

浙东南杨梅叶片气孔观察与相似性研究

陈方永^{1,2}, 王 引¹, 倪海枝¹, 任正初¹, 刘继红²

(¹ 浙江省柑橘研究所, 黄岩 318020; ² 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070)

摘要: 对浙江省东南部台州、温州、宁波及绍兴 4 个地区 25 份杨梅地方品种材料叶片的气孔特性进行研究, 测定了气孔密度、气孔面积、气孔长、短轴和气孔器长、短轴。结果表明: 所有材料气孔均属于平行型; 气孔密度在 500 ~ 1200 个/mm² 之间, 主栽品种东魁、荸荠和丁岙梅气孔密度偏小; 气孔面积从 40 ~ 80 μm² 不等, 以 50 μm² 较为集中; 气孔器长、短轴以变异 1 号最大, 温州土梅最小; 气孔长、短轴的变化规律为长轴 > 短轴。利用重心距离法对气孔密度、气孔面积、气孔大小和气孔器大小进行聚类分析, 从距离 0.5 处进行分类, 可分为 5 类。聚类分析表明: 气孔的相似度在某种程度上可以作为区别品种的依据, 但要精确地研究它们之间的遗传关系, 还需与分子生物学、形态学等综合手段相结合予以鉴定。

关键词: 杨梅; 气孔特征; 显微观察; 聚类分析

Stomata Similarity of Some Zhejiang Southeast Bayberry Leaves

CHEN Fang-yong^{1,2}, WANG Yin¹, NI Hai-zhi¹, REN Zheng-chu¹, LIU Ji-hong²

(¹ Citrus Research Institute of Zhejiang, Huangyan 318020;

² College of Horticultural and Forestry Sciences, Huazhong Agriculture University, Wuhan 430070)

Abstract: The stomatal density, stomatal area, size of stoma and stomatal apparatus of 25 Chinese bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.) leaves in southeast of Zhejiang province Taizhou, Wenzhou, Ningbo and Shaoxing were examined by optical microscope. The results showed that stomata of all varieties were of parallel type; stomatal density ranged from 500 ~ 1200 No. / mm², and major cultivars, such as Dongkui, Biqi and Ding'aomei presented a low density level; size of stomatal area concentrated in 50 μm² at a range of 40 ~ 80 μm²; Variation No. 1 had the largest major and minor axis of stomatal apparatus size, while Wenzhoutumei had the smallest; the major axis were bigger than the minor axis of all stoma size. Cluster analysis of stomatal density, stomatal area, size of stoma and stomatal apparatus by center of gravity method, classification from a distance of 0.5, it can be divided into five categories. A cluster analysis showed that it was, to a certain extent, practicable to distinguish the varieties by using stomatal similarity. However, molecular biology and morphology methods were also needed for precise study of the genetic relationships.

Key words: Chinese bayberry; Stomatal characters; Micro observation; Cluster analysis

气孔是植物叶片表面的微观孔隙, 由一对特化了的表皮细胞——保卫细胞组成, 有些植物气孔保卫细胞的外围还分布着一个至数个形态、排列方式不同的护卫细胞^[1]。双子叶植物的气孔有 4 种类型: 无规则型、不等型、平行型、横列

型^[2]。气孔是植物与外界进行气体和水分交换的主要通道, 与植物的光合作用、呼吸作用和蒸腾作用有着密切的联系。许多研究发现, 气孔的类型、保卫细胞的形态、护卫细胞的排列方式, 以及气孔大小、密度等与植物的抗旱、抗寒和抗病

收稿日期: 2011-09-15 修回日期: 2012-05-04

基金项目: “十二五”浙江省农业育种重大专项[浙科发农(2012)99号]; 台州市 2012 农业重大专项[台科(2012)35号]

