

两种苹果砧木 PV 曲线水分参数对干旱胁迫的响应

张海亭¹, 张林森², 胡景江¹, 胥生荣¹, 李丙智², 韩明玉²

(1. 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 设定适宜水分和重度干旱 2 种水分处理, 对 2 种苹果砧木进行 PV 曲线测定试验, 研究了干旱胁迫对平邑甜茶和楸子 2 种苹果砧木 PV 曲线水分参数的影响。结果表明: 干旱胁迫导致了平邑甜茶和楸子地上部分气体交换受到影响。在干旱条件下, 楸子的 ψ_s^{dp} 、 ψ_s^{sat} 、 RWC^{dp} 、 $ROWC^{dp}$ 、 ϵ' 值与平邑甜茶相比较均处于较低水平, 说明楸子耐水分胁迫能力、细胞保水力较强和细胞壁弹性较大。对 PV 曲线水分参数进行隶属函数综合评价得出的 Δ 值为楸子大于平邑甜茶。PV 曲线水分参数能够随着植物所处的环境, 做出相应的调整。在适宜水分和重度干旱条件下, 楸子所体现出的输水策略优于平邑甜茶。对于 PV 曲线水分参数研究发现, 楸子在膨压保持方面与平邑甜茶相比, 其抗旱性优于平邑甜茶。

关键词: 干旱胁迫; PV 曲线; 平邑甜茶; 楸子

中图分类号: S 661. 103. 4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2012)13-0021-03

黄土高原旱塬地区是世界苹果优生区之一, 近年来已发展为中国苹果发展的重要产地, 但由于西北地区自然降水量少、灌溉水的利用率低, 干旱是困扰该区苹果发展的重要因素。在土壤-植物-大气连续体 (SPAC 系统) 中, 植物能够通过自身感应外界的环境, 产生信号物质, 通过信号系统协调地上部, 促使植物自身适应外界环境。自身根系能够率先感知干旱信号, 来协调地上部分的行为, 从而促使植物适应干旱环境。因此研究在黄土高原地区苹果砧木 PV 曲线水分参数对干旱胁迫的响应是一个重要课题。近年来, 利用 PV 曲线水分参数对植物抗旱性做了大量研究, 如防风固沙的代表树种、园林植物和柳属等^[1-3], 表明了 PV 曲线水分参数是作为植物水分生理研究的重要手段之一。平邑甜茶 (*Malus hupehensis*) 和楸子 (*Malus prunifolia*) 作为苹果生产上应用的砧木, 学者们曾对其做出了大量的研究。包括水分胁迫下 1 a 生新疆野苹果的水分利用效率和八棱海棠的程序化死亡等^[4-5], 但是对干旱胁迫下苹果砧木的 PV 曲线水分参数的变化规律仍不清楚。现对平邑甜茶和楸子采取干旱胁迫, 应用 PV 技术对其 PV 曲线水分参数进行了研究, 探讨了 2 种苹果砧木 PV 曲线水分参数对

干旱逆境的响应, 来研究植物 PV 曲线水分参数在干旱逆境来临后, 其参数上的适应性变化, 为揭示苹果砧木的抗旱生理机制和苹果生产上砧木的选育和评价提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在陕西杨凌官村苹果产业技术体系示范苗圃的遮雨棚中进行 (N 34°18', E 108°04', 海拔 543 m)。2011 年 3 月初, 选取侧枝较多、根茎粗细相似、长势一致的 1 a 生平邑甜茶 [*Malus hupehensis* (Pamp) Rehd.] 和楸子 [*Malus prunifolia* (Willd) Borkh.] 为试材。

1.2 试验方法

土壤消毒后过筛, 随后与基质按 1:1 的比例混匀, 最大田间持水量为 28.4%。将试材栽种于规格为 45 cm×30 cm 的塑料桶中, 每桶装营养土 15 kg, 定植 1 株。于塑料生长桶底部打 3 个小孔 (1 cm×1 cm)。通过称重法来测定土壤水分含量, 在每天下午 18 时进行称重, 用量筒将水分补至该处理水分区间的上限。

土壤水分设置 2 个水平: 即适宜水分 (CK, 灌水区间为最大田间持水量的 70%~75%), 重度干旱 (T, 灌水区间为最大田间持水量的 40%~45%), 2 个苹果砧木品种, 共 4 个处理, 每个处理 7 次重复。

1.3 PV 曲线的测定

8 月初在清晨将供试苗木截取 10 cm 长的带叶主枝, 立即用万分之一电子天平称鲜重。然后将枝条插入盛有去离子水的烧杯中, 置于黑暗条件下饱和吸水 24 h, 迅速称其饱和鲜重。立即装入美国 PMS 公司生产的

第一作者简介: 张海亭 (1986-), 男, 山东淄博人, 硕士, 研究方向为苹果水力结构。E-mail: haiting686@yahoo.com.cn.

