

육계 수탉의 주령 및 체중이 번식능력에 미치는 영향

김학규 · 나재천 · 최철환 · 장병귀 · 상병돈 · 이상진
축산기술연구소 대전지소

Effect of Reproductive Ability on Weeks and Body Weights of Male Broiler Breeders

H. K. Kim, J. C. Na, C. H. Choi, B. G. Jang, B. D. Sang and S. J. Lee
Daejeon Branch Institute, National Livestock Research Institute,
Gyesan - dong 253, Yusung-Gu, Daejeon, Korea, 305-365

ABSTRACT : This experiment was carried out to investigate the effect of reproductive ability on weeks and body weights of broiler breeder males. From 26 to 36 week, volume of semen and body weight were increased. Total concentration was highest at 36 week ($P < 0.05$), being 21.14×10^8 cells. Mean of total concentration was 14.66×10^8 cells and 11.59×10^8 cells in young (26~55 weeks) and old (60~89 weeks) broiler breeder males, respectively. Percentage of fertile eggs, viability and hatchability on weeks were 96.33, 89.55, 86.25% in the young broiler breeder males, 94.84, 91.73 and 86.97% the old broiler breeder males, respectively. The values were not significantly different between the young and old broiler breeder males. While the body weight of cocks was less than 3.5kg, it was not possible to collect semen. Semen collection rate was the best in 4.5~5.0kg of males, total concentration was highest in 5.0~5.5kg, volume of semen was highest in 5.5~6.0kg body weight. More than 80% of the males were in the range of 4~6kg body weight. Sperm motility was acceptable for breeding.

(Key words: broiler breeder males, body weight, semen, hatchability)

서 론

육계 수탉은 22주령부터 48주령까지 체중이 증가하는데, 체중 증가에 따라 정액을 생산할 수 있는 수탉의 수수도 증가하였으며, 44주령에서 정액생산이 가능한 수탉의 수수가 가장 많았고, 수탉의 체중과 정액이 생산되는 수탉의 수수와 정액량은 정(+)의 상관관계가 있다고 하였다(Harris 등, 1984; Wilson 등, 1988), 수탉의 체중이 수정능력에는 영향을 미치지 않으나(McDaniel과 Craig, 1959; Wilson 등, 1979), 수탉의 과도한 비만은 수정능력의 감소와 연관된다(Nir 등, 1975)고 하였다. 수정율과 정액의 특성과는 아무런 관계가 없고(Renden과 Pierson, 1982), 정액량과 정자농도도 수정능력에 영향을 주지 않으나(Shaffner와 Andrews, 1948; Cooper와 Rowell,

1958), 정액량과 정자농도는 부(-)의 상관관계가 있으며(Soller 등, 1965; Marini와 Goodman, 1969), 정자활력과 수정율은 높은 상관 관계가 있다(Cooper와 Rowell, 1958; McDaniel과 Craig, 1962)고 하였다. 그러나 정액량, 정자수 및 총정자수는 수탉의 개체간에 현저한 차이가 있으므로(Benoff 등, 1981), 수탉의 수정능력은 개체간의 차이가 크게 나타나고 계통간의 유의성은 나타나지 않았다고 하였다(Kirby, 1998).

육계를 케이지와 평사에서 사육할 때 수정율 및 부화율을 살펴보면 케이지 사육이 평사보다 수정율 및 부화율이 좋은 경향이며(Fuaquay와 Renden, 1980), 케이지에서 사육되는 수탉이 평사에서 사육되는 수탉보다 정액량과 정자수가 더 많이 생산되나 수정율과 부화율에는 차이가 없다(Renden과 Pierson, 1982). 또한 케이지와 평사에서

사육할 때 정액량은 비슷하였으며 인공수정시 수정능력도 케이지사육이 평사에 비하여 해로운 결과가 없었다 (Parker와 McCluskey, 1959)는 보고가 있다.

