

산간 계곡의 지하배수관 설치에 따른 벼 냉수피해 사례분석

심교문* · 정명표 · 김용석 · 최인태
국립농업과학원

(2015년 7월 19일 접수; 2015년 9월 22일 수정; 2015년 9월 29일 수락)

A Case Study on Cold Water Damage to Rice by Installation of Underground Drain Pipe at a Mountainous Valley

Kyo-Moon Shim*, Myung-Pyo Jung, Yong-Seok Kim and In-Tae Choi

National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju, Korea

(Received July 19, 2015; Revised September 22, 2015; Accepted September 29, 2015)

ABSTRACT

The complaint was filed for the cold water damage to rice in accordance with the installation of buried drain pipes in the mountainous areas of the valley. Field research was conducted in order to identify and analyze relevance of cold water damage to rice with underground drain pipe installation. In conclusion, water temperature was analyzed by 0.5 to 4.5°C lower than before the installation of underground drain pipes, so the cold water damage to rice was likely to occur at the rice paddy field using cold water passing through the underground drain pipe. Therefore, the rice harvest was estimated to be impossible without appropriate measures of water temperature rise such as use of small unshaded warming basins, before water is applied to fields.

Key words: Cold water damage, Rice, Underground drain pipe, Water temperature

I. 서 론

벼 재배를 안정시키고 다수확을 올리기 위해서는 초기생육을 왕성하게 하는 것이 매우 중요하다. 초기생육을 왕성하게 하기 위해서는 건전한 모를 이식하는 것이 첫째 조건이지만 벼의 생육, 환경개선, 특히 논 의 관개수 온도를 상승시키는 것이 냉수지대의 논에서 는 매우 중요하다(Tsuboi, 1983).

일반적으로 벼 재배에 있어서는 기온보다 수온이 더 직접적이고 중요한 환경요소로서 작용한다(Kim, 1992). 특히, 논 의 미기상은 물관리 방법에 따라 크게 달라질 수 있는데, 계곡수와 냉수를 농업용수로 이용 하는 산간지역에서는 수온 상승을 위한 물관리가 벼

재배 성패의 주요 관건이라 할 수 있다. 수온을 상승 시키는 방법에는 여러가지가 있는데, 어느 방법을 선택할건가는 논 의 입지조건 등을 고려하여 결정할 것이 나, 단독으로 하는 것보다는 조합하여 하는 것이 한층 더 효과가 있다(Cha and Kim, 1989).

일반적으로 냉수해는 냉수(저온수)가 논에 관개되기 때문에 발생하는 피해이므로, 관개법을 인위적으로 개 선함으로써 피해를 경감할 수 있다. 관개용수가 저온 이기 때문에 벼가 냉수해를 입게 되어 수량이 떨어지 는 소위 냉수지대에 있는 논을 냉수답이라고 하고 (Tsuboi, 1983), 이러한 냉수답의 수온대책은 크게 2 가지 유형으로 나눌 수 있다. 첫째는 농업용수가 논에 들어가기 전에 수온을 상승시키는 대책으로 우회수로



* Corresponding Author : Kyo-Moon Shim
(kmsnim@korea.kr)

와 온수로 등이 있고, 둘째는 관개방법에 의한 대책으로 절수관개, 튜브관개 등이 일반적으로 알려져 있다 (Lee, 1987).

최근에는 농경지 주변으로 고가도로, 건물 등의 인공구조물의 설치에 따른 분쟁사건들이 증대되고 있다 (Anti-corruption & civil rights commission of KOREA, 2015). 농작물의 일조, 강풍 및 분진피해에 관한 것이 대부분이지만, 2014년 7월에는 특이하게 산간지역의 계곡물길의 매립과 지하배수관의 설치에 따른 계곡 하류 쪽의 논에서 재배되는 벼의 냉수에 의한 피해 민원이 발생하였다. 이에, 산간지역에서 발생한 벼 냉수해 원인에 대한 현장조사와 원인을 규명하기 위해 본 연구를 수행하였고, 연구결과를 단보형식으로 본 학회에 보고하여 향후 유사한 분쟁이나 민원에 참고자료로 활용하고자 한다.

II. 재료 및 방법

2.1. 민원 개요

골프장을 조성하면서 이전에 계곡물이 흐르던 물길

을 약 1.5km 매립하고, 이곳에 인공 지하배수관(플라스틱관, 파형강관, 콘크리트 박스 등)을 설치하였다. 이후 지하배수관에서 흘러나온 물을 관개한 하류쪽 벼재배 논에서 냉수해가 발생되고 있어, 자연적으로 흐르던 계곡물을 땅에 기반배수를 하고 매립을 했을 때 물의 온도변화와 그 물을 농업용수로 이용하는 벼논에는 어떤 영향을 줄 수 있는지에 대한 현장조사가 요청되었다(The People's online petition and discussion portal, 2014).

