

산란계농가의 자동화계사 시설실태 및 의식조사 연구

최희철 · 서옥석 · 이덕수 · 한정대

축산기술연구소 축산기술부

Survey on the Automation of Laying Hen Houses and Farmers' Awareness of its Significance

H. C. Choi, O. S. Suh, D. S. Lee and J. D. Han

National Livestock Research Institute

Summary

This survey was conducted to investigate the situation of three types of laying hen houses and farmers' awareness of farm automation. Six windowless, three high-rising windowless and four open-sided laying hen houses were surveyed to compare their characteristics, and sixty farmers answered questionnaires.

1. Population density of laying hen was 13.9 birds/m² in open-sided, 28.9 birds/m² in high-rising windowless, and 44.9 birds/m² in windowless laying hen houses.
2. Feeder space was 12~13.5cm in open-sided laying hen houses, but feeder space of windowless and high-rising hen houses was narrower than that of open-sided laying hen houses.
3. Thermal resistance values were 14.6~18.7 m² °C/W in wall, 22.0~23.7 m² °C/W in roof of windowless and high-rising windowless laying hen houses but the wall of open-sided laying hen houses was only 1.9 m² °C/W.
4. Maximum ventilation capacity was 0.161~0.326 cm³/bird in summer. Minimum rate of tunnel ventilation laying hen houses in winter was 0.013~0.040 cm³/bird, but minimum rate of crossflow and high-rising windowless laying hen houses was larger than that of tunnel ventilation houses.
5. One person managed about 8,100 birds in open-sided, and about 23,500 birds in windowless and high-rising windowless laying hen houses.
7. 90.7% of farmers responded that they want to construct automatized laying hen houses in the future.

(Key words : poultry housing system, ventilation rate, thermal resistance value, population density)

서 론

우리 나라의 산란계 산업은 그동안 많은 발전을 거듭해 왔으나 80년대까지는 대부분 개방계사에서 노동집약적 사양관리 방식으로 사육했으며 90년대를 접어들면서 완전자동화된 무창

계사가 도입된 이래 시설자금의 지원과 양계농가의 시설개선에 대한 의욕 고취로 자동화 무창계사가 매년 급격하게 증가하고 있다.

무창계사의 증가는 산란계농장의 규모화가 비례해서 나타났으며 '90년 3월 현재 5만수 이상 사육농가는 96호로 전체의 32%인 1,365만수

를 사육했으나 '96년 3월 현재 5만수이상 사육 농가는 144호로 전체 34.4%인 1,600만수를 사육해서 규모가 확대되고 있는 것을 알 수 있다('96. 농림수산통계).

그렇지만 관행적인 산란계 사육방법으로 규모화 하는 데는 어려움이 있으며, 3D 기피현상, 농촌 인구의 노령화, 구인란, 인건비의 상승 등을 타개하기 위해서 생력자동화는 불가피하게 되었다. 또한 닭의 최적사육환경을 조성해 주고 계분처리를 용이하게 하기 위하여 축산선진국에서는 무창계사의 이용이 확대되고 있으나 국내 적용성 검토없이 유럽, 미국, 일본 등 여러 나라로부터 갖가지 형태의 시설이 도입되면서 도입 초기에는 많은 시행착오를 겪었다('95. 박). 또한 무창계사 자동화설비는 많은 자금이 소요되고 사고에 대한 위험성이 높으며 전기의 사용량이 개방계사에 비해서 많은 단점이 있으나 인건비를 최소화하고 작업환경을 개선하며 계란생산을 최대화 할 수 있어서 계란 개당 생산원가를 개방계사에 비해 2.4원 절감할 수 있다고 했다('95. 장). 또한 박('96) 등도 계란 1개당 생산비는 재래계사가 56.63원, 부분자동화

계사 54.62원, 완전자동화 계사 53.38원으로 자동화 계사가 3.25원 생산비가 적게 든다고 했다.

또한 이('95)는 하절기 유창계사는 공기의 흐름이 낮고 분진량이 많으나 무창계사는 공기 흐름이 좋아 체감온도를 낮출 수 있으며 크로스식 환기체계 보다는 터널식, 터널식+크로스식 혼합형 환기체계가 국내 여름철 기후에 적합하다고 했다.

