

◇ 論 文 ◇

농업용수의 수온 상승에 관한 연구

황 은·김철규·이상범

ABSTRACT

The present study aims at finding out a means of prevention cool spell damages on the hilly areas. The irrigation plots of 24 hour stored water warm water way and warm water plots, cool water way are respectively established to find out water temperature and influence on the growing rice plants. The results obtained are summed up as follows.

1. Warm water areas consisted of 5 m² $Q=0.93$ l/sec, $V=31$ cm/sec, $S=1/1,000$, $L=81.6$ m, $B=5$ cm. $h=6$ cm, $t=4$ min 33sec, drops=9 areas, are constructed to help the water temperature of 14.5°C rise to that of 21.6°C. This indicates lower temperature than 23°C of critical water temperature in irrigation facilities by 1.4 5°C and than 26.2°C of balanced water temperature of Seoul areas by 4.6°C. But this does not give much influence on rice plant cultivation.
2. The rising of water temperature is influenced according to the temperature, solar radiation but the water temperature changes according to the heat absorption of organized materials, weather and terraces. The difference of water temperature could be found in the first growing stage.
3. Through the warm water way of water rises to the temperature of 21.6°C which also rises to the temperature of around 30°C in the paddy field of submerged irrigation. The rice plants are comparatively free from prolonged cool damage, reproduction obstructive damage.
4. The water temperature in rice field in proportion to temperature influence of weather condition but the water temperature approaches to that of weather in the days of later growing stage and water temperature become lower than the air temperature in the fruit stage.
5. The water in the submerged field is 10°C warmer than in the warm water way during the first growing stage period but the water temperature in the warm water way is warmer in the later growing stage period. The cool water of 14.5°C is warmed to 30.1°C and rice plants cultivation is free from other damages.
6. The 12% increased production or 570.98kg/10a is made cool water plot by rising the temperature of water from 14.5°C to 21.6°C making the water run through warm water way.
7. The damage inflicted by the cool water irrigation during the first growing stage period is the obstruction of peak tillering stage and the obstruction of heading the later growing stage period and the obstruction of fruiting and number of panicles per hill.

I. 서 론

벼는 원래 열대산 이므로 기온, 수온, 지온이 상당히 높은 곳에서 생육이 왕성하며 수량이 많다. 일반적으로 산간지대는 냉해를 입어 벼의 수량이 떨어지고 있다. 이 냉해에는 기상조건 특히 일조시의 단축, 서리의 내습으로 인한 일도 있으나 주로 벼생육기간에 산간에서 흘러오는 냉수를 관개하므로써 입는 피해가 적지 않은 것으로 알고 있다. 우리는 산간지대에 있는 계단담의 증수대책으로 산림청에서 시행한 산림복구 종합계획과 유대를 맺어 야계공사를 하는 차제에 그 아래 산간지대에 담이있으면 저지를 선정하여 수온상승 시설도 겸하여 설치토록 하면 산림복구도 하면서 담에 온수를 이끄는 일석이조의 효과를 거둘 것으로 믿는바이다.

일반적으로 냉수 피해가 나타나는 온도는 품종, 생육시기, 환경조건 등에 따라 차이는 있으나 近藤⁹⁾ 榎本²⁸⁾ 角田¹⁷⁾ 高杉⁴⁾ 등이 시험한바에 의하면 대략 25°C에서 냉해가 나타나고 22°C 이하가 되면 냉해가 뚜렷이 나타난다고 하였다.

그런데 우리나라의 산간지대의 야계에서 흘러내리는 물의 온도는 12~18°C로서 이 냉수를 눈에 직접 관개하면 정도의 차이는 있겠으나 냉수피해를 입을 것이라는 것은 쉽게 예측할수 있는 것이다. 따라서 이와같은 냉수 피해를 방지하기 위한 시설이 필요한 것으로 보는 바이며, 본연구는 그 해결책의 하나로 냉수를 직접 눈에 관개하였을 경우와 냉수의 온도를 온수로써 거쳐 상승시킨 다음 관개한 효과를 벼의 생육시기 별로 살펴보고자 한다.

본 연구는 농림부 농공이용연구소 한성금소장 이하 관계제위의 깊은 협조로 이루어진 것으로 깊은 감사를 드립니다.

II. 연구 사

벼의 냉해에 대한 연구는 주로 일본에서 많이 이루어져 왔는데 수도 생육의 적정수온 규명을 시초로하여 그후는 주로 기온에 관련된 저수온 피해를 식물생태학적, 생리학적면울 중심으로 다룬 것이 대부분이다. 그런데 냉해의 출현은 품종에 따른 저항성의 강약, 토양상태시비방법의 차이, 벼의 건강상태, 온도 처리기간의 장단, 온도 처리 당시의 기온의 고저, 생육시기의 상위에 따라 많이 달라진다. 벼 재배와 수온과의 관계에 관한 여러가지 시험중에서 近藤⁹⁾ 角田¹⁷⁾ 金光植¹⁹⁾ 등의

적정수온에 대한 연구결과를 종합하면 발아직후 착근, 분얼, 생장등 생육을 방해하는 소위 지연형냉수해(遲延型冷水害)와 유수의 분화와 발육의 형성을 저해하는 생식장애형 냉수해(生殖障碍型冷水害)로 나누이고 벼가 생육하는 최적수온은 30~34°C, 경엽이 신장하는 최적수온 30~32°C, 분얼 최적수온 32~34°C, 곡실생산 최적수온 28~30°C이며, 최고수온 한계는 40°C, 최저수온 한계는 생육 15°C, 수확 15~20°C로 되어 있다. 한편 수온과 기온의 차는 보통수심(5~6cm)에서 하기는 수온이 기온보다 약 2°C 높고 1일의 평균치도 높다고 하며 韓旭東¹⁰⁾ 등은 관개기간 동안에 수온은 기온보다 1~3°C정도 높다고 보고 하였다. 金光植¹⁹⁾ 등은 수도생육에 지장을 초래하는 저수온 한계는 20~22°C보다 높더라도 이에 적절한 관개대책이 요청된다고 하였으며 특히 韓旭東¹⁰⁾ 등은 냉수에 의한 피해는 무효분얼의 증가와 생장장애 등을 입어 이것이 수확곡실의 1수당 입수, 수수, 입실율, 천립중 등으로 잘 표현된다고 하였다.

냉수온이 분얼에 미치는 영향은 近藤·岡村⁸⁾은 14°C 이하에서 분얼이 되지 않으며 田中⁵⁾ 高杉⁴⁾ 佐木³⁰⁾ 松島²³⁾ 角田¹⁷⁾ 韓旭東¹¹⁾ 등은 생육기가 지연 된다고 보고 하였다. 그리고 분얼기능이 늦어질 뿐이지 적게 분얼되는 것은 아니다. 따라서 후반의 환경이 좋으면 서서히 표준주에 접근 한다. 그러나 韓旭東¹¹⁾ 등은 수온은 생육초기는 기온보다 높고 후기로 갈수록 기온과 접근하며 일교차(日較差)도 생육초기에 크고 후기로 갈수록 작다고 하고 松島²³⁾ 등은 생육에 따른 온도의 변화는 일교차 위에 가장 잘 나타나는 것으로 일교차가 크고 야간에 저수온인 경우에 수수(穗數) 및 일주영화수(一株穎花數)가 늘어남을 인식하여 야간에 위험 저수온으로 내려 갈지라도 주간 수온만 높으면 예상되는 등숙(登熟) 수량(收量)이 떨어지지 않는다고 보고 하였다.

榎本²⁸⁾ 角田¹⁷⁾도 이에 동조하여 평균수온 30°C 근처에서 최고 수량을 보이나 분얼 초기는 주간 수온 20~25°C, 야간수온 20~15°C에서 분얼이 가장 많으며, 분얼시기(分蘗盛期)는 주간 30°C 야간 21~25°C와 같은 비교적 높은 수온이 많은 수량을 나타 내었다고 한다.

이와 같이 분얼 초기는 일시적으로 저온이 되는 것 특히 야간의 저수온이 초기 분얼을 촉진하여 좋은 영향을 주는 수가 많음을 보고 하였다. 다음에 벼가 무성해 질수록 조이는 일사량이 작으므로 일 평균 수온은 점점 기온에 가까워지며 출수전 2주일경부터 기온 이하로 떨어진다. 그러나 출수 5일전 부터²⁹⁾ 그 이후는 수온의

영향이 거의 나타나지 않는다. 高杉⁴⁾은 수영기의 저온 처리는 염실(稔實)이 저해되어 백부현상(白稈現象)이 나타나며 榎本²⁸⁾은 수온 25°C는 염실을 해치고 20~22°C는 불염율을 높이는 한계이며, 19°C 이하는 10°C 낮아지는데 따라 불염율이 20%씩 늘어나서 거의 완전 불염에 가깝고 植木³³⁾은 1주의 전입수(全粒數) 및 수중(穗重)은 25~26°C에서 가장 크고 이보다 높거나 낮는데 따라 감소한다고 보고 하였다.

