



干旱胁迫下两个扁桃品种的叶片解剖结构分析

董晓民¹, 刘伟¹, 李桂祥¹, 杨波², 张安宁¹

(1. 山东省果树研究所, 山东 泰安 271000; 2. 泰安市泰山林业科学研究院, 山东 泰安 271000)

摘要:为探讨两个扁桃品种叶片解剖结构与抗旱性的关系, 取浓帕尔、佳美两个扁桃品种干旱胁迫后 5、10 和 15 d 的叶片制作石蜡切片, 利用光学显微镜对叶片角质层厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度、叶片厚度、上表皮和下表皮厚度等指标进行观察分析。结果表明:随着干旱胁迫时间的延长, 两个扁桃品种叶片厚度均明显减小, 角质层厚度有所增加, 叶肉上下表皮细胞变小; 叶肉组织细胞排列紧密, 细胞间隙变小, 海绵组织厚度降低, 栅海比及 CTR 值逐渐增大。在干旱胁迫下, 扁桃的叶片结构朝着耐旱的方向改变, 以减少水分蒸发、增强光合效率, 适应环境变化。

关键词:扁桃; 叶片解剖结构; 抗旱性

扁桃(*Amygdalus communis* L.)为蔷薇科桃李属植物, 又称巴旦杏, 是世界四大干果之一, 重要的木本油料树种, 起源于中亚、北非山区, 在我国主要分布于新疆、陕西、甘肃等地^[1]。其抗寒及耐旱能力较强, 为干旱地区重要的生态树种。扁桃核仁营养丰富, 含有较高的不饱和脂肪酸及多种蛋白质、维生素及矿物质, 具有较高的营养价值。扁桃中含有的苦杏仁苷为重要的医药原料, 具有重要的药用价值^[2]。扁桃多生长在西北干旱、半干旱地区, 干旱一直以来成为生产中遇到的重要问题, 干旱胁迫严重影响果树的生长及经济效益。研究品种的抗旱性, 具有重要的理论及实际意义。由于植物叶片对外界环境变化较为敏感, 其形态结构易受生态环境的影响, 因此可通过对解剖结构的研究来反映植物对干旱等逆境的适应能力。本文通过制作石蜡切片对叶片组织结构进行观察及参数测定比较, 初步探讨两个扁桃品种叶片解剖结构与抗旱性的关系。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验以 2 年生扁桃品种浓帕尔(Nonpareil)、佳美(Carmel)为材料, 定植于山东省果树研究所天平湖试验基地。主要仪器有 Leica 轮转切片仪、Nikon Eclipse E400 显微镜等。

1.2 方法

1.2.1 干旱处理

对两个扁桃品种进行干旱处

理。将各品种苗木浇透水后, 自然条件下使其自然干旱。分别在浇水后的 5、10 和 15 d 进行取样。取样时, 分别取向阳面树冠中部叶位一致、生长健壮的成熟叶。取材后及时放入固定液中储存。同时取土样, 装入铝盒带回, 用烘干重量法测定土壤的绝对含水量。

土壤绝对含水量(%)=(土壤重量-土壤干重)/土壤干重×100。

1.2.2 材料制片 分别取不同程度干旱胁迫后的叶片, 平行于叶脉切取 0.5 cm² 的叶块, 固定于 FAA 溶液中 24 h 以上。将固定好的叶片, 参照改进后的石蜡切片双重染色技术进行石蜡切片制作^[3]。经梯度酒精脱水、番红染色、二甲苯透明、制常规石蜡切片、Leica 轮转切片仪切片(厚度 6~8 μm)、固绿染色、中性树胶封片。

1.2.3 解剖结构观察 在 Nikon Eclipse E400 显微镜下, 对制好的石蜡切片进行叶片厚度、角质层厚度、上表皮厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度、下表皮厚度等旱生指标观察^[4], 并分别进行叶片解剖结构分析及数据测量。每个指标选取 10 个视野测量后取平均值。

1.2.4 数据分析 按照以下公式计算出栅海比、叶片结构紧密度(CTR)和叶片结构疏松度(SR)。试验数据参照闵伟等^[5]的方法采用 SPSS 20 进行品种和干旱胁迫天数两因素的方差分析。

