

環境溫度가 産卵鷄의 에너지代謝에 미치는 影響

李榮哲

江原大學校 農科大學
(1987. 8. 10 接受)

Effect of Environmental Temperatures on Energy Metabolism of Laying Hen

Yong Chull Rhee

College of Agriculture Kangwon Natl. Univ.
(Received August 10, 1987)

SUMMARY

The respiratory experiment was made on laying hen fed acclimated to three temperatures of 10, 20, and 30°C.

1. The FHP of laying hen decreased with increasing room temperature.
2. The feed intake and heat production(HP) all decreased with increasing temperature. However, the highest energy retention was found with optimum temperature(20°C).
3. The MEm's were 128, 110, and 110Kcal/Kg 0.75 for the 10, 20, and 30°C of room temperature. The NAME's were 64, 78, and 69 percent for the respective room temperature. The results indicated that the highest NAME was obtained with optimum temperature(20°C).
4. Although there was no significant difference in the nitrogen retention(NR) at different temperatures, the NR was maximum at the optimum temperature(20°C).
5. The experimental results suggest that in the zone of thermal neutrality under cooler and hotter conditions heat loss is more dependent on the environmental temperature.

I. 緒 論

環境溫度가 닭의 에너지代謝에 관계하는 사실은 비교적 많이 연구되고 있다. 닭은 恒溫動物이며 따라서 항상 自體 體溫을 유지하기 위해 熱生產을 必要로하게 된다. 이 熱生產은 快適溫度帶(thermo neutral zone)에서 가장 낮고 快適溫度 以下 또는 以上の溫度일때는 化學的體溫調節때문에 熱生產은 增加한다 (Smith 와 Harris, 1971).

成雞의 경우 快適溫도의 下限臨界溫度는 16.5 ~ 20 °C로 上限臨界溫度는 26 °C ~ 34 °C로 報告되고 있다 (Romjin 와 Lokhorst, 1966). 그러나 실제 닭의 快適溫度는 닭品種, 年令, 飼料攝取量, 케이지 位置 등 여러가지 要因에 따라 變化한다 (Emmans,

1974). 또 특히 上限臨界溫度는 실제로는 存在하지 않으며 닭이 適應하는 溫度에 따라 變化한다 또는, 一般的으로 생각했던것보다 좁은 溫度範圍라는 意見이 있다. (Barrott 와 Pringle, 1946; O'Neill 등 1971) 그러나 環境溫度에 關聯하여 가장 重要的 營養作用은 環境溫度가 實質的으로 닭의 基礎代謝와 더불어 飼料攝取量에 影響하는 사실이다. 環境溫度가 상승함에 따라 닭의 基礎代謝量 및 飼料攝取量은 감소한다. 반대로 氣溫이 떨어짐에 따라 基礎代謝量 및 飼料攝取量은 增加한다 (Davis 등, 1973, 1972 ; O'Neill 등, 1971; Farrell 와 Swain, 1977 ; Emmans, 1974).

따라서 適溫일때의 飼料攝取量에 基準하여 配合한 飼料는 高溫이되면 營養素攝取量이 감소하기 때문에 닭의 成長, 産卵率, 卵重 등 生産能力이 떨어지게 된다.

다 (Payne, 1966).

또한 環境溫度는 닭의 維持時 ME要求量 (MEM)이나 ME利用效率 (NAME)에도 크게 影響하는 것이 보고되고 있다. O'Neill 등 (1971)은 室溫을 15°C에서 34°C까지 上昇시킬 경우 成雞의 MEM은 99kcal부터 64kcal로 감소하며 이때 NAME는 74%에서 76%로 向上한다고 보고하고 있다. 그러나 Farrell과 Swain(1977)은 環境溫度 2°C에서 35°C까지 上昇시킬 경우 부로일러의 MEM은 점차 增加하며 이때의 NAME는 87%에서 45%로 감소한다고 보고하고 있다. 이들 두 報告는 비록 供試雞의 條件이 다르다 하더라도 環境溫度에 대한 反應이 相反하고 있는 興味있는 사실이다.

