

八种鸡形目鸟类卵壳及壳膜超微结构观察

刘 遵 发
(兰州大学生物系 730000)

高金城 李柏年
(兰州大学电镜室 730000)

Q959.725

A

摘要 8种鸡中, 高原山鹑卵壳仅由乳突层和栅栏层构成, 缺少护膜层, 表面无裂纹, 外气孔开放。其它种类由乳突层、栅栏层和护膜层构成, 表面有裂纹, 外气孔有覆盖。栅栏层都有与飞翔相适应的气泡, 飞翔能力强, 速度快的种类产卵壳气泡密度高的卵。

壳膜为网状纤维结构, 纤维粗细和密度有控制孵化期的功能。

关键词 鸡形目, 卵壳, 壳膜, 超微结构

自电子显微镜使用后, 鸟类卵壳的超微结构有了不少研究。Board(1982)对这些工作作了综述, 因所作种类较少, 仍有进一步发现和探讨的内容。

相比之下, 壳膜的研究不如卵壳的多, Candlish(1970)首先描述了壳膜的网状结构, Balck(1970)初步分析了家鸡卵壳膜的成份。此后壳膜的研究没有更大进展。

作者用扫描电镜观察了8种鸡卵壳及壳膜的超微结构, 结果报道如下。

1 材料和方法

1.1 材料、样品制作及观察

选取高原山鹑(*Perdix hodgsoniae*)、大石鸡(*Alectoris magna*)、石鸡(*Alectoris chukar*)、高山雪鸡(*Tetraogallus himalayensis*)、血雉(*Ithaginis cruentus*)、蓝马鸡(*Crossoptilon auritum*)、斑尾榛鸡(*Bonasa sewerzowi*)和家鸡(*Gallus domesticus*)的新鲜卵壳及壳膜, 用无水酒精洗净烘干, 以旋转投影碳金(HITACHI. Hus-5GB)喷镀制成扫描电镜样品。在荷兰产 Philips EM-400 电镜上, 60 kV 加速电压下观察拍照。

1.2 膜纤维粗细的测量及其密度统计

膜纤维粗细以测微尺测量。统计照片上每 cm^2 通过的纤维条数, 据放大倍数复原, 以每 $100 \mu\text{m}^2$ 通过的纤维条数作为密度。

1.3 卵壳气泡密度统计

显示卵壳气泡密度的照片均放大 6400 倍, 面积 $8 \times 7 \text{cm}^2$ 。沿对角线统计每 cm^2 的气泡数, 以示气泡密度。

1.4 飞翔能力和速度的相对表示法

鸟类飞翔能力和速度与翅形和体重相关, 为使不同种类间有可比性, 以雌鸟体重比翅

长, 即单位翅长所承受的体重作为飞翔能力和速度的相对指标。单位翅长承受的体重大, 飞翔力差, 速度慢。相反则飞翔力强, 速度快。

2 结果

2.1 卵壳的基本结构

8种鸡中, 斑尾榛鸡、高山雪鸡、大石鸡、石鸡、血雉、蓝马鸡和家鸡卵壳由乳突层、栅栏层和附加于栅栏层表面的结晶体护膜3层构成(图版I: 6)。护膜层龟裂成壳外表面的裂纹(图版I: 1)。高原山鹑卵壳由乳突层和栅栏层构成, 缺少护膜层(图版I: 5), 表面无裂纹, 而具有绕卵壳的环带(图版I: 2)。

所有的卵壳均有气道系统, 贯通卵壳, 但气道外孔不同。3层结构的卵壳外气孔有掩盖(图版I: 3、6)。双层结构的外气孔直接开口于卵壳表面, 属开放式(图版I: 2、5)。

卵壳内表面是紧密排列的乳突头。其间有内气孔(图版I: 8)。

卵壳栅栏层均有气泡(vesicle), 但密度不同, 依此8种卵壳分为3类, 高原山鹑的属双层多气泡卵壳(图版II: 2); 斑尾榛鸡, 两种石鸡和血雉的属3层多气泡卵壳(图版II: 3、5、6); 雪鸡、蓝马鸡和家鸡的属3层少气泡卵壳(图版II: 1、4)。气泡主要减轻卵的重量, 是与飞翔适应的结构(表1)。

