

### 3个菠萝品种叶片气孔特征及其与抗寒性的关系

李映晖, 李润唐\*, 吴钿, 邹雪娟, 叶昌辉 (广东海洋大学农学院, 广东湛江 524088)

**摘要** [目的]为了研究菠萝叶片气孔与抗寒性的关系。[方法]对定植在广东海洋大学实验基地内遭受2009~2010年低温胁迫的台农17号、巴厘、澳大利亚卡因3个菠萝品种进行了寒害调查。利用人工气候室,以30℃处理为对照,3个菠萝品种在20、15、10、5℃低温胁迫处理3d后,用电镜观察各处理叶片气孔特征。[结果]巴厘和台农17号寒害等级为1级,澳大利亚卡因寒害等级为2级;气孔密度大小顺序为巴厘<台农17号<澳大利亚卡因。在30℃条件下气孔面积大小顺序为巴厘>台农17号>澳大利亚卡因,3个品种从30℃到20、15℃气孔面积依次下降;与15℃相比,台农17号和澳大利亚卡因在10、5℃时气孔面积增加;巴厘在10、5℃气孔面积仍然依次减少。[结论]气孔密度小和单个气孔面积大的菠萝品种抗寒性强,反之则弱。

**关键词** 菠萝;气孔;抗寒性

**中图分类号** S668.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)01-00001-03

#### Studies on Relationship Between Stomata and Cold Resistance of 3 Pineapple Cultivars

LI Ying-hui et al (Agricultural Faculty of Guangdong Ocean University, Zhanjiang, Guangdong 524088)

**Abstract** [Objective] The research aimed to study the relationship between stomata and cold resistance of pineapple. [Method] The cold damage grade of three cultivars of pineapple ('Comte de Paris', 'Australian cayenne', 'Tainong No. 17') in the experiment field of Guangdong ocean university, which suffered cold damage in 2009-2010 was investigated, and their stomata was observed using scanning electron microscope after 3 days of 30, 20, 15, 10 and 15 °C treatment. [Result] The cold damage grade of 'Comte de Paris' and 'Tainong No. 17' was in grade 1, and that of 'Australian cayenne' was in grade 2. Stomatal density of 'Comte de Paris' was less than that of 'Tainong No. 17', and stomatal density of 'Tainong No. 17' was less than that of 'Australian cayenne'. Stomatal area of 'Comte de Paris' was larger than that of 'Tainong No. 17', and stomatal area of 'Tainong No. 17' was larger than that of 'Australian cayenne' at 30 °C. Stomatal area of 3 cultivars declined in turn at 30, 20 and 15 °C, Stomatal area of 'Tainong No. 17' and 'Australian cayenne' became larger at 10 and 5 °C compared with 15 °C. Stomatal area of 'Comte de Paris' declined in turn at 10 and 5 °C. [Conclusion] Pineapple cultivars with less stomatal density and larger stomatal area possessed the traits with cold resistance.

**Key words** Pineapple; Stomatal; Cold resistance

菠萝属凤梨科(Bromeliaceae)凤梨属(*Ananas* Merr)草本植物,是著名的热带水果。广东省湛江市是我国菠萝的主产区,但近年来时有寒害发生,对生产造成不利影响。因此,国内有关果树科学工作者对菠萝种质资源的抗寒性进行了评价<sup>[1]</sup>。在菠萝寒害机理研究方面,主要集中在细胞膜脂的成分、丙二醛(MDA)、叶绿素含量、光合速率及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)等抗逆性酶系统等方面<sup>[2-4]</sup>。植物气孔是植物体与外界环境进行CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O等气体交换的主要通道,对植物的光合、呼吸、蒸腾等生理活动起着重要的调节作用。气孔在植物适应环境过程中起着关键性作用。有关植物气孔与光合、蒸腾作用和抗旱性关系的研究较多<sup>[5-6]</sup>。也有学者曾对一些果树的气孔进行研究。他们主要利用叶片气孔密度、大小、结构来研究果树起源、进化和分类<sup>[7-9]</sup>。目前,菠萝气孔特征与抗寒性关系的研究较少。因此,笔者研究了菠萝叶片气孔性状与抗寒性的关系,以期为探明菠萝抗寒性机理和耐寒性的鉴定提供参考。

