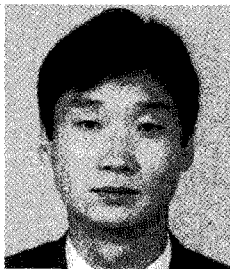


## 성공적인 농장관리를 위한 축산 환경관리 대책(Ⅱ)



김 선 경  
(우진 B&G의 바이오 사업본부장)

### 5. 열이란 무엇인가?

농장에서 열관리는 어느 계절에 관계없이 중요하다. 여름 더위는 특히 번식 장애를 불러 일으키게 된다. 축산은 가축의 번식을 주로 이용하는 산업인데 더위는 그 번식행위를 멈추게 한다. 산란을 중지하고, 발정이 지연되며 먹지도 않고, 그냥 최소한의 생명 유지를 위한 행위만을 하게 된다. 겨울은 온도가 내려가 면역력이 떨어지고, 외부 환경에 약한 세균 종류의 번식이 감소하는 대신 외부 환경에 영향을 덜 받는 바이러스가 설치하는 환경이 조성된다. 농장의 온도관리는 열에 대한 이해에서 시작해야 한다. 지구상의 유일한 에너지원은 태양 에너지이다. 석탄, 석유, 전기 등 지구상에서 사용하는 모든 에너지는 저장되어 있는 태양에너지를 사용하는 것이다. 농장에서 활용할 수 있는 에너지원 중에서 햇빛은 거의 비용을 들이지 않고 사용할 수 있는 저렴한 것이고, 기름이 가장 비싼 에너지 원이다. 또한 가축들 역시 열을 내는데 이 열원은 사료이다. 농장에서의 열관리는 가장 싼 태양에너지를 이용하는 것이고, 가축들의 몸에서 나는 열을 최대한 이용하고 지키는 방법을 강구하는 것이어야 한다. 열에 관련된 몇가지 법칙을 이해하면 열관리를 보다 쉽게 할 수 있다.

#### 1) 열 역학 법칙

열역학의 몇 가지 법칙에 의해 움직이는데 제 1법칙은 열에너지의 총량은 변하지 않는다. 즉 에너지 보존 법칙에 따라 변환되고 저장되고 이동한다. 제 2법칙은 열은 차가

운 것을 좋아한다는 것인데, 열은 더운 곳에서 차가운 쪽으로 이동한다.

## 2) 열 이동의 3가지 방법

### ① 열 전도

**열전도량 = 단면적 × 두께 × 열전도율 × 온도차이**  
 전도는 물질의 이동 없이 온도가 다른 한 물체에서 온도가 높은 데서 낮은 데로 열 에너지가 이동하는 현상이다. 위 공식으로 표현되는 전도량은 열전도율이 낮은 소재를 사용하는 것이 가장 중요하다. 일반적으로 농장에서 축사의 면적이 가장 큰 곳은 벽면이므로, 어떤 소재로 얼마의 두께로 해야 하는가가 중요 포인트이다. 일반적으로 위치커튼하나로 겨울을 나려고 하면 바람은 막을 수 있으나 공기의 전도를 막을 수 없어 축사의 온도는 외기의 온도에 가깝게 내려가게 된다. 열전도율이 낮고 가장 값싼 재료는 공기이다. 공기의 두께가 2cm 정도이면 상당한 단열 효과를 얻을 수 있다. 2중 유리나 2중창이 이 원리를 이용한 것이다. 윈치 커튼의 안쪽에 비닐로 공기 층을 만들어 주면 놀랄 정도의 단열효과를 얻을 수 있다.

