

지열을 이용한

계사 온도조절

본고는 계사내 온도를 여름철에는 낮추고 겨울철에는 높일 수 있는 지하 저장에너지 활용을 위해 인도에서 행한 실험 결과이다.

- 편집부 -

현 재의 에너지 고갈과 비용상승을 고려하여 에너지 소비를 최대한 낮출 수 있는 열교환 시스템이 낮은 감은 있지만 주목을 받게 되었다.

이 장치는 바로 지구 내부에 존재하는 열을 파이프를 이용하여 공기의 온도를 자율적으로 조절해줄 수 있는 열교환 장치이다. 열교환장치는 땅속에 묻혀서 지하열이 파이프에 전달되는 원리를 이용하고 이 파이프에 공기가 통과하면 지상의 온도와 지하의 온도차에 따라 열이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동되는 것을 이용한 것이다.

공기는 외부로 노출된 파이프의 끝을 통해

들어오고 나가도록 되어있다. 공기가 계사내로 들어오기전에 파이프의 길이와 공기순환양이 적절하게 대응관계에 있어야 한다. 파이프는 기온의 변화가 없는 땅속 깊은 곳에 위치해야 한다. 외부의 찬공기나 더운 공기가 계사내에서 직접 사용되는 것이 아니라 파이프에서 온도를 높게 하거나 낮추어서 에너지의 사용량을 줄일 수 있도록 되어 있다. 이 장치는 몇가지의 중요한 시설만 하면 사용이 가능하도록 되어 있다.

즉 파이프의 길이, 직경, 금속의 이용정도, 기온, 외부온도 그리고 파이프가 얼마나 깊게 묻혀 있느냐가 가장 중요한 요인이 되고 있다.

1. 파이프의 직경과 외부온도의 영향

땅속에 묻혀있는 파이프내에서의 온도증가는 파이프의 길이에 대하여 다양한 온도의 차이를 보인다. 겨울철에는 열이 파이프밖에서 파이프내 공기쪽으로 흐를때 계사내 온도는 올라가고 반대로 여름철에는 열이 파이프내 공기쪽에서 파이프를 통해 땅쪽으로 흐를 때 낮아진다. 계사내의 온도변화의 차이는 설계자가 어떻게 설계를 하느냐에 따라 많은 변화가 발생한다.

열량 증가는 밖의 공기가 파이프에 들어왔을 때 파이프의 직경에 따라 변화가 심하다. 파이프내 공기의 열량증가는 직경이 0.1m일 때 최대치로 나타났다. 공기가 직경이 작은 파이프에서 직경이 큰 파이프로 이동할 때 열량증가와 파이프내 공기 압력은 떨어진다. 직경이 0.1, 0.2, 0.3, 0.4m인 파이프 중 효율이 가장 좋은 것을 찾을 수 있다. 주변의 온도가 깊은 곳의 지온보다 낮을 경우 열은 파이프내의 공기중으로 이동하게 되고 반대로 지온이 기온보다 낮을 경우 땅으로 이동한다. 땅에서 열을 잃은 양 만큼 외부공기가 파이프내에서의 온도의 상승은 그 만큼 높아지게 된다.

2. 파이프의 위치

지표보다 낮은 위치에 있는 파이프는 그 위치

의 높낮이에 따라 온도 변화는 매우 다양하게 나타난다. 파이프가 깊이 위치하면 온도변화가 거의 없기 때문에 좋다. 파이프의 직경이 0.2m이고 길이는 12~13m일 때가 가장 좋은 효율을 보인다. 만약 파이프의 직경을 작게하거나 파이프를 낮게 묻으면 같은 온도에서 파이프의 길이는 상대적으로 길게해야 효과가 크다.

이 실험은 Ludhiana에 있는 Punjab농과대학 부설 가금농장에서 실시되었다. 길이는 13m, 직경이 0.2m인 PVC파이프 3개를 깊이 1.7m에 묻었다. 장비의 배열은 그림 1과 같다.

실제의 장비를 계사안에서 연습으로 사용할 때에 파이프의 길이, 작용시간, 그 밖에 공기가 파이프를 통과할 때의 온도와 공기의 속도 변화를 달리하여 실험하였다. 실험 결과는 파이프내 공기속도는 5m/초이고 파이프의 길이가 13m일 때 2시간동안에 온도 증가는 11~11.5℃로 나타났다.