池泳鱗¹⁾ 등은 수온 22°C 이하에서는 출수하지 못하고 榎本²⁸⁾, 盛永²⁵⁾, 近藤⁹⁾, 角田¹⁷⁾, 韓旭東¹¹⁾ 등은 출수때는 평균 25°C를 수온한계로 하여 냉수 관개를 하면 온도가 저하할수록 출수가 저하 된다고 보고 하였다.

특히 角田¹⁷⁾은 저수온의 악영향이 가장 현저하게 나타나는 시기는 유수 형성기로 부터 출수기간이라 하며 韓旭東¹⁰⁾ 등은 지하수 관개는 지표수 관개 보다 출수가 5~6일 지연되고 수수는 차이가 없으나 수량, 입수가 25% 감소되고 천립중이 감소되어 그 결과 정조수량이 17%나 감소 되었다고 보고 하였다.

한편 石橋¹³⁾는 기온에 의한 수온상승은 주로 태양복사에 의한 효과임을 확인하였으며 榎本²⁸⁾은 일류관개를 할때 유입구에서 멀리 떨어질수록 수온이 점차 상승함을 지적하고 수온상승은 주로 기온에 의한것이라 하였으며 川原¹⁸⁾도 논안의 수온이 기온과 같은 일변화 경향을 나타내어 최고수온이 13~16시에 나타나고 최저수온은 일출전(日出前)에 나타남을 보고 하였으며, 이와 같은 관개수온의 상승은 그 수심(水深)에도 중요한 의미를 가진다고 하였다. 八鐵³⁵⁾는 수심에 따른 담수온변화를 본즉 8~15시는 2cm구가 5cm구보다 고온이고 12~13시에는 1.7~2.3°C의 차를 나타내고 13시 이후는 작아져서 16시 이후는 오히려 겨우 0.3~1.2°C가 높아진다. 그리고 松島²⁴⁾는 일조가 수수에 가장 영향을 많이 미치는 시기는 분얼 최성기 전후로 일사량(日射量)이 많을수록 수수가 많다고 하였다.

이와같이 논의 수온은 논 자체가 받고있는 열수지(熱收支)에 의하여 비의 생육과 수량을 좌우하는 것이다.

그런데 논에 관개한 용수의 온도가 논의 수온에 상당한 영향을 주기는 하나 결코 용수의 온도가 그대로 논의 온도가 되지 않는 것이므로 관개수온이 직접적으로 비의 생육을 지배하는 일은 적고 그것이 논안에 퍼진 다음의 소위 논의 수온이 비의 생육과 수량의 지배요소임을 잊어서는 안된다. 따라서 담면에서 상승하는 온도를 고려할때 도수온도(導水溫度)는 25°C 내외이면 냉해를 받는일이 없겠다. 단 용수의 온도가 20°C 내의

일지라도 간단관개나 담수관개이면 비 재배에 큰 지장이 없다. 따라서 온수로를 두는 한계수온은 비의 품종 및 생육기 등에 따라 다르겠으나 이양 부터 출수까지의 평균수온이 23°C 전후가 되면 되겠다²⁹⁾ 그런데 관개용수는 용수로를 거쳐 논에 유입하기까지 간의 수온상승이 있으므로 원류수온(源流水溫)이 반드시 23°C 이상일 필요는 없다. 단 온수로 시설이 아무리 좋아도 그 지방의 평형수온(平衡水溫) 이상으로는 될수없는것이 온수시설은 기상조건이 좋음에도 불구하고 원류수온이 대략 18°C이하로 낮은 경우 이거나 관개기간의 평균수온이 18°C 이상 일지라도 관개초기 또는 유수 형성기에 냉수 피해를 받는 경우에 필요하다. 우리나라에서 관개수온과 비수량과의 관계에 대한 연구는 1941년 충남농시²⁾에서 수온 15°C의 냉수용출정(冷水湧出井)을 대상으로 시험한 성적에 의하면 유입지점에서 30m 지점까지 냉해를 입어 거리에 반비례하여 생육과 수량이 줄었다고 보고 하였다.

藥袋³⁴⁾는 용수(湧水)에 동량의 지상수를 합하면 지상수온에 가까이 되어 용수온의 상승효과가 있다고 하였으며, 韓旭東¹⁰⁾ 등은 수로장이 길어야 수온이 상승하는데 취수문에서 600m까지의 수온 상승도는 1°C 이므로 600m이하에서는 수온 상승도의 기대도가 낮다고 보고 하였으며 광도현 수문기상협회¹²⁾가 太田川水系에서 1951년의 관개기간에 관측한 바에 의하면 8월에 용수가 13°C인것이 약 6km 유하한 상류부 관측점에 오는 동안에 21~22°C로 상승하여 1.3~1.5°C/km가 되고 孫野²¹⁾ 등이 美生川에서 관측한 것도 수원 가까이에서 1.7°C/km로 상승함을 관측하였다.

그리고 長浜, 矢吹²⁷⁾은 표고가 100m 높아 지는데 따라 담수온이 1°C씩 낮아진다고 보고하여 표고와 관계가 있음을 제시 하였다. 前川, 林²⁰⁾은 日本 秋田縣小瀧溫水路 ($L=1,073m$, $B=12.4m$, $S=1/2,000$, $h=0.21m$, $t=42sec/50m$, $Q=0.95m^3/sec$, $V=0.35m/sec$, 낙차 39개소)의 수온을 관측한즉 주간의 맑은 날씨에 5.7°C 상승하고 흐린날도 3°C는 상승하였다고 하고 片岡¹⁶⁾ 등은 수온을 상승시키는 요소는 태양과 대기의 복사열량 R 과 공기에서 수면으로의 전달열량 K 가 있어서 이들의 열량은 수온 상승외에 응결 또는 증발 E 야간에 수면에서 방사되는 유효복사 B 에도 사용 된다고 주장하고 낙차공을 설치하면 수맥이 비산(飛散)하는 도중에 열교환이 일어나고 유수와 수로 주변 사이에서 열교환이 이루어져 수온상승의 효과가 있다고 하면서 $Q=10\sim100l/sec$, $L=800m$, $B=1.0m$, $S=1/500\sim1/1,000$, $t=30\sim150min$, $h=7\sim22cm$ 의 온수로를 만들어 0.9~

3.4°C의 수온 상승효과를 올렸으며 유량, 유속등 수리 조건을 같이 할때 수온 상승도는 기상조건에 대응하는 변화를 한다고 보고하고, 淵澤²⁶⁾은 오랜시간 태양의 직사광선을 받는 남향의 무풍지대인 계곡에

- (1) $Q=4.97\text{m}^3/\text{sec}$, $L=1,425\text{m}$, $S=1/2,000$, $h=0.45\text{m}$, $V=0.47\text{m}/\text{sec}$, 낙차 30개소
- (2) $Q=4.97\text{m}^3/\text{sec}$, $L=875\text{m}$, $S=1/2,000$, $h=0.45\text{m}$, $V=0.47\text{m}/\text{sec}$, 낙차 18개소
- (3) $Q=3,14\text{m}^3/\text{sec}$, $L=1,500\text{m}$, $S=1/2,000$, $h=0.45\text{m}$, $V=1.46\text{m}/\text{sec}$, 낙차 24개소

인 3개의 온수로 설치하여 조조에 0.5°C, 12~14시에 23°C, 일몰에 2.3°C의 수온상승도를 얻었으며 村上²⁶⁾은 관개기간 동안에 융설수(融雪水)용수가 12~14°C로 흐르는것을 계획전에 일반수로를 1,900m 유하하여 2~3°C 상승하던것을 수면적 20,000m², $L=934\text{m}$, $B=20\text{m}$, 낙차 25개소의 광폭온수로를 만들어 일중 수온상승도 2.17°C를 얻었다.

横田²⁷⁾ 田原²⁸⁾ 등은 횡월류계단식, 온수로식, 월류대류식의 3형식의 온수로를 채택 설치하여(횡월류 계단식은 경사면 2.6m를 이용하여 낙차 0.8m, 1.0m, 0.8m의 3개를 가진 수로를 만들어 월류수심 1cm 이하로 횡월류시켜 $L=200\text{m}$, 수면적 190m², 온수로식은 수면적 2.52m², $L=126\text{m}$, $S=1/2,000$, $B=2.0\text{m}$, $h=0.2\text{m}$ 의 콘크리트 수로, 월류대류식은 수면적 230m², $L=7\text{m}$, $B=10\text{m}$ 를 3개 설치하여 수심 1cm로 월류시킴)

14~15시에 관개하면서 평균수온 상승도를 측정한다 1.8~2.6°C, 1.3~4.4°C, 2.1~4.3°C의 수온상승을 보았으며 이를 열전달계수 $h=(Q-R)[(Q_a-Q_w)+2(C_a-C_w)]$ 에 의하여 계산한 즉 횡월류 계단식 1.48°C 온수로식 0.92°C, 월류대류식 1.54°C의 상승효과가 계산되는데 실체는 이들 실측치가 높았다.

