

田轉換畝 圃場에서의 地下水位 및 土壤水分 變化 特性

Variational Characteristics of Water-Table and Soil Moisture in Paddy-Upland Rotational Fields

權 純 國* · 尹 炅 燮**
Kwun, Soon Kuk · Yoon, Kyung Sup

Summary

Experimental studies were conducted to make clear the soil moisture environment under the condition of paddy-upland rotational fields by investigating water-table depths and soil moisture contents during growing season of crops in two kinds of soil. The following results were obtained.

1. Although water-table depths fluctuated with the amount of rainfall in the experimental field, it seemed that the variation of water-table depths in the paddy-upland rotational field was strongly affected by the condition of locations on paddy fields.

2. It is recognized that the concept of sum of excess water depth(SEW_{xx}) and sum of excess water day(SED_{xx}) can be used to represent the soil moisture stress index due to the fluctuation of water-table depths.

3. The results of this study clearly indicate that drainage in paddy-upland rotational field to maintain an optimum soil moisture content must be made by introducing the concept of block drainage which needs both subsurface drainage and intercept drainage around a field.

4. Soil moisture contents were affected by both the amount of rainfall and water-table depths, however, the moisture content for top soil showed higher correlation with the amount of rainfall while that for subsoil with water-table depths.

* 서울대학교 農業生命科學大學
** 農漁村振興公社 研究院

키워드 : 田轉換, 地下水位, 토양수분, SEW, SED,
구역배수, 차단배수, Neutron Probe

I. 緒 論

우리나라의 氣候 風土條件에 가장 알맞은 작물은 말할나위없이 이미 2,000년 이전부터 재배되어온 벼이다. 그러나, 국내외의 여러가지 농업을 둘러싸고 있는 급격한 정세변화로 인하여 우리나라 주 작물인 쌀의 소비량이 급격히 감소되고 있는 한편 대규모 영농의 필요성 때문에 대규모화 적지가 아닌 논에 대한 대대적인 田轉換의 필요성이 제기되고 있다.

우리나라 쌀농사의 특징은 모내기 전후기간을 제외하고는 생육기간중 충분한 강우량으로 물이 풍부한 편이며, 오렌기간 동안 침식퇴적물이 쌓인 비옥한 저평야부에 논이 위치하는 것으로 요약할 수 있다. 이러한 특징은 畚田輪換時에는 크나큰 제한요인이 되므로 현재 대대적인 田轉換의 필요성이 제기되고 있으면서도 그 시행에는 많은 비용이 들 것으로 추정되며 그 효과도 의문시 되는 점이 있다.

현재 우리나라의 여러가지 여건을 고려하여 畚 汎用化 대책을 분류한다면 水系單位的 田轉換, 區域排水의 실시에 의한 田轉換, 營農의 대책에 의한 전전환 등으로 구분할 수 있다. 이중 수계단위 전전환과 구역배수에 의한 전전환은 농공학적 수단에 의하여 인공적인 물 조작을 하므로써 논으로서의 立地를 밭으로 변환시키하고자 하는 것이다.

수계단위 전전환이라 함은 수계 전체의 관개수 공급 중단과 간선 및 지선 배수로에 의한 적절한 배수로서 乾畚地帶化하므로써 답전전환을 꾀하는 방식이며 가능하다면 가장 비용이 적게들면서 효과를 거둘 수 있는 잇점이 있으나 입지조건상 제한이 있으며 우리나라에서는 경사지에 위치한 논이나 수리불안전답으로 분류되어 있는 논이 이에 해당되리라 생각된다.

한편 구역배수라 함은 立地條件上 수계단위의 답전윤환이 불가능한 평야부 답지에서 田轉換을 꾀하고자 하는 포장의 주위에 遮斷排水路

(Intercept drain, 承水路)를 설치하고 포장 내부는 吸水渠를 포설하여 잉여 토양수를 집수조로 모아서 자연배수 혹은 펌프에 의한 강제배수를 하는 방식이다.

본 연구의 목적은 우리나라의 논을 전전환하고자 할 때, 가장 넓게 분포되어 있는 입지조건상 낮은 평야부의 답에 대한 구역배수를 대상으로 하여 논 畚田輪換시 생길 수 있는 지하수위와 토양수분 환경의 연차별 변화를 파악하므로써 앞으로 畚 汎用化를 위한 배수대책의 기초자료를 제공하는데 있다.

