

生理的要求에 따른 磷의 時間別 給與가 産卵鷄의 能力에 미치는 影響

柳 景 善·崔 辰 浩
全北大學校 農科大學
(1986. 2. 8. 接授)

Effects of Feeding Laying Hens Different Levels of Dietary Phosphorus at Different Physiological Status

Kyeong Seon Ryu and Jin Ho Choi

College of Agriculture, Jeonbug National University

(Received February 8, 1986)

SUMMARY

An experiment was conducted for 14 days using 108 Manina Brown laying hens of 27 weeks of age to study the effects of dietary phosphorus levels on egg production, feed intake, feed efficiency, time of oviposition, specific gravity and weight of eggs.

Hens were divided into 12 pens and each was assigned to one of the three treatments with 4 replications. Each hen was housed in individual cage. Birds on treatment 1 were fed a control diet (0.70% P) continuously and served as control. Hens on treatment 2 received a high phosphorus diet (HP; 2.54% P) between 06:00 and 10:00 and a low phosphorus diet (LP; 0.33% P) for the rest of the day. Treatment 3 was fed HP diet for four hours immediately following oviposition and LP diet for the rest of the day. All diets contained a constant level of calcium (4.04%).

Results indicated that egg production, feed intake, feed efficiency were not significantly affected by the treatments. Hens in treatment 3 tended to lay earlier than those in treatments 1 ($P < .05$) and 2 ($P < .01$).

There were no significant differences in egg weights among treatments. Egg specific gravity, however, was significantly ($P < 0.01$) improved by feeding HP diet for 4 hours immediately following oviposition (treatment 3). There was no significant difference in the specific gravity between eggs from the control and treatment 2. There were found a linear relationship for egg weight and a quadratic relationship for egg specific gravity ($P < .01$) with time of oviposition.

Specific gravity of eggs tended to be low as the egg weight increased.

I. 諸 論

卵殼의 質을 改善하기 爲한 研究은 오랫동안 進
行되어 왔으나 아직도 卵殼의 破損으로 인한 損失

은 養鷄産業에서 많은 問題가 되고 있다. 卵殼의 質
은 여러가지 要因에 의하여 影響을 받는 것으로 報
告되어 왔다.

○ Peterson等(1960)이 飼料의 칼슘含量을 增加

시킨 결과 卵殼의 質이 改善되었다고 報告한 以後 卵殼의 質과 關聯된 研究는 주로 칼슘대사에 集中되었다. Pepper 等(1967)은 칼슘수준이 不足한 飼料에 칼슘含量을 높였을때 卵殼의 質은 改善되었지만 칼슘수준을 5%以上으로 增加시켰을 때에는 3.5% 칼슘수준의 飼料를 給與했을 때와 別 差異가 없었다고 하였으며, Summers 等(1976) 및 Holcomb 等(1977)도 같은 結果를 報告하였다.

한편 보다 最近에는 칼슘과 함께 磷도 卵殼의 質에 影響을 미치는 것으로 알려지고 있다. Arscott 等(1962)은 飼料의 磷 水準을 0.9%로 하였을때 0.6% 磷 水準의 飼料 給與時에 比하여 鷄卵의 比重은 低下되었다고 報告한 바 있으며 Bletner 和 McGhee(1975) 및 Holder(1981)는 飼料內 磷 水準을 0.4%에서 0.6%로 增加시켰을 때 卵殼의 두께나 鷄卵의 比重은 改善되었지만 磷의 水準을 그 以上으로 하였을 때에는 卵殼의 두께나 鷄卵의 比重은 低下되었다고 報告하였다. Miles 等(1983)은 飼料內 磷 水準이 0.5%일 때까지 鷄卵의 比重은 增加되었다고 하였으며 Said 等(1984)과 Moran 等(1970)도 같은 結果를 報告하였다.