表1 卵壳气泡密度和雌鸟体重与翅长比

Tab. 1 Density of vesicles in shell and body weight / wing length in female

种类	卵壳气泡密度(V/cm ²)	体重/翅长(g/mm)
斑尾榛鸡	11.33 ± 0.46 (N=18)	1.65 (N= 6)
高山雪鸡	1.60 ± 0.24 (N=25)	9.17 (N= 5)
高原山鹑	13.21 ± 0.42 (N=19)	2.84 (N= 4)
石 鸡	8.82 ± 0.46 (N=22)	2.58 (N=20)
大 石 鸡	7.11 ± 0.39 (N=19)	3.02 (N=10)
蓝 马 鸡	1.50 ± 0.23 (N=23)	6.36 (N=15)

气泡密度与单位翅长承担的体重显著负相关($r = -0.8691$, $p < 0.01$)。这说明单位翅长承受体重小, 即飞行能力强, 速度快的种类产卵壳气泡密度高的卵, 反之产卵壳气泡密度低的卵。

2.2 壳膜的结构及生物学功能

壳膜有内外两层, 均为网状纤维结构(图版II: 7-14)。外层较厚, 内层薄, 在气室外由空气将两层分开, 其它地方紧贴在一起(图版I: 5)。外膜的一些纤维长入乳突内, 使膜与卵壳紧密结合(图版I: 7、9、10)。

膜内表面不同, 分3类, 家鸡、雪鸡壳膜内表面附加一层光滑的薄膜, 有裂缝或孔, 供气体代谢(图版II: 9、10); 斑尾榛鸡和蓝马鸡的覆盖粗糙的片状薄膜(图版II: 7、8); 血雉、两种石鸡和高原山鹑无上述结构, 膜纤维边缘外延(图版II: 12、13、14)。

膜外表面结构一致, 有乳突核和由其放射出的结晶体(图版I: 4; 图版II: 11)。乳突核是卵壳钙化的起点。

壳膜在保证胚胎正常发育方面起重要作用, 胚胎发育过程中的代谢气体(O₂ 和 CO₂), 水份和由卵壳供应建造骨骼的 Ca²⁺均通过壳膜渗透转运。来自卵壳的 Ca²⁺在电

位(或浓度)梯度作用下, 经壳膜渗透到与壳膜内表面相接触的动脉血液中, 形成血钙, 从而建造雏鸟的骨骼。这些物质转运速度取决于膜纤维的粗细和密度, 因而壳膜有控制孵化期的功能(表 2)。

依表 2, 孵化期与纤维密度正相关($r=0.34$), 纤维密度与卵的体积正相关($r=0.59$), 纤维粗细与卵的大小呈负相关($r=-0.47$)。即卵越大, 纤维越细越密。这样纤维越细, 密度越高孵化期有相对缩短的趋势。膜纤维密度高而细的高原山鹑、高山雪鸡和血雉的实际孵化期较理论值缩短 1.49—1.96 d, 而纤维粗, 密度最低的斑尾榛鸡则延长 1.36 d。家鸡纤维最细最密, 孵化期缩短 5.65 d。

表 2 卵壳膜纤维的粗细、密度、卵的体积和孵化期

Tab. 2 Degree of thickness and density of fibres of shell membrane, volume of eggs and incubated period

种 类	膜纤维粗细 (μm)	膜纤维密度 (条 / $100 \mu\text{m}^2$)	理论孵化期 (d)	实际孵化期 (d)	卵的体积 (cm^3)
高原山鹑	1.198 ± 0.07 (57)	7.930 ± 0.19 (36)	22.07 ^①	20.4*	13.69 ^②
大石鸡	2.272 ± 0.11 (89)	4.225 ± 0.21 (20)	23.35	23.0 ^③	22.63
高山雪鸡	1.446 ± 0.14 (22)	12.910 ± 0.75 (23)	30.49	29.0 ^④	66.78
血雉	1.743 ± 0.07 (98)	7.846 ± 0.22 (13)	25.60	24.0 ^⑤	30.96
家鸡	1.062 ± 0.07 (68)	6.400 ± 0.15 (30)	26.65	21.0*	50.02
蓝马鸡	1.422 ± 0.06 (99)	5.730 ± 0.05 (23)	27.72	26.0*	50.60
斑尾榛鸡	2.379 ± 0.15 (51)	1.571 ± 0.15 (14)	23.64	25.0 ^⑥	22.25

