

鸡蛋花(夹竹桃科)花表皮气孔的初步研究

王永飞, 何华柱

(暨南大学 生物工程学系, 广州 510632)

摘要: 对鸡蛋花花表皮的气孔进行初步研究, 结果发现: 花冠裂片的上表皮没有气孔的分布; 花冠裂片的下表皮则有气孔的分布。当花冠裂片长度 1.5 cm 时, 气孔密度最大, 且极显著地高于花冠裂片长度为 2.0、2.5、3.5 cm 和 4.0 cm 时的气孔密度。长度为 3.0 cm 的花冠裂片的气孔指数最大, 与花冠裂片长度为 1.0、2.0、3.5 cm 和 4.0 cm 时的气孔指数的差异均达极显著水平。在花冠筒长度为 0.3 cm 和 0.4 cm 时, 未发现气孔; 当花冠筒生长到 0.5 cm 时开始出现气孔。花冠筒长度为 0.6 cm 时, 气孔密度最大, 且极显著地高于其它长度花冠筒的气孔密度。花冠筒长为 0.6、1.1 cm 和 1.3 cm 时的气孔指数均极显著地大于长度为 0.5 cm 花冠筒的气孔指数。花冠裂片和花冠筒下表皮的普通表皮细胞都呈不规则的多边形, 保卫细胞呈半月形。

关键词: 鸡蛋花; 花; 花冠; 气孔密度; 气孔指数

中图分类号: Q944 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2010)01-0060-04

Stomatal distribution on the flower of *Plumeria rubra*

WANG Yong-Fei, HE Hua-Zhu

(Department of Bioengineering, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: Stomatal distribution on the flower of *Plumeria rubra* was observed. There were stomata on the abaxial surface of corolla sliver, and no stomata on the adaxial surface. The stomatal density was the highest on the abaxial surfaces of corolla sliver which were 1.5 cm long. Furthermore, the differences in stomatal density between 1.5 cm and 2.0 cm, 1.5 cm and 2.5 cm, 1.5 cm and 3.5 cm, 1.5 cm and 4.0 cm corolla sliver were highly significant. The stomatal index on the abaxial surface of 3.0 cm corolla sliver was the highest. The differences in stomatal index between 3.0 cm and 1.0 cm, 3.0 cm and 2.0 cm, 3.0 cm and 3.5 cm, 3.0 cm and 4.0 cm corolla sliver were highly significant. No stomata were found on the adaxial surface of 0.3 cm and 0.4 cm corolla tube. The stomata begin to emerge when the corolla tube grow to 0.5 cm long. The stomatal density on abaxial surface of 0.6 cm corolla tube was the highest. The differences in stomatal density among 0.6 cm corolla tube and other length corolla tubes were highly significant. The stomatal indices on corolla tube which was 0.6 cm, 1.1 cm and 1.3 cm were significantly higher than that of 0.5 cm. Ordinary epidermal cells were usually irregular in shape, while guard cells were kidney-shaped on the abaxial surface of corolla sliver and corolla tube.

Key words: *Plumeria rubra*; flower; corolla; stomatal density; stomatal index

气孔位于植物地上部分初生结构的表面, 它一般由两个保卫细胞围绕形成。它是 CO₂、O₂ 和水蒸气等气体进出的通道(周云龙, 2004; Evert, 2006)。

目前已经在植物非主要的光合器官如蝶形花科(Fabaceae)的长角豆(*Ceratonia siloqua*)的初生根(Christodoulakis 等, 2002)、百合科(Liliaceae)的郁

收稿日期: 2008-10-13 修回日期: 2009-01-16

基金项目: 国务院侨务办公室新世纪华侨高等教育教学改革工程项目(JYQ0625) [Supported by Higher Education and Teaching Reform Project of Office of Overseas Chinese affairs of State Department (JYQ0625)]

作者简介: 王永飞(1972-), 男, 山西壶关县人, 博士, 副教授, 主要从事植物学的教学和研究工作, (E-mail) wyfmsm@163.com.

