

不同种源花椒抗旱性研究

刘杜玲¹, 王晓燕², 吴顺科³, 刘淑明^{4*}

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 华县林业站, 陕西 华县 714100; 3. 平木镇林业站, 陕西 凤县 721704;
4. 西北农林科技大学 理学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:以 8 个种源大红袍花椒 1 a 生实生苗为试材, 采用盆栽法, 测定了干旱胁迫条件下各种源花椒叶片相对含水量、可溶性蛋白质含量、丙二醛含量、超氧化物歧化酶和过氧化物酶活性, 应用隶属函数法综合评价了不同种源花椒的抗旱性。结果表明: 干旱胁迫程度不同, 各种源花椒抗旱性强弱各异, 各种源抗旱性强弱排序为: 汉源花椒>涉县花椒>韩城花椒>凤县花椒>武都花椒>平顺花椒>泰安花椒>循化花椒。

关键词:花椒; 种源; 抗旱性

中图分类号:S718.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2010)06-0025-04

Drought Resistance of *Zanthoxylum bungeanum* from Different Provenances

LIU Du-ling¹, WANG Xiao-yan², WU Shun-ke³, LIU Shu-ming⁴

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. Huaxian Forestry Station, Huaxian, Shaanxi 714100, China; 3. Pingmu Forestry Station, Fengxia, Shaanxi 721704, China;
4. College of Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: One year old seedlings of prickly ash from 8 locations were pot-culture with different levels of water conditions to investigate their drought resistant performance by measuring related parameters, including leaf relative water content, soluble protein content, MDA content, SOD and POD activity. The drought resistance was comprehensively evaluated by membership functions. Differences were found among the prickly ash plants from 8 locations in drought resistance, and with an order of Hanyuan > Shexian > Hancheng > Fengxian > Wudu > Pingshun > Ta'an > Xunhua.

Key words: *Zanthoxylum bungeanum*; provenances; drought resistance

花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)是我国北方著名的香料及油料树种。其果皮、种子、树皮和木材都有特殊用途, 具有较高的经济价值^[1]。花椒根系发达, 耐干旱, 适应性强, 而且生长快、结果早, 是山区广泛栽培的生态经济树种^[2]。目前, 我国科技工作者对花椒的研究主要集中在育苗、丰产栽培和病虫害防治等方面, 而对花椒抗旱性方面的研究报道甚少^[3]。笔者对不同种源花椒的抗旱性进行研究, 意在为花椒栽培和抗旱性品种选育提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

试材为 8 个种源大红袍花椒 1 a 生实生苗, 种子来源于陕西凤县、陕西韩城、青海循化、甘肃武都、河北涉县、山西平顺、四川汉源、山东泰安。

1.2 方法

1.2.1 干旱处理 2008 年 3 月, 将 8 个种源大红袍 1a 生实生苗定植于塑料桶内, 桶高 25 cm, 口径

收稿日期: 2010-04-05 修回日期: 2010-06-08
基金项目: 国家林业局重点项目 (2007-02); 陕西省自然科学基金项目 (2009JM3001)
作者简介: 刘杜玲, 女, 副教授, 主要从事经济林栽培教学与科研工作。
* 通讯作者: 刘淑明, 女, 教授, 主要从事农林气象研究。

25 cm,每桶栽 1 株,重复 3 次。试验用土按园土:腐殖质:砂子=4:1:1 混合而成,每桶装土 12 kg,田间持水量为 22.82%。5 月中旬开始进行土壤梯度控水,共设 4 个水分梯度处理,土壤相对含水量分别为 75%~80%(对照)、55%~60%、40%~45%和 30%~35%。

1.2.2 测定方法 叶片相对含水量(RWC)采取烘干法,SOD 活性采用 NBT 光还原法,POD 活性采用采用愈创木酚法,MDA 含量采用硫代巴比妥酸法,可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[4],土壤相对含水量采用烘干法。

1.3 数据处理

用 Microsoft Excel 进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对不同种源花椒叶片 RWC 的影响

