

黄独(*Dioscorea bulbifera* L.)不同居群叶表皮微形态特征的比较观察

彭 斌, 周义峰, 舒 璞, 杭悦宇^①

[江苏省·中国科学院植物研究所(南京中山植物园) 江苏省植物迁地保护重点实验室, 江苏 南京 210014]

摘要:应用扫描电子显微镜(SEM)对15个黄独(*Dioscorea bulbifera* L.)居群(11个野生居群及4个栽培居群)植株的叶表皮微形态特征(包括气孔器、表皮毛和气孔周围表皮细胞的特征)进行了观察和测量,并据此编制了15个黄独居群的检索表。观察结果表明:15个黄独居群植株叶片在气孔器外拱盖内缘类型,气孔器旋转方向,气孔长轴长度及密度和深度,叶片表皮毛的有无及类型,叶肉腺毛的长、短轴长度及密度,气孔周围表皮细胞垂周壁和平周壁的形态以及平周壁表面颗粒形状等特征上均有明显差异。气孔器外拱盖内缘有光滑和浅波状2种类型;气孔器的旋转方向分为不定向旋转、左旋和右旋3种方式;气孔长轴长度和密度的变化幅度分别为18.59~31.93 μm和86~356 mm⁻²。叶片表皮毛均仅存在于下表皮,可分为乳突和多细胞头单细胞柄腺毛2种类型,乳突主要分布于主脉,腺毛主要分布于二级脉和叶肉;叶肉腺毛的长、短轴长度的变化幅度分别为25.00~55.00和24.86~44.29 μm,大部分居群腺毛密度的变化幅度为6~29 mm⁻²。叶片气孔周围表皮细胞垂周壁的形状有平直、平直隆起、平直脊状隆起、弯曲、弯曲脊状隆起和弯曲拱状隆起6种类型;表皮细胞平周壁的表面纹饰有具瘤条纹和光滑条纹2种形态,其扩散方式也有2种形式:一种为不环绕气孔且四方扩散,另一种为环绕气孔2~3周后扩散但扩散方向不定;平周壁上的颗粒形状有簇晶状、屑状、密集粉状、粉状、粒状和片状6种类型。比较分析结果显示:黄独不同居群叶表皮微形态特征的多态性较为丰富,地理分布相近的居群微形态特征的相似性较高,这些特征与黄独的各种下分类群相对应。

关键词: 黄独居群; 叶表皮; 微形态特征; 变异; 检索表

中图分类号: Q944.56; Q949.71^{+8.27.09} **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-7895(2011)02-0019-09

Comparative observation on micro-morphological characters of leaf epidermis of *Dioscorea bulbifera* L. from different populations PENG Bin, ZHOU Yi-feng, SHU Pu, HANG Yue-yu^① (Jiangsu Province Key Laboratory for Plant *Ex-situ* Conservation, Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2011, 20(2): 19–27

Abstract: Micro-morphological characters (including characters of stomatal apparatus, trichome and epidermal cell around stomata) of leaf epidermis of *Dioscorea bulbifera* L. from fifteen populations (including eleven wild populations and four cultivated populations) were observed and measured by scanning electron microscope (SEM), and a key of the fifteen populations was compiled based on micro-morphological characters. The observation results show that there are obvious differences in inner margin type of outer rim and rotation direction of stomatal apparatus, long axis length, density and depth of stomata, with or without trichome and trichome type on leaf, length of long and short axes and density of glandular hair on mesophyll, morphology of anticlinal and periclinal walls and particle shape on periclinal walls of epidermal cells around stomata of leaves among fifteen populations. Inner margins of outer rim of stomatal apparatus have two types of smooth and repand, and their rotation direction contains three types of non-directive, left and right directions. Ranges of long axis length and density of stomata are 18.59–

收稿日期: 2010-12-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30840015)

作者简介: 彭 斌(1983—), 男, 四川南充人, 硕士研究生, 主要从事植物系统与演化研究。

^①通信作者 E-mail: hangyueyu@21cn.com

31.93 μm and 86–356 mm^{-2} , respectively. Trichomes distribute only on lower epidermis with two types of papilla and glandular hair with multicellular head-unicellular stalk, and papilla is mainly on midrib and glandular hair is mainly on sub-vein and mesophyll. Length ranges of long and short axes of glandular hair on mesophyll are 25.00–55.00 and 24.86–44.29 μm , respectively and its density range is 6–29 mm^{-2} in most populations. Shapes of anticlinal walls of epidermal cells around stomata have six types with straight, straight and projectional, straight and ridgelike projectional, curved, curved and ridgelike projectional, curved and arciform projectional. Surface ornamentation of periclinal walls of epidermal cells includes two types with tuberculate and smooth stripes and their diffuse modes also contain two modes, one is 4-direction diffusing without surrounding stomata, another is diffusing without definite direction after 2–3 circles of surrounding stomata. And also, particle shapes on periclinal walls contain six types with crystalline cluster, scrap, dense powder, powder, grainy and lamellar. The comparative analysis results reveal that the diversity of micro-morphological characters of leaf epidermis among different populations of *D. bulbifera* is relatively rich, and populations with close geographic distribution possess higher similarity of micro-morphological characters, which is corresponding to different infra-specific taxa of *D. bulbifera*.