作者简介: 陈方永, 副研究员, 博士研究生。主要从事杨梅、枇杷的遗传育种与有机生理栽培技术研究。E-mail: cfy17266@126.com

能力有很大的相关性^[3-6]。李润唐等^[7]对 30 个柑橘类品种的叶片气孔进行了观察,认为柑橘叶片气孔密度、长轴和气孔器大小可以作为研究果树遗传育种、鉴别品种间亲缘关系的重要微观特征。龚雯等^[8]认为,八仙花品种的气孔大小和气孔密度在数值上的过渡性表明其在长期的进化中形成了丰富的遗传多样性。杨梅是中国南方的优势特色果树,由于其地方品种繁多,遗传关系复杂,目前国内外尚未有对其气孔研究的报道。本试验所用的 25 个杨梅地方品种均由浙江省柑橘研究所杨梅资源圃近几年来从浙江省东南部各地采集。在观察各个品种并测定了各品种气孔的形态和相关指标后,再对这些指标进行聚类分析,以期为研究杨梅的起源、分化和遗传育种提供气孔方面的证据。

表 1 25 个杨梅品种(材料)

Table 1 25 Chinese bayberry cultivars

序号 Code	品种名称 Name of variety	原产地 Origin	序号 Code	品种名称 Name of variety	原产地 Origin	序号 Code	品种名称 Name of variety	原产地 Origin
1	荸荠	宁波	10	三门桐子梅	台州	19	丁香梅	温州
2	早荠蜜梅	宁波	11	黑晶	台州	20	雪梅	温州
3	晚荠蜜梅	宁波	12	临海阳平梅	台州	21	细叶高庄	温州
4	乌紫	宁波	13	临海早大梅	台州	22	好吃梅	温州
5	头魁香	宁波	14	院桥水梅	台州	23	贾宅早	温州
6	东魁母树	台州	15	舟山晚稻梅	舟山	24	温州土梅	温州
7	东魁	台州	16	上虞水晶梅	绍兴	25	土大	温州
8	变异 1 号	台州	17	永嘉刺梅	温州			
9	变异 2 号	台州	18	永嘉白杨梅	温州			

1.2 方法

1.2.1 气孔观察 选取树干外围上年夏梢抽发的健康叶片,用自来水冲洗干净,用透明法^[9]撕取叶片气孔。置于光学显微镜(Leica DMI3000)下观察并拍照($\times 100$, $\times 200$, $\times 400$),观察项目包括气孔密度(单位面积气孔个数)、气孔面积(保卫细胞围成的面积)、气孔长轴(保卫细胞长度)、气孔短轴(保卫细胞宽度)、气孔器长轴(保卫细胞长度)、气孔器短轴(保卫细胞宽度)。气孔密度测定共观察 30 个视野,其他指标每个视野统计 10 个气孔,共统计 3 个视野,并设置 3 个重复。

1.2.2 数据处理 数据处理采用 ImageJ 软件,测量单位面积的气孔个数、保卫细胞面积、气孔长轴、气孔短轴、气孔器长轴、气孔器短轴,数据导入 Excel 进行计算。利用 SAS9.1 进行气孔各指标的多重比

1 材料与方法

1.1 材料

25 个杨梅品种材料收集于浙江省台州市、温州市、宁波市以及绍兴市。2003 年以来陆续嫁接于浙江省柑橘研究所杨梅资源圃内。考虑不同环境下采集的叶片,因栽培条件的差异性而导致气孔形状、密度的改变,本研究采样均在同一资源圃内。资源圃立地条件为矮山,土壤团粒结构好,pH 值为 5.5 ~ 6.0,水源供应正常,常年统一管理,因而栽培管理水平一致。植株树龄为 10 年以上栽培树,检测材料除荸荠、东魁、院桥水梅、变异 1 号、变异 2 号为小苗嫁接的植株外,其他 20 个品种材料均为中间砧嫁接。叶龄均为新叶,所采叶均为植株阳面中上部的健康叶(表 1)。

