

일부 육용 양계 농업인의 유기먼지와 암모니아 노출에 관한 연구

신철입¹⁾, 이경숙²⁾, 김경란²⁾, 강태선^{2)*}, 백남원³⁾

한성대학교 안전보건경영대학원¹⁾, 농촌진흥청 농촌자원개발연구소²⁾, 서울대학교 보건대학원³⁾

A Study on Exposure to Organic Dust and Ammonia in Poultry Confinement Buildings

Cheol-Lim Shin¹⁾, Kyung-Suk Lee²⁾, Kyung-Ran Kim²⁾, Tae-Sun Kang^{2)*}, Nam-Won Paik³⁾

Graduate School of Occupational Safety and Health Management, Hansung University¹⁾,

Rural Resources Development Institute, National Institute of Agricultural Science & Technology²⁾,

Graduate School of Public Health, Seoul National University³⁾

= ABSTRACT =

Objectives: This study was carried out to assess exposure levels of organic dusts and ammonia in poultry farms in Korea.

Methods: A total of six poultry farms were investigated. The farms were located in Namwon, Chonlabuk-do and in Kae-San, Chungchongbuk-do. This study consisted of a questionnaire and measuring organic dusts and ammonia. The questionnaire included the characteristics of the farms, work patterns and the tasks of the poultry farms.

Results and Conclusions: The farmers raised the chickens 45 times a year and the average number of years in the poultry farm were eight years ranging from 2 to 12 years. They worked for seven days per week and the average hours spent caring the chickens are 6.3 hours per day. The duration of staying in the confinement buildings was 3.3 hours per day. The work time in summer was longest. The feed and the water supply systems were automatic and the control of ventilation windows used "winch curtain" was semiautomatic. They used mechanical ventilation system in winter and used dilution ventilation system in the other seasons. The geometric mean concentration of total and respirable dust sampled in the poultry confinement buildings was 4.0 mg/m³ and 0.9 mg/m³, respectively. The ratio of respirable to total dusts range from 9 to 49 percent. There was no sample exceeding the criteria 10 mg/m³ for total dust and 3 mg/m³ for respirable dust in farms. The criteria have been recommended by Korean Ministry of Labor and American Conference of Governmental Industrial Hygienist. The personal respirable dusts measured during a circle work averaged geometric mean concentration 1.4 mg/m³. Two personal samples were exceeded the threshold 3 mg/m³. There was a positive relation

* 교신지자: 경기도 수원시 권선구 서둔동 88-2, 전화: 031-299-0473

2 일부 육용 양계 농업인의 유기먼지와 암모니아 노출에 관한 연구

between an index and the personal samples of respirable dusts($R^2 = 0.98$). The index is calculated by multiplying the total number of chickens in the farm by the age of the chickens and then dividing by the volume of the confinement building. The geometric mean concentration of area and personal ammonia samples was 23.3 ppm and 22.2 ppm, respectively. Some of the ammonia samples, both area and personal samples, exceeded the short term exposure limit value 35 ppm.

KEY WORDS : Agriculture, Farmer, Poultry, Confinement building, Chicken, Organic dust, Ammonia

서 론

우리나라 축산업은 2차대전이 끝나고 미국의 원조사업과 1962년 축산진흥 7개년 사업, 그리고 경제개발 5개년 사업이 시작되면서 본격화되었다. 우리나라 축산업 중에서 양계업은 다른 축산종목에 비해서 긴 역사를 가지고 있다. 최근에는 사육 및 생산시설의 자동화, 생산품의 상표화 작업도 다른 분야에 앞서 활발하게 진행되고 있어 양계업은 우리나라 축산발전의 선두역할을 하고 있는 산업이나, 우리나라에서는 약 21 만 호의 양계농가가 있다. 현재 양계의 평균 사육 가구수는 감소추세에 있고, 가구당 사육 마리수는 증가하는 추세로 점차 대규모화하고 있다[1].

양계업은 크게 산란계와 육계 사업으로 나눌 수 있다. 산란계는 계사의 시설자동화가 빠르게 이루어지고 있지만 육계산업은 규모가 커지는 경향이지만 아직도 독자 경영이 지배적이고 생산성이 비교적 낮다. 특히 시설미비, 질병관리, 출하 전의 절식문제 등이 남아 있고, 인력난 때문에도 시설의 현대화 및 자동화는 시급한 과제로 지적되고 있다[2].

현대의 양계의 형태는 서유럽과 미국에서 195060년대에 가축을 대량 사육하여 생산성을 높이고자 "밀폐건물(Confinement Building)"이라고 불리는 구조에서 반자동화된 시스템을

사용한 것에서부터 시작된다. 그러나 밀폐공간에서 가축을 밀집시켜 사육하는 방식은 그 내부에서 발생하는 유기먼지와 여러 가지 가스 농도의 농축을 유발시켰고 작업자와 가축 모두의 건강에 심각한 위해성을 갖게 했다.

동물을 사육하는 밀폐건물에서 발생하는 유해물질에 의한 인체 반응은 자극성, 독성 그리고 알러지성 과정을 포함한다. 이런 밀폐건물에서 종사하는 농업인들에게 나타날 수 있는 잠재적 반응으로는 급·만성 기관지염, 기도 반응성 증가, 그리고 전식과 만성기도장애, 유행성 감기와 같은 증상을 나타내는 유기먼지 독성증후군(Toxic Organic Dust Syndrome)이 있다[3].

