르기 작업이 어렵고 이앙기가 빠져 운전조작이 곤란할 뿐 아니라 어린모는 초장이 짧고 본엽수가 1.3~2.0대로 적으므로 논바닥이 고르지 못할 경우 기계이앙 작업중에 매몰되기 쉽고 부묘(浮苗)도 발생되어 결주율이 높아질 우려가 있다. 따라서 지나친 경운은 피하고 깊고 낮음이 없이 일정한 깊이로 경운을 해야하는데 이때 경운심도 15~18cm가 적당하다.

또한 씨레질 후 3~4일에 이앙한 것이 결주 및 부묘율이 적은 것으로 나타나 씨레질 후 논을 알맞게 굳혀야 한다. 씨레질 시기는 사질논에서 이앙 1~2일전 사양토나 양토논에서는 이앙2~3일전에 씨레질을 해야 이앙할 때 알맞는 굳히기가 된다. 이때 논굳히기 정도는 맨발로 논에 들어 갔을 때 6~8cm 들어갈 정도면 되나 이는 경운기로 경운한 경우이며 트랙터로 경운했을 때는 1~3일 정도 논굳히기를 더해야 한다.

나. 이앙시기

어린모의 이앙시기 결정은 해당지역의 기후, 수리조건 및 작부체계등을 고려하여야 한다. <표 2.2.5>는 어린모의 지역별 품종별 이앙적기를 나타낸 것

으로 중부평야지인 수원에서는 일반형 품종으로 조생종은 5월 15일~6월 5일, 중생종은 5월 15일~5월 30일 중·만생종은 5월 15일~5월 25일에 이양하고 남부지방의 이리, 진주 지역에서는 조생종은 5월 10일~6월 15일, 중생종은 5월 10일~6월 10일, 중만생종은 5월 10일~6월5일에 이양하여야 하나 대전이남의 2모작 재배를 실시하는 지역에서는 가능하면 조생종 또는 중생종의 품종을 선택하여 출수가 지연되는 경우가 없도록 해야 한다.

<표 2.2.5> 어린모 이양시기

| 지 역 | 조 생 종 | 중 생 종 | 중만생종 | 비 고 |
|-----|-----------|------------|-----------|-------|
| 북 부 | 5.15~5.25 | - | - | 한강 이북 |
| 중 부 | 5.15~6. 5 | 5.15~ 5.30 | 5.15~5.25 | 수 원 |
| 중남부 | 5.10~6.10 | 5.10~ 6. 5 | 5.10~5.30 | 대 전 |
| 남 부 | 5.10~6.15 | 5.10~ 6.10 | 5.10~6. 5 | 이리,대구 |
| 극남부 | 5.10~6.20 | 5.10~ 6.15 | 5.10~6.10 | 광주,진주 |

다. 재식밀도 및 이양심도

재식밀도(栽植密度)의 적정기준은 품종, 작기(作期), 시비법등의 재배조건에 따라 다르지만 목표로 하는 수확량을 결정하는 중요한 요소이다. 또한 재식밀도가 높을수록 중산량이 많아져 논에서의 소비수량도 증가하기 때문에 물관리 면에서도 중요한 요소가 된다.

기계이양에서 벼의 한 이삭당 영화수(穎花數)는 기존 손이양벼에 비하여 적으므로 이삭수를 많이 확보하는 차원에서 단위면적당 이양주수를 늘리거나 1주당 재식모수를 늘린다. 이때 1주당 재식모수를 늘리는 것은 벼포기내의 미세환경조성에 불리하며 과번무적인 생육을 조성하므로 단위면적당 주수를 늘리는 밀식이양이 유리하다.

<표 2.2.6>은 지대별 작기에 따른 적정 재식밀도를 나타낸 것으로 비옥답이나 남부 평야지등에서는 드물게 심고 지력이 낮고 한랭지거나 척박한 논이나 염해를 받는 논에서는 조밀하게 이양해야 하며 특히 산간고냉지나 극만식(極晩植) 재배에서는 단위면적당 주수를 늘림과 동시에 주당묘수도 늘려야 함을 보이고 있다.

<표 2.2.6> 지대별 작기에 따른 적정재식밀도

| 구 분 | 3.3m ² 당 주 수 | 1 주 당 묘 수 |
|-----------------|-------------------------|-----------|
| 평야지 1모작 논 | 75 ~ 85 | 3 ~ 4 |
| 산간지 및 보리뒷그루 논 | 80 ~ 90 | 4 ~ 5 |
| 채소 뒷그루 논 | 85 ~ 95 | 5 ~ 6 |
| 중산간지, 영동지방, 염해논 | 90 ~ 110 | 5 ~ 6 |
| 산간고냉지, 만식지 | 110 ~ 130 | 6 ~ 7 |

※ 자 료 : 농촌진흥청, 1987

한편 어린모 기계이앙 재배에서는 논 균평작업과 세밀한 물관리가 요구된다. 왜냐하면 이앙당시의 본엽수가 1.5~2.0매이고 초장이 5~10cm로 짧아서 본답의 경우, 정지 및 씨레질작업이 정밀하지 못하면 이앙된 묘는 이앙심도가 깊어져서 흙속에 매몰되거나 물속에 잠겨 벼의 생육이 불량하기 때문이다. 따라서 이앙전의 논바닥의 균평작업과 논굳히기를 하여 이앙심도를 알맞게 하고 아울러 세밀한 물관리도 요구된다.

<표 2.2.7>에서 이앙심도에 따른 이앙 10일후 벼생육 결과를 보면 이앙심도가 얇을수록 초장이 크고 엽수가 많은 것을 나타내고 있어 어린모 기계이앙에서의 이앙심도는 1~2cm정도로 얇게하는 것이 이앙후 벼 생육에 유리하다.

<표 2.2.7> 이앙심도에 따른 벼의 생육

| 품 종 | 이 앙 심 도 (cm) | 초 장 (cm) | 본 엽 수 |
|-----|--------------|----------|-------|
| 오대벼 | 1 | 12.4 | 2.8 |
| | 2 | 11.3 | 2.6 |
| | 3 | 9.8 | 2.4 |

※ 자 료 : 작물시험장, 1989

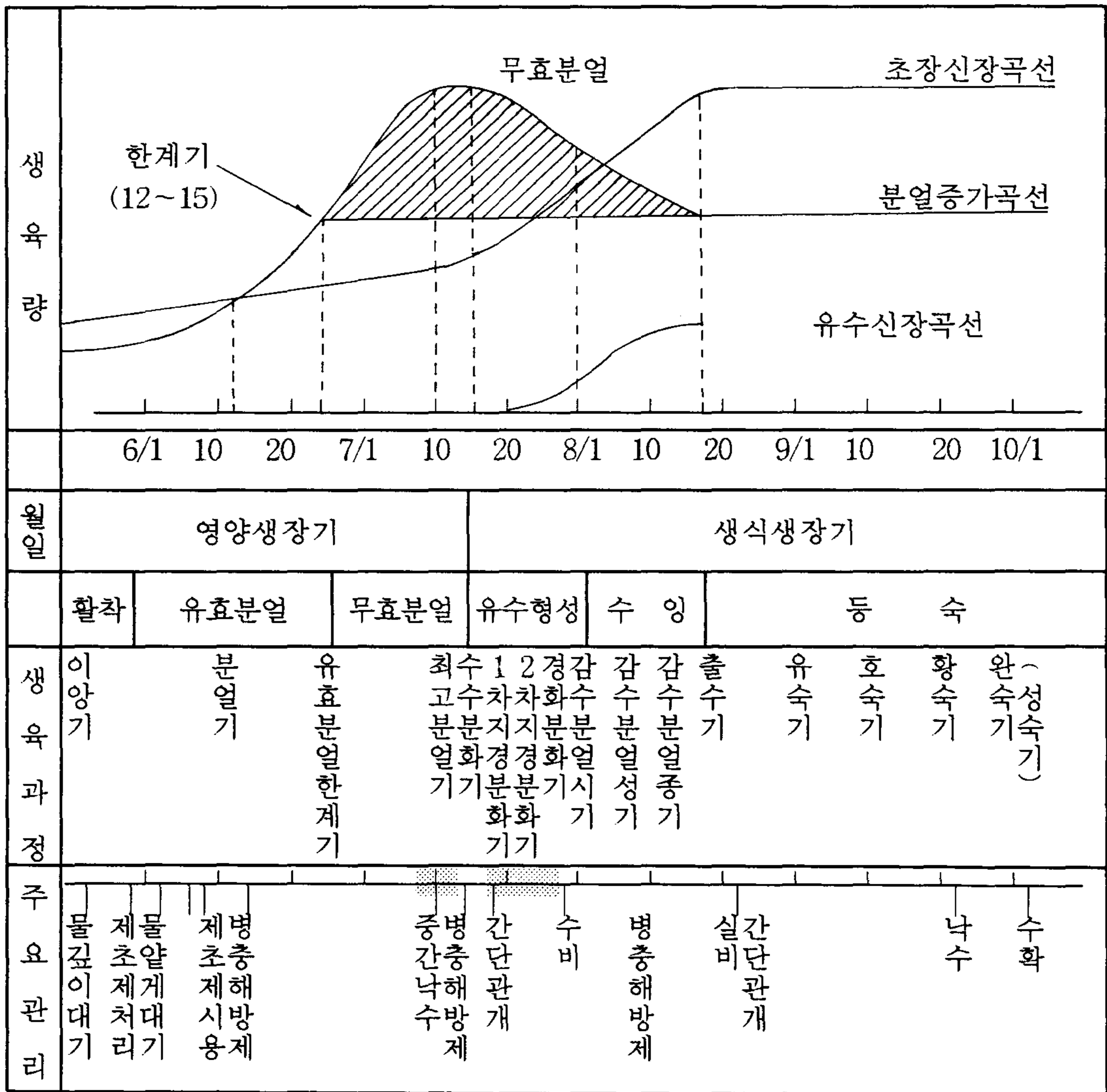
라. 물관리

쌀농사에서의 물은 벼의 양분흡수 및 수온을 조절할 뿐 아니라 토양의 환원과 산화를 도와 벼 뿌리의 생리적 활력을 유지시켜 벼의 자세를 바르게 하며

또한 시용한 농약을 용해시키는 등 벼의 생장을 조정하여 수확을 높이는데 중요한 역할을 한다.

그러나 벼가 담수조건에서 주로 재배하는 작물이긴 하지만 항상 물속에서 생육하는 수생식물이 아니므로 때로는 깊게 혹은 얇게 관개하고 경우에 따라서 완전히 물을 빼주는 등 생육시기에 알맞은 관개와 배수가 이루어져야 한다.

<그림 2.2.2>는 기계이앙벼의 일생과 생육과정별 주요재배관리를 도시한 것이다.



<그림 2.2.2> 기계이앙벼의 일생과 재배관리 (이앙 : 5월20일, 출수기 : 8월 15일)

1) 활착기

이앙후 2~3일은 보온을 유지하고 증산을 방지하여 활착이 잘 되도록 하여야 한다. <표 2.2.8>은 이앙후 관개 물깊이에 따라 어린모의 입묘율과 초기생육 결과를 나타낸 것으로 물깊이 3cm에서는 통일형 품종이나 일반형 품종 모두 입묘율이 좋았으며 벼 생육에서도 엽수를 비교해 보면 두 품종 모두 물깊이 3cm에서 엽수의 진전이 많이 되었음을 알 수 있다. 따라서 벼 어린모 이앙후 물관리는 2~3cm로 가능하면 얇게 관개하여야 한다.

<표 2.2.8> 관개 물깊이에 따른 이앙후 초기생육

| 품 종 | 물 깊 이 (cm) | 입 묘 율 (%) | 초 장 (cm) | 본 엽 수 (매) |
|-------|------------|-----------|----------|-----------|
| 일 반 형 | 3 | 84 | 13.6 | 2.9 |
| | 6 | 48 | 14.7 | 2.8 |
| 통 일 형 | 3 | 69 | 11.1 | 2.9 |
| | 6 | 46 | 12.7 | 2.6 |

※ 조사시기 : 이앙후 10일, 이앙온도(주/야) : 18±2℃

2) 분얼기

활착이 끝나고 분얼기에 들어간 벼에서 깊은 관개는 분얼을 저해시키므로 1~2cm정도로 얇은 관개를 해야 한다. 그러나 제초제 사용시기에는 깊게 관개하여 약효가 저하되지 않도록 한다. 또한 분얼성기에 지나친 고온이 발생할 경우에는 물흘러대기를 실시하여 수온을 낮추어 분얼환경을 조성해야 한다. 특히 한랭지나 조식재배의 경우는 분얼초기에 수온보다 기온이 낮으므로 물가두기로 보온을 도모하여 분얼을 촉진시켜야 한다.

3) 중간낙수

출수전 35~40일경이 되면 유효경이 결정되고 그 후에 발생하는 분얼은

무효경이 되는 것이 많으므로 이때의 분얼 발생을 억제시키기 위해서 중간낙수를 실시한다.

중간낙수는 질소의 과잉흡수를 억제시켜 무효분얼이 발생하는 것을 방지함과 동시에 토양중에 용해되어 있는 유해물질을 배출시키고 토양속으로 산소를 공급하여 뿌리에 활력을 주고 뿌리를 땅속 깊이 신장시켜 양분흡수를 활발하게 한다. 그리고 논바닥을 굳혀 지내력을 높이는 효과가 있어 도복을 방지하고 수확작업을 용이하게 하는 부수적인 효과도 기대할 수 있다.

중간낙수의 정도는 논바닥이 가늘게 금이가서 갈라질 정도로 하는 것이 좋으나 이는 논의 투수성이나 토질에 따라 다르나 일반적으로 배수가 양호한 사양토에서는 5~7일 정도, 배수가 불량한 점질토나 식질토에서는 7~10일정도가 소요된다. 그리고 배수정도가 심한 누수논에서는 중간낙수를 가볍게 하거나 간단관개법이 오히려 바람직하다.

어린모 기계이앙 재배에서는 분얼발생 절위가 낮고 분얼이 잘되므로 손이앙모나 중모보다 다소 일찍 중간낙수를 실시하는 것이 좋다. 중간낙수가 끝난 후의 물대기는 뿌리에 급격한 변화를 주지 않도록 관개와 낙수를 1~2회 반복한 뒤 담수를 하여야 한다.

4) 생식생장기

유수형성기부터 수잉기를 거쳐 출수기까지는 증산량이 급격히 많아 지므로 이 시기에는 물이 부족하지 않도록 주의 해야 한다.

중간낙수 이후에는 뿌리의 활력을 주고 이삭의 신장과 발육이 잘 이루어 지도록 2~3일 간격으로 간단관개를 실시하는 것이 이상적이다.

5) 등숙기

출수기에 개화 수정이 끝난 벼알이 완전한 현미가 되기 위해서는 등숙기 간중에 앞에서 만들어진 동화양분과 식물체중에 저장된 전분을 이삭으로 이동 축

적시키는 생리작용을 하는데 이때에 매체역할을 하는 것이 물이다.

따라서 벼알이 완전히 등숙되는 출수후 35일까지는 관개하여야 하지만 이 시기는 기온이 점차 낮아지고 엽면 증산량도 적고 수면은 앞으로 가려져 수면 증발량도 적어서 많은 양의 담수는 필요하지 않다. 따라서 2~3일 간격으로 간단관개를 실시하거나 물흘려대기를 하고 야간에는 물깊이를 3cm정도로 깊이 관개해준다. 그리고 조생종으로 고온기에 등숙이 될 경우에는 물 흘려대기를 함으로서 수온을 낮추어 주어야 한다.

6) 완전낙수

논에 물을 완전히 떼는 낙수의 적기는 기상, 토성등에 따라 다르지만 정상적으로 생육한 벼의 낙수시기는 대체로 출수후 35일 경이다.

최근에는 벼수확이 기계화되고 이의 작업을 용이하게 위하여 낙수를 빨리 하는 경우가 많은데 이는 발육정지를 증가시킬 우려가 있으므로 등숙정도를 잘 진단해서 최종 낙수를 결정해야 한다.

2.3 밭 전환

2.3.1 밭전환의 현황

농어업의 경쟁력을 갖추기 위한 구조조정의 일환으로 정부에서는 생산기반 확충과 농업시설의 현대화 정책을 추진하고 있다. 여기에는 경지정리를 661천ha에서 '95년에는 28천ha를 추가하고, 경지재정리는 이미 착수한 5,000ha에 '95년도 추가분 25,000ha를 합하여 30,000ha를 시행하고 있으며, 특히 채소와 과수 등 주산단지 중심의 밭기반을 정비하기 위해 '94년의 3,000ha와 '95년의 2,500ha에 대해 수원시설과 경작로를 정비하여 밭작업도 기계화와 안정적인 농업용수를 갖추도록 하고 있다(안종운,1995). 이 밭기반 정비사업은 2004년까지 대상면적 110천ha를 완료할 예정이다.

이러한 밭작물의 작부추세는 논외 밭전환을 더욱 촉진하고 있다. <표 2.3.1>

에 의하면 '94년도 총 경지면적은 2,032.7천ha로서 이는 '93년에 비해 약 22,100ha가 줄어든 면적이다. 그러나 실제 감소면적은 32,000ha인데 여기에는 개간, 간척 등 9,900ha의 경지증가가 있었기 때문이다. 경지의 감소요인은 택지와 공장부지로 11,200ha, 공공시설이 6,500ha, 기타 유희지로 14,300ha가 각각 전용되므로써 감소하였다. 특히 논면적의 감소가 두드러지는데 '93년에 비해 31,200ha가 감소되었으며 이 중에는 밭으로 전환된 면적이 19,200ha가 포함되어 있다. 이로부터 향후 농업정책의 품목 전문화와 경쟁력 강화차원에서 밭전환은 더욱 늘어날 전망이다.

논을 밭으로 전환하는 이유는 몇가지로 요약할 수 있다. 첫째는 앞서와 같이 정부에서 농업경쟁력을 갖추기 위해 품목별 주산단지를 만들기 위함이고(밭전환), 둘째는 원래 위치나 토양 등의 조건으로 밭으로 이용하다가 농업용수의 공급이 가능해지므로써 논이 되었다가 다시 밭으로 되는 경우이고(밭환원), 셋째 지속가능 농업 또는 유기 농업을 위해 논·밭 순환을 하여 병충해를 방지하려는 이유이며(논·밭겸용), 마지막으로 경지의 고도 이용을 위해 농지를 종전과 같이 논 밭으로 구분하지 않고 영농을 시장원리에 따라 자유롭게 활용하기 위함이다(논·밭겸용). 이와 같이 논·밭을 순환하므로써 ① 생산성의 증대 ② 연작장해 회피 ③ 토양 비옥도의 유지 ④ 잡초의 감소 등의 효과를 볼 수 있다.

<표 2.3.1> 경지 면적의 변화

(단위 : ha)

| 구 분 | 논 | 밭 | 계 | 비 고 |
|------|-----------|---------|-----------|-------------------------------------|
| 1993 | 1,298,300 | 756,500 | 2,054,800 | 밭의 논전환 : 1,600 |
| 1994 | 1,267,100 | 765,600 | 2,032,700 | 논의 밭전환 : 19,200 |
| 증 가 | - | 9,100 | 9,100 | 순증가 : 9,900(개간, 간척, 기타) |
| 감 소 | 31,200 | - | 31,200 | 순감소 : 32,000 (택지, 공장, 공공 시설, 유희지 등) |
| 계 | 31,200 | 9,100 | 22,100 | |

※ 자 료 : 농림수산부(농수축산신문, 1995. 1. 23)

2.3.2 논·밭의 특징과 전환 기술

농가가 농산물의 수요 동향에 따라 탄력적으로 농산물을 생산공급하기 위해서는 생산기반이 잘 정비되어야 한다. 농가는 이러한 바탕 위에서 지역과 자연조건에 알맞는 영농계획을 세우고 필요에 따라 밭작물을 선정하여 생산출하함으로써 소득을 올릴 수 있다. 그러자면 논과 밭의 구조적인 특성을 파악하고 양자를 적절히 전환할 수 있는 기술이 필요하다. 또한 이 경우 용수의 량과 관개시기의 변화에 대응하여 적절한 관개·배수시설을 설치하거나 기존의 시설을 보완해야 할 것이다.

<표 2.3.2>는 논과 밭의 특징을 비교하고 양자간의 전환기술을 보여주고 있다. 표에서 보는바와 같이 논·밭의 근본적인 차이는 담수허용 여부와 배수의 필요에 있다고 볼 수 있다. 따라서 논에서는 담수하기 위해 논둑과 하층토가 투수성이 낮을 것을 요구하고 있다. 대신에 밭에서는 투수성이 높아야 하고 이러한 이유로 해서 하층토의 투수계수가 작을 경우 배수를 방해하여 밭작물의 뿌리층의 두께를 제한하며 그 결과 습해와 가뭄피해를 유발하는 등 많은 문제점을 야기하게 된다. 논에서의 관개·배수의 영향으로 토양은 산화 환원상태를 반복하게 되고 또한 썩레질에 의해 토양구조는 입단구조가 되어 토양중 공기비율이 작고 미생물의 활동도 작다. 이에 비해 밭 토양은 연중 산화상태이고 건조상태를 유지하고 있기 때문에 토양구조가 발달하여 단립구조가 되어 토양 중 공기비율이 높으며 대개 배수가 원활하다.

이러한 특징 위에서 논을 밭으로 전환하기 위해서는 경지마다 관개와 배수를 자유롭게 행할 수 있어야 한다. 즉 지하수위가 낮으며 인접 논으로 부터의 침투가 없어야 한다. 더우기 자연적인 조건이 배수의 제한을 받을 경우 암거배수를 실시하여 위와 같은 조건을 갖추어야 한다.

밭 전환시 토층을 개량하여야 하는데 이때 가장 중요한 사항으로서 토양의 보수성과 투수성을 좋게 하는 것이다. 이를 위해 암거배수와 심토파쇄에 의해 건

조와 배수를 촉진하여야 하며, 논으로 사용시 불투수성층에 균열이 발생되고 밭고랑에 의해 두둑을 높이고 작토심을 두텁게 하므로서 보수성과 투수성을 확보할 수 있다. 특히 점질토인 논을 밭으로 전환할 경우 상기 조치가 더욱 필요하다.

<표 2.3.2> 논과 밭의 특징과 전환 기술

| 구 분 | 논 | 밭 | 전 환 기 술 |
|-------------|--|---|---|
| 담수와 배수의 필요성 | 관개기 담수 비관개기 신속배수 허용담수 인정 | 전기간 담수불가 신속배수 허용담수 불허 | 지표·지하배수 촉진, 배수로 완비, 암거배수 발전환 경지의 집단화 횡침투방지, 지구배수 |
| 투 수 성 | 일 20mm 전후 투수계수 : 1/10,000 ~1/100,000cm/sec | 일 50mm이상 투수계수 : 1/10,000 cm/sec 이상 | 토양속 수분이동의 신속 통기성 증대, 토양건조 토층개량(심토파쇄) |
| 토양조건 | 작토심 20cm 불투수층 필요 보수성 문제 않됨 | 작토심 30cm이상 대중소 간극 존재 보수성, 통기성 필요 | 토양개량, 경종 등에 의한 간극증가 토양구조 발달 촉진 토양의 膨軟化 |
| 토양단면 및 지력 | 씨레 : 환원 불투수층 : 산화 하층토 : 산화/환원 | 작토 : 산화 불투수층 : 산화 하층토 : 산화 | 통기성 증가대책 : 배수, 심경, 반전, 심토파쇄, 논 환원에는 지하수 제어, 씨레질 주의 |

※자 료 : 일본농업토목학회지(多田敦 등 Vol.47, No.5, 1979)

2.3.3 밭 전환시 용수량의 변화

앞에서 논의한 바와 같이 논을 밭으로 전환하였을 때 논에서 토층개량이 이루어져야 한다. 즉 불투수성 층에 균열이 가고 토양은 투수성이 양호하게 된다. 여기에 논에서 갖추었던 용수공급시설은 밭관개에는 적절하지 않을 수도 있다. 밭관개 방법(시설)이 별도로 설치되지 않는 한 토양의 투수성이 증대되므로

서 한번 관개에 의한 용수량은 논으로 사용될 때 보다 더 증가할 것이다. 그러나 일반적으로 담수 및 연속관개가 밭에서는 행해지지 않으므로 작물생육 전기간에 걸친 총 용수량은 줄어들 것으로 보인다.

만약 암거배수 시설이 설치된다면 배수가 더욱 촉진되어 물 사용량은 증가할 것으로 예상된다. 단순히 논으로만 사용될 때의 물관리는 평면적이었지만 암거배수시설이 되면 입체적이 되어 총체적으로 용수량이 합리적으로 조정되겠지만 물관리 기술이 양호하지 못하거나 첨단 제어장치가 없을 경우 오히려 많은 인건비 지출에 의해 낭비적인 물관리가 될 우려가 있다.

이와 같이 소위 범용화되어 밭 전환된 경지의 용수량은 작부체계의 다양화로 연간 사용되는 용수량은 논에서 보다 더 증가할 수 있다. 이모작과 겨울철의 하우스재배가 행해진다면 비관개기의 용수량이 증가하고 이는 수원공의 용수공급의 시간적 패턴을 변화시켜 관개기 동안의 집수여유를 없앨 가능성도 있다. 따라서 용수수요와 수원공의 집수량 간의 불균형으로 수원공의 시설능력을 확대해야할 필요성도 나타날 수 있을 것이다. 이를 위한 대책으로서는 작부체계에 따른 필요수량을 추정하고 이를 기초로 수원공으로 유입되는 수량에 따라 모의조작을 실행하므로써 그 영향을 파악할 수 있다.

2.4 지속적 농업

2.4.1 현대 농업의 발달과 환경파괴

농업의 발달사는 엄연히 하나의 학문분야로서 존재하고 있기 때문에 이를 한두 마디로 논할 수는 없다. 실제 농업의 발달사를 논의할 때 인구증가, 기후불순, 정주와 이동 및 공업의 발달과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다(장권열, 1988). 여기서는 편의상 환경과 관련하여 4단계로 구분하였다. 또한 발달사의 명칭도 환경이라는 용어와 관련하여 임의로 붙였다.

가. 환경 종속형 농업

주로 산업혁명 이전의 농업과 현재의 저개발 국가의 농업이 이에 속한다고 볼 수 있다. 이 농업의 특징은 특별한 작물 재배기술이 없고 생산기반이 전무한 상태에서 기상과 기후의 절대적인 지배를 받는 농업이다. 따라서 인구증가는 수확량의 증가에 비례하며 동일한 토지에서의 수확량이 인구증가의 제한인자가 된다. 또한 같은 토지에서 시비없이 계속 경작하므로써 자연히 수확량은 감소하고 새로운 토지를 쫓아 이동하게 되므로써 더 이상의 환경파괴는 일어나지 않는다.

나. 환경 조화형 농업

산업혁명 이후 현대 공업의 영향을 받기 전의 농업이다. 이 농업은 자연환경의 제한조건을 관개와 배수라는 생산기반 위에 윤작, 품종개량, 시비, 농기구의 개량, 영농방식의 개선등의 재배기술을 접목시킨 농업이다. 따라서 증가된 인구를 부양하기 위해 초기 농업과 비교할 때 일종의 농업혁명 - 이를 엘빈 토플러(1988)는 제 1의 물결로 표현 - 으로 불리어질 정도로 생산량이 증가하였다. 그러나 인구증가에 따라 새로운 토지에 대한 수요 - 산림의 벌채로 환경파괴를 가져옴 - 는 있었으나 농약과 화학비료가 대량으로 사용할 여건이 마련되지 않아 생태계의 파괴에는 이르지 않고 자연의 섭리에 순응하는 - 농장과 마을에서 물질 순환이 이루어져 폐기물이 발생하지 않는 - 농업으로 발전하게 된다.

다. 환경 파괴형 농업

현대에 들어와 공업이 크게 발달하고 모든 산업에 경제적 기획성을 기초로 생산성과 효율성을 추구하는 기법이 도입되면서 농업경영에도 농업환경은 도외시된 채 오로지 경제적 가치만을 추구하게 된 것이다. 따라서 과도한 경작과 방목은 이러한 농업에서는 필연적이 될 수 밖에 없다. 이를 위한 생산기반은 대

량생산 체제에 맞아야 하며 재배기술은 집약적이고 노동투하량이 상대적으로 적은 방향으로 나아가게 되어 농약과 화학비료에 절대적으로 의존할 수 밖에 없다. 이 농법은 현대에 들어와 가장 보편적인 것이 되었으며 대부분의 사람들은 매우 자연스런 것으로 인식하고 있는데 더 큰 문제가 있다. 이렇게된 배경에는 인구의 폭발이 주 요인이겠으나 농업에 대한 근본적인 철학이 부족했기 때문이기도 하다.

환경파괴형 농업의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- ① 농약과 화학비료는 토양생태계를 파괴하고 수자원을 오염시키며 특히 지하수의 오염이 심각해진다.
- ② 과도한 경작과 방목으로 지력이 저하되어 사막화된다.
- ③ 무모한 농지확장으로 산림이 벌채되어 2차적인 환경파괴가 일어나고 이는 기상이변의 원인이 되고 있다. 구체적인 결과로서 해수면이 상승하고 건강을 위협하는 요인들(특히 암발생)이 증가하며 물흐름이 감소 또는 왜곡되고 가뭄과 홍수재해가 빈발하며 기온상승으로 물사용량이 증가하고 이러한 사실들이 다시 농업자원을 감퇴시키는 악순환의 원인이 된다.
- ④ 단일 및 다수확 품종에 의한 대량생산 체제는 품종의 단순화를 요구하게 되고 이는 병충해에 강한 재래종의 멸종을 가져오며 다수확 품종에 대한 화학비료의 시용으로 농지자원의 감소의 또 다른 요인이 되고 있다.
- ⑤ 방만한 용배수관리는 경지에 염분을 집적시키며 토양유실을 촉진하여 농지의 사막화를 가져온다.
- ⑥ 유기질이 없는 토양은 그 물리적 구조가 파괴되어 토양유실에 취약하다.
- ⑦ 식품속에 농약의 잔류량으로 인하여 인체의 건강에 위협을 주고 있다.
- ⑧ 무기원소가 편중되고 농약에 오염되므로서 식품의 질이 점차 하락되고 있다.
- ⑨ 대량생산과 기계화로 인해 에너지를 집약적으로 이용하므로서 에너지 공

해를 일으킨다.

- ⑩ 축산에서도 대량생산과 효율을 높이기 위해 성장호르몬과 과도한 생식으로 윤리적으로 받아들일 수 없는 문제가 발생하고 있다. 결과적으로 이러한 모든 요인들에 의해 사회적 긴장도 유발되며 무엇보다도 인간관계의 파괴를 가져오므로서 삭막하고 비윤리적인 인간사회가 형성된다.

라. 환경 보전형 농업

이에 대한 정확한 정의는 아직까지 학문적으로 확립된 것은 없다. 그러나 대체적인 방향에 관하여 참고자료를 종합하면 다음과 같이 설명할 수 있다. 즉 환경파괴형 농업으로는 식량문제를 해결하기 보다는 인간의 생활환경마저 파괴하고 있는 현실을 직시하고 농업의 환경보전적인 특성을 최대한 살리는 농업이다. 현대 농법에 의해 파괴된 농업자원을 되살리고 새로운 농업자원을 확대할 경우에도 환경보전을 염두에 두게된다. 앞에서 언급한 환경 조화형 농업과의 차이는 생산기반을 좀더 환경보전형으로 바꾸면서 생산의 효율성을 높이도록 계획하며 재배기술 또한 농약과 화학비료를 사용하지 않더라도 수확량을 유지할 수 있게 과학과 기술을 응용하는 것이다. 용·배수관리도 합리적으로 수행하여 기존의 경지에서 생산성을 향상시키므로서 새로운 경지에 대한 수요를 상쇄하여 산림보전에 기여하게 된다. 현대 농업은 이윤 추구에 중점을 두고 자연을 변화시키므로서 농업생산을 얻는데 비해 미래 농업은 자연을 보호하므로서 농업생산을 얻는 것이다. 현대농업은 생산자와 소비자가 분리되어 있는데 비해 미래농업은 생산자와 소비자가 협동하는 농업이 될 것이다(앨빈 토플러a, 1988 : 김종무, 1992).

2.4.2 환경보전형 지속농업의 형태

환경보전형 지속농업에는 나라별로 시대별로 여러 형태로 발전하여 왔

다. 여기에는 저투입 농업(Low Input Farming), 유기농업(Organic Agriculture), 지속적 농업(Sustainable Agriculture), 저투입 지속형 농업(Low Input Sustainable Agriculture : LISA), 화학농업에 대응한 대체농업(Alternative Agriculture), 생물학적 농업(Biological Agriculture), 생명 동태적 농업(Bio-dynamic Agriculture), 자연농업(Natural Farming), 생태농업(Ecological Farming), 재생농업(Regenerative Agriculture) 등이 있다. 여기에서 이들 여러 형태별로 자세하게 설명할 수 없으므로 그중 몇개만 중점적으로 소개하면 다음과 같다.

가. 저투입 농업

구입된 농업자재의 의존율을 낮추고 생물학적인 방법에 의해 생산성을 유지하는 농법이다. 이 농법에서는 농약과 화학비료와 기계화에 필요한 에너지를 완전히 금지하는 것이 아니라 경제적 수익성과 환경에 압박을 가하지 않는 범위 내에서 허용하고 있다. 완전한 유기(有機)농업으로 가기 전(前)단계의 농업으로서 토양의 생태적 건강도에 따라 점차적으로 투입자재를 감소시켜 나간다.

나. 유기농업

토양의 지력을 향상시키기 위해서 화학비료와 농약을 억제하면서 유기물질을 투입하는 농법이다. 이때 병충해의 방제는 윤작(輪作)과 혼작(混作)을 실시하고 양질의 퇴비를 많이 시용하며 적당량의 유기질 비료를 선정살포하고 병충해에 강한 품종을 작부한다. 제초는 기계제초를 주로하며 피복(mulching)과 중경(사이 갈이)을 실시하고 질소공급의 과잉을 방지하도록 한다. 양질의 퇴비와 유기질비료를 확보하기 위해서는 가축의 분뇨를 이용할 수 있도록 경종(耕種)과 축산을 복합화하여야 한다. 이의 생산기반 정비의 원칙은 토양과 수자원을 보전하도록 하고 용배수의 합리적 관리가 이루어져야 한다. 이 농업은 환경

보전형 농업의 대표적 농법이며 주로 우리나라와 일본과 미국에서 사용되는 용어이다. 특히 미국에서는 현대 농업을 전통농업이라 한다면 유기농업을 대체농업이라 부르고 있다.

다. 지속적 농업

1987년 “환경과 개발에 관한 세계위원회(WCED)”에서 제창한 “지속 가능한 발전”에서 파생된 말로서 농업기술과 환경을 조화시켜 현대농법의 부작용을 줄이고 생산성을 장기적으로 유지하고자 하는 농업이다(김종숙,1993). 1988년 미국 농학회의 정의에 의하면 ① 농업환경의 질과 자원을 향상시키며 ② 인간 생활의 필요한 식품과 원료를 제공하며 ③ 농민 생활의 질과 사회 전체의 질을 향상시키는 것으로 정의하고 있다. 또한 지속농업은 사회, 환경 및 경제적인 문제를 통합하는 대단히 깊은 의미를 내포하고 있다(김종무, 1992). 따라서 여기에는 조방적 생산, 경관보전, 야생동물의 보호등이 따르기 때문에 유기농업에 비해 환경보전의 목적이 확대되고 있다(김한수, 1993). 그러나 지속농업은 無농약 無비료를 주장하는 反과학적 자연농법은 아니다(오호성, 1992).

라. 생명동태적 농업

독일 및 유럽에서 불리어지는 환경보전형 농업이다. Steiner(1985)의 농업철학으로 부터 유래되어 생물학과 생명공학이 적용되어 토양의 생명화 작업, 윤작재배, 시비방법, 성장 첨가제와 농약사용, 제초, 식물생태계의 이용등에 있어 인간과 가축 생명의 입장에서 생각하며 지구와 우주의 운행섭리를 염두에 두고 행하는 농업이다. 이 농업은 환경보전형 농업의 철학적·과학적 근기가 된 것으로 보인다. 이는 우리선조들이 논둑에 콩을 심을 때 세알을 심는데 그중 하나는 땅 속의 벌레를 위해, 또 하나는 공중의 새를 위해, 나머지 하나는 인간 자신을 위해 심었다는 사실에 비추어 볼 때 생명동태적 농업은 유럽에서 발

달하기는 하였지만 근본철학은 우리의 전통인 인본주의에 근거한 농업과 맥을 같이 한다고 볼 수 있다.

2.4.3 환경보전형 지속농업을 위한 조건

환경보전형 지속농업이 발전하기 위해서는 영농기술과 생산기반의 조건과 사회·경제적조건 등 크게 두가지 측면에서 고찰할 수 있다. 우선 영농기술과 생산기반에 관해서는 일본의 宮崎縣 綾町에서 실시한 유기농업의 사례를 기초로 논의하기로 한다.

일본 宮崎縣 綾町の 유기농업은 1973년 부터 유기농업을 시작한 사람에게 상을 주기 시작한 이래 유기농업 조례제정 및 유기농업개발센터의 건립 등 매우 활발하게 진행되고 있다. 綾町の 유기농업을 위한 영농기술을 요약하면 <표 2.4.1> 과 같다.

표에서 보는 것과 같이 유기농업에 있어 가장 중요한 것은 농약없이 병충해를 방제하는 기술이다. 이의 근본원리는 농장과 그 주위의 생태계를 자연적인 힘에 맡겨두는 것이다. 혼작을 통해서 다른 식물에서 발생하는 즈 또는 항균성 물질로 해충과 세균의 확산을 막는 것이며 윤작에 의해 연작장애 - 뿌리혹線蟲의 발생, 지력약화, 토심저하 등 - 를 방지할 수 있다. 또한 양질의 유기질 비료로 토양 속의 미생물의 활동을 강화시켜 식물이 규소섭취를 도와 병균에 대한 저항력을 기르는 것이다 (이렇게 건강한 식물을 섭취한 인간도 병에 강한 신체를 유지할 수 있다는 논리는 식물이나 사람이나 동일하다). 결국은 혼작과 윤작은 생물학적으로 잡초와 해충을 제거하는 원리와 같으며 주위 자연환경의 생태계가 보전되므로 해서 미생물과 곤충과 벌레 등의 평형에 의해 천적관계가 유지되는 것과 같은 이치이다.

<표 2.4.1> 稜町の 유기농업의 기본기술

| 영 농 종 류 | 구 체 적 기 술 |
|-------------------|--|
| 포 장 면 적 | 小 면적으로 시작하여 단계적으로 확대 |
| 환 경 기 반 정 비 | 논의 용배수 분리, 밭의 관개시설 정비 |
| 작 부 체 계 | 윤작체계의 수립, 논·밭의 활용과 논·밭 순환 추진 |
| 품 목 및 품 종 선 정 | 병충해를 고려 선정 |
| 병충해 발생방지를 위한 환경정비 | 양질의 퇴비를 많이 시용, 未熟物 이용 회피, 질소과잉공급방지, 連作회피, 殘滓처리 철저 |
| 시 비 | 퇴비구비 시용, 미숙퇴비 시용억제, 적당한 유기질비료 선정 시비 |
| 제 초 | 논 매기 회수 증가, 기계제초, 피복, 中耕, 윤작, 논·밭순환 |
| 병 충 해 방 재 | 輪作, 논·밭순환, 기피식물, 間作, 混作, 誘引작물 도입, 작부시기 이동, 저항성품종, 담수나 태양열이용 소독실시, 봉지씌우기, 한 냉사, 중복회피, 방충망, 건열종자소독, 천적, 藥毒 바이러스, 拮抗 미생물, BT제 농약, 성홀몬 |

※ 자 료 : 熊澤喜久雄(農開研 소식 Vol.16, No.1)

윤작의 종류에는 여러가지 형태가 있다. 논·밭의 2모작, 논·밭의 전환, 지구간 전환, 밭윤작, 초지전환 등이 있다. 실례로 일본에서는 논·밭의 순환을 3년에 한번 실시하므로써 논에서 자주 발생하는 나방등의 해충이 밭작물인 상치를 싫어하여 다음 논 벼에서 이러한 피해가 없어진다는 것이다. 이는 논·밭의 해충이 상이하기 때문이다. 이와 같은 윤작을 자유롭게 시행하기 위해서는 농지의 기반시설이 정비되어야 하며 특히 현대화된 시설이 요구된다. 구체적인 방향에 대해서는 다음 장에서 논의될 예정이다.

유기농업에서 다음으로 중요한 것은 값싸고 양질의 퇴비를 만드는 일이다. 이는 <표 2.4.1>에서도 보는바와 같이 양질의 퇴비는 농약과 화학비료 없이 영농

을 할 수 있는 기본이 된다. 이를 위해서는 경종(耕種)과 축산을 복합시키는 농장시스템이 이루어져야 한다. 즉 이러한 농장시스템내에서는 동·식물간의 물질순환이 조화롭게 이루어져 동물의 배설물은 식물의 퇴비가 되고 여기에서 자란 건강한 식물은 가축의 좋은 먹이가 된다. 이 농장의 효율성을 높이기 위해서는 동물이나 식물의 종류가 다양해야 한다. 왜냐하면 다양한 성분의 퇴비가 토양에 좋은 성능을 발휘하며 다양한 식물을 섭취한 동물이 다양한 퇴비를 생산하기 때문이다. 예를 들면 소의 배설물에는 칼슘성분이 많고 돼지에는 인성분이 많다. 식물의 경우에도 뿌리가 깊은 식물과 얇은 식물이 공존 내지는 순환되므로서 부식토의 토심을 증대시키고 지력을 향상시킬 수 있다.

2.4.4 지속적 농업과 용수량의 변화

지속적 농업을 영위하는 것과 관련한 용수량의 변화는 두가지 측면에서 접근할 수 있다. 하나는 지속적 농업을 위해 윤작체계에 따라 용수량이 변하는 측면과 다른 하나는 지속적 농업의 일환으로서 물관리를 합리적으로 시행하므로써 용수량이 변하는 측면이다.

윤작체계에 따른 용수량의 변화는 논·밭 전환인 경우 앞에서 논의한 것과 동일하다. 즉 논·밭이 이모작으로 시행된다면 비 관개기의 용수량이 증가할 것이고, 연단위로 윤작이 된다면 용수량의 변화는 없을 것으로 판단된다. 만약 밭만의 윤작이나 지구간의 윤작 또는 초지로 전환한 경우 밭 작물의 종류에 따른 소비수량에 차이가 발생할 뿐 기존의 수원공의 공급능력에는 영향이 없을 것이다.

지속적 농업을 위해 합리적으로 물관리를 시행하자면 윤작과 혼작을 자유로이 할 수 있도록 하는 것과 오염된 물이 자정(自淨)될 수 있도록 시설을 구비하거나 오염범위가 더이상 확대되지 않도록 하는 기능을 가지도록 하여야 한다. 이를 위한 경지는 우선 배수가 원활해야 하는데 토양의 종류와 경사도, 표고 등에 따라 지표배수, 지하배수 시설을 적절히 배치해야 하며 특히 지하배수인 경우에 간

단한 암거시설이나 주위 지형에 따라 승수거(承水渠)만을 설치하므로서 배수효과를 거두면서 논·밭 순환이 가능한 기반으로 경제적이 되도록 조성한다. 기존의 논밭이 인접하여 있을 경우 구획정리는 윤작과 혼작을 용이하게 할 수 있고 배후지 산림의 생태계와 평형을 유지할 수 있도록 논·밭·숲을 함께 계획하도록 한다. 사용된 농약과 화학비료가 하천수질을 오염시키는 것을 방지하기 위해서는 구역내 배수로에 생물학적 또는 자연적인 정수가 되도록 배수로의 구조를 변경·설치하여야 한다. 또한 밭으로 부터의 토사유입과 오염물질을 제거할 수 있도록 침사지(이는 홍수제어, 수질개선등의 다목적으로 활용 : 小林愼太郎, 1986)나 논과 밭의 경계에 초지여과대(vegetated filter strips : 최종대의, 1993)를 설치하므로서 수질개선에 노력을 기울여야 할 것이다. 한편 오염된 용수를 취수하였을 경우 용수로에 폭기조나 침전지를 설치하여 일차 정수된 관개수를 공급하도록하며 동시에 수온상승용 온수로를 겸할 수 있게 계획하도록 한다.

합리적인 물관리를 위해서는 용수와 배수상태를 모니터링하고 조절할 수 있으며 토양의 진단(유기농업을 위한 땅 만들기)을 할 수 있도록 되어야 한다. 이를 위해서는 물관리도 인력에 의하지 않더라도 적정량이 적기에 공급될 수 있도록 유량측정장치와 수위조절용 구조물이 구비됨과 동시에 이 장치들이 원활히 운영되도록 컴퓨터와 소프트웨어가 계획되어야 한다. 용수로는 관수로화 내지는 구조물화가 되므로서 자동 물관리가 가능하게 된다. 토양의 건강도와 작물생육에 적합한 수분함량을 계측할 수 있는 장치가 구비되어야 한다.

이렇게 될 경우 경지에서의 용수량은 매우 절약될 것으로 보인다. 이는 지속적 농업에서 추구하는 것이 환경보전이라는 측면과 일치한다. 즉 새로운 용수원을 찾기 위해 저수지와 같은 개발이 필요하지 않을 것이며 동일한 저수량으로 생산성을 높이므로서 농지확대의 부담을 덜 수 있어 환경보전에 필수적인 산지의 개발이 억제되기 때문이다.

2.5 기계화/자동화

2.5.1 기계화/자동화의 배경

우리나라 영농방식은 주곡자급의 달성등으로 큰 성과를 이루었음에도 불구하고 생산성향상 및 주곡외 작물에 대한 품종개량 및 구조개선 투자의 미흡으로 산업적인 면에서는 아직도 국제적으로 경쟁력이 약화되어 있고, 또 농촌인구의 감소와 노동력의 노령화, 부녀화에 따른 일손부족과 UR협상결과에 따른 농산물 수입자유화 진전등에 따라 대내외적으로 어려운 상황에 처해있다. 따라서 자본, 기술집약적이며 증가하는 고품질 수요에 부응할 수 있는 채소, 과수, 화훼 등의 원예산업, 특히 시설원예분야에 따른 영농방식의 자동화가 성장 잠재력을 갖춘 농수산업의 주요분야로 대두되고 있는 실정이다. 우리나라의 농업도 이와같은 국제적인 추세에 부응하기 위하여 경쟁력 있는 수출농업으로 전환하기 위한 첨단기술적이고 생산 효율적인 기반이 조성되도록 노력하고 있다.

생산효율적인 경지란 영농에 편리하며 단위당 생산성이 높고 노동력의 투입이 적은 경지를 말한다. 이를 위해서는 농도가 잘 정비되어야 하는데 이는 도로가 간단한 재료로 포장이 되고 도로망이 합리적으로 구성됨을 뜻한다. 또한 구역내에는 휴식공간을 마련하고 농촌경관을 풍요롭게 보이기 위해 간선농도와 간선용·배수로 주위에 친수성(親水性)이고 수려한 경관기능을 갖도록 조경을 계획하여야 한다. 이러한 기능은 농촌정비를 추진함에 있어 마을만을 중심으로 하기보다는 경지와 마을을 함께 고려하므로써 농민의 생산활동 환경을 쾌적하게 하여 생산성이 있는 경지가 되도록 하는 것이다. 한편 경지자체의 단위당 생산성을 높이기 위해서는 논관개는 물론 밭작물의 종류에 따라 적절한 관개시설이 필요하며 지표 및 지하배수를 계획하므로써 생산효율적인 경지가 될 수 있다.

2.5.2 첨단농업 시설의 확대

첨단농업시설을 위한 생산단지 조성사업의 목적은 다음 3가지로 요약할

수 있다. 첫째 기계화와 시설장비가 극히 취약한 시설원예, 채소, 과수, 양어 등 성장작목을 중심으로 시설을 현대화·자동화·기계화하는데 있고, 둘째 심층지하수를 함께 개발하여 기술, 자본 집약적인 시설농업 종합단지를 조성함으로써 개방화에 대응한 고품질, 고부가가치 농수산물을 생산하여 농어민의 소득증대를 도모하고, 셋째 종합시범단지를 농어민의 순회교육장으로 활용함으로써 개방화에 대한 대응력을 조기에 확산시키고자 하는데 있다. 또 부가적으로 첨단시설을 시범 설치함으로써 농업시설에 대한 지자체 업체의 연구개발 및 투자를 유발하고 농산물의 수출기반을 조성하는데 그 목적이 있다.

본 사업은 특히 지역적인 농업의 특성을 고려하여 기 조성된 과수·채소·화훼·양어등 주산단지를 중심으로 종합시범단지를 육성하고자 추진하고 있으며 시범단지에는 생산기반시설, 현대화된 생산 및 유통시설을 집중 지원하되 기존단지에 추가적으로 보완되어야 할 분야와 기계화 및 시설현대화 및 자동화에 필수적인 분야를 집중적으로 추진하고 있다. <표 2.5.1>은 첨단농업시설에 대한 생산단지 조성사업의 기관별 담당업무를 정리한 것이다.

<표 2.5.1> 첨단농업시설에 대한 생산단지 조성사업

| 기 | 관 | 담 | 당 | 업 | 무 | |
|---|---|---|---|---|-----------------------|---|
| 농 | 림 | 수 | 산 | 부 | 지구선정, 사업계획 승인 | |
| 시 | · | 군 | | | 사업계획수립, 농가선정 | |
| 농 | | 민 | | | 사업신청, 시설계획수립, 업체선정 발주 | |
| 농 | 어 | 촌 | 진 | 흥 | 공사 | 지구선정 및 시설계획수립 기술지원 심층지하수 조사, 설계, 시공개발 생산시설, 용수공급시설, 유통시설 등 시설물의 조사설계, 시공감리 사항 각종 기술지원 및 AS 지원 |

한편 첨단시설 농업에서 물의 역할은 매우 중요하다. 왜냐하면 농산물의 고품질 및 고부가가치를 위해서는 수요적기에 생산물을 공급해야 하며 이를 위해서는

물이 가지고 있는 작물의 성장조절 기능을 이용하여야 하기 때문이다.