#### 1 材料与方 法

**1.1 试验材料** 供试材料为台农17号[*Ananas comosus* Merr (Smooth Cayenne × Rough)]、巴厘(*Ananas comosus* Merr)、澳大利亚卡因[*Ananas comosus* Merr (Cayenne Group)],种植于广东海洋大学农学院园林实习基地。

**基金项目** 广东省星火技术产业带(2009B02503007);广东省农业科技园区(2011A020504005)。

**作者简介** 李映晖(1988-),男,湖南长沙人,硕士研究生,研究方向:园艺遗传育种。\*通讯作者,教授,博士,硕士生导师,从事园艺栽培育种方面的研究,E-mail: liruntang@163.com。

**收稿日期** 2012-11-05

#### 1.2 试验方法

**1.2.1 田间植株寒害调查。**2009年冬~2010年春,湛江市最低温6℃,持续时间20d,菠萝受到寒害。2010年3~4月,寒害天气过后,对3个品种田间植株叶片寒害情况<sup>[10]</sup>进行调查。在每个品种种植的地块,按东西南北中选取5个点,每个点选苗10株,每个品种调查50株。按受害叶片数与调查总叶片数之比计算叶片受害率,并且计算叶片枯死长度占叶片总长度的比率。

**1.2.2 叶片气孔观察。**选取10株遭受寒害的植株,从下往上取植株的第8片叶,从叶片基部向上5cm处取未受寒害的叶段。用清水清洗干净,取叶长对折线中部4cm<sup>2</sup>切块,再切分成长0.5cm、宽0.5cm的小块。一部分切块用FAA固定液固定,取下表皮采用常规方法在Nikon ys100光学显微镜下观察气孔密度,并计数。气孔密度数据取30个观察视野的平均数;气孔面积采取椭圆计算公式计数,取30个观察值的平均数;对另一部分叶片切块下表皮气孔进行电镜扫描,放大1700倍<sup>[8]</sup>,观察气孔个体;选30个气孔,测量气孔的长轴和短轴;气孔开放面积(S)的计算公式为:

$$S = a \times b \times 0.7854$$

式中,*a*为气孔长轴长度;*b*为气孔短轴长度;0.7854为系数<sup>[11]</sup>。放大600倍,观察群体,并拍照。

2010年6月挑选3个菠萝品种高约20cm的裔芽。先在田间假植,幼苗长根后上盆,每盆1株。上盆后按常规管理。苗高12叶时移入人工气候箱,光照强度设置32μmol/(m<sup>2</sup>·s),光照时间8h,相对湿度为80%。每个品种20株,以30℃处理为对照,分别在20、15、10、5℃条件下培

养3 d。待每个温度处理培养3 d后,从下往上取每株的第8片叶,按上述方法测量每个处理的气孔面积,取30个观察值的平均数。数据用DPS12.0软件进行统计。

## 2 结果与分析

**2.1 田间菠萝叶片寒害症状** 从表1可以看出,3个供试材料中巴厘抗寒性最强,叶片受害率为54.43%,叶枯死长度占全叶长度比为13.34%;抗寒性最弱的澳大利亚卡因有82.08%的叶片受害,叶枯死长度占全叶长度比为13.34%;台农17号抗冷性介于巴厘与澳大利亚卡因之间,受害叶片58.30%,叶枯死长度占全叶长度比为25.02%。依据菠萝寒害分级标准<sup>[10]</sup>,巴厘、台农17号受害等级为1级,澳大利亚卡因为2级。