II. 材料 및 方法

1. 圃場 地下水位 測定

Table-1에서와 같이 사양토인 서울대 농생대 畚作 圃場과 비교적 배수가 불량한 식양토인 농촌진흥청 작물시험장 답작 포장에 대하여(재배작물: 호밀, 옥수수, 울무, 들깨, 올보리, 그루밀, 감자, 황금콩, 배추, 무, 고추) 포장별 1개 관측공으로부터 다음과 같은 조건에 의하여 지하수위를 측정하였다.

가. 지하수위 측정기간은 1차년도: 1992. 5. 25~11. 11(170일간), 2차년도: 1993. 5. 4~11. 18(200일간)이었으며 매일 오후 3시에 1일 1회 측정하였다.

나. 지하수위 측정공은 지름 7.4cm, 깊이 3.5m의 파이프가 사용되었으며 하단부에 구멍을 뚫고, 하단부 파이프 주위를 잔자갈로 충전하여 흐름의 유출입이 방해되지 않도록 하였다.

2. 土壤水分 測定

田轉換圃場的 토양수분량을 측정하기 위하여 지하수위 측정과 동일한 지점의 농생대, 농진청 2개소 포장이 선정되어 조사하였다.

가. 토양수분 측정은 Neutron Probe(CPN Co. Model No. 503DR)에 의하여었다.

나. 측정공은 직경 5cm, 깊이 80cm의 底部가

막힌 알미늄 파이프로서 1개 포장당 2개소씩 설치하였다.

다. 토양수분 측정지점은 作土層의 중양부로 생각되는 지표하 20cm지점과 深土層으로 생각되는 지표하 60cm의 2개층으로 선택되었다.

라. 토양수분 측정기간은 지하수위 측정기간과 동일하였으며 측정시간대에 경우가 계속되는 경우에는 포장이 완전히 포화된 것으로 간주하고 측정치 않았다.

Table-1. Physical and chemical properties of soils in paddy-upland rotational fields

Location of fields	Chemical properties					Physical properties			
	pH	OM (%)	CEC (mg/100g)	Eff. P (ppm)	EC (dS/m)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil type (USDA)
Site A-1	5.7	2.54	8.5	170.5	1.00	50.2	29.1	20.8	Loam
Site A-2	6.0	2.54	7.6	146.7	0.64	50.2	29.1	20.8	Loam
Site B-1	6.0	2.49	8.9	70.5	0.39	45.2 ~52.7	23.9 ~26.3	23.4 ~28.6	SCL
Site B-2	5.7	2.59	9.0	81.1	0.61	40.2 ~47.7	26.4 ~33.9	25.9 ~26.0	SCL

Site A : Agr. Experiment Farm, Coll. Agri & Life Sci., Seoul Nat'l. Univ.

Site B : Crop Experiment Farm, Rural Development Administration.

마. Neutron Probe의 보정

Neutron Probe에 의한 토양수분 측정원리를 간단히 설명하면 측정 원리상 직접 토양수분이 측정되는 것이 아니고 Neutron Probe로부터 방출된 중성자의 반사 갯수와 토양수분으로 인하여 느리게 반사된 갯수의 비율(count ratio라고 함)을 측정하여 간접적으로 수분량을 추정하는 방법이다. 따라서 Neutron Probe 측정개시 이전에 count ratio와 실측된 측정공 주위의 토양수분의 관계를 나타내는 補正曲線이 유도되어야 한다.

1992년도(제1차년도)에는 포장으로부터 시료를 채취하여 토양수분 값을 실측하여 구하고 또 시료 채취시의 중성자 방출갯수의 비율(count ratio)을 구하여 양자간의 관계곡선을 구하였다. 그러나 작물재배기간중 계속하여 거의 일정한 수분상태를 유지하였으므로 그래프 작성에 필요한 여러가지 경우의 토양수분을 얻을 수 없어서 補正曲線을 유도할 수 없었다.

따라서, 2차년도에는 포장의 시료를 채취하여 체적을 아는 평균지름 85cm의 FRP통에 風乾된

시료를 충전하여 토양수분을 변화시키면서 count ratio와 토양수분과의 관계를 구하였으며 그 결과를 圖示한 것이 Fig. 1로서 식(1)과 같이 全對數用紙에서 직선관계의 변화를 나타냈다.

