

## 벼 畦立乾畚直播 栽培에서 合理的인 節水 灌溉方法

崔元永\* · 朴洪圭\* · 金尙洙\* · 梁元河\* · 申鉉卓\* · 趙守衍\* · 崔善英\*\*

### Water-Saving Culture under Ridge Direct Seeding on Dry Paddy of Rice

Weon Young Choi\*, Hong Kyu Park\*, Sang Su Kim\*, Won Ha Yang\*, Hyun Tak Shin\*, Soo Yeon Cho\* and Sun Young Choi\*\*

**ABSTRACT :** Low supply of water is generally the most serious factor limiting rice production.

The experiment was conducted to identify the reasonable method for minimum irrigation under ridge direct seeding on dry paddy, at National Honam Agricultural Experiment Station, RDA in 1996.

The results showed that the reduction ratio of irrigation water was high in order of furrow irrigation at 15-day>furrow irrigation at 10-day>flooding irrigation at 10-day>, and furrow irrigation at 5-day intervals. However, milled rice yield was high in the furrow irrigation at 5-day intervals and in flooding irrigation at 10-day intervals due to high ripened grain as compared with other treatments indicating two treatments were the most reasonable irrigation methods in terms of saving the labor cost and water supply as well as the admittable yield performance.

**Key words :** Rice, Water-saving culture, Ridge direct seeding, Irrigation.

현재 우리나라 농촌은 농업 인구의 도시진출과 노령화, 부녀화로 노동력이 양적, 질적으로 매우 부족한 실정에 있어 생력화의 일환으로 벼 直播栽培가 '90년대 초부터 농가에 보급되기 시작하여 1997년에는 직파재배 면적이 11만 ha에 이르고 있다.

이중 乾畚直播栽培는 농한기인 4월에 파종할 수 있으므로 移秧栽培나 湛水直播栽培와는 파종작업이 경합되지 않아 노동력 분산, 농기계 이용을 향상면에 있어서도 유리한 재배양식이라 할 수 있다.

그러나 乾畚直播栽培는 湛水直播栽培에 비해 파종기가 빠르고 벼의 생육기간이 길며 누수량이

많아 물이 더 많이 소요된다. 최근들어 이상기상으로 한발 내습이 우려되고, 생활용수와 산업용수의 증가로 농업용수의 상대적 부족이 우려된다. 벼는 生理的으로 그 어느 작물보다 많은 토양수분을 필요로 하며, 답수상태에서 잘 자라는 특성을 지니고 있으므로 벼 재배는 물관리가 중요한 재배 방법 중의 하나이다.

벼는 수분 부족이 심하면 잎이 오그라들고 말려서 광합성의 저하로 수량 감소를 초래하는데<sup>1)</sup>, 특히 등숙기 수분 스트레스는 쌀의 수량을 크게 감소시킨다<sup>5,6)</sup>. 또한 벼는 답수상태에 재배하는 것이 건답상태에서 재배한 것보다 출수가 빠르고 생육 및 수량이 좋았다고 보고하였다<sup>4)</sup>. 또한 초기 한발

\* 湖南農業試驗場(National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan 570-080, Korea)

\*\* 全北大學校 農科大學(College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea)

〈'97. 8. 1 接受〉

시에도 생육 및 수량에 크게 영향을 미치므로 한해를 방지하기 위한 관정개발, 관개장비의 개선과 더불어 지하수의 수온조절 방법에 대한 연구가 요구되며, 저수지의 용수량 확보와 관리의 필요성이 강조되고 있다<sup>9)</sup>.

이러한 관점에서 벼 乾畚直播栽培의 안정화를 위하여는 충분한 勸漑水を 원활히 공급하는 것이 대단히 중요하지만 기상적인 문제와 水源의 한계성 및 물의 경제성이 고려되어야 할 것이다.

따라서 벼 畦立乾畚直播栽培에서 勸漑水가 부족할 경우 합리적인 節水 勸漑方法을 찾고자 시험한 결과를 보고하는 바이다.

## 材料 및 方法

본 시험은 東津벼를 공시하여 전복통(미사질양토)인 湖南農業試驗場 水稻圃場에서 수행되었으며, 토성은 표 1과 같다.

물관리 방법은 3엽기 이후 5일 이상 연속 무강우시 5일간격 고랑 관개(T1), 10일 이상 연속 무강우시 10일간격 고랑 관개(T2), 15일 이상 연속 무강우시 15일간격 고랑 관개(T3), 10일 이상 연속 무강우시 10일간격 전면 관개(T4)를 하였으며, 관행 물관리를 대비로하여 수확전 15일에 완전 낙수하였다.