동물을 사육하는 밀폐건물에서 농업인에게 건강상 유해영향을 줄 수 있는 인자는 입자상과 가스상 물질로 나누고 있다. 입자상 물질은 사육하는 동물에서 나오는 미듬이나 털조각 등과 동물의 대·소변인 폐기물, 사료, 그리고 바닥에 사용하는 물질에서 나오는 유기먼지가 있다. 가스상 물질들은 동물의 폐기물이 미생물에 의해 분해될 때 생기는 암모니아, 황화수소, 메탄과 동물의 호흡과 겨울철 난방기에서 나오는 이산화탄소와 일산화탄소를 들 수 있다[4-5].

이 유기먼지는 대략 25%의 단백질을 포함하고 있으며, 직경이 2~50 μ m 사이인데 그 중

1/3가량이 호흡성 크기인 10 μ m 이하이다. 이 유기먼지에는 동물의 비듬, 털조각, 박테리아, 엔도톡신, 꽃가루, 곤충, 곰팡이 포자들이 포함되어 있고, 이 먼지에 암모니아나 다른 자극성·독성 가스들이 흡수되면 그 잠재적 유해성이 증가되기도 한다. 북미와 유럽 등에서는 농업을 가장 위대한 산업 중의 하나로 분류하고 그에 대한 구체적인 작업유해인자의 노출 실태, 그리고 그에 따른 건강영향에 대한 연구를 활발히 진행하고 있다. 그러나 우리나라에서는 아직 그런 연구가 부족한 실정이다. 특히, 축산업과 관련된 연구들은 생산성 향상을 위주로 되어왔을 뿐, 축산 농업인의 작업환경과 건강영향에 대한 연구가 되어 있지 않다 [6].

이에 본 연구에서는

- 1) 연구대상 양계농업인의 작업특성을 파악하고
- 2) 양계와 관련된 유해인자 중 가장 대표적인 유기먼지와 암모니아 가스를 측정·분석하여

우리나라 육계 양계농업인의 작업환경 실태와 그 노출을 평가할 것이다.

대상 및 방법

1. 조사대상

육계는 시설자동화율이 낮아 1만 마리 이상 대형화됨에 따라 환경이 더 열악한 것으로 보고되고 있다. 전국적으로 1만 마리 이상 육계 농가는 약 3천 가구가 있는데 본 연구에서는 가족노동 중심, 특히 부부가 경영하는 곳으로 닭 2만수에서 4만수 정도를 사육하고, 양계를 주요 수입원으로 하는 곳을 대상으로 하였다. 지역적으로 육계 농가 분포가 많은 전라북도 남원과 충청북도 괴산의 대형 육계 사육 농가를 대상으로 측정, 조사하였는데, 각 지역에서 3개 농가씩 모두 6개 농가를 대상으로 하였다 [2].

측정 및 조사는 2000년 3월에 실시하였다. 이는 겨울철에 온·습도 조절과 에너지 절약 을 위해 양계장을 밀폐시켜 환기율이 낮아 유해물질에 대한 작업자의 노출농도가 가장 높은 것으로 알려져 있기 때문인데 가장 추운 12월에는 난방비가 너무 많이 소요되어 양계를 피하고 있는 실정이었으므로 연구시기는 양계장을 밀폐시키면서도 닭을 사육하는 3월을 선택하게 되었다 [7].

육계를 사육하는 농민의 작업환경 실태와 그 노출을 평가하기 위하여 첫째, 작업특성을 조사하였다. 연구대상 농민의 작업특성을 조사하기 위하여 몇 개 항목의 설문지를 작성하였다. 설문지의 내용은 (i) 작업장에 관한 사항 (ii) 작업자에 관한 사항 (iii) 작업내용에 따른 작업분담에 관한 사항들이 포함되었다. 구체적으로 조사한 사항은 계사의 크기, 운영 계사 동수, 사육 닭 마리수와 일령, 계사 바다 깔짚의 종류와 사용 기간, 환기시스템의 형태와 관리기준, 냉·난방기기의 종류와 대수, 사료급여, 급수, 분뇨제거, 환기창 조절의 자동화 정도이다.

2. 유기먼지와 암모니아 측정 및 분석

유기먼지와 암모니아를 측정·분석하였다. 시료는 각 농가마다 지역시료와 개인시료를 채취하였다. 지역시료는 각 농가에서 현재 닭을 사육하고 있는 시설 중 한 동을 선택하여 사육장의 초입과 중간, 끝 지점에 지면으로부터 약 1 m 높이가 되는 곳에 시료 채취 매체 입구가 위치하도록 하였다. 그러므로 한 농가 당 총 세 지점에서 채취하였으며, 시료채취 한 지점당 총 먼지와 암모니아는 각각 2개의 지역시료를 채취하였고, 호흡성 먼지는 1개의 지역시료를 채취하였다. 지역시료의 채취시간은 양계장 안의 높은 습도를 감안하여 3시간에서 4시간 동안만 채취하였다. 개인시료는 시료채취 당일 농민이 아침 작업을 시작할 때 시료채취 장비를 몸에 착용하게 하였으며, 호흡

4 일부 육용 양계 농업인의 유기먼지와 암모니아 노출에 관한 연구

성 먼지와 암모니아에 대해서 채취하였다. 먼지의 경우 총 먼지와 호흡성 먼지 모두를 채취하도록 장비를 착용하게 하면 작업에 방해가 되므로, 작업자의 노출에 중요한 의미를 담고 있는 호흡성 먼지만을 채취하였다. 보통, 육계 사육 농민들은 일상관찰로 아침부터 저녁까지 몇 차례에 걸쳐 양계장에 안에 들어가게 되지만 개인시료는 그 중에서 아침 작업, 1회만 채취하였다.

