

# 돈사시설의 합리화 보온 및 환기시설

본고는 지난 7월 「축산시설의 합리화 방안」이라는 심포지움에서 발표된 내용을 발췌 요약한 것입니다.

〈편집자 주〉

연 정 응 교수  
(연암축산원예전문대)

## 1. 냉, 난방시설(Cooling & Heating System)

실내 환경온도를 각 체중별 또는 생산단계별로 적온을 유지시켜야 돼지가 가지고 있는 유전적 능력을 최대한 발휘할 수 있다. 한국은 4계절이 뚜렷하여 봄과 가을은 모든 생물의 최적환경이 될 수 있으나 추운 겨울과 무더운 여름이 있기 때문에 완전히 단열된 무창돈사라도 유입되는 외부공기를 냉, 난방시설을 통과시켜야 적온유지는 물론 정상적인 환기가 가능하다. 국내 대부분의 개방돈사들은 봄과 가을은 큰 문제가 없으나 겨울은 무창돈사와 같이 밀폐시키고 자체 방산열을 이용하여 여름엔 닥트(Duct)를 설치하여 풍속을 높여 체감온도를 낮추는 방법이나 미스트(Mist)시설을 하여 주변열을 수분이 빼앗아 가게 하는 방법 등으로 월동(越冬) 및 월하(越夏)를 시키는 실정이다.

### 가. 냉방시설(Cooling System)

환경온도가 적온 이상으로 높아지면 돼지의 생산성은 매우 저하된다. 따라서 적온에 접근시킬 수 있는 방법을 강구해야 한다.

#### (1) Cooling Cell

라지에타를 설치하여 일상 사용되는 급수라인이나 냉방기에 연결하여 라지에타에 의해 냉각된 공기를 돈사내로 유입시키는 방법이다. 라지에타의 크기는 환기량과 외부공기의 온도 그리고 파이프라인을 통과하는 물 온도 또는 냉방기의 능력 등에 따라 결정한다.

#### (2) 지온(地溫)이용법

지하에 굵은 관을 길게 매설(埋設)하여 여름이나 겨울에도 섭씨 16도 되는 항온상태의 지온

에 의해 외부의 높거나 낮은 공기온도를 완충시켜 돈사내로 입기시키게 하는 방법이다. 지하 5m 깊이는 사계절을 통해 거의 온도 변화가 없으며 무더운 여름철 지상온도가 섭씨 27도에도 지하 3m는 섭씨 15도 1.2m는 20도가 유지된다. 관의 단면적이나 길이는 필요 환기량과 외부온도 그리고 지하 깊이에 따른 온도에 따라 조정되어야 한다. 그외 경사진 지형을 이용하여 계단식으로 설계하고 단식돈사의 북쪽을 반지하식으로 건축하기도 한다.

### (3) 환( Fan)이용법

실내 풍속을 높여 줌으로서 체감온도를 낮추는 방법.

\* 덕트(Duct)를 설치하여 입기 환에 의해 덕트의 구멍들로 부터 나오는 바람에 의해 체감온도를 낮추게 한다. 주로 개방돈사에 응용하며 분만실 북도부분에 경질이 덕트형 도관을 매설하고 각 모돈의 얼굴부분에 바람이 나오도록 파이프를 연결하여 한 여름 모돈의 체감온도를 낮추기도 한다.

\* 돈방 칸막이마다 소형 환(선풍기)을 설치하여 이어받기식으로 풍속(바람)을 높여 밑부분의 돼지들의 체감온도를 낮추게 하고 마지막에 배기시킨다.

### (4) 분무(Mist, Spring cooler)법

적당한 간격으로 분무시설을 하고 타이머(Timer)에 의해 오수량 증가를 최소화 하기 위해 일정한 시간간격으로 분무케 하여 주변 더운 공기를 냉각시키는 방법.

돈사바닥이 분무에 의해 과습 및 오염되는 단점이 있다. 최근 Roberto Garcia(1994)는 필리핀 연구를 인용하여 한 여름에 45분마다 90초간 중모돈을 포함한 임신돈에 분무하여 산자수가 복당평균 1.37두 향상되는 등 섭씨 27도 이하로 유

지하면 약 11.9%의 번식성적을 향상시킬 수 있다고 하였다.

\* 고정(Stall, Farrowing crate)되어 있는 물점적 시설은 모돈의 머리부분에 일정한 간격으로 물방울을 낙하시켜 체감온도를 낮추기도 한다. 이 경우는 돼지가 소양증세를 일으켜 스톨과의 마찰로 인하여 피부에 손상을 일으키기도 한다.