较和聚类分析。

本研究对各个品种的叶片都在课题组建立的资源圃内采集,且叶片均为植株中部、一年生、阳面的叶片。

2 结果与分析

2.1 气孔与气孔器特征

杨梅属植物的叶片气孔均分布于下表皮。所有 25 个品种材料气孔器形态比较的结果,除永嘉白杨梅(图 1-A)呈近似长椭圆形外,其他品种差别不大,均呈近圆形或扁圆形(图 1-B),且圆形或扁圆形这两种形状在每个品种叶片上均存在。气孔保卫细胞肾形,在保卫细胞的外围有 1 对护卫细胞与其长轴平行,属于平行型气孔(图 1-C, D)。由 2 片保卫细胞组成的气孔,除了永嘉白杨梅呈长形外,其他均为椭圆至圆形。

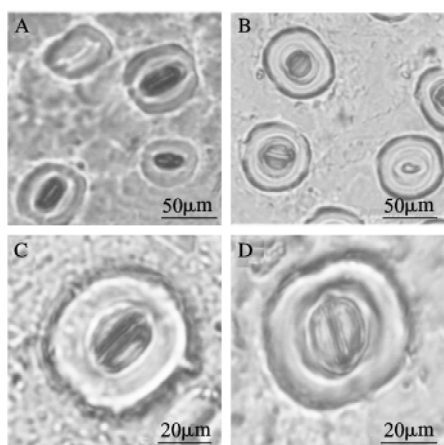


图1 永嘉白杨梅与上虞水晶梅气孔形态

Fig. 1 Stomatal morphology of Yongjiabaiyangmei and Shangyushuijingmei

A: 永嘉白杨梅(×200); B: 上虞水晶梅(×200);

C: 永嘉白杨梅(×400); D: 上虞水晶梅(×400)

A: Yongjiabaiyangmei(×200); B: Shangyushuijingmei(×200);

C: Yongjiabaiyangmei(×400); D: Shangyushuijingmei(×400)

2.2 气孔密度

从表2可以看出,25个杨梅品种、材料气孔密度差异很大,气孔密度最大的是晚茅蜜梅(如图2-A),为1124.449个/mm²,最小的是变异1号(图2-B),521.058个/mm²。全省主栽品种东魁、荸荠和丁岙梅的气孔密度在600~800个/mm²之间,温州市的几个本地材料细叶高庄、好吃梅、贾宅早气孔密度无显著差异性,分别为699.668个/mm²、685.925个/mm²、685.773个/mm²。来自台州市、宁波市、绍兴市的8个品种气孔密度变化较大,范围为600~1200个/mm²不等,其中临海早大梅、上虞水晶梅无显著差异;乌紫、临海阳平梅、三门桐子梅数值极为接近;黑晶和舟山晚稻梅之间无显著差异。变异2号气孔密度与荸荠种、永嘉刺梅和头魁岙之间无显著差异,变异1号气孔密度为所有品种最小,且与其他品种均存在显著差异。

表2 杨梅叶片气孔密度、气孔面积、气孔大小和气孔器大小比较

Table 2 Comparison of stoma density, size, area and stomatal apparatus size of Chinese bayberry leave

