

日本ウズラの放卵と卵生産に対する 24 時間 および 27 時間明暗周期の影響

松尾 昭雄・岡本 悟・小林 真

(畜産学 教室)

昭和 53 年 5 月 23 日 受理

Effect of 24- and 27-Hour Light-Dark Cycles on Ovipositions
and Egg Production in Japanese Quails

Teruo MATSUO, Satoru OKAMOTO and Shin KOBAYASHI

(Laboratory of Animal Husbandry)

Received May 23, 1978

Summary

This study was designed to explore the effects of length of the light-dark cycle on the time of oviposition, the time interval between successive eggs, the rate of egg production, the egg weight and the movement of ovum through the oviduct using Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*).

One hundred and seventy-five laying quails were divided into two groups and were housed in two light-proof rooms. One group was maintained under the light-dark cycle of 24 hours (14L: 10D) and the other under the light-dark cycle of 27 hours (14L: 13D), respectively.

Approximately 93% of eggs was laid in the light period on the 14L: 10D, and only 7% was laid in the dark period. The average interval from onset of light to oviposition was 11 hours and 35 minutes. While most eggs were laid in the light period on the 14L: 13D, the oviposition occurred immediately after onset of light. In this case, the average interval from onset of light to oviposition was 2 hours and 48 minutes.

A change from the 24-hour cycle to 27-hour cycle increased the interval between ovipositions from 24 to 27 hours. From this result, it was obvious that the rhythm of the light-dark cycles was a regulating factor to the time of oviposition.

The egg weight increased significantly with increase of length of the light-dark cycle from 24 to 27 hours, but the egg production per quail decreased.

One hundred and ten quails were killed at the predesigned times following oviposition. The reproductive system of quails was then examined to discover whether ovulation had occurred and, if so, the whereabouts of egg in the oviduct. The estimates of time from oviposition to next ovulation and the time spent in the infundibulum, magnum and isthmus were slightly different but not significantly between quails under the cycles of 24 and 27 hours. It was apparent that eggs laid under the 27-hour cycle spent on about 3 hours longer in the shell gland than eggs laid under the 24-hour cycle.

Eggs from both groups were examined to see whether the egg weight changed with a similar proportion in all parts of the egg. A statistically significant increase in the egg yolk weight was obtained by increasing length of the light-dark cycle from 24 to 27 hours. It was assumed that increase in the egg yolk weight under the 27-hour cycle must have resulted from a longer ovarian term.

緒 言

24時間以外の光周期 (ahemeral cycle) 下における家禽の産卵現象を観察し、自然日長下における光周反応 (photoperiodic response) との違いを明らかにすることは、きわめて興味深い問題であり、産卵機構の解明に有力な手がかりを与えるものと考えられる。鶏に24時間以外の光周期を与えると、産卵時間⁴⁾⁵⁾¹⁵⁾・放卵間隔¹⁵⁾²⁴⁾・クラッチの長さ⁴⁾⁵⁾²⁴⁾・卵重¹⁰⁾¹⁵⁾²⁰⁾・卵形成時間¹⁴⁾に変化をもたらすことが知られている。24時間より短い光周期を与えた鶏の産卵成績は、24時間周期を与えた場合より劣る⁶⁾³¹⁾。これに対して、24時間よりやや長い光周期は、鶏の産卵率を向上させ⁵⁾⁸⁾²⁰⁾、その斉一性を増大せしめるとする報告²⁰⁾があるが、否定的な報告²⁴⁾もあり、結果は一定していない。鶏の体内における排卵誘起ホルモン (O.I.H.) の周期的分泌は光周期に支配され、このホルモンの分泌が、鶏では、主として暗期の開始刺激によって誘起される⁴⁾¹⁵⁾。自然日長下での1日の産卵ピークは、鶏では午前中に²⁷⁾²⁸⁾、ウズラでは夕刻²⁸⁾に見られ、鶏とウズラでは明らかに異なる。このような種特異性が見られることは、放卵周期の特性や体内生理現象の時間調節機構が鶏とウズラで異なることを示唆している。これまで、ウズラでは、明暗リズムと性成熟の関係²⁾¹³⁾¹⁸⁾や体内諸器官機能の光に対する反応¹⁾¹¹⁾¹²⁾²²⁾²³⁾などについて、興味ある報告がなされているが、産卵時間³⁾²⁸⁾・排卵と放卵のタイミング¹⁶⁾、放卵パターン¹³⁾¹⁹⁾に関しては、いずれも24時間明暗周期下で観察されたものであり、24時間以外の光周期と産卵の関係についてはほとんど報告がない。

本研究は、家禽の産卵機構を解明する手がかりを得るため、日本ウズラに24時間と27時間の光周期を与え、2つの条件下の放卵時間、放卵間隔、産卵数、卵重および卵形成時間を比較検討したものである。

材料および方法

1974年11月8日から12月5日までの4週間にわたって、産卵中の日本ウズラ (*Coturnix coturnix japonica*) 175羽を実験に供した。これらのウズラは、同年6月27日又は7月17日孵化のコマーシャル雛を、育成・産卵両期を通じて、明期14時間・暗期10時間の光線管理下で引きつづき飼育してきたものであった。実験を開始するに当たって、175羽のウズラを91羽と84羽の2群に分け、2つの同一環境にした暗室内単飼ケージにそれぞれを収容した。前者には24時間明暗周期 (14時間の明期と10時間の暗期) を、後者には27時間明暗周期 (14時間の明期と13時間の暗期) を与え、それぞれ 14L:10D 区および 14L:13D 区とした。照明条件として、14L:10D 区は24時間サイクルであるから、全期間を通じて午前5時点灯・午後7時消灯の反復としたが、14L:13D 区は27時間サイクルであるから、1日目は午前5時点灯・午後7時消灯、2日目は午前8時点灯・午後10時消灯、3日目は午前11時点灯・午前1時消灯、以後も点灯と消灯時間を毎日3時間順次遅らせた。一定期間の調整期を設定して、供試ウズラがそれぞれの光の条件に適応した後、実験を開始した。産卵時間の調査は、両区いずれも11月11日—19日および11月26日—12月4日の18日間、毎日1時間毎に実験舎内を巡回して個体別に放卵の有無を確認し、産卵時間を記録した。卵重の測定は、14L:10D 区が11月11日—19日および11月25日—12月3日、14L:13D 区が11月16日—24日および11月25日—12月3日のいずれも18日間、全生産卵について実施した。また両区から卵10個づつを抽出して、それぞれの卵の卵黄・卵白・卵殻について重量を測定した。さらに、実験終了直前の時期に、両区から、比較的規則正しく産卵しているウズラ 110羽を選ん