* 人工孵化

① 依 $I = 12.03 \text{ EW}^{0.217}$ (Rahn, 1974) 计算孵化期, EW 卵的鲜重(g)。② 依 $V = 0.507 \text{ LB}^2$ (Hoyt, 1979) 计算卵的体积, L 卵长径, B 卵短径(cm)。

③ 刘适发(1982), ④ 刘适发(1990), ⑤ Liu Naifa(1988), ⑥ 王香亭(1987)。

表 3 卵壳膜纤维密度种间差异显著性检验的 t 值表Tab. 3 T -value of remarkable test of difference among densities in fibres of shell membrane

1						
2	7.77**					
3	6.95**	11.15***				
4	0.14	15.31***	4.21*			
5	3.42*	6.47*	9.40**	3.44*		
6	4.83*	29.86***	9.73**	7.51**	2.02*	
7	11.25***	13.19***	11.92***	24.56***	12.28**	16.74***
1	2	3	4	5	6	7

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$ 1. *Perdix hodgsoniae*. 2. *Alectoris magna*. 3. *Tetraogallus himalayensis*. 4. *Ithaginis cruentus*.
5. *Gallus domesticus*. 6. *Crossoptilon auritum*. 7. *Bonasa sewerzowi*.

表4 卵壳膜纤维密度的种间相似性系数

Tab. 4 Resemble parameters among species in density of fibres of shell membrane

1						
2	0.0832*					
3	0.1267	0.1250				
4	0.6370	0.0250	0.0217			
5	0.5943	0.3000	0.0217	0.4314		
6	0.4045	0.2174	0.0217	0.2676	0.6639	
7	0.0000	0.0500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	1	2	3	4	5	6
						7

* 用 $0 = 1 - 1/2 \sum_{i=1}^n |p_{ij} - p_{ik}|$ 计算种间相似系数, 式中 p_{ij} 和 p_{ik} 纤维密度相等一维j种k种占的比例。

1. *Perdix hodgesonae*. 2. *Alectoris magna*. 3. *Tetraogallus himalayensis*. 4. *Ithaginis cruentus*.
5. *Gallus domesticus*. 6. *Crossoptilon auritum*. 7. *Bonasa sewerzowi*.

3 讨论

3.1 分类讨论

除平胸目鸟类卵壳气道系统有一定分类学意义外(Board, 1982), 至今尚未发现卵壳其它结构有明确的分类学意义。壳膜有无分类学意义, 无文献可考。

本文材料包括雉科(Phasianidae)和松鸡科(Tetraonidae)。斑尾榛鸡壳膜纤维较雉科种类的都粗, 其密度与雉科种类间差异均极显著(表3)。与雉科种类膜纤维密度相似性系数几乎为零(表4)。这说明壳膜纤维的粗细和密度可能代表雉科和松鸡科的分类特征。

3.2 卵壳结构的适应性

Board (1982)认为卵壳气道外气孔的结构与营巢类型有关, 在地面挖坑营巢的家鸡外气孔有覆盖, 而在树上以细树枝营简单巢的鸽属(*Columba spp.*)外气孔为开放式。我们所研究的高原山鹑营巢方式与家鸡相同, 但气道外气孔是开放式的。因而鸟类卵壳气道外气孔与营巢类型间的关系尚需进一步研究, 以少数种类所得的结论过于武断。

图版说明

图版 I

1. 高山雪鸡卵壳外表面, 示裂纹(FI) $\times 100$
2. 高原山鹑卵壳外表面, 示环带(RB)、开放式外气孔(OO) $\times 800$
3. 高山雪鸡卵壳外表面, 裂纹放大, 示外气孔盖膜(C) $\times 3600$
4. 高山雪鸡卵壳膜外表面, 示乳突核(CO)和由其放射出的结晶(C) $\times 100$
5. 高原山鹑卵壳横断面, 示卵壳膜(SM)、乳突层(CN)、气道(PC)、栅栏层(PL)、开放的外气孔(OO) $\times 100$
6. 高山雪鸡卵壳横断面, 示乳突层(CN)、栅栏层(PL)、外层致密结晶层(DC)、气道(PC)、外气孔的盖膜(C)和方结晶结构(CM) $\times 150$
7. 大石鸡乳突层和卵壳膜横断面, 示乳突(CN)、气道(PC)、方结晶结构(CM)、卵壳膜(SM)和纤维(F) $\times 520$