먼지는 총 먼지와 호흡성 먼지에 대해서 측정하였다. 측정과 분석은 NIOSH 공정시험법 0500과 0600에 따라 시행하였다. 이 방법에 따라서 37 mm PVC(Polyvinyl Chloride, SKC, USA) 여과지를 3단 카세트에 장착시키고 고유량 공기 시료채취기(Gillian Model 71G9, USA)를 이용하여 먼지를 채취한 후 천칭기(Ohaus Model AP250D, Switzerland)로 여과지의 무게를 칭량하여 그 차이를 공기량으로 나누어 농도를 구하였다. 총 먼지를 채취하기 위해서 공기중 시료채취기의 유량은 2 L/min으로 맞추었고, 호흡성 먼지는 Nylon cyclone을 여과지에 장착한 후 1.7 L/min으로 맞추었으며, 모두 시료를 채취하기 전·후에 유량보정을 실시하였다. 여과지는 무게를 칭량하기 전에 24시간 정도 데시케이터에서 건조시켰고, 공시료도 함께 칭량하여 그 차이로 보정한 후 결과를 얻었다[8].

암모니아의 측정과 분석 방법은 NIOSH 공정시험법 6015에 따라 시행하였다. 시료의 포

집 매체는 황산으로 처리된 실리카겔 흡착튜브(Solid Sorbent Tube, SKC, USA) 앞에 37 mm MCE(Cellulose Ester Membrane) 여과지를 2단 카세트에 장착하여 타이곤 튜브로 연결하여서 포집한 다음, 가시흡광분광광도계(Hitachi U-3010 spectrometer, 665 nm)로 분석하였다. 이 때에 저유량 공기 시료채취기(Gillian Model HFS 134, USA)를 유량 0.2 L/min에 맞추고 포집 전·후에 유량 보정을 하여 채취하였다. 채취한 시료는 냉장보관하여 분석하였다. 분석에 사용한 분광광도계의 LOD(Limit of Detection)는 약 0.05 ppm/sample 이었고, 흡착관의 탈착효율을 보기 위하여 두 수준의 농도에서 각각 3회 반복으로 탈착시료를 만들어 분석하였다[8].

결과 및 고찰

1. 양계장 환경

조사대상 육계 농가의 작업장 특성중 유해물질의 분포에 영향을 줄 수 있는 사항에 대하여 조사하였다. 각 농가에 따른 조사결과는 표 1과 같다.

양계장의 크기는 그 높이에 변화가 있었다. 개래시의 경우는 높이를 낮게 했으나 최근에는 높여 가는 추세이다. 조사대상 농가 중에서 최근에 화재가 발생했던 'A' 와 'B' 농가가 재건축시 계사의 높이를 높였다. 계사의 크기와 입추하는 병아리 수에 따라서 계사 한 동당 사

Table 1. Characteristic of the poultry farms

Farm	Volume of the confinement building (m ³)	Number of birds	Age of birds (day)	Condition of automation			
				Fodder supply	Water supply	Remove wastes	Control of ventilation windows
A	10×80×3.5	38000	17	auto	auto	manual	semi-auto
B	12×90×2.3	40000	23	auto	auto	manual	semi-auto
C	4×40×2.3	20000	30	auto	auto	manual	semi-auto
D	4×50×2.3	20000	30	auto	auto	manual	semi-auto
E	6×90×2.3	20000	33	auto	auto	manual	semi-auto
F	10×91×3.5	34000	18	auto	auto	manual	semi-auto

육 두수를 결정했다. 연구 대상 농가 중에서 계사 규모가 가장 작은 'C' 농가가 한 동에 약 6,700 마리 정도를 사육하였고, 나머지 농가는 약 10,000~12,000 수 정도를 사육하였다. 모든 연구대상 농가에서 양계장 바닥에 까는 재료는 왕겨로 동일했다. 왕겨의 사용기간은 병아리를 입추하기 전에 깔아서 성계를 출하하고 난 후에 거둬내므로 그 사용기간도 병아리의 일령과 거의 같았다.

대상 농가의 환기시스템도 모두 동일한 형태로 유지하고 있었다. 겨울에는 일정온도를 기준으로 강제환기를 하고, 그 외 계절에는 계사 옆면에 있는 창(윈치커튼)으로 자연환기 시키고 있었다. 육계는 그 일령에 따라서 적정온도를 유지해야 하는데, 7일 정도가 될 때까지는 약 32°C 이상으로 맞춰줘야 하고, 18일 정도는 약 27°C, 35일 정도가 되면 23°C 정도로 조절해야 한다. 조사 대상 농가의 양계장 중 1718일령 닭을 사육하는 곳에서는 평균 28°C였고, 23일령 이상의 양계장에서는 약 26°C였다. 측정 당시 33일령의 닭을 사육하던 'E' 농가가 측정을 끝마치기 전 약 30분 동안 윈치커튼을 30 cm 정도 열어 놓았던 것을 제외하고 모두 환기팬만을 이용했을 뿐, 계사 앞·뒤 출입구와 옆면의 창을 달아 계사를 밀폐시켜 놓았다[9].