본 연구는 케이지에서 사육하는 육용종계에 있어서 수탉의 연령과 체중이 정액성상에 미치는 영향과 정액성상에 따른 수정율을 조사하여 육용종계 수탉의 연령과 체중이 수정율 및 부화율에 미치는 영향을 조사 연구하여 육계의 생산성 향상에 기여코자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 시험의 공시재료로는 '98년 10월부터 '99년 6월 사이에 신영농장(서산)에서 보유하고 있는 로스계통의 육용종계에서 26주령된 수탉 15수, 60주령된 수탉 15수 합계 30수의 수탉에서 정액을 채취하여, 60주령 이상된 암탉 336수에 대하여 인공수정을 실시 24시간이 지난 후 집란하였으며, 5일이내에 부화기에 넣어 8일째 검란하여 수정율을 조사하였으며, 21일령에 꺼내어 부화율을 조사하였다. 이 기간 동안 사양관리는 NRC 사양표준에 준한 시판 종계사료를 제한 급여하였으며, 기타 관리는 농장의 관행에 준하였다.

2. 시험방법

수탉의 체중과 정액성상 조사는 2~6주 간격으로 인공수정하기 직전에 실시하였으며, 인공수정 시술은 1회에 0.02 ml 이상의 원정액을 5일 간격으로 수탉 1수당 암탉 11~12수에 대하여 개체별로 인공수정을 실시하였다. 종란은 3일 동안 집란하여 2일 이내 보관한 다음 부화기에 입란하였으며, 11회에 걸쳐 수행하였다.

3. 조사항목 및 방법

1) 정액량

눈금이 있는 5ml 정액관으로 정액을 채취하여 육안 관찰하였다.

2) 정자수

채취된 정액을 2% 식염수에 500배 희석 후 스펙트로메타(Spectronic 20D⁺, Spectronic Instruments, Inc. U.S.A.)로 흡광도를 조사한 다음 미리 계산된 조사표에 의하여 산출하였다(Taneja와 Gowe, 1961; Jones와 Wil-

son, 1967).

3) 총정자수

채취된 정액량에 ml당 정자수를 곱하여 산출.

4) 활 력

현미경의 배율을 100배로 하여 검경하고 이를 녹화한 다음 모니터를 통하여 반복하여 운동성을 관찰하였다 (Parker 등, 1942).

0: 운동정지, 1: 빈약한 운동, 2: 보통의 활력, 3: 좋은 활력, 4: 상당히 좋은 활력, 5: 최상의 활력.

5) 수정율 및 부화율

입란후 8일째 수정란 및 21일째 발생수를 조사하였다.

4. 통계처리

정액성상 조사는 신계군과 노계군의 육계 수탉을, 3반복으로 반복당 5수 총 30수에 대하여 정액량, 정자수, 운동성 및 수정능력을 조사하였으며, 또한 수탉의 개체별로 체중, 정액성상 및 수정율을 조사한 다음 상호간 상관 관계를 알아 보았다. 모든 결과는 SAS(1991) PROC GLM 및 CORR을 이용하여 통계분석 하였고, 각 평균간 유의성검정은 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)를 사용하였으며, 유의성 검정수준은 5%로 하였다.

결과 및 고찰

육용종계의 주령별 체중, 정액량, 정자수 및 정자활력은 Table 1과 같다. 신계의 체중은 36주령까지는 급격히 증가하여 5,246.7g이었으나 그 이후는 서서히 증가하여 55주령에 5,798.3g을 나타내었다. 정액량은 36주령에 1회 사정당 0.7 ml로 가장 많이 생산되었으며, 평균정액량은 0.54ml였다. 총정자수는 36주령에 21.14억개로 정자수가 가장 많았으며, 그 이후는 감소되는 경향으로 평균 14.66억개를 나타내었다. 정자활력은 30주령에서 3.97로 가장 높았으며 전기간 평균은 3.30으로 좋은 활력을 보였다.