따라서 본 연구에서는 국내에 시설된 산란계사 유형별 시설실태를 분석하고 양계농가의 시설에 대한 의식을 설문조사해서 계사건축 및 자동화를 위한 기초자료를 제공코자 본 연구를 수행했다.

자료 및 방법

1. 시설 실태조사

무창계사 6호, 고상식 무창계사 3호, 개방계사 4호 등 총 13호를 방문 조사했으며 조사방법은 다음과 같다.

Table 1. Production characteristics with three types of poultry houses

Items	Ventilation system	Cage	No. of birds/house
Windowless laying hen house	Tunnel + Cross	4tiers 4rows	37,500
	Tunnel(Fogging)	5tiers 4rows	32,000
	Tunnel(Cooling pad)	4tiers 4rows	31,000
	Roof inlet	8tiers 2rows	51,000
	Cross flow	7tiers 4rows	62,400
	Roof outlet	4tiers 3rows	21,000
High-rising windowless laying hen house	Roof inlet	4tiers 4rows	27,000
	Roof inlet	5tiers 4rows	51,000
	Roof inlet	5tiers 4rows	24,640
Open-sided laying hen house	Natural	3tiers 4rows	13,680
	Natural	3tiers 2rows	9,100
	Natural	3tiers 4rows	8,600
	Tunnel(in summer)	3tiers 3rows	15,000
Total	13		

1) 계사의 규격, 케이지, 급이기, 급수기 등 내부시설물의 규격 및 배치간격 등은 실측 조사했다.

2) 단열값: 계사별 단열재 종류 및 두께를 측정 후 단열재별 절연계수를 곱해서 계산했다.

3) 환기량: 조사시기별 가동팬수를 조사 후 팬별 환기용량을 곱해서 사육수數로 나누어서 수당환기량을 산출했다.

업규모 이상 산란계 농장 200호에 발송하여 회답한 60호를 분석하였다.

3. 조사기간

가. 시설 실태조사: '95. 5. 22 ~ 6. 20

나. 설문조사: '95. 10. 4 ~ 11. 15

2. 설문조사

13문항의 설문서를 회신봉투를 동봉하여 전

결과 및 고찰

1. 단위면적당 사육수수

Table 2. Population density of laying hens

Items	Open-sided laying hen house	High-rising windowless laying hen house	Windowless laying hen house
No. of tiers	3	4 ~ 5	4 ~ 8
Mean population	46.0	95.3	147.8
Density(birds/3.3m ²)	(40.4 ~ 49.8)	(89.0 ~ 107.6)	(109.5 ~ 192.5)
Index	100	207	321

* (): range.

김(1990) 등은 높은 양계소득을 올리기 위해서는 시설을 효율적으로 이용하는 것이 매우 절실하며 제한된 부지내에서 시설을 효율적으로 사용하기 위해서는 고밀도 사육을 해야 한다고 했으며 본 조사 결과 평당 사육수數는 개방계사 46수, 고상식 무창계사 95.3수, 무창계사 147.8수였으며 개방계사에 비해 무창계사는 단위면적당 사육밀도가 3.2배나 높았으며 국내 최고단 8단 케이지 계사의 경우 192.5수를 사육해서 개방계사보다 4.2배 고밀도 사육을 했다. 또한 케이지의 배열은 개방계사는 3단, 고상식 무창계사는 4~5단 A형케이지였으며 무창계사는 모두 직립식케이지로 4~8단까지 있었으며 6~8단의 높은 케이지가 많았다. 장(1995)은 무창계사의 경우 고밀도 사육을 함으로써 수당 고정투자비를 줄일 수 있고 인건비 최소화, 사료비절감 등의 효과가 있다고 했다. 박(1996) 등은 평당사육

밀도는 관행사육시 33.9수, 부분자동 46.4수, 완전자동 52.7수이라고 낮게 보고했으나 이(1994) 등은 무창계사의 단위면적당 사육수수는 103.8~141.0수라고 보고해서 본 조사 결과와 비슷했다.

