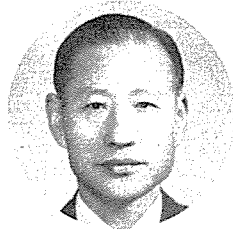


# 冷水害방지를 위한 農工學的 水管理대책

## — 農地基盤의 整備가 先行要件 —



李 基 春 <全北大 農大教授>

### 서론

水稻의 생육기간중 이상적인 低溫寡照가 계속 되어 水稻의 생육·수확량에 손상을 입는것이 냉해이다. 냉해에는 생육이 불량 또는 지연되기 때문에 登熟期가 秋冷에 걸려서 實不良에 의해 감수되는 경우와 花器形成期에 저온장애를 받아서 不稔이 되는 경우가 많다.

전자에 있어서는 보온 못자리등에 의해 건전한 묘를 길러 조기이앙을 하거나 시비법의 개선등 재배법의 발전에 의해 피해는 경감시킬 수 있게 되었다. 후자의 장애不稔에 대한 대책은 현재 아직 만전책이 없고 저온이 내습할 때의 반응대책으로서 深水灌溉등이 유일한 방법이라고 한다.

냉해의 경우 幼穗形成期の 幼穗는 물로 보온되기 때문에 장애는 일어나지 않는다. 이것과 같은 이치로 減數分裂期の 幼穗라도 관개수의 수심을 깊게 해줌으로써 보호될 수 있다고 생각된다.

그런데 이 때 문제가 되는 것은 수심을 얼마깊이로 하는 것이 좋으나 하는 것이다. 일실에 의하면 냉해위험기의 꽃은 수심 6cm 정도의 보통관개의 경우 그 대부분이 공기중에 노출되는데 15cm의 심수관개로 하면 80% 이상의 위험기의 꽃이 물에 의해 묻히게 된다.

다음에 문제가 되는 것은 수온이다.

이것은 품종의 내냉성에 의해서 다르지만 15℃ 이하의 냉수에서는 深水灌溉의 효과도 기대할

수 없다. 충분한 효과가 기대되는 한계수온은 20℃ 전후라고 하며 15~20℃ 사이에서는 수온이 높을 수록 효과가 직선적으로 상승한다. 이러한 심수관개의 효과에 대해 실험한 결과를 표시하면 표 1 과 같다.

< 表 1 > 深水灌溉의 效果

灌溉水의 깊 이	收 量 比 率	稔 實 比 率	1 株 花 數 比 率	有 効 莖 比 率	1 株 穗 數 比 率
5cm	100	100	100	100	100
10	194	149	128	124	100
15	247	175	145	142	103

또 위도가 높은 한랭지대에서는 落水後에도 다시 온수를 관개하면 그 물의 온도에 의해 畚의 냉각을 완화시킴으로써 霜害에 의한 피해를 경감시킬 수 있다.

다음에 저수온이 水稻의 생육, 수확량에 끼치는 영향에 대한 실험중에서 代表的인 例를 들면 수온(生育期間의 평균수온)이 22℃이하에서는 완전 不稔이든가 그에 가까운 장애를 일으키고 있고 25℃이상에서는 피해는 가벼워서 不稔비율은 20% 이하로 나타나 있다. 22~25℃ 사이에서는 온도의 차이에 따른 稔實비율의 변화가 극히 크다. 이 온도범위 내에서는 수온과 稔實비율과의 관계는 대략 직선적으로서 1℃의 수온의 昇降에

의해 稔實비율이 대략 20% 증감하게 된다.

**冷水害 방지대책**

냉수해를 방지하기 위한 대책으로서는 옛날 부터 여러가지 방법이 강구되어 왔었으며 이것을 대별하면

- ① 논에 관개하기 전에 관개용수의 수온을 상승시킨 다음 관개하는 방법.
- ② 관개방법을 개선해서 畝 안에서의 수온상승을 도모하거나 피해를 경감시키는 방법.
- ③ 약품을 사용하거나 그 밖의 수온의 저하를 방지함으로써 간접적으로 수온상승효과를 얻는 방법
- ④ 재배법을 개선하거나 품종개량등에 의해 水稻에 저항성을 부여하는 방법등이 있다.

이중에서 ④의 방법은 作物學의 범주에 속하는 것이므로 논외로 하고 ①②③에 대해 언급하기로 한다.

