

담수심 처리가 논외 증발산량에 미치는 영향

Effects of ponding depth treatment on evapotranspiration in paddy fields

손 성 호 · 박 기 중 · 정 상 옥(경북대)
Sohn, Seung-Ho · Park, Ki-Jung · Chung, Sang-Ok

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of ponding depth treatment on evapotranspiration in paddy fields. Three ponding depth treatments, very shallow, shallow, and deep were used. The experimental plots were three 80 m × 8 m rectangular plots. Daily values of rainfall amount, ponding depth, irrigation water, drainage water, evapotranspiration, and infiltration were measured in the field.

The ponding depth was continuously observed by observed staff during the growing season. The ET was measured by 1 m diameter PVC lysimeters. Irrigation water volume was measured by 75 mm pipe flow-meters and the drainage water volume by 75 mm pipe flow-meters and a recording Parshall flume.

The results showed that irrigation water depths were 688.9 mm, 513.6 mm, and 624.4 mm in 2001, and 356.9 mm, 428.6 mm, and 513.2 mm in 2002 in very shallow, shallow, and deep ponding, respectively. The evapotranspiration were 465.0 mm, 484.1 mm, and 415.1 mm in 2001 and 461.3 mm, 476.3 mm, and 470.6 mm in 2002 in very shallow, shallow, and deep ponding, respectively.

1. 서론

농업용수에서 가장 많은 비중을 차지하고 있는 논벼의 물관리는 수자원 측면에서 비경제적이며, 비료의 용탈 및 유실이 현저한 심수 관개가 행해지고 있는 실정이다. 따라서 용수량을 최소화 할 수 있는 적정 관개기법에 대한 연구가 이루어져야 하겠다.

지금까지 논에서의 관개방법과 용수량에 관련된 연구를 보면 Chung (1998, 2000)은 청도 운문면 일대 약 110 ha에 대하여 물수지 분석을 실시하였는 바, 연간 총 관개량은 3,844 mm, 배수량은 1,299 mm로 나타났다. Kang (2001)은 벼 건답직파조건에서 규산시용을 하면 56.2%의 절수효과를 얻을 수 있다고 하였으며 고랑에 5일 간격으로 관개하면 수확량은 5% 감소하지만 58%의 절수효과를 얻을 수 있다고 하였다.

Lee and Kim (1966) 및 Lee (1968)는 절수의 시기 및 방법의 차이가 수도생육과 수확량에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 이들은 33 m² 크기의 시험구에서 세 가지 담수심 처리를 3 반복하여 실험하였다. 담수심처리는 (1) 보통구 - 5 내지 8 cm (1966) 또는 3 내지 4 cm (1968) 상시 담수 ; (2) 절수구 - 3일 간단관개로 1일째는 담수, 2일째는 표면포화 무담수, 3일째는 완전배수건조 ; (3) 극절수구 - 5일 간단관개로 1일째는 담수, 다음 3일간은 무담수, 5일째는 표면균열 상태로 하였다. 담수심 처리에 따른 수확량의 변화는 절수구와 극절수구 모두 보통구에서 보다 높은 값을 보여주었으며 절수구가 가장 높은 수확량을 나타내었다. 1966년에는 보통구에 비해 절수구가 8.2%, 극절수구가 3.6% 높은 수확량을 보여주었고, 1968년에는 보통구에 비해 절수구가 17.2%, 극절수구가 5.8% 높은 수확량을 보여주었다.

Rural Development Administration (1993)은 논 물관리 체계의 자동화 연구에서 담수심을 60 mm 정수위, 60, 40, 20 mm의 변수위 및 60 내지 0 mm의 임의수위 등의 세 가지 형태로 관리하였는 바, 동일한 증발산량 조건하에서 변수위 관리가 높은 수확량을 나타내었다고 하였다. Chung et al. (1999) 에 의하면 심수관개는 7 ~ 10 cm, 천수관개는 1 ~ 3 cm 깊이가 적당하며 이양 직후 2주 정도와 중간낙수 이후 3주정도 이외에는 간단관개가 오히려 생육에 좋다고 하였다. 그러나 우리 나라에서는 담수심 관리에 대한 심층적인 연구는 수행되지 않았으며 어떠한 방법이 좋은지에 대한 명확한 결과도 제시된 바가 없는 실정이다. Guerra et al. (1998)은 적은 물을 이용하여 쌀 생산량을 증가시키는 방안을 연구하였다. 그들은 물의 생산성을 분석하기 위해서는 먼저 정확한 물수지 분석이 우선되어야 한다고 강조하였다.