Key words: *Dioscorea bulbifera* L. population; leaf epidermis; micro-morphological character; variation; key

黄独 (*Dioscorea bulbifera* L.) 隶属于薯蓣科 (*Dioscoreaceae*) 薯蓣属 (*Dioscorea* L.) 基生翅组 (Sect. *Opsophyton* Uline), 广布于东南亚、大洋洲、非洲和美洲^[1], 属于古热带种(白垩纪至第三纪), 是基生翅组的祖先型^[2]。基生翅组全世界共仅有 5~6 种, 广布于亚洲、非洲及南美洲。Prain 等^[3]认为: 分布在中国的基生翅组包含有 1 种 3 变种, 即黄独及其变种雷公薯 (*D. bulbifera* var. *deltoidea* Prain et Burkill) (分布于中国广东)、大花黄独 (*D. bulbifera* var. *simbha* Prain et Burkill) (分布于中国云南腾冲) 和 *D. bulbifera* var. *vera* Prain et Burkill (分布于中国四川茂汶)。然而,《Flora of China》^[4]一书正式收载的基生翅组仅包含黄独 1 种, 分布于中国黄河以南地区, 仅将 Prain 等提出的 3 个变种作为文献提及, 并没有认可这些变种。

近年来, 国内外学者针对黄独种下类群的系统学进行了大量研究。Zhou 等^[5]将分布于中国云南的根茎断面白色的黄独变种定名为白金山药 (*D. bulbifera* var. *albotuberosa* Y. F. Zhou, Z. L. Xu et Y. Y. Hang), 并认为在中国新分布的黄独变种有雷公薯和大花黄独等; 另外, 周义峰^[6]认为有少花黄独 (*D. bulbifera* var. *pauciflorum* Y. F. Zhou et Y. Y. Hang) 和枝花黄独 (*D. bulbifera* var. *ramiflorus* Y. F. Zhou et Y. Y. Hang) 等新拟变种存在(未正式发表)。Terauchi 等^[7-8]以分布于非洲的黄独变种 *D. bulbifera* var. *anthropo-phagorum* (A. Chev.) Summerh 为材料, 绘制了黄独叶绿体基因组图谱, 并采用 RFLP 分子标

记对来自非洲、亚洲和大洋洲的 6 个黄独及其变种共 15 个样品的亲缘关系进行了研究。郑玉红等^[9]则利用 ISSR 分子标记方法对国产黄独 14 个居群的遗传多样性进行了研究。

形态学特征在薯蓣属的分类学研究中具有重要的作用^[10], 叶表皮结构特征(如气孔、表皮毛及其他附属物的特征)被认为是较稳定的演化特征^[11-16], 在植物分类学或系统学研究方面具有重要意义。近年来, 叶表皮结构特征在薯蓣属周生翅组 (Sect. *Enantiophyllum* Uline)、复叶组 [Sect. *Botryosicyos* (Hochst.) Uline] 及根状茎组 (Sect. *Stenophora* Uline) 等类群的系统学研究中得到了很好的应用^[17-21], 而有关黄独叶表皮形态特征方面的研究报道却较少, 仅凌萍萍等^[22]利用光学显微镜对黄独叶片表皮细胞及细胞壁的形态、腺体毛及非腺体毛的有无等进行了观察及简要的描述。

由于黄独的种下变异并不仅仅体现在遗传差异上, 仅采用分子标记并不完全适用于黄独种下类群的区别, 因此, 寻找合适的形态特征对黄独的系统分类具有重要意义。作者以国产黄独的 11 个野生居群及 2 个栽培居群为研究对象, 并以 2 个引自美国的栽培居群为外类群, 应用扫描电子显微镜对叶表皮的微形态特征(包括气孔器、表皮毛和气孔周围表皮细胞的微形态特征)进行了观察, 探讨了黄独及其种下变异类型的叶表皮微形态特征差异, 并据此编制了 15 个居群的分类检索表, 以期为黄独及其种下类群的系统分类研究提供一定的理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

2001年至2009年, 分别采集11个野生居群和4个栽培居群材料(表1), 其中的2个栽培居群引种自美国北卡罗来纳(经鉴定为黄独变种 *D. bulbifera* var. *sativa* Prain et Burkill), 共15个供试居群, 凭证标本信息见表1。

1.2 方法

分别采集各居群植株中部叶片, 于叶片中脉处取4 mm×4 mm的小块, 置于体积分数95%乙醇中超声

波振荡清洗10 min, 再用无水乙醇脱水, 挥干后用双面胶将叶片小块平整黏贴于样品台上, 置于IB-3型离子溅射仪(日本Eiko公司生产)中进行导电处理, 导电膜厚20 nm;然后置于Hitachi S-800型扫描电子显微镜(日本日立公司生产)下观察气孔器(包括外拱盖内缘类型、旋转方向、长轴长度、密度及深度)、表皮毛(包括主脉和二级脉表皮毛类型以及叶肉腺毛的长轴和短轴长度及腺毛密度)以及气孔周围表皮细胞(包括平周壁表面纹饰及扩散方式、平周壁上附属颗粒形状及垂周壁形状)的微形态特征;每个性状观察5~10个视野并选取合适部位进行拍照, 每份材料均重复3次。相关术语均参照Harris等^[23]和Baranova^[24]的描述。

表1 供试15个黄独居群的凭证标本基本信息

Table 1 Basic information of voucher specimens of fifteen populations of *Dioscorea bulbifera* L. for tested