(1) 灌溉水の 種類와 水溫

① 雨水

강우의 온도는 강우시의 기온보다 1~2℃ 가량 낮은 것이 보통이며 기온이 雨水보다 낮은 일은 거의 없다. 다만 천둥번개와 함께 쏟아지는 소나기는 상공에서는 水滴이었기 때문에 기온보다도 5~6℃, 때로는 10℃ 이상 낮은 경우가 있다고 한다. 장마철같이 장기간강우시에는 畝의 수온이 기온 이하이기 때문에 雨水에 의해 수온의 하강은 거의 일어나치 않는다.

② 우물물과 샘물 (지하수)

우물물과 샘물은 인위적으로 퍼 올리는 것과 자연적으로 湧出되는 것과의 차이는 있지만 어느것이고 지하수로서 그 깊이에 따라 수온도 크게 달라진다.

깊은 우물이나 深層지하수가 湧出된 것은 연평균기온보다도 1~2℃ 높은 것이 보통이다. 지표에서 5m 가량의 깊이의 지하수는 지층의 온도변화의 주기가 지표에 비해 약 반년가량 늦기때문에 盛夏에 가장 저온을 나타낸다.

③ 하천

하천의 수온은 지하수와 같은 규칙성은 거의

볼 수 없으며 시각과 장소에 따라 크게 달라진다. 夏季의 수온은 水源에 가깝고 급류일수록 낮으며 또 融雪을 水源으로 하는 하천은 더 낮다.

한橫斷面內에 있어서는 流心部와 雨岸 및 바닷에 가까운 부분과는 약간 차이가 있지만 수온이 낮은 湧出水가 유입하여 합류하는 경우와 같은 특별한 경우를 제외하고는 0.5℃ 이상으로는 되지 않는다.

하천 수온의 1일간의 변화는 기온, 수심, 수량, 일조, 풍속등 여러가지의 영향을 받는데 큰 하천에서는 5℃정도 작은 하천에서는 10℃ 정도 변한다. 하천의 최고수온은 최고기온의 시작보다 1~3시간 늦어지고 최저수온은 최저기온의 시간과 일치하는 것이 보통이다.

④ 저수지

큰 저수량을 갖는 Dam에서는 대개의 경우 표면부근의 變水層외에 더욱 깊은 부분에도 變溫層이 생긴다. 깊은 부분의 變溫層은 取水나 流入水의 影響으로 造成되는 것이며 물의 다른 理化學的 성질도 이 층을 경계로하여 변화한다. 저수량이나 水面積에 대하여 유입량이 많은 저수지에서는 여름의 水溫層이 약하고 심한 경우에는 상, 하가 거의 같은 온도가 되고 하천의 수온과 비슷하다.

여름철에는 저수지의 표층은 따뜻한 표수층을 형성하게 되므로 대개의 경우 流入水는 密度流를 형성하여 잠입한다. 따라서 密度流層과 取水되는 층사이에 충분한 密度差가 없는 경우에는 密度流는 그대로 유출된다. 이 경우 따뜻한 表水層은 취수되지 않고 그대로 남아있게 된다.

농업용소규모저수지에서도 水面積이나 저수량에 대하여 유입량이 작으면 表層水가 잘 발달한다. 깊은 곳의 수온은 저수지의 깊이나 流入水溫에 따라 변화하지만 봄이나 초여름의 流入水가 여름까지 남아있게 되는 경우가 많고 따라서 수온이 상당히 낮다. 작은 저수지에서는 표수층의 두께는 작으면 1m 내외에 불과한 경우가 많다. 따라서 저수지의 성격에 맞추어 표면수를 취수할 수 있도록 해야한다.

(2) 灌溉水温 上昇對策

① 溫水池

전술한 바와 같이 물의 수온은 水源에 따라 다르며 일반적으로 하천의 流水의 온도 보다도 저수지의 수온이 오히려 높아서 저수지를 가지고 있는 논은 냉해가 적다. 따라서 산간의 저수온지대 이거나 발전용 取水의 경우와 같이 냉해의 우려가 있는 경우에는 溫水池를 만들면 효과가 있다.

온수지에는 貯水型과 유수형이 있다. 貯水型 溫水池는 저수와 수온상승의 2가지 목적을 겸한 것으로서 골짜기를 Dam으로 막아 수시로 표층수를 취수하는 형식이다.

