

146-153

15164(10)

广西植物 Guihaia 15(2): 146-153. 1995

## 舞花姜种子的解剖学和组织化学研究\*

吴七根 廖景平

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

Q949.718.3

A

**摘要** 舞花姜种子表面具许多表皮毛, 基部具黄白色的种阜状结构。假种皮着生于种阜结构内缘, 基部筒状, 中上部指状分裂; 假种皮细胞长条形, 内含许多细小淀粉粒。种皮由外珠被发育而来, 可划分为外种皮、中种皮与内种皮。外种皮由具3—5(6)层表皮细胞的复表皮构成, 最外层的一些表皮细胞向外突起形成表皮毛。中种皮由下皮层、半透明细胞层、中种皮薄壁细胞层与色素层构成, 下皮层由一层下皮细胞构成, 细胞内充满结合有单宁的红褐色色素; 半透明细胞含有与脂类结合的淡黄褐色无定形块状物, 中种皮薄壁细胞内无色素或任何颗粒状物; 色素层为中种皮最内方的一层, 细胞体积大、充满与单宁结合的红褐色色素。内种皮由一层体积小、壁局部增厚的砖形薄壁细胞构成, 其机械保护作用小。种子在珠孔区分化出珠孔领、孔盖及种阜状结构。珠孔领为异形型, 孔盖不具石细胞硬层。种阜状结构以其细胞层数增多、壁增厚并木质化的复表皮加强了珠孔区的机械保护作用。合点区内种皮出现缺口, 缺口间充满通常呈多角形的合点区色素细胞, 其整体轮廓为长条形。外胚乳细胞壁平直, 细胞内充满淀粉粒, 部分细胞还含有少量的蛋白质与脂类; 近合点外胚乳形成一薄区, 内胚乳细胞含有蛋白质、脂类与淀粉, 其细胞轮廓清楚, 椭圆形或不规则形。胚存在数量不多的异细胞, 主要分布于胚基底部。

**关键词** 舞花姜; 种子; 解剖学; 组织化学

ANATOMY AND HISTOCHEMISTRY OF THE SEEDS OF *GLOBBA RACEMOSA*

Wu Qigen and Liao Jingping

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

**Abstract** The seed surface of *Globba racemosa* Smith is of many epidermal hairs and a caruncle-like structure with yellow-white coloured on the micropylar end of the seed. With tube-shaped lower part, the aril is connected with inner edge of the caruncle-like structure. Its upper part is of 10—15 finger-shaped lobes. The aril cells with linear shape contain many small starch grains. The seed coat developed from outer integument can be divided into exotesta, mesotesta and endotesta. The exotesta comprises multiple epidermis with 3—5(6) layers of epidermal cells, and some cells of the outermost layer of exotesta partly protrude outward and form epidermal hairs. The mesotesta includes hypodermis, translucent cell layer, parenchymatous cell layer and pigment cell layer. The hypodermis with one layer of hypodermal cells contains red-brown coloured pigment combining with tannin. Translucent cells contain slightly yellow-brown coloured amorphous lumps which combine with lipid.

\* 国家自然科学基金资助项目。

The parenchymatous cells do not contain pigment or any granular material. The pigment cell layer is the innermost layer of the mesotesta and its cells with large volume contain red-brown coloured pigment which combines with tannin. The endotesta consists of one layer of brick-shaped parenchymatous cells with partially thickened wall and very small volume. Its protective function is very weak. Micropylar collar, operculum and caruncle-like structure are differentiated at the micropylar region. Micropylar collars belong to heteromorphic type. Operculums are without sclerotic cell. The caruncle-like structure reinforce the protective function of micropylar region through increase in its layers of multiple epidermis cells with thickened and lignified wall. A gap appears in the endotesta of the chalazal region and is filled up with a group of pigment cells with principally polygonal shaped. The outline of the pigment cell group is linear shape. The perisperm cells with flat walls and filled up with starch grains, form a narrow zone adjacent to chalazal region and some cells contain a few protein and lipid. The endosperm cells contain protein, lipid and starch. The cell walls of endosperm cells are clearly observed and their shape mainly are elliptic or irregular. Small amount of idioblast are found and scattered mainly in the base of the embryo.

