

肉用種鶏의 選抜指數 推定에 關한 研究 I. 肉用種鶏 父系統과 母系統의 遺傳的 母數推定

金基兪·孫始煥·吳鳳國

韓協畜産·서울大學校 農科大學

(1984. 9. 5 접수)

Study on the Estimation of Selection Index in Broiler Breeder

I. Estimation of Genetic Parameters in Broiler Breeder Male and Female Lines

K. K. Kim, S. H. Sohn, and B. K. Ohh

Hanhyp Livestock Breeding Farm, Seoul National University

(Received September 5, 1984)

SUMMARY

Present study was carried out to estimate phenotypic and genetic parameters influencing body weight (BW) at 4 weeks of age, egg breadth (EB), egg length (EL), egg shape index (SI) and egg weight (EW) at 32 weeks of age and egg numbers (EN) up to 38 weeks of age in broiler male and female lines.

The data were collected from closed White Plymouth Rock (female line; G) and Cornish (male line; C) flocks involving 1193 pullets from 211 dams and 48 sires in 1982.

The results obtained are summarized as follow;

1. General performance for various traits of lines C and G.

The means and standard deviations of BW, EB, EL, SI, EW and EN were 668.34 ± 47.18 , 4.23 ± 0.11 , 5.49 ± 0.19 , 77.06 ± 2.98 , 55.73 ± 3.54 and 59.72 ± 13.39 in line C, respectively and 487.89 ± 41.43 , 4.22 ± 0.11 , 5.51 ± 0.19 , 76.72 ± 3.20 , 55.43 ± 3.26 and 76.93 ± 12.17 in line G, respectively.

2. Heritability

Heritabilities were estimated from sire, dam and combined components. Estimates for BW, EB, EL, SI, EW and EN from combined components were 0.30, 0.29, 0.40, 0.22, 0.45 and 0.60 in line C, respectively and 0.33, 0.23, 0.28, 0.13, 0.49 and 0.33 in line G, respectively.

3. Correlation

Genetic and phenotypic correlations showed similar trend in line C and G. Genetic correlations, estimated EW with EB and EL, were high and positive (line C; 0.99, 0.75, respectively and line G; 0.94, 0.82, respectively), also correlation of EB with EL was 0.58 (both lines; 0.58). High and negative genetic correlations were shown between

SI and EL in line C and G (-0.70, -0.65, respectively). Genetic correlations between SI and EW were relatively low and negative in line C and G (-0.11, -0.19, respectively) and between SI and EN were relatively low and positive in line C and G (0.25, 0.17, respectively).

Between other traits, low genetic correlations were shown in both lines. High and positive correlation was estimated between hatchability and egg shape index and polynomial regression of egg shape index on hatchability was estimated; $Y = -216.77 + 7.6216X - 0.0146939X^2$.

I. 結 論

肉用種鷄의 主要 經濟形質은 크게 產卵性 形質과 產肉性 形質로 나누어 생각할 수 있으며 產肉性 形質로서는 成長率, 胸幅, 胸長 및 정강이 길이 등이 있고, 產卵性 形質로서는 產卵率, 性成熟日齡과 卵重을 들 수 있다. 現在까지 研究 報告된 바에 의하면 이들 產肉性 形質과 產卵性 形質간에는 負의 相關關係가 있다고 알려져 있으므로 肉用種鷄 育種에 있어서는 產卵種鷄와 달리 母系統과 父系統을 分離하여 改良하고 있는 實情이다. 父系統은 주로 產肉性 形質에 重點을 두고, 母系統은 產肉 및 產卵性 形質을 同時에 考慮하여 選拔하고 있다. 이와같이 父系統과 母系統의 選拔 基準이 서로 다르기 때문에 父母系統에 따른 適合한 選拔基準의 設定과 改良目標에 符合되는 選拔效率을 높이기 위해서는 各系統의 遺傳의 特性을 正確하게 把握하는 것이 重要하다.

따라서 本 研究은 肉用種鷄의 改良을 위한 基礎資料로서 成長率, 卵重, 產卵數 및 孵化率과의 相關形質로서 卵形指數, 그리고 卵形指數의 要因인 卵幅과 卵長에 對한 遺傳力 및 이들 形質間의 相關關係를 推定하였고, 孵化率과 卵形指數의 表現型 相關 및 孵化率에 대한 卵形指數의 回歸式을 推定하였다.