이 경우에 表水層, 變水層, 深水層이 형성되며 그 층의 두께나 수온분포는 온수지의 크기, 기후 조건에 따라 다르며 보통 표층수의 온도는 平衡溫度와 거의 같게 된다. 그리고 취수의 경우 표층층 밑의 찬 물이 섞여 들어오지 않도록 온수취수 시설을 잘 만들어야 한다.

游水型 溫水池는 저수를 목적으로 하지 않고 그 유입량과 유출량은 대략 같은데 구조상으로 다시 2가지로 나뉘어 진다.

하나는 저수형과 마찬가지로 산골짜기를 Dam으로 막은 것으로서 관계기간중 계속 유입유출이 이루어진다. 보통 수심은 5~9m 물의 체류시간은 수일 정도면 된다.

또 하나는 보통 평지에 조성하고 그 규모는 저수형에 비해 작은 것이 보통이다. 수심은 0.5~2.0m, 체류시간은 10~30시간 정도이고 유량은 0.5 m<sup>3</sup>/sec 정도로한다. 이 온수지설계에 있어서는 일반적으로 설치지점의 기상조건, 지형, 수면적과 그 용적, 유입 및 유출량등에 따라 체류시간과 수심을 조정해야 한다. 즉 기온이 높을 때 유입수의 수온만이 특히 낮은 곳에서는 수심을 얇게 (보통 2m 이하) 체류시간도 다소 짧게 계획해야 하고 또 밤에 특히 기온이 내려가는 지방에서는 밤의 수심을 깊게 하는 것이 좋다.

온수지의 수온상승효과의 예를 들면 표 2와 같다.

② 迂廻水路

취입구에서 논에 바로 물을 넣지 않고 어느 거

〈表 2〉 溫水池의 水温上昇效果

溫水池	滿水面積(㎡) 및 水深 (m)	貯水量 (㎡) 및 灌溉面積(㎡)	流入水量 및 取水量	流入水温 (°C)	流出水温 (°C)	上昇度 (°C)
A	4,455	4,485	0.113	17~18	22.0 (水面)	4
	1.52 (最大)	12	0.312	(7月 10日)	20.0 (中間) 18.0 (水底)	
B	13,000	17,000	0.112~	10.8~13.2 (6月)	15.2~17.0 (6月)	3~7
	2.5 (最大)	35	0.196	10.8~13.7 (7, 8月)	14.0~18.8 (7月)	

리만큼 물을 우회시켜서 그 사이에 수온을 상승시키도록 하는 수로이며 이 수로에서는 유속도 되도록 느리게 하는 것이 효과적이다.

우회수로의 형태는 입지조건에 따라 다르지만 일반적으로 한결형, 두결형, 滯留型, 蛇行型, 並行型등이 있으며 그 길이는 2~3m에서 30~40m 정도로 하고 나비는 대략 60~70cm 정도로 한다.

③ 溫水路

用水源의 수온이 낮아서 직접관개하면 냉해를 입을 우려가 있을 경우에 용수원에서 관개지까지 가는 사이에 온수로를 조성하여 이 수로를 통과하는 사이에 수온을 상승시키는 방법이다.

온수로를 설계하는 경우에는

첫째 수로노선의 위치로서는 산 모퉁이나 경지 사이를 통과하도록 하고 해가 잘 쬐이며 지하수나 샘물이 유입하는 곳 또는 바람이 세찬 곳, 그늘진 곳은 피해야 하고

둘째 흙水路보다 Concrete水路나 Asphalt 수로가 효과적이며

셋째 수심은 50cm 이하, 유속은 50cm/sec 이하, 그리고 나비는 5m 이상 될 수 있는 한 넓게하는 것이 좋다.

넷째 수온상승효과를 더욱 높이려면 온수지도 함께 시설하면 좋다.

온수로의 수온의 일변화를 나타내면 표 3과 같다.

④ 취수방법에 의한 대책

앞에서도 언급한바와 같이 저수지의 물은 수심에 따라 수온의 차이가 크기 때문에 수온이 높은

표면에서 취수하도록 하고 있다. 그 취수장치를 취수탑이라 하며 수직원통구조물을 세우고 그 側壁에 취입 Valve를 달아 이것을 상부에서부터 차

레로 열어서 표층수를 취수할 수 있게 만든 것이다. 그런데 이때에도 취수장치의 성능의 수온분포와 취수온에 영향을 끼치게 된다.