叶片水分是维持植物正常代谢的基础。一般而言,干旱胁迫条件下,叶片相对含水量降低,其高低在一定程度上可以反映叶片保水能力的强弱^[5]。由

表 1 可知,随干旱胁迫程度的增加,不同种源花椒叶片相对含水量均呈下降趋势,但下降幅度不同。下降幅度最大的是循化花椒,下降了 17.39%,最小的是韩城花椒,下降了 9.58%。说明在干旱持续胁迫下,循化花椒叶片保水能力最弱,韩城花椒最强。各种源花椒叶片相对含水量增幅排序为:韩城花椒>凤县花椒>武都花椒>平顺花椒>汉源花椒>泰安花椒>涉县花椒>循化花椒。

2.2 干旱胁迫对不同种源花椒 MDA 含量的影响

MDA 是膜脂过氧化的主要产物之一。水分胁迫条件下,MDA 含量变幅小、含量低的树种抗旱性强^[6-7]。从试验结果(表 2)可看出,随胁迫程度增加,各种源花椒 MDA 含量均呈上升趋势,其中平顺花椒和涉县花椒 MDA 含量增幅最大,分别达 180.59%和 124.11%(土壤相对含水量 30%~35%),说明二者随胁迫强度的增加,膜受到伤害最大,抗旱性最弱。各种源 MDA 含量增幅排序为:平顺花椒>涉县花椒>泰安花椒>循化花椒>武都花椒>汉源花椒>韩城花椒>凤县花椒。

表 1 干旱胁迫对不同种源花椒叶片相对含水量(RWC)的影响

Table 1 Effects of drought stress on relative leaf water content in *Z. bungeanum* plants from 8 provenances %

种源	75%~80%	55%~60%		40%~45%		30%~35%	
	叶片相对含水量	叶片相对含水量	增幅 ^①	叶片相对含水量	增幅	叶片相对含水量	增幅
循化	0.772 9	0.702 2	—9.15	0.687 3	—11.08	0.638 5	—17.39
泰安	0.806 2	0.731 2	—9.30	0.729 4	—9.53	0.681 8	—15.43
武都	0.792 9	0.786 7	—0.78	0.758 3	—4.36	0.701 7	—11.50
汉源	0.820 1	0.801 7	—2.24	0.780 6	—4.82	0.700 3	—14.61
涉县	0.808 7	0.794 0	—1.82	0.774 4	—4.24	0.673 0	—16.78
平顺	0.794 6	0.783 2	—1.43	0.771 8	—2.87	0.681 9	—14.18
凤县	0.809 2	0.785 7	—2.90	0.764 2	—5.56	0.725 6	—10.33
韩城	0.831 6	0.770 9	—7.30	0.759 3	—8.69	0.751 9	—9.58

①增幅=(各种源相对含水量-对照相对含水量)/100%。以下各测定指标计算方法与此相同。

表 2 干旱胁迫对不同种源花椒 MDA 含量的影响

Table 2 Effects of drought stress on MDA content in *Z. bungeanum* plants from 8 provenances

种源	75%~80%		55%~60%		40%~45%		30%~35%	
	MDA 含量 /(mmol·g ⁻¹)	MDA 含量 /(mmol·g ⁻¹)	增幅%	MDA 含量 /(mmol·g ⁻¹)	增幅%	MDA 含量 /(mmol·g ⁻¹)	增幅%	
循化	4.682 6	6.379 8	36.24	7.632 9	63.01	8.488 8	81.28	
泰安	3.957 2	4.131 4	4.40	5.339 1	34.92	7.231 6	82.75	
武都	3.744 3	3.990 4	6.57	5.500 3	46.90	6.579 0	75.71	
汉源	3.026 6	4.265 6	40.94	4.277 1	41.32	5.105 8	68.70	
涉县	2.963 1	4.731 3	59.67	5.660 3	91.03	6.640 5	124.11	
平顺	2.691 4	4.514 8	67.75	6.195 2	130.19	7.551 8	180.59	
凤县	4.061 3	4.172 9	2.75	4.584 5	12.88	5.422 4	33.51	
韩城	3.443 2	4.154 7	20.66	5.134 8	49.13	5.338 5	55.04	