II. 材料 및 方法

1. 供試材料

本 研究에서 供試된 鷄種은 肉用種鷄 母系統인 White Plymouth Rock種의 G系統과 肉用種鷄 父系統인 Cornish種의 C系統으로서 1972년부터 系統繁殖된 種鷄이다. 本 研究에서는 1982年度 成績을 分析資料로 利用하였으며 分析에 使用된 2系統의 供試首數는 Table 1과 같다.

Table 1. Number of sires, dams and progeny of line C and G.

Line	Sires	Dams	Progeny
C	28	121	579
G	20	90	614
Total	48	211	1,193

2. 分析方法

1) 遺傳力의 推定

King과 Handerson (1954)의 方法에 따라 各 調査形質들의 遺傳力을 推定하였으며 統計的 模型은 다음과 같다.

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + D_{ij} + e_{ijk}$$

where,

Y_{ijk} ; the measurement for the k-th progeny of the j-th dam mated to the i-th sire

μ ; population mean

S_i ; the effect of i-th sire

D_{ij} ; the effect of k-th dam mated to the i-th sire

e_{ijk} ; the effect of k-th individual within j-th dam and i-th sire

2) 相關 및 回歸의 推定

Hazel (1943)과 Becker (1964)의 方法에 따라 表現型 및 遺傳相關을 推定하였고, 孵化率에 대한 卵形指數의 回歸式은 서울大學校 農科大學 電算室에서 保有하고 있는 LISA Package의 Polynomial procedure를 使用하여 求하였으며 統計的 模型은 다음과 같다.

$$Y = a + b_1X + b_2X^2$$

where

Y; hatchability (%)

X; shape index (breadth / length X 100, %)

a; intercept

bi; regression coefficient

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 一般能力

各 形質의 平均, 標準偏差 (SD) 및 變異係數 (CV)는 Table 2 와 같다. 4 週齡時 體重에 있어서 C 系統은 668.349 ± 47.18 이며, G 系統은 487.89 ± 41.43 이었다. 産卵數는 C 系統이 59.72 ± 13.39 , G 系統은 76.93 ± 12.17 로서 G 系統이 C 系統보다 4

週齡時 體重은 가벼웠으나 産卵數는 많았다. 이러한 差異는 2 系統의 選抜目標가 서로 달랐기 때문이라고 생각되며 다른 形質에 있어서는 2 系統이 비슷한 數値를 보였다.

産卵數에 대한 變異係數는 一般의인 水準에 비해 높게 나타났는데 이는 38 週齡까지의 短期 産卵數로서 初産日齡의 影響을 많이 받은 것으로 생각된다.

2 遺傳力

C 및 G 系統의 各 形質에 대한 遺傳力 推定値는 Table 3 과 같다.

Table 2. General performance for various traits of line C and G

line \ trait	C			G		
	Mean	SD	CV (%)	Mean	SD	CV (%)
BW	668.34	47.18	7.06	487.89	41.43	8.49
EB	4.23	0.11	2.60	4.22	0.11	2.62
EL	5.49	0.19	3.38	5.51	0.19	3.42
SI	77.06	2.98	3.86	76.72	3.20	4.17
EW	55.73	3.54	6.36	55.43	3.26	5.88
EN	59.72	13.39	22.43	76.93	12.17	15.82

BW; body weight at 4wks of age (ρ)
 EB; egg breadth at 32wks of age (cm)
 EL; egg length at 32wks of age (cm)
 SI; egg shape index (EB/EL X 100; %)
 EW; egg weight at 32wks of age (ρ)
 EN; egg numbers up to 38wks of age (each)

1) 4 週齡時 體重

C 系統에 있어서 體重에 대한 遺傳力의 推定値는 父分散成分에서 (h^2_s) 0.12, 母分散成分에서 (h^2_D) 0.44를 보였는데 h^2_s 보다 h^2_D 가 크게 나타난 것은 어린週齡時 體重在 母體效果의 影響을 많이 받기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 G 系統에서는 h^2_s 가 0.44, h^2_D 가 0.23으로서 h^2_s 가 h^2_D 보다 크게 나타났는데 이러한 보고 예로는 Jaap 등 (1962) 이 16 週齡時 體重에서, McClung (1958)이 初産時 및 55 週齡時 體重에서 h^2_s 를 h^2_D 보다 크게 推定하고, 伴性遺傳效果에 의한 것으로 생각된다고 하였다.

$h^2_{(s+D)}$ 는 C 및 G 系統에서 각각 0.30, 0.33으로 비슷한 數値를 보였다.

