

# 两个蓝莓品种花器官的形态特征观察

莫爱琼<sup>1</sup>, 胡晓颖<sup>2</sup>, 高丽霞<sup>1\*</sup>

(1. 仲恺农业工程学院教学科研基地管理中心, 广州 510225; 2. 中国科学院华南植物园, 广州 510650)

**摘要:** 为了解蓝莓(*Vaccinium* spp.)花器官的形态特征,利用蔡司 SV11 体视显微镜和扫描电子显微镜 JSM-6360LV 对‘园蓝’和‘夏普蓝’两个品种的花器官进行了观察。结果表明,这两个品种的花丝呈片状,被毛,‘园蓝’的花丝腺毛较短,花丝基部表皮细胞近长方形;‘夏普蓝’的花丝腺毛细长,较浓密,花丝基部表皮细胞近棱形。‘园蓝’和‘夏普蓝’的花药呈棒状,由 4 个花粉囊组成,呈左右对称,同侧的两个花粉囊之间的药隔沟明显;花药表皮细胞具乳突;成熟的花药顶端形成 2 个管状结构,管口孔裂。花粉为四合体,外形为准四面体,中等大小,表面具不规则皱波状纹饰,并有多处凹陷;萌发孔沟的长度、宽度、孔盖长宽与形状、突起程度在品种间有差异。蓝莓的柱头呈截平形,属于湿型柱头,‘园蓝’的柱头表面具指状乳突细胞;花柱表皮细胞呈圆柱型,形成束状,分隔明显;‘夏普蓝’柱头表面具纹状乳突细胞,花柱表皮细胞呈圆柱型,长轴与花柱平行,不形成束状。这些为蓝莓品种的分类鉴定、系统演化等研究提供了依据。

**关键词:** 蓝莓; 品种; 花器官; 形态特征

doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2015.03.010

## Morphological Characteristics of Flowers of Two Cultivars of Blueberry

MO Ai-qiong<sup>1</sup>, HU Xiao-ying<sup>2</sup>, GAO Li-xia<sup>1\*</sup>

(1. Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Administrative Center of Teaching and Researching Base, Guangzhou 510225, China;

2. South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

**Abstract:** In order to understand the morphological characteristics of flowers of blueberry (*Vaccinium* spp.), the flowers of two cultivars ‘Gardenblue’ and ‘Sharpblue’ were observed using Zeiss SV11 stereomicroscope and JSM-6360LV scanning electron microscope. The results showed that the filaments are flattened and pilose. The glandular trichome of ‘Gardenblue’ filament is short and the epidermal cells in the base of filaments are nearly rectangle. The glandular trichomes on the surface of ‘Sharpblue’ filaments are more slender and denser, and the epidermal cells in base of filament are nearly prismatic. Four virgate anthers arrange symmetrically, with the connectivum clearly visible between two anthers at the same side. The epidermal cells of anthers are papillate. Two tubulars are located on the top of mature anthers dehiscing by pores. The stigmas are flattened, belonging to wet type stigmas. The pollen is in tetrads and grains are with rugulate ornamentation and several hollows, tetrahedral shape and middle size. The aperture gaps have differences among pollen grains in length, width, length and shape of lid, and extent of protuberances. The surface of ‘Gardenblue’ stigma has papillate cells. The epidermal cells of styles are cylindrical, fasciculate and detached. Striated papillate cells exist on the surface of ‘Sharpblue’ stigma, and the epidermal cells of styles are cylindrical, with its long axis parallel to style. These

收稿日期: 2014-06-30

接受日期: 2014-10-08

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划(2012BAD22B0504); 广东省自然科学基金项目(S2011010003641); 广东省科技厅省部产学研合作专项(2013B0902000065)资助

作者简介: 莫爱琼(1977~),女,硕士,农艺师,主要从事植物结构和资源植物应用等研究。E-mail: ihepu@126.com

\* 通信作者 Corresponding author. E-mail: gaolixia58@163.com

would provide a botanical basis for further study on classification and phylogenetic evolution of *Vaccinium* spp.

