

橄榄种质资源叶片解剖结构的研究

韦晓霞, 吴如健, 胡菡青

(福建省农业科学院果树研究所, 福建 福州 350013)

摘要: 采用石蜡切片法, 研究了 14 个橄榄种质的叶片解剖结构。结果表明, 橄榄叶为典型的异面叶, 上表皮由 1~ 2 层排列紧密的形状不规则细胞组成, 上表皮厚度大于下表皮厚度, 叶脉突起, 栅栏组织由 1~ 2 层长柱形细胞组成, 排列紧密; 海绵组织细胞较短, 排列较疏松, 细胞间隙较大。不同种质在叶片厚度、表皮厚度、气孔密度、栅栏组织厚度等方面存在差异, 但同一品种的叶脉突起度和细胞结构紧密度变化相对较小。据此探讨了橄榄叶片结构与其生态适应性及抗寒性的关系。

关键词: 橄榄; 叶; 解剖结构

中图分类号: S 667. 5; Q 944. 56

文献标识码: A

Study on anatomical leaf structure of Chinese olive Germplasm

WEI Xiao-xia, WU Ru-jian, HU Han-qing

(Pomology Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China)

Abstract: The anatomical leaf structure of Chinese olive was studied by means of paraffin section and microscopy imaging system. The results showed that the leaf was typical bifacial, upper epidermis consisted of 1- 2 layers of rectangular, compactly arranged epidermal cells. The cuticle was thicker on the upper epidermis than on the lower epidermis, leaf vein was protuberant. The palisade tissue was composed of 1- 2 layers of long, column-shaped, compactly arranged cells, while cells of the spongy were short and loosely arranged, with the bigger intracellular space. There were many differences that included the thickness of leaf blade, the thickness of epidermis, stomata density and the thickness of palisade tissue so on, but there were minor differences in VPD (vein protuberant degree i. e. thickness of vein/thickness of leaf blade) and CTR (cell tense ratio i. e. the thickness of palisade /thickness of leaf blade) of same variety. Furthermore, the paper discusses the relation of the leaf structure with the ecological adaptability and cold resistance in Chinese olive germplasm.

Key words: Chinese olive; leaf; anatomical structure

橄榄 [*Canarium album* (Lour.) Raeusch] 是我国著名的亚热带特色果树, 主要分布于福建、广东、广西、浙江等地。橄榄果味甘涩而带有香气, 除鲜食外, 还可制成蜜饯和饮料, 有开胃健脾、润喉、生津、解毒等功效, 是逢年过节和筵席上的常备佳果。我国的橄榄种质资源非常丰富, 但橄榄种质资源形态学方面的研究甚少, 有关橄榄叶片形态的解剖结构尚未见报道。叶是植物进行同化和蒸腾作用的主要器官, 了解叶片的解剖结构对研究种质分类、植物对环境的适应性及抗性等有重要意义^[1- 3]。本文通过观察橄榄不同种质资源叶片的解剖结构, 分析橄榄种质间的叶片结构差异, 并探讨了橄榄叶片结构对生态的适应性以及与抗寒性之

间的关系, 以期对橄榄种质资源的评价及抗性育种等提供理论依据。

1 材料与方法

1. 1 供试材料

供试的 14 个橄榄品种分别为檀香 1 号、檀香 2 号 (分别采自福建省闽侯县石洋村、竹岐村); 惠圆 1 号、惠圆 2 号 (分别采自福建省闽侯县石洋村、竹岐村); 羊矢 (采自福建省闽侯县竹岐村); 长营 1 号、长营 2 号、长营 3 号 (采自福建省闽侯县石洋村、竹岐村、闽清县新民村); 自来圆 (采自福建省闽侯县竹岐村); 檀头 (采自福建省闽侯县竹岐村); 丁香 1 号、丁香 2 号 (采自福建省福

收稿日期: 2006- 09- 19 初稿; 2006- 11- 05 修改稿
作者简介: 韦晓霞 (1973-), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事果树选育种研究。
基金项目: 福建省科技厅重点项目 (2006S0018); 福州市科技局科技项目 (2005350102000293)

