

兰花蕉种子的解剖学和组织化学研究^{*}

温颖群 廖景平 吴七根
(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

摘 要 兰花蕉种子球形或近球形, 具表皮毛, 种脊不明显。种子包括假种皮、种皮、外胚乳、内胚乳和胚五部分。假种皮具 3~4 条粗毛状裂片, 包围种子或不定向伸展; 裂片最外方为 1 层表皮细胞和 1~3 层厚壁细胞, 内方为薄壁细胞; 表皮细胞和厚壁细胞的壁增厚并木质化; 成熟时裂片下部 1/2 段中空。种皮由外珠被发育而来, 但内珠被在种子发育后期才萎缩。种皮分化为外种皮, 中种皮与内种皮; 外种皮由 1 层表皮细胞构成, 其细胞壁增厚并木质化; 中种皮外方为 2~3 层厚壁细胞, 内方由 12~15 层薄壁细胞构成; 内种皮由 1 层径向延长的石细胞构成, 其细胞壁网状增厚, 胞腔不明显。外胚乳极不显眼, 大部分只由 1 层切向延长的长方形细胞构成, 局部为 2~17 层细胞; 外胚乳细胞主要含许多脂类物质及少量蛋白质颗粒, 不含淀粉。内胚乳占据种子很大的体积, 由通常径向延长的长方形、长条形或方形薄壁细胞构成; 细胞内充满淀粉粒和通常一颗亦有 2 至多颗菱形或方形蛋白质晶体, 脂类物质极少。胚圆柱形, 胚根和胚芽不明显。种子珠孔区不分化出珠孔领和孔盖, 但具柄, 柄的远轴端边缘大部分着生假种皮, 着生假种皮一侧柄略膨大。合点区内种皮出现极宽的缺口, 缺口间为整体呈弧状长条形的合点区厚壁细胞群。较粗的种脊维管束在合点区分支形成 10 条或 8 条维管束并伸向珠孔区, 属合点后多维管束结构类型。

关键词 兰花蕉; 种子; 解剖学; 组织化学

ANATOMY AND HISTOCHEMISTRY OF THE SEED OF ORCHIDANTHA CHINENSIS T. L. WU

Wen Yingqun Liao Jingping Wu Qigen

(South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou 510650)

Abstract The seed of *Orchidantha chinensis* T. L. Wu, with spheroidal or nearly spheroidal shape, having epidermal hairs and an unclear raphe in surface view, comprises aril, seed coat, perisperm, endosperm and embryo. Aril consists of 3~4 coarse hair-like lobes and encloses the seed or extends in different direction. The outer most part of aril lobes is 1 layer of epidermal cells followed by 1~3 layers of sclerenchyma cells. Cells of these two kinds are with thickened and lignified cell wall, while the rest part of them comprises parenchyma cells. The lower half part of aril lobes is hollow at mature stage. Seed coat differentiated into exotesta, mesotesta and endotesta, is developed

1996-11-29 收稿

第一作者简介: 温颖群, 女, 1942 年出生, 高级工程师, 从事植物解剖学和组织培养研究。

^{*}国家自然科学基金资助项目

from outer integument. Inner integument is not shrivelled untill the late stage of the seed development. Exotesta is composed of one layer of epidermal cells with thickened and lignified cell wall. The outer part of mesotesta consists of 2 ~ 3 layers of sclerenchyma cells and the inner part contains 12 ~ 15 layers of parenchyma cells. Endotesta includes 1 layer of radially elongated sclereids with reticularly thickened wall and obscure lumen. Perisperm is not easy to be observed because major part of it consists of only 1 layer of parenchyma cells which are tangentially elongated. It is merely a few parts of it with 2 ~ 17 layers of parenchyma cells. Cells of perisperm contain mainly lipids, a small amount of protein granulars but no starch grain. Endosperm occupies large volume of a seed and consists of many layers of parenchyma cells which are radially elongated, with oblong, linear or square shape. These cells are filled with starch grains as well as mostly one and sometimes 2 to many rhomboidal or square shaped protein crystalloids, but lipid is seldom seen. Embryo is cylindrical shape and radicle and plumule haven't been differentiated. Micropylar collar and operculum are absent but a stalk is differentiated in micropylar region. Aril is borne on major part of margin of the distal end on a stalk, where the stalk slightly swells. However, on another side, the small part of margin lacks aril. A very wide gap of endotesta occurs in chalazal region and is filled with chalazal sclerenchyma cell group, of which the outline is arching and linear-shaped. In chalazal region, raphe vascular bundle branches into 10 or 8 bundles, which extend toward micropylar region, so the type of vascular supply of seeds belongs to many postchalazal bundles.