표2. 중요재료의 열전도율

재료	열전도율(kcal/mh)	재료	열전도율(kcal/mh)
구리	346.5	유리	0.90
알루미늄	204.1	물	0.5
철	31	나무	0.1
콘크리트	1.2	공기	0.02

### ② 열 대류

**열전도량 = 접촉면적 × 열전달률 × 온도차이**  
**바람에 노출된 벽의 열 전달률 = 5.8 + 4.1 × 풍속**

대류는 고체와 유체간의 열 전달 형태로 유체 즉 공기나 물의 흐름의 속도에 의해 정해진다. 특히 겨울철 찬 바람이 직접 닿는 북쪽의 벽면의 단열이 매우 중요하다. 또한 새바람은 속도가 매우 빠르므로 그로 인한 체온 상실은 어린 가축에게 치명적일 수 있다. 덩혀진 공기가 위로 올라가고 그 자리를 차가운 공기가 메꾸는 것이 대류의 기본 원리이다. 천장을 통해 환기를 하는 농장에서 열을 많이 빼앗기는 이유가 바로 공기의 대류 때문이다. 도운 공기는 가볍고, 차가운 공기는 무겁기 때문에 공기의 움직임이 생긴다. 이를 잘 이용하면 농장의 환기를 보다 쉽게 할 수 있으며, 여름과 겨울의 환기 방식을 달리하여 열관리를 효율적으로 할 수 있다.

### ③ 열 복사

복사는 고온의 물체 표면으로부터 저온의 물체로 직접 열이 이동하는 것을 말한다. 복사량은 두 물체의 온도의 차이와 표면의 복사율과 흡수율에 의해 결정된다. 흑색 표면은 거의 모든 적외선을 흡수하고, 은색 표면은 거의 흡수하지 않는다. 또한 흑색 표면은 복사도 매우 높고 은색은 가장 낮은 복사 재료이다. 이를 잘 활용하면 태양열과 자연 발생열을 최대한 활용하여 에너지 비용을 최소화 할 수 있다.

뜨거운 여름에 검은 차와 흰 차의 실내 온도

표3. 복사율과 일사 흡수율

표면	복사율	일사흡수율
검정색 비금속	0.90-0.98	0.85-0.98
콘크리트	0.86-0.95	0.65-0.80
백색페인트	0.85-0.95	0.3-0.5
광택 알루미늄	0.02-0.05	0.1-0.4

의 차이는 매우 크다. 축사의 외벽과 지붕의 색이 축사 내부의 온도에 미치는 영향은 매우 크다. 여름에 축사의 온도를 낮추는 방법 중 하나가 지붕을 흰색으로 칠하는 것이다.

④ 열의 상승과 하강

기체나 액체는 데워지면 상승하고, 식게 되면 평형을 이루는 수준까지 하강한다. 또한 한정된 용량 내에서는 층을 형성하여 위에는 따뜻하고 아래는 차가운 공기의 열 단층을 형성한다. 효율적인 열관리를 위해 축사의 지붕과 그 중간에 열관리를 위해 비닐 같은 것으로 차단 막을 설치하는 것도 매우 좋은 방법이다.

3) 태양- 가장 저렴한 에너지 원

지구는 태양 주위를 긴 타원을 그리며 1년을 주기로 돌고 있다. 지구는 23.5도 기울어져 있어서 자전을 하고 있고, 이 무한 순환 운동으로 인해 계절 변화와 기후 변화가 생긴다. 겨울에 남향에 햇빛이 잘 드는 집과 그렇지 못한 집의 온도 차이는 상당히 크다. 이를 축사에 이용할 줄 알아야 한다. 쉽게 말하면 겨울에 남쪽 창에 드는 햇빛을 가리려 커튼을 치는 집은 없다. 반대로 여름에 그 햇빛을 막지 않고 더위를 참는 집도 없다. 태양의 이동을 잘 읽어야 하며, 이는 축사 열관리의 출발점이다. 농장의 위치에 따라 해가 떠있는 시간이 다르다. 또한 지형적인 특성 즉 계곡에 있는 농장은 평지에 있는 농장보다 일조시간이 짧다. 이런 지형적인 특징을 감안하여 축사의 단열 등의 건축 계획을 세워야 한다.