栅海比=栅栏组织厚度/海绵组织厚度

CTR=栅栏组织厚度/叶片厚度

SR=海绵组织厚度/叶片厚度

2 结果与分析

2.1 不同处理下的土壤含水量

对两个扁桃品种进行干旱处理, 根据水分胁迫时间不同进行取材, 同时取土壤样品进行含水

收稿日期: 2018-09-13

基金项目: 国家桃产业技术体系建设专项资助项目(CARS-30-Z-08)。

第一作者简介: 董晓民(1988-), 女, 硕士, 研究实习员, 从事桃树育种与生物技术研究。E-mail: dxm1209@163.com。

通讯作者: 张安宁(1974-), 男, 硕士, 副研究员, 从事果树育种与栽培研究。E-mail: zan_hope@163.com。

量测定。根据烘干重量法计算土壤的绝对含水量,结果见表 1。随着水分胁迫时间的增加,土壤含水量明显降低,且前期下降较快。

表 1 土壤绝对含水量与干旱处理天数
Table 1 The absolute water content of soil and days of drought stress

品种 Varieties	干旱天数/d Days of drought stress	土壤绝对含水量/% Absolute water content of soil
浓帕尔 Nonpareil	5	8.90
	10	3.11
	15	2.85
佳美 Carmel	5	7.94
	10	3.19
	15	2.83

2.2 叶片解剖结构特征及对于干旱胁迫的响应

经显微镜观察(图 1),扁桃叶片由上下表皮、栅栏组织、海绵组织及叶脉组成,表皮细胞外覆有角质层,下表皮细胞中有气孔分布。栅栏组织细胞呈长柱形,由上下两层细胞组成,排列紧密;海绵组织细胞排列较为疏松,可看见叶脉的横切或纵切面,细胞间隙大。

2.2.1 角质层 叶片的角质层为覆盖在植物表面的由脂肪酸及其衍生物构成的疏水性物质,主要由角质和蜡质组成,可防止蒸腾作用造成的水分蒸发以及过强日照造成的损伤,有利于植物耐旱^[6]。表 2 和表 3 的数据显示,受水分胁迫后两个扁桃品种的角质层厚度均有显著增加。浓帕尔在干旱前期变化较为显著,由干旱 5 d 时的 3.93 μm 增加至干旱 10 d 的 4.52 μm;佳美在干旱处理 10~15 d 时,角质层厚度变化较为明显,由 4.00 μm 增至 4.66 μm。扁桃叶片通过增加角质层蜡质含量以降低蒸腾作用,增强植株保水能力,以适应外界干旱环境的变化。

2.2.2 叶片与表皮厚度 由石蜡切片显微观察数据显示,随着干旱胁迫的加剧,浓帕尔和佳美两个扁桃品种的叶片厚度均有所减小,不同品种间存在一定差异。由表 2 可知,浓帕尔在干旱 5~10 d 时变化不明显,在干旱 15 d 时叶片厚度显著降低,由干旱 10 d 时的 208.85 μm 下降至干旱 15 d 的 177.66 μm;佳美在干旱胁迫期间、不同处理天数下,叶片厚度均有显著下降,由 206.54 μm 降至 165.94 μm。

随着胁迫天数增加,叶片上表皮和下表皮厚度也显著减小。在上表皮的变化中,两个扁桃品种存在相似性,品种间差异不显著。在干旱处理 5~10 d 时,均有明显降低,浓帕尔由 33.01 μm

降至 29.28 μm,佳美由 32.30 μm 降至 29.41 μm;随着胁迫时间继续增加,浓帕尔和佳美两个品种的上表皮厚度变化程度趋势于缓慢。在干旱胁迫的不同时期,两个扁桃品种下表皮变化均有显著差异,其中佳美较浓帕尔变化幅度更为显著。佳美由胁迫 5 d 时的 20.50 μm 降至胁迫 15 d 时的 14.13 μm,浓帕尔由胁迫 5 d 时的 20.93 μm 降至胁迫 15 d 时的 17.74 μm。下表皮的厚度变化在不同品种间存在显著差异,浓帕尔在干旱胁迫 5~10 d 时,厚度变化较为显著,佳美在干旱胁迫 10~15 d 时厚度降低更为明显。图 1 所示,两个品种的上表皮细胞厚度均大于下表皮细胞,下表皮细胞中大部分气孔关闭,以减少水分散失。