Key words *Orchidantha chinensis* T. L. Wu; seed; anatomy; histochemistry

兰花蕉科 (Lowiaceae) 种子的一些特征虽已被用于研究姜目的系统发育和分类^[1], 但迄今, 人们对兰花蕉科种子形态结构的认识仍非常有限。在种子形态方面, 只有分类学家对已报道的 11 种植物中的 3 种种子及假种皮形态有简单的描述。在种子解剖学方面, 仅 Takhtajan (1985) 的《种子比较解剖学》第一卷一书有泰国兰花蕉 (*Orchidantha siamensis* K. Larsen) 部分种皮结构不甚全面的描述和图示。种子的胚和胚乳^[2]、珠孔区结构^[3]和合点区结构尚未被研究, 而兰花蕉科种子是否具有外胚乳还有待进一步研究^[1, 4]。

兰花蕉科具有一些能影响姜目系统发育重建的关键特征^[5], 因此对兰花蕉科植物进行全面、系统的研究是非常必要的。而迄今对兰花蕉科植物的研究除分类学方面的工作较多外, 其他学科的研究却很少, 因此兰花蕉科在姜目的系统位置一直存在很大争议而未能解决。有鉴于此, 作者拟对兰花蕉科植物进行多学科的系统研究, 本文是其中的一部分, 首次报导了我国特产的濒危植物兰花蕉 (*O. chinensis* T. L. Wu) 种子解剖学和组织化学, 旨在为揭示兰花蕉科种子的形态结构, 为重建姜目系统发育提供资料。

1 材料与方法

研究材料主要采自华南植物园姜园, 部分采自广东省阳春市红花潭水电站附近, 用

FAA 固定保存。胚珠及幼嫩种子用铁矾苏木精整体染色，石蜡切片法制片，中性树胶封藏；发育中后期及成熟种子用滑走切片机冰冻切片法制片，爱尔新蓝一番红染色，甘油胶封藏。用氯化汞—溴酚蓝鉴定蛋白质，高碘酸—锡夫试剂鉴定多糖，碘—碘化钾鉴定淀粉，苏丹黑 B 鉴定脂类物质。Leitz ORTHOLUX—II 万能显微镜下观察、拍照和用绘图仪绘图。种子形态用 Minolta XG—9 照相机拍照。