居群编号 No. of population	产地 Location	生长类型 Growth type	采集人 Collector	采集号 No. of collection
1	中国四川汶川 Wenchuan of Sichuan, China	野生 Wild	周义峰, 吴宝成 ZHOU Y F, WU B C	200308019
2	中国四川都江堰 Dujiangyan of Sichuan, China	野生 Wild	周义峰, 吴宝成 ZHOU Y F, WU B C	200308021
3	中国四川峨眉山 Emei Mountain of Sichuan, China	野生 Wild	周义峰, 吴宝成 ZHOU Y F, WU B C	200308001
4	中国广西田林 Tianlin of Guangxi, China	野生 Wild	黄春洪, 郭可跃 HUANG C H, GUO K Y	200211067
5	中国台湾 Taiwan, China	野生 Wild	蔡进来 CAI J L	200212132
6	中国湖南衡山 Hengshan of Hu'nan, China	野生 Wild	黄春洪, 郭可跃 HUANG C H, GUO K Y	200211038
7	中国广西龙州 Longzhou of Guangxi, China	野生 Wild	黄春洪, 郭可跃 HUANG C H, GUO K Y	200211059
8	中国广东韶关 Shaoguan of Guangdong, China	野生 Wild	黄春洪, 郭可跃 HUANG C H, GUO K Y	200211037
9	中国海南吊罗山 Diaolu Mountain of Hainan, China	野生 Wild	周义峰, 吴宝成 ZHOU Y F, WU B C	200309013
10	中国云南丽江 Lijiang of Yunnan, China	野生 Wild	黄春洪, 郭可跃 HUANG C H, GUO K Y	200211077
11	中国云南蒙自 Mengzi of Yunnan, China	野生 Wild	黄春洪, 郭可跃 HUANG C H, GUO K Y	200212102
12	中国重庆南川 Nanchuan of Chongqing, China	栽培 Cultivated	周义峰, 吴宝成 ZHOU Y F, WU B C	200308034
13	中国云南景洪 Jinghong of Yunnan, China	栽培 Cultivated	黄春洪, 郭可跃 HUANG C H, GUO K Y	200211134
14	美国北卡罗来纳 North Carolina, USA	栽培 Cultivated	周义峰 ZHOU Y F	200403001
15	美国北卡罗来纳 North Carolina, USA	栽培 Cultivated	周义峰 ZHOU Y F	200403002

2 结果和分析

2.1 黄独各居群叶表皮微形态特征

2.1.1 气孔器的微形态特征 供试的15个黄独居群的气孔器均为不定型, 副卫细胞多数为3~5个且与周围细胞界线模糊。除云南景洪居群的气孔器外拱盖内缘为光滑型外(图版I-1), 其余居群的气孔器外拱盖内缘均为浅波状(图版I-2)。表2结果显示: 云南蒙自居群的气孔器旋转方向为不定向(即左旋和右旋同时存在, 见图版I-3), 广西田林和龙州、云南景洪和丽江4个居群的气孔器旋转方向为左旋

(图版I-4), 其余居群的气孔器旋转方向均为右旋(图版I-5); 15个居群气孔长轴长度的变化幅度为18.59~31.93 μm, 其中四川汶川居群的气孔长轴长度最短, 云南蒙自居群的气孔长轴长度最长; 15个居群的气孔密度变化幅度为86~356 mm⁻², 其中四川峨眉山居群和引种自美国北卡罗来纳的编号14的栽培居群的气孔密度最小, 而海南吊罗山居群的气孔密度最大; 各居群间的气孔深度也有明显的差异。

2.1.2 表皮毛的微形态特征 黄独叶片的表皮毛均存在于下表皮, 主要有乳突和多细胞头单细胞柄腺毛2种类型。乳突主要分布于主脉(图版I-6), 而腺毛则主要分布于二级脉(图版I-7)及叶肉(图版I-

8)。表3结果显示:云南景洪、蒙自和丽江3个居群叶片同时具有乳突和腺毛2种类型的表皮毛;海南吊罗山和广西龙州2个居群叶片的主脉和二级脉没有表皮毛,引种自美国北卡罗来纳的编号15的栽培居

群叶片的主脉和二级脉也没有表皮毛;广西田林、台湾、广东韶关和重庆南川4个居群的叶片有乳突但没有腺毛,其余居群叶片的主脉和二级脉没有乳突仅有腺毛。

表2 15个黄独居群气孔器微形态特征比较

Table 2 Comparison of micro-morphological characters of stomatal apparatus of *Dioscorea bulbifera* L. from fifteen populations

居群编号 No. of population	外拱盖内缘 Inner margin type of outer rim	深度 Depth	旋转方向 Direction of rotation	长轴长度/ μm Length of long axis	密度/ mm^{-2} Density
1	浅波状 Repand	深 Deep	右 Right	18.59	242
2	浅波状 Repand	深 Deep	右 Right	21.19	128
3	浅波状 Repand	中 Middle	右 Right	18.74	86
4	浅波状 Repand	深 Deep	左 Left	23.85	185
5	浅波状 Repand	中 Middle	右 Right	26.82	185
6	浅波状 Repand	中 Middle	右 Right	19.70	171
7	浅波状 Repand	深 Deep	左 Left	19.93	214
8	浅波状 Repand	中 Middle	右 Right	29.96	200
9	浅波状 Repand	中 Middle	右 Right	22.00	356
10	浅波状 Repand	中 Middle	左 Left	26.67	171
11	浅波状 Repand	深 Deep	左或右 Left or right	31.93	185
12	浅波状 Repand	中 Middle	右 Right	19.41	271
13	光滑 Smooth	深 Deep	左 Left	20.37	299
14	浅波状 Repand	深 Deep	右 Right	20.67	86
15	浅波状 Repand	深 Deep	右 Right	25.70	143

