



이 덕 수 과장
축산연구소 가금과

한국에서의 육계사 환기 이론 및 실제

1. 환기개요

1) 우리나라 기후조건과 환기특성

우리나라 기후는 여름철에는 고온다습하고 겨울철에는 저온건조한 특성을 가지고 있어 양계 선진국인 유럽 기후와는 많은 차이가 있으며 이러한 차이로 인해 우리나라 계사의 환기 방식은 유럽 형태를 그대로 도입하여 이용했을 때 혹서 및 혹한에 대한 스트레스가 매우 큰 문제점을 가지고 있다. 그러므로 우리나라에서는 우리 기후 특성에 맞는 매우 독특한 환기 방식이 창안되어야 한다.

그러나 아쉽게도 지금까지 우리에게 알맞은 환기 방식이 소개되지 못하여 심지어는 한 마을에서도 각각 다른 환기 방식을 이용하면서 고통을 호소하는 사례가 많았다.

따라서 축산연구소에서는 우리나라 기후조건에 부합하면서도 겨울철 계사내 온도를 높게 유지하면서 24시간 고른 환기가 가능한 “에너지 절감형 육계사 환기 시설 및 장치”를 개발하여 보급하게 되었다.

2) 국내 육계사 환기 현황 및 문제점

가. 우리나라 육계사의 대부분은 벽면을 윈치 커튼이나 보온덮개 등으로 처리하여 여름철

에는 완전개방하고 겨울철에는 내부 온도나 유해가스 상태를 보면서 창을 개폐하는 소위 유창식 계사 형태를 취하고 있다.

따라서 계사의 단열수준(특히 벽면)은 매우 낮은 편이며 겨울철에 보온을 위하여 연료비가 많이 소요되는 단점을 가지고 있다.

나. 육계사의 겨울철 환기방식중 입기구를 별도로 두지 않고 계사내 유해가스 정도나 온도 상태를 보면서 윈치커튼만을 약간씩 개폐하여 공기를 들어오도록 하고 배기는 지붕에 있는 배기창을 이용하든가 측면에 배기휀을 달아 유해한 공기를 배기하는 형태를 취하고 있는 농가가 의외로 많은데, 이 경우 윈치커튼을 열면 외부의 찬 공기가 일시에 계사로 밀려들어와 계사내 온도를 급강하시킨 후 다시 온풍기가 가동되기 때문에 계사내 온도의 급상승 및 급강하가 계속 반복된다. 특히 야간에는 입기구(윈치커튼)를 닫아놓기 때문에 새벽녘 유해가스 농도가 아주 높은 단점을 가지고 있다.

다. 현재 육계사의 대부분을 차지하는 지붕 배기 방식은 계사내에 주입된 신선한 공기가 지면의 유해가스를 동반하여 배출되지 않고 직접 지붕으로 배출되기 때문에 닭들이 생활하는 평사 바닥면은 항상 유해한 가스층이 형성되고 있다.

따라서 우리나라 육계사의 환기 방식이 가지는 문제점들을 종합해 보면 이상에서 열거한 주요 원인들로 인하여 육계후기 호흡기 질병감염이 심하고 겨울철에 연료를 과다하게 소비하는 결정적인 단점을 가지고 있다.

3) 환기에 영향을 미치는 요인

가. 온도

닭은 온혈동물로서 체온을 일정하게 유지하는 생리적인 능력을 가지고 있다. 그러나 이러한 생리적인 기능은 온도변화가 작은 경우만 효과적으로 발휘되며 극단적인 온도조건으로 갈수록 온도변화에 대한 적응력이 떨어진다. 따라서 계사는 닭이 건강을 유지하며 생산성을 최대로 발휘할 수 있는 이상적인 온도를 유지할 수 있도록 설계되어야 한다.