2. 케이지 규격 및 사육밀도

닭이 유전적으로 타고난 능력을 최대한 발휘하기 위해서는 밀도와 급이면적, 급수면적이 중요한 요인이 되며 각 계종별 권장 바닥면적과 급이면적은 ISA Brown 450cm², 12cm, Dekalb 465cm², 10cm, Hisex 400cm², 10cm, Shaver 452cm², 10cm이다. 본 조사 결과 개방계사는 대부분 케이지내 사육밀도가 낮은 반면 고상식 무창계사와 무창계사는 케이지당 수용수수에 따라 밀도가 다양하게 나타났다. 개방계사는 케이

지당 2~3수를 수용하여 수당 급이면적을 12cm 이상으로 충분한 반면 고상식 무창계사와 무창계사의 경우 케이지당 5~7수를 群飼하여 수당

8~10cm로 급이면적이 좁았으며 수당 5.9cm로 급이면적이 아주 좁은 농가도 있었다.

Table 3. Cage shape, bird density, feeder and waterer space of laying hen

Items	Open-sided laying hen house				High-rising windowless laying hen house			Windowless laying hen house					
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#1	#2	#3	#4	#5	#6
Cage dimension(cm)													
Width	24	36.5	37	27	61.5	41	61	50	56.5	51	41	51	56.5
Depth	35	38	35	35	41	43	42	47.5	49.3	53	57	45	49.3
Height	42	41	40	38.5	42	43	42	39	51.5	45	45	47	51.5
No. of birds/cage	2	3	3	2	6	7	6	6	6	7	5	6	6
Bird density (cm ² /bird)	420	462.3	431.6	472.5	420.0	251.9	427.0	395.8	464.2	386.1	467.4	382.5	464.2
Feeder space (cm/bird)	12	12.2	12.3	13.5	10.3	5.9	10.2	8.3	9.4	7.3	8.2	8.5	9.4
Waterer space (No. birds/waterer)	4	3	3	2	6	7	6	6	6	3.5	5	6	6

급수기는 조사농가 모두가 니플급수기를 이용했으며 개방식계사는 2~4수당 1개, 무창계사와 고상식 무창계사는 6~7수당 1개의 니플을 공유했으며 한 무창계사는 케이지당 니플급수기를 2개를 설치해서 니플 1개당 3.5수가 이용했다.

Adams(1985) 등은 케이지내 고밀도 사육시 생산성이 저하하고 폐사율이 증가한다고 했으며 White Leghorn의 수당 바닥면적을 387cm²에서 310cm²으로 줄이면 마리당 Hen house 산란수가 16.6개 감소하고 폐사율은 4.8% 증가하며 사료소비량은 일당 1.9g/수가 감소한다고 했다. 또한 김(1990) 등은 산란계 케이지 적정사육밀도는 백색계의 경우 수당 306~453cm², 유색계의 경우 340~453cm²/수 일때 최대능력을 발휘할 수 있고 경제성이 있다고 했다. Davimi(1987) 등은 White Leghorn을 케이지당 5마리(급이면적 8.6cm), 7마리(급이면적 12cm)사육시, 또한 수당 420cm²(5수/케이지), 300cm²(7수/케이지)로 해서

시험한 결과 바닥면적이 감소하면 계란생산량은 급격히 감소하며, 급이면적을 감소하면 사료소비량이 줄고 폐사율이 증가하며, 바닥면적을 증가시키면 사료소비량과 체중이 증가한다고 보고했다. Quart(1982) 등은 케이지당 3수를 수용했을 경우 4수를 수용할 때보다 산란율은 5.4% 증가하고 저등급계란이 2.8% 감소한다고 했으며 김(1992)은 최고의 생산성을 올리기 위해서는 충분한 급이면적을 주어야 하며 케이지 설치 깊이를 너무 깊게 하지 말고 바닥면적을 450cm², 급이면적도 10cm 이상 확보해 주어야 한다고 했다.

3. 계사 형태별 단열수준

장(1995)은 계사 지붕의 단열값은 20m² ℃/W, 벽은 15m² ℃/W 이상 설치해야 좋은 성적을 유지할 수 있다고 했으며 오(1993)는 겨울철 열의 방출을 최소화하기 위한 적정단열값은 지

붕. 천정 12~14m² ℃/W, 벽 8~10m² ℃/W이라고 했다. 본조사 결과 무창계사와 고상식 무창계사의 단열수준은 벽이 14.6~18.1m² ℃/W, 지붕이 22.0~23.7m² ℃/W로써 오(1993)의 보고보다 높은 수준이었으나 개방계사의 경우 지붕은 11.2 m² ℃/W로서 오(1993)의 보고와 비슷한 수준이

있으며 벽은 윈치커튼으로 1.9m² ℃/W 밖에 되지 않아 여름철에는 윈치커튼을 개방하기 때문에 문제가 되지 않으나 저온기에 외부기온이 내려갈 경우 사료섭취량이 증가할 것으로 사료되어 이에 대한 연구가 요구된다.