表3 15个黄独居群叶片各部位表皮毛的微形态特征¹⁾Table 3 Micro-morphological characters of trichome on different parts of *Dioscorea bulbifera* L. leaf from fifteen populations¹⁾

居群编号 No. of population	主脉表皮毛类型 Trichome type on midrib	二级脉表皮毛类型 Trichome hair type on sub-vein	叶肉腺毛特征 Character of glandular hair on mesophyll		
			长轴长度/ μm Long axis length	短轴长度/ μm Short axis length	密度/ mm^{-2} Density
1	-	腺毛 Glandular hair	42.86	30.00	23
2	-	腺毛 Glandular hair	40.00	27.14	17
3	-	腺毛 Glandular hair	37.14	37.14	6
4	乳突 Papilla	-	30.00	30.00	18
5	乳突 Papilla	-	45.72	34.29	24
6	-	腺毛 Glandular hair	44.29	44.29	17
7	-	-	31.43	31.43	<1
8	乳突,稀少 Papilla, sparse	-	50.71	33.57	<1
9	-	-	33.14	24.86	29
10	乳突,稀少 Papilla, sparse	腺毛 Glandular hair	55.00	30.71	<1
11	乳突 Papilla	腺毛 Glandular hair	42.85	28.57	20
12	乳突 Papilla	-	25.00	25.00	29
13	乳突 Papilla	腺毛 Glandular hair	32.85	32.85	19
14	-	腺毛 Glandular hair	40.00	31.43	14
15	-	-	34.29	30.00	18

¹⁾ -: 未观察到 Un-observed.

15个供试居群叶片的叶肉部位均具有腺毛,但各居群叶肉腺毛的特征有一定的差异(表3)。15个供试居群叶肉腺毛长轴和短轴的长度变化幅度分别为

25.00~55.00和24.86~44.29 μm ;大部分居群腺毛密度(图版I-9)的变化幅度为6~29 mm^{-2} ,其中四川峨眉山居群叶肉腺毛密度最小,重庆南川和海南吊

罗山居群叶肉腺毛密度最大;此外,因广西龙州、广东韶关和云南丽江居群叶肉腺毛极少,故没有统计这3个居群叶肉腺毛的密度。

2.1.3 气孔周围表皮细胞的微形态特征 黄独不同居群叶片气孔周围表皮细胞的形态特征明显不同(表

4)。15个居群叶片气孔周围表皮细胞垂周壁形状有平直(图版I-10)、平直隆起(图版I-11)、平直脊状隆起(图版I-12)、弯曲(图版II-1)、弯曲脊状隆起(图版II-2)和弯曲拱状隆起(图版II-3)等6种形态类型,各居群无特殊规律。

表4 15个黄独居群叶片气孔周围表皮细胞的微形态特征

Table 4 Micro-morphological characters of epidermis cells around stomata on leaf of *Dioscorea bulbifera* L. from fifteen populations

居群编号 No. of population	垂周壁形状 Anticlinal wall shape	平周壁特征 Periclinal wall feature		
		纹饰 Ornamentation	扩散方式 ¹⁾ Diffuse mode ¹⁾	颗粒形状 Particle shape
1	弯曲脊状隆起 Curved and ridgelike projectional	光滑条纹 Smooth stripe	I	屑状 Scrap
2	弯曲脊状隆起 Curved and ridgelike projectional	光滑条纹 Smooth stripe	I	屑状 Scrap
3	平直隆起 Straight and projectional	光滑条纹 Smooth stripe	I	屑状 Scrap
4	弯曲拱状隆起 Curved and arciform projectional	光滑条纹 Smooth stripe	I	屑状 Scrap
5	弯曲 Curved	光滑条纹 Smooth stripe	I	屑状 Scrap
6	平直 Straight	光滑条纹 Smooth stripe	II	密集粉状 Dense powder
7	平直 Straight	光滑条纹 Smooth stripe	II	密集粉状 Dense powder
8	平直 Straight	光滑条纹 Smooth stripe	I	簇晶状 Crystalline cluster
9	平直脊状隆起 Straight and ridgelike projectional	光滑条纹 Smooth stripe	I	粒状 Grainy
10	平直 Straight	光滑条纹 Smooth stripe	II	密集粉状 Dense powder
11	平直 Straight	光滑条纹 Smooth stripe	II	粉状 Powder
12	弯曲脊状隆起 Curved and ridgelike projectional	光滑条纹 Smooth stripe	I	屑状 Scrap
13	平直脊状隆起 Straight and ridgelike projectional	光滑条纹 Smooth stripe	I	簇晶状 Crystalline cluster
14	弯曲脊状隆起 Curved and ridgelike projectional	具瘤条纹 Tuberculate stripe	I	片状, 多 Lamellar, numerous
15	弯曲 Curved	具瘤条纹 Tuberculate stripe	I	片状, 多 Lamellar, numerous

¹⁾ I : 不环绕气孔并四方扩散, 气孔两端的条纹与气孔长轴平行, 两侧的条纹与气孔长轴垂直 4-direction diffusing without surrounding stomata, the stripes at both ends of stomata are parallel to long axis, the stripes at both side are perpendicular to long axis; II : 环绕气孔 2~3 周后扩散, 但扩散方向不定 Diffusing after surrounding stomata 2~3 circles, but the diffuse direction is indefinite.