노계군의 체중은 주령에 따라 차이가 있었으나 평균 5,034.1g이었으며, 정액량은 74주령 이후 감소하는 경향이었으나 0.49 ml의 평균치를 보였으며, 총정자수도 74주령 이후 줄어드는 경향을 보였으며 평균 11.59억개를 보였다(Table 2). 정자활력은 76주령에서 4.40으로 가장 높은 활력을 보였으며 평균 3.85로서, 주령이 증가할수록 활

Table 1. Body weight and characteristics of semen on 26–55 weeks of age in young broiler breeder males¹

Age (weeks)	Body weight (g)	Semen volume (ml)	Concentration ($\times 10^8/\text{ml}$)	Total concentration ($\times 10^8$)	Motility (1~5)
26	4,186.7 \pm 299.50 ^e	0.51 \pm 0.09 ^{bc}	37.90 \pm 25.93 ^a	19.30 \pm 5.40 ^{ab}	3.67 \pm 0.57 ^{ab}
28	4,260.0 \pm 386.91 ^e	0.49 \pm 0.04 ^{bc}	32.50 \pm 4.50 ^{ab}	15.82 \pm 2.61 ^{abcd}	3.33 \pm 0.57 ^{ab}
30	4,636.7 \pm 366.37 ^{de}	0.61 \pm 0.04 ^{abc}	30.61 \pm 2.28 ^{abc}	18.75 \pm 2.18 ^{abc}	3.97 \pm 0.15 ^a
32	4,853.3 \pm 469.18 ^{cd}	0.64 \pm 0.01 ^{ab}	23.70 \pm 3.51 ^{bc}	16.83 \pm 3.56 ^{abcd}	2.53 \pm 0.62 ^b
34	5,093.3 \pm 427.70 ^{bcd}	0.58 \pm 0.08 ^{abc}	24.00 \pm 6.51 ^{bc}	14.90 \pm 3.12 ^{abcd}	2.72 \pm 0.25 ^{ab}
36	5,246.7 \pm 277.36 ^{abc}	0.70 \pm 0.15 ^a	29.28 \pm 4.49 ^{abc}	21.14 \pm 5.60 ^a	2.72 \pm 0.70 ^{ab}
38	5,326.7 \pm 219.39 ^{abc}	0.58 \pm 0.12 ^{abc}	19.99 \pm 7.49 ^c	11.48 \pm 2.19 ^{bcd}	3.80 \pm 0.72 ^{ab}
40	5,260.0 \pm 196.97 ^{abc}	0.50 \pm 0.17 ^{bc}	24.65 \pm 2.55 ^{bc}	13.92 \pm 6.55 ^{abcd}	3.24 \pm 0.85 ^{ab}
42	5,326.7 \pm 234.47 ^{abc}	0.45 \pm 0.07 ^c	23.12 \pm 7.80 ^{bc}	10.74 \pm 5.23 ^{bcd}	3.22 \pm 0.80 ^{ab}
44	5,446.7 \pm 128.58 ^{abc}	0.43 \pm 0.06 ^c	24.47 \pm 4.17 ^{bc}	10.35 \pm 2.82 ^{cd}	3.44 \pm 0.38 ^{ab}
50	5,620.0 \pm 208.86 ^{ab}	0.46 \pm 0.09 ^{bc}	19.56 \pm 14.00 ^b	9.33 \pm 7.62 ^d	3.89 \pm 0.76 ^{ab}
55	5,798.3 \pm 333.62 ^a	0.54 \pm 0.04 ^{abc}	25.16 \pm 1.52 ^{bc}	13.37 \pm 1.24 ^{abcd}	3.06 \pm 0.91 ^{ab}
Mean	5,087.9 \pm 563.94	0.54 \pm 0.11	26.24 \pm 7.47	14.66 \pm 5.27	3.30 \pm 0.72

¹. Means with different superscripts within a column are significantly different (P<0.05).

Table 2. Body weight and characteristics of semen on 60–89 weeks of age in order breeder males¹

