

겨울철 측벽 전면 윈치커튼 돈사의 환경개선



최 홍 립 교수
(서울대학교 동물자원학과)

본 연구원은 지난 1월 10일부터 15일까지 약 일주일간 (주)우성사료의 지원으로 경기도, 충청지방의 약 20여개 양돈농장을 방문하였으며, 이 기간중 다양한 경로를 통해 제기된 돈사환경의 문제점을 종합분석하여, 이의 해결책을 본고에 개진하고자 한다.

1. 돈사환경 제어의 갈등

우리나라 중부지방(경기, 충청)의 전형적인 돈사는 양측벽의 윈치커튼(curtain)으로 피복되어 있으며, 세장비((細長比) $r = L/W$; L : 길이, W : 폭)가 4~20 정도에 이르러, 폭에 비해 길이가 긴, 단폭장경형(短幅長徑型) 구조물로 시공되어 있다.

이는 양측벽이 풍상(風上, windward)과 풍하(風下, leeward)에 위치하여, 만약 양측벽의 윈치를 모두 개방하였을 때, 측벽간 거리가 짧아 충분한 공기유동을 유도할 수 있는 장점이 있다. 특히 고온다습한 우리나라 여름돈사의 적정 실내환경을 유지하는 데 매우 실용적인 환기시스템으로 인식되고 있다. 물론 봄이나 가을에도 난방열 없이 윈치커튼의 개폐폭 조절만으로 외기온의 변화에 적절히 대응할 수 있는 이점도 있다.

그러나 지난 3년간(1991~1993) 순별 기상자료를 나타낸 <표1>과 같이 겨울이 길며, 일교차가 크고, 바람도 강하며, 일조시수도 적은 중부지방의 동절기 윈치커튼돈사는 피복주장(envelop perimeter, 측벽이나

지붕)에 연하여 대류(convection) 및 전도(conduction)에 의한 열손실이 매우 큰 것으로 나타났다. 또, 겨울철 낮동안 태양복사(radiation)에 의한 열획득은 적고, 밤동안 절대온도의 4승곱으로 복사열 손실이 일어나, 난방열없이 전면 윈치커튼돈사의 적정 열환경을 유지하는 것은 불가능하다.

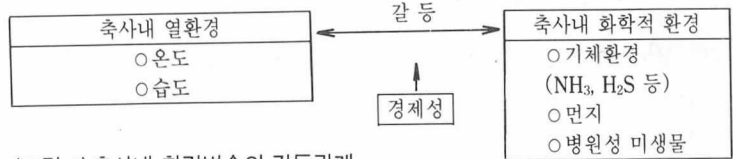
이러한 여름과 겨울의 서로 극단적인 기후에 맞는 돈사를 설계하는 것은 매우 힘들다. 즉, 겨울을 위하여 돈사를 영구화하여, 피복주장의 단열수준을 높이고, 가능한한 밀폐화할 경우 여름에 과도한 열, 습도, 유해기체, 먼지 등의 집적으로 적정 실내환경을 유지할 수 없으며, 여름을 위하여 가능한한 전면 윈치커튼 등의 간이 피복주

