

干旱胁迫对桉树幼苗的生长和某些生理生态特性的影响

李林锋, 刘新田

(湛江海洋大学 农学院, 广东 湛江 524088)

摘要:以尾叶桉 *U₆* (*Eucalyptus urphyllae* cv *U₆*) 无性系为研究材料,盆栽于土壤相对含水量分别为 100% (I, CK)、80% (II)、60% (III) 和 40% (IV) 条件下 30 d, 研究干旱胁迫对桉树幼苗的生长和某些生理生态特性的影响。结果表明,土壤干旱胁迫对桉树幼苗株高、茎、根系生长,叶片数、叶面积及生物量等指标均产生显著影响,但根、茎生长受干旱胁迫影响的程度明显低于叶片生长。与对照组相比,各指标值均随土壤相对含水量的降低表现出下降趋势。土壤干旱胁迫也显著影响桉树幼苗叶片含水量、叶绿素含量及游离脯氨酸含量等生理指标。叶片含水量和叶绿素含量随土壤相对含水量降低而下降,但叶片游离脯氨酸含量则相反。干旱胁迫条件下桉树幼苗叶片游离脯氨酸含量的累积与其抗旱性的关系,还有待进一步研究确证。

关键词:干旱胁迫;桉树;幼苗;生理生态;生物量

中图分类号:S718.63 **文献标识码:**A **文章编号:**100-7461(2004)01-0014-04

Effect of Soil Water Stress on the Growth and Eco-physiological Characteristics of *Eucalyptus* Seedling

万方数据

LI Lin-feng, LIU Xin-tian

(Agricultural College of Zhanjiang Ocean University, Zhanjiang Guangdong, 524088, China)

Abstract: Pot culture experiments were conducted to examine the eco-physiological characteristics of *Eucalyptus urphylla* cv *U₆* seedling. The seedling was grown under four different soil relative moistures, e. g., 100% (I, CK), 80% (II), 60% (III) and 40% (IV) of field water-holding capacity. The results indicated that the growth of height, stem, root, leaf number, leaf area and biomass of seedling was influenced significantly under soil drought stress, but the influence to the growth of leaf was more higher than that of root and stem. And all values of above decreased with the soil drought stress developing. Soil drought stress also affected the leaf water content, chlorophyll content and free proline content of seedling significantly. When the soil relative water deficit was severe, both leaf water content and chlorophyll content decreased significantly, but free proline content increased evidently. The relation between free proline content accumulation and drought-resistance was needed for further study to be concluded.

Key words: drought stress; *Eucalyptus*; seedling; eco-physiological characteristics; biomass

植物的生长不仅受到自身遗传物质的控制,还受到众多环境因子的影响,如光、温、水和土壤营养物质等在时空上的差异^[1]。在众多环境因素中,限制植物生长的最普遍因素之一是水分,尤其在干旱的环境^[2]。桉树 (*Eucalyptus*) 在中国及世界作为 3 大引种的外源树种(松树、杨树和桉树)因其生长迅

速、用途广泛和适应性强等特点发展很快,已成为我国南方非常重要的造林树种^[3]。但在雷州半岛,桉树的生长经常受到冬春干旱的胁迫。时间为每年 11 月至翌年 3 月,历时 4 个多月,此期降水量只占全年降水量的 16%~20%^[5]。受此影响,在这期间土壤的田间持水量经常保持在 30% 以下^[4],大大影

收稿日期:2003-15-12

基金项目:湛江市科技局项目(2001-09-17)

作者简介:李林锋(1972-),男,甘肃镇原人,硕士,讲师,主要从事植物生态学方面的研究。

响桉树的正常生长发育。有关干旱胁迫下桉树的形态及生长研究文章很多^[6-8],但关于生理生态反应的研究国内并不多见。本文在传统生物量测定的基础上结合对于干旱胁迫下桉树幼苗若干生理生态指标的测定和分析,旨在阐明桉树的水分利用和适应特点,为桉树的抗旱机理和节水农业提供依据。

1 材料与方法

1.1 盆栽试验

试验设在湛江海洋大学园林基地防雨棚下,选用尾叶桉 *U₆* (*Eucalyptus urphylla* cv. *U₆*) 无性系为试验材料。2002年10月3日将无性系嫩枝扦插小苗移栽于高25 cm,内径23 cm的塑料盆中,每盆定植1株,盆中装入苗圃熟土10 kg,田间持水量为28.8%,容重1.54 g/cm³,为砖红壤砂质土。从栽种之日起至开始试验这段时间,保证土壤水分充足,确保苗木成活和试验处理的一致性。设4种土壤水分处理,处理I,盆中土壤含水量为田间持水量的100%(实际含水量28.8%,CK);处理II,土壤含水量为田间持水量的80%(含水量23%);处理III,土壤含水量为田间持水量的60%(含水量17.5%);处理IV,土壤含水量为田间持水量的40%(含水量11.5%)。每处理20盆,共80株。11月4日所有试验盆土都达到预定含水量后即开始控水,每天18:00称取盆重,补充当天失去的水分,使各处理保持设定的含水量,控水30 d后测定各项生理生态指标。

