

재래닭의 정액성상 및 종란보관기간이 부화율에 미치는 영향

김학규 · 최철환 · 나재천 · 상병돈 · 장병귀 · 송치은 · 정행기 · 이상진 · 하정기¹

축산기술연구소 대전지소, ¹경상대학교 축산학과

Effects of Semen Characteristics and Egg Storage Period on Hatchability in Korean Native Chickens

H. K. Kim, C. H. Choi, J. C. Na, B. D. Sang, B. G. Jang,
C. E. Song, H. K. Chung, S. J. Lee and J. K. Ha¹

Daejeon Branch Institute, National Livestock Research Institute,
Gyesan-dong 253, Yusung-Gu, Daejeon, Korea 305-365

¹Department of Animal Science, Gyeongsang National University, Chinju, Korea 660-701

ABSTRACT : This study was carried out to investigate the characteristics of semen and egg storage period on hatchability of Korean native chicken(KNC, 44-wk old). The body weight, volume of semen, concentration of spermatozoa, total sperm of an ejaculate, motility of sperm and percentage of fertile eggs were 2,555.89g, 0.43ml, 30.81×10^8 /ml, 13.14×10^8 cells, 3.58 and 91.69%, respectively, in KNC. The percentage of fertile eggs were 87.9~96.0% on storage period in KNC. The viability and hatchability were 80.2%, 74.6%, respectively, in storage period for 22 days in storage temperature of 11~14°C. The results of the trial show that viability can be get more than 80% in storage period for 3 weeks in storage temperature of about 13°C.

(Key words : Korean native chicken, semen, egg storage period, viability, hatchability)

서론

수탉의 체중은 정액량 및 총정자수와 정 (+)의 상관관계가 있으며 (Harris 등, 1984; Wilson 등, 1988), 수정능력에는 영향을 미치지 않으나 (Wilson 등, 1979), 수탉의 과도한 비만은 수정능력을 감소시킨다 (Nir 등, 1975)고 하였다. 수정율과 정액의 특성과는 아무런 관계가 없고 (Renden과 Pierson, 1982), 정액량과 정자농도도 수정능력에 영향을 주지 않으나 (Shaffner와 Andrews, 1948), 정자활력과 수정율은 높은 상관관계가 있다 (McDaniel과 Craig, 1962)고 하였다.

닭을 인공수정할 때 1회 주입정자수는 0.25~1.7억 범위 (Munro, 1938; Wilcox, 1958; Taneja와 Gowe, 1962; Kim 등, 1974; DeRevier와 Brillard, 1984; Brillard와 McDaniel, 1986)이며, 정액의 주입간격은 5~7일 (Van Krey와 Siegel, 1976), 1주일에 1회 정액을 주입하는 것보다 1주일에 2회 정액을 주입하는 것이 수정율이 높다 (Kan, 1962)고 하였다. 정액주입량이 0.025ml 되도록 하여 원정액을 1주일에 2회 주입하였을 때 수정율은 87.2%였고 (McCartney, 1976), 대체적으

로 1주일에 1~2회 인공수정할 때에 수정율은 81.1~95.7%, 부화율은 84.9~92.5%였으며 (Cooper와 Hughes, 1974; Hughes와 Holleman, 1976; Hughes, 1978; Ansah 등, 1980; Fuaquay와 Renden, 1980; Garwood와 Lowe, 1982; Petite 등, 1982), 인공수정 시간은 정오에서부터 오후 늦게까지가 좋다 (Giesen 등, 1980)고 보고하였다.

종란이 부화율에 미치는 영향에 대한 연구는 주로 종란보관기간의 영향에 관한 연구 (Byng와 Nash, 1962)와 종란보관 온도에 관한 연구 (Olsen과 Haynes, 1948; Proudfoot, 1970; Reinhart와 Hurnik, 1976)가 많이 이루어졌다. 알을 1주일 보관하였을 때 수정능력에는 차이가 없었고 (Kirby와 Froman, 1991), 10일간 보관하였을 때에도 부화율의 변화가 거의 없었으며 (Merritt와 Clarridge, 1959), 3주일 보관하였을 때 73.4% 부화율을 얻었고 4주일 보관하였을 때 39.0% 부화율을 얻었으며 (Hurnik 등, 1978), 가끔에 있어서 최대치의 부화율은 종란을 4~6일 보관하고 입란 하였을 때라고 하였다 (Oluyemi와 George, 1972).

