

專業農을 위한 産卵鷄 機械化 모델開發

Development of mechanization model for full time job on layer farmer

유병기* 신승엽* 이성현* 최광재* 이대원**

정희원 정희원 정희원 정희원 정희원

B. K. Yu S. Y. Shin S. H. Lee K. J. Choe D. W. Lee

1. 서론

산란계 산업은 규모의 대형화가 꾸준히 이루어져 왔다. 총 산란양계농가수가 1992년 이후 최근 5년간 3,711호에서 2,460호로 33.7% 감소한 반면 3만수 이상 사육하는 전업농 중규모 이상인 농가는 231호에서 396농가로 71.4% 증가하였으며, 이 규모의 산란계 수수가 전체의 40.3%에서 56.4%로 늘어나 산란계 산업의 주류를 차지하게 되었다. 이런 사육규모확대는 규모확대에 의한 수익증대가 가능하였기 때문이지만 기계화를 위한 정부의 자금지원과 양계 설비산업의 뒷받침이 있었기 때문이기도 하다.

농가의 기계시설 이용기술은 최근의 산란양계의 자동화에 대한 시설 및 기계의 발달속도를 따라가지 못하여 기계시설 설치시 대부분 기자재 업체의 조언에 의존하기 때문에 시행착오로 인한 기술적 경영적 어려움을 겪는 경우가 많았다.

따라서 노동생산성 향상과 자본투자효율을 높이기 위한 농가의 사육규모별 적정기계화모델 제시가 요구되었다. 본 연구는 우리 나라 산란양계농가의 기계화 및 자동화 실태를 조사 분석하고 국내외 자료와 분야별 양계사육전문가의 자문을 토대로 부부노동중심으로 사육 가능한 합리적 규모 및 경제적인 산란양계 시설기계 기계화모델을 제시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 농가의 기계시설 이용실태조사

모델개발에 필요한 자료를 얻기 위하여 산란계 사육규모가 많은 12개 시군에서 36농가를 선정하여 기계시설 이용실태를 조사하였다.

나. 전업농을 위한 산란계 기계화모델 개발

(1) 가족노동으로 사육 가능한 수수 추정

산란양계 작업은 작업특성상 부부노동으로는 곤란한 작업이 많다. 이런 작업들을 제외하고 부부가 작업 할 시간을 표 1에 나타내었다. 이 일상작업 가능시간(2,860)을 농가조사에서 얻은 케이지 형식별 수당 노동투하시간(L_E)으로 나누어 케이지 형식별로 자가 노동으로 사육 가능한 규모를 추정하였다. (n)

$$n = \frac{2,860}{L_E} \dots\dots\dots (1)$$

* 농업기계화연구소

** 성균관대학교

Table 1. Daily labor estimated in laying hen houses.

(hours/year)

Item	Labor	Estimated
Feasible labor by family member(husband and wife)	4,320	=1.8persons×8hours×300days
Minimum labor by family member in egg grading	1,460	=4 hours ×365 days
Expected laying hen house labor by family member	2,860	=4,320 hours-1,460 hours

Note : family member expected a man and wife.

(2) 사육규모별 적정 계사 및 계사내부시설 선정

계사의 내부시설은 닭의 일정사육기간의 기계시설이용비용(TC)을 관련업체들에서 수집한 자료를 참조하여 표 2와 같이 분석하여 가장 적은 경우를 선정하였다.

Table 2. Component on the cost of cage, equipment and laying hen house

Items		Component on the cost of equipment and house
Independent cost by length of laying hen house	Fixed cost(FC_I)	Depreciation + Interest + Repair cost
	Variable cost(VC_I)	Electricity cost
	Sub total(C_I)	$FC_I + VC_I$
Dependent cost by length of laying hen house	Fixed cost(FC_D)	Depreciation + Interest + Repair cost
	Variable cost(VC_D)	Labor cost + Electricity cost
	Sub total(C_D)	$FC_D + VC_D$
Total cost(TC)		$C_I + C_D$