**Key words:** *Vaccinium* spp.; Cultivar; Flower organ; Morphological characteristics

蓝莓(*Vaccinium* spp.)为杜鹃花科(Ericaceae)越桔属浆果类经济植物,果实内所特有的蓝莓花青素等物质具有提高视力、抗衰老和防癌等功效,被誉为“21世纪功能性保健浆果”和“水果中的皇后”,并被国际粮农组织列为人类五大健康食品之一<sup>[1]</sup>。目前,蓝莓在中国主要分布在大兴安岭、辽宁、吉林、山东、江苏、浙江和安徽等地。在华南地区,近年来开始广泛引种蓝莓。为使蓝莓在华南引种成功,我们已开展对蓝莓盆栽选种、扦插成活和丛枝菌根真菌(Arbuscular mycorrhizal fungi, AMF)对其生长和抗性影响等研究<sup>[2-4]</sup>。目前,国内已报道了许多蓝莓的栽培、育苗等技术<sup>[5-7]</sup>,同时在蓝莓与抗性相关的生理生化、分子生物学以及叶片组织结构与抗性关系等方面进行了广泛的研究<sup>[8-9]</sup>。对于蓝莓品种间的鉴定却较少关注,影响了对蓝莓不同品种的正确引种。本文以南高丛蓝莓(‘夏普蓝’‘Sharpblue’)和兔眼蓝莓(‘园蓝’‘Gardenblue’)为研究对象,在显微和亚显微结构水平上观察了其花器官的形态和微形态特征,旨在从微观上深刻认识蓝莓,为今后蓝莓品种鉴定和对不同品种的正确引种等提供基础资料。

## 1 材料和方法

蓝莓(*Vaccinium* spp.)品种‘夏普蓝’(‘Sharpblue’)和‘园蓝’(‘Gardenblue’)采自广州番禺仲恺农业工程学院教学科研基地。采集蓝莓花蕾,用2.5%戊

二醛+2%多聚甲醛固定24 h以上(4℃)。在蔡司SV11体视显微镜观察花器官外观形态并拍照。在体视显微镜下将花蕾的花冠拔掉,用0.1 mol L<sup>-1</sup> PBS冲洗,乙醇系列脱水(30%, 50%, 70%, 80%, 90%, 100%),叔丁醇置换乙醇后置于-20℃冰箱。经JFD-310冷冻干燥仪进行干燥后,用碳双面胶带固定样品台上, JFC-1600离子溅射仪镀铂金,在JSM-6360LV扫描电子显微镜下对雄蕊、雌蕊和花粉粒进行微形态观察和拍照。

## 2 结果和分析

### 2.1 花形态

参照蒲富慎<sup>[10]</sup>的方法对‘园蓝’和‘夏普蓝’的花器官特征进行观察。蓝莓总状花序,花两性,花冠呈铃形,花瓣基部联合,外缘5裂,白色(图1:A)。雄蕊9个,发育早期花药高于花柱(图1:B);成熟期花药短于花柱(图1:C)。

### 2.2 雄蕊特征

**花丝** ‘园蓝’和‘夏普蓝’花丝呈片状,分离,被毛。‘园蓝’花丝的腺毛较短,主要集中在花丝上部边缘,中间极少;‘夏普蓝’花丝的腺毛细长,较浓密,在花丝上部边缘和中间都有分布。两个品种花丝基部均无腺毛,表面都轻度角质化,但纹饰不同。‘园蓝’花丝基部表面由排列整齐呈近长方形细胞组成,每个长方形细胞表面有众多细小的纵行条

