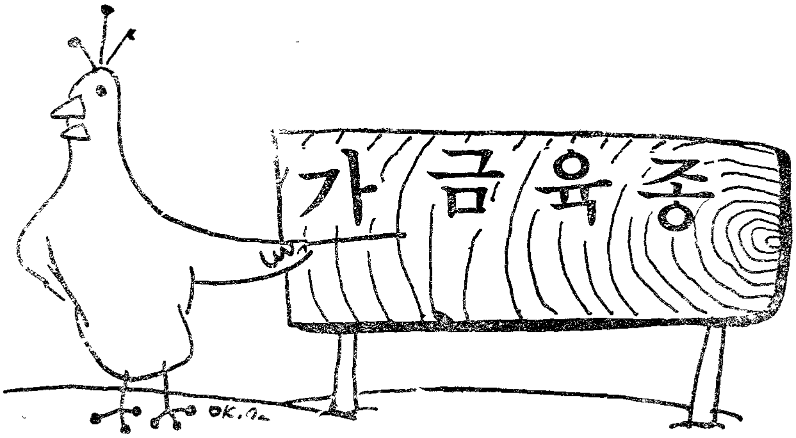
연 재 8



가금육종

—유 전 력—

오 봉 국
<서울대 농대 교수·박사>

(1) 변이(變異)와 유전력

닭의 어떤 품종이나 계통은 특징을 같이 하는 많은 수의 개체가 합하여 하나의 집단(集團)으로 구성되어 있다.

그러나 동일 품종이나 계통에 속하는 개체간에는 그 특징(特徵)에 있어서 각기 조금씩 다른 차이를 나타내고 있는데 이들 개체간의 차(差)를 변이(變異, Variation)라고 한다.

예를 들어보면, 백색레그혼의 A계통의 년간 산란수를 조사하였드니 500마리의 평균 산란수는 200개 였는데 이중 산란능력이 낮은 개체는 년간 산란수가 170개인데 비하여 산란능력이 우수한 개체는 330개였다. 그러므로 500마리로 구성되어 있는 A계통의 산란수는 170개로부터 최고 330개에 이르기까지 산란수를 달리하는 여러 마리가 하나의 집단을 이루고 있는 것이다. 이러한 차를 변이라 하며 변이의 정도는 통계적(統計的)으로 처리하여 보통 분산(分散, Variance), 표준편차(標準偏差, Standard deviation) 또는 범위(範圍, Range) 등으로 표시한다.

조사된 어떤 계군의 분산은 다음과 같은 공식(公式)에 의하여 계산된다.

$$S^2=\frac{\Sigma(X-\overline{X})^2}{n-1}$$

위의 예에서 X는 각 개체의 산란수를 표시하며 $\overline{X}$는 계군의 전체 평균치이고, n은 조사한 개체의 수이다. 변이에 대한 통계적 처리방법에 대하여는 실제 예를 들어 설명하기로 한다.

닭의 어떤 형질의 변이의 크기는 그 형질의 개량의 정도를 표시한다고도 할 것이다. 변이가 큰 계통일수록 개체간에 차가 많고 크다는 뜻이며 고르지 못하다고 할 것이다. 반면 변이가 적은 계통은 개체간의 차가 적고 제일(齊一) 하다는 것을 표시한다. 그러므로 변이의 크기가 적은 계통은 어떤 형질을 유전적으로 잘 고정이 되였다는 뜻이며 개량진도가 상당히 높아졌다는 것을 뜻하기도 한다.

닭의 어떤 형질의 변이의 크기는 또한 그 형질에 대한 선발과도 밀접한 관계를 가진다. 즉 변이가 적은 계통은 개체간에 차가 적으므로서 선발의 효과를 크게 기대할 수 없다. 그 이유는 이미 그 형질에 대하여는 유전적으로 상당히 고정이 되였기 때문에 개량의 여지가 적다는 것이다. 반면 어떤 형질의 변이가 크다면 개체간의 차가 크다는 뜻이며 차가 클수록 좋은 것을 택할 수 있는 선택의 효과가 크다. 즉 이러한 집단은 아직 유전적으로 이 형질에 대하여 고정이 잘 안되어 있다는 뜻이며 이 형질의 개량도가

낮다는 것을 표시한다.

이와같이 선발을 통해 가축을 개량하는 데는 변이가 필요한 것이다.

닭의 형질의 변이에는 유전적인 원인과 환경적인 원인에 의하여 나타나게 되는데 그 중에서 유전적인 원인에 의한 변이만이 선발을 통한 형질의 개량에 효과적으로 이용될 수 있는 것이다. 환경에 의한 변이로는 사료의 양부에 의한 차이라든지 사양관리에서 나타나는 개체간의 차이를 말하며 이들 변이는 선발과 개량에는 이용될 수 없는 변이인 것이다. 따라서 어떠한 형질을 개량하기 위하여는 그 형질의 변이의 크기가 어느 정도이며 변이를 나타내는 원인중 유전적 요인과 환경적 요인이 각각 어느 정도 작용하였는가를 아는 것이 필요하게 된다.