종자는 Prochloraz EC 2,000배액에 24시간 침지 소독한 후 세척하고 음건하여 4월 24일에 트랙터 부착 6조직 세조파기로 조간 30cm, 깊이로 3cm, 파종한 후 180cm 간격으로 폭 30cm, 깊이

Table 1. Physical soil properties of pre-experimentation

Sand(%)	Silt(%)	Clay(%)	Soil texture
10	74	16	SiL

20cm의 고랑을 설치하였다. 勸漑水가 流入 또는 流失되는 것을 방지하기 위하여 논둑을 비닐로 피복하였다.

ha당 질소 160kg, 인산 90kg, 칼리 110kg을 사용하였는데, 질소는 기비:분얼비(5엽기):수비로 40:30:30%를 분시하였으며, 인산은 전량기비, 칼리는 기비:수비를 70:30%로 분시하였다. 잡초방제는 파종후 3일에 Butachlor EC 250ml/10a를 살포하였고 출아 직전에 Paraquat EC 300ml/10a를 살포하였으며, 담수후 3엽기에 Bensulfuron-methyl + molnate GR 3kg/10a를 살포하였다.

반복당 조간 50cm의 시료를 채취하여 엽면적은 자동엽면적 측정기(AAA-7)로 조사하였고, 그 시료를 건조하여 건물중을 조사하였다. 勸漑量은 수도용 계량기(φ 10cm)를 이용하여 측정하였고, 토양수분 장력은 텐시오메타 센서를 범씨를 파종한 후 토양에 고정시킨 후 텐시오메타를 이용하여 측정하였고 측정단위는 -KPa로 나타내었다. 등속속도 측정을 위해 출수기부터 10일 간격으로 주간의 이삭을 채취하여 건물중을 조사하였다. 기타 관리 및 조사는 湖南農業試驗場 표준재배법 및 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준<sup>10)</sup>에 준하였다.

시험기간중 降雨量은 표 2와 같이 632.1mm로

Table 2. Precipitation from seeding to complete drainage in 1996

Month	Precipitation(mm)	Rainy days	Date
April	22.5	2	29*, 30
May	35.0	4	4*, 8, 21, 29
June	324.1	13	3*, 7*, 8, 9, 10*, 16, 17*, 18, 20, 24*, 25*, 27*, 28
July	164.5	10	4*, 5, 11, 12, 13, 15, 17, 21*, 22*, 29
Aug.	76.5	8	9, 11, 21*, 26*, 27*, 28, 31
Sep.	9.5	2	8, 9
Total	632.1 (693.4)	39	

\* : Rainy days which had more than 10mm of rainfall, ( )=Rainfall of normal year

Table 3. Percentage of irrigation water-saving and amount of irrigation water at different irrigation method under ridge direct seeding on dry paddy of rice

Irrigation method	Irrigation times	Water amount per irrigation(m <sup>3</sup> /ha)	Total amount of irrigation water(m <sup>3</sup> /ha)	Irrigation water-saving(%)
T1	11	345	3,795	58.0
T2	3	345	1,035	88.5
T3	2	345	690	92.4
T4	3	645	1,935	78.6
T5	14	645	9,030	0

<sup>1</sup> T1 : Furrow irrigation by 5-day intervals, T2 : Furrow irrigation by 10-day intervals, T3 : Furrow irrigation by 15-day intervals, T4 : Flooding irrigation by 10-day intervals T5 : Control

평년보다 61.3mm 적었으며, 강우일은 39일이었고, 1일당 10mm이상 강우일은 15일이었다.

## 結果 및 考察

### 1. 勸漑量 및 勸漑用水 節減比率

물관리 방법별 관개횟수는 관행이 14회인데 비해 5일간격은 11회, 10일 간격은 3회, 15일 간격은 2회 관개되었다. 관개량은 고랑의 깊이에 90% 관개하였을 때 고랑관개에서는 1회에 345m<sup>3</sup> /ha 이 소요되었고, 수심을 3cm로 관개하였을 때 전면 관개에서는 1회 관개량이 645m<sup>3</sup> /ha가 소요되었는데 총 관개량은 관행이 9,030m<sup>3</sup> /ha으로 가장 많았고, 다음이 T1 3,795 > T4 1,935 > T2 1,035 > T3 690m<sup>3</sup> /ha 순으로 많아 관개용수량 절감 비율은 T1 58.0% < T4 78.6% < T2 88.5 < T3 92.4%의 순으로 높았다(표 3).

