

文章编号: 1001-1498(2009)01-0134-05

## 水分胁迫对美国山核桃苗木生长的影响

常君<sup>1,2</sup>, 姚小华<sup>1\*</sup>, 杨水平<sup>2</sup>, 王开良<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 国家林业局亚热带林木培育重点开放性实验室, 浙江 富阳 311400;

2. 西南大学资源环境学院, 重庆 400716)

关键词: 美国山核桃; 水分胁迫; 根系

中图分类号: S722.3<sup>+</sup>6

文献标识码: A

### Effect of Water Stress on the Growth of Pecan

CHANG Jun<sup>1,2</sup>, YAO Xiao-hua<sup>1</sup>, YANG Shui-ping<sup>2</sup>, WANG Kai-liang<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF; Key Laboratory of Subtropical Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration,

Fuyang 311400, Zhejiang, China; 2. College of Resource and Environment, Southwest China University, Chongqing 400716, China)

**Abstract:** This experiment was conducted in the demonstration bases of pecan in Jiande, Zhejiang Province, which mainly studied on the growth of pecan seedlings under various water stresses. The results were as follows: the indexes of tree height, root diameter, root length, root surface area and root volume and so on were different significantly under various water stresses. That was, with the water stress being heavier, all these indexes appeared a declining trend; and if it was rewatered in the following process, all these indexes would grow, but the indexes of root length, root surface area and root volume changed with the control. In addition, the proline content in the leaves would grow rapidly in threatening initial stage and decline along with the water stress increased, and it would recover to the original level when the pecan seedlings were rewatered.

**Key words:** *Carya illinoensis*; water stress; root system

美国山核桃 (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) 又名薄壳山核桃、长山核桃, 属胡桃科 (Juglandaceae) 山核桃属 (*Carya* Nutt.)<sup>[1-2]</sup>。原产北美, 是世界著名干果之一, 也是优良的果材兼用树种<sup>[3]</sup>。美国山核桃继油茶 (*Camellia oleifera* Abel) 之后, 逐渐成为江浙一带的主要经济树种。但是在育苗过程中, 苗木经常会遭受到各种环境胁迫, 特别是夏季的高温和干旱胁迫, 对苗木生长造成严重影响。因此了解苗木对环境胁迫的反应, 并在育苗过程中及时采取相应的技术措施, 是培育高质量苗木的前提。国内外有关水分胁迫对苗木生长影响的研

究较多<sup>[4-5]</sup>, 但有关水分胁迫对美国山核桃生长、根系发育等影响的文献鲜有报道, 因此作者就水分胁迫对美国山核桃苗木生长、生物量变化、根系发育等的影响作了研究, 以期能够指导生产实践。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料处理

本试验设置于浙江省建德市邓家东坞村。选择生长健壮一致的 1 年生美国山核桃苗木, 于 2007 年 4 月 30 日移栽于高 30 cm、直径 18 cm 的塑料盆中, 每盆 1 株, 供试土壤为紫砂壤, 采自当地田间。将盆

收稿日期: 2007-11-27

基金项目: 国家林业局“948 引进项目“薄壳山核桃优质苗木繁殖技术引进”(2006-4-82); 科技部农业成果转化项目“薄壳山核桃新品种集成栽培技术与中试示范”(2006GB24320401)

作者简介: 常君 (1981—), 男, 山西怀仁人, 硕士研究生, 主要从事经济林育种与栽培技术研究。

\*通讯作者: 姚小华 (1962—), 男, 浙江天台人, 研究员, 首席专家, 博士生导师。

栽苗置于塑料大棚内在相同光照和水分管理条件下适应生长 1 月,于 2007 年 6 月 10 日至 7 月 16 日进行水分胁迫。试验设 4 个水分处理:(1)对照:正常浇水;(2)复水处理:连续不浇水,当过半数以上的幼苗在早上 6:00 时还处于萎蔫状态时复水;(3)干旱胁迫处理:从试验开始起让其自然干旱,直到幼苗死亡;(4)保水剂处理:保水剂为拌土型,于盆中部加入 5 g 与细土混合均匀的保水剂,苗木定植后充分浇水。待苗木生长正常后开始干旱处理。待复水处理苗木半数以上早上 6:00 时处于萎蔫状态时开始对其它 3 个处理取样,进行复水处理,复水 1 周后取样,以上各处理重复 15 次,每次取样 1 株,进行各项指标的测定,叶片在苗上、中、下 3 个部位分别各取 2~3 片,进行脯氨酸含量的测定。