태양의 기본적인 움직임은 동에서 서로 움직이며 남에서 북쪽으로 비친다. 농장의 지형

적인 특징을 감안하여 축사의 건축 계획을 세워야 한다. 햇빛이 잘 드는 남향의 지형과 그렇지 못한 북향의 지형에 같은 방식으로 축사를 짓는 우를 범해서는 안 된다. 그리고 지형적인 특징을 고려하여 축종을 결정해야 한다. 그리고 농장 안에서도 성장 단계별 적은 대를 감안하여 종류별로 축사를 배치해야 한다. 즉 어린 가축을 가장 따뜻한 곳에 두는 계획을 세워야 한다. 그리고 더위에 민감하거나 추위에 민감한 종류는 그에 맞는 배치를 해야 한다.

① 해 떠있는 시간

- 동 지 : 약 120도의 범위의 공간을 약 9시간 동안 동에서 서로 이동한다.
- 하 지 : 약 240도의 범위를 15시간

② 정오의 태양 각도

- 공 식 :  $90\text{도} - \text{위도} + \text{태양고도}$  (춘추분=0, 동지=-23.5, 하지=+23.5)
- 동 지 : 서울기준 76도
- 춘추분 : 52.5도
- 하 지 : 29도 남에서 북으로 기울어져 비친다.

③ 태양에너지의 적극적 활용

태양은 정해진 궤도를 돈다. 그 특징을 활용하면 에너지 절약형의 쾌적한 축사를 만들 수 있다. 태양은 동에서 서로 넘어가며, 남에서 북으로 기울어 비추기 때문에 적절한 외부 차양 설비를 하면 여름에 시원하고 겨울에 따뜻한 환경을 조성할 수 있다. 특히 여름에 서향의 햇빛은 축사의 벽면에 수직으로 닿게 되므로 특히 차단에 유의해야 한다. 즉 동쪽의 벽보다 서쪽의 벽에 단열이나 햇빛 차단 설비를

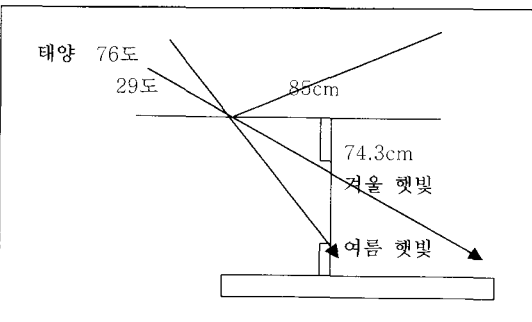
해야 한다. 태양에너지는 짧은 파장이어서 유리나 비닐은 통과한다. 겨울에는 이 햇빛을 적극적으로 받아들여 축사의 온도를 올리는데 활용해야 하며, 여름에는 반사나 단열 장치로 햇빛을 막아주어야 한다. 유리창을 통해 들어온 열은 축사 내부에 긴파장의 열에너지로 바뀌어 저장되는데 이는 유리나 비닐창을 통과하지 못한다. 여름에 자동차 내부의 온도가 올라가는 현상도 이 이유 때문이다. 축사의 항과 적절한 처마와 창을 설계하여 온도 관리에 효율성을 높여야 하며, 부적절한 경우에는 그에 알맞은 설비를 통해 보완해주어야 한다. 어떤 경우에도 대비책과 해결책은 있다.

#### 4) 처마와 창의 설계

하지전후를 기준으로 45일간 햇빛을 차단하고, 동지를 전후하여 60일간 햇빛을 받을 수

표4. 지역별 처마길이 환산표

지역	돌출비	분리비
서울	0.560	0.489
대전	0.502	0.432
대구	0.502	0.466
전주	0.500	0.456
광주	0.477	0.454
부산	0.476	0.454
여수	0.464	0.448
서귀포	0.415	0.422



<그림2> 처마길이와 창의 설계

있게 처마와 창을 설치하면 된다.

- 처마의 길이 = 창틀밑에서 천장까지의 길이 (H) × 돌출비

- 천장에서 창틀 윗면 길이 = H × 분리비

※ 예 : 서울기준 : 벽높이가 2m일 경우 처마길이는 85cm, 창과 지붕거리는 74cm

#### 5) 열관리의 기본

열관리의 기본은 태양열을 차단하거나 사용하는 것이다. 여름에는 햇빛을 차단하고, 복사열을 차단하여 열이 축사 안쪽으로 이동하는 것을 최소화하고, 겨울에는 최대한 열에너지를 받아들여 따뜻하게 하는 것이다. 대부분의 농장에서 짧은 처마와 잘못된 창으로 인해 여름에 덥고, 겨울에 추운 환경에 가축들이 노출된다. 여름엔 단열로 시원하게 하고, 겨울엔 축열로 따뜻하게 해야 한다. 축을 잘 활용하면 여름에도 시원한 냉방 효과를 얻을 수 있다.