责任作者: 张林森 (1964-), 男, 江苏人, 博士, 副教授, 研究方向为苹果水肥生理生态。E-mail: linsengzhang@163.com.

基金项目: 农业部“948”资助项目 (2011-Z24); 国家苹果产业技术体系资助项目 (CARS-28)。

收稿日期: 2012-03-30

MODEL-1000 压力室,采用 Hammel^[6-7]法进行 PV 曲线的绘制。因为 PV 曲线重复性好^[8-9],对于每个处理只选择 2 个枝条进行测定。计算 PV 曲线水分参数:膨压为 0 时的渗透势(ψ^{dp})、饱和含水时的渗透势(ψ^{sat})、膨压为 0 时的相对水含量(RWC^{dp})、相对渗透水含量(ROWC^{dp})、组织细胞总体弹性模量(ϵ')、束缚水含量(V_a)等水分参数。应用反隶属函数方法分析了 PV 曲线水分参数,对植物保持膨压的能力进行了综合评价。反隶属函数值公式为:

$$\mu_{ijk} = 1 - \frac{X_{ijk} - X_{k\min}}{X_{k\max} - X_{k\min}}。$$

先分别计算各项 PV 曲线水分参数的隶属函数值,最后取其平均值(Δ 值), Δ 值越大,则说明植物保持膨压的能力越强,植物对不良环境的适应性也越强^[10]。

1.4 数据分析

采用 SPSS 17.0 统计分析软件对所得数据进行处理,采用 SigmaPlot 11.0 进行作图。

2 结果与分析

2.1 渗透势 ψ^{dp} 和 ψ^{sat} 对干旱胁迫的响应

ψ^{dp} 指植物细胞初始质壁分离时的渗透势,能够反映膨压为 0 时植物所能承受的最低渗透势,其值越低,植物抗旱性越强。由表 1 可知,当重度干旱时,平邑甜茶和楸子的 ψ^{dp} 渗透势均出现了下降,与对照相比分别下降了 27% 和 13%,干旱胁迫下植物维持膨压的能力得到了加强。 ψ^{sat} 指细胞饱和含水时的渗透势,其值越低,说明植物细胞内物质浓度越大,进而植物维持最大膨压的能力越强。在重度干旱下平邑甜茶和楸子的 ψ^{sat} 与对照相比分别下降了 18% 和 10%,在重度干旱时楸子 ψ^{sat} 变化较小,其保持最大膨压的能力基本未受到干旱的影响。

表 1 平邑甜茶和楸子干旱胁迫下的水分参数

处理	ψ^{dp} /MPa	ψ^{sat} /MPa	RWC^{dp} /%	ROWC^{dp} /%	V_a /%	ϵ' /MPa	Δ
平邑甜茶(CK)	-1.52	-1.14	83.93	72.11	39.63	7.47	0
楸子(CK)	-1.87	-1.16	70.13	66.53	40.57	7.02	1
平邑甜茶(T)	-1.93	-1.93	74.09	62.56	42.24	5.87	0.17
楸子(T)	-2.12	-1.28	62.49	49.74	40.90	4.69	0.83

2.2 相对含水量和束缚水含量对干旱胁迫的响应

RWC^{dp} 指初始质壁分离时的相对含水量, ROWC^{dp} 指初始质壁分离时的相对渗透水含量,二者值越低,表明植物耐干旱胁迫能力越强^[11]。在重度干旱胁迫下,平邑甜茶和楸子的 RWC^{dp} 和 ROWC^{dp} 均出现了下降,重度干旱下平邑甜茶和楸子的 RWC^{dp} 与对照相比分别下降了 11.7% 和 10.9%,平邑甜茶和楸子的 ROWC^{dp} 与对照相比分别下降了 13.24% 和 25.2%。 V_a 指植物细胞的抗脱水能力,其值越大,表示细胞束缚水含量越高,细胞抗脱水能力越强。在重度干旱时,平邑甜茶和楸子的