<표1> 지난 3년간(1991~1993)의 중부지방 기온자료

| 월 | 순 | 별 | 평균기온(°C) | 최고기온(°C) | 최저기온(°C) | 일조율(%) | 일조시수(hr) | 상대습도(%) |
|----|---|---|-----------|-----------|------------|--------|----------|---------|
| 11 | 상 | 순 | 1.7~ 7.0 | 8.5~12.5 | -5.0~ 4.0 | 48 | 50.1 | 65.3 |
| | 중 | 순 | 1.0~ 6.3 | 5.0~ 8.0 | -6.0~ 1.0 | 40.7 | 41.5 | 70.0 |
| | 하 | 순 | -2.6~ 1.6 | 3.5~ 6.5 | -8.5~-1.5 | 52 | 51.5 | 62.0 |
| 12 | 상 | 순 | -3.3~ 1.0 | 1.0~ 5.5 | -7.5~-2.0 | 43 | 43 | 66.7 |
| | 중 | 순 | -6.0~-1.7 | -1.0~ 3.5 | -12.0~-3.5 | 48.7 | 46.9 | 63.0 |
| | 하 | 순 | -5.6~-1.0 | -1.0~ 3.0 | -10.5~ 1.5 | 42.3 | 44.7 | 66.0 |
| 1 | 상 | 순 | -6.7~-0.3 | -1.0~ 2.7 | -12.3~-3.0 | 45.3 | 43.6 | 66.3 |
| | 중 | 순 | -7.0~-0.7 | -1.3~ 3.0 | -13.0~-4.0 | 54.0 | 53.7 | 61.0 |
| | 하 | 순 | -5.0~ 1.0 | 0.5~ 5.0 | -11.0~-3.0 | 46.5 | 51.4 | 64.5 |
| 2 | 상 | 순 | -2.5~ 2.0 | 2.0~ 6.0 | -7.0~-1.5 | 57.0 | 59.7 | 65.0 |
| | 중 | 순 | -1.0~ 3.5 | 3.5~ 8.5 | -7.0~-0.5 | 55.5 | 58.9 | 60.0 |
| | 하 | 순 | 1.0~ 4.5 | 6.0~11.0 | -5.0~ 1.0 | 57.0 | 53.8 | 64.5 |

장으로 시공하면 겨울에 전도 및 대류로 인한 과도한 열손실로 적정 실내온을 유지할 수가 없다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 전자의 경우 여름에 냉각시스템, 후자의 경우 겨울에 난방시스템을 작동한다. 그러나 이러한 냉난방시스템 작동으로 인한 에너지소비는 경영을 압박할 수도 있다.

여름과 겨울의 대비는 차치하고라도 같은 겨울철이라 하더라도 축사의 축벽 원치를 열



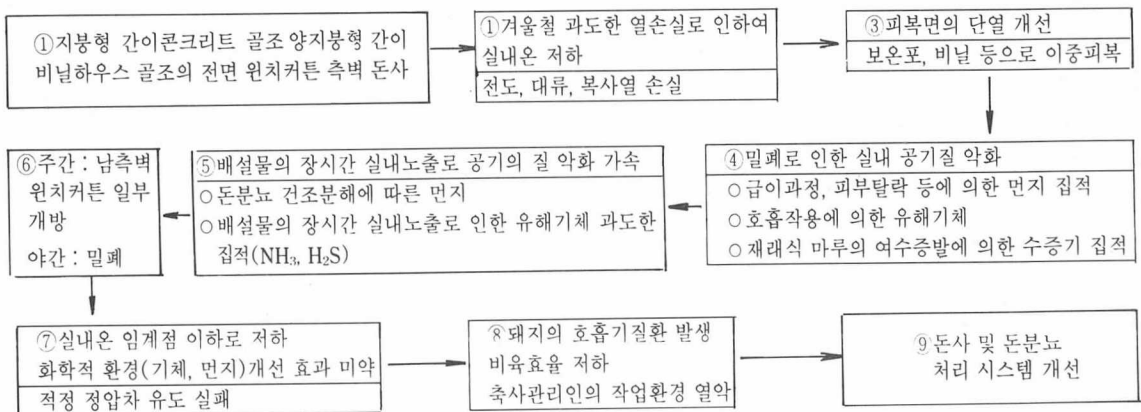
<그림 1> 축사내 환경변수의 갈등관계

면 실내온이 떨어지고, 단으면 유해기체(주로 암모니아), 먼지 등의 과도한 집적으로 공기의 질(air quality)이 떨어진다. 그러므로 <그림 1>과 같은 갈등을 어떻게 최적화하여(기술적으로나 경제적으로 만족하는) 해결하느냐가 축사환경 개선의

핵심이라 할 수 있다.