15个居群叶片气孔周围平周壁表面纹饰有具瘤条纹和光滑条纹2种形态,其中,来自美国北卡罗来纳的2个居群为具瘤条纹(图版II-4),其余各居群均为光滑条纹(图版II-5,6)。气孔周围平周壁条纹的扩散方式也有2种形式:一种为不环绕气孔且四方扩散(图版II-5),气孔两端的条纹与气孔长轴平行,两侧的条纹与气孔长轴垂直,引种自美国北卡罗来纳的2个居群以及产自广东韶关、云南景洪、四川峨眉山、四川汶川、四川都江堰、重庆南川、广西田林、台湾和海南吊罗山的居群均属于该类型;另一种为环绕气孔2~3周后扩散,但扩散方向不定(图版II-6),产自广西龙州、云南丽江和蒙自及湖南衡山的居群属于这种形态类型。

15个黄独居群叶片表皮细胞平周壁上的颗粒形状有簇晶状、屑状、密集粉状、粉状、粒状和片状6种形态(图版II-7~12)。其中,湖南衡山、广西龙州及云南丽江3个居群为密集粉状,云南蒙自居群为粉

状,海南吊罗山居群为粒状,引种自美国北卡罗来纳的2个居群为片状,广东韶关和云南景洪2个居群为簇晶状,其余6个居群均为屑状。

从上述的观察和分析结果可见:黄独不同居群叶表皮微形态特征的多态性较高。地理位置相近的居群相似性较高。如产自四川的3个黄独野生居群在叶表皮毛特征、表皮细胞颗粒形状及平周壁表面纹饰、气孔器旋转方向等特征上存在高度相似性,仅在叶肉腺毛密度、气孔深度和密度等方面有一定的差异;引自美国北卡罗来纳的2个居群也高度相似,仅在二级脉有无腺毛这一特征上存在差异。气孔周围表皮细胞平周壁上的颗粒类型在各居群间有着较大的、稳定的差异。

2.2 基于叶表皮微形态特征的15个黄独居群的分类检索表

根据叶表皮微形态特征(主要包括气孔器、表皮毛和表皮细胞的微形态特征),编制出供试15个黄独

居群的分类检索表。

基于叶表皮微形态特征的15个黄独居群的检索表

1. 气孔外拱盖内缘光滑 居群 13
1. 气孔外拱盖内缘浅波状

 2. 气孔不定向旋转 居群 11
 2. 气孔定向旋转
 3. 气孔向左旋转
 4. 叶表皮无毛 居群 7
 4. 叶表皮有毛
 5. 二级脉无腺毛 居群 4
 5. 二级脉有腺毛 居群 10
 3. 气孔向右旋转
 6. 叶表皮无毛
 7. 垂周壁弯曲 居群 15
 7. 垂周壁平直 居群 9
 6. 叶表皮有毛
 8. 叶表皮毛为乳突 居群 8
 9. 垂周壁弯曲且隆起 居群 12
 9. 垂周壁弯曲但不隆起 居群 5
 8. 叶表皮毛为腺毛
 10. 平周壁条纹为具瘤条纹 居群 14
 10. 平周壁条纹为光滑条纹
 11. 平周壁条纹环绕气孔 居群 6
 11. 平周壁条纹不环绕气孔
 12. 垂周壁平直 居群 3
 12. 垂周壁弯曲
 13. 气孔密度大 居群 1
 13. 气孔密度小 居群 2

3 讨 论

目前,相关研究者对黄独的分类问题还存在一定的争议。《Flora of China》^[4]正式收载的黄独仅1种;而Prain等^[3]则认为:除黄独外,广东、云南腾冲及四川茂汶地区还分布有黄独的3个变种;周义峰等^[5-6]认为:中国不但分布有白金山药、雷公薯和大花黄独等变种,还分布有少花黄独和枝花黄独等新拟变种。因此,对黄独的种下分类研究需要借助于多学科的证据。

15个供试黄独居群的外部形态特征有明显差异,主要区别特征如下:湖南衡山、广西龙州、云南丽江和云南蒙自4个居群植株的雄花有穗状花序3~6个,

生于叶腋,其中1枝突化为花序枝;广东韶关居群和云南景洪栽培居群植株的零余子少而小,雌雄花序少而短;引种自美国北卡罗来纳的2个栽培居群的零余子大,表面白色而光滑;海南吊罗山居群植株的叶基平截或三角状深心形,果实较短;其余居群形态特征与黄独原变种基本相同,即:零余子紫棕色、表面有圆形斑点,雄花花序穗状、下垂、常数个丛生于叶腋,叶片宽卵状心形或卵状心形^[1]。