1.2 测定内容和方法

用游标卡尺、卷尺分别测定苗粗、苗高;苗木地上部分、地下部分鲜质量用 1/100 电子天平称量,然后将样品在 105 °C 烘箱内烘干至恒质量,分别称取各部分相应的干质量,再计算下列指标:根冠比 ( $R/S$ ) = 地下部分干质量 / 地上部分干质量<sup>[6-7]</sup>;采用加拿大 Regent 公司 (Regent Instruments Inc.) 的

STD1600 +、双光源专用扫描仪对根系扫描,根系图像分析采用该公司的根系图像分析软件 WinRHIZO Pro 2005b,得出根系长度、表面积、体积等指标。

脯氨酸采用茚三酮显色法,参照文献 [8] 的方法进行,取 2 mL 上清液,加入 2 mL 水、2 mL 冰乙酸、2 mL 2.5% 茚三酮溶液,置沸水浴中显色 60 min,冷却后加入 4 mL 甲苯充分振荡萃取红色物质。静置待分层后,取甲苯层测定 520 nm 波长处的吸光值。

1.3 数据分析

所有数据在 Excel、DPS 处理软件中进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对苗木地径、苗高生长的影响

水分胁迫处理对苗木生理状况的影响必然会体现在苗木的生长上。表 1 方差分析结果表明,水分胁迫对美国山核桃苗木生长的影响除根冠比未表现出显著性差异外,其他各项指标均表现出显著性差异,其中根系表面积、体积和苗高、地径 4 个指标表现出极显著差异。

表 1 不同水分胁迫条件下美国山核桃苗木参数方差分析

变因	df	根系长度		根系表面积		根系体积		苗高	
		MS	F	MS	F	MS	F	MS	F
组间	3	1 400 386	4.09*	38 016.34	5.22**	8.20	4.68**	509.53	6.62**
组内	56	342 756		7 284.02		1.75		76.96	

变因	df	地径		茎叶干质量		根系干质量		根冠比(干质量比)	
		MS	F	MS	F	MS	F	MS	F
组间	3	0.04	4.28**	68.21	4.05*	119.11	2.82*	0.19	1.32
组内	56	0.01		16.85		42.19		0.15	

注: \* 为差异显著, \*\* 为差异极显著。

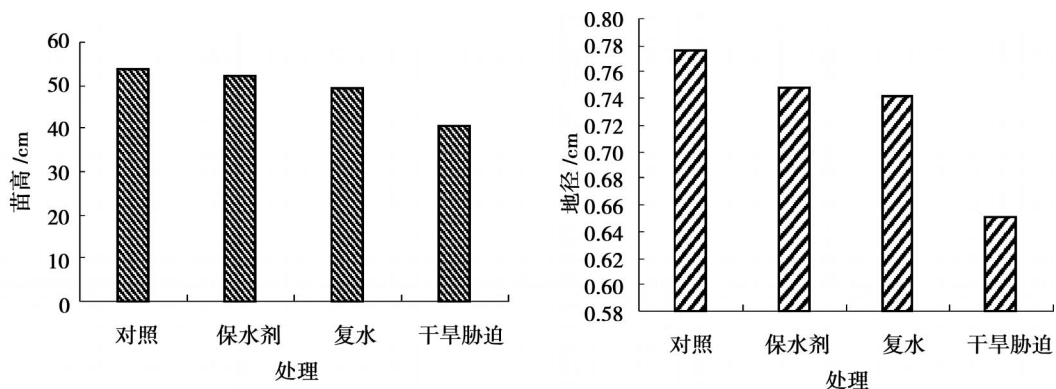


图 1 水分胁迫对美国山核桃苗木高度及地径生长的影响

由图 1 可以看出,美国山核桃苗木高度随着水分胁迫程度的加深而逐渐降低(对照(53.91 cm) >

保水剂处理(52.43 cm) > 复水处理(49.48 cm) > 干旱胁迫(40.88 cm)),苗木高度最小值比对照减

少了 24.17%。地径生长与苗木抗逆关系紧密,是衡量苗木生长状况好坏的重要指标之一。可以看出,对照由于没有受到任何逆境伤害,苗木地径最大,为 0.78 cm;在持续干旱逆境的影响下,苗木地径最小,比对照减小 16.14%;干旱后复水,苗木不再受干旱逆境的影响,苗木地径有所增大,与使用保水剂处理的苗木地径差异不大,分别为 0.74 cm、0.75 cm,但仍小于正常浇水下的苗木地径。