$$\theta = 13.9 \times (\text{RAT})^{1.48} \dots\dots\dots (1)$$

여기서, θ = 토양의 체적 함수비(%)
 RAT = count ratio

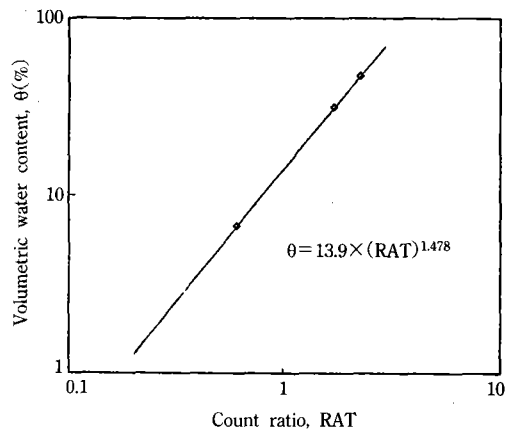


Fig. 1. Rating curve for Neutron Probe

III. 結果 및 考察

1. 圃場 地下水位

가. 平均地下水位

1993년도 전체측정 기간(1993. 5. 4~1993. 11. 18, 200일간)중 평균지하수위는 1차년도와 거의 대동소이하게 농생대 포장 109.8cm(1992년 101.3cm), 진흥청 포장 54.2cm(1992년 51.0cm)으로서 2개년간 큰 변동없이 거의 비슷한 지하수위를 나타내 주고 있다.

또한 측정기간중의 평균지하수위로부터의 변동정도를 파악하기 위하여 지하수위 평균치에 대한 편차를 구하였던바 농생대 포장 33.2cm(1992년 26cm), 진흥청 포장 38.2cm(1992년 22cm)로서 평균지하수위의 경우와 다르게 2개년간 약간의 차이를 나타내고 있다. 즉 1993년도의 지하수위 변동폭이 1992년에 비하여 컸으며 이는 측정기간중의 강우량 pattern이 어느정도 달라졌음에 기인하는 것으로 생각된다.

나. 經時的 變化

Fig. 2는 전체 측정기간중의 각 포장별, 지

하수위의 경시적 변화를 나타내고 있다. 평균 지하수위의 변동에서 파악된 바와 같이 2개 포장의 지하수위 경시적 변화는 뚜렷한 차이를 나타내고 있어 포장의 입지조건과 포장 주위의 외수위 조건이 지하수위 형성에 큰 역할을 하고 있음을 나타내 주고 있으며 년차별로 보아도 그러한 결과를 확인할 수 있었다.

시기별로 살펴보면 두개 포장 모두 장마 이전시기까지는 강수량에 따라서 수위가 계속되지만 포장별로는 뚜렷한 차이가 인정되었다. 7월 초순 장마시기에 들어가면서 농생대 포장의 지하수위가 급격히 상승하여 2개 포장 모두 높은 지하수위를 나타냈다. 그러나 장마시기 이후는 다시 농생대의 지하수위가 하강하여 포장별 차이를 나타냈다. 인근 논 포장의 물떼기가 완료된 시기인 10월 초순에 2개 포장 모두 급격하게 지하수위가 하강하여 5월초의 상태로 회귀하였다.