따라서 첨단시설농업에서는 다른 농업과는 달리 세밀한 물관리가 요구되었고 이러한 요구를 충족시키기 위한 물관리 방식이 채택되었다. 즉 작물이 필요로 하는 물의 양을 정확하고 신속하게 예측하면서 동시에 취수, 배수등에 대한 관개 구역내의 정보를 수집할 수 있는 시스템과 수집된 정보에 따라 합리적으로 물을 배분하면서 관련된 물관리시설을 효율적으로 운용하도록 제어·관리시스템을 도입하게 하였다.

이와같은 물관리시스템의 도입은 필요수량을 안전하고 확실하게 공급할 수 있고 또한 물관리의 편리를 위하여 용수로를 관수로화 시켰으며 또한 공급할 용수량의 제어를 용이하게 하고 물관리 효율을 최대한으로 높이기 위해 살수관개(sprinkler irrigation)나 물방울관개(trickling irrigation), 수경재배(water culture)등을 채택하는 등 관개방식을 변화시켰다.

이러한 첨단시설농업의 확대와 이의 물관리 방법은 관개구역내에서 물 소비형태를 변화시켰다. 즉 용수로의 관수로화는 기존의 토공수로보다 송수되는 과정에서 용수손실(간선 : 9.64%, 지선 : 15.55%, 지거 : 12.34% ; 김철희외, 1972)의 원인으로 작용하였던 침윤손실, 증발손실, 무효수(operational water)를 없애 송수효율을 높히므로 전체적으로 용수량을 감소시키는 요인이 되었다. 또한 살수관개나 물방울관개와 같은 관개방법도 관개수량을 토양수분함유량 즉 침투능을 초과하지 않도록 하면서 식물에 필요한 물을 공급할 수 있어 토양증발량을 줄이고 삼투량을 방지하므로 용수량을 감소시키는 요인으로 작용하였다.

그러나 첨단시설농업의 특징은 논과 같이 단일작목의 재배가 아니라 재배작목에 따라 다양하며 작부체계도 복잡하다. 따라서 작물의 소비수량이 다르고 작목마다 생육기간이 달라 첨두용수량 발생시기도 다르게 나타날 것이며 토성과 토양구조도 물의 소비구조를 변화시킬 것이다.

또 다른 첨단시설농업의 특징은 연중 계속해서 작물을 재배하므로 관개수량도

연중 사용될 것이며 경우에 따라서는 유효수량의 혜택을 거의 받지 못하므로 완전히 관개수량에 의존해야 할 때도 있다.

이와같은 특징을 볼 때 첨단시설영농에서 필요수량은 작물별, 작부체계별로 소비수량산정이 정립된 후에야 규명되겠지만 년중 계속해서 용수량을 사용하므로서 종래와 달리 비관개기에서도 용수사용량을 증가시켰다.

2.5.3 농업기계화의 현황과 전망

농업기계화는 1970년대 초기부터 정부의 공업화 시책이 본격화되면서 시작되었다. 이당시 농업에 대한 노동력이 서서히 공산품을 위한 생산부분으로 이동하기 시작하였고, 1970년대 후반부터는 이동현상이 현저해짐에 따라 농촌의 노동임도 급등하게 되었다. 이에 따라 정부는 1978년 농업기계화 촉진법을 제정하여 농업기계화 정책의 기반을 마련하였다.

1980년대의 농촌은 노동력의 대부분이 도시로 빠져나가고 농촌인구의 감소가 가속화됨에 따라 정부는 부족한 농업노동력을 기계화로 대체하기 위하여 농기계 구입자금을 농가에 융자해 주었다. 1990년대에 들어서 점차 농업이 세계적인 경쟁력을 갖추도록 하기 위해 법적인 뒷받침의 필요성이 대두되어 “농어촌발전 특별조치법(1990. 4월)”이 제정되었다. 이 법에 근거하여 1991년에 “위탁영농회사”, 1992년에 “기계화 전업농” 과 “영농조합 법인”이 만들어지면서 농업기계화 정책은 그 조직면에서 체계화 되었다.

가. 수도작의 기계화율

지금까지 우리나라의 농업기계화는 정부의 정책적인 지원에 의하여 그 방향과 공급량이 결정되었다. 그러나 앞으로 농업이 다양화, 고품질화되고 기술과 자본이 집약되는 농업으로 농촌경제 여건이 좋아짐에 따라 수요자인 농민들의 요구에 의하여 농기계 공급방향과 수량이 결정될 것이다. 이와같은 정부주도의 농

업기계화는 주로 쌀의 자급자족을 위한 기본개념에서 추진되었기 때문에 <표 2.5.2>에서 보는바와 같이 수도작의 작업별 기계화율이 91%이상으로 나타났다.

<표 2.5.2> 벼농사의 농작업별 기계화율

(단위 : %)

| 년도 | 작업 | 주 작 업 | | | | 방 제 | 건 조 |
|-----|----|-------|-------|-----|-----|-----|------|
| | | 평 균 | 경운·정지 | 이 양 | 수 확 | | |
| '90 | | 78 | 84 | 78 | 72 | 93 | 14.5 |
| '91 | | 84 | 87 | 85 | 80 | 93 | 16.0 |
| '92 | | 88 | 91 | 89 | 84 | 92 | 18.0 |
| '93 | | 91 | 96 | 92 | 87 | 95 | 21.0 |
| '94 | | 93 | 96 | 93 | 91 | 94 | 26.0 |
| 참고 | 일본 | 99 | 100 | 99 | 99 | 100 | 89.0 |
| | 대만 | 99 | 100 | 99 | 99 | 99 | - |

※자 료 : 농수산 통계, 유통경제 통계 담당관실(농가 경제조사 표본농가 3/40호 조사)

표에서 보는 바와 같이 경운·정지기계화율은 최근 5년간 12%의 신장율을 보였고 이양은 15%, 수확은 19%로 신장되었으며 평균적으로 15%의 성장을 보였다. 그러나 방제작업의 기계화율은 최근 5년간 1~2%의 증가만 보였으며 수확 후 작업인 벼건조의 기계화율은 최근 5년간 11.5% 성장하여 '94년 현재 26%의 기계화율을 보이고 있다.

나. 농업기계의 보유현황

우리나라의 1994년도 주요 농업기계의 보유현황을 살펴보면 <표 2.5.3>과 같다. 즉 동력경운기는 보급율이 53.7%로서 농가 1.9호당 1대를 보유하고 있으며 '93년도에 비하여 그 보급율이 3.5%나 증가하였다. 농용트랙터는 88,700대로 보급율이 5.7%로서 농가 17.6호당 1대를 소유한 것으로 나타났으며 '93년도에 비하여 보급율이 0.9% 증가하였고, 이양기는 229,400대로 보급율이 14.7%로 농가

6.8호당 1대를 소유한 것으로 나타나 '93년도에 비하여 보급률이 1.4% 증가하였다. 콤바인의 경우 현재 보급율이 4.5%이며 농가 22.2호당 1대를 소유한 것으로 나타났다. 특기사항으로는 과일 선별기와 농업용 온풍난방기의 보유대수가 점차 확산되는 것으로 보아 우리나라의 시설농업이 크게 신장되고 있음을 보여주는 것으로 판단된다. 그리고 일본과 비교하여 특이한 사항은 우리나라의 경우 경운기 보급율이 53.7%로서 농용트랙터 보급율 5.6%에 비하여 9.4배 높은데 반하여 일본의 경우는 농용트랙터의 보급율이 71%로서 경운기 보급율 60%보다 높게 나타난 점이다. 이와같은 현상은 우리나라 농촌에 농업용 트랙터 보급율이 크게 신장될 가능성을 보여주는 것으로 생각된다.

<표 2.5.3> 주요 농업기계 보유현황

| 기종별 | '94 공급대수 (천대) | '94말 보급대수 (천대) | 보유율 (%) | 대당호수 (톤) | 비고 | |
|----------|---------------------|----------------------|------------|-------------|---|---|
| 동력경운기 | 81.8 | 836.8 | 53.7 | 1.9 | · '94말 농가호수 : 1,668천톤 · 보급율은 농가 호수에 대한 보급 대수의 백분율 | |
| 농용트랙터 | 14.5 | 88.7 | 5.7 | 17.6 | | |
| 콤바인 | 8.0 | 70.2 | 4.5 | 22.2 | | |
| 동력이앙기 | 29.2 | 229.4 | 14.7 | 6.8 | | |
| 관리기 | 44.2 | 201.5 | 12.9 | 7.7 | | |
| 곡물건조기 | 4.9 | 34.4 | 2.2 | 45.3 | | |
| 농업용온풍난방기 | 7.3 | 33.8 | 2.2 | 46.1 | | |
| 과일선별기 | 3.1 | 9.3 | 0.6 | 167.5 | | |
| 바인더 | 4.8 | 66.4 | 4.3 | 23.5 | | |
| 일본 | 동력경운기 | | 1,743 | 60 | 1.6 | · 보유대수 : '94. 5 월 기준 · 대당호수 : % |
| | 농용트랙터 | | 2,041 | 71 | 1.4 | |
| | 이앙기 | | 1,861 | 64 | 1.5 | |
| | 콤바인 | | 1,158 | 40 | 2.4 | |

※ 자료 : 농림수산부 농업기계과, 1995

다. 농업기계 이용실태

<표 2.5.4>에서 보는 바와 같이 주요 농업기계의 이용실적중 타인의 기계를 이용한 면적이 전년도보다 증가한 기종은 트랙터와 콤바인이며 나머지 기종은 타가이용면적이 전년도와 같게 나타났다. 이와같은 결과는 트랙터와 콤바인의 보급 잠재력이 매우 큰 것임을 나타내 주며 트랙터와 콤바인의 대당수익률이 <표 2.5.5>에서 보는 바와 같이 최고치를 기록한 것과 밀접한 관계가 있다.

<표 2.5.4> 주요 농기계 이용실적

(단위 : ha)

| 구 분 | 작 업 명 | '92 | | | '93 | | | '94 | | |
|-------|-------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|
| | | 계 | 자가 | 타인 | 계 | 자가 | 타인 | 계 | 자가 | 타인 |
| 경 운 기 | 경운,정지 | 2.6 | 2.0 | 0.6 | 2.2 | 1.8 | 0.4 | 1.9 | 1.5 | 0.4 |
| 트 렉 터 | " | 18.5 | 4.9 | 13.6 | 15.6 | 4.8 | 10.8 | 17.4 | 1.3 | 12.1 |
| 이 앙 기 | 이 앙 | 4.3 | 1.5 | 2.8 | 2.7 | 0.6 | 2.1 | 3.6 | 1.5 | 2.1 |
| 바 인 더 | 수 확 | 1.6 | 1.0 | 0.6 | 1.6 | 1.0 | 0.6 | 1.5 | 0.9 | 0.6 |
| 콤 바 인 | 수확,탈곡 | 11.5 | 2.0 | 9.5 | 9.5 | 2.1 | 7.5 | 10.3 | 2.0 | 8.3 |

※ 자 료 : 농수산통계관실, 유통경제 통계담당관실

<표 2.5.5> '94 농기계 이용현황(대당)

(단위 : 천원)

| 구 분 | 수 입 (A) | | | 지 출 (B) | | | 차액 (A-B) |
|-------|---------|-------|-------|---------|-----|-------|-------------|
| | 계 | 경운·정지 | 기 타 | 계 | 유류비 | 기 타 | |
| 경 운 기 | 1,065 | 357 | 708 | 812 | 31 | 781 | 253 |
| 트 렉 터 | 3,821 | 3,305 | 516 | 2,598 | 102 | 2,496 | 1,223 |
| 이 앙 기 | 837 | - | 837 | 507 | 12 | 495 | 330 |
| 바 인 더 | 394 | - | 394 | 374 | 6 | 368 | 20 |
| 콤 바 인 | 3,584 | - | 3,584 | 2,026 | 61 | 1,965 | 1,558 |

※ 자 료 : 농수산통계실

또, 주요 농기계 대당의 작업면적은 <표 2.5.6>에서 보는바와 같이 농업기계 종류별 증가 또는 감소한 면적을 알 수 있다.

여기에서 이앙기의 작업면적은 직파 보급면적이 확대됨으로 인해 감소됨을 알 수 있고 경운기의 경운, 정지면적은 매년 증가추세에 있는 경운기의 보급대수가 증가한 결과로 생각할 수 있다.

<표 2.5.6> 주요 농기계 대당작업 면적

(단위 : ha)

| 구 분 | '90 | '91 | '92 | '93 | '94 | |
|-------|------|------|------|------|------|-----|
| 경 운 기 | 3.2 | 2.7 | 2.6 | 2.2 | 1.9 | |
| | 경 운 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 0.9 |
| | 정 지 | 1.7 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 트 랙 터 | 19.6 | 17.7 | 18.5 | 15.6 | 17.3 | |
| 이 앙 기 | 4.4 | 4.2 | 4.3 | 2.7 | 3.6 | |
| 바 인 더 | 2.2 | 1.8 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | |
| 콤 바 인 | 11.3 | 10.5 | 11.5 | 9.5 | 10.3 | |

2.5.4 기계화와 용수량의 변화

농기계의 확대 보급 및 대형화 추세는 토지이용을 극대화 시키고 농작업체계를 변화시킬뿐 아니라 농업기계의 이용효율 측면에서 농지규모의 대구획화를 요구하며 또한 농기계의 대형화로 1일 작업량이 증가되는 등 농가의 영농규모를 변화시키고 있다.

<표 2.5.6>에서도 알 수 있듯이 트랙터와 콤바인의 경우 '93년에 비해 각각 1.7%, 0.8%가 증가한 반면 경운기와 바인더는 감소추세를 보이고 있다. 이와같은 현상은 우리나라 농업기계화가 작업의 편이성등을 고려하여 대형화되고 있음

을 알 수 있다.

결국 기계화에 따라 수반되는 생산기반, 농작업체계 및 영농규모의 변화는 일시에 많은 용수량을 요구할 것이며 따라서 용수량에 대한 변화의 폭도 클 것이다. 그 예로 정등(농림수산부, 1994)은 <표 2.5.7>에서와 같이 농기계이용효율을 고려한 경지의 대구획화를 전제로 용수량의 변화를 검토한 결과 대구획시의 설계용수량이 현행구획 즉 장변이 100m인 경우 보다 적게는 10%에서 많게는 20%정도 증가한다고 밝힌 바 있다.

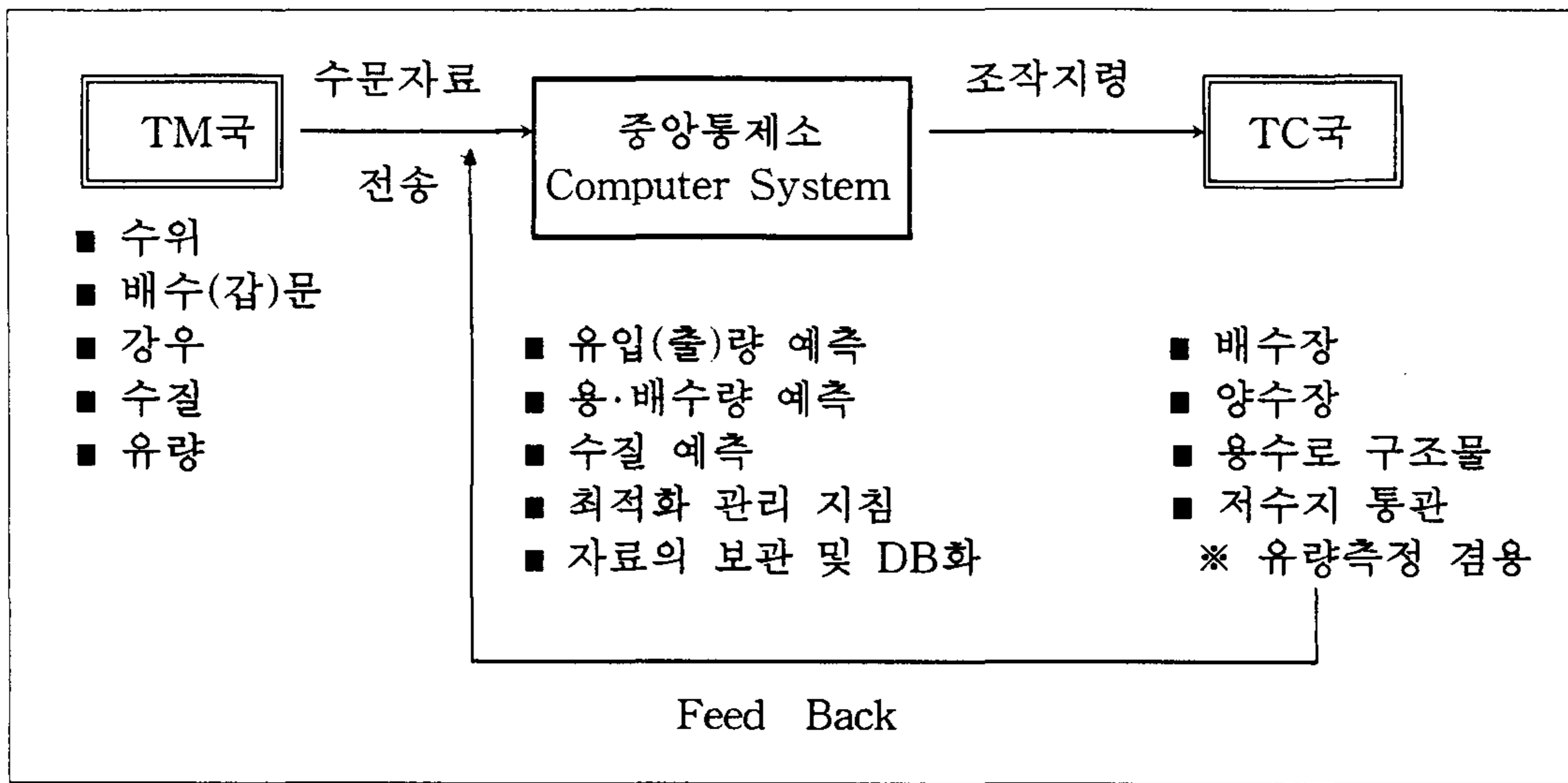
<표 2.5.7> 설계용수량의 변화

| 조 건 | | | | 단위용수량(m ³ /sec/ha) | | 설계용수량 | |
|------------|--------------------|-------------------|------------|-------------------------------|--------------|---------------------|-----|
| 장 변 (m) | 이 양 용수량 (mm) | 수 로 손 실 (%) | 수 로 재 료 | 써 레 질 용 수 량 | 관 리 용 수 량 | m ³ /sec | % |
| 100(현 행) | 140 | 10 | 토 공 | 0.0183 | 0.0013 | 0.0915 | 100 |
| 150(대구획) | 160 | 10 | 토 공 | 0.0206 | 0.0013 | 0.1063 | 116 |
| 200(대구획) | 160 | 10 | 토 공 | 0.0206 | 0.0013 | 0.1095 | 120 |
| 150(대구획) | 160 | 5 | 콘크리트 | 0.0195 | 0.0012 | 0.1005 | 110 |
| 200(대구획) | 160 | 5 | 콘크리트 | 0.0195 | 0.0012 | 0.1035 | 113 |

* 자 료 : 정창주의, 1994

2.5.5 물관리의 자동화

합리적인 물관리는 현대적인 전자장비와 고도의 수문모형(水文模型)에 의해서만 가능하다. 여기에는 평상시 용·배수관리와 홍수관리 및 수질관리가 있으며 그 기본원리는 다음 <그림 2.5.1>과 같다.



<그림 2.5.1> 농업생산기반의 자동물관리 기본시스템

<그림 2.5.1>에서 보는바와 같이 수위, 강우(이는 타 기관의 측정치 사용가능), 수질 및 유량을 센서로 측정한 다음 유·무선 통신시설에 의해 중앙통제소로 자료를 전송하여 각종 수문모형에 의해 예측을 시행하고 그 결과에 따라 시설물을 통제하는 조작지령을 내리게 된다. 따라서 각 시설물에 부착되어 있는 유량측정장치에 의해 조작지령의 시행여부를 감시하여 잘못 조작되는 경우 feed back에 의해 수정 지령이 하달된다. 이 기본시스템을 기초로 하여 물관리의 종류와 지구별 특성에 따라 조금씩 변형하여 적용하면 된다.

2.6 대구획화 경지

벼 농사의 생산성 향상과 비용 절감을 위해 농지규모화 사업과 더불어 경지의 대구획화가 요구되고 있다. 대구획화의 효과로서는 기계화에 의한 노동생산성의 향상 이외에 도로, 수로, 논둑 밀도 등의 감소에 의한 경지면적의 확대와 평야지인 경우 공사비를 절감할 수 있으며 경지의 집단화를 촉진하여 포장의 영세성과 분산성을 해소할 수 있고 유지관리비를 절감할 수 있다. 그러나 대구

획화 경지를 정비함에 있어서 논외 평편도와 용·배수 관계를 보완해야 한다.

경지를 대구획화하므로서 발생하는 용수량의 변화로서는 용·배수관계를 보완하므로서 일어나는 용·배수로의 배치 때문이다. 즉 용수로를 포장 필지의 장변에 배치하게 되는데 이로 인해 논에 담수할 때까지 소요되는 시간이 길어져 수로와 경지 내의 손실이 증대되므로서 용수량이 증가하게 된다. 특히 시기적으로 불때 썩레질과 초기 담수시에 이러한 현상이 발생하므로 수원공의 급수능력에 영향을 미치게 된다. 만약 담수를 단시간에 하고자 할 경우 용수로의 단면이 증대되거나 다른 암거배수와 같은 급수시설을 설치해야 한다.

제3장 직파재배 소비수량 시험

3.1 작물계수 시험

3.2 포장용수량 시험

여 백

제3장 직파재배 소비수량 시험

3.1 작물계수 시험

3.1.1 시험목적

논에서 필요로 하는 작물의 소비수량은 크게 나누어 작물의 증산작용 및 답면에서 필요로 하는 증발량 그리고 토양조건에 따라 변화하는 삼투량으로 구분할 수 있다. 그 중 증발산량은 작물의 생육단계와 기상조건의 영향을 가장 많이 받으므로 이에 대한 실험적 연구를 시행함으로써 이론적으로 계산된 잠재증발산량과의 관계에서 작물계수를 유도할 수 있다.

따라서 본 연구는 영농방식 변화의 일환으로 선정된 벼의 직파재배 방식에 대한 작물의 소비수량 시험을 실시하고 작물계수를 유도하여 작물의 실제증발산량을 유도함과 동시에 향후 개발할 필요수량추정 모형개발에 이용할 기초자료를 얻는데 그 목적이 있다.

3.1.2 시험포장

가. 기간

1995. 5. 2 ~ 1995. 10. 30

나. 위치

작물계수 시험은 중부지역인 수원과 남부지역인 대구에서 나누어 실시하였으며 시험포장의 위치는 아래와 같다.

- 1) 수원 : 경기도 수원시 서둔동 서울대학교 농업생명과학대학 부속농장
- 2) 대구 : 대구광역시 북구 산격동 경북대학교 농과대학 부속농장

다. 토양특성

각 지역의 시험포장에서 채취한 3점의 토양에 대해 이화학적 성질을 분석

하였다. 이에 대한 지역별 평균값은 <표 3.1.1>과 같다. 표에서 보는바와 같이 수원시험포장은 모래가 70%로 사양토이며 대구시험포장은 모래가 29%인 반면에 실트와 점토가 각각 34%, 37%로 식양토였으며 한편 산성도와 유기물함유량은 수원이 대구보다 다소 많은 것으로 나타났다.

<표 3.1.1.> 시험포장의 토양특성

| 항 목 지 역 | pH | O. M. (%) | 입 도 분 석 (%) | | | 토 성 |
|------------|-----|--------------|-------------|-----|-----|-----|
| | | | 모 래 | 실 트 | 점 토 | |
| 수원 | 5.3 | 2.00 | 70 | 23 | 7 | 사양토 |
| 대구 | 6.2 | 1.43 | 29 | 34 | 37 | 식양토 |

마. 시험포장 전경

수원과 대구의 시험포장 전경은 <그림 3.1.1(a), (b)>와 같다.



<그림 3.1.1(a)> 시험포장 (수 원)



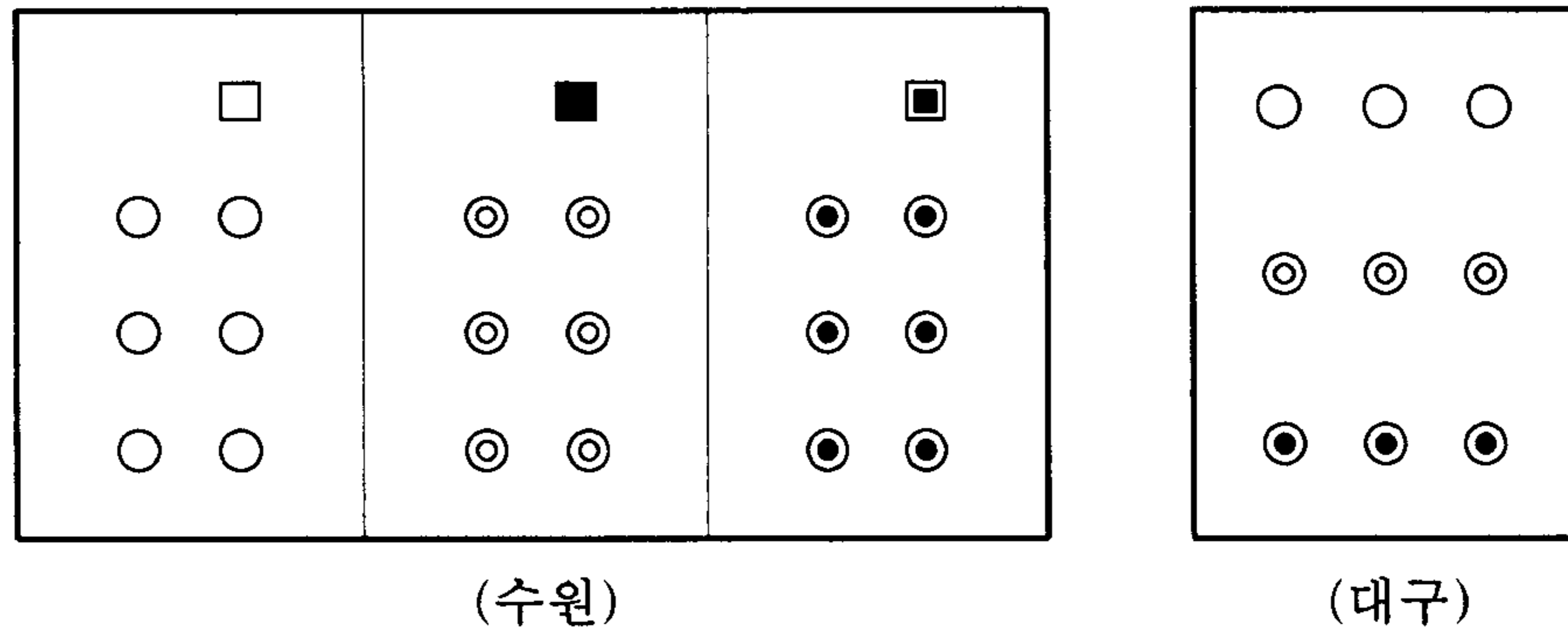
<그림 3.1.1(b)> 시험포장(대 구)

라. 시험구 배치

시험구 배치는 수원지역의 경우 증발산량과 삼투량을 측정하기 위하여 유저형과 무저형 라이시메타를 사용하였다. 증발산량의 측정을 위해서는 조생종, 중생종, 만생종의 품종에 대하여 6cm의 담수심으로 6반복으로 측정할 수 있도록 18개의 원형 유저라이시메타를 배치하였다.

또한 교차 검증을 위한 사각형 라이시메타도 조생종, 중생종, 만생종에 대하여 각각 1개씩 배치하여 측정하도록 하였다.

대구지역은 증발산량 측정을 위하여 조생종, 중생종, 만생종 품종별로 3반복으로 측정할 수 있도록 총 9개의 원형 유저라이시메타를 시험구에 배치하였다. 수원지역과 대구지역의 시험구 배치현황은 <그림 3.1.2>과 같다.



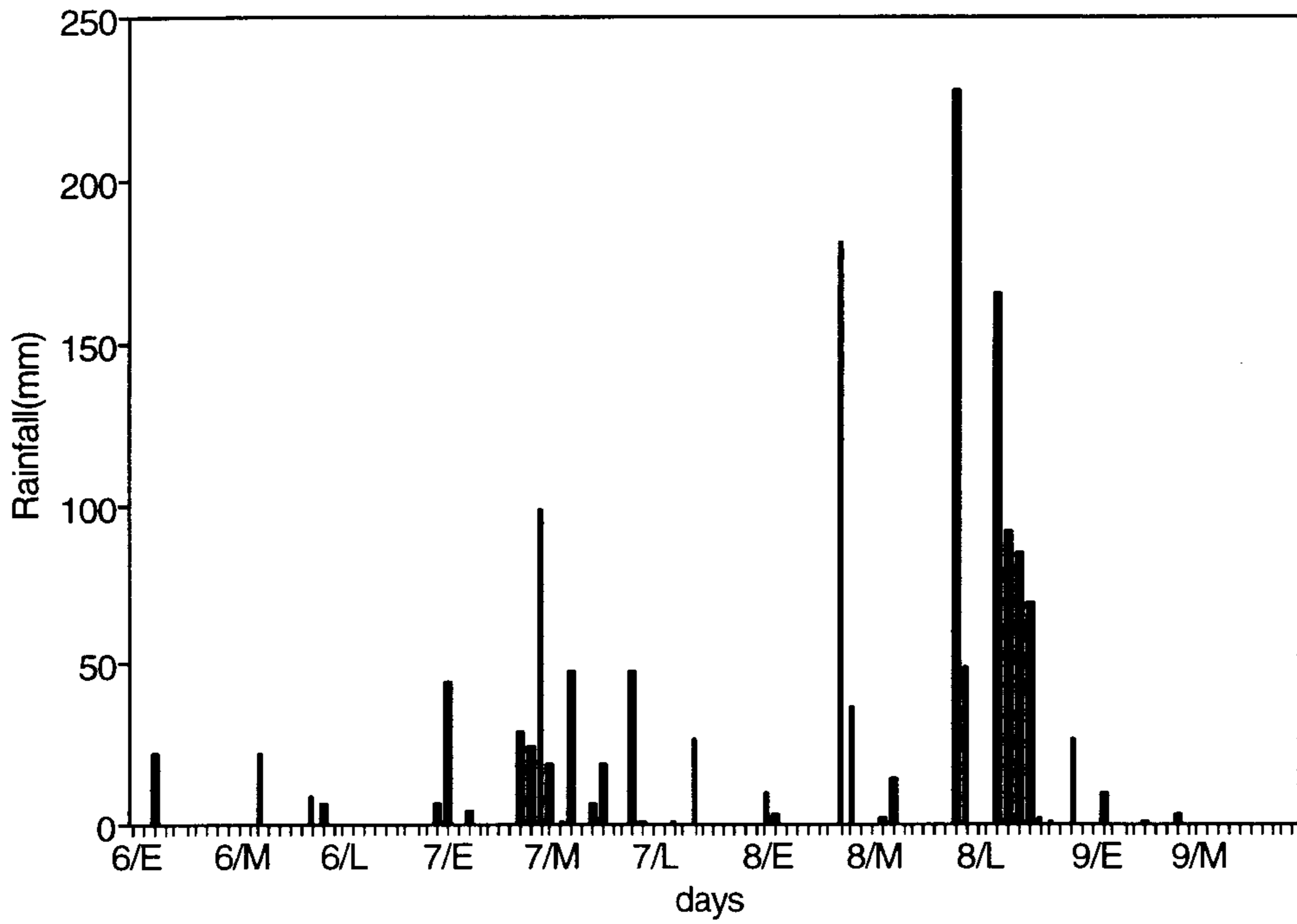
- 유저형 라이시메타(조생종, 6cm 담수심)
- ◎ 유저형 라이시메타(중생종, 6cm 담수심)
- 유저형 라이시메타(만생종, 6cm 담수심)
- 유저형 사각 라이시메타(조생종, 6cm 담수심)
- 유저형 사각 라이시메타(중생종, 6cm 담수심)
- ▣ 유저형 사각 라이시메타(만생종, 6cm 담수심)

<그림 3.1.2> 수원과 대구 지역의 증발산량 측정 시험포장 배치도

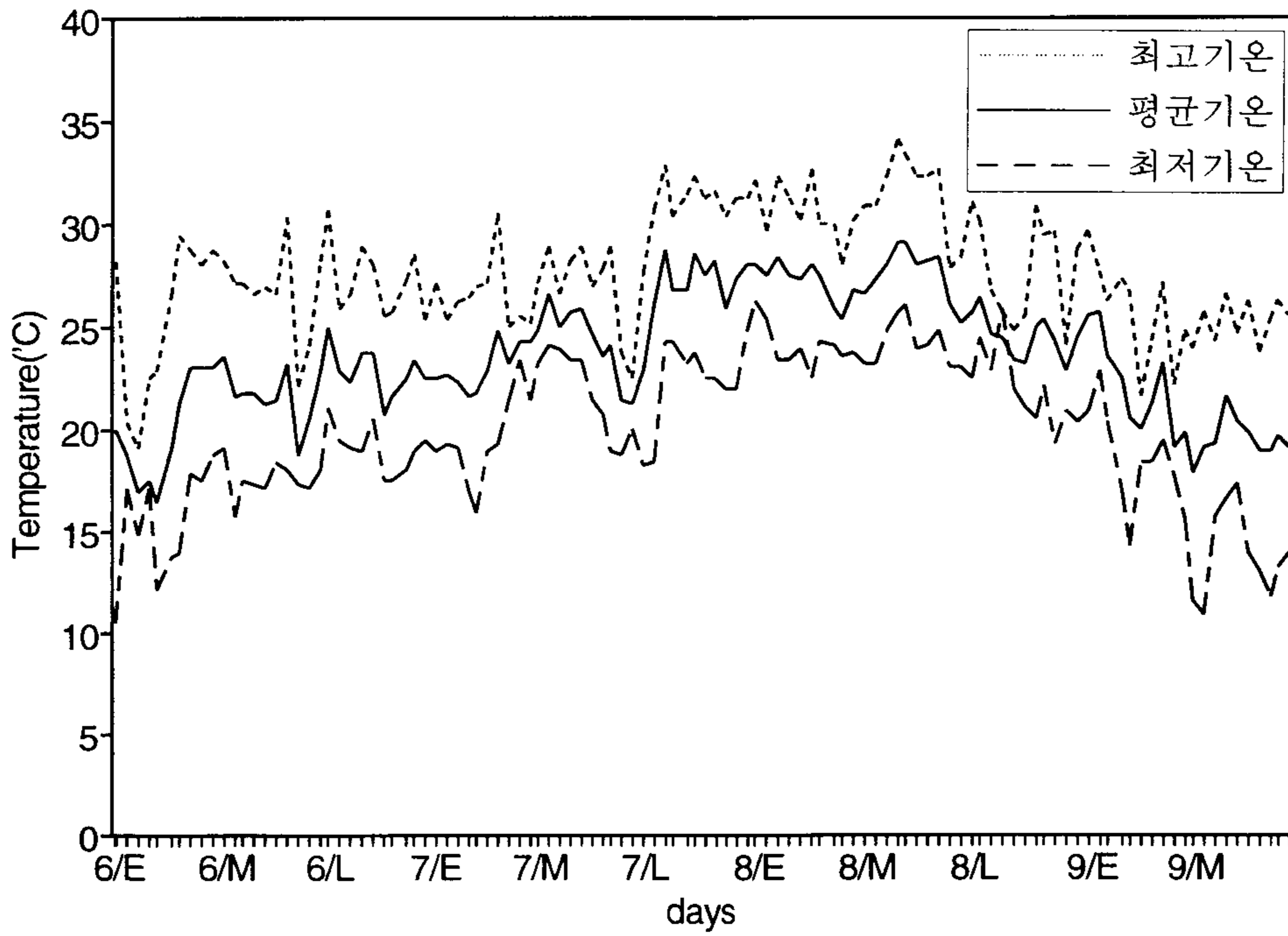
3.1.3 기상자료

가. 수원

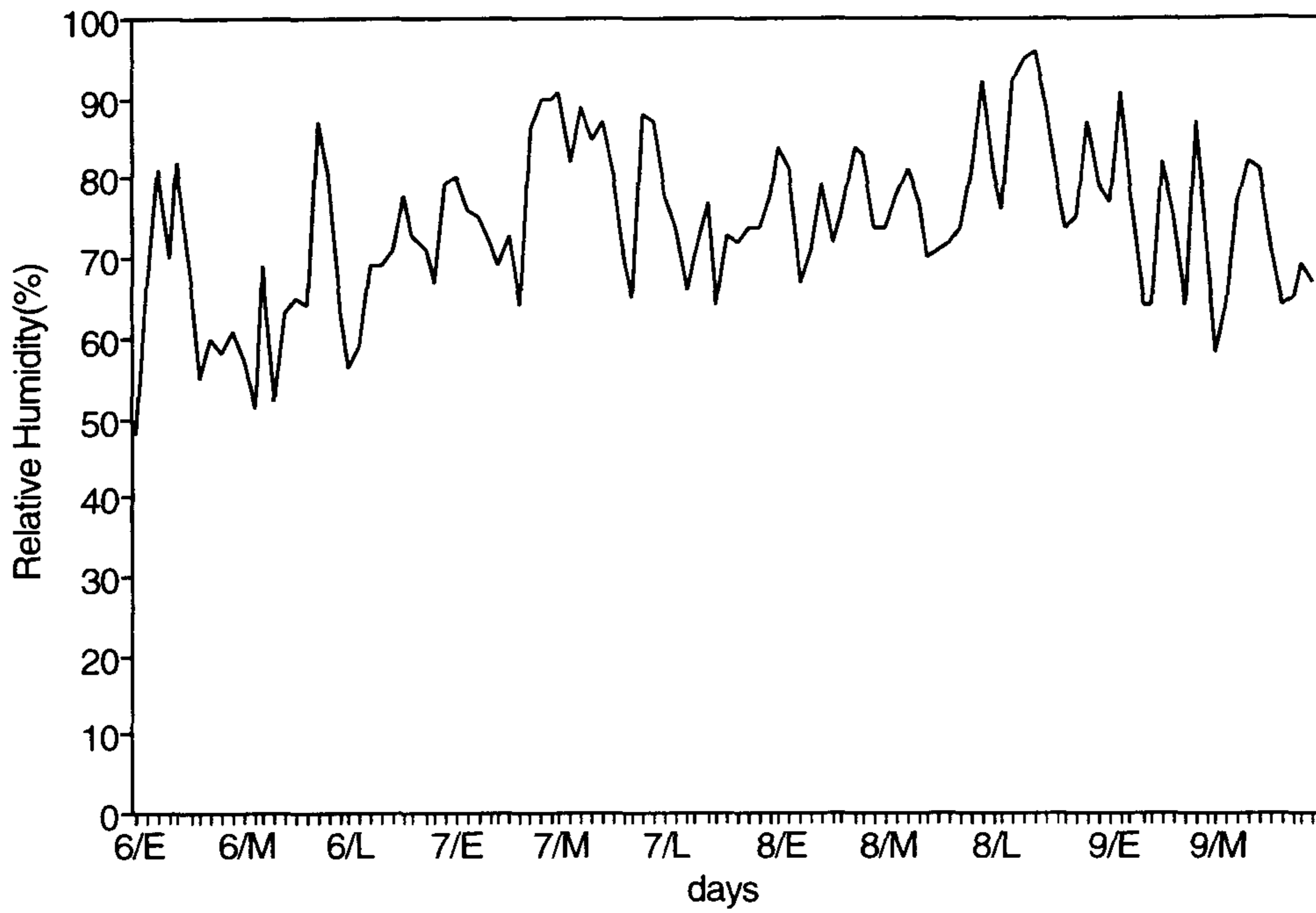
잠재증발산량의 산정을 위한 일별 기상자료는 수원지역의 경우 시험포장에서 약 1km떨어진 곳에 위치한 수원축후소의 기상자료를 이용하였다. 잠재증발산량산정에 사용된 중요한 기상인자의 일별변화는 <그림 3.1.3(a)~(e)>에 나타나 있다. 그림에서 나타난 바와같이 포장시험기간중 강우량은 6, 7월에는 없다가 8월에 967.9mm가 내려 30개년(1961~1990)평균치인 290.9mm의 3배 이상을 나타냈으며 8월 19일에 227.3mm가 내려 시험기간중 일별 최대 강우량을 기록하였다. 기온은 7월 하순부터 상승하기 시작하여 8월 중순에 최대 34.1℃를 나타낸 반면에 최소는 6월 초순에 16.7℃를 기록하였다. 또한 상대습도는 8월 하순에 95%로 최대를 나타냈고, 일사량과 일조시간은 강우가 많았던 7월 중순과 8월 하순에 적게 나타난 반면에 7월 하순경에는 생육기간중 최대를 나타냈다. 평균풍속의 경우는 7월 중순경에만 다소 크게 나타났음을 알 수 있다. 한편 일별기상자료는 「부록 I-A」에 수록하였다



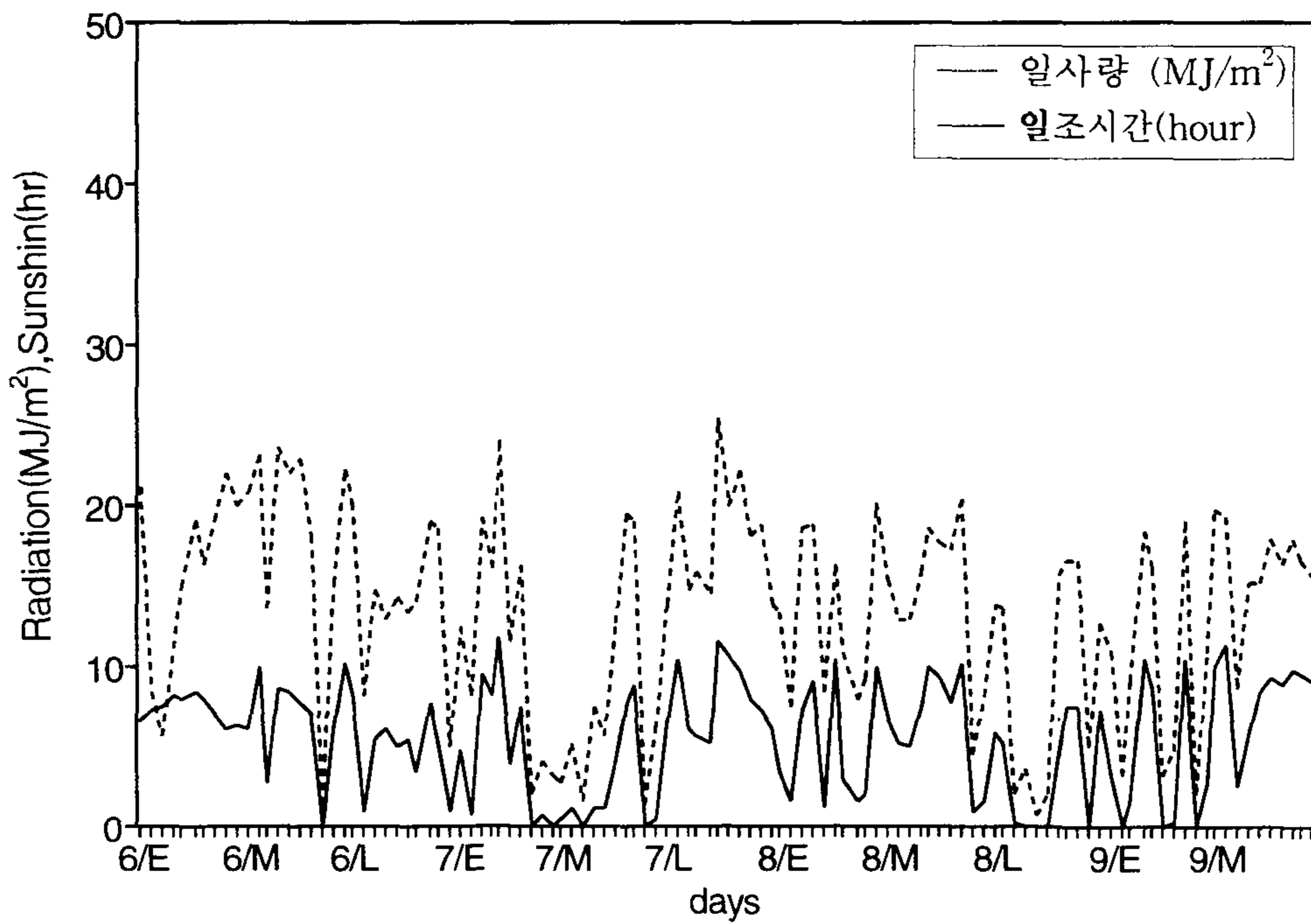
<그림 3.1.3(a)> 강우량의 일별 변화(수원)



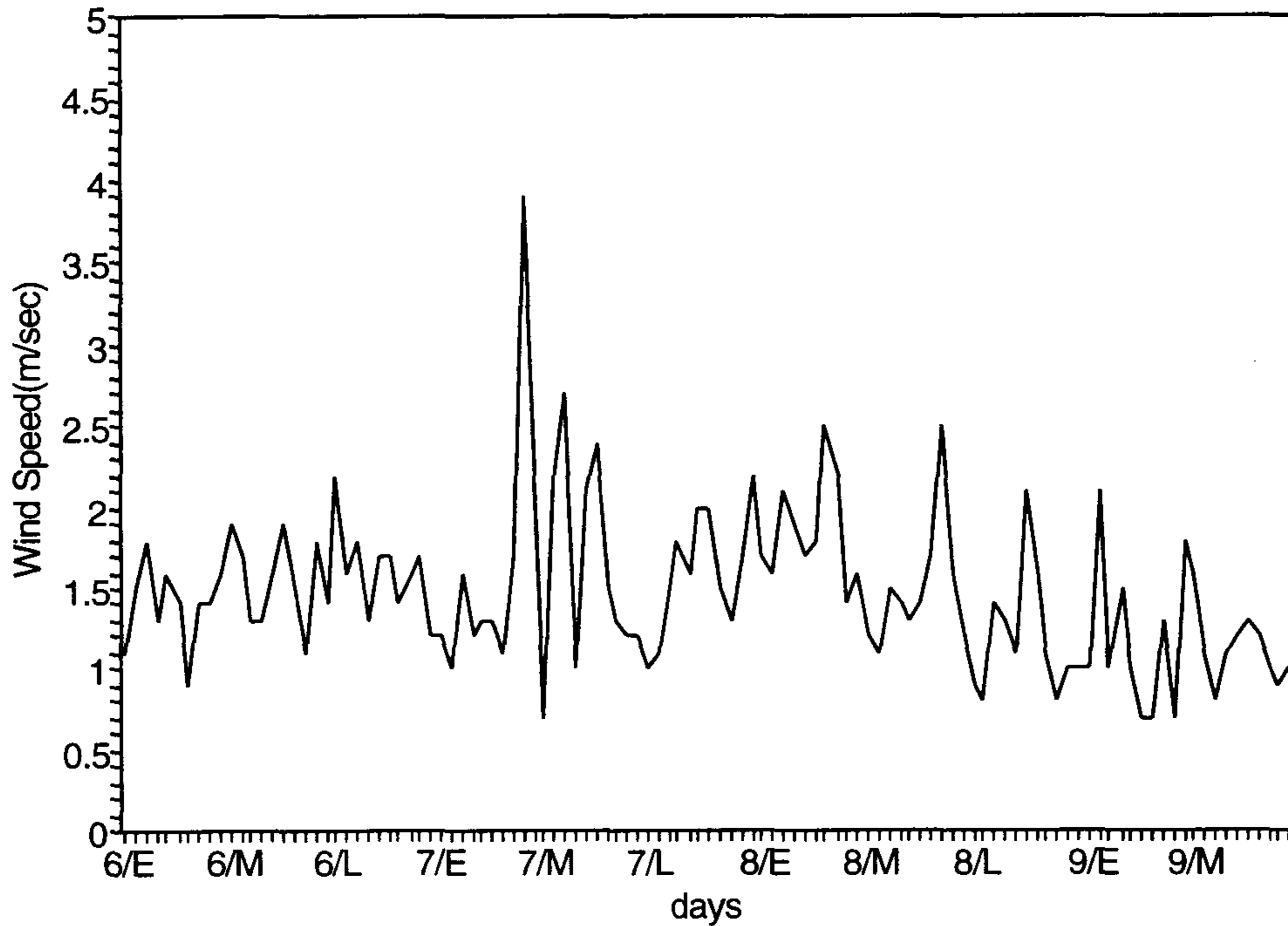
<그림 3.1.3(b)> 최대, 최소, 평균기온의 일별 변화(수원)



<그림 3.1.3(c)> 상대습도의 일별 변화(수원)