## 2.2 水分胁迫对地下部分根系生长的影响

根系是植物直接与土壤接触的器官,是生态系统生物能存在的一种形式。一方面根系不断地从土壤中获得养分和水分,满足植物生长发育;另一方面根系(无论活根或死根)又直接参与土壤物质循环和能量流动两大生态过程,对土壤结构改善、肥力发展和土壤生产力发挥起着重要的作用。

由图 2 可以看出,美国山核桃苗木根系长度、表面积、体积均随着水分胁迫程度的加深而降低,但是干旱过程中复水,无论根系长度、表面积还是根系体积均会显著增长,其值比保水剂处理后还大,但均小于对照。复水后根系长度比保水剂处理长 16.92%,相当于对照的 90.37%;根系表面积比保水剂处理大 17.79%,相当于对照的 91.11%;根系体积比保水剂处理的大 22.97%,相当于对照的 93.38%。持续干旱处理根系长度、表面积与体积分别相当于对照的 72.33%、73.29%、73.61%。结合图 1、2 可以看出,重度水分胁迫对苗木地上、地下部分均有较大影响,其苗木高度、粗度和根系长度、表面积、体积等均远远低于对照,因此在苗木培育过程中,要注意水分的管理和控制,在干旱季节要做好防旱工作,以培育优良的苗木。

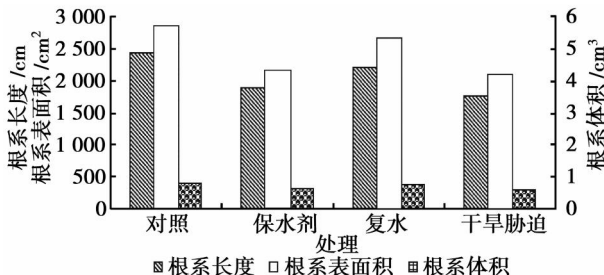


图 2 水分胁迫对美国山核桃苗木根系、表面积及体积的影响

## 2.3 水分胁迫对苗木生物量等的影响

许多植物在受到生长条件限制时,通常会调节其地上部分、地下部分生物量资源的分配以适应环境变化<sup>[9-10]</sup>。在适宜土壤水分条件下,植物地上部分与地下部分生长比例基本相似<sup>[11]</sup>。但在土壤水

分亏缺条件下,植物地上部分、地下部分生物量分配发生改变。由图 3 可以看出,与对照相比,美国山核桃苗木地上部分、地下部分生物量随着土壤含水量的降低而减小;复水 1 周后,地上部分生物量减小幅度为 4.81%,地下部分生物量减小幅度为 10.18%;持续干旱处理生物量降低幅度更大,地上部分生物量降低幅度为 31.89%,地下部分降低幅度为 26.98%。不同水分胁迫条件下,地上部分、地下部分生物量均表现出显著差异(表 1)。