### (5) 필수아미노산 이용법

라이신(Lysine)과 같은 필수아미노산을 사료의 단백질원과 일부 대체해 줌으로서 사료 중의 단백질 대사과정에서 발생하는 대사열을 적게 하여 더위를 덜어주는 방법이다. 지방, 탄수화물, 단백질 중 단백질 대사열이 가장 크기 때문에 더위를 더 느낀다.

## 나. 난방시설(Heating System)

단열된 돈사라도 체온의 60%는 수분제거, 환기 등에 의해 손실되며 단열이 미흡하면 그 손실은 증대됨으로 외기온도가 낮을 때는 적온상태를 유지하기 위해 난방시설이 필요하다. 난방시설이 없을 때는 돼지의 방열량을 최대로 이용하게 돈사용적을 줄여주고 환기시설의 입기통로를 돈사벽이나 천정에 길게 입기통로를 만들어 외부공기가 직접 유입되지 않도록 한다. <표 1>에는 단열돈사에 수용되어 있는 돼지의 체중별 방열량과 자체 보온열량과 실내온도에 따른 추천 난방열량을 나타내었다.

## 다. 난방기기에 의한 보온방법

(1) 열원에 의해 덩혀진 공기를 환기시설의 입기구와 연결하여 전 돈방에 확산시키는 방법; 각 돈방에 균일한 급온을 할 수 있는 장점이 있으며 최근 돈사는 이 방법을 다각적으로 응용한다.

〈표 1〉 돼지의 방열량과 권장 추가급온열량

돼지의 방열량(BTU/Hour)			두당 권장 난방열량(BTU/Hour)		
체 중	두당 방열량	자체보온 열량	체중(kg)	실내온도	난방열량
1일령(신생자돈)	33	13	수유모돈	섭씨 26.5도	* 4,000
5kg	200	80	+	섭씨 21.1도	* 3,000
23kg	375	150	포유자돈	섭씨 15.5도	(3,500)
45kg	520	208	5.4~13.6	섭씨 29.4도	* 350
68kg	675	270	13.6~34	섭씨 23.8도	* 350
91kg	800	320		섭씨 18.3도	(450)
136kg(성돈)	1,025	410	34~100	섭씨 15.5도	* 600
136kg(임신돈)	870	348	147~182	섭씨 15.5도	* 1,000

\* = Slat 돈사, ( ) = 깔짚 평사 : 미국 중서부의 예, 1kcal = 3.968BTU(Ensminger, 1972)

(2) 열원을 중심으로 자연대류작용에 의해 열이 확산되는 방법 ; 열원에서 먼 돈방은 난방효과가 적어 전 돈방에 균일한 급온이 어려운 단점이 있다. 그 외 바닥급온, 공간난방으로도 분류할 수 있다.

난방기기가 다양하게 개발되어 있으나 역시 그 돈사의 단열수준, 돈방의 크기, 수용두수, 체중 등에 맞추어 난방기기의 용량을 선택한다. 전기나 유류를 사용한 난방기기는 급온열량단위가 Kcal나 BTU단위로 표시되어 있다.

예를 들면 자돈을 거느린 수유모돈 1두당 실내 온도를 섭씨 21.1도 유지를 위해 필요한 난방열량이 시간당 3,000 BTU라면 수유모돈 20두의 슬랫 분만실에 적합한 공간난방기의 능력은 시간당 약 6만(3000×20) BTU 정도가 적합할 것이다.

최근에는 실내 온도에 따라 냉, 난방 가동은 물론 환기량이 자동 조절되는 자동 환경조절 체계가 보급되고 있다. 각 돈사별 난방시 유의 사항은 다음과 같다.

(가) 적온감지를 위한 온도감지기는 관리자 눈높이에 설치될 경우 더운공기가 위로 올라가고 낮은 공기가 아래로 내려오는 대류작용에 따라 바닥에 가까울 수록 온도가 낮아지기 때문에 적온대보다 2~3도 높이 설정한다. 관리자 눈 높이 보다 1~2m 아래에서 돼지들이 생활한다는 것을 의식해야 한다.