표1. 4계통의 부러일러 전용계 수탉 25수의 10주시 체중 (단위 : kg)

	A계통	B계통	C계통	D계통
	2.1	2.7	1.8	1.8
	2.7	2.5	2.6	1.6
	2.5	2.0	2.5	2.2
	2.5	2.2	2.9	1.7
	2.6	2.0	1.8	1.8
	2.5	2.6	2.0	2.2
	2.4	2.2	2.6	1.6
	2.0	1.8	2.5	1.5
	2.0	2.5	2.6	1.2
	2.5	2.6	2.4	2.1
	1.6	2.1	2.8	1.5
	2.1	2.0	2.7	1.5
	2.5	2.4	2.2	1.8
	2.4	2.1	2.4	2.0
	2.2	2.2	2.8	1.4
	2.5	1.7	2.4	1.8
	2.2	1.2	2.5	2.0
	2.2	1.9	2.2	1.8
	1.8	2.0	2.4	2.0
	2.4	2.4	2.3	2.2
	1.9	2.3	2.4	1.8
	2.6	2.4	2.5	2.3
	1.9	2.2	2.2	2.3
	2.3	2.1	2.6	2.0
	2.0	2.3	2.8	2.4
SX	56.4	54.4	60.9	46.5
n	25	25	25	25
$\overline{X}$	2.26	2.18	2.44	1.86
SX^2	129.24	120.94	150.35	88.87
$(SX)^2/n$	127.24	118.37	148.35	86.49
Sx^2	2.00	2.57	2.00	2.38
s^2	0.083	0.107	0.083	0.099
s	0.289	0.327	0.289	0.315
C	12.77%	15.00%	11.84%	16.94%

실제 예를 들어 지금까지 설명한 변이의 통계학적 분석방법을 설명하여 가축 개량에 자료로 제공하여 보면 표1과 같다.

부로일러 전용종 A, B, C, D 4 계통에 대하여 10주령말에 체중을 조사하고 이중 25수의 수탉 체중을 표1에 제시하고 통계처리(統計處理)를 해보면 다음과 같다.

① **평균치(平均値)** $=\overline{X}=\dfrac{SX}{n}$

SX는 X개체의 체중의 합산이다. 그러므로 A계통의 평균치는;

$$A계통\ X=\frac{2.1+2.7+2.5\cdots\cdots+2.3+2.0}{25}=2.26kg$$

25수의 개체 평균치를 조사해 보면 1.84kg에서 2.44kg에 이르기까지 여러 가지의 개체가 있는데 이를 개체의 변이의 정도를 다음 방법에 의하여 그의 균일도(均一度, Uniformity)를 조사해 보기로 한다.

② **범위(Range)**=최소치에서부터 최대치에 이르기까지의 차 또는 거리를 말한다.

A계통은 1.6~2.7kg=1.1kg
B계통은 1.2~2.7kg=1.5kg
C계통은 1.8~2.8kg=1.0kg
D계통은 1.2~2.4kg=1.2kg

범위로 보면 C 계통이 균일도가 제일 높고 B계통이 제일 고르지 못하다. 범위로 변이의 정도를 표시하는 것은 계산하기는 쉬우나 각 계통의 개체가 평균치를 중심으로 하여 얼마나 넓게 퍼져 있느냐 하는 분포(分布)의 폭(幅)은 나타내지 못한다. 그러므로 좀 더 정확한 변이의 정도를 표시하는 통계적 방법이 표준편차(標準偏差)이다.

③ **분산(分散)**

$$s^2=\frac{SX^2-\frac{(SX)^2}{n}}{n-1}$$

표준편차를 계산하려면 우선 분산을 계산하여야 하므로 분산의 공식을 제시하였다.

(a) $SX^2=(2.1)^2+(2.7)^2+(2.5)^2\cdots\cdots+(2.0)^2$
$=129.24$

주 SX^2는 A계통 25수의 수탉 한마리 한마리의 몸무게를 자승(自乘)하여 합한 것이다.

(b) $SX=2.1+2.7+2.5\cdots\cdots+2.0=56.4$

(c) $\frac{(SX)^2}{n}=\frac{(56.4)^2}{25}=127.24$

이 항목 $(SX)^2/n$을 교정항(校正項)이라고도 한다.