V_a 值都略有增加,增幅分别为 6.6% 和 0.8%。平邑甜茶在重度干旱下 V_a 增加,表示其细胞吸水和保水的能力在重度干旱来临时可得到增强。

2.3 干旱胁迫下组织细胞总体弹性模量的变化

ϵ' 指的是总体弹性模量,其值越大,表明细胞壁越坚硬,细胞壁弹性也越小。在干旱胁迫来临时,弹性大的细胞具有更大的保持膨压的能力^[7,12]。组织含水量下降时,高弹性组织比低弹性组织在保持较大膨压方面更具有优势。重度干旱下平邑甜茶和楸子的 ϵ' 与对照相比分别下降了 21.4% 和 33.2%,说明平邑甜茶和楸子出现严重干旱胁迫时,细胞弹性得到了大幅度的增强。

2.4 干旱胁迫下 2 种苹果砧木的气体交换

由图 1 可知,在严重干旱胁迫下,平邑甜茶和楸子的净光合速率 P_n 、蒸腾速率 E 、气孔导度 G_s 、胞间 CO_2 浓度 C_i 与对照相比均明显下降。其中平邑甜茶的净光合速率与对照相比下降了 71%,蒸腾速率与对照相比下降了 82%,气孔导度与对照相比下降了 94%,胞间 CO_2 浓度与对照相比下降了 9%;楸子的净光合速率与对照相比下降了 66%,蒸腾速率与对照相比下降了 80%,气孔导度与对照相比下降了 85%,胞间 CO_2 浓度与对照相比下降了 54%。

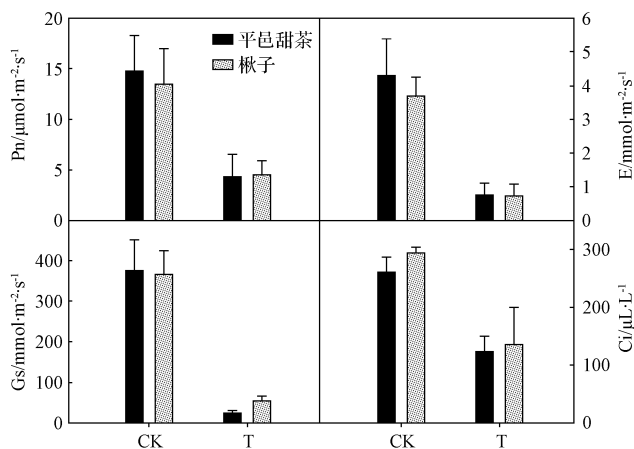


图 1 水分亏缺对平邑甜茶和楸子叶片气体交换参数的影响

2.5 苹果砧木保持膨压能力的综合评价

PV 曲线水分各个参数均与植物的抗旱性有关,通过模糊数学隶属函数值分析可以对其 PV 曲线水分各个参数指标的数据进行综合的评价,来整体分析植物细胞在干旱胁迫来临时的渗透能力^[10,13]。该研究应用反隶属函数基于上述各项水分参数对于植物保持最大膨压能力进行评价。 Δ 值越大,表现出植物保持膨压的能力越强,其对不良环境的适应性越强。由表 1 可知,在适宜水分和重度干旱条件下,楸子的 Δ 值大于平邑甜茶的 Δ 值,说明楸子在保持较大膨压方面大于平邑甜茶。

3 讨论

研究认为树木的耐旱类型有 2 类:即高水势延迟脱

水耐旱理论和低水势忍耐脱水耐旱理论。前者类型的植物在干旱胁迫来临时能够防止水分的散失,来保持住水分。后者类型的植物自身细胞能够维持一定的膨压来抵制外界干旱环境^[4]。对于植物来说其抗旱性的体现是多方面综合的结果,植物自身可以通过自身形态结构以及细胞内部生理生化反应来抵御干旱,如减少水分散失、气孔的关闭和细胞保持膨压等。PV 曲线水分参数的变化部分体现了植物自身对外界不良环境的适应。因此可以通过分析 PV 曲线水分参数来分析植物的抗旱性。

在平邑甜茶和楸子严重干旱时,其净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间 CO_2 浓度均出现了下降。体现出了平邑甜茶和楸子对于干旱胁迫的适应性,这与其 PV 曲线水分参数对于干旱胁迫的变化是一致的。植物自身随着胁迫的来临,其自身能够进行适应性的调整。PV 曲线水分参数的变化,就体现了植物对环境的积极响应^[9]。对平邑甜茶和楸子 PV 曲线水分参数研究发现,在严重干旱的情况下平邑甜茶和楸子的 PV 曲线水分参数与适宜条件下相比较出现了一些适应性的变化。干旱胁迫下,楸子的饱和含水时的最大渗透势 ψ_s^{sat} 、初始质壁分离时的相对含水量 RWC^{dp} 、初始质壁分离时的相对渗透水含量 ROWC^{dp} 、 ϵ' 值与平邑甜茶相比较均处于较低水平,同时对 PV 曲线水分参数进行反隶属函数方法综合分析得出楸子的 Δ 值大于平邑甜茶。楸子保持膨压的能力更强,具有更好的细胞壁弹性,其对不良环境的适应性强。对于 PV 曲线水分参数和苹果砧木保持膨压能力的综合评价发现,楸子的抗旱性优于平邑甜茶。