2) 卵幅과 卵長

卵幅의 遺傳力은 C 系統에서 h^2_s 가 0.33, h^2_D 가 0.26, $h^2_{(s+D)}$ 가 0.29로 나타났으며, G 系統에서는 h^2_s 가 0.30, h^2_D 가 0.15, $h^2_{(s+D)}$ 가 0.23으로 나타났다. C, G 系統 모두 h^2_s 가 h^2_D 보다 크게 나타났고 全般的으로 두 line 모두 比較的 낮은 遺傳力을 보여주고 있다.

卵長의 遺傳力 $h^2_{(s+D)}$ 은 C 系統에서 0.40, G 系統에서 0.28로 中程度의 遺傳力이 推定되었다.

3) 卵形指數

卵形指數의 遺傳力은 두 系統에서 0.07 ~ 0.27로 比較的 낮게 推定되었다. 이는 Jaap 등 (1962) 및 Kinney 와 Lowe (1968) 등의 0.11 ~ 0.28과 一致하나 반면 Goodman과 Jaap (1961)와 Kinney 등 (1968)이 推定한 0.44 ~ 0.82보다는 낮게 推定되

Table 3. Estimated heritabilities from sire, dam and combined variance components in line C and G

line traits	C			G		
	h^2_s	h^2_D	$h^2_{(s+D)}$	h^2_s	h^2_D	$h^2_{(s+D)}$
BW	.12	.44	.30	.44	.23	.33
EB	.33	.26	.29	.30	.15	.23
EL	.37	.43	.40	.55	.02	.28
SI	.17	.27	.22	.18	.07	.13
EW	.55	.34	.45	.80	.18	.49
EN	.80	.41	.60	.23	.43	.33

었다.

4) 卵重

卵重에 대한 遺傳力은 2 line 모두 h^2_s 가 h^2_D 보다 크게 나타났는데 특히 G系統에서는 h^2_s 가 0.80 h^2_D 가 0.18로서 큰 差異를 보였다. $h^2_{(s+D)}$ 는 C系統에서 0.45, G系統에서 0.49로 推定되어 두 line 모두 높은 遺傳력이 있음을 보여주고 있는데 李(1981)를 비롯해서 많은 研究者들이 卵重에 대해 높은 遺傳力 推定值를 報告했다.

5) 産卵數

産卵數에 대한 遺傳力은 一般的으로 낮은 것으로 알려져 있으나 C系統에 있어서는 h^2_s 가 0.80, h^2_D 가 0.41, $h^2_{(s+D)}$ 가 0.60으로 높게 推定되었는데 이는 初産日齡이 包含되었기 때문이라고 생각된다.

G系統에 있어서는 h^2_D 가 h^2_s 보다 크게 推定되었는데 Craig等(1969), Vaccaro와 Van Vleck(1972) 및 다른 많은 研究者의 報告와 一致하였다. 그러나 Oliver等(1957) 및 Goodman과 Jaap(1961)등은 이와 相反된 報告로서 h^2_s 를 h^2_D 보

다 높게 推定하였다.

3. 遺傳相關

C 및 G系統의 各 形質들 間의 遺傳 및 表現型 相關은 다음 Table 4 및 5와 같다.

1) 體重과 다른 形質들 間의 相關

體重과 다른 形質들 間에는 2 line 모두 낮은 負 또는 正의 遺傳相關이 나타났는데 이는 體重의 選拔에 의한 다른 形質들의 相關反應이 적다는 것을 뜻하는 것으로 생각된다.

2) 卵幅과 다른 形質들 間의 相關

卵幅과 卵長 間에는 두系統 모두 0.58의 正의 遺傳相關이 推定되어 卵幅이 增加하면 卵長도 길어지는 傾向을 보이고 있다.

卵幅과 卵形指數 間에는 C 및 G系統에서 各各 0.15와 0.19의 正의 相關이 나타났는데 이에 대한 研究報告를 찾아볼 수가 없어서 다른 研究者의 推定值와 比較할 수 없었다.