각 농가에서 사용하는 난방기기와 냉방기기에 대한 조사에서는 겨울철 양계장 난방을 위하여 한 농가를 제외하고 모두 석유난로를 사

용하였고, 한 농가는 석유난로와 연탄난로를 함께 사용하고 있었다. 여름철에는 닭들의 고열 스트레스를 막기 위하여 선풍기를 사용하고 있었다. 양계장 시설 중 사료 급여와 급수는 자동으로 이루어지고 있었고, 분뇨처리는 거름 업자들이 와서 긁어가므로 수동으로 이루어지고 있었으며, 환기창은 계사 옆면의 윈치커튼을 사용하는 반자동 시스템이었다.

2. 양계농민 작업특성

양계 작업을 하는 농민의 작업특성을 보기 위하여 양계업 종사년수, 주당 작업일, 일일 작업시간, 양계장 안에서의 작업시간, 작업의 계절별 차이 등을 조사하였다. 그 결과는 표 2와 같다.

양계농민은 닭을 입추하면 일주일 동안 하루도 빠짐없이 작업을 해야 하고, 하루 중에 양계와 관련된 일을 하는 데는 4시간 이상의 시간이 소요되며, 양계장 안에 들어가 있게 되는 시간은 최소 1.5시간에서 6시간까지이다.

구체적인 양계작업과 그 작업의 수행자를 조사한 결과 주로 남편이 하는 작업은 '환기 및 온도조절', '약투여', '사양재 운반', '사료소제', '사료운반 및 급여' 이다. 양계장 안에서 이루어지는 일상작업인 '계사 내·외 소독', '일상관찰', '질병조사', '급수파이프 청소', '계사 내·외 청소' 등은 부부가 함께 하고 있었다. 양계장 내의 유해 환경에 노출되는 기회는 일상작업을 수행할 때이므로 양계장을 운영하

Table 2. General work patterns of poultry farmers

Farm	Work years of poultry farm (year)	Work days per week (day)	Work hours per Day (hour)	Work hours in the buildings per Day(hour)	Most working season
A	10	7	8	6	Summer
B	5	7	5	4	Summer
C	12	7	4	1.5	-
D	2	7	8	2	Winter
E	10	7	8	3	Summer & Winter
F	7	7	5	3	Summer

6 일부 육용 양계 농업인의 유기먼지와 암모니아 노출에 관한 연구

Table 3. Concentrations of dust and ammonia in the poultry confinement buildings

Farm	Area sample						Personal sample				
	Total dust			Respirable dust			Ammonia			Respirable dust (mg/m ³)	Ammonia (ppm)
	GM (mg/m ³)	GSD ^{**}	n ^{***}	GM (mg/m ³)	GSD	n	GM (ppm)	GSD	n		
A	3.1	1.2	4	0.6	1.6	3	14.5	1.4	4	1.3	13.6
B	5.2	1.5	6	0.9	1.4	3	42.1	1.1	5	1.9	13.9
C	6.8	1.3	6	1.4	1.7	3	36.7	1.2	6	7.8	29.1
D	4.8	1.5	6	0.4	3.2	3	31.0	1.4	6	5.5	34.2
E	4.2	2.3	5	1.8	2.9	2	29.1	1.5	6	2.4	39.9
F	1.6	1.7	6	0.8		1	22.1	1.3	6	<LOD [#]	16.2
Total	4.0	1.9	33	0.9	2.2	15	23.3	1.6	33	1.4(7.3)	22.2(1.6)

GM^{*} : Geometric mean
 GSD^{**} : Geometric standard deviation
 N^{***} : Number of samples
 LOD[#] : 0.05 mg/sample.

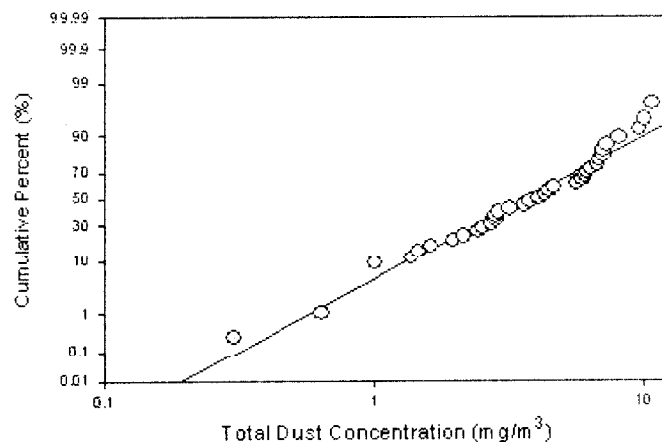


Figure 1. Distribution of total dust in poultry confinement buildings.

는 두 사람에게 집중됨을 알 수 있다. 외부인력이 함께 하는 작업은 '닭의 입·출하'였다. 연구대상 농가에서는 7명 정도가 작업할 때, 보통 한 트럭에 5,000수 정도를 실었고, 한 트럭 당 한 시간에서 한 시간 반 정도의 작업시간이 걸렸다. 20,000수 정도의 닭을 출하할 때는 56시간 정도의 작업이 지속되게 되어 노동강도가 높은 작업이 되었다. 외부인력이 주로 하는 '노폐물 제거'는 거름을 사가는 업자의

작업자들에 의해서 이루어지고 있었다.

양계작업 시간의 계절별 차이에서는 주로 여름에 작업시간이 길어진다고 대답했다. 여름철에 밀집돼 있는 닭들이 고열 스트레스를 받아 몰사하기 쉽기 때문에 잦은 확인을 요하기 때문이다.