卵殼 形成에 所要되는 칼슘은 窮極의 程度로 飼料를 通하여 供給되어야 하지만 卵殼 形成이 進行되는 時間의 大部分은 飼料를 먹지 않는 밤이므로 相當量의 칼슘은 뼈에서 供給되어야 한다. 뼈에서 칼슘이 供給될 때 칼슘과 함께 沈着되어 있던 磷도 함께 遊離되는데 칼슘은 卵殼 形成에 利用되지만 磷은 必要치 않으므로 大部分 排泄되거나 血中에 存在하여 血中 磷 水準은 卵殼 形成期間인 產卵 1~2時間 前까지 꾸준히 增加한다. 卵殼이 形成된 後 칼슘과 磷이 뼈에 再 沈着되는 時期에는 磷의 血中 濃度는 急激히 低下되어 하루중 最低 水準에 도달하여 4~5時間 동안 繼續되다가 그후 卵殼 形成 期에 血中 磷 水準은 다시 높아지기 시작한다(Miller 等, 1977; Miles 等, 1984). 따라서 產卵鷄의 하루중 磷의 要求量은 卵殼이 形成되는 時間과 뼈가 再 沈着되는 時間에 있어서 현저히 달라진다. Choi 等(1979)은 午前 7時 30分부터 午前 9時 30分까지 1.4% 磷 水準의 飼料를 給與하고 나머지 時間에는 0.7% 磷 水準의 飼料를 給與한 結果 그 反對의 경우보다 卵殼 形成이 進行되는 時間에 血液內 磷 水準은 낮았으며 鷄卵의 比重도 改善되었다고 報告하였다. 또한 鷄卵의 比重과 產卵時刻, 卵重과 產卵時刻의 關係에 對하여 Roland 和 Harms

(1974), Ciper(1976), Choi 等(1981)은 產卵時刻이 늦을수록 卵重은 가벼웠으며 比重은 높았다고 報告한 바 있다.

本 試驗은 飼料內 磷 水準을 產卵生理와 關聯되어 時間別로 다르게 하였을때 產卵率, 飼料攝取量, 飼料效率, 磷 攝取量, 產卵時刻, 鷄卵의 比重, 卵重에 미치는 影響을 規明하고 產卵時刻과 卵重, 產卵時刻과 鷄卵의 比重, 卵重과 比重의 關係를 研究하고자 施行하였다.

II. 材料 및 方法

本 試驗은 產卵 peak에 도달한 28週齡 Manina Brown 108 首를 個體別 cage에 收容하여 施行하였다. 試驗은 1984年 4月 7日부터 4月 20日까지 14日間 全北大學校 畜產學科 附屬農場에서 實施하였다.

試驗飼料는 옥수수와 大豆粕을 主原料로 한 基礎飼料(Table 1)에 tricalcium phosphate, 石灰石 및 carboxy methyl cellulose의 含量을 달리하여 飼料의 總 磷 含量 0.33, 0.70 및 2.54%의 3가지 飼料를 配合하였다. 모든 試驗飼料의 칼슘含量은 4.04%로 일정하게 하였다.

供試鷄는 3個處理 4反復, 反復當 9首씩 完全 任意 配置하였다. 處理1에서는 磷 水準이 0.7%인 飼料를 繼續 給與하였으며, 處理2는 매일 午前 6時부터 10時까지 2.54% 高磷(HP)飼料를 給與하고 나머지 時間에는 0.33%의 低磷(LP)飼料를 給與하였다. 處理3에서는 個體別로 產卵時刻을 確認하여 產卵直後 4時間동안에 HP飼料를 나머지 時間에는 LP飼料를 給與하였다. 試驗 期間中 日照 時間은 午前 5時부터 午後 8時까지 15時間 이었으며 매일 午前 5時부터 全 鷄群을 觀察하면서 產卵 즉시 個體別로 產卵時刻을 기록하고 鷄卵의 卵殼위에 연필로 닭의 個體番號를 표시하여 識別할 수 있도록 하였다. 모든 鷄卵의 比重과 卵重은 매일 測定하였으며, 鷄卵의 比重은 Voisey 和 Hamilton(1977)의 方法에 의하여 測定하였다. 本 試驗에서 얻어진 모든 data는 Steel과 Torrie(1960)의 方法에 의하여 分散分析 및 Duncan's multiple range test, linear regression, quadratic regression을 계산하였으며 有意性을 檢定하였다.