鈴木²¹⁾은 1호 온수로 $L=336+260=596\text{m}$, $B=20\text{m}$, $S=1/500$, $h=0.21\text{m}$, $V=0.61\text{m}/\text{sec}$, 수면적 10,830m², 낙차 11개소 2호 온수로 $L=404\text{m}$, $B=10\text{m}$, $S=1/1,000$, $h=0.39\text{m}$, $V=0.66\text{m}/\text{sec}$, 수면적 4,040m², 낙차 6개소를 통하여 2°C의 수온 상승도(1호 0.7°C+0.5°C, 2호 0.8°C)를 얻었으며 $QP=(\frac{B}{A}-Q_0)(1-e^{-At})$ 의 계산식에 대입하여 계산치 1.19°C를 얻어 이를 비교한즉 실측치가 0.81°C나 높았는데 이는 낙차공의 효과가 아닌가 지적하였다.

八嶽, 山吹³⁰⁾은 1948년에 수조에 각종 도색(塗色)을 한즉 흑색구가 수온이 가장 높고 백색구가 가장 낮으며 수면에 흑색판을 띄운것은 더욱 높아서 흑색구보다 8.6°C나 높았다 그 까닭은 증발을 억제하여 열의

손실이 적기 때문이라 하였으며 鶴田³²⁾은 유수거리에 따른 수온 상승도를 $Q_i=Q_0+V^1x/V_A(T-Q_i)$ 로 제시하여 이 식을 쓰면 수온을 3°C 상승시키는데 600m의 거리와 수심 10cm 유하시간 40분이 필요하다고 하여 1호 온수로 $Q=0.152\text{m}^3/\text{sec}$, $L=475\text{m}$, $B=5\text{m}$, $h=0.11\text{m}$, $V=0.276\text{m}/\text{sec}$, 2호 온수로 $Q=0.152\text{m}^3/\text{sec}$, $L=132.5\text{m}$, $B=8\text{m}$, $h=0.09\text{m}$, $V=0.21\text{m}/\text{sec}$ 의 2개를 만들어 흑색염소(黑色艶消)로 지름 5~10mm의 물질을 바닥에 깔아 9~21시에 취수하는 것을 원칙으로 하여 실측한즉 5~8°C의 상승이 가능하다고 하였다.

따라서 이것도 계산치와 관측치 사이에 차이가 많이 나타나고 있다. 한편 韓旭東¹¹⁾은 관개기간인 6,7,8,월의 평년 기상 조건을 사용하여 서울지방의 평형수온(平衡水溫)을 계산한즉 26.2°C를 얻었으며 15.5°C의 지하수를 냉해를 주지않는 23°C의 수온으로 높이는데 필요한 온수로 면적은 559m²/ha로 관개면적의 5.1%를 차지하며 15.5°C의 물을 그대로 관개할때 입은 감수피해 16~26%에 비하여 11~15%의 감수방지가 된다고 추산하였다.

Ⅲ 시험내용

1) 재료 및 방법

본 시험은 서울농업대학 시험답에서 실시 하였으며

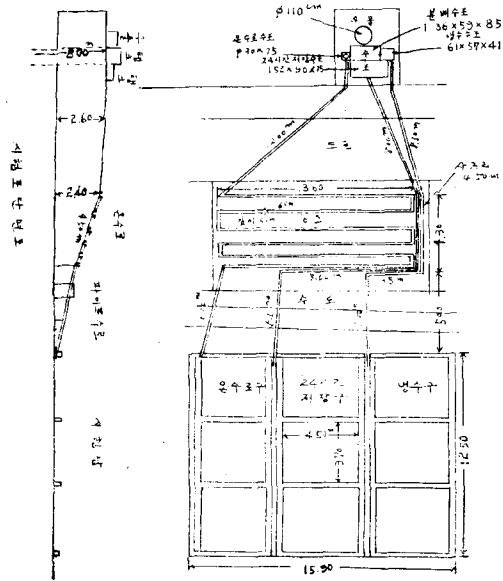


그림 1 시험포장 평면도

그 배치도는 그림 1 과 같다.

가) 공시품목

i) 도색수조(塗色水槽) 1 식

ii) 온수로 1 식

iii) 벼: 품종, 진홍

나) 온수로 표면제의 선택 및 최고 수온상승 시간을 알기위한 시험으로 그림 2와 같이 길이 100cm, 나비 60cm, 깊이 10cm의 수조를 3개 만들어 그 표면에 아연분(亞鉛粉) 세멘트분 흑연분(黑鉛粉)을 각각 3회씩 칠하여 건조한 다음 우물물을 깊이 5cm 식 넣어 온도에 의한 흰천을 감은 수온계로 각 수조의 수온 상승도를 측정하였다.

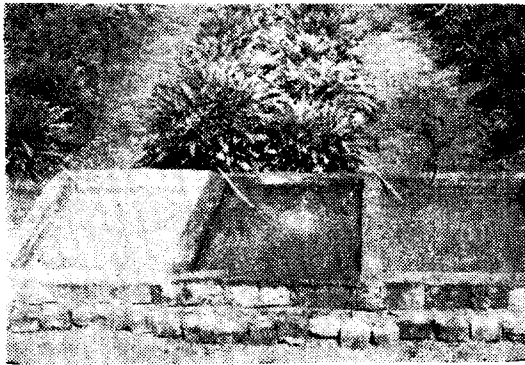


그림 2 도색별 수조

측정 시간은 9시, 10시, 14시, 15시, 16시의 5회로 경하고 1일의 수온 상승도를 기온과 더불어 대조하면서 5월 12~14일과 5월 20일~22일의 2회에 걸쳐 6일간 실시 하였다.

다) 온수로는 그림 1과 같이 시험답 위에 있는 도로의 비탈을 이용한 높이 2.40m의 비탈에 0.06×0.05×13.6m의 흑연토 수로를 6조 81.6m를 그림 3과

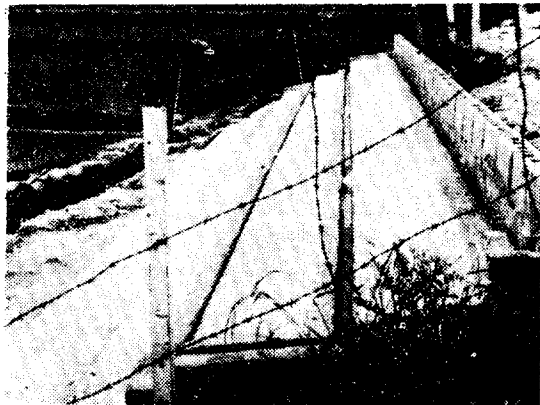


그림 3 온수로의 단면도

같이 계단식으로 축조하여 마치 야계공사에서 야계에 따라 계단을 설치 하듯이 차례 차례 설치하여 그위에 수로를 덧붙여서 설치한 형식으로 되어있다 그리고 각 조의 연결은 낙차 6개소를 두어 온도가 상승한 수맥(水脈)을 이낙차(落差)에서 혼합하여 열을 난류(亂流)로 하여금 혼합하도록 하므로써 더욱 열의 흡수를 촉진하도록 하고 있다. 그리하여 수면적 5m², Q=0.93l/sec, 평균유속 V=31cm/sec, S=1/1,000, L=81.6m, B=5cm, h=6cm, t=4분33초, 낙차 6개소를 서서히 흘러내려서 파이프를 거쳐서 담으로 유입하도록 되어 있으며 수온계로 유입구에서 각각 수온을 측정 하도록 하였다 기온과 일사량을 이 상승수온에 대비하기 위하여 11시와 14시에 측정하였다. 일사계는 Robitzsch 일사계를 구내에 그림 4와 같이 설치 하였다.