(d) $Sx^2=SX^2-\frac{(SX)^2}{n}$ 편차항(偏差項)이다.
$129.24-127.24=2.0$

(e) $s^2=\frac{Sx^2}{n-1}=\frac{2.0}{24}=0.0833\cdots$ ‥분산(分散)

④ **표준편차**

$$s=\sqrt{s^2} \text{ 또는 } s=\sqrt{\frac{SX^2-\frac{(SX)^2}{n}}{n-1}}$$

A $s=\sqrt{0.0833}=0.2886\text{kg}$

분산과 표준편차는 다같이 어떠한 계군의 어떤 형질의 변이의 정도를 표시하는 것으로서 보통은 표준편차로서 변이의 폭을 나타낸다. 표준편차는 실수(kg 와 같은 단위)를 나타내며 평균치를 중심으로 하여 얼마만큼 흩어져 있느냐를 나타내는 것이다. 그러므로 평균치와 함께 나타내는 것이 보통이다. 표준편차의 1단위는 평균치를 중심으로 하여 약 68%의 개체가 전후로 흩어져 있다는 것이다. 즉 A계통의 예를 들어보면 X=2.26 s=0.289로서 2.26±0.289로 표시하며 이 뜻은 25수의 수탉중 평균치 2.26kg을 중심으로 1.971kg(2.26−0.289)~2.549kg(2.26+0.289) 사이에 17마리가 들어 있다는 뜻이다.

지금 각 계통별로 평균치를 중심으로 한 표준편차를 보면 다음과 같다.

A계통	2.26±.289
B계통	2.18±.327
C계통	2.44±.289
D계통	1.86±.315

위 4가지 부로일러 계통중 가장 균일도가 높은 것은 범위에서도 지적한 바있는 C계통이 10주령시의 체중이 무거울 뿐만 아니라 개체의 차가 적고 균할한 성장율(成長率)을 나타내였다고 해석할 수 있는 것이다.

⑤ **변이계수(變異係數,** Coefficient of Variation)

$$C=\frac{s}{\bar{X}}$$

$$\text{A계통의 } C=\frac{.289}{2.26}\times100=12.77\%$$

변이계수는 어떤 형질에 있어서 조사된 변이도와 평균치와의 관계를 표시하는 것으로 변이의 정도를 평균치와 관련하여 백분율(%)로 나타낸 것이다. 대체로 표준편차는 평균치가 적으면 편차도 적다 평균치가 커지면 편차도 커지는 경향이 있어서 몸무게가 적은 것과 큰 것을 놓고 표준편차를 가지고 변이도를 직접 비교하는 것은 어려운 것이다. 그러므로 변이계수를 사용하여 비교하면 이런 경우 편리하다. 다음 4계통의 부로일러의 변이계수를 살펴보면 다음과 같다.

A계통	C=12.77%
B계통	C=15.00%
C계통	C=11.84%
D계통	C=16.94%

변이계수가 적은 계통은 역시 C계통이고 다음이 A계통으로서 병아리들이 균일하게 잘 성장되였다고 볼 수 있으며 반면에 B, D 계통은 15~17%로서 A, B 계통에 비하여 균일하지 못하다고 할 수 있을 것이다.

이상 기술한 바와 같이 변이의 정도를 나타내는 때는 여러가지 방법으로 표시할 수 있으나 가장 보편적인 변이로의 표시 방법은 평균치와 함께 표준편차로서 표시하며 변이계수도 아울러 표시하는 경우가 있다. 또한 부로일러와 같이 한번에 수천 수만 마리를 출하하는 방식의 양계업에 있어서는 몸무게나 성장도(成長度)가 균일하여 크고 적은 것이 없이 고르게 몸무게를 가지는 것이 상품의 가치를 향상시키는 데 중요한 요소가 되므로 부로일러 종계를 선택함에 있어서는 성장율이 빠른 계통을 취택함도 중요한 일이나 균일하게 성장하는 것도 또한 중요한 것이다.

(2) 유전력(遺傳力, Heritability)의 정의

어떠한 형질의 변이는 유전적원인과 환경적원

인 2가지가 합하여 나타난다고 (1)항에서 기술한 바 있다. 또한 닭의 개량에는 유전적 원인에 의한 변이만이 선발을 통하여 효과적으로 이용될 수 있다고 하였다. 그러므로 개량을 꾀하고저 할 때에는 어떤 형질의 변이가 어느 정도이며 변이를 나타내는데 유전적 요인과 환경적 요인이 각각 어느 정도인가를 알 필요가 있다. 이와같이 유전적 원리에 의하여 나타난 변이가 어느 정도인가를 알고자 할 때 유전적으로 표시하게 된다.

유전적이란 전체분산(全體分散) 중에서 유전분산(遺傳分散, Genetic Variance)이 차지하는 비율을 말한다. 따라서 유전분산을 σ^2h, 환경분산(環境分散, Environmental Variance)을 σ^2e라 하면 유전력은 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\text{유전력 } h^2=\frac{\sigma^2 h}{\sigma\, p}=\frac{\sigma^2 h}{\sigma^2 h+\sigma^2 e}$$

이때 σ^2p는 전체분산 또는 표현형분산(表現型分散, Phenotypic Variance)라고 한다. 전체분산 $\sigma^2 p=\sigma^2 h+\sigma^2 e$와 같다.