$$TC = FC_I + VC_I + FC_D + VC_D \dots\dots\dots (2)$$

FC_I 와 VC_I 는 계사길이와 상관없는 비용으로 같은 형식의 계사 및 케이지에서는 사육규모에 관계없이 공통적으로 들어가는 비용이 된다. 그러므로 상수 k_{VI} , k_{FI} 로 표시 할 수 있다. VC_I 와 FC_I 는 사육규모에 따라 일정한 비율로 증가하는 1차 함수가 되므로 닭의 사육수수규모를 n , 닭 1마리당 FC_D 와 VC_D 의 증가량을 각각 k_{VD} , k_{FD} 라 하면

$$TC = (k_{FD} + k_{VD}) \times n + k_{VI} + k_{FI} \dots\dots\dots (3)$$

이 된다. 또한 수당기계시설이용비용(TC_E)은 식(4)과 같이 나타낼 수 있다.

$$TC_E = k_{FD} + k_{VD} + \frac{k_{FI} + k_{VI}}{n} \dots\dots\dots (4)$$

본 연구에서는 무리한 사육을 배제하기 위하여 케이지 길이 110m 이내를 한계로 하여 분석하였고, 가족노동으로 계사2동으로 작업 가능한 범위내에서 기계시설이용비용이 가장 적은 계사 및 케이지 세트를 선정하였다.

(3) 선반기 및 기타 기계장치 선정

보통 3인 이상이 작업하므로 부부노동만으로는 곤란하여 주인부부 1명이 참여하는 것을 제외하고는 파트타임으로 여성인력을 고용하는 것으로 하였다. 1일 최대작업시간 약 6시간 이내, 1일 평균작업시간 평균 3~5시간 정도를 기준으로 하였다. 이런 성능의 선반기 중 작업비용이 가장 적은 기종을 선정하였다. 그 외의 기계장치 시설은 사육규모별 작업량을 처리할 수 있는 규모에서 작업의 연계성 및 환경·위생 등을 고려하여 선정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 기계화모델 설정

(1) 시설별 부부노동중심 적정모델 규모추정

농가조사에서 얻은 케이지 형식별 수당 노동투하시간을 (1)식에 대입하여 부부노동최대사육가능수수를 구한 결과, 계단식 3단 또는 4단 케이지에서 34,499수, 직립식 4단 케이지에서 49,396수, 직립식 6단에서 87,730수로 계산되었다. 그러나 닭교환시의 계사청소 소득시간을 고려하고 케이지설치상 사육가능 최대사육가능수수는 케이지당 수용수수×1열당 케이지수×단수×열수의 정수배가 되어야 하므로 실제로 케이지를 설치하여 사육할 수 있는 수수는 줄어든다. 그러므로 부부노동으로 사육가능한 규모는 계단식 3단 및 4단, 직립식 4단, 직립식 6단에서 각각 3만수, 4만5천수, 8만수 규모라고 할 수 있을 것이다.

(2) 계사 및 케이지 형식별 시설이용비용 분석

양계 시설기자재 업체에서 구한 양계시설장비의 가격과 농가에서 얻은 이용시의 변동비를 앞 절의 (2)식에 대입하여 케이지 형식별로 사육규모별 시설이용비용을 분석한 결과, 그림 1 및 그림 2와 같이 나타났다. 이 값을 수당비용으로 나타내기 위하여 계사별 사육규모로 나눈 결과 (3)식에 의하여 그림 3 및 그림 4와 같이 나타났다.