따라서 本 試驗은 呼吸代謝裝置를 利用하여 일반적인 飼養條件이라 생각되는 10°C~30°C의 環境溫度에서 닭의 에너지代謝를 比較測定하였다.

II. 材料 및 方法

1. 供試動物

供試動物은 거의 產卵中期에 있는 SCWLSI 首를 사용하였다. 이 닭은 마니育種農場에서 부화한 初生雞를 江原大學校 實驗動物飼育場에서 育成飼育한 200首의 후보계 중에서 선발한 것이다.

2. 試驗期間

1985年 2月 20日에서 8月 6日까지의 約 24주간 呼吸代謝試驗을 실시하였다.

Table 1. Feed formula of experimental diets

Ingredients	%
Yellow corn	68.1
Wheat bran	3.0
Defatted rice bran	1.5
Soybean oil meal	6.7
Fish meal (54%)	11.0
Soybean oil	-
Limestone flour	7.2
Dicalciumphosphate	1.5
Vitamins & minerals mixture	0.7
Salt	0.3
Total	100.0
Nutrients content analyzed:	
ME kcal/kg	2859
Crude protein	15.2

3. 供試飼料

供試飼料는 Table 1에 제시한 바와 같이 NRC표준(1977)을 기준으로 ME 2850kcal 조단백질 15%가 되도록 飼料를 배합 各 試驗區에 同一飼料를 급여하였다.

4. 環境溫度

呼吸室內溫度는 自動溫度調節裝置에 의하여 24시간중 각각 10, 20, 30°C의 一定溫度를 維持토록 하였다. 동시에 室內濕度는 다같이 65 ± 5%로 調節하였다. 또 公시계를 呼吸室에 넣기까지 豫備飼育室도 環境溫度를 加能한 限 呼吸室의 實驗條件과 同一하게 되도록 加溫하였다. 즉 公시계는 呼吸試驗에 넣기前 적어도 3주간은 각각 10 ± 5°C, 20 ± 5°C, 30 ± 5°C의 環境溫度에서 飼育토록 하였다.

5. 呼吸代謝試驗

開放式呼吸代謝試驗裝置 2台를 사용하되 1台當-公시계 3首를 수용하였다. 呼吸代謝測定은 各 試驗溫度에서 維持時 飼料區, 無制限飼料區, 絶食區의 順으로 各 4日間 실시하였다. 그밖의 測定方法은 本人의 報告(家禽學會誌 vol. 13.No.1 1986)와 같은 方法을 사용하였다.

III. 結 果

1. 絶食時 熱 發生量

環境溫度 10, 20, 30°C 條件下에서 산란계의 絶食時 熱 發生量(FHP)인 Table 2와 같다.

즉 室溫이 10, 20, 30°C로 상승함에 따라 FHP는 代謝體重當 平均 89kcal, 68kcal, 52kcal로 有意的으로 감소하였다. 本 試驗에서 適溫으로 생각되는 20°C를 基準으로 할 때 FHP는 각각 131%, 100%, 76%가 되었으며 室溫이 높아짐에 따라 FHP는 감소하였으며 반대로 室溫이 떨어짐에 따라 增加하는 傾向을 보였다.

한편 環境溫度와 다른 조건하에서 飼料를 급여 할 때 산란계의 에너지代謝 測定結果는 Table 3과 같다.

飼料攝取量은 室溫間에 高度의 有意性이 인정되었다. 즉 室溫이 10, 20, 30°C로 상승함에 따라 飼料攝取量은 平均 108.5, 100.5, 78.5g/Hen/Day로 감소하는 傾向을 보이며 특히 10°C에서 飼料攝取量은 현저히 增加하는 傾向을 나타냈다. 결국 飼料攝取量은 低溫일때 增加하고 高溫일때는 감소하는

Table 2. Fasting heat production of White Leghorn hen on the different dietary energy levels under the various environmental temperatures