Table 1. Formula and chemical composition of the experimental basal diet

Items	Contents (%)
Ingredients:	
Corn	59.1
Soybean meal	25.0
Soybean oil	2.5
NaCl	0.3
DL-methionine	0.1
Vit.- min. mixture ¹	11.0
Variables ²	12.0
Total	100
Composition:	
Crude protein	16.07
Me	2749kcal/kg
Methionine	0.31
Cystine	0.24
Lysine	0.74
Ca	0.19
P	0.33

1. Vitamin-mineral mixture supplied the following per kg of diet; vit. A, 15,000 IU; vit. D, 3,000 IU; vit. E, 14 IU; vit. K, 3 mg; thiamin, 0.8 mg; riboflavin, 7.5 mg; pyridoxine, 3 mg; vit. B₁₂, 20 µg; niacin, 45 mg; Ca-pantothenate, 10 mg; choline chloride, 400 mg; folacin, 1.4 mg; Mn, 130 mg; Zn, 70 mg; Cu, 5 mg; Fe, 35 mg; Co, 0.4 mg; I, 0.4 mg; BHT, 5 mg.
2. Variable portions consisted of proper amounts of limestone, tricalcium phosphate and carboxy methyl cellulose to furnish intended levels of calcium and phosphorus.

III. 結果 및 考察

供試한 닭들의 産卵率, 飼料攝取量, 飼料效率는 Table 2에서 보는 바와 같이 處理間에 有意差가 없었으며, 磷攝取量은 處理 1에 比하여 處理 2와 3에서 높았다 (P < 0.01). Rodriguez 등 (1984)은 1日 首當 160 mg의 磷을 給與했을 때에 比하여 481 mg의 磷을 給與하였을 때 産卵率이 높았다고 報告하였으며 Ademosun과 Kalango (1973)는 飼料內 磷水準을 0.6%까지 增加시켰어도 産卵率, 飼料攝取量, 飼料效率에 差異가 없었다고 報告하였다. 한편 飼料의 磷水準을 1.5% (Miles 등, 1983) 또는 1.4% (Junqueira 등, 1984)까지 높여주어도 産卵率, 飼料攝取量, 飼料效率에 影響을 미치지 않았다는 報告도 있다. 本 試驗에서는 Table 2에서 보는 바와 같이 모든 處理에서 磷攝取量은 要求量보다 높은 수준이었으며 要求量 이상에서는 磷의攝取量이 産卵率, 飼料效率에 影響을 미치지 않았음을 알 수 있다.

Table 3에서는 處理別 産卵時刻, 卵重, 鷄卵의 比重의 平均 및 標準偏差를 보여주고 있다. 鷄群全體의 平均 産卵時刻은 午前 7時 38分이었는데 0.7% 磷水準의 飼料를 계속 給與한 對照區는 午前 6時부터 10時까지 HP 飼料를 給與한 處理 2와 産卵時刻에서 差異가 인정되었으며 (P < 0.05) 産卵直後 4時間 동안 HP 飼料를 給與한 處理 3은 處理 2 (P < 0.01) 및 대조구 (P < 0.05)와 有意差가 있었다. 卵重은 處理 1에서 59.13g, 處理 2에서 59.13g, 處理 3에서 59.56g으로 處理間의 有意差가 없었는데 이러한 結果는 Miles 등 (1983)의 報告와 일치한다. 鷄卵의 比重에 있어서 午前 6時부터 10

Table 2. Effects of different schemes of phosphorus feeding on performance of hens.