(나) 분만실이 난방은 모돈과 자돈의 적온 범위가 너무 차이가 있으므로 반드시 자돈용 보온 구역을 따로 설정하는 것이 경제적이다. 분만실 전체를 포유자돈 적온대에 맞추면 모돈의 사료 섭취 저하에 따른 비유량 감소, 체지방 및 체중 감소로 번식성적이 저하된다. 따라서 분만실내는 모돈 적온대에 맞추고 보온등이나 보온상내 보온등의 설치 방법을 사용하도록 한다. 보온등은 반사갓이 달린 여러 형태의 보온기기가 개발되어 있다. 120~250W의 전기 보온등, 갓이 부착된 전열기, 가스보온 등이 있고 보온상내에 백열등이나 기타 열원등을 설치하여 신생자돈의 적온을 충족시키기도 하며 자돈 보온구역에 원적외선 보온 등과 전기깔판을 이용하여 바닥보온의 장점을 이용한 제품도 있다. 또 보온상의 수세소독의 어려움을 덜기 위해 종이로 된 1회용 보온상자가 개발되기도 했다.

보온상 보온시는 백열등이나 바닥전열기와 같은 보온방법일 때는 보온상 높이를 60cm 정도로 낮추도록 하고 반사 보온등을 이용할 때는 반사되는 부분이 넓게 되도록 보온등 높이를 90cm 이상 되도록 한다. 너무 낮으면 중심부의 한 두 마리만 적온 이상으로 보온되고 그 주변은 적온에 미치지 못하는 예가 많다. English 등(1984)은 보온등을 모돈의 옆과 후면에 동시 설치함으로써 포유중 생존율을 6.4%나 향상시킬 수 있었

〈표 2〉 보온등 높이에 따른 온도변화

외기온도(섭씨)		-15	-13	-10	-5
실내온도 $\frac{1}{4}$ 섭씨 $\frac{3}{4}$		9.5	11	13	16
높이	30cm	19도	20.5도	22도	23.5도
	40cm	18도	19도	20.5도	22도
	50cm	16.5도	17.5도	19도	20.5도

(250W 보온등 1개)

다고 하였다. 보온상이 없는 경우는 반드시 자돈의 잠자리 부분에 온도계에 의한 점검을 해야 한다. 보온등 높이에 따라 〈표 2〉와 같이 온도가 달라지며 실내온도에 따라서도 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 보온등이 없을 때는 자돈 잠자리위에 바닥에서 60cm 높이에 작은 간이 천정을 만들어 주면 자돈들의 방산열의 손실을 최소화시켜 다소 보온효과를 얻을 수 있다.

(다) 자돈사의 난방은 분만실과 함께 피수시설이라고 할 수 있다. 자돈사까지 돼지의 환경적 위험기라고 할 수 있기 때문이다. 이유자돈사의 난방시설이 없을 때는 간이 잠자리규격의 간이 보온상을 설치하여 자체 방산열을 최대한으로 이용하도록 한다.

(3) 천정, 벽, 바닥 등의 단열처리와 이중창은 난방비 절감으로 3년 이내에 시설투자비를 회수할 수 있다(John Godd, 1992).

## 2. 환기시설(Ventilation)

환기는 환경관리의 가장 기본적이고 필수적인 요소라고 할 수 있다. 실내의 온도, 습도, 오염공기(각종 유해가스, 병원미생물이 포함된 먼지 등)등에 따라 환기가동에 많은 제한을 받는다. 배기량이 많으면 오염공기는 다량 배기되나 실내온도가 저하된다. 이러한 상관관계를 응용한 적합한 환기는 수동에 의한 조절은 어려우며 주로 자동제어기(Auto-Controller)를 사용한다.

환기효율을 향상시키기 위한 유의 사항은 다음과 같다.

(1) 돈사의 입배기구역을 제외한 모든 부분을 밀폐할 수록 공기의 흐름을 균일화시키고 환기 효율을 증대시킬 수 있다.

(2) 돈사공간이 대형화 될수록 기류의 흐름제어가 어려워 환기효율이 저하되고 가동비는 증가한다.

(3) 입기구는 가급적 길게 하여 외부 유입공기 온도와 실내공기 온도와의 차이를 최소화시키고 풍속도 완화(0.2m/sec)시킨 후 돼지 몸에 도달되도록 유도한다.

(4) 환기시설은 비상시의 환경을 고려하여 설계한다(기상변화, 실내온도의 변화, 수용두소의 변동 등)

(5) 피트(슬랫상면)가 있는 돈사는 피트내 환기를 최우선으로 설계한다.

환기시설은 자연환기법, 강제환기법 및 절충식 환기법으로 구분되며 강제환기법은 다음 음압식 환기(Negative pressure)와 양압식환기(Positive pressure)로 분류할 수 있다.