닭의 출하시 먼지와 사육의 수월함을 위해서 주로 야간에 작업을 하고 있었는데, 불을 끄고 적당한 수의 닭을 한 곳에 모아 넣은 후

한 사람 당 10마리 가량을 붙잡아 트럭으로 운반하므로 숙련되지 못한 사람이 닭을 몰 경우, 닭들이 겁에 질려 움직이지 않고 깔려 죽는 경우가 있기 때문에 숙련된 인력을 필요로 했다.

3. 유기먼지와 암모니아 노출 농도

본 연구에서 측정된 먼지 농도는 대수정규 분포 하였다(Figure 1). 암모니아 농도 또한 표 3과 같은 양상으로 분포하였다. 각 농가별 먼지와 암모니아의 농도는 Table 3에 나타내었다.

6개 농가의 양계장 내부에서 측정된 총 먼지와 호흡성 먼지의 지역시료의 기하평균농도는 각각 4.0과 0.9 mg/m³ 였다. 이 중에서 최고 농도를 나타낸 농가는 총 먼지의 경우 'C' 농가로 그 농도는 10.7 mg/m³ 였고, 호흡성 먼지의 경우는 'E' 농가로 3.8 mg/m³ 였다. 호흡성 먼지의 개인노출 농도의 기하평균 농도는 1.4 mg/m³ 이고 'C' 농가에서 7.8 mg/m³ 로 가장 높았으며, 'F' 농가에서 LOD 미만으로 가장 낮았다. 양계장의 내부에서 측정된 지역시료의 기하평균 농도는 23.3 ppm 이었고, 개인시료는 기하평균 22.2 ppm 이었다. 암모니아의 지역시료

에서 42.1 ppm인 'B' 농가가 가장 높았고, 개인시료에서는 'E' 농가에서 39.9 ppm으로 가장 높게 나왔다.

Jones 등의 연구에서 일령이 많은 닭일수록 활동량이 많아 발생하는 먼지의 농도가 더 많을 수 있고, 바닥 깔짚으로 사용한 톱밥이 오래된 것일수록 새것에 비해 닭의 노폐물이 건조되어 더 부스러지기 쉬우므로 먼지 발생이 더 높을 것으로 추정했다[4]. 본 연구에서 지역시료의 농도에 영향을 주어서 농가간 차이를 갖도록 할 수 있는 인자로는 계사 규모와 한 동당 사육 닭의 수와 닭의 일령, 바닥 깔짚의 사용기간, 그리고 사용된 사료의 성분을 들 수 있다. 개인시료의 경우에는 측정 당시 운영하고 있었던 계사를 모두 돌아다니면서 작업을 했으므로 전체 사육 두수가 농가간 차이를 줄 수 있는 인자가 될 수 있다. 사료의 성분은 사육을 위탁한 기업체에서 공급하고 있었으므로 알 수 없었으며, 본 연구에서는 지역에 따라서 위탁을 맡긴 기업이 달랐다. 그러므로 본 연구에서는 측정된 물질의 농도에 영향을 줄 수 있는 인자와 농도와와의 관계를 보기 위하여 계사 규모와 한 동당 사육 마리수, 농가의 총 사육 마리수, 그리고 닭의 일령을 지수화하여

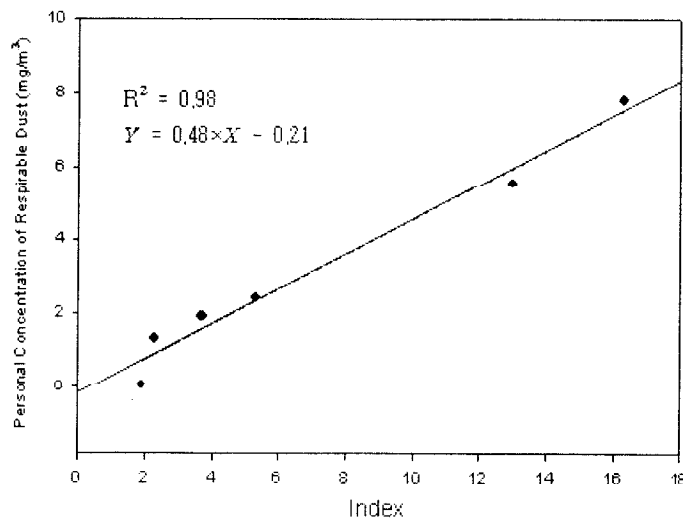


Figure 2. Regression analysis of personal respirable dust concentration to the constant.

8 일부 육용 양계 농업인의 유기먼지와 암모니아 노출에 관한 연구

분석하였다. 유해물질의 농도는 계사 규모가 클수록 낮아질 것이고, 한 동당 사육 두수가 많을수록, 총 사육 두수가 많을수록, 닭의 일령이 많을수록 높아질 것으로 간주하여 지수를 계산하였다. 그 결과 호흡성 먼지의 개인시료가 닭의 총 사육 두수와 일령의 곱을 계사 부피로 나눈 지수에 대해 선형관계를 나타냈다(Figure 2).

이때의 결정계수(R^2)값은 0.98 였고 기울기가 0.48으로 지수에 대한 개인 호흡성 먼지의 농도가 증가 경향을 나타냈다. 이것은 남원과 괴산 두 지역별 시료에서도 각각 $R^2 = 0.99$, 0.98로 나타났다. 두 지역별 시료의 지수에 대한 회귀분석에서 남원 지역의 암모니아 개인시료가 닭의 총 사육 두수와 일령의 곱을 계사 부피로 나눈 지수와 양의 선형관계를 나타냈다($R^2 = 0.99$, $Y = 12 \times X + 10.3$).