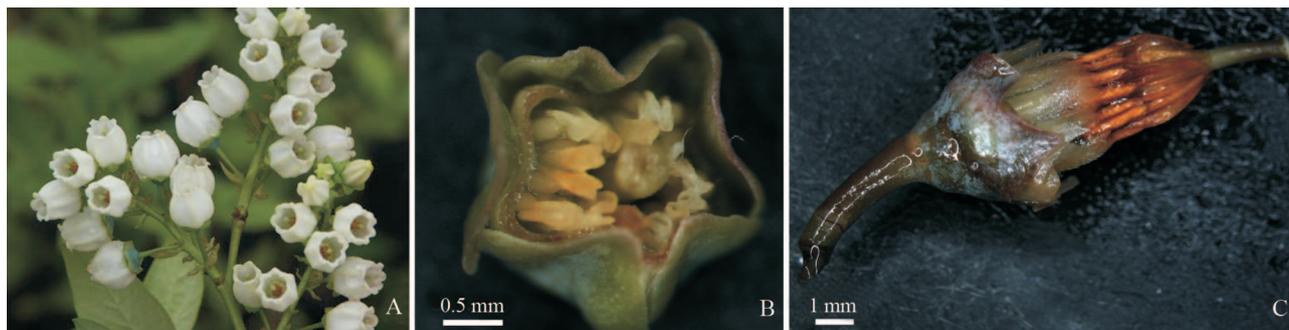


图1 蓝莓‘园蓝’的花。A: 花序; B: 发育早期雄蕊高于花柱; C: 成熟期雄蕊短于花柱。

Fig. 1 Flowers of *Vaccinium* ‘Gardenblue’. A: Inflorescence; B: Stamen is higher than style at early stage; C: Style is higher than stamen at mature stage.

纹；‘夏普蓝’花丝基部表面由排列整齐呈近棱形细胞组成，每个棱形细胞表面有许多不规则突起的纹饰(图 2: A~F)。

**花药** ‘园蓝’和‘夏普蓝’花药基部与一个片状的花丝顶端相连接，花药在花丝上的着生方式为底背着药。花药呈棒状，由 4 个花粉囊组成，分成左、右两半，两侧花粉囊中间无药隔相连，成为独立的两半花粉囊。同侧的两个花粉囊之间的药隔沟明显，呈深沟状。在扫描电镜下，花药外壁具角

质膜，其表皮细胞呈乳突状突起，致使花药表面粗糙(图 2: G~I)。花药发育早期，同侧的两个花粉囊顶端闭合，呈圆形；随着花药的生长发育，顶端闭合处开一小孔，开裂方式为孔裂(图 2: J, K)。成熟花药的顶端形成 2 个管状结构，管口背腹面呈不对等伸长，圆形管口被拉长，开口朝向花柱，其作用是散发花粉(图 2: G, L)。