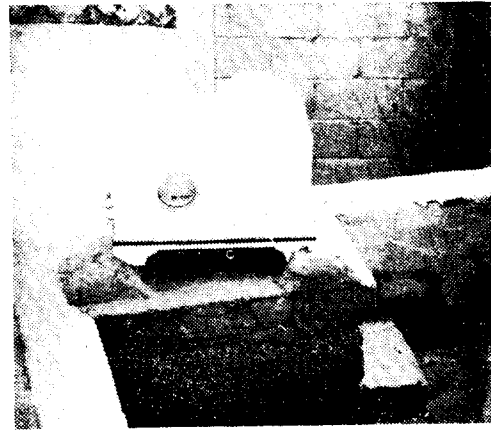


그림 4 Robitzsch 일사계

라) 재배시험용 벼는 4월 17일에 파종하여 보온 걸층 못자리를 만들어 0.4l/3.3m²으로 파종하여 이후 관리는 작물관리장 표준재배법에 준하여 관리하였다. 본답으로의 이앙은 6월 1일에 식재간격 30cm×15cm 1주당 3본(72주 /3.3m²)식 심었으며 본답 시비는 기비로서 질소 5kg/10a, 인산 8kg/10a, 칼리 8kg/10a를 사용하였으며 추비는 8월 4일에 질소 5kg/10a를 이삭거름으로 살포 하였다.

재배기간중 병충해를 막기 위하여 “마라티온” “디르테락스” 1,000 배액을 6회에 나누어 살포 하였으며 9월 10일에 낙수하여 10월 7일에 수확하였다.

마) 처리방법으로는 묘판에서는 지표수를 관수 하였으며 본답에서는 2처리 3반복 분할구 배치법으로 설계하여 산간계곡에서 흐르는 냉수대신에 우물(깊이 8.0m)을 설치하여 우물물을 사용하였다.

즉 우물에 그림 6과 같은 24시간 저장 수조(152×90

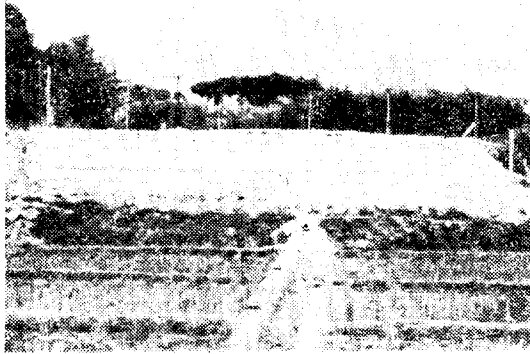


그림 5 시험구 전경(이양직후)

0×35cm)를 설치하여 우물물을 퍼서 이곳에 24시간 저장하여 저수지물의 온도에 접근시킨 물을 사용한 시험담구를 표준구로 정하고, 우물물을 퍼서 즉시 관수하는 것을 냉수구, 우물물을 온수로 거처 수온을 상승시킨 다음 관수하는 것을 온수로구로 하여 각각 3반복으로 합계 9구의 시험담을 설치하여 생육기별로 수온 상승도와 생육과정을 관찰토록 하였다.

바) 시험담은 각구마다 Polyethylen Film을 30cm 길이로 주위에 삽입하여 관개수의 회침투를 억제하고 관개수심은 5cm로 취하되 매일 오전 9시에 배수한 다음 그날의 관수를 하도록 하였으며 재배기간에 우물의 수온조사와 기온조사는 오전 11시에 행하고 담면 수온은 11시와 14시에 측정하고 온수로 수온은 14시에 측정 하였다.

그외의 기상상황은 중앙 관상대의 관측 기록을 이용하였다. 일조량은 Robitzsch 자기 일사계를 이용하여 그날의 수온 측정시에 맞추어 수온 상승도와 비교토록 하였다.

사) 포장 토양은 반습담 점질 양토이며 재배 기간의 PH값 변화는 다음과 같다

조 사 시 기 이	PH
이 양 직 후 (6/2)	7.15
활 착 종 기 (6/8)	7.44
최 고 분 열 기 (7/20)	6.77
수 확 당 시 (10/7)	6.84

단, 표준구(24시간 저장구)값임

아) 기상 개황

장마전선이 북상하는 가운데 6월상순에 많은 강우를 보이다가 6월 중순말에 잇다른 기압골 형성과 저

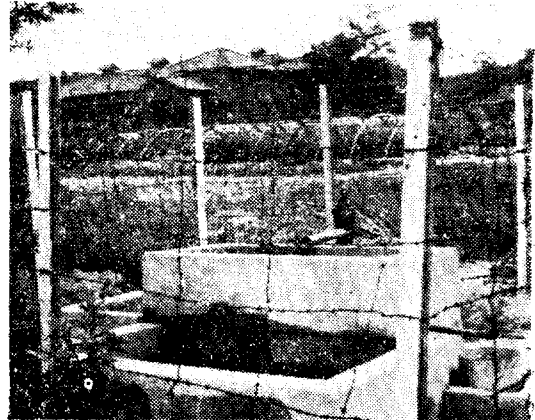


그림 6 우물과 저장수조

기압으로 집중 호우를 보였으며 7월 초순에는 일본열도부근에 있던 강우전선의 북상으로 본격적인 우기에 접어들어 월말까지 26일간 강우현상이 계속되었으며 상대습도의 증가와 일조율의 감소로 잎도열병의 발생이 심하였다.

8월에는 중국내륙에서 발생한 저기압이 번번히 지나가서 전국적으로 예년보다 비가 많았다. 특히 태풍 Olive 호, Pcly호가 상륙하여 곳곳에 많은 피해를 입혔으며 8월 하순 부터는 비교적 맑은 날씨가 계속 되어 출수 개화가 순조로웠고 증발이 왕성하였다.

관개기간의 총 강우량은 944.7mm로 평년 보다 많았으며 강우일수도 51일이나 되었다. 증발량은 363.8mm로 평년보다 적었다. 그리하여 흐린날과 맑은날이 적어서 일조율은 평년보다 적었다. 월별 기상 상황은

표 2 순별기상상황 (1971)

월순	기온(°C)			상대습도(%)		운량	증발량(mm)	강수량(mm)	일사량 Cal/cm ²	
	평균	최고	최저	평균	최소				11~11시	12시~14시
6·상	20.4	24.4	16.6	80.3	61.9	6.9	42.5	44.0(5)	35.8	35.3
6·중	22.0	26.8	18.3	80.4	58.0	6.9	45.2	65.0(4)	38.5	45.2
6·하	22.5	25.9	19.8	86.1	66.7	7.0	34.8	85.3(5)	37.1	33.6
평 균	21.6	26.0	18.2	82.0	62.2	6.9	122.5	135.8	37.1	34.7
7·상	23.5	26.9	20.7	81.3	71.7	8.7	26.4	170.2(8)	22.4	22.3
7·중	23.7	22.1	21.1	86.0	69.0	8.4	40.8	211.9(8)	31.2	31.6
7·하	24.6	27.7	22.1	87.5	75.3	8.2	27.7	148.2(8)	29.7	26.0
평 균	23.9	27.4	21.3	88.0	74.5	8.4	94.9	530.3	27.8	26.6
8·상	26.2	30.6	22.6	77.7	59.8	6.0	44.7	90.0(3)	40.2	34.6
8·중	23.3	26.7	21.1	92.9	67.9	8.3	25.0	105.1(6)	20.9	21.3
8·하	24.4	28.6	19.0	71.5	66.6	5.5	41.0	28.1(2)	44.6	39.4
평 균	24.6	28.6	21.5	80.0	67.0	6.5	110.7	223.2	35.5	32.0
9·상	22.5	26.8	19.2	73.8	55.1	5.0	35.7	55.4(2)	29.9	29.5
전 기 간 평 균	23.3	27.3	20.2	82.4	65.3	7.0	363.8	944.7(5)	34.8	32.5

표 2와 같다.

이것을 벼 생육기별로 정리하면 표 3과 같다.

표 3 생육기별 평균 기상상황

번호	생육기	월 일	기온 (°C)			상대습도(%)		운량	증발량 (mm)	강수량 (mm)	일사량 Cal/cm ²	
			평균	최고	최저	평균	최소				11~12시	13~14시
1	활착기	6/6~6/9(4)	22.5	27.8	17.9	72.0	25.0	5.7	26.9	0.0(0)	47.2	48.2
2	생육초기	6/10~6/19(10)	21.8	26.3	18.2	8.22	61.3	7.5	37.8	15.3(5)	34.0	40.5
3	유효분얼기	6/20~6/27(8)	22.5	27.4	19.3	83.3	61.6	5.5	33.4	45.1(2)	43.2	37.3
4	유효분얼종기	6/28~7/5(8)	23.4	26.6	21.3	91.1	74.3	9.1	17.0	119.2(7)	24.1	23.9
5	무효분얼기	7/6~7/12(7)	22.8	26.5	19.5	88.3	67.7	8.0	22.9	91.5(5)	23.8	26.8
6	최고분얼기	7/13~7/22(10)	23.8	27.4	21.3	87.1	72.2	8.8	39.2	284.7(9)	30.0	31.2
7	유수형성기	7/23~8/6(15)	25.6	29.1	22.9	82.8	68.9	7.1	50.9	79.1(7)	34.6	27.3
8	수잉기	8/7~8/16(10)	25.1	29.1	22.2	84.4	66.7	7.6	31.5	156.3(5)	24.9	30.8
9	출수개화기	8/17~8/24(8)	21.7	25.4	18.9	80.8	62.9	7.8	21.3	59.4(4)	39.4	28.6
10	호숙기	8/25~8/31(7)	25.3	28.6	21.6	73.9	57.7	4.5	30.0	3.5(1)	48.2	42.9
11	성숙기	9/1~9/10(10)	22.5	26.8	19.2	73.8	55.1	5.7	37.9	55.0(2)	29.9	29.5
평균 또는 합계		97	23.6	28.2	20.5	82.3	64.5	7.1	350.8	909.1(47)	34.8	32.5

단, 이앙은 6/1이나 관측은 6/6 부터 시작하여 활착기가 5일 단축됨

여기서 특히 주목할 것은 유효분얼종기 무효분얼기 최고분얼기에 걸친 생육기간 25일 중에 21일간 강우가 있었으며 495.4mm의 강우가 집중하여 평균 일사량 23.9~27.6Cal/cm²밖에 되지 않았으며 상대 습도가 평균 88.7%나 되어 가장 높았으며 증발량은 일평균 3.2mm로 일도열병의 발생이 심하였다.