유전적원인에 의하여 생기는 유전분산에는 다음과 같이 3가지 부류로 나눌 수 있다.

① **가산적 유전분산**(加算的遺傳分散 σ^2A, Additive genetic variance),

이것은 어떤 형질에 관계하는 유전자가 가산적으로 작용한다는 것으로 예를들면 체중에 관계하는 유전자가 A. B. C 3개가 있는데, ABC로 되면 3이 되고, aBC 로 되면 2, abc 가 되면 1 이 되는 것과 같이 가산적인 작용을 하는 경우를 말한다.

② **우성분산**(優性分散, σ^2D, Dominance variance)

이것은 유전자 작용이 우성으로 작용하는 경우를 말하며 예를 들면;

AA=2 Aa=2 aa=0

또는 AA=2 Aa=3 aa=0 와 같이 AA 와 Aa 는 다같이 2의 작용을 함으로서 우성작용을 하며 AA=2 Aa=3 은 AB 가 초우성인 경우를 말한다.

③ **상위성분산**(上位性分散 σ^2I, Epistatic variance)

이것은 비대립 유전자간의 상위성작용을 하는 경우를 말하며 예를 들면 A 가 B 에 대하여 상위성 인자작용을 한다면 AB가 합하면 2가 될것이 A 의 상위성 작용으로 1 밖에 힘을 나타내지 못할 경우와 같다.

그러므로 선택으로 인하여 기대할 수 있는 유전분산의 효과는 ①번의 가산적유전분산 뿐이고 ②, ③번의 우성 또는 상위성유전분산은 선택으로 인한 효과는 기대하기 어려운 유전분산이다. 따라서 라―쉬(Lush, 1949)는 유전력을 좁은 의미의 유전력과 넓은 의미의 유전력으로 구분하여 다음과 같이 정의하고 좁은 의미의 유전력이 유효하다고 하였다.

$$\text{넓은 의미의 유전력 } h^2=\frac{\sigma h^2}{\sigma^2 p}=\frac{\sigma^2 A+\sigma^2 D+\sigma^2 I}{\sigma^2 p}$$

$$\text{좁은 의미의 유전력 } h^2=\frac{\sigma^2 A}{\sigma^2 p}$$

즉 좁은 의미의 유전력은 전체분산 중에서 가산적유전분산(σ^2A)이 차지하는 비율을 말한다. 그러므로 좁은 의미의 유전력은 넓은 의미의 유전력보다 적은 숫자를 나타내게 된다.

유전력이 취하는 값의 범위는 0~1.0까지이며 이것을 %로 표시하면 0~100%까지 된다. 유전분산(σ^2h)과 환경분산(σ^2e)은 모두 0 또는 프러스(+)의 값을 가진다. 따라서 만일 σ^2h가 0이고 σ^2e가 프러스의 값을 가진다면 전체분산(σ^2p)은 전부 환경분산으로 이루어진 것이기 때문에 유전력은 0이 된다. 이와 반대인 경우는 유전력은 1이 되며 선택의 효과는 100%가 된다는 뜻이다.

일반적으로 유전력의 정도를 표시하는데는 다음과 같이 3가지로 분류한다.

저도유전력(低度)=20% 이하
중도유전력(中度)=20~40%
고도유전력(高度)=40% 이상

즉 어느 형질의 유전력이 낮다고 하는것은 그 형질에 있어서 볼 수 있는 개체간의 차이가 대부분 환경적 원인에 의하여 나타났다는 것을 의미한다. 반면에 어느 형질의 유전력이 높다고 하는 것은 그 형질에서 볼 수 있는 개체간의 차이가 대부분 개체가 가지는 유전자의 차이에 의하여 나타났다는 것을 의미한다. 유전력이 비교적 높은 형질의 예로는 난중(卵重)이나 체중등을 들 수 있고 유전력이 낮은 형질의 예로는 산란율(產卵率) 부화율(孵化率)과 같은 것이다.

유전력은 집단을 이루고 있는 어느 계군(鷄群)에 있어서의 어떠한 형질에 대한 개체간의 차이의 개념인 것이지 한마리의 닭에 대한 차이나 개체에 대한 개념은 아니다.

(3) 유전력의 추정방법(推定方法)

일반적으로 유전력이 높은 형질은 낮은 형질에 비하여 혈연관계(血緣關係)가 가까운 친척들간에 서로 닮는 경향이 크다. 따라서 각종 친척들 사이에 닮은 정도(類似度)를 근거로 하여 가축 형질의 유전력을 계산할 수 있다.

유전력의 추정방법 또는 계산방법에는 여러가지가 있으나 닭에서 많이 쓰이는 방법에 대하여 설명하면 다음과 같다.