表1 3个菠萝品种叶片田间寒害调查

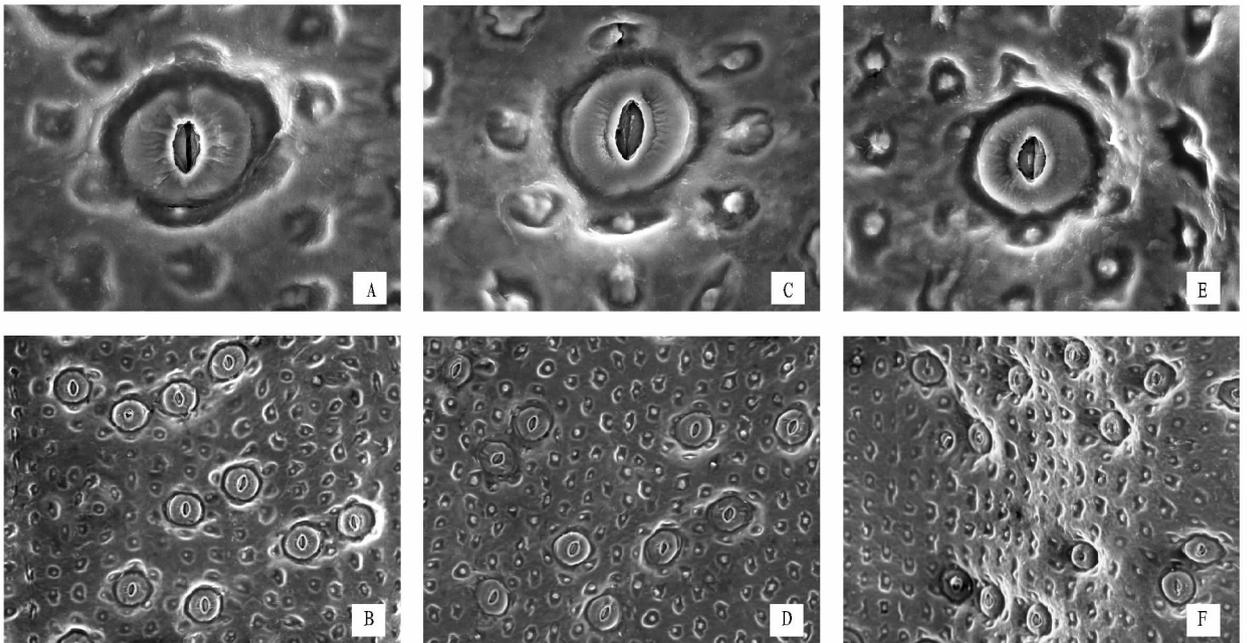
品种	叶片受害率//%	叶枯死长度占全叶长度比//%	寒害症状	寒害等级
台农17号	58.30bB	25.02bB	绿色叶片少,大多叶片变成红色,大部分叶片的叶尖变褐、枯萎	1
巴厘	54.43cC	13.34cC	叶片绿色保持良好,少数叶片有零星的淡黄色斑	1
澳大利亚卡因	82.08aA	53.15aA	叶片枯萎严重,与台农17号相比,叶片变色不明显。叶片有较多的黄褐色斑	2

注:同列不同大小写字母分别表示品种间差异在0.01、0.05水平显著。

**2.2 叶片气孔特征** 从图1可以看出,气孔保卫细胞周围无特殊形态分化的副卫细胞,气孔保卫细胞呈肾形,2个肾形细

胞对称排列,气孔均下陷。从表2可以看出,台农17号、巴厘、澳大利亚卡因气孔长轴/气孔短轴分别为1.63、1.91、1.50。这说明3个品种叶片气孔呈长椭圆形。就气孔密度而言,澳大利亚卡因>台农17号>巴厘,澳大利亚卡因气孔密度在0.05水平显著高于台农17号和巴厘。3个品种叶片气孔密度大小与表1反映出的抗寒性强弱相反,即叶片气孔密度大者抗寒性弱,叶片气孔密度小者抗寒性强。3个品种中,巴厘、台农17号、澳大利亚卡因叶片气孔面积分别为15.74、14.76、14.61  $\mu\text{m}^2$ 。气孔面积的大小与表1反映出的抗寒性强弱呈正相关,即气孔面积大者抗寒性强,气孔面积小者抗寒性弱。

**2.3 气孔大小** 不同温度条件下气孔面积大小见表3。邓肯氏多重比较结果表明,品种之间叶片气孔面积的均数差异均达0.01显著水平,30℃条件下3个品种间存在0.05水平显著差异,但台农17号与澳大利亚卡因无显著差异,两者与巴厘之间有0.05水平显著差异;在20、15、5℃条件下3个品种间有0.01水平显著差异;10℃条件下台农17号与巴厘间无显著差异,但两者与澳大利亚卡因有0.01水平显著差异。5个温度处理叶片气孔面积间的差异均达0.01显著水平。多重比较结果表明,台农17号5个温度水平间存在0.01水平显著差异;5个温度水平间,巴厘5、10℃叶片气孔面积间不存在显著差异,15、20、30℃气孔面积间存在0.01水平显著差异;5个温度水平间,30、20℃条件下澳大利亚卡因气孔面积不存在显著差异,15、10、5℃间