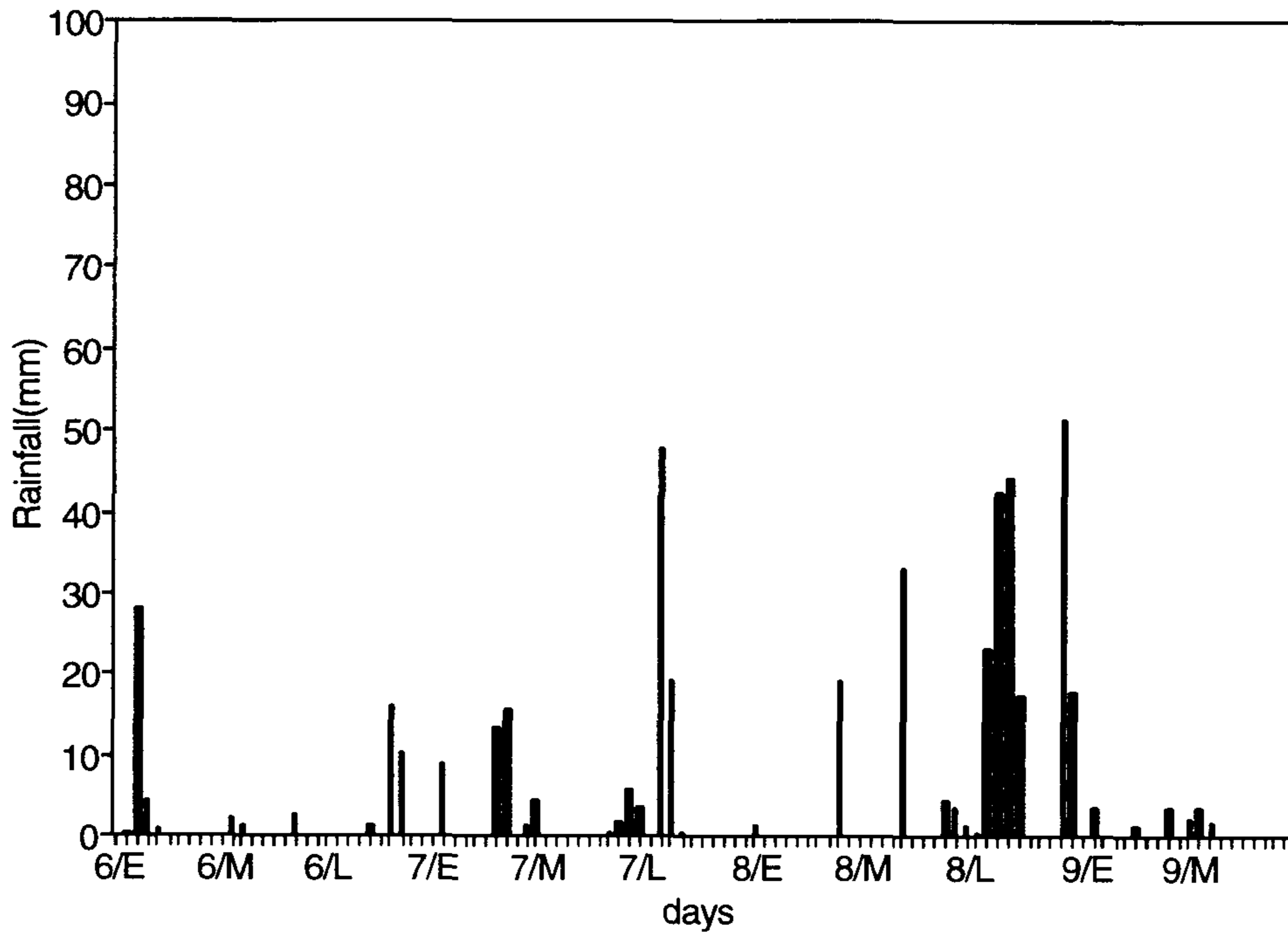
<그림 3.1.3(d)> 일사량, 일조시간의 일별 변화(수원)



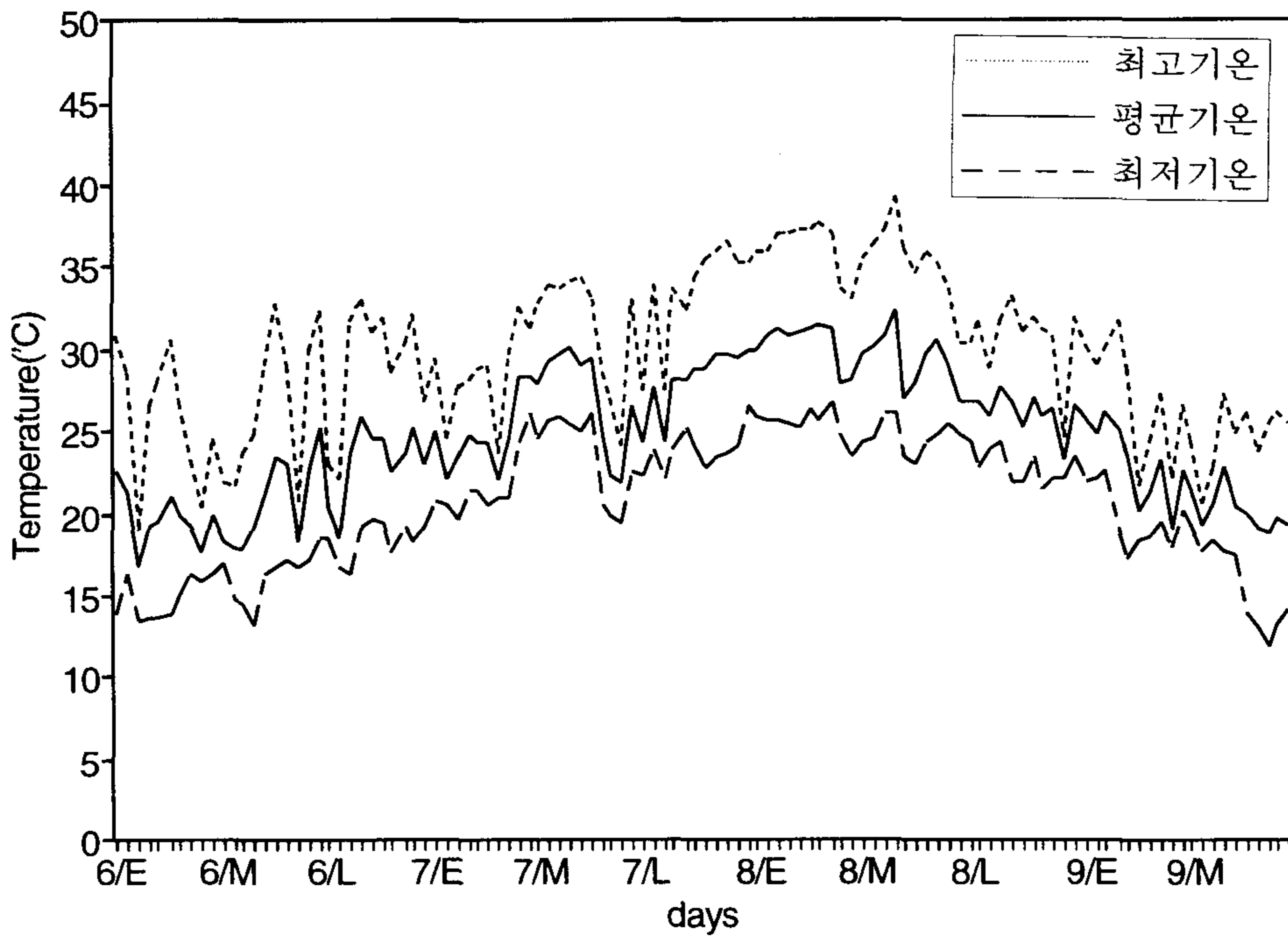
<그림 3.1.3(e)> 평균풍속의 일별 변화(수원)

나. 대구

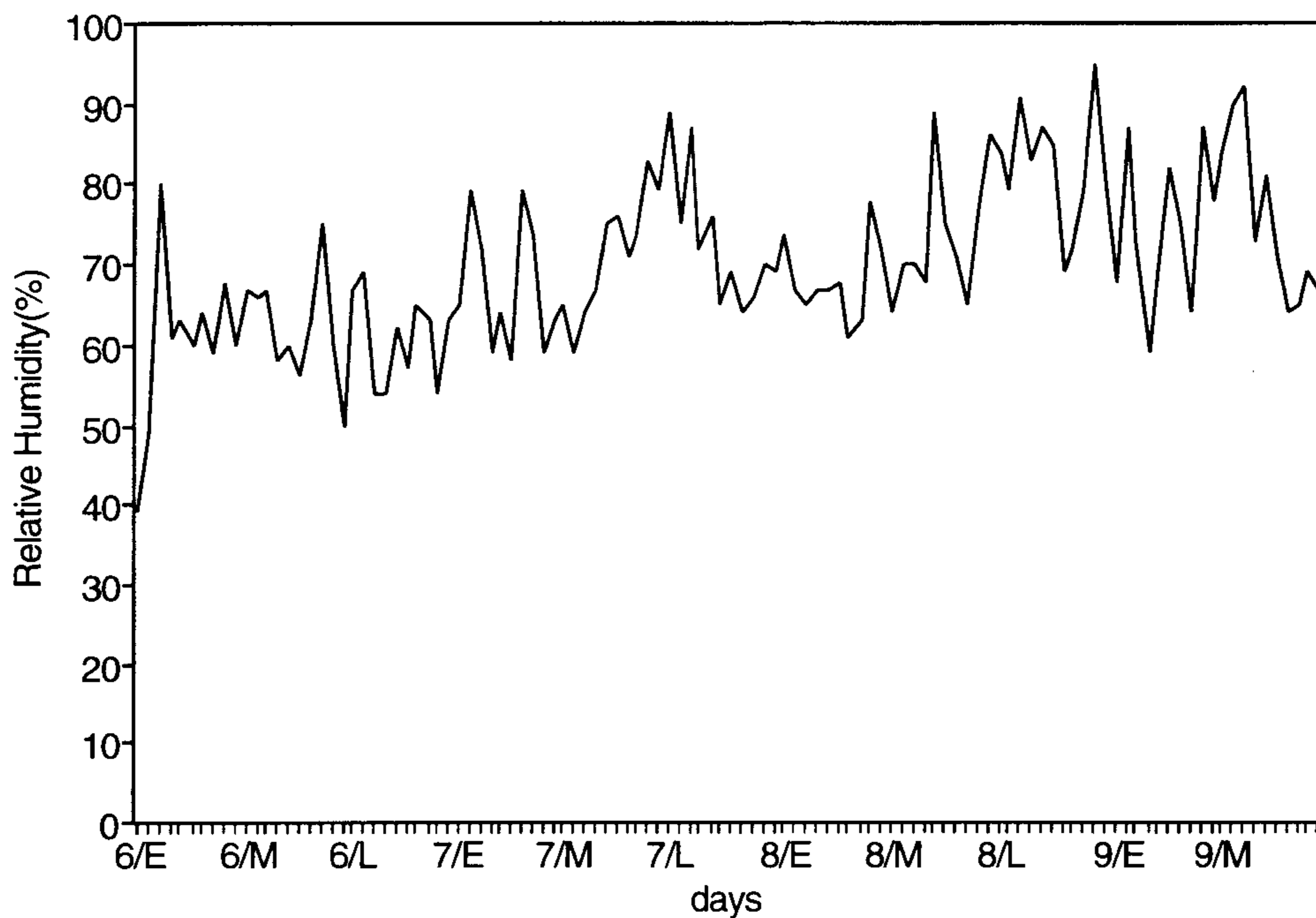
대구지역의 잠재증발산량 산정을 위한 기상자료는 시험포장에서 700m 떨어진 대구기상대의 자료를 이용하였다. 잠재증발산량 산정에 사용된 기상인자를 시험기간동안에 대하여 일별로 도시한 것이 <그림 3.1.4(a)~(e)>이며 그 내용은 「부록 I-B」에 수록하였다. 그림에서 알 수 있듯이 강우량은 올해의 경북지역 가뭄현상에 기인하여 수원지역에 비해 강우가 없었다. 그러나 8월에 나타난 261.0mm의 강우는 30개년(1961~1990) 평균 강우량 193.0mm보다 훨씬 많은 양으로 나타났다. 또한 기온은 8월 중순에 최대 39.2℃를 기록하였고 월 평균기온은 최대가 8월에 34.0℃, 최소는 6월에 16.5℃를 기록하였다. 상대습도는 6월 하순에 최저를 보이는 반면에 강우가 자주 나타난 8월 하순에 크게 나타났으며, 일사량과 일조량은 8월 초순에 많은 경향을 나타냈는데 그중 일사량은 8월 6일에 32.18MJ/m³로 생육기간 중 최대를 기록하였다. 그리고 평균풍속은 증발산량측정 시험 전기간에 걸쳐 수원보다 크게 나타내고 있음을 알 수 있다.



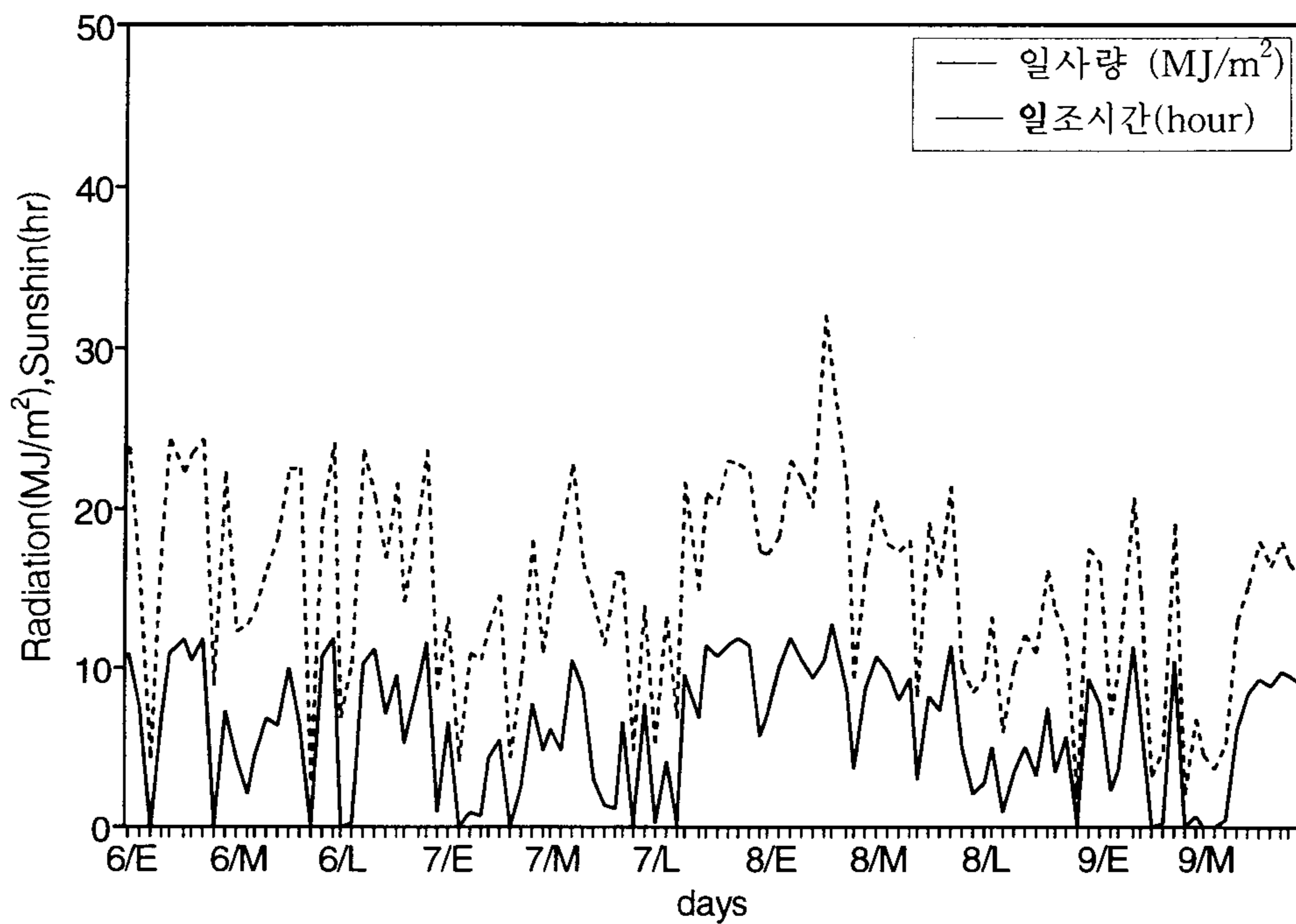
<그림 3.1.4(a)> 강우량의 일별 변화(대구)



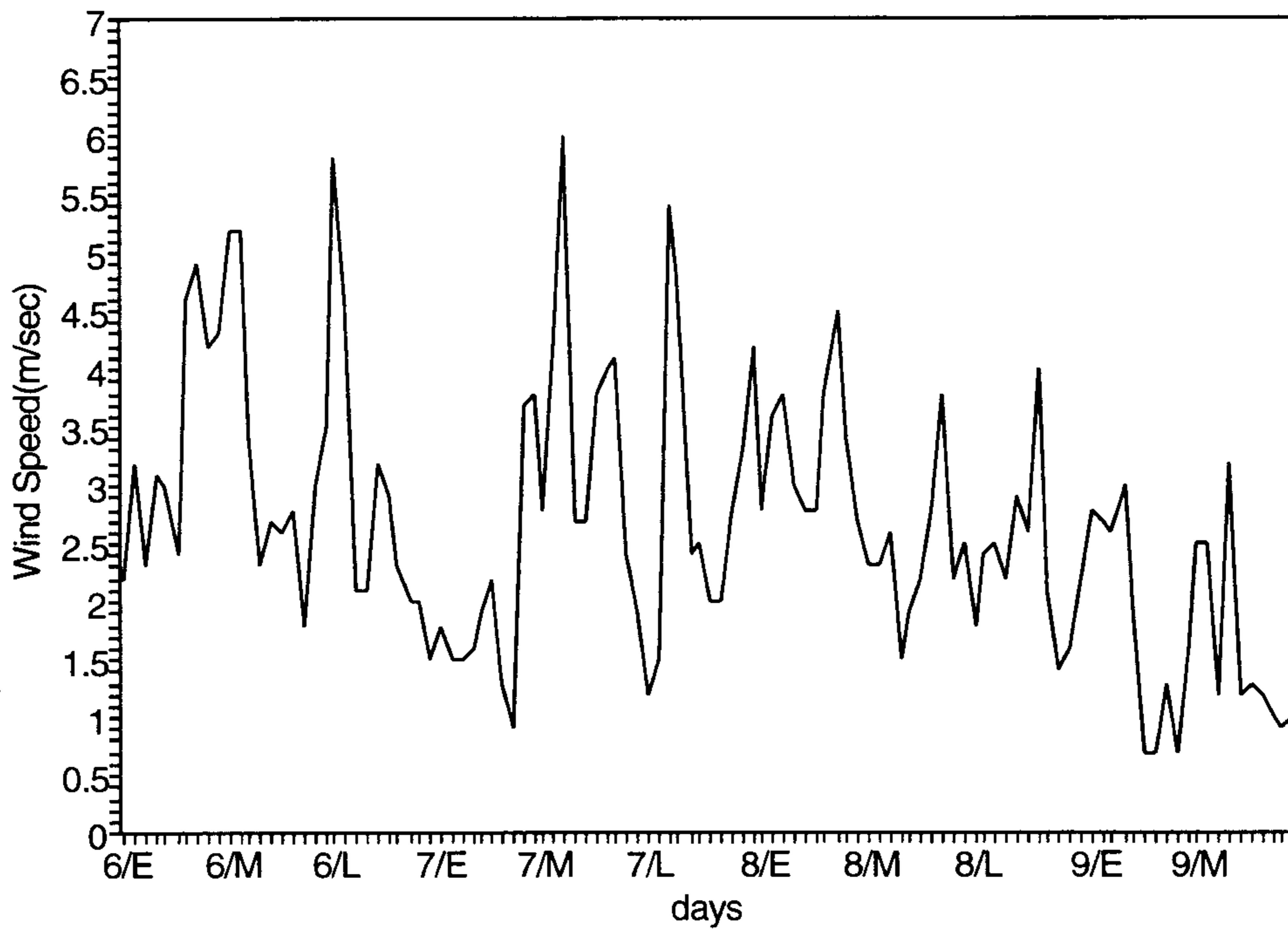
<그림 3.1.4(b)> 최대, 최소, 평균기온의 일별 변화(대구)



<그림 3.1.4(c)> 상대습도의 일별 변화(대구)



<그림 3.1.4(d)> 일사량, 일조시간의 일별 변화(대구)



<그림 3.1.4(e)> 평균풍속의 일별 변화(대구)

3.1.4 생육자료조사

가. 품종 및 재배방식

품종은 수중이나 토중에서 출아력이 높고 초기 신장성이 좋아야 하며 특히 뿌리 신장성이 커서 도복에 강할 수 있어야 한다. 품종의 선정은 현재 이 지역에서 널리 재배되는 것을 택하여 수원시험포장에서는 조생종은 설악, 중생종은 화성, 만생종은 동진벼를 선정하였고 대구시험포장에서는 조생종은 상주, 중생종은 대만, 만생종은 영남벼를 선정하였다.

한편 파종은 농촌진흥청의 『파종적기 기준』에 따라 실시하였으며 대구와 수원 모두 담수직파를 실시 하였다. 각 시험포장의 파종시기는 <표 3.1.2>와 같다.

<표 3.1.2> 지역별 품종 및 재배방식

| 구 분 | 파종시기 | 시 험 품 종 | | | 직파종류 |
|-----|-------|---------|-----|-----|------|
| | | 조생종 | 중생종 | 만생종 | |
| 수 원 | 5. 20 | 설 악 | 화 성 | 동 진 | 담수직파 |
| 대 구 | 5. 29 | 상 주 | 대 만 | 영 남 | 담수직파 |

나. 생육조사

벼의 초장을 관측하여 생육기별 성장상태를 관측하였다. 수원과 대구시험 포장에서의 초장 관측결과는 각각 <표 3.1.3(a),(b)>와 <그림 3.1.5(a),(b)>와 같다.

벼의 초장은 수원지역과 대구지역에서 모두 8월까지의 조생종, 중생종이 우수한 생육상태를 보였으나 그 이후에는 만생종의 생육이 더 좋은 결과를 보여 주었다.

<표 3.1.3(a)> 품종별 초장조사(수원)

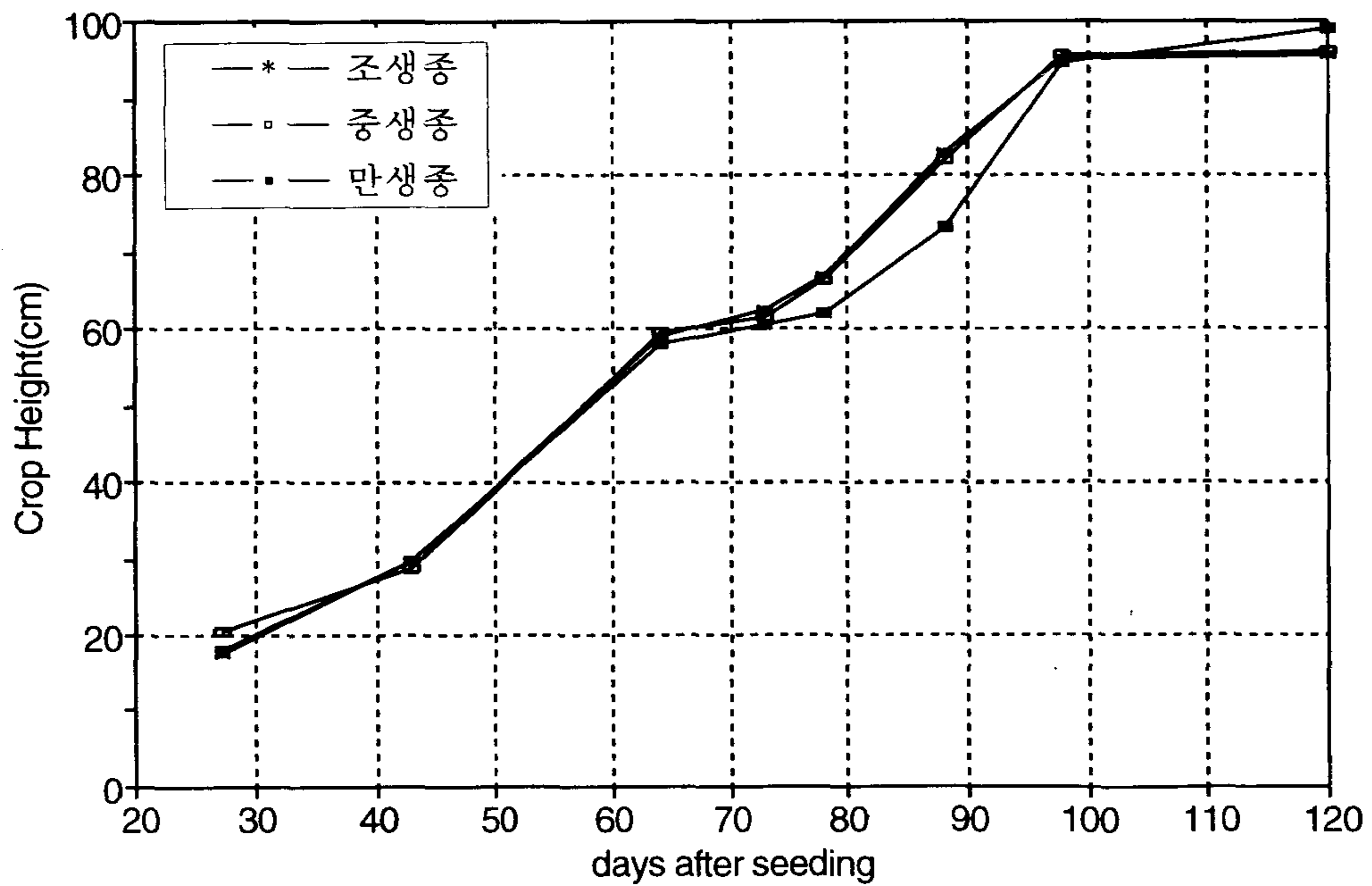
(단위 : cm)

| 생육시기 | | 초 장 | | |
|-------|------|-------|-------|-------|
| 날 짜 | 경과일수 | 조 생 종 | 중 생 종 | 만 생 종 |
| 6. 17 | 27 | 17.2 | 20.5 | 18.2 |
| 7. 3 | 43 | 29.5 | 28.5 | 29.6 |
| 7. 24 | 64 | 59.0 | 59.6 | 58.1 |
| 7. 27 | 67 | 61.3 | 60.7 | 60.1 |
| 7. 30 | 70 | 62.0 | 61.1 | 60.3 |
| 8. 3 | 73 | 62.4 | 61.3 | 60.5 |
| 8. 8 | 78 | 66.9 | 66.3 | 62.0 |
| 8. 18 | 88 | 82.8 | 81.8 | 73.3 |
| 8. 28 | 98 | 95.2 | 95.7 | 94.7 |
| 9. 21 | 120 | 95.7 | 96.1 | 98.9 |

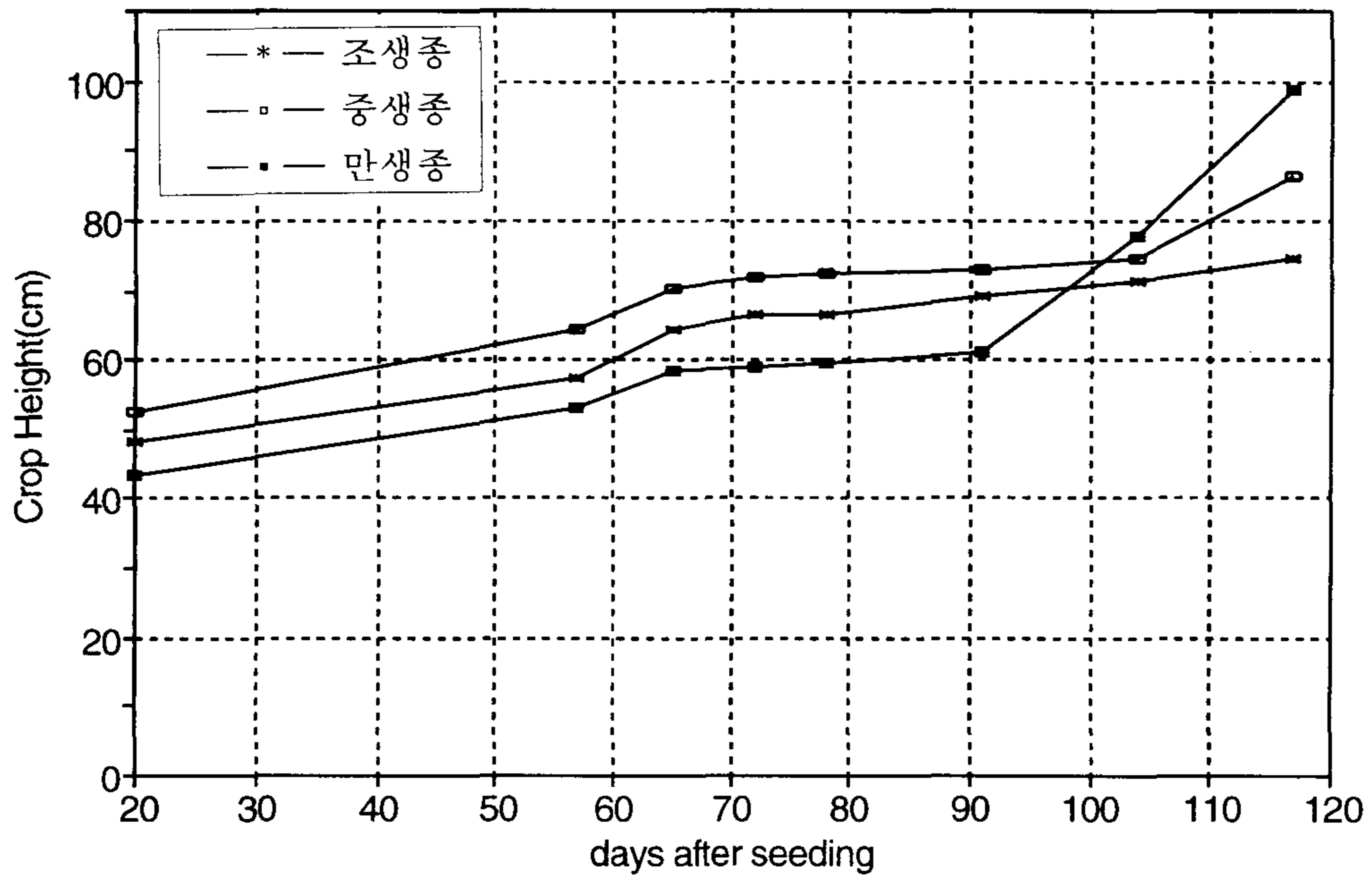
<표 3.1.3(b)> 품종별 초장조사(대구)

(단위 : mm)

| 생육시기 | | 초 장(cm) | | |
|-------|------|---------|-------|-------|
| 날 짜 | 경과일수 | 조 생 종 | 중 생 종 | 만 생 종 |
| 7. 13 | 20 | 48.1 | 52.4 | 43.3 |
| 7. 24 | 57 | 57.7 | 64.6 | 53.0 |
| 8. 1 | 65 | 64.2 | 70.2 | 58.1 |
| 8. 8 | 72 | 66.2 | 71.8 | 58.8 |
| 8. 14 | 78 | 66.4 | 72.6 | 59.8 |
| 8. 27 | 91 | 69.1 | 72.8 | 61.1 |
| 9. 9 | 104 | 71.1 | 74.4 | 77.6 |
| 9. 22 | 117 | 74.6 | 86.1 | 98.8 |



<그림 3.1.5(a)> 수원 시험포장의 벼 초장 변화



<그림 3.1.5(b)> 대구 시험포장의 벼 초장 변화

3.1.5 작물계수

가. 증발산량 측정

1) 측정방법

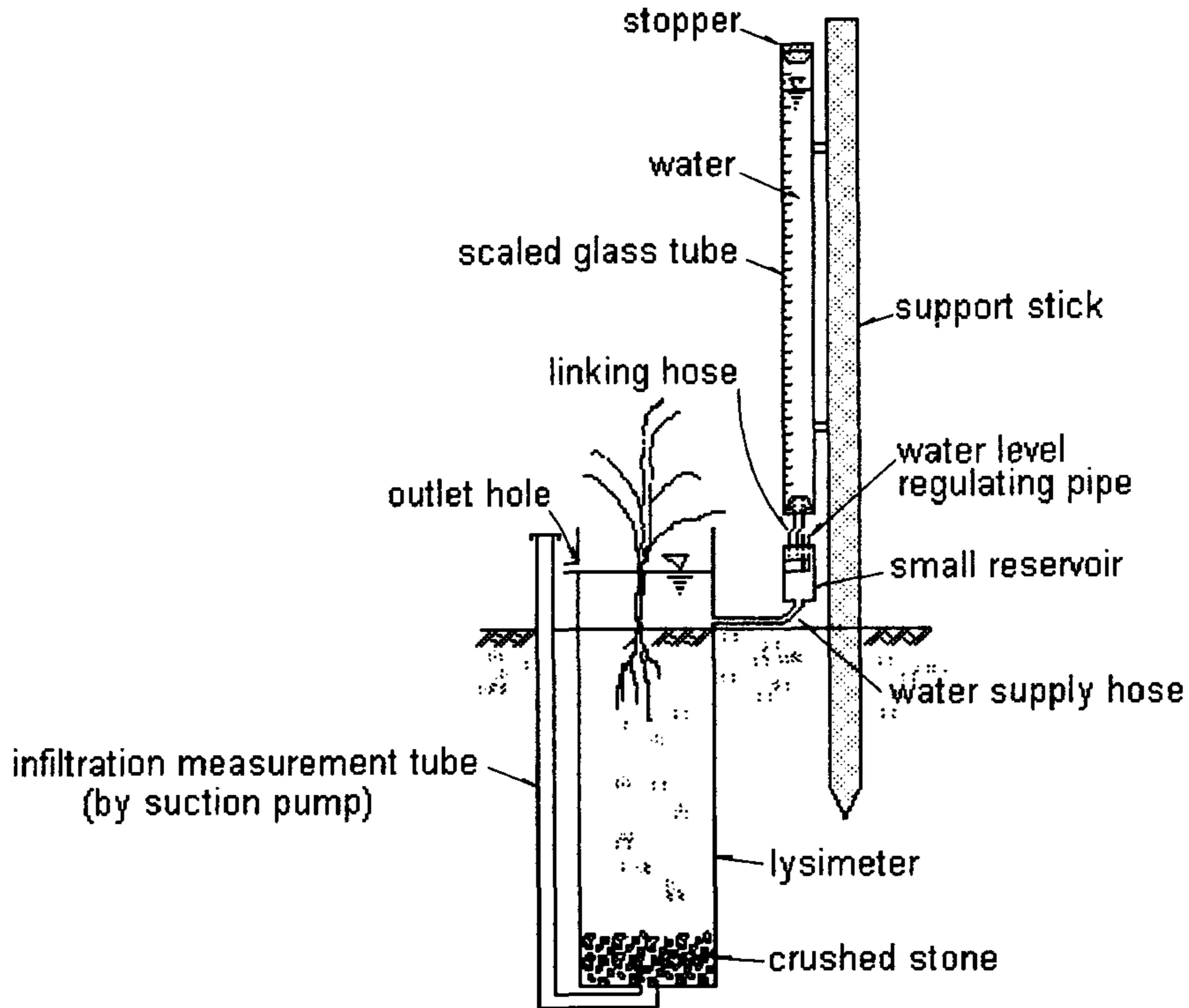
가) 증발산량 측정장치

증발산량의 측정에 이용된 소형 라이시메타는 <그림 3.1.6> 에서 보는 바와 같이 설치되었다. 본 장치는 물 공급장치인 mariotte tube와 재배수조인 라이시메타(lysimeter)로 구분되어 있으며, 증발산량을 측정하기 위하여 바닥이 있는 유저형 라이시메타를 사용하였다.

나) 측정방법

라이시메타를 시험포장에 매설하고 벼씨의 발아 후 초장이 15cm 이상 되었을 때부터 오전 10시를 기준으로 mariotte tube에 물을 채우고 다음날 오전 10시에 mariotte tube의 수위 강하량을 측정하여 증발산량을 측정하였다.

증발산량 측정은 유저형 라이시메타에서 조생종, 중생종, 만생종 3개품종에 대하여 수원지역은 6반복으로 대구지역은 3반복으로 측정하였으며 이때 라이시메타의 담수심은 6cm로 하였다.



<그림 3.1.6> 라이시메타 구조도

다) 측정결과

유저형 라이시메타를 이용하여 수원지역과 대구지역에서 측정한 벼 증발산량은 <표 3.1.4>와 <그림 3.1.7(a),(b)>와 같다. 수원지역에서는 7월 하순과 8월 상순에 중간낙수를 실시하였으며 대구지역에서는 낙수 없이 증발산량을 측정하였다. 수원지역과 대구지역의 일별 증발산량측정 결과는 「부록 II-A, B」에 수록하였다.

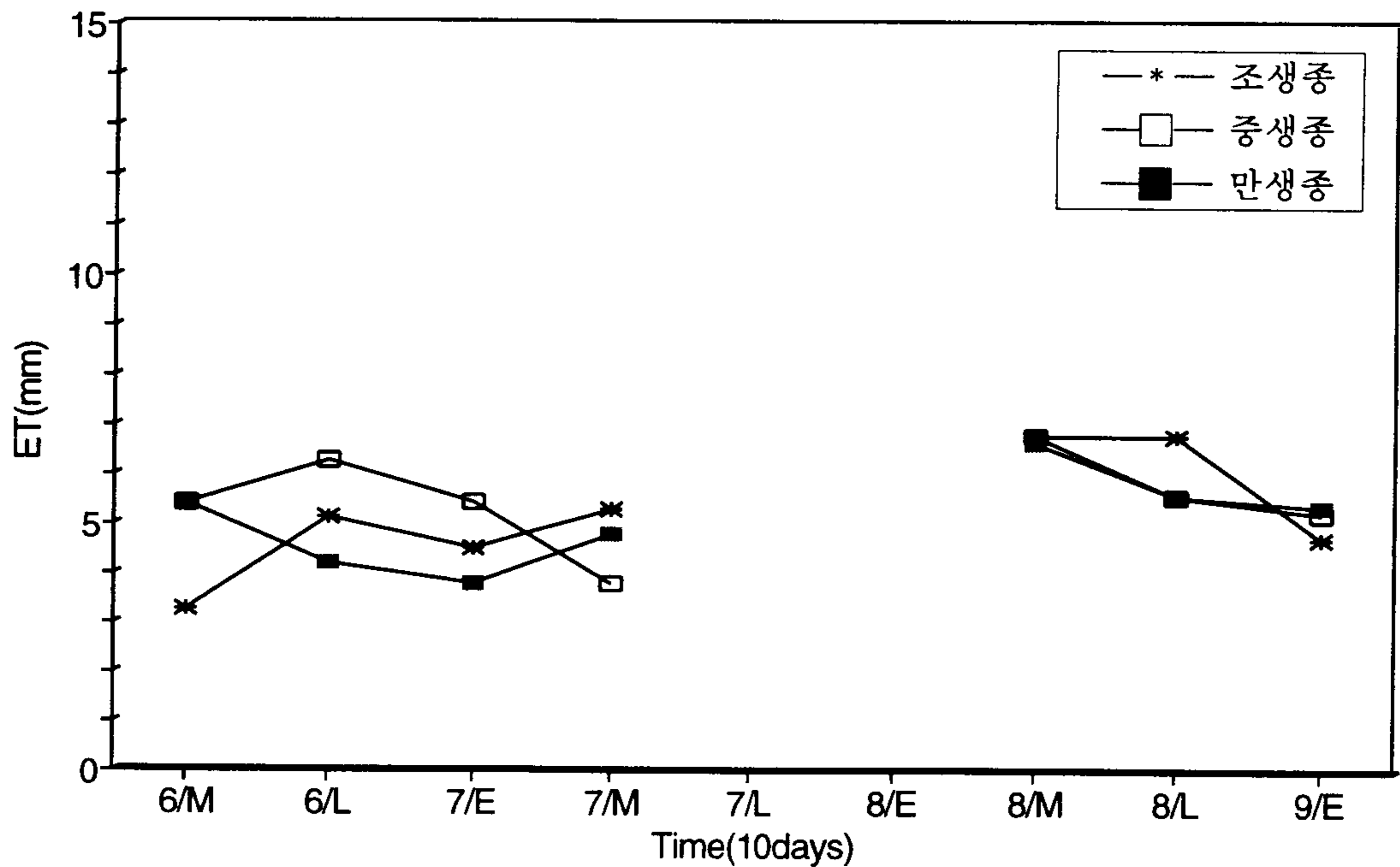
측정결과에 의하면 수원지역에서 전기간 평균 증발산량은 조생종이 5.1mm, 중생종과 만생종은 각각 5.4mm, 5.2mm를 나타내어 조, 만, 중생종의 순으로 크게 나타났으며, 대구지역에서는 조생종 5.3mm, 중생종 5.5mm, 만생종 5.6mm로 조,

중, 만생종순으로 나타났다. 한편 순별 최대치는 8.2mm로 대구지역에서 8월 중순에 나타났으며 최소치도 2.2mm로 대구지역에서 9월 상순에 나타났다.

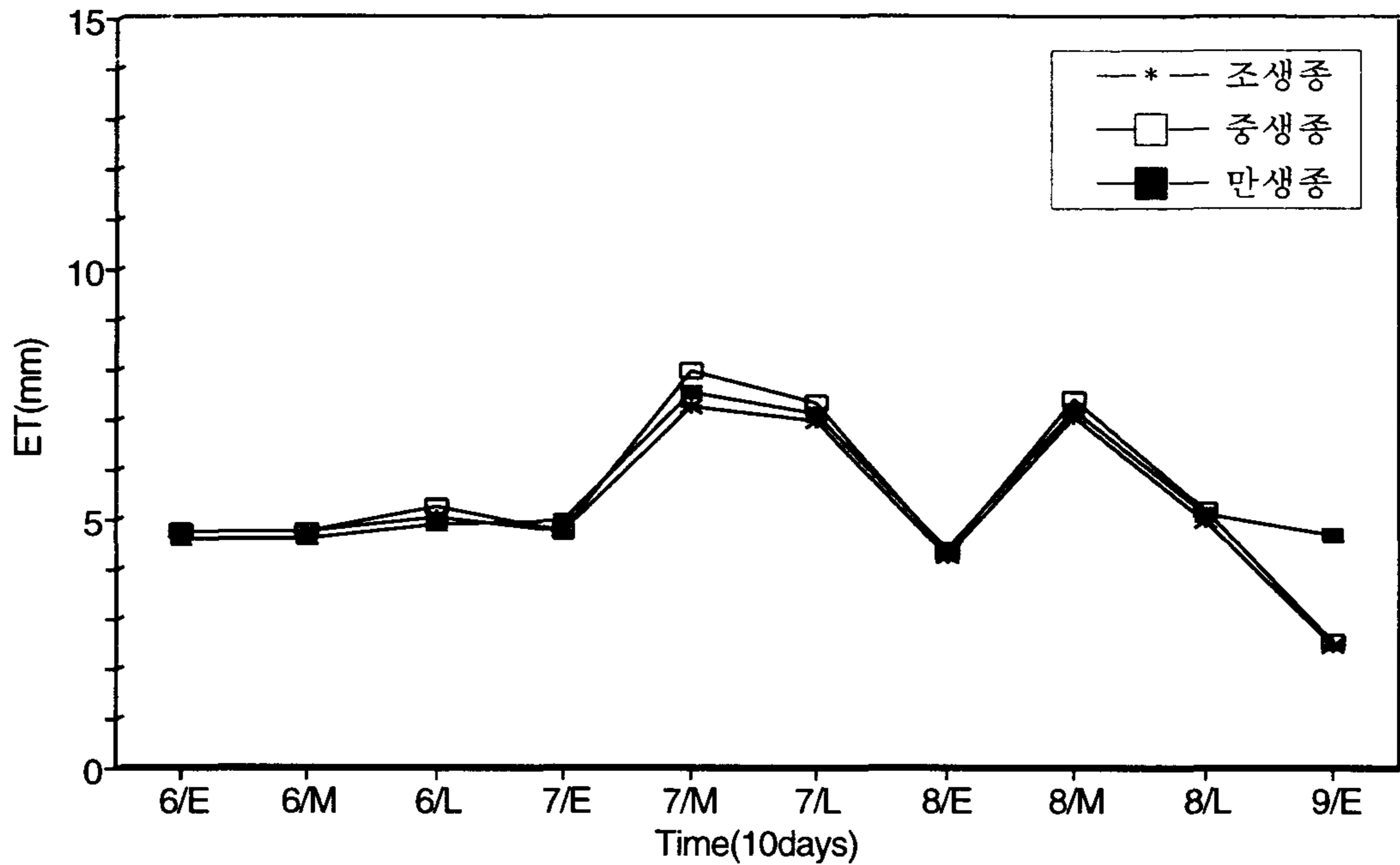
<표 3.1.4> 벼 증발산량 측정 결과

| 지역 | 구 분 | 6월 | | | 7월 | | | 8월 | | | 9월 | 평 균 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 | 상 | |
| 수원 | 조생종 | - | 4.3 | 4.4 | 4.4 | 5.3 | - | - | 6.1 | 6.4 | 5.0 | 5.1 |
| | 중생종 | - | 5.0 | 5.7 | 5.1 | 4.6 | - | - | 6.1 | 7.2 | 5.2 | 5.4 |
| | 만생종 | - | 3.9 | 4.6 | 5.7 | 5.4 | - | - | 5.1 | 6.8 | 5.4 | 5.2 |
| 대구 | 조생종 | 5.3 | 4.9 | 5.1 | 4.6 | 7.4 | 6.5 | 4.2 | 7.8 | 4.8 | 2.2 | 5.3 |
| | 중생종 | 5.3 | 4.9 | 5.2 | 4.6 | 8.1 | 6.9 | 4.2 | 8.2 | 5.0 | 2.4 | 5.5 |
| | 만생종 | 5.1 | 4.8 | 5.0 | 4.8 | 7.7 | 6.7 | 4.4 | 8.0 | 5.0 | 4.3 | 5.6 |

※ - : 낙수기간



<그림 3.1.7(a)> 벼 증발산량 측정 결과(수원)



<그림 3.1.7(b)> 증발산량 측정 결과(대구)

나. 잠재증발산량의 산정방법

본 연구에서는 우리 나라에 소개된 증발산량 공식들 중 Blaney-Criddle 과 Penman 式을 이용하여 잠재증발산량을 계산하였다.

1) 수정 Blaney-Criddle 식

이 공식은 우리나라에서 농업용수 개발계획 설계시의 증발산량 산정공식으로 널리 알려져 있으며, 식(3-1)에서와 같이 온도와 주간시간 백분율만 알고 있으면 잠재증발산량을 쉽게 계산할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 산정값의 정확도에 있어서 일별 증발산량의 산정에는 적절하지 않은 방법으로 알려져 있다.

$$ET_o = P (0.46T + 8.13) \quad (3-1)$$

여기서 ET_o : 잠재증발산량(mm/일), P : 주시간백분율(%)(<표 3.1.5참조>),

T : 평균온도(°C)이다.

<표 3.1.5> 위도별 년주간시간 백분율(P)

| 월 위도 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 30° | 0.239 | 0.253 | 0.268 | 0.286 | 0.303 | 0.316 | 0.313 | 0.300 | 0.281 | 0.258 | 0.240 | 0.232 |
| 35° | 0.231 | 0.248 | 0.268 | 0.291 | 0.312 | 0.328 | 0.321 | 0.304 | 0.281 | 0.254 | 0.231 | 0.221 |
| 40° | 0.220 | 0.243 | 0.268 | 0.297 | 0.322 | 0.341 | 0.330 | 0.309 | 0.281 | 0.250 | 0.222 | 0.209 |

2) 수정 Penman식

이 공식은 1948년 Penman이 발표한 것이지만 그 동안 여러차례 수정 보완시켜 왔다. 이 공식의 장점은 복합적 기상요인을 많이 포함하고 있기 때문에 정확성이 높고 일단위 잠재증발산량을 산정할 수 있어 관개계획(Irrigation Scheduling), 수문모형 등에 많이 이용하고 있는 공식이다.

이 Penman공식은 수정된 여러가지 식들이 있으나 본 연구에서는 Doorenbos & Pruitt(1977)가 수정하여 FAO Paper Vol. 24 에 발표한 것을 이용하였으며 식 (3-2)와 같다.

$$ET_o = C \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} f(u) (e_s - e_a) \right] \quad (3-2)$$

여기서 C : 계수, R_n : 순일사량(mm/일), G : 토양열전달량(mm/일), $f(u)$: $C_w(a_w + b_w u_2)$, u_2 : 지상 2m상공의 풍속(km/일), $e_s - e_a$: 증기압차(mb)이다.

다. 잠재증발산량의 산정

잠재증발산량은 앞에서 제시한 수정 Penman공식과 수정Blaney-Criddle

공식에 의하여 산정하였다. 두 가지 공식에 대한 계산 프로그램을 작성하여 해당 측후소의 기상자료로부터 산정한 순별 평균 잠재증발산량은 <표 3.1.6(a),(b)>와 <그림 3.1.8(a),(b)>이다.

표에서 보는바와 같이 수정 Penman식에 의한 순별 잠재증발산량은 8월 하순과 9월 상순을 제외한 전기간에서 대구가 수원보다 많이 나타났으며 그 결과로 증발산량측정시험 전기간에 대한 평균이 수원지역은 3.7mm, 대구지역은 4.4mm로 대구가 수원보다 약 16.0% 많은 값을 보였다.