Table 4. Thermal resistance values of laying hen houses

Items	Windowless laying hen house	High-rising windowless laying hen house	Open-sided laying hen house
Wall (m ² ℃/W)	18.1	14.6	1.9
Roof (m ² ℃/W)	23.7	22.0	11.2

4. 계사 형태별 최대환기량 및 계절별 환기량

환기는 계사에 신선한 공기를 공급하고 유해가스나 먼지, 부유 미생물, 닭에서 발생하는 수분 등을 배출하며, 여름철은 계사내 온도를 낮추고, 흐르는 공기는 닭의 체온을 내려줄 수 있다. Timmons(1991)는 무창계사에서 고온기 높은 풍속을 만들어서 닭의 고온스트레스를 완화할 수 있는 방법이 터널식환기라고 했다. 오

(1993)는 저온시 환기요구량의 변화는 적으나 2℃ 이상에서 환기요구량은 급격히 증가하며, 체중 2.2kg인 산란계의 경우 -10℃일 경우 환기요구량은 0.023cmm, 10℃ 이상일 때 0.082 cmm, 30℃ 이상일 때 0.142cmm이라고 했다. Aho(1991) 등은 환기요구량은 온란한 기후에서는 0.125cmm/kg, 더운 기후에서는 0.156 cmm/kg 이상 되어야 한다고 했다.

Table 5. Change of ventilation rate on season

Items	High-rising windowless laying hen house			Windowless laying hen house				
	#1	#2	#3	#1	#2	#3	#4	#5
Ventilation type	Roof inlet	Roof inlet	Roof inlet	Cross flow	Cross flow	Tunnel	Tunnel	Tunnel
Spring	0.232	0.181	0.249	0.150	0.238	0.082	0.283	0.190
Summer	-	0.246	0.297	0.246	0.326	0.161	0.292	0.195
Autumn	-	0.334	0.193	0.303	0.184	0.057	0.062	0.088
Winter	-	0.062	0.082	0.130	0.062	0.45	0.040	0.023

* Unit : cmm/bird

* Measured date : Spring : 22. May ~ 5. Jun. 1995.
 Summer: 31. Jul. ~ 19. Aug. 1995.
 Autumn: 4. Oct. ~ 17. Oct. 1995.
 Winter : 4. Jan. ~ 10. Jan. 1996.

조사 결과 계사 형태별 여름철 환기량은 } 무창계사는 수당 0.246~0.297 cmm, 일반

무창계사도 터널식 환기인 경우 수당 0.161~0.291cmm으로서 변이가 심했으며 크로스식 환

기인 경우 수당 0.246~0.325cmm이었다. 가을철의 경우 터널식 환기시스템은 수당 0.057~0.088 cmm 환기를 한데 비해 크로스식이나 고상식 무창계사 환기는 터널식보다 환기량이 많았으며 겨울철에도 터널식환기를 하는 무창계사는 0.013~0.040cmm으로써 비교적 적정한 환기를 했으나 크로스식이나 고상식 무창계사는 수당 0.062~0.130cmm으로 겨울 적정환기량에 비해 환기량이 상당히 많았다.

5. 계사 형태별 1인당 관리수수

1인당 관리수수는 자동화주준에 따라 많은 차이가 있으며, 본 조사에서 개방계사는 인력으

로 집란을 했기 때문에 많은 시간이 소요되어 1인당 8,135수를 관리하였으며 고상식 무창계사나 무창계사는 1인당 23,500수 정도를 관리해서 1인당 관리수수가 2.9배 더 많았다. 박(1996) 등은 관행계사의 경우 5,368수, 부분자동화 8,464수, 완전자동화 13,257수를 관리한다고 해서 금번 조사보다 1인당 관리수수가 낮았으며 이(1992) 등은 1인당 관리수수는 관행계사 5,940수, 부분자동화 계사 20,372수, 완전자동화 계사 62,571수라고 했으며, 집란작업과 계분작업이 노동요구량이 가장 많다고 했다. 또한 이(1994) 등은 무창계사의 1인당 관리수수는 31,300수~61,229수라고 해서 조사자에 따라 많은 차이가 있음을 알 수 있다.