Treatment*	Egg production (%)	Daily feed intake (g)				Phosphorus intake (mg)	Feed/egg mass
		2.54 % P. diet	0.33 % P. diet	0.70 % P. diet	Total		
1	92.46	-	-	116.4	116.4	815 ^A	2.13
2	93.45	31.2	84.1	-	115.3	1073 ^B	2.10
3	93.06	33.1	81.3	-	114.3	1100 ^B	2.13

* Birds on treatment 1 were fed 0.70% phosphorus continuously, treatment 2 was fed 2.54% phosphorus for 6-10 AM and 0.33% phosphorus for the rest of the day, and treatment 3 was fed 2.54% phosphorus for 4 hours immediately following oviposition and 0.33% phosphorus for the rest of the day each day.

A, B: Mean values with different superscripts are significantly different (P < .01).

시까지 HP 飼料를 給與하고 그외의 時間에 LP 飼料를 給與한 處理 2는 0.7% 磷 飼料를 계속 給與한 處理 1과 有意差가 없었으나 產卵直後 4時間동안 HP 飼料를 給與하고 나머지 時間에 LP 飼料를 給與한 處理 3은 處理 1과 處理 2에 比하여 改善되었다 ($P < 0.01$). 處理 2에서 鷄卵의 比重이 改善되지 못한것은 個體別로 產卵時刻에 많은 變異가 있음에도 불구하고 HP 飼料와 LP 飼料의 給與時間을 固定시키므로써 午前 6時 前後에 產卵한 닭에서는 肯定的인 影響을 미친 반면 產卵時刻이 많이 벗어난 닭에게는 오히려 逆效果를 미쳐서 그 效果가 서로 相殺

Table 3: Analysis of mean and standard deviation of oviposition time, egg weight and egg specific gravity.

Treatment*	Oviposition time	Egg weight	Egg specific gravity
1	07:38±1:32 ^{ABa}	59.13±5.38	1.0853±0.0050 ^A
2	07:55±1:52 ^{Ab}	59.13±5.38	1.0848±0.0050 ^A
3	07:22±1:40 ^{Bc}	59.56±4.90	1.0864±0.0047 ^B
Overall	07:38±1:43	59.27±5.23	1.0855±0.0049

* Treatment 1 was fed 0.70% phosphorus continuously, treatment 2 was fed 2.54% phosphorus for 6-10 AM and 0.33% phosphorus for the rest of the day, and treatment 3 was fed 2.54% phosphorus for 4 hours immediately following oviposition and 0.33% phosphorus for the rest of the day each day.

a,b,c: Mean values with different superscripts are significantly different ($P < .05$).

A,B: Mean values with different superscripts are significantly different ($P < .01$).

되었기 때문으로 생각된다. 이 사실은 個體別로 產卵直後 4時間동안 HP 飼料를 給與한 處理 3의 鷄卵의 比重이 改善되었다는 사실이 뒷받침해 주고 있다. 한편 Harms (1979)가 22~36週齡의 產卵鷄에서 1日 首當 磷 攝取量은 650mg이 적당하다고 報告한데 比하여 Table 2에서 보는 바와같이 處理 2와 3의 磷 攝取量은 지나치게 높은 傾向을 보이고 있는데 이는 HP 飼料의 磷 含量 2.54%가 너무 높음을 暗示한다. 따라서 만일 HP 飼料의 磷 含量을 이보다 다소 낮추어서 給與하여 1日 首當 磷 攝取量이 適正量이 되도록 한다면 卵殼의 質에 對한 改善效果는 더욱 크게 나타날 것으로 推理된다.

그림 1에서는 卵重과 產卵時刻, 比重과 產卵時刻

의 關係를 보여주고 있다.