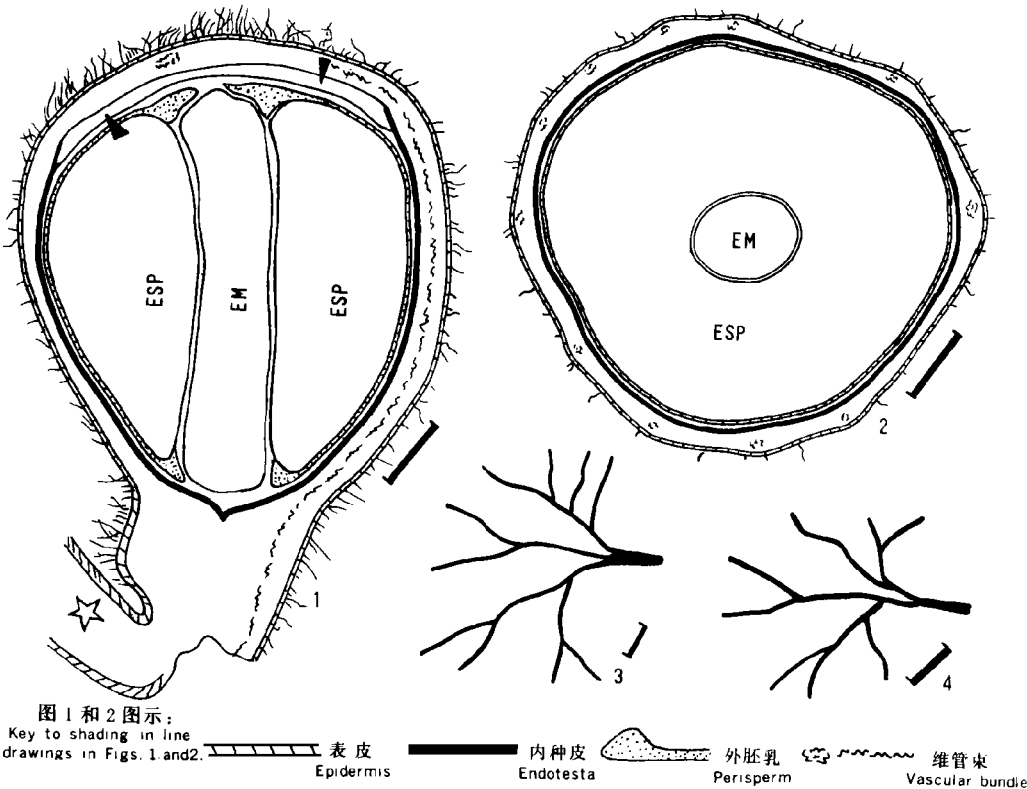


图 1—4 种子结构及合点区维管束供应图

1. 通过种子具种脊维管束的中部纵切面 2. 通过种子中部横切面简图 3、4. 种子顶面观示合点区维管束供应。比例尺为 1 mm
- Figs. 1—4 Diagrams of seed structure and vascular supply at chalazal region
1. Diagram of a seed in longitudinal section through seed's median plane with raphe bundle; 2. Diagram of a seed in transvers section through seed's median level 3 and 4. Vascular supply at chalazal region in top view
3. In a seed while 4. in another seed.
- All bars = 1mm. EM = 胚 Embryo, ESP = 内胚乳 Endosperm, ☆ 示假种皮 indicating the part of aril, ▲ 示合点区厚壁细胞群 indicating the chalazal sclerenchyma cell group.

2 结 果

兰花蕉种子球形或近球形，直径约 5~6mm，褐色至黑褐色，具表皮毛，种脊不明显。种子基部（珠孔端）具柄（Stalk），柄的远轴端边缘大部分着生假种皮（图版 I，4），着生假种皮一侧柄有时略膨大（图 1）。种子包括假种皮、种皮、外胚乳、内胚乳和胚；珠孔区种子不分化出珠孔领和孔盖，合点区内种皮出现极宽的缺口，缺口间为合点区厚壁细胞群（Cha-

lazar sclerenchyma cell group) (图 1)。

2.1 假种皮

具粗毛状裂片 (coarse hair-like lobe) 3~4 条, 白色或黄白色, 包围种子或不定向伸展 (图版 I, 4), 每条长约 20 mm, 基部直径约 1.4 mm, 成熟时下部 1/2 段中空 (图版 I, 6) 且常被压扁。裂片的最外方为 1 层表皮细胞和 1~3 层厚壁细胞, 表皮细胞和厚壁细胞的壁增厚并木质化 (图版 I, 5)。厚壁细胞内方为形态、大小不甚一致的薄壁细胞, 细胞内一般无内含物, 部分薄壁细胞含有草酸钙针晶束。裂片的细胞纵向延长 (图版 I, 8)。

2.2 种皮 兰花蕉的胚珠具两层珠被, 内珠被有 4~6 (7) 层细胞, 外珠被有 14~17 层细胞 (图版 I, 2), 外珠被具 11 (图版 I, 3 及图 3) 或 9 条维管束 (图 4)。种皮由外珠被发育而来, 但内珠被在种子发育后期才退化, 即使在成熟种子, 其种皮与外胚乳之间依然见有红棕色的内珠被痕迹, 只是其细胞被挤压, 一般见不到完整的细胞形态。外珠被发育分化为外种皮、中种皮与内种皮。

2.2.1 外种皮 由外珠被的外表皮细胞发育而来, 具 1 层表皮细胞。外种皮细胞纵向延长, 纵切面线形或长条形, 两端锐尖 (图版 I, 10); 横切面为近圆形或椭圆形 (图版 I, 9)。最外方的部分表皮细胞突起形成单细胞表皮毛 (图版 I, 8, 9, 10; 图 1, 2)。外种皮细胞及表皮毛具明显的单纹孔, 壁增厚并木质化, 经爱尔新蓝一番红染色后呈红色。

2.2.2 中种皮 外方 2~3 (4) 层为厚壁细胞, 其形状与外种皮细胞相似, 但内方的细胞体积稍大; 内方一般由 12~15 层薄壁细胞构成, 外方的细胞体积较大, 长椭圆形 (横切面) (图版 I, 9) 或长方形 (纵切面) (图版 I, 10), 细胞间隙小, 内方的细胞, 体积较小。中种皮细胞内含少量淀粉, 内方 2~3 层细胞含有数量不等的色素物质。种脊处及含有合点后维管束处的中种皮细胞层数增多 (图版 I, 3)。