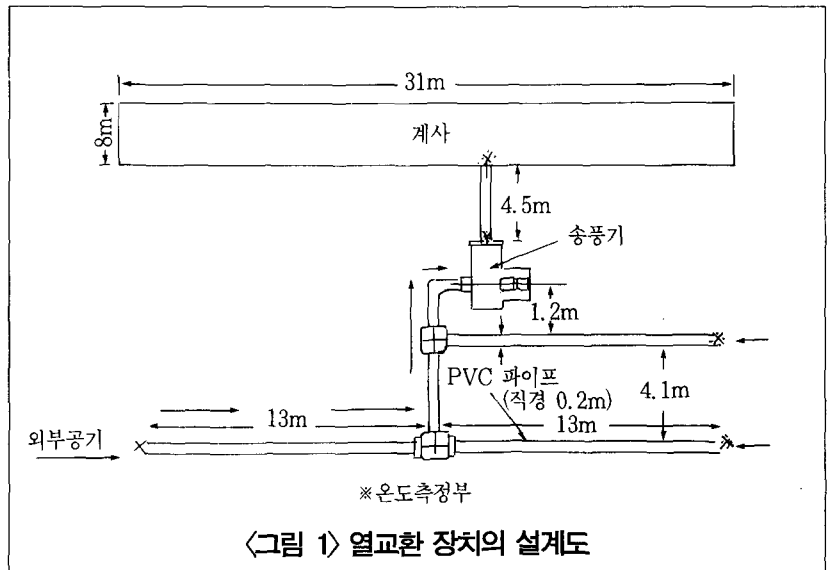
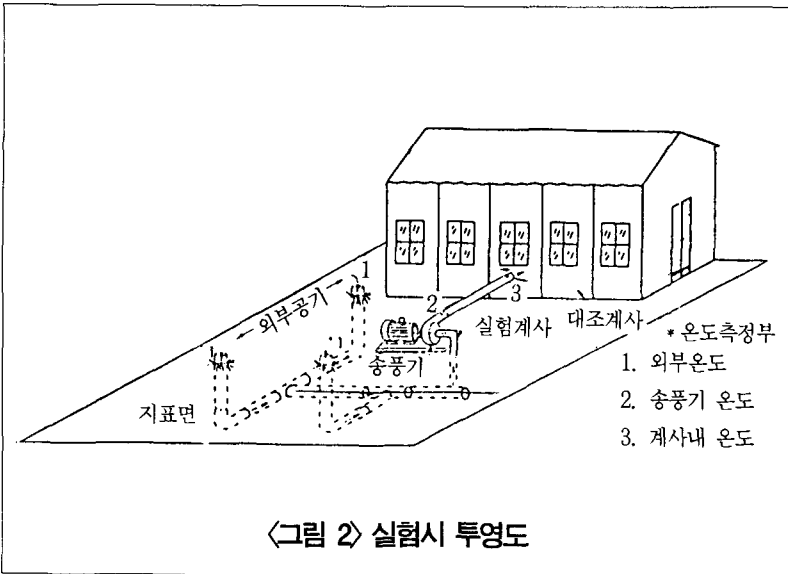


표 1. 열교환기의 온도증가 (단위 : °C)

실험시간		공기속도(m/초)				
		0.5	1.3	4.5	10.5	
실험 시작 직후	외부공기와 토양사이의 온도차 온도증가	12.0	11.0	11.5	12.2	
	3m	4.8	2.0	1.8	1.0	
	6m	10.0	3.8	3.0	2.5	
	12m	11.5	6.2	5.0	3.8	
	1시간후	외부공기와 토양사이의 온도차 온도증가	12.5	12.5	12.0	13.2
1시간후	3m	3.8	2.8	0.8	0.8	
	6m	9.5	5.5	2.5	1.8	
	12m	11.0	8.0	4.2	3.8	
	2시간후	외부공기와 토양사이의 온도차 온도증가	13.8	15.0	12.0	11.0
		3m	3.8	2.2	1.2	0.0
6m		9.2	5.8	3.2	0.5	
12m		11.0	8.8	4.2	1.0	

이것은 표1에 잘 나타나 있다. 난방효과는 실험 2시간만에 95.8%에서 79.7%로 낮아졌



<그림 2> 실험시 투영도

다. 공기속도가 0.5m/초일 때 열량증가와 열 효율은 2시간만에 최고에 도달하였다. 이 때 공기가 파이프로 빨려들어 오면서부터 공기의 온도는 바뀌기 시작한다.

각 파이프의 길이는 13m, 파이프내 공기속도는 0.5m/초일 때 2시간동안 파이프에서 공기가 빨려들어가는 것을 관찰하고 조사하였다. 공기가 계사내로 들어가는 경로는 그림 2에 잘 나타나 있다.