安市雁塔村)；四季榄(采自福建省福安市雁塔村)；桐浦橄榄(采自浙江省瑞安市董夏村)。其中长营1号为福建省农科院果树所初选的抗寒性较强的橄榄单株。供试橄榄树龄为20~30年生。

2006年7月，选择健壮橄榄树上外围的向阳枝条，取成熟春梢第3片复叶的第3对小叶，每株取10对健康无病虫害的小叶。

1.2 方法

用双刃刀片切取供试叶片中部的主脉、叶缘、叶肉，切块大小为0.5 cm × 0.5 mm。用改良卡诺氏液(70% 酒精 1/3 + 40% 冰醋酸 2/3)固定。固定24 h，洗净余酸，然后用20% 硫酸亚铁铵媒染，爱氏苏木精套染，2% 碱性品红复染，氨水强化，铁矾分色，洗净后再经70% 起梯度酒精脱水，二甲苯替换纯酒精，透明渍蜡，石蜡法切片，厚度为8~10 μm。经装片脱蜡后用中性树胶封藏，制成永久片^[4]。表皮装片为撕取上下表皮制成临时封片。在OLYMPUS BX51显微成像系统下进行镜检和拍片。显微测微尺测定，每项指标重复测定10次，取平均值。

细胞结构紧密度CTR (cell tense ratio, %) = (栅栏组织厚度/叶片厚度) × 100; 细胞结构疏松度SR (spongy ratio, %) = (海绵组织厚度/叶片厚度) × 100; 叶脉突起度VPD (vein protuberant degree) = 叶脉厚度/叶片厚度; 变异系数SV (Coefficient of variability, %) = (标准差/算术平均值) × 100。

2 结果与分析

2.1 叶表皮结构

2.1.1 叶表皮细胞 橄榄的叶片为典型的背腹异面叶，上表皮浓绿亮泽，下表皮淡绿粗糙。从横切面观察，上表皮由型大紧密无隙的近方形扁平细胞组成，上表皮细胞多为一层，少数(如檀香2号)上表皮具双层细胞(图1-A、B)。上表皮细胞有的含有单宁(图1-C)，少数(如桐浦橄榄)表皮细胞下的大型细胞形成榄脂道(图1-D)。上表皮细胞具有发达的角质膜，供试橄榄各种质的上表皮细胞在大小、角质膜厚度方面有一定差异，上表皮层厚度为27.4~39.7 μm，上表皮角质层厚度为4.5~8.9 μm，四季榄的上表皮层最薄，长营2号的上表皮层最厚。

橄榄下表皮细胞较小，多为一层，少数二层，形状多为多角形或不规则形，极少数近圆形，上表皮层厚度大于下表皮层厚度。供试橄榄种质中长营

1号和桐浦橄榄的下表皮层较厚。橄榄上、下表皮层厚度的变异系数分别为18.95%和15.10%，上表皮角质层厚度的变异系数为31.29%，上表皮角质层厚度存在较大差异。

2.1.2 气孔 橄榄上下表皮均有气孔，气孔类型为无规则型，保卫细胞肾形，气孔口长椭圆形(图1-E)。其中下表皮的的气孔数量较多，由表皮细胞分化而成气孔器和孔下室。橄榄的气孔器形小密集，气孔密度最大的是长营3号橄榄，为261个·mm⁻²，气孔密度最小的是惠圆2号橄榄，为147个·mm⁻²。橄榄种质的气孔密度通常为150~250个·mm⁻²，变异系数为35.10%，各种质的气孔密度变化较大。供试各橄榄种质的上表皮层厚度、角质层厚度、下表皮层厚度、气孔密度、变异系数详见表1。

2.2 叶脉结构

橄榄各种质叶脉的基本结构是一致的(图1-F)。叶脉皆为上表面隆突，下表面凸现。从外到内分为表皮层、皮层及中柱。表皮层细胞呈长方形，角质不明显，通常为5~8层，两内侧具有大型脂道分泌管腔。中柱鞘为机械组织的厚壁细胞组成，维管束近下表远轴处为星射状3束环，距上表心轴为大束环，韧皮部具8分沁腔(大束环处3腔，小束环处为5腔)，并有内韧皮部出现，与木质部交界处形成层不明显。木质部有大小束辐分布，近上表皮中部有内木质部与内韧皮部连成月牙环形状。