卵重과 產卵時刻의 關係는

$$y = 62.084 - 0.368x$$

y : 卵重(g)

x : 產卵時刻(時間)

로서 負(-)의 相關關係를 보였는데 ($P < 0.01$) 이러한 結果는 아침 일찍 產卵한 鷄卵은 午後에 產卵한 鷄卵보다 무거웠다는 Choi 등(1981) 및 Arafa 등(1982)의 報告와 일치하며, 하루중 產卵時刻이 늦을수록 卵重이 가벼웠다는 Roland와 Harms (1974)의 報告와도 일치한다.

比重과 產卵時刻의 關係는

$$y = 1.08812 - 0.00089x + 0.00007x^2$$

y : 比重

x : 產卵時刻(時間)

이라는 2차 회귀식을 얻었다 ($P < 0.01$). 이러한 結果는 午後에 產卵한 鷄卵은 午前에 產卵한 鷄卵보다 比重이 높았다는 Roland 등(1973), Roland와 Harms (1974)의 報告와 일치하며 12時에 產卵한 鷄卵의 比重은 10時에 產卵한 鷄卵보다 높았다는 Washburn과 Plotts (1975)의 報告와 일치한다. 또한 午後에 產卵한 鷄卵은 아침 일찍 產卵한 鷄卵보다 卵殼의 두께가 增加되었다는 Cipera(1976) 및 Arafa 등(1982)의 報告와 일치한다. 午後에 낳은 鷄卵의 比重이 높았던 이유는 卵殼 形成期에 飼料로부터 칼슘을 攝取할 수 있었기 때문이라고 생각된다.

그림 2에서 比重과 卵重의 關係는

$$y = 1.09959 - 0.00024x$$

y : 比重

x : 卵重(g)

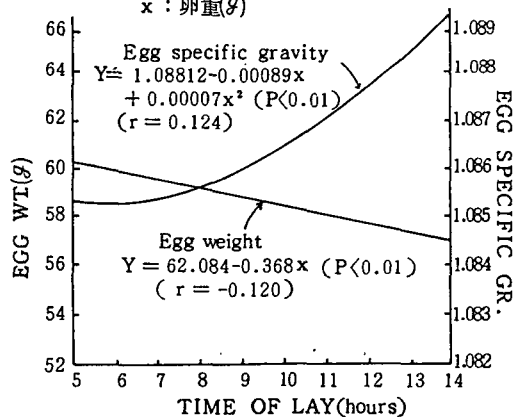


Fig.1. Effects of time of oviposition on the egg weight and egg specific gravity.

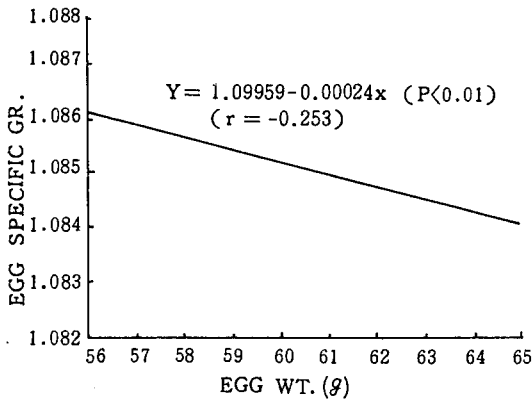


Fig.2. Effect of egg weight on the egg specific gravity.

로서 나타났는데, 卵重이 커질수록 鷄卵의 比重은 減少하는 負(-)의 相關關係를 보였다 ($P < 0.01$). 이러한 結果는 닭에 卵重이 增加함에 따라 卵殼重은 일정했으며 卵殼의 두께는 減少하였다는 Roland 등 (1975)의 報告와 일치하지만, 卵重이 增加함에 따라서 卵殼重이 增加하였다는 催等 (1983)의 報告와는 다르다.