金香(*Tulipa gesnerina*)的花冠(Azad 等,2007)、兰科(Orchidaceae)的 *Maxillaria anceps* 的蜜腺以及蝶形花科的大豆(*Glycine max*)的蜜腺等部位的表皮也发现有气孔存在(Davies 等,2005; Horner 等,2003)。这些发现拓宽了气孔的分布范围及其概念的涵义。并且由于气孔除了控制气体的进出外,还与环境变化、全球气候变化以及植物的免疫等密切相关,所以气孔在植物不同部位的分布与功能受到了科研人员的广泛关注(Hetherington 等,2003; Melotto 等,2006)。鸡蛋花(*Plumeria rubra*)是夹竹桃科(Apocynaceae)植物,其花冠为漏斗状,花冠裂片外面白色,内面黄色,花冠筒外面及花冠裂片外面略带淡红色斑纹。在花发育过程中,气孔在花的分布情况还未见报道。本文主要对鸡蛋花在花发育过程中,气孔在花冠裂片的上表皮、下表皮和花冠筒下表皮分布的情况进行初步研究,为鸡蛋花的形态学提供一些新资料。

1 材料和方法

于7月下旬在暨南大学校园内栽培的鸡蛋花上取不同发育时期的花,对采集到的花按花冠裂片和花冠筒长度分为花冠裂片长度分别为1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5 cm和4.0 cm的花;以及花冠筒长度分别为0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.9、1.1 cm和

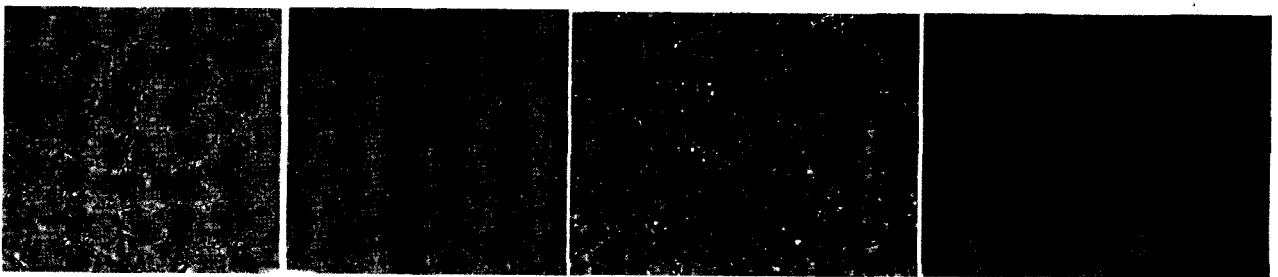
1.3 cm的花。各种花冠裂片长度和花冠筒长度的花各取10朵花,每朵花分别制成临时装片。采用直接撕片法观察表皮。取材部位分别是花冠裂片和花冠筒的中部。利用Nikon YS100显微镜,在10倍目镜、40倍物镜下,统计一个视野内气孔和表皮细胞的数目,各种花冠裂片长度和花冠筒长度的花共统计50个视野,计算气孔密度和气孔指数。并采用Sony W5数码相机拍照。

气孔密度和气孔指数的计算方法:参照汪矛(2003)的方法,公式分别如下:气孔密度=一个视野中的气孔数/视野的面积;气孔指数=每个视野气孔数/(视野中气孔数+表皮细胞数)×100%;视野面积的计算方法参见王灶安(1992)的方法。

2 实验结果

2.1 花冠裂片上表皮特征

花冠裂片的上表皮细胞一般为不规则多边形。花冠裂片上表皮的细胞随着花冠裂片的发育而具不同的形态。在花冠裂片由小到大的发育过程中,表皮细胞由小变大,细胞壁由平滑变为向细胞内突出。完全开放的花中,普通表皮细胞的细胞壁有指状突起向细胞内突出,形成凹凸不平的细胞壁(图版I:1)。花冠裂片上表皮细胞的种类单一,未发现保卫细胞,因而花冠裂片的上表皮没有气孔存在。