한편 수정 Blaney-Criddle식으로 산정한 순별 잠재증발산량은 수원과 대구지역 모두 전기간에 걸쳐 비슷하게 나타나 증발산량측정시험 전기간에 대한 평균값도 수원, 대구가 각각 6.1mm, 6.2mm로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

<표 3.1.6(a)> 지역별 순별 평균 잠재증발산량(수정 Penman式)

(단위: mm)

| 지역 | 6월 | | | 7월 | | | 8월 | | | 9월 | 평균 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 | 상 | |
| 수원 | - | 3.9 | 4.4 | 3.7 | 3.0 | 2.7 | 4.8 | 3.7 | 3.7 | 3.3 | 3.7 |
| 대구 | 4.7 | 4.7 | 4.9 | 3.7 | 4.5 | 5.2 | 6.4 | 4.2 | 3.2 | 2.7 | 4.4 |

<표 3.1.6(b)> 지역별 순별 평균 잠재증발산량(수정 Blaney-Criddle式)

(단위: mm)

| 지역 | 6월 | | | 7월 | | | 8월 | | | 9월 | 평균 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 | 상 | |
| 수원 | - | 6.0 | 6.2 | 6.1 | 6.3 | 6.5 | 6.5 | 6.4 | 5.8 | 5.3 | 6.1 |
| 대구 | 5.6 | 5.6 | 6.1 | 6.3 | 6.6 | 6.6 | 6.9 | 6.6 | 6.0 | 5.4 | 6.2 |

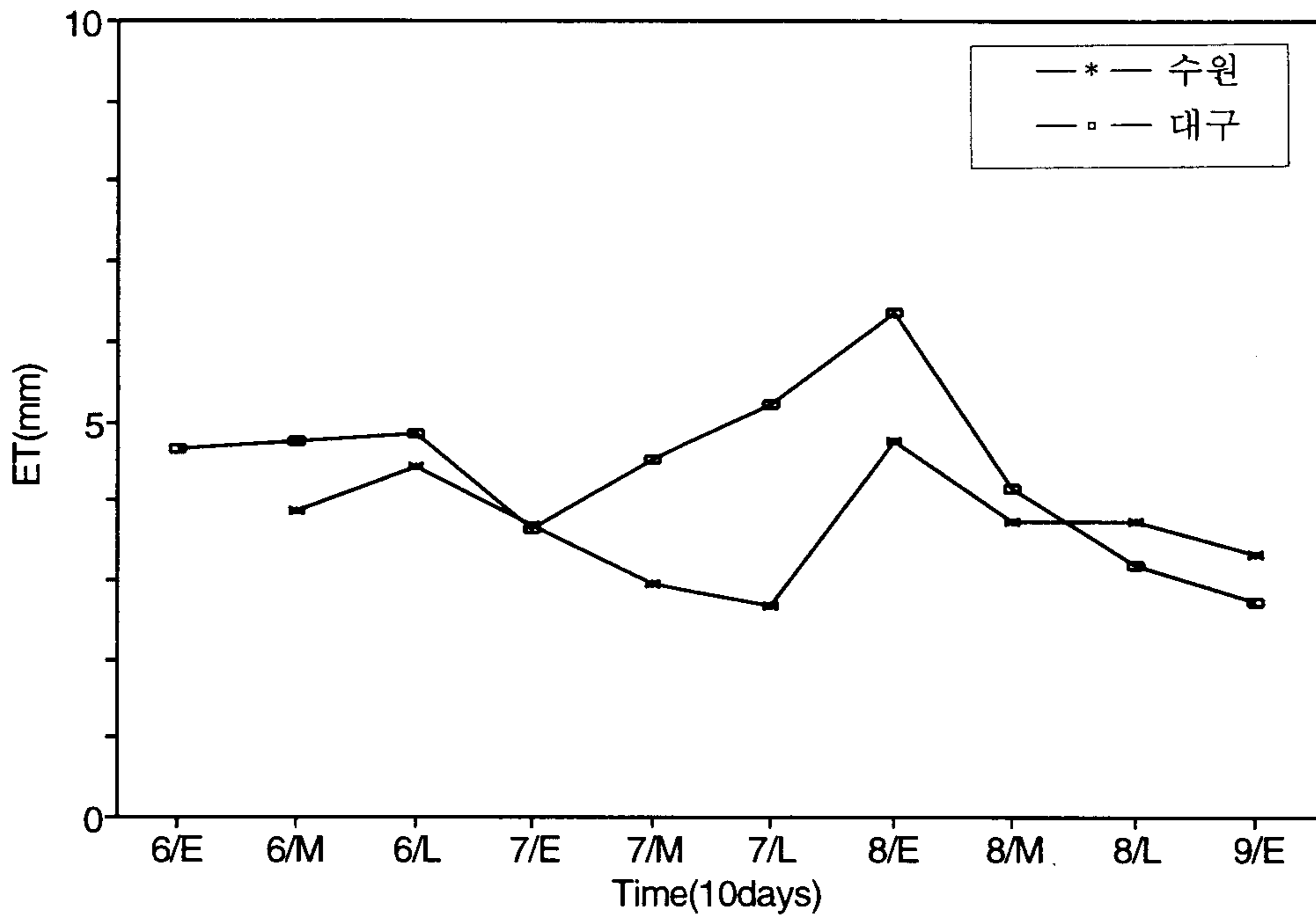


그림 3.1.8(a) 수정 Penman 공식에 의한 순별 평균 잠재증발산량

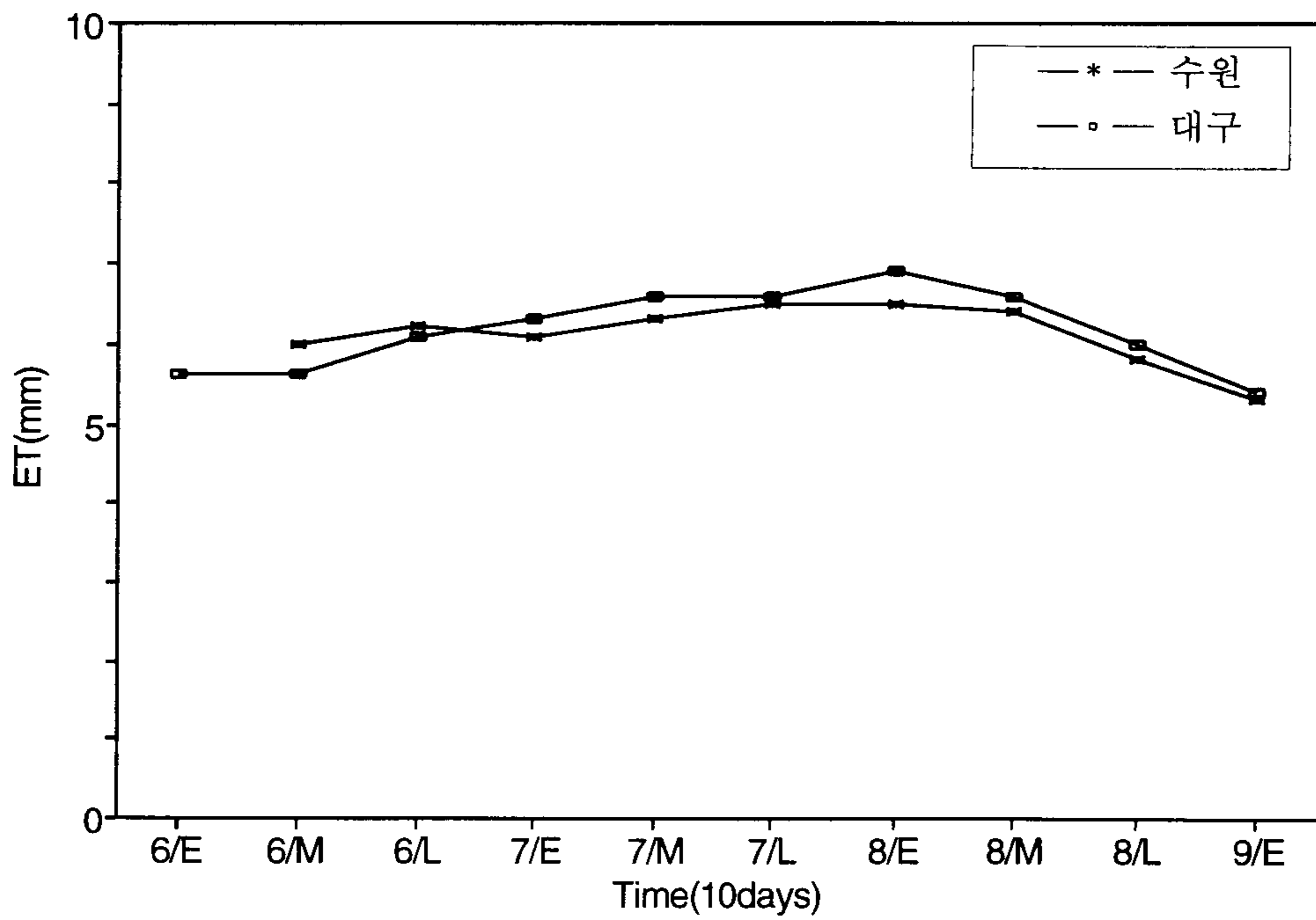


그림 3.1.8(b) 수정 Blaney-Criddle 공식에 의한 순별 평균 잠재증발산량

라. 작물계수

수정 Penman공식에 의한 생육기간 동안의 평균 작물계수는 수원이 조생종이 1.44, 중생종이 1.51, 만생종이 1.48 이었고, 대구에서는 각각 1.42, 1.49, 1.48 이었으며, Blaney-Criddle 공식에 의한 생육기간동안의 평균 작물계수는 수원에서는 조생종이 0.86, 중생종이 0.91, 만생종이 0.87 이었고, 대구에서는 각각 0.94, 0.97, 0.95 이었다. 두가지 식중 모두 중생종이 가장 큰 작물계수 값을 보여주고 있다.

수정 Penman공식과 Blaney-Criddle공식에 의한 각 품종별 작물계수를 순별로 정리한 결과는 <표 3.1.7>과, <표 3.1.8> 및 <그림 3.1.9(a),(b)>와, <그림 3.1.10(a),(b)>이다.

<표 3.1.7> 지역별 순별 작물계수(Penman 식)

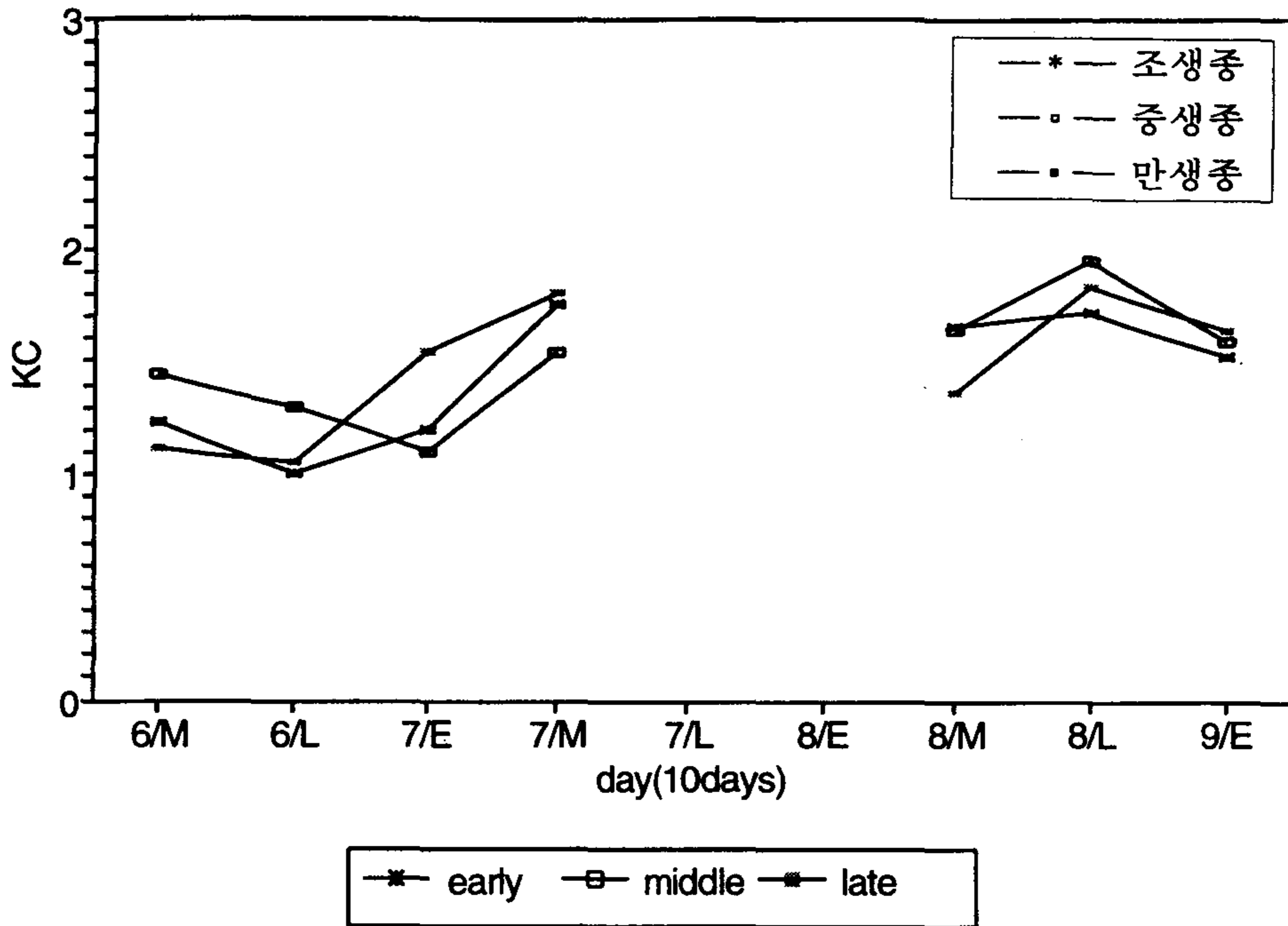
| 지역 | 기간 품종 | 6월 | | | 7월 | | | 8월 | | | 9월 | 평균 |
|----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 | 상 | |
| 수원 | 조생종(설악) | - | 1.23 | 1.19 | 1.75 | 1.75 | - | - | 1.65 | 1.72 | 1.51 | 1.44 |
| | 중생종(화성) | - | 1.43 | 1.10 | 1.54 | 1.54 | - | - | 1.64 | 1.95 | 1.59 | 1.51 |
| | 만생종(동진) | - | 1.12 | 1.55 | 1.81 | 1.81 | - | - | 1.36 | 1.84 | 1.63 | 1.48 |
| 대구 | 조생종(상주) | 1.11 | 1.11 | 1.10 | 1.41 | 1.70 | 1.38 | 1.70 | 1.78 | 1.69 | 1.22 | 1.42 |
| | 중생종(영남) | 1.11 | 1.12 | 1.26 | 1.41 | 1.85 | 1.46 | 1.70 | 1.87 | 1.76 | 1.33 | 1.49 |
| | 만생종(대만) | 1.08 | 1.08 | 1.08 | 1.48 | 1.76 | 1.41 | 1.79 | 1.82 | 1.73 | 1.60 | 1.48 |

※ - : 낙수기간

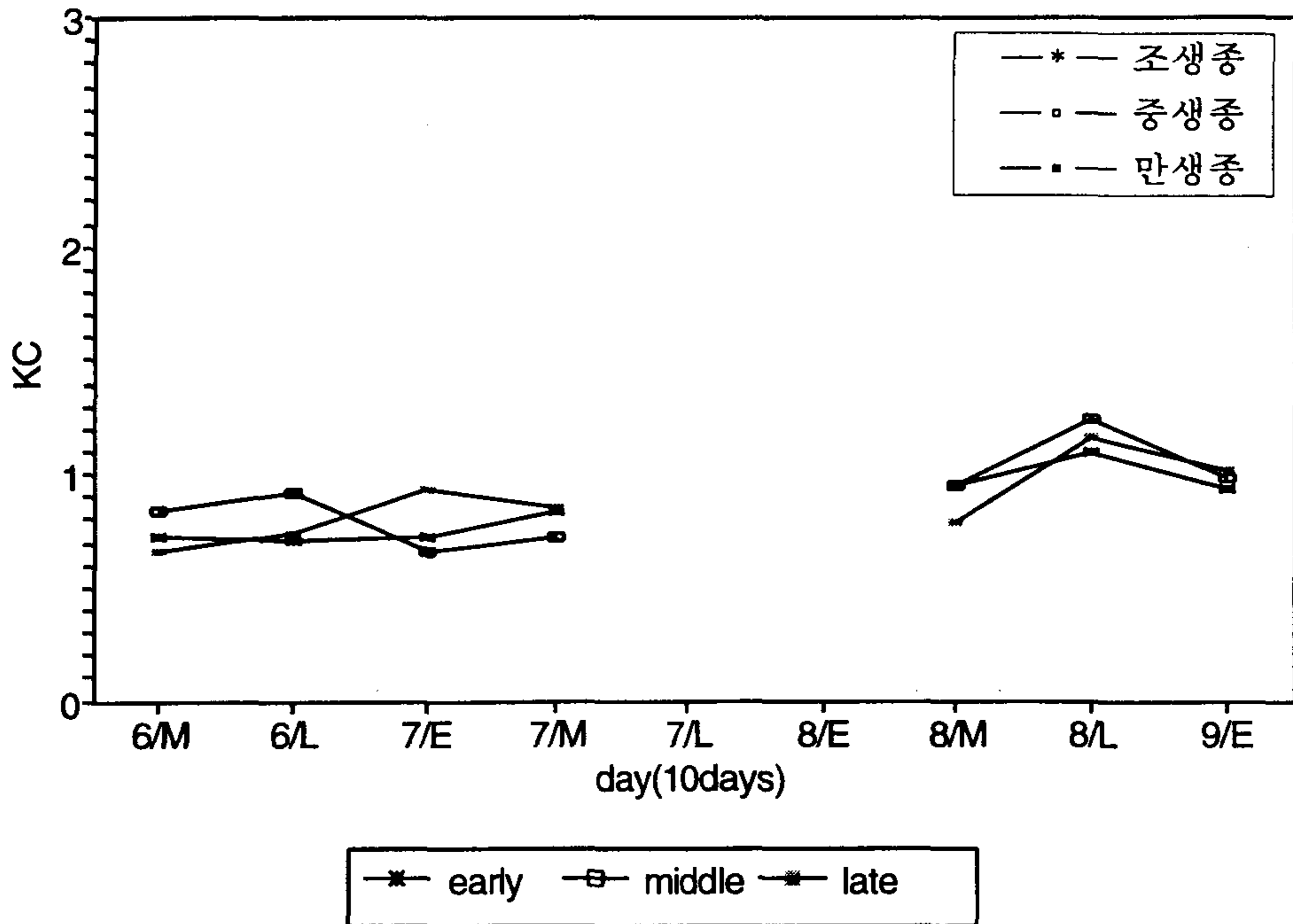
<표 3.1.8> 지역별 순별 작물계수(Blaney-Criddle 식)

| 지역 | 기간 품종 | 6월 | | | 7월 | | | 8월 | | | 9월 | 평균 |
|----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 | 상 | |
| 수원 | 조생종(설악) | | 0.72 | 0.71 | 0.72 | 0.83 | | | 0.96 | 1.10 | 0.94 | 0.86 |
| | 중생종(화성) | - | 0.84 | 0.92 | 0.66 | 0.74 | - | - | 0.96 | 1.24 | 0.99 | 0.91 |
| | 만생종(동진) | | 0.66 | 0.75 | 0.94 | 0.86 | | | 0.70 | 1.17 | 1.02 | 0.87 |
| 대구 | 조생종(상주) | 0.94 | 0.84 | 0.82 | 0.72 | 1.12 | 0.97 | 1.22 | 1.17 | 0.81 | 0.78 | 0.94 |
| | 중생종(영남) | 0.94 | 0.84 | 0.85 | 0.72 | 1.22 | 1.03 | 1.22 | 1.24 | 0.84 | 0.84 | 0.97 |
| | 만생종(대만) | 0.92 | 0.82 | 0.80 | 0.75 | 1.16 | 0.99 | 1.28 | 1.20 | 0.83 | 0.79 | 0.95 |

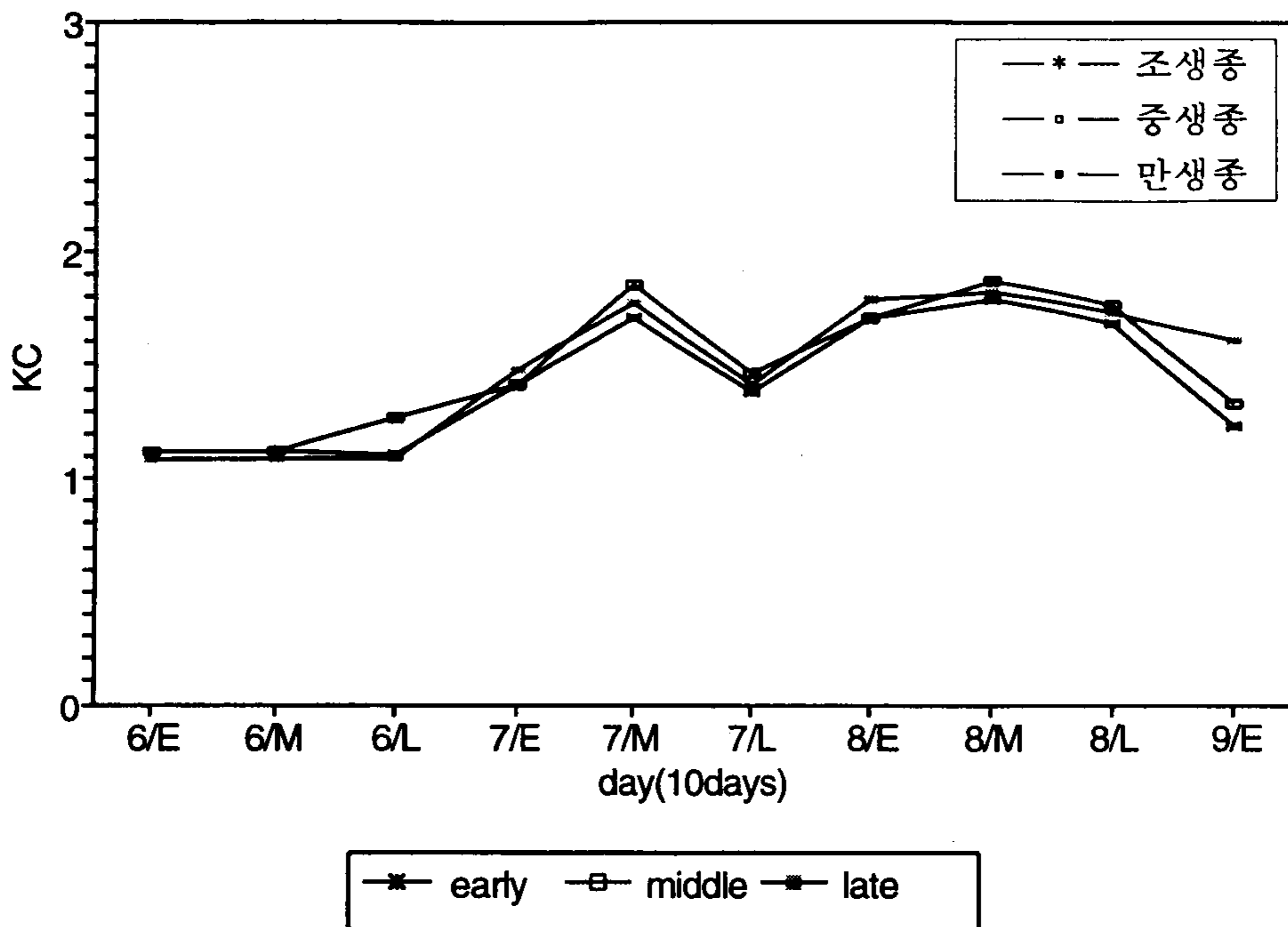
※ - : 낙수기간



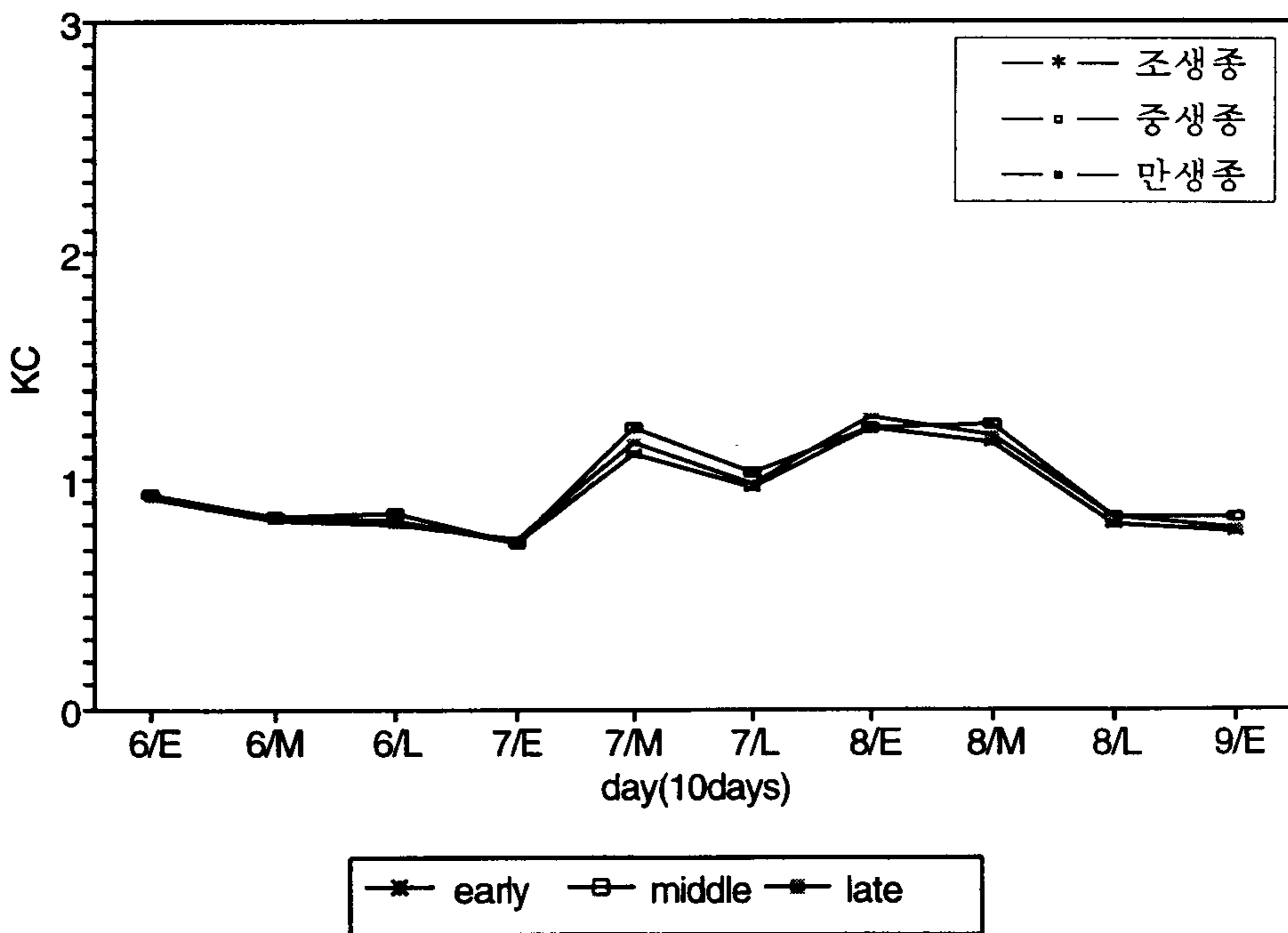
<그림 3.1.9(a)> 수원지방의 품종별 순별 작물계수(수정 Penman식)



<그림 3.1.9(b)> 수원지방의 품종별 순별 작물계수(수정 Blaney-Criddle식)



<그림 3.1.10(a)> 대구지방의 품종별 작물계수(수정 Penman式)



<그림 3.1.10(b)> 대구지방의 품종별 작물계수(수정 Blaney-Criddle式)

3.2 포장용수량 시험

3.2.1 시험목적

논에서 물관리라 함은 논의 물수지(收支) 지배 인자 즉 강우, 관개수, 배수, 증발산, 삼투, 담수심등을 조절하여 작물에 알맞는 환경을 조절하는 행위를 말한다. 이를 바꾸어 말하면 물관리방식이 변화하면 위와같은 물수지를 지배하는 인자들이 양적으로 변화한다는 것을 의미한다.

금회 실시한 포장용수량은 벼의 영농방식이 직파재배로 변화함에 따라 변경된 물관리에서 관개용수가 어떻게 이용, 관리되고 있는가를 조사분석할 목적으로 직파재배를 시행한 일부 면적을 대상포장으로 선정하고 여기에 측정계기를 설치 운영하므로서 관개수량, 유효수량, 배수량, 담수심등을 실측하였다.

이와같은 물관리시험의 결과는 직파재배에 대한 물관리의 특성을 파악하여 직파재배의 적정물관리 기준을 제시할 수 있는 자료로 이용할 수 있으며 더우기 향후 개발될 필요수량산정모형의 적용성 검토에 중요한 자료가 될 것이다.

3.2.2 시험포장

가. 기간

1995. 5. 2 ~ 1995. 9.10

나. 위치 및 용배수 상황

포장용수량 시험은 경기도 평택군 농촌지도소 작물과의 도움으로 경기도 평택군 안중면에 위치한 포장(100×54m)을 선정하였으며, 주 수원은 아산호에서 양수하는 길음양수장으로부터 용수를 공급 받도록 되어 있어 이를 급수 받아 관개를 실시하였다. <그림 3.2.1>은 시험포장의 전경으로 논의 담수심을 측정하기 위한 지기수위계가 설치되어 있는 것을 볼 수 있다.



<그림 3.2.1> 시험포장 전경(안중)

다. 공시품종 및 재배 방식

품종의 선정은 영농인의 선정에 의하여 지역에 맞는 품종을 선정하였으며, 중생종으로 중부지방의 적응 품종인 일품벼를 재배하였고, 재배방식은 담수직파재배의 일종인 무논 골뿌림 방식에 의하여 실시하였다.

라. 관개방식과 계측시설

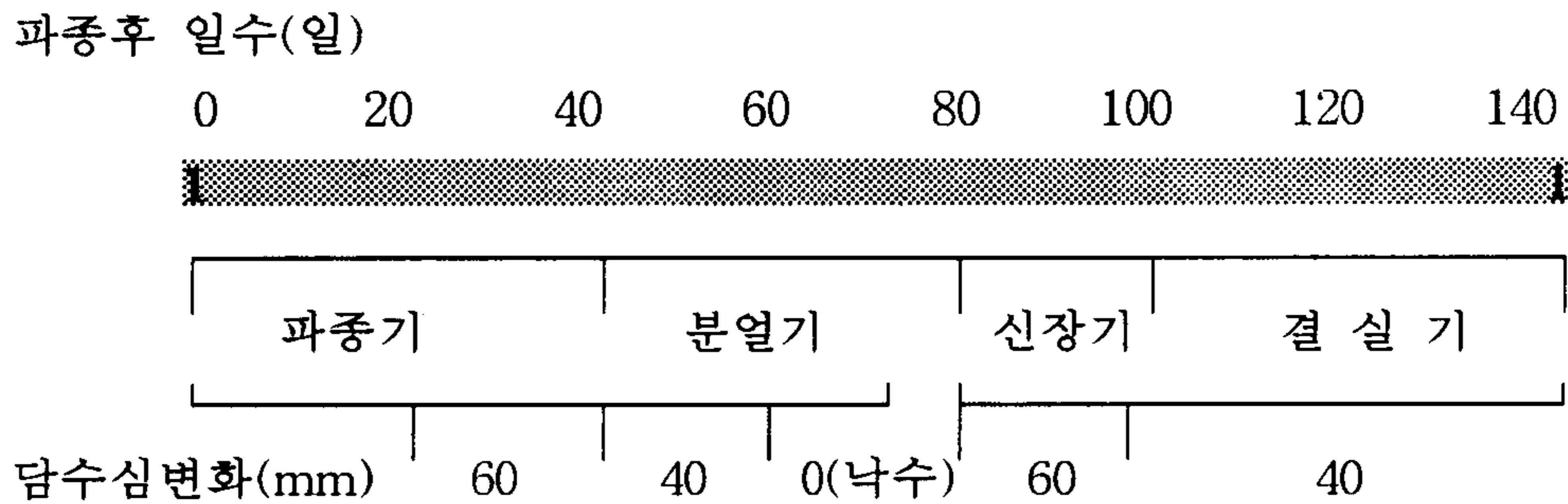
1) 담수직파 재배의 관개 방식

본 시험의 관개방식은 농촌진흥청의 「'95 벼 직파재배 기술지도 지침」에 의하여 벼의 생육시기에 따라 논의 담수심을 조절하여 관개를 실시하였으며, 생육시기에 따른 관개수심의 변화는 <표 3.2.1>과 같으며 이를 도시한 것이 <그림 3.2.2>이다.

<표 3.2.1> 생육시기별 담수심의 변화

(단위 : mm)

| 구 분 | 과 종 기 | | 분 얼 기 | | 신 장 기 | 결 실 기 |
|-----|-------|----|-------|----|-------|-------|
| 경과일 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 140 |
| 담수심 | - | 60 | 40 | 낙수 | 60 | 40 |



<그림 3.2.2> 생육시기별 담수심의 변화

2) 계측시설

가) 관개수량 계측

본 시험의 관개수량 측정에 사용된 유량계는 직경 100mm의 디지털 표시방식의 유량계를 사용하였으며 <그림 3.2.3>은 유량계 설치현장을 나타낸 것이다.

나) 배수량 계측

본 시험의 배수량 측정에 사용된 유량계는 관개수량 계측에 사용된 것과 같은 직경 100 mm의 디지털 표시방식의 유량계를 사용하였으며, 이는 <그림 3.2.4>와 같다

다) 감수심 계측

본 시험의 감수심은 자기수위계를 사용하여 1일 감수심을 측정하였으며, 이는 <그림 3.2.5>와 같다.



<그림 3.2.3> 관개수량 측정용 유량계



<그림 3.2.4> 배수량 측정용 유량계



<그림 3.2.5> 담수심 변화 및 감수심 측정용 자기수위계

라. 토양특성

본 시험의 포장에 대한 토양특성을 분석하기 위하여 3개의 토양시료를 채취하였으며 이를 분석한 결과 시험포장의 토성은 미사질식토로 나타났으며 이 화학적 특성과 입도분석 결과는 <표 3.2.2>와 같다.

<표 3.2.2> 시험포장의 토양특성

| 항 목 지 역 | pH | O.M. (%) | 입 도 분 석(%) | | | 토 성 |
|------------|-----|-------------|------------|-----|-----|-------|
| | | | 모 래 | 실 트 | 점 토 | |
| 안 중 | 6.1 | 1.07 | 12 | 45 | 43 | 미사질식토 |

3.2.3 포장용수량의 산정

관개량 측정용 수량계와 자기수위계를 사용하여 포장에서의 물관리특성

여 백

3.2.4 문제점 및 대책

- 1) 본 연구의 시험방법인 벼 직파재배는 아직 우리나라에서 완전히 정착되지 않은 재배 방식으로서 건답직파, 담수직파 등으로 대별되어지는 바 본 연구에서는 담수직파에서의 증발산량과 포장용수량을 산정하였다.
- 2) 담수 직파는 우리나라의 대표적인 벼 경작방식인 이앙재배와는 파종방법이 근본적으로 달라 재배상 몇가지 문제점이 노출되었다. 그 중 대표적인 것이 파종시기가 벼 이앙재배에 비하여 매우 조기에 이루어져야 한다는 것이며, 이를 위해 품종의 선택, 종자의 준비, 소독, 제초제 사용등의 시험준비가 이앙재배시의 벼 소비수량 산정시험에 비하여 보다 일찍 준비되도록 해야 할 것이다.

또한 직파로 인해 파종 초기에 조류등에 의한 범씨 손실과 잡초의 제초 문제이다. 본 시험에서는 직파 초기에 방조망 등을 설치하여 범씨의 손실을 막았으며, 잡초 방제를 위한 제초제의 사용이 미진하여 잡초방제에 어려움이 많았다.

- 3) 직파재배의 포장시험을 위한 포장선정에 있어 블록 단위의 재배지역이 많지 않고 시험계약의 시기가 늦어 시험을 위한 적지 선정에 금년도는 어려움이 많았다. 따라서 포장시험 장소는 필지단위의 산재된 직파재배 포장보다는 블록단위의 재배단지 중에서 선택되어야 할 것으로 사료되며, 시험방식도 이앙재배, 담수직파재배 및 건답 직파재배에 대해 시험을 실시하는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 농민들의 협조와 농지의 임대료에 대해서도 고려해야 할 것으로 생각된다.

여 백

제4장 직파재배 물관리 특성 조사분석

4.1 조사목적

4.2 조사방법

4.3 '95직파재배 현황

4.4 생육기별 물관리 실태

4.5 수원공별 직파재배 현황

여 백

제4장 직파재배 물관리특성 조사분석

4.1 조사목적

본 조사의 목적은 직파재배에 따른 변경된 물관리 기술을 파악하여 필요수량산정모형 개발에 필요한 기초자료를 구축하는데 있으며 모형개발에 필요한 구체적인 자료내용은 아래와 같이 구분할 수 있다.

- 1) 파종시기 및 파종기간
- 1) 벼의 생육기간별 생육일수
- 2) 생육기별 관개일수 및 관개방법
- 3) 생육기별 담수심
- 4) 담수직파시의 씨레용수량
- 5) 전 생육기간의 물관리기술 체계
- 6) 1회 유회관개 면적

4.2 조사방법

4.2.1 조사지역 및 기관

직파재배의 물관리 특성을 분석하기 위한 자료조사는 2회에 걸쳐 실시하였으며 조사 대상지역 및 기관은 <표 4.2.1>과 같다.

표에서와 같이 8개도의 농촌진흥원에서는 시·군별 직파적지면적과 '95직파시행 면적 및 지역별 직파종류에 따른 파종시기와 파종기간 조사와 함께 지역별 직파재배특성을 파악하는데 목적을 두었으며 또한 농지개량조합에서는 수원공별 직파 적지면적 및 '95직파 시행면적자료를, 영·호남작물시험장에서는 생육기별 생육일수 조사, 농촌지도소와 경작자들에서는 직파재배의 초기물관리 및 생육기별 담수심과 같은 직파물관리 특성조사에 중점을 두었다.

이와같은 자료조사는 연구기간 동안 계속해서 실시하여 자료를 보완할 예정이다. 따라서 통계자료의 신뢰성과 안정성을 확보할 수 있으며 설계기준의 설정이 가능해지고 필요수량추정모형에 실제 물관리과정을 그대로 반영할 수 있기 때문이다.

<표 4.2.1> 직파 물관리 특성조사 지역 및 기관

| 구분 | 농촌진흥원 | 작물시험장 | 농지개량조합 | 농촌지도소(경작자) |
|-----|--|-------|--|--|
| 1 차 | 강원 경기 충북 충남 전북 전남 경북 경남 | 영남 | 춘천 기호 청원 논산 전북 해남 칠곡 밀양 | 춘천(건답 1인, 답수 1인) 안성(건답 1인, 답수 1인) 청원(답수 1인) 논산(건답 1인, 답수 1인) 김제(건답 1인, 답수 1인) 해남(건답 1인, 답수 1인) 칠곡(건답 1인) 밀양(건답 1인, 답수 1인) |
| 2 차 | 충남 | 호남 | - | 논산(직파시범단지) |

4.2.2 수집자료

수집자료는 주로 직파재배의 물관리에 영향을 미치는 인자를 중심으로 구성하였으며 구체적인 자료명은 아래와 같다.

- 1) 면 적 : 도·시·군별 적지면적 및 재배면적, 수원공별 재배면적,
- 2) 물관리 체계 : 씨레기간, 씨레용수량, 1회씨레용수량과 관개일수 및 생육기별 답수심, 관개방식
- 3) 파종시기와 시비 및 제초 시기

4.3 '95 직파재배 현황

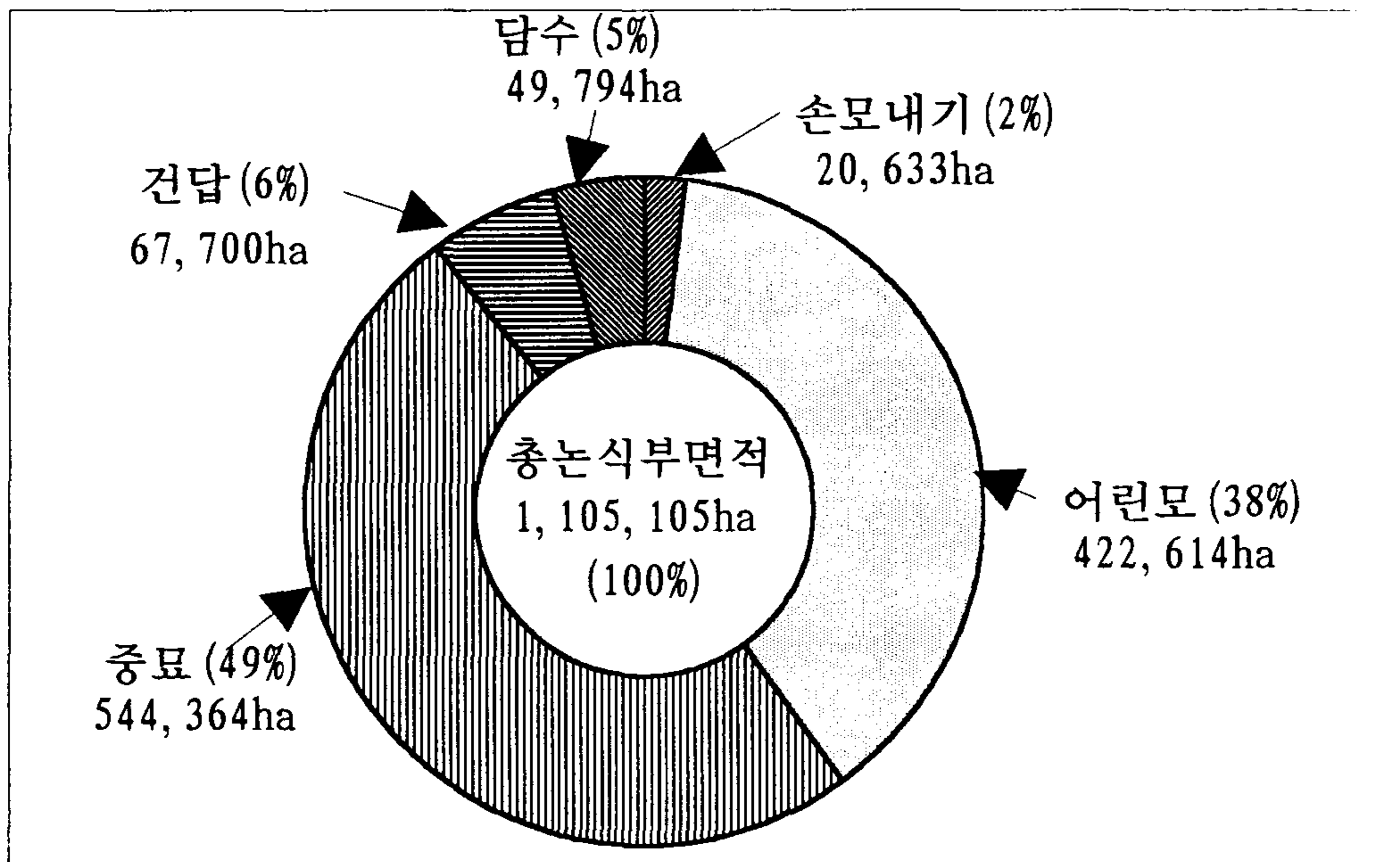
<표 4.3.1>과 <그림 4.3.1>은 전국의 직파재배방법별로 벼재배면적을 나

타낸 것으로 논농사 식부면적 1,105,105ha 중 직파재배 면적은 117,494ha로 10.6%를 차지하고 있으며 이중에 건답이 67,700ha로 57.6%이며 담수가 49,794로 42.4%를 차지하고 있다. 이와 같은 직파재배면적은 '92년도의 직파면적 2,719ha을 기준으로 하였을 때보다 43.2%가 증가한 면적이며 이중 건답직파는 39.4%, 담수직파는 49.4% 증가한 것으로 나타나 담수직파면적이 증가하는 추세임을 알 수 있다.

<표 4.3.1> 전국 벼 재배방법별 면적

(단위 : ha)

| 시도 | 계 | 재 배 방 법 별 면 적(ha) | | | | | | |
|----|-----------|-------------------|---------|---------|----------|---------|--------|--------|
| | | 기 계 모 내 기 | | | 손 모내기 | 직 파 | | |
| | | 소계 | 어린모 | 중모 | | 소계 | 건답 | 담수 |
| 전국 | 1,105,105 | 966,978 | 422,614 | 544,364 | 20,633 | 117,494 | 67,700 | 49,794 |
| 서울 | 700 | 627 | 302 | 325 | 2 | 71 | 29 | 42 |
| 부산 | 6,540 | 5,189 | 4,201 | 988 | 40 | 1,311 | 1,261 | 50 |
| 대구 | 6,735 | 5,022 | 4,133 | 889 | 403 | 1,310 | 1,310 | - |
| 인천 | 17,981 | 17,195 | 5,725 | 11,470 | 118 | 668 | 176 | 492 |
| 광주 | 10,185 | 7,557 | 4,071 | 3,486 | 178 | 2,450 | 482 | 1,968 |
| 대전 | 3,702 | 3,466 | 1,155 | 2,311 | 134 | 102 | 55 | 47 |
| 경기 | 137,599 | 131,976 | 32,009 | 99,967 | 418 | 5,205 | 1,353 | 3,852 |
| 강원 | 51,734 | 49,935 | 18,159 | 31,776 | 368 | 1,431 | 339 | 1,092 |
| 충북 | 63,003 | 58,897 | 31,776 | 27,440 | 753 | 3,353 | 160 | 3,193 |
| 충남 | 167,613 | 152,230 | 91,387 | 60,843 | 1,745 | 13,638 | 4,370 | 9,268 |
| 전북 | 169,083 | 144,348 | 45,434 | 98,879 | 834 | 23,936 | 18,085 | 5,851 |
| 전남 | 200,017 | 159,348 | 81,315 | 78,033 | 3,344 | 37,325 | 15,228 | 22,097 |
| 경북 | 141,705 | 121,104 | 56,555 | 64,549 | 5,069 | 15,532 | 15,287 | 245 |
| 경남 | 126,726 | 109,124 | 46,532 | 62,592 | 6,455 | 11,147 | 9,550 | 1,597 |
| 제주 | 74 | 88 | 88 | - | 71 | 15 | 15 | 15 |



<그림 4.3.1> 재배방법별 면적 분포

한편 제주도를 제외한 8개도의 파종방법별 직파재배면적을 조사한 결과는 <표 4.3.2>와 <그림 4.3.2>와 같이 나타났으며 시군별 직파시행면적은 「부록 IV」에 수록하였다.

조사결과에서 알 수 있듯이 전라남도가 총답면적 200,017ha 중 18.7%인 37,325ha로 8개도중 가장 많이 직파를 재배하였으며 이와 반대로 강원도는 총답면적 51,734ha 중 2.7%인 1,431ha에서 직파를 재배한 것으로 나타나 8개도중 가장 적은 직파재배면적을 나타냈다.