### 2. 土壤水分 變化

전북통 미사질 양토에서 고랑관개를 하였을 때 고랑으로부터 토양수분이 수평이동 정도를 알아보고자 파폭을 임의로 180, 210, 240cm로 조절하여 비 오는 날이 적었던 최고 분얼기경 7월 23일부터 28일까지 고랑으로부터 거리에 따른 水分張力 變化를 조사한 결과는 그림 1에서와 같다. 벼가 정상생육을 하는데 미사질 양토에서 有效水分 含量은 -50kPa로 알려졌는데<sup>3)</sup>, 고랑 관개후 3일까지는 고랑으로부터 거리에 관계없이 토양 수분장력이 -50kPa 이하로 유효수분 범위내이었으나, 4일째 120cm에서는 -70kPa로 유효수분

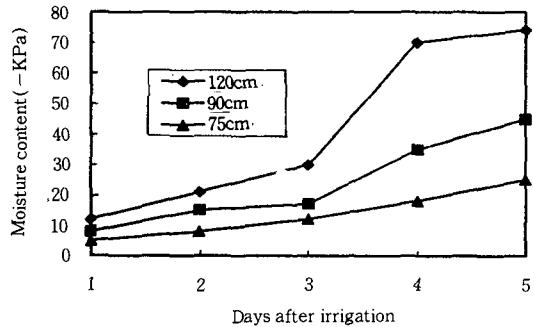


Fig. 1. Changes of moisture content to distance to ridge from furrow.

함량 이하이었다.

乾土重量法에 의한 토양수분함량 變化를 보면 (그림 2) 유효수분함량을 25%로 볼 때<sup>3)</sup> 수분 공급 중단후 1일째에는 33.1%이었고 3일째에는 31.4%, 5일째에는 27.7% 이었는데 7일째에는 24.9%로 유효수분함량 이하로 낮아져 건답직파 재배에서는 최소한 6~7일에 1회는 관개하여야 할 것으로 생각되었다.

### 3. 葉面積과 地上部乾物中

주요 생육 시기별 엽면적 지수와 지상부건물중의 變化는 표 4와 같다.

엽면적지수는 최고분얼기까지 처리간 차이가 적었으나 유수형성기 이후에는 관개 간격이 길수록 적어졌으며, 출수기에는 관행 재배 5.3에 비하여 T1 4.8 > T4 4.7 > T2 4.6 > T3 4.2 순으로 적었다.

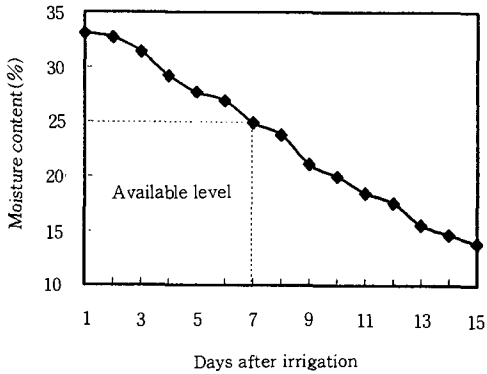


Fig. 2. Changes of soil moisture to days after irrigation.

이는 토양 수분장력이 떨어지면 엽면적이 크게 감소한다는 Hsiao & Acebedo<sup>2)</sup>, Park<sup>7)</sup>의 보고와 토양수분이 줄어들면 엽면적은 적어진다는 Ryu et al.<sup>10)</sup>의 보고와 비슷한 결과이었다. 지상부 건물중도 엽면적과 비슷한 경향으로 최고분얼기까지는 처리간에 별 차이가 없었으나 출수기 이후에는 관개 간격이 길어질수록 가벼웠으며,

특히 수확기에는 15일간격 고랑관개에서는 966g/m<sup>2</sup>으로 현저히 낮았다.

#### 4. 節間長

관개방법에 따른 절간장은 표 5와 같이 상위 제 3절간에서 제6절간까지는 처리간에 관개 간격이 길수록 약간 짧아지는 경향이였으나, 제1절간과 제2절간은 관개 간격에 따른 단축정도가 커서 제1절간과 제2절간이 간장을 결정하는데 크게 영향을 주었다. 따라서 전체 절간장은 관행이 79.8cm로 가장 길었으며, 다음은 T4>T1>T2>T3 순으로 5.9~10.2cm 짧아졌다. 이는 토양수분이 적을수록 간장과 절간장이 현저하게 짧아지고 엽폭과 엽장이 짧아진다는 Park<sup>7)</sup>의 보고와 비슷한 결과 이었다.