卵幅과 卵重 間의 相關에 대해 Asmundson(1931)

Table 4. Genetic correlations estimated from combined variance and covariance components and phenotypic correlations estimated from phenotypic variance and covariance components in line C

Trait	BW	EB	EL	SI	EW	EN
BW		.01	.08	-.08	.07	-.16
EB	.01		.58	.15	.99	.02
EL	.06	.21		-.70	.75	-.19
SI	-.05	.49	-.74		-.11	.25
EW	.04	.75	.56	.02		.02
EN	-.06	-.07	-.07	.02	-.04	

above diagonal; genetic correlation coefficients

below diagonal; phenotypic correlation coefficients

Table 5. Genetic correlations estimated from combined variance and covariance components and phenotypic correlations estimated from phenotypic variance and covariance components in line G

Traits	BW	EB	EL	SI	EW	EN
BW		.02	.17	-.16	.05	-.11
EB	.06		.58	.19	.94	-.29
EL	.10	.10		-.65	.82	-.33
SI	-.04	.55	-.77		-.19	.17
EW	.13	.61	.55	-.09		-.45
EN	-.07	-.05	-.21	.14	-.11	

above diagonal; genetic correlation coefficients

below diagonal; phenotypic correlation coefficients

은 0.65의 높은 推定値를 報告했는데 本 研究에서도 C系統에서 0.99, G系統에서 0.94의 아주 높은 遺傳相関을 보여주고 있다. 이러한 높은 遺傳相関으로 미루어 볼때 卵幅은 卵重에 큰 影響을 미치는 형질이라고 생각할 수 있겠다.

卵幅과 産卵數 間에는 C系統에서 0.02로 거의 相関關係가 없는 것으로 나타난 反面 G系統에서는 -0.29의 負의 相関關係가 나타났는데 이는 2 line의 改良目標가 달랐기 때문에 나타난 差異라고 생각된다.

3) 卵長과 다른 形質들 間의 相関

卵長과 다른 形質들 間의 相関에 관한 報告는 거의 찾아볼 수가 없었다. 本 研究에서 推定된 相関關係를 살펴보면 卵長과 卵形指數間에 C系統에서 -0.70, G系統에서 -0.65로서 2 line 모두 높은 負의 遺傳相関이 있음을 알 수 있다. 이러한 負의 相関은 卵形指數의 計算에 卵長이 分母로 들어가는 것을 생각해 볼때 당연한 結果라고 생각된다. 卵長과 卵重間에는 C系統에서 0.75, G系統에서 0.82로 卵幅과 卵重間의 相関에서와 같이 높은 正의 相関이 나타났다.

卵長과 産卵數間에는 C系統에서 -0.19, G系統에서 0.33의 比較的 낮은 負의 相関이 나타났는데 이것은 卵長이 긴 方向으로 卵形을 改良하는 것은 産卵數의 改良에는 바람직하지 못하다는 것으로 생각할 수 있겠다.

4) 卵形指數와 다른 形質들 間의 相関

卵形指數와 卵重間의 相関에 대하여 Jaap等 (1962), Kinney等 (1968) 및 Kinney와 Lowe (1968) 등은 0.14 ~ 0.63의 正의 相関이 있음을 報告하였는데 本 研究에서는 C系統에서 -0.11, G系

統에서 -0.19의 낮은 負의 相関이 推定되어 相反되는 結果를 얻었다.

卵形指數와 産卵數間에도 C系統에서 0.25, G系統에서 0.17의 正의 相関이 推定되어 Jaap等 (1962), Kinney와 Lowe (1968)가 推定한 0.12와는 一致하나 Hicks (1958)가 發表한 -0.04 ~ -0.5와는 一致하지 않는다. 이처럼 研究者에 따라 서로 다른 傾向値를 報告한 것은 集團의 遺傳的인 特性이 서로 달랐기 때문이라고 생각되며 어떤 特定集團의 改良을 위해서는 그 集團의 遺傳的 特性을 正確하게 把握하는 것이 重要하다는 事實을 다시 한번 생각하게 한다.

5) 卵重과 産卵數間의 相関

卵重과 産卵數間에 Jaap等 (1962)은 -0.16 ~ -0.99의 負의 相関을 推定했고, 卵重과 産卵率間에도 Kinney와 Shoffner (1965), Kinney와 Lowe (1968), Reddy等 (1977) 및 李 (1981)는 -0.04 ~ -0.58의 負의 相関을 報告하여 卵重과 産卵數 또는 卵重과 産卵率間에는 程度의 差異는 있으나 一般적으로 負의 相関이 있음을 나타내고 있다.