**花粉** 扫描电镜下‘园蓝’和‘夏普蓝’花粉表面均具不规则皱波状纹饰，并有多处凹陷(图 3:

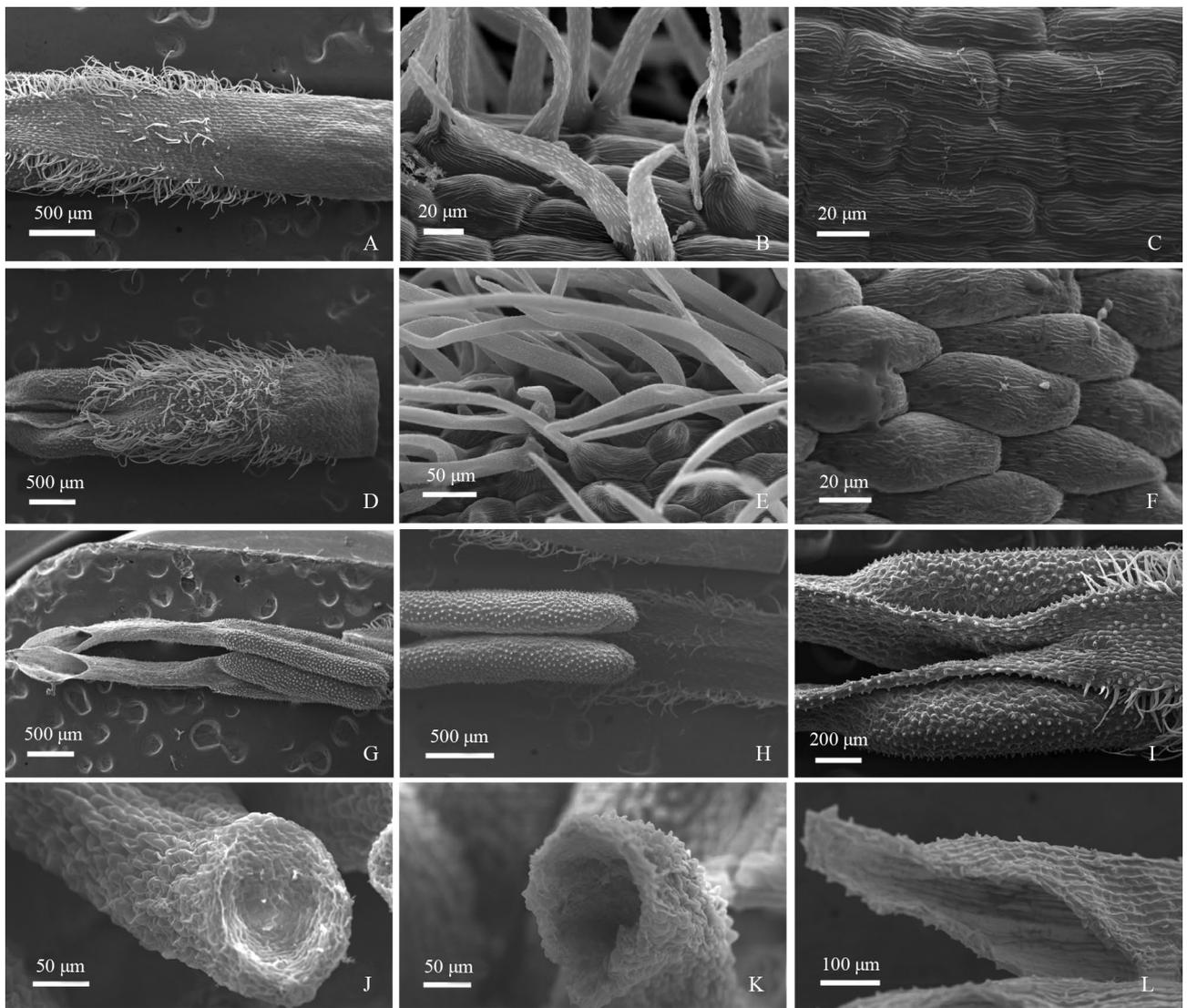


图 2 蓝莓的花丝和花药。A~C: ‘园蓝’花丝; A: 花丝; B: 腺毛; C: 基部; D~F: ‘夏普蓝’花丝; D: 花丝; E: 腺毛; F: 基部; G~I: ‘园蓝’花药; G: 顶部两个管状结构和 4 个药室; H: 花药和连接的花丝正面观; I: 花药和连接的花丝背面观; J~L: ‘夏普蓝’花药; J: 花药口未开裂; K: 花药孔裂; L: 花药口伸长。

Fig. 2 Filament and anther of blueberry. A~C: Filament of ‘Gardenblue’; A: Filament; B: Glandular hairs; C: Base filament; D~F: Filament of ‘Sharpblue’; D: Filament; E: Glandular hairs; F: Base filament; G~I: Anthers of ‘Gardenblue’; G: Two tubular structures and four anther cells at top of anther; H: Face view of anther and connected filament; I: Dorsal view of anther and connected filament; J~L: Anther of ‘Sharpblue’; J: Undehisced anther; K: Porous dehiscence; L: Elongated anther mouth.