##### ① 단열

단열은 외부와 내부의 열을 차단하여 열의 흐름을 최소화하는 것을 말한다. 단열재는 원칙적으로 재료 내부에 존재하는 공기 층이나 공기량으로 결정된다. 공기량이 클수록, 재료의 열 전도율이 낮을수록 단열성을 좋아진다. 또한 복사를 활용하기 위해 다양한 형태의 단열 장치와 더불어 활용하면 에너지 효율을 높일 수 있다. 예를 들면 축사 안쪽 창에 반사판을 설치하면 축사의 에너지를 내부로 되돌리기 때문에 상당한 에너지 절약 효과를 얻을 수 있다.

##### ② 공기의 단열효과

단열은 공기 층의 두께가 2.5cm일 때 가장 효율적이다.

㉔ 단열재의 종류

충진형, 반사형, 용량형 단열재

㉕ 단열의 종류

내단열 : 열용량이 작아 일시적 냉난방을 하는 곳

외단열 : 연속 냉난방에 유리, 건물 내부는 축열

② 축열

태양 열 에너지의 보관과 활용으로 겨울철 난방과 여름철 냉방에 활용하는 것으로 냉난방의 비용을 최소화하는데 적극 활용하여야 한다.

표5. 주요 자재별 열 전도율과 열용량

재료	열전도율	열용량
콘크리트	1.49	553
흙	0.74	320
철	38.44	945
물	0.51	1,001
나무	0.10	170

축열용량이 가장 큰 것은 물인데, 물을 벽의 소재로 사용하는 것은 어렵다. 철은 열용량은 상당히 큰 반면 열전도율이 높아 열을 오래 보관하지 못한다. 콘크리트는 비교적 열용량도 높고, 열전도율도 낮은 편이어서 좋은 축열재이다. 반사와 복사기능을 보완하면 매우 좋은 건축재라 할 수 있다.

③ 단열과 축열의 조화

유리, 온실용 비닐: 태양열(단과장)은 통과시키고 축열된 열(장과장)은 차단하는 효과가 있어서 열관리에 적극적으로 활용하는 방법을 채택하고, 공기 층으로 단열 효과를 높이면 매우 경제적이고 우수한 자연 열관리 시스템이 된다. 또한 축사의 단열은 원칙적으로 내 단열 형태가 되어야 한다. 그래야 외기의 온도 변화

에 완충 효과를 볼 수 있다. 요즘 많이 활용되는 샌드위치 판넬이나 우레탄은 그 재질 속에 많은 공기를 포함하고 있어 단열효과는 우수하나, 축열 기능이 없어 외기의 변화에 따라 내부의 온도가 같이 변하는 단점을 가지고 있다. 축사 내부에 열을 보관할 수 있는 재료를 적절히 사용하여 온도관리의 효과를 높여야 한다. 축열 기능이 부족한 축사는 온도관리에 보다 정밀한 방법을 사용해야 하며, 세심한 관리가 필요하게 된다. 요즘 에너지 비용이 매우 비싸므로 적절한 단열과 축열 기능을 활용하여야 구조적인 면에서 비용절감이 가능해진다.

6) 습기와 열 전도율

축사의 온도를 높여도 바닥에 습기가 많다면 바닥에 몸을 대고 사는 동물들은 상당한 추위를 타게 된다. 표6에서 보듯 바닥의 습기가 높아지면 열전도율이 증가하게 되어 체온을 빼앗기게 된다. 바닥의 습기를 위해서는 적절한 환기와 농장의 배수 상태를 확인해야 한다.