注:A、C、E分别为台农17号、巴厘、澳大利亚卡因个体气孔( $\times 700$ );B、D、F分别为台农17号、巴厘、澳大利亚卡因群体气孔( $\times 600$ )。

图1 3个菠萝品种叶片气孔电镜扫描

表2 3个菠萝品种叶片气孔特征

品种	气孔长轴	气孔短轴	气孔长轴/气孔短轴	气孔密度	气孔面积
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	气孔短轴		
台农17号	5.88	3.18	1.63	361.00bB	14.76bB
巴厘	6.18	3.24	1.91	356.90cC	15.74aA
澳大利亚卡因	5.29	3.53	1.50	402.20aA	14.61cC

注:同列不同大小写字母分别表示品种间差异在0.01、0.05水平显著。

存在0.01水平显著差异。

3个品种气孔面积从30℃到20、15℃依次下降;与15℃相比,台农17号和澳大利亚卡因在10、5℃时气孔面积反而增加;巴厘在10、5℃气孔面积仍依次减少。由此可知,田间抗寒性强的巴厘在变温条件下气孔面积相对稳定,抗寒性弱的澳大利亚卡因在变温条件下气孔面积变化起伏大,台农

17 号田间抗寒等级虽与巴厘同属一级,但它的实际抗寒能力比巴厘低。试验结果也反映出在变温条件下台农 17 号的气孔面积的稳定性也比巴厘小。

表 3 不同温度条件下气孔面积大小的变化  $\mu\text{m}^2$

温度// $^{\circ}\text{C}$	台农 17 号	巴厘	澳大利亚卡因
30	14.76	15.74	14.61
20	13.17	13.47	14.52
15	9.33	10.74	7.26
10	10.24	10.21	9.12
5	11.23	10.17	10.52

### 3 结论与讨论

植物体是一个开放的系统,生存于自然环境中。叶是暴露于空气中面积最多的器官,因此植物对环境的反映通常较多地反映在叶的形态结构上。有关研究表明,植物抗寒性与叶片的气孔密度有密切关系。李国华等认为,澳洲坚果叶片气孔密度小,抗寒性强,反之抗寒性弱。气孔密度是较好地判断澳洲坚果抗寒性的叶片结构指标<sup>[12]</sup>。橄榄气孔小而密集,表明它具有较高的光合速率与抗寒能力<sup>[13]</sup>。唐立红对 3 个紫斑牡丹品种叶片气孔密度与抗寒性的关系进行了研究,发现玫瑰红、玉瓣绣球和青春 3 个品种气孔密度依次增加,玫瑰红抗寒性最强,玉瓣绣球次之,青春最弱<sup>[14]</sup>。该研究结果表明,巴厘、台农 17 号、澳大利亚卡因叶片气孔密度依次递增,而抗寒性依次递减。该观察结果与上述研究者的结果一致,即叶片气孔密度大者抗寒性强,叶片气孔密度小者抗寒性弱。叶片气孔密度可以作为鉴定作物抗寒性的指标。

叶片气孔大小与抗寒性关系的研究较少。吴林等研究表明,气孔大小等单一性状与越橘的抗寒性无明显的关系,不适宜作为越橘抗寒性鉴定的形态指标<sup>[15]</sup>。不同品种紫花苜蓿叶片气孔长度、气孔宽度与越冬率的相关系数都很小,没有达到显著水平<sup>[16]</sup>。钟克友等认为,水稻品种剑叶的单位叶面积气孔总周长与其孕穗期耐冷性均呈 0.01 水平显著相关,耐冷性强的品种单位叶面积气孔总周长最小,耐冷性弱的品种单位叶面积气孔总周长最大。气孔大小可以作为水稻孕穗期耐冷性的鉴定指标<sup>[17]</sup>。该研究的 3 个供试品种中,台农 17 号、巴厘、澳大利亚卡因叶片气孔面积分别为 14.76、15.74、14.61  $\mu\text{m}^2$ 。对比田间抗寒性调查结果,可以得出气孔大的品种抗寒性强,气孔小的品种抗寒性弱。这个结论与钟克友等研究结果正好相反。然而,植物叶片气孔分布及其特性对胁迫环境的响应是一个非常复杂的生理过程。它涉及细胞化学、物质运动、生理生化反应等多种生物学反应的内在机制。同时,它还受植物所处环境的光照、温度、水分、紫外辐射、 $\text{CO}_2$  浓度、土壤养分等外在因子以及试验材料、试验方法和试验条件等内在因素的影响。菠萝的抗寒性