2개년의 시기별 지하수위 변동 양상은 거의 비슷하다. 즉 1993년도에는 1992년에 비하여 5~6월 사이의 강우량이 더 많았으므로 변동폭

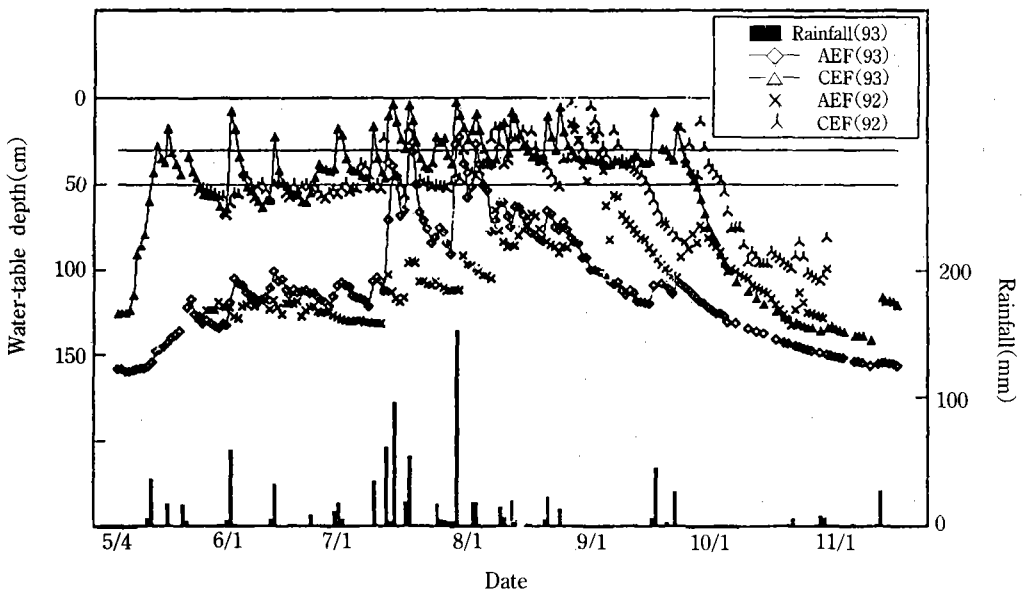


Fig. 2. Variation of water-table depths with time in different experimental fields

이 더 컸으며, 10월 이후의 건조기에서는 강수량이 더 적어서 1992년보다 더 신속하게 지하수위가 저하된 것을 제외하고는 전체적으로 보아서도 대동소이 하였다.

이러한 사실은 전환답의 지하수위에 대한 가장 큰 변동요인이 강우량이지만 작물생육 기간으로 보아서는 토양을 포함한 입지조건이 큰 영향을 끼치고 있음을 알 수 있다. 따라서 지하수위 변동상태는 지역마다 입지조건에 따라서 고유한 경시적 변화를 나타낼 것으로 추정되며 국지적인 성격이 강함을 알 수 있었다. 특히 저평지의 답작지대에서 일부지역만이 전전환된 경우에는 답수된 미전환답으로부터의 침투수로 인한 지하수위 상승을 고려해야 할 것이다.

다. 地下水位를 基準으로 한 水分stress指標 Stress-day-지표(SDI)의 개념은 Hiler(1969)가 생육기간중 작물이 받는 stress의 累加效果를 定量化하기 위하여 제안한 것으로서 SDI는 식(2)와 같이 정의된다.

$$SDI = \sum_{i=1}^n SD_i \times CS_i \quad \dots\dots\dots (2)$$

여기서 SD_i는 stress day factor이고 CS_i는 crop susceptibility factor이다. 그리고 n은 생육기의 수이고 i는 어느 생육기를 나타낸다.

Crop susceptibility factor는 어느 생육기 동안에 임계 stress를 받은 작물의 收量을 조사하므로써 실험적으로 구할 수 있다. Hiler(1969)는 각각 생육기에 대한 crop susceptibility factor를 식(3)과 같이 정의하였다.

$$CS_i = \frac{X - X_i}{X} \quad \dots\dots\dots (3)$$

여기서 X_i는 i 생육기에서 임계 stress를 받은 작물의 수량이고 X는 아무런 stress를 받지 않는 경우의 작물 수량이다.

Hardjoamidjojo 등(1982)은 過剩 土壤水로 인하여 생기는 작물의 stress정도를 나타내는 기준값으로서 Sieben(1964)이 식(4)와 같이 제

안한 SEW₃₀을 SD factor 대신에 사용할 수 있음을 밝혔다.

$$SEW_{30} = \sum_{i=1}^n (30 - WTD_i) \quad \dots\dots\dots (4)$$

여기서 WTD는 i일의 일 지하수위의 깊이(cm)이고 n은 日數이다. SEW₃₀의 값이 負가 되면 0으로 취급한다.

따라서 SEW₃₀은 지하수위에 의한 작물 습해 stress를 측정하는 지표로서 사용할 수 있으므로 본 연구에서는 지하수위에 변동에 따른 작물의 영향을 비교하는 지표로 사용하였다. 만약 작물에 피해를 주는 임계 지하수위가 50cm라고 하면 마찬가지로의 개념을 이용하여 SEW₅₀이 식(5)와 같이 정의된다.

$$SEW_{50} = \sum_{i=1}^n (50 - WTD_i) \quad \dots\dots\dots (5)$$

Table-2는 2개년의 연구기간(1992년, 1993년)중 2개 포장(농생대, 진흥청)에서의 과잉수분 stress지표인 지하수위 30cm의 초과분 수심의 합(SEW₃₀), 지하수위 50cm의 초과분 수심의 합(SEW₅₀), 지하수위 30cm의 초과일수(SED₃₀), 지하수위 50cm의 초과일수(SED₅₀)의 값을 나타낸 것이다.