Age (weeks)	Body weight (g)	Semen volume (ml)	Concentration ($\times 10^8/\text{ml}$)	Total concentration ($\times 10^8$)	Motility (1~5)
60	5,176.7 \pm 136.50 ^{abc}	0.59 \pm 0.03 ^{ab}	27.50 \pm 5.00 ^{ab}	16.35 \pm 3.42 ^a	3.33 \pm 0.57 ^{ab}
62	4,786.7 \pm 470.88 ^c	0.51 \pm 0.11 ^{abc}	28.73 \pm 5.75 ^a	15.09 \pm 5.69 ^{ab}	3.33 \pm 1.15 ^{ab}
64	4,906.7 \pm 205.26 ^{bc}	0.56 \pm 0.06 ^{abc}	23.60 \pm 1.95 ^{ab}	13.66 \pm 2.55 ^{abc}	4.15 \pm 0.37 ^{ab}
66	4,746.7 \pm 333.06 ^c	0.50 \pm 0.03 ^{abc}	24.93 \pm 1.95 ^{ab}	12.52 \pm 1.58 ^{abc}	3.57 \pm 0.20 ^{ab}
68	5,070.0 \pm 70.00 ^{abc}	0.52 \pm 0.12 ^{abc}	22.88 \pm 5.30 ^{ab}	12.30 \pm 4.69 ^{abc}	3.68 \pm 0.38 ^{ab}
70	5,166.7 \pm 332.46 ^{abc}	0.67 \pm 0.14 ^a	21.55 \pm 6.51 ^{ab}	15.25 \pm 6.98 ^{ab}	4.07 \pm 0.46 ^{ab}
72	5,160.0 \pm 341.76 ^{abc}	0.48 \pm 0.14 ^{abc}	20.63 \pm 6.14 ^{ab}	11.52 \pm 4.58 ^{abc}	4.16 \pm 0.30 ^{ab}
74	4,900.0 \pm 183.30 ^{bc}	0.40 \pm 0.10 ^{bc}	19.55 \pm 0.94 ^b	8.70 \pm 2.48 ^{bc}	4.03 \pm 0.40 ^{ab}
76	4,966.7 \pm 202.31 ^{bc}	0.40 \pm 0.11 ^{bc}	19.31 \pm 1.75 ^b	8.24 \pm 2.89 ^{bc}	4.40 \pm 0.87 ^a
78	5,000.0 \pm 210.71 ^{abc}	0.36 \pm 0.05 ^c	20.45 \pm 2.16 ^{ab}	8.12 \pm 1.74 ^{bc}	4.08 \pm 0.28 ^{ab}
85	5,373.3 \pm 147.42 ^{ab}	0.37 \pm 0.20 ^{bc}	19.43 \pm 7.77 ^b	6.91 \pm 5.05 ^c	4.31 \pm 0.66 ^a
89	5,473.3 \pm 144.68 ^a	0.49 \pm 0.13 ^{abc}	20.71 \pm 3.51 ^{ab}	10.46 \pm 4.49 ^{abc}	3.05 \pm 0.69 ^b
Mean	5,034.1 \pm 301.89	0.49 \pm 0.13	22.44 \pm 4.91	11.59 \pm 4.61	3.85 \pm 0.65

¹. Means with different superscripts within a column are significantly different (P<0.05).

력이 저하되는 경향은 보이지 않았다.

이상의 결과에서 22주령부터 48주령까지 수탉의 체중은 주령이 높아짐에 따라 증가한다(Harris 등, 1984)는 보고와 비슷한 결과를 보였으며, 육계 수탉의 정액량과 정자수는 41주령에 가장 높았다(Renden과 Pierson, 1982)는 보고에 비하여 본 시험에서는 빠른 경향으로 37주령에 정액량과 정자수가 가장 높았다.

주령별 수정율 및 부화율은 Table 3와 같다. 신계군(A)에서 수정율은 42주령에 98.27%, 55주령에 93.13%로 평균 96.33%로 주령에 따른 유의적인 차이가 없었으며, 수정란대 부화율은 38주령에 94.29%, 42주령에 87.74%로 평균 89.55%였고, 입란대 부화율은 38주령에 91.56%, 55주령에 82.54%, 평균 86.25%로 주령간 유의적인 차이를 보이지 않았다.