2.2. 수온 측정

민원 발생지역 계곡물의 온도변화를 조사하기 위해 골프장 사업장의 계곡 상류(지점 1), 인공 지하배수관 출구(지점 2), 비닐튜브관개 출구(지점 3), 계곡 하류(지점 4) 등 4지점을 선정한 후(Fig. 1), 2014년 7월 18일, 11시부터 13시까지 순차적으로 각각의 조사지점에 고정판을 박고, 케이블 타이를 이용하여 수온측정 센서를 고정판에 결박하는 방식으로 수온측정 센서를 수면아래 10cm 부근에 수직으로 위치하도록 설치하였



Fig. 1. Location of sample points for water temperature measurement at study site. The point 1, 2, 3, and 4 are located at valley upstream, underground drain pipe entrance, underground drain pipe outlet, plastic tube outlet, and valley downstream, respectively.



Fig. 2. Photo of the water temperature sensor installation at point 1.

다(Fig. 2). 본 연구에 사용한 수온측정 센서(Model U22-001, Onset Computer Corp., USA)는 센서로 거일체형으로 정확도는 $\pm 0.21^{\circ}\text{C}$ 이고, 1분 간격으로 측정하여 저장하도록 설정하였다. 수온측정 센서는 현장설치 5일 후인 2014년 7월 22일에 수거하여 저장되어 있는 수온측정 자료를 분석에 활용하였다. 조사지역의 기온 및 강수량은 기상청 방재기상관측지점 중 민원현장과 가장 가까운 지점의 값을 이용하였다.

III. 결 과

3.1. 피해 논 의 용수원 조사

민원이 발생한 냉수피해 논은 곡간지 계단식 논으로 골프장 조성 전에는 인근 계곡물을 약 200m 비닐튜브로 연결하여 농업용수로 이용하였으나, 골프장 조성 후에는 1.5km 길이의 지하배수관(3~10m 깊이)에서 흘러나오는 물을 약 200m 비닐튜브로 연결하여 벼 논에 관개하고 있었다(Fig. 3).



Fig. 3. Photo of plastic tube irrigation for water temperature rise.

Table 1. Comparison of growth between normal and cold water damaged rice in July 18

Rice	Plant height (cm)	Tillers (no. per hill)
Cold water damaged (a)	35	11
Normal (b)	79	21
Difference (a-b)	-44	-10



Fig. 4. Rice growth conditions at the paddy field damaged by cold water.

3.2. 피해 논 의 벼 생육 및 수량조사

민원 발생 현지 논의 벼 생육상황을 관찰한 결과, 피해를 받지 않는 벼는 영화분화 중기로 이삭길이가 15~35mm이었으나, 같은 포장내의 피해 벼는 아직도 이삭이 생기지 않았으며, 포기당 분얼수와 초장이 정상 벼의 1/2 수준으로 조사되었다(Table 1). 이러한 현상은 농업용수 유입구와 가까울수록 심한 경향을 나타내었다(Fig. 4). 또한 수확시기에 조사한 벼 수량 및 수량구성요소는 Table 2에 나타내었는데, 냉수 유입구 주변의 피해를 받은 벼의 수량은 2.87t ha^{-1} 로 정상 벼(4.78t ha^{-1})의 60% 수준으로 조사되었다.

3.3. 피해 논 주변의 수온 분석

조사 인근지역의 2014년 7월 19일부터 21일까지 3

Table 2. Comparison of yield and yield component between normal and cold water damaged rice in harvesting time

Rice	Yield component			
	Panicle number (no. m^{-2})	Percent ripened grain (%)	1000 grain weight (g)	Yield (t ha^{-1})
Cold water damaged (a)	13.5	66.7	22.8	2.87
Normal (b)	17.1	86.5	23.6	4.78
Difference (a-b)	-3.6	-19.8	-0.8	-1.91

Table 3. Change and difference of daily mean water temperature (°C) from July 19 through July 21 at 4 points

Item	Jun. 19	Jun. 20	Jun. 21	Ave.
Point 1(a)	15.9	16.4	16.2	16.2±0.15 ^b
Point 2(b)	14.0	14.2	14.1	14.1±0.06 ^d
Point 3(c)	14.7	14.9	14.8	14.8±0.06 ^c
Point 4(d)	19.5	20.1	19.8	19.8±0.17 ^a
Diff.(b-a)	-1.9	-2.2	-2.1	-2.1
Diff.(b-c)	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7
Diff.(b-d)	-5.5	-5.9	-5.7	-5.7