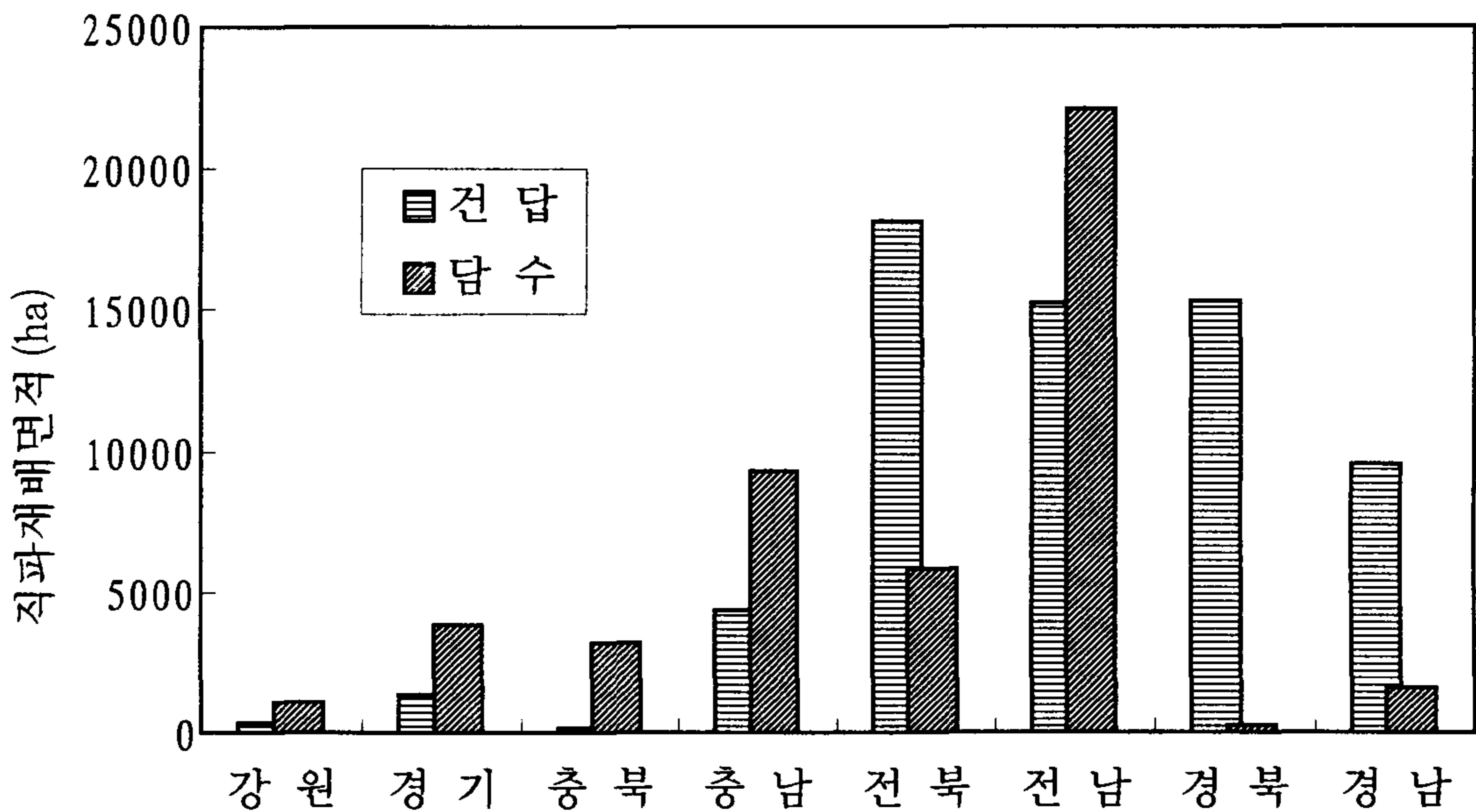
한편 직파종류별 면적을 살펴보면 경상북도가 직파면적 15,532ha중 98.4%인 15,287ha에서 건답을 실시하여 가장 많은 건답재배율을 보였으며 충청북도는 직파재배면적 3,353ha에서 95.2%인 3,193ha에서 무논골뿌림을 재배하여 가장 많은 담수직파를 실시한 것으로 나타나 담수직파의 경우는 관개용수가 풍부한 지역이나 논이 상태가 습한 지역을 중심으로 실시하며 논이 상태가 사질토이거나 관개용수가 부족한 지역에서는 건답을 실시하고 있음을 보여주고 있다. 또한 「농촌진흥청, 1993」에 의하면 남부 지방의 경우 EL.100m이하를 직파적지로 밝힌 바 있는데도 경상북도의 경우 한계표고

이상에서도 건담직파를 40ha나 시행한 것은 우리나라의 직파재배중 건담의 경우는 아직도 한발대책의 일환으로 용수가 부족한 지역에서 실시하는 것임을 알 수 있다.

<표 4.3.2> 도별 파종방법별 직파재배 면적

| 도 명 | 계 | | 건 담 | | | | 담 수 | | | |
|-----|------------|-----------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 면적 (ha) | 비율 (%) | 소 계 | | 휴 립 | 평 면 | 소 계 | | 무논골 | 손산파 |
| | | | 면적 | 비율 | | | 면적 | 비율 | | |
| 강 원 | 1,431 | 2.7 | 339 | 23.7 | - | 339 | 1,092 | 76.3 | 1,081 | 11 |
| 경 기 | 5,205 | 3.8 | 1,353 | 26.0 | - | 1,353 | 3,852 | 74.0 | 3,852 | - |
| 충 북 | 3,353 | 5.3 | 160 | 4.8 | - | 160 | 3,193 | 95.2 | 3,193 | - |
| 충 남 | 13,638 | 8.1 | 4,370 | 32.0 | 572 | 3,798 | 9,268 | 68.0 | 7,818 | 1,450 |
| | (7.3) | | (2.8) | (38.0) | | (2.8) | | 62.0 | (4.5) | |
| 전 북 | 23,936 | 14.2 | 18,085 | 75.6 | 637 | 17,448 | 5,851 | 24.4 | 2,865 | 2,986 |
| 전 남 | 37,325 | 18.7 | 15,228 | 40.8 | - | 15,228 | 22,097 | 59.2 | 18,147 | 3,950 |
| 경 북 | 15,532 | 11.0 | 15,287 | 98.4 | 8,137 | 7,150 | 245 | 1.6 | 180 | 65 |
| | (47.5) | | (40.0) | (84.2) | | (40.0) | (7.5) | (15.8) | (7.5) | |
| 경 남 | 11,147 | 8.8 | 9,550 | 85.7 | 4,248 | 5,302 | 1,597 | 14.3 | 1,597 | - |

※ ()는 한계표고 이상 면적



<그림 4.3.2> 도별 직파종류별 재배면적

또한 위의 직파재배면적을 금회조사한 도별 직파적지면적과 비교하여 보면 경기도가 총 직파적지면적 184,846ha 중 35.5%인 5,205ha에서 직파를 실시하여 가장 많이 직파를 실시한 반면에 전라남도는 261,728ha의 적지면적 중 7.0%인 37,325ha의 면적에서 직파를 실시하여 가장 적은 직파재배율을 나타냈다. 도별, 시·군별 직파재배 적지 면적은 「부록 V」에 수록하였다.

<표 4.3.3> 직파 적지면적

| 도 명 | 시행면적(ha) | | 직 파 재 배 양 식(ha) | | | 비 고 |
|-----|----------|------|-----------------|---------|---------|--|
| | 면적 | 비율 | 담수 | 건 답 | 계 | |
| 강 원 | 1,431 | 7.8 | - | - | 11,184 | 강원도 : EL.100m 이하 : 6,012ha EL.101~200m : 5,172ha |
| 경 기 | 5,205 | 35.5 | 18,140 | 106,496 | 184,846 | |
| 충 북 | 3,353 | 11.2 | 18,744 | 18,706 | 37,450 | |
| 충 남 | 13,638 | 7.9 | - | - | 107,910 | |
| 전 북 | 23,936 | 9.8 | 123,745 | 110,014 | 233,759 | |
| 전 남 | 37,325 | 7.0 | 136,731 | 124,997 | 261,728 | |
| 경 북 | 15,532 | 11.5 | 90,165 | 87,762 | 177,927 | |
| 경 남 | 11,147 | 14.2 | 77,663 | 80,485 | 158,148 | |

위와같은 직파적지는 토성 및 토양의 배수특성, 지형(해안지, 산간지, 평야지), 경사도(7%이하, 7~15%), 표고(남부 : 200m이하, 중북부 : 100m이하)등의 조건을 고려한 것이며 특히 농촌진흥청에서는 위의 조건들을 고려하여 담수와 건답에 공통적으로 적합한 69개 토양통명, 담수에 적합한 37개 토양통명, 건답에 적합한 10개 토양통명을 분류하고 전국의 총조사면적 1,288,249ha 중 직파 적지면적을 55.1%인 709,919ha로 밝힌 바 있는데 이중 건답직파 적지면적은 96,314ha, 건답과

담수가 동시에 재배될 수 있는 적지면적은 443,617ha이다(농촌진흥청, 농기연, 영남작물시험장, 1993).

4.4 생육기별 물관리 실태

4.4.1 파종시기

파종시기는 그 지역의 기상조건, 품종의 조만성 및 저온발아성등에 따라 결정된다. 대체로 물의 온도가 15℃ 이상이면 논에서 벼씨가 발아하여 자랄 수 있는 온도이며 물의 온도가 기온보다 3~4℃가 높으므로 그 지역의 평균 온도가 11℃ 이상이면 담수직파의 경우 파종이 가능하다. 또한 건답인 경우는 파종후 기온조건이 아무리 좋더라도 토양수분이 부족하면 발아를 하지 않으므로 반드시 기온조건과 토양수분조건을 동시에 고려하여야 한다. 그러나 파종적기를 지나치게 강조할 경우 비가 오면 파종을 하지 못하는 경우가 있으므로 파종적기를 기다리지 말고 유효파종 한계기(4월 하순)까지 앞당겨 파종하는 것이 안전한 것으로 나타났다.

<표 4.4.1>은 전국 파종시기를 조사한 결과를 정리한 것으로 중생종을 기준하였을 때 중북부지역에서의 파종기간은 건답인 경우 4월 20일~5월 10일, 담수는 5월 1일~5월 20일, 중부지역인 경우 건답은 4월 20일~5월 15일, 담수는 5월 1일~5월 20일, 남부지역인 경우 건답은 4월 20일~5월 20일, 담수는 5월 1일~5월 20일로 나타났다.

한편 담수직파가 가능한 기온을 11℃ 이상으로 볼 때 1961~1990년까지 30개년의 4, 5월 순별 평균기온을 정리한 <표 4.4.2>에 의하면 청주 이북에서는 4월 하순, 청주 이남에서는 4월 중순부터 파종이 가능한 것으로 나타났다.

<표 4.4.1> 도별 파종시기

| 도 명 | 건 | | | 수 | | |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 조생종 | 중생종 | 중만생종 | 조생종 | 중생종 | 중만생종 |
| 강 원 | 4.20~5.15 | 4.20~5.10 | 4.20~5. 5 | 5. 1~5.25 | 5. 1~5.20 | 5. 1~5.15 |
| 경 기 | 4.20~5.15 | 4.20~5.10 | 4.20~5. 5 | 5. 1~5.25 | 5. 1~5.20 | 5. 1~5.15 |
| 충 북 | 4.20~5.15 | 4.20~5.10 | 4.20~5. 5 | 5. 1~5.25 | 5. 1~5.20 | 5. 1~5.15 |
| 충 남 | 4.20~5.20 | 4.20~5.15 | 4.20~5.15 | 5. 1~5.30 | 5. 1~5.25 | 5. 1~5.20 |
| 전 북 | 4.20~5.25 | 4.20~5.20 | 4.20~5.15 | 5. 1~6. 5 | 5. 1~5.30 | 5. 1~5.25 |
| 전 남 | 4.20~5.25 | 4.20~5.20 | 4.20~5.15 | 5. 1~6. 5 | 5. 1~5.30 | 5. 1~5.25 |
| 경 북 | 4.10~5.25 | 4.10~5.20 | 4.10~5.15 | 5. 1~6. 5 | 5. 1~5.30 | 5. 1~5.20 |
| 경 남 | 4.20~5.25 | 4.20~5.20 | 4.20~5.15 | 5. 1~6. 5 | 5. 1~5.30 | 5. 1~5.25 |

<표 4.4.2> 지역별 4, 5월 순별 평균기온

| 지 역 | 4 월 | | | 5 월 | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|
| | 상 순 | 중 순 | 하 순 | 상 순 | 중 순 | 하 순 |
| 춘 천 | 9.0 | 11.2 | 13.7 | 15.5 | 16.7 | 18.6 |
| 수 원 | 8.6 | 11.0 | 13.2 | 14.9 | 16.4 | 18.3 |
| 청 주 | 9.6 | 11.9 | 14.2 | 15.9 | 17.2 | 19.2 |
| 대 전 | 9.9 | 12.2 | 14.4 | 16.0 | 17.1 | 19.2 |
| 전 주 | 10.3 | 12.6 | 14.8 | 16.4 | 17.7 | 19.5 |
| 광 주 | 10.6 | 12.8 | 14.8 | 16.3 | 17.7 | 19.4 |
| 대 구 | 11.2 | 13.2 | 15.2 | 17.0 | 18.4 | 20.0 |
| 진 주 | 10.8 | 12.7 | 14.6 | 16.1 | 17.4 | 18.9 |

4.4.2 생육기별 생육일수

직파의 생육기와 생육기별 생육일수를 파악하기 위하여 전라북도 이리지역에서 담수직파와 건답직파에 대한 파종시기부터 완숙기까지의 생육일수를 조사하여 <표 4.4.3>에 정리하였다.

일반적으로 생육일수는 지역의 기상조건, 토양종류, 품종, 재배조건 및 물관리 방법에 따라 다르게 나타날 것이나 금회조사에서 재배조건은 담수직파는 무논골뿌림, 건답직파는 평면 세조파 방식이었다. 기상조건은 건답직파 파종시기인 5월 1일부터 출수기인 8월 20일까지 112일간 동안에 이리지역의 인근에 위치한 군산측후소에서의 평균기온은 22.8℃, 총강수량은 325.4mm, 총일조시간은 784.9hr로 나타났으며, 전주측후소에서 평균기온은 23.4℃, 총강수량은 356.9mm, 총일조시간은 751.8hr로 나타났다. 한편 토양조건은 미사질양토였으며 품종은 건답과 담수에서 모두 중만생종인 동진벼를 재배하였다.

<표 4.4.3> 생육기별 생육일수

| 생육기명 | 발 생 일 | | 생육일수(일) | | 비 고 | | |
|-------------|-----------|-----------|---------|-------|----------|------------|----------|
| | 건 답 | 담 수 | 건 답 | 담 수 | 건 답 | 담 수 | |
| 파 종 | 5. 1 | 5.11 | - | - | | | |
| 출 아 기 | 5.19 | - | 18 | - | 5. 29 담수 | | |
| 유효분얼한계기 | 6.18~6.21 | 6.15~6.20 | 30~33 | 35~40 | | 6.20(7일)낙수 | |
| 최고분얼기 | - | 7.11 | - | 21~26 | | | |
| 유수형성기 | 7.26 | 7.28 | 35~38 | 17 | | | |
| 수 잉 기 | 8. 9 | 8.11 | 14 | 14 | | | |
| 출 수 기 | 8.19 | 8.21 | 10 | 10 | | | |
| 수 확 기 | 유숙기 | 8.19 | 8.21 | - | - | | |
| | 호숙기 | 9. 5 | 9.15 | 17 | 25 | | |
| | 황숙기 | 9.20 | 9.25 | 15 | 10 | 9. 20 낙수 | 9. 25 낙수 |
| | 완숙기 | 10. 8 | 10.10 | 18 | 15 | | |
| 계 | | | 161 | 152 | | | |

※ 자 료 : 호남작물시험장

표에서 보는 바와 같이 건답직파에서 최초 담수시기인 2~3엽기는 파종후 28일, 유수형성기는 88일, 출수기는 110일에 나타났으며 담수직파인 경우 유효분얼한계기는 파종후 약 37일에 나타났으며 이 때부터 7일간의 중간낙수를 하였고, 유수형성기는 78일, 출수기는 102일로 나타나 담수직파가 건답직파보다 출수기가 약 8일정도 빠른 것으로 조사되었다. 그리고 완전낙수는 건답과 담수 모두 황숙기에 실시한 것으로 조사되었다.

4.4.3 생육기별 물관리

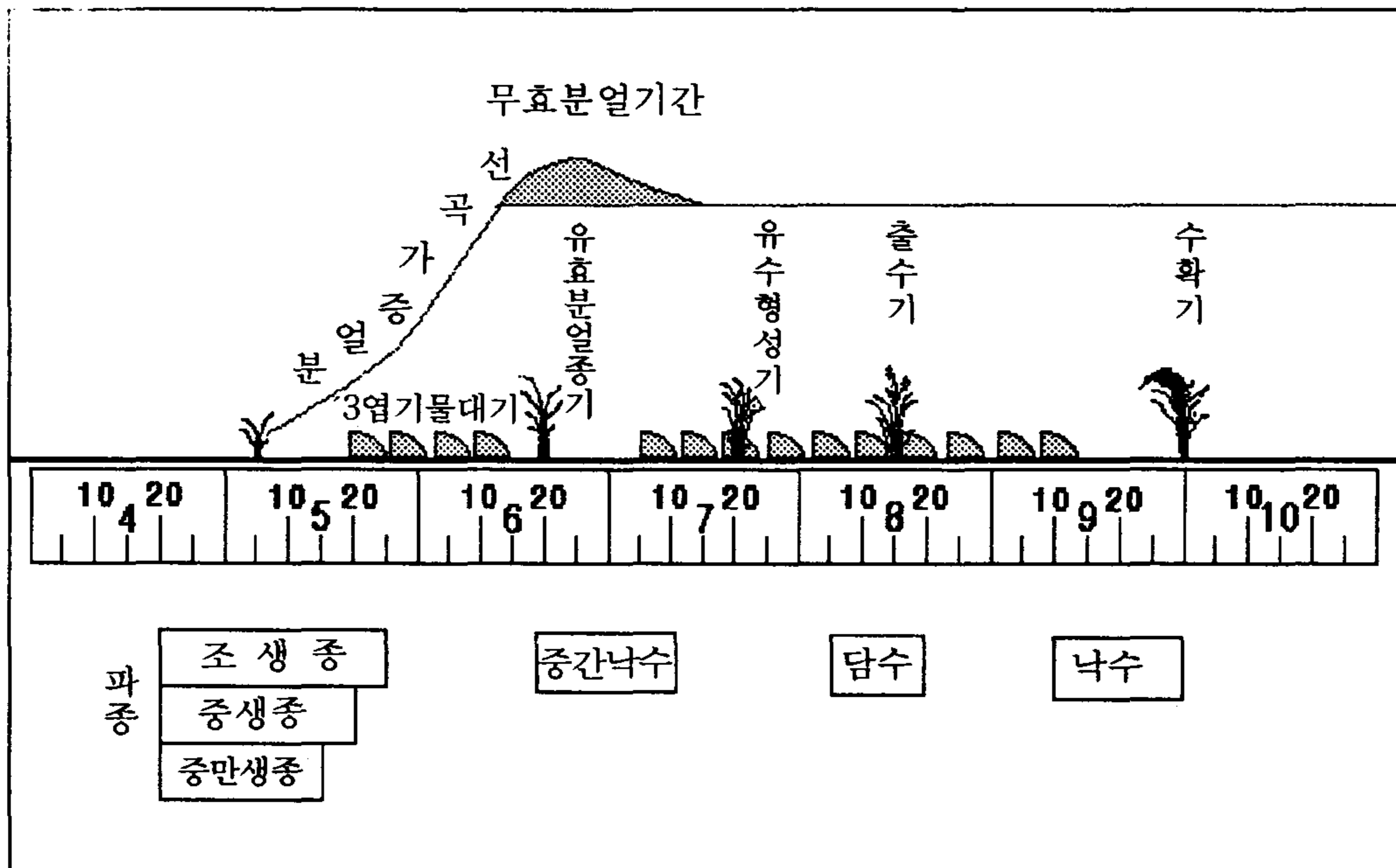
가. 건답직파

건답직파는 논이 마른 건답 상태에서 파종하기전 경운, 쇠토하고 파종하여 입묘수가 일정수준에 되었을 때부터 관개를 시작하여 담수재배를 실시하는 재배방법으로 이앙재배방법과 비교했을 때 물관리가 다른 기간은 파종기부터 중간낙수까지 였다.

한편 직파재배가 보급단계에 있고 직파재배실시에 대한 경작자의 불안감으로 물관리는 「직파기술지도 지침」 및 농촌지도소의 영농관리자의 지도방침을 준수하고 있는 것을 알 수 있었다. <그림 4.4.1>은 건답직파의 생육기별 물관리를 도시한 것이다.

1) 3엽기(최초 관개시기)

파종후 30일 정도 경과하면 2~3엽기가 되며 이때부터 논에 전면 담수를 시작하였고 담수심은 20~30mm부터 30~40mm까지 논의 토양종류와 경작자의 영농 관행에 따라 다양하게 나타났다. 또한 물이 부족한 지역에서는 물깊이를 얇게 관개하는 반면 물이 풍부한 지역에서는 깊게 관개하는 것을 알 수 있었으며 관개를 시작하면 곧바로 제초제처리를 시행하는데 이때는 약효가 5일이상 경과하도록 심수관개를 하였다.



<그림 4.4.1> 전답직파 생육기별 물관리

한편 전답상태에서 관개를 시작하므로 논두렁을 통한 횡침투량이 많이 발생하여 일시에 많은 양의 물이 필요한 것으로 나타났으며 더우기 투수성이 강한 사질토양에서는 1회 관개로 관개수가 논의 말단부까지 도달되지 않는 현상도 나타나 이를 극복하기 위하여 처음 관개를 한 후 토양세립자의 양분이 토양공극을 채울 수 있도록 단수한 다음 담수를 재개하는 경우도 있었다. 그리고 휴림직파의 경우에는 토양수분이 건조하면 파종후 곧바로 고랑에 관개하여 발아에 지장이 없도록 하는 경우도 조사되었다.

2) 3엽기/유효분얼 한계기

관개를 시작하여 유효분얼 한계기까지는 약 15~20여일 정도가 소요되며 이 기간에는 간단관개를 하거나 또는 뿌리에 근력을 주어 도복을 방지하기 위한 방법으로 10일 간격으로 중간낙수를 2~3회 실시하는 경우도 있었으며 잡초의 번식을 억제하기 위하여 연속관개를 실시하는 지역도 있었다. 시행하고 있는 담수심의 범위는 3엽기와 같은 것으로 나타났다.

3) 중간낙수

유효분얼한계기 후 약 10일 정도 경과하면 벼의 가지치기가 가장 많은 시기인 최고분얼기가 되며 이때를 전후하여 약 7~15일간 중간낙수를 실시하였으며 낙수기간은 배수조건에 따라 다양하였다.

4) 유수형성기/출수기

유수형성기부터 출수기까지의 약 25일은 벼가 일생중 가장 많은 물을 필요로 하는 시기로 이 기간은 간단관개를 실시하며 1회관개시의 담수심을 40~50mm 정도로 관개하였다. 특히 수잉기를 전후해서 약 15일간은 50~60mm까지 심수관개를 시행하는 경우도 있었다.

5) 유숙기/황숙기

이기간을 등숙기라 하며 약 30일 정도가 소요되며 20~30mm정도의 담수심으로 간단관개를 실시하였다.

6) 완전낙수

대개의 경우 완전낙수는 황숙기에 실시하였으나 이는 토성이나 수확기에 기계작업의 용이성을 고려하여 실시하는 것으로 나타났다.

나. 담수직파

담수직파는 이앙재배보다 본논기간이 20~30일 정도 길며 출아 및 초기생육기간부터 물이 있는 본논에서 재배되므로 논외의 경우 정지부터 정밀한 물관리가 이루어져야 한다.

담수직파의 물관리방법도 앞에서 언급한 바와 같이 파종방법에 따라 초기의 물관리에 다소의 차이가 있으나 급회 물관리 특성 조사는 현재 많이 시행하고 있는 무논골뿌림을 기준으로 조사되었으며 <그림 4.4.2>는 이의 생육기별 물관리를 나타낸 것이다.

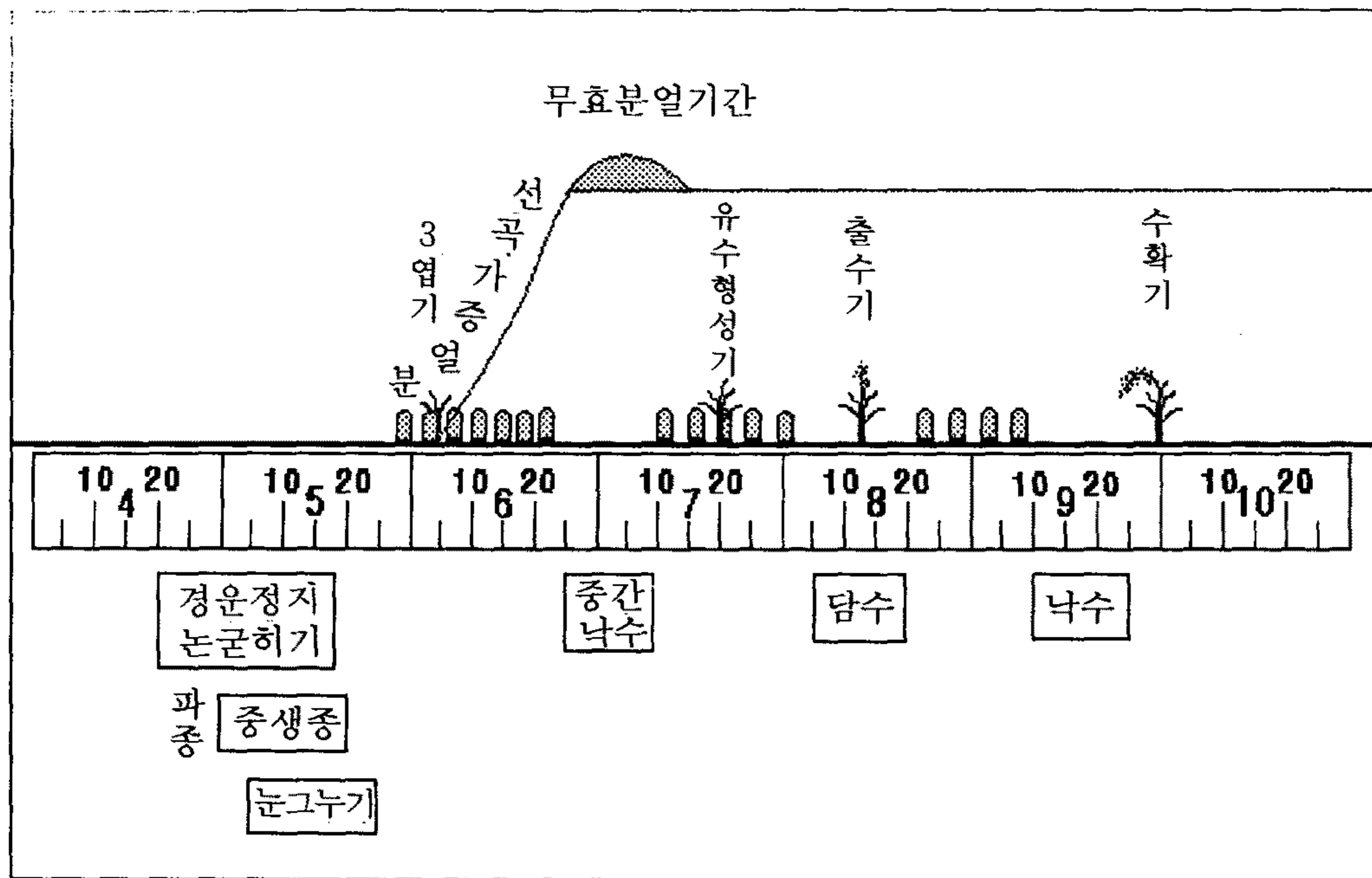


그림 4.4.2 담수직파(무논골뿌림) 생육기별 물관리

1) 경운·정지시기 및 방법

경운, 정지시기는 조사결과 대부분 파종전 4~5일전에 실시하였고 배수 상태가 불량한 논에서는 7일전에도 실시하였다. 이때 경운방법은 논이 마른상태에서 경운을 실시하고 그후 물을 대고 정지 및 써레를 실시하였으나 이때 건조상태의 논에 물을 대기 때문에 다량의 용수가 필요하므로 경운과 써레를 물을 대면서 함께 시행하는 직파농가도 조사되었다.

1회 써레면적 및 용수량 조사는 실측자료가 없는 관계로 파악하지 못하였다. 참고로 기계이앙시의 정지 및 모내기에 필요한 수량은 최고 164mm, 최소 36mm, 평균 120mm이나 담수직파시에는 써레만을 통한 지균을 실시하며 여분의 용수량은 논굳히기를 위하여 배수를 실시하기 때문에 기존의 이앙재배시의 써레용수량과는 다소 차이가 있을 것으로 생각된다. 이와 함께 1회 써레면적도 향후 연구계획인 적정간단관개 및 유회관개 면적과 시기결정등에 대한 연구시 더 조사되어야 할 부분이다.

2) 논 곧히기 및 파종시기

무논 골뿌림 담수직파에서는 파종전 논곧히기를 실시한다. 논곧히기의 정도는 「직파 기술지도 지침」에 나타난 기준에 따라 실시하는 것으로 나타났다. 기술지도 지침에서는 논곧히기 정도를 원추관입심도가 6~7cm 정도이거나 간편한 방법으로 두부모 정도로 밝히고 있으며 위의 두가지 기준 중 영농자들은 후자의 방법을 이용하고 있었다.

또한 그 기간 및 파종작업체계는 토양종류에 따라 다르게 구분하고 있다. 즉 사질토일 때는 써레질 한후 배수를 통한 논곧히기를 실시하고 일시 관수를 한 다음 파종하며 점질성이 강한 논에서는 써레질 후 3~4일 배수하고 7~8일 논곧히기를 한 다음 일시 관수 후 파종하는 것으로 되어 있다. 하지만 영농자들은 써레질 후 1~2일 논 곧히기를 한 다음 일시 관수없이 파종하는 것으로 나타났다.

3) 최초 관개시기와 눈그누기

파종직후나 파종후 1~2일 이내에 관개를 시작하였고 이때의 담수심은 무논골의 깊이를 채울 수 있는 정도의 10~20mm 정도였으며 관개 시작부터 약 5~10일간은 출아 및 뿌리의 활착을 돕기 위하여 눈그누기라는 3일 관개 2일 낙수의 간단관개를 실시하였다. 한편 바람의 영향으로 벼씨가 부유하여 한쪽으로 물리는 것을 방지하기 위하여 1일 중 저녁에 관개를 시작하여 새벽에 단수하는 농가도 있었다.

4) 눈그누기 이후의 물관리

눈 그누기를 실시한후 즉 파종후 약 10~15일 정도 경과하면 제초방제를 실시하며 약효를 유지하기 위하여 깊게 관개를 한다. 이 이후의 물관리는 건답 직파와 같게 무효분얼을 방지하기 위한 중간낙수 및 수잉기의 심수관개와 등숙기의 간단관개를 실시하는 것으로 조사되었다. <그림 4.4.3(a)~(c)>는 전북 김제시 성덕면에서 담수직파를 재배하는 전경을 나타낸 것이다.



<그림 4.4.3(a)> 무논 골뿌림 재배(파종 ; 5월 10일)



<그림 4.4.3(b)> 무논 골뿌림 재배(분얼기 ; 6월 30일)



<그림 4.4.3(c)> 무논 골뿌림 재배(호숙기 ; 9월 15일)

4.5 수원공별 직파재배 현황

직파재배에 따른 기존 수리시설물의 영향을 검토하기 위하여 수원공별 직파재배 면적에 대한 조사를 실시하였다. 전국 8개 농지개량조합(이하 농조)을 대상으로 실시 하였으나 4개 농조만 응답을 하였고 그 결과로 수원공별 직파재배면적을 정리한 것이 <표 4.5.1>이다.

표에 의하면 4개농조에서 직파를 시행한 면적은 총답면적 37,397ha중 약 1.3%의 447ha로 전국 직파재배 시행면적비 10.6%에는 미치지 못하고 있는 것으로 조사되었으며 수원공별로 살펴보면 저수지에서 1.5%, 양수장에서는 1.4%, 보등의 기타 수원공에서는 0.1%로 나타났다.

이와 같이 4개지역의 수원공별 직파면적이 전국직파면적과 차이가 나는 것은 아직도 농조에서 직파재배에 대한 인식이 부족하여 나타난 결과로 생각되며 향후 변경물관리에 따른 수리시설물 영향검토시 정밀하게 조사분석되어야 할 것이다.

<표 4.5.1> 수원공별 직파재배 면적

(단위 : ha)

| 농조명 | 총논면적 | 저 수 지 | | | 양 수 장 | | | 보,집수압거,관정등 | | |
|-----|--------|--------|-----|-----|-------|-----|-----|------------|----|-----|
| | | 논면적 | 직 파 | | 논면적 | 직파 | | 논면적 | 직파 | |
| | | | 면적 | 비율 | | 면적 | 비율 | | 면적 | 비율 |
| 춘천 | 784 | 784 | 15 | 1.9 | 0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 0.0 |
| 기호 | 25,662 | 14,493 | 0 | 0.0 | 7,252 | 70 | 1.0 | 3,917 | 5 | 0.1 |
| 청원 | 6,796 | 4,805 | 244 | 5.1 | 1,228 | 50 | 4.1 | 763 | 0 | 0.0 |
| 칠곡 | 4,155 | 2,946 | 78 | 2.6 | 1,123 | 15 | 1.3 | 86 | 0 | 0.0 |
| 계 | 37,397 | 23,028 | 337 | 1.5 | 9,603 | 135 | 1.4 | 4,766 | 5 | 0.1 |

여 백

제5장 필요수량 추정 모형의 개발

5.1 기존모형의 검토

5.2 ROS 모형

5.3 DIROM 모형

5.4 모형의 개발방향

여 백

제5장 필요수량 추정 모형의 개발

5.1 기존모형의 검토

5.1.1 수문모형

일반적으로 수문모형(hydrologic models)이란 물리계(physical system)의 수문순환 과정을 모의하는 기법이라 할 수 있으며 이것은 실제의 수문학적 문제를 해결하는 수단으로 광범위하게 사용되어 왔다. 본 영농방식 변화에 따른 필요수량 변화 연구에서도 이러한 수문학적 문제를 해결하기 위하여 수문순환과정을 모의할 수 있는 3개의 수문모형을 필요로 한다. 즉 저수지의 유입량을 추정하기 위한 유역 유출량 추정모형과 관개구역에 공급되는 농업용수량을 추정하기 위한 소비수량 추정모형 그리고 저수지의 저수량 예측과 저수위 추적을 위한 물수지 모형이 필요하다.

이와같은 수문모형은 새로이 개발하여 사용할 수도 있고 기 개발된 모형을 선정하여 사용할 수도 있다. 본 연구에서는 영농방식의 변화의 일환으로 직파재배에 따른 논에서의 물소비형태가 달라지므로 우선적으로 기존의 소비수량 모형을 검토하여 직파재배 바로 전단계의 농업용수 공급관리체계를 검토함이 바람직하다. 따라서 지금까지 개발된 작물의 필요수량 산정과 관련된 여러 수문모형을 연구개발 방향의 특성에 맞추어 구상하고 설계하고자 기존의 수문모형을 검토하였다.

5.1.2 모형의 조건

일반적으로 모형은 다음과 같이 그 모형이 가지는 정확성, 응용성, 범용성, 사용성등의 특성을 가져야 한다.

가. 정확성

정확성은 모형 선택의 가장 중요한 요건으로서 수문순환 과정을 구성하는 요소가 얼마나 정밀하게 모형의 구조를 이루고 있느냐에 따라 달라진다.

나. 응용성

일단 한번 개발된 모형은 필요에 따라 변형되고 보완이 가능해야 한다. 이것은 복잡하게 이루어지고 있는 물리계의 수문순환 과정을 완벽하게 모의할 수 있는 모형은 실제로 불가능하기 때문에 응용성을 추가시켜 항상 발전적이어야 함을 의미하는 것이다.

다. 범용성

어떤 모형은 수문순환 과정 전체를 망라한 모든 수문조건을 고려하여 만들어지므로 어떠한 곳에서도 수문순환 과정의 특성을 표시하는 입력자료만 있으면 사용이 가능한데 반해 특수한 목적을 위해 만들어 지는 모형은 특정 지역 적용에만 초점을 맞추어 미리 모형내에 수문순환 과정의 특수성을 가정하게 된다. 이때 전자를 범용성 있는 모형이라 하고 후자를 범용성이 없는 모형이라 한다.

라. 사용성

사용성은 사용자 편의성을 말하며 이것은 특수성이 배제되고 누구나 쉽게 자료의 입력, 보정, 검정, 출력 등의 자료 작성과 조작이 가능토록 모형이 만들어져야 한다는 것을 의미한다.

따라서 직과재배와 물관리에 관련된 본 연구는 수원공의 수계별 특성에 따라 수문특성도 서로 다르다는 것을 고려하여야 하며 기존의 저수지 규모결정용 모형에서 탈피하여 유지관리에도 적합한 모형으로 개발하거나 또는 기존모형의 이용을 모색하여야 할 것이다.

5.1.3 기존모형의 특성분석

「저수관리 시스템 개발(Ⅱ), 1993」에 의하면 지금까지 우리공사에서 이용된 우출량 추정모형에는 미산(가지야마)식, Tank모형 및 DAWAST(DAILY WAtershed STreamflow Model, 김태철, 1992)모형 등 3개가 있으며 <표 5.1.1>과 같이 모형별 가지고 있는 특성에 대하여 분석하였다. 분석결과에 의하면 정확성은 Tank와 DAWAST 모형이 높고, 응용성은 DAWAST 모형이 제일 높으며 범용성은 미산식이 제일 높다. 사용성의 경우는 미산식과 DAWAST 모형이 높다. 그러나 이 모형은 아직은 범용성이 좀 떨어지며 또한 프로그램 언어도 BASIC을 사용하므로써 다른 FORTRAN 프로그램과의 응용성에도 단점이 있다. 따라서 저수지의 유입량모형은 정확성이 높고 일별 유입량계산도 가능한 Tank모형을 사용하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

소비수량 추정모형은 Blaney-Criddle식과 Penman식이 있으며, 이 중 Penman식이 Blaney-Criddle식 보다 정확성이 높고 응용성과 범용성은 유사하나 사용성이 Blaney-Criddle식 보다 낮다. 이렇게 볼 때 본 연구에서는 Penman식을 선택하여 사용하는 것이 유리하게 보인다. 그러나 Penman식은 공식의 특수성에 비추어 볼 때 많은 종류의 기상자료를 필요로 하는 단점이 제기되고 있지만 1960년대 이후 공식에 필요한 기상관측자료가 많이 구축되어 사용성에서의 단점은 극복될 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 위와같은 특성을 살펴보았을 때 DIROM모형은 앞으로 개발할 모형에 가장 적합한 조건을 가지고 있는 것으로 나타나 모형의 구성과 특성을 세밀히 검토하는 것이 필요하며 아울러 ROS모형도 지금까지 우리공사에서 사용되었고 그 범용성과 사용성이 인정된 것으로 향후 개발할 모형에 중요한 자료가 될 수 있을 것으로 생각되어 두모형에 대하여 상세히 후술하였다.

<표 5.1.1> 기존모형의 특성

| 모형명 | 용도 | 계산 단위 | 입 력 자 료 | 모형의 특성 비교 | | | | P/G언어 |
|----------------------|------------|----------|----------------------------------|-----------|-----|-----|-----|---------|
| | | | | 정확성 | 응용성 | 범용성 | 사용성 | |
| 梶 山 | 유출량 | 월, 순 | 유역면적, 유출계수 강우량 등 | 보통 | 적음 | 크다 | 크다 | FORTRAN |
| Tank | 유출량 | 일 | 유역면적, 강우량 등 | 크다 | 적음 | 보통 | 보통 | FORTRAN |
| DAWAST ¹⁾ | 유출량 | 일 | 유역면적, 강우량 등 | 크다 | 보통 | 보통 | 크다 | BASIC |
| B-C ²⁾ | 소비 수량 | 순 | 강우량, 온도 주간시간백분율 작물계수 등 | 보통 | 보통 | 크다 | 크다 | FORTRAN |
| Penman | 소비 수량 | 일 | 강우, 온도, 습도 풍속, 일조시간 작물계수 등 | 크다 | 보통 | 크다 | 보통 | FORTRAN |
| ROS ³⁾ | 저수지 물수지 | 순 | B-C 및 미산식 입력자료 | 보통 | 크다 | 크다 | 크다 | FORTRAN |
| DIROM ⁴⁾ | 저수지 물수지 | 일 | Tank, Penman식 입력자료 | 크다 | 크다 | 크다 | 보통 | FORTRAN |

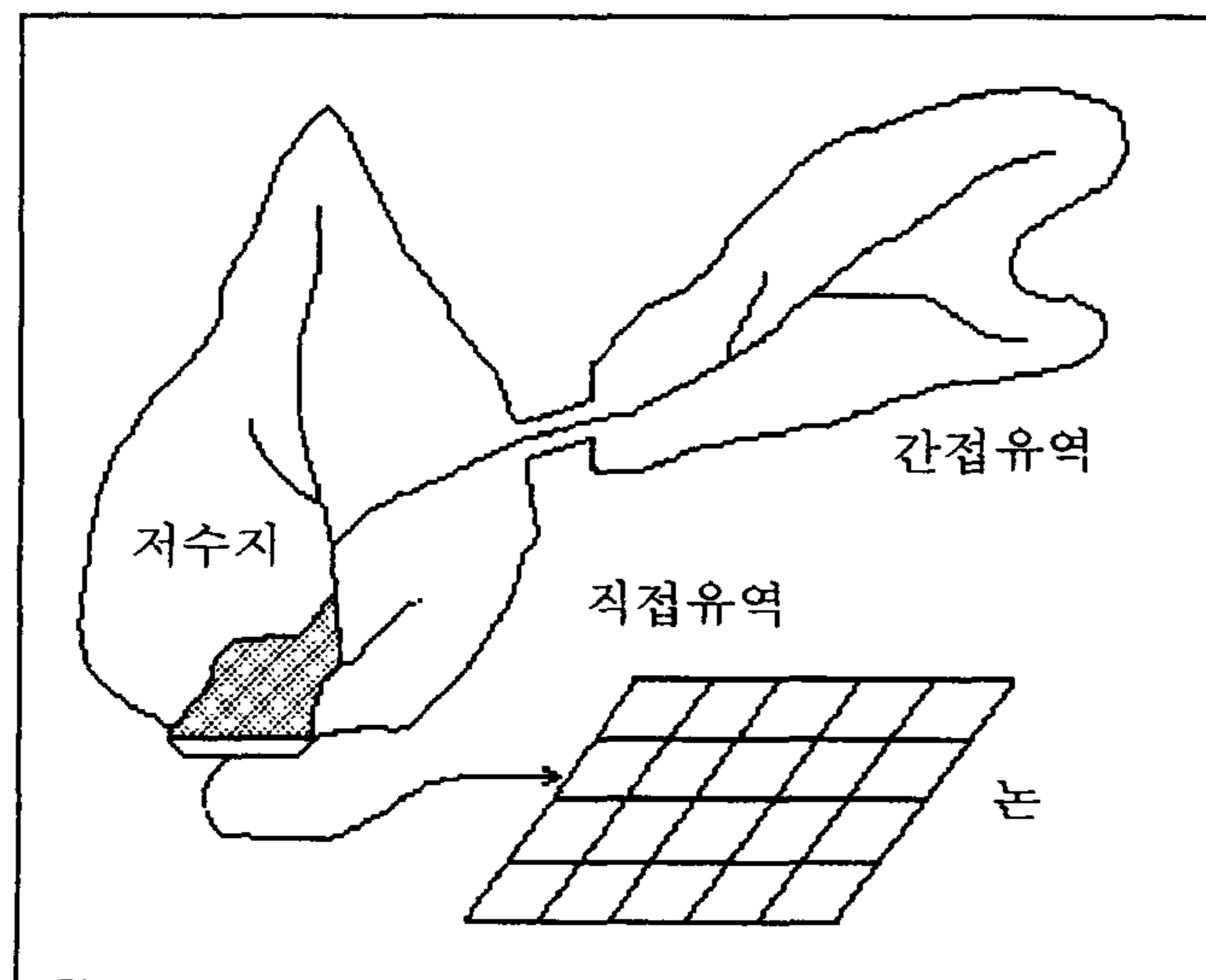
- ※ 1) DAily WAtershed STreamflow Model(김태철, 1992)
 2) Blaney-Criddle
 3) Reservoir Operation Study(농업진흥공사)
 4) Daily Irrigation Reservoir Operation Model(김현영, 1988)

5.2 ROS 모형

5.2.1 개요

ROS(Reservoir Operation Study)는 우리공사에서 현재 저수지 설계에 이용되고 있는 저수지 모의조작(Simulation of Reservoir Operation)에 대한 전반적인 시스템이다. ROS 모형은 크게 나누어 작물의 엽수면 증발산량, 즉 작물의 소비수량을 산정하기 위한 필요수량 계산모형과 저수지로 유입되는 상류유역의

유출량 계산을 위한 유출량 계산모형과 기타 각종 모의 연산에 이용되는 기상자료, 작물계수, 작부시기 등을 조정할 수 있는 제약조건등으로 크게 나눌 수 있다. 또 이 모형은 농업용수용 저수지 설계 즉 저수지의 규모결정을 위한 물수지모형을 포함하고 있으며 저수지의 내용적 측량성과를 입력하여 필요저수량 결정에 이용하고 있다. 또 실제 분석할 저수지의 유역조건에 대해서도 물사용 계획이 단일유역일 경우<그림 5.2.1참조> 저수지내의 물수지(water balance) 방정식에 의하여 간단히 연산할 수 있으나 간접유역에서의 유입량, 기설 관개면적의 회복수량 등을 고려할 경우 조정변수를 고려함으로써 두개 혹은 세개까지의 저수지를 연결하여 모의조작 할 수 있다.



<그림 5.2.1> 간접유역에 대한 저수지 모의조작도

5.2.2 유출량 모형

ROS 모형에 포함된 유출량 모형은 저수지 상류유역의 유출량을 모의 연산하는 모형으로 梶山(Kajiyama)이 우리나라의 중·대하천의 24개 수문관측지점에서 1916~1927년간의 강우-유출자료를 이용하여 유도한 (1929년) 공식을 이

용하였다.

상기모형은 월별유출량을 산정하기 위한 모형으로서 ROS 모형에서는 강우량에 대한 비례식으로 순별유출량을 계산하였고, 또 다음과 같은 가정하에 만들어졌다.

- 1) 우리나라의 조사대상 하천에서의 강우-유출율은 40~70%이며 평균 55%이다.
- 2) 유역에서의 년평균 유출고(수심)는 500mm 이며, 이때의 유역의 유출계수 $f = 1.0$ 이며, 그리고 600mm, 700mm일 경우는 각각 $f = 0.8$, $f = 0.6$ 이고, 400mm, 300mm 일때는 $f = 1.2$, $f = 1.4$ 로 변화시켰다.
- 3) 월강우의 유·무를 막론하고 기저유량은 10.2mm로 한다.
- 4) 유역내에서 월평균 강우량이 어느 한도 이상이 되면 유역내에서의 최대 손실수량은 138.6mm로 한정하였다.
- 5) 계절적 또는 월강수량의 양에 따라 개정치 E 를 변화 시킨다.

梶山 공식을 간단히 나타내면 아래 식(5-1)과 같다.

$$Q = \sqrt{R^2 + (138.6f + 10.2)^2} - 138.6f + E \quad (5-1)$$

여기서 Q : 월별 또는 순별 유출량(mm), R : 월별 또는 순별 강우량(mm),
 f : 유출계수, E : 월별 개정계수이다.

유입량 계산에 있어 순별 강우량이 없거나 5mm 이하인 경우는 다음 식(5-2)으로 유출량을 개정하여 계산한다.

$$C_o = \frac{10.2 + E}{3} \quad (5-2)$$

여기서 C_o : 개정순별 유출량(mm), E_o : 개정계수(<표 5.2.1 참조>)의 값을 이용한다.

또한 유출계수 f 는 <표 5.2.2>와 같이 유역의 임상 상태나 유출조건에 따라 선

정할 수 있다.

<표 5.2.1> 월별 갱정 계수

| 월별 강우량 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 9 | 10 | 비고 |
|-----------|------|------|------|-------|-------|------|-----|---------------------------------|
| 0 mm | -2.5 | -2.5 | 5.0 | - | -2.0 | 6.0 | 9.0 | 3, 7, 8, 11, 12월의 갱정 계수는 0 임 |
| 10 | -2.0 | -2.0 | 5.5 | - | -3.0 | 6.4 | 6.3 | |
| 20 | -1.5 | -1.5 | 6.0 | - | -3.0 | 4.8 | 5.6 | |
| 30 | -1.0 | -1.0 | 9.5 | - | -6.0 | 7.2 | 4.9 | |
| 50 | - | - | 8.5 | -2.4 | -9.0 | 8.0 | 3.5 | |
| 70 | - | - | 7.0 | -3.6 | -12.0 | 8.8 | 2.1 | |
| 80 | - | - | 10.5 | -6.0 | -17.0 | 9.2 | 1.4 | |
| 100 | - | - | 5.0 | -12.0 | -20.0 | 10.0 | - | |
| 150 | - | - | - | -6.0 | -26.0 | 11.0 | - | |
| 200 | - | - | - | - | -30.0 | 12.0 | - | |
| 250 | - | - | - | - | -22.5 | 9.0 | - | |
| 300 | - | - | - | - | -15.0 | 6.0 | - | |

<표 5.2.2> 유역의 유출계수

| 유역 상황 | f |
|---|-----|
| 유역내의 농경지, 임야가 많고 경사가 느리며 년 평균기온이 높고 유하거리가 길어 유역내 물소비수량이 가장 많아 유출량이 최소인 경우 | 1.4 |
| 위와 같으나 유역내의 물 소비수량이 비교적 많아 유출량이 비교적 적은 경우 | 1.2 |
| 유출량이 보통인 경우 | 1.0 |
| 유역 유출량이 비교적 많은 경우 | 0.8 |
| 유역이 황폐되고 경사가 급하며 유로가 짧아 유출량이 가장 많은 경우 | 0.6 |

5.2.3 필요수량 계산

작물의 필요수량은 식물의 증발산량에 기인한다. 식물의 구조를 통하여 순환되는 수분이 수증기의 형태로 대기로 빠져 나가며 이는 기상학적 및 물리적 인자에 의해 지배된다. 기상학적 인자는 증발과는 다른 증산에 기초를 두고 있음으로 주간에만 작용한다는 사실 이외에는 수면증발량과 거의 같은 작용으로 볼 수 있다.