Temperature	M.E. level Kcal/kg	Body Wt/W 0.75 kg	CO ₂ 1/STP	O ₂ 1/STP	R.Q.	H.P. Kcal/day	H.P./W 0.75 Kcal/day
10°C	2850	1.141	16.0	21.4	0.74	101.9	89 ^a
20°C	2850	1.279	14.0	18.1	0.77	87.0	68 ^{bc}
30°C	2850	1.148	9.1	12.7	0.72	59.8	52 ^d

* Values within a same column having different superscripts are significantly different (P < 0.01)

Table 3. Average values of energy and nitrogen balance during calorimetric study at different temperatures levels

Temperature	ME level	Feeding level	Feed intake (g/Hen/day)	ME intake (Kcal/kg 0.75/D)	RQ	HP	HI	ER	Nitrogen intake	Nitrogen balance (g/kg 0.75/D)	Nitrogen retention (%)	Egg energy (Kcal)
10°C	2850	100	108.5	228	0.85	163	74	64	1.98	0.75	38	65
		50	48.3	112	0.69	123	34	-12	0.92	-0.32	-34	71
20°C	2850	100	100.5	203	0.88	130	63	72	1.77	0.70	40	67
		50	46.6	97	0.74	120	51	-23	0.83	-0.27	-33	64
30°C	2850	100	78.5	161	0.98	120	63	41	1.40	0.53	38	51
		50	38.3	87	0.87	88	36	-1	0.75	-0.15	-7	39

현상을 보였다.

또한 代謝體重當 ME攝取量에 있어서도 環境溫度가 상승함에 따라 228, 203, 161kcal로 점차 감소하여 당연히 飼料攝取量과 같은 傾向을 보이고 있다.

代謝體重當 熱發生量 (HP)에 있어서 室溫에 따른 變化는 有意적으로 影響되었다. 즉 室溫이 增加함에 따라 HP는 平均 163, 130, 120kcal/kg 0.75/Hen/Day로 감소하여 100, 79.8, 73.6%의 比率을 보이고 있다. 여기에서 HP는 닭의 維持時 및 生産을 위해 損失된 에너지요구량을 표시하는 것이며 따라서 HP에 關係한다고 생각되는 要因은 많다. 그러나 本 試驗에서 主로 室溫이 낮아짐에 따라 體溫維持를 위해 HP이 增加하고 있다. 따라서 熱量增加 (HI)은 10, 20, 30°C로 氣溫上昇에 따라 74, 63, 68kcal를 보였으며 또한 에너지蓄積 (ER)에 있어서도 64, 72, 42 kcal/kg 0.75/Hen/Day로 適溫에서 HI은 가장 낮은 반면 ER은 가장 높은 결과가 되고 있다.

本 試驗에서 얻은 測定值로부터 ME攝取量과 ER과의 回歸式 그리고 여기에서 算出한 維持를 위한 ME要求量 (MEM)과 ME의 正味利用效率 (NAME)을 표시하면 Table 4와 같다.

Table 4. Efficiency of ME utilization and ME requirement for maintenance

Treatment	Feeding regime	Regression equation	R	M.E. for maintenance kcal/kg 0.75	NAME %
10°C	2850	Y=0.64X-82	0.99	128	64 ^a
20°C	2850	Y=0.78X-86	0.99	110	78 ^c
30°C	2850	Y=0.69X-69	0.99	110	69 ^{ab}

*XX stands for ME intake/W^{0.75}, and Y for energy retention/W^{0.75}

** NAME stands for net availability of metabolizable energy.

*** Values within a same column having the different superscripts are significantly different (P < 0.01)

이들 回歸式은 各各 有意성이 인정되었으며 (P < 0.05) 또 各 回歸係數間에는 10°C區와 20°C 및 30°C區間 有意성이 인정되었다. (P < 0.05)

MEM성적을 보면 全體로서 代謝體重當 110~128 Kcal의 비교적 좁은 範圍를 나타내고 있다. 또 室溫 10, 20, 30°C에 있어 MEM은 各各 128, 110, 110 Kcal로 나타나 低溫에서 비교적 높은 MEM值를 보이는 대신 高溫에서는 適溫과의 차이가 없다. 또한

NAME에 있어서 室溫이 適溫(20℃)인 경우 78%로 가장 높은 반면 高溫(30℃) 69% 低溫(10℃) 64%의 順으로 NAME가 떨어지고 있다.