2) 시험결과 및 고찰

가) 용수원이 논내의 수온변동에 미치는 영향

i) 용수온(用水溫)

ㄱ) 24시간 저장수조 수온; 표 4 및 그림 7에서 보는바와 같이 생육기간중 24시간 저장수조의 평균 수온은 22.9°C로 용수원으로서의 기본수온인 23°C²⁹⁾에 비하여 0.1°C 밖에 낮지 않았으며 저수지의 평균수온은 23.3°C보다 0.4°C가 낮은데 이 정도의 낮음은 용수원으로서

표 4

생육기별평균기상상황 (14시)

번호	생육기	기온 °C	우물수온 (냉수) °C	온수온 °C	24시간저장수조수온 °C	온수로구 답수온 °C	24시간저장구답수온 °C	냉수구 답수온 °C	일사량(13) 14)al/cm ²
1	활착기	26.0	12.2	22.1	23.7	33.0	34.2	30.7	48.2
2	생육초기	26.3	12.0	21.6	23.0	30.2	30.9	29.8	40.5
3	유효분얼기	26.1	12.2	21.9	23.4	32.0	32.8	28.6	37.3
4	유효분얼종기	26.0	14.0	20.6	22.6	33.0	33.2	27.9	23.9
5	무효분얼기	25.0	14.6	20.2	22.5	31.6	31.9	28.1	26.8
6	최고분얼기	26.4	14.9	21.7	23.8	32.2	32.3	28.6	31.2
7	유수형성기	28.6	14.9	22.4	24.6	32.8	33.0	29.1	27.3
8	수잉기	26.2	15.8	22.6	24.0	29.0	29.1	27.6	30.6
9	출수개화기	24.1	15.8	20.6	21.0	24.7	24.8	23.6	28.9
10	호숙기	28.4	15.5	22.0	23.7	27.5	72.4	24.5	42.8
11	성숙기	23.6	15.5	21.0	20.7	24.7	24.7	22.8	29.5
평균 또는 합계		26.2	14.5	21.6	22.9	30.1	30.3	27.4	32.5

큰 차이가 난다고 인정되지 않으므로 대비시험에서 수질이 다른 용수원을 쓰는 것 보다 유리할 것으로 판단되어 그대로 사용하기로 하였다.

이는 우물물 보다 평균 8.4°C가 높은 수온으로 기온과는 대체로 비슷한 양상으로 증감현상을 보이나 서로 비례하지는 않는다. (표 3 표 4 참조) 이러한 현상은 일사량과의 사이에서 더욱 그러하다. 그 까닭은 24

시간 저장수조의 수온이 6월초에는 일사의 기상적 열수지가 균형이 잡히지 않고 야간에 대기에 열을 빼앗기는 정도가 커서 열이 저장되지 못하고, 우기인 7월은 그림 7과 같은 관대로 열이 저장되는 현상이 강하여 일사량은 적으나 반계가 성립되는 것으로 해석된다.

8월 하순부터는 일기가 순조로워서 기온 일사량 24시간 저장수온 사이에 정비례 관계가 성립하고 있다.

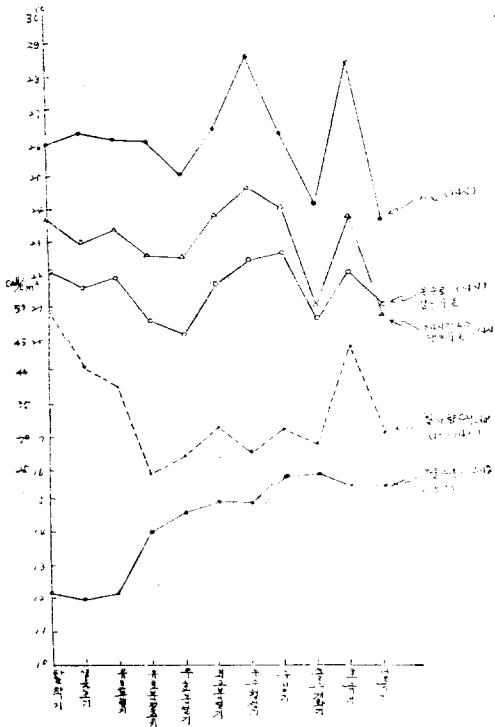


그림 7 용수원의 수온변동

나) 온수로 수온

온수로의 표면제 결정과 수온 상승시간을 알기 위한 예비시험으로 그림 2와 같은 아연토수조 시멘트수조 흑연토 수조를 만들어 그 수온 상승도를 측정하였다.

즉 표 5에서 5/12~5/14 사이의 1차 측정에서는 14시에 최고값을 나타내어 기온 24.5°C 일때 흑연토수조가 30.7°C로 아연토수조의 29.7°C 보다 1°C 높으며 시멘트수조 보다는 0.5°C가 높고 기온 보다는 6.2°C가 높았다.

5/20~5/22의 2차 측정에서도 역시 14시에 최고값을 나타내어 기온이 29.3°C일때 흑연토수조가 31.7°C로 기온보다 0.5°C가 높았으며 아연토수조는 0.6°C가 떨어지는 31.1°C였고 시멘트수조는 0.5°C가 떨어지는 31.2°C였다.

이상의 결과를 토대로 온수로의 수온 상승시간은 13~14시 사이로 추정하여 온수로에 물을 넣는 시간을 13~14시로 결정 하였으며 표면제는 흑연을 3회 칠하기로 하였다.

$S=1/1,000$ 에 $V=31\text{cm/sec}$ 로 $t=273\text{sec}$ 동안 흘러 내린 수온의 상승도는 표11과 그림 7과 같다.

온수로의 수온은 기온보다 낮으나 24시간 저장수조 수온 22.9°C 보다는 평균 1.3°C가 낮은 21.6°C 까지 상승하여 韓旭東¹¹⁾등이 계산한 서울지방에서 관개기간의 평균수온 26.2°C 보다 4.6°C가 낮은 수온을 얻고 있다.

표 5 도색별 수조 수온 상승시험 (수심5cm)

월 일	9 시		10 시				14 시				16 시			
	기온	우물	기온	아연토	시멘트토	흑연토	기온	아연토	시멘트토	흑연토	기온	아연토	시멘트토	흑연토
5/12	16.7	10.0	19.2	16.0	16.5	17.5	24.3	25.5	26.0	27.5	23.8	27.3	27.5	29.5
5/13	16.5	10.0	17.7	18.5	19.5	19.5	23.7	30.0	30.5	30.5	23.3	29.5	29.5	31.5
5/14	17.0	10.0	17.9	20.0	20.5	20.0	25.4	33.5	34.0	34.0	24.2	28.5	29.5	30.5
평균	16.7	10.0	18.3	18.2	18.8	19.0	24.5	29.7	30.7	30.7	23.7	28.4	28.8	30.5

월일	9 시		10 시				14 시				15 시				16 시			
	기온	우물	기온	아연토	시멘트	흑연토	기온	아연토	시멘트	흑연토	기온	아연토	시멘트	흑연토	기온	아연토	시멘트	흑연토
5/20	20.0	10.5	24.0	18.0	19.0	19.0	32.0	29.4	29.5	30.0	27.0	29.6	30.0	30.0	24.6	28.1	28.9	29.8
5/21	23.0	10.5	22.5	19.0	19.0	19.5	26.0	31.0	31.0	31.5	27.0	30.0	30.0	31.0	23.2	27.5	28.0	29.5
5/22	25.0	10.0	24.5	21.0	21.5	21.0	29.8	33.0	33.2	33.0	28.5	32.5	33.0	33.5	33.0	31.5	33.0	34.5
평균	22.7	10.3	23.7	19.3	19.8	19.8	29.3	31.1	31.2	31.7	27.5	30.7	31.0	31.5	25.9	29.0	30.0	31.3

수면적도 계산치가 559m²/ha 인데 비하여수면적 5m²를 이용하여 0.93l/sec를 13~14시의 1시간 동안에 계속 흘려보낸다면 일감수십 20mm/day로 계산하여 116.7평을 관개한다면 25.7배를 하여 128.5m²/ha의 수면적이 필요하다.