표 2. 계절별, 공기속도차에 의한 외부, 송풍기, 실험계사, 대조계사내 온도변화

계절	파이프내 속도 (m/초)	외부온도 °C		송풍기에서 °C		실험계사 °C		대조계사 °C	
		1+	2+	1+	2+	3+	4+	3+	4+
여름	0.5	33.6±0.55	30.3±0.65	30.5±0.74	36.5±0.18				
	1.3	38.6±0.79	31.1±0.32	31.3±0.47					
	4.5	37.5±0.89	33.5±0.45	33.1±0.59					
	10.5	39.6±0.56	35.6±0.54	35.8±0.33					
겨울	0.5	7.64±0.22	16.6±0.19	16.5±0.26	6.6±0.20				

+ : 열교환기 안에서 온도 측정부위

실험은 여름인 5월에서 10월까지, 겨울인 12월에서 2월까지 계사안에서 실시되었다. 5월에 실시된 실험은 파이프내 공기속도를 0.5, 1.3, 4.5, 10.5 이렇게 4가지로 했다. 그리고 온도를 측정 한 곳은 공기가 들어있는 파이프 입구, 송풍기 그리고 공기가 계사내로 들어오는 파이프 끝 부분이다. 겨울에는 공기속도가 5m/초로 행해졌다. 외부 온도변화,

표 3. 인도 Ludhina지방의 월별 기온, 습도, 증기압

월	기온(°C)			습도(%)			증기압(mm)		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
1월	19.7	7.7	13.7	94	56	75	7.7	9.1	8.4
2월	19.7	9.3	14.5	93	63	78	8.7	10.1	9.1
3월	24.6	11.2	17.9	87	42	64	9.7	9.1	9.4
4월	34.2	16.8	25.5	64	20	43	11.3	7.7	9.5
5월	38.5	24.2	31.3	56	29	43	15.4	14.1	14.8
6월	39.3	26.7	33.0	57	35	46	18.0	17.1	13.5
7월	33.2	26.1	29.7	88	68	78	23.8	23.3	23.5
8월	32.9	25.9	29.3	90	72	81	24.1	23.8	23.9
9월	32.6	24.1	28.4	90	63	77	21.9	21.7	21.8
10월	30.7	16.4	23.5	90	36	63	14.0	11.7	12.9
11월	26.9	11.5	19.2	93	36	65	9.9	9.3	9.6
12월	20.2	7.4	13.0	94	50	72	7.6	8.4	8.0

송풍기에서의 온도변화, 실험계사에서 온도변화 그리고 실험장치를 하지 않은 계사내 온도변화를 나타낸 것은 표2와 같다. 이것은 여름에 파이프내 공기속도가 0.5m/초가 되었을 때 38.6°C에서 30.3°C로 최고 8.3°C 정도를 낮출 수 있는 것을 볼 수 있다. 또 겨울에는 계사내 온도 상승은 7.6°C에서 16.6°C로 9°C 정도로 높일 수 있다. 닭이 생활하기 좋은 최적 온도는 10~21°C이다. 닭들에게 있어서 이 온도는 생산율이 높게 나타난다.

1년동안 인도에서 조사한 환경온도, 상대습도, 증기압은 표3과 같다. 5, 6월 최고온도는 38.5°C~39.3°C이다. 이때 산란율은 50%이하고 1일 사료섭취량은 수당 90g이며 닭들은 체온을 저하시키기가 힘들어 열에 의한 스트레스로 폐사율이 높아진다.

이 열교환기로 72주령 백색레그혼 산란계를 가지고 실험하였을 때의 결과이다. 5월에서

10월까지 수당 1,874cm² 공간에서 깔짚을 두 겹씩 깔아 사육하였다. 파이프내의 공기 속도는 0.5m/초이다. 이때 평균 계란생산(HD)은 60.6%이고 최고 산란율은 72.5%이다. 평균크기는 58.8g이고 1일사료섭취량은 수당 135g이다. 계란 12개를 생산하는데 사료 이용량은 2.773kg이다. 이 기간중 폐사율은 12.5%로 나타났다.

12월, 1월, 2월 겨울의 최저온도는 7.4°C이고 1일령 육용계 병아리를 수당 468cm²의 넓이에 깔짚을 두겹씩 깔아 놓고 8주를 키웠다. 평균 증체량은 1,350g이었다. 사료요구율은 2.81로 관찰되고 폐사율은 13.57%였다.

기온이 높을 경우 공기중의 열이 땅쪽으로 이동하여 기온이 저하될 때 공기중의 수증기는 포화 상태가 된다. 만약 파이프내 온도가 이슬점 이하로 내려갈 때 이 수증기가 물로 변하여 파이프내에 물이 고이게 되어 파이프가 막히면 사용할 수 없게 된다.

이러한 문제는 파이프를 계사쪽은 지표와 가깝게하여 경사를 지게하면 한쪽으로 물이 모이게 된다. 물이 모이는 쪽에 웅덩이를 만들어 물이 많이 모아진 다음 퍼내면 문제가 쉽게 해결된다.

열교환시스템이 이용되면서 양계장에서는 여름에는 온도를 낮추고 겨울에는 온도를 높일 수 있어서 많은 에너지를 절약할 수 있게 된다. 그리고 여기에 필요한 시설은 파이프와 송풍기만 있으면 된다. 시설의 최대 장점은 실험결과 처럼 고온건조한 여름, 고온다습한 여름, 그리고 겨울, 모든 계절에 사용이 가능하다는 점이다. **양계**