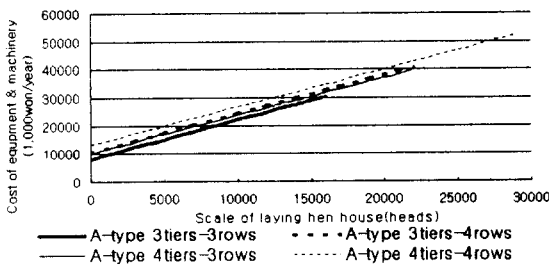


Fig.1. Cost analysis of equipment and machinery for open-side laying hen house

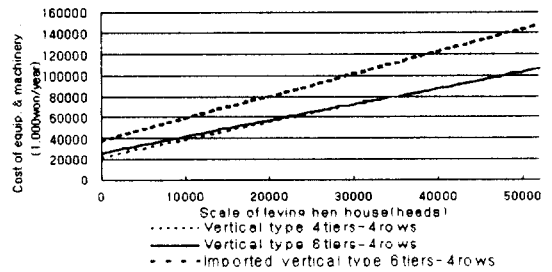


Fig.2. Cost analysis of equipment and machinery for windowless laying hen house

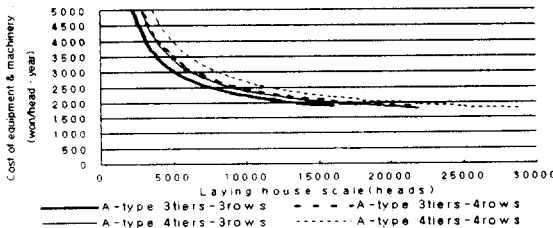


Fig.3. Cost analysis of equipment & machinery for open-side laying hen house per one head

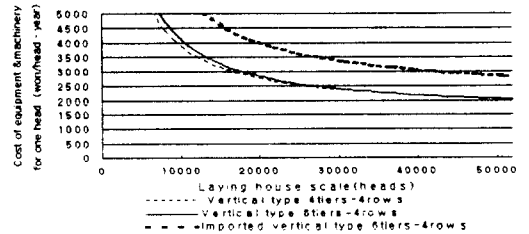


Fig.4. Cost analysis of equipment & machinery for windowless laying hen house per one head

계사단위의 수당 기계시설이용비용은 계사의 길이가 길어짐에 따라 계사 및 케이지 양쪽 끝 공통부분의 비용비율이 감소하므로 그림 3과 4에 나타난 것과 같이 사육규모증가에 따라 감소하여 일정한 비용에 수렴하게 된다. 그러나 계사를 무한정 길게 할 수 없고, 환기 및 작업동선 문제 등으로 본 연구에서는 케이지 길이 110m이내에서 분석하였다.

농가규모에서는 계란 판매 문제 및 소득의 지속성 문제로 산란계사를 2동 이상 보유하여야 하나 필요 이상 많은 계사를 소유하면 노동투하시간 및 비용이 증가한다. 그러므로 기계화 모델의 농가에서는 서로 규모가 같은 2동의 산란계사를 가지는 것으로 하였다. 그러므로 농가모델에서 계사시설의 수당기계시설이용비용은 계사단위의 수당기계시설이용비용과 사육규모만 2배가된 것 외에는 차이가 없으므로 그림 5와 6처럼 된다. 이때 계단식케이지 계사에서 사육가능규모인 3만수 규모에서 계사의 기계시설이용비용은 계단식 3단3열이 가장 저렴하게 1,940원/수·년으로 나타났고, 다음으로 계단식 4단3열, 계단식 3단4열 순으로 나타났다. 3만수 규모에서 직립식케이지를 사용하는 경우는 저렴한 국산 4단 케이지도 수당기계시설이용비용이 2,974원으로 월등히 높아 경제성이 없는 것으로 나타났다.

직립식 6단 케이지 가족노동사육규모인 8만수규모에서는 그림 6과 같이 국산인 직립식케이지 6단4열이 2,204원/수·년으로 나타났으며, 농가에서 많이 사용하는 외국산 직립식케이지세트를 사용하는 경우 기계시설이용비용이 3,069원으로 국산케이지를 사용하는 것보다 39.2%나 높은 것으로 나타나 국산케이지를 쓰는 것이 경제적인 것으로 나타났다.

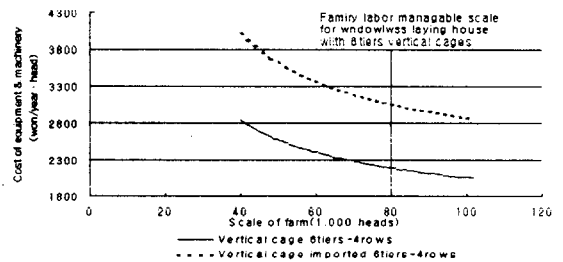
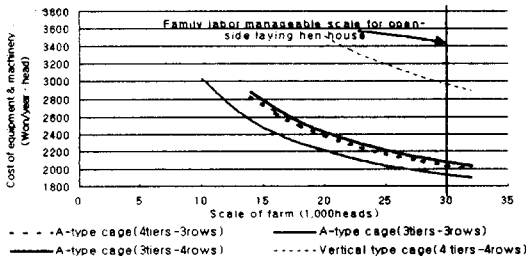


Fig.5. Cost analysis of equipment & machinery per one head for the 30,000 heads scale of farms based under the ownership of two buildings of laying hen house.