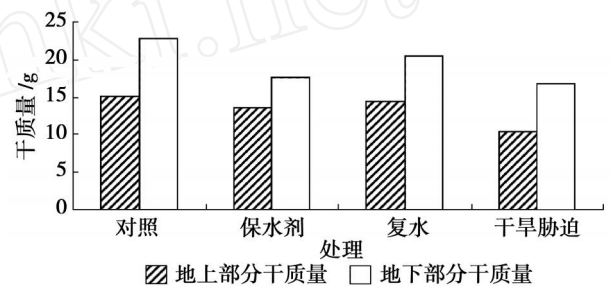


图 3 水分胁迫对美国山核桃苗木地上部分、地下部分生物量的影响

M. A. Huston 和 D. Tilman 等学者认为,植物地下部分、地上部分生物量比率大小反映了植物对环境因子的需求和竞争能力<sup>[12-13]</sup>。当环境条件对作物生长有利时,主要表现为依赖关系;反之,则表现为竞争关系。对树木来说,地下部分生物量与地上部分生物量之比,即根冠比( $R/S$ ) $>1$ ,表明对养分的需求和竞争力强。由图 4 可以看出,不同干旱程度对美国山核桃苗木根冠比影响不同, $R/S$ 随着水分胁迫程度的加深而增大,但是过度的水分胁迫又使  $R/S$  值降低。这说明适宜的水分胁迫可以促进苗木根系的生长,一旦胁迫比较严重时,就会抑制其生长。干旱胁迫一定时间后复水苗木  $R/S$  最大,达到 1.65;对照  $R/S$  值最小,为 1.39。这也说明轻度干旱有利于根系的延伸生长,但是严重水分缺失造成根冠比相对增加的原因不是由于促进了根的生长,而是由于水分的严重不足抑制了地上部分的生长,使美国山核桃苗木的根冠比相对增大。因此在育苗过程中一定要做好防旱工作。

## 2.4 水分胁迫对叶片脯氨酸含量的影响

A. R. Kemble 和 H. T. Macpherson 较早在水分胁迫条件下生长的黑麦草 (*Lolium perenne* L.) 叶子中发现有游离脯氨酸累积。后来越来越多的试验表明,水分胁迫下植物体内脯氨酸的累积是个普遍现象<sup>[14]</sup>。植物在正常水分条件下,游离脯氨酸含量很低,但在干旱胁迫下游离脯氨酸大量积累。有研

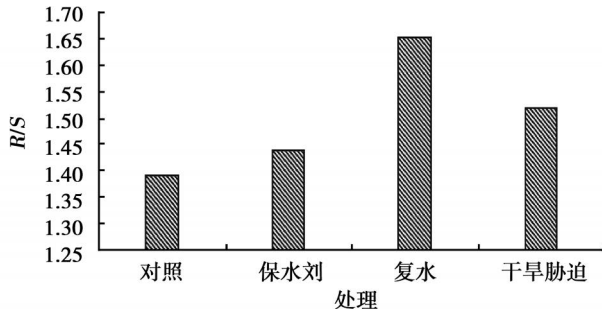


图 4 水分胁迫对美国山核桃苗木根冠比的影响

究表明,随着干旱胁迫的加剧,树木体内的游离脯氨酸急剧增加,而且根、茎和叶含量差异不明显,但存在种间差异。由图 5 可以看出,在水分缺失不严重的情况下,即使用保水剂处理后,美国山核桃苗木叶片脯氨酸含量比对照增加了 21.43%;随着水分胁迫程度的加深,水分缺失严重,脯氨酸含量又逐渐下降,持续干旱处理下脯氨酸含量比对照减少了 1.32%,比使用保水剂处理减少了 18.73%;而在干旱胁迫过程中复水,叶片脯氨酸含量重新恢复到原来的水平。

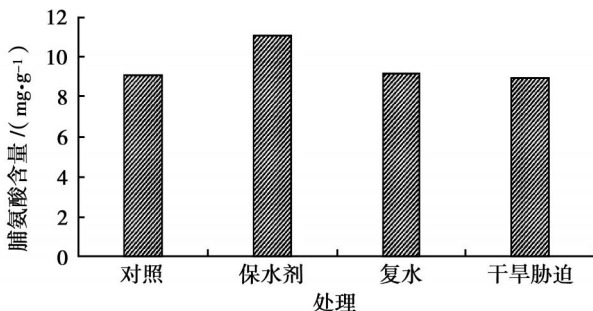


图 5 不同水分胁迫程度美国山核桃苗木叶片脯氨酸含量的变化

### 3 结论

(1)通过对不同水分胁迫条件下美国山核桃苗木高度、地径和根系长度、表面积、体积测定结果表明,不同水分胁迫对苗木各项指标均表现出显著性差异,苗木高度、地径最小值分别比对照减少了 24.17%、16.14%,根系长度、表面积与体积均随着水分胁迫程度的加深而降低,干旱过程中复水根系长度、表面积、体积均会显著增长,其值比保水剂处理都大,但均小于对照,持续干旱根系各指标值最小,说明重度胁迫对苗木根系影响较大。不同干旱程度对苗木根冠比 ( $R/S$ ) 影响也不同,  $R/S$  随着水分胁迫程度的加深而增大,但是过度的水分胁迫又使  $R/S$  值降低。可见植物在受到生长条件限制时,会调节植物地上部分、地下部分生物量资源的分配