육질이 좋기고 맛이 고소한 재래닭 고기의 선호도가 증가함에 따라 재래닭의 사육농가가 증가하고 있는 실정이나, 영세하고 소규모적으로 재래닭을 사육하고 있어, 번식을 위

한 종란 수집에 많은 시일이 소요되며, 인근 부화장이나 소형부화기에서 입란시까지 대기하는 기간이 길어, 수정된 알의 장기보관으로 인한 부화율 저하의 중요한 원인이 될 수 있으나 이에 대한 재래닭의 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 재래닭의 정액성상과 수정율과의 관계를 알아보고, 알맞은 온습도에서 최대의 부화율을 얻을수 있는 종란의 장기보관 기간을 알아보고자 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 시험의 공시재료로는 '99년 2월부터 '99년 4월 사이에 축산기술연구소에서 보유하고 있는 44주령된 재래닭 적갈색, 황갈색, 흑색 계통의 수탉 60수에서 정액을 채취하여, 같은 주령의 암탉 660수에 대하여 인공수정을 실시하여 생산된 수정란 3,156개를, 1일에서 30일까지 11~14℃에서 보관한 다음 부화기에 넣어 입란후 21일령에 꺼내어 발생율을 조사하였으며, 이 기간 동안 사양관리는 NRC 사양표준에 준한 시판 종계사료를 무제한 급여하였으며, 기타 관리는 관행에 준하였다.

2. 시험방법

수탉의 체중과 정액성상 조사는 10일 간격으로 3회를 하였으며, 인공수정 시술은 1회에 0.02ml 이상의 원정액을 3~4일 간격으로 1주일에 2회, 개체별로 1수의 수탉으로 암탉 11수에 대하여 인공수정을 실시하였다. 종란 수집은 1~3일 간격으로 11회에 걸쳐 수집하여 훈증소독 한 후 습도는 75~93% 평균 87%, 온도는 11~14℃ 되는 종란 저장실에 최대 30일까지 보관한 다음 부화기에 입란하였다.

3. 조사항목 및 방법

1) 정액량

눈금이 있는 5ml 정액관으로 정액을 채취하여 육안 관찰하였다.

2) 정자수

채취된 정액을 2% 식염수에 500배 희석후 스펙트로메타(Spectronic 20D⁺, Spectronic Instruments, Inc. U.S.A.)로 흡광도를 조사한 다음 미리 계산된 조사표에 의하여 산출하였다 (Taneja와 Gowe, 1961; Jones와 Wilson, 1967).

3) 총정자수

채취된 정액량에 ml당 정자수를 곱하여 산출하였다.

4) 활력

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

입란후 10일째 검란하여 조사하였다.

6) 부화율

입란후 21일째 발생율을 조사하였다.

4. 통계처리

정액성상 조사를 위하여 44주령된 재래닭 수컷을 3처리, 20반복으로 총 60수에 대하여 정액량, 정자수, 운동성 및 수정능력을 조사하였으며, 총 60수의 수탉에 대하여 개체별로 체중, 정액성상 및 수정율을 조사한 다음 상호간 상관 관계를 알아 보았다. 종란의 보관기간에 따른 부화율 조사를 위하여 최대 30일까지 11처리 3반복으로 총 3,156개의 종란을 부화기에 입란한 다음 21일째에 발생할 때까지 수정율 및 부화율을 조사하였다. 모든 결과는 SAS (1991) PROC GLM 및 CORR을 이용하여 통계분석 하였고, 각 평균간 유의성 검정은 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)를 사용하였으며, 유의성 검정수준은 5%로 하였다.

결과 및 고찰

Table 1에서 보는 바와 같이 44주령된 수탉에 있어서 DB 및 LB계통이 BL계통보다 체중이 무거웠고 정액량은 많았으나, 1ml당 정자수는 BL계통이 많아서 수탉이 1회 사정할 때의 총정자수는 비슷한 경향이였다. 따라서 체중, 정액량 및 ml당 정자수는 계통별로 다소간 차이가 있으나 ($P < 0.05$), 평균적으로 각각 2,555.89g, 0.43ml 및 30.81×10^8 개 이었으며, 총정자수 및 활력의 평균은 각각 13.14×10^8 개, 3.58로 계통간 차이가 없었다. 수정율, 입란대부화율 및 수정란 대 부화율의 평균은 Table 2에서 보는 바와 같이 각각 91.69%, 82.44% 및 74.40%로 계통간 차이를 보이지 않았다.