1.2 测定方法

1.2.1 生物量测定 在当年12月5日,采取收获法测定生物量。从每一处理随机选取5株幼苗作为观测株,分别测定株高、基径、叶片数,再用计算纸

法^[9]测定叶面积,各器官鲜重及侧根数量等指标,并烘干(85℃)计算各部分干重。

1.2.2 生理指标的测定 同日,在每一处理剩下的15株幼苗中随机取幼苗成熟叶片,剪碎混匀,用于以下各项指标的测定。

叶绿素测定 用万分之一电子天平(下同)称取上述供试叶片3份各0.1 g,分别装入具塞刻度试管中,加入乙醇-丙酮混和液(1:1, V/V) 10 mL,加塞暗处浸提24 h,取上清液用分光光度计测其光密度值,据 Lambert-Beer 定律计算^[10]叶绿素 a、b 含量及总量。

自由水、束缚水和含水量测定 称取上述供试叶片6份各0.5 g,其中3份分别置于65%的蔗糖溶液中4 h,用阿贝氏折射仪测蔗糖浓度的变化量,计算自由和束缚水^[11];另3份置烘箱中烘干,称重,测含水量^[10]。

称取上述供试叶片3份各0.5 g,用酸性茚三酮法^[12]测定成熟叶片游离脯氨酸的含量。

1.3 数据分析

所有观测数据均利用 SAS 统计软件进行方差分析和多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 高度和基径

从表1可以看出,不同土壤相对含水量对桉树幼苗的株高和基径生长均产生显著性影响。随着土壤水分亏缺的加剧,株高和基径都表现出下降的趋势。处理IV桉树幼苗的株高和基径下降幅度最大,说明其生长受干旱胁迫的影响相对最重。而且,较长时期的水分亏缺使处理IV部分幼苗顶梢干枯,试验后的株高值相比试验前反而有所下降。

表1 桉树幼苗的高度和地径

Table 1 Height and basal diameter of *E. urphylla* cv *U₆* seedling

土壤含水量 /%	试 验 前		试 验 后			
	高度/cm	地径/mm	高度/cm	%	地径/mm	%
I (100)	22.20a±1.79	2.78a±0.27	45.14a±4.45	100	6.45a±1.29	100
II (80)	22.44a±1.51	2.77a±0.17	39.30b±3.27	87.1	4.85b±0.28	75.2
III (60)	22.10a±1.95	2.79a±0.15	24.44c±1.80	54.1	3.22c±0.28	49.9
IV (40)	22.06a±1.67	2.77a±0.23	21.84c±2.29	48.4	2.89c±0.48	44.8
F 值	0.047	0.008	65.68**		25.98**	

“%”表示与对照组作比较的相对值,“**”表示差异极显著, $\alpha < 0.01$,同列数字后面英文字母相同者,表示多重检验结果差异不显著, $\alpha < 0.05$ (下表同)。

2.2 生物量

不同土壤相对含水量对桉树幼苗总生物量、根、茎、叶生物量、单株叶片数和叶面积大小的影响均存

在显著性差异(表2、3),且各指标值均随土壤含水量的下降表现出降低趋势。与对照组相比,根、茎、叶生物量中,尤以叶生物量降低幅度最大,茎次之,

根系最小。由此可见,土壤水分亏缺对根、茎生长的影响低于对叶片生长的影响。这主要是在水分亏缺条件下,植物根系吸收不到足够的水分和养分,各器官的生长发育都受到限制,首先受到抑制的是细胞增大,叶面积减小;其次是细胞的增殖,影响了叶的数量和面积的增长,进而造成植物叶生物量的减少,从而有效防止水分在地上叶部的过多消耗来适应干旱环境条件下的生存^[13]。同时,在土壤水分亏缺条件下植物倾向于将更多的资源分配给根系生长,这样才能从土壤中获得更多的水分和营养物质,以提

高竞争生长的能力,故根系生物量受影响相对较小^[11]。

表2 桉树幼苗叶片数量和面积

Table 2 Leaf number and leaf area of <i>E. urphylla</i> cv U ₆ seedling				
土壤含水量 /%	平均每株 叶片数	/%	叶面积 /dm ²	/%
I (100)	50.4a±6.3	100	8.16a±0.97	100
II (80)	34.2b±2.2	67	5.51b±0.85	67.5
III (60)	16.4c±2.3	32	1.71c±0.33	20.9
IV (40)	13.4c±2.5	26	1.24c±0.14	15.2
F 值	110.26**		119.29**	