Table-2. Comparison of various stress index factors in different experimental fields

Excess moisture stress indices	Agr. Experiment Farm, Seoul Nat'l Univ.		Crop. Experiment Farm, Rural Devel. Admin.	
	Year of 1992	Year of 1993	Year of 1992	Year of 1993
	SEW ₃₀ (cm)	47.0	14.1	241.0
SEW ₅₀ (cm)	185.0	179.5	1,214.0	2,278.0
SED ₃₀ (day)	5.0	4.0	29.0	43.0
SED ₅₀ (day)	9.0	10.0	86.0	117.0
Specific SEW ₃₀ (cm/day)	9.4	3.5	8.3	12.5
Specific SEW ₅₀ (cm/day)	20.6	18.0	14.1	19.5

Table-2에 의하면 과잉 수분 stress 지표에 있어서 년도별 차이는 없었으나 포장별로 크게 차이가 나타났다. 즉 농생대 포장의 경우 지하수위 30cm 초과일수는 1992년 9일, 1993년 10일로서 별 차이가 없었으며 초과수심의 합계에서도 SEW_{30} 은 1992년 47cm, 1993년 14.1cm, SEW_{50} 은 1992년 185cm, 1993년 179.5cm로서 큰 차이를 보이지 않았다.

그러나 진흥청 포장에서는 농생대 포장과 마찬가지로 년도별 차이는 크게 나타나지 않았으나 농생대 포장에 비하여 SED_{30} , SED_{50} 모두 약 6~12배 더 많이 나타나며 이러한 경향에 따라서 SEW_{30} 과 SEW_{50} 도 약 5~12배 더 큰 값을 나타내 주고 있어 포장간의 차이는 크게 나타났다. 다시 말하여 농생대 포장에 비하여 진흥청 포장은 동일한 기상조건하에서도 약 6~12배 습해 가능성이 더 높음을 알 수 있었다. 또한, 습해에 대한 가능성은 기준이 되는 지하수위 초과일수에 대한 초과수심의 비로 나타나는 比 SEW_{30} , 比 SEW_{50} 의 값으로 보아도 충분히 인식되었다. 즉, 比 SEW_{30} 의 값은 2개년 생육기 전기간 동안, 농생대 포장의 경우 평균 6.5cm/일인데 비하여 진흥청 포장에서는 10.4cm/일로서 진흥청 포장이 농생대 포장보다도 지하수위가 지표면으로부터 30cm이상으로 상승한 수심이 평균 3.9cm나 더 높아 포장별로 큰 차이가 있음을 알 수 있다.

이러한 과잉지하수위가 주로 나타나는 시기를 배수가 불량한 진흥청 포장을 중심으로 살펴보면 Fig. 2에서 보는 바와 같이 SEW_{50} 은 진흥청 포장 주변에 위치하는 답작포장에 관계용수를 공급하기 시작하는 5월 10일경 부터 지하수위가 급격하게 상승되었으며 이 시기부터는 강우가 있으면 지하수위의 추가 상승이 있고, 강우가 없으면 다시 하강하지만 대개 지하수위가 50cm이상으로 상승하는 날이 많아졌다. 그러나 7월 10일 이후부터는 본격적으로 장마가 시작 되었으므로 지표면으로부터 30cm이상으로 상

승하는 날도 많아져서 대개 8월 27일까지 계속되었다. 여기서 한가지 특기할 사항은 9월 17일의 45.7mm, 9월 22일의 26.8mm의 비교적 많은 강우에 의하여 이 시기에서도 지하수위가 30cm이상으로 상승된 일수가 6일이나 되어 강우와 지하수위간의 관계를 엿볼 수 있다.

1992년의 경우에는 지하수위가 5월 초순 지표면으로부터 약 120cm 정도에 머물러 있다가 주위논에 관계하면서 급격히 상승하여 강수량에 따라 승강을 거듭하는 점에서는 1993년과 거의 동일하였다. 그러나 7월~8월 사이의 강수량과 강우강도가 1993년보다 적었으므로 이러한 사항이 반영되어 전반적으로 SED_{30} , SED_{50} , SEW_{30} , SEW_{50} 의 값은 더 적어졌다.

이러한 사실로 보아서도 田轉換畝에서의 지하수위 형성 및 변동이 강수량의 대소뿐만 아니라 포장이 가지는 고유한 입지조건과 주위논으로 부터의 침투수의 영향이 크게 관계되는 것으로 생각되며 이러한 이유 때문에 논의 효과적인 전진환을 위해서는 區域排水 개념의 도입이 반드시 필요하리라 생각된다. 즉 답작지대에서 전진환 구역만을 대상으로 地表排水(遮斷排水)와 地下排水(暗渠排水)에 의한 구역배수가 필요하며 배수의 구체적인 방법과 정도는 대상포장의 입지조건에 따라 달라질 수 있다.