닭의 체온은 다른 포유동물들 보다 변화가 많아서 성계에서도 40.6℃~41.7℃의 변이를 보인다. 체온변화에 영향을 주는 요인들은 여러 가지가 있지만 특히 체내 대사과정과 근육운동을 통해 지속적으로 생산되는 열이 체외로 발산되는 열보다 많을 때 체온은 상승하게 된다.

일반적으로 환경온도(環境溫度, environment temperature)가 21℃인 경우에 체내 생산열의 75% 정도가 발산, 전도, 대류의 작용에 의해 체외로 소실된다. 이 때 환경온도가 닭의 체온과 비슷하거나 높으면 이런 조절기능은 크게 떨어지거나 작용을 전혀 하지 못하게 된다.

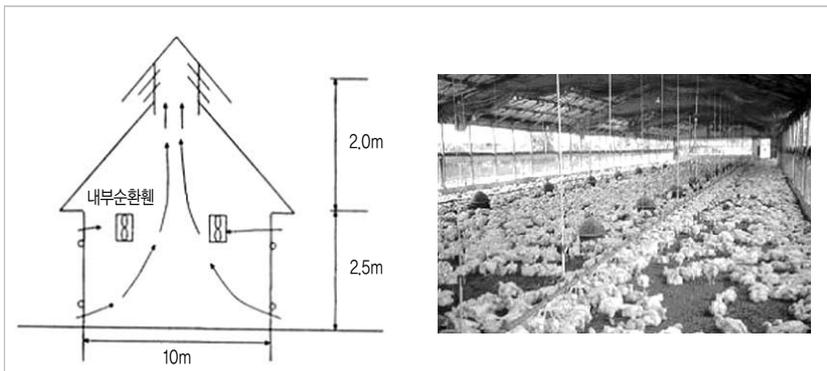
나. 습도

계사내 적정 습도 유지는 동물에게 쾌적한 환경을 제공하는데 필수적이거나 과도한 습기는 동물과 계사에 여러 가지 악영향을 미친다.

성계의 경우 적정 상대의 상대습도(相對濕度, relative humidity)는 50~60% 범위이나 60% 이상이 되면 각종 질병을 유발하고, 특히 온도가 낮을 때 습도가 높으면 체온 유지에 더욱 어려움이 따른다. 계사내 지속적인 과습은 각종 곰팡이를 발생시키고 계사 내부 철골재를 부식시키며 어린 병아리에게는 복부수종, 발육 지연 등의 원인이 되기도 한다.

그러나 육추초기(1~2주령)의 육추사에서 급운으로 인한 계사내 습도 부족은 어린 병아리의 탈수증, 우모 발생불량, 식욕감퇴, 성장부진, 항문 폐쇄증을 유발하므로 적정습도의 유지는 절대 필요한 조건이라고 볼 수 있다.

닭이 생산하는 수분의 양은 체중, 사료형태, 사료성분, 대기온도, 습도 등에 따라 다른데 계사내 수분생성에 중요한 요인으로는 계분으로 배출되는 수분, 닭의 호흡



〈그림 1〉 기존 자연 배기식 환기장치 및 사육장면

기를 통해 배출되는 수분, 계사 내로 들어오는 공기 중에 포함된 습기 등으로 구성되며 세부내역은 <표 1>과 같다.

다. 축사내 공기속도

통상 초속 m(m/sec)로 나타내며 축사내 공기 흐름, 환기량 등을 알아보기 위하여 쓰여진다. 여름철 적당한 풍속은 체감 온도를 저하시켜 비육효과를 높여주며 바닥 깔짚재를 말려주는 효과가 있는 반면 겨울철 빠른 풍속은 체온감소 우려가 있다<표 2>.

• 계절별 권장수준

- 여름철 : 빠른 풍속이 체감온도를 낮추어 냉각효과를 거둘 수 있음. 축산연구소 권장기준은 계절에 따라 계사형태에 따라 다르나 대개 초당 1m 내외이다.

예1) 여름철 초당 1.5m 송풍으로 체감온도

가 31.8℃에서 30℃로 낮아지며, 초속 1.65m 송풍으로 일당 증체량이 0.85kg에서 1.09kg으로 높아진다.