供试品种 Variety	气孔密度 (No./mm ²) Stoma density	气孔面积 (μm ²) Stoma area	气孔器大小(μm) Stomatal apparatus size		气孔大小(μm) Stoma size	
			长轴	短轴	长轴	短轴
			Major axis	Minor axis	Major axis	Minor axis
东魁	665.004jk	53.273gh	17.671ghi	18.673cde	7.547jk	6.937cdef
东魁母树	599.937l	52.343gh	16.309kl	18.331efg	8.458ghi	7.255bede
荸荠	780.916fgh	59.186ef	17.016ijk	16.688klmn	9.118cdefg	6.493fgh
早茅蜜梅	1003.701bc	69.572bc	18.453defg	16.987jklm	8.954fg	6.259ghi
永嘉刺梅	772.498fgh	72.179b	18.659cdef	16.411lmn	10.566a	7.402bc
院桥水梅	624.863kl	80.269a	20.203ab	19.892b	9.283bedef	7.305bed
头魁岙	742.521ghi	55.588fg	18.783cdef	19.519bc	9.037efg	7.278bed
永嘉白杨梅	740.585hi	44.805ij	18.696cdef	17.291hijkl	11.043a	5.531k
晚茅蜜梅	1124.449a	48.033hij	16.773ijkl	17.341hijk	8.208hij	6.505fgh
临海阳平梅	938.457d	59.235ef	18.060fgh	18.471efg	9.806bc	7.960a
临海早大梅	1036.725b	39.114k	16.513jkl	15.454o	8.072ij	6.835def
乌紫	922.867d	45.078ij	16.906ijkl	16.244mno	8.519ghi	5.836ijk
三门桐子梅	924.609d	42.581jk	17.193hijk	16.944jklm	8.185hij	6.004hijk
黑晶	687.455ij	65.579cd	19.484bc	18.565def	9.862b	7.595ab
舟山晚稻梅	711.674ij	63.429de	16.574jkl	17.124ijklm	9.128cdefg	7.422abc
上虞水晶梅	1001.521bc	55.466fg	18.215efg	17.609ghij	8.728fghi	6.431fgh
丁岙梅	679.143jk	52.822gh	18.216efg	18.759cde	8.729fghi	6.168hij
雪梅	807.080e	49.777hi	17.234hij	16.590klmn	7.310k	6.171hij
细叶高庄	699.668ij	59.857ef	19.115cde	18.516efg	9.695bede	6.798defg
好吃梅	685.925ij	50.742gh	18.271efg	18.031efghi	7.187k	6.935cdef
贾宅早	685.773ij	66.914bcd	18.875cdef	18.184efgh	9.746bcd	7.442abc
温州土梅	957.718cd	43.522jk	16.043l	15.982no	7.107k	5.686jk
土大	850.292e	49.494hi	18.914cdef	17.746fghij	9.069defg	6.724efg
变异1号	521.058m	66.844bcd	21.048a	21.789a	8.911fg	7.138bede
变异2号	798.134efg	72.001b	19.261cd	19.445bcd	8.817fgh	7.119bede

不同小写字母表示 $P < 0.05$ 差异显著性Different small letters are significantly different at $p < 0.05$ level respectively.

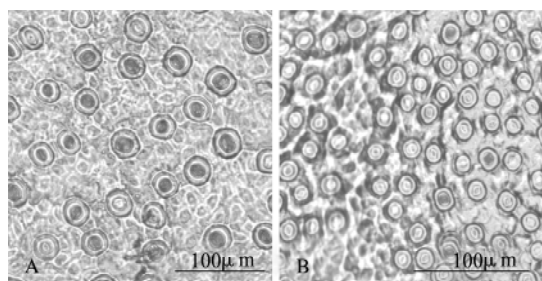


图2 晚茛蜜梅与变异1号气孔密度

Fig. 2 Stomatal density of Wanqimimei and bianyi No. 1

A: 晚茛蜜梅(×100); B: 变异1号(×100)

A: Wanqimimei (×100); B: Bianyi No. 1(×100)

2.3 气孔面积

不同品种的气孔面积差异很大,范围从 $40 \sim 80 \mu\text{m}^2$ 不等。与气孔密度相比,气孔面积的大小相对集中,大多在 $40 \sim 60 \mu\text{m}^2$ 之间,以 $50 \mu\text{m}^2$ 左右分布最多,且显著性差异较小。院桥水梅气孔面积最大, $80.269 \mu\text{m}^2$, 临海早大梅最小, $39.114 \mu\text{m}^2$ 。气孔面积大于 $70 \mu\text{m}^2$ 的有院桥水梅、永嘉刺梅和变异2号,比所有气孔面积的平均值还要大 34%。