ROS 모형에 포함된 작물의 엽수면 증발산량 계산은 주간시간 백분율과 평균온도만으로 계산되는 식(5-3)으로 표시되는 Blaney-Criddle 공식을 이용하고 있다.

$$U = K \cdot P \cdot t \times \frac{25.4}{100} \quad (5-3)$$

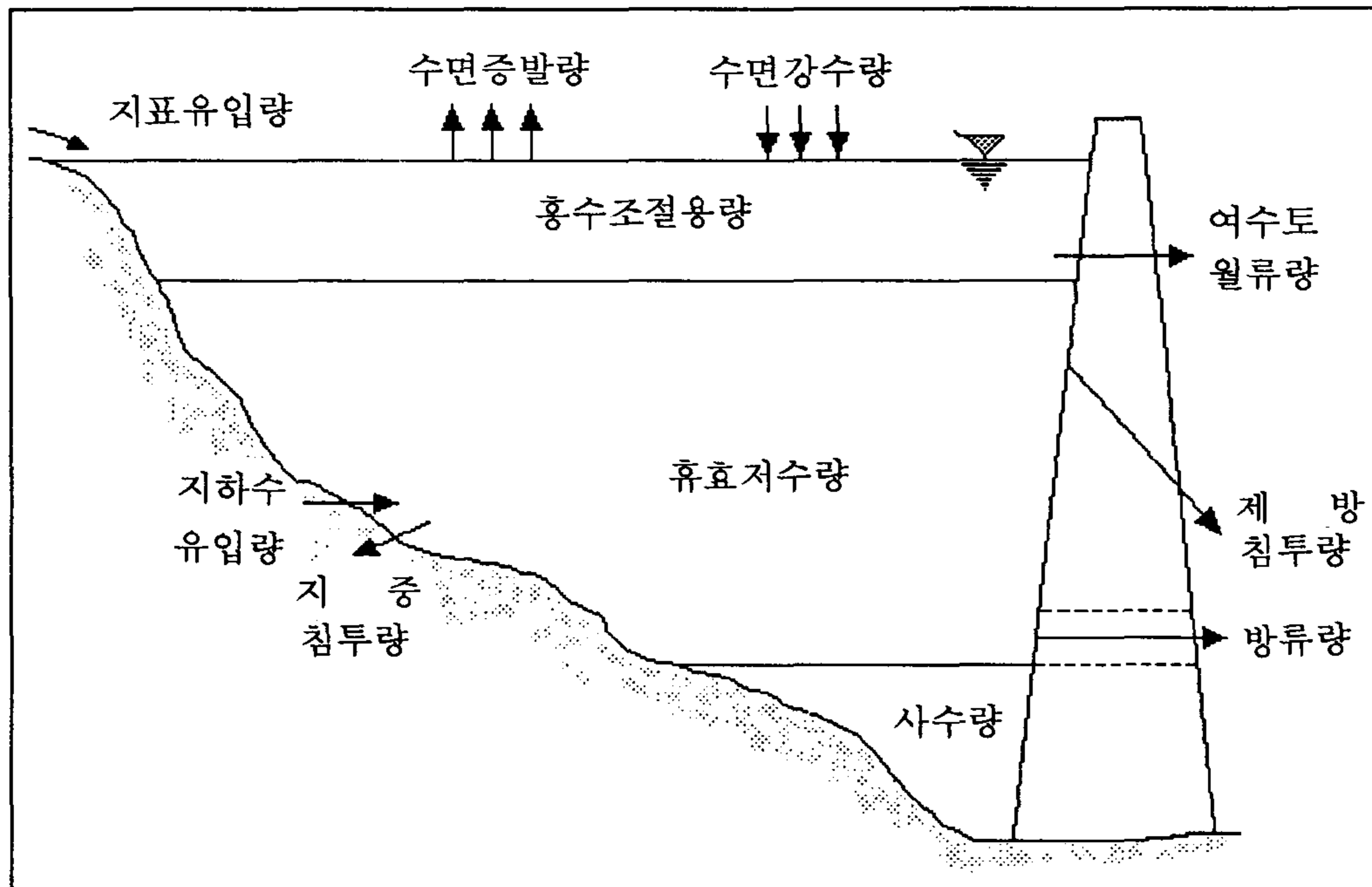
여기서 U : 순별 엽수면 증발산량(mm), K : 작물 생육에 대한 소비수량 실험계수(= $K_c \times K_t$), K_c : 소비수량 계수, K_t : 온도 보정 계수, P : 주간 시간 백분율, t : 평균온도(°C)이다.

5.2.4 물수지 모형

저수지 물수지는 유입·유출 수량이 주어진 계산 시간 단위별로 저수량 또는 저수지 수위를 추적하기 위해 사용된다. <그림 5.2.2>에서 보는 바와 같이 저수지내의 물수지는 유입·유출 요소에 의해 식(5-4)와 같이 표시할 수 있다.

$$S_t = S_{t-1} + I_t + U_t + P_t - (R_t + O_t + E_t + G_t + D_t) \quad (5-4)$$

여기서 S_{t-1} : $t-1$ 순의 저수량, I_t : 유입량, U_t : 지하수 유입량, P_t : 수면 강수량, R_t : 방류량, O_t : 여수토 월류량, E_t : 수면 증발량, G_t : 지중 침투량, D_t : 제방 침투량이다.



<그림 5.2.2> 저수지 물수지 구성 요소

상기의 물수지 구성에 있어 ROS 모형은 다음과 같은 조건을 고려하였다.

- 1) 방류량(R_t)은 Blaney-Criddle식에 의해 계산된 증발산량에 삼투량을 가산한 다음 유효우량을 감하고 수로손실을 고려하여 계산한다.
- 2) 지하수 유입량(U_t), 지중 침투량(G_t) 및 제방 침투량(D_t)은 실측이 거의 불가능한 요소이다. 특히 지하수 유입은 수문 관측지점에서 지표수로 측정되거나 그 변화가 월단위 이상이기 때문에 순단위와 같이 매우 단기간의 물수지에 있어서는 고려의 대상이 되지 않는다. 또한 지중침투량은 댐 계획시 부터 누수를 방지할 목적으로 지수벽을 설치하므로 이로 인한 수량은 매우 적거나 무시할 수 있다. 따라서 이러한 양은 매우 적거나 단기간의 물수지에 영향을 미치지 않으나, 복합적인 작용과 저수지의 규모에 의해 영향을 받을 수 있으며 상기 물수지 구성 요소 이외의 통관 누수량등도 생각할 수 있으나 ROS에서는 고려하지 않는다.

3) 저수지 수면에 강하하는 강수량은 식(5-5)와 같이 정의할 수 있다.

$$P_t = C \times R_t \times A_f \quad (5-5)$$

여기서 P_t : t 순의 수면강수량(m^3), C : 10(단위 환산계수), R_t : t 순의 측후소 강수량(mm), A_f : 저수지 만수면적(ha)이다.

4) 저수지 수면으로 부터의 수면증발량은 대형 증발계에 의한 자료가 비교적 수면의 증발과 가까우므로 Veihmeyer(1964)의 Pan 계수를 사용하여 식(5-6)과 같이 계산한다.

$$E_t = C \times A_t \times E_v \times P_c \quad (5-6)$$

여기서 E_t : t 순의 수면증발량(m^3), C : 1/1000(단위 환산계수) A_t : t 순의 저수지 수면적(m^2), E_v : 측후소 증발량(mm), P_c : 증발계의 종류에 따른 Pan계수(0.7)이다.

5) 여수토 방류량은 t 순의 저수량이 여수토 마루 높이 이상될 때 그 이상되는 저수량은 모두 월류되는 것으로 한다. 즉

$$O_t = S_t - S_f \quad (\text{단, } S_t > S_f) \quad (5-7)$$

여기서 O_t : t 순의 월류량(m^3), S_t : t 순의 저수량(m^3), S_f : 저수지 만수량(m^3)이다.

상기식에서 유도된 작물의 필요수량을 관개용수로 계산하기 위하여 경지면적에 대한 삼투량(mm/일)과 수로손실(%)를 가산하고 답면에 내리는 유효우량(60mm/일)을 허용 담수심으로 고려함으로 산정할 수 있다.

5.2.5 제약조건

가. 기상자료

우리나라의 기상관측소 중 비교적 20개년 이상의 관측자료를 확보하고

있는 관측소 24개소를 기상 Thiessen 망(농업용수 필요수량 기준, 1980, 농어촌진흥공사)으로 구성하고 관측소당 지배구역을 설정하여 적용토록 <표 5.2.3>과 같이 코드명을 작성하였다.

<표 5.2.3> 기상관측소 코드명

| 코드명 | 관측소명 | 코드명 | 관측소명 | 코드명 | 관측소명 | 코드명 | 관측소명 |
|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| 1 | 강릉 | 7 | 부산 | 13 | 이리 | 19 | 추풍령 |
| 2 | 군산 | 8 | 서귀포 | 14 | 인천 | 20 | 춘천 |
| 3 | 광주 | 9 | 서울 | 15 | 전주 | 21 | 포항 |
| 4 | 대구 | 10 | 수원 | 16 | 제주 | 22 | 충무 |
| 5 | 대전 | 11 | 여수 | 17 | 진주 | 23 | 서산 |
| 6 | 목포 | 12 | 울산 | 18 | 청주 | 24 | 속초 |

나. 작부시기

관개구역에 대한 작부시기는 <표 5.2.4>와 같이 수도작을 기준으로 하여 일반벼(재래종)와 신품종으로 구분하였고 밭작물이나 기타 과수, 특작일 경우 별도의 작부시기를 입력하도록 하였다. ROS 모형에 입력된 수도작의 작부시기는 중부지방과 남부지방으로 나누어 구성되어 있으며 시기별로 모내기, 이앙기 및 답수시기로 구분하였다.

<표 5.2.4> 중부지방 작부시기

| 품종 | 모 대 기 | | 이 앙 기 | | 단수시작 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 부터 | 까지 | 부터 | 까지 | |
| 신품종 | 4월 7일 | 5월 20일 | 5월 11일 | 5월 31일 | 9월 1일 |
| 일반벼 | 4월 17일 | 5월 31일 | 5월 21일 | 6월 10일 | 9월 11일 |

남부지방의 경우는 상기의 작부시기를 각 시기별로 10일씩 뒤로 늦추도록 계획되었다.

다. 작물계수

Blancy-Criddle 공식을 이용하여 작물에 대한 잠재증발산량(Potential Evapotranspiration)을 작물의 소비수량으로 환산하기 위해서는 시험에 의한 작물의 작물계수를 고려하여야 한다. ROS 모형에 입력된 수도작의 작물계수는 아래 표와 같으며 신품종, 재래종으로 구분되어 입력되어 있다. 만약 밭작물이나 과수, 원예 등 특수작물일 경우 별도의 작물계수를 입력할 수도 있다. 또 남부지방의 경우는 <표 5.2.5>의 중부지방에 대한 작물계수를 10일간씩 (1개순별씩) 뒤로 늦추어 적용할 수 있도록 관할 기상관측소의 제어 모형에 입력되어 있다.

<표 5.2.5> 중부지방 작물계수

| 품종 | 월 순 | 4 | | | 5 | | | 6 | | | 7 | | | 8 | | | 9 | | |
|-----|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| | | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 | 상 | 중 | 하 |
| 신품종 | | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.96 | 1.08 | 1.22 | 1.40 | 1.58 | 1.68 | 1.52 | 1.26 | 0.96 | 0.96 | - | - |
| 일반벼 | | - | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.91 | 0.95 | 0.99 | 1.05 | 1.18 | 1.30 | 1.22 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | - |

라. 못자리 기간 및 씨레용수

수도작을 이앙재배할 경우 못자리 관리에 필요한 묘대용수와 이앙시 씨레용수가 필요하다. 못자리 용수는 못자리 면적, 육묘 방법, 작업체계 등에 따라 다르나 대개 못자리 기간을 35~45일간으로 두고 관개면적의 1/20에 해당되는 면적을 묘대면적으로 구성하고 있다. 그리고 못자리 용수량은 140mm를 기준으로 하였으며 4일간에 걸쳐 공급하는 것으로 하였다. 또 그 시기는 <표 5.2.6>과 같이 중북부지역과 중남부지역으로 구분하였다.

이앙시기에 공급되는 씨레용수량은 이앙작업을 용이하게 하고 벼의 활착이 잘 되게 하며 과도한 논면적의 투수를 방지하여 용수의 절약을 도모하는데 있다. 이에 필요한 용수량은 ROS모형에서 140mm를 채택하였고 이앙시기를 20일간으로 정하여 순별로 나누어 공급하는 것으로 입력되어 있다.

<표 5.2.6> 못자리 기간

| 구 분 \ 지 역 | 중 북 부 지 역 | 청주, 대전, 영호남지역 |
|------------|---------------------------|--------------------------|
| 못자리 씨레질 기간 | 4월 17일 ~ 4월 20일 (4일간) | 4월 27일 ~ 4월 30일 (4일간) |
| 못자리 기간 | 4월 21일 ~ 5월 31일 (41일간) | 5월 1일 ~ 6월 10일 (41일간) |

5.2.6 입·출력 및 설계응용 방법

가. 입력자료

저수지의 물수지에 가장 중요한 요소는 상류유역에서 유입되는 유출량과 대상급수 면적에 대한 공급수량이다. 본 ROS모형에서는 유출량 계산을 앞에서 언급하였듯이 미산식으로 계산하고 공급수량은 작물의 경우 Blaney-Criddle 공식으로 계산하며 생·공업용수일 경우 일단위의 공급량을 입력자료로 이용할 수 있다. 상세한 내역은 <표 5.2.7>과 같다.

<표 5.2.7> 입력자료

| 입력자료 | 내 용 | 입력자료 | 내 용 |
|-----------|---|------------|-----------------------------|
| 1. 기상자료 | - 코드명 (일별강우량) | 8. 사 수 위 | - 저수지의 가정 사수위 (m) |
| 2. 지 구 명 | - 사업지구명 | 9. 만 수 위 | - 저수지의 가정 만수위(m) |
| 3. 재배면적 | - 신품종, 재래종(ha) 밭작물이나 채소등은 Type3~Type8까지 가능 | 10. 유출계수 | - 가지야마의 유역유출계수 |
| 4. 생공업용수 | - ha-m/일(원시자료입력) | 11. 표 고 수 | - 내용적의 표고수 |
| 5. 삼 투 량 | - mm/일(논, 밭구분) | 12. 증발면적 | - 저수지의 수면적의 증발(ha) |
| 6. 회복수량비율 | - % | 13. 표고면적 | - 내용적 자료 |
| 7. 유역면적 | - 저수지의 유역면적(ha) | 14. 작부시기 | - 작부시기 변경시 입력 |
| | | 15. 증발자료 | - 증발면적이 있을 경우 측후소 증발량 고려 |
| | | 16. 소비수량계수 | - 작물계수 변경시 입력 |

나. 출력자료

상기의 입력자료를 이용한 저수지 물수지 결과는 연도별 순별로 계산한다. ROS 모형에서 구축된 기상자료의 데이터 베이스에 따라 최소 20개년 이상은 모의연산된다. 출력초기 양식은 지구명 및 작부시기, 작물계수, 내용적 등이 출력되며 그 다음장부터 연도별 순별로 계산된 물수지 결과를 확인할 수 있다. 그리고 마지막 연도 이후는 연도별 물수지의 결과를 정리하여 년간의 필요수량과 유입량에 대한 자료가 합산되어 진다. 그러나 필요저수량은 년중 계산된 물수지에서 순별 최대 필요량을 선택하여야 하며 이 결과를 연도별로 빈도처리하여 10년 빈도 필요저수량을 결정할 수 있다.

다. 설계응용 방법

상기 결과에서 얻어진 필요저수량에 다시 저수지의 퇴사량을 10% 가산하여 저수지 내용적으로 결정한다. 다음 이 내용적자료(필요저수량)를 기초로 만수위와 사수위를 결정하게 되는데 이는 현지에서 지형측량한 내용적과 비교하여 사수위와 만수위를 결정하게 된다.

ROS 모형을 이용한 수문분석과정은 이것으로 완료되며 이하 홍수조절을 위한 용량이 필요한 경우 이량 만큼 홍수위를 올릴 수 있으며 아울러 파랑에 의한 여유고와 뿔댐일 경우 댐 마루까지의 여유고를 최소한으로 가산하여 저수지 제당높이를 결정하게 된다.

5.3 DIROM 모형

5.3.1 개요

DIROM(Daily Irrigation Reservoir Operation Model)은 관개용 저수지의 일별 모의 운영을 위한 수문모형으로 구조는 크게 나누어 세가지 모형, 즉 유입량 모형, 방류량 모형, 물수지 모형으로 구성되어 있다. 첫째 저수지의 일별

유입량을 모의 발생하기 위해서는 수가하라(菅原, 1978)의 탱크모형을 선정하였고 방류량 모형은 작물의 소비수량을 계산하기 위한 모형으로 FAO에서 제시한 수정 Penman 공식을 이용하였으며 관개구역을 하나의 필지로 보고 이앙용수심, 물꼬높이, 상시관리 담수심등의 매개변수를 사용하고 있다. 이 매개변수는 기설저수지의 관리자료로부터 시산법으로 보정하도록 구축되었다. 방류량 모형의 구축을 위해서는 상시 관리수위와 최저수위도 제약조건에 포함되었다.

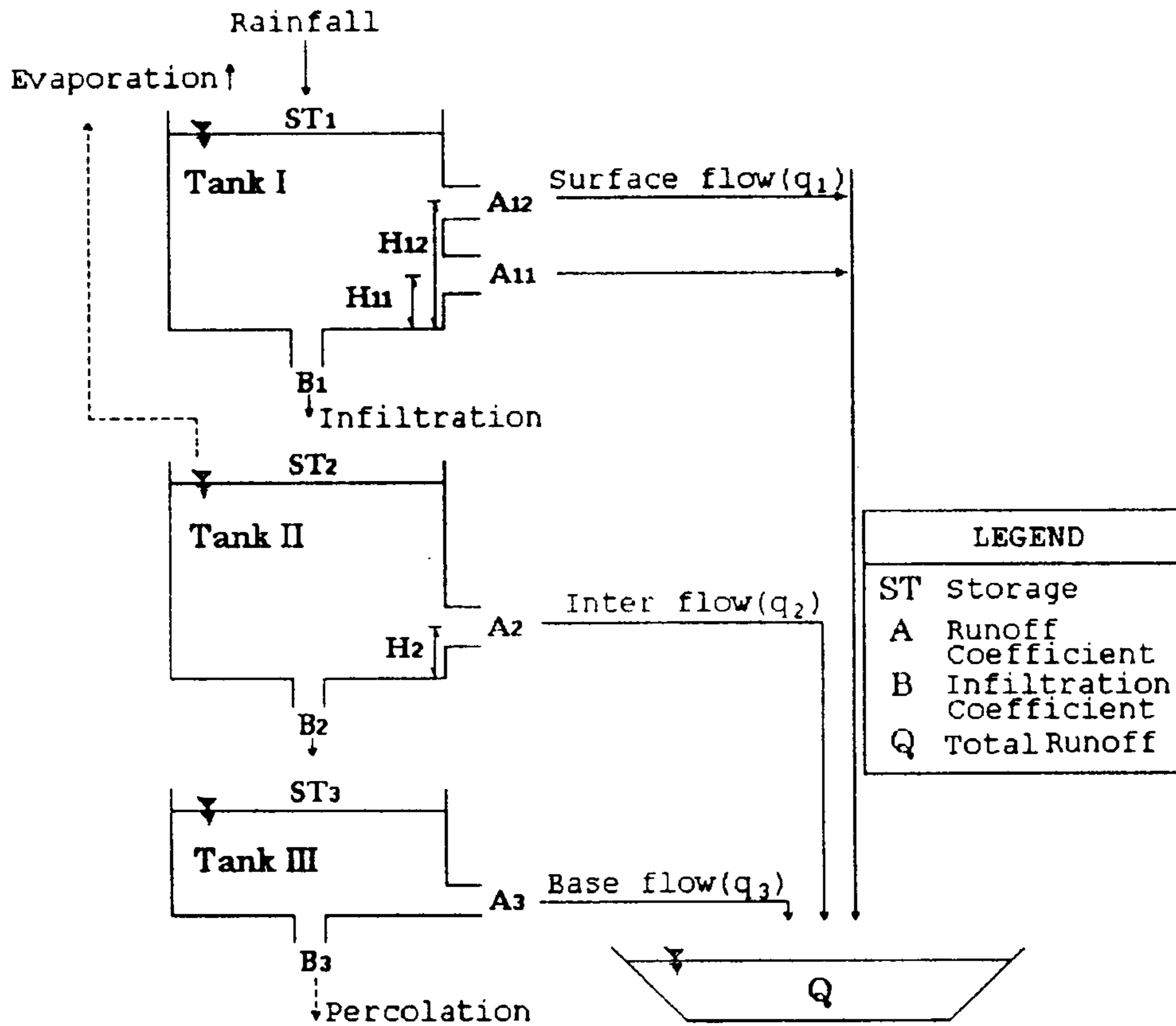
물수지 모형은 일별로 계산하는 방식을 채택하고 있다. 이는 유입량과 방류량이 일별로 추정될 것을 전제로 한 것이다.

5.3.2 유입량 모형

강수량 자료를 이용하여 유역의 유출량을 추정할 수 있는 수문모형은 많은 종류가 있다. 유역에서 반응하는 강우의 유출현상을 유역의 물리적 특성과 인위적인 물관리 관습에 따라 다양하게 나타나므로 가능한 유출출구에서 유출량을 장기간 관측하여 이용함이 타당하나 경제적으로 한정되어 무계측 유역이 많으므로 유출량추정 모형개발이 요구되고 있는 실정이다. 미국에서는 일찌기 USDAHL-74, SSARR, Sacrameto 모형등이 일별 유출량 추정을 위하여 개발되었고, 일본에서는 Tank 모형이 장·단기 유출량 추정을 위하여 별도로 개발되어 이용되고 있다.

DIROM 모형에서도 저수지의 유입량 추정을 위하여 Tank 모형을 이용하였으며 모형의 매개변수 유도에 이용된 실험유역은 반월유역을 포함한 5개유역을 선정하여 10개 소유역에 대한 유출량을 모의발생시켰다. 관개용 저수지의 유입량 추정을 위하여 대부분 소유역을 선정하였으며 모형도는 <그림 5.3.1>과 같이 3단 탱크로 국한하였다.

그리고 보정된 각 유역에 대한 Tank 모형의 매개변수를 유역의 특성인자중 답(Paddy), 전(Upland), 임야(Forest)의 면적과 상관분석을 실시하여 일반 소유역에도 이용할 수 있도록 <표 5.3.1>과 같이 정리하였다.



<그림 5.3.1> DIROM의 Tank모형 구조도

<표 5.3.1> Tank 모형의 상관 매개변수

| 매개변수 상관식 | 비고 |
|--|--|
| $H_{12} = 16.68(\ln A) + 24.2$ $B_1 = -0.070(\ln A) + 0.470$ $B_3 = -0.00618(\ln A) + 0.0351$ $ST_1 = 43.686(\ln A) + 37.159$ $A_{12} = -0.00175F + 0.333$ | 매개변수는(<그림 5.3.1>) 참고 $H = \text{mm}$ $B = \text{계수}$ $A = \text{계수}$ $ST = \text{mm}$ $A = \text{유역면적 } \text{km}^2$ $P = \text{답면적}(\%)$ $U = \text{전면적}(\%)$ $F = \text{임야면적}(\%)$ |
| $A_{11} = -0.00414P + 0.169$ $B_2 = 0.00998P + 0.111$ $A_2 = 0.00657U + 0.163$ $A_3 = -0.000267U + 0.00912$ $\ln H_{12} = -0.0934U + 2.0904$ | |

5.3.3 필요수량 모형

관개용 저수지의 일별 모의조작을 위하여 관개면적에 대한 농업용수용 소비수량을 산정하여야 한다. 작물에 대한 소비수량은 필요수량의 개념에서 작물의 엽수면 증발산량을 계산하게 되고 이는 FAO에서 제안한 수정 Penman 공식을 이용하였다. 또 답에서의 유효우량은 강수량, 강우강도, 물꼬높이, 기상조건, 침투량 및 토양의 함수량 등의 인자를 사용하여 계산할 수 있으나 본 모형에서는 일 담수심 60mm를 기준으로 적용하였다.

가. 증발산량

일단위 잠재증발산량은 작물의 소비수량을 계산하기 위하여 FAO의 수정 Penman 공식을 사용하였고 식(5-8)과 같다.

$$ET_p = C [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot F(u) \cdot (E_a - E_d)] \quad (5-8)$$

여기서 ET_p : 잠재증발산량(mm/일), W : 기온과 관련된 가중계수, R_n : 순일사량(mm/일), $F(u)$: 풍속과 관련된 함수, $E_a - E_d$: 증기압차(mb), C : 주야간의 기후차에 따른 보정계수이다.

나. 유효우량과 필요수량

답에서의 유효우량은 포장에서의 물꼬관리에 의존한다고 할 수 있다. 일 강우량이 물꼬 이상이면 유효우량은 물꼬까지의 강우량이 되나 전일의 담수심이 물꼬 높이를 유지하고 있으면 유효우량은 고려되지 않는다.

일별 담수심의 변화를 추적하기 위하여 단일 필지에서 물수지 방정식을 식(5-9)와 같이 고려하였다.

$$D_t = D_{t-1} + R_e + Req(t) - U_t \quad (5-9)$$

여기서 D_t : t 일의 담수심(mm), D_{t-1} : $t-1$ 일의 담수심(mm), R_e : 유효우량

(mm), $Req(t)$: t 일의 필요수량(mm)이다.

또한 소비수량은 식(5-10)와 같다.

$$U_t = ET_a + I \quad (5-10)$$

여기서 ET_a : 실제 증발산량, I : 일 삼투량(mm)이다.

5.3.4 방류량 모형

관개용 저수지의 방류량은 당일의 기상조건(작물의 증발산량과 유효수량), 용수로 조건 (최저 및 조건방류량, 수로손실), 포장조건(삼투량, 관리손실, 담수심, 관개면적, 물꼬높이) 및 작물의 성장단계(못자리 및 이앙용수) 등의 요소에 지배를 받는 것으로 볼 수 있다. 이들 조건외에 관개방식이나 관습등과 같은 공학외적인 요인도 작용할 수 있다. 이러한 요인들은 주로 자연적인 조건에 의해 선택의 여지가 없는 것과 효율적인 물관리를 위해 인위적으로 조작되는 것으로 구분할 수 있다. 전자는 주로 모형에서 입력자료로서 처리할 수 있으며, 후자는 일반적으로 포장의 필요수량으로 부터 시기적 또는 공간적으로 통관의 방류량을 결정하는 일종의 매개변수로 볼 수 있다. 통관의 방류량은 포장의 필요수량과 최저방류를 및 경작에 필요한 이앙용수에 수로손실을 고려하여 방류량을 결정할 수 있다.

$$OR(t) = C(Req(t) + Min(t) + T_s(t)) (1-L/100) \times A \quad (5-11)$$

여기서 $OR(t)$: t 일의 방류량($m^3/일$), C : 10 (단위 환산계수), Req : 답의 필요수량(mm/일), $Min(t)$: 단위면적당(ha) 최저방류량(mm), T_s : 이앙용수량(mm), L : 수로손실율(%), A : 관개면적(ha)이다.

또 논외의 필요수량, $Req(t)$ 는 논벼의 증발산량과 삼투량 및 유효수량으로부터 다음 식(5-12)와 같이 정리할 수 있다.

$$Req(t) = ET_p(t) \times K_C + I - R_e(t) \quad (5-12)$$

여기서 ET_p : 잠재증발산량(mm), K_C : 논벼의 작물계수, I : 삼투량(mm/일), R_e : 유효우량이다.

또 최저방류량 $Mr(t)$ 는 식(5-12)에서 계산된 Req 가 Mr 보다 적어 용수로의 흐름을 유지할 수 없을 때 이를 유지하기 위한 수량이다. 이 수량은 1.0mm/ha 단위로 가정하여 시산법으로 실측방류량(기설 저수지에서 관측된) 자료로부터 보정하였다.

$$Mr(t) > Req(t) \text{ 이면 } Mr(t) = \text{가정된 값}$$

$$Mr(t) \leq Req(t) \text{ 이면 } Mr(t) = 0.0 \quad (5-13)$$

또 이양용수량 (T_s)는 원칙적으로 해당 경지의 경운깊이, 토양의 공극율, 씨레 후의 담수심등의 요소에 따라 다소 차이가 있으므로 실측하여야 하나 실측이 곤란할 경우 100~150 mm의 일반적인 범위에서 결정하여 실측 방류량으로 보정할 수 있다.

5.3.5 설계응용 방법

DIROM을 농업용수 필요수량 설계에 이용할 경우 그 특징은 관개용 저수지의 물수지를 일별로 모의조작 할 수 있다는데 그 장점이 있다. 따라서 일반화된 Tank 모형의 매개변수 유도를 위하여 유역면적과 산림면적, 논과 밭의 경지면적 비율등을 입력하여야 하며 유출량의 모의발생을 위하여 강우량 자료를 비롯한 작물의 잠재증발산량 계산을 위한 기상자료도 Penman 공식을 이용하기 때문에 일별 자료를 필요로 한다.

그외 DIROM 모형에서는 답에서의 최대 허용담수심을 80.0mm로 하였고 상시 담수심을 20.0mm, 관개용 최저 용수공급량을 3.0mm/ha를 이용하였다. 따라서

DIROM은 관개용 저수지의 설계에 있어 가상 저수지 모의운영에 이용할 수 있을 것이며 특히 일별 물수지를 위하여 유입량 추정을 미산식 대신 수정 Tank 모형으로, 작물의 필요수량 계산은 Blaney-Criddle공식 대신에 FAO의 수정 Penman 공식을 이용하므로 설계의 정확도와 저수지의 일별거동을 분석할 수 있을 것이다.

5.4 모형의 개발방향

5.4.1 개요

이앙재배에서 직파재배로 영농방식을 변경할 경우 우선 토양의 종류 및 배수조건에 따른 건답 또는 담수직파의 방법선택이 중요하다. 그리고 직파방법이 결정되면 작부시기에 따른 용수공급체계를 시기적으로 결정할 수 있으며 포장시험 결과에 따라 작물계수를 유도하여 직파재배에 의한 작물의 필요수량 모형을 개발할 수 있다. 따라서 필요수량 모형이 결정되면 기존 이앙재배방식으로 설계된 기존 수원공의 용수공급능력을 검토할 수 있을 것이며 직파에 의한 벼의 생육기별 물관리 실태를 직접설계에 응용할 수 있다.

모형의 개발방향은 앞에서 언급된 DIROM모형을 수정, 보완하여 이용하게 될 것이나 필요수량모형은 직파재배에 따른 영농방식의 변화 요소들을 고려하여야 한다. 즉 여기에는 작부시기 및 기존의 제약조건에 해당되는 묘대용수, 이앙용수 심을 대신한 용수공급 방안과 직파재배에 대한 작물계수는 물론 물관리 변화에 대한 요인등이 포함된다.

5.4.2 구성요소

가. 잠재증발산량

작물의 엽면증산에 필요한 소비수량은 바람, 온도, 일조율등 기상의 영향

을 많이 받으므로 기상관측소의 자료를 이용하여 잠재증발산량을 산정할 수 있다. 계산된 잠재증발산량과 포장시험에서 얻어진 실제 증발산량과의 관계에서 작물계수를 유도하고 작물에 대한 필요수량을 산정한다.

우리나라에서 현재 많이 이용되고 있는 잠재증발산량 산정공식은 Blaney-Criddle 공식과 FAO에서 추천한 수정 Penman공식이 있으나 수정 Penman공식은 현재까지 기상자료의 측정부족으로 대부분의 경우 Blaney-Criddle공식을 이용하여 왔다. 그러나 최근 기상관측소의 자료축적과 관측소의 확장계획에 따라 향후 수정 Penman공식의 이용을 위한 자료가 충분히 확보될 예상이므로 수정 Penman공식을 채택하기로 하였다.

나. 작물계수

작물의 실제증발산량(Actual Evapotranspiration)은 포장의 시험에서 얻어진 시험치를 통하여 산정된 작물계수를 이용하므로써 이론적인 잠재증발산량과 일치시킬 수 있다.

금회 연구의 일환으로 서울대와 경북대의 시험포장에서 증발산량을 실측하여 작물계수를 유도하므로 향후 모형설계기준에서는 중부와 남부로 구분하여 유도된 작물계수를 적용할 것이다. 한편 '95년 연구결과에서 산정된 작물계수는 순별 평균 값이므로 순별 작물계수를 이용하는 방안과 함께 일별 물수지모형을 개발하는 방향을 구상하고 있다.

다. 이양용수심과 씨레용수량

현재까지 이용되고 있는 못자리용수는 관개면적의 1/20에 해당되는 면적을 기준으로 하여 140mm를 공급하는 것으로 약 4일간에 걸쳐 기준을 설정하였다. 그리고 이양용수심도 140mm를 기준으로 관개면적의 크기에 따라 다소 다르나 대개 1주일에서 15일간에 걸쳐 공급하는 것으로 계획하고 있다.

그러나 담수직파의 경우 이양용수심과 못자리용수 대신에 일시에 전관개 면적에 담수직파가 용이하도록 용수를 공급해야 하므로 향후 물관리 체계의 변경이 필수적이며 또한 도복을 방지하기 위하여 다소 많은 용수를 확보하여야 할 필요성이 있고 더 나아가 건답직파의 경우 간단관개를 실시하여야 하므로 생육기별 물관리 실태를 고려하도록 한다.

라. 단위용수량 및 조용수량에 대한 영향

단위용수량은 계획기준년의 최대용수시기에 단위면적당(ha) 단위시간(sec)에 필요로 하는 용수량을 기준으로 산정하는 것이 이양재배식 수도작 방법이다. 이 방법은 산정된 증발산량을 기준하여 계산되며 유효수량은 없는 것으로 가정하는 반면 수로손실과 삼투량등 관리손실을 포함하여 단위용수량을 산정한다. 이양재배방식에서는 최대 증발산량이 본답기나 이양기의 최대값을 기준으로 선정하여 단위용수량을 별도로 계산하여 그 중 큰 값을 이용하여 왔으나 직파재배시에는 초기 벼씨의 발아시에 용수최대공급량을 필요로 할 경우가 발생할 것이다. 따라서 빠리는 4월 중순부터 늦게는 5월 하순까지 집중적으로 용수가 필요하므로 기존의 수원공에 대한 능력검토도 고려되어야 하며 용수로의 단면결정에 필요한 조용수량도 재검토해야 한다.

5.4.3 모형의 구조

상기에서 언급된 직파재배의 영농방식에 따라 <그림 5.4.1>과 같이 개발 모형도를 작성하였다. 1차년도에 수집된 직파관련 용수공급체계와 작물의 소비수량시험을 2차년도에도 계속 실시하여 수원공별 일단위 물수지 모형을 확정함과 동시에 모형의 전산화를 통하여 대화식 프로그램 작성과 출력의 그래픽 기능을 추가할 예정이다. 그리고 장기 물수지를 통하여 저수지 모의운영시 carry over 문제점을 제시하고 각각의 수원공에 대한 특성을 반영함과 동시에 기상자료 및

기초자료의 DB화, PC의 운영체제 구축등을 전체 모형의 구조기능에 삽입할 계획 이다.

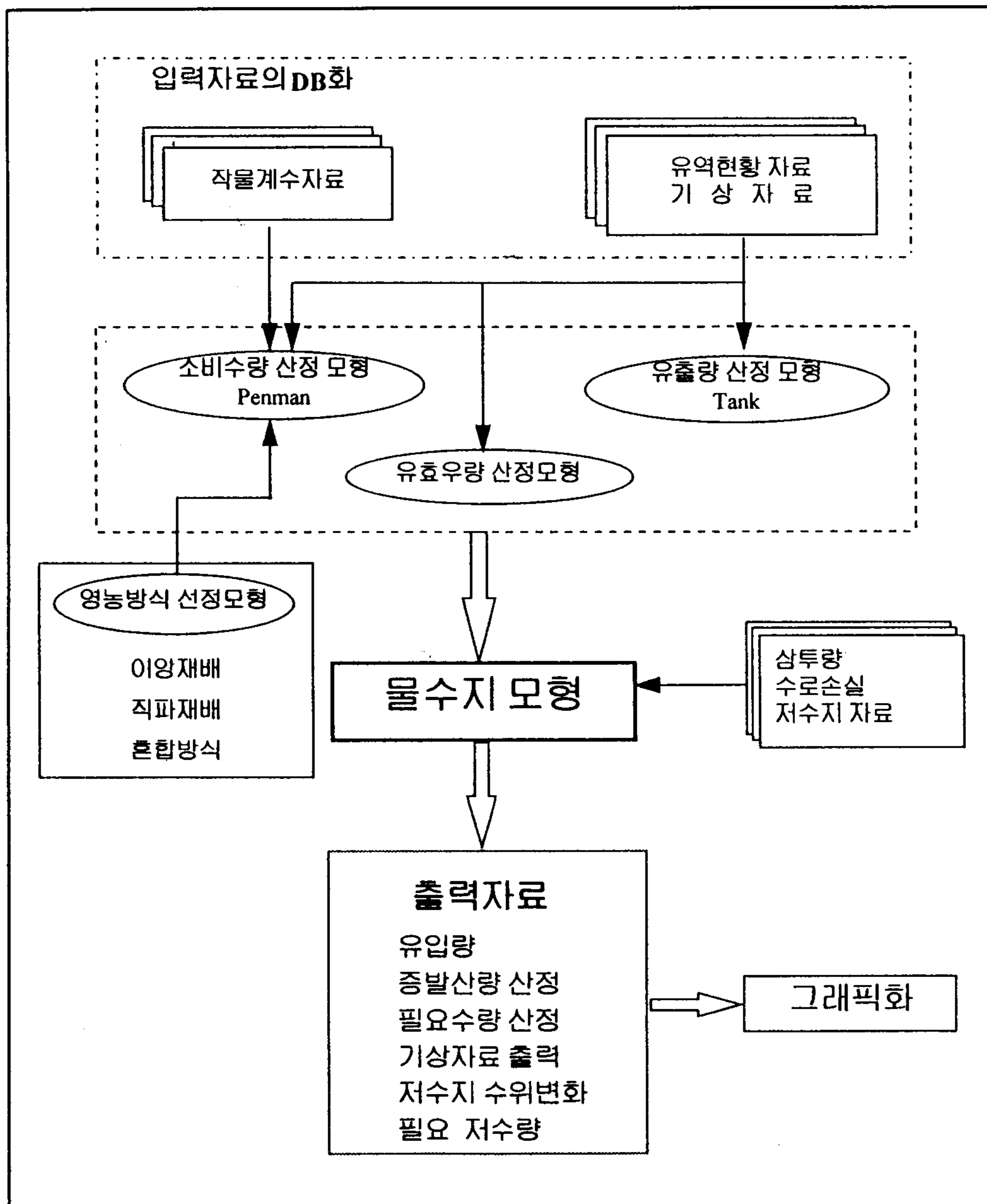


그림 5.4.1 필요수량 추정 모형도

여 백

제6장 요약 및 결론

6.1 연구내용 요약

6.2 결론

여 백

제6장 요약 및 결론

본 연구는 쌀농사에 대한 영농방식 변화에 따라 변경된 물관리특성 조사와 함께 시험포장에서 얻어진 소비수량과 관개수량을 기초로 하여 일별 필요수량산정 모형을 개발하고 이를 이용하여 기존 수리시설물의 영향을 검토함과 아울러 직파재배의 물관리 설계기준을 정립하는데 그 목적이 있다.

6.1 연구내용 요약

6.1.1 영농방식의 변화

- 1) 직파재배에 대한 보급배경, 재배조건, 종류별 장·단점, 물관리방식 등의 직파재배의 특성을 검토하였다.
- 2) 생력화면에서 직파재배의 바로 전 단계일 뿐만 아니라 지금까지 논의 관계계획 수립을 위한 필요수량산정방법이 이앙재배방식으로 확립되어 있는 관계로 어린모 기계이앙재배의 특징 및 생육기별 물관리 방법을 검토하였다.
- 3) 최근의 농지범용화의 일환으로 실시하는 논의 발전환과 관련하여 전환 기술과 이에 대한 용수량의 변화를 검토 하였다.
- 4) 지속적농업 형태를 살펴보고 환경보전형 농업을 위한 조건을 영농기술과 생산기반측면에서 고찰하였고 이를 위한 합리적 물관리방안을 제시하였다.
- 5) 농업의 기계화/자동화의 배경 및 현황을 살펴보고 쌀농사에 대한 기계화와 자동화에 따른 용수량의 변화를 검토하였으며 농업생산기반의 자동물관리의 방안을 제시하였다.
- 6) 논의 대구획화에 따른 효과를 알아보고 이로 인한 용수량 변화의 원인과 그 경향을 검토하였다.

6.1.2 직파재배 소비수량 시험

- 1) 벼 직파재배를 고려한 필요수량추정 모형에 필요한 작물계수를 산정하기

위하여 수원과 대구지역에 시험포장을 설치, 운영하여 품종별 증발산량 및 삼투량을 실측하였다.

- 2) 벼의 영농방식이 직파재배로 변화함에 따라 변경된 물관리 방식에서 물수지요소를 측정하기 위한 대상포장을 선정하고 물관리시험을 실시하였다.

6.1.3 직파재배 물관리특성 조사분석

- 1) 필요수량산정 모형개발에 반영하고자 직파재배에 대한 생육기별, 직파종류별 물관리 체계 및 관개방식, 담수심, 관개일수, 파종시기등의 물관리특성을 조사분석하였다.
- 2) 도·시·군별 직파시행 면적, 적지 면적 및 수원공별 직파재배분포를 조사하였다.

6.1.4 필요수량추정 모형개발

- 1) 직파재배에 대한 모형개발 방향을 구상하고자 기존의 필요수량산정에 사용되어온 수문모형들에 대한 정확성, 응용성, 범용성, 사용성등의 모형특성을 분석하였다.
- 2) 이양재배방식의 관개계획을 수립하는데 이용되고 있는 ROS (Reservoir Operation Study)의 소비수량산정 모형, 유입량 모형, 물수지모형을 분석하였다.
- 3) 물수지가 일별로 계산이 가능한 DIROM(Daily Irrigation Reservoir Operation Model)에서 유입량 모형, 방류량 모형, 물수지 모형에 대한 모형의 구조 및 특징을 분석하였다.
- 4) 기존모형의 특징과 직파재배의 물관리특성을 기초로 하여 앞으로 개발할 직파재배에 대한 필요수량추정 모형의 개발방향을 계획하였다.

6.2 결론

- 1) 벼 직파재배시 가장 중요한 재배기술은 발아를 촉진하고, 입모율을 향상시키면서 잡초 및 도복을 방지하는 것이며 이는 적기에 적량의 물을 공급할 수 있는 물관리기술과 용수의 안정적 확보에서만 가능한 것으로 나타났다.
- 2) 직파재배 이외의 쌀농사 여건변화 중 발전환, 경지의 대구획화, 기계화/자동화등의 생산기반 변화와 영농방식의 변화는 용수량을 변화시키는 요인이 되었고 이에 대한 대책으로 필요수량을 추정하고 수원공의 용수공급능력을 재검토해야 하는 필요성이 제기되었다.
- 3) 벼 직파재배의 소비수량시험에 의한 품종별, 지역별 증발산량은 대구지역이 수원지역보다 전품종에서 크게 나타났으며, 생육기간 평균값은 수원지역에서 조생종은 5.1mm, 중생종은 5.4mm, 만생종이 5.2mm였고, 대구지역에서는 조생종이 5.3mm, 중생종이 5.5mm, 만생종이 5.6mm로 나타났다.
- 4) 수정 Penman식에 의한 잠재증발산량 산정에서 생육기간 평균값이 수원지역은 3.7mm, 대구지역은 4.4mm였고, 수정 Blaney-Criddle식에서는 수원이 6.1mm, 대구가 6.2mm였다.
- 5) 수정 Penman식 의한 생육기간동안의 평균 작물계수는 수원지역에서 조생종이 1.44, 중생종이 1.51, 만생종이 1.48였고 대구지역에서는 조생종이 1.42, 중생종이 1.49, 만생종이 1.48였으며, Blaney-Criddle식에 의한 작물계수는 수원지역이 조생종 0.86, 중생종 0.91, 만생종 0.87였고 대구지역에서는 조생종이 0.94, 중생종이 0.97, 만생종이 0.95였다.
- 6) 담수직파 방식의 벼직파재배 물관리 시험에서 정지용수량은 157.9mm, 관개수량은 228.2mm, 유효수량은 657.8mm, 배수량은 557.2mm로 실측되었으며 전생육기간의 총소비수량은 1,062mm로 나타났다.

- 7) 직파 물관리특성조사에서 나타난 '95직파 재배면적은 전국 논농사 총 식부면적 1,105,105ha의 10.6%인 117,494ha에서 실시한 것으로 조사되었다. 이중 건답직파는 67,700ha로 57.6%이며 담수직파는 49,794ha로 42.4%를 차지하였다. 이와같은 면적은 '92년도에 비해 43.2%가 증가한 것으로 나타나 직파재배가 급속히 확대, 보급되고 있는 것으로 나타났다.
- 8) 도별 직파재배면적을 분석한 결과 전라남도가 총답면적 200,017ha중 18.7%인 37,325ha에 직파를 실시하여 가장 많이 직파를 재배한 지역으로 나타났고, 직파종류별로는 경상북도가 직파면적 15,532ha중 98.4%에서 건답을 실시하였고 충청북도는 총 직파면적 3,353ha에서 95.2%인 3,193ha에서 담수직파를 실시한 것으로 나타났다.
- 9) 파종시기 조사에서 중북부지역은 파종기간이 중생종을 기준하였을 때 건답인 경우 4월 20일~5월 1일, 담수는 5월 1일~5월 20일, 중부지역인 경우는 건답은 4월 20일~5월 15일, 담수는 5월 1일~5월 20일, 남부지역인 경우는 건답은 4월 20일~5월 20일, 담수는 5월 1일~5월 20일로 나타났다.
- 10) 생육일수 조사에서 파종부터 완숙기까지 건답에서는 162일 담수는 152일로 나타나 담수직파가 건답직파보다 생육이 빠른 것으로 조사되었다.
- 11) 생육기별 물관리는 건답직파의 경우 파종후 2~3엽기(파종후 30일 정도경과)부터 관개를 시작하며 이때의 담수심은 20~40mm의 범위였고 그후 분얼기까지는 간단관개를 실시하였으며, 담수직파의 경우 파종후 1~2일 이내에 관개를 시작하고 이때의 담수심은 10~20mm정도였고 분얼기까지는 간단관개를 실시하였으며 이후의 물관리는 건답, 담수 모두 기계이앙재배 방식의 물관리와 같은 것으로 나타났다.
- 12) 직파재배에 따른 기존수리시설물의 영향을 검토하기 위한 기초자료로 활용하고자 실시한 4개 농지개량조합(춘천, 기호, 청원, 칠곡)의 수원공별 직

과재배 면적은 저수지는 1.5%, 양수장은 1.4%, 보, 집수암거, 관정등의 기타 수원공은 0.1%로 나타났다.

- 13) 기존의 필요수량추정 모형들을 검토한 결과 DIROM(Daily Irrigation Reservoir Operation Model)모형이 정확성, 응용성, 범용성이 큰 것으로 밝혀졌다.
- 14) 앞으로 개발할 직파재배에 대한 필요수량 개발모형에서 유입량 산정에는 Tank 모형을 소비수량산정에는 Penman식을 이용하며 물수지는 일별 계산이 가능하도록 계획하고 영농방식 선정모형을 구축하여 직파재배, 이앙재배는 물론 혼합재배방식에서도 필요수량추정이 가능하도록 하였다.
- 15) 또한 모형의 전산화를 위하여 기상 및 기초자료를 DB화하고 출력의 그래픽기능을 강화시키며 WINDOWS상에서 운영할 수 있는 운영시스템을 갖도록 계획하였다.

여 백

제7장 건의사항 및 향후 연구계획

6.1 건의사항

6.2 향후 연구계획

여 백

제7장 건의사항 및 향후 연구계획

7.1 건의사항

벼 직파의 대상지는 논토양 종류별 배수특성에 따라 선정한다. 즉 건답의 경우는 사양질 토양으로 배수가 약간 불량한 지역이 적지이고 담수직파는 식질토이나 미사식양질 토양에서 배수가 약간 불량 내지 불량지가 적지이며 건답과 담수를 동시에 시행할 수 있는 적지는 사질을 제외한 토양에서 배수가 약간 양호한 곳이나 식양질 및 미사식양질 토양에서 배수가 약간 불량한 지역이다.

이와같이 논 토양의 조건은 직파재배를 결정하는 중요한 요소이며, 삼투량도 토성에 따라 큰 차이를 나타내므로 결국 소비수량을 변화시키는 요인이 된다.

한편 '95년 직파재배 소비수량산정시험은 담수직파에만 국한하여 실시하였는데 직파물관리 특성조사에서 건답직파는 파종부터 분얼기까지의 초기물관리가 담수직파와 근본적으로 다른 체계를 가지고 있는 것으로 나타났다.

따라서 2차년도 시험연구에서는 소비수량산정시험을 우리나라 논 의 대표적 토양 유형별로 확대함과 동시에 담수직파와 물관리 체계가 다른 초기물관리 기간에 대한 건답직파의 소비수량 시험도 병행되어야 할 것으로 요망된다.