2.3 干旱胁迫对不同种源花椒可溶性蛋白含量的影响

可溶性蛋白是细胞重要的渗透调节物质之一,在干旱胁迫条件下主动积累,其积累量与抗旱性呈

正相关^[8]。由表 3 可知,在干旱胁迫过程中,各种源花椒可溶性蛋白含量均呈先减少后增加的趋势。在胁迫初期(土壤相对含水量 55%~60%),各种源花椒可溶性蛋白含量均下降,之后随胁迫程度增加而

增加;当土壤相对含水量下降到 30%~35%时,与对照相比,韩城花椒可溶性蛋白含量增幅最大(398.06%),循化花椒最小(7.94%),各种源可溶性

蛋白含量增幅排序为:韩城花椒>凤县花椒>泰安花椒>汉源花椒>涉县花椒>武都花椒>平顺花椒>循化花椒。

表 3 干旱胁迫对不同种源花椒可溶性蛋白含量的影响

Table 3 Effects of drought stress on soluble protein content in *Z. bungeanum* plants from 8 provenances

种源	75%~80%	55%~60%		40%~45%		30%~35%	
	可溶性蛋白含量 /(mg·g ⁻¹)	可溶性蛋白含量 /(mg·g ⁻¹)	增幅%	可溶性蛋白含量 /(mg·g ⁻¹)	增幅%	可溶性蛋白含量 /(mg·g ⁻¹)	增幅%
循化	11.372 6	4.858 7	—57.28	9.883 0	—13.10	12.275 9	7.94
泰安	11.516 1	7.147 7	—37.93	13.062 8	13.43	19.902 7	72.83
武都	7.335 8	4.318 3	—41.13	9.984 8	36.11	10.217 5	39.28
汉源	10.342 8	3.139 4	—69.65	12.908 0	24.80	16.392 2	58.49
涉县	11.554 5	8.981 9	—22.26	13.191 7	14.17	16.768 1	45.12
平顺	7.431 7	1.809 9	—75.65	9.844 7	32.47	10.274 5	38.25
凤县	3.771 2	2.990 5	—20.70	9.871 6	161.76	11.738 9	211.28
韩城	1.979 1	1.252 3	—36.72	7.849 3	296.61	9.857 2	398.06

2.4 干旱胁迫对不同种源花椒 SOD 活性的影响

SOD 是植物体内清除活性氧的关键酶之一。逆境条件下,植物体内活性氧增加,导致膜脂过氧化和蛋白质、核酸等分子的变异,生物膜受损。一般来说,水分胁迫下,植物体内的 SOD 活性与植物抗氧化能力呈正相关^[9]。由图 1 可看出,随着干旱胁迫程度的增加,各种源花椒 SOD 活性先升后降,至土壤相对含水量为 40%~50%时达到高峰,之后迅速下降;在整个胁迫过程中,泰安花椒 SOD 活性提高最快,且在各种水分条件下其活性均高于对照;土壤相对含水量为 30%~35%时,与对照相比,泰安花椒 SOD 活性增幅最大(32.70%),凤县花椒增幅最小(-37.94%)。各种源花椒 SOD 活性增幅排序为:泰安花椒>涉县花椒>汉源花椒>循化花椒>韩城花椒>武都花椒>平顺花椒>凤县花椒。

膜的伤害,减少膜脂过氧化,稳定膜系统^[10]。图 2 表明,随着干旱胁迫程度的增加,花椒 POD 活性均呈上升趋势,与对照相比,涉县花椒的 POD 活性增幅最大(306.19%),泰安花椒次之(226.11%),汉源花椒增幅最小(24.52%)。各种源花椒 POD 活性增幅排序为:涉县花椒>泰安花椒>武都花椒>凤县花椒>循化花椒>韩城花椒>平顺花椒>汉源花椒。