依据植株的形态特征可以将供试的15个黄独居群分为5种形态类型。其中,广东韶关和云南景洪居群为一类,特征为零余子少而小,雌雄花序少而短;湖南衡山、广西龙州、云南丽江和云南蒙自居群为一类,特征为雄花有穗状花序3~6个、生于叶腋,其中1枝突化为花序枝。这2个类型的黄独分别被周义峰等^[6]拟定为黄独变种,拟定名为少花黄独和枝花黄独。海南吊罗山黄独植株的叶基平截或三角状深心形,果实较短,周义峰等^[5-6]认为应该为中国分布的变种雷公薯。15个居群植株叶片表皮细胞平周壁上的颗粒有簇晶状、屑状、密集粉状和粉状、粒状、片状等6种形态,分别对应于少花黄独(拟)、黄独原变种、枝花黄独(拟)、雷公薯和引种自美国北卡罗来纳的变种*D. bulbifera* var. *sativa*。因此,叶表皮微形态特征揭示了这些黄独种下类群存在的可能性,可为黄独的种下分类提供科学的依据。

黄独15个居群植株叶片的气孔器、表皮毛和表皮细胞微形态特征的综合分析结果表明:地理分布相近的居群叶表皮微形态特征相似程度较高,一定程度上反映出环境的饰变作用。根据叶表皮微形态特征的多样性可对供试的15个黄独居群加以区分,表明叶表皮微形态特征对黄独种下类群的划分具有一定帮助。但这些形态特征是否稳定?是否还具有更为稳定且特异的形态特征?这些疑问则有待进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第十六卷第一分册 [M]. 北京: 科学出版社, 1985; 88.
- [2] 吴征镒, 路安民, 汤彦承, 等. 中国被子植物科属综论 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 212~217.
- [3] Prain D, Burkhill I H. An account of the genus *Dioscorea* in the East. Part I. The species which twine to the left [J]. Annals of the Royal Botanic Garden (Calcutta), 1936, 14: 1~20.
- [4] Ding Z Z, Gilbert M G. Dioscoreaceae [M] // Wu Z Y, Raven P H. Flora of China: Vol. 24. Beijing: Science Press, 2000: 286~287.

- [5] Zhou Y F, Xu Z L, Hang Y Y, et al. *Dioscorea bulbifera* var. *albotuberosa* (Dioscoreaceae), a new variety from Yunnan, China [J]. Novon, 2008, 18(4): 555–557.
- [6] 周义峰. 中国薯蓣属黄独分类及遗传多样性研究[D]. 南京: 江苏省·中国科学院植物研究所, 2006: 22–44.
- [7] Terauchi R, Terachi T, Tsunewaki K. Physical map of chloroplast DNA of aerial yam, *Dioscorea bulbifera* L. [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1989, 78: 1–10.
- [8] Terauchi R, Terachi T, Tsunewaki K. Intraspecific variation of chloroplast DNA in *Dioscorea bulbifera* L. [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1991, 81: 461–470.
- [9] 郑玉红, 夏 冰, 杭悦宇, 等. 黄独遗传多样性研究[J]. 西北植物学报, 2006, 26(10): 2011–2017.
- [10] 杭悦宇, 徐珞珊, 史德荣, 等. 中国薯蓣属植物地下茎淀粉粒形态特征及其分类学意义[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(4): 1–8.
- [11] Irvine F R. Woody Plants of Ghana[M]. London: Oxford University Press, 1961: 26–28.
- [12] Metcalfe C R, Chalk L. Anatomy of Dicotyledons[M]. 2nd ed. London: Clarendon Press, 1979: 97–162.
- [13] 杨传友, 苗 良. 苹果叶片气孔的研究[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 1998, 29(1): 8–14.
- [14] 韦存虚, 谢佩松, 周卫东, 等. 麦冬、土麦冬和阔叶土麦冬叶表皮形态结构的观察[J]. 植物资源与环境学报, 2008, 17(4): 9–15.
- [15] 高召兰, 李法曾. 山东广义苦荬菜属(菊科)叶表皮微形态的研究[J]. 广西植物, 2007, 27(3): 435–439.
- [16] 高德民, 樊守金. 姜品种叶片形态学研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2007, 15(4): 324–332.
- [17] 贾成森, 徐增来, 程树兵, 等. 山药不同种质资源的叶下表皮微形态研究[J]. 广西植物, 2009, 29(5): 607–613.
- [18] 蒋道松, 周朴华, 梁曾恩妮, 等. 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]. 广西植物, 2008, 28(4): 427–430, 450.
- [19] 杭悦宇. 中药草本的原植物、鉴定及质量评价研究[D]. 南京: 中国药科大学学生药学院, 2007: 48–55.
- [20] 郑玉红. 中国薯蓣属周生翅组的系统学研究[D]. 南京: 南京农业大学生命科学学院, 2006: 11–82.
- [21] 史德荣. 中国薯蓣属复叶类群的系统学研究[D]. 南京: 江苏省·中国科学院植物研究所, 2006: 22–23.
- [22] 凌萍萍, 吴竹君, 秦慧贞. 薯蓣属(*Dioscorea* L.)叶表皮气孔类型在分类上的意义[M]//南京中山植物园研究论文集编辑组. 南京中山植物园研究论文集: 1981. 南京: 江苏科学技术出版社, 1982: 9–16.
- [23] Harris J G, Harris M W. 图解植物学词典[M]. 王宇飞, 赵良成, 冯广平, 等, 译. 北京: 科学出版社, 2001: 277–302.
- [24] Baranova M. Principles of comparative stomatographic studies of flowering plants[J]. The Botanical Review, 1992, 58(1): 49–99.