以适应环境变化,适宜的水分胁迫可促进苗木根系的生长,一旦水分胁迫比较严重时,又会抑制其生长。

(2)根系是树木生长最重要的地下营养器官,根系对土壤水分亏缺的反应有利于树木尽可能吸收较多的水和营养物质,以供本身和植物其余部分的需要。不同水分胁迫条件下,美国山核桃苗木地上部分、地下部分生物量均表现出显著性差异 ( $F_{地上} = 4.05$ ,  $F_{地下} = 2.82$ ,  $F_{0.05} = 2.77$ ),随着土壤含水量的降低苗木地上部分、地下部分生物量逐渐减小,复水后,苗木地上部分、地下部分生物量会有所增加,但仍小于对照。

(3)脯氨酸是植物蛋白质的组分之一,是氨基酸中最为有效的渗透调节物质,植物体内脯氨酸的增加能保持细胞与环境渗透平衡,防止植物体水分散失,还有可能直接影响体内蛋白质的稳定性。随着水分胁迫程度的加深,美国山核桃叶片脯氨酸含量呈现出急剧增加而后又逐渐下降的规律。使用保水剂处理后叶片脯氨酸含量急剧增加,比对照增加了 21.43%;随着水分胁迫进一步加深,脯氨酸含量又逐渐下降,持续干旱处理下脯氨酸含量比对照减少了 1.32%,比使用保水剂处理减少了 18.73%;在干旱胁迫过程中复水,叶片脯氨酸含量重新恢复到原来的水平。

### 参考文献:

- [1] 麦克丹尼尔斯 L H. 坚果栽培 [M]. 朱金兆译. 北京: 中国林业出版社, 1990
- [2] 姚小华, 王开良, 任华东, 等. 薄壳山核桃优新品种和无性系开花物候特性研究 [J]. 江西农业大学学报, 2004, 26 (5): 675 - 680
- [3] Sparks D. Pecan Cultivars: The Orchard 's Foundation [M]. Watkinsville: Pecan Production Innovations, 1992: 20 - 21
- [4] Abrams M D, Kloppele B D, Kubiske M E. Ecophysiological and morphological responses to shade and drought in two contrasting ecotypes of *Pinus serotina* [J]. Tree Physiology, 1992, 10 (4): 343 - 355
- [5] Smit J, van den Driessche R. Root growth and water use efficiency of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) and lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) seedlings [J]. Tree Physiology, 1992, 11 (4): 401 - 410
- [6] Norby R J. Forest canopy productivity index [J]. Nature, 1996, 381: 561 - 564
- [7] 肖春旺, 周广胜, 赵景柱. 不同水分条件对毛乌素沙地油蒿幼苗生长和形态的影响 [J]. 生态学报, 2001, 21 (12): 2136 - 2140
- [8] 苏梦云, 范铭庆. 渗透胁迫和钙处理对杉木幼苗膜脂过氧化及

- 保护酶活性的影响 [J]. 林业科学研究, 2000, 13(4): 391 - 396
- [9] 肖春旺, 刘玉成. 不同光环境的四川大头茶幼苗的生态适应 [J]. 生态学报, 1999, 19(3): 422 - 426
- [10] 肖春旺, 董 鸣, 周广胜, 等. 鄂尔多斯高原沙柳幼苗对模拟降水量变化的响应 [J]. 生态学报, 2001, 21 (1): 171 - 176
- [11] Wilson J B. Shoot competition and root competition [J]. Appl Ecol, 1988, 25 (2): 279 - 296
- [12] Huston M A, Smith T M. Plant succession: life history and competition [J]. American Naturalist, 1987, 130(2): 168 - 198
- [13] Tilman D. Plant strategies and the structure and dynamics of plant communities [M]. Princeton: Princeton University Press, 1988: 52 - 97
- [14] 汤章城. 逆境条件下植物脯氨酸的累积及其可能的意义 [J]. 植物生理学通讯, 1984(1): 15 - 21

www.cnki.net