〈表 3〉

溫水路 水温의 日變化

時刻 觀測事項	8 日												9 日												日 平均	晝間 平均 (7~18時)	夜間 平均 (19~0時)
	13時	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
氣 溫	30.8	30.8	30.9	31.9	31.8	28.6	26.3	21.4	24.1	22.8	22.0	21.3	21.8	22.7	22.5	21.3	22.2	24.8	27.7	29.1	29.8	30.8	30.8	30.2	26.5	30.3	22.8
入口水溫 ①	15.1	15.5	14.4	13.8	13.0	11.8	11.1	10.9	10.8	10.7	10.7	10.5	10.3	10.3	10.3	10.3	10.0	10.1	11.3	11.7	11.8	12.5	13.2	13.8	11.8	13.2	10.5
水路末端 水溫 ②	22.3	23.0	22.0	20.9	19.8	17.2	14.2	13.2	12.2	12.1	11.5	11.4	11.3	11.3	11.3	11.2	11.2	11.3	11.4	14.4	16.7	18.2	19.2	22.1	15.4	18.9	11.9
水路水溫 變化①-②	7.2	7.5	7.6	7.1	6.8	5.4	3.1	2.3	1.4	1.4	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	0.1	2.6	4.9	5.7	6.0	8.3	3.7	5.7	1.4

현재 관개용수 취수장치에는 越流式 (Overflow type) 과 浮動式 (Floating type) 의 2종이 있다. 越流式은 可動門扉 또는 Cylinder gate로 하는 것인데 표층수의 유출에 따라 深部の 냉수가 따라 나와서 취수온을 저하시키는 결점을 가지고 있다.

浮動式에 있어서는 주반알과 같은 원형 Float로서 항상 표면상에 떠 있는 동시에 溫水취수조건을 만족시킬 수 있도록 설계된 깔대기형 取水盤이 있어서 그 끝에서 표층수가 2분되기 때문에 越流의 密度流와 다른 流場을 나타낸다. 이 때문에 취수구 부근의 수온분포를 현저하게 변화시켜서 온수취수의 효과를 더욱 조장한다. 즉 취수장치의 성능여부가 수온분포, 따라서 취수온을 크게 지배한다. 이 Float 즉 取水盤의 지름을 크게 해서 취수유속을 될 수 있는대로 작게 할 수 있어서 온수취수의 조건을 만족시킬 수 있다.

Cylinder gate에서는 취수관자체를 크게 하지 않으면 안되기 때문에 경제적견지에서 불리하다.

⑤ 上下混合法에 의한 昇溫方法

오늘날 까지 저수지의 저류수온을 상승시키는 방법은 오로지 태양열을 받게 해서 상층수의 수

온을 상승시키는 것이었으나 근래 혼합법에 의해 昇溫効果を 올리는 方法이 개발되었다. 즉 Dam 내의 溫度成層이 發達하면 水層이 안정되어 상하 혼합이 일어나지 않는다. 이 때문에 심부의 물은 溶存酸素의 缺乏을 가져오고 때로는 異臭를 발해서 음료수로서도 사용불가하게 되고 魚類의 生殖도 불가능해질 때가 있다. 그래서 이 溫度成層을 破壞해서 強制的으로 上下水를 混合시켜 溶存酸素를 증가시킴으로써 수질을 개선하는 방법이 이미 30年前부터 연구되기 시작하였다. 이 上下混合法을 Dam의 수온상승에 이용될 수 있을 것이라는데 착안해서 Air lift 혼합법을 실시해 본 결과 「저수지의 1지점에서 물을 上下混合함으로써 하층의 냉수가 승온하기 시작하여 표층과 거의 동일한 온도에 까지 昇溫되고 이것이 차차 저수지 전체에 미치게 된다」는 사실이 명백해졌다.

이렇게 되면 저수지전체가 하나의 온수지가 되는 것이며 이것이 실현되면 증래와 같이 표층수만을 취수하려고 애쓰지 않아도 될 날이 기대된다.

다만 외국에서 실시되고 있는 상하혼합법은 공기혼입에 의한 수질개선을 주목적으로하여 상수

도용수 확보나 양어를 위한 발상지 溫度成層을 해소해서 저수지의 물의 等溫化를 목적으로한 것은 아니다. 뿐만 아니라 현시점에서 관개기의 온수취수를 목적으로해서 상하혼합법을 채용한다는 것은 천혜의 표층온수를 취수하지 않고 安定成層을 파괴하기 위해 별도의 동력을 사용해야 한다는 결점이 있어 실용성은 없다.

여기에 첨언해둘 것은 저수지에서 관개용수를 취수하는 경우의 물관리상의 유의점 몇가지이다.