2.2.3 内种皮 由外珠被的内表皮发育而来, 仅有 1 层石细胞 (图版 I, 9, 10, 12)。细胞壁红棕色, 网状增厚, 胞腔不明显。无论横切面还是纵切面, 细胞均为径向延长的长方形, 珠孔区的内种皮细胞延长更甚。

2.3 外胚乳 由珠心组织发育而来。兰花蕉具厚珠心胚珠; 在内胚乳发育过程中, 珠心组织被逐步吸收, 至种子近成熟时, 大部分仅剩内珠被内方的 I 层珠心细胞, 局部为多层细胞, 因而在种子极不显眼, 很容易被忽略。成熟种子中, 兰花蕉外胚乳位于内种皮内方的红棕色内珠被残痕与内胚乳之间, 大多数区域只有 1 层细胞 (图版 I, 12), 但在合点区厚壁细胞群内方或珠孔区种柄内方与胚和内胚乳三者邻接的角隅处见有 2~17 层细胞的区域 (图 1)。纵切面外胚乳细胞切向延长, 长方形 (图版 I, 12), 主要含许多脂类物质及少量蛋白质颗粒, 不含淀粉。

2.4 内胚乳 占有种子的大部分体积, 由通常径向延长的长方形、长条形或方形薄壁细胞构成。内胚乳细胞充满淀粉粒和通常含一颗菱形或方形蛋白质晶体, 亦有含 2 至多颗的, 脂类物质极少。

2.5 胚 圆柱形, 分化少, 胚根和胚芽不明显 (图 1)。细胞内含有许多蛋白质和脂类物质, 淀粉极少。

2.6 珠孔区的结构 种子的珠孔区无珠孔领 (Micropylar collar) 和孔盖 (Operculum), 但具柄 (Stalk)。柄远轴端边缘大部分为假种皮裂片基部覆盖; 只有小部分缺少假种皮, 种脊维管束就在附近进入种子 (图 1)。柄的外方为 1 层表皮细胞, 其内方有层数不等的数层厚

壁细胞, 再内方为多层薄壁细胞, 部分薄壁细胞局部突起, 相邻细胞间以突起相连, 因此, 此区域具较大的细胞间隙, 许多薄壁细胞具梯纹或网纹增厚, 纹孔明显。

2.7 合点区的结构 合点区亦分化出外种皮、中种皮和内种皮。合点区外种皮只有 1 层表皮细胞。中种皮厚壁细胞及薄壁细胞的细胞层数比非合点区的略增多, 中种皮内可见种脊维管束(图 1)及其分出的多条维管束。内种皮出现极宽的缺口, 缺口间为整体呈弧状长条形的合点区厚壁细胞群(图 1)。合点区厚壁细胞群由 12~15 层近等径的薄壁细胞发育而来(图版 1, 11)其细胞壁木质化, 具明显的单纹孔。

2.8 种子维管束系统 种脊维管束从珠柄进入中种皮往上延伸到达合点区, 在合点区二叉分支或二叉合轴式分支形成 10 条或 8 条维管束(图 3, 4), 这些维管束往下伸向珠孔区, 故兰花蕉种子维管束系统属合点后多维管束(Many post-chalazal bundles)^[6]。成熟种子的种脊不甚明显, 但胚珠时期却可区分珠脊维管束(Raphe bundle)与其他合点后维管束(post-chalazal bundles), 因前者较粗大, 维管束木质部主要由螺纹管胞组成, 亦见梯纹管胞及少量网纹管胞。

3 讨 论

兰花蕉属种子的假种皮形态, 很早就引起了分类学家的注意。Larsen^[7]在 1961 描述了泰国兰花蕉种子(长 7mm)具三裂的、1cm 长、旋卷和被覆种子的假种皮, 并图示了带假种皮的种子形态。这是最早的兰花蕉属种子假种皮形态图。吴德邻^[8](1964)在首次整理世界兰花蕉科植物时, 对他的新种海南兰花蕉(*O. insularis* T. L. Wu)种子的假种皮形态并没有描述, 但在介绍兰花蕉科假种皮特征时描述种子有 3 裂的假种皮。后来 Holttum^[9](1970)在整理兰花蕉属的文章中描述本属具“少数长裂片构成的撕裂状假种皮”, 并记载了 3 个种假种皮形态, 即 *O. fimbriata* Holttum 的假种皮裂片长达 15 mm, 泰国兰花蕉假种皮裂片长 10 mm, 而马来兰花蕉(*O. maxillarioides* K. Schum.)的假种皮具约 6 条长于种子的、硬而窄的裂片, 以后的一些分类学专著将兰花蕉科假种皮描述为三裂假种皮^[10, 4], 而 Takhtajan (1985)的《种子比较解剖学》第一卷则将假种皮记载为具 3~6 裂片, 并引用了 Larsen (1961)的泰国兰花蕉种子形态图。我们的研究表明, 兰花蕉的假种皮裂片(lobes)为粗毛状(coarse hair-like), 3~4 条, 包裹种子或不规则延伸, 裂片在种子成熟前为实心, 种子成熟时下部 1/2 段中空且常被压扁, 假种皮的存在可能有利于种子传播。