で、放卵後の種々の時間に剖検し、次の排卵の有無と卵管内における卵の存在部位を確認して、放卵から次の排卵までの時間的間隔および排卵された卵が卵管内を通過する時間を推定した。

結果および考察

1. 放卵時間： 14L：10D 区の産卵記録を放卵時間別に集計して、毎日の点灯・消灯時間とともに第1表に示した。集計では、午後7時消灯後の暗期に産卵した卵をすべて午後7-8時の欄にまとめた。観察した羽数は、3日目まで69羽、4日目以後は91羽であった。午前中の放卵はほとんど見られず、大部分が午後3-6時の間に集中した。1日中で放卵が集中しておこる時間は家禽によって異なる。鶏では、産卵が昼間、しかも大部分が正午前におこる (Biellier and Ostmann⁴⁾)。これに対して、七面鳥では、午前中40%、午後60%の割合でおこる (Stockton and Asmundson²¹⁾)。Wilson and Huang²⁸⁾ は、明期15時間の自然日長下の鶏と、14L：10D (午前5

Table 1 Distribution of oviposition times for 91 Japanese quails maintained under 24-hour light-dark cycles (14L: 10D)

| Time | Day ^{a)} | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| | Onset of light | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am | 5 am |
| | Onset of darkness | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm | 7 pm |
| 0- 1 am | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1- 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2- 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3- 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4- 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5- 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6- 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7- 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8- 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9-10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11-12 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 0- 1 pm | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 |
| 1- 2 | 1 | | | 1 | | 1 | 2 | 1 | 2 | | 3 | 6 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 |
| 2- 3 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 6 | 6 | 4 | 6 | 9 | 7 | 6 | 10 | 8 | 12 | 13 | 11 | 9 |
| 3- 4 | 24 | 14 | 17 | 20 | 18 | 15 | 17 | 14 | 12 | 22 | 13 | 19 | 25 | 24 | 20 | 18 | 13 | 13 |
| 4- 5 | 10 | 19 | 14 | 20 | 21 | 21 | 19 | 30 | 22 | 12 | 23 | 18 | 17 | 14 | 17 | 16 | 29 | 18 |
| 5- 6 | 11 | 12 | 11 | 17 | 11 | 21 | 16 | 11 | 19 | 17 | 13 | 18 | 18 | 21 | 12 | 15 | 16 | 11 |
| 6- 7 | 4 | 8 | 10 | 9 | 15 | 11 | 13 | 14 | 9 | 12 | 11 | 8 | 6 | 12 | 13 | 12 | 8 | 12 |
| 7- 8 | 5 | 4 | 6 | 3 | 4 | 4 | 5 | 8 | 8 | 6 | 4 | 1 | 2 | | 4 | 3 | 9 | 14 |
| 8- 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9-10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10-11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11-12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

a) Oviposition times for day 1-3 were based on the records of 69 quails.
am=before noon, pm=afternoon.

Table 2 Distribution of oviposition times after onset of light for 91 Japanese quails maintained under 24-hour light-dark cycles (14L: 10D)

| Hours after onset of light | Cycle number ^{a)} | | | | | | | | | | | | | | | | | | Total | % |
|----------------------------|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | |
| 6-7 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | 0.1 |
| 7-8 | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 9 | 0.7 |
| 8-9 | 1 | | | 1 | | 1 | 2 | 1 | 2 | | 3 | 6 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 30 | 2.2 |
| 9-10 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 6 | 6 | 4 | 6 | 9 | 7 | 6 | 10 | 8 | 12 | 13 | 11 | 9 | 144 | 10.4 |
| 10-11 | 24 | 14 | 17 | 20 | 18 | 15 | 17 | 14 | 12 | 22 | 13 | 19 | 25 | 24 | 20 | 18 | 13 | 13 | 318 | 23.0 |
| 11-12 | 10 | 19 | 14 | 20 | 21 | 21 | 19 | 30 | 22 | 12 | 23 | 18 | 17 | 14 | 17 | 16 | 20 | 18 | 331 | 24.0 |
| 12-13 | 11 | 12 | 11 | 17 | 11 | 21 | 16 | 11 | 19 | 17 | 13 | 18 | 18 | 21 | 12 | 15 | 16 | 11 | 270 | 19.6 |
| 13-14 | 4 | 8 | 10 | 9 | 15 | 11 | 13 | 14 | 9 | 12 | 11 | 8 | 6 | 12 | 13 | 12 | 8 | 12 | 187 | 13.5 |
| 14- | 5 | 4 | 6 | 3 | 4 | 4 | 5 | 8 | 8 | 6 | 4 | 1 | 2 | | 4 | 3 | 9 | 14 | 90 | 6.5 |
| Total | 61 | 64 | 66 | 79 | 78 | 79 | 78 | 82 | 79 | 79 | 75 | 77 | 82 | 82 | 81 | 79 | 79 | 80 | 1,380 | 100.0 |

a) Oviposition times for cycle 1-3 were based on the records of 69 quails.