Fig.6. Cost analysis of equipment & machinery per one head for 80,000 heads scale of farms based under the ownership of two buildings of laying hen house

사육규모 4만5천수 규모에서 2만2천5백수 계사 2동을 경영하는 직립식 4단4열이 직립식 6단4열 2동을 경영하는 것보다는 약간 경제적이었으나, 차이가 2%미만으로 매우 적었고 계단식을 사용하는 3만수 사육규모나 직립식 6단4열을 사용하는 8만수 규모보다 기계시설이용비용이 21~30% 많은 2,657(원/수·년)로 나타나 다른 2가지 규모에 비하여 경제성이 크게 떨어지는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 케이지 형식별로 작업비용이 뚜렷하게 감소하고 부부노동으로 경영이 가능한 유창계사를 사용하는 3만수 및 무창계사를 사용하는 8만수 규모의 모델만을 제시하였다.

(3) 선반기 선정

이때 3만수 규모에서는 팩커 유·무에 관계없이 시간당 처리능력이 8천 또는 1만란인 선반기 적용이 가능하고, 8만수 규모에서는 1만5천~2만란 선반기가 적합한 것으로 표 3과 같이 나타났다. 그러나 작업비용을 분석해 본 결과 표 4와 같이 3만수 규모에서는 시간당 처리능력 1만란의 팩커가 없는 선반기가, 8만수 규모에서는 팩커가 3열인 시간당 처리능력 2만란의 선반기가 가장 적합한 것으로 나타났다.

Table 3. Labor input for egg grading operation

Items	30,000 heads farm			80,000 heads farm				
	Without packer		3-rows packer	Without packer		3-rows packer		
Efficiency of egg-grader (each/hour)	8,000	10,000	10,000	15,000	20,000	15,000	20,000	
No. of worker (persons/day)	3	3	2.5	4	5	3	3	
Operation hour of grader (hour/day)	Max	4.3	3.5	3.6	6.0	4.5	6.1	4.7
	Average	3.7	3.0	3.1	5.1	3.9	5.2	4.1
Labor hour (hour/year)	Family	1,833	1,833	1,833	1,712	1,712	1,712	1,712
	Hired	2,185	1,455	967	5,763	5,330	4,031	2,732
	Total	4,018	3,288	2,800	7,475	7,042	5,743	4,444

Table 4. Cost requirement of egg grading

(won/head · year)

Items	30,000 heads farm			80,000 heads farm				
	Without packer		3-rows packer	Without packer		3-rows packer		
Efficiency of egg grader (each/hour)	8,000	10,000	10,000	15,000	20,000	15,000	20,000	
Cost of egg grader (1,000won/each)	8,500	9,500	34,600	15,000	30,000	51,000	66,000	
Fixed cost (A)	Egg-grader	69	77	282	46	92	156	201
	Labor	595	487	414	415	391	319	247
Variable cost(B)	Electricity	3	3	3	3	2	4	2
	Subtotal	598	490	417	418	393	323	249
	Total(C=A+B)	667	567	699	463	484	477	450

(4) 계사내부 기계장치 선정

계사내부의 기계장치들은 대부분 케이지와 세트로 설치되는 경우가 많아 케이지의 옵션에 해당하게 되고 설치하는 회사모델에 의하여 결정되는 경우도 많다. 그러므로 장치 하나 하나의 경제성보다는 작업의 연계성 및 기술상의 문제를 고려하여 선택하게 된다. 표 5는 계사내부시설 및 기계장치의 설치기준을 나타낸 것이다.