兰花蕉科种皮结构仅见于 Takhtajan (1985)《种子比较解剖学》第一卷一书对泰国兰花蕉种皮结构的简单记载和不完整的图示。该书没有提出种皮结构的划分意见, 认为其种皮(外方)为多列(8~10 列)厚壁组织细胞, 其内为 7~8 列薄壁组织细胞, 最内层细胞很皱, 外种皮由圆形小细胞组成。我们的研究表明, 兰花蕉种子的种皮由外珠被发育而来, 可明显地划分为外种皮、中种皮和内种皮; 其外种皮由 1 层壁增厚并木质化的表皮细胞构成, 内种皮由 1 层细胞壁网状增厚的石细胞构成, 其间的中种皮由外方的 2~3 层厚壁细胞与内方的 12~15 层薄壁细胞组成。Holttum (1970)首先指出兰花蕉属的“种子是被毛的, 犹如姜科舞花姜属的种子那样”, 这与我们对兰花蕉及舞花姜(*Globba racemosa* Smith)^[11]种子表皮毛的观察结果是一致的。

兰花蕉科种子是否具有外胚乳一直存在争议。Dahlgren (1985)在姜目总的描述中指出

“在兰花蕉科、芭蕉科、旅人蕉科和蝎尾蕉科，胚乳是极其发育和淀粉质的，通常还补充以发育良好的珠心组织（外胚乳）”，但在兰花蕉科的描述中，只提到兰花蕉科种子为具内胚乳种子（endospermous）。Kress（1990）认为兰花蕉科种子无外胚乳。Takhtajan（1985）指出兰花蕉科种子的胚乳和胚未被研究过。我们的研究表明，兰花蕉种子具有外胚乳，但大部分外胚乳只有1层细胞，仅在合点区厚壁细胞群内方或珠孔区种柄内方与胚和内胚乳三者邻接的角隅处有2~17层外胚乳细胞。外胚乳细胞主要含有许多脂类及少量蛋白质颗粒。根据Takhtajan（1985）提供旅人蕉科、芭蕉科和蝎尾蕉科外胚乳的资料可知，旅人蕉科种子是否有外胚乳亦像兰花蕉科一样存在争议，芭蕉科的外胚乳只有一层细胞，与我们研究兰花蕉科的结果相似，而蝎尾蕉科的外胚乳虽只有层数不多的一窄带，但较兰花蕉科的为发达。在姜目8个科的演化过程中，外胚乳是由不发达向发达方向进化，兰花蕉科外胚乳微弱的发育正说明其原始性，可见外胚乳的发育亦是一个值得重视的特征。为真正了解兰花蕉外胚乳的特征，还有必要从胚胎学角度追踪兰花蕉珠心组织的发育过程。

Takhtajan（1985）没有内胚乳的任何资料。Dahlgren引述Cronquist（1981）的资料，报导兰花蕉科的内胚乳淀粉粒是等径的，具有多面的表面。我们的研究表明，兰花蕉内胚乳丰富，细胞通常为长方形、长条形或方形，充满淀粉和通常含一颗有时2至多颗菱形或方形蛋白质晶体。兰花蕉的胚分化少，胚根、胚芽不明显。

兰花蕉科种子珠孔区和合点区结构均未被研究过^[2,3]；我们首次观察到兰花蕉种子珠孔区无珠孔领和孔盖，但具柄状结构；柄的远轴端有时略膨大，紧接着为向外反折的假种皮，柄与假种皮没有明显的分界。种子合点区内种皮出现极宽的缺口（姜科的缺口要窄许多），缺口间为整体呈弧状长条形的合点区厚壁细胞群。