Table 3 Distribution of oviposition times for 84 Japanese quails maintained under 27-hour light-dark cycles (14L: 13D)

| Time | Day | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------|-------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|------|------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
| | Onset of light | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 am | 8 am | 11 am | 2 pm | 5 pm | 8 pm | 11 pm | | 2 am | 5 am | 8 am | 11 am | 2 pm | 5 pm | 8 pm | 11 pm | | 2 am | |
| Onset of darkness | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 pm | 10 pm | | 1 am | 4 am | 7 am | 10 am | 1 pm | 4 pm | 7 pm | 10 pm | | 1 am | 4 am | 7 am | 10 am | 1 pm | 4 pm | |
| 0-1 am | | | | | | | 2 | 9 | 13 | 1 | 2 | | | | | 6 | 13 | 5 | |
| 1-2 | | 2 | | | | | 1 | 4 | 7 | 6 | | | | | | 1 | 5 | 10 | 6 |
| 2-3 | | | | | | | | 1 | 13 | 9 | 5 | | | | | | 2 | 10 | 5 |
| 3-4 | | 5 | 1 | | | | | 2 | 14 | 12 | 2 | 1 | | | | | 2 | 13 | 12 |
| 4-5 | | 2 | | | | | | | 5 | 6 | 3 | 3 | | | | | 1 | 4 | 11 |
| 5-6 | | 6 | 3 | | | | | | 1 | 15 | 7 | 4 | | | | | | 4 | 6 |
| 6-7 | | 14 | | | | | | | 2 | 14 | 14 | 2 | 2 | | | | 1 | 2 | 12 |
| 7-8 | | 13 | 4 | 2 | | | | | | 4 | 9 | 1 | 2 | | | | | 1 | 13 |
| 8-9 | | 8 | 8 | 1 | | | | | | 4 | 15 | 12 | 4 | | | | | | 2 |
| 9-10 | | 9 | 7 | | | | | | | 2 | 10 | 11 | 3 | | | | | | |
| 10-11 | | 5 | 9 | 3 | 2 | | | | | | 7 | 12 | 3 | | | | 1 | | |
| 11-12 | | 6 | 11 | 5 | 1 | | | | | | 3 | 14 | 5 | 4 | | | | | 3 |
| 0-1 pm | 4 | 13 | 12 | 1 | 2 | | | | | 1 | | 2 | 11 | 2 | | | | | |
| 1-2 | | 2 | 7 | 11 | 1 | | | | | | 1 | 2 | 8 | 9 | 5 | | | | |
| 2-3 | | | 8 | 6 | 4 | 2 | | | | | | | 6 | 14 | 8 | 3 | | | |
| 3-4 | | | 2 | 11 | 13 | 1 | | | | | | | 1 | 12 | 11 | 2 | 2 | | |
| 4-5 | | | 3 | 16 | 14 | 4 | 1 | | | | | | 2 | 8 | 8 | 5 | 1 | | |
| 5-6 | | | | 4 | 14 | 4 | 2 | | | | | | | 4 | 15 | 13 | 2 | | |
| 6-7 | | | | 2 | 17 | 19 | 2 | | | | | 1 | | | 14 | 11 | 3 | 1 | |
| 7-8 | | | 1 | 1 | 5 | 11 | 2 | | | | | | | 2 | 7 | 15 | 7 | 1 | |
| 8-9 | | | | 1 | 2 | 11 | 6 | 1 | | | | | | | 4 | 14 | 8 | 2 | |
| 9-10 | | | | | 2 | 13 | 20 | 1 | | | | | | | 3 | 10 | 14 | 5 | 2 |
| 10-11 | | | | | 1 | 4 | 9 | 6 | | | | | | | | 4 | 12 | 5 | 2 |
| 11-12 | | | | | | 5 | 17 | 9 | 2 | | | | | | | 4 | 16 | 10 | 1 |

am=before noon, pm=afternoon.

Table 4 Distribution of oviposition times after onset of light for 84 Japanese quails maintained under 27-hour light-dark cycles (14L: 13D)

| Hours after onset of light | Cycle number | | | | | | | | | | | | | | | | Total | % | |
|----------------------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|-------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | | | |
| -5-4 | 1 | 1 | | | 2 | | | | 2 | 1 | 2 | | | 2 | 1 | 2 | 14 | 1.1 | |
| -4-3 | 2 | | 2 | 2 | | 1 | | | | 3 | 2 | | | 1 | 1 | 2 | 16 | 1.3 | |
| -3-2 | | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 37 | 2.9 | |
| -2-1 | 5 | | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 5 | 5 | 35 | 2.8 | |
| -1-0 | 2 | 4 | 3 | 1 | 4 | 2 | 6 | 6 | 3 | 1 | 3 | 5 | 5 | 7 | 5 | 6 | 63 | 5.0 | |
| 0-1 | 6 | 8 | 5 | 4 | 4 | 6 | 9 | 9 | 7 | 12 | 5 | 8 | 13 | 8 | 10 | 5 | 119 | 9.5 | |
| 1-2 | 14 | 7 | 12 | 13 | 19 | 20 | 13 | 12 | 14 | 11 | 11 | 11 | 11 | 14 | 13 | 12 | 207 | 16.5 | |
| 2-3 | 13 | 9 | 11 | 14 | 11 | 9 | 7 | 6 | 9 | 12 | 9 | 8 | 15 | 12 | 10 | 11 | 166 | 13.2 | |
| 3-4 | 8 | 11 | 6 | 14 | 11 | 17 | 13 | 15 | 15 | 14 | 14 | 15 | 14 | 16 | 10 | 6 | 199 | 15.8 | |
| 4-5 | 9 | 13 | 11 | 17 | 13 | 9 | 14 | 14 | 10 | 2 | 12 | 14 | 10 | 6 | 13 | 12 | 179 | 14.3 | |
| 5-6 | 5 | 7 | 16 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 7 | 8 | 8 | 7 | 4 | 5 | 4 | 13 | 106 | 8.4 | |
| 6-7 | 6 | 8 | 4 | 2 | 5 | 1 | 1 | 4 | 3 | 6 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 60 | 4.8 | |
| 7-8 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 1 | | 3 | | 2 | 2 | | 26 | 2.1 | |
| 8-9 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | | | | 2 | 2 | 2 | | 1 | 1 | 1 | 3 | 20 | 1.6 | |
| 9-10 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | 0.1 | |
| 10-11 | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | | 2 | 0.2 | |
| 11-12 | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | 2 | 0.2 | |
| 12-13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13-14 | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | 2 | 0.2 | |
| Total | 77 | 77 | 75 | 77 | 79 | 75 | 72 | 77 | 80 | 79 | 79 | 81 | 82 | 83 | 81 | 80 | 1,254 | 100.0 | |