Table 3. Fertility of broiler breeder males at different weeks of age¹

Flocks	Weeks	Fertile eggs (%)	Viability ² (%)	Hatchability ³ (%)
A	30	97.75±1.96	89.94±4.20	87.80±2.37
	34	96.60±2.33	88.89±5.27	85.73±4.19
	38	97.10±2.83	94.29±6.87	91.56±7.99
	42	98.27±1.54	87.74±4.67	86.20±3.40
	50	95.14±6.70	87.87±2.75	83.66±7.57
	55	93.13±6.79	88.58±7.03	82.54±9.60
means		96.33±4.03	89.55±5.05	86.25±6.19
B	64	98.37±2.83 ^a	91.41±2.85	89.93±2.18
	68	97.93±2.13 ^a	92.75±4.49	90.88±4.91
	72	95.09±2.01 ^{ab}	91.30±4.57	86.89±4.27
	76	95.47±2.79 ^{ab}	90.30±0.48	86.18±2.63
	84	93.49±5.13 ^{ab}	91.41±1.67	85.44±3.14
	89	88.68±1.95 ^b	93.19±3.89	82.50±4.68
means		94.84±4.17	91.73±2.98	86.97±4.29

¹. Means with different superscripts within a column are significantly different (P<0.05).

². The rate of the fertile eggs set.

³. The rate of total eggs set.

노계군(B)에서 수정율은 64주령의 98.37%에서 89주령의 88.68%로 점차적으로 유의하게 낮아졌으나 평균은 94.84%였다. 수정란대 부화율은 89주령에 93.19%, 76주령에 90.30%, 평균 91.73%였으며, 입란대 부화율은 68주령에 90.88%, 89주령에 82.50%로 평균 86.97%였으며 주령에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다.

이상의 시험결과에서 케이지사육 육용종계에서는 대체로 30 주령부터 84 주령까지는 주령에 따른 수정능력에 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 이는 육용종계에서 체중과 수정능력은 상관관계가 없다(Wilson 등, 1979)는 보고와 육용종계 신계의 수정율과 부화율은 각각 81.1~

95.7%, 84.9~92.5%이며, 노계의 수정율과 부화율은 각각 86.0~97.2%, 84.1~91.5%(Ansah 등, 1980; McCartney, 1976; Petite 등, 1982)라는 보고와 비슷한 경향을 나타내었다.

육용종계 수탉의 체중별 정액채취율, 정액량, 정자수, 정자활력 및 수정율은 Table 4와 같다. 육용종계 수탉의 체중이 3.5kg 미만에서는 정액채취가 불가능하였으며, 4.5~5.0kg에서 정액채취율이 가장 좋았고, 5.0~5.5kg에서 총정자수가 가장 높았으며, 5.5~6.0kg에서 정액량이 가장 많았다. 또한 4.0~6.0kg에서 80%이상의 정액채취율을 보였으며, 활력 역시 3이상으로 좋은 경향을 나타내었

Table 4. Fertility and characteristics of semen in broiler breeder males with different body weight at 30~89 weeks of age

Body weight (g)	Number of collected males	Rate of collected males (%)	Semen volume (ml)	Total concentration ($\times 10^8$)	Motility (1~5)	Fertile eggs (%)
< 3,500	5	0				
3,500 ~ 4,000	9	77.8	0.40±0.34	7.06±7.39	3.00±1.41	91.60±9.44
4,001 ~ 4,500	37	83.8	0.50±0.24	12.47±8.54	3.65±1.02	96.18±4.81
4,501 ~ 5,000	67	91.0	0.48±0.21	12.14±6.42	3.80±1.19	96.08±6.11
5,001 ~ 5,500	95	87.4	0.53±0.20	13.88±7.82	3.36±1.35	95.02±6.41
5,501 ~ 6,000	69	81.2	0.56±0.21	13.27±8.26	3.80±1.05	96.33±4.79
6,001 ~ 6,500	13	38.5	0.46±0.18	9.78±5.13	4.20±0.84	93.14±4.76

Table 5. Fertility of broiler breeder males with different sperm at 30~89 weeks of age¹

Items	Sperm molitlty				
	1	2	3	4	5
Fertile eggs(%)	95.31±3.33	95.19±6.64	96.19±6.16	95.00±6.25	96.03±5.25
Viability (%)	89.24±4.38	90.93±8.11	90.79±7.91	90.41±8.93	87.97±9.91
Hatchability (%)	85.14±5.02	86.51±9.83	87.27±9.05	85.82±9.66	84.25±10.2
Early dead eggs(%) ²	2.91±3.72	2.71±3.28	3.17±4.39	2.34±3.98	3.68±5.09

¹, See the footnote of Table 4.², 1~8 days.**Table 6.** Correlation among body weight, semen volume, total concentration, motility and fertility in broiler breeder males

Items	Body weight	Semen volume	Concentration	Total concentration	Motility	Fertility
Body weight	—	0.373	0.779	0.026	0.057	-0.036
Semen volume	0.373	—	0.749	0.023	0.237	0.116
Concentration	0.779	0.749	—	0.044	0.062	0.028
Total concentration	0.026	0.023	0.044	—	0.261	0.231
Motility	0.057	0.237	0.062	0.261	—	0.862
Fertility	-0.036	0.116	0.028	0.231	0.862	—

고, 95%이상의 수정율을 보였다.