8. 高山雪鸡卵壳内表面, 示气道内气孔(IO)和乳突顶端(CT) $\times 200$
9. 蓝马鸡卵壳乳突层(CN), 卵壳膜(SM), 纤维(F), 示它们之间的结合 $\times 800$
10. 斑尾榛鸡卵壳乳突层(CN), 卵壳膜(SM)和膜纤维(F) $\times 800$

图版 II

1. 高山雪鸡卵壳栅栏层, 示气泡(V) $\times 6400$
2. 高原山鹑卵壳栅栏层, 示气泡 $\times 6400$
3. 大石鸡卵壳栅栏层, 示气泡 $\times 6400$
4. 蓝马鸡卵壳栅栏层, 示气泡 $\times 6400$
5. 山石鸡卵壳栅栏层, 示气泡 $\times 6400$
6. 斑尾榛鸡卵壳栅栏层, 示气泡 $\times 6400$
7. 斑尾榛鸡的卵壳膜, 示内膜(ISM), 外膜(OSM)和外膜纤维(F) $\times 520$
8. 蓝马鸡卵壳膜, 示内膜(ISM), 外膜(OSM)和外膜纤维(F) $\times 520$
9. 家鸡卵壳膜, 示内膜(ISM), 外膜(OSM)和外膜纤维(F) $\times 2000$
10. 高山雪鸡卵壳内膜内表面, 示内膜(ISM)裂纹(FI)和露出的外膜纤维(F) $\times 800$
11. 高山雪鸡卵壳膜外表面, 示外膜(OSM), 外膜纤维(F)和乳突核放射出的钙化层(C) $\times 1600$
12. 高原山鹑卵壳膜, 示内膜(ISM)和内膜纤维(F) $\times 520$
13. 血雉卵壳膜, 示内膜(ISM)和内膜纤维(F) $\times 520$
14. 大石鸡卵壳膜, 示内膜(ISM)和内膜纤维(F) $\times 520$

参 考 文 献

- 王香亭, 刘运发等. 1987. 斑尾榛鸡的生态研究. 动物学报, 33(1): 73—81.
- 刘运发, 杨友桃. 1982. 石鸡青海亚种的生态研究. 动物学研究, 3(1): 69—76.
- 刘运发, 王香亭. 1990. 高山雪鸡繁殖生态研究. 动物学研究, 11(4): 299—302.
- 郑作新. 1978. 中国动物志鸟纲第四卷鸡形目. 北京: 科学出版社, 1—192.
- Balck D A, R A Cook. 1970. A study of the composition of hen egg shell membranes. *Ann. Biol. Anim. Biochem.* 10. 13—20.
- Board R G. 1982. Properties of avian egg shells and their adaptive value. *Biol. Rev.* 57. 1—28.
- Candlish J K. 1970. The outer membranes of the avian egg shell as a reticular structure. *Brit. Poultry Sci.* 11: 341.
- Liu Naifa, Wang Xiangting, Chen Yifeng. 1988. Breeding ecological studies of Blood Pheasant, *Ithaginis cruentus*. Proceedings of The First International Conference on Wildlife Conservation in China, 147—149, Sino Films (China) LTD.
- Rahn H. A Ar. 1974. The avian egg: Incubation time and water loss. *Condor*, 76(2): 147—152.

OBSERVATIONS ON ULTRASTRUCTURES OF EGGSHELL AND SHELL MEMBRANES OF EIGHT SPECIES OF GALLIFORMES

Liu Naifa

(Department of Biology, Lanzhou University 730000)

Gao Jincheng Li Bainian

(Electron Microscopy Lab. Lanzhou University 730000)