Figure 3에는 총 먼지에 대한 호흡성 먼지의 비율(%)을 나타냈다.

총 먼지에 대한 호흡성 먼지는 949 %까지의 비율을 나타내었다. Jones 등의 연구에서는 호흡성 먼지의 총 먼지에 대한 비율이 약 5 %로 닭의 일령에 관계없이 일정하게 나왔다. 그의 연구에서 총 먼지는 4.4 mg/m³, 호흡

성 먼지는 0.24 mg/m³로 본 연구의 결과인 총 먼지 4.0 mg/m³ 보다는 높았고, 호흡성 먼지 0.9 mg/m³ 보다는 낮았다. 그의 연구 결과와 비교할 때, 본 연구에서 호흡성 먼지의 비율이 높다는 것을 알 수 있는데 그의 연구는 따뜻한 날씨에 측정하여 계사의 환기율이 높았고 바닥 깔짚 재료로 톱밥을 사용하였으며, 계사의 규모가 한 건물에 20,000마리를 사육할 정도의 크기였다. Jones 등의 연구와 본 연구의 차이는 이런 인자들로 인한 결과일 것으로 판단된다[4]. 총 먼지에 대한 호흡성 먼지의 비율과 계사 한 동에 사육된 닭의 수를 계사의 부피로 나눈 지수에 대해서는 두 지역이 다른 경향을 나타냈다. 남원 지역의 농가에서는 $R^2 = 0.89$, 회귀식 $Y = 44 \times X - 74.3$ 으로 한 동에 계사에 사육된 닭의 두수가 많을수록 그리고 계사의 부피가 적을수록 호흡성 먼지의 비율이 높아지는 반면에, 괴산 지역 농가에서는 $R^2 = 0.99$, 회귀식 $Y = -0.4 \times X + 25.9$ 로 반대의 경향을 나타냈다.

호흡성 먼지의 지역시료와 개인시료, 암모니아의 지역시료와 개인시료를 비교하였다(Figure 4). 17 농가를 제외한 다섯 농가에서 모두 개인시료의 호흡성 먼지 농도가 지역시

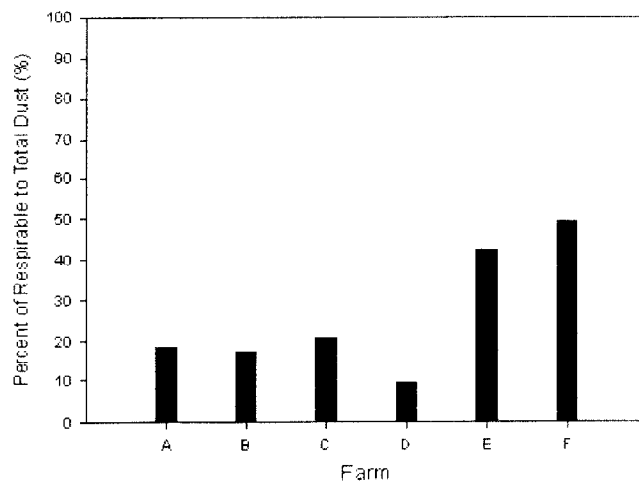


Figure 3. Ratio of respirable to total dust concentration sampled in the confinement buildings.

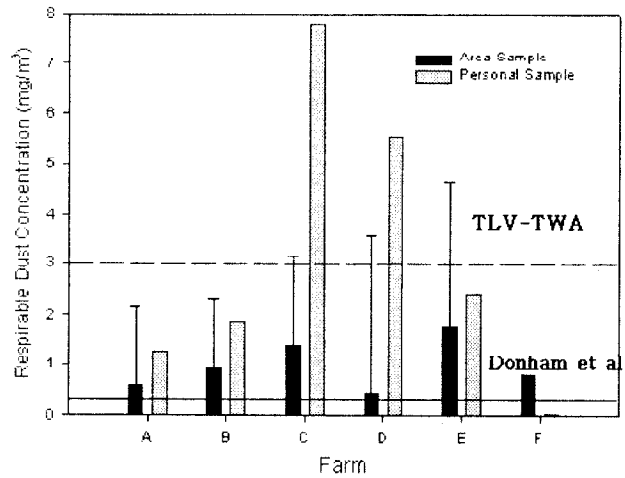


Figure 4. Respirable dust concentration by type of samples.

료 보다 높게 나왔다. 작업자가 양계장 내부로 들어가서 죽은 닭을 골라내거나 사료통이나 물통을 확인하는 작업, 또는 내부 청소 작업 등의 일상작업을 할 때 닭들의 움직임이 많아져서 먼지가 발생되기 쉽다는 것과 1회 작업에서 2동 이상의 계사를 돌아다니기 때문에 지역시료 보다 개인시료의 호흡성 먼지 농도가 높게 나올 수 있다고 판단된다.

Figure 5는 암모니아의 지역시료와 개인시료의 농도 분포를 나타냈다. 'E' 농가는 개인시료의 농도가 지역시료 농도 보다 높은 경우인데, 지역시료 채취를 끝마치기 전 30분 정도 계사 옆면의 창을 열어놓아서 환기율이 높아진 것이 원인일 것으로 추정된다. 본 연구의 양계장 내부에서 측정된 암모니아의 지역시료 농도는 Jones 등의 연구에서의 30일령 닭의 사육장 농도 13ppm과 비교할 때, 본 연구의 암모니아 농도가 약 37ppm으로 훨씬 높았다. 이는 호흡성 먼지와 비슷한 요인 때문일 것으로 판단된다[4].