(가) 모낭(母娘)간의 회귀계수(回歸係數)에 의한 추방법정

이 방법은 모친(母親)과 딸자식(娘鷄)간의 상관(相關) 또는 동일 수탉에 교배된 암탉에 의하여 생산된 딸자식이 그의 모친에 대한 회귀계수를 구하고 이 계수를 2배 해주므로서 추정치를 얻을 수 있다.

지금 수탉 A에 교배된 암탉들의 능력을 X로 하고 여기에서 생산된 딸자식들의 능력을 Y로 한다면 그의 회귀계수는 :

$$b=\frac{SXY}{Sx^2}=\frac{\Sigma(X-\overline{X}(Y-\overline{Y})}{\Sigma(X-\overline{X})^2}$$

즉 회귀계수를 b라 하면 유전력은;

$h^2=2b$로 되여 2배의 회귀계수가 유전력이 된다.

실예를 들어 유전력 추정방법을 계산하여 보면 다음 표 2, 3과 같다. 표 2와 3은 수탉 5수에 교배된 암탉의 산란수와 각 암탉에서 생긴 딸자식의 산란능력을 평균하여 산란수로 표시한 것이다.

표 2 생존계의 산란기록

수탉번호	암탉의 산란수	딸의 평균 산란수
1. N589	299	257
	306	282
	305	221
	275	204
	288	247
2. N3687	301	268
	299	221
	305	264
	316	285
	305	217
	264	256
3. N1776	278	246
	320	255
	326	212
	332	234
4. N867	276	278
	322	274
	270	271
	282	227
	295	285
	321	265
	265	281
	318	270
5. N2501	334	298
	321	261
	302	291
	280	285
	311	240
	314	274
	301	270
	294	290

표 3 수탉가계별로 본 생존계의 산란성적분석

수 탉 가 계=	1	2	3	4	5	계
n	= 5	6	4	8	8	31
SX	= 1,473	1,790	1,256	2,349	2,457	9,325
SX^2	=434,631.0	535,604.0	396,184.0	693,699.0	756,555.0	2,816,673.0
$(SX)^2/n$	=433,945.8	534,016.6	394,384.0	689,725.1	754,606.1	2,806,677.6
Sx^2	= 685.2	1,587.4	1,800.0	3,973.9	1,948.9	9,995.4
SY	= 1,211.0	1,511	947	2,151	2,209	8,029
SXY	=357,776.0	451,096.0	296,788.0	631,605.0	678,201.0	2,415,466.0
(SX) (SY)/n	=356,760.6	450,781.6	297,358.0	631,587.3	678,439.1	2,414,926.6
Sxy	= 1,015.4	314.4	570.0	17.7	−238.1	539.4*

합계 $Sx^2=9995.4$ 회귀계수 $b=\frac{1679.4}{9995.4}=0.168$

합계 $Sxy=1679.4$ 유전력 $h^2=2b=2\times0.168=0.336\times100=33.6\%$

계산방법을 순서대로 소개하면;

(a) 산란성적을 수탉가계 별로 분류 정리하고

(b) SX^2=암탉의 산란수를 자승하여 합계한다

$(299)^2+(306)^2+\cdots\cdots+(275)^2+(288)^2=434,631$

(c) SX=암탉의 산란수를 합계한다.

$299+306+\cdots\cdots+275+288=1,473$

(d) $(SX)^2/n=(1473)^2/5=433,945.8$

(e) $SX^2-(SX)^2/n=434,631-433,945.8=685.2$

$\therefore Sx^2=685.2$

(f) SY=딸자식의 산란기록을 합계한다.

$SY=257+282+\cdots\cdots+247=1211$

(g) SXY=각 암탉의 산란수와 그 암탉에서 생산된 딸의 산란수를 승하여 합계한다.

$(299\times257)+\cdots\cdots+(288\times247)=357,776$

(h) (SX)(SY)/n=암탉의 산란수의 합계와 딸자식들의 산란수의 합계를 승하여 암탉수로 나눈다. $(1473\times1211)/5=356,760.6$

(i) $Sxy=357,776.0-356,760.6=1,015.4$

(j) Sx^2와 Sxy는 각 수탉별로 계산된 것을 합계하면 된다. 그리고 회귀계수를 산출하려면;

$$b=\frac{Sxy}{Sx^2}=\frac{1679.4}{9995.4}=0.168$$

$$h^2=2b=2\times0.168=0.336\times100=33.6\%$$

즉 생존계 산란능력의 유전력은 약 33.6%가 된다.

(b) 분산분석(分散分析)에 의한 방법

분산분석에 의한 방법에는 반형매(半兄妹, half-sibs)간의 유사도에 근거하여 유전력을 구하는 방법과 전형매(全兄妹, full-sibs)간의 유사도에 근거하여 구하는 방법이 있다.

예를 들면 s마리의 수탉이 있을 때 이들 각수탉에 각기 d마리씩의 암탉을 교배시켰다고 하고 여기에서 생산된 자손의 수를 k라고 한다면 표 4에서 보는 바와같이 개개의 자손에 대하여 측정한 형질의 추정치에 대하여 분산분석을 할 수 있다.