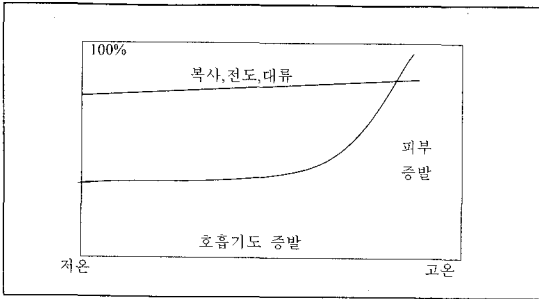
표6. 습기와 열전도율

습기 함유량 증가율	열전도율 증가량
1%	32%
2%	75%
3%	144%

6. 가축은 어떻게 체온을 관리하는가?

- 열 생산: 체내의 산화작용
  - 열 방출: 복사, 전도, 대류, 피부와 호흡기의 수분 증발, 분뇨의 배설, 혈류의 증가
- 가축은 자신의 몸에서 생기는 열과 외부의 열을 매우 효율적인 방법으로 관리한다. 그리

나 대부분 스스로 환경을 조절할 수 없는 상태에서 살게 되므로 인간이 적절한 환경을 만들어 주지 않으면 상당한 타격을 입게 된다. 심하면 스스로 체온 조절에 실패하여 죽게 된다.



<그림3> 가축의 열 발산

1) 가축은 온도를 어떻게 느끼나?

(습도와 의 관계)

① 돼지의 체감온도

$$S = 0.65 \times \text{건구온도} + 0.35 \times \text{습구온도}$$

② 소의 체감온도

$$S = 0.35 \times \text{건구온도} + 0.65 \times \text{습구온도}$$

③ 닭의 체감온도

$$S = 0.75 \times \text{건구온도} + 0.25 \times \text{습구온도}$$

사람과 마찬가지로 가축들은 습기가 높으면 더위를 더 느낀다. 특히 소는 습도에 대단히 민감하기 때문에 여름철 온도 관리에 물을 사용하는데 주의하여야 한다. 그리고 겨울에는 건조하면 추위를 더 느끼게 된다. 닭의 경우는 습도에 영향을 비교적 적게 받지만 여름철에 무더운 장마철에는 과도한 습기로 인한 피해가 많이 발생한다.

2) 온도와 환기의 기본을 이해하자

- 온도에 영향을 미치는 요인

① 대류

$$C = 7.0 \times \text{공기속도} \times 0.6 \times (\text{기온} - \text{피부온도})$$

② 복사

$$C = 6.8 \times (\text{평균 복사온도} - \text{피부온도})$$

③ 증발

$$C = 14.4 \times \text{공기속도} \times 0.6 \times (\text{공기 수증기압} - \text{피부 수증기압})$$

- 여름엔 바람이 필요하고, 겨울엔 섯바람을 막아야 한다.

온도 관리는 위의 세가지 요인을 잘 이해하고, 축사의 상태를 잘 살펴보면 적은 비용으로 좋은 결과를 얻을 수 있다. 대류는 외부 온도가 클수록 열 손실이 많아지고, 바람의 속도가 빠를수록 열손실이 많아진다. 증발 역시 풍속의 영향에 가장 크게 영향을 받는다. 특히 겨울 철에는 외기의 온도와 습도가 매우 낮기 때문에 풍속을 막아주는 것이 열관리의 기본이다. 겨울에는 축사의 습도가 너무 낮지 않게 해야 하며, 환기를 위한 바람이 가축에게 직접 닿지 않게 주의해야 한다.

3) 환기의 기본 개념

① 최소 환기량

밀폐된 곳에서 촛불이 꺼지는 것은 공기 중의 산소를 모두 소모했기 때문이다. 마찬가지로 밀폐된 축사 내에 산소를 공급해주지 않으면 생명을 유지할 수 없다. 환기량을 정확하게 측정하는 것은 매우 어렵다. 쉽게 최소 환기량을 측정하는 방법은 축사 바닥에 습기가 없는 상태로 환기량을 조정해주는 것이다. 너무 건조하면 환기 과다이고, 습기가 차면 부족으로 판단하면 된다. 문제는 온도인데 온도는 단열과 축열 개념을 가지고 조절해야 한다. 겨울철에 환기량을 줄이면서 온도관리를 하는 것은 매우 위험한 방법이다. 특히 단위 면적 당

수용 두(수)수가 많은 어린 가축과 닭에게는 적절한 환기 체계를 갖추어야 하며 전문가의 도움을 받는 것이 필요하다.