Abstract

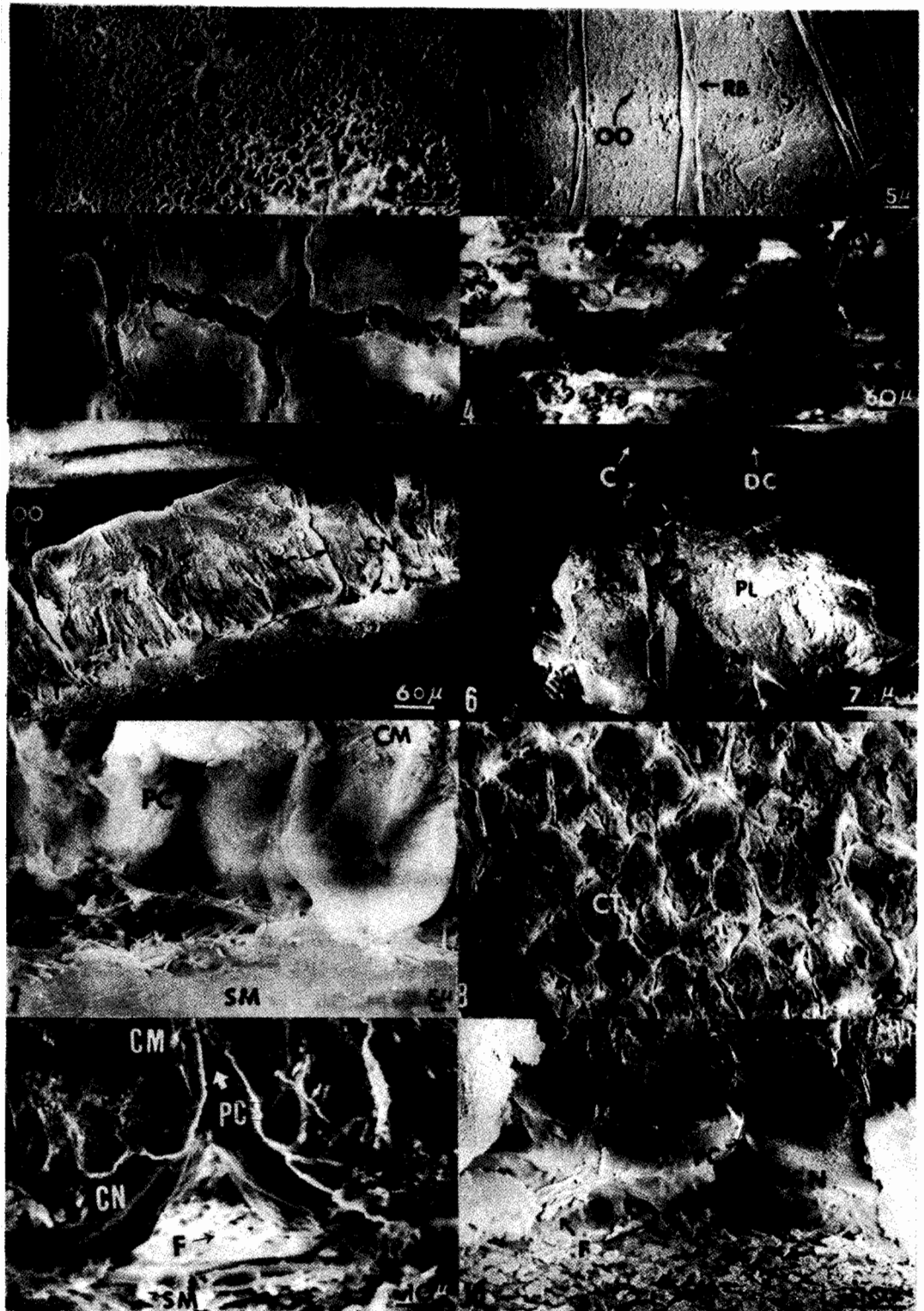
The ultrastructures of eggshells and shell membranes of eight species of Galliformes, which are *Bonasa sewerzowi*, *Crossoptilon auritum*, *Ithaginis cruentus*, *Alectoris magna*, *Alectoris chukar*, *Perdix hodgsoniae*, *Tetraogallus himalayensis* and *Gallus domesticus*, were observed by scanning electron micrograph.

Among them, eggshell of *P. hodgsoniae* consists of cone layer and palisade layer, and absents cuticle and fissures on its surface. The outer orifices of pore canals are open. The eggshells of the others are comprised cone layer, palisade and cuticle. Their surfaces have fissures and outer orifices of pore canals are covered by membrane. The vesicles in the palisade are a structure adapted to fly. Species, which flying ability is stronger and flying speed is faster, lay eggs that density of the vesicles in eggshell is greater.