이는 559m²의 약 1/4.4의 면적에 해당한다 즉 1ha당 128.5m²의 수면적으로 21.6°C로 상승시킨 폭이 된다. 그리고 이 수온은 용수원으로서의 기본 수온인 23°C보다 1.4°C가 낮은것으로 이정도로는 그 다음에 용수로에 들어갈때 약간의 수온 상승이 가능하고 관개방식

이 담수관계 이므로 용수원으로서 과히 나쁘다고는 할 수 없었다.

그리하여 표 7에서 냉수의 평균온도 14.5°C를 일시에 평균 21.6°C까지 7.1°C를 상승시켜 49%나 상승효과를 올리고 있다. 특히 활착기에는 9.9°C, 생육초기에 9.6°C나 상승시켜 초기생육에 냉수를 주지 않으므로서 생육지연 냉해를 면하고, 수량에 영향을 미치는 생식장애형 냉해에 결정적 영향을 주는 유수형성기와 수잉기에 7.5°C, 6.8°C나 수온을 상승시켜 22.4°C, 22.6°C나 되므로 23°.0C에 접근하여 마침내 담안에서는 33°.0C, 29.1°C로 모두 30°.0C를 전후 하므로서 수량에 영향을 매우 적게 미치고 있다. 그리하여 24시간 저장수 관수구와 거의 같은 생장과 수량을 올린것으로 해석된다.

ㄷ) 냉수온(우물수온)

심도 8m에서 퍼 올린 우물물은 일사에 의하여 직접 열을 받지 않으므로 벼 재배기간에 11.9°C~15.9°C로 교차 3.9°C를 넘지 못하는 냉수로 평균 14.5°C이다. 따라서 이 냉수를 만약에 24시간 월류관개를 한다면 냉해로 말미암아 벼가 전연 결실되지 않을 것이므로 온수로 시설이 필요하다.

본 시험은 담수관계이므로 담에서 흙이 받아 저장하고 있던 열과 담수자체의 열 흡수로 얼마후에는 열교환으로 다른 구보다 떨어지기는 하나 담 온도와 같아지기 때문에 큰 지장 없이 수확이 가능 하였다.

ii) 논안의 수온변동

논안에서의 수온변동에 관계되는 인자는 관개수온, 관개방법, 관개수원, 토양의 종류, 기상조건, 지형 등이 복합적으로 작용하여 일어나는 것인데 본 시험에서는 다른 인자를 고정시키고 수원에 따른 논안의 수온변동상황을 조사 하였다.

ㄱ) 24시간 저장수 관개구 담의 수온변동

논안에서의 수온변화는 표 4, 그림 8과 표 6, 그림 9와 같은데 벼 전생육기를 통하여 11시에는 기온, 일사량, 담수온의 변동이 대체로 서로 비례하나 14시에는 그동안에 열의 저장에 왕성하여 일사량과 비례하지 않고 상승 한다.

이러한 현상은 활착기에서 유수형성기까지 두드러지게 일어나며 생육후기로 갈수록 대체로 기온과 일사량에 비례하여 변하는데 논안의 수온은 기온에 접근하며, 결실기는 수온이 기온보다 낮은 현상을 나타내고 있으며 생육기별 교차도 감소되어 있다.

ㄴ) 온수로구 담의 수온변동

표 7에서 생육기별로 온수로에서 평균 7.1°C씩 수

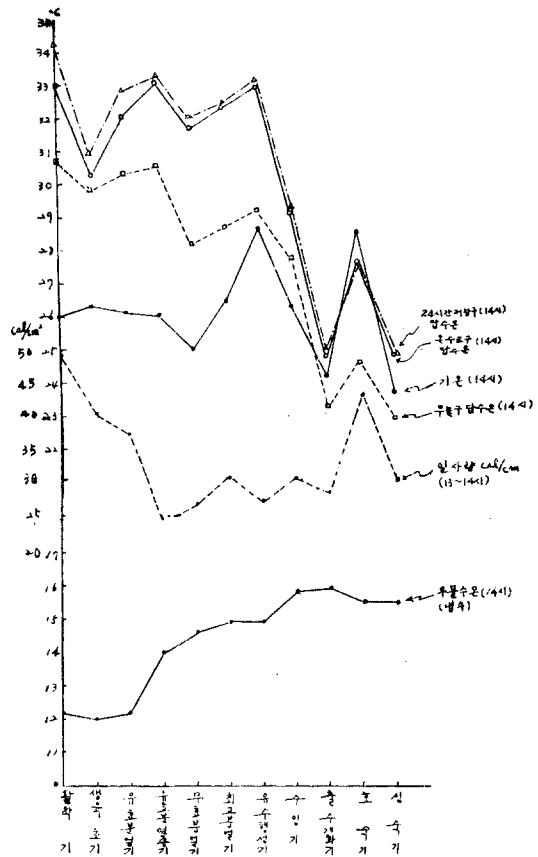


그림 8 담안에서의 수온변동(14시)

온을 상승시켜 21.6°C로 따스하게된 온수는 다음 시험담에 들어가서 8.4°C씩 상승되어 30.1°C로된 관개수는 전체적으로 상승되었다.

여기서 특기할것은 활착기에서 유수형성기 까지의 상승도가 생육초기의 값을 제외하고는 모두 온수로의 수온상승도 보다 높으며 생육초기와 무효 분얼기물체 제외하고는 10°.0C를 상회하고 있는 사실이다.

이는 수심이 다같이 5cm인데 온수로는 콩크리트로 만들어 열의 흡수력이 떨어지는데다가 흐르는 물로서 수면적이 5m²인데 비하여 시험담은 담수상태에서 수면적이 16.5m²로 3.3배나 되어 열의 흡수가 많기 때문이라 해석된다.

그와 반대로 수잉기 이후는 오히려 온수로 보다 떨어지고 있어 벼가 무성하게 자라고난 다음은 열효율이 떨어짐을 가르키면서 기온에 접근하고 있다.

그리하여 함께 15.5°C의 수온상승을 나타내어 30.

표 6 생육기별 평균 기상 상황 (11시)

번호	생 식 기	기 간	기온 °C	우물 수온 (냉수) °C	온수로구담 수온 °C	24시간저장구 담수온 °C	우 물 구 담수온 °C	일사량 (11~12) Cal/cm ²
1	활 착 기	6/6~6/9(4)	22.5	12.3	26.2	28.6	24.2	47.2
2	생 육 초 기	6/10~6/10(10)	21.8	11.9	24.7	25.9	23.8	34.0
3	유 효 분 일 기	6/20~6/27(8)	22.5	12.5	24.5	24.8	23.7	43.2
4	유 효 분 일 종 기	6/28~7/5(8)	23.4	13.7	24.7	25.6	24.0	24.1
5	무 효 분 일 기	7/6~7/12(7)	22.8	14.6	23.6	23.9	23.3	23.8
6	최 고 분 일 기	7/13~7/22(10)	23.8	14.8	24.9	25.1	24.4	30.0
7	유 수 형 성 기	7/23~8/6(15)	25.6	14.6	52.8	26.1	25.3	34.6
8	수 개 영 기	8/7~8/16(10)	25.1	15.8	24.7	25.3	24.3	24.9
9	출 수 개 화 기	8/17~8/24(8)	21.7	16.0	21.9	22.3	21.3	39.4
10	호 숙 기	8/25~8/31(7)	25.3	15.7	23.3	23.6	23.0	48.2
11	성 숙 기	9/1~9/10(10)	22.5	15.6	21.2	21.6	20.8	29.9
평균 또는 합계		97	23.5	14.4	24.2	25.9	23.5	34.8

단 관개수심 5cm로 3 반복구의 평균치 암 9/10에 낙수함

1°C를 기록하여 24시간 저장구 담수온 30.3°C와 거의 비슷한 수온상승을 나타내어 비 제배에 심한 냉해를 받지 않고 있다.