2. 방문돈사의 문제제기

경기도, 충남지방의 20여 개 양돈농장을 방문한 결과, 돈사의 구조 및 환경적 측면에서 제기된 구체적인 사항과 문제점을 가시화하면 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 겨울철 원치커튼 돈사의 환경인과 과정

3. 제기된 돈사의 환경 문제 개선방안

겨울철 윈치커튼 돈사는 기본적으로 단열수준이 낮은 밀폐돈사와 거의 같았으며, 2장에서 언급한 바와 같이 겨울철 생산효율의 상대적 감소에도 불구하고 여름철에 돈사의 환경관리가 쉽고 경제적이므로, 지역에 관계없이 대부분 양돈농가가 이러한 돈사를 채택하고 있다. 견학중 만난 대부분의 사양가들은 윈치커튼 돈사의 동절기피해는 어쩔 수 없이 감수하고, 하절기에 이를 만회하면 크게 손해볼 것이 없다는 생각이 팽배하였다. 그러나 본 연구원의 생각은 다르다. 윈치커튼 돈사의 동절기 피해의 원인을 규명하여 이를 개선하면, 생산감소를 최소화할 수 있다고 본다.

돈사의 동절기 피해를 최소화할 수 있는 개선안 제시를 전문가시스템(expert system)과 신경망이론(the theory of neural network)을 도입한 인공지능적 접근방법으로 해결할 수도 있다. 물론 전문가시스템과 신경망에 의한 개선안 제시도 매우 흥미있는 연구이나, C언어를 이용한 컴퓨터프로그램의 작성에 많은 시간이 소요되므로 이는 다음 기회로 미루도록

66

가장 먼저 단열보완을 해야 할 부분은 축벽으로 지상으로부터 약 80cm~120cm 정도 (처마높이를 240cm로 보면 처마높이의 1/3~1/2), 또는 약 120cm~160cm (처마높이의 1/2~2/3) 정도이며 3공 콘크리트 블럭 등으로 고정화하여 단열수준을 높인다.

99

한다. 본고에서는 제기된 돈사의 환경문제를 보다 일반화하여 현장감각으로 돈사의 환경을 개선할 수 있는 사항을 논의하고자 한다.

가. 축벽 전면 윈치커튼 돈사 > 축벽 부분 윈치커튼 돈사로 보완시공

<표1>에서 보듯이 중부지방의 최저온도는 약 -10°C에 이르며, 최저온도의 발생빈도도 높아 어떤 형태로든 축벽전면 윈치커튼 돈사의 단열수준을 높이지 않으면 안된다. 가장 먼저 단열보완을 해야 할 부분은 축벽으로 지상으로부터 약 80cm~120cm 정도(처마높이를 240cm로 보면 처마높이의 1/3~1/2), 또는 약 120cm~160

cm(처마높이의 1/2~2/3) 정도이며 3공 콘크리트 블럭 등으로 고정화하여 단열수준을 높인다. 또 윈치커튼은 상향식보다는 하향식으로 작동되게 하여 상대적으로 상부공간의 유해물질농도 희석을 가능하도록 한다.

다음은 돈사가 이와 같이 보완될 경우 기대되는 효과 및 역작용을 나열한 것이다.

①적정 실내온 유지가 용이하다.

②돈사 악취의 주범은 암모니아이며, 이는 상향성이 강하므로 윈치커튼의 부분개폐로 상부의 유해기체 및 부유물질의 제어가 용이하다.

③적정 온도범위의 제어가 가능하여 실내온의 교차폭이 적어지고, 부유물질의 농도가 희석되어 호흡기질환 등의 발병빈도가 감소한다.

④블럭간의 폭이 적어도 10cm 이상 되므로 간공기층(間空氣層, attic space)으로 단열보강이 용이하다. 왜냐하면, 정체공기층은 좋은 단열재이기 때문이다.

⑤하절기 부분윈치커튼을 완전개방하면, 적정 실내 열환경 및 화학적 환경유지가 가능하다.

⑥그러나 장경을 따라 일정 높이의 콘크리트블럭으로 보완

하는 데 소요될 경비가 부담으로 작용할 수도 있다.