2.4 气孔长轴、短轴与气孔器长轴、短轴

从表2的结果来看,气孔器长、短轴和气孔长短

轴之间没有直接的相关性。气孔器最大的为变异1号,长轴为 $21.048 \mu\text{m}$ 、短轴 $21.789 \mu\text{m}$;而气孔长轴最大的为永嘉白杨梅达 $11.043 \mu\text{m}$,与其对应的短轴仅为 $5.531 \mu\text{m}$,这使永嘉白杨梅的气孔接近长形。各杨梅品种气孔器长、短轴数值较为接近。因此,气孔器呈近圆形或扁圆形,而气孔长、短轴的规律为长轴 > 短轴,这使得气孔多为椭圆形或长椭圆形。临海早大梅的气孔器长、短轴与温州土梅的气孔长、短轴为所有品种较小的。

2.5 利用气孔性状进行聚类分析

利用重心距离法对气孔密度、气孔面积、气孔大小和气孔器大小进行聚类分析,结果如下:从距离0.5处进行分类,可分为5类:第I类包括东魁、黑晶、贾宅早、丁岙梅、好吃梅、舟山晚稻梅、细叶高庄、东魁母树、院桥水梅;第II类包括荸荠、永嘉刺梅、变异2号、雪梅、头魁岙、永嘉白杨梅、土大;第III类为变异1号;第IV类温州土梅、早茛蜜梅、上虞水晶梅、临海早大梅、临海阳平梅、乌紫、三门桐子梅(图3);第V类为晚茛蜜梅。