時点灯・午後7時消灯)の光線管理を行なったウズラとの放卵時間を比較した。それによると、鶏では全体の75%が午前中に放卵したのに対し、ウズラでは、逆に全体の80%が午後放卵し、放卵時間分布のモードは、鶏では明期開始後4時間の午前9時に、ウズラでは点灯後12時間の午後5時附近にあった。また暗期間に見られる放卵の割合は、鶏では5%、ウズラでは19%であった。

第1表の結果を、点灯開始時間を基準にしてとりまとめ、第2表に示した。点灯開始から14時間以内の明期に、全体の93.5%の放卵が見られ、暗期の放卵は全体の6.5%にすぎなかった。集計した卵1380個の平均放卵時間(全体の50%が放卵し終る時間)は点灯後11時間35分であった。Opel⁶⁾は24時間明暗周期(午前2時から午後4時までの点灯)を与えたウズラの放卵時間を観察し、全体の80%が明期の終了前7時間以内に放卵し、暗期内放卵の大部分が暗期開始後2時間以内に集中することを報告した。ウズラでのこれらの観察は、本実験の結果とよく一致している。

明期を14時間としたまま、暗期を13時間に延長して、27時間光周期を与えた84羽についての時間別放卵数を、毎日の点灯・消灯時間と共に第3表に示した。毎日の点灯・消灯時間が3時間ずつ遅れると、それに対応して、時間別放卵数のピークも、順次ほぼ一定時間ずつ明らかに遅延した。

点灯時間を基準にした14L:13D区の放卵時間を第4表に示した。点灯前5時間の暗期内に13.1%の放卵があった以外は、すべて点灯後の明期中に産卵した。しかも明期内放卵の約60%が点灯開始後1-5時間に見られ、平均放卵時間は点灯後2時間48分であった。Byerly and Moore⁵⁾は26時間の光周期を与えた鶏について、60%以上の放卵が暗期に見られることを観察し、光周期を変えることによって、放卵時間が変化することを明らかにした。Biellier and Ostmann⁴⁾は、鶏を21時間から42時間までの種々の光周期下においた実験で、光周期を24時間から短かくするにつれて、また24時間から29時間まで漸次長くするにつれて、暗期内に放卵する割合が多くなるこ

とを明らかにし、鶏の排卵と放卵は明期と暗期のどのような時間にもおこり得ることを示唆した。また Biellier and Ostmann⁴⁾ は、光周期が長くなるにつれて周期内の放卵時間が漸次早くなることから、排卵を誘起する要因は点灯の開始時間ではなくて、消灯時間に関係があることを推論した。Morris¹⁵⁾ は Biellier and Ostmann⁴⁾ の実験データを分析して sunset theory を提示し、鶏の排卵誘起ホルモン分泌を促進する光の要因が、主として暗期の開始刺激であるとする考え方を支持した。

14L:10D 区と 14L:13D 区の結果を比較するため、両区における点灯開始後の時間別放卵頻度分布を第1図に示した。14L:13D 区では、14L:10D 区と比較して、放卵時間の変異は大きくなるが、点灯から放卵までの平均時間は明らかに短くなり、暗期内に放卵する割合が増加した。これは鶏において観察された結果とよく一致している。

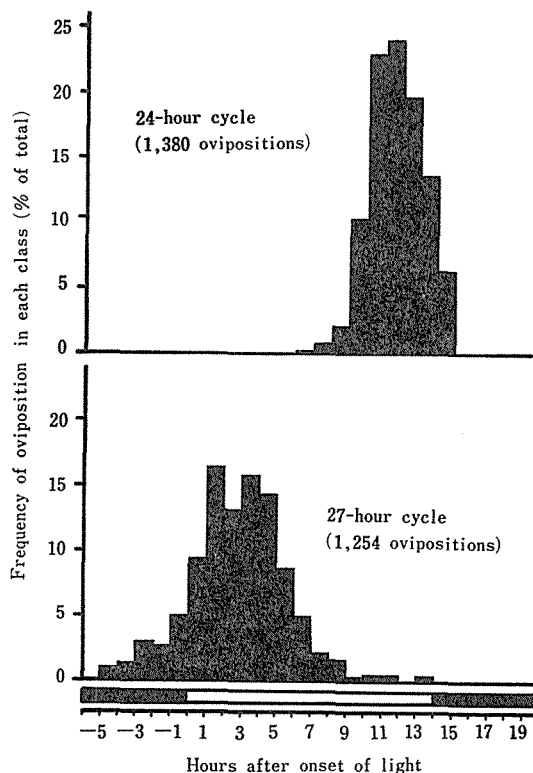


Fig. 1 Distribution of oviposition times after onset of light for Japanese quails maintained under 24- and 27-hour light-dark cycles (14L:10D and 14L:13D). Dark periods were indicated by horizontal black bars.

2. 放卵間隔： 14L:10D 区91羽と 14L:13D 区84羽について、11月8日-21日および11月26日-12月5日の24時間にわたる産卵記録から、それぞれの放卵間隔を計算し、その結果を第5表と第2図に示した。14L:10D 区における44時間以上の間隔と 14L:13D 区における51時間以上の間隔は、休産日をはさむ放卵間隔を示すものである。毎日連続した産卵の場合は、14L:10D 区の平均放卵間隔が24時間7分、14L:13D 区が26時間59分であった。