육용종계 수탉의 정자활력, 수정율, 부화율 및 증지율간의 관계는 Table 5와 같다. 정자활력 1~5의 범위에서 수정율은 95.00~96.19%, 수정란대 부화율은 87.97~90.03%, 입란대 부화율은 84.25~86.51%, 증지율은 2.34~3.68%로 각각 처리간 유의성을 보이지 않았다. 이상의 결과는 수정율과 부화율은 정액의 특성과 상관관계가 없다(Renden과 Pierson, 1982)는 보고와 일치한다.

육용종계의 체중, 정액량, 정자수, 활력 및 수정율간의 상관관계는 Table 6과 같다. 체중은 정액량, 총정자수 및 활력과 정(+)의 상관관계를 가지나 수정율과는 부(-)의 상관관계를 가지며, 정자활력은 수정율과 정(+)의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 이것은 정액량과 정자농도는 부(-)의 상관관계가 있고(Marini와 Goodman, 1969; Soller 등, 1965), 수정율과 정액의 특성과는 상관이 없다(Renden과 Pierson, 1982)는 보고와 일치하지 않았으나, 수탉의 체중은 정액량 및 총정자수와 정(+)의 상관관계가 있고(Harris 등, 1984; Wilson 등, 1988), 정액량과 정자농도도 정(+)의 상관관계가 있으며(McDaniel과 Craig, 1959), 정자활력과 수정율은 높은 상관관계가 있고(McDaniel과 Craig, 1962), 수탉의 과도한 비만은 수정능력을 감소시킨다(Nir 등, 1975)는 보고와는 비슷한 경향이였다.

적 요

본 시험은 육용종계에 있어서 수탉의 연령과 체중이 정액성상에 미치는 영향과 정액성상에 따른 수정율을 조사하여 육용종계 수탉의 연령과 체중이 수정율 및 부화율에 미치는 영향을 조사 연구하여 육계의 생산성 향상에 기여코자 수행하였다. 신계군(26~55주령)에서 26주령에서 36주령까지 주령별 정액성상은 수탉의 체중이 증가함에 따라 정액량이 증가하는 경향이였으며, 36주령에서 총정자수가 21.14억개로 유의적으로 높았으나 평균 14.66억개를 나타내었고, 노계군(60~89주령)에서 평균 11.59억개를 나타내었다. 정자활력은 모든 계군에서 좋은 활력을 나타내었다. 계군과 주령에 따른 수정율, 수정란대 부화율, 입란대 부화율은 평균은 신계군에서 각각 96.33%, 89.55%, 86.25%, 노계군에서 각각 94.84%, 91.73%, 86.97%로 계군에 따른 차이를 보이지 않았다. 수탉의 체중별 정액성상 및 수정율에 있어서는 3.5 kg 미만에서는 정액채취가 불가능하였으며, 4.5~5.0kg에서 정액채취율이 가장 좋았고, 5.0~5.5 kg에서는 총정자수가 가장 높았으며, 5.5~6.0 kg에서는 정액량이 가장 많았다. 4.0~6.0 kg에서 80% 이상의 정액채취율을 보였으며 활력 역시 3 이상으로 좋은 경향을 나타내었고 95%이상의 수정율을 보였다. 운동성이 있는 활력인 1~5의 범위에서 정자활력

에 따른 수정율과 부화율은 비슷한 수준으로 유의성을 보이지 않았다. 이상의 결과를 보면 케이지 사육하는 육용종계의 체중의 범위는 대체적으로 4.0~6.0 kg이었으며, 4.5~5.0 kg에서 정액채취율이 가장 좋은 경향이었고, 수탉을 인공수정할 경우 주령이 높아져도 수정율 및 부화율이 크게 낮아지지 않는 것으로 나타났다.