A, B)。花粉粒为四合体复合花粉,复合花粉的轮廓呈准四面体形状,由顶部一个花粉分体与基部3个花粉分体组成(图3: A),花粉粒有粘连集形成花粉块的现象,多数表现为2个复合花粉集合的花粉块,少数有3个复合花粉集合的花粉块(图3: C)。绝大多数花粉为正常花粉,也有少数异形花粉。‘园蓝’花粉长轴的平均长度为37.2  $\mu\text{m}$ ,‘夏普蓝’的稍小,为34.5  $\mu\text{m}$ ,均属于中等大小的花粉。‘园蓝’和‘夏普蓝’的萌发器为“具孔沟粉”,花粉粒的顶分体有凹陷的3个孔沟;基部的3个分体各有一个凹陷的孔沟,分别与顶分体有3个孔沟相对,联合形成3条纵向菱形沟(图3: A, B)。孔沟边缘加厚。沟内有呈弓形的三角形孔盖。两个品种花粉粒的萌发孔沟的大小不一,主要表现在萌发孔沟的长度、宽度、孔盖长与宽、两相对的三角形沟基部宽度等。

### 2.3 柱头和花柱特征

‘园蓝’和‘夏普蓝’柱头均呈截平形,柱头表面可见丰富的黏性分泌物,实际上,在花蕾即将展开时,柱头上已有黏液出现,而至花朵开放时,黏液已在柱头上展开厚厚一层,蓝莓属于“湿型柱头”,授粉后花粉粒落到柱头表面时被大量的分泌物所包围和覆盖,为花粉萌发提供适宜的环境。‘园蓝’柱头表面分布有大量的指状乳突细胞,为柱头表皮细胞外壁向外剧烈突起形成;其花柱表皮层由角质化的薄壁细胞构成,细胞呈圆柱形,大小不均匀,排列无规则,多个圆柱形细胞形成束状,分隔明显,花柱基部有表皮毛,柱头下方则无表皮毛。‘夏普蓝’柱头表皮细胞表面有脑纹状乳突细胞,细胞表面轻度角质化;其花柱表皮层由角质化的薄壁细胞构成,细胞呈圆柱形,排列无规则型,轮廓较清晰,其长轴

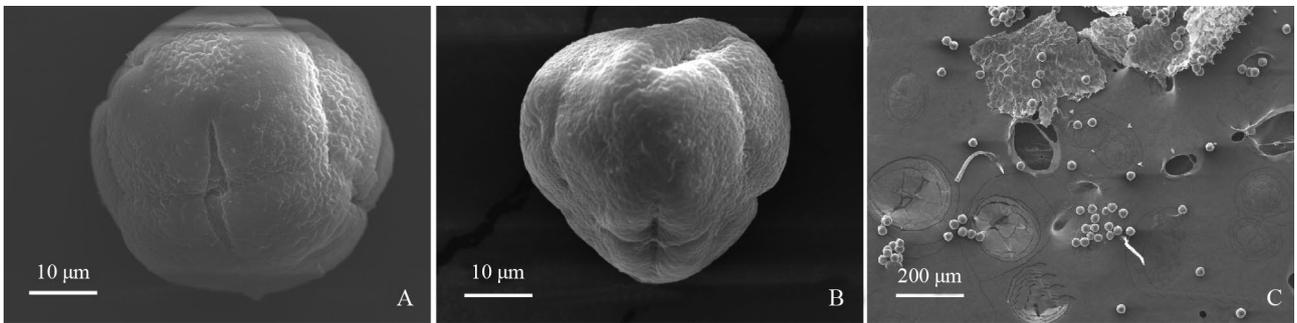


图3 蓝莓花粉特征。A: ‘园蓝’花粉表面皱波状纹饰; B: ‘夏普蓝’花粉粒极面观; C: 花粉块。

Fig. 3 Pollen of blueberry. A: Rugulate ornamentation in ‘Gardenblue’ pollen grain; B: Polar view of ‘Sharpblue’ pollen grain; C: Pollinium.