앞으로 SEW_{30} , SEW_{50} 등이 생육시기, 작물 수량과 관련하여 분석되어 토양수분지표(SDI)가 구해진다면 지하수위의 승강에 따른 토양수분 stress와 작물수량과의 관계를 파악할 수 있을 것이므로 SDI를 전진환답에서의 지하배수 도입에 대한 기준으로 사용할 수 있을 것이다.

2. 土壤水分的 變化

가. 生育期間中 土壤水分的 經時的 變化

Fig. 3과 Fig. 4는 전체 측정기간중 포장수분 측정공별 토양수분의 경시적 변화를 나타낸 것이다. 포장별 토양수분은 체적함수비로서 대개

35~45%의 범위에서 변동하고 있으며 강우기를 제외하고는 일정하게 유지되고 있다. 이러한 결과에 대한 이유로서는 포장주위를 둘러싸고 있는 담수된 논으로부터의 수분공급 때문인 것으로 생각되며 水系全體가 모두 田轉換되지 않을 경우의 가장 일반적인 현상이 될 것으로 기대되는 조건이다.

토층별 토양수분은 전술한 바와 같은 원인에 의하여 그 차이의 폭은 크지 않지만 전체적으로 보아서는 심토층(60cm 깊이)이 작토층(20cm 깊이)에 비하여 토양수분이 뚜렷하게 높으며 일정한 값을 유지하고 있다.

토양수분 성적중 특이한 사항은 농생대 포장의 2개 측정공과 진흥청 포장의 2개 측정공 사이에 서로 토양수분의 차이를 나타내고 있는데 포장수분은 이와같이 한 포장이라 할지라도

국지적인 차이에 따라서 민감하게 변동됨을 알 수 있었다. 2개년간의 년도별 토양수분의 차이는 뚜렷하게 큰 변화가 없었다.

나. 土壤水分에 關聯되는 各種 要因의 分析
토양수분의 성립에 관련되는 요인을 살펴보면 우선 지하수위, 강우량, 토양의 투수도, 배수정도 등이며 이러한 여러가지 요인이 서로 복합적으로 사용된다.

우선 본 연구에서는 토양수분과 강우량과의 관계를 살펴보았으나 강우량의 토양수분에 대한 영향은 토양층별로 서로 달랐다. 즉 작토층은 강우량에 따라 토양수분이 민감하게 반응하였으나 하층토에서는 별다른 변화를 나타내지 않았다. 이와같은 결과는 아마도 지하수위의 영향이 더 컸기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 5는 지하수위와 토양수분의 상관관계를

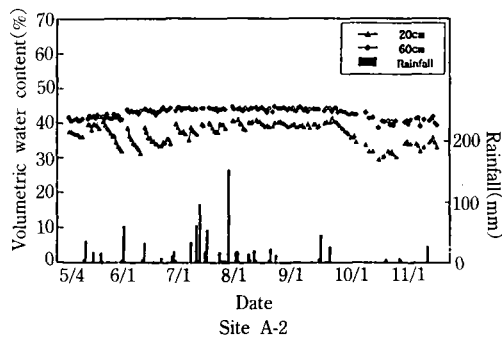
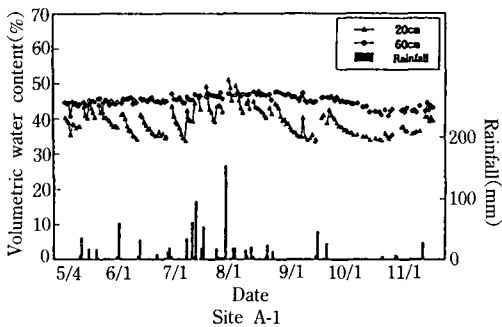


Fig. 3. Variation of soil moisture contents with time in different experimental sites of Agr. Exp. Farm, Seoul Nat'l. Univ.