Table 3에서 보는 바와 같이 체중은 정액량 및 총정자수

Table 1. Body weight and characteristics of semens in Korean native chickens¹

Strains	Body weight(g)	Semen volume (ml)	Concentration ($\times 10^8$ /ml)	Total concentration ($\times 10^8$)	Motility (1~5)
DB	2,676.33 \pm 244.32 ^a	0.44 \pm 0.10 ^a	28.51 \pm 3.75 ^b	12.62 \pm 3.51	3.48 \pm 0.70
LB	2,517.33 \pm 265.92 ^{ab}	0.48 \pm 0.13 ^a	31.11 \pm 4.05 ^{ab}	14.72 \pm 4.24	3.63 \pm 0.68
BL	2,474.00 \pm 310.27 ^b	0.36 \pm 0.11 ^b	32.79 \pm 6.79 ^a	12.09 \pm 4.29	3.61 \pm 0.90
Means	2,555.89 \pm 284.06	0.43 \pm 0.12	30.81 \pm 5.27	13.14 \pm 4.12	3.58 \pm 0.76

Abbreviations are DB, dark brown; LB, light brown and BL, black

^{a-b} Means within a column are significantly different (P<0.05)

¹Hatchabilities of the eggs stored for upto 30 days in Korean native chickens

Table 2. Fertility of eggs stored for 1 and 30 days in Korean native chickens¹

Strains	Fertile eggs (%)	Early dead eggs(%)	Late dead eggs(%)	Viability (%)	Hatchability (%)
DB	89.19 \pm 16.26	5.76 \pm 3.43 ^{ab}	6.63 \pm 3.40	83.85 \pm 6.09	74.37 \pm 13.59
LB	91.10 \pm 6.54	4.65 \pm 2.32 ^b	8.48 \pm 5.59	82.65 \pm 5.69	72.21 \pm 18.45
BL	94.79 \pm 3.06	5.26 \pm 2.64 ^a	8.24 \pm 6.19	80.82 \pm 10.37	76.62 \pm 10.28
means	91.69 \pm 10.36	5.22 \pm 2.82	7.78 \pm 5.18	82.44 \pm 7.65	74.40 \pm 14.37

¹ See the footnote of Table 1.

^{a-b} Means within a column are significantly different (P<0.05).

Table 3. Correlation among body weight, semen volume, total concentration, motility and fertility in Korean native chickens

Strains	Body weight	Semen volume	Total concentration	Motility	Fertility
Body weight	—	+0.17	+0.17	-0.10	-0.45
Semen volume	+0.17	—	+0.86	-0.07	-0.18
Total concentration	+0.17	+0.86	—	-0.11	-0.08
Motility	-0.10	-0.07	-0.11	—	+0.32
Fertility	-0.45	-0.18	-0.08	+0.32	—

와 정 (+)의 상관관계를 가지나 수정율과는 부 (-)의 상관관계를 나타내며, 정자활력은 수정율과 정 (+)의 상관관계를 갖는다. 이것은 정액량과 정자농도는 부 (-)의 상관관계가 있고 (Marini와 Goodman, 1969; Soller 등, 1965), 수정율과 정액의 특성과는 아무런 관계가 없다 (Renden과 Pierson, 1982)고 한 보고와는 일치하지 않았으나, 정액량, 정자수 및 총정자수는 수탉의 개체간에 현저한 차이를 보이며 (Benoff 등, 1981), 수탉의 체중은 정액량 및 총정자수와 정 (+)의 상관관계가 있고 (Harris 등, 1984; Wilson 등, 1988), 또한 정액량과 정자농도도 정 (+)의 상관관계가 있으며 (McDaniel과 Craig, 1959), 정자활력과 수정율은 높은 상관관계가 있고 (McDaniel과 Craig, 1962), 수탉의 과도한 비만은 수정능력

을 감소시킨다 (Nir 등, 1975)는 보고와는 비슷한 경향이였다.

Table 4에서 44주령된 재래계 암탉이 산란한 종란의 보관기간별 수정율은 87.9~96.0%의 수준을 보였다. 이 결과는 닭의 수정율은 81.1~95.7%라고 보고 (Cooper와 Hughes, 1974; Hughes와 Holleman, 1976; Anshah 등, 1980; Petite 등, 1982)한 내용과 비슷한 경향을 보였다. 초기배자사망율은 종란을 19일 보관하였을 때부터 높아지기 시작하여 30일 보관하였을 때는 급격히 (P<0.05) 높아졌으며, 후기배자사망율은 종란을 25일 보관하였을 때부터 유의적 (P<0.05)으로 높아졌다. 수정란 대 부화율 및 입란 대 부화율은 종란을 4일 보관하였을 때 각각 92.3%, 85.4%로 가장 높았으며, 수정란 대 부화율은 종란을 22일 보관하였을 때부터 3일 경과할