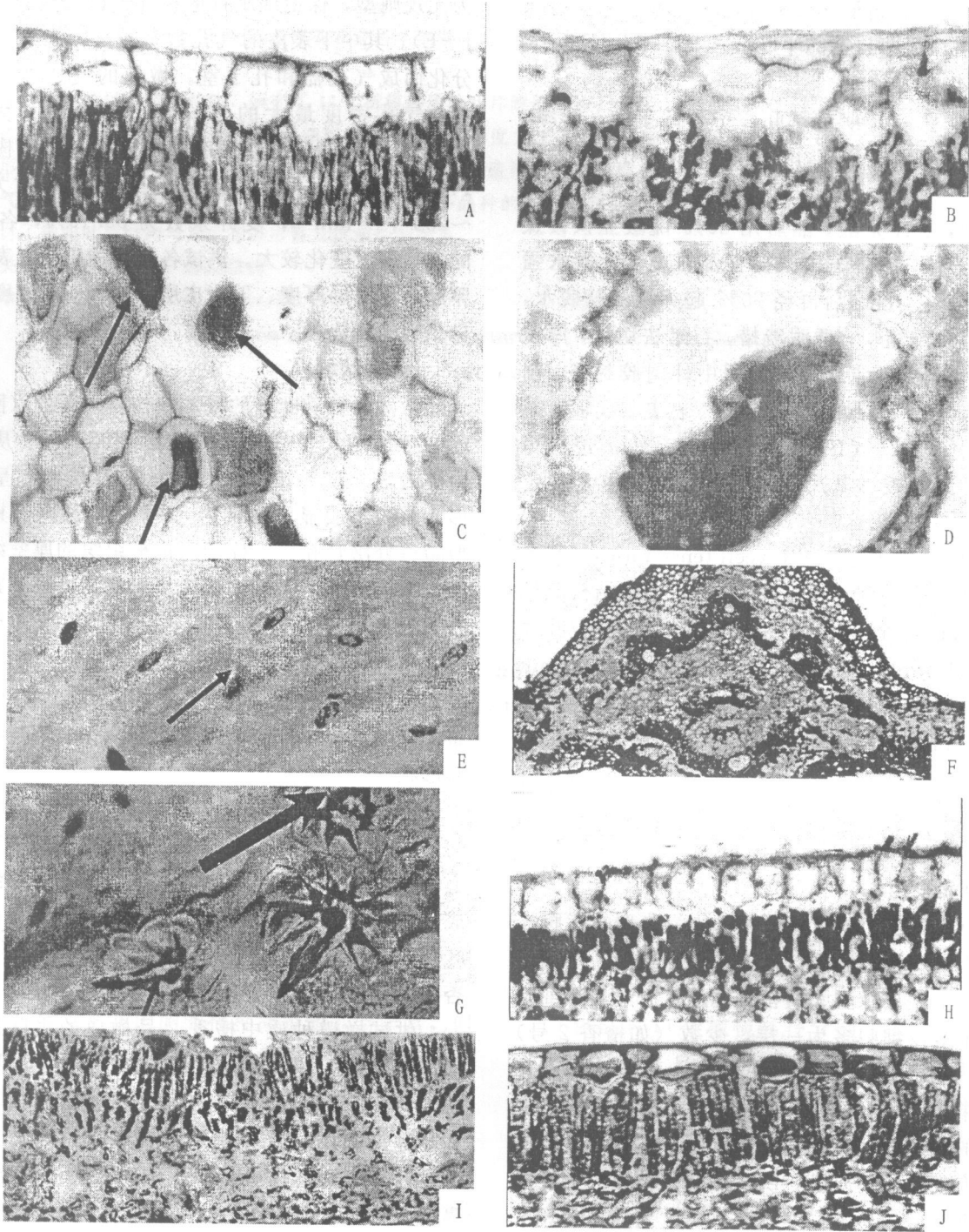
侧脉左右两侧数量不同，造成叶基偏斜不均，具半闭合式脉梢，脉梢处分布有腺鳞体和腺鳞毛(图1-G)。腺鳞体和腺鳞毛由多个分泌细胞组成，这些分泌细胞能分泌芳香油及粘液。揉碎橄榄叶片，溢出浓厚的芳香，腺鳞体和腺鳞毛的多少是否与橄榄特有的芳香物质有关有待进一步研究。