图 1 干旱胁迫对不同种源花椒 SOD 活性的影响

Fig.1 Effect of drought stress on SOD activity in *Z. bungeanum* plants from 8 provenances

2.5 干旱胁迫对不同种源花椒 POD 活性的影响

POD 酶是广泛存在于植物体内的一种重要抗氧化酶,在水分胁迫等逆境中可消除活性氧对细胞

图 2 干旱胁迫对不同种源花椒 POD 活性的影响

Fig.2 Effect of drought stress on POD activity in *Z. bungeanum* plants from 8 provenances

2.6 抗旱性综合评定

抗旱性是植物形态、生理生化和原生质特性等控制的综合性状。用任何单一指标都不能很好地反映植物的抗旱性,只有对多个指标进行综合评价,才能准确反映植物的抗旱性。本文利用隶属函数^[11-12]对每个种源各指标测定值进行转换,用转换后的数值进行累加,取平均值以评价抗旱性。

数据转换公式为: $U_{ijk} = (X - X_{kmin}) / (X_{kmax} - X_{kmin})$

若某项指标与抗旱性呈负相关,则公式转换为:
$$U_{ijk}=1-(X-X_{\min})/(X_{\max}-X_{\min})$$

式中: ijk 为第 i 树种第 j 个干旱胁迫强度对于第 k 项指标的转换值; X_{ijk} 为第 i 个树种第 j 个干旱胁迫强度第 k 个指标测定值; X_{\min} 、 X_{\max} 为所有树种第 k 项指标的最小值和最大值。 U_{ijk} 值越大,耐旱性越强。

由表 4 知,干旱胁迫程度不同,各种源抗旱性强弱各异。土壤相对含水量为 55%~60% 时,各种源抗旱性强弱排序为:涉县花椒>汉源花椒>韩城花椒>凤县花椒>武都花椒>平顺花椒>泰安花椒>循化花椒;土壤相对含水量为 40%~45% 时,各种

源抗旱性强弱排序为:汉源花椒>涉县花椒>凤县花椒>泰安花椒>韩城花椒>武都花椒>平顺花椒>循化花椒;土壤相对含水量为 30%~35% 时,各种源抗旱性强弱排序为:汉源花椒>涉县花椒>韩城花椒>泰安花椒>凤县花椒>武都花椒>平顺花椒>循化花椒。在整个水分胁迫过程中,泰安花椒抗旱能力持续增加,说明其有很强的自我保护能力。各种源花椒在水分胁迫下,抗旱性综合评价结果为:汉源花椒>涉县花椒>韩城花椒>凤县花椒>武都花椒>平顺花椒>泰安花椒>循化花椒。

表 4 干旱胁迫下各种源花椒测定指标的隶属度及抗旱性排序
Table 4 The membership degrees and the order of drought resistance of *Z. bungeanum* plants from 8 provenances

种源	75%~80%	55%~60%	40%~45%	30%~35%	平均值	抗旱性排序
循化花椒	0.384	0.121	0.100	0.126	0.183	8
泰安花椒	0.386	0.399	0.422	0.436	0.411	7
武都花椒	0.497	0.570	0.397	0.367	0.458	5
汉源花椒	0.885	0.696	0.789	0.773	0.786	1
涉县花椒	0.645	0.758	0.592	0.590	0.646	2
平顺花椒	0.621	0.524	0.365	0.227	0.434	6
凤县花椒	0.416	0.595	0.478	0.409	0.474	4
韩城花椒	0.560	0.609	0.411	0.526	0.527	3

3 结论与讨论

随干旱胁迫程度的增加,各种源花椒叶片相对含水量均呈下降趋势,叶片相对含水量增幅排序为:韩城花椒>凤县花椒>武都花椒>平顺花椒>汉源花椒>泰安花椒>涉县花椒>循化花椒。

随干旱胁迫程度的增加,各种源花椒 MDA 含量呈上升趋势,MDA 含量增幅排序为:平顺花椒>涉县花椒>泰安花椒>循化花椒>武都花椒>汉源花椒>韩城花椒>凤县花椒。