일본에서는 Hatta (1967) 와 Tabbal et al. (1992)은 논 담수심을 매우 얇게 유지하거나, 토양만 포화시키거나, 습윤과 건조를 교대로 하는 논 물관리는 전통적인 방법과 비교하여 수확량 감소가 없었으며 관개수량을 40 ~ 70 % 절감할 수 있었다고 보고하였다. 向井 등 (1999)은 일본의 논 담수심 관리 실태를 조사하였으며, 북부의 아오모리지방은 냉해방지를 위하여 심수관개를 하고 있으며 남쪽으로 내려올수록 천수관개 및 간단관개를 하고 있다고 보고하였다. 또한, 중국 Wuhan 서쪽 200 km에 있는 Hubei의 Zhang He 관개지구에서 IWMI, IRRI, 및 Wuhan 대학이 공동으로 논에서의 물질약 관개의 이점을 조사하기 위한 연구를 수행중에 있으며 (Barker and Molden, 1999), 지금까지의 연구결과에 의하면 천수 간단관개가 용수절약은 물론 생산량의 증가에도 기여한다고 하였다.

본 연구는 담수처리에 따른 물수지의 손실항인 증발산량의 변화와 생육 및 수확량을 살펴봄으로써 논에서의 관개용수 공급량을 줄일 수 있는 논 관개기법을 개발하여 농업용수의 절약과 쌀 생산량의 증가를 도모하고 나아가 한정된 수자원을 효율적으로 이용하기 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 실험포장 및 관측

본 시험은 대구시 북구 동호동 소재 경북농업기술원 답작포 실험포장에서 실시하였다. 25 m × 80 m 크기의 포장을 3구간으로 나누어 극천수간단관개, 천수간단관개, 심수관개의 3 가지 담수심 처리를 하였으며 관개량, 배수량, 증발산량, 침투량, 강우량 등을 2001년과 2002년 5월 초순에서부터 9월 하순까지 매일 오전 9시경에 관측하였다. 물꼬높이는 처리구 별로 2 cm, 4 cm, 8 cm로 설치하였다. 또한, 논과 논사이의 횡침투를 방지하기 위하여 논둑 내에 비닐차단막을 설치하였다. 시험지구의 논에서 채취한 토양시료를 국제토양학회 분류를 이용하여 분석한 결과, 근근역 토성은 점토질 롬으로 판명되었다.

관개량은 시험구마다 지거용수로에 75 mm 수도용 유량계를 설치하여 관측하였다. 배수구에는 75 mm 유량계 및 파살플름을 설치하여 배수량을 관측하였으며, 우량계를 현장에 직접 설치하여 일별 강우량을 측정하였다. 또한 각 시험구마다 직경과 깊이가 각각 1 m인 라이시미터를 설치하여 증발산량 및 침투량을 관측하였으며, 목측용 staff를 매설하여 일별 담수심을 관측하였다. 이들 관측자료를 이용하여 물수지를 분석하였다.

일반적인 논지대의 물수지식은 다음과 같다.

$$(R + Q_1) - (ET + DP + Q_2) = \Delta S \quad (1)$$

여기서, R : 강우량, Q₁ : 관개량, ET : 증발산량

DP : 침투량, Q₂ : 배수량, ΔS : 저류량의 변화량

본 실험에서는 유효우량을 산정할 때 무효우량은 모두 배수되는 것으로 하였고 관개량은 배수되지 않게 관리하였으므로 (1)의 물수지식은 식(2)와 같게 된다.

$$(R_{eff} + Q_1) - (ET + DP) = \Delta S \quad (2)$$

여기서, R_{eff} : 유효우량

실험구에 적용된 담수심 처리는 극천수, 천수, 및 심수관개를 실시하였다. 극천수 간단관개와 천수 간단관개는 관개한 후에 담수된 물이 소비되어 비담수 상태가 되면 다음 관개를 하였고, 심수관개는 8 cm로 관개한 후에 담수심이 6 cm 정도로 감소하면 다음 관개를 하였다.