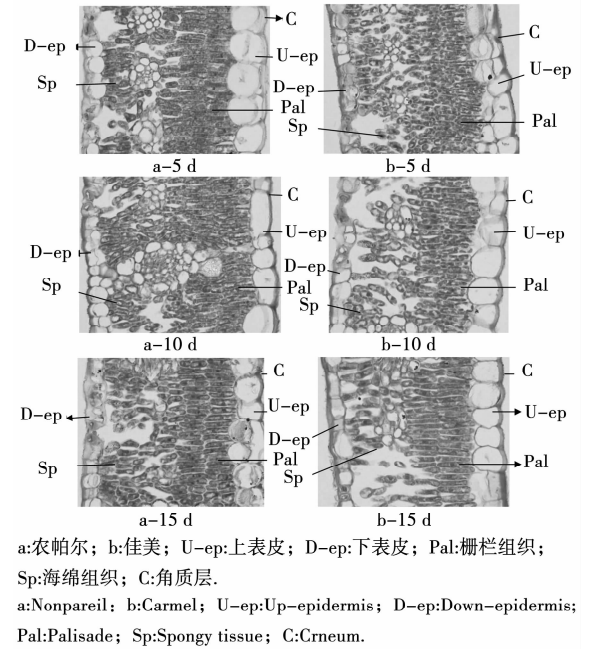


图 1 不同干旱胁迫下两个扁桃品种的叶片解剖结构
Fig. 1 The leaf anatomical structure of two almonds under different drought stress

2.2.3 叶肉组织 叶肉组织由栅栏组织和海绵组织两部分组成。栅栏组织厚度、栅海比及 CTR 值与植株抗旱性呈正相关,常用来作为衡量植物抗旱性强弱的重要指标,值越大通常抗旱性越强^[7]。发生干旱胁迫后,两个扁桃品种的叶肉组织排列变的紧密,栅栏组织厚度有所降低,浓帕尔和佳美分别减少了 5.04% 和 5.50%;海绵组织厚度显著减小,浓帕尔和佳美分别降低了 23.31% 和 30.55%,且细胞间隙变小。随着水分胁迫的发生,栅栏组织和海绵组织厚度均显著减小,且海绵组织的变化幅度明显大于栅栏组织,扁桃叶片栅海比逐渐增大,浓帕尔由初期(胁迫 5 d)的 0.64

增加至胁迫 15 d 时的 0.80, 佳美由胁迫 5 d 时的 0.70 变为胁迫 15 d 时的 0.96。两个扁桃品种在干旱胁迫初期 5~10 d 时, 栅海比变化较为显著, 说明叶肉细胞在短时间内便对外界的干旱环境作

出反应, 通过结构改变适应环境变化。其 CTR 值也显著增加, 两个扁桃品种分别由 0.29 和 0.31 变为 0.33 和 0.36, 叶片结构朝着耐旱的方向改变。