**Key words:** *Globba racemosa*; seeds; anatomy; histochemistry

自1904年Schumann把姜亚科分为三族,并将舞花姜族(*Globbeae* O. G. Peters)置于第二族<sup>[1]</sup>以来,舞花姜族在广义的姜亚科或狭义的姜科的系统位置一直存在着分歧意见。其中, Hottum<sup>[2]</sup>认为顶生的具蝎尾状聚伞花序的花序形式是原始的,而苞片中具单花的属是进化的,从而将舞花姜族置于第一族,即认为是姜科原始的类群;吴德邻等<sup>[3]</sup>、Smith<sup>[4]</sup>则赞同Schumann的意见,将其置于第二族,认为舞花姜族处在进化的中间水平;而Burt<sup>[5]</sup>、Dahlgren<sup>[6]</sup>等则把舞花姜族置于最后一族,认为它处于进化的高水平位置。前人的资料<sup>[7-16]</sup>和我们的初步研究<sup>[17-18]</sup>表明,姜科种子解剖学特征能为系统分类提供有参考价值的资料,而舞花姜族种子的研究尚无人报道,因此作者以舞花姜(*Globba racemosa* Smith)为材料,全面研究其种子的解剖学和组织化学,以填补该族植物种子研究的空白,为弄清舞花姜族的系统位置,进而为姜科的系统分类研究及姜科种子类药材的鉴定提供资料。

## 1 材料与方 法

本实验所用材料采于云南勐仑及华南植物园姜园, FAA固定,滑走切片机冰冻切片,通过种脐(珠孔区)、合点区的中央位置并沿种脊作纵切,通过内胚乳中部与胚垂直的切面(图1所示)作横切。分别用爱氏苏木精和次氯酸钠透明后再经爱尔新蓝—番红染色观察种子结构,高碘酸—锡夫试剂鉴定多糖,碘—碘化钾鉴定淀粉,氯化汞—溴酚蓝鉴定蛋白质,苏丹黑B鉴定脂类物质,三氯化铁鉴定单宁。Leitz ORTHOLUX-II 万能显微镜下观察并用绘图仪绘图。

## 2 结 果

舞花姜种子红褐色,长3.5 mm、宽3 mm左右;表面具许多白色表皮毛。种子基部具一黄白色的种阜状结构(caruncle-like structure),假种皮一端连接种阜状结构内缘,再

往下延伸后反卷向上包围种子长约1/3处(图1)。假种皮以内种子包括了种皮、外胚乳、内胚乳与胚,珠孔区分化出珠孔领、孔盖、种阜状结构,合点区分化出合点区色素细胞等结构(图1、7、8)。

### 2.1 假种皮

白色,以连合呈筒状的基部连接于种阜状结构内缘,从下部往外上方翻转、延伸,包围种子基部1/3左右的区域。其中上部分裂,裂片10—15条,指状,其中2至数条基部相连。不论表面观还是纵切面观,假种皮细胞均为长条形,两端尖削;表皮细胞的壁略增厚,下木质化。假种皮细胞内含有许多细小的淀粉粒。

### 2.2 种皮

舞花姜的种皮由外珠被发育而来,可划分为外种皮(oxotesta)、中种皮(mesotesta)与内种皮(endotesta)三部分;外种皮由复表皮构成,中种皮分化复杂,内种皮为细胞壁局部增厚的薄壁细胞。两层细胞的内珠被(图3)在种子发育过程中消失(图4)。