예2) 고온시 무창 산란계사에서 초속 2.2m 이하의 풍속은 고온스트레스를 억제, 순간 폐사를 감소시킨다.

- 겨울철 : 초속 0.2m 이상의 풍속은 저온 스트레스 우려가 있다.

라. 광도

빛에 대한 반응은 산란계가 가장 민감하며 육계, 돼지, 젓소, 한우 등 기타 가축은 사료를 찾아서 섭취할 수 있고, 육계 관리자가 작업에 지장을 받지 않을 정도인 15Lux 밝기만 있으면 충분하다. 불필요한 강한 불빛은 가축의 신경을 예민하게 하고, 불필요한 운동을 유발하여 비육에 지장을 준다.

<표 1> 체중별 체열 및 수분 발생량(계사내 온도 21℃)

평균체중 (kg)	시간당 체열발산 (100수당 btu*)	수분발생(1일*100수당 · kg)			100수당 일일 계분 생산량(kg)
		호흡	계분	계	
0.5	2,000	7.2	2.4	9.6	4.4
0.9	2,900	9.2	4.9	14.1	8.2
1.4	3,450	10.5	7.1	17.6	11.4
1.8	4,000	11.4	8.8	20.3	14.0
2.3	4,500	12.4	9.4	21.8	16.2
2.7	4,920	13.3	10.2	23.5	17.8

* Btu : British thermal unit(영국열량단위)의 약자로써 물 1파운드(453.6g)를 화씨(°F)로 39.2°F에서 1°F 올리는데 필요한 열량

<표 2> 풍속과 체감 온도와의 관계

온도	습도 100%일 경우				풍속 3m/초의 온도차
	0m/초	1m/초	2m/초	3m/초	
35℃	35℃	34.3℃	33.7℃	33.3℃	-1.7
28℃	28	26.4	25.2	24.0	-4.0
21℃	21	17.0	17.5	15.5	-5.5
10℃	10	5.5	3.4	0.0	-10.0

마. 분진량

축사내 먼지의 기본 구성물질은 사료의 분말, 분(糞) 분말, 동물체내에서 유리된 세포분말 등이며, 먼지의 총량은 동물수에 비례하므로 무창계사, 돈사의 고밀도 사육시에는 분진을 배기시킬 수 있는 환기체계가 필요하다.

먼지의 양은 낙하세균 수와 비례하며 분말이 날려서 공기 중에 올라가는 양은 습도가 적을 때(건조시) 더욱 심하다. 과도한 분진은 가축의 성장을 지연시키고, 호흡기 질병과 유해세균의 감염률을 높인다. 먼지가 많은 곳에서는 가루 사료보다 펠릿사료를 급여하고, 사료에 우지(牛脂)를 첨가하는 것이 유리하다.

분진량에 대한 미국 국가직업안전과 건강위원회(NOSH)의 호흡기준은 5mg/m³ 이하이며, 총 노출먼지는 10mg/m³이다.

바. 유해가스

각종 유해가스는 가축에게 여러 가지 악영향을 주는데 유해가스별 영향은 아래와 같다.

① 암모니아(NH₃)

자극이 강하며, 20ppm 이하에서 별지장이 없다. 허용한계는 25ppm 이하이며, 25ppm 이상일 때 암모니아 가스는 공기보다 무겁기 때문에 공기중의 습기에 용해되어 닭, 돼지 등의 위치에 머물면서 각종 질병감염의 원인이 되며, 특히 기관지 점막손상 등 호흡기성 질병을 유발시킨다.

② 이산화탄소(CO₂)

냄새가 없고 2,500ppm 이하에서 지장이 없으며, 최대 허용한계는 5,500ppm 이하이다. 치명수준은 300,000ppm이며 호흡증가, 졸음, 두통, 질식, 폐사 등을 일으킨다.