表 2 不同扁桃品种的干旱胁迫叶片解剖结构特征

Table 2 Leaf anatomical structure characteristics of different almond species under different drought stress										(μm)
品种 Cultivars	胁迫天数/d Day of drought stress	叶片厚度 Leaf thickness	角质层厚度 Corneum thickness	上表皮厚度 Upper epidermis thickness	栅栏组 织厚度 Palisade tissue thickness	海绵组 织厚度 Spongy tissue thickness	下表皮厚度 Lower epidermis thickness	栅海比 Ratio of palisade tissue and spongy tissue	CTR	SR
浓帕尔 Nonpareil	5	209.16 \pm 4.96 a	3.93 \pm 0.42 b	33.01 \pm 2.58 a	61.16 \pm 3.41 bc	95.27 \pm 4.78 a	20.93 \pm 1.06 a	0.64 \pm 0.07 c	0.29 \pm 0.02 c	0.46 \pm 0.02 a
	10	208.85 \pm 5.59 a	4.52 \pm 0.41 a	29.28 \pm 2.08 b	68.84 \pm 2.37 a	88.25 \pm 4.07 b	19.25 \pm 2.24 bc	0.78 \pm 0.04 b	0.33 \pm 0.02 b	0.42 \pm 0.03 b
	15	177.66 \pm 6.53 b	4.70 \pm 0.36 a	27.65 \pm 2.57 b	58.08 \pm 4.11 c	73.06 \pm 4.58 c	17.74 \pm 0.85 c	0.80 \pm 0.09 b	0.33 \pm 0.02 b	0.41 \pm 0.02 b
佳美 Carmel	5	206.54 \pm 5.07 a	3.96 \pm 0.68 b	32.30 \pm 2.37 a	63.26 \pm 2.07 b	90.47 \pm 6.17 ab	20.50 \pm 1.59 ab	0.70 \pm 0.04 c	0.31 \pm 0.01 c	0.44 \pm 0.03 ab
	10	176.38 \pm 5.35 b	4.00 \pm 0.75 b	29.41 \pm 2.30 b	58.08 \pm 4.08 c	65.44 \pm 9.43 d	18.00 \pm 2.48 c	0.90 \pm 0.13 a	0.33 \pm 0.02 b	0.37 \pm 0.05 c
	15	165.94 \pm 2.64 c	4.66 \pm 0.31 a	28.19 \pm 2.42 b	59.78 \pm 3.78 c	62.83 \pm 3.27 d	14.13 \pm 1.46 d	0.96 \pm 0.10 a	0.36 \pm 0.02 a	0.38 \pm 0.02 c

同列不同小写字母表示处理间有显著性差异($P<0.05$)。
Different lowercase letters in the same row indicate significant difference among treatments ($P<0.05$).

表 3 不同品种及干旱胁迫天数的双因素分析

Table 3 Double factor analysis of different almond species and different drought stress									
因素分析(F 值) ANOVA(F value)	叶片厚度 Leaf thickness	角质层厚度 Corneum thickness	上表皮厚度 Upper epidermis thickness	栅栏组 织厚度 Palisade tissue thickness	海绵组 织厚度 Spongy tissue thickness	下表皮厚度 Lower epidermis thickness	栅海比 Ratio of palisade tissue and spongy tissue	CTR	SR
品种 Cultivars(C)	134.52***	1.75 ^{ns}	0 ^{ns}	6.85*	70.57***	15.35***	24.49***	11.67***	21.34***
胁迫天数 Day of drought stress(D)	239.98***	9.86***	19.99***	9.46***	93.14***	37.55***	31.47***	27.56***	20.98***
品种 \times 胁迫天数 Interaction(C \times D)	43.06***	1.64 ^{ns}	0.34 ^{ns}	22.89***	12.62***	4.47*	1.64 ^{ns}	4.53*	1.70 ^{ns}

*, ***, **** 分别表示品种、干旱胁迫和二者交互作用对叶片解剖结构的影响达 5%、1% 和 0.1% 显著水平; ns 表示影响不显著。
*, ***, **** indicate that leaf anatomical structure characteristic is significantly influenced by variety, drought stress and their interaction at the 5%, 1%, and 0.1% levels, respectively; and ns means not significant.

3 结论与讨论

植物的抗旱性与其形态解剖结构呈一定的相关性, 叶片在植物各器官中对干旱环境的变化较为敏感, 其解剖结构常用来反映植物的抗旱性。本文石蜡切片试验结果显示, 在干旱胁迫下, 两个扁桃品种叶片表皮细胞角质层增厚、叶片厚度明显减小, 上下表皮细胞变小且排列紧密, 叶片中大部分气孔关闭。随着干旱胁迫时间的延长, 两个扁桃品种叶肉组织细胞排列更为紧密, 细胞间隙变小, 海绵组织厚度显著降低, 栅海比及 CTR 值逐渐增大。

通过对扁桃叶片在不同干旱胁迫期解剖结构

的观察, 发现在干旱逆境条件下, 两个扁桃品种的叶片结构朝着减少叶片蒸腾、增强叶肉细胞储水能力和提高光合效率的方向改变, 以适应干旱胁迫环境。

参考文献:

[1] 王丽娜. 水分胁迫对扁桃砧木生理生化、矿质元素和叶片超微结构的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2007.
[2] 席万鹏. 扁桃适应性特征评价及栽培适宜性研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2004.
[3] 徐青. 植物石蜡切片双重染色技术的改进[J]. 宁夏农学院学报, 1999, 20(2): 89-90.
[4] 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.