供试橄榄种质中檀香2号橄榄的主脉最为粗大，厚度为1274.8 μm；羊矢橄榄的主脉厚度最小，为986.1 μm。橄榄各种质的主脉厚度、宽度和叶脉突起度、变异系数详见表1。从表1可看出，叶脉突起度在60以上的橄榄种质有自来圆、惠圆1号、惠圆2号、四季榄；叶脉突起度为55~60的种质有檀香1号、檀头、檀香2号、桐浦橄榄；叶脉突起度在55以下的种质有长营1号、长营2号、长营3号、丁香1号、丁香2号、羊矢。橄榄各种质主脉、叶片的厚度变化较大，但同一品种的叶脉突起度的变化相对较小。

2.3 叶肉组织结构

橄榄叶肉组织发达，分化为栅栏组织和海绵组织（图 1- H）。栅栏组织由 1 层排列整齐的长柱形细胞构成，个别（如长营 3 号）有海绵组织栅栏化的现象，形成两层的栅栏组织层（图 1- I）。栅栏

组织的长柱细胞内含高达 16 枚的叶绿体，海绵组织细胞排列疏松，间隙大，近气孔器内侧形成孔下室，该层细胞叶绿体含量较少且不发达，通常为 3 ~ 4 枚，因此叶背颜色较浅。



A. 单层表皮细胞× 400; B. 双层表皮细胞 × 400; C. 单宁细胞 (箭头) × 400; D. 榄脂道× 400; E. 气孔 (箭头) × 400; F. 叶脉 × 40; G. 腺鳞体 (粗箭头), 腺鳞毛 (细箭头) × 400; H. 檀香 2 号叶肉组织 × 200; I. 长营 3 号叶肉组织 × 200; J. 长营 1 号叶肉组织 × 200

图 1 橄榄种质资源的叶片解剖结构观察

Fig 1 Observation on anatomical leaf structure of Chinese olive germplasm

橄榄各种质的叶肉组织结构参数详见表 2。从表 2 可以看出，供试橄榄的栅栏组织厚度为 41.3 ~ 86.9 μm ，变异系数为 18.53%；海绵组织厚度为 64.3~ 100.8 μm ，变异系数为 18.36%。供试橄榄中长营 1 号的栅栏组织长柱细胞最长，排列紧密，细胞结构紧密度最大（图 1- I）。从表 2 可以看出单一的栅栏组织或海绵组织厚度，在同一品种的不同株有时会出现较大的差异，但在多数情况

下，同一品种不同株的橄榄细胞结构紧密度的差异相对较小。CTR 值在 40% 上的橄榄种质有长营 1 号；CTR 值在 35% ~ 40% 的有长营 2 号、长营 3 号、羊矢、同浦、丁香 1 号、丁香 2 号；CTR 值在 30% ~ 35% 的有自来圆、惠圆 1 号、檀头、惠圆 2 号；CTR 值在 30% 以下的有檀香 1 号、檀香 2 号、四季榄。CTR 值较大的橄榄种质叶片结构紧密，其 SR 值相对较小。

表 1 橄榄不同种质叶表皮及叶脉结构参数

Table 1 Comparison of epidermal and vein parameter of different Chinese olive germplasm