Table 4. Change of difference of daily maximum water temperature (°C) from July 19 through July 21 at 4 points

Item	Jun. 19	Jun. 20	Jun. 21	Ave.
Point 1(a)	17.4	18.8	18.4	18.2±0.42 ^b
Point 2(b)	14.1	14.7	14.5	14.4±0.18 ^c
Point 3(c)	15.3	16.0	16.0	15.8±0.23 ^c
Point 4(d)	21.7	23.9	22.8	22.8±0.64 ^a
Diff.(b-a)	-3.3	-4.1	-3.9	-3.8
Diff.(b-c)	-1.2	-1.3	-1.5	-1.4
Diff.(b-d)	-7.6	-9.2	-8.3	-8.4

일 동안 일평균기온은 26.1°C 였으며, 일최대기온 및 일최저기온의 평균은 각각 32.3°C, 21.0°C 이었다. 그리고 조사기간 동안에 강우현상은 없었다.

지하배수관 출구지점(지점 2)의 조사기간 동안 일평균수온의 평균은 14.1°C로, 계곡 상류지점(지점 1) 및 계곡 하류지점(지점 4)보다 각각 2.1°C, 5.7°C씩 낮았고, 논으로 흘러가는 비닐튜브관개 출구지점(지점 3)보다는 0.7°C 낮은 것으로 분석되었으며, 지점 2와 3의 일평균수온은 지점 1에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 조사되었다(df=3, F=446.077, p<0.05)(Table 3).

일최고수온과 일최저수온의 평균도 지점 2에서 가장 낮게 조사되었다. 지점 2와 지점 3의 일최고수온의 평균은 14.4°C와 15.8°C로, 지점 1(18.2°C)에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다(df=3, F=81.803, p<0.05)(Table 4). 또한, 지점 2의 일최저수온의 평균은 13.9°C로, 지점 1과 지점 4보다 각각 0.6°C, 3.9°C 낮았고, 지점 3보다는 0.5°C 낮았으며, 지점 2의 일최저수온은 다른 지점에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 분석되었다(df=3, F=1295.519, p<0.05)(Table 5).

Fig. 5는 4개 조사지점의 수온 변화를 시간별로 나타낸 그래프이다. 지하배수관출구지점(지점 2)과 비닐

Table 5. Change and difference of daily minimum water temperature (°C) from July 19 through July 21 at 4 points

Item	July 19	July 20	July 21	Ave.
Point 1(a)	14.6	14.4	14.5	14.5±0.06 ^b
Point 2(b)	13.9	13.9	14.0	13.9±0.03 ^c
Point 3(c)	14.3	14.3	14.5	14.4±0.07 ^b
Point 4(d)	17.9	17.8	17.8	17.8±0.03 ^a
Diff.(b-a)	-0.7	-0.5	-0.5	-0.6
Diff.(b-c)	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5
Diff.(b-d)	-4.0	-3.9	-3.8	-3.9

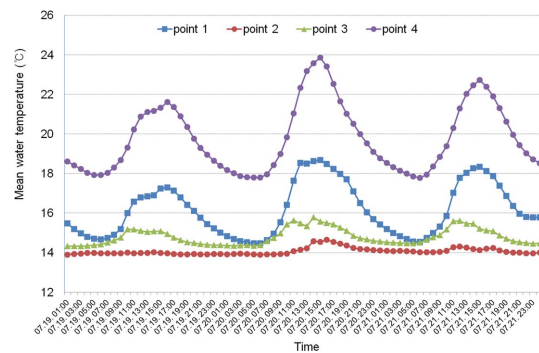


Fig. 5. Change of timely mean water temperature from July 19 through July 21 at 4 points.

튜브관개 출구지점(지점 3)의 수온 일교차는 1°C 내외로, 일 변동이 적은 반면에 계곡 상류지점(지점 1)과 계곡 하류지점(지점 4)의 수온 일교차는 3°C 이상으로 일 변동이 큰 것으로 조사되었다. 또한, 1.5km 길이의 지하배수관을 통과한 물의 온도는 지하배수관을 통과하기 전의 계곡 상류의 물보다 평균 2.1°C, 최대 4.5°C, 최소 0.5°C 낮게 분석되었다.