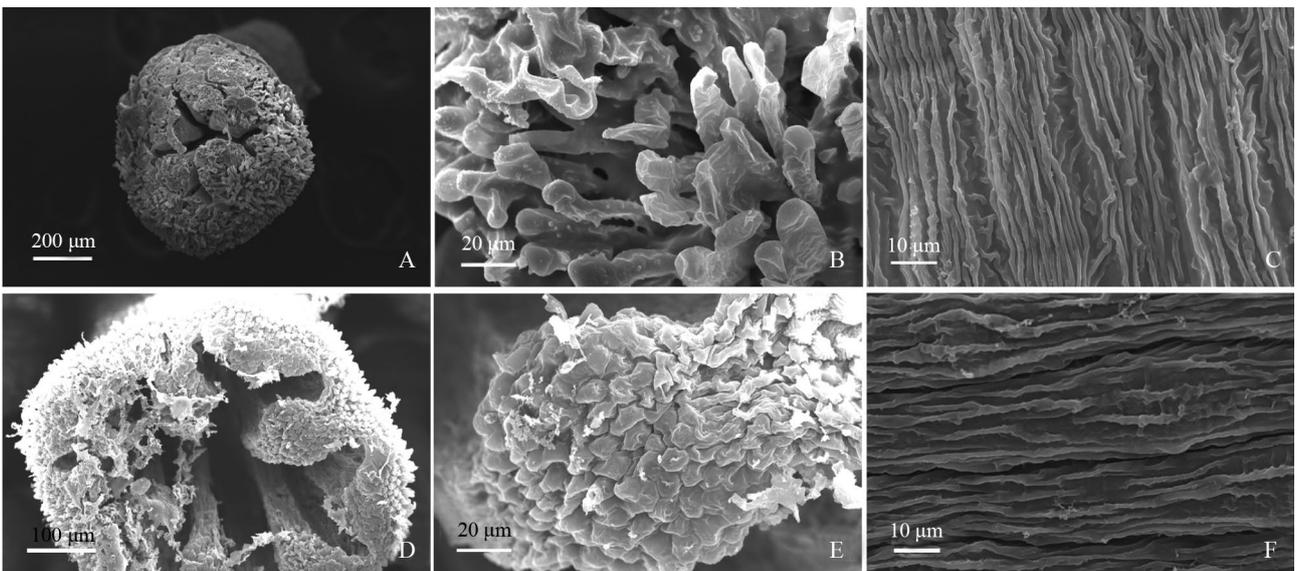


图4 蓝莓的柱头和花柱。A~C: ‘园蓝’; A: 柱头; B: 柱头的局部放大; C: 花柱; D~F: ‘夏普蓝’; D: 柱头; E: 柱头的局部放大; F: 花柱。

Fig. 4 Stigma and style of blueberry. A~C: ‘Gardenblue’; A: Stigma; B: Amplification of stigma; C: Style; D~F: ‘Sharpblue’; D: Stigma; E: Amplification of stigma; F: Style.

与花柱平行,不形成束状,花柱基部有表皮毛,柱头下方则无表皮毛(图 4: A~F)。

### 3 讨论

目前国内引进的蓝莓品种很混乱,同名不同种,同种不同名现象严重,已出现多起因品种混淆,种植区域环境不适造成巨大损失的案例。本研究以‘园蓝’和‘夏普蓝’为试材,观察花丝、花药、花柱、柱头、花粉粒等微形态特征,为今后蓝莓品种鉴定和对不同品种的正确引种提供理论依据。