표 4의 분산의 이론치 중에서 σ^2s는 부친의 분산성분이고 σ^2d는 모친의 분산성분이며 σ^2w는 자손의 분산성분이다.

어떤 계군내에서 자유교배(Random mating)를 시켰을 경우 이들 분산성분은 각각 별표와 같은 구성분으로 이루어진다.

표 4 분 산 분 석

요 인	자유도	분산	분산의 이론치
부계간(父鷄間)	s−1	A	$\sigma^2w+k\sigma^2d+dk\sigma^2s$ (E+nD+nkM)
동일수탉에 교배된 암탉간(母鷄間)	s(d−1)	B	$\sigma^2w+k\sigma^2d$ (E+nD)
형매간(兄妹間)	sd(k−1)	C	σ^2w (E)

E=전자매간 분산

E+D=반자매간 분산

E+D+M=자매의 혈연이 없는 것 사이의 분산

단 $$A=\left(\frac{\sum_i X_{i\cdot\cdot}^2}{dk}-\frac{(X\ldots)^2}{dsk}\right)\div(s-1)$$

$$B=\left(\frac{\sum_{ij} X_{ij\cdot}^2}{k}-\frac{\sum_i X_{i\cdot\cdot}^2}{dk}\right)\div[s(d-1)]$$

$$C=\left(\sum_{ijk}X_{ijk}^2-\frac{\sum_{ij}X_{ij\cdot}^2}{k}\right)\div[sd(k-1)]$$

* $\sigma^2s=\frac{1}{4}\sigma^2A$

$\sigma^2d=\frac{1}{4}\sigma^2A+\frac{1}{4}\sigma^2D+\sigma^2Ec$

$\sigma^2d=\frac{1}{2}\sigma^2A+\frac{3}{4}\sigma^2D+\sigma^2Ew$

$\sigma^2p=\sigma^2s+\sigma^2d+\sigma^2w$

여기서 σ^2Ec는 전형매의 유사도를 증가시키는 환경분산으로 모체효과(母體效果)에 의한 분산이 일반적으로 σ^2E_c의 주요 부분을 이루고 있다. σ^2E_w는 σ^2E_c 이외의 환경분산을 말한다. 따라서 자유교배에 의하여 자손이 생산되였다면 다음과 같이 3가지 방법에 의하여 유전력을 추정할 수 있다.

(a) 부친의 분산분석으로부터의 유전력 계산;

$$h^2=\frac{4\sigma^2s}{\sigma^2w+\sigma^2d+\sigma^2s}$$

(b) 모친의 분산분석으로부터의 유전력 계산;

$$h^2=\frac{4\sigma^2d}{\sigma^2w+\sigma^2d+\sigma^2s}$$

(c) 부모 양자의 분산분석으로부터의 유전력 계산;

$$h^2=\frac{2(\sigma^2s+\sigma^2d)}{\sigma^2w+\sigma^2d+\sigma^2s}$$

위의 (a)와 (b)는 반형매간의 유사도에 근거한 방법이고 (c)는 전형매간의 유사도에 근거한 방법이다.

분산분석 방법에 의한 유전력 추정방법을 실제 예를 들어 설명하기로 한다. 부로일러계종인 A 품종의 8주시 수평아리 체중을 수탉(父鷄)과 암탉(母鷄)에 따라 분류 정리한 성적을 표 5에 제시하였다. 수탉 번호는 7, 8, 12, 15, 17, 18, 20으로 7마리를 사용하였으며 암탉은 각수탉 한마리

표 5 수탉과 암탉에 따른 부로일러의 8주시 체중

수 탉	암 탉	자손의 체중						
		1	2	3	4	계	평균	개체수
7	1	1.65	1.55	1.35	1.60	6.15	1.54	4
	2	1.45	1.75	1.65	1.55	6.40	1.60	4
	3	1.65	1.55	1.75	1.40	6.35	1.59	4
					SM_1 계	18.90	1.58	12
8	4	1.45	1.65	1.50	1.45	6.05	1.51	4
	5	1.85	1.80	1.75	1.70	7.10	1.78	4
	6	1.50	1.35	1.05	1.25	5.15	1.29	4
					SM_2 계	18.30	1.53	12
12	7	1.25	1.35	1.25	1.50	5.35	1.34	4
	8	1.25	1.25	1.35	1.30	5.15	1.29	4
	9	1.20	1.35	1.20	1.55	5.30	1.33	4
					SM_3 계	15.80	1.32	12
15	10	1.45	1.40	1.55	1.30	5.70	1.43	4
	11	1.55	1.15	1.40	1.65	5.75	1.44	4
	12	1.55	1.85	1.45	1.60	6.45	1.61	4
					SM_4 계	17.90	1.49	12
17	13	1.35	1.20	1.35	1.55	5.45	1.36	4
	14	1.55	1.30	1.45	1.40	5.70	1.43	4
	15	1.55	1.35	.85	1.45	5.20	1.30	4
					SM_5 계	16.35	1.36	12
18	16	1.60	1.25	1.40	1.55	5.80	1.45	4
	17	1.25	1.20	1.45	1.35	5.25	1.31	4
	18	1.45	1.55	1.40	1.65	6.05	1.51	4
					SM_6 계	17.10	1.43	12
20	19	1.75	1.75	1.20	1.75	6.50	1.63	4
	20	1.40	1.75	1.85	1.65	6.65	1.66	4
	21	1.90	1.85	2.00	1.30	7.05	1.76	4
					SM_7 계	20.20	1.68	12
					합 계	124.55	1.48	84