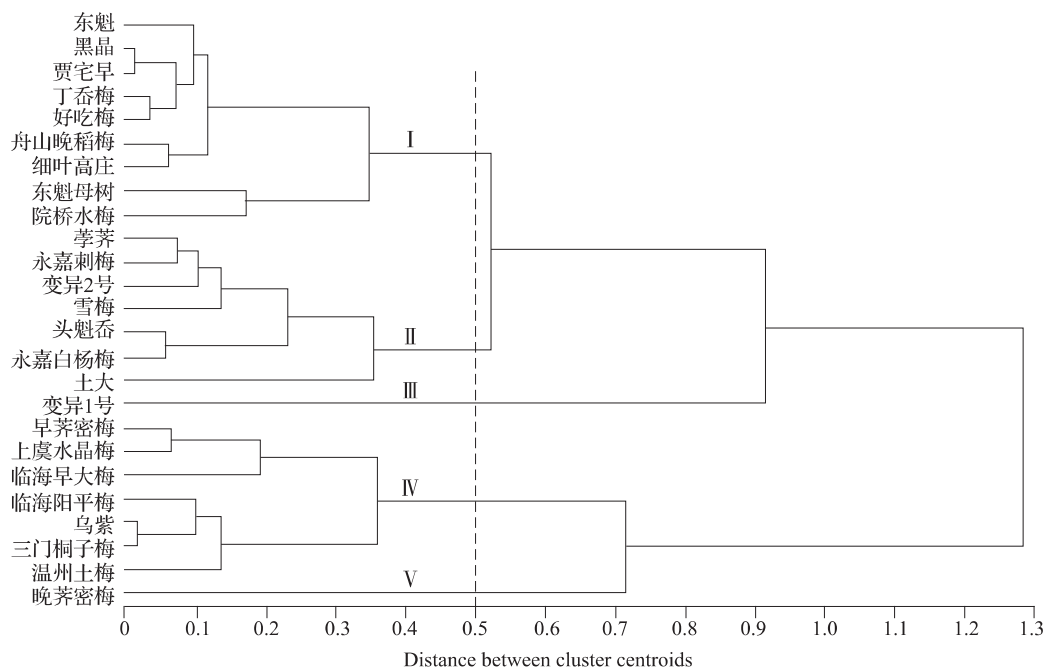


图3 气孔性状聚类分析图

Fig. 3 Results of cluster analysis of stomatal characters

3 讨论

气孔是经自然选择和人工选择所保留下来的重

要器官,具有较大的稳定性,一般来说同属的植物间气孔密度及气孔长度的变化相对较小,而不同属的植物则变化较大^[10]。亦有人认为气孔保卫细胞长、

宽的性状相对较为稳定,但气孔密度在不同的环境条件下差异较大^[11]。这个结果与本研究有别。本试验在对 25 个来自不同地方的杨梅种质叶片进行检测中,各个品种气孔密度差异较大。东魁母树气孔密度为 599.9371 个/mm²,而晚茅蜜梅却为 1124.449 个/mm²,差距近 1 倍。但源于母树的东魁栽培树和从栽培树上产生变异的变异 1 号它们分别为 665.004 个/mm²、521.058 个/mm²,可见同源间数值相近,也符合遗传变异规律。这说明除环境影响因子外,杨梅品种在长期演化过程中形成了丰富的遗传多样性。气孔密度的大小与地域之间并无明显的规律性。李嘉瑞等^[12]认为,苹果气孔的密度与砧木的生长势呈显著的负相关。一般主栽品种经长期的人工选择和驯化其生长势强,气孔密度小。本试验中变异 1 号气孔密度最小,此品种叶片、果实均比其他品种大,有望成为优良种质。

所有杨梅品种气孔类型 24 个为平行型,唯一不同的是永嘉白杨梅气孔保卫细胞呈长形,在形态上独树一帜(图 1-A, C)。利用气孔和气孔器的形态来区分同种不同属的植物,具有较高的参考价值。研究发现枳属气孔呈平列型,而金柑属和柑橘属气孔为无规则型,由此推断金柑属和柑橘属的亲缘关系较近。而本试验中所有材料均为杨梅属,永嘉白杨梅这种特殊的气孔形态是否与其本身的生长环境或与抗性有关,还有待进一步研究。变异 1 号气孔器长、短轴最大,温州土梅的气孔器长、轴最小,可能也与植株的生长势和抗性有关。气孔器大小与气孔大小并无显著的相关性,与气孔密度相关性较大,这说明要参与光合、呼吸和蒸腾作用等生理活动,叶片上需要一定数量的气孔面积;气孔器大小在一定程度上决定了气孔面积。气孔面积以院桥水梅最大,临海阳平梅最小。早在 1965 年,Speckmann 等^[13]就发现气孔保卫细胞的长度跟黑麦草的倍性相关,三倍体保卫细胞长度是二倍体的 1.3 ~ 1.5 倍。用保卫细胞周长来鉴定辣椒的倍性具有非常高的准确性^[14]。由表 1 可知,院桥水梅气孔面积最大,为 80.269 μm²,永嘉刺梅和变异 2 号次之,均为 70 μm²以上,与大部分杨梅的气孔面积相比,大了 30% ~ 50%。关于杨梅属植物的倍性,国内外尚未有文献报道,本试验所搜集的材料除了浙江省的主栽品种和地方品种外,还有不少野生、半野生的种质。其在长期的演化过程中倍性是否发生了变化,还需要借助流式细胞仪等进一步研究证实。