7.2 향후 연구계획

본 연구는 쌀농사에 대한 영농방식 변화에 따라 변경된 물관리특성을 조사하고 시험포장에서 얻어진 소비수량과 관개수량을 기초로 하여 일별 필요수량 산정 모형을 개발함과 동시에 직파재배의 물관리 설계기준을 정립하기 위한 것으로 '95년부터 '97년까지 3차년도에 걸쳐 수행하며 '96년의 2차년도와 '97년의 3차년도에 대한 구체적인 연구계획은 아래와 같다.

| 년 도 | 연 구 내 용 | 비 고 |
|-------------------|--|---|
| 2차년도 ('96 년) | 1. 호남지역의 시험포설치 여부 검토 - 작물 소비수량 산정방법의 정립('84~'88) 검토 - 실측된 작물계수의 지역별 차이 규명 ○ 중부지역과 남부지역의 차이 검토 ○ 남부지역 중 경상도와 전라도의 차이 검토 2. 직파재배에 따른 생육기별, 품종별 증발산량 측정 및 분석 - 1차년도와 동일 3. 직파재배 물관리 시험 연구 - 1차년도와 동일 4. 적정간단관개 및 윤환관개면적 및 시기 결정 - 단지별 씨레용수량 - 윤환관개 면적 및 시기 - 간단관개 시기 및 일수 정립 5. 필요수량 추정모형 개발 - 일별 소비수량모형 구축 - 단일 또는 혼합재배에 따른 일별 물수지계산 P/G 개발 | 농진공 서울대농업개발연구소 경북대 농과대학 서울대농업개발연구소 농진공 농진공 |
| 3차년도 ('97 년) | 1. 직파재배에 따른 생육기별, 품종별 증발산량 측정 및 분석 - 1차년도와 동일 2. 직파재배 물관리 시험 연구 - 1차년도와 동일 3. 필요수량 추정 모형의 적용성 검토 4. 변경물관리에 따른 수리시설물의 영향 검토 - 기존 용수조직에 미치는 영향 검토 - 기존 시설물의 물관리 개선 방안 검토 - 향후 용수공급체계의 설계방향 검토 5. 직파재배시 수리시설물 설계기준 수립방안 연구 - 필요수량 산정기준 정립 - 필요저수량 결정방법 정립 | 서울대농업개발연구소 경북대 농과대학 서울대농업개발연구소 농진공 농진공 농진공 |

참고문헌

여 백

참고문헌

1. 富久保男, 1994, '水稻の 乾田不耕起直播栽培技術開發の 現状', 日作 紀,63(1), 164~168.
2. 서촌박하, 1977, '水稻の直播栽培における無機成分の動態-透水性の違いか"土壤中還元の發達と窒素の變化に及ぼす影響', 愛媛農試研報18, 17~22.
3. 長堀金造, 天谷孝夫, 1972, '乾田直播田と湛水直播田における用水量について', 岡山大農學術報告40, 89~96.
4. 太田保夫, 1995, '직파에 위한 수도작 재배 혁명', 논농업의 경영혁신을 꾀한다, 농어촌진흥공사.
5. 구연충, 박광호, 오윤진, 1993, '벼 건답직파재배에 따른 잡초군락의 변화', 한국잡초지 13(2).
6. 곽태순, 1993, '벼 성력재배를 위한 담수직파 파종시기와 등숙환경 분석', 한국작물학회지 37(6).
7. 김상경, 이승필, 이외현, 이광석, 최부술, 1992, '벼 건답직파재배에서 파종기 이동에 따른 생육 및 수량', 한국작물학회지 37(5).
8. 김순철, 1995, '수도작 재배에 있어서 농업용수관리요령', 농지개량, 30~35.
9. 김제규, 이문희, 오윤진, 1993, '벼 담수표면직파재배와 손이앙재배의 도복발생 양상', 한국작물학회지 38(3).
10. 김현영, 1987, 관개용 저수지의 일별유입량과 방류량의 모의발생.
11. 농림수산부, 1993, '저수관리시스템 개발(II)', 농어촌진흥공사.
12. 농림수산부, 1993, '전환기 한국농업생산기반 및 환경정비 발전방안에 관한 연
13. 농림수산부, 1994, '경지정리의 최적설계에 관한 연구', 농어촌진흥공사.
14. 농림수산부, 1995, '농업기반조성사업통계연보', 농어촌진흥공사.
15. 농수산부, 1986, '작물소비수량 산정방법의 정립', 농어촌진흥공사.

16. 농어촌진흥공사, 1990, '농어촌발전 종합대책 기본지침'.
17. 농업진흥공사, 1975, '물관리의 순환관계'.
18. 농촌진흥청, 1993, '농촌진흥 30년사, 221~231.
19. 문헌팔, 이문희, 이선용등, 1995, '벼생력재배', 농촌진흥청.
20. 박래경, 1992, '벼 어린모 기계이앙 재배기술', 농촌진흥청 작물시험장.
21. 박석홍등, 1986, 벼기계이앙재배연구논문집, 농촌진흥청.
22. 박석홍, 이철원, 양원하, 박래경, 1986, '벼 답수토중직파 재배 연구', 한국작물학회지 31(2).
23. 박은웅, 1991, 수도작, 향문사.
24. 박정근, 김진기, 양환승, 정태진, 이중용, 1995, '쌀농사 이렇게 짓자', 농민문화사.
25. 박정운, 1990, '벼 기계이앙재배의 신기술(어린모, 중묘, 성묘)', 농촌진흥청 작물시험장.
26. 박창규, 오윤진, 윤용대, 이문희등, 1991, '벼생력재배', 농촌진흥청.
27. 박희윤등, 1995, '한·일벼직파재배세미나', 농촌진흥청 작물시험장.
28. 오윤진, 1991, '벼생력재배 새기술 -건답직파, 측조시비-', 농촌진흥청.
29. 윤용대, 1993, '직파재배의 발전 과정', 쌀 생산비 절감을 위한 벼 직파재배 기술, 농촌진흥청.
30. 이석순, 백준호, 김순철, 1991b, '벼 건답휴립직파재배에서 파종기에 따른 생육 및 수량, 한국작물학회지 36(2).
31. 이석순, 백준호, 김대주, 1993b, '벼 건답휴립직파재배에서 파종양식과 파종량에 따른 생육과 수량, 한국작물학회지 37(6).
32. 이석순, 홍순범, 백준호, 1991a, '경운과 무경운 조건에서 벼 건답휴립직파재배의 질소시비량', 한국작물학회지 36(2).
33. 이석순, 백준호, 김대주, 홍순범, 1993a, '벼 건답직파재배에서 토양수분이 출아에 미치는 영향', 한국작물학회지 38(3).

34. 이선용, 1993, '담수직파 재배기술', 쌀 생산비 절감을 위한 벼 직파재배 기술, 농촌진흥청.
35. 이철원, 윤용대, 오윤진, 조상열, 1993, '벼 건답직파재배에서 온도 및 파종심도가 종자의 출아 및 증배축 신장에 미치는 영향', 한국작물학회지 37(6).
36. 전병태, 1993, '건답직파 재배기술', 쌀 생산비 절감을 위한 벼 직파재배 기술, 농촌진흥청.
37. 최동현, 1995, '가뭄을 대비한 벼 건답직파 재배기술', 농지개량, 50~55.
38. 한국농업기계학회. 한국농기구공업협동조합, 1995, '농업기계연감'.

여 백

부 록

- I. 측후소 주요기상자료
- II. 일별 증발산량 측정자료
- III. 포장용수량 측정자료
- IV. 시·군별 '95직파 시행면적
- V. 시·군별 직파 적지면적

여 백

부 록 I

측후소 주요기상자료
(수원, 대구)

여 백

I -A. 수원측후소의 주요기상자료(6월)

| 날자 | 평균 기온 (°C) | 최고 기온 (°C) | 최저 기온 (°C) | 노점 온도 (°C) | 상대 습도 (%) | 평균 풍속 (m/sec) | Pan 증발량 (mm) | 강우량 (mm) | 일조 시간 (hrs) | 일사량 (MJ/m ²) |
|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------|--------------------|-------------|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 20.0 | 28.3 | 10.6 | 6.0 | 48.0 | 1.1 | 6.7 | 0.0 | 6.6 | 21.0 |
| 2 | 18.8 | 20.3 | 17.2 | 13.0 | 67.0 | 1.5 | 1.2 | 0.4 | 7.2 | 8.5 |
| 3 | 17.0 | 19.1 | 14.8 | 14.5 | 81.0 | 1.8 | 2.1 | 22.1 | 7.5 | 5.7 |
| 4 | 17.5 | 22.5 | 17.2 | 9.8 | 70.0 | 1.3 | 2.0 | 0.0 | 8.2 | 11.2 |
| 5 | 16.5 | 11.08 | 12.1 | 8.0 | 82.0 | 1.6 | 3.5 | 0.0 | 8.0 | 15.0 |
| 평균 | 18.0 | 22.6 | 14.4 | 10.3 | 69.6 | 1.5 | 3.1 | 4.5 | 7.5 | 12.3 |
| 6 | 19.1 | 26.7 | 13.8 | 10.8 | 66.0 | 1.4 | 5.6 | 0.0 | 8.4 | 19.1 |
| 7 | 21.3 | 29.4 | 13.9 | 9.0 | 55.0 | 0.9 | 3.7 | 0.0 | 7.9 | 16.4 |
| 8 | 23.0 | 28.8 | 17.9 | 13.9 | 60.0 | 1.4 | 5.2 | 0.0 | 7.0 | 19.0 |
| 9 | 23.1 | 28.0 | 17.6 | 13.7 | 58.0 | 1.4 | 6.2 | 0.0 | 6.2 | 22.1 |
| 10 | 23.1 | 28.7 | 18.7 | 14.1 | 61.0 | 1.6 | 6.0 | 0.0 | 6.4 | 20.0 |
| 평균 | 21.9 | 28.3 | 16.4 | 12.3 | 60.0 | 1.3 | 5.3 | 0.0 | 7.2 | 19.3 |
| 11 | 23.6 | 28.2 | 19.2 | 14.0 | 57.0 | 1.9 | 7.8 | 0.0 | 6.1 | 20.9 |
| 12 | 21.7 | 27.1 | 15.8 | 11.3 | 51.0 | 1.7 | 6.2 | 0.0 | 10.1 | 23.1 |
| 13 | 21.9 | 27.1 | 17.5 | 14.2 | 69.0 | 1.3 | 5.0 | 23.0 | 2.7 | 13.6 |
| 14 | 21.9 | 26.6 | 17.4 | 14.2 | 52.0 | 1.3 | 7.0 | 0.0 | 8.5 | 23.8 |
| 15 | 21.3 | 27.0 | 17.2 | 13.3 | 63.0 | 1.6 | 6.6 | 0.0 | 8.4 | 22.1 |
| 평균 | 22.1 | 27.2 | 17.4 | 13.4 | 58.4 | 1.6 | 6.5 | 4.6 | 7.2 | 20.7 |
| 16 | 21.4 | 26.6 | 18.5 | 15.4 | 0.0 | 1.9 | 6.0 | 0.0 | 7.6 | 22.8 |
| 17 | 23.3 | 30.4 | 18.0 | 14.8 | 64.0 | 1.5 | 2.7 | 0.0 | 7.1 | 18.2 |
| 18 | 18.8 | 22.1 | 17.4 | 17.0 | 87.0 | 1.1 | 2.1 | 8.6 | 0.0 | 1.4 |
| 19 | 20.5 | 24.1 | 17.2 | 17.0 | 79.0 | 1.8 | 5.8 | 6.7 | 6.1 | 15.3 |
| 20 | 22.8 | 28.2 | 18.0 | 16.4 | 63.0 | 1.4 | 5.4 | 0.0 | 10.2 | 22.2 |
| 평균 | 21.4 | 26.3 | 17.8 | 16.1 | 58.6 | 1.5 | 4.4 | 3.1 | 6.2 | 16.0 |
| 21 | 25.0 | 30.7 | 21.1 | 17.0 | 56.0 | 2.2 | 7.5 | 0.0 | 8.2 | 20.2 |
| 22 | 22.9 | 25.9 | 19.5 | 17.5 | 59.0 | 1.6 | 7.0 | 0.0 | 0.9 | 8.2 |
| 23 | 22.4 | 26.7 | 19.2 | 14.6 | 69.0 | 1.8 | 5.0 | 0.0 | 5.4 | 14.8 |
| 24 | 23.7 | 29.0 | 19.0 | 14.6 | 69.0 | 1.3 | 5.2 | 0.0 | 6.1 | 13.1 |
| 25 | 23.7 | 28.1 | 20.6 | 17.4 | 71.0 | 1.7 | 5.0 | 0.0 | 4.9 | 14.3 |
| 평균 | 23.5 | 28.1 | 19.9 | 16.2 | 64.8 | 1.7 | 5.9 | 0.0 | 5.1 | 14.1 |
| 26 | 20.8 | 25.6 | 17.5 | 16.5 | 78.0 | 1.7 | 3.9 | 0.0 | 5.4 | 13.3 |
| 27 | 21.6 | 25.8 | 17.5 | 13.3 | 73.0 | 1.4 | 4.0 | 0.0 | 3.5 | 14.1 |
| 28 | 22.5 | 27.3 | 18.0 | 14.4 | 71.0 | 1.6 | 5.2 | 0.0 | 7.7 | 19.1 |
| 29 | 23.4 | 28.6 | 19.0 | 14.7 | 67.0 | 1.7 | 5.1 | 0.0 | 5.1 | 18.6 |
| 30 | 22.5 | 25.4 | 19.5 | 15.4 | 79.0 | 1.2 | 1.7 | 6.9 | 0.8 | 5.1 |
| 평균 | 22.2 | 26.5 | 18.3 | 14.9 | 73.6 | 1.5 | 4.0 | 1.4 | 4.5 | 14.0 |
| 월평균 | 21.5 | 26.5 | 17.4 | 13.9 | 64.2 | 1.5 | 4.9 | 2.3 | 6.3 | 16.0 |

I - A. 수원측후소의 주요기상자료(7월)

| 날자 | 평균 기온 (°C) | 최고 기온 (°C) | 최저 기온 (°C) | 노점 온도 (°C) | 상대 습도 (%) | 평균 풍속 (m/sec) | Pan 증발량 (mm) | 강우량 (mm) | 일조 시간 (hrs) | 일사량 (MJ/m ²) |
|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------|--------------------|-------------|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 22.5 | 27.2 | 19.0 | 18.4 | 80.0 | 1.2 | 3.5 | 44.1 | 4.7 | 12.5 |
| 2 | 22.7 | 25.4 | 19.4 | 16.8 | 76.0 | 1.0 | 1.3 | 0.3 | 0.7 | 8.2 |
| 3 | 22.4 | 26.2 | 19.2 | 15.0 | 75.0 | 1.6 | 4.8 | 4.3 | 9.6 | 19.2 |
| 4 | 21.6 | 26.4 | 17.0 | 13.3 | 72.0 | 1.2 | 6.0 | 0.0 | 8.2 | 16.2 |
| 5 | 21.9 | 27.0 | 16.0 | 11.9 | 69.0 | 1.3 | 6.0 | 0.0 | 11.8 | 24.1 |
| 평균 | 22.2 | 26.4 | 18.1 | 15.1 | 74.4 | 1.3 | 4.3 | 9.7 | 7.0 | 16.0 |
| 6 | 22.9 | 27.1 | 19.0 | 16.1 | 73.0 | 1.3 | 3.8 | 0.0 | 3.9 | 11.5 |
| 7 | 24.8 | 30.6 | 19.3 | 16.5 | 64.0 | 1.1 | 4.7 | 0.0 | 7.5 | 16.4 |
| 8 | 23.3 | 25.1 | 21.5 | 19.5 | 86.0 | 1.7 | 1.4 | 29.1 | 0.0 | 21.0 |
| 9 | 24.3 | 25.6 | 23.5 | 20.2 | 90.0 | 3.9 | 1.8 | 24.2 | 0.7 | 4.1 |
| 10 | 24.4 | 25.2 | 21.5 | 21.1 | 90.0 | 2.0 | 1.4 | 98.2 | 0.0 | 3.2 |
| 평균 | 23.9 | 26.7 | 21.0 | 18.7 | 80.6 | 2.0 | 2.6 | 30.3 | 2.4 | 7.5 |
| 11 | 24.8 | 27.1 | 23.3 | 22.0 | 91.0 | 0.7 | 1.2 | 18.8 | 0.5 | 2.8 |
| 12 | 26.7 | 28.9 | 24.1 | 23.1 | 82.0 | 2.2 | 1.9 | 1.1 | 1.1 | 5.1 |
| 13 | 25.1 | 26.7 | 24.0 | 22.8 | 89.0 | 2.7 | 0.7 | 48.2 | 0.0 | 1.5 |
| 14 | 25.7 | 28.2 | 23.5 | 22.5 | 85.0 | 1.0 | 3.0 | 0.5 | 1.0 | 7.6 |
| 15 | 26.0 | 29.0 | 23.5 | 23.3 | 87.0 | 2.1 | 1.0 | 7.5 | 1.0 | 5.6 |
| 평균 | 25.7 | 28.0 | 23.7 | 22.7 | 86.8 | 1.7 | 1.6 | 15.2 | 0.7 | 4.5 |
| 16 | 24.6 | 27.0 | 21.5 | 21.2 | 80.0 | 2.4 | 1.5 | 18.8 | 4.1 | 12.8 |
| 17 | 23.6 | 27.9 | 20.7 | 18.9 | 69.0 | 1.5 | 5.7 | 0.0 | 7.7 | 19.6 |
| 18 | 24.2 | 29.0 | 19.0 | 16.5 | 65.0 | 1.3 | 5.4 | 0.0 | 8.9 | 19.0 |
| 19 | 21.5 | 23.7 | 18.8 | 18.6 | 88.0 | 1.2 | 0.5 | 48.7 | 0.0 | 1.4 |
| 20 | 21.2 | 22.6 | 20.0 | 19.3 | 87.0 | 1.2 | 2.2 | 1.4 | 0.5 | 6.1 |
| 평균 | 23.0 | 26.0 | 20.0 | 18.9 | 77.8 | 1.5 | 3.1 | 13.8 | 4.2 | 11.8 |
| 21 | 22.8 | 27.7 | 18.3 | 17.6 | 78.0 | 1.0 | 3.7 | 0.0 | 6.4 | 13.8 |
| 22 | 26.1 | 30.8 | 18.5 | 17.6 | 74.0 | 1.1 | 7.8 | 0.0 | 10.5 | 21.0 |
| 23 | 28.8 | 32.9 | 24.3 | 21.8 | 66.0 | 1.5 | 5.3 | 1.0 | 6.1 | 14.7 |
| 24 | 26.8 | 30.4 | 24.3 | 23.1 | 70.0 | 1.8 | 3.3 | 0.0 | 5.7 | 16.0 |
| 25 | 26.8 | 31.4 | 23.2 | 20.3 | 77.0 | 1.6 | 5.2 | 26.7 | 5.2 | 14.6 |
| 평균 | 26.3 | 30.6 | 21.7 | 20.1 | 73.0 | 1.4 | 5.1 | 5.5 | 6.8 | 16.0 |
| 26 | 28.6 | 32.4 | 23.8 | 20.7 | 64.0 | 2.0 | 5.9 | 0.0 | 11.6 | 25.5 |
| 27 | 27.6 | 31.2 | 22.5 | 21.4 | 73.0 | 2.0 | 7.1 | 0.0 | 10.6 | 19.9 |
| 28 | 28.3 | 31.7 | 22.5 | 22.0 | 72.0 | 1.5 | 7.7 | 0.0 | 9.7 | 22.2 |
| 29 | 25.9 | 30.4 | 22.0 | 17.5 | 74.0 | 1.3 | 4.5 | 0.0 | 7.9 | 18.2 |
| 30 | 27.3 | 31.3 | 22.0 | 20.7 | 74.0 | 1.7 | 4.9 | 0.0 | 7.3 | 18.8 |
| 31 | 28.0 | 31.3 | 24.8 | 20.4 | 78.0 | 2.2 | 4.6 | 0.0 | 6.2 | 13.9 |
| 평균 | 27.6 | 31.4 | 22.9 | 20.5 | 72.5 | 1.8 | 5.8 | 0.0 | 8.9 | 19.8 |
| 월평균 | 24.8 | 28.2 | 21.2 | 19.3 | 77.5 | 1.6 | 3.8 | 12.4 | 5.0 | 12.6 |

I - A. 수원측후소의 주요기상자료(8월)

| 날자 | 평균 기온 (°C) | 최고 기온 (°C) | 최저 기온 (°C) | 노점 온도 (°C) | 상대 습도 (%) | 평균 풍속 (m/sec) | Pan 증발량 (mm) | 강우량 (mm) | 일조 시간 (hrs) | 일사량 (MJ/m ²) |
|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------|--------------------|-------------|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 28.1 | 32.2 | 26.2 | 24.9 | 84.0 | 1.7 | 4.2 | 10.6 | 3.4 | 13.5 |
| 2 | 27.6 | 29.7 | 25.3 | 23.9 | 81.0 | 1.6 | 2.3 | 3.0 | 1.6 | 7.6 |
| 3 | 28.4 | 32.4 | 23.5 | 22.4 | 67.0 | 2.1 | 7.2 | 0.2 | 7.2 | 18.7 |
| 4 | 27.5 | 31.3 | 23.4 | 21.7 | 71.0 | 1.9 | 5.7 | 0.0 | 9.0 | 18.9 |
| 5 | 27.3 | 30.2 | 23.9 | 21.0 | 79.0 | 1.7 | 3.8 | 0.5 | 1.2 | 8.3 |
| 평균 | 27.8 | 31.2 | 24.5 | 22.8 | 76.4 | 1.8 | 4.6 | 2.9 | 4.5 | 13.4 |
| 6 | 28.1 | 32.7 | 22.6 | 22.5 | 72.0 | 1.8 | 7.0 | 0.0 | 10.3 | 16.3 |
| 7 | 27.5 | 30.1 | 24.3 | 21.9 | 75.0 | 2.5 | 3.9 | 0.0 | 3.0 | 11.0 |
| 8 | 26.0 | 30.0 | 24.2 | 21.2 | 84.0 | 2.2 | 0.7 | 180.6 | 1.6 | 7.9 |
| 9 | 25.4 | 28.1 | 23.6 | 22.4 | 83.0 | 1.4 | 1.7 | 37.5 | 2.1 | 9.2 |
| 10 | 26.8 | 30.2 | 23.7 | 21.6 | 74.0 | 1.6 | 5.7 | 0.0 | 10.1 | 20.1 |
| 평균 | 26.8 | 30.2 | 23.7 | 21.9 | 77.6 | 1.9 | 3.8 | 43.6 | 5.4 | 12.9 |
| 11 | 26.6 | 30.9 | 23.3 | 21.2 | 74.0 | 1.2 | 4.8 | 0.0 | 6.7 | 15.5 |
| 12 | 27.3 | 30.9 | 23.2 | 20.7 | 78.0 | 1.1 | 3.8 | 2.3 | 5.1 | 12.9 |
| 13 | 28.1 | 32.3 | 24.8 | 24.1 | 81.0 | 1.5 | 4.6 | 15.0 | 5.0 | 12.8 |
| 14 | 29.1 | 34.1 | 25.8 | 24.2 | 77.0 | 1.4 | 5.4 | 0.0 | 7.5 | 15.8 |
| 15 | 29.1 | 33.5 | 26.1 | 23.5 | 70.0 | 1.3 | 6.4 | 0.0 | 9.9 | 18.6 |
| 평균 | 28.0 | 32.3 | 24.6 | 22.7 | 76.0 | 1.3 | 5.0 | 3.5 | 6.8 | 15.1 |
| 16 | 28.0 | 32.3 | 23.9 | 21.9 | 71.0 | 1.4 | 6.2 | 0.0 | 9.2 | 17.6 |
| 17 | 28.2 | 32.4 | 24.2 | 23.5 | 72.0 | 1.7 | 6.0 | 0.0 | 7.8 | 17.4 |
| 18 | 28.5 | 32.7 | 24.8 | 22.5 | 74.0 | 2.5 | 6.2 | 0.0 | 10.2 | 20.4 |
| 19 | 26.1 | 27.8 | 23.1 | 21.7 | 81.0 | 1.6 | 0.8 | 227.3 | 0.9 | 4.7 |
| 20 | 25.2 | 28.4 | 23.0 | 22.7 | 92.0 | 1.2 | 3.4 | 49.5 | 1.5 | 8.0 |
| 평균 | 27.2 | 30.7 | 23.8 | 22.5 | 78.0 | 1.7 | 4.5 | 55.4 | 5.9 | 13.6 |
| 21 | 25.7 | 31.1 | 22.6 | 19.6 | 80.0 | 0.9 | 5.1 | 0.0 | 5.9 | 13.9 |
| 22 | 26.4 | 30.2 | 24.5 | 18.7 | 76.0 | 0.8 | 3.0 | 0.0 | 5.3 | 13.7 |
| 23 | 24.6 | 26.8 | 22.8 | 22.5 | 92.0 | 1.4 | 0.6 | 165.0 | 0.1 | 2.0 |
| 24 | 24.5 | 25.8 | 26.0 | 22.7 | 95.0 | 1.3 | 0.2 | 91.8 | 0.0 | 3.6 |
| 25 | 23.5 | 24.8 | 22.0 | 21.5 | 96.0 | 1.1 | 0.7 | 85.0 | 0.0 | 0.6 |
| 평균 | 24.9 | 27.7 | 23.6 | 21.0 | 87.8 | 1.1 | 1.9 | 68.4 | 2.3 | 6.8 |
| 26 | 23.2 | 25.5 | 21.1 | 20.9 | 89.0 | 2.1 | 0.2 | 69.1 | 0.0 | 1.9 |
| 27 | 25.0 | 31.0 | 20.5 | 20.4 | 79.0 | 1.6 | 1.5 | 2.2 | 4.6 | 15.6 |
| 28 | 25.4 | 29.4 | 22.1 | 18.2 | 74.0 | 1.1 | 5.1 | 1.0 | 7.4 | 16.5 |
| 29 | 24.3 | 29.6 | 19.3 | 15.8 | 75.0 | 0.8 | 4.4 | 0.0 | 7.5 | 16.4 |
| 30 | 22.9 | 24.2 | 20.9 | 19.9 | 87.0 | 1.0 | 2.0 | 27.3 | 0.0 | 5.0 |
| 31 | 24.5 | 28.8 | 20.3 | 17.6 | 79.0 | 1.0 | 4.2 | 0.0 | 7.3 | 12.8 |
| 평균 | 24.2 | 28.1 | 20.7 | 18.8 | 80.5 | 1.3 | 2.9 | 16.6 | 4.5 | 11.4 |
| 월평균 | 26.5 | 30.0 | 23.5 | 21.6 | 79.4 | 1.5 | 3.8 | 31.7 | 4.9 | 12.2 |

I -A. 수원측후소의 주요기상자료(9월)

| 날자 | 평균 기온 (°C) | 최고 기온 (°C) | 최저 기온 (°C) | 노점 온도 (°C) | 상대 습도 (%) | 평균 풍속 (m/sec) | Pan 증발량 (mm) | 강우량 (mm) | 일조 시간 3.2s) | 일사량 (MJ/m ²) |
|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------|--------------------|-------------|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 25.5 | 29.6 | 21.0 | 17.9 | 77.0 | 1.0 | 3.3 | 0.2 | 0.0 | 11.0 |
| 2 | 25.8 | 27.7 | 22.8 | 22.1 | 91.0 | 2.1 | 2.5 | 9.8 | 1.6 | 3.1 |
| 3 | 23.6 | 26.2 | 20.4 | 16.1 | 80.0 | 1.0 | 3.8 | 0.0 | 10.3 | 9.1 |
| 4 | 22.6 | 27.3 | 17.0 | 12.4 | 64.0 | 1.5 | 6.3 | 0.0 | 8.7 | 18.5 |
| 5 | 20.5 | 26.9 | 14.4 | 10.0 | 64.0 | 1.0 | 3.6 | 0.0 | 4.8 | 16.0 |
| 평균 | 23.6 | 27.5 | 19.1 | 15.7 | 75.2 | 1.3 | 3.9 | 2.0 | 0.0 | 11.5 |
| 6 | 20.1 | 21.7 | 18.4 | 17.2 | 82.0 | 0.7 | 4.8 | 1.3 | 0.3 | 3.1 |
| 7 | 21.3 | 24.3 | 18.5 | 17.0 | 75.0 | 0.7 | 2.5 | 0.0 | 0.3 | 4.8 |
| 8 | 23.2 | 27.2 | 19.5 | 16.0 | 64.0 | 1.3 | 5.0 | 0.0 | 10.5 | 19.1 |
| 9 | 19.1 | 22.2 | 17.8 | 13.0 | 87.0 | 0.7 | 3.1 | 3.4 | 0.0 | 2.1 |
| 평균 | 21.5 | 24.6 | 18.7 | 15.8 | 76.6 | 0.9 | 3.9 | 1.3 | 3.1 | 8.1 |
| 10 | 19.9 | 24.9 | 15.6 | 8.2 | 70.0 | 1.8 | 0.6 | 0.0 | 2.7 | 10.8 |
| 11 | 17.9 | 24.0 | 11.7 | 6.7 | 58.0 | 1.6 | 3.0 | 0.0 | 10.0 | 19.8 |
| 12 | 19.1 | 25.8 | 11.0 | 5.9 | 64.0 | 1.1 | 5.3 | 0.0 | 11.2 | 19.4 |
| 13 | 19.4 | 24.3 | 15.8 | 12.2 | 77.0 | 0.8 | 2.1 | 0.0 | 2.6 | 8.6 |
| 14 | 21.6 | 26.6 | 16.6 | 12.8 | 82.0 | 1.1 | 4.2 | 0.0 | 5.8 | 15.2 |
| 평균 | 19.6 | 25.1 | 14.1 | 9.2 | 70.2 | 1.3 | 3.0 | 0.0 | 6.5 | 14.8 |
| 15 | 20.4 | 24.7 | 17.4 | 12.0 | 81.0 | 1.2 | 4.1 | 0.0 | 8.3 | 15.3 |
| 16 | 19.8 | 26.2 | 13.9 | 8.5 | 71.0 | 1.3 | 4.6 | 0.0 | 9.3 | 17.9 |
| 17 | 19.0 | 23.7 | 13.0 | 6.1 | 64.0 | 1.2 | 4.5 | 0.0 | 8.8 | 16.4 |
| 18 | 18.9 | 25.4 | 11.8 | 5.2 | 65.0 | 1.0 | 4.5 | 0.0 | 9.8 | 18.0 |
| 19 | 19.6 | 26.2 | 13.2 | 7.3 | 69.0 | 0.9 | 4.5 | 0.0 | 9.5 | 16.6 |
| 20 | 19.2 | 25.5 | 14.0 | 7.3 | 67.0 | 1.0 | 4.7 | 0.0 | 9.0 | 15.7 |
| 평균 | 19.3 | 25.4 | 13.2 | 6.9 | 67.2 | 1.1 | 4.6 | 0.0 | 9.3 | 16.9 |
| 월평균 | 21.0 | 25.7 | 16.3 | 11.9 | 72.3 | 1.2 | 3.9 | 0.8 | 4.7 | 12.8 |

I -B. 대구측후소의 주요기상자료(6월)

| 날자 | 평균 기온 (°C) | 최고 기온 (°C) | 최저 기온 (°C) | 노점 온도 (°C) | 상대 습도 (%) | 평균 풍속 (m/sec) | Pan 증발량 (mm) | 강우량 (mm) | 일조 시간 (hrs) | 일사량 (MJ/m ²) |
|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------|--------------------|-------------|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 22.5 | 30.8 | 13.9 | 7.0 | 39.0 | 2.2 | | 0.0 | 11.0 | 23.92 |
| 2 | 21.2 | 28.5 | 16.2 | 9.3 | 49.0 | 3.2 | | 0.5 | 7.5 | 15.91 |
| 3 | 16.9 | 19.1 | 13.5 | 13.4 | 80.0 | 2.3 | | 28.0 | 0.0 | 4.28 |
| 4 | 19.2 | 26.6 | 13.6 | 11.0 | 61.0 | 3.1 | | 4.4 | 7.1 | 18.45 |
| 5 | 19.5 | 28.0 | 13.6 | 11.3 | 63.0 | 3.0 | | 1.0 | 11.0 | 24.34 |
| 평균 | 19.9 | 26.6 | 14.2 | 10.4 | 58.4 | 2.8 | | 6.8 | 7.3 | 17.40 |
| 6 | 21.1 | 30.6 | 13.8 | 12.3 | 60.0 | 2.4 | | 0.0 | 11.9 | 22.22 |
| 7 | 19.8 | 26.7 | 15.0 | 12.6 | 64.0 | 4.6 | | 0.0 | 10.3 | 23.46 |
| 8 | 19.3 | 23.3 | 16.3 | 10.9 | 59.0 | 4.9 | | 0.0 | 11.7 | 24.40 |
| 9 | 17.7 | 20.3 | 16.0 | 11.7 | 68.0 | 4.2 | | 0.3 | 0.0 | 8.82 |
| 10 | 19.8 | 24.6 | 16.2 | 11.7 | 60.0 | 4.3 | | 0.0 | 7.3 | 22.20 |
| 평균 | 19.5 | 25.1 | 15.5 | 11.8 | 62.2 | 4.1 | | 0.1 | 8.2 | 20.2 |
| 11 | 18.3 | 21.9 | 17.0 | 12.2 | 67.0 | 5.2 | | 0.0 | 4.4 | 12.31 |
| 12 | 17.8 | 21.7 | 14.8 | 11.2 | 66.0 | 5.2 | | 2.2 | 2.1 | 12.82 |
| 13 | 17.8 | 23.7 | 14.6 | 11.2 | 67.0 | 3.4 | | 1.5 | 4.6 | 13.64 |
| 14 | 19.3 | 24.8 | 13.2 | 10.4 | 58.0 | 2.3 | | 0.0 | 6.7 | 16.06 |
| 15 | 21.3 | 29.0 | 16.2 | 12.4 | 60.0 | 2.7 | | 0.0 | 6.4 | 18.13 |
| 평균 | 18.9 | 24.2 | 15.2 | 11.5 | 63.6 | 3.8 | | 0.7 | 4.8 | 14.6 |
| 16 | 23.4 | 32.7 | 16.7 | 13.1 | 56.0 | 2.6 | | 0.0 | 10.1 | 22.59 |
| 17 | 23.0 | 29.0 | 17.2 | 15.2 | 63.0 | 2.8 | | 0.0 | 6.3 | 22.59 |
| 18 | 18.4 | 20.8 | 16.9 | 13.9 | 75.0 | 1.8 | | 2.7 | 0.0 | 2.86 |
| 19 | 22.9 | 30.0 | 17.2 | 14.2 | 60.0 | 3.0 | | 0.0 | 10.7 | 19.56 |
| 20 | 25.2 | 32.4 | 18.6 | 13.5 | 50.0 | 3.5 | | 0.0 | 11.7 | 24.15 |
| 평균 | 22.6 | 29.0 | 17.3 | 14.0 | 60.8 | 2.7 | | 0.5 | 7.8 | 18.4 |
| 21 | 20.4 | 23.1 | 18.5 | 14.2 | 67.0 | 5.8 | | 0.0 | 0.0 | 6.91 |
| 22 | 18.6 | 22.1 | 16.8 | 12.7 | 69.0 | 4.6 | | 0.0 | 0.1 | 10.26 |
| 23 | 23.7 | 31.7 | 16.3 | 13.3 | 54.0 | 2.1 | | 0.0 | 10.2 | 23.62 |
| 24 | 26 | 33.1 | 19.2 | 15.4 | 54.0 | 2.1 | | 0.0 | 11.1 | 20.61 |
| 25 | 24.5 | 31.1 | 19.6 | 16.3 | 62.0 | 3.2 | | 1.6 | 7.0 | 16.88 |
| 평균 | 22.6 | 28.2 | 18.1 | 14.4 | 61.2 | 3.6 | | 0.3 | 5.7 | 15.7 |
| 26 | 24.5 | 32.0 | 19.4 | 14.6 | 57.0 | 2.9 | | 0.0 | 9.4 | 21.66 |
| 27 | 22.6 | 28.6 | 17.6 | 14.8 | 65.0 | 2.3 | | 16.3 | 5.2 | 14.10 |
| 28 | 23.7 | 30.3 | 19.2 | 15.3 | 63.0 | 2.0 | | 10.2 | 9.3 | 19.64 |
| 29 | 25.3 | 32.1 | 18.2 | 14.3 | 54.0 | 2.0 | | 0.0 | 11.5 | 23.65 |
| 30 | 23.0 | 26.7 | 19.3 | 15.6 | 63.0 | 1.5 | | 0.0 | 0.8 | 8.63 |
| 31 | | | | | | | | | | |
| 평균 | 23.8 | 29.9 | 18.7 | 14.9 | 60.4 | 2.1 | | 5.3 | 7.2 | 17.5 |
| 월평균 | 21.2 | 27.2 | 16.5 | 12.8 | 61.1 | 3.2 | | 2.3 | 6.8 | 17.3 |

I-B. 대구측후소의 주요기상자료(7월)

| 날자 | 평균 기온 (℃) | 최고 기온 (℃) | 최저 기온 (℃) | 노점 온도 (℃) | 상대 습도 (%) | 평균 풍속 (m/sec) | Pan 증발량 (mm) | 강우량 (mm) | 일조 시간 (hrs) | 일사량 (MJ/m ²) |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|--------------------|-------------|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 25.1 | 29.5 | 20.9 | 17.8 | 65.0 | 1.8 | | 0.0 | 6.5 | 13.15 |
| 2 | 22.1 | 24.6 | 20.5 | 18.3 | 79.0 | 1.5 | | 9.2 | 0.0 | 4.01 |
| 3 | 23.4 | 27.6 | 19.7 | 17.8 | 72.0 | 1.5 | | 0.0 | 0.8 | 10.81 |
| 4 | 24.8 | 28.1 | 21.4 | 16.1 | 59.0 | 1.6 | | 0.0 | 0.6 | 10.46 |
| 5 | 24.3 | 28.9 | 21.4 | 16.4 | 64.0 | 1.9 | | 0.1 | 4.2 | 12.45 |
| 평균 | 23.9 | 27.7 | 20.8 | 17.3 | 67.8 | 1.7 | | 1.9 | 2.4 | 10.2 |
| 6 | 24.4 | 29.0 | 20.6 | 15.3 | 58.0 | 2.2 | | 0.0 | 5.5 | 14.45 |
| 7 | 22.1 | 23.7 | 21.0 | 18.3 | 79.0 | 1.3 | | 13.5 | 0.0 | 4.33 |
| 8 | 24.5 | 29.7 | 21.0 | 19.2 | 74.0 | 0.9 | | 15.8 | 2.4 | 9.27 |
| 9 | 28.4 | 32.6 | 24.4 | 19.3 | 59.0 | 3.7 | | 0.0 | 7.8 | 17.84 |
| 10 | 28.4 | 31.4 | 26.1 | 20.7 | 63.0 | 3.8 | | 1.4 | 4.8 | 10.89 |
| 평균 | 25.6 | 29.3 | 22.6 | 18.6 | 66.6 | 2.4 | | 6.1 | 4.1 | 11.4 |
| 11 | 28.0 | 32.9 | 24.6 | 20.5 | 65.0 | 2.8 | | 4.4 | 6.2 | 14.31 |
| 12 | 29.4 | 34.0 | 25.8 | 20.1 | 59.0 | 4.2 | | 0.0 | 4.8 | 18.48 |
| 13 | 29.7 | 33.7 | 26.0 | 22.0 | 64.0 | 6.0 | | 0.0 | 10.3 | 22.70 |
| 14 | 30.1 | 34.2 | 25.5 | 23.2 | 67.0 | 2.7 | | 0.0 | 8.5 | 16.46 |
| 15 | 29.1 | 34.4 | 25.0 | 24.0 | 75.0 | 2.7 | | 0.2 | 2.8 | 14.18 |
| 평균 | 29.3 | 33.8 | 25.4 | 22.0 | 66.0 | 3.7 | | 0.9 | 6.5 | 17.20 |
| 16 | 29.5 | 33.1 | 26.1 | 24.6 | 76.0 | 3.8 | | 0.3 | 1.3 | 11.28 |
| 17 | 24.7 | 26.0 | 20.6 | 19.0 | 71.0 | 4.0 | | 0.0 | 1.0 | 15.95 |
| 18 | 22.4 | 27.0 | 19.8 | 17.4 | 74.0 | 4.1 | | 0.4 | 6.5 | 15.83 |
| 19 | 21.8 | 24.2 | 19.4 | 18.7 | 83.0 | 2.4 | | 1.8 | 0.0 | 4.78 |
| 20 | 26.6 | 33.1 | 22.6 | 22.2 | 79.0 | 1.9 | | 5.8 | 7.7 | 13.94 |
| 평균 | 25.0 | 29.2 | 21.7 | 20.4 | 76.6 | 3.2 | | 1.7 | 3.3 | 12.4 |
| 21 | 24.3 | 27.5 | 22.4 | 22.3 | 89.0 | 1.2 | | 3.4 | 0.2 | 5.26 |
| 22 | 27.6 | 34.0 | 23.9 | 22.6 | 75.0 | 1.5 | | 0.0 | 4.0 | 13.21 |
| 23 | 24.4 | 27.5 | 22.1 | 22.1 | 87.0 | 5.4 | | 47.8 | 0.0 | 6.75 |
| 24 | 28.2 | 33.8 | 23.8 | 22.4 | 72.0 | 4.8 | | 19.2 | 9.5 | 21.60 |
| 25 | 28.2 | 32.4 | 25.2 | 23.5 | 76.0 | 2.4 | | 0.4 | 6.9 | 14.65 |
| 평균 | 26.5 | 31.0 | 23.5 | 22.6 | 79.8 | 3.1 | | 14.2 | 4.1 | 12.3 |
| 26 | 28.9 | 34.3 | 24.1 | 21.2 | 65.0 | 2.5 | | 0.0 | 11.4 | 20.31 |
| 27 | 28.8 | 35.6 | 22.9 | 22.2 | 69.0 | 2.0 | | 0.0 | 10.6 | 20.31 |
| 28 | 29.8 | 36.0 | 23.4 | 21.8 | 64.0 | 2.0 | | 0.0 | 11.2 | 22.94 |
| 29 | 29.8 | 36.6 | 23.6 | 22.4 | 66.0 | 2.8 | | 0.0 | 11.9 | 22.79 |
| 30 | 29.5 | 35.3 | 24.2 | 22.9 | 70.0 | 3.3 | | 0.0 | 11.4 | 22.37 |
| 31 | 30 | 35.4 | 26.5 | 23.8 | 69.0 | 4.2 | | 0.0 | 5.6 | 17.19 |
| 평균 | 29.5 | 36.5 | 24.1 | 22.4 | 67.2 | 2.8 | | 0.0 | 10.4 | 21.1 |
| 월평균 | 26.6 | 31.3 | 23.0 | 20.6 | 70.7 | 2.8 | | 4.1 | 5.1 | 14.1 |

I -B. 대구측후소의 주요기상자료(8월)

| 날자 | 평균 기온 (℃) | 최고 기온 (℃) | 최저 기온 (℃) | 노점 온도 (℃) | 상대 습도 (%) | 평균 풍속 (m/sec) | Pan 증발량 (mm) | 강우량 (mm) | 일조 시간 (hrs) | 일사량 MJ/m ² |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|--------------------|-------------|-------------------|--------------------------|
| 1 | 30.0 | 36.0 | 26.0 | 24.5 | 74.0 | 2.8 | | 1.3 | 7.0 | 17.09 |
| 2 | 30.7 | 36.0 | 25.8 | 23.5 | 67.0 | 3.6 | | 0.0 | 10.0 | 18.07 |
| 3 | 31.2 | 37.1 | 25.8 | 23.3 | 65.0 | 3.8 | | 0.0 | 11.9 | 22.96 |
| 4 | 30.8 | 37.1 | 25.4 | 23.4 | 67.0 | 3.0 | | 0.0 | 10.5 | 21.74 |
| 5 | 31.0 | 37.2 | 25.3 | 23.6 | 67.0 | 2.8 | | 0.0 | 9.3 | 20.07 |
| 평균 | 30.7 | 36.7 | 25.7 | 23.7 | 68.0 | 3.2 | | 0.3 | 9.7 | 20.0 |
| 6 | 31.2 | 37.4 | 26.4 | 24.1 | 68.0 | 2.8 | | 0.0 | 10.5 | 32.18 |
| 7 | 31.5 | 37.7 | 25.6 | 22.6 | 61.0 | 3.8 | | 0.0 | 12.6 | 28.33 |
| 8 | 31.2 | 37.1 | 26.9 | 22.9 | 63.0 | 4.5 | | 0.0 | 8.7 | 21.55 |
| 9 | 27.9 | 33.7 | 24.8 | 23.6 | 78.0 | 3.4 | | 19.4 | 3.6 | 9.37 |
| 10 | 28.1 | 33.1 | 23.5 | 22.2 | 72.4 | 2.7 | | 0.0 | 8.5 | 16.23 |
| 평균 | 30.0 | 35.8 | 25.4 | 23.1 | 68.4 | 3.4 | | 3.9 | 8.8 | 21.5 |
| 11 | 29.8 | 35.6 | 24.4 | 21.7 | 64.0 | 2.3 | | 0.0 | 10.6 | 20.51 |
| 12 | 30.1 | 36.4 | 24.6 | 23.6 | 70.0 | 2.3 | | 0.0 | 9.7 | 17.58 |
| 13 | 30.9 | 37.4 | 26.1 | 24.2 | 70.0 | 2.6 | | 0.0 | 7.9 | 17.37 |
| 14 | 32.3 | 39.2 | 26.2 | 25.1 | 68.0 | 1.5 | | 0.0 | 9.3 | 18.03 |
| 15 | 27.1 | 36.2 | 23.5 | 25.0 | 89.2 | 1.9 | | 33.1 | 3.0 | 8.09 |
| 평균 | 30.0 | 37.0 | 25.0 | 23.9 | 72.2 | 2.1 | | 6.6 | 8.1 | 16.3 |
| 16 | 27.9 | 34.6 | 23.0 | 22.6 | 75.0 | 2.2 | | 0.0 | 8.2 | 19.03 |
| 17 | 29.6 | 35.9 | 24.4 | 23.3 | 71.0 | 2.8 | | 0.0 | 7.2 | 15.54 |
| 18 | 30.6 | 35.4 | 24.8 | 22.8 | 65.0 | 3.8 | | 0.0 | 11.2 | 21.32 |
| 19 | 29.1 | 33.7 | 25.4 | 24.6 | 77.0 | 2.2 | | 4.8 | 5.0 | 10.01 |
| 20 | 26.8 | 30.3 | 24.9 | 24.1 | 86.8 | 2.5 | | 3.4 | 2.1 | 8.45 |
| 평균 | 28.8 | 34.0 | 24.5 | 23.5 | 74.8 | 2.7 | | 1.6 | 6.7 | 14.9 |
| 21 | 26.7 | 30.4 | 24.3 | 23.7 | 84.0 | 1.8 | | 1.6 | 27.8 | 9.23 |
| 22 | 26.9 | 31.6 | 22.8 | 22.6 | 79.0 | 2.4 | | 0.5 | 53.3 | 13.16 |
| 23 | 29.0 | 28.7 | 23.9 | 24.4 | 91.0 | 2.5 | | 23.3 | 0.8 | 5.85 |
| 24 | 27.7 | 31.7 | 24.3 | 24.4 | 83.0 | 2.2 | | 42.5 | 3.3 | 10.00 |
| 25 | 26.9 | 33.4 | 21.8 | 24.4 | 87.8 | 2.9 | | 44.2 | 4.9 | 12.01 |
| 평균 | 26.8 | 31.2 | 23.4 | 23.9 | 84.8 | 2.4 | | 22.4 | 3.3 | 10.1 |
| 26 | 25.3 | 31.1 | 21.8 | 22.3 | 85.0 | 2.6 | | 17.4 | 3.2 | 10.87 |
| 27 | 27.0 | 31.9 | 23.5 | 20.6 | 69.0 | 4.0 | | 0.0 | 7.5 | 16.10 |
| 28 | 25.9 | 31.4 | 21.4 | 20.3 | 72.0 | 2.1 | | 0.0 | 3.3 | 13.70 |
| 29 | 26.3 | 30.8 | 22.2 | 22.3 | 79.0 | 1.4 | | 0.0 | 5.6 | 11.75 |
| 30 | 23.3 | 24.6 | 22.1 | 22.4 | 95.0 | 1.6 | | 51.4 | 0.0 | 1.79 |
| 31 | 26.6 | 32.0 | 23.4 | 22.2 | 80.0 | 2.2 | | 18.1 | 9.2 | 17.41 |
| 평균 | 25.7 | 30.3 | 22.4 | 21.7 | 80.0 | 2.3 | | 14.5 | 4.8 | 11.9 |
| 월평균 | 28.7 | 34.2 | 24.4 | 23.3 | 74.7 | 2.7 | | 8.2 | 6.9 | 15.8 |