‘园蓝’和‘夏普蓝’雄蕊花丝被毛,对花丝有一定的保护作用,但花丝中上部腺毛着生位置、腺毛长短、浓密程度各不同。‘园蓝’和‘夏普蓝’花丝基部均无腺毛,但纹饰差异明显,这为形态分类学提供了理论依据。‘园蓝’和‘夏普蓝’花药表面粗糙,外壁具乳突,成熟的花药顶部形成 2 个管状结构,管口孔裂,开口朝向花柱,在生长发育过程中管口呈不对等伸长,致使管口增大;成熟的蓝莓花器官花药短于花柱,由昆虫或风媒授粉,花药的这些特征有利于花粉的传播。

花粉的形态特征受基因控制,具有极强的遗传保守性,形态和纹饰极为稳定,是探讨植物起源、演化及亲缘关系的重要特征之一,其不仅可以用于种的鉴定,还可用于品种群的划分和品种鉴定<sup>[11]</sup>。本研究结果表明,‘园蓝’和‘夏普蓝’花粉的形态与杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(*Vaccinium*)和杜鹃花属(*Rhododendron*)的基本相同,均为四合体复合花粉<sup>[12-14]</sup>。但花粉饱满程度、花粉萌发孔沟的大小、孔盖形状及大小等表现不一,这可能影响花粉萌发。

Walker<sup>[15]</sup>认为,花粉表面纹饰的演化趋势为表面光滑 → 表面网状、条纹状 → 表面疣状、刺状突起,蓝莓‘园蓝’和‘夏普蓝’花粉表面均有不规则皱波状纹饰,说明蓝莓的进化程度较高,形成较晚。

‘园蓝’和‘夏普蓝’柱头为湿型柱头,表面的分泌物为花粉萌发提供了必需的基质<sup>[16]</sup>;柱头除分泌粘液外,表面还具有许多纹饰,因此很容易粘住昆虫携带来的花粉粒而完成授粉。‘园蓝’柱头表面具指状乳突细胞,花柱表皮细胞呈圆柱形,大小不均匀,排列无规则,多个圆柱形细胞形成束状,分隔明显;‘夏普蓝’柱头表面具脑纹状乳突细胞,花柱表皮细胞呈圆柱形,排列无规则,轮廓较清晰,其长

轴与花柱平行,不形成束状。‘园蓝’和‘夏普蓝’柱头和花柱表面纹饰差异明显,也可以作为品种鉴定的依据。

### 参考文献

- [1] Fang Z X, Hu J Y, Jiang B, et al. Research progress on blueberry (*Vaccinium* spp.) [J]. J Zhejiang Agri For Univ, 2013, 30(4): 599-606.  
方仲相, 胡君艳, 江波, 等. 蓝莓研究进展 [J]. 浙江农林大学学报, 2013, 30(4): 599-606.
- [2] Gao L X, Li S, Mo A Q, et al. Effects of inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi on growth of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) in south China [J]. Ecol Environ Sci, 2012, 21(8): 1413-1417.  
高丽霞, 李森, 莫爱琼, 等. 丛枝菌根真菌接种对兔眼蓝莓在华南地区生长的影响 [J]. 生态环境学报, 2012, 21(8): 1413-1417.
- [3] Li S, Gao L X, Qing M X M. The adaptability of different varieties of blueberry cuttings [J]. Guangdong Agri Sci, 2011(14): 40-42.  
李森, 高丽霞, 青木宣明. 不同蓝莓品种扦插适应性初探 [J]. 广东农业科学, 2011(14): 40-42.
- [4] Li S, Gao L X, Qing M X M. Selection of appropriate and potted cultivars of *Vaccinium corymbosum* hybrid [J]. Guangdong Agri Sci, 2011(15): 31-32.  
李森, 高丽霞, 青木宣明. 南部高丛类型蓝莓适宜盆栽品种的选择研究 [J]. 广东农业科学, 2011(15): 31-32.
- [5] Shi H Z, Liu H M. Softwood cuttage propagation techniques for rabbiteye blueberry [J]. J SW For Univ, 2010, 30(2): 29-31,36.  
史海芝, 刘惠民. 兔眼蓝莓嫩枝扦插繁殖技术 [J]. 西南林学院学报, 2010, 30(2): 29-31,36.
- [6] Han T T, Sun Z P. Callus induction and plant regeneration of *Vaccinium angustifolium* leaves [J]. Acta Bot Boreal-Occid Sin, 2010, 30(3): 615-620.  
韩婷婷, 孙周平. 矮丛蓝莓叶片的愈伤组织诱导及植株再生 [J]. 西北植物学报, 2010, 30(3): 615-620.
- [7] Nie F, Liao Y J, He J, et al. Propagation technique of *Vaccinium ashei* [J]. Subtrop Plant Sci, 2004, 33(4): 39-41.  
聂飞, 廖优江, 何健, 等. 美国兔眼蓝莓繁殖技术研究 [J]. 亚热带植物科学, 2004, 33(4): 39-41.
- [8] Wu L, Liu H G, Liu Y J, et al. Studies on leaf tissue structure and its relations to cold resistance of blueberry [J]. J Jilin Agri Univ, 2005, 27(1): 48-50,54.  
吴林, 刘海广, 刘雅娟, 等. 越橘叶片组织结构及其与抗寒性的关系 [J]. 吉林农业大学学报, 2005, 27(1): 48-50,54.
- [9] Zhang D Q, Xu Z L, Chu X F, et al. Study on leaf anatomical structure indexes related to drought resistance of blueberry [J]. J Fruit Sci, 2008, 25(6): 864-867.  
张德巧, 徐增莱, 褚晓芳, 等. 蓝莓叶片与抗旱性相关的解剖结构指标研究 [J]. 果树学报, 2008, 25(6): 864-867.