Table 6. Management capacity of laying hen/person

Items	Open-sided laying hen house	High-rising windowless laying hen house	Windowless laying hen house
No. of birds	8,135	23,517	23,449

6. 계사 형태별 시설비용

부지구입비 및 부지정리비, 분뇨처리 시설비, 선란기 구입비 등을 제외한 계사 내, 외부 시설의 3.3m²당 시설비는 사육밀도가 높을수록 많이 들었으며, 무창계사가 1,483천원/3.3m²으로 고상식 무창계사 1,118천원/3.3m², 개방계사

257천원/3.3m² 보다 많이 들었다. 수당 시설비는 무창계사의 경우 사육밀도가 높을수록 수당 시설비는 적은 경향이였으며 특히 고상식 무창계사는 2층으로 돼 있고 사육밀도도 낮기 때문에 무창계사보다 수당 시설비가 많이 들었으며, 개방계사는 고상식 무창계사 시설비의 50% 수준이었다.

Table 7. Construction cost of laying hen houses

Items	Open-sided laying hen house	High-rising windowless laying hen house	Windowless laying hen house
Won/bird	5,735	11,362	10,409
Thousand won/3.3m ²	257	1,118	1,483

* Except the purchasing cost of land, compost equipments grading & packing equipment.

7. 계사 시설자동화에 대한 설문조사결과

본 설문조사는 전업규모 산란계농가 200호

를 대상으로 95년 10월 설문서를 발송했으며 회답한 60농가를 분석한 결과이다. 자동화를 도입한 후 경과년수는 4년 미만인 농가가 70.5%로

대부분 자동화계사를 시설한지 얼마 안되는 농가가 많았으며 자동화시설을 도입한 이유는 인력부족이 58.4%로 가장 많았다. 자동화 계사 도입후 성적이 향상되었다고 응답한 농가는 65.5%였으며 산란성적은 대부분 1~5% 향상되었다고 응답했다. 자동화 계사 도입이 계란시세에 영향을 미친다고 응답한 농가가 81.1%로 대부

분 자동화계사 도입시 사육수수가 증가되어 계란시세를 하락시키는 요인이 되는 것으로 생각했다. 앞으로 자동화계사를 도입할 계획이 있다고 응답한 농가는 90.7%로 양계시설의 자동화는 앞으로도 지속적으로 추진될 것으로 예측된다.

설 문 내 용	의 건 (%)		
• 자동화도입 경과년수	① 2년미만(17.6%) ④ 4년~ (11.8%)	② 2년~ (33.3%) ⑤ 4년 이상(17.6%)	③ 3년~ (19.6%)
• 자동화 도입 사유	① 공해대책(9.1%) ④ 성적향상(9.1%)	② 인력부족(58.4%) ⑤ 기타(0.0%)	③ 계사환경개선(23.4%)
• 자동화도입후 성적 향상	① 향상되지 않음(9.6%) ③ 한마디로 말할 수 없음(19.6%)		② 향상됨(65.5%)
• 산란성적은 몇% 향상되었는가?	① 1%(15.3%) ④ 4%(12.8%) ⑦ 10~14%(5.1%)	② 2%(7.7%) ⑤ 5%(28.2%) ⑧ 15% 이상(1%)	③ 3% (23.1%) ⑥ 6~9%(5.1%)
• 자동화계사 도입후 수수 증가는 몇%나 되었는가?	① 0%(14.3%) ④ 50~100%(16.3%) ⑦ 300% 이상(6.1%)	② 1~10%(8.2%) ⑤ 100~200%(22.5%)	③ 10~50%(28.6%) ⑥ 200~300%(2%)
• 자동화계사 도입이 계란 시세에 영향을 미치는가?	① 미친다(81.1%)	② 안 미친다(7.6%)	③ 모르겠다(11.3%)
• 앞으로 자동화 계사를 도입할 계획인가?	① 하겠다(90.7%)	② 하지 않겠다(3.7%)	③ 모른다(5.5%)

요 약

본 연구는 국내 산란계사의 유형별 시설실태를 분석하고 양계농가의 시설자동화에 대한 의식을 조사 분석해서 양계농가의 계사건축 및 자동화를 위한 자료를 제공코자 산란계사 형태별 13농가를 방문, 시설부분별 실측조사하였으며 전업규모농가를 대상으로 우편설문조사를 실시

하여 회답한 60농가를 분석하였다.