ㄷ) 냉수구 담의 수온변동

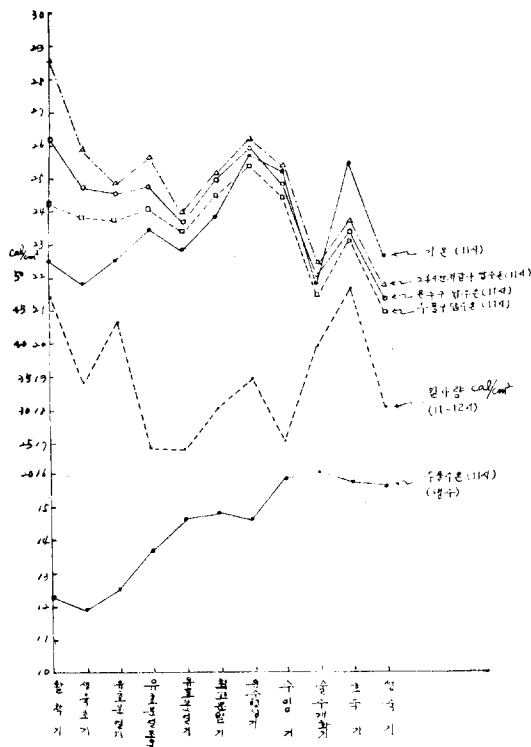


그림 9 담안에서의 수온 변동(11시)

표 7 온수로구담의 수온 상승

번호	냉수온이 구에서의 수온상승도	온수로구담에서의 수온상승도	출구 수온이 구에서의 수온상승도	합 계
1	9.9°C	10.9°C	20.8°C	
2	9.6	8.6	18.2	
3	9.7	10.1	19.8	
4	6.6	12.6	19.2	
5	5.2	9.4	14.6	
6	6.8	10.5	17.3	
7	7.5	10.4	17.9	
8	6.8	6.4	13.2	
9	4.7	4.1	8.8	
10	6.5	5.5	12.0	
11	5.5	3.7	9.2	
평균	7.1	8.4	15.5	

비 생육기간중 평균 27.4°C의 저온인데 14.5°C의 냉수가 논안에서 27.4°C로 상승되느라고 12.9°C의 수온상승을 위하여 주위의 온도를 뺀 시간이 오래걸리어 논안에서의 수온 변동상황도 24시간 저장구 담이나 온수로 담과는 다른 양상을 나타내고 있다. 그림 8에서 보는바와 같이 수온의 변화 양상은 활착기에 30.7°C로 단 한번 30.0°C를 넘었을뿐 기타 생육기는모그 이하이어서 28.0°C 근처에 머무르고 있으며 그림 9에서 11시 현재로는 25°C를 상회한 적이 유수형성기의 단한번 뿐이다.

이와 같이 저온에서 생육하기 때문에 지연형 냉해와 생식기에는 27.6~29.1°C로 생식 장애형 냉해를 받을 조건을 충분히 갖추어 있으며 특히 출수 개화기에는 23.6°C로 출수에 알맞는 수온이라 불수 없어서 출수가 지연되고 불염율이 높을것으로 해석 된다. 그 뿐 아니라 결실이 충실치 못하여 천립중이 떨어질 요인을 갖추다 하겠다.

나) 관개수온이 비의 분얼 및 수량에 미치는 영향

i) 분얼

6월 1일에 이양하여 9일만에 완전히 활착하였는데 그 엽실광경은 그림 10과 같다.

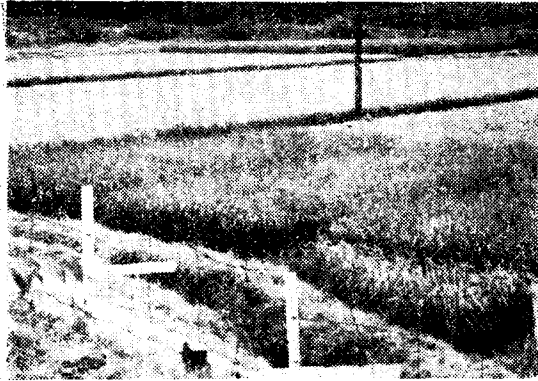


그림 10 시험단의 엽실광경

표 8 및 그림 11에서 활착 당시에는 분얼수에 그다지 차이가 없었으며 유효분얼기인 6월 30일에도 표 9와 같이 그 차를 인정할수 없었다. 그런데 최고 분얼기인 7월 20일의 조사에서는 표10과 같이 각 처리구별의 분얼수가 많은 차이를 나타내었으며 특히 냉수구는 생육의 부진과 냉해로 최고 분얼기가 약 3일정도 지연되었으며 분얼수는 오히려 증가하였는데 이는 그림 10에서 보는바와 같이 무효분얼을 조장할 뿐이었다.

ii) 출수 및 수량

출수전(出穗前)이 냉수구에서 2일 정도 늦어져 8

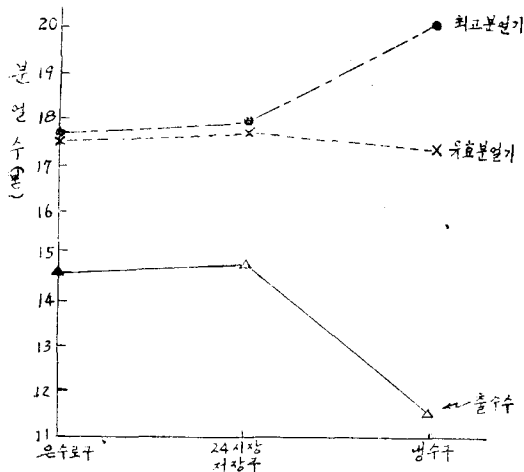


그림 11 생육기별 분얼수비교

월 24일에 출수된 것 만을 조사하여 표 11과 같은 성적을 얻어 그림 11을 그렸는데 5% 이상의 유의적인 차를 인정할수 있었다. 이는 생육초기부터 계속 저온에 생육하므로서 전술한바와 같이 생육 초기에는 분얼수를 확보하지 못하고 유효분얼한계기 이후에 분얼이 왕성했던 관계로 전부 무효분얼이 되었기 때문이라 해석된다

표 8 활착직후분얼수(6/9)

처 리 별	평 균 값	비 고
24시간 저장구	3.42	None Significant
온 수 로 구	3.33	
냉 수 구	3.27	

표 9 유효분얼기(6/30)

처 리 별	평 균 값	비 고
24시간 저장구	17.75	None Significant
온 수 로 구	17.51	
냉 수 구	17.50	

표 10 최고분얼기(7/20)

처 리 별	평 균 값	비 고
24시간 저장구	18.00	L.S.D 5% 0.16 1% 0.27
온 수 로 구	17.87	
냉 수 구	20.12	

표 11 출수기출수수(8/24)

처 리 별	평 균 값	비 고
24시간 저장구	14.78	L.S.D 5% 0.72 1% 1.20
온 수 로 구	14.66	
냉 수 구	11.60	

표 12 수당입수 및 불임실수

처 리 별	수 당 입 수	불 임 실
24시간 저장구	125.20	4.50
온 수 로 구	125.10	4.90
냉 수 구	118.30	8.70
L.S.D 5% 0.10 1% 0.17		L.S.D 5% 0.57 1% 0.94

표 13 천립중(gr)

처 리 별	평 균 값	비 고
24시간 저장구	24.9	None Significant
온 수 로 구	24.4	
냉 수 구	24.2	

표 14 정조수량(kg/10a)

처 리 별	평 균 값	비 고
24시간 저장구	576.36	L.S.D 5% 17.32 1% 28.78
온 수 로 구	570.98	
냉 수 구	510.13	

표 15 질 건 물 중 (kg/10a)

처 리 별	평 균 값	비 고
24시간 저장구	645.99	L.S.D 5% 3.48
온수로구	644.28	1% 5.75
냉수구	692.54	

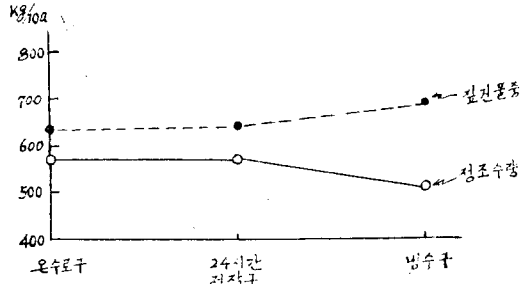


그림 12 생산물 수량비교

그러나 24시간 저장구담과 온수로구담 사이에는 그 차를 인정할 수 없다.

수당입수(穗當粒數)는 표 12에서 보는 바와 같이 24시간 저장구가 125.1개, 냉수구가 118.3개로 5.5%나 적어 수량감소의 한 요인으로 지적 될것 같으며 24시간 저장구와 온수로구 사이에는 큰 차이가 없었다. 나아가서 이들의 일실율(稔實率)은 출수개화기(出穗開花期)에 냉수를 관개한 구가 낮은 경향이며 24시간 저장구가 가장 높았다. 그러나 온수로구와의 유의적인 차이는 인정할 수 없었다.