图版 I 光镜下鸡蛋花花冠裂片和花冠筒的表皮 1. 花冠裂片的上表皮; 2. 花冠裂片的下表皮; 3. 花冠裂片下表皮的气孔; 4. 花冠筒下表皮的气孔,标尺为 20 μm。

Plate I Epidermis of *P. rubra* corolla sliver and corolla tube under light microscope 1. Adaxial surface of corolla sliver; 2. Abaxial surface of corolla sliver; 3. Stoma on the abaxial surface of corolla; 4. Stomata on the abaxial surface of corolla tube. Scale bars, 20 μm.

2.2 花冠裂片下表皮特征

鸡蛋花花冠裂片的下表皮细胞有两种类型的细胞:普通表皮细胞和保卫细胞。下表皮的普通表皮细胞为不规则多边形,如四边形、五边形等。大部分细胞的细胞壁都较平滑。有的表皮细胞细胞壁也稍

向内突出(图版 I:2)。保卫细胞为肾形或蚕豆形(图版 I:3)。花冠裂片由小到大的发育过程中,表皮细胞由小变大,由接近矩形变为不规则的多边形。

从表 1 看出,在花发育的过程中,气孔密度有所不同。花冠裂片长度为 1.5 cm 时,下表皮的的气孔密

度与长度为 2.0、2.5、3.5 和 4.0 cm 的气孔密度的差异显著性达到 0.01 水平,其余的气孔密度无显著差异。在花冠裂片长度达到 4.0 cm 时,即完全展开后,气孔密度的变异程度最小。而在花冠裂片展开之前,气孔密度的变异程度较大。

表 1 鸡蛋花花冠裂片下表皮的的气孔密度

Table 1 Stomatal density on the abaxial surface of corolla sliver

花冠裂片长度 (cm) Corolla sliver's length	气孔密度 (个/mm ²) Stomata per square millimeter	标准差 Standard deviation	差异显著性 Significance	
1.5	7.30	7.12	a	A
3.0	5.54	6.68	ab	AB
1.0	4.91	5.44	ab	AB
2.0	3.52	4.61	b	B
2.5	2.89	5.85	b	B
4.0	1.64	2.79	b	B
3.5cm	1.51	3.00	b	B

注:小写字母表示 0.05 的显著水平,大写字母表示 0.01 的显著水平。下同。

Note: Little letter indicates the difference significance at 0.05, capital letter indicates the difference significance at 0.01. The same below.

表 2 鸡蛋花花冠裂片下表皮的的气孔指数

Table 2 Stomatal index on the abaxial surface of corolla sliver

花冠裂片长度 (cm) Corolla sliver's length	气孔指数 (%) Stomatal index (percentage)	标准差 Standard deviation	差异显著性 Significance	
3.0	0.25	0.30	a	A
1.5	0.18	0.18	ab	AB
2.5	0.18	0.35	ab	AB
2.0	0.13	0.16	b	AB
1.0	0.11	0.12	b	B
4.0	0.10	0.16	b	B
3.5	0.09	0.18	b	B

从表 2 看出,气孔指数在花冠裂片长度为 3.0 cm 时最大,与花冠裂片长度为 1.0、2.0、3.5 和 4.0 cm 时的气孔指数的差异性达到显著水平,与花冠裂片长度为 1.0、3.5 和 4.0 cm 时的气孔指数的差异性达到极显著水平。其余皆无显著差异。

2.3 花冠筒下表皮特征

鸡蛋花花冠筒的下表皮细胞大多为不规则的四边形和五边形,细胞壁比较平滑。表皮细胞随花冠筒的发育表现为由小到大的变化,而外形则没有多大变化,基本上都保持着不规则的多边形形态。在花冠筒长度为 0.3 和 0.4 cm 时,没有发现保卫细胞的存在,即没有发现气孔的分布,所以其气孔密度为