**2.2.1 外种皮** 由3—5(6)层表皮细胞构成(图3—6)。发育早期的表皮细胞具核、壁薄,以后细胞核逐渐消失、壁增厚;成熟时表皮细胞的壁很厚,并略木质化,成为种皮主要的保护层(图5、6)。表皮细胞纵向延长,纵切面切向排列,细胞两端尖削,横切面细胞近圆形或椭圆形。复表皮最外层的一些细胞向外突起,形成与表皮细胞腔相通的单细胞表皮毛;种子成熟时表皮毛之壁亦增厚并木质化。复表皮最外层的外方有一层很薄的角质层。

**2.2.2 中种皮** 成熟种子的中种皮由下皮层、半透明细胞层、中种皮薄壁细胞层与色素层构成。除中种皮薄壁细胞外,其它细胞的壁均略增厚。而且不论横切面或纵切面,中种皮细胞均切向延长。

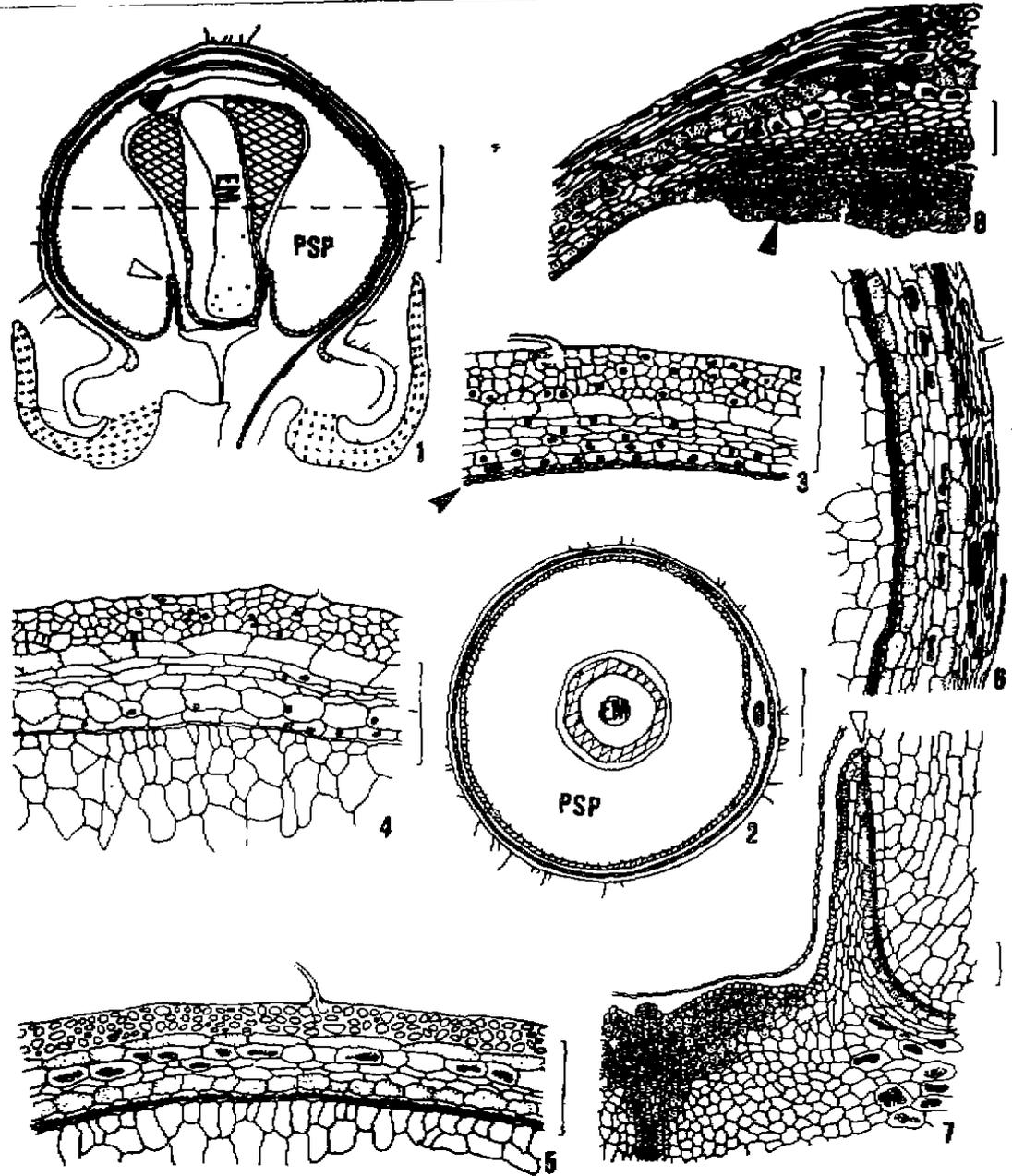
**2.2.2.1 下皮层** 由一层下皮细胞构成。细胞体积大,细胞内充满红褐色色素。不论横切面或纵切面,下皮细胞均长方形,切向壁较宽。下皮细胞分化最早,在内珠被细胞压扁而未消失前即已膨大,并已充满色素(图3)。成熟种子的下皮细胞在三氯化铁染色中呈正反应,表明含有单宁物质。