Table 5. Design on establishment basis of cage and equipment in laying house for the layer production system

Items	Type of cage		Remark
	A-type	Vertical	
○ Cage	- 3-tiers :	- 6-tiers	
○ Feeding			
- Fodder Bin	- Storing capacity of 5day	Ditto	○ Time switch
- Feeder	- Hopper type	- Hopper or chain type	
○ Water supply			
- Nipple drinker	- One/4head	- One/room	
○ Egg collection	- Belt conveyer + egg elevator + bar conveyer	Ditto	○ Automatic egg collection system
○ Manure pre-dry	-	- Duct type	
○ Manure - conveying	- Belt conveyer by each row	- Belt conveyer by each tier	
○ Transport of manure from laying hen house	- Belt conveyer	Ditto	
○ Disinfection	- Fog system	Ditto	
○ Ventilation	- Naural ventilation including sub forced ventilation	- Forced ventilation including tunnel type	○ Forced ventilation with the capacity 6CFM/head

(5) 기타 기계장치 선정

계사에 설치하지 않으나 농가단위에서 보유하여야 하는 기계장치 중 선반기를 제외한 것들은 노동투하시간 및 비용이 많지 않으므로 작업부담량을 처리할 수 있는 범위의 것으로 표6과 같은 기준으로 선정하였다.

Table 6. Design on establishment basis of the auxiliary equipment and machinery for the layer production system.

Items	Scale of farm		Remark
	30,000 heads	80,000 heads	
○ Water supply	- Ground well - Water container	Ditto	○ 2 times higher than the daily water consumption ○ Half of a day water consumption
○ Egg treatment	- handcart for egg transportation	Ditto	○ Capacity is a day egg production
○ Manure handling	- Manure rotary mixer, loader, manure packer	Ditto	○ Packaging four hours of 10day ○ Packaged shipment of rate :50%
○ Disinfection	- Power sprayer	Ditto	
○ Cleaning on changing hen	- Air compressure and power-spray	Ditto	
○ Repair and maintenance	- Arc wedding machine	Ditto	
○ Electric generation	-	Higher than 70kw	○ More higher capacity of ventilation fan including manure pre-dry-fan
○ Dead hen treatment	- Incinerator	Ditto	
○ Transport	- Truck	Ditto	○ Transportation of egg, materials, and manure,

나. 기계화 모델

산란계 사육 기계화는 농가단위의 시설 및 기계장치의 자동화와 계사시설의 자동화로 이루어진다. 그러므로 기계화모델도 농가별 모델과 계사별 모델로 나타내었다. 농가별 모델에서는 농가에서 갖추어야할 기본 시설과 계사내부에 설치되지 않는 일반기계장치가 들어간다. 표 7은 부부노동으로 경영이 가능한 전업 개방계사를 이용하는 중규모인 3만수 사육규모와 무창계사를 이용하는 전업 대규모인 8만수사육규모 모델의 시설을 나타내었다. 또 표 8은 표 7시설로 사육할 경우에 들어가는 농가단위에서 작업공정별 기계장치를 선정하여 나타내었다. 계사의 기계화 모델인 표 9는 계사에 케이지세트와 함께 설치되는 기계장치들을 나타내었다.

Table 7. Suggested proper models of buildings for the 30,000 heads and 80,000 heads laying farm.

Items	Type	Proper building model			
		30,000 heads farm		80,000 heads farm	
		Specification	No. of building	Specification	No. of building
laying hen house (refer to table 29)	Open-side laying house	15,000 heads scale, width of 9m, length of 108m	2	-	-
	Windowless laying house	-	-	40,000 head scale, width of 11m, length of 90m	2
Egg grading room	-	Area of 78m ²	1	Area of 210m ²	1
Manure composing pit	Concrete structure	Area of 82m ² , height of 1m	1	Area of 219m ² , height of 1m	1

Table 8. Suggested proper model of equipment and machinery for the 30,000 heads and 80,000 heads laying farm