利用重心距离法对气孔的所有指标进行聚类

分析,发现各地品种在 5 个类型中均有分布。温州土梅与其他几个品种气孔相似性大,归为一类。源自黄岩(台州)的主栽品种东魁与源自温州的重要品种丁岙梅同属一类。荸荠种与永嘉刺梅关系很近。从气孔的各项指标来看,晚茅蜜梅与变异 1 号均与其他品种差异很大,自成一类。浙江省杨梅栽培历史悠久,品种资源丰富,变异类型繁多,不同的研究方法、分子标记研究中引物数的多少、不同时期采样及不同部位可能对研究结果都不一样。用核型分类法把浙南杨梅分成 5 大类 9 小类^[15],而用 RAPD 分子标记检测的结果^[16]与前者不一样,与本研究调查的实际结果也不一致。对江浙地区 14 个杨梅品种进行 ISSR 分析,认为东魁、荸荠和丁岙梅亲缘关系较近,早茅蜜梅和早大梅起源相同,前者可能是后者的亲本之一,晚茅蜜梅与其他品种亲缘关系较远^[17]。利用 AFLP 和 SSR 分子标记技术对 101 个杨梅材料进行遗传多样性研究^[18]表明,当用 AFLP 标记相似系数在 0.88 时,来自宁波的荸荠种、早茅蜜梅、晚茅蜜梅、甬选 56 号与来自台州的东魁、黑晶(温岭大炭梅)聚在一起;而利用 SSR 标记检测时,温州地方品种贾宅早、万年青、土大、好吃梅与台州的东魁、东魁 2、晚茅蜜梅聚在一起。研究结果存在差异性,本研究认为 AFLP 是显性标记,SSR 是共显性标记,是分类的原理不同所致。本研究显示,荸荠种与东魁母树聚类较远,而与营养系东魁相近,东魁与丁岙梅亲缘关系较近。这与分子标记聚类分析的结果基本吻合^[17-18]。查阅杨梅的种植历史,东魁杨梅源于台州(黄岩)的大炭梅,荸荠种源于宁波,丁岙梅源于温州,三者果形、色泽、风味、熟期都不一样。历史上台州和温州交通十分不便,先从北边沿途翻山越岭,再到乐清市的清江择时渡船;而且两地又是两个语系,台州是吴越文化,温州是东瓯文化。因此,台州的东魁杨梅与温州的地方品种分类聚在一起有待深入研究。从分子标记的分析结果看,AFLP 的聚类结果比 SSR 的结果接近实际,对此也可从历史求得佐证,台州与宁波相邻,语系相近,商贾来往密切,同时物种交换的可能性大,而台州与温州相邻显得交通隔阂、语言隔阂、贸易往来稀少。另外,从荸荠种系列的变异结果分析,早茅蜜梅、晚茅蜜梅均源自荸荠种^[19]。这个芽变结果不到 20 年,从遗传的稳定性分析,现在变异品种又产生变异的可能性不大。因此,关于荸荠种与晚茅蜜梅无法聚类一起的结果有待深入

探讨,对此,也有类似的研究结果^[20]。用 ISSR 和 cpSSR 两种分子标记分别对广西野生杨梅的 75 份材料进行检测,结果表明 cpSSR 的遗传多态性信息没有 ISSR 丰富,但都不能检测出青叶杨梅与大叶青杨梅的亲缘关系。两种标记检测都认为二者之间没有亲缘关系,后者有可能是一个新种。但与广西植物研究所根据花期时间、花蕊形态、叶片形状等形态学分类依据认为大叶青杨梅是青叶杨梅的一个变型不同,对此有待深入研究。

目前植物气孔特征的研究中,除气孔密度外,气孔特征的数量表述较不统一^[7]。气孔作为植物表皮的初生保护结构,它的结构、类型、大小、密度等在不同种植物之间差异很大,可作为区分不同种植物的重要依据。但在同种植物中,由于种间的相似性,使得这些指标的差异受环境、栽培措施、引种驯化等的影响较大。作者在长期的实践中发现,杨梅作为常绿果树,适于山区各种土壤种植,并耐 -7℃ 的冻害天气和 37℃ 以上的高温,对立地条件和营养要求都没有其他常绿果树严格。杨梅土壤团粒结构要求低,只要不在石砾高度分布、种植穴和土层不低于 50cm 的地方种植,不存在干旱问题便可存活。但老树比新投产树、老叶比嫩叶、窄叶比阔叶、内膛通透比郁闭的抗逆境。从肥力结构和 pH 值的因子分析,过量施用氮肥和当 pH 值 < 5.5 时对杨梅生长不利,气孔比正常栽培叶大,但从叶片与果实特征、风味等综合指标分析没有发现种性的改变现象。为求检测的一致性,有鉴于此,没有选择不同栽培水平和环境条件的叶片进行检测,而是在同一立地条件下的自有的资源圃里采集样品。此后结合课题研究对各品种的母树与老树的叶片进行形态观察,发现没有差异。在此需要说明的是:用气孔性状来区别杨梅品种,进行亲缘关系的分析,仅是综合鉴定的一个措施和手段之一,它既有一定的可靠性,也存在一定的误差。如前所述,用不同的分子标记技术对同一样品检测结果也不尽相同。亲缘关系的鉴