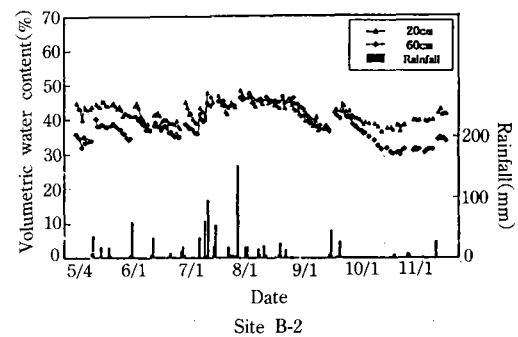
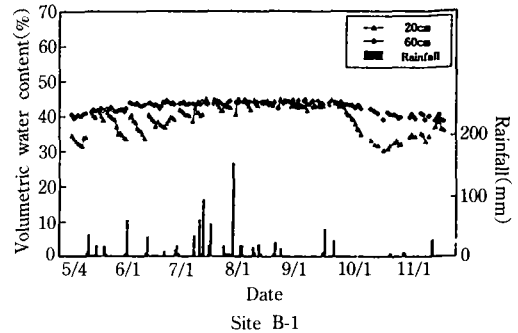


Fig. 4. Variation of soil moisture contents with time in different experimental sites of Crop Exp. Farm, Rural Devel. Admin.

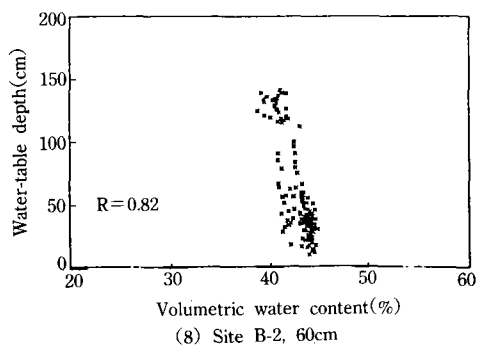
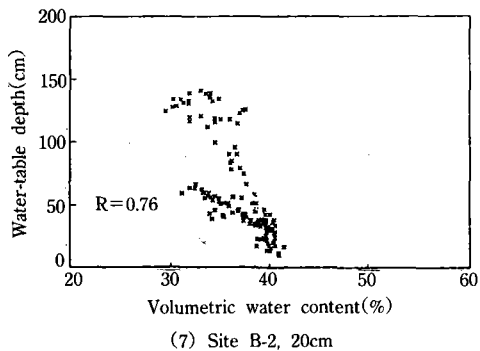
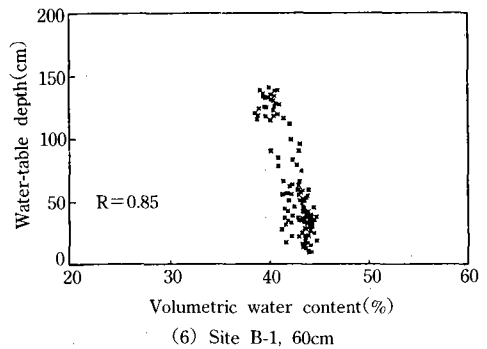
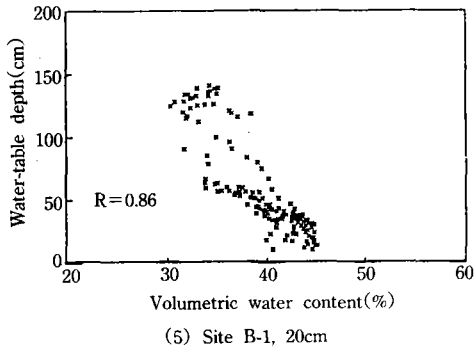
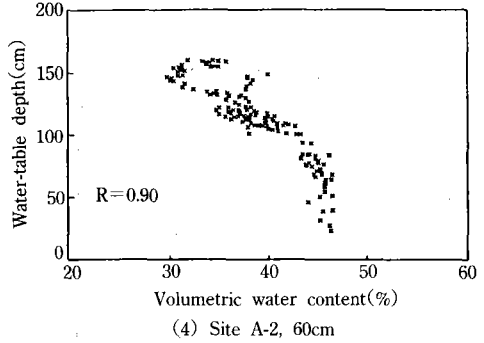
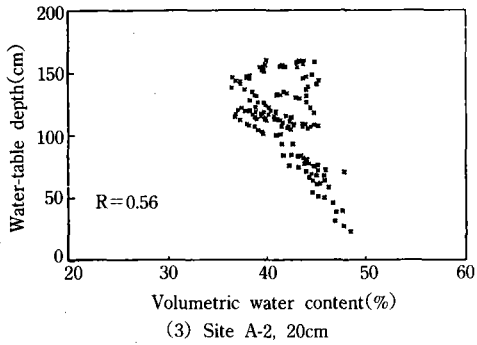
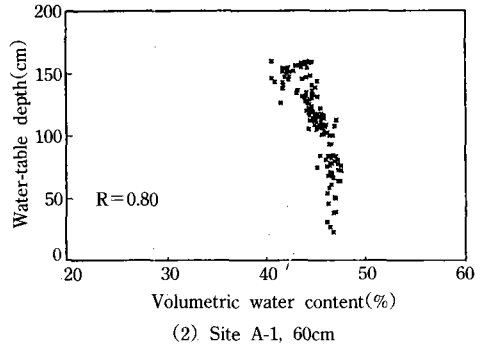
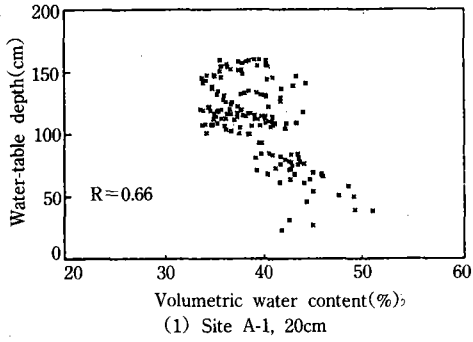