③ 황화수소(H₂S)

매스꺼운 냄새를 내며 허용 한계는 10ppm 이하이며, 20ppm 이상일 때 빛을 싫어하고 식욕 감퇴 및 신경질적인 반응을 보인다. 치명수준은 100ppm이며 눈, 코, 인후의 점막을 자극해서 두통, 현기증, 흥분, 불면증, 폐사 등을 일으킨다.

④ 메탄(CH₄)

허용한계는 1,000ppm 이하이며 500,000ppm 이상일 때 치명수준이다. 무독성이나 두통 등을 일으킨다.

2. 육계사 환기관리

1) 환기목적

가. 오염된 공기 및 유해 가스의 제거와 신선한 공기의 공급

닭은 호흡을 하는 동안 생체 kg당 한 시간에 739ml의 산소를 소비하고 714ml의 이산화탄소를 발생해서 산소 소비량이 소나 돼지보다 kg당 2.3배 많고 이산화탄소 발생량은 2.2배 많다. 또 깔짚이 습해지면 암모니아 가스를 발생하며 이는 더욱 생산성에 악영향을 미친다.

특히 계사가 밀폐되었거나 고밀도로 사육을 하는 계사에서 환기량이 부족할 경우 이산화탄소, 암모니아가스 등이 누적되고 산소가 부족하게 되어 육계사육에 치명적인 타격을 가져올 수 있다.

계사에서 발생하는 유해가스 중에서 암모니아가스와 이산화탄소가 가장 문제가 된다. 암모니아가스는 계사 환경의 지표라고 볼 수 있을 정도로 중요하며 10ppm만 넘어도 사람이 코로 감지할 수 있는 정도가 되며 20ppm을 초과하면 뉴

〈표 3〉 가족별 체중kg 당 산소소비량 및 탄산가스 발생량(ml/hr)

구분	닭	돼지	소
산소소비량	739	395	328
이산화탄소발생량	714	339	320

* 자료 : 鷄의 特殊管理

갯슬병이나 호흡기질병 등의 감수성이 높아지며 25ppm을 초과해서는 안된다. 또한 계사를 밀폐하여 환기량이 부족하거나 직접난방 열풍기를 사용할 경우 이산화탄소 농도가 급격히 증가한다.

밀폐형 계사에서 적절한 사육환경을 유지하는데 가장 중요한 수단은 환기이며 겨울철 육계 1kg 1수당 환기량은 평균 1.4cfm인 반면 여름철 환기량은 2.4cfm으로 계절별 차이가 크므로 사육단계별로 외부온도에 따라 적정량의 환기를 해주어야 한다.

나. 계사내 적정온도 유지를 위한 촉매작용

닭은 입추초기에는 32~34℃를 유지하다가 후기로 갈수록 온도를 낮추어 주어야 하는데, 이때 계사 내 온도가 너무 낮을 경우에는 체온 유지를 위해 더 많은 에너지가 필요하기 때문에 사육적온인 21℃를 유지하는 것이 좋다.

그리고 이보다 온도가 1℃ 떨어질 때마다 닭은 0.61~1.58%씩 사료를 더 섭취하게 되며 또한 사육적온보다 온도가 높아지면 1℃ 높아질 때마다 2.36~5.61%씩 사료를 덜 섭취하여 증체량이 떨어지며 30℃이상 온도가 올라가면 고온 스트레스를 받게 된다. 이 경우 계사내 적정온도를 유지하는 수단으로는 환기에 의존해야 한다.

다. 과도한 계사내 수분, 세균 및 악취 제거

- 성계는 1일 1수당 200~300ml의 물을 마시고 계사에 쏟아 놓는다.
- 닭이 공기를 들이마실 때 산소의 함량은 21%였으나 내뿜을 때는 16%로 줄어든다.
- 닭이 들이마시는 공기 중의 탄산가스량은 0.03~0.04%이나 호기 중에는 약 5% 함유되어 있다.
- 계분 중에 요산이 세균에 의해 분해되면 암모니아 가스가 발생해 닭의 기도 상피세포를 약하게 하고, ND 등 호흡기성 질병감염률을 높인다.
- 닭이 움직이면 많은 먼지와 세균이 증가하게 된다.
- 닭의 몸에서는 많은 체열을 발생하며 이는 실내온도를 높이며 많은 악취를 증가시킨다.