- [10] Pu F S. Descriptors of Fruit Germplasm Resources [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1990: 64–77.  
蒲富慎. 果树种质资源描述符 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1990: 64–77.
- [11] Huang L, Wang M J, Jing J X, et al. Morphological characteristics of floral organs of *Vitis davidii* (Roman. du Caill.) Foex. [J]. Hunan Agri Sci, 2013(15): 31–33.  
黄乐, 王美军, 蒋建雄, 等. 刺葡萄花器官形态特征研究 [J]. 湖南农业科学, 2013(15): 31–33.
- [12] Gao L M, Zhang C Q, Li D Z, et al. Pollen morphology of *Rhododendron* subgenus *Azaleastrum* [J]. J Wuhan Bot Res, 2002, 20(3): 117–181.  
高连明, 张长芹, 李德铎, 等. 杜鹃属马银花亚属花粉形态的研究 [J]. 武汉植物学研究, 2002, 20(3): 117–181.
- [13] Mao J N. A study on pollen morphology of 4 azalea (*Rhododendron*) species [J]. J SW Agri Univ, 2000, 22(6): 525–529.  
毛加宁. 杜鹃花属4种植物花粉形态特点研究 [J]. 西南农业大学学报, 2000, 22(6): 525–529.
- [14] Shen Y Y, Shang S N, Liu M Q, et al. Pollen morphology of *Vaccinium ashei* J. M. Reade. (Ericaceae), with reference to a measurement method of polar coordinate for tetrahedral tetrads [J]. J Wuhan Bot Res, 2006, 24(4): 316–319.  
沈玉英, 商世能, 刘茂泉, 等. 兔眼越桔(杜鹃花科)花粉形态——兼谈用极坐标测量四合体花粉的一种新方法 [J]. 武汉植物学研究, 2006, 24(4): 316–319.
- [15] Walker J M. Aperture evolution in the pollen of primitive angiosperm [J]. Amer J Bot, 1974, 61(10): 1112–1137.
- [16] Wang X D, Yu Y, Liu Y, et al. Microstructure of style and stigma of soybean [J]. J NE Agri Univ, 2013, 44(1): 7–11.  
王学东, 于洋, 刘岩, 等. 大豆花柱和柱头的显微结构观察 [J]. 东北农业大学学报, 2013, 44(1): 7–11.