**2.2.2.2 半透明细胞层** 由下皮层内方的一层细胞构成。其壁略增厚,细胞呈半透明状,细胞内含有淡黄褐色无定形块状物。细胞近长方形,排列整齐,其切向壁较宽。半透明细胞内的不定形块状物在苏丹黑B染色中呈强烈正反应,可见含有脂类物质。

**2.2.2.3 中种皮薄壁细胞层** 为半透明细胞层与色素层之间的薄壁细胞,通常为2层细胞,偶尔可见1或3层。细胞切向延长,通常近长方形,细胞两端有时尖削,细胞体积小,无色素或任何颗粒状物。

**2.2.2.4 色素层** 为中种皮薄壁细胞内方、内种皮外方的一层体积大、细胞内充满红褐色色素的细胞。这层细胞在内珠被压扁消失后即开始膨大,细胞核消失、壁略增厚,并在细胞四周开始积累色素(图4)。成熟时色素细胞中的色素块在三氯化铁染色中呈正反应,表明含有单宁物质。

**2.2.3 内种皮** 为种皮最内方的一层细胞。横切面细胞近长方形,切向延长;纵切面细胞为近等径的长方形。发育早期内种皮细胞的壁薄(图3、4),成熟时仅内切向壁与内径向壁局部增厚,其它保持薄壁状态;而且内种皮细胞的体积极小,径向长度仅为种皮厚度的近1/10,不成为种皮机械层。内种皮局部增厚的壁含有淡红褐色色素。



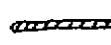
图示(图1.2)  
Keys to shading  
in Figs.1 and 2



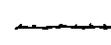
假种皮  
Aril



下皮层  
Hypodermis



色素层  
Pigment layer



内种皮  
Endotesta



内胚乳  
Endosperm



维管束  
Vascular bundle

图1为种子纵切面简图,图2为通过图1虚线部分的种子横切面简图,图3、4、5分别为发育早期、中期与成熟种子种皮横切面详图,图6为成熟种子种皮纵切面详图,图7为珠孔区部分结构纵切面详图,图8为合点区部分结构纵切面详图。图1、2的比例尺为1000 $\mu$ m,其它均为100 $\mu$ m。

Fig. 1. Diagram of a seed in L.S.; Fig. 2. Diagram of a seed in T.S. through the level of dotted line in Fig. 1; Figs. 3-5. Details of a part of seed coat in T.S., and Fig. 3 Showing seed coat at the early stage of development, Fig. 4 at the middle stage of development and Fig. 5 Mature seed; Fig. 6. Detail of a part of mature seed coat in L.S.; Fig. 7. Detail of a part of micropylar region in L.S.; Fig. 8. Detail of a part of chalazal region in L.S.. Bars in Figs. 1, 2 = 1000 $\mu$ m, bars in other Figs. = 100 $\mu$ m.

Abbreviations: EM=embryo. PSP=perisperm.

Keys:▲—合点区色素细胞 pigment cell group. ▲—内珠孔 inner integument. △—珠孔 micropylar collar.