受多种因子的作用。气孔仅是其中调节因子之一。气孔的调节作用及其功能值得深入研究。

降温处理后,相比对照 30  $^{\circ}\text{C}$  条件下气孔面积减少。抗寒性最强的巴厘气孔面积在 15、10、5  $^{\circ}\text{C}$  3 个温度条件下依次递减,且减幅稳定。抗寒性最弱和抗寒性次之的澳大利亚卡因和台农 17 号气孔面积在 15  $^{\circ}\text{C}$  时降至 5 个温度状态下的最小,然而在 10、5  $^{\circ}\text{C}$  的条件下它们两者的气孔面积增大,虽然仍小于 20  $^{\circ}\text{C}$  条件下的气孔面积,但明显大于 15  $^{\circ}\text{C}$  条件的气孔面积。科研和生产都表明,当温度低于 15  $^{\circ}\text{C}$  时,菠萝就受到寒害<sup>[18]</sup>。该试验中不抗寒的澳大利亚卡因和台农 17 号品种在 15  $^{\circ}\text{C}$  时降至 5 个温度状态下的最小面积,可能是此时气孔保卫细胞已受到破坏失水所致,而在 10、5  $^{\circ}\text{C}$  条件下由于细胞死亡后机械吸水而使气孔面积有所增加。气孔大小在不同低温条件下的变化机理有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] 刘胜辉,吴青松,窦美安,等. 菠萝种质资源寒害情况调查报告[J]. 中国热带农业,2008(4):33-35.
- [2] 冯少锋,李润唐,郑维捷,等. 3 个菠萝品种在低温胁迫下的生理反应[J]. 中国南方果树,2011,40(4):16-18,31.
- [3] 陆新华,孙德权,叶春海,等. 低温胁迫下菠萝幼苗生长与生理特性变化[J]. 西北植物学报,2010,30(10):2054-2060.
- [4] 陆新华,叶春海,孙光明. 低温胁迫对菠萝幼苗膜透性、丙二醛和叶绿素含量的影响[J]. 安徽农业科学,2010,38(16):8374-8375,8411.
- [5] 魏爱丽,畅志坚,邢勇,等. 八倍体小偃麦与不同需水性小麦气孔特性比较研究[J]. 西北植物学报,2006,26(8):1727-1731.
- [6] 王碧霞,曾永海,王大勇,等. 叶片气孔分布及生理特征对环境胁迫的响应[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(2):122-125.
- [7] 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(3):8-14.
- [8] 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.
- [9] 温伟君,曹试生,王惠聪. 几个龙眼品种叶片气孔特征的比较研究[J]. 华南农业大学学报,2010,31(3):8-11.
- [10] 刘荣光. 菠萝高产栽培技术[M]. 南宁:广西科学技术出版社,1997:11-13.
- [11] 赵秋玲,王军辉. 樟树属植物叶片的气孔特征[J]. 东北林业大学学报,2011,39(8):21-24.
- [12] 李国华,徐涛,陈国云,等. 10 个品种澳洲坚果叶片解剖学的比较研究[J]. 热带作物学报,2009,30(10):1437-1440.
- [13] 韦晓霞,吴如健,胡茵青. 橄榄种质资源叶片解剖结构的研究[J]. 福建农业学报,2006,21(4):370-374.
- [14] 唐立红. 不同品种紫斑牡丹叶片结构与抗寒性关系的初步研究[J]. 北方园艺,2010(23):95-97.
- [15] 吴林,刘海广,刘雅娟. 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.
- [16] 崔国文,马春平. 紫花苜蓿叶片形态结构及其与抗寒性的关系[J]. 草地学报,2007,15(1):70-75.
- [17] 钟克友,唐湘如,胡飞,等. 水稻剑叶气孔性状与孕穗期耐冷性的关系研究[J]. 西北植物学报,2010,30(1):98-103.
- [18] 陈杰忠. 果树栽培学各论[M]. 北京:中国农业出版社,2005.
- [19] WANG L J, LI T L. Effect of low night temperature treatment on sucrose synthesis ability of tomato leaves in seedling stage[J]. Agricultural Science & Technology, 2011, 12(5):707-709,755.
- [20] 巨伟,杨彩凤,赵勇,等. 低温胁迫下冬小麦叶片细胞膜透性与抗寒性的相关研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(19):11416-11417.