III. 물수지 분석

담수심 처리구별 이양용수량은 극천수 간단관개, 천수 간단관개, 및 심수 관개 처리구별로 2001년 222 mm, 250 mm, 235 mm, 2002년 140 mm, 176 mm, 152 mm이다. 이양용수량이 서로 다른 것은 사전에 계획량을 정하여 물공급을 한 것이 아니고, 썩레질 과정에서 필요한대로 임의로 물을 공급함으로써 자연히 발생한 차이라고 판단되며, 2002년의 경우 우리나라에서 평균적으로 사용하는 이양용수량인 142 mm와 유사한 반면 2001년의 경우에는 선행강우가 부족하여 토양 포화를 위하여 과잉공급된 것으로 판단된다.

시기별 용수량을 살펴보면 이양 후 6월 상순경에 많은 용수가 이용되고 7월 하순 중간낙수가 끝나는 시점부터 용수량이 증가하였다. 6월 상순경에 공급된 용수량은 작물 생육에 기여하거나 논수면 증발량에 의해 손실되었으며, 중간낙수 직후의 관개는 담수용량과 더불어 논 토양의 포화 및 작물 생육에 이용되었다.

담수심 처리방법 별 관개량은 2001년 극천수 간단관개가 688.9 mm로 가장 많이 공급되었으며, 심수 관개와 천수 간단관개가 각각 513.6 mm, 624.4 mm이었으며, 2002년 심수 관개가 513.2 mm로 가장 많은 용수량이 공급되었고, 천수 관개와 극천수 간단관개가 각각 528.6 mm와 356.9 mm로 극천수 간단관개가 가장 적게 용수가 공급되었다.

유효우량의 산정은 일별 담수심을 측정하여 강우 발생시 증가한 담수심을 유효우량으로 하고 나머지는 배수된다고 보았다. 관개기간 중 총 강우량은 2001년의 경우 499.8 mm, 2002년의 경우 932.6 mm이었으며, 유효우량과 유효율은 2001년의 경우 천수 간단관개가 344.6 mm 및 68.9%로 가장 많았으며, 2002년의 경우 심수 관개가 278.6 mm 및 29.9%로 가장 높았고, 천수 간단관개와 극천수 간단관개가 각각 202.2 mm 및 21.7%와 141.1 mm 및 15.1%이었다. 전반적으로 2002년 유효율이 낮은 이유는 8월 초순과 중순에 집중호우로 인하여 강우의 대부분이 배수로로 유출되었기 때문이며, 극천수 간단관개의 경우 물꼬높이가 낮아 유효율이 가장 낮게 나타났다.

총 증발산량은 2001년 및 2002년의 천수 간단관개가 각각 484.1 mm와 476.3 mm로 가장 높았으며, 2001년 극천수 간단관개가 심수 관개에 비하여 높은 반면 2002년 극천수 간단관개와 심수 관개가 각각 461.3 mm와 470.6 mm로 심수 관개가 더 높게 나타났다. 천수 간단관개가 가장 높게 나타나는 이유는 심수 관개보다 담수심이 얇아 수면 온도상승이 더 활발함에 기인하며, 2001년 극천수 간단관개가 심수 관개에 비하여 높은 이유는 논바닥의 균평도가 떨어져 용수의 과잉공급이 이루어졌기 때문으로 판단되며, 반면 2002년 극천수 간단관개가 가장 낮은 이유는 1회 관개 후 다음 관개까지 시간이 경과함에 따라 담수심이 줄어들어 담수심 이상으로 일증발산이 일어나는 경우가 발생했을 때 논수면 증발은 일시적으로 중단되고 단지 작물 증산에 의한 수분손실만 발생하기 때문이다. 재배 시기별 증발산량의 변화는 이양 직후 수면증발작용과 작물 최대성장기인 8월 초순과 중순 작물증

산작용에 의해 지배되어 높게 나타났다.