평당 사육수수는 개방계사 46수, 고상식 무창계사 95.3수, 무창계사 147.8수로 무창계사는 개방계사의 3.2배 사육밀도가 높았으며 개방계사의 수당 급이면적은 12cm, 고상식 무창계사와 무창계사는 8~10cm였다. 케이지당 수용면적은 개방계사는 넓은 반면 무창계사는 좁았다. 단열 값은 고상식 무창계사와 무창계사의 벽의 경우

14.6~18.1m² °C/W, 지붕은 22.0~23.7m² °C/W로 기준 이상이었으나 개방계사의 벽은 1.9m² °C/W로 낮았다. 계사형태별 여름철 환기량은 고상식 무창계사는 0.246~0.297cmm/수, 무창계사의 터널식환기 0.161~0.291cmm/수, 크로스식 0.246~0.325cmm/수였으며 겨울철 터널식은 0.013~0.040cmm으로 환기량이 적었으나 크로스식이나 고상식 무창계사는 0.062~0.130cmm/수로 환기량이 과다했다. 1인당 관리수수는 개방식 계사는 8,135수인 반면 고상식 무창계사와 무창계사는 2.9배 많은 23,517수와 23,449수였다. 수당시설비는 개방계사의 경우 5,735원이었고, 고상식 무창계사는 11,362원, 무창계사는 10,409원으로 고상식 무창계사가 많이 들었으며 평당시설비는 개방계사는 257천원, 고상식계사는 1,118천원, 무창계사는 1,483천원으로 사육밀도가 높은 무창계사가 많이 들었다. 설문조사시 전체의 90.7%가 앞으로 자동화 계사를 시설할 계획이라고 응답해서 앞으로도 시설자동화 추세는 더욱 가속화될 것으로 예상된다.
(색인 : 계사 형태, 환기량, 단열값, 사육밀도)

인 용 문 헌

1. Adams, A. W. and J. V. Craig. 1985. Effect of crowding and cage shape on productivity and profitability of caged layers. *Poultry Sci.* 64:238-242.
2. Davani, A., M. J. Wineland, W. T. Jones, R. L. Ilardi and R. A. Peterson. 1987. Effect of population size, floor space and feeder space upon productive performance, external appearance and plasma corticosterone concentration of laying hens. *Poultry Sci.* 66:251-257.
3. Timmons, M. B. 1991. Tunnel ventilation

needs proper design procedures. *Poultry int.* 1991. May.

4. Quart, M.D and A. W. Adams. 1985. Effect of crowding and cage shape on productivity and profitability of caged layers. *Poultry Sci.* 64:238-24.
5. Aho, P. W. and M. B. Timmons. 1991. Optimum ventilation capacity for layer house. *Poultry Sci.* 70:2237-2245.
6. Austic, R. E. and M. C. Nesheim. 1990. *Poultry production(thirteenth edition).*
7. 김영환. 1992. 산란케이지 설계의 3요소. 양계연구 1992. 4월 : 26-29.
8. 김종문, 이덕수, 정선부, 오세정. 1990. 케이지 산란계의 적정 사육밀도 구명에 관한 연구. *가금학회지* 17(4):318-326.
9. 농림수산주요통계. 1996년 3월. 농림수산부.
10. 박근식. 1995. 채란계 생리와 한국기후조건에 알맞는 계사 설정. 1994년 4월 한국가금학회 *Proceedings*:1-46.
11. 박정운, 이상영. 1996. 산란계 경영농가의 시설자동화 유형별 경제성 분석. '95 한국축산경영학회 동계 학술발표대회 학술논문집 : 53-66.
12. 오세정. 1993. *닭의 특수관리.* 선진문화사.
13. 이덕수, 박치호, 양창범, 김상철. 1992. 산란계 자동화 시설개선연구. *축산시험장 시험연구보고서* : 433-440.
14. 이덕수, 최희철, 박치호, 김상철. 1994. 계사 형태 및 환기제어방법별 효과 비교 시험. *축산기술연구소 시험연구보고서* : 590-594
15. 장대석. 1995. 관행계사와 자동환경조절계사의 생산성 및 경영비교. 1995년 4월 한국가금학회 *Proceedings* : 67-77.