### 2.3 珠孔区的结构

舞花姜珠孔区具一膨大的黄白色种阜状结构(图1);此外,珠孔区还分化出珠孔领、孔盖及珠孔区薄壁细胞(图1、7)。

2.3.1 种阜状结构 为种子基部珠孔领、孔盖外方膨大的圆盘状结构。其最外方为细胞层数增多、反折后变弯包回的复表皮(图1),其细胞壁增厚并木质化,加强了珠孔区的机械保护作用;在这种细胞层数增多的复表皮内方,为一些体积较大的半透明细胞和薄壁细胞,并由此过渡到珠孔区薄壁细胞与假种皮。种阜状结构的半透明细胞内亦含有不定形块状物,而其薄壁细胞内仅含有少许淀粉。

2.3.2 珠孔领 为发育早期内种皮和中种皮薄壁细胞、色素细胞向珠心凹陷形成的领状结构(图1、7)。珠孔领外侧内种皮细胞的增厚壁逐渐变薄,至珠孔领反折处内种皮细胞壁不再增厚;内侧的内种皮细胞壁均不增厚,以此与孔盖相连。珠孔领的色素细胞与薄壁细胞其特征与种皮相应层次相同。

2.3.3 孔盖 由1层内种皮细胞与2—8层色素细胞构成,具尖顶,整体外观盖状(图1、7)。孔盖的内种皮细胞壁不增厚,色素细胞近等径,通常为近圆形或椭圆形,少数长方形;尖顶处的色素细胞为纵向排列的长方形或不规则形小细胞(图7)。孔盖的色素细胞内均充满红褐色色素。

2.3.4 珠孔区薄壁细胞 为珠孔领、孔盖与种阜状结构间的一群薄壁细胞(图1、7)。细胞小,近等径,通常呈近圆形或不规则形。细胞内含少许淀粉粒。

### 2.4 合点区的结构

合点区种皮亦分化出外种皮、中种皮与内种皮。其外种皮亦为壁增厚并略木质化的复表皮,内种皮出现极大的缺口,缺口间为合点区色素细胞(图1、8)。合点区色素细胞以近等径的多角形为主,兼有近长方形细胞;纵切面整体外观轮廓为两端略尖的长条形(图1)。合点区下皮层仅由1层细胞构成,半透明细胞除原有的1层外,其内方的2—3层薄壁细胞有时仍有一些半透明细胞分布;中种皮薄壁细胞层数增多,其内方分布有维管束及体积更小的薄壁细胞;中种皮色素层细胞散布于合点区色素细胞外侧,含有的色素略少,且为颗粒状。

### 2.5 外胚乳

在近合点区,胚与内胚乳上方的外胚乳仅为—薄区(图1);往下外胚乳逐渐变宽。薄区的外胚乳细胞长条形,切向排列;而下方的外胚乳细胞较大,径向排列,多呈长方形。外胚乳细胞的壁平直,不为波浪形;细胞内充满淀粉粒,近种皮的1—2层细胞及上方薄区的外胚乳细胞含有少许蛋白质,薄区的细胞有时还含少许脂类物质。靠内方的外胚乳细胞含有许多草酸钙结晶,形态极为多样,有菱形、柱形、菱柱形、方形、多面体形及少许针形。

### 2.6 内胚乳

中上部为多层细胞部分,往下逐渐变窄,到下方为单层细胞部分。多层细胞内胚乳其细胞轮廓清楚,椭圆形或不规则形,细胞内充满蛋白质和许多脂类物质,还有一些较粗大的淀粉粒与多糖。单层细胞部分其细胞长方形,排列整齐,细胞内主要为脂类物质与蛋白质,同时还含有淀粉粒;有的细胞的脂类物质为圆球形油滴状,内胚乳细胞中亦含许多草酸钙结晶,其形态亦多样。