IV. 고 찰

지하배수관 출구지점(지점 2)과 계곡 하류지점(지점 4)은 거리상 약 3km 떨어져 있고, 조사기간 동안 두 지점의 일최저수온과 일평균수온은 각각 3.9, 5.7씩 증가하여, 지하배수관을 설치하지 않은 자연적으로 흐르는 계곡물의 경우에는 단위거리당(km) 약 1.3, 1.9 수온 상승이 있는 것으로 분석되었다. 즉 골포장 조성으로 계곡 상류지점(지점 1)과 지하배수관 출구지점(지점 2) 사이에 설치된 지하배수관(플라스틱관, 파형강관, 콘크리트 박스 등)은 태양열에 의한 계곡물의 온도상

승 효과를 저해하고, 추가로 지하 냉기효과를 조장하여, 계곡물의 수온을 골프장 공사이전보다 밤시간 최저수온을 1.0°C 이상, 낮시간 수온을 2.0°C 이상 낮췄을 원인으로 파악되었고, 지하배수관 출구지점의 수온은 지하배수관 설치 전 보다 약 1.5°C 이상 낮았을 것으로 예측되었다. 따라서, 지하배수관을 통과한 냉수를 농업용수로 사용한 인근 논에서 벼 냉수해가 발생한 것으로 판단되었다.

조사지점의 기온은 벼 생육 적온범위에 포함되었지만, 비닐튜브를 통과하여 논으로 흘러들어가 농업용수의 온도가 벼의 생육상 이삭이 형성되는 시기에 15°C 이하로 관측됨에 따라 향후 적절한 수온상승 조치를 취하지 않으면, 벼가 냉수해를 입게 되어 정상적인 수확이 불가능할 것으로 판단되었다.

비록 민원발생 논에서는 비닐튜브를 사용한 관개로 냉수담의 수온상승 대책을 수행하고는 있었지만, 비닐튜브의 길이가 짧고, 계곡 및 산비탈의 음지에 설치되어 있었을 뿐만 아니라, 비닐튜브를 통과한 용수를 바로 대상 논에 공급함으로 인해 태양열에 의한 수온상승 효과가 다소 미미한 것으로 분석되었다.

벼 재배 초기의 농업용수는 뿌리 활착 및 활력과 밀접한 관계가 있기 때문에 저온의 산간 계곡물이 논으로 유입되는 과정에서 물길을 돌리거나, 논 옆에 빗물을 모아둘 수 있는 큰 웅덩이를 만들어 수온이 높아진 물을 농업용수로 활용하는 등(Franklin *et al.*, 1957), 다양한 영농대책이 취해져야 할 것으로 판단되었다. 또한, 논의 표면에서 증발하는 수증기를 억제시키는 방법과 논바닥의 다짐을 통해 누수를 막아서 관개하는 냉수의 양을 덜게 하는 방법도 수온을 상승시키는데 유효할 것으로 조사되었다(Cha and Kim, 1989).

본 단보는 짧은 조사기간과 민원해결 중심의 분석 등으로, 지하배수관의 설치에 따른 수온하강 효과와 벼 생육 및 수량에 미치는 영향 및 대책에 대한 심도 있는 분석과 고찰이 부족하다는 한계점을 보이는 있는 바, 향후 추가적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단되었다.

적 요

산간지역의 계곡 물길의 매립과 지하배수관의 설치에 따른 인근 논에서 벼 냉수해에 대한 민원이 제기되어 벼 냉수해와 지하배수관 설치의 연관성 유무를 파악하기 위해서 현장조사 및 분석을 실시하였다. 결론적으로 지하배수관 설치로 인하여 계곡물의 온도가 지하배수관 설치 전보다 0.5~4.5°C 범위로 낮아진 것으로 분석되었고, 이 냉수를 농업용수로 관개한 하류 쪽 논에서는 벼 냉수해가 발생할 가능성이 매우 높았을 것으로 판단되었다. 따라서, 적절한 수온상승 조치를 취하지 않으면 냉수해로 인하여 정상적인 수확이 불가능할 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ00935301)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Anti-corruption & civil rights commission of KOREA, 2015: <http://www.acrc.go.kr>.
- Cha, J. H. and K. S. Kim, 1989: *Agricultural and Forest Meteorology*. Sunjin-munhwa publishing Co. Seoul, Korea, 305pp. (In Korean).
- Franklin, C. R., M. H. Robert, and F. C. Dwight, 1957: Water temperature in irrigation: Cold water damage to rice can be controlled by use of small unshaded warming basins before water is applied to fields. *California Agriculture* **11**(4), 19-37.
- Kim, K. S., 1992: *Agricultural meteorology*. Hyangmoon publishing Co., Seoul, Korea. 354pp. (In Korean)
- Lee, E. W., 1987: *Paddy rice crop*. Hyangmoon publishing Co., Seoul, Korea. 367pp. (In Korean)
- The People's online petition and discussion portal, 2014: Number of acceptance: 2AA-1407-083006(2014.7.7). <http://www.epeople.go.kr>.
- Tsuboi, Y., 1983: *Agricultural production and agrometeorological technology in Korea*. Kidari publishing Co., Seoul, Korea. 200pp. (In Korean)