表3 桉树幼苗的生物量

Table 3 Biomass of *E. urphylla* cv U₆ seedling

土壤含水量/%	总生物量/g	/%	根生物量/g	/%	茎生物量/g	/%	叶生物量/g	/%
I (100)	7.824a±2.89	100	1.629a±0.72	100	1.867a±0.97	100	4.330a±1.22	100
II (80)	5.291b±1.47	67.6	1.072b±0.25	65.8	1.135b±0.35	60.8	3.080b±0.91	71.1
III (60)	2.461c±0.56	31.5	0.834b±0.17	51.2	0.481b±0.08	25.8	1.169c±0.34	27.0
IV (40)	1.914c±0.24	24.5	0.786b±0.20	48.3	0.458b±0.15	24.5	0.646c±0.15	14.9
F 值	13.72**		4.60*		8.24**		23.71**	

“*”表示差异显著,α<0.05(下表同)。

2.3 叶绿素含量

表4表明,不同土壤相对含水量对桉树幼苗成熟数据叶绿素a含量和叶绿素总量的影响存在极显著性差异,而对叶绿素b含量的影响则差异不显著。各指标值均随土壤含水量的下降表现出降低趋势,这主要是水分亏缺使各种细胞器,特别是叶绿体和线粒体受到伤害所致^[14]。但同样水分胁迫条件下叶绿素a、b的稳定性不同,叶绿素a较不稳定,干旱时叶绿素a分解要比叶绿素b快些,使叶绿素a/b值变小。

2.4 叶片自由水、束缚水和含水量

表5显示不同土壤相对含水量对桉树幼苗叶片

含水量、自由水及束缚水含量的影响存在极显著性差异。其中,叶片含水量和自由水含量均随土壤含水量下降而减少,但束缚水含量却表现出升高—降低—升高的变化趋势。据此分析认为,土壤水分亏缺条件下桉树幼苗生长对水分变化比较敏感,从处理I到处理II,总含水量仅下降7.1%而束缚水含量却净增51%,但此时的土壤水分含量还能足以维持幼苗的缓慢生长,束缚水含量的增加是植物对环境胁迫的一种积极调整和适应。这种调整和适应的代价是同对照组相比,处理II幼苗的株高和茎径分别降低22.9%和24.8%(表1)。而且这种调整一

表4 桉树幼苗叶片叶绿素含量

Table 4 Leaf contents of chlorophylls of *E. urphylla* cv U₆ seedling

土壤含水量	叶绿素总量/mg·g ⁻¹	/%	叶绿素a/mg·g ⁻¹	/%	叶绿素b/mg·g ⁻¹	/%	叶绿素a/b	/%
I (100%)	2.637a±0.12	100	1.803a±0.06	100	0.840a±0.06	100	2.239±0.17	100
II (80%)	2.583a±0.33	98.0	1.783a±0.19	98.9	0.803a±0.15	95.6	2.154±0.11	96.2
III (60%)	2.057b±0.25	78.0	1.357b±0.25	75.3	0.707a±0.01	84.2	1.944±0.37	86.8
IV (40%)	1.896b±0.06	71.9	1.187b±0.07	65.8	0.697a±0.02	83.0	1.671±0.14	74.6
F 值	8.81**		10.42**					

表5 叶片含水量及自由水、束缚水百分含量

Table 5 Percentages of water content, free-water and bound-water content in leaves

土壤含水量	总量/%	/%	自由水/%	/%	束缚水/%	/%	束缚水/自由水	/%
I (100%)	76.69a±2.81	100	68.36a±3.49	100	8.33b±0.83	100	12.25bc±1.83	100
II (80%)	76.06a±1.53	92.9	63.51ab±3.61	92.9	12.58a±3.33	151.0	20.04ab±6.23	163.6
III (60%)	66.29b±0.68	86.4	60.34b±1.60	88.3	5.94b±1.03	65.9	9.89c±1.93	80.7
IV (40%)	58.35c±0.89	76.1	45.55c±3.05	66.6	12.80a±2.17	153.7	28.41a±6.83	231.9
F 值	79.95**		31.26**		7.67**		9.11**	

直持续到处理III,尽管此时总含水量很低,但幼苗还

是分配尽可能多的自由水来维持代谢的正常进行,

同试验前相比幼苗的株高和基径还有小幅增长,分别为10.6%和15.4%(表1)。当土壤含水量进一步降低(处理IV),此时幼苗的首要任务不再是生长而是维持存活,水分在体内重新分配使束缚水含量急剧增大,以此提高抗性来适应干旱环境。由此可见,束缚水含量在植物体内除与叶片含水量高低有关外,还与环境的胁迫程度有关。