따라서 이상과 같은 문제점들을 해결하기 위해서 우리는 계속 외부의 신선한 공기를 계사 내로 집어넣고, 계사내의 공기를 배출해 주어야 한다.

한편 환기 효율을 증대시키기 위해 환기 시설을 자동화 할 경우가 많은데, 이때 구체적인 효과를 순위별로 보면 〈표 4〉와 같다.

〈표 4〉 환기시설 자동화시 효과

순위	효과
1	사육수수 증대로 건축비 투자효율 극대화
2	신진대사 증진으로 사료효율 개선
4	실내청결도 개선으로 질병 억제효과
5	하절기 열스트레스 제거
6	온도관리에 의한 사료효율 극대화
7	관리비와 노동력 절감
8	하절기 계분건조 효과

2) 환기 요구량

가. 환기량 단위

환기량을 나타내는 단위로는 CFM(1분간에 배출하는 입방 피트의 부피, Cudic feet per Minute)과 CMM(1분간에 배출하는 입방미터의 부피, Cudic Meters per Minute)이 주로 사용되고 있으며 현재 유통되고 있는 환풍기에는 이 두가지 단위가 모두 용량으로 표시되어 있다.

이 이외에도 환기 단위로 m³/h, m³/m, m³/s 등이 사용되고 있으나 이는 표현 방법에서의 차이일 뿐으로 CMM과 m³/m은 똑같은 의미이다.

*10,000cfm = 280cmm(1cfm=0.028cmm)이며, 1cmm은 약 35.7cfm에 해당됨.

나. 육계 표준 환기 기준량

육계와 산란계는 환기량에 매우 민감한 동물이기 때문에 표준환기 기준량을 맞추어 주는 것이 매우 필요하다. 육계에서 많이 적용되고 있는 표준환기 기준량은 <표 5>에서 보는 바와 같다.

이때 체중 kg당 요구되는 환기량은 환경온도에 따라 크게 차이가 나며 이 표에서 제시된 환기량은 상대 습도를 60%로 유지할 때를 목표로

<표 5> 육계 표준환기 기준량(Aberaker manual)

환경온도 (°C)	체중 1kg당 요구환기량 (cfm)	체중 1.5kg 1만수 1동당 필요 환기량	
		cmm	cfm
35	2.5	1,050	37,500
32	2.4	1,008	36,000
29	2.2	924	33,000
24	2.0	840	30,000
18	1.7	714	25,500
13	1.4	588	21,000
7	1.1	462	16,500
0	0.8	336	12,000

* 상대습도 60% 유지를 목표로 하는 환기량임.
* 상대습도가 60%를 넘을 때는 환기량을 비율적으로 증가시킴.

하는 환기량이기 때문에 상대습도가 60%를 넘는 환절기에는 환기량을 비율적으로 증가시켜야 한다.

*국산환 용량 :

- 굴뚝환 내장용 50Ø대당(Ks사) : 443~2,904cfm(평균 25%가동시 약 900cfm)
- 일반형(Ki사)

규격(인치)	날개지름(cm)	용량(cfm)
50	127	24,000
36	91	14,000
24	63	6,907
20	50	4,638

* 상기 환기 기준량은 Aberaker사에서 제공된 것으로 실제 우리나라 겨울철 육계사 적용 용량과는 차이가 많음.

다. 환기 요구량 계산

상기 <표 5>에 의하면 현재 농가에서 일반적으로 출하하는 수당 체중 1.5kg의 경우 1만수 1동당 (약 200평 규모) 필요 환기량은 21,000~33,000cfm 정도이며, 이에 필요한 환기환을 설치해야 하나 실제로는 우리나라의 겨울철 추운 외기온도와 조기출하 경향으로 대부분 농가가 이 용량보다 적은 환기를 실시하고 있는 형편이다.