本 研究에서는 G系統에서 卵重과 産卵數間에 -0.45의 負의 相関이 推定되어 다른 여러 研究者들의 報告와 一致하나 C系統에서는 0.02의 遺傳相関이 推定되어 卵重과 産卵數 間에 거의 相関關係가 없음을 보여주고 있다. 이러한 2系統 間의 差異는 卵重은 2系統이 비슷하나 (C; 55.73g, G; 55.43g), 産卵數는 G系統이 C系統보다 더 많으며 (C; 59.72個, G; 76.93個) 또 卵重과 높은 相関이 있는 것으로 推定된 卵幅 역시 産卵數와의 相関에서 비슷한 傾向 (C; 0.02, G; -0.29)을 나타낸 것으로 미루어봐서 産卵數가 많은 集團에서는

卵重과 産卵數間에 負의 相關이 있으나 産卵數가 적은 集團에서는 거의 相關關係가 없는 것으로 說明할 수 있겠다.

6) 卵形指數와 孵化率間의 表現型 相關 및 回歸

卵形指數를 71~85%까지 1%단위로 나누어 같은 卵形指數를 가지는 개체의 受精卵 對比 孵化率을 平均한 후 孵化率과 卵形指數間의 相關 및 孵化率에 대한 卵形指數의 回歸을 推定한 바, 孵化率과 卵形指數間에는 0.63의 正의 相關이 나타났으며 孵化率에 대한 卵形指數의 回歸은 Fig.1에서 보는 바와 같이 $Y = -216.77 + 7.6216X - 0.046939X^2$ 의 二次式으로 推定되었고 5%水準에서 有意성이 있었다. 이러한 結果는 Olsen과 Haynes(1949), Skoglund(1951), Brunson과 Godfrey(1952), Kosin(1957) 등의 報告와 같은 傾向을 나타내는 것으로 卵形指數가 增加함에 따라 孵化率도 增加하나 一定水準을 넘으면 減少한다는 것을 뜻한다.

그러나 MacLaury等(1973)은 卵形指數의 增加에 따라 孵化率이 減少된다고 報告하였는데 이것은 메추라기를 사용하였고 또 一次式으로 推定하였기 때문이 아닌가 생각된다.

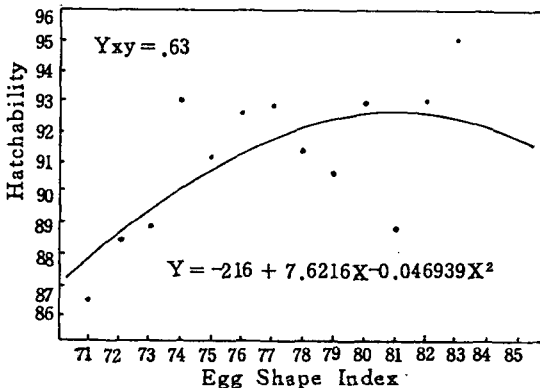


Fig.1 Regression of egg shape index on hatchability

IV. 摘 要

本 研究의 目的은 肉用種鷄 父系統과 母系統에 있

V. 引用 文 獻

1. Asmundson, V.S., 1931. The formation of the hen's egg. Part II and III. Sci. Agr. 11:662-680.
2. Becker, W.A., 1964. Heritability of a response to an environmental change in chickens.

어서 4週齡時 體重(BW), 32週齡時 卵幅(EB), 卵長(EL), 卵重(EW), 卵形指數(SI) 및 38週齡까지의 産卵數(EN)에 대한 遺傳的 母數 推定으로서 供試材料로는 韓協家禽育種農場에서 飼育되고 있는 父系統 C line 및 母系統 G line으로서 總 1,193 首의 82年度 성적을 分析하였다.

1. 一般能力에 있어서 C系統의 體重, 卵幅, 卵長, 卵形指數, 卵重 및 産卵數에 대한 平均은 各各 $668.34g \pm 47.18$, $4.23cm \pm 0.11$, $5.49cm \pm 0.19$, $77.06\% \pm 2.98$, $55.73g \pm 3.54$ 및 $59.72個 \pm 13.39$ 이며, G系統에서는 $487.89g \pm 41.43$, $4.22cm \pm 0.11$, $5.51cm \pm 0.19$, $76.72\% \pm 3.20$, $55.43g \pm 3.26$ 및 $76.93個 \pm 12.77$ 이었다. 産卵數에 대한 變異係數는 다른 形質보다 컸다.

2. 遺傳力은 父分散成分, 母分散成分 및 父母分散成分으로부터 各各 求하였으며 C系統에 있어서 父母分散成分으로부터 推定된 遺傳力은 體重, 卵幅, 卵長, 卵形指數, 卵重 및 産卵數에 대해 0.30, 0.29, 0.40, 0.22, 0.45, 0.60으로 各各 推定되었고 G系統에서는 0.33, 0.23, 0.28, 0.13, 0.49 및 0.33으로 各各 推定되었다.