IV. 摘 要

産卵鷄에서 磷의 生理的인 要求에 맞추어 磷水準이 다른 飼料를 서로 다른 時間에 給與하였을 때 産卵率, 飼料攝取量, 飼料效率, 磷攝取量, 産卵時刻, 鷄卵의 比重, 卵重에 미치는 影響과 卵重과 産卵時刻, 鷄卵의 比重과 産卵時刻, 鷄卵의 比重과 卵重의 關係를 調査하기 위하여 108首의 Manina Brown 産卵鷄를 供試하여 14日間 試驗한 結果는 다음과 같다.

1. 0.7% 磷水準의 飼料를 계속 給與한 對照區 (處理 1)와 午前 6時부터 10時까지 2.54%의 磷水準의 飼料를 給與하고 나머지 時間에 0.33% 磷水準의 飼料를 給與한 處理 2와 2.54% 磷水準의 飼料를 産卵直後 4時間 동안 給與하고 나머지 時間에는 0.33% 磷水準의 飼料를 給與한 處理 3과 사이에 産卵率, 飼料效率는 差異가 없었으나 ($P < 0.01$) 磷攝取量은 處理 1에 比하여 處理 2와 3에서 높았다 ($P < 0.01$).

- 産卵時刻는 處理 3이 제일 빨랐으며 處理 1 ($P < 0.05$) 및 處理 2 ($P < 0.01$)와 有意差가 있었다.
- 平均 卵重은 飼料의 磷水準을 달리하여 給與時 處理間에 별다른 差異를 보이지 않았다.
- 鷄卵의 比重은 處理 3에서 處理 1이나 2에 比하여 높았으나 ($P < 0.01$) 處理 1과 處理 2 사이에는 有意差가 없었다.
- 産卵時刻와 卵重의 關係는 負(-)의 相關關係를 보였는데, 아침 일찍 産卵한 鷄卵은 午後에 産卵한 鷄卵보다 무거웠음을 나타내었다 ($P < 0.01$).
- 産卵時刻와 鷄卵의 比重사이에는 2次 回歸關係가 인정되었으며, 늦게 産卵한 鷄卵일수록 比重은 높았다 ($P < 0.01$).
- 鷄卵의 比重과 卵重의 關係는 負(-)의 相關關係를 보였으며, 卵重이 커질수록 鷄卵의 比重은 低下되는 傾向을 나타내었다 ($P < 0.01$).

V. 引用文獻

- Ademosun, A. A., and I. O. Kalango. 1973. Effect of calcium and phosphorus levels on the performance of layers in Nigeria. 1. Egg production, egg shell quality, feed intake and body weight. Poultry Sci. 52:1383-1392.
- Arafa, A. S., R. H. Harms, R. D. Miles, R. B. Christmas and J. H. Choi. 1982. Quality characteristics of eggs from different strains of hens as selected to time of oviposition. Poultry Sci. 61: 842-847.
- Arcscott, G. H., P. Rachapaetayakom and P. E. Bernier. 1962. Influence of ascorbic acid, calcium and phosphorus on specific gravity of eggs. Poultry Sci. 43:485-488.
- Bletner, J. K. and G. C. McGhee. 1975. The effect of phosphorus on egg specific gravity and other production parameters. Poultry Sci. 55:1736 (abstr.).
- Choi, J. H., R. D. Miles and R. H. Harms. 1979. Effects of different short-term dietary phosphorus levels on egg specific gravity and blood phosphorus of hens. Poultry Sci. 58:99-103.