#### 5. 登熟速度

출수후 일수에 따른 이삭의 건물중 변화로 분 등숙속도는 그림 3과 같이 관행에 비하여 관개 간격이 길수록 등숙 초기부터 수확기까지 모두 이삭의 건물중이 가벼웠으며, 관개 방법간에는 출수후

Table 4. Changes of leaf area index and top dry weight of rice plants at different irrigation method

Irrigation method	Leaf area index				Top dry weight(g/m <sup>2</sup> )			
	Maximum tillering stage	Panicle formation stage	Heading stage	Harvesting stage	Maximum tillering stage	Panicle formation stage	Heading stage	Harvesting stage
T1	1.4	3.4	4.8	2.3	106	420	868	1,110
T2	1.4	3.2	4.6	2.2	105	347	730	1,019
T3	1.3	3.0	4.2	2.1	101	318	635	966
T4	1.4	3.3	4.7	2.3	105	328	924	1,083
T5	1.5	3.6	5.3	2.4	111	443	1,160	1,283

Table 5. Internode length of rice plants at different irrigation method

Irrigation method	Internode length (cm)						
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	Total
T1	36.1	16.3	10.1	6.7	3.5	0.1	72.8
T2	35.4	14.8	9.4	7.7	4.5	0.2	72.0
T3	33.6	14.2	9.6	7.7	4.4	0.1	69.6
T4	35.6	17.6	10.1	7.5	3.0	0.1	73.9
T5	39.1	17.7	11.3	7.5	4.0	0.2	79.8

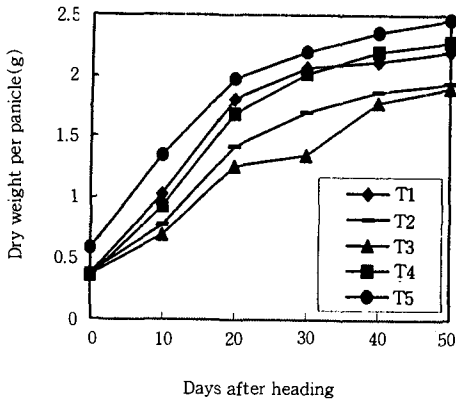


Fig. 3. Changes of ripening speed at different irrigation methods.

30일까지는 T1>T4>T2>T3 순으로 무거웠으나, 출수후 40일 이후에는 T4>T1>T2>T3 순으로 무거워서, 등숙후기에도 최소한도의 관개는 필요할 것으로 생각되었다. 이는 등숙기 한발 처리로 쌀수량이 16%감소 하였다는 Kobata & Takami<sup>5,6)</sup>의 보고와 비슷한 결과이다.

#### 6. 收量構成要素 및 收量

출수기는 관행 관개방법에서 보다 절수처리로 1~2일 지연되었다. 이는 관수의 공급량이 적어 질수록 직선적으로 출수가 지연된다는 Kim et al.<sup>4)</sup>의 보고와 비슷한 결과이었다. 관개방법 처리에 따른 수량구성요소 및 수량은 표 6과 같다. m<sup>2</sup>당 수수와 m<sup>2</sup>당 립수는 관행(320개/m<sup>2</sup>)에

비해 관개 간격이 길수록 적었고, 등숙비율은 관행(97%)에 비하여 T1과 T4는 95%로 별 차이가 없었으나 T2(77%)와 T3(74%)는 현저히 떨어졌으며, 현미 친립중도 관개 간격이 길수록 가벼웠다. 따라서 쌀수량은 관행(5.32MT/ha)에 비하여 T1(95%)>T4(92%)>T2(82%)>T3(72%) 순으로 감소하였다. 이는 관개량이 적어질수록 생육 및 수량이 직선적으로 낮아졌다는 Kim et al.<sup>4)</sup>, Park<sup>7)</sup>의 보고와 토양수분 스트레스가 심한 처리구에서 이삭무게가 감소하였다는 Park<sup>7)</sup>의 보고와 비슷한 경향이였다.

따라서 벼 건담직파재배에서 관개수가 부족한 경우에 최소한 5일간격으로 고랑관개나 10일 간격으로 전면관개는 해 주어야 할 것으로 생각된다.