첫째는 融雪水가 多量으로 流入하는 山間地의 Dam에 있어서는 低溫인 融雪水가 표층수를 밀어 올려서 餘水吐로 방출시키기 때문에 수면의 수온상승이 방해가 된다. 따라서 이러한 지방의 Dam 건설에 있어서는 미리 유입수량의 계절변화를 조사한 다음 土砂吐를 통해서 방수시킴으로써 여수토를 넘어가는 수량을 줄이도록 설계해야 할 것이다. 또한 既設저수지에 있어서는 餘水吐에서 항상 越流하는 따위의 일이 없도록 저수지관리에 세심한 배려가 필요하다.

둘째로 관개기관에는 表層취수를 하고 그 밖의 기간에는 底部 취수를 실시해서 Dam 内の 저열량의 증가를 도모하여 溫水取水를 有效하게 해야 할 것이다.

셋째, 앞에서도 언급한대로 취수장치의 相違가 취수구 부근의 密度流 즉 수온분포를 지배해서 溫水取水能率에 큰 영향을 끼치는 것이므로 施設計劃時에 이를 충분히 고려할 것.

⑥ 灌溉方法에 의한 冷水對策

가. 止水灌溉

漏水량이 적은 논은 한번 관개한 다음 물꼬를 막아버림으로써 냉수피해를 어느 정도 경감시킬 수 있다. 관개의 시각은 일반적으로는 논의 수온과 用水溫의 差가 적은 이른 아침에 관개하면 水稻에 대한 영향도 적고 晝間의 昇溫에도 유리하다. 다만 漏水程度와 야간의 냉해지는 程度에 따라서는 저녁때 관개하는 것이 유리할 때도 있다.

나. 晝間止水, 夜間灌溉法

漏水가 많은 지대에서는 내리흘림식 관개에 의한 물꼬피해방지를 위해서 效果가 있는 방법으로서 저녁때 부터 내리흘림식 관개를 실시하고 이른 아침에 그치는 것이다. 냉수피해는 晝間의 低

溫水에 의해서 일어나기 때문에 야간의 10~15℃의 냉수는 거의 장애가 되지 않는다.

다. 分散灌溉

同一水量을 관개하는 경우에 물꼬를 여러 갈래로 쪼개서 넓게 조금씩 넘어들어가게 하는 방법이다. 여기에는 작은 구멍을 뚫은 分散板을 사용할 수도 있으며 태양의 복사열을 잘 이용할 수 있는 것이다.

라. Tube 관개

길이 40~50m, 지름 10cm, 가량의 Poly-ethylene Tube 속에 냉수를 도입해서 이것을 논에 대어 관개하는 방법으로서 Tube 속을 흐르는 냉수는 돌레의 물과 일사에 의해 더워진다.

마. 間斷灌溉 또는 無溫水灌溉

냉수의 관개수량을 될 수 있는 대로 적게 하는 것이 냉수해대책의 근본인데 그 방법으로서 地面의 오목한 곳에 물이 담길 정도로 水量을 넣고 불필요한 多量의 물을 관개하지 않으면 냉수해를 어느정도 막을 수 있다. 이것을 數日 걸러 실시하면 이것이 間斷灌溉이며 더욱 灌溉期間이 길어지면 無溫水栽培가 된다.

⑦ 水溫上昇劑 사용법

근년 水溫上昇劑로서 OED를 사용하여 저온시의 수온상승에 이용되고 있다. 이것은 원래 蒸發抑制劑로서 수면에 떨어트리면 그 하나 하나의 분자가 수면에 퍼져서 얇은 분자막을 형성하여 수면증발을 억제함으로써 수면으로부터의 방열을 방지해 준다. OED의 승온효과는 맑은 날에 크고 10℃ 정도 상승하는 경우도 있으며 평균 2~3℃의 상승효과가 있다.

⑧ 結 언

水稱의 安定多收護에 있어서 물관리가 중요한 것은 농업에 관계하는 사람이면 모르는 자 없을 것이다. 그러나 우리나라의 답작에 있어서 물관리가 충분히 이루어지고 있는 면적은 상상이외로 적은 것이다. 그 이유는 하나의 신품종의 도입이나 시비법의 개선이 개인기술로서 쉽게 농가에 침투되는데 대해 물관리기술은 우리나라의 토지조건, 경영형태, 사회적 경제적 여건 때문이다.