零。当花冠筒生长到 0.5 cm 时开始出现气孔(图版 I:4),此时气孔密度每 1 mm² 为 1.01 个。花冠筒长度为 0.6 cm 时,气孔密度最大,而且与花冠筒长度为 0.5、0.7、0.9、1.1 和 1.3 cm 时的气孔密度达到极显著差异。同时,在花冠筒长度为 0.6 cm 时,气孔密度的变异程度最大(表 3)。

表 3 鸡蛋花花冠筒下表皮的的气孔密度

Table 3 Stomatal density on the abaxial surface of corolla tube

花冠筒的长度 (cm) Corolla tube's length	气孔密度 (个/mm ²) Stomata per square millimeter	标准差 Standard deviation	差异显著性 Significance	
0.6	6.04	9.25	a	A
0.9	3.15	4.45	b	B
1.1	2.89	4.96	b	BC
0.7	2.64	4.42	b	BC
1.3	2.52	3.59	b	BC
0.5	1.01	2.65	bc	BC
0.4	0	0	c	C
0.3	0	0	c	C

不同长度的花冠筒气孔指数的结果及差异显著性分析见表 4。从表 4 看出,由于在花冠筒长度为 0.3 cm 和 0.4 cm 时没有发现气孔的分布,所以其气孔指数为零。当花冠筒生长到 0.5 cm 时开始出现气孔(图版 I:4),此时的气孔指数为 0.02。随着花冠筒的变长,气孔指数逐渐升高,与花冠筒长度为 0.5 cm 时的气孔指数的差异达到显著水平;其中花冠筒长度为 0.6、1.1 和 1.3 cm 时的平均气孔指数与花冠筒长度为 0.5 cm 的差异达到极显著水平。

3 讨论

过去对于植物气孔的研究一般集中在营养器官如叶片的表皮(蒋道松等,2008)。对于繁殖器官表皮的气孔的研究则相对较少。从我们对鸡蛋花的研究中发现:虽然鸡蛋花的花冠裂片和花冠筒并不是绿色,但气孔也分布于鸡蛋花繁殖器官如花冠筒和花冠裂片的下表皮。花冠筒和花冠裂片的表皮的气孔密度和气孔指数处于不断变化的过程之中,气孔密度和气孔指数在不同大小的花冠裂片筒和花冠裂片有显著甚至极显著的差异。气孔密度的变化趋势在花冠裂片的下表皮和花冠筒的下表皮是相同的。在花冠裂片和花冠筒都有一个气孔密度的高峰,显著地高于其它时期的气孔密度,然后出现气孔密度

的下降。这表明花冠裂片和花冠筒生长的前期主要是普通表皮细胞和保卫细胞数目的增加,生长的后期是这两种类型细胞体积的变大,在气孔密度达到最大值后,随着细胞的变大,气孔密度下降。

表 4 鸡蛋花花冠筒下表皮的氣孔指数
Table 4 Stomatal index on the abaxial surface of corolla tube

花冠筒的 长度 (cm) Corolla tube's length	气孔指数 Stomatal index (%)	标准差 Standard deviation	差异显著性 Significance	
0.6	0.14	0.20	a	A
1.1	0.12	0.20	a	A
1.3	0.10	0.15	a	A
0.7	0.09	0.14	a	A B
0.9	0.09	0.13	a	A B
0.5	0.02	0.05	b	B
0.4	0	0	b	B
0.3	0	0	b	B

气孔指数反映的是每 100 个表皮细胞中气孔的数目。从鸡蛋花气孔指数的变化看,在相同数目的表皮细胞中进行气体交换的气孔在花冠裂片长度为 3.0 cm 时有一个最高值。随着花冠裂片的进一步生长,气孔指数显著下降。但气孔指数随着花冠筒的变长,气孔指数反而显著升高。这说明气孔指数的变化趋势在花冠筒和花冠裂片中不相同。在花冠裂片长度达最大时,气孔指数反而显著下降,而在花冠筒长度达最大时,气孔指数反而显著升高。