鶏において、光周期の長さが放卵間隔に影響することを最初に報告したのは van Albada²⁴⁾ で

Table 5 Intervals between ovipositions for Japanese quails maintained under 24- and 27-hour light dark cycles (14L: 10D and 14L: 13D)

| Interval between ovipositions (Hour) | 24-hour (14L: 10D) | | 27-hour (14L: 13D) | |
|--------------------------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | No. of intervals | % | No. of intervals | % |
| 19 | | | 1 | 0.1 |
| 21 | 2 | 0.1 | 3 | 0.2 |
| 22 | 16 | 1.1 | 5 | 0.4 |
| 23 | 208 | 13.9 | 5 | 0.4 |
| 24 | 850 | 56.8 | 12 | 0.8 |
| 25 | 295 | 19.7 | 69 | 4.8 |
| 26 | 45 | 3.0 | 294 | 20.6 |
| 27 | 8 | 0.5 | 674 | 47.2 |
| 28 | | | 247 | 17.3 |
| 29 | | | 57 | 4.0 |
| 30 | 1 | 0.1 | 11 | 0.8 |
| 31 | | | 9 | 0.6 |
| 32 | | | 5 | 0.4 |
| 34 | | | 2 | 0.1 |
| 35 | | | 1 | 0.1 |
| 36 | | | 1 | 0.1 |
| 40 | | | 1 | 0.1 |
| 44 | 3 | 0.2 | 1 | 0.1 |
| 45 | 11 | 0.7 | | |
| 46 | 14 | 0.9 | | |
| 47 | 21 | 1.4 | | |
| 48 | 18 | 1.2 | | |
| 49 | 4 | 0.3 | | |
| 50 | 2 | 0.1 | | |
| 51 | | | 7 | 0.5 |
| 52 | | | 4 | 0.3 |
| 53 | | | 9 | 0.6 |
| 54 | | | 4 | 0.3 |
| 55 | | | 3 | 0.2 |
| Total | 1,498 | 100.0 | 1,425 | 100.0 |

あった。その後 Biellier and Ostmann⁴⁾ は、24時間周期を与えた鶏の平均放卵間隔は25.5時間であったが、光周期をもっと長くすると放卵時間もまた長くなったと報告しており、Rosales ら²⁰⁾ は、23, 25, および27時間の光周期を与えた鶏の平均放卵間隔がそれぞれ25.4, 25.8および27.2時間であったと報告している。Melek ら¹⁴⁾ も、鶏の放卵間隔が24時間周期では25.2時間であったのに対し、27時間周期では26.8時間に伸びたと述べている。Morris¹⁵⁾ の同様な実験によると、24, 27および30時間周期を与えた鶏の平均放卵間隔はそれぞれ24.9, 27.1および29.1時間であった。Wilson and Huang²⁸⁾ は鶏とウズラの放卵間隔を比較し、24時間周期のクラッチ内平均放卵間隔が鶏では25.0時間、ウズラでは24.5時間であって、ウズラの方がやや短かいと報告している。

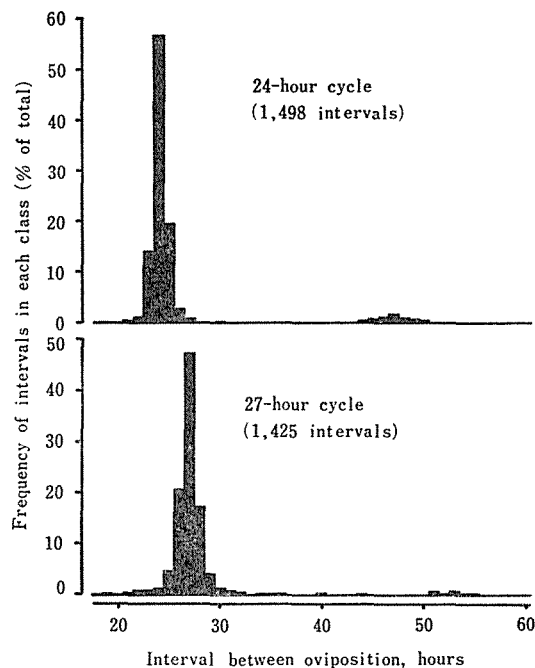


Fig. 2 Intervals between ovipositions for Japanese quails maintained under 24- and 27-hour light-dark cycles (14L: 10D and 14L: 13D).

ウズラに関しては Opel⁶⁾ の報告があり、14時間を明期とする24時間周期を与えた時の放卵間隔は24-25時間であった。ウズラに24時間以外の光周期を与えて放卵間隔を観察した報告は現在までのところ見当たらない。

本実験において、27時間まで周期を延長すると、これまでの鶏での報告と同様に、ウズラの放卵間隔もまたその日周期に同調して、明らかに日周期と同じ27時間の間隔となることはきわめて興味ある事実である。

3. 産卵数と卵重: 14L:10D 区では18周期、14L:13D 区では16周期について、いずれも18日間にわたって生産された全卵の卵重を測定した。その間の1羽当り産卵数、平均卵重および1羽当り全産卵量を第6表に示した。

平均卵重は14L:10D 区に対して14L:13D 区の方が明らかに大きかった ($P < 0.01$) が、期間内の1羽当り産卵数は14L:10D 区の方が多かった ($P < 0.01$)。14L:13D 区の一定期間内周期数が14L:10D 区より少なくなるため、14L:13D 区が平均卵重の増大も産卵数の減少と相殺され、両区の期間内1羽当り産卵量には差が見られなくなったものと解釈される。

鶏について、Byerly and Moore⁵⁾ は、14L:12D の26時間周期下で飼養すると、14L:10D の24時間周期の場合よりクラッチの長さが長くなり、産卵率もまた増大することから、光周期を延長することによって産卵率の向上が期待できることを示唆した。彼らは、一般的に鶏の放卵間隔は24時間よりやや長いから、24時間の代わりに26時間の光周期が与えられると、24時間周期の場合よりクラッチを中断する要因が除かれたことになり、産卵数は多くなるだろうと推論している。しかし、van Albada²⁴⁾ は Byerly and Moore⁵⁾ と同じ実験を大規模で実施した結果、クラッチは長くなるが放卵間隔も長くなり、全体的に産卵率の向上が認められなかったとして、光周期延長による総生産卵の増加は期待出来ないと報告した。Davis ら⁶⁾ の報告が示す通り、24時間以下の

Table 6 Egg production and egg weight for Japanese quails maintained under 24- and 27-hour light-dark cycles (14L: 10D and 14L: 13D)

| | 24-hour (14L: 10D) | 27-hour (14L: 13D) |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| No. of cycles | 18 | 16 |
| No. of ovipositions | 1,454 | 1,251 |
| No. of soft eggs | 9 | 22 |
| No. of broken eggs | 8 | 8 |
| No. of eggs/quail | 15.9± 3.0 | 14.6± 2.5** |
| Mean egg weight, g. | 10.3± 0.8 | 10.7± 0.9** |
| Total egg output, g./quail | 162.4±31.9 | 155.4±31.0 |

Values were given as mean ± standard deviation.
 ** Significantly different ($P < 0.01$) from 24-hour cycle.