한편 本 試驗에서 測定한 N出納(NB) 및 N蓄積率(NR)은 Table 3과 같다.

即 室溫 10, 20, 30℃에 있어서 NB는 각각 0.75, 0.70, 0.53g/kg 0.75/Day이며 NR은 각각 38, 40, 38%이다. NB는 高溫일때 현저히 감소하고 있으며 또한 NR은 室溫間에 有意差는 없으나 適溫에 비하여 低溫區와 高溫區가 약간 떨어지는 傾向을 보이고 있다.

IV. 考 察

本 試驗에 있어서 產卵雞의 絶食時熱生産量(FHP)은 室溫이 10, 20, 30℃로 上昇함에 따라 감소하며 각각 89, 68, 52Kcal/W0.75/Day로 나타났다. 即 氣溫이 상승할때 FHP는 감소하였으며 반대로 氣溫이 低下함에 따라 增加하였다. 닭은 恒溫動物이며 따라서 熱的中圈에 있어서 體溫과 FHP는 最小가 된다며 이때 닭은 物理的調節作用만으로 體溫을 調節한다. 그러나 熱的中性圈以下 또는 以上の 조건에서는 體溫維持를 위해 化學的調節作用이 必要하게 되며 따라서 이 경우 熱損失量도 增加한다.

產卵雞의 低溫臨界溫度는 16.5~20.0℃로 報告되고 있다(Romjin 과 Lokhorst, 1966; Arieli 등, 1979; MacLeod 등, 1980) 그러나 高位臨界溫度는 반드시 明白히 되었지 않고 研究者에 따라 28℃(King 과 Farmer, 1964) 27.5℃(Arieli 등, 1980) 또는 34℃(Romjin 과 Lorhorst, 1966) 등 다른 意見이 報告되고 있다. 本 試驗에서는 環境溫度 10~30℃의 範圍에서 室溫이 上昇함에 따라 FHP는 계속 감소하는 현상을 보이고 있으며 따라서 FHP가 最小가 되는 熱的中性圈의 上位臨界溫度는 本 試驗의 溫度範圍만으로 分明히 할 수 없다. 그러나 本 試驗의 30℃에 있어서도 FHP가 계속 감소하고 있는 사실은 30℃가 上位臨界溫度範圍內에 있을 可能性(Romjin 과 Lorhorst, 1966)을 생각할 수 있다. 또한 닭은 環境溫度에 쉽게 適應하기 때문에 上位臨界溫度는 사실상 없으며 닭이 適應하는 環境溫度에 따라 달라지는 可能性(O'Neill 등, 1971; Arieli 등, 1980)도 배제할 수 없다. Shannon 과 Brown(1968, 1970)은 產卵雞의 FHP를 測定하여 28℃까지 계속 감소하는 成績을 얻은 바 있다. 또한 O'

Neill 등(1971), MacLeod 등(1980)도 脫毛雞 또는 七面鳥에 있어서 20~40℃ 溫度範圍에서 FHP를 測定한 결과 FHP가 溫度上昇과 더불어 점차 감소하는 사실을 報告하고 있다.

다음 無制限給餌時의 成績에 있어서 ME攝取量은 室溫 10, 20, 30℃로 할때 각각 228, 203, 161kcal가 되어 室溫上昇과 더불어 점차 감소하는 傾向을 보이고 있거니와 이 현상은 지금까지의 報告와 一致하는 것이다(Cowan 과 Michie, 1980, 1978; Meltzer 등, 1982; Van Es 등, 1973).