由于鸡蛋花花冠筒的上表皮有大量的表皮毛的存在和遮盖,而且花药着生在花冠筒的喉部,故采用临时制片方法很难观察到清晰的表皮结构及气孔的分布情况。虽然我们尝试采用一些方法想除去花冠筒上表皮的表皮毛,但效果均不理想。因此,本研究未对花冠筒的上表皮的表皮结构及气孔密度和气孔指数进行研究。这需要对其观察方法进行改良,但目前我们还未发现较合适的方法。

植物表皮的细胞壁有的较平滑,而有的较凹凸不平。细胞壁的面积向内凹陷主要是为了增加细胞吸收的表面积。鸡蛋花花冠裂片的上表皮细胞的细胞壁向内突出,与花冠裂片下表皮的细胞壁相比,突起十分明显。花冠裂片上下表皮在细胞壁结构上的差异是否也意味着功能上有所差异呢?此外,拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)的气孔还具防御功能(Melotto 等,2006)。分布于鸡蛋花繁殖器官表皮的气孔是否也如此呢?这有待于进一步的探讨。

4 结论

从对鸡蛋花的研究中发现:气孔主要分布在鸡蛋花花冠裂片的下表皮和花冠筒的下表皮。鸡蛋花花发育的过程中,花冠裂片和花冠筒表皮上的气孔密度和气孔指数都处于不断动态变化中。在鸡蛋花的花冠裂片长度为 1.5 cm 时,下表皮的气孔密度最高;随着花冠裂片的生长到最大时,气孔密度反而显著下降;在花冠筒长度为 0.6 cm 时,表皮的气孔密度最高。随着花冠筒的进一步生长,气孔密度也显著下降。鸡蛋花的花冠裂片长度为 3.0 cm 时的气孔指数极显著地高于花冠裂片长度为 1.0、3.5 和 4.0 cm 时的气孔指数。花冠筒长度为 0.6、1.1 和 1.3 cm 时的气孔指数极显著地高于花冠筒长度为 0.5 cm 的气孔指数。

参考文献:

- 王灶安. 1992. 植物显微技术[M]. 北京:农业出版社:74
汪矛. 2003. 植物生物学实验教程[M]. 北京:科学出版社:138
周云龙. 2004. 植物生物学(第二版)[M]. 北京:高等教育出版社
Azad AK, Sawa Y, Ishikawa T, et al. 2007. Temperature-dependent stomatal movement in tulip petals controls water transpiration during flower opening and closing[J]. *Ann Appl Biol*, **150**(1):81-87
Christodoulakis NS, Menti J, Galatis B. 2002. Structure and development of stomata on the primary root of *Ceratonia siliqua*[J]. *Ann Bot*, **89**(1):23-29
Davies KL, Stpiczynnska M, Gregg A. 2005. Nectar-secreting floral stomata in *Maxillaria anceps*(Orchidaceae)[J]. *Ann Bot*, **96**(2):217-227
Evert RF. 2006. Esau's plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body: their structure, function, and development (Third edition)[M]. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 214-221
Hetherington AM, Woodward FI. 2003. The role of stomata in sensing and driving environmental change[J]. *Nature*, **424**(31):901-908
Horner HT, Healy RA, Cervantes-Martinez T, et al. 2003. Floral nectary fine structure and development in *Glycine max* L. (Fabaceae)[J]. *Int J Plant Sci*, **164**(5):675-690
Jiang DS(蒋道松), Zhou PH(周朴华), Liang ZE(梁曾恩), et al. 2008. Comparison on microstructures of epidermis and stomatal apparatus of leaf between tetraploid and diploid of *Dioscorea zingiberensis*(盾叶薯蓣四倍体与二倍体叶表皮及气孔器显微结构的比较)[J]. *Guihaia*(广西植物), **28**(4):427-430, 450
Melotto M, Underwood W, Koczan J, et al. 2006. Plant stomata function in innate immunity against bacterial invasion[J]. *Cell*, **126**(17):969-980