3) 환기체계별 특성

가. 자연환기

우리나라 대부분의 재래식 계사에서 이용했던 방식으로 측면의 윈치커튼과 지붕의 모니터를 이용하여 환기를 하는 방식으로 기압과 자연 바람에 의해 계사 내부의 공기를 조절해준다. 환을 이용한 강제환기가 아니기 때문에 계사 환경을 임의적으로 조절해줄 수 없어서 사육환경이 불량하다.

나. 측면배기식 환기(클로스 플로우 환기)

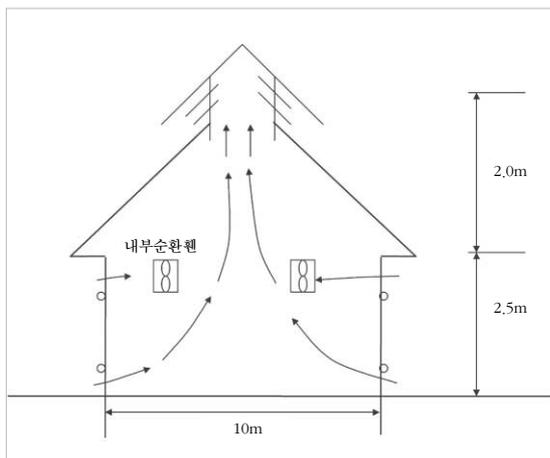
측면에 설치된 입기파이프를 이용해 입기를 시키고 반대편 벽면에서 배기환을 이용해 배기시키는 방식으로 육추 초기에 양호한 환기방식이며 우리나라의 육계사에 많이 설치되어 있는 환기방식이다.

고온기에 풍속에 의한 체감온도를 낮출 수 없고 겨울철에는 빠른 풍속으로 계사내 온도가 쉽게 냉각되기 때문에 최근에는 이용이 급속히 감소되고 있다.

다. 터널식환기

계사의 한쪽 끝에 환기환을 설치하고 반대편 끝이나 측벽에 입기구를 설치하여 바람이 터널을 통과하듯 계사내부를 통과하는 방식으로 공기의 흐름이 빨라 여름철 고온기일 때 체감온도를 낮추어줄 수 있는 최고의 환기방식이다.

그러나 겨울철에는 찬바람의 다량 이입으로 적용이 곤란하다.