### 2.7 胚

棒状, 两端粗大, 中间略小(图 1)。胚的下部有时可见胚芽和胚根的分化; 胚基足部有少量体积略增大的近圆形异细胞, 其内通常含有淡黄色至金黄色块状物。胚细胞内含有许多脂类、蛋白质、多糖和一些淀粉粒。在一些种子内, 我们还观察到了球形胚和早心形胚。

### 3 讨 论

#### 3.1 舞花姜种皮的结构特征

迄今为止, 姜科植物种皮结构的研究主要见于生药学文献<sup>[7, 12-14, 16]</sup>, 亦见于部分胚胎学<sup>[10]</sup>与种子解剖学<sup>[8, 9, 11]</sup>文献, 连同我们的研究<sup>[17-19]</sup>共计有 6 属 58 种 4 变种。其中姜花属 (*Hedychium*) 1 种<sup>[11]</sup>、姜属 (*Zingiber*) 3 种<sup>[18]</sup>分别隶属于姜花族 (*Hedychieae* O. G. Peters.) 与姜族 (*Zingibereae*), 其它均隶属于山姜族 (*Alpineae* Burt & Olunji)。研究过的资料表明, 其种皮均可分为外种皮、中种皮与内种皮。其中, 外种皮均由一层壁增厚并略木质化的表皮细胞构成, 中种皮通常可分为下皮层、半透明细胞层与色素层。内种皮则有两种类型, 第一类为石细胞, 其壁明显增厚, 胞腔很小, 细胞体积较大, 通常径向延长, 圆柱形或近方柱形。已研究过的绝大多数种类为这种类型的内种皮。第二类内种皮由壁局部增厚, 细胞体积小, 整体呈砖形的薄壁细胞构成, 这种类型见于姜花属<sup>[11]</sup>和姜属<sup>[18]</sup>。我们对隶属于舞花姜族的舞花姜的研究表明, 其种皮也可分为外种皮、中种皮与内种皮, 且其外种皮细胞壁的增厚和木质化程度与研究过的姜科植物相似, 舞花姜的外种皮不是单层表皮细胞, 而是 3—5 (6) 层细胞的复表皮, 因而具有更强的机械保护作用。舞花姜的内种皮细胞形态与姜族的姜属<sup>[18]</sup>、姜花族的姜花属<sup>[18]</sup>相似; 而其中种皮明显地分化为细胞形态与后含物均不相同的下皮层、半透明细胞层、中种皮薄壁细胞层与色素层, 从而与其它三族的中种皮相区别。而且舞花姜外种皮具表皮毛, 这也是迄今研究过的姜科植物未曾报道过的。

#### 3.2 珠孔区的特征与种阜状结构的保护作用

研究过珠孔区结构的姜科 (广义) 植物有 9 属 16 种<sup>[7-11, 17-19]</sup>。结合前人的资料并主要根据我们的研究, 前文<sup>[18]</sup>把珠孔领分为两类, 即内、外侧内种皮细胞形态相似的同形型 (*homomorphic type*) 与珠孔领内侧的内种皮的增厚壁逐渐变薄从而形成与外侧内种皮细胞形态不同的异形型 (*heteromorphic type*)。本文对舞花姜的研究表明, 其珠孔领外侧内种皮细胞的增厚壁逐渐变薄, 内侧内种皮细胞为壁不增厚的薄壁细胞, 属于异形型的一个亚型。

根据内种皮细胞类型, 前文<sup>[18]</sup>将孔盖分为具石细胞硬层的孔盖和不具石细胞硬层的孔盖两大类。舞花姜孔盖的内种皮细胞为壁不增厚的薄壁细胞, 属不具石细胞硬层的孔盖。

迄今的研究表明, 仅姜属植物种子的基部具有种阜状结构<sup>[18]</sup>。我们对舞花姜的研究发现, 舞花姜种子在珠孔领、孔盖外侧亦分化出膨大的圆盘状的种阜状结构(图 1); 但姜属种阜状结构主要特点是具有与下皮细胞同源、数量很多、细胞体积很大、壁增厚的细胞群, 而舞花姜的种阜状结构主要特点是具有细胞层数明显增多、反折后变弯包回的复表皮, 其胞壁增厚并木质化, 具有坚强的保护作用, 从而弥补了珠孔领和孔盖保护功能的不足。