우리나라의 노동부와 미국의 정부산업위생 전문가협의회 (American Conference of Governmental Industrial Hygienist: ACGIH)에서 제시하는 8시간노출기준은 총 먼지의 경우

10 mg/m³이고 호흡성 먼지는 3mg/m³이며, 암모니아는 8시간노출기준 25ppm, 단시간 노출 기준 35ppm이다[10-11].

Donham 등은 동물 사육 밀폐건물 노동자들의 폐기능에 대한 총 먼지, 호흡성 먼지, 암모니아의 노출농도와 양-반응관계에 대한 연구에서 상시감시농도는 총 먼지 2.5mg/m³, 호흡성 먼지 0.23mg/m³, 암모니아 7ppm을 제시하였다[3].

Donham 등의 또 다른 연구에서는 동물사육 밀폐건물에서 6년 이상의 근무경력을 가지고 하루에 23시간을 밀폐건물 안에서 작업을 하는 사람의 경우 총 먼지 2.8mg/m³ 이상에 노출됨으로써 노력성 호기방법으로 공기를 불어낼 때 처음부터 1초간 불어낸 공기의 양을 나타내는 FEV₁(Forced Expiratory Volume in One Second)이 10 % 이상 감소를 나타냈고, 암모니아의 경우에는 7.5 ppm 이상에 노출된 사람이 FEV₁이 3 % 이상 감소를 나타냈다고 하였다[12].

본 연구에서 각 농가별 총 먼지와 호흡성 먼지의 지역시료에서 우리나라 노동부의 노출 기준과 미국의 ACGIH에서 제시하는 기준치인 총 먼지 10 mg/m³와 호흡성 먼지 3 mg/m³

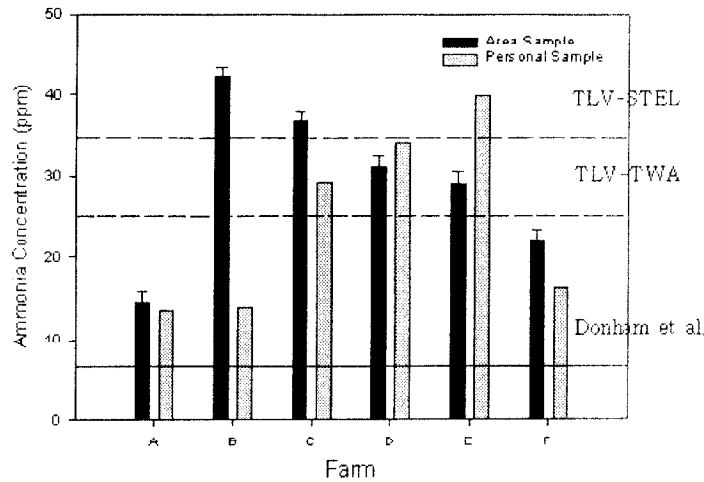


Figure 5. Ammonia concentration by type of samples.

를 초과하는 농가는 없었으나, Donham 등이 제안한 동물사육 밀폐건물의 상시감시농도인 2.5 mg/m³와 0.23 mg/m³에는 'F' 농가의 총 먼지를 제외한 모든 농가의 총 먼지와 호흡성 먼지가 초과되었다. 호흡성 먼지의 개인노출 농도는 노동부 노출기준치인 3 mg/m³를 초과한 농가는 6개 농가 중 'C'와 'D'였다. 이 두 농가는 닭의 연령이 30일인 곳으로 계사의 부피가 다른 농가에 비해 적은 곳이었다. 또한 암모니아의 개인농도와 지역농도도 8시간 노출기준치를 초과하여 높게 나타났다. Donham 등이 제안한 상시감시농도인 0.23 mg/m³에는 'F' 농가를 제외하고 모두 초과하였다(Figure 4).

암모니아의 지역시료 농도에서 노출기준, 25 ppm을 넘는 농가는 'B', 'C', 'D', 'E'였는데, 초과하지 않은 두 농가는 닭의 연령이 17일, 18일이고 계사 부피가 큰 곳이었다. 단시간노출 기준 35 ppm을 넘는 농가는 'B'와 'C'였다. 암모니아의 농가별 개인노출 농도에서 8시간노출기준을 넘는 농가는 'C', 'D', 'E'였고, 단시간노출기준치를 초과하는 농가는 'E'였다. 농기 'C', 'D'는 닭의 연령이 30일이고 계사 부피도 작은 곳이었으며, 'E' 농가는 닭의 연령이 가장

많은 33일이었다. 암모니아의 지역시료와 개인시료에서 기준치를 넘는 농가는 주로 닭의 연령이 23일에서 33일 사이인 농가였고, Donham 등이 제시한 암모니아의 상시감시농도인 7 ppm에 대해서는 본 연구의 모든 농가의 지역시료와 개인시료 모두가 이 값을 초과하고 있다(Figure 5).

미국의 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration; OSHA)에서는 먼먼지(Cotton Dust)를 제외한 농업에서 발생하는 먼지에 대해서 기준을 가지고 있지 않으며, NIOSH에서는 먼먼지, 곡물먼지(Grain Dust)와 나무먼지(Wood Dust)에 대한 노출한계만을 제안하고 있다. 그러나 이런 기준이나 노출 한계치로는 미생물로 오염된 유기먼지에 노출되는 밀폐건물에서 동물을 사육하는 작업자들을 충분히 보호할 수 없다 [4].