随干旱胁迫程度的增加,各种源花椒可溶性蛋白含量均呈先减少后增加趋势,可溶性蛋白含量增幅排序为:韩城花椒>凤县花椒>泰安花椒>汉源花椒>涉县花椒>武都花椒>平顺花椒>循化花椒。

随着干旱胁迫程度的增加,各种源花椒 SOD 酶活性先升后降,SOD 酶活性增幅排序为:泰安花椒>涉县花椒>汉源花椒>循化花椒>韩城花椒>武都花椒>平顺花椒>凤县花椒。

随着干旱胁迫程度的增加,花椒 POD 活性均呈上升趋势,POD 酶活性增幅排序为:涉县花椒>泰安花椒>武都花椒>凤县花椒>循化花椒>韩城花椒>平顺花椒>汉源花椒。

干旱胁迫下,花椒各种源抗旱性综合评价结果为:汉源花椒>涉县花椒>韩城花椒>凤县花椒>武都花椒>平顺花椒>泰安花椒>循化花椒。

干旱胁迫程度不同,各种源抗旱性强弱各异。建议各地根据当地的气候、土壤水分条件,因地制宜的选择花椒种源进行栽培。另外,本试验在研究花椒抗旱性过程中,只对其生理生化指标进行了初步研究,要全面、更准确地评价花椒种源的抗旱性,还应结合形态指标、生长指标和田间观察情况综合考虑。

参考文献:

[1] 孟庆翠,刘淑明,孙丙寅.配方施肥对花椒产量的影响[J].西北林学院学报,2009,24(3):105-108.
MENG Q C,LIU S M,SUN B Y. Effect of balanced fertilization on yield of *Zanthoxylum bungeanum* [J]. Journal of Northwest Forestry University,2009,24(3):105-108.
[2] 刘淑明,孙长忠,孙丙寅.花椒林地不同地面覆盖的水热效应研究[J].林业科学,2005,41(6):174-178.
LIU S M, SUN C Z,SUN B Y. Water and heat effect of different gerent ground coverings in *Zanthoxylum bungeanum* plantation[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2005,41(6):174-178.
[3] 毕君,赵京献,王春荣,等.国内外花椒研究概况[J].经济林研究,2002,20(1):46-48.
BI J,ZHAO J X,WANG C Y,*et al.* World research progress in bunge pricklyash (*Zanthoxylum bungeanum*) [J]. Economy Forest Researches,2002,20(1):46-48.
[4] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版公司,2000.

米根系生长和蒸腾效率的影响[J]. 作物学报, 2000, 26(2): 250-255.

LIANG Z S, KANG S Z, GAO J F, *et al.* Effect of abscisic acid (ABA) and alternative split-root osmotic stress on root growth and transpiration efficiency in maize[J]. *Acta Agonomica Sinica*, 2000, 26(2): 250-255.

[8] 邹养军, 魏钦平, 李嘉瑞. 根系分区灌水的生理基础及其在果树上的应用[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 23(1): 214-218.

ZOU Y J, WEI Q P, LI J R. Physiological basis and application of partial rootzone irrigation in culturing fruit trees[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2000, 23(1): 214-218.

[9] 邹养军, 魏钦平, 李嘉瑞, 等. 苹果不同生育期根系分区灌水的生理效应研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 286- 288.

ZOU Y J, WEI Q P, LI J R, *et al.* Studies on effects of partial rootzone irrigation in different stages of development on apple trees[J]. *Chinese Agricultural Science*, 2005, 21(8): 286-288.

[10] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002.

[11] KOURILL R. On the limits of applicability of spectrophotometer and spectrofluorimetric methods for the determination of chlorophyll a/b ratio[J]. *Photosynth Res*, 1999, 62: 107-116.

[12] 辛惠卿, 霍俊伟. 环境胁迫对果树光合作用的影响[J]. 东北农业大学学报, 2008, 39(9): 130 -135.

XIN H Q, HUO J W. Effects of environment stress on photosynthesis of fruit trees[J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2008, 39(9): 130 -135.