定是各种手段检测结果的综合统一。应当指出,气孔观察只是形态鉴定的一个措施。对于一个品种的鉴定还需借助细胞生物学和分子生物学、形态学、基因组学的手段检测研究,否则恐有误差。

参考文献

- [1] 郑湘如,王丽. 植物学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2001: 38-39
- [2] 李焜章. 气孔器的主要类型及其观察方法[J]. 生物学通报, 1992(8): 18-19
- [3] Underwood W, Melotto M, He S Y. Role of plant stomata in bacterial invasion [J]. Cell Microb 2007, 7: 1621-1629
- [4] 王国英. 葡萄叶片气孔与霜霉病抗性[J]. 果树科学, 1988, 5(1): 120-121
- [5] 孟庆杰,王光全,董绍锋,等. 桃叶片组织解剖结构特征与其抗旱性关系的研究[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(3): 123-126
- [6] Wang Y, Fu X Z, Liu J H et al. Differential structure and physiological response to canker challenge between 'Meiwa' kumquat and 'Newhall' navel orange with contrasting resistance [J]. Sci Hort 2011, 128: 115-123
- [7] 李润唐,张映南,田大伦. 柑橘类植物叶片的气孔研究[J]. 果树学报, 2004, 21(5): 419-424
- [8] 龚雯,彭尽晖,田奇有,等. 六个八仙花品种气孔特性研究[J]. 北方园艺, 2010(13): 66-68
- [9] 封涛,胡东. 单子叶植物叶片气孔观察方法改良的研究[J]. 植物研究, 2008, 28(1): 37-39
- [10] 闫忠业,伊凯,刘志,等. 富士系苹果叶片气孔观察[J]. 北方园艺, 2007(9): 1-3
- [11] 杨传友,史金玉,杜欣阁,等. 苹果叶片气孔的研究[J]. 山东农业大学学报, 1998, 29(1): 8-14
- [12] 李嘉瑞,张继澎,樊孝义. 气孔密度与苹果生长势的关系[J]. 园艺学报, 1980, 2: 59-61
- [13] Speckmann G J, Post J J, Dijkstra H. The length of stomata as an indicator for polyploidy in rye-grasses [J]. Euphytica, 1965, 14: 225-230
- [14] 张菊平,周快索,巩振辉,等. 用气孔保卫细胞周长鉴定辣椒植株的倍性[J]. 西北农业学报, 2007, 16(2): 133-135
- [15] 陈方永. 浙江杨梅种质资源调查评价及利用[J]. 广西园艺, 2000(1): 16-17
- [16] 林伯年,贾春蕾. RAPD 技术在杨梅属植物分类研究中的应用[J]. 园艺学报, 1999, 26(4): 221-226
- [17] 钱剑林,俞文生,王化坤,等. 江浙地区杨梅主要品种的 ISSR 分析[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(3): 17-20
- [18] 张水明. 基于 AFLP 和 SSR 分子标记的中国杨梅遗传多样性分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2009
- [19] 缪松林,戚行江,梁森苗,等. 杨梅新品种早茅蜜梅和晚茅蜜梅[J]. 中国果树, 1991(2): 5-7
- [20] 潘鸿. 广西野生杨梅资源调查及遗传多样性研究[D]. 南宁: 广西大学, 2008