Fig. 5. Relationship between water-table depths and soil moisture contents

포장별 토양수분 측정공별로 나타낸 것인데 전체적으로 보아 지하수위가 상승하면 토양수분이 증가하는 것으로 나타났으나 그 경향이 뚜렷하지는 않았다. 즉 양자간의 상관계수 R은 작토층에서 농대포장 0.66, 0.56인데 비하여 진흥청포장은 0.86, 0.76이었다.

한편 하층토에서는 농생대 포장, 진흥청 포장 모두에서 높은 상관계수의 값을 나타내어 토양수분과 지하수위 변동과의 상관성이 높았다.

이상의 결과로 보아서 田轉換畝의 토양수분 조건은 강수량과 지하수위의 영향을 받고 있는 하지만 결국 담수된 주위 논의 수분공급도에 못지않게 중요한 요인이며 구획주위의 차단배수의 중요성을 알 수 있었다.

전전환답의 적정 토양수분 유지를 위한 배수는 강우량을 신속히 배제하는 지표 배수 및 遮斷排水와 지하수위를 낮추는 暗渠排水를 동시에 실시해야 할 것이다.

IV. 結 論

농경지 畝田輪換 조건에서의 수분환경 조건을 파악하고자 2종류의 포장조건에서 2개년의(1992, 1993년) 작물생육기간동안 지하수위와 토양수분을 측정하였던 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 지하수위는 강우의 대소에 따라 변동되었으나 작물생육 전기간을 통해서 볼 때는 포장의 입지조건이 큰 영향을 끼치는 것으로 나타나 田轉換畝의 지하수위 변동은 국지적인 경향이 강함을 알 수 있었다.

2. 臨界 지하수위 초과분 수심의 합계($SE-W_{xx}$)와 臨界 지하수위 초과일수(SED_{xx})는 지하수위의 변동으로 인한 과잉수분 stress 지표로

사용될 수 있음이 밝혀졌다.

3. 평야부 답작지대 전전환답에서의 적정 토양수분 유지를 위한 배수는 지하수위를 낮추는 暗渠排水와 주위 논으로부터의 수분공급을 차단하는 遮斷排水가 동시에 필요한 區域排水개념이 도입되어야 한다.

4. 토양수분은 강우조건과 지하수위의 조건에 따라 좌우되었으며 作土層은 강우조건, 深土層은 지하수위의 조건과 각각 상관관계가 깊었다.

이 연구는 농어촌진흥공사·농림수산부의 연구비 지원에 의하여 수행되었음

參 考 文 獻

1. 한일농업공동연구단, 1991. 한국의 풍토에 근거한 답배수기술의 확립을 위하여, 한국농경지고도이용연구계획, 일본 전문가 귀국보고.
2. Ahmad, N and R. S. Kanwar, 1991. Effect of Different Moisture Stress Levels on Corn Growth in Field Lysimeters, Transaction of ASAE, Vol. 43(5) : pp 1991-1996.
3. Evans, R. O., R. W. Skaggs and R. E. Sneed, 1991. Stress Day Models to Predict Corn and Soybean Relative Yield under High Water Table Conditions, Transactions of ASAE, Vol. 34(5) : pp 1997-2005.
4. Okubo, T, 1992. Paddy-Upland Rotation and Promoting Efficiency in the Utilization of Agricultural Lands. The Symposium Reports of Yeongnam Crop Experiment Station. RDA.