[13] 康绍忠, 张建华, 梁宗锁, 等. 控制性交替灌溉——一种新的农田节水调控思路[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(1): 1-6.

KANG S Z, ZHANG J H, LIANG Z S, *et al.* The controlled alternative irrigation——A new approach for water saving regulation in farmland[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 1997, 15(1): 1-6.

[14] 魏钦平, 刘松忠, 王小伟, 等. 分根交替不同灌水量对苹果生长和叶片生理特性的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(8): 2844-2851.

WEI Q P, LIU S Z, WANG X W, *et al.* Effects of partial root zone alternative irrigation on growth and leaf physiological characteristics of apple trees[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, 42(8): 2844 -2851.

[15] TAN C S, BUTTERY B R. The effect of soil moisture stress to various fraction of the root system on transpiration photosynthesis and internal water relation of peach seedlings[J]. *Am Soc Hort Sci*, 1982, 107: 845-849.

[16] PONI S, TAGLIAVINI M, NERI D, *et al.* Influence of root pruning and water stress on growth and physiological factors of potted apple, grape, peach and pear trees[J]. *Sci Hort*, 1992, 52: 223-22.

(上接第 28 页)

[5] 王海珍, 梁宗锁. 黄土高原乡土树种抗旱生理指标的主成分分析[J]. 塔里木农垦大学学报, 2004, 9(1): 13-15.

WANG H Z, LIANG Z S. A study on drought-resistance of local tree species in Loess Plateau[J]. *Journal of Tarim University of Agricultural Reclamation*, 2004, 9(1): 13-15.

[6] 李燕, 薛立, 吴敏. 树木抗旱机理研究进展[J]. 生态学杂志, 2007, 26(11): 1857-1866.

LI Y, XUE L, WU M. Research advances in mechanism of drought resistance of trees[J]. *Chinese Journal Ecology*, 2007, 26(11): 1857-1866.

[7] 姜英淑, 陈书明, 王秋玉, 等. 干旱胁迫对 2 个欧李种源生理特征的影响[J]. 林业科学, 2009, 45(6): 6-10.

JIANG Y S, CHEN S M, WANG Q Y, *et al.* Effects of the drought stress on physiological characteristics of two cerasus humilis provenances[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2009, 45(6): 6-10.

[8] 黎燕琼, 郑绍伟, 陈泓, 等. 林木抗旱性研究及其进展[J]. 世界林业研究, 2007, 20(1): 10-14.

LI Y Q, ZHENG S W, CHEN H, *et al.* Review and progress of drought-resistance of tree species[J]. *World Forestry Research*, 2007, 20(1): 10-14.

[9] 王宝山. 干旱对小麦幼苗膜脂过氧化及保护酶的影响[J]. 山东师范大学学报, 1987, (1): 29-31.

WANG B S. Effect of drought on wheat seedlings membrane lipid peroxidation and protective enzymes[J]. *Journal of Shandong Normal University*, 1987, (1): 29-31.

[10] 李杨瑞. 甘蔗组织中过氧化物酶活性及其生长和工艺成熟的关系初探[J]. 广西农学院学报, 1990, 9(1): 13-18.

LI Y R. Primary exploration on peroxidase activity in sugarcane tissue and the relationship between growth and maturity of technolog[J]. *Journal of Guangxi Agricultural College*, 1990, 9(1): 13-18.

[11] 张文辉, 段宝利, 周建云, 等. 不同种源栓皮栎幼苗水分适应及耐旱特性比较研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(5): 728-734.

ZHANG W H, DUAN B L, ZHOU J Y, *et al.* A comparative study on characters of drought resistance for four provenances of *Quercus variabilis*[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2003, 23(5): 728-734.

[12] 高建社, 孙楠, 马宝有, 等. 白杨派几个无性系抗旱性比较研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(3): 64- 66.

GAO J S, SUN N, MA B Y, *et al.* Studies on drought resistance of some aspen clones[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2007, 22(3): 64-66.