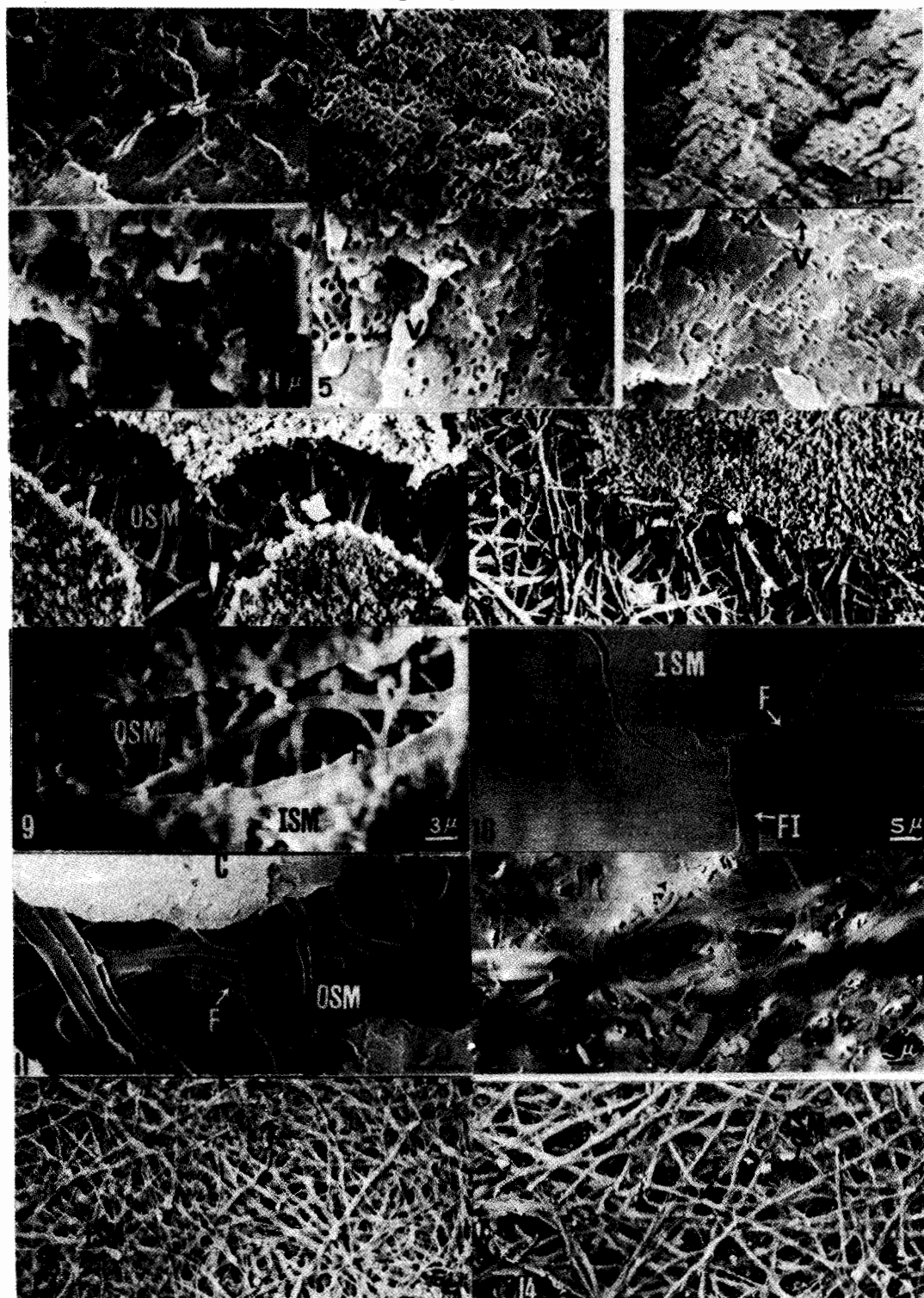
The shell membranes are all consisted of two layers that are reticular fibre structure. The thickness and density of fibres have function controlling incubation period.

Key words Galliformes, Eggshell, Shell membrane, Ultrastructure

Liu Naifa *et al.*: Observations on ultrastructures of eggshell and shell membranes of eight species of galliformes



(图版说明在正文内)



(图版说明在正文内)