6. Choi, J. H., R.D. Miles, A. S. Arafa and R. H. Harms. 1981. The influence of oviposition time on egg weight, shell quality and blood phosphorus. *Poultry Sci.* 60:824-828.
7. Cipera, J. D. 1976. Effect of oviposition time and storage conditions on the specific gravities of eggs. *Poultry Sci.* 56:1132-1134.
8. Harms, R.H. 1979. Revised specifications for feeding commercial layers based on daily feed intake. *Feedstuffs* 51:27-28.
9. Holcombe, D. J., D.A. Roland Sr., and R.H. Harms. 1977. The effect of increased dietary calcium on hens chosen for their ability to produce eggs with high and low specific gravity. *Poultry Sci.* 56:90-93.
10. Holder, D. P. 1981. Dietary phosphorus requirement of force-molted Leghorn hens. *Poultry Sci.* 60:433-437.
11. Junqueira, O. M., R.D. Miles and R. H. Harms. 1984. Interrelationship between phosphorus, sodium and chloride in the diet of laying hens. *Poultry Sci.* 63:1229-1236.
12. Miles, R. D., P. T. Costa and R.H. Harms. 1983. The influence of dietary phosphorus level on laying hens performance eggshell quality and various blood parameters. *Poultry Sci.* 62:1033 - 1037.
13. Miles, R. D., O.M. Junqueira and R.H. Harms. 1984. Plasma phosphorus at 0, 6, and 21 hours post-oviposition in hens laying in the morning or afternoon. *Poultry Sci.* 63:354-359.
14. Miller, E. R., R. H. Harms and H. R. Wilson. 1977. Cyclic changes in serum phosphorus of laying hens. *Poultry Sci.* 56:586-589.
15. Moran, E. T., Jr., A. Eyal and J. D. Summers. 1970. Effectiveness of extra dietary calcium supplements in improving egg shell quality and the influence of added phosphorus. *Poultry Sci.* 49:1011 -1022.
16. Pepper, W. F., J.D. Summers and J.D. McConachie. 1967. The effect of high levels of calcium, fish products and sodium bicarbonate on eggshell quality. *Poultry Sci.* 47:224-228.
17. Peterson, C. F., D.H. Conrad, D.H. Lumijarvi, E. A. Sauter and C. E. Lampman. 1960. Studies on calcium requirement of high producing White Leghorn hens. *Idaho Agr. Exp. Sta. Res. Bul. No. 44.* pp.1-34.
18. Rodriguez, M., W. J. Owings and J. L. Sell. 1984. Influence of phase feeding available phosphorus on egg production characteristics, carcass phosphorus content, and serum inorganic phosphorus levels of three commercial layer strains. *Poultry Sci.* 63:1553-1562.
19. Roland, D. A., Sr. D.R. Sloan and R. H. Harms. 1973. Calcium metabolism in the laying hen. 6. Shell quality in relation to time of oviposition. *Poultry Sci.* 52:506-510.
20. Roland, D. A., Sr., and R.H. Harms. 1974. Specific gravity of eggs to egg weight and time of oviposition. *Poultry Sci.* 53:1494-1498.
21. Roland, D. A., Sr., D. R. Sloan and R. H. Harms. 1975. The ability of hens to maintain calcium deposition in the egg shell and egg yolk as the hen ages. *Poultry Sci.* 54:1720-1723.
22. Said, N. W., T. W. Sullivan, M. L. Sunde and H. R. Bird. 1984. Effects of dietary phosphorus level and source on productive performance and egg quality of two strains of laying hens. *Poultry Sci.* 63:2007-2019.
23. Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw - Hill Book Co., Inc., New York, NY,
24. Summers, J. D., R. Grandhi and S. Leeson. 1976. Calcium and phosphorus requirement of laying

- hens. Poultry Sci. 55:402-413.
25. Voisey, P.W. and R.M.G. Hamilton. 1977. Sources of error in egg specific gravity measurements by the floatation method. Poultry Sci. 56:1457-1462.
 26. Washburn, K.W. and P.L. Plotts. 1975. Effect of strain and production age on the relationship of oviposition time to various shell strength characteristics. Poultry Sci. 54:1348(abstr.).
 27. 최진호, 강원준, 백동훈, 박홍석, 1983. 계란의 내용물과 난각의 특성에 관한 연구. 한국축산학회지 25(6): 651-655.