### 가. 자연환기법

개방돈사(유창돈사)에 주로 응용되며 실내 자연 대류작용에 의존하는 환기 형태로 창을 닫았을 때를 전제하여 입기구를 완충시킨 외부공기가 유입되도록 설계하는 것이 기본이다. 냉난방의 효율적인 응용이 어려운 단점을 가지고 있다.

### 나. 강제환기법

무창돈사(Windowless)나 밀폐시킨 개방돈사에 주로 응용하며 입배기 팬(Fan)에 의해 강제 환기를 유도한다.

필요한 환기량은 〈표 3〉과 〈표 4〉와 같이 돼지의 체중, 외기온도(계절별), 사육밀도, 돈사용적, 실내온도 등 많은 조건에 따라 차이가 있으나 간

〈표 3〉 밀폐돈사의 권장환기량

체 중(kg)	(입방 M/Hour)			(CFM/Hour)		
	저온기	온난기	고온기	저온시	적온시	고온시
수유모돈+자돈	0.56	2.26	14.5	20	80	500
5.4~13.6	0.05	0.28	0.70	2	10	25
13.6~34	0.08	0.42	0.99	3	15	35
34~68	0.19	0.67	2.12	7	24	75
68~100	0.28	0.99	3.29	10	35	120
임신돈(147)	0.33	1.13	4.24	12	40	150
수태지(182)	0.39	1.41	5.09	14	50	300
Robert L. Fehr., 1981(Pork Industry)				93가변형축사 표준설계도, 1994		

\* 1CFM/Min(분당 1입방 피트, 자)=0.02931 입방M, 500CFM=14.6 입방m

〈표 4〉 외기온도에 따른 단열돈사의 개략적인 환기량

외기온도(섭씨)	수유모돈 1두당 概算환기량	체중 56kg비육돈 1두당 概算환기량
-29	12cfm	-
-23	13	7cfm
-18	14	7.5
-12	16	8
-7	18	9
-1	22	12
4	36	20
10	50(겨울)	25
10~21	50	30
21 이상	100(여름)	75

(Ensminger, 1972)

이환기량 계산에 응용하도록 한다.

이렇게 계산된 환기량을 강제배기시킬 팬(Fan)은 배기능력(CFM 또는 입방 m/분으로 표기)에 따라 수량, 설치위치를 결정한다. 강제배기 방법은 두종류로 분류된다.

### (1) 음압식 배기(Negative pressure)

밀폐된 돈사내에서 외부로 배기팬(Fan)을 이용하여 오염공기를 직접 배출시킴으로서 돈사내가 음압상태를 유지하게 되며 입기구로 부터 외부공기가 돈사내 음압정도에 따라 자연 흡입된다. 돈사내 공기흐름(대류작용)이 양호하고 돈사 외부의 기상조건(바람, 기압)에 구애받지 않는

장점이 있어 대부분 이 방법을 채택한다. 입기구의 단면적이나 개폐조절은 배기팬, 실내온도, 유해가스 농도 등과 연계하여 자동 조절되도록 함이 이상적이다.

### (2) 양압식 배기(Positive pressure)

팬을 이용하여 돈사 외부의 공기를 돈사내부로 불어넣어 돈사내를 양압상태가 되게 하여 배기구를 통하여 오염공기가 자연 배출하도록 시설하는 방법으로 돈사내 안정된 공기흐름에 방해를 받고 배기상태가 외부기상 상태에 따라 영향을 많이 받는 단점이 있으나 다공원통형 덕트(Duct)를 이용하여 전 돈군에게 일정한 풍속을 유지하고 공기흐름을 제어하도록 보완한 방법이 있으며 국내 여름철 개방돈사에 응용할 것을 권고하고 있다(John Godd(1992)). 그리고 밀폐식 돈사에서는 양압식보다 음압식 환기가 생산성이 높았다는 통계가 제시된 바 있다.

### 다. 절충식 환기법

자연환기와 강제환기를 돈사조건에 따라 최소의 에너지 소모로 환기효율을 극대화 한 설계의 하나로 자동제어가 되어야 하는 전문성이 요구된다. 최대한 자연환기에 의존하도록 설계하고 실내 오염도가 증가되면 여러 곳에 부착된 온도, 가스 등의 감지기에 의해 추가로 설치된 강제환기용 기기들이 가동하여 쾌적환경을 유지시키는 방법이다. (다음호에 계속)