Items		Type of equipment and machinery	Model of equipment and machinery			
			30,000 heads farm		80,000 heads farm	
			Specification	each	Specification	each
Egg grading room	Selection	Egg grader Packer	10,000egg/hr -	1 -	20,000egg/hr -	1 3
	Transport	Handcart	3×6×20 (pan*/each)	3	3×6×20 (pan*/each)	6
Water supply		Ground well Water - container	More than 2ton/h 7ton	1 1	More than 5ton/h 20ton	1 1
Manure handling		Manure mixer Skid Loader Manure packer	Rotary type 0.3m' 100pack/hr	1 1 1	Rotary type 0.5m' 300pack/hr	1 1 1
Cleaning and disinfection		Power sprayer Air compressor	70A 3kw	1 1	70A 5kw	1 1
Repair & maintenance		Arc welding machine	3kw	1	3kw	1
Emergency power generation		Electric generator	-	-	70kw	1
Dead hen treatment		Incinerator	20kg/1hour	1	30kg/1hour	1
Transport		Truck	1ton	1	2.5ton	1

Note) * pan is pack of 30 pieces

Table 9. Suggested proper model of equipment and machinery for the 15,000 heads and 4,000 heads laying houses

Items		Type of equipment and machinery	Open side laying hen house (15,000 heads)		Windowless laying hen house (40,000 heads)	
			Specification	Each	Specification	Each
Cages		A-type	(2head×3room) /unit 3tiers×3row×130unit×2	2,502	-	-
		Vertical	-	-	(5heads×8room)/unit 6tiers×4rows×42unit	1,008
Fodder bin		Steel or FRP	10 ton	1	25 ton	1
Feeding		Hopper or chain	Hopper, time swich	1 set	One of two type time swinch	1 set
Water supply		Nipple	1 each/4head	3,753	1 each/room	8,112
Egg-collection		Belt conveyer	-	18line	-	48line
		Egg-left	Elevator	3pairs	Elevator	4pairs
		Bar-conveyer	Width of 350mm	1set	Width of 450mm	1set
Manure	Pre-dry	Duct & fan	-	-	15kw	1set
	Gather	Belt conveyer	Each row	3line	Each tier	24line
	Output from laying house	Rubber belt conveyer	Width of 500mm	1 set	Width of 500mm	1set
Disinfection		Fog system	-	1 set	-	1set
Ventilation		Ventilation equipment	Winch curtain, monitor window Fan capacity of 250CMM	1set 8	Tunnel ventilation system (Ventilation capacity of 7008CMM, Automatic control system)	1set

Note : 1. Cage need area of more than 440cm²/head.

2. Feed bin may adopt one or a few separated feeding line

다. 모델의 경제성분석 및 평가

모델의 시설기계장치의 초기투자비는 표 10과 같이 3만수 규모 3억5천6백만원, 8만수 규모 13억6천7백만원으로 분석되었으며 계사 및 케이지시설이 전체의 72.8%에서 81.6%를 차지하는 것으로 분석되었다..

기계장치이용비용을 분석한 결과는 표11과 같이 8만수 모델에서 규모확대로 선란기계시설비 및 기타 기계장치 시설비는 3만수보다 적어지는 것으로 나타났다. 그러나, 직립식케이지세트를 사용하는 산란계사 기계시설비용이 높게 나타나 전체적으로는 8만수 모델이 수당 기계시설비용이 많이 나타났다.

Table 10. Initial investment cost (million won)

Items	30,000 heads layer farm	80,000 heads layer farm
Laying hen house and cage set system	259 (72.8%)	1,115 (81.6)
Egg-grading system	20 (5.6)	93 (6.8)
Other equipment & machinery	77 (21.6)	159 (11.6)
Total	356 (100)	1,367 (100)

Table 11. Cost of equipment & machinery per one head (won/head · year)

Items	30,000 heads layer farm	80,000 heads layer farm
Laying hen house and cage set system	1,940	2,204
Egg-grading system	595	477
Other equipment & machinery	359	251
Total	2,894	2,932

축산경영에서는 사료비가 절대적인 비중을 차지하고 직립식케이지가 이용되는 무창계사를 사용하게 되면 보온효과에 의하여 체온유지를 위한 사료소비가 줄어 사료비의 약 5%가 감소되는 것으로 보고되고 있다. 이를 고려하면 표 12와 같이 무창계사를 사용하는 8만수규모 모델이 3만수 규모 모델보다 유리한 것으로 분석되었다.