3. 各 形質間의 相關關係는 C와 G系統이 비슷한 傾向을 나타내었다. 比較的 높은 正의 相關은 卵重과 卵幅間(C; 0.99, G; 0.94), 卵重과 卵長間(C; 0.75, G; 0.82) 및 卵幅과 卵長間(C, G; 0.58)에 나타났다. 높은 負의 相關은 卵形指數와 卵長間(C; -0.70, G; -0.65)에 나타났으며 卵形指數와 卵重間에는 낮은 負의 相關(C; -0.11, G; -0.19)이 推定되었고 卵形指數와 産卵數間에는 낮은 正의 相關(C; 0.25, G; 0.17)을 보였다. 다른 形質들間에는 2系統 모두 낮은 正 또는 負의 相關이 나타났다.

孵化率과 卵形指數間에는 높은 正의 表現型 相關(0.63)이 推定되었으며 孵化率에 대한 卵形指數의 回歸은 $Y = -216.77 + 7.6216X - 0.046939X^2$ 의 二次式으로 推定되었다.

Genetics 50:783-788.

3. Brunson, C.C. and G.F. Godfrey, 1952. The effect of some egg characteristics upon the hatchability of Broad Breasted Bronze turkey eggs. Poultry Sci. 31:909.
4. Craig, J.V., D.K. Biswas and H.K. Saadeh, 1969. Genetic variation and correlated responses in chickens selected for part-year rate of egg production. Poultry Sci. 48:1288-1296.
5. Goodman, B.L. and R.G. Jaap, 1961. Non-additive and sex-linked genetic effects on egg production in randombred population. Poultry Sci. 40:662-668.
6. Hazel, L.N., 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. Genetics 28:476-490.
7. Hicks, A.F. Jr., 1958. Heritability and correlation analysis of egg weight, egg shape and egg number in chickens. Poultry Sci. 37:967-975.
8. Jaap, R.G., J.H. Smith and B.L. Goodman, 1962. A genetic analysis of growth and egg production in meat-type chickens. Poultry Sci. 41:1439-1446.
9. King, S.C. and C.R. Handerson, 1954. Heritability studies of egg production in the domestic fowl. Poultry Sci. 33:147-154.
10. Kinney, T.B. Jr. and R.N. Shoffner, 1965. Heritability estimates and genetic correlations among several traits in a meat type poultry population. Poultry Sci. 44:1020-1032.
11. Kinney, T.B. Jr. and P.C. Lowe, 1968. Genetic and phenotypic variation in Regional Red Controls over nine years. Poultry Sci. 47:1105-1110.
12. Kinney, T.B. Jr., P.C. Lowe, B.B. Bohren and S.P. Wilson, 1968. Genetic and phenotypic variation in Randombred White Leghorn Controls over several generations. Poultry Sci. 47:113-123.
13. Kosin, I. L., 1957. A genetic analysis of egg shape in chickens and turkeys. Poultry Sci. 36:1134.
14. MacLaury, D.W., W.M. Insko, Jr., J.J. Begin and T. H. Johnson, 1973. Shape index versus hatchability of fertile eggs of Japanese quail. Poultry Sci. 52:558-562.
15. McClung, M.R., 1958. Heritability of and genetic correlations between growth rate and egg production in meat type chickens. Poultry Sci. 37:1225.
16. Oliver, M. M., B.B. Bohren and V.L. Anderson, 1957. Heritability and selection efficiency of several measures of egg production. Poultry Sci. 36:395-402.
17. Olsen, M.W. and S.K. Haynes, 1949. Egg characteristics which influence hatchability. Poultry Sci. 28:198-201.
18. Reddy, P. R. K., and P.B. Siegel, 1977. Selection for body weight at eight weeks of age. Egg production in selected and related lines. Poultry Sci. 56:673-686.
19. Skoglund, W. C., 1951. The relationship between egg shape and hatchability in meat type strains of New Hampshires. Delaware Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. 287.
20. Vaccaro, R. and L.D. Van Vleck, 1972. Genetics of economic traits in the Cornell Random-bred Control population. Poultry Sci. 51:1556-1565.
21. 李正九, 1981. 肉用種母系統의 遺傳的 變異 推定 및 選拔指數에 關한 研究. 서울大學校 碩士學位論文.