图版说明 Explanation of Plates

图版I 1. 示气孔器外拱盖内缘光滑; 2. 示气孔器外拱盖内缘浅波状; 3. 示气孔器不定向旋转; 4. 示气孔器向左旋转; 5. 示气孔器向右旋转; 6. 示主脉上的乳突; 7. 示二级脉上的腺毛; 8. 示叶肉上的腺毛; 9. 示腺毛密度; 10. 示平直的垂周壁; 11. 示平直隆起的垂周壁; 12. 示平直脊状隆起的垂周壁。

Plate I 1. Showing smooth inner margin of stomatal apparatus outer rim; 2. Showing repand inner margin of stomatal apparatus outer rim; 3. Showing stomatal apparatus rotating non-directive; 4. Showing stomatal apparatus rotating to the left; 5. Showing stomatal apparatus rotating to the right; 6. Showing papilla on midrib; 7. Showing glandular hair on sub-vein; 8. Showing glandular hair on mesophyll; 9. Showing density of glandular hair; 10. Showing straight anticlinal wall; 11. Showing straight and projectional anticlinal wall; 12. Showing straight and ridgelike projectional anticlinal wall.

图版II 1. 示弯曲的垂周壁; 2. 示弯曲脊状隆起的垂周壁; 3. 示弯曲拱状隆起的垂周壁; 4. 示平周壁具瘤条纹; 5. 示平周壁光滑条纹, 不环绕气孔; 6. 示平周壁光滑条纹, 环绕气孔; 7. 示平周壁的簇晶状颗粒; 8. 示平周壁的屑状颗粒; 9. 示平周壁的密集粉状颗粒; 10. 示平周壁的粉状颗粒; 11. 示平周壁的粒状颗粒; 12. 示平周壁的片状颗粒。

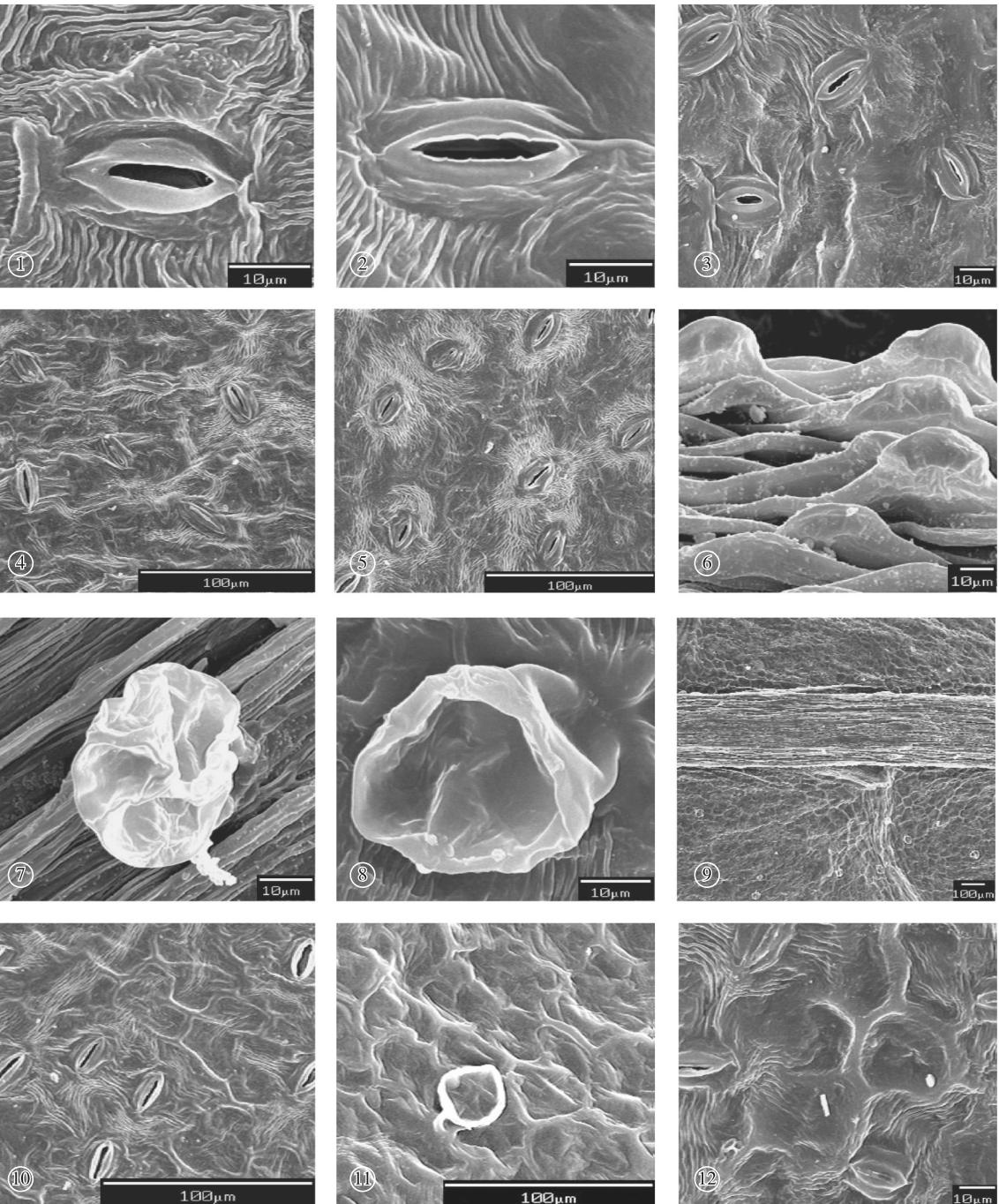
Plate II 1. Showing curved anticlinal wall; 2. Showing curved and ridgelike projectional anticlinal wall; 3. Showing curved and arciform projectional anticlinal wall; 4. Showing tuberculate stripe of periclinal wall; 5. Showing smooth stripe of periclinal wall without surrounding stomata; 6. Showing smooth stripe of periclinal wall with surrounding stomata; 7. Showing crystalline cluster particle on periclinal wall; 8. Showing scrap particle on periclinal wall; 9. Showing dense powder particle on periclinal wall; 10. Showing powder particle on periclinal wall; 11. Showing grainy particle on periclinal wall; 12. Showing lamellar particle on periclinal wall.