(색인어 : 육용종계 수탉, 체중, 정액, 부화율)

인용문헌

- Ansah GA, Crober DC, Buckland RB, Sefton AE, Kennedy BW 1980 Artificial insemination of individually caged broiler breeders. 1. Reproductive performance of males relation to age and strain of females. *Poultry Sci* 59:428 - 437.
- Benoff FH, Rowe KE, Fuguay JI, Renden JA, Arscott GH 1981 Effect of semen collector in semen volume and sperm concentration in broiler breeder males. *Poultry Sci* 60:1062 - 1065.
- Cooper DM, Rowell JG 1958 Relations between fertility, embryonic Survival and some semen characteristics in the chicken. *Poultry Sci* 37:699 - 707.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1 - 42.
- Fuaquay JI, Renden JA 1980 Reproductive performance of broiler breeder maintained in cages or on floors through 59 weeks of age. *Poultry Sci* 59:2525 - 2531.
- Harris GC, Jr, Benson JA, Sellers RS 1984 Influence of day length, body weight, and age on the reproductive ability of broiler breeder cockerels. *Poultry Sci* 63:1705 - 1710.
- Jones JE, Wilson HR 1967 Use of an electronic counter for semen concentration determination in chicken semen. *Poultry Sci* 46:532 - 533.
- Kirby JD, Tressler CJ, Kirby YK 1998 Evaluation of the duration of sperm fertilizing ability in five lines of commercial broiler breeder and Delaware crossmales. *Poultry Sci* 77:1688 - 1694.
- Marini PJ, Goodman BL 1969 Semen characteristics as influenced by selection for divergent growth rate in chickens. *Poultry Sci* 48:859 - 865.
- McCartney MG 1976 The effects of semen and insemination frequency on the fertility of broiler breeder hens. *Poultry Sci* 55:669 - 671.
- McDaniel GR, Craig JV 1959 Behavior traits, semen measurements and fertility of white leghorn males. *Poultry Sci* 38:1005 - 1014.
- McDaniel GR, Craig JV 1962 Predicting male fertilizing capacity in high and low fertility strains of chickens. *Poultry Sci* 41:866 - 869.
- Nir I, Waiters GMH, Cunningham FJ 1975 Obesity induced by force - feeding and accompanying changes in body temperature and fertility in the male domestic fowl. *Br Poult Sci* 54:505 - 515.
- Parker JE, Mekenzie FF, Kempster HL 1942 Fertility in the male domestic fowl. *Missouri Agr Exp Sta Res* 347:1 - 50.
- Parker JE, McCluskey WH 1959 Volume and fertilizing capacity of semen collected from cockerels maintained in cages and on litter on floors. *Poultry Sci* 38:858 - 860.
- Petitte JN, Hawes RO, Gerry RW 1982 The influence of flock uniformity on the reproductive performance of broiler breeder hens housed in cages and floor pens. *Poultry Sci* 61:2166 - 2171.
- Renden JA, Pierson ML 1982 Effects of cage or floor housing on reproductive performance of broiler breeder males. *Poultry Sci* 61:244 - 249.
- Shaffner CS, Andrews FN 1948 The influence of thiouracil on semen quality in the fowl. *Poultry Sci* 27:91 - 102.
- Soller M, Snapir N, Schindler H 1965 Heritability of semen quantity, concentration, and motility in white rock roosters, and their genetic correlation with rate of gain. *Poultry Sci* 44:1527 - 1529.
- Taneja GC, Gowe RS 1961 Spermatozoa concentration in the semen of two breeds of fowl estimated by three different methods. *Poultry Sci* 40:608 - 615.
- Wilson HR, Piesco NP, Miller ER, Nesbeth WG 1979 Prediction of the fertility potential of broiler breeder males. *World s Poultry Sci J* 35:95 - 118.
- Wilson JL, Krista LM, McDaniel GR, Sutton CD 1988 Correlation of broiler breeder male semen production and testes morphology. *Poultry Sci* 67:660 - 668.