种质	产地	上表皮		下表皮层 厚度(μm)	叶脉			叶片厚度 (μm)	气孔密度 (个 $\cdot\text{mm}^{-2}$)
		厚度(μm)	角质层(μm)		宽度(μm)	厚度(μm)	突起度		
檀香 1 号	闽侯县石洋村	39.3	6.9	9.7	1138.1	1224.4	5.8	211.1	143
檀香 2 号	闽侯县竹岐村	34.7	5.2	11.3	1046.9	1274.8	5.6	227.5	160
长营 1 号	闽侯县石洋村	28.6	6.1	12.5	1015.5	1012.4	5.2	194.7	176
长营 2 号	闽侯县石洋村	39.7	4.5	10.5	1120.7	1088.1	5.3	205.3	156
长营 3 号	闽侯县竹岐村	32.6	4.6	10.9	1115.3	996.3	5.1	196.6	261
羊矢	闽侯县竹岐村	30.8	5.8	11.5	888.3	986.1	4.8	203.4	250
自来圆	闽侯县竹岐村	28.4	6.7	11.4	1123.4	1211.5	6.2	195.4	180
惠圆 1 号	闽侯县竹岐村	39.5	8.9	9.2	1420.0	1184.0	6.1	194.1	210
惠圆 2 号	闽侯县石洋村	32.7	6.8	9.8	1218.2	1239.8	6.3	196.8	147
檀头	闽侯县竹岐村	28.7	7.1	8.3	863.7	1238.3	5.8	213.5	223
桐浦	瑞安市董夏村	28.4	7.1	12.6	1109.4	1089.4	5.5	201.72	250
丁香 1 号	福安市雁塔村	31.4	6.3	11.3	901.1	1050.1	4.7	221.7	205
丁香 2 号	福安市雁塔村	29.5	6.1	10.3	881.3	1034.9	4.8	215.6	181
四季榄	福安市雁塔村	27.4	4.5	9.1	1216.1	1205.9	7.8	154.6	205
SV(%)		18.95	31.29	15.10	12.24	16.36	15.68	19.40	35.10

表 2 橄榄不同种质的叶肉组织结构参数

Table 2 Comparison of mesophyll tissue parameter of different Chinese olive germplasm

种质	产地	栅栏组织厚度 (μm)	栅栏组织层数、排列	海绵组织厚度 (μm)	CTR (%)	SR(%)
檀香 1 号	闽侯县石洋村	58.9	1 层, 排列松散	95.5	27.93	45.48
檀香 2 号	闽侯县竹岐村	67.9	1 层, 排列松散	100.8	29.84	44.32
长营 1 号	闽侯县石洋村	86.9	1 层, 胞柱长, 排列紧	64.3	44.63	33.0
长营 2 号	闽侯县石洋村	74.6	1 层, 排列松散, 个别紧	72.1	36.56	35.10
长营 3 号	闽侯县竹岐村	75.0	2 层, 排列松散	70.8	38.17	36.00
惠圆 1 号	闽侯县竹岐村	64.3	1 层, 排列松散	80.0	33.12	41.22
惠圆 2 号	闽侯县石洋村	68.1	1 层, 排列较紧	79.6	34.60	40.44
自来圆	闽侯县竹岐村	66.6	1 层, 排列紧	82.3	34.08	42.12
檀头	闽侯县竹岐村	69.4	1 层, 排列紧	87.2	32.50	40.90
羊矢	闽侯县石洋村	74.2	1 层, 排列紧, 个别松散	71.5	36.48	35.16
同浦	瑞安市董夏村	73.7	1 层, 排列较紧	78.2	36.52	38.75
丁香 1 号	福安市雁塔村	82.1	1 层, 排列较紧	85.1	37.04	38.39
丁香 2 号	福安市雁塔村	76.7	1 层, 排列较紧	86.6	35.58	40.18
四季榄	闽侯县竹岐村	41.3	1 层, 排列较紧	73.7	26.73	47.64
SV(%)		18.53		18.36	16.65	17.53

3 结论与讨论

3.1 橄榄的叶片解剖结构与其生态适应性

本试验观察验证了橄榄叶片形态结构是与其生态适应性密切相关的。橄榄主要分布在热带亚热带地区，喜温暖湿润，但也有一定的抗旱抗寒能力。橄榄气孔小而密集，反映其具有较高的光合速率^[3]；橄榄表皮细胞不规则，结合紧密，可减少气孔关闭时水分的散失；橄榄上表皮角质层较下表皮明显增厚，这可防止热带亚热带地区强烈的日照对叶内部细胞的灼伤，以保证光合作用的正常进行；橄榄主脉突出，侧脉网络密集，维管组织发达，能在干旱条件下通过提高蒸腾能力，降低叶表温度，提高机体对炎热干旱的耐受能力。