(责任编辑: 佟金凤)

彭斌, 等: 黄独 (*Dioscorea bulbifera* L.) 不同居群叶表皮微形态特征的比较观察

图版 I

PENG Bin, et al: Comparative observation on micro-morphological characters of leaf epidermis of *Dioscorea bulbifera* L. from different populations



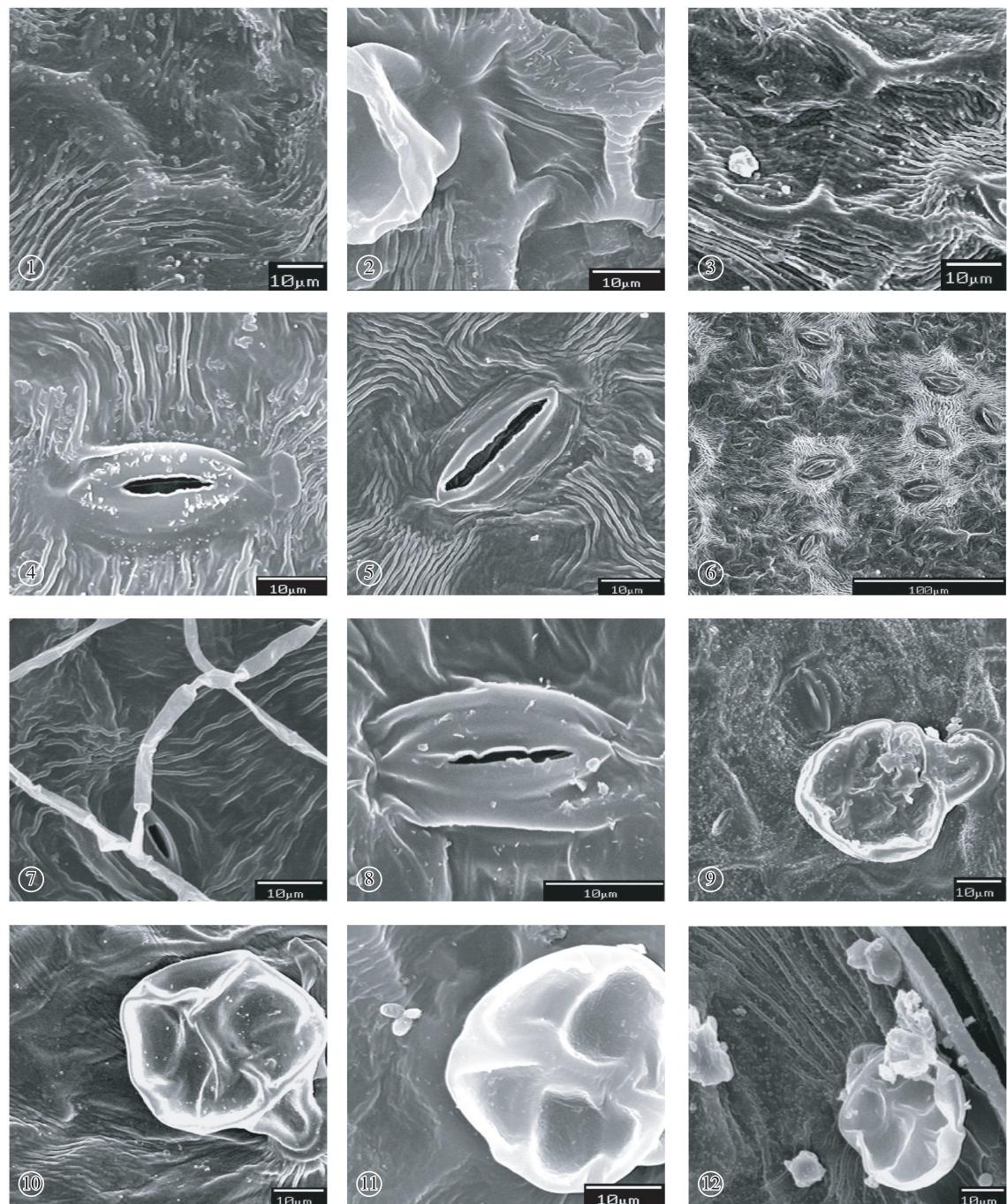
See the explanation of the end of the text

彭 斌, 等: 黄独(*Dioscorea bulbifera* L.)不同居群叶表皮微形态特征的比较观察

PENG Bin, et al: Comparative observation on micro-morphological characters of leaf epidermis of *Dioscorea bulbifera* L. from different populations

图版 II

Plate II



See the explanation of the end of the text