또한 에너지蓄積量(ER)成績을 보면 室溫이 10, 20, 30℃에 있어서 각각 64, 72, 41Kcal가 되어 適溫일때 가장 높고 低溫, 高溫일 때의 順으로 低下하는 傾向을 보이고 있다. 이 점은 Kleiber(1975), O'Neill 등(1971), Meltzer(1982) 등과 傾向을 같이하는 것이다. 特히 低溫인 10℃에 있어서 20℃區보다도 ER이 約 11% 低下하고 있다. 이는 10℃區에 있어 飼料攝取量이 增加하고 그에 따라 HP이 20℃區보다 約 17% 增加한 성적과 關聯이 있는 것으로 생각된다.

O'Neill 등(1971)은 닭에 있어서 室溫이 低下될 때 ER이 떨어지는 原因은 닭의 活動量이 增加하기 때문이라고 하며 다시 活動에 의한 熱量損失을 環境溫度에 適應하기 위한 身體로부터의 熱量損失部分과 飼料를攝取하기 위한 筋肉에너지 損失部分으로 區分하고 低溫에서는 특히 身體로부터의 熱損失部分이 增加하는 것이라고 설명하고 있다. 이 경우 低溫과 더불어 增加한 HP이 體溫維持를 위해 利用되느냐의 문제가 있다. Kleiber(1975)는 低溫에서 ER이 떨어지는 理由로서 飼料攝取로 인해 增加한 HI은 體溫維持를 위해 利用되지 않고 그대로 損失한다고 주장하고 있다. 그러나 Farrell 과 Swain(1977)은 부로일러에 있어서 環境溫度가 高溫에서 低溫으로 떨어질 수록 NAME가 높게 되는 成績을 제시하면서 이는 低溫에서 HI가 體溫維持에 利用되기 때문이란 正反對의 報告를 하고 있다.

本 試驗의 低溫區에 있어서 HI의 증가와 더불어 ER 및 NAME은 떨어지고 있다. 그러나 適溫區에 비하면 HI가 17% 증가한데 비해 ER은 11% 또한 NAME은 18% 감소하고 있다. 만일 HI가 全量 體溫維持를 위해 利用되지 않는다고 하면 ER은 HI 증가량(17%)에 상당한 량이 떨어질 것이다. 따라서 本 試驗의 結果를 보면 低溫에서 HI의 일부는 體溫維持를 위해 利用되었으며 일부는 損失한 것으로 생각되는 것이다. 다음 高溫인 30℃의 경우 ER은 현저히 低下하며 高溫區

의 57%에 불과하다. 또 NAME은 89%의 성적을 보이고 있다. 高溫區에 있어서 HP와 HI는 각각 120 Kcal와 68Kcal이며 이는 適溫區 또는 低溫區에 비하여 낮은 傾向을 보인다. 따라서 MEM은 110Kcal의 낮은 수치를 나타낸다. 그럼에도 불구하고 ER이 낮은 것은 高溫에 있어 ME攝取량이 현저히 감소한 때문으로 생각된다. 그러나 高溫區에서 HP 또는 HI가 떨어짐으로서 相對的으로 NAME는 適溫區와 비슷한 69%를 나타내고 있다.

高溫에 있어서 產卵雞에 대한 에너지代謝試驗을 실시한 Shannon과 Brown(1969), Davis 등(1973), O'Neill 등(1971)도 高溫에서 ER은 떨어지나 NAME는 높은 성적을 얻고 있다. 이에 反하여 부로일러에 대한 代謝試驗을 실시한 Farrel과 Swain(1977)은 ER 및 NAME가 高溫에서 낮고 飼料攝取량이 증가하는 低溫에서 높아지는 성적을 얻고 있으며 本試驗成績은 前者들과 傾向을 같이하고 있다.