#### 3.3 内、外胚乳和胚的特点及其细胞后含物

研究表明, 姜科种子的内胚乳其上部均为多层细胞部分, 往下方变窄, 继而为单层细胞

部分<sup>[17-19]</sup>。单层细胞部分的细胞其形态均为长方形，一般均含有蛋白质与脂类，仅在姜属发现还有淀粉分布<sup>[18]</sup>；舞花姜的单层细胞内胚乳与姜属相似，亦有淀粉分布。另一方面，以前的材料的多层细胞内胚乳，其细胞体积大、细胞形态不规则，细胞轮廓不清楚，细胞内主要含有蛋白质，仅姜属还含有淀粉<sup>[17-19]</sup>，且这些细胞最外层还分化出一层不连续的小细胞，其内主要含有脂类，同时还含有蛋白质。舞花姜多层细胞内胚乳细胞体积较上述的小，细胞轮廓清楚，椭圆形或不规则形，细胞内主要含有脂类与蛋白质，同时还含有淀粉粒，且其内胚乳在最外方没有分化出一层形态特征和后含物与其内方细胞不同的细胞。

我们的研究表明，邻近合点区的外胚乳有两种情况，一种是胚内胚乳与合点区色素细胞间没有外胚乳，二者直接相接，如砂仁<sup>[17]</sup>、九翅豆蔻<sup>[18]</sup>；另一种是存在一外胚乳薄区，把胚、内胚乳与合点区色素细胞隔开，如姜属<sup>[18]</sup>。舞花姜外胚乳也在邻近合点区存在一薄区（图1）。此外，舞花姜外胚乳细胞壁平直，近合点区的薄区及近种皮1—2层细胞含有少许蛋白质，且在薄区还含有脂类物质；舞花姜外胚乳内方的细胞还含有许多形态多样的草酸钙结晶。

与姜属的胚相似<sup>[18]</sup>，舞花姜的胚也为棒状，胚细胞间也分化出一些含有淡黄色至金黄色块状物的异细胞，而且胚细胞也含有脂类、蛋白质、多糖与淀粉粒，但舞花姜的胚两端粗大，中间略细小，有时可见胚芽与胚根的分化，且含有色素块的异细胞数量较姜属少，并多集中于基基部。

#### 3.4 半透明细胞与脂类物质在种子中的分布

与山姜族的砂仁<sup>[17]</sup>、九翅豆蔻<sup>[18]</sup>，姜族的姜属<sup>[18]</sup>一样，舞花姜种子中种皮亦分化出特征性的半透明细胞层（图5、6）。这层细胞的共同特点是细胞壁经次氯酸钠处理后，用爱尔新蓝—番红染色时被染为红色，细胞内含有具颜色的不定形块状物，细胞呈半透明状。我们的研究表明，舞花姜和其它已研究过的代表一样，这层细胞的块状物或多或少地含有脂类物质，但都不为油滴状。

以前的研究表明，脂类物质存在于胚、单层细胞内胚乳、多层细胞内胚乳最外层、半透明细胞的块状物与假种皮细胞中<sup>[17-19]</sup>。与上述结果不同的是，舞花姜内胚乳的所有细胞都含有脂类，而假种皮细胞则不含脂类。

#### 3.5 种子解剖学特征与舞花姜族的系统位置

舞花姜具薄壁细胞型内种皮，与姜花族、姜族的内种皮属同一类型，可以认为它们的亲缘关系较近；山姜族具石细胞型内种皮，与舞花姜族较远。舞花姜在珠孔区具种阜状结构，而姜属代表植物亦有种阜状结构<sup>[18]</sup>，可见在具薄壁细胞型内种皮的三个族中，舞花姜族与姜族的亲缘关系更密切。