그림 1은 2001년과 2002년의 담수심 처리별 증발산량을 나타낸다.

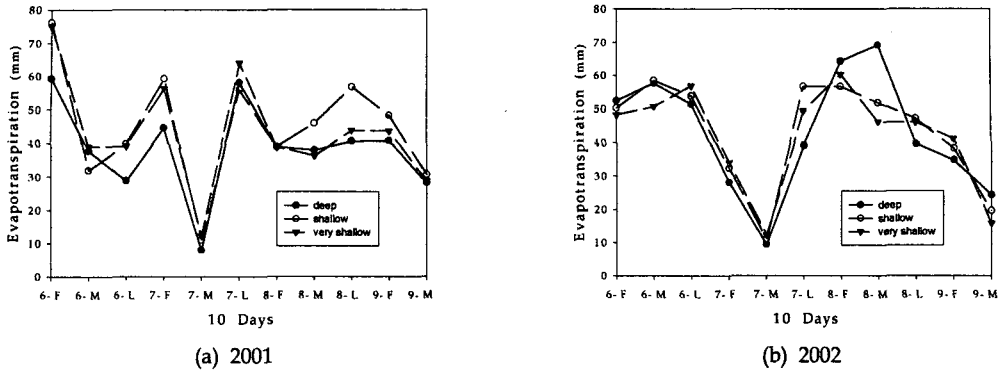


Fig. 1 Evapotranspirations of ponding depth treatment

IV. 결론

담수심 처리에 따른 물수지의 손실항인 증발산량의 변화와 생육 및 수확량을 조사하여 농업용 수자원의 효율성을 높이기 위해 수행한 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 총관개량은 극천수 간단관개, 천수 간단관개, 심수 관개가 각각 2001년 688.9 mm, 513.6 mm, 624.4 mm, 2002년 356.9 mm, 428.6 mm, 513.2 mm로 나타났으며, 2001년의 경우 천수 간단관개의 용수공급량이 가장 적었는 반면 2002년의 경우 극천수 간단관개의 용수공급량이 가장 적었다.
2. 관개기간 중 총 강우량은 2001년의 경우 499.8 mm이었으며, 2002년의 경우 932.6 mm로 8월 초순과 중순에 걸쳐서 내린 강우량이 총 강우량의 57%를 차지한다. 유효우량은 극천수 간단관개, 천수 간단관개, 심수 관개가 각각 2001년 243.7 mm, 344.6 mm, 272.9 mm로 천수 간단관개시의 유효율이 68.9%로 가장 높게 나타났으며, 2002년에는 141.1 mm, 202.2 mm, 278.6 mm로 심수 관개시의 유효율 29.9%로 가장 높게 나타났다.
3. 증발산량은 천수 간단관개가 2001년 및 2002년 484.1 mm와 476.3 mm로 가장 높게 나타났으며, 2001년의 경우 극천수 간단관개가 심수 관개보다 높았던 반면 2002년의 경우 심수 관개와 극천수 간단관개가 각각 470.6 mm, 461.3 mm로 나타났다.

본 연구결과에 의하면 극천수 간단관개가 전통적인 심수 관개에 비하여 관개용수가 상당량 절감되었으며, 물수지의 손실항인 증발산량 또한 극천수 간단관개가 낮게 나타났다.

본 연구는 농림부 농림기술개발사업 연구비 지원에 의한 연구결과물의 일부임

참 고 문 헌

1. Chung, Sang Ok. 2000. Water Balance Analyses of an Irrigated Paddy Field. Asian Regional Workshop on sustainable Development of Irrigation and Drainage for Rice Paddy fields. 276-280. Japanese National Committee of ICID. Tokyo, Japan.
2. Chung, Ha Woo. et al. 1999. Irrigation and Drainage Engineering. Dongmyungsa