이 사실은 30℃의 高溫에서 飼育하는 경우 비록 NAME는 어느정도 向上된다고 하더라도 飼料攝取량이 감소하여 결국 ER이 떨어지기 때문에 產卵率, 卵重 등의 生産能力이 低下될 可能性이 높게 되는 것을 시사하는 것이다. 한편 10℃의 低下溫에서는 飼料攝取량이 증가함으로써 ER은 20℃의 適溫區와 거의 비슷한 성적을 보이나 그 대신 低溫區에서는 熱損失이 증가되어 NAME가 떨어지고 따라서, 飼料要求率은 低下할 것으로 생각된다. 다음 NB 및 NR을 보면 NB는 適溫以下의 氣溫에서 현저한 차를 나타내지 않는데 비해 飼料攝取량이 감소한 高溫에서는 NB

도 가장 낮게 된다. 한편 NR에 있어서 室溫間에는 有意差가 인정되지 않았으나 高溫區에서 가장 높고 高溫 또는 低溫에서 약간 낮은 傾向을 보이고 있다. 즉, 高溫에 있어 NR이 낮은 것은 飼料攝取량이 억제된 현상과 關聯이 있다고 생각되며 또한 低溫에선 飼料攝取량이 증가함에도 불구하고 NR이 낮은 값을 보이고 있는 현상은 低溫에 있어 에너지 損失이 증가하고 따라서 飼料蛋白質의 一部가 이 損失한 에너지를 補完하기 위해 利用되기 때문으로 생각된다.

V. 摘 要

環境溫度를 10, 20, 30℃로 처리할 때 產卵雞의 에너지 및 窒素代謝를 測定한 結果는 다음의 成績을 얻었다.

1) 產卵雞의 絶食時熱發生量(FHP)는 室溫이 10, 20, 30℃로 上昇함과 더불어 代謝體重當 各各 89, 68, 52Kcal로 有意的으로 떨어지는 傾向을 나타냈다.

2) 室溫이 10, 20, 30℃로 上昇함에 따라 飼料攝取량은 109g, 101g, 79g 또 ME攝取량은 228, 203, 161Kcal로 점차 減少하는 傾向을 보였다.

3) 室溫이 10, 20, 30℃로 上昇함에 따라 HP는 163, 130, 120Kcal로 감소하는 傾向을 보이며 에너지蓄積(ER)은 64, 72, 41Kcal로 감소하였다.

4) 維持를 위한 ME要求量(MEM)은 室溫 10, 20, 30℃에 있어 각각 128, 110, 110Kcal로 특히 低溫일 때 MEM이 증가하고 있다. 또한 ME의 正味利用效率(NAME)은 各室溫에서 64, 78, 69%를 보여 適溫인 20℃에서 가장 높은 값을 나타내었다.

IV. 引用文獻

1. Arieli, A., A. Miltzer and S. Berman. 1980. The Thermoneutral temperature zone and seasonal acclimatisation in the hen. *Bri. Poul. Sci.* 21 : 471-478.
2. Arieli, A., A. Miltzer and A. Berman. 1979. Seasonal, acclimation in the hen. *Bri. Poul. Sci.* 20 : 505-513.
3. Charles, D. D., C. M. Groom and T. S. Bray. 1981. The effects of the temperature broilers. Interactions between temperature and feeding regime. *Bri. Poul. Sci.* 22 : 475-481.
4. Cowan, P. J. and W. Michie. 1980. Increasing the environmental temperature later in lay and performance of the fowl. *Bri. Poul. Sci.* 21 : 339-341.
5. Cowan, P. J. and W. Michie. 1980. Environmental temperature and broiler performance. : The use of diets containing increased amount of protein. *Bri. Poul. Sci.* 19 : 601-605.
6. Davis, R. H., O. E. M. Hassan and A. H. Sykes. 1972. The adaptation of energy utilization in the laying to warm and cool ambient temperature. *Agric. Sci. Camb.* 79 : 363-369.
7. Emmans, G. C. and D. R. Charles. 1977. Climate environment and poultry feeding in practice, In : *Nutrition and Climated Environment*. pp 32-50. Ed. by Haresign, W. Butterworths. London.