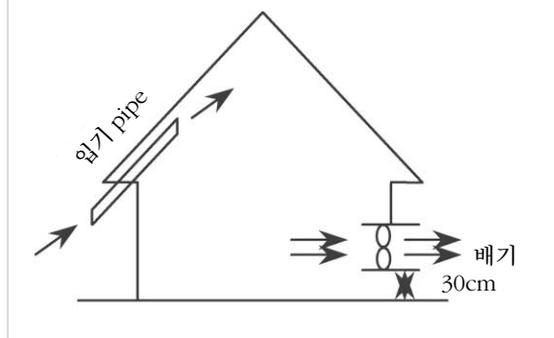
〈그림 2〉 자연환기 순환도

라. 굴뚝 배기식 환기

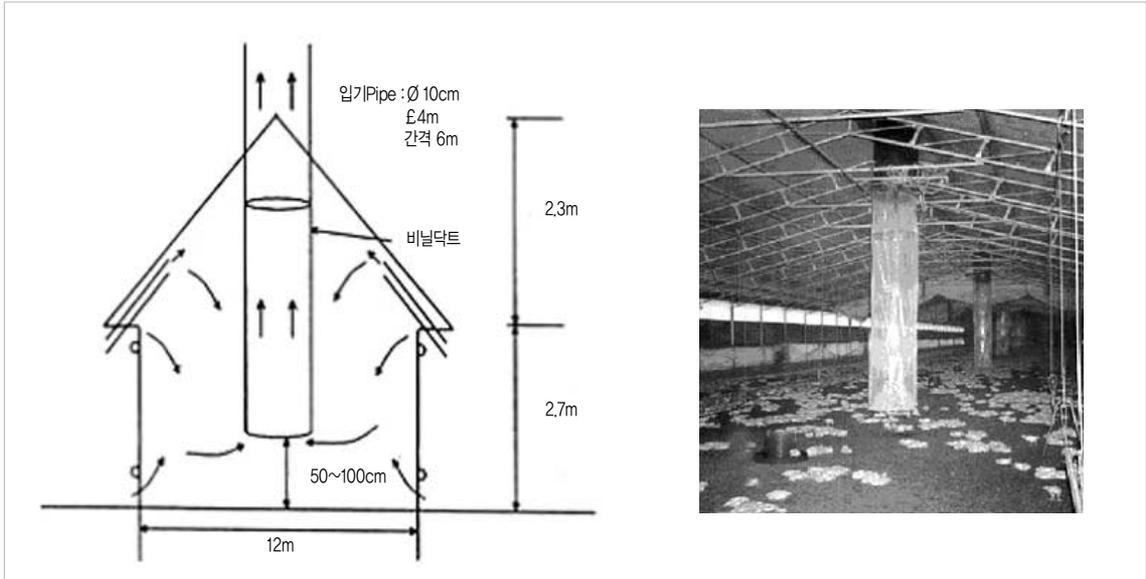
기본구조도 및 설치전경은 〈그림 4〉에서 보는 바와 같으며 양측면에 PVC파이프를 박아서 입기시키고 지붕을 관통하여 지상 1m까지 내려온 주름관 굴뚝을 통하여 배기시키는 방법으로 이 방식의 장점으로서는,

- 겨울철에 실내온도를 높게 유지할 수 있으며
- 계사내 온도 분포가 비교적 고르고
- 강제환을 이용하지 않으므로 저온충격이 적다는 점이다.

단점으로는 육계 사육후기에 자연 환기만으로는 유해가스를 충분히 배출시키지 못하므로 배기 파이프 안에 강제환을 달아 배기시켜야 한다는 점이다.



〈그림 3〉 측면배기식 환기계사 및 환기 모식도



〈그림 4〉 굴뚝 배기식 환기방식 기본 구조도 및 설치광경

3. 에너지 절감형 육계사 환기시설 설치

1) 현황 및 필요성

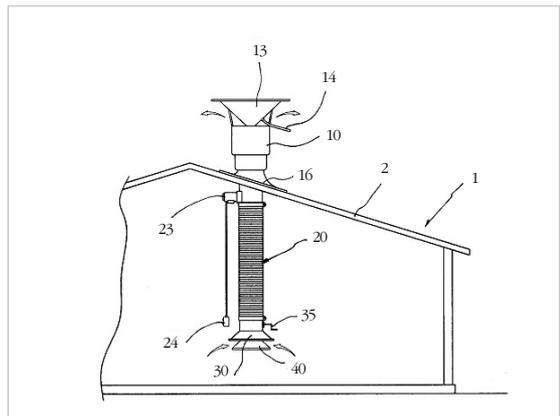
- 우리나라 육계사는 기후특성상 겨울철 보온과 환기를 동시에 만족시킬 수 있는 환기방식이 필요함.
- 기존 윈치창 개폐 입기방식은 겨울철 계사를 급속히 냉각시키고, 야간에 환기가 안되어 호흡기성 질병발생 및 생산성 저하 등의 많은 문제점이 있음.
- 현재 우리나라에는 여러 방식의 환기형태가 혼재되어 있어 농가 이용에 혼란을 초래하고 있으므로 가장 효과적인 육계사 전용 환기 모델을 제시, 농가에 보급할 필요가 있음.