植物器官的形态结构特征是与其生理功能和生长环境密切相适应的，在长期对外界生态环境的适应中，叶在形态结构上的变异性和可塑性是较大的^[5]。橄榄对生态环境的适应也表现在叶片结构指标的变化上。本试验表明了供试橄榄品种叶片气孔密度、上表皮角质层厚度的变异系数较大，叶脉宽度、下表皮层厚度的变异系数较小，变异系数的差异反映了橄榄叶片不同性状在进化保守性或遗传可塑性方面的不同。单一的形态结构指标会随着材料所处的生态条件和生理状态而发生变化，所以人们在实践中常多个性状来综合表示某一特性，如 CTR 值、SR 值、VPD 值等^[6-7]。本试验中橄榄同一品种不同的生境下单一的形态结构指标有时存在较大差异，但同一品种的 CTR 值、SR 值、VPD 值有相对的稳定性。说明栅栏组织、海绵组织、叶脉突起以及叶片厚度之间存在着遗传上的相互制约关系。这也验证了叶片的表现型是基因型和环境因子共同作用的结果，即遗传的多样性决定了植物的多样性，环境的多样性又深刻地影响着植物的多样性^[8]。

3.2 橄榄叶片解剖结构与抗寒性的关系

植物叶片结构与抗寒性密切相关，其中叶片细胞结构的 CTR 值、SR 值已在龙眼、香蕉、杏、越橘等多种果树上用来作为评价品种抗寒性高低的一个指标，其 CTR 值越大、SR 值越小，其抗寒性越强^[7,9-11]。本试验通过对橄榄叶片形态解剖结构的观察，分析叶片组织结构与抗寒性的关系，可

为橄榄开发利用以及新品种选育过程中对抗寒性状的筛选提供依据。

本试验中长营、羊矢、丁香、同浦的 CTA 值较高，SR 值较低；自来圆、惠圆、檀头的 CTR 值和 SR 值中等；檀香、四季榄的 CTR 值较低，SR 值较高，这与田间观察到各品种的抗寒性大小及前人对橄榄抗寒的研究结果较为一致^[12]，表明橄榄叶片 CTR 值、SR 值与橄榄的抗寒性同样具有相关性。本试验中的长营 1 号是福建省农科院果树所筛选出的较耐寒的橄榄单株，在同一生产条件下周围橄榄树遭到严重冻害甚至引起死亡的情况下，该单株只受到轻微冻害。本试验观察到该橄榄单株叶片的栅栏组织较厚且排列紧密，其上表皮细胞角质层较厚，细胞结构紧密度也最高（这种结构可能有利于其长期适应低温），这样的抗寒性状能否稳定遗传，目前这方面的研究还在进一步进行中。

参考文献:

[1] 潘瑞炽. 植物生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 328- 330.

[2] 孙启高, 宋书银, 王宇飞, 等. 介绍双子叶植物叶结构分类术语 [J]. 植物分类学报, 1997, 35 (3): 275- 288.

[3] 王勋陵, 王静. 植物形态结构与环境 [M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1989: 11.

[4] 何承坤, 郑伸坤, 李家慎. 植物石蜡切片一步双重整体染色 [J]. 福建农学院学报, 1989, 18 (4): 565- 569.

[5] LEVITT J. Responses of plants to environmental stresses [M]. New York: Academic Press, 1980: 63- 167.

[6] 刘世彪, 陈菁, 胡正海. 七种番荔枝果树的叶片结构及其与抗寒性关系研究 [J]. 果树学报, 2004, 21 (3): 241- 246.

[7] 张惠斌, 刘星辉. 龙眼叶片组织细胞结构特性与耐寒性的关系 [J]. 园艺学报, 1993, 20 (1): 67- 71.

[8] 王勋陵, 马骥. 从旱生植物叶结构探讨其生态适应的多样性 [J]. 生态学报, 1999, 19 (6): 787- 792.

[9] 吕庆芳, 丰锋, 张秀枝. 香蕉叶片组织细胞结构特性与耐寒性的关系 [J]. 湛江海洋大学学报, 2006, 20 (2): 48- 52.

[10] 彭伟秀, 杨建民, 张芹. 不同抗寒性的杏品种叶片组织结构比较 [J]. 河北林果研究, 2001, 16 (2): 144- 148.

[11] 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.

[12] 韦晓霞, 吴如健, 胡菡青, 等. 橄榄不同品种耐寒性的研究 [J]. 福建农业学报, 2005, 20 (增刊): 90- 95.

(责任编辑: 黄爱萍)