8. Farrell, D. J. and S. Swain. 1977. Effects of temperature on the heat production of starving chickens. *Bri. Poul. Sci.* 18 : 725-734.
9. Farrell, D. J. and S. Swain. 1977. Effects of temperature treatment on the energy and nitrogen metabolism of fed chickens. *Bri. Poul. Sci.* 18: 735-748.
10. Farrell, D. J. and R. B. Cumming. 1973. The effects of dietary energy concentration on growth rate and conversion of energy to weight gain in broiler chickens. *Bri. Poul. Sci.* 14:329-340.
11. Farrell, D. J. 1974. Calorimetric measurements of chickens given diets with a range of energy concentrations. *Bri. Poul. Sci.* 15:341-347.
12. Grossu, D., G. Burlacu and J. Stavri. 1980. Efficiency of utilization of food energy by goslings. In: *Energy Metabolism of Farm Animal*. pp: 179-183. Ed. by Mount, L. E. Butterworth. London.
13. Hahn, D. W., T. Ishibashi, and C. W. Turner. 1966. Alteration of thyroid hormone secretion rate in fowls change from a cold to a warm environment. *Poul. Sci.* 45:31-33.
14. Hill, F. W. 1962. Some aspects of physiology of food intake and digestion in chickens. In: *Nutrition of Pig and Poultry*. Ed. by Morgan, J. T. and D. Lewis. Butterworths. London.
15. Hill, F. W. and D. L. Anderson. 1958. Composition of metabolizable energy and productive energy determination with growing chickens. *J. Nutr.* 64: 587-592.
16. Hillerman, D. R. and W. O. Wilson. 1955. Acclimation of adult chickens to environmental temperature change. *Ani. J. Physio.* 180: 581-595.
17. Hoffman, E. and C. S. Shaffner. 1950. Thyroid weight and function as influenced by environmental temperature. *Poul. Sci.* 29:365-376.
18. Johnson, R. J., and D. J. Farrell. 1982. The effect of restricted feeding on the energy metabolism of layer. In: *Energy Metabolism of Farm Animal*. pp. 258-261. Ed. by Ekern, A. and F. Sundstol. Ag. Univ. of Norway. Lillehammer.
19. King, J. R. and D. S. Farner. 1961. Energy metabolism, thermoregulation and body temperature. In: *Biology & Comparative Physiology of Birds*.(II) pp. 215-288. Ed. by Marshall, A. J. Academic Press. New York.
20. King, J. R. and D. S. Farner. 1964. Terrestrial animals in humid heat bird In: *Handbook of Physiology*: Sec. 4. pp: 603-624. Ed. by Dill, D. B. Am. Physio. Soc. Washington.
21. MacLeod, M. G., S. G. Tullett and T. R. Jewitt. 1980. Effects of ambient temperature on the heat production of growing turkeys. In: *Energy Metabolism of Farm Animal*. pp. 257-261. Ed. by Mount, L. E. Butterworths. London.
22. MacLeod, M. G. and D. W. F. Shannon. 1978. Effects of food intake regulation on the energy metabolism of laying hens. *Bri. Poul. Sci.* 19:349-363.
23. Meltzer, A., G. Goodman and J. Fistool. 1982. Thermoneutral zone and resting metabolic rate of growing White Leghorn type chickens. *Bri. Poul. Sci.* 23:383-391.
24. Morris, T. R. 1968. The effects of dietary energy level on the voluntary calorie intake of laying birds. *Bri. Poul. Sci.* 9:285-295.
25. O'Neill, S. J. B., D. Balnave, and N. Jackson. 1971. The influence of feathering and environmental temperature on the heat production and efficiency of utilization of metabolizable energy by the mature cockerel. *Agric. Sci. Camb.* 77:293-305.
26. Payne, C. G. 1966. Practical aspects of environmental temperature for laying hens. *World. Poul. Sci.* 22: 126-139.
27. Romijn, C. and W. Lorkhorst. 1966. Heat regulation and energy metabolism in the domestic fowl. In: *Physio. of the Domestic Fowl*. pp. 211-227.
28. Shannon, D. and W. O. Brown. 1970. A calorimetric estimate of the efficiency of utilization of dietary energy by the growing cockerel. *Bri. Poul. Sci.* 11: 1-6.
29. van Es, A. J. H., D. van Agglen, J. H. Nijkamp and J. E. Vogt. 1973. Thermoneutral zone of laying hens kept in batteries. *Futtermittelde.* 32: 121-129.