나. 부분 윈치커튼 돈사의 한 측벽에 균배한 팬설치

▷부압환기시스템 유도

동절기에는 전면 윈치커튼 측벽이든 부분 윈치커튼 측벽이든 느슨한 밀폐공간(loosely constructed structures)으로 간주할 수 있다. 밀폐공간의 환경제어를 위하여 한 측벽의 윈치커튼을 부분적으로 개방할 경우, 외부로부터 유입되는 찬 공기가 기류(draft)를 형성하여 돼지의 피부에 직접 접촉됨으로써 스트레스를 줄일 수 있으며 실내 온도도 급격히 떨어진다. 그러므로 윈치커튼 돈사의 피복주장의 틈새를 통한 누입(infiltration) 공기량은 적어도 축사 전체적의 40% 이상 되므로 풍하측벽에 소형 팬을 다수 균배시켜 누입환기로서 최소환기를 이루도록 한다. 돈사가 이와 같이 보완될 경우 기대되는 효과는 다음과 같다.

① 윈치커튼의 부분 개방으로 형성될 수 있는 기류를 여과(filtering)시켜 유입시키므로 실내온 저하를 지연시킬 수 있다.

② 한 측벽의 팬그룹은 실내부압(negative pressure)을 형성하여 누입공기로 최소환기를 이루므로, 주야 관계없이 임계

환경을 유지할 수 있고, 외기온의 영향을 상대적으로 적게 받는다.


③ 여과되어 유입되는 찬 기류는 1차 여과되는 과정에서 많은 기계적 에너지가 열에너지로 화하여 기류의 속도(운동량)는 감소하지만 기류온도는 상승하며 2차로 상대적으로 따뜻한 실내공기와 동반(entrained), 혼합되어 기류온도가 더 상승하므로 설사 이 기류가 돼지의 피부에 직접 접촉된다 하더라도 찬 기류에 대한 스트레스를 거의 받지 않는다.

다. 상상부(실내)와 상하부(분뇨처리덕트)의 분리 환경제어가 가능한 분뇨처리시설 시공

견학돈사의 마루는 대부분 슬랫 콘크리트 바닥으로 시공되어 있어 배설물이 상하부(스크래퍼 덕트나 피트)로 완전 낙하되지 않으며, 상당한 기간동안 상상부(실내환경)에 노출되어 암모니아 등 과도한 유해기체의 집적과 악취, 먼지의 발생으로 생산환경이 악화된다. 설사 배설물의 자연낙하가 적절히 이루어진다 해도 돈분뇨처리시스템이 제대로 설계되지 않아 중력낙하한 돈분뇨가 다시 직접적으로 생산환경에 그대로 노출되어 상상부 환경을

악화시키는 원인이 되기도 한다. 그러므로 상상부(실내)의 적정 화학적 환경에 가장 큰 영향을 미치는 돈분뇨처리시설의 설계를 정교하게 하여 상하부의 환경이 상상부의 환경에 미치는 영향을 극소화하여야 한다. 측벽 부분 윈치커튼 돈사가 이와 같이 보완될 경우 기대되는 효과는 다음과 같다.

① 돈분뇨 처리과정에서 유해기체의 발생이 감소되면, 실내 집적농도도 감소되어 이를 희석하기 위한 최소 환기율도 적어지며, 실내 열환경을 용이하게 유지할 수 있다.

② 악취의 발생을 줄여 실내 작업인들의 작업환경을 개선할 수 있다. 

* 본고는 (주)우성사료의 지원에 의해 수행된 「산학협동연구」에 관련된 수종의 보고서중 일부를 (주)우성사료의 허가를 얻어 재편집한 것임 <필자 주>.

◇필자 주요약력

- 1975. 2. 서울대 농대 농공학과(학사)
- 1981. 4. AIT(석사)
- 1986. 8 미국 코넬대학교(박사)
- 1981~1994. 2.경상대 농대 농공학과 재직
- 1994. 3~현재 서울대 농생대 동물자원과 학과 재직
- 1993. 6~현재 경남농촌진흥원 겸임연구원