에 3마리씩을 교배시켰고 여기에서 생산된 수평아리 4마리씩을 무작이추출(無作意抽出)하여 체중을 기록하였다.

㉠ **전체분산의 계산;**

① $SX^2=(1.65)^2+(1.55)^2+\cdots\cdots+(2.00)^2+(1.30)^2=188.3975$

② $\dfrac{(SX)^2}{n}=\dfrac{(124.55)^2}{84}=184.6750$

③ 분산; $SX^2-\dfrac{(SX)^2}{n}=188.3975-184.6750=3.7225$

㉡ **부친간 분산**

$$A=\frac{(SM_1)^2+(SM_2)^2+\cdots\cdots+(SM_7)^2}{n(\text{수탉가계의 자손수})}-\frac{(SX)^2}{n}$$

$$\frac{(18.90)^2+(18.30)^2+\cdots\cdots+(20.20)^2}{12}=185.8268$$

185.8268－㉠의 ②항 184.6750＝1.1518

㉢ **모계간 분산**

$$B=\frac{(SD_1)^2+(SD_2)^2+\cdots\cdots+(SD_{21})^2}{\text{모계가계내의 자손수}}-\frac{(SX)^3}{n}$$

$$\frac{(6.15)^2+(6.40)^2+\cdots\cdots+(7.05)^2}{4}=186.5606$$

186.5606－184.6750＝0.7338

㉣ **전형매간 분산**＝C＝㉠－㉡－㉢

3.7225－(1.1518＋0.7338)＝1.8369

표 6 분 산 분 석

요 인	자유도	편 차	분 산
전 체	83	3.7225	
부 계 간	6	1.1518	0.1920(1.1518÷6)
동일수탉에 교배된 암탉간	14	0.7338	0.0524(0.7338÷14)
형 매 간	60	1.8369	0.0292(1.8369÷60)

분산의 구성요소를 살펴 보면

단 $\sigma^2 w$, (E)=0.0292……전자매간 분산

$$\sigma^2 d,\ (D)=\frac{0.0524-0.0292}{4}$$

=0.00580……모계간 분산

$$\sigma^2 s,\ (M)=\frac{0.1920-0.0524}{12}$$

=0.01163……부계간 분산

유전력의 계산

① 부친의 분산 성분으로부터

$$h^2_M=\frac{4\sigma^2 s}{\sigma^2 w+\sigma^2 d+\sigma^2 s} \text{ 또는 } \frac{M}{E+D+M}$$

$$\frac{4(0.01163)}{0.04663}=0.9976$$

0.04663=(0.0292+0.00580+0.01163)

② 모친의 분산 성분으로부터

$$h^2_D=\frac{4\sigma^2 d}{\sigma^2 w+\sigma^2 d+\sigma^2 s}=\frac{4(0.00580)}{0.04663}=0.4975$$

③ 부모 양자의 분산성분으로부터

$$h^2_{(D+M)}=\frac{2(\sigma^2 s+\sigma^2 d)}{\sigma^2 w+\sigma^2 d+\sigma^2 s}=\frac{2(0.01743)}{0.04663}=0.7476$$

위에서 계산한 유전력을 보면 부로일러품종에 있어서 8주시 성장율에 관한 형질의 유전력은 부친의 분산에서 얻어진 것이 0.9976으로서 거의 100%에 가까우며 다음이 부모 양자로 부터 계산한 것이 0.7476으로 약 75%이고 모계로 부터 구한 것은 제일 낮아서 0.4975로 약 50%이다. 이와같이 유전력 계산에 있어서 동일 품종의 동일 계군의 성적을 갖이고 계산한다해도 부계, 모계중 어느 가계를 가지고 유전력을 구하느냐에 따라 계산치가 다르다. 보통의 경우 유전력 계산은 부친의 분산 성분으로부터 유전력을 구하여 사용되고 있으며 양친의 분산 성분으로 구한 것은 부계, 모계의 분산의 중간치를 취하게 된다.

(4) 각 형질의 유전력

지금까지 연구 보고된 닭에 있어서의 각 형질에 대한 유전력을 취합 평균하여 형질별 유전력을 소개하여 보면 다음과 같다.