舞花姜的外种皮为复表皮；中种皮除具有下皮层、半透明细胞层及色素层外还分化出中种皮薄壁细胞层，在迄今已研究过的姜科植物中均未见有这些构造。舞花姜外种皮具单细胞的表皮毛这一特征，在已研究过的姜科植物中亦仅见于姜花族的黄花大苞姜（另文报导）。上述各特征可以认为是较进化的特征，因而从种子结构上说舞花姜是具有较多进化特征的代表，是姜科植物中较特殊的类群。

显然，决定某分类群是处在原始状态还是进化状态，绝不是由一两个或少数特征来决定，而应该综合各方面的（多学科的）特征，加以全面的考虑后才能确定。无可置疑，在讨

论舞花姜族系统位置时, 种子解剖学特征确能为其系统进化研究提供基础资料。

### 参 考 文 献

- 1 Schumann K. Zingiberaceae in A. Engler ed., Das Pflanzenreich, 1904, Heft 20 (N. 46) : 1—458.
- 2 Holttum R. E. The Zingiberaceae of the Malay Peninsula, Gard. Bull. Straits Settlements, 1950, 13 : 1—249.
- 3 Smith R. M. Synoptic Keys to the Genera of Zingiberaceae pro parte. Roy. Bot. Gard. Edinburgh, departmental publication series, 1981, No. 2 : 1—28.
- 4 吴德邻等. 中国植物志(第16卷第2分册). 北京: 科学出版社, 1981 : 26—148.
- 5 Burt B.L., R. M. Smith. Tentative keys to the subfamilies, tribes and genera of Zingiberaceae. Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh, 1972, 31 : 171—176.
- 6 Dahlgren R. M. T., H. T. Clifford and P. F. Yeo. The families of the Monocotyledons—Structure, Evolution, and Taxonomy. Springer-verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1985 : 360—367.
- 7 Berger F. Zur Samen-anatomie der Zingiberaceen-Gattungen Elettaria, Amomum und Aframomum. Scientia Pharmaceutica, 1958, 26 (4) : 224—258.
- 8 Humphrey J. E. The development of the seed in the Scitamineae. Annals of Botany, 1896, 10 : 1—40.
- 9 Grootjen C. J., F. Bouman. Development of the ovule and seed in *Costus cuspidatus*, with special reference to the formation of the operculum. Bot. J. Linn. Soc., 1961, 83 : 27—39.
- 10 Mauritzon J. Samenbau und Embryologie einiger Scitamineen. Lunds Universitets Arsskrift, 1936, 31 : 1—31.
- 11 Takhtajan A. Comparative anatomy of seeds, Vol I. Izdat Nauka, Leningrad, 1985 : 217—222.
- 12 木村雄四郎, 吉村, . 东亚市场に于けるカルダモム类生薬の鉴别&植物研究杂志, 1968, 43 (10—11) : 159—166.
- 13 杨兆起, 张 继等. 商品砂仁的质量研究. 药物分析杂志, 1985, 5 (6) : 351—358.
- 14 陈世文, 赖茂祥等. 砂仁及其同属伪品的组织与挥发油研究. 中国中药杂志, 1989, 14 (1) : 9—11.
- 15 赵达文等. 常用中药材组织粉末图解. 北京: 人民卫生出版社, 1991.
- 16 赖茂祥, 陈世文等. 山姜属伪品砂仁的组织及挥发油研究. 中国中药杂志, 1989, 14 (7) : 384—397.
- 17 吴七根, 廖景平. 砂仁种子的解剖学和组织化学研究. 热带亚热带植物学报, 1995, 3 (2) : 54—61.
- 18 吴七根, 廖景平. 姜属种子的解剖学和组织化学研究. 西北植物学报, 1996, 15 (1) : 52—59.
- 19 廖景平, 吴七根. 九翅豆蔻种子的解剖学和组织化学研究. 热带亚热带植物学报, 1994, 2 (4) : 58—66.