Table 4. Hatchabilities of the eggs stored for various intervals in Korean native chickens¹

Storage time (days)	Fertile eggs (%)	Early dead eggs(%)	Late dead eggs(%)	Viability (%)	Hatchability (%)
1	94.0±1.4 ^{ab}	3.4±3.5 ^{bc}	3.4±1.1 ^b	89.0± 5.5 ^{ab}	83.6±5.2 ^{ab}
4	92.6±1.0 ^{ab}	2.0±1.1 ^c	2.7±0.6 ^b	92.3± 1.2 ^a	85.4±0.4 ^a
7	96.0±2.0 ^a	2.0±1.0 ^c	4.9±4.5 ^b	87.5± 5.5 ^{ab}	84.0±6.6 ^{ab}
10	91.2±3.8 ^{bc}	1.6±0.5 ^c	4.2±3.3 ^b	90.7± 4.0 ^{ab}	82.7±1.9 ^{ab}
13	90.5±2.8 ^{bc}	3.4±1.2 ^{bc}	4.7±2.7 ^b	89.7± 1.9 ^{ab}	81.1±4.2 ^{ab}
16	90.6±5.3 ^{bc}	2.6±1.0 ^c	3.2±3.9 ^b	91.0± 5.3 ^{ab}	82.3±3.6 ^{ab}
19	87.9±5.4 ^c	5.8±2.9 ^{bc}	5.5±4.0 ^b	84.7± 8.3 ^{abc}	74.4±6.7 ^{bc}
22	93.0±0.3 ^{ab}	7.3±0.6 ^{bc}	6.8±1.9 ^b	80.2± 6.9 ^{bc}	74.6±6.3 ^{bc}
25	89.5±4.7 ^{bc}	6.7±6.3 ^{bc}	15.1±5.6 ^a	74.5±10.1 ^{cd}	66.4±5.9 ^{cd}
28	91.9±5.0 ^{abc}	8.2±4.0 ^b	15.1±2.8 ^a	69.4± 4.1 ^{de}	63.9±7.0 ^d
30	91.9±2.6 ^{abc}	13.6±1.7 ^a	16.9±4.4 ^a	59.5± 4.8 ^e	54.6±2.8 ^e

¹ Early and late dead eggs are scored at 1~10 days and at 11~20 days, respectively.

^{a-e} Means within a column are significantly different(P<0.05).

때마다 6% 정도 낮아졌고, 입란 대 부화율은 종란을 19일 보관하였을 때부터 낮아지는 경향을 보였으며, 수정란 대 부화율 및 입란 대 부화율 모두 30일간 보관하였을 때는 급격히 떨어졌다. 따라서 본 시험의 수정란 대 부화율 및 입란 대 부화율은 각각 종란을 16일간 보관하였을 때 91.0%, 82.3%, 22일간 보관하였을 때 80.2%, 74.6%, 28일간 보관하였을 때 69.4%, 63.9%, 30일간 보관하였을 때 59.5%, 54.6%를 나타내었다. 이들 결과는 최대의 부화율은 4~6일 보관하고 알의 둔단부를 위로 하여 입란하였을 때라는 보고(Oluyemi와 George, 1972)와는 같은 경향을 보였고, 백색산란계의 알을 3주일 보관하였을 때 부화율 73.4%, 4주일 보관하였을 때 부화율 39.0% (Humik 등, 1978)라는 보고에 비하여는 높은 수준을 보였다. 닭의 알을 1주일 보관을 하였을 때 수정능력에는 차이가 없었고 (Kirby와 Froman, 1991), 거위 알을 10일간 보관하였을 때에도 부화율의 변화가 거의 없었다 (Merritt와 Clarridge, 1959)고 보고하였으나, 본 시험에서는 재래닭 종란을 16일까지 보관한 다음 부화하여도 부화율에 큰 변화가 없었으며, 22일까지 보관한 다음 부화하였을 때에도 80.2%의 좋은 수정란 대 부화율을 보였다.