### ② 양압과 음압

- 농장은 양압 방식으로 환기를 해야한다

일반적인 환기 방식은 세가지가 있는데 축사에 가장 적절한 방식은 1종 방식인 필요량을 입기와 배기량을 적절하게 할 수 있는 방식을 사용해야 한다. 일반적으로 농장에서 사용하는 음압 방식은 여러 가지 문제를 발생시키게 된다. 첫째는 환기가 안 되는 공간이 생기며, 둘째는 겨울철에 섯바람이 생기는 근본 원인으로 어린 가축에게 큰 피해를 주게 된다. 또한 과도한 음압은 오염된 공기가 농장 안으로 팬의 가장자리를 통해 다시 들어가기 때문에 환기의 효과가 떨어지며, 팬에 과부하가 걸려 전기 사고의 원인이 된다. 이를 보완하려면 입기량을 배기량보다 약간(5%) 많게 해야 한다. 가장 좋은 방법은 자연 환기를 적극적으로 활용하며 부족한 부분을 설비를 통해 보완하는 것이다. 모든 것을 기계에 의존하면 고비용과 위험도를 높이게 된다.

### ③ 흡기와 배기의 특징

- 불어낼 때: 팬 직경의 30배 거리에서 10%의 속도

- 흡인할 때: 팬 직경의 1배 거리에서 10%의 속도

선풍기의 앞과 뒤를 생각하면 된다. 선풍기 뒤는 바람이 거의 없다. 선풍기 앞쪽에 제트기류가 형성이 되어 멀리까지 공기가 간다. 빨아내는 방식으로는 기대한 만큼의 환기를 시킬 수 없다. 불어넣는 방식을 활용해야 축사의 공기를 순환시킬 수 있다. 공기의 특성 상 입

기는 가축으로 먼 곳에서, 배기는 가까운 곳에서 해야 한다. 또한 공기의 순환이 적절하게 이루어지게 하기 위한 보완을 해야 한다.

### ④ 공기의 순환

축사에는 여러 원인으로 인해 공기가 순환되지 않는 곳이 있다. 그것을 없애려면 팬의 각도는 15도로 하여 축사 전체에 공기의 순환이 일어나게 해준다. 여름에는 강한 바람을 겨울에는 약한 바람으로 환기가 골고루 이루어지게 해야 한다.

## 7. 농장을 종합적으로 보는 눈을 키워야 한다

가축의 건강과 생산성에 영향을 미치는 요인은 매우 다양하다. 농장의 생산성은 단순히 어떤 한 두 가지 원인에 의해 영향을 받는 것이 아니고, 단순히 몇가지 방법만으로 농장 전체를 관리할 수 없고, 농장의 문제를 해결할 수도 없다. 가축과 병원균 그리고 자연환경과 축사 환경을 같이 보는 눈과 지식을 키워야 한다. 어떤 문제가 발생하였을 때, 그 문제가 구조적인 상황때문인지, 아니면 일시적인 변화나 영향으로 발생한 것인지를 구분해야 하고 그에 맞는 방법을 찾아야 한다. 그리고 농장을 가장 잘 아는 사람은 그 안에서 일하고 사는 사람이다. 항상 그렇듯 기본을 잘 이해하면 많은 문제를 쉽게 해결할 수 있다. 농장의 환경을 정확히 이해하고, 여러 가지 기본적인 사항들을 잘 점검하면 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다. 잘되는 농장은 대개 비슷한 반면 잘 안 되는 농장은 그 원인이 매우 다양하다. 위에 열거한 내용들은 농장의 환경을 중심으로 기본적인 내용들을 정리한 것이다. 이를 응용하고 적용하는 것이 무엇보다 중요하다. **양계**