光周期下では鶏の産卵率は低下する。Rosales ら²⁰⁾ も、光周期を変更することによって産卵率を高め得る可能性を検討するため、23, 25および27時間周期下に鶏をおいて観察したが、産卵率に差を認め得なかった。Foster⁷⁾⁸⁾⁹⁾ も鶏で同様な実験を行なった。彼は、25時間周期の産卵率が24時間周期と比較してすぐれた成績を示したことから、光周期をさらに延長したところ、26時間周期でも25時間周期と同様に良好な成績を示したものの、28時間周期にすると産卵率はかえって低下した。24時間周期条件下の継続した選抜実験によって改良が進められてきた今日の高産卵鶏が、25-26時間の周期下で最高の産卵を示すことは興味深く、このことから、彼は、もし23時間の光周期条件下で高産卵鶏を選抜していくならば、24時間周期の自然条件下ですぐれた産卵成績を示す鶏を造成し得るのではないかと推論している。このことが実証できるかどうか、今後の研究の進展に期待したい。Morris¹⁵⁾ は、16L: 8D の24時間周期区と、それから暗期のみをそれぞれ9, 10および11Dに延長させた25, 26および27時間の明暗周期区を設定して、長期間にわたって鶏の産卵率の推移を観察した。その結果においても、27時間周期区では24時間周期区と比較して産卵率がわずかではあるが低下し、特に卵生産のピーク時に低下した。

いずれにしても、本実験のウズラの産卵数に見られた結果と同様に、鶏でも光周期の長さを変更して産卵率を一定して向上させることは困難な問題を含んでいることが推察される。むしろ、光周期を長くすることにより、卵重の増大が認められる点が注目に値する。Rosales ら²⁰⁾ は、23, 25および27時間周期下においた鶏の平均卵重はそれぞれ58.8, 59.5および61.8gであったと報告し、Fox ら¹⁰⁾ は24, 25, 26および27時間の光周期下で飼養した鶏の初年度産卵記録を調査し、産卵後半期の産卵率と卵重については周期間の差は見られなかったが、27時間周期の産卵初期では産卵率が低下するものの、平均卵重の方は約3g増大したと報告している。40週間にわたって生産した卵の総卵重量には差がなかったことから、彼らは、24時間以上の光周期を与えた鶏の放卵間隔が24時間の場合より長くなり、一定期間内に放卵し得る卵数が減少する結果として、特に高い潜在的卵形成能力を有する若雌では、1個当りの卵重の増大をもたらすものと推定している。Morris¹⁵⁾ は、27時間と30時間の光周期を与えた鶏が明らかに大卵を生産するようになり、その反応が速かで可逆的であることから、光周期延長操作が一定基準以上の卵重を有する種卵を得たい場合に利用できるかと述べている。

4. 卵形成に要する時間： 前に述べたように、ウズラに27時間の光周期を与えると、24時間の光周期を与えた場合と比較して、放卵間隔は明らかに約3時間長くなる。この原因として、放卵から次の排卵までの時間的延長と卵管内における卵形成過程の時間的延長とが考えられる。この

Table 7 Observations on time of ovulation and rate of ova movement down oviduct in Japanese quails maintained under 24- and 27-hour light-dark cycles (14L: 10D and 14L: 13D)

| Treatment | Time ^{a)} | No. of hens | Ovum not ovulated | Location ^{b)} | | | | % ^{c)} ovulated | % ^{d)} in shell gland |
|-----------------------|--------------------|-------------|-------------------|------------------------|---|----|----|--------------------------|--------------------------------|
| | | | | I | M | Is | Sh | | |
| 24-hour (14L: 10D) | 0 | 6 | 6 | | | | | 0 | |
| | 20 | 7 | 6 | 1 | | | | 16.7 | |
| | 40 | 5 | 2 | 1 | 2 | | | 60.0 | |
| | 60 | 7 | 2 | 2 | 3 | | | 71.4 | |
| | 80 | 5 | | | 5 | | | 100.0 | |
| | 180 | 5 | | | 3 | 2 | | | 0 |
| | 210 | 5 | | | 2 | 3 | | | 0 |
| | 240 | 4 | | | 1 | 3 | | | 0 |
| | 300 | 5 | | | | 2 | 3 | | 60.0 |
| | 330 | 4 | | | | | 4 | | 100.0 |
| 27-hour (14L: 13D) | 0-20 | 7 | 7 | | | | | 0 | |
| | 40 | 8 | 5 | 3 | | | | 37.5 | |
| | 60 | 12 | 7 | 1 | 4 | | | 41.7 | |
| | 80 | 5 | | | 5 | | | 100.0 | |
| | 210 | 5 | | | 2 | 3 | | | 0 |
| | 240 | 6 | | | 1 | 5 | | | 0 |
| | 300-330 | 10 | | | | 2 | 8 | | 80.0 |
| 360 | 4 | | | | | 4 | | 100.0 | |

I=Infundibulum, M=Magnum, Is=Isthmus, Sh=Shell gland.

a) Time (min.) from preceding oviposition.

b) Location of ovum in oviduct.

c) Percentage of ova which had ovulated at various times after preceding oviposition.

d) Percentage of ova which had entered shell gland at various times after preceding oviposition.