동물을 사육하는 곳의 먼지는 대부분이 유기먼지이기 때문에 무기먼지를 기준으로 제시한 ACGIH의 기준치를 적용하는 것이 적합한지와[13] 동물사육 밀폐시설에서 발생하는 유기먼지는 다른 가스들과 결합하여 폐에 자극을 주게 되어 단일 물질에 대한 노출이 아닌 복합 물질에 노출이 되는 것이므로 단일 인자

에 대한 ACGIH의 기준치를 적용함이 적합한 가는 고려해야 한다[12]. 그러므로 본 연구에서는 Donham 등이 ACGIH의 노출기준을 적용하는 것의 단점을 고려하여 제시한 기준을 본 연구의 노출정도에 비추어 보았으며, 그 결과 우리나라 육계 양계 농민들의 겨울철 유기 먼지와 암모니아 노출로 인한 호흡성 질병에 걸릴 위험이 높다고 할 수 있다.

요 약

본 연구대상의 작업특성을 조사한 결과 일년에 45회 정도 닭을 들여와 사육하였고, 양계업 종사년수는 최소 2년에서 최고 12년이었으며, 평균 종사 년수는 약 8년이였다. 닭을 사육하는 기간에는 일주일 내내 작업을 했고, 하루에 평균 6.3시간을 양계와 관련된 작업을 하며, 양계장 안에서 보내는 시간은 평균 3.3시간이었다. 14가지로 분류한 양계작업 중에서 닭의 입·출하와 분뇨처리하는 외부인력과 함께 하거나, 외부인력에 맡기고 있었고, 이를 제외한 대부분의 일을 부부가 함께 하는 편이었다. 양계장의 사료 급여와 급수 시설은 자동시스템이었고, 환기창의 조절은 원치커튼을 이용한 반자동 시스템이었다. 양계장의 환기는 겨울에는 강제환기를, 그 외 계절에는 자연환기 시스템을 사용하고 있었다. 계사의 바닥 재료는 왕겨를 사용하고 있었으며, 닭을 입하하기 전에 깔아서 출하한 다음에 제거하고 있었다.

양계장 내부에서 측정된 총 먼지와 호흡성 먼지의 지역시료 농도는 각각 평균 4.0mg/m³ (Range 3.16, 8mg/m³), 0.9mg/m³ (Range 0.41, 8mg/m³)였으며 호흡성 먼지의 개인노출량은 평균 1.4 mg/m³ (LOD미만 7.8mg/m³)로 나타났다. 암모니아는 지역시료에서 평균 23.3ppm (Range 14.5, 42.1ppm)이 측정되었고 개인노출량은 평균 22.2ppm (13.6, 39.9ppm)으로 나타났다.

먼지의 지역시료 측정결과에서 총먼지에 대

한 호흡성 먼지의 비율이 94%로 나타났고 호흡성먼지 개인노출농도는 6개 농기 중 2개 농가의 개인노출량은 미국산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienist: ACGIH)의 노출기준치인 3mg/m³ 초과하였다(5.5mg/m³, 7.8mg/m³). 암모니아 개인노출농도 평균은 22.2ppm으로 ACGIH (시간가중)노출기준인 25 ppm에 근접하였고, 34.2ppm, 39.9ppm 등 단시간노출기준(STEL) 35ppm과 비슷하거나 넘는 경우가 있어 매우 위험한 상황임을 알 수 있었다 뿐만 아니라 양계장안에서 작업 중에 노출되는 먼지 또한 일반적인 호흡성먼지 보다 생물활성이 높은 유기먼지라는 점 등을 감안한다면 양계농업인의 건강영향은 매우 우려되는 바, 향후 의학적 검진이 병행되는 종합적인 조사가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 농림부. 농림업 주요통계. 2001
2. 지규만, 김영환, 오경록, 최진호, 이봉덕. 닭을바른 사육기술. 농민신문사, 1996.
3. Donham KJ, Pependorf WJ. Ambient Levels of Selected Gases Inside Swine Confinement Buildings. *Am Ind Hyg Assoc J* 1985; 46(11): 658-661
4. Jones W, Moring K, Olenchock SA, Williams T, Hickey J. Environmental Study of Poultry Confinement Buildings. *Am Ind Hyg Assoc J* 1984; 45(11): 760-766
5. Malmberg, P. Health Effects of Organic Dust Exposure in Dairy Farmers. *Am J Ind Med* 1990; 17: 7-15
6. Iowa State University. Livestock Confinement Dusts and Gases. The National Dairy Database; 1992
7. Von Essen S, Donham KJ. Illness and

12 일부 육용 양계 농업인의 유기먼지와 암모니아 노출에 관한 연구

- Injury in Animal Confinement Workers. *J Occup Med* 1999; 14(2): 337-350
8. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Manual of Analytical Method, Cincinnati, Ohio, 4th Ed; 1994.
9. 최철환. 흑한기 양계장 관리 - 겨울철 육계 사양관리. 현대양계; 1999: 11
10. American Conference of Governmental Industrial Hygienist(ACGIH). Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 2002
11. 노동부. 화학물질 및 물리적 인자의 노출 기준. 2002
12. Donham KJ, Reynolds SJ, Whitten P, Merchant JA, Burmeister L, Popendorf WJ. Respiratory Dysfunction in Swine Production Facility Workers: Dose-Response Relationships of Environmental Exposures and poulmonary Function. *Am J Ind Med* 1995; 27: 405-418
13. National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). Agriculture Safety and Health. NIOSH Document #705030, 1996