닭에 있어서 주요형질의 유전력

형 질	유 전 력
체 중	
4주령시	0.43~0.45
6 〃	0.30~0.53
8 〃	0.38~0.50
10 〃	0.43~0.54
12 〃	0.40~0.41
24 〃	0.51~0.56
성숙시체중 난 용 종	0.56
성숙시체중 겸 용 종	0.56
증 체 율(4~10주령시)	0.53
사료소비량(4~10 〃)	0.70
사 료 효 율(4~10 〃)	0.27
우 성(8~10 〃)	0.30
가 슴 넓 이(8~12주령시)	0.21
흉 각(〃 〃)	0.42~0.44
흉 심(10 〃)	0.45
흉골길이(8~12 〃)	0.48
정갱이길이(9~10 〃)	0.46
도 체 율(부로일러)	0.32~0.41
정갱이색갈(8주령시)	0.37
산란능력	
생존계산란율	
단기검정(초산후 3~4월간)	0.26
중기검정(〃 5~6 〃)	0.23
장기검정(500일령)	0.27
산란지수	
단기검정	0.24
장기검정	0.22
산란강도	
단기검정(단기검정 1월까지)	0.18
장기검정(장기간 500일령까지)	0.31
동 계 간	0.47
조 숙 성	
난 용 종	0.42
겸용종 및 육용종	0.32
초기난중	
난 용 종	0.45
겸용종 및 육용종	0.67
성숙시난중	

난 용 종	0.49
겸용종 및 육용종	0.58
혈 반	0.26
알 비 중	0.32
난각두께	0.38
난 형	0.41
난 각 색	0.45
난 질	0.37
기타형질	
수 정 율	0.08
부화율(수정란에 대한)	0.06
폐 사 율	
육추시(0~6주)	0.04
육성시(11~초산시)	0.07
산 란 시	0.08
정 력 도	0.33
생 존 율	0.10~0.12

(5) 유전력의 응용방법

유전력이 닭 개량에 있어서 어떠한 면에서 이용되며 중요성을 가지느냐에 대하여 기술하여 보면;

① 유전력을 알므로서 합리적인 선택방법(選擇方法)을 수립할 수 있다. 즉 유전력이 낮은 형질은 환경에 의한 변이가 크기 때문에 그 형질의 능력의 표현이 유전적인 것보다 환경적인 것이 더 크므로 인하여 밖으로 나타난 능력의 표현치(表現値)만으로 선택하는 개체선택(個體選擇) 방법은 별 효과가 없고 이런 경우에는 가계선택법(家計選擇法)이나 후대검정법(後代檢定法)에 의한 선택방법이 효과적이다. 반대로 유전력이 높은 형질은 표현변이가 곧 유전변이에 의한 변이가 될 수 있으므로 개체의 능력조사치만으로 개체번택법을 적용하여도 효과적이기 때문에 복잡하고 오랜 시일이 걸리는 가계선택법이나 후대 검정법에 비하여 유리하다.

유전력과 선택방법의 관계를 표시하여 보면 다음과 같다.

○ 고도의 유전력은 개체선택법이 효과적이다.
형질로는 : 체중, 난중, 성장율 등

○ 중도의 유전력에 대하여는 개체선택법과 가계선택법을 병행하는 것이 효과적이다.
형질로는 : 난질(卵質), 우모발생 속도, 정갱이 길이, 체형 등

○ 저도의 유전력을 가지는 형질에 대하여는 가계선택법과 후대검정법을 병용하는 것이 효과적이다.
형질로는 : 산란능력, 성성숙, 부화율, 생존율, 수정율, 항병성 등

② 유전력을 알므로서 다음 세대의 개량도를 추정할 수 있다.

예를들면 부로일러의 어떤 품종의 8주령시 체중이 1,500g 인데 이중에서 다음 세대를 위하여 종계로 선택된 닭의 평균체중은 2,000g 라고 한다면 선택된 종계로부터 생산된 다음 대(代)의 평균체중은 얼마가 될 것인가를 추산하는데 유전력이 중요한 역활을 한다.

유전적 기대 기량량은 다음 공식에 의하여 계산된다.

$$\triangle G = \frac{h^2S}{G}$$

단 $\triangle G$=다음 대의 유전적 개량량(改良量), S=선발차(選拔差). 이것은 선택된 닭의 능력과 모집단의 능력의 차, h^2는 유전력, G는 1세대의 간격.

위의 예에서 계산하여 보면;

$h^2 = 0.44$ 또는 44%

$S = 2,000g - 1,500g = 500g$

$G = 1$ 세대 간격은 1년

따라서

$$\triangle G = \frac{0.44 \times 500g}{1} = 220g$$

그러므로 다음대의 유전적 개량량은 220g이므로 다음 대의 계군집단의 평균체중은 1,500g+220g=1,720 이 된다.