2.5 叶片游离脯氨酸含量

生活在干旱环境中的植物,体内常积累游离脯氨酸,其积累量与环境干旱程度和植物对干旱的抗性相关^[15,16]。表6反映了不同土壤相对含水量对桉树幼苗成熟叶片游离脯氨酸含量的影响存在极显著差异,且游离脯氨酸含量随土壤水分亏缺程度的加剧而增高。关于干旱胁迫条件下植物体内积累脯氨酸,大量研究认为与植物抗旱性有关^[19]。但也有的持相反结论,认为脯氨酸累积与抗旱性无关^[17,18],它只是植物在干旱胁迫下的一种受害反应特征。就本次试验,游离脯氨酸的累积是增强了,桉树幼苗的抗旱性还是幼苗对干旱胁迫表现出的一种受害反应,还有待进一步研究。

万方数据

表6 叶片游离脯氨酸含量

Table 6 Contents of free proline in leaves

土壤含水量/%	含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	/%
I (100)	10.59 \pm 3.17	100
II (80)	13.39 \pm 1.70	126.49
III (60)	25.84 \pm 3.62	243.9
IV (40)	39.85 \pm 5.28	376.2
F 值	37.12**	

3 结论

土壤干旱胁迫使幼苗株高、茎、根系生长,叶片数、叶面积及生物量等均受到抑制,但幼苗根系生长受土壤干旱胁迫抑制的程度明显低于叶片生长。

随土壤干旱胁迫的加剧,桉树幼苗叶片叶绿素含量、叶片组织含水量显著降低,束缚水/自由水比值、游离脯氨酸含量显著增大。

参考文献:

[1] 肖春旺,周广胜,马风云. 施水量变化对毛乌素沙地优势植物

形态与生长的影响[J]. 植物生态学报,2002,26(1):69-76.

- [2] Lange O L, Kappen L, Schulze E D. Water and plant life: problems and modern approaches [M]. Berlin: Heidelberg's springer-verlag, 1976.
- [3] 祁述雄. 中国桉树 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
- [4] 廖观荣, 钟继红, 郭庆荣, 等. 土壤水分对幼龄桉树蒸腾和生长的影响 [J]. 土壤与环境, 2001, 10(4): 285-288.
- [5] 张声才. 雷州半岛的干旱与对策 [J]. 人民珠江, 2000, (6): 22-24.
- [6] Bachelar E P. Effects of soil moisture stress on the growth of seedlings of three eucalypt specie. I. Growth effects [J]. Aust. For. Res. 1986, 16: 51-61.
- [7] Bachelar E P. Effects of soil moisture stress on the growth of seedlings of three eucalypt species III. Tissue water relations [J]. Aust. For. Res. 1986, 16: 155-163.
- [8] Myers B, Landsberg J. Water stress and seedling growth of two eucalypt species from contrasting habitats [J]. Tree Physiol. 1989, (5): 207-218.
- [9] 王伯荪, 余世孝, 李鸣光, 等. 植物群落学实验手册 [M]. 广州: 广东省高等教育出版社, 1996. 39-39.
- [10] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴, 等. 植物生理学实验 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1990. 51-254.
- [11] 华东师范大学生物系. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1980. 5-8.
- [12] 朱广廉, 邓兴旺, 左卫能, 等. 植物体内游离脯氨酸的测定 [J]. 植物生理学通讯, 1983, 1(1): 35-37.
- [13] 王森, 代力民, 姬兰柱. 长白山阔叶红松林主要树种对干旱胁迫的生态反应及生物量分配的初步研究 [J]. 应用生态学报, 2001, 12(4): 496-500.
- [14] 刘祖棋. 植物抗性生理 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [15] 刘学师, 任小林, 苗卫东, 等. 游离脯氨酸与植物抗旱性 [J]. 河南职业技术师范学院学报, 2002, 30(3): 35-37.
- [16] 罗音, 孙明高. 干旱胁迫对5树种叶片中脯氨酸含量的影响 [J]. 山东林业科技, 1999, (4): 1-4.
- [17] 王金胜, 郭栋生, 丁起盛, 等. 水分胁迫对玉米幼苗几种生理生化指标的影响及其抗旱性的关系 [J]. 山东农业大学学报, 1992, 12(2): 137-140.
- [18] 王邦锡, 黄久常. 不同植物在水分胁迫条件下脯氨酸的积累与抗旱性关系 [J]. 植物生理学报, 1989, 15(1): 46-51.
- [19] 王畅, 林秋萍, 贡科花, 等. 夏玉米的干旱适应性及其生理机制的研究 [J]. 华北农学报, 1990, 5(4): 46-54.