적 요

44주령된 재래계 수탉의 평균 체중은 2,555.89g이었으며, 정액성상에 있어서 정액량, ml당 정자수, 총정자수, 활력 및 수정율은 각각 0.43ml, 30.81×10⁸개, 13,14×10⁸개, 3.58 및 91.69% 이었다. 재래닭의 종란을 11~14℃에서 1~30일까

지 보관시, 종란보관기간에 따른 수정율은 87.9~96.0% 수준이었으며, 수정란대 부화율 및 입란대 부화율은 16일 보관에서 각각 91.0%, 82.3%, 22일 보관에서 각각 80.2%, 74.6%, 30일 보관에서 각각 59.5%, 54.6%였다. 대체적으로 보관기간이 길어질수록 발육중지란이 증가하였고, 부화율은 저하되었다. 이상의 결과로 보아 재래닭 종란은 13℃ 내외의 온도로 3주 이내 보관하였을 때는 80% 이상의 수정란 대 부화율을 얻을 수 있다고 사료된다.

(색인어 : 재래닭, 정액성상, 종란보관기간, 수정율, 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.
- Brillard JP, McDaniel GR 1986 Influence of spermatozoa numbers and insemination frequency on fertility in dwarf broiler breeder hens. Poultry Sci 65:2330-2334.
- Byng AJ, Nash D 1962 The effects of egg storage on

- hatchability. *Br Poult Sci* 3~4:81-86.
- Cooper JB, Hughes BL 1974 Vegetable diet with or without fish meal and hatchability of chicken eggs. *Poultry Sci* 53 : 1849-1852.
- DeReviere H, Brillard JP 1984 Variations in the sperm production, the sperm output and in the number of sperms to be inseminated in aging broiler breeders. *Proc. Abstr. XVII World's Poult. Congr., Helsinki.*
- 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.
- Garwood VA, Lowe PC 1982 The effect of age maturity upon fertility and hatchability. *Poultry Sci* 61:977-981.
- Giesen AF III, McDaniel GR, Sexton TJ 1980 Effect of time of day of artificial insemination and oviposition-insemination interval on the fertility of broiler breeder hens. *Poultry Sci* 59:2544-2549.
- 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.
- Hughes BL 1978 Efficiency of producing hatching eggs via artificial insemination and natural mating of broiler breeder pullets. *Poultry Sci* 57: 534-537.
- Hughes BL, Holleman KA 1976 Efficiency of producing white leghorn hatching eggs via artificial insemination and natural mating. *Poultry Sci* 55:2383-2388.
- Hurnik GI, Reinhart BS, Hurnik JF 1978 Relationship between albumen quality and hatchability in fresh and stored hatching eggs. *Poultry Sci* 57:854-857.
- Jones JE, Wilson HR 1967 Use of an electronic counter for semen concentration determination in chicken semen. *Poultry Sci* 46:532-533.
- Kan J 1962 The fertilizing capacity at diluted chicken semen. *Poultry Sci* 41:1186-1189.
- Kim JK, Shin WJ, Suh GS, Sul DS, Lee JK 1974 Effect of dilution rate of semen and insemination interval on fertility in the domestic fowl. *Res Rep Off Rural Develop. Suwon, Korea, P.* 77-81.
- Kirby JD, Froman DP 1991 Analysis of Poultry data. 2. Comparison of long and short-term fertility trials. *Poultry Sci* 70:1986-1990.
- 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.
- Merritt ES, Clarridge RW 1959 The Effect of length of holding on the hatchability of goose eggs. *Poultry Sci* 38:660-663.
- Munro SA 1938 The effect of dilution and density on the fertilizing capacity of fowl semen suspensions. *Can J Res* 16:281-299.
- 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.
- Olsen MW, Haynes SK 1948 The effect of different holding temperatures on the hatchability of hen's eggs. *Poultry Sci* 27:420-425.
- Oluyemi JA, George O 1972 Some factors affecting hatchability of chicken eggs. *Poultry Sci* 51: 1762-1763.
- Parker JE, McKenzie FF, Kempster HL 1942. Fertility in the male domestic fowl. *Missouri Agr Exp Sta Res* 347:1-50.
- Petite 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.
- Proudfoot FG 1970 The influence of different Pre-incubation holding temperatures on the hatchability of chicken eggs. *Poultry Sci* 49:812-813.
- Reinhart BS, Hurnik JF 1976 The effect of temperature and storage time during the preincubation period. 1. The influence of storage temperature changes on hatchability and first ten days chick performance. *Poultry Sci* 55:1632-1640.

- 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.
- Taneja GC, Gowe RS 1962 Effects of varying doses of undiluted semen on fertility and hatchability in the domestic fowl. *J Reprod Fertil* 4:161-174.
- Van Krey HP, Siegel PB 1976 A revised artificial insemination schedule for broiler breeder hens. *Poultry Sci* 55:727-728.
- Wilcox FH 1958 The Effect of dilution and concentration of chicken semen on fertility. *Poultry Sci* 37:1357-1362.
- 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.