ことを検討するため、2つの区のウズラ群から比較的規則正しく放卵を継続している110羽を選び出し、放卵後の種々の時間に剖検して排卵の有無を調べ、卵管内に卵が存在する場合はその位置を確認した。その結果は第7表に示す通りであった。14L:10D区では、放卵後20分で排卵を示したものは16.7%にすぎなかったが、時間の経過とともに排卵率は増加し、80分後には100%となった。これに対して14L:13D区では、20分後まで排卵を示すものがなく、40分後に37.5%、60分後になっても41.7%にすぎず、14L:10D区より排卵がやや遅れるのではないかと考えられたが、80分後にはすべて排卵を完了し、両区間に顕著な差を認め得なかった。次に、剖検時の卵の位置を確認して、卵が卵殻腺部に達するまでの所要時間を推定したが、到達率が100%となる時間は、14L:10D区で330分、14L:13D区で360分であった。後者の区で約30分遅いが、両区の放卵間隔の時間差3時間の要因とは考えられない。したがって、14L:13D区の放卵間隔が14L:10D区より3時間長くなった主な原因は、卵が卵殻腺部に滞在する時間差によるものと推論される。また放卵から次の排卵までの時間が2つの光周期下でほぼ同じであったことから、14L:13D区では、放卵と同様に排卵もまた27時間の間隔で周期的にくりかえされており、14L:

10D 区と比較して成熟卵胞が卵巣内に約3時間長く滞在するものと推定された。

Warren and Scott²⁵⁾²⁶⁾ や Phillips and Warren¹⁷⁾ によれば、24時間光周期を与えた鶏では、放卵と次の排卵との間隔は約30分であり、Wolford ら³⁰⁾ によれば、七面鳥でも同様である。ウズラでは鶏や七面鳥と同じく、放卵後15-30分で次の排卵が見られることを Woodard and Mather³²⁾ は報告している。彼らは24時間光周期を与えたウズラの卵形成に要する時間についても観察し、卵が卵管内の漏斗部、膨大部、狭部および卵殻腺部の各部に滞在する時間をそれぞれ1.5、2-2.5、1.5-2 および19-20時間と報告している。また、放卵後排卵までの時間は個体差が大きく、剖検時の卵の位置から、放卵前に排卵が誘起されたと考えられる例があったと述べているが、このような例を本実験では1例も認めることはできなかった。Opel⁶⁾ は、24時間光周期を与えたウズラの中で、24-25時間の間隔で産卵するものは前の放卵後5時間以内に卵が卵殻腺部に達するが、27-28時間の間隔で産卵するものは6時間後まで達しないことを観察して、卵管内通過時間に差が見られることを報告している。Melek ら¹⁴⁾ および Morris¹⁵⁾ は24時間と27時間の光周期を与えた鶏について、光周期を延長すると卵管上部の通過時間と卵殻腺部に滞在する時間が長くなることを観察して、このことが卵重を増加させる原因の一つであると述べている。

5. 卵を構成する各部分の重量：異なる光周期を与えたウズラでは卵の卵殻腺部滞在時間に差のあることがわかったので、14L:10D 区と14L:13D 区の生産卵からそれぞれ10個ずつ抽出して、卵を構成する各部分（卵黄、卵白および卵殻）の重量を比較してみた。その結果は第8表に示す通りであった。卵黄重量は14L:13D 区の卵が大きかった ($P<0.01$) が、卵白と卵殻重量には差が認められなかった。したがって、14L:13D の光周期をウズラに与えると卵重を増すが、その主要因は卵胞の卵巣内滞在時間が延長して卵黄蓄積量が増加する結果によるものと推論された。卵を構成する各部分の重量変動については、鶏で観察した報告がいくつかある。Fox ら¹⁰⁾ は27時間と24時間光周期を、van Albada²⁴⁾ は26時間と24時間光周期をそれぞれ比較して、いずれも光周期を長くすると生産される卵の卵殻重量と卵殻の厚さが増加したと報告している。

Table 8 Fresh weight of components of eggs laid by Japanese quails maintained under 24- and 27-hour light-dark cycles (14L:10D and 14L:13D)

| | 24-hour (14L:10D) | 27-hour (14L:13D) |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| Egg weight, g. | 10.53±0.13 | 10.75±0.09** |
| Yolk weight, g. | 3.00±0.16 | 3.27±0.18** |
| Albumen weight, g. ^{a)} | 6.48±0.12 | 6.41±0.19 |
| Shell weight, g. ^{b)} | 1.04±0.06 | 1.06±0.06 |

Values were given as mean±standard deviation for ten eggs.

a) Albumen weight estimated by difference.

b) Shell with membranes.

** Significantly different ($P<0.01$) from 24-hour cycle.

Morris¹⁵⁾ は27時間光周期下の鶏では卵白と卵殻の重量および卵殻の厚さが増加することを報告し、この原因は卵が卵管内に、特に膨大部と卵殻腺部に長く滞在することにあると述べている。また彼は、鶏を30時間以上の光周期下においたときだけ卵黄重量の増加が見られると報告しており、その点では本実験におけるウズラの光周反応と異なるものであった。

摘 要

本研究は、日本ウズラを用いて、放卵時間、放卵間隔、産卵率、卵重および卵の卵管内通過に対する明暗周期の長さの影響を明らかにするために計画した。

産卵中のウズラ175羽を2群に分け、2つの暗室内に収容して、それぞれ24時間 (14L:10D) と27時間 (14L:13D) の明暗周期を与えた。

14L:10D 区では、約93%の卵が明期に産卵され、暗期に産卵したものは7%にすぎなかった。点灯から放卵までの平均時間々隔は11時間35分であった。他方、14L:13D 区では、大部分の卵が明期に産卵されたが、その放卵は明期開始直後に見られた。この場合、点灯から放卵までの平均時間々隔は2時間48分であった。

24時間周期を27時間周期にすると、放卵間隔が24時間から27時間に延長した。このことは、明らかに明暗周期のリズムが放卵時間を支配する一要因であることを示すものであった。

明暗周期の長さを24時間から27時間に延長すると、卵重は増大したが、1羽当りの産卵数は減少した。

110羽のウズラを放卵後の種々の時間に剖検した。そして生殖器を検査することによって、排卵の有無と、排卵している場合は卵管中の卵の位置を調べた。放卵から次の排卵までの時間および漏斗部、膨大部および峽部中の滞在時間は24時間周期と27時間周期下で僅かに異なっていたが、その違いは大きいものではなかった。27時間周期下で産卵された卵が、24時間周期の場合より、明らかに卵殻腺部に約3時間長く滞在した。