천립중(千粒重)은 표 13에서 24시간 저장구, 온수로구, 냉수구 순으로 줄어 들었는데 수량 감소의 영향이 분명히 나타나지 않았다. 위에서 본바와 같이 냉해는 생육기에는 생육을 지연시키고 분얼이 지연된것에 계속 냉수를 관개하므로써 생식장애를 이르게 수당입수가 떨어지며 불건전한 발육으로 천립중이 매우 떨어져서 그 결과 표 14 및 그림12에서 보는바와 같이 수량이 현저히 떨어져서 냉수구에서 5% 수준의 유의차를 인정할 수 있어서 24시간 저장구는 표 14와 같이 577.36kg/10a 이며 온수로구는 570.98kg/10a, 냉수구는 510.13kg/10a로 냉수구는 24시간 저장구 보다 11.6%, 온수로구 보다 10.7%나 감소 되었다.

표 15 및 그림 12에서 질의 건물중은 분얼수와 직접적인 관계가 있는 것으로 백부현상(白浮現象)으로 결실은 되지않았으나 짙은 제대로 생산되어 냉수구가 질의 중량이 가장 무거우며, 24시간 저장구와 온수로구는 별다른 차이를 인정할 수 없었다.

IV 적 요

우리나라 산간지대의 냉해를 방지하는 수단 중의 하나로 수온저하에 의한 냉해를 방지하기 위하여 24시간 저장수관개구, 온수로관개구, 냉수관개구를 설치하여 온수로에서의 수온 상승도를 보며 그 효과를 알기 위하여 벼 생육 및 수량에 미치는 영향을 시험분석 하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1) 수면적 5m², Q=0.93l/sec, V=31cm/sec, S=1/1,000 L=81.6m, B=5cm, h=6cm, t=4분 33초, 낙차 36개소로 구성되는 온수로를 만들어 14.5°C의 냉수물 21.6°C까지 7.1°C나 상승시켜 49%의 상승효과를 올렸다. 이것은 용수원으로서의 한계수온 23°C보다 1.4°C가 낮으며 서울지방의 평년수온 26.2°C보다 4.6°C가 낮다. 그러나 벼 재배에 그다지 큰 지장은 없었다.

2) 수온 상승도는 대체로 기온, 일사량에 비례하나 구성물질의 열흡수도, 대기의 열수지(특히 야간의 저온) 기상조건, 지형 등에 따라 다소의 차이가 생기는데 생육초기에 그 차이가 심하다.

3) 온수로를 거칠때 21.6°C로 상승된 물이 담수관개를 하는 논안에서는 모두 30°.0C 전후로 상승하여 비교적 지연형냉해나 생식장애형냉해를 입지 않아서 표준구와 같은 생장과 수량을 얻었다.

4) 논안의 수온은 기온과 일사량에 비례하여 기상상태의 영향을 받으면서 수온이 상승하나 생육후기로 갈수록 수온은 기온에 접근하다가 마침내 결실기에는 수온이 기온보다 낮아진다.

5) 생육 초기에는 온수로에서 상승되는 수온보다 담수담에서 상승되는 온도가 높아서 10°.0C 이상을 기록하나 생육후기에는 온수로의 수온 상승도가 오히려 높다 그리하여 전체적으로 14.5°C의 냉수물 15.5°C상승시켜 논안에서는 30.1°C를 기록하여 벼재배에 비교적 지장이 없었다.

6) 냉수 14.5°C를 온수로로 거쳐 21.6°C로 상승시켜 벼를 재배하여 평균 570.98kg/10a로 냉수구에 비하여 12%의 증수 효과를 얻었다.

7) 냉수관개로 일어나는 피해는 생육 초기에서는 분얼최성기의 지연이며 생식 생장기에서는 출수지연 일실을 저하, 수당입수 감소로 나타났다.

V 참고 문헌

- (1) 池泳麟外(1962) 수도작 향문사

- (2) 충남농사시험장(1941) 충남농사시험장보고 1941 충남농사 사업 보고서
- (3) 田原耕三 外 1人(1963) タイプの異なる 水溫上昇施設の 検討, 農業土木研究 Vol 30, No 8
- (4) 高杉成道(1938) 生育の各期における 一定低溫が 水稻に及ぼす 影響について(豫報) 農業及 園藝 Vol 13, No 4
- (5) 田中稔(1944) 寒地に於ける水田灌溉法農業及園藝 Vol 19, No 2
- (6) 淵澤光雄(1968) 松川 第2 溫水路の水溫上昇度について, 農業土木研究 Vol 36, No 4
- (7) 藤井正一(1967) 水溫上昇とその問題點 農業及園藝 Vol 42, No 9
- (8) 近藤萬太郎, 岡村保(1931) 水溫と稻の生育との關係, 農業 及 園藝 Vol 6, No 4
- (9) 近藤頼己(1943) 水稻の冷害に對する實驗的研究, 農業 及 園藝 Vol 18, No 7, Vol 18, No 8
- (10) 韓旭東 外 2人(1969) 貯水池의 水深과 水路長이 水溫에 미치는 영향. 농촌진흥청 연구사업보고서 Vol 12, No 6
- (11) 韓旭東(1971) 地下水 관계에 따른 水稻冷害에 關한 試驗. 농공이용연구소 연구보고서 Vol 1
- (12) 廣島縣 農地部(1953) 河川水溫の調査研究 太田川水系の最上流 吉和川における觀測
- (13) 石 橋(1950) 水田區のかんがい水溫の上昇について, 農業土木研究 Vol 8, No 4
- (14) 중앙관상대(1971) 기상월보 5, 6, 7, 8, 9월호
- (15) 片岡隆四 外 2人(1963) 溫水路の水溫上昇度 農業土木研究 Vol 30, No 1
- (16) 片岡隆四, 田屋廣治(1958) 實驗溫水路における水溫變化について 農業土木研究 Vol 25, No 8
- (17) 角田公正(1963) 水溫と稻の生育收量との關係する實驗的研究 農業技術研究所報告
- (18) 三原琢磨(1953) A Fundamental Study on the temperature rise of irrigation water.
- (19) 金光植(1969) 水稻의 多收穫栽培에 關한 심포 지음 농촌진흥청
- (20) 前川忠夫, 林弘宜(1952) 溫水路の研究(第2報) 秋田縣田利郡上郷林溫水路の水溫について 農業土木研

究 Vol 19

- (21) 孫野長治 外 2人(1944) 河川の水溫について 農業物理研究 2號
- (22) 松島省三 外 2人(1958) 稻作には 氣溫と水溫の どれが 大切か 農業 及 園藝 39(6)
- (23) 松島省三, 角田公正(1958) 水稻の生育收量と水溫及び日較差との關係 農業及園藝 Vol 34, No 5
- (24) 松島省三, 山口俊三, 岡部俊, 小松辰元 (1953) 稻作には何時の日射が大切か, 收量の成立經過に玄粒大の決定機構 農業及園藝 Vol 28, No 10
- (25) 盛永俊太郎 外 (1938) 作物と溫度及 光 農業及園藝 Vol 13
- (26) 村上成一 (1969) 溫水路の水溫調査について 長野縣千ヶ瀬地區 農業土木 研究 Vol 37 No. 7
- (27) 長浜謙吾, 矢吹萬青 (1953) 大阪府水田水溫調査 農業土木研究 京都支部研究報告 No 4
- (28) 榎本中衛 (1937) 冷水灌溉の水稲特性に及ぼす影響 (第3報) 出穂と水溫との關係(第4報) 稔實と水溫との 關係 農業 及 園藝 Vol 12, No 11, No 12
- (29) 농림부 (1969) 토지개발사업계획 설계 기준(관계편)
- (30) 佐木喬 (1935) 稻の結實に及ぼす低溫の影響 日本學術協會 10(2)
- (31) 鈴木若男 外 (1967) 岱山溫水路の水溫 農業土木研究 Vol 35, No 6
- (32) 鶴田永三 (1966) 上の原溫水路の水溫について 農業土木 研究 Vol 34, No 2
- (33) 植木健至 (1959) 暖地における水稻生育に及ぼす灌溉水溫の影響, IV 分蘗期の掛流しによる低水溫の效果, 日作記 27
- (34) 藥袋栽雄 (1962) 氣溫とかんがい水溫との相關について 農業土木研究 Vol 30, No 1
- (35) 八稔利助 (1932) 水深を異にする苗代の溫度について(II) 農業及園藝 Vol 7
- (36) 八稔利助, 山吹藤男 (1952) 灌溉水溫の上昇に關する研究(第1報) 浅い水槽の水溫について 北海道農大附屬農場 特別報告 No 10
- (37) 横田良次郎 (1959) かんがい水溫上昇施設について(中間報告) 農業土木研究 Vol 26, No 7