### 摘 要

벼 乾畚直播栽培에서 勸漑水 부족시 合理的인 最少 勸漑方法을 밝히고자 전북통(미사질양토)에서 東津벼를 공시하여 5일 간격 고랑관개, 10일 간격 고랑관개, 15일 간격 고랑관개, 10일 간격 전면관개를 관행 물관리 방법과 비교하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 勸漑用水量 절감은 관행에 비해 15일간격 고랑관개(92.4%)>10일 간격 고랑관개(88.5%)>10일 간격 전면관개(78.6%)>5일간격 고랑관개(58%) 순이었다.

Table 6. Rice yield and it's components at different irrigation method

Irrigation method	Heading date	No. of panicle per m <sup>2</sup>	No. of spikelet per panicle	No. of spikelet kper m <sup>2</sup> (×1,000)	Ripened grain rate (%)	1,000 grain weight (g)	Yield of milled rice (MT/ha)	Yield index
T1	Aug. 14	297	77	22.9	95	25.1	5.07	95
T2	Aug. 15	277	74	20.5	77	24.6	4.37	82
T3	Aug. 16	276	74	20.4	74	24.5	3.83	72
T4	Aug. 15	290	78	22.6	95	24.9	4.91	92
T5	Aug. 14	320	77	24.6	97	25.2	5.32	100
LSD(5%)	-	-	-	-	-	-	42	-
C.V.(%)	-	-	-	-	-	-	5.0	-

2. 고랑에서 90cm까지는 고랑 관개후 5일에도 水分張力이  $-50\text{kpa}$  이하였으나 고랑에서 120cm는 고랑 관개후 4일에도  $-70\text{kpa}$  이상이었다.
3. 엽면적과 지상부 건물중은 관개 간격이 길수록 적었다.
4. 간장은 관행에 비해 관개 간격이 길수록 짧았으며, 전체 간장에 영향을 미친 절간은 상위 제 1,2절간이었다.
5. 관개 간격이 길수록 수수 및 등숙비율이 낮아, 쌀수량은 관행관개(5.32MT/ha)에 비해 5일 간격 고랑관개는 5%, 10일 간격 전면 관개는 8% 감소하였으나, 10일 간격 고랑관개는 18%, 15일 간격 고랑관개는 28%의 유의적인 감수를 보였다.

이상의 결과로 보아 벼 畦立乾畝直播 栽培에서 勸漑水가 부족시에도 최소한 5일간격 고랑관개나 10일간격 전면관개는 되어야 할 것으로 생각되며, 이러한 결과는 관개수가 부족할 경우에도 합리적인 畦立乾畝直播 栽培의 물관리 기술로 이용될 것으로 기대된다.

## LITERATURE CITED

1. Gomosta A.R. 1981. Leaf rolling and unrolling behavior in relation to soil moisture tension and climatic factors. *IRRN* 6(3) : 25-26.
2. Hsiao T.C and Acevedo E. 1974. Plant response to water deficits, water use efficiency and drought resistance. *Agri. Met.* 14 : 59-84.
3. Jung S.T, Moon J, Kim T.S, Hyeon, G.S and Park G.S. 1990. Available soil water for textural class of Korean soils. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 23(3) : 167-172.
4. Kim J.J, Yuk C.S and Jung K.Y. 1990. Effects of controlled water level for irrigation constraint on growth of the rice plant. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 23(4) : 268-274.
5. Kobata T and Takami S. 1981. Maintenance of the grain growth in rice subject to water stress during the early grain filling. *Japan J. Crop Sci.* 50(4) : 536-545.
6. \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1983. Grain production and dry matter partition in rice in response to water deficits during the whole grain-filling period. *Japan J. Crop Sci.* 52(3) : 283-290.
7. Park, M.E. 1995. The effect of soil moisture stress on the growth of barley and grain quality. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 28(2) : 165-175.
8. R.D.A. 1995. 農事試驗研究 調査基準. 農村振興廳 603p.
9. Ryu I.S, Lee J.H and Kwon Y.W. 1982. Improvement in rice cultural techniques against unfavorable weather condition. *Korean J. Crop Sci.* 27(4) : 385-397.
10. Ryu Y.H, Lee S.H, Kim S.D and Kokubun M. 1996. Effects of soil moisture content on leaf water potential and photosynthesis in soybean plants. *Korean J. Crop Sci.* 41(2) : 168-172.