Table 12. Cost of feeding and equipment & machinery per one head (won/head · year)

Items	30,000 heads layer farm	80,000 heads layer farm
Cost of equipment & machinery	2,894	2,932
Cost of fodder	9,869	9,376
Total	12,763	12,308

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 우리나라 실정에 맞는 대표적인 계사형태인 개방계사와 무창계사의 기계화 모델과 부부노동 중심으로 경영이 가능한 농가의 기계화 모델을 개발하였다. 농가에서의 시설투자시 이 자료를 활용한다면 시행착오를 줄일 수 있을 것이다.

- 1) 부부노동으로 사육가능한 규모를 분석한 결과 개방계사를 사용하는 경우는 1만5천수 규모 2동인 3만수 규모까지, 무창계사는 4만수 규모 2동인 8만수 규모까지 가능한 것으로 나타났다.
- 2) 개방계사모델에서는 계단식 3단 케이지에 호퍼식급여기, 니플급수, 일괄집란시스템과 벨트식 계분수거시설에 자연환기 및 보조강제환기시설이 적당한 것으로 나타났다.
- 3) 무창계사모델에서는 직립식 6단케이지에 호퍼 또는 체인식 급여기, 니플급수, 일괄집란시

스텝, 벨트식 계분수거시설 및 덩트식 계분예비건조시설, 터널식 강제환기시스템이 적합한 것으로 나타났다.

- 4) 3만수 사육규모 모델에서는 농가시설로서 1만5천수 개방계사 2동, 선란실 78m², 퇴비발효조 82m²가 필요하고 기계장치로는 1만란급선란기, 로터리발효교반기 및 0.3m³용량의 전용로더, 시간당 100포 포장용량의 계분포장기, 등이 적합한 것으로 나타났다.
- 5) 8만수 사육규모 모델에서는 농가시설로서 4만수 무창계사 2동, 선란실 210m², 퇴비발효조 219m²가 필요하고 기계장치로서 팩커가 3열 있는 2만란급선란기 및 로터리교반발효기, 0.5m³용량의 전용로더, 시간당 300포 포장용량의 계분포장기 및 70kw이상의 비상발전기가 적합한 것으로 나타났다.
- 6) 기계시설비용만을 고려할 때는 유창계사를 사용하는 3만수규모가 유리하지만, 사료비 감소까지를 고려할 경우는 무창계사에 의한 8만수규모가 유리한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Wathes, C. M., and Chares, D. R., 1994. Livestock housing
2. MWPS, 1987. Midwest Plan Service Structures and Environment Handbook
3. Timmons, M. B., 1991. Tunnel ventilation needs proper design procedures. Poultryry int. 1991. May.
4. 기광석, 김재환, 권두중, 이진우, 최희철,곽정훈, 박치호, 이덕수, 1997. 전업양축농가 시설 투자 효율분석, 축산기술연구소 축산시험연구사업보고서
5. 박정운, 박민수, 이상영, 천동원, 이철희, 1995. 산란계 경영농가의 시설자동화에 관한 경제적 연구, 농촌진흥청 농업경영관실 시험연구보고서 : 124-148
6. 이덕수, 최희철, 양창범, 김상철, 1992. 산란계 자동화시설개선연구. 축산시험장 시험연구 보고서: 433-440
7. 오인환, 1996. 계분(산란계) 자원화 적정 모형 설정, 축산시설환경학회 가축분뇨의 자원화 처리 모델 심포지엄 자료집 : 89-98
8. 오인환, 이종호, 1997. 미래지향형 축산기계화 모형개발, 농업기계학회 하계학술대회논문집 : 224-231
9. 장대석, 1995. 양계산업의 시설자동화 방안, 축산시설환경학회 축산시설의 합리화 방안 심포지엄 자료집 : 89-98
10. 축협중앙회, 1992~1997. '축사표준설계도
11. 축협중앙회, 1993~1997. 각년도 축산물생산비조사보고
12. 축협중앙회, 1994. 축산물 생산비조사의 이론과 실제
13. 축산기술연구소, 1997. 새로운 가축분뇨처리기술 : 136-147
14. 최희철, 서옥석, 이덕수, 한정대, 1996. 산란계농가의 자동화계사 시설실태 및 의식조사 연구, 축산시설환경학회지 2권 2호 : 103-110