卵重の変化が、卵のすべての部分で同じ割合に起るのかどうかを確かめるために、両区の卵を検査した。明暗周期の長さを24時間から27時間にすると、卵黄重量が有意に増大した。27時間周期下の卵黄重量の増大は卵巣内滞在時間の延長によって起るものと考えられた。

引用文献

- 1) Abplanalp, H. (1961) Response of Japanese quail to restricted lighting. *Nature* **189**, 942-943.
- 2) ———, Woodard, A. E. and W. O. Wilson (1962) The effects of unnatural day lengths upon maturation and egg production of the Japanese quail, *Coturnix coturnix japonica*. *Poultry Sci.* **41**, 1963-1968.
- 3) Arrington, L. C., Abplanalp, H. and W. O. Wilson (1962) Experimental modification of the laying pattern in Japanese quail. *Brit. Poultry Sci.* **3**, 105-113.
- 4) Biellier, H. W. and O. W. Ostmann (1960) Effect of varying daylength on time of oviposition in domestic fowl. *Res. Bull. Mo. agric. Exp. Stn.* **747**.
- 5) Byerly, T. C. and O. K. Moore (1941) Clutch length in relation to period of illumination in the domestic fowl. *Poultry Sci.* **20**, 387-390.
- 6) Davis, G. T., Wilcox, T. W. and A. F. Beeckler (1964) Photoperiodic response of chickens. *ibid* **43**, 805-811.
- 7) Foster, W. H. (1968) The effect of light-dark cycles of normal lengths upon egg production. *Brit. Poultry Sci.* **9**, 273-284.
- 8) ——— (1969) Egg production under 24-, 26- and 28-hour light-dark cycles. *ibid* **10**, 273-279.
- 9) ——— (1972) Production and selection under light-dark cycles of abnormal lengths. In: *Egg formation and production*, Edit. Freeman, B. M. and P. E. Lake, *Brit. Poultry Sci. Ltd., Edinburgh*, 161-183.
- 10) Fox, S., Morris, T. R. and R. C. Jennings (1971) The use of non-24-hour cycles to manipulate egg weight in pullets. *Wld's Poultry Sci. J.* **27**, 159.

- 11) Gibson, W. R., Follett, B. K. and B. G. Gledhill (1975) Plasma levels of luteinizing hormone in gonadectomized Japanese quail exposed to short or to long daylengths. *J. Endocr.* **64**, 87-101.
- 12) Homma, K., McFarland, L. Z. and W. O. Wilson (1967) Response of the reproductive organs of the Japanese quail to pinealectomy and melatonin injections. *Poultry Sci.* **46**, 314-319.
- 13) Kirkpatrick, C. M. and A. C. Leopold (1952) The role of darkness in sexual activity of the quail. *Science* **116**, 280-281.
- 14) Melek, O., Morris, T. R. and R. C. Jennings (1973) The time factor in egg formation for hens exposed to ahemeral light-dark cycles. *Brit. Poultry Sci.* **14**, 493-498.
- 15) Morris, T. R. (1973) The effects of ahemeral light and dark cycles on egg production in the fowl. *Poultry Sci.* **52**, 423-445.
- 16) Opel, H. (1966) The timing of oviposition and ovulation in the quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Brit. Poultry Sci.* **7**, 29-38.
- 17) Phillips, R. E. and D. C. Warren (1937) Observations concerning the mechanics of ovulation in the fowl. *J. Exp. Zool.* **76**, 117-136.
- 18) Plank, R. J. (1975) Multichannel digital recording for oviposition in Japanese quail. *Poultry Sci.* **54**, 766-771.
- 19) ——— and H. J. Johnson (1975) Oviposition patterns and photoresponsivity in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *J. Interdiscipl. Cycle Res.* **6**, 131-140.
- 20) Rosales, A. A., Biellier, H. V. and A. B. Stephenson (1968) Effect of light cycles on ovipositions and egg production. *Poultry Sci.* **47**, 586-591.
- 21) Stockton, K. L. and V. S. Asmundson (1950) Daily rhythm of egg production in turkeys. *ibid* **29**, 477-479.
- 22) Tanaka, K., Mather, F. B., Wilson W. O. and L. Z. McFarland (1965) Effect of photoperiods on early growth of gonads and on potency of gonadotropins of the anterior pituitary in coturnix. *ibid* **44**, 662-665.
- 23) ———, Wilson, W. O., Mather, F. B. and L. Z. McFarland (1966) Diurnal variation in gonadotropic potency of the adenohipophysis of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Gen. Comp. Endocrinol.* **6**, 1-4.
- 24) van Albada, M. (1958) Influencia de los períodos de iluminación sobre la postura en ciclos en la gallina doméstica. 11th Wld's Poul. Congr., Mexico, 275-283. [Cited by Foster, W. H., 1972]
- 25) Warren, D. C. and H. M. Scott (1934) Ovulation in the domestic hen. *Science* **80**, 461-462.
- 26) ——— and ——— (1935) The time factor in egg production. *Poultry Sci.* **14**, 195-207.
- 27) ——— and ——— (1936) Influence of light on ovulation in the fowl. *J. Exp. Zool.* **74**, 137-156.
- 28) Wilson, W. O. and R. H. Huang (1962) A comparison of the time of ovipositing for coturnix and chicken. *Poultry Sci.* **41**, 1843-1845.
- 29) ———, Abplanalp, H. and L. C. Arrington (1962) Sexual development of coturnix as affected by changes in photoperiods. *ibid* **41**, 17-22.
- 30) Wolford, J. H., Ringer, R. K. and T. H. Coleman (1964) Ovulation and egg formation in the Beltsville Small White turkey. *ibid* **43**, 187-189.
- 31) Woodard, A. E., Wilson, W. O. and H. Abplanalp (1962) Rhythm of lay in chickens as influenced by a 16 hour "day". *ibid* **41**, 1758-1762.
- 32) ——— and F. B. Mather (1964) The timing of ovulation, movement of the ovum through the oviduct, pigmentation and shell deposition in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *ibid* **43**, 1427-1432.