I -B. 대구측후소의 주요기상자료(9월)

| 날자 | 평균 기온 (°C) | 최고 기온 (°C) | 최저 기온 (°C) | 노점 온도 (°C) | 0상대 습도 (%) | 평균 풍속 (m/sec) | Pan 증발량 (mm) | 강우량 (mm) | 일조 시간 (hrs) | 일사량 (MJ/m ²) |
|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|--------------------|-------------|-------------------|-----------------------------|
| 1 | 25.8 | 30.2 | 21.8 | 18.9 | 68.0 | 2.8 | 0.0 | 0.0 | 7.6 | 16.51 |
| 2 | 24.7 | 29.1 | 22.2 | 22.3 | 87.0 | 2.7 | 0.0 | 3.8 | 2.2 | 6.98 |
| 3 | 26.2 | 29.9 | 22.6 | 20.9 | 73.0 | 2.6 | 0.0 | 0.0 | 3.7 | 9.81 |
| 4 | 25.0 | 31.6 | 18.9 | 15.7 | 59.0 | 3.0 | 0.0 | 0.0 | 11.4 | 20.61 |
| 5 | 23.5 | 28.9 | 17.2 | 17.3 | 69.0 | 1.9 | 0.0 | 0.0 | 6.9 | 14.73 |
| 평균 | 25.0 | 29.9 | 20.5 | 19.0 | 71.2 | 2.6 | 0.0 | 0.8 | 6.4 | 13.7 |
| 6 | 20.1 | 21.7 | 18.4 | 17.2 | 82.0 | 0.7 | 4.8 | 1.3 | 0.0 | 3.10 |
| 7 | 21.3 | 24.3 | 18.5 | 17.0 | 75.0 | 0.7 | 2.5 | 0.0 | 0.3 | 4.80 |
| 8 | 23.2 | 27.2 | 19.5 | 16.0 | 64.0 | 1.3 | 5.0 | 0.0 | 10.5 | 19.10 |
| 9 | 19.1 | 22.2 | 17.8 | 13.0 | 87.0 | 0.7 | 3.1 | 3.4 | 0.0 | 2.10 |
| 평균 | 21.7 | 25.1 | 18.9 | 16.4 | 75.8 | 1.2 | 3.1 | 1.1 | 3.4 | 8.60 |
| 10 | 22.5 | 26.5 | 20.1 | 18.2 | 78.0 | 1.6 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 6.71 |
| 11 | 21.4 | 24.4 | 19.2 | 18.6 | 84.0 | 2.5 | 0.0 | 2.4 | 0.0 | 4.59 |
| 12 | 19.2 | 20.5 | 17.7 | 17.5 | 90.0 | 2.5 | 0.0 | 3.5 | 0.0 | 3.68 |
| 13 | 20.5 | 22.9 | 18.3 | 19.2 | 92.0 | 1.2 | 0.0 | 1.7 | 0.4 | 5.22 |
| 14 | 22.8 | 27.4 | 17.7 | 17.4 | 73.0 | 3.2 | 0.0 | 0.0 | 6.2 | 12.85 |
| 평균 | 21.3 | 24.3 | 18.6 | 18.2 | 83.4 | 2.2 | 0.0 | 1.5 | 1.5 | 6.60 |
| 15 | 20.4 | 24.7 | 17.4 | 12.0 | 81.0 | 1.2 | 4.1 | 0.0 | 8.3 | 15.30 |
| 16 | 19.8 | 26.2 | 13.9 | 8.5 | 71.0 | 1.0 | 4.6 | 0.0 | 9.3 | 17.90 |
| 17 | 19.0 | 23.7 | 13.0 | 6.1 | 64.0 | 1.2 | 4.5 | 0.0 | 8.8 | 16.40 |
| 18 | 18.9 | 25.4 | 11.8 | 5.2 | 65.0 | 1.0 | 4.5 | 0.0 | 9.8 | 18.00 |
| 19 | 19.6 | 26.2 | 13.2 | 7.3 | 69.0 | 0.9 | 4.5 | 0.0 | 9.5 | 16.60 |
| 20 | 19.2 | 25.5 | 14.0 | 7.3 | 67.0 | 1.0 | 4.7 | 0.0 | 9.0 | 15.70 |
| 평균 | 19.3 | 25.4 | 13.2 | 6.9 | 67.2 | 1.1 | 4.6 | 0.0 | 9.3 | 16.9 |
| 월평균 | 21.8 | 26.2 | 17.8 | 15.1 | 74.4 | 1.8 | 1.9 | 0.9 | 5.2 | 11.5 |

부 록 Ⅱ

일별증발산량 측정자료
(수원, 대구)

여 백

II-A. 일별 증발산량 측정자료(수원)

| 월 일 | 6월 | | | 7월 | | | 8월 | | | 9월 | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 조 | 중 | 만 | 조 | 중 | 만 | 조 | 중 | 만 | 조 | 중 | 만 |
| 1 | - | - | - | 1.6 | 1.8 | 1.7 | - | - | - | 2.1 | 2.5 | 5.8 |
| 2 | - | - | - | 8.1 | 7.6 | 11.1 | - | - | - | 5.3 | 4.2 | 5.1 |
| 3 | - | - | - | 7.2 | 4.5 | 8.4 | - | - | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | 4.8 | 5.8 | 9.7 | - | - | - | 2.7 | 3.3 | 1.9 |
| 5 | - | - | - | 5.2 | 4.0 | 9.5 | - | - | - | 6.6 | 8.8 | 5.6 |
| 6 | - | - | - | 5.1 | 6.5 | 2.1 | - | - | - | - | - | - |
| 7 | - | - | - | 6.1 | 3.8 | 5.5 | - | - | - | - | - | - |
| 8 | - | - | - | 2.1 | 1.0 | 0.7 | - | - | - | - | - | - |
| 9 | - | - | - | 2.0 | 2.2 | 3.3 | - | - | - | - | - | - |
| 10 | - | - | - | 1.8 | 3.3 | 5.2 | - | - | - | 8.3 | 7.3 | 8.5 |
| 합계 | - | - | - | 44.1 | 40.6 | 57.2 | - | - | - | 25.0 | 26.2 | 26.9 |
| 평균 | - | - | - | 4.4 | 4.1 | 5.7 | - | - | - | 5.0 | 5.0 | 5.4 |
| 11 | 2.6 | 4.7 | 3.5 | 1.9 | 3.2 | 3.8 | - | - | - | | | |
| 12 | 3.2 | 4.2 | 3.6 | 2.6 | 2.4 | 4.1 | 5.4 | 5.7 | 6.2 | | | |
| 13 | 3.4 | 4.4 | 3.2 | 4.5 | 3.6 | 3.3 | 6.5 | 8.0 | 7.7 | | | |
| 14 | 4.3 | 3.6 | 2.3 | 7.1 | 4.0 | 1.5 | 6.6 | 8.3 | 4.2 | | | |
| 15 | 5.0 | 8.0 | 4.4 | 3.0 | 4.4 | 6.0 | 5.5 | 7.2 | 5.5 | | | |
| 16 | 6.2 | 6.0 | 4.6 | 11.0 | 14.0 | 9.2 | 7.2 | 8.8 | 6.7 | | | |
| 17 | 5.0 | 3.9 | 4.5 | 9.4 | 4.3 | 10.7 | 7.0 | 2.5 | 2.7 | | | |
| 18 | 4.3 | 5.3 | 3.4 | 4.6 | 4.6 | 7.7 | 7.0 | 4.3 | 2.7 | | | |
| 19 | 4.7 | 3.6 | 5.2 | 3.2 | 1.3 | 2.6 | 4.7 | 4.6 | 4.8 | | | |
| 20 | 4.4 | 6.3 | 4.6 | - | - | - | 5.4 | 5.8 | 5.3 | | | |
| 합계 | 43.2 | 50.1 | 39.4 | 47.3 | 41.7 | 48.8 | 55.3 | 55.2 | 45.6 | | | |
| 평균 | 4.3 | 5.0 | 3.9 | 5.3 | 4.6 | 5.4 | 6.1 | 6.1 | 5.1 | | | |
| 21 | 6.2 | 5.8 | 4.4 | - | - | - | 6.7 | 9.2 | 5.3 | | | |
| 22 | 8.0 | 5.1 | 4.4 | - | - | - | 9.5 | 6.5 | 6.5 | | | |
| 23 | 3.0 | 5.0 | 2.4 | - | - | - | - | - | - | | | |
| 24 | 3.0 | 6.3 | 6.3 | - | - | - | - | - | - | | | |
| 25 | 5.6 | 5.5 | 4.0 | - | - | - | - | - | - | | | |
| 26 | 4.0 | 7.0 | 5.0 | - | - | - | - | - | - | | | |
| 27 | 2.8 | 3.1 | 2.7 | - | - | - | - | - | - | | | |
| 28 | 3.8 | 8.0 | 5.2 | - | - | - | - | - | - | | | |
| 29 | 4.4 | 6.8 | 6.7 | - | - | - | 6.6 | 9.4 | 6.3 | | | |
| 30 | 3.4 | 4.4 | 5.3 | - | - | - | 1.5 | 4.4 | 7.9 | | | |
| 31 | - | - | - | - | - | - | 7.5 | 6.5 | 6.7 | | | |
| 합계 | 44.1 | 57.0 | 46.4 | - | - | - | 31.9 | 36.0 | 34.1 | | | |
| 평균 | 4.4 | 5.7 | 4.6 | - | - | - | 6.4 | 7.2 | 6.8 | | | |

※ - : 낙수기간

II-B. 일별 증발산량 측정자료(대구)

| 월 일 | 6월 | | | 7월 | | | 8월 | | | 9월 | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 조 | 중 | 만 | 조 | 중 | 만 | 조 | 중 | 만 | 조 | 중 | 만 |
| 1 | 6.2 | 6.2 | 6.1 | 3.8 | 4.0 | 3.6 | 9.5 | 9.6 | 9.7 | 5.2 | 5.4 | 5.0 |
| 2 | 5.2 | 4.9 | 4.8 | 3.2 | 4.1 | 3.6 | 8.1 | 8.4 | 7.9 | 2.6 | 2.8 | 2.8 |
| 3 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 4.8 | 5.1 | 5.5 | 11.5 | 9.9 | 13.4 | 3.3 | 3.4 | 4.5 |
| 4 | 4.7 | 4.8 | 4.7 | 3.4 | 3.9 | 3.5 | - | - | - | 6.4 | 6.9 | 7.5 |
| 5 | 5.6 | 5.7 | 5.5 | 3.8 | 4.0 | 3.8 | - | - | - | 4.7 | 5.5 | 6.2 |
| 6 | 5.0 | 5.2 | 4.9 | 5.2 | 5.7 | 5.0 | - | - | - | - | - | 3.5 |
| 7 | 6.2 | 6.3 | 6.1 | 4.0 | 4.1 | 4.8 | - | - | - | - | - | 2.2 |
| 8 | 6.0 | 6.2 | 6.0 | 5.0 | 4.8 | 4.6 | - | - | - | - | - | 2.0 |
| 9 | 3.7 | 3.8 | 3.5 | 7.3 | 4.5 | 8.6 | 5.3 | 5.9 | 5.6 | - | - | 4.8 |
| 10 | 6.5 | 6.2 | 6.1 | 5.2 | 5.4 | 5.0 | 7.2 | 7.8 | 7.0 | - | - | 4.8 |
| 합계 | 52.6 | 52.8 | 51.2 | 45.7 | 45.6 | 48.0 | 41.6 | 41.6 | 43.6 | 22.2 | 24.0 | 43.3 |
| 평균 | 5.3 | 5.3 | 5.1 | 4.6 | 4.6 | 4.8 | 4.2 | 4.2 | 4.4 | 2.2 | 2.4 | 4.3 |
| 11 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 5.8 | 5.9 | 5.4 | 10.7 | 11.6 | 10.5 | | | |
| 12 | 4.4 | 4.7 | 4.6 | 8.1 | 8.5 | 8.0 | 9.5 | 9.6 | 8.7 | | | |
| 13 | 3.7 | 3.8 | 3.9 | 8.2 | 11.5 | 10.5 | 10.8 | 11.2 | 13.7 | | | |
| 14 | 4.5 | 4.3 | 4.0 | 7.1 | 8.6 | 8.4 | 8.1 | 8.5 | 8.0 | | | |
| 15 | 4.8 | 5.0 | 4.7 | 9.9 | 9.8 | 9.2 | 5.6 | 6.5 | 5.8 | | | |
| 16 | 5.5 | 5.4 | 5.7 | 8.8 | 9.5 | 9.0 | 6.2 | 6.5 | 6.0 | | | |
| 17 | 6.0 | 6.2 | 5.8 | 9.5 | 10.6 | 9.4 | 8.2 | 8.5 | 8.0 | | | |
| 18 | 3.5 | 3.6 | 3.4 | 8.8 | 7.8 | 7.1 | 10.8 | 11.2 | 10.5 | | | |
| 19 | 5.4 | 5.3 | 5.0 | 4.2 | 4.8 | 5.2 | 4.1 | 4.5 | 3.9 | | | |
| 20 | 6.8 | 6.9 | 6.6 | 3.9 | 4.2 | 4.7 | 4.0 | 3.9 | 4.6 | | | |
| 합계 | 49.1 | 49.4 | 47.7 | 74.3 | 81.2 | 76.9 | 78.0 | 82.0 | 79.7 | | | |
| 평균 | 4.9 | 4.9 | 4.8 | 7.4 | 8.1 | 7.7 | 7.8 | 8.2 | 8.0 | | | |
| 21 | 3.6 | 3.7 | 3.5 | 4.2 | 4.5 | 4.4 | 3.2 | 3.5 | 3.2 | | | |
| 22 | 3.8 | 3.9 | 3.7 | 3.5 | 4.5 | 4.6 | 4.2 | 4.6 | 4.8 | | | |
| 23 | 6.2 | 6.4 | 6.0 | 3.0 | 3.5 | 3.5 | 4.4 | 4.6 | 4.1 | | | |
| 4 | 6.0 | 6.1 | 5.8 | 4.6 | 4.7 | 4.0 | 5.2 | 5.8 | 5.4 | | | |
| 25 | 5.4 | 5.6 | 5.3 | 7.6 | 7.4 | 7.8 | 4.3 | 4.7 | 4.6 | | | |
| 26 | 6.5 | 6.8 | 6.6 | 8.1 | 8.6 | 8.3 | 5.7 | 5.4 | 5.0 | | | |
| 27 | 4.1 | 4.2 | 4.0 | 6.4 | 7.9 | 7.4 | 7.6 | 7.9 | 8.0 | | | |
| 28 | 5.5 | 5.6 | 5.4 | 6.3 | 6.5 | 6.2 | 5.2 | 4.8 | 5.9 | | | |
| 29 | 6.2 | 6.4 | 6.0 | 7.5 | 7.8 | 7.3 | 4.3 | 4.6 | 4.4 | | | |
| 30 | 3.4 | 3.6 | 3.2 | 10.1 | 10.4 | 9.7 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | | | |
| 31 | - | - | - | 10.2 | 10.1 | 10.1 | 8.0 | 8.4 | 8.0 | | | |
| 합계 | 50.7 | 52.3 | 49.5 | 71.5 | 75.9 | 73.3 | 53.3 | 55.5 | 54.6 | | | |
| 평균 | 5.1 | 5.2 | 5.0 | 6.9 | 6.9 | 6.7 | 4.8 | 5.0 | 5.0 | | | |

※ - : 낙수기간

부 록 IV

시군별 '95직파 시행면적

여 백

1. 강 원 도

(단위: ha)

| 시군별 | 계 | 건 답 | | | 담 수 | | |
|-----|-------|-----|-----|-----|-------|-------|-----|
| | | 소 계 | 휴 립 | 평 면 | 소 계 | 무논 골 | 손산과 |
| 계 | 1,431 | 339 | | 339 | 1,092 | 1,081 | 11 |
| 춘 천 | 135 | 85 | | 85 | 50 | 50 | |
| 원 주 | 290 | 64 | | 64 | 226 | 226 | |
| 강 룡 | 127 | 36 | | 36 | 91 | 91 | |
| 동 해 | 45 | 22 | | 22 | 23 | 23 | |
| 태 백 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | |
| 속 초 | 48 | 8 | | 8 | 40 | 40 | |
| 삼 척 | 114 | 31 | | 31 | 83 | 80 | 3 |
| 홍 천 | 72 | 23 | | 23 | 49 | 49 | |
| 횡 성 | 52 | 14 | | 14 | 38 | 38 | |
| 영 월 | 16 | 0 | | 0 | 16 | 16 | |
| 평 창 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | |
| 정 선 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | |
| 철 원 | 76 | 0 | | 0 | 76 | 68 | 8 |
| 화 천 | 43 | 1 | | 1 | 42 | 42 | |
| 양 구 | 22 | 3 | | 3 | 19 | 19 | |
| 인 제 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | |
| 고 성 | 351 | 40 | | 40 | 311 | 311 | |
| 양 양 | 40 | 12 | | 12 | 28 | 28 | |

2. 경 기 도

(단위: ha)

| 시군별 | 계 | 건 답 | | | 담 수 | | |
|-----|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-----|
| | | 소 계 | 휴 립 | 평 면 | 소 계 | 무논 골 | 손산파 |
| 계 | 5,205 | 1,353 | | 1,353 | 3,852 | 3,852 | |
| 수 원 | 48.4 | 46.4 | | 46.4 | 2.0 | 2.0 | |
| 성 남 | 32.6 | 22.2 | | 22.2 | 10.4 | 10.4 | |
| 의정부 | 28.0 | 16.0 | | 16.0 | 12.0 | 12.0 | |
| 안 양 | 3.0 | 1.5 | | 1.5 | 1.5 | 1.5 | |
| 부 천 | 45.0 | 0 | | 0 | 45.0 | 45.0 | |
| 광 명 | 15.0 | 0 | | 0 | 15.0 | 15.0 | |
| 평 택 | 610.0 | 296.0 | | 296.0 | 314.0 | 314.0 | |
| 동두천 | 15.6 | 3.2 | | 3.2 | 12.4 | 12.4 | |
| 안 산 | 51.0 | 4.0 | | 4.0 | 47.0 | 47.0 | |
| 고 양 | 364.0 | 78.4 | | 78.4 | 285.6 | 285.6 | |
| 남양주 | 65.8 | 15.8 | | 15.8 | 50.0 | 50.0 | |
| 과 천 | 20.5 | 5.0 | | 5.0 | 15.5 | 15.5 | |
| 오 산 | 21.0 | 0 | | 0 | 21.0 | 21.0 | |
| 시 흥 | 35.0 | 0 | | 0 | 35.0 | 35.0 | |
| 군 포 | 7.0 | 7.0 | | 7 | 0 | 0 | |
| 의 왕 | 41.0 | 0 | | 0 | 41.0 | 41.0 | |
| 하 남 | 15.0 | 0 | | 0 | 15.0 | 15.0 | |
| 양 주 | 250.0 | 73.0 | | 73.0 | 177.0 | 177.0 | |
| 여 주 | 509.0 | 13.4 | | 13.4 | 495.6 | 495.6 | |
| 화 성 | 259.0 | 107.0 | | 107.0 | 152.0 | 152.0 | |
| 파 주 | 723.0 | 433.0 | | 433.0 | 290.0 | 290.0 | |
| 광 주 | 166.0 | 7.7 | | 7.7 | 158.3 | 158.3 | |
| 연 천 | 146.0 | 10.0 | | 10.0 | 136.0 | 136.0 | |
| 포 천 | 171.2 | 3.8 | | 3.8 | 167.4 | 167.4 | |
| 가 평 | 48.0 | 22.0 | | 22.0 | 26.0 | 26.0 | |
| 양 주 | 134.2 | 5.3 | | 5.3 | 128.9 | 128.9 | |
| 이 천 | 463.8 | 0 | | 0 | 463.8 | 463.8 | |
| 용 인 | 201.0 | 13.2 | | 13.2 | 187.8 | 187.8 | |
| 안 성 | 431.0 | 12.0 | | 12.0 | 419.0 | 419.0 | |
| 김 포 | 285.0 | 157.3 | | 157.3 | 127.7 | 127.7 | |

3. 충청북도

(단위: ha)

| 시군별 | 계 | 건 답 | | | 답 수 | | |
|-----|-------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| | | 소 계 | 휴 립 | 평 면 | 소 계 | 무 논 골 | 손 산 파 |
| 계 | 3,353 | 160 | | 160 | 3,193 | 3,193 | |
| 청 주 | 180 | 10 | | 10 | 170 | 170 | |
| 충 주 | 420 | 30 | | 30 | 390 | 390 | |
| 제 천 | 30 | 2 | | 2 | 28 | 28 | |
| 청 원 | 832 | 26 | | 26 | 806 | 806 | |
| 보 은 | 99 | 4 | | 4 | 95 | 95 | |
| 옥 천 | 156 | 36 | | 36 | 120 | 120 | |
| 영 동 | 189 | 10 | | 10 | 179 | 179 | |
| 진 천 | 384 | 10 | | 10 | 374 | 374 | |
| 괴 산 | 603 | 29 | | 29 | 574 | 574 | |
| 음 성 | 440 | 3 | | 3 | 437 | 437 | |
| 단 양 | 20 | 0 | | 0 | 20 | 20 | |

4. 충청남도

(단위: ha)

| 시군별 | 계 | 건 답 | | | 담 수 | | |
|-----|-----------------|----------|-----|----------|-------|----------|-------|
| | | 소 계 | 휴 립 | 평 면 | 소 계 | 무 논 골 | 손 산 과 |
| 계 | 13,638 (7.3) | | 572 | 3,798 | 9,268 | 7,818 | 1,450 |
| 천 안 | 827 | 13 | 0 | 13 | 814 | 709 | 105 |
| 공 주 | 1,005 | 60 | 2 | 58 | 945 | 860 | 85 |
| 보 령 | 1,012 | 403 | 218 | 185 | 609 | 585 | 24 |
| 아 산 | 805 | 640 | 0 | 640 | 165 | 145 | 20 |
| 서 산 | 1,306 | 460 | 0 | 460 | 846 | 550 | 296 |
| 금 산 | 354(7.3) | 108(2.8) | 0 | 108(2.8) | 246 | 211(4.5) | 35 |
| 연 기 | 601 | 221 | 20 | 201 | 380 | 338 | 42 |
| 논 산 | 1,208 | 459 | 160 | 299 | 749 | 398 | 351 |
| 부 여 | 1,212 | 912 | 0 | 912 | 300 | 250 | 50 |
| 서 천 | 1,002 | 720 | 72 | 648 | 282 | 260 | 22 |
| 청 양 | 463 | 45 | 45 | 0 | 418 | 393 | 25 |
| 홍 성 | 701 | 45 | 45 | 0 | 656 | 594 | 62 |
| 예 산 | 1,215 | 22 | 0 | 22 | 1,193 | 1,141 | 52 |
| 태 안 | 862 | 252 | 0 | 252 | 610 | 429 | 181 |
| 당 진 | 1,065 | 10 | 10 | 0 | 1,055 | 955 | 100 |

※ () : 한계표고 이상면적

5. 전라북도

(단위: ha)

| 시군별 | 계 | 건 답 | | | 담 수 | | |
|-----|--------|--------|-----|--------|-------|-------|-------|
| | | 소 계 | 휴 립 | 평 면 | 소 계 | 무 논 골 | 손 산 파 |
| 계 | 23,936 | 18,085 | 637 | 17,448 | 5,851 | 2,865 | 2,986 |
| 전 주 | 916 | 761 | 0 | 155 | 155 | 5 | 150 |
| 군 산 | 2,028 | 1,961 | 0 | 67 | 67 | 32 | 35 |
| 익 산 | 4,627 | 3,059 | 0 | 1,568 | 1,568 | 650 | 918 |
| 정 읍 | 3,780 | 3,230 | 30 | 550 | 550 | 3 | 547 |
| 남 원 | 772 | 557 | 27 | 215 | 215 | 170 | 45 |
| 검 제 | 4,174 | 3,820 | 20 | 354 | 354 | 24 | 330 |
| 완 주 | 2,299 | 2,185 | 0 | 114 | 114 | 110 | 4 |
| 진 안 | 92 | 65 | 8 | 27 | 27 | 7 | 20 |
| 무 주 | 42 | 2 | 2 | 40 | 40 | 35 | 5 |
| 장 수 | 110 | 87 | 75 | 23 | 23 | 20 | 3 |
| 임 실 | 510 | 222 | 19 | 288 | 288 | 286 | 2 |
| 순 창 | 603 | 245 | 3 | 358 | 358 | 323 | 35 |
| 고 창 | 2,370 | 1,138 | 0 | 1,232 | 1,232 | 650 | 582 |
| 부 인 | 1,613 | 753 | 453 | 860 | 860 | 550 | 310 |

6. 전라남도

(단위: ha)

| 시군별 | 계 | 건 담 | | | 담 수 | | |
|-----|--------|--------|-----|--------|--------|--------|-------|
| | | 소 계 | 휴 립 | 평 면 | 소 계 | 무 논 골 | 손 산 파 |
| 계 | 37,325 | 15,228 | | 15,228 | 22,097 | 18,147 | 3,950 |
| 목 포 | 81 | 19 | | 19 | 62 | 49 | 13 |
| 여 수 | 10 | 0 | | 0 | 10 | 6 | 4 |
| 순 천 | 953 | 494 | | 494 | 459 | 457 | 2 |
| 나 주 | 4,845 | 2,575 | | 2,575 | 2,270 | 1,854 | 416 |
| 광 양 | 975 | 246 | | 246 | 729 | 713 | 16 |
| 담 양 | 1,105 | 495 | | 495 | 610 | 442 | 168 |
| 곡 성 | 1,200 | 601 | | 601 | 599 | 595 | 4 |
| 구 례 | 412 | 282 | | 282 | 130 | 119 | 11 |
| 여 천 | 495 | 223 | | 223 | 272 | 252 | 20 |
| 고 흥 | 2,193 | 548 | | 548 | 1,645 | 1,517 | 128 |
| 보 성 | 1,902 | 933 | | 933 | 969 | 754 | 215 |
| 화 순 | 1,530 | 1,060 | | 1,060 | 470 | 391 | 79 |
| 장 흥 | 1,460 | 586 | | 586 | 874 | 716 | 158 |
| 강 진 | 1,590 | 581 | | 581 | 1,009 | 904 | 105 |
| 해 남 | 6,228 | 1,204 | | 1,204 | 5,024 | 3,895 | 1,129 |
| 영 암 | 3,742 | 1,665 | | 1,665 | 2,077 | 1,993 | 84 |
| 무 안 | 1,405 | 700 | | 700 | 705 | 655 | 50 |
| 함 평 | 1,400 | 562 | | 562 | 838 | 574 | 264 |
| 영 광 | 2,513 | 1,440 | | 1,440 | 1,073 | 799 | 274 |
| 장 성 | 1,593 | 359 | | 359 | 1,234 | 768 | 466 |
| 완 도 | 170 | 30 | | 30 | 140 | 116 | 24 |
| 진 도 | 870 | 415 | | 415 | 455 | 324 | 131 |
| 신 안 | 653 | 210 | | 210 | 443 | 254 | 189 |

7. 경상북도

(단위: ha)

| 시군별 | 계 | 건 담 | | | 담 수 | | |
|-----|------------------|------------------|-------|---------------|--------------|--------------|-----|
| | | 소 계 | 휴 립 | 평 면 | 소 계 | 무논 골 | 손산파 |
| 계 | 15,532 (47.5) | 15,287 (40.0) | 8,137 | 7,150 (40) | 245 (7.5) | 180 (7.5) | 65 |
| 포항 | 1,660 | 1,657 | 1,317 | 340 | 3 | 3 | 0 |
| 경주 | 1,620 | 1,544 | 772 | 772 | 76 | 75 | 1 |
| 김천 | 948(2.5) | 948(2.5) | 838 | 110(2.5) | 0 | 0 | 0 |
| 안동 | 1,205 | 1,197 | 567 | 630 | 8 | 6 | 2 |
| 구미 | 1,416 | 1,416 | 221 | 1,195 | 0 | 0 | 0 |
| 영주 | 254(2.0) | 216(2.0) | 216 | 0(2.0) | 38(1.0) | 38(1.0) | 0 |
| 연천 | 864 | 864 | 410 | 454 | 0 | 0 | 0 |
| 상주 | 1,067(17.0) | 1,052(12.5) | 746 | 306(12.5) | 15(4.5) | 3(4.5) | 12 |
| 문경 | 494 | 479 | 473 | 6 | 15 | 3 | 12 |
| 경산 | 545 | 545 | 240 | 305 | 0 | 0 | 0 |
| 군위 | 255 | 254 | 16 | 238 | 1 | 1 | 0 |
| 의성 | 868(3.0) | 866(3.0) | 702 | 164(3.0) | 2 | 1 | 1 |
| 청송 | 35(9.0) | 35(9.0) | 32 | 3(9.0) | 0 | 0 | 0 |
| 영양 | 12(12.0) | 12(12.0) | 11 | 1(12.0) | 0 | 0 | 0 |
| 영덕 | 425 | 422 | 417 | 5 | 3 | 3 | 0 |
| 청도 | 600 | 600 | 8 | 592 | 0 | 0 | 0 |
| 고령 | 622 | 621 | 85 | 536 | 1 | 1 | 0 |
| 성주 | 916(2.0) | 860(2.0) | 370 | 490(2.0) | 56(2.0) | 21(2.0) | 35 |
| 칠곡 | 864 | 864 | 76 | 788 | 0 | 0 | 0 |
| 예천 | 581 | 575 | 568 | 7 | 6 | 6 | 0 |
| 봉화 | 27 | 27 | 2 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| 울진 | 254 | 233 | 50 | 183 | 19 | 19 | 2 |
| 울릉 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

※ () : 한계표고 이상면적

8. 경상남도

(단위: ha)

| 시군별 | 계 | 건 답 | | | 답 수 | | |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 소 계 | 휴 립 | 평 면 | 소 계 | 무 논 골 | 손 산 파 |
| 계 | 11,147 | 9,550 | 4,248 | 5,302 | 1,597 | 1,579 | |
| 창 원 | 378 | 376 | 326 | 50 | 2 | 2 | |
| 울 산 | 682 | 663 | 266 | 397 | 19 | 19 | |
| 마 산 | 192 | 140 | 194 | 6 | 52 | 52 | |
| 진 주 | 880 | 505 | 103 | 402 | 375 | 375 | |
| 진 해 | 49 | 45 | 5 | 40 | 4 | 4 | |
| 통 영 | 150 | 125 | 0 | 125 | 25 | 25 | |
| 사 천 | 650 | 375 | 10 | 365 | 275 | 275 | |
| 김 해 | 1,161 | 1,161 | 1,000 | 161 | 0 | 0 | |
| 밀 양 | 2,150 | 2,000 | 1,440 | 560 | 150 | 150 | |
| 거 제 | 117 | 4 | 0 | 4 | 113 | 113 | |
| 의 령 | 320 | 315 | 0 | 315 | 5 | 5 | |
| 합 안 | 547 | 407 | 10 | 397 | 140 | 140 | |
| 창 녕 | 620 | 618 | 98 | 520 | 2 | 2 | |
| 양 산 | 231 | 231 | 90 | 141 | 0 | 0 | |
| 고 성 | 319 | 268 | 0 | 268 | 51 | 51 | |
| 남 해 | 129 | 40 | 2 | 38 | 89 | 89 | |
| 하 동 | 634 | 500 | 312 | 183 | 134 | 134 | |
| 산 청 | 444 | 421 | 97 | 324 | 23 | 23 | |
| 함 양 | 412 | 402 | 0 | 402 | 10 | 10 | |
| 거 창 | 301 | 180 | 128 | 52 | 121 | 121 | |
| 합 천 | 781 | 774 | 227 | 547 | 7 | 7 | |

부 록 V

시·군별 직파 적지면적

여 백

1. 강 원 도

(단위: ha)

| 시군명 | 논면적 (ha) | 적 지 면 적(건답, 담수) | | | 비 고 |
|-----|-------------|-----------------|----------------|-----------------|-----|
| | | 계 | EL.m100 이 하 | EL.m 101~200 | |
| 계 | 49,900 | 11,184 | 6,012 | 5,172 | |
| 춘 천 | 3,238 | 1,146 | 678 | 468 | |
| 원 주 | 5,314 | 1,809 | 650 | 1,156 | |
| 강 룡 | 4,765 | 2,009 | 2,009 | 0 | |
| 동 해 | 394 | 201 | 201 | 0 | |
| 속 초 | 499 | 175 | 175 | 0 | |
| 삼 척 | 1,255 | 467 | 467 | 0 | |
| 홍 천 | 5,439 | 1,607 | 214 | 1,393 | |
| 횡 성 | 4,770 | 581 | 32 | 549 | |
| 영 월 | 1,252 | 24 | 0 | 24 | |
| 평 창 | 1,327 | 0 | 0 | 0 | |
| 정 선 | 624 | 0 | 0 | 0 | |
| 철 원 | 9,970 | 1,270 | 0 | 1,270 | |
| 화 천 | 1,497 | 252 | 0 | 252 | |
| 양 구 | 2,141 | 60 | 0 | 60 | |
| 인 제 | 1,457 | 0 | 0 | 0 | |
| 고 성 | 3,388 | 973 | 973 | 0 | |
| 양 양 | 2,570 | 613 | 613 | 0 | |

2. 경 기도

(단위: ha)

| 시군명 | 조사면적 | 담 수 | | | | 건 답 | | | | 담수+직파 |
|-----|---------|-----|----|-----|--------|-----|----|-----|---------|--------|
| | | 최적지 | 적지 | 가능지 | 계 | 최적지 | 적지 | 가능지 | 계 | |
| 계 | 178,014 | | | | 18,140 | | | | 106,496 | 60,210 |
| 가 평 | 3,060 | | | | 0 | | | | 109 | 633 |
| 강 화 | 13,275 | | | | 2,541 | | | | 1,556 | 8,086 |
| 고 양 | 7,543 | | | | 1,572 | | | | 1,388 | 4,142 |
| 광 주 | 5,452 | | | | 144 | | | | 1,469 | 1,197 |
| 김 포 | 10,580 | | | | 1,711 | | | | 0 | 6,121 |
| 부 천 | 1,904 | | | | 914 | | | | 13 | 873 |
| 성 남 | 1,714 | | | | 26 | | | | 690 | 283 |
| 수 원 | 2,311 | | | | 52 | | | | 401 | 1,340 |
| 시 흥 | 6,936 | | | | 1,657 | | | | 551 | 2,205 |
| 안 성 | 12,811 | | | | 0 | | | | 4,273 | 2,881 |
| 안 양 | 726 | | | | 9 | | | | 209 | 131 |
| 양 주 | 9,869 | | | | 227 | | | | 2,001 | 2,719 |
| 양 평 | 8,007 | | | | 62 | | | | 1,025 | 1,225 |
| 여 주 | 10,545 | | | | 154 | | | | 2,495 | 2,067 |
| 연 천 | 4,318 | | | | 34 | | | | 1,046 | 1,642 |
| 의정부 | 724 | | | | 25 | | | | 207 | 106 |
| 용 인 | 10,362 | | | | 0 | | | | 2,858 | 1,460 |
| 이 천 | 11,993 | | | | 313 | | | | 3,865 | 1,873 |
| 파 주 | 10,801 | | | | 2,217 | | | | 345 | 5,774 |
| 평 택 | 17,479 | | | | 4,473 | | | | 904 | 7,062 |
| 포 천 | 6,460 | | | | 11 | | | | 344 | 788 |
| 화 성 | 21,144 | | | | 1,998 | | | | 2,397 | 7,602 |

3. 충청북도

(단위: ha)

| 시군명 | 조사면적 (ha) | 담 수 | | | | 건 담 | | | |
|-----|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | 최적지 | 적지 | 가능지 | 계 | 최적지 | 적지 | 가능지 | 계 |
| 계 | 75,324 | 1,289 | 8,147 | 9,308 | 18,744 | 2,504 | 11,941 | 4,261 | 18,706 |
| 청 주 | 2,635 | 49 | 476 | 547 | 1,072 | 0 | 802 | 232 | 1,034 |
| 충 주 | 10,113 | 243 | 1,595 | 1,259 | 3,079 | 365 | 2,005 | 727 | 3,097 |
| 제 천 | 4,590 | 1 | 23 | 39 | 63 | 4 | 55 | 4 | 63 |
| 청 원 | 13,559 | 624 | 1,887 | 3,602 | 6,113 | 851 | 3,979 | 1,263 | 6,113 |
| 보 은 | 6,555 | 8 | 46 | 63 | 117 | 15 | 72 | 30 | 117 |
| 옥 천 | 5,623 | 0 | 252 | 439 | 691 | 72 | 510 | 109 | 691 |
| 영 동 | 6,157 | 1 | 7 | 24 | 32 | 0 | 29 | 3 | 32 |
| 진 천 | 7,034 | 318 | 1,402 | 1,673 | 3,393 | 748 | 1,673 | 972 | 3,393 |
| 괴 산 | 8,702 | 45 | 711 | 833 | 1,589 | 138 | 1,069 | 382 | 1,589 |
| 음 성 | 8,657 | 0 | 1,748 | 829 | 2,577 | 311 | 1,747 | 519 | 2,577 |
| 단 양 | 1,699 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

4. 충청남도

(단위: ha)

| 시군명 | 적지면적 (ha) | 담 수 | | | | 건 답 | | | |
|-----|--------------|-----|----|-----|---|-----|----|-----|---|
| | | 최적지 | 적지 | 가능지 | 계 | 최적지 | 적지 | 가능지 | 계 |
| 계 | 107,910 | | | | | | | | |
| 천 안 | 981 | | | | | | | | |
| 공 주 | 402 | | | | | | | | |
| 대 천 | 590 | | | | | | | | |
| 온 양 | 813 | | | | | | | | |
| 서 산 | 709 | | | | | | | | |
| 출장소 | 616 | | | | | | | | |
| 금 산 | 162 | | | | | | | | |
| 연 기 | 3,886 | | | | | | | | |
| 공 주 | 5,285 | | | | | | | | |
| 논 산 | 13,141 | | | | | | | | |
| 부 여 | 12,065 | | | | | | | | |
| 서 천 | 8,546 | | | | | | | | |
| 보 령 | 4,568 | | | | | | | | |
| 청 양 | 4,590 | | | | | | | | |
| 홍 성 | 4,695 | | | | | | | | |
| 예 산 | 9,121 | | | | | | | | |
| 서 산 | 7,654 | | | | | | | | |
| 태 안 | 3,962 | | | | | | | | |
| 당 진 | 11,206 | | | | | | | | |
| 아 산 | 9,433 | | | | | | | | |
| 천 안 | 5,506 | | | | | | | | |

5. 전라북도

(단위: ha)

| 시군명 | 조사면적 (ha) | 담 수 | | | | 건 담 | | | |
|-----|--------------|--------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|---------|
| | | 최적지 | 적지 | 가능지 | 계 | 최적지 | 적지 | 가능지 | 계 |
| 계 | 177,493 | 24,616 | 50,114 | 49,015 | 123,745 | 8,805 | 67,729 | 33,480 | 110,014 |
| 전 주 | 5,275 | 306 | 766 | 2,354 | 3,426 | 1,001 | 1,676 | 696 | 3,373 |
| 군 산 | 16,055 | 2,600 | 1,485 | 10,606 | 14,691 | 0 | 11,629 | 2,639 | 14,268 |
| 익 산 | 23,427 | 5,015 | 10,430 | 5,059 | 21,304 | 869 | 9,285 | 6,061 | 16,215 |
| 정 주 | 2,533 | 138 | 830 | 923 | 1,891 | 300 | 997 | 594 | 1,891 |
| 남 원 | 1,086 | 0 | 10 | 478 | 488 | 177 | 307 | 4 | 488 |
| 김 제 | 3,628 | 771 | 2,518 | 280 | 3,569 | 0 | 617 | 1,655 | 2,272 |
| 완 주 | 11,381 | 1,577 | 1,512 | 4,967 | 8,056 | 1,969 | 4,110 | 1,958 | 8,037 |
| 진 안 | 6,172 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 무 주 | 3,807 | 0 | 18 | 140 | 158 | 14 | 134 | 10 | 158 |
| 장 수 | 5,412 | 0 | 50 | 394 | 444 | 37 | 395 | 12 | 444 |
| 임 실 | 7,145 | 29 | 671 | 1,257 | 1,957 | 496 | 1,348 | 113 | 1,957 |
| 남 원 | 13,458 | 156 | 1,632 | 3,813 | 5,601 | 997 | 4,053 | 551 | 5,601 |
| 순 창 | 7,393 | 81 | 3,034 | 309 | 3,424 | 217 | 2,827 | 352 | 3,396 |
| 정 읍 | 17,970 | 3,590 | 6,117 | 5,154 | 14,861 | 1,800 | 8,289 | 3,864 | 13,953 |
| 고 창 | 14,503 | 186 | 8,005 | 2,324 | 10,515 | 928 | 7,041 | 2,147 | 10,116 |
| 부 안 | 15,144 | 2,325 | 3,385 | 5,847 | 11,557 | 0 | 8,516 | 2,399 | 10,915 |
| 김 제 | 23,101 | 7,042 | 9,651 | 5,110 | 21,803 | 0 | 6,505 | 10,425 | 16,930 |

6. 전라남도

(단위: ha)

| 시군명 | 조사면적 | 담 수 | | | | 건 담 | | | |
|-----|---------|--------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|---------|
| | | 최적지 | 적지 | 가능지 | 계 | 최적지 | 적지 | 가능지 | 계 |
| 계 | 200,178 | 18,123 | 82,075 | 36,533 | 136,731 | 8,378 | 85,513 | 31,106 | 124,997 |
| 목포 | 409 | 21 | 88 | 289 | 398 | 0 | 327 | 0 | 327 |
| 여수 | 174 | 0 | 59 | 17 | 76 | 0 | 57 | 2 | 59 |
| 순천 | 1,932 | 217 | 587 | 640 | 1,444 | 63 | 815 | 141 | 1,019 |
| 나주 | 1,942 | 263 | 818 | 643 | 1,724 | 65 | 1,183 | 416 | 1,664 |
| 여천 | 1,178 | 38 | 738 | 7 | 783 | 0 | 355 | 421 | 776 |
| 동광 | 543 | 0 | 307 | 0 | 307 | 0 | 114 | 193 | 307 |
| 담양 | 9,246 | 1,606 | 5,462 | 149 | 7,217 | 0 | 5,675 | 0 | 5,675 |
| 곡성 | 6,984 | 127 | 3,507 | 1,085 | 4,719 | 617 | 3,119 | 983 | 4,719 |
| 구례 | 4,708 | 0 | 1,255 | 1,093 | 2,348 | 323 | 1,402 | 623 | 2,348 |
| 광양 | 4,881 | 245 | 1,886 | 836 | 2,967 | 412 | 1,608 | 947 | 2,967 |
| 여천 | 3,505 | 222 | 1,318 | 399 | 1,939 | 0 | 583 | 925 | 1,508 |
| 승주 | 9,392 | 269 | 3,127 | 1,411 | 4,807 | 638 | 2,529 | 573 | 3,740 |
| 고흥 | 13,933 | 746 | 6,677 | 498 | 7,921 | 0 | 5,631 | 1,975 | 7,606 |
| 보성 | 12,649 | 349 | 4,134 | 3,077 | 7,560 | 1,030 | 4,946 | 1,546 | 7,522 |
| 화순 | 8,622 | 0 | 5,071 | 70 | 5,141 | 0 | 4,430 | 711 | 5,141 |
| 장흥 | 10,266 | 416 | 3,343 | 3,515 | 7,274 | 838 | 4,095 | 748 | 5,681 |
| 강진 | 10,550 | 907 | 3,031 | 2,888 | 6,826 | 956 | 4,311 | 1,281 | 6,548 |
| 해남 | 17,150 | 1,153 | 9,652 | 684 | 11,489 | 684 | 3,822 | 6,383 | 10,889 |
| 영양 | 11,620 | 1,351 | 4,800 | 1,133 | 7,284 | 502 | 4,091 | 2,091 | 6,684 |
| 무안 | 7,335 | 201 | 2,977 | 3,483 | 6,661 | 0 | 5,240 | 0 | 5,240 |
| 나주 | 13,805 | 3,668 | 6,585 | 2,112 | 12,365 | 468 | 6,309 | 3,961 | 10,738 |
| 함평 | 9,309 | 1,237 | 5,997 | 1,067 | 8,301 | 286 | 4,333 | 2,137 | 6,756 |
| 영광 | 12,317 | 2,048 | 3,056 | 3,592 | 8,696 | 791 | 5,198 | 2,639 | 8,628 |
| 장성 | 9,290 | 1,368 | 2,903 | 2,390 | 6,661 | 705 | 5,818 | 138 | 6,661 |
| 완도 | 3,497 | 0 | 1,589 | 29 | 1,618 | 0 | 1,243 | 346 | 1,589 |
| 진도 | 5,476 | 0 | 2,304 | 671 | 2,975 | 0 | 2,720 | 255 | 2,975 |
| 신안 | 9,465 | 1,671 | 804 | 4,755 | 7,230 | 0 | 5,559 | 1,671 | 7,230 |

7. 경상북도

(단위: ha)

| 시군명 | 조사면적 | 담 수 | | | | 건 답 | | | |
|-----|---------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | | 최적지 | 적지 | 가능지 | 계 | 최적지 | 적지 | 가능지 | 계 |
| 계 | 192,103 | 11,202 | 54,793 | 24,170 | 90,165 | 4,887 | 54,010 | 28,865 | 87,762 |
| 포항 | 11,828 | 732 | 3,918 | 1,794 | 6,444 | 109 | 3,087 | 1,782 | 4,978 |
| 경주 | 17,786 | 1,221 | 5,819 | 2,691 | 9,731 | 484 | 5,731 | 3,515 | 9,731 |
| 김천 | 11,507 | 507 | 1,269 | 1,591 | 3,367 | 555 | 2,443 | 369 | 3,367 |
| 안동 | 9,805 | 249 | 1,774 | 2,037 | 4,060 | 208 | 3,584 | 268 | 4,060 |
| 구미 | 11,752 | 514 | 2,897 | 2,965 | 6,376 | 904 | 4,496 | 976 | 6,376 |
| 영주 | 7,955 | 256 | 807 | 444 | 1,507 | 38 | 1,431 | 38 | 1,507 |
| 영천 | 12,055 | 166 | 5,174 | 551 | 5,891 | 57 | 1,508 | 4,326 | 5,891 |
| 상주 | 22,051 | 734 | 6,655 | 1,611 | 9,000 | 179 | 5,568 | 3,253 | 9,000 |
| 문경 | 7,948 | 619 | 2,139 | 1,388 | 4,146 | 536 | 3,056 | 554 | 4,146 |
| 경산 | 2,995 | 18 | 1,488 | 508 | 2,014 | 0 | 529 | 1,364 | 1,893 |
| 달성 | 6,615 | 157 | 4,512 | 20 | 4,789 | 0 | 537 | 3,623 | 4,160 |
| 군위 | 4,197 | 685 | 1,272 | 349 | 2,306 | 0 | 1,644 | 662 | 2,306 |
| 의성 | 12,887 | 1,738 | 4,216 | 1,418 | 7,372 | 230 | 7,326 | 3,380 | 7,336 |
| 청송 | 2,517 | 25 | 242 | 84 | 351 | 0 | 213 | 138 | 351 |
| 영양 | 1,895 | 40 | 182 | 111 | 333 | 8 | 279 | 46 | 333 |
| 영덕 | 4,583 | 512 | 1,020 | 763 | 2,295 | 89 | 2,119 | 72 | 2,280 |
| 청도 | 6,218 | 226 | 2,020 | 592 | 2,838 | 102 | 1,611 | 1,125 | 2,838 |
| 고령 | 5,482 | 1,257 | 1,455 | 1,297 | 4,009 | 226 | 1,794 | 1,853 | 3,873 |
| 성주 | 9,461 | 1,036 | 1,769 | 1,524 | 4,329 | 494 | 3,053 | 782 | 4,329 |
| 칠곡 | 5,415 | 255 | 1,450 | 722 | 2,427 | 132 | 1,916 | 379 | 2,427 |
| 예천 | 10,728 | 82 | 4,052 | 778 | 4,912 | 291 | 4,267 | 354 | 4,912 |
| 봉화 | 4,300 | 11 | 92 | 86 | 189 | 12 | 172 | 5 | 189 |
| 울진 | 4,475 | 162 | 471 | 846 | 1,479 | 233 | 1,246 | 0 | 1,479 |
| 울릉 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

8. 경상남도

(단위: ha)

| 시군명 | 조사면적 | 담 수 | | | | 건 답 | | | |
|-----|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 최적지 | 적지 | 가능지 | 계 | 최적지 | 적지 | 가능지 | 계 |
| 계 | 170,772 | 2,995 | 31,989 | 42,679 | 77,663 | 12,866 | 23,438 | 44,181 | 80,485 |
| 창 원 | 9,060 | 452 | 2,283 | 2,725 | 5,460 | 849 | 948 | 3,924 | 5,721 |
| 울 산 | 13,756 | 191 | 2,921 | 2,874 | 5,986 | 1,002 | 1,986 | 3,060 | 6,038 |
| 마 산 | 3,848 | 142 | 1,131 | 466 | 1,739 | 79 | 220 | 1,628 | 1,927 |
| 진 주 | 11,188 | 395 | 1,037 | 5,405 | 6,837 | 1,309 | 2,535 | 2,819 | 6,663 |
| 진 해 | 642 | 0 | 168 | 23 | 191 | 12 | 57 | 140 | 209 |
| 통 영 | 2,060 | 0 | 484 | 216 | 700 | 0 | 348 | 364 | 712 |
| 사 천 | 7,690 | 430 | 1,539 | 2,710 | 4,679 | 572 | 2,284 | 1,780 | 4,630 |
| 김 해 | 13,320 | 0 | 3,713 | 5,050 | 8,763 | 1,691 | 3,366 | 3,988 | 9,045 |
| 밀 양 | 11,120 | 264 | 2,733 | 3,400 | 6,397 | 993 | 1,292 | 4,250 | 6,535 |
| 거 제 | 5,200 | 0 | 1,416 | 507 | 1,923 | 28 | 958 | 1,040 | 2,012 |
| 의 령 | 5,686 | 56 | 1,389 | 1,999 | 3,444 | 656 | 503 | 2,372 | 3,531 |
| 합 안 | 8,734 | 47 | 1,639 | 5,163 | 6,849 | 1,597 | 833 | 4,435 | 6,865 |
| 창 녕 | 9,271 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,063 | 1,884 | 2,839 | 6,786 |
| 양 산 | 9,105 | 213 | 2,120 | 784 | 3,117 | 447 | 1,072 | 2,084 | 3,603 |
| 고 성 | 9,332 | 0 | 2,583 | 2,466 | 5,049 | 249 | 1,908 | 2,972 | 5,129 |
| 남 해 | 5,344 | 0 | 1,162 | 575 | 1,737 | 0 | 768 | 1,026 | 1,794 |
| 하 동 | 8,956 | 314 | 1,620 | 1,129 | 3,063 | 682 | 1,268 | 1,313 | 3,163 |
| 산 청 | 8,148 | 51 | 1,176 | 297 | 1,524 | 282 | 474 | 1,258 | 2,014 |
| 합 양 | 7,635 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 331 | 331 |
| 거 창 | 8,868 | 0 | 0 | 20 | 20 | 0 | 0 | 275 | 275 |
| 합 천 | 11,785 | 149 | 1,168 | 2,034 | 3,351 | 471 | 764 | 2,277 | 3,502 |