此外，我们还首次报道了兰花蕉胚珠（图版I，1，3）和种子维管束的类型属合点后多维管束。

参 考 文 献

- 1 Kress W J. The phylogeny and classification of the Zingiberales. *Ann Miss Bot Gard*, 1990, 77 (4): 698~721
- 2 Takhtajan A. Comparative anatomy of seeds. Vol. I. Izdat Nauka, Leningrad, 1985; 215~216
- 3 Grootjen C J & B Bouman. Development of the ovule and seed in *Costus cuspidatus*, with special reference to the formation of operculum. *Bot J Linn Soc*, 1981, 83: 27~39
- 4 Dahlgren *et al.*. The families of the Monocotyledons—Structure, Evolution and Taxonomy. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer-Verlag, 1985, 352~353
- 5 Kirchoff B K & H Kunze. Inflorescence and floral development in *Orchidantha maxillarioides* (Lowiaceae). *Int J Plant Sci*, 1995, 156 (2): 159~171
- 6 Johri B M *et al.*. Comparative Embryology of Angiosperms Vol. I. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag 1992, 98~99
- 7 Larsen K. New species of *Veratrum* and *Orchidantha* from Thailand and Laos. *Bot Tidskr*, 1961, 56: 345~350
- 8 吴德邻. 兰花蕉科植物之研究. 植物分类学报, 1964, 9 (4): 335~343
- 9 Holttum R E. The genus *Orchidantha* (Lowiaceae). *Gardens' Bulletin, Singapore*, 1970, XXV (2): 239~247
- 10 吴德邻等. 中国植物志（第16卷第2分册）. 北京: 科学出版社, 1981, 19~21
- 11 吴七根, 廖景平. 舞花姜种子的解剖学和组织化学研究. 广西植物, 1995, 15 (2): 146~153

图版说明

1. 通过胚珠中部的纵切面, 示倒生胚珠及多条维管束分布在合点区中种皮, $\times 33$; 2. 部分珠被纵切面, 示内、外珠被细胞层数, $\times 131$; 3. 通过胚珠中部的横切面, 示外珠被维管束的数目, $\times 33$; 4. 种子外形, 示种子具柄及粗毛状假种皮, $\times 4$; 5~7. 假种皮裂片横切面; 5. 示假种皮裂片结构, $\times 97$; 6. 示成熟假种皮裂片下部 1/2 段中空, $\times 32$; 7. 成熟假种皮裂片上部 1/2 段, $\times 27$; 8. 假种皮裂片纵切面, 示假种皮细胞纵向延长, $\times 53$; 9. 近成熟种子种皮横切面, 注意外种皮细胞形态及内珠被(箭头)尚未退化, $\times 88$; 10. 成熟种子种皮纵切面, 注意外种皮细胞形态, $\times 132$; 11. 未成熟种子近合点区部分纵切面, 示细胞壁尚未增厚的幼嫩合点区厚壁细胞群, $\times 76$; 12. 成熟种子部分种皮及胚乳纵切面, 注意外胚乳只有 1 层细胞部分的形态, $\times 72$ 。

Explanation of the plate:

1. Ovule in longitudinal section (L S) through the median plan, showing the anatropous ovule and many vascular bundles scattered on mesotesta of chalazal region, $\times 33$; 2. A part of outer and inner integuments in L S, showing number of cell layers of the inner and outer integuments, $\times 131$; 3. Ovule in transverse section (T S) through median level, showing number of vascular bundles in outer integument, $\times 33$; 4. Seeds on surface view, showing the stalks and coarse hair-like aril lobes, $\times 4$; 5~7. Aril lobes in T S, 5. Showing the structure of aril lobe, $\times 97$; 6. Showing the occurrence of a cavity in the lower half part of a mature aril lobe, $\times 38$; 7. Showing the upper half part of a mature aril lobe without cavity, $\times 27$; 8. A part of aril lobe in LS, showing the longitudinally elongated aril lobe cells, $\times 53$; 9. Seed coat at nearly mature stage in TS, showing the shape of exotesta cells and the under-generated inner integument (arrow), $\times 88$; 10. A part of Seed coat at mature stage in LS, showing the shape of exotesta cells, $\times 132$; 11. A part of chalazal region of an unripe seed in LS, showing the young chalazal sclerenchyma cell group of which cells with unthickened wall, $\times 76$; 12. A part of mature seed coat and perisperm in LS, showing shape of the cells of perisperm where perisperm consists of only one layer of cells, $\times 72$.