参考文献

- [1] 韩刚,李彦瑾,孙德祥,等. 4 种沙生灌木幼苗 PV 曲线水分参数对于干旱胁迫的响应[J]. 西北植物学报,2008,28(7):1422-1428.
- [2] 王贞红,张文辉,何景峰,等. 4 种柳树苗木叶的 PV 水分参数对水分胁迫的响应[J]. 西部林业科学,2007,36(1):34-38.
- [3] 柴春荣,马立华,穆立嵩. 北方 6 种园林绿化灌木水分参数对于干旱胁迫的响应[J]. 东北林业大学学报,2010,38(2):6-8.
- [4] 郭献平,王燕凌,廖康,等. 水分胁迫对新疆野苹果净光合速率和水利用效率变化的影响[J]. 新疆农业大学学报,2009,32(3):17-21.
- [5] 曹慧,李春霞,王孝威,等. 水分胁迫诱导八棱海棠和平邑甜茶细胞程序性死亡的研究[J]. 园艺学报,2009,36(4):469-474.
- [6] Tyree M T, Hammel H T. The measurement of the turgor pressure and water relations of plants by pressure bomb technique [J]. J Exp Bot, 1972 (23):267-282.
- [7] 王万里. 压力室(Pressure chamber)在植物水分状况研究中的应用[J]. 植物生理学通讯,1984(3):52-57.
- [8] 董学军. 九种沙生灌木水分关系参数的实验测定及生态意义[J]. 植物学报,1998,140(7):657-664.
- [9] 孙志虎,王庆成. 应用 PV 技术对北方 4 种阔叶树抗旱性的研究[J]. 林业科学,2003,39(2):33-38.
- [10] 杨敏生,裴宝华,于冬梅. 水分胁迫对毛白杨杂种无性系苗木维持膨压和渗透调节能力的影响[J]. 生态学报,1997,17(4):364-370.
- [11] 施积炎,丁贵杰,袁晓凤. 不同家系马尾松苗木水分参数的研究[J]. 林业科学,2004,40(3):51-55.
- [12] Bowman W D, Roberts S W. Seasonal changes in tissue elasticity in chaparral shrubs [J]. Physiol Plant, 1985(65):233-236.
- [13] 狄晓艳,王孟本,陈建文,等. 杨树无性系 PV 曲线水分参数的研究[J]. 西北植物学报,2007,27(1):98-103.
- [14] 李吉跃. 植物耐旱性及其机理[J]. 北京林业大学学报,1991,13(3):92-100.

The Response of Pressure Volume Curve Water Parameters of Two Apple Root Stocks to Drought Stress

ZHANG Hai-ting¹, ZHANG Lin-sen², HU Jing-jiang¹, XU Sheng-rong¹, LI Bing-zhi², HAN Ming-yu²

(1. College of Life Science, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling Shaanxi 712100; 2. College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Setting two water levels, appropriate water and severe water stress, pressure-volume curve on two root apple stocks hydraulic architecture of *Malus hupehensis* and *Malus prunifolia* were tested, and the effects of water deficit on pressure-volume curve water parameters of *Malus hupehensis* and *Malus prunifolia* were studied. The results showed that water deficit affect gas exchange of the ground part. On the condition of severe drought, compared values of ψ_s^{dp} , ψ_s^{sat} , RWC^{dp} , ROWC^{dp} , ϵ' of *Malus prunifolia* with *Malus hupehensis*, *Malus prunifolia* on a low level. It showed that *Malus prunifolia* had better abilities resistance to water stress and keeping water of seeding, more elastic cell wall. Used by the subordinate function comprehensive estimating analysis pressure-volume curve water parameters, Δ values of *Malus prunifolia* was larger than *Malus hupehensis*. Pressure-volume curve water parameters in plants could adjust accordingly with environment. On the condition of suitable soil moisture and severe drought, *Malus prunifolia* reflects the water strategy which optimal *Malus hupehensis*. After studied with pressure-volume curve water parameters, it showed that the abilities of maintaining turgor of *Malus prunifolia* was better than *Malus hupehensis* and the drought resistance which optimal *Malus hupehensis*.

Key words: drought stress; pressure-volume curve; *Malus hupehensis*; *Malus prunifolia*