2) 기본 원리

- 바깥의 찬공기를 음압 방식으로 입기관이나

입기용 Inlet을 이용, 계사 상층부까지 끌어 올려 상층부의 더운 공기와 혼합시켜 계사 바닥으로 낙하시킴으로써 찬 공기가 축체에 직접 닿지 않도록 함.

- 배기관 내부에는 속도를 조절할 수 있는 배기 환을 부착 24시간 고른 환기를 유지시킴.



〈에너지 절감형 배기장치 기본 구조도〉

◆ 특징 및 장점 :

- 24시간 고른 배기 및 내부환경에 따른 배기 속도 임의조절 가능(10~100%)
- 배기 역류억제 및 빗물 혼입 방지
- 육계 사육 일령에 따라 높낮이 조절가능계

3) 개량형 환기방식 적용시 효과

- 환기형태별 사육성적

구분	환기방법	원치입기 - 자연배기 (관행 1)	원치입기 - 강제배기 (관행 2)	입기관입기 - 강제배기 (개량형)
계사내 암모니아 농도(ppm)		23.5 (100)	7.5 (31.9)	4.2 (17.8)
계사내 온도(°C)		27.5	18.0	21.0
일당 증체량(g/수)		44.3 (100)	44.9 (101)	45.6 (102.9)
사료요구율		1.78 (100)	1.80 (101.1)	1.71 (96.1)
호흡기성 질병 폐사율(%)		3~4	2~3	1미만

* 개량형(시험2)이 적온유지 및 유해가스 농도가 낮아 일당증체량 및 사료요구율 가장 유리

* 수당 연료비 : 대조구가 가장 적으나 공기순환이 안된데서 기인된 것으로 적용 곤란, 시험2구가 시험1에 비해 수당 10원의 연료절감 효과가 있음.

4) 기대효과

- 굴뚝배기식 환기체계 적용시 연간 약 1,315천 원(1만수/동당)의 설치효과 기대
- 겨울철 계사내 높은 온도와 쾌적한 환경 유지로 연료비 22%이상 절감 가능
- 계사내 쾌적환경 유지로 육계후기 호흡기 질병예방 가능
- 기존 시설에 직접 설치가 가능
 - 겨울철 찬 외기가 축체에 직접 닿지 않는 상향식 파이프 입기방식
 - 24시간 고른 배기가 가능한 속도 조절형 배기방식 도입
 - 공기 역류 및 빗물 혼입 방지장치 등 설치

5) 설치방법

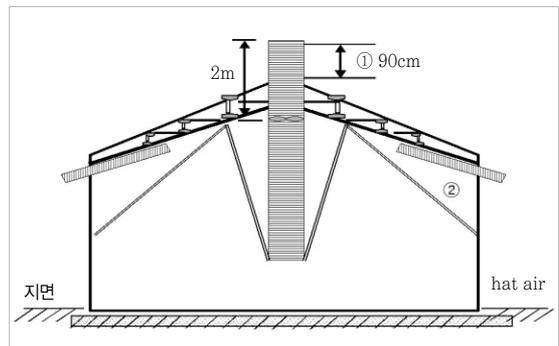
- 입기구
 - 입기관 : 직경 200mm, 길이 4m의 입기관을

처마에서 계사내 지붕 상단쪽으로 3m 간격으로 양쪽면에 설치

- 입기창 : 입기관은 용량에 한계가 있어 최근에는 입기관 대신 개량형 입기창(입기 Inlet)을 설치하는데 대개 배기관 1개당 4개씩 양측면 처마 위치에 설치함.

• 배기장치

- 배기관 직경 500mm, 용량 5,000m³/h, 높낮이 조절 및 바람역류, 빗물 혼입 방지형 배기관을 지붕에서 계사 바닥 방향으로 1만수 1동당 4개꼴로 설치
- 콘트롤러 : 내부 온도에 따라 환기량을 자동 조절할 수 있는 콘트롤러를 1만수 계사 1동당 1개씩 설치 



〈그림 5〉 개량형 환기장치 설치 모식도