

4 种优良观赏竹耐高温与抗旱性研究及其综合评价

黄 滔^{1,2}, 刘 珮¹, 唐 红¹, 黄程前¹, 蒋利媛¹

(1. 湖南省森林植物园,湖南 长沙 410116;2 中南林业科技大学 林学院,湖南 长沙 410004)

摘要:以3年生圣音竹、龟甲竹、黄秆乌哺鸡竹、黄秆京竹4种观赏竹为试验材料,进行持续高温干旱胁迫试验,通过对叶片形态观察和测定叶片含水量、丙二醛(MDA)含量、SOD活性和游离脯氨酸量,探究高温干旱胁迫对4种观赏竹的影响。结果表明,1)在持续高温干旱胁迫下,4种观赏竹的叶片相对含水量和叶绿素含量呈下降趋势,黄秆京竹的叶片相对含水量下降了17.5%,叶绿素含量下降了31.71%,下降均较少,表明其生长状况较好。MDA含量和游离脯氨酸含量呈增加趋势,黄秆京竹的MDA含量相对其他3种观赏竹仅增加了5.13倍,相对较小,表明其所受伤害少;游离脯氨酸相对于其他3种增加了1.93倍,增幅最大,表明其抗旱性较好。SOD活性呈先增加后下降的变化趋势,黄秆京竹的SOD活性增加了3.7倍,明显高于其他3种竹,提高其抗旱性。2)5个生理生化指标之间有显著相关性。3)4种观赏竹因子分析得分中,黄秆京竹得分最高为1.016,其抗旱性较好,与试验观察和指标测定结果相符。4)在持续高温干旱胁迫下,应及时进行遮荫浇水进行合理抚育措施,可维持植物正常生长。

关键词:观赏竹;高温干旱胁迫;叶片相对含水量;叶绿素;MDA;SOD活性;游离脯氨酸

中图分类号:S718.45 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2014)04-0026-07

High Temperature and Drought Resistances of 4 Excellent Ornamental Bamboo

HUANG Tao^{1,2}, LIU Wei¹, TANG Hong¹, HUANG Cheng-qian¹, JIANG Li-yuan¹

(1. Hunan Forestry Botanical Garden, Changsha, Hunan 410116, China;

2. College of Forestry, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China)

Abstract: Three-year-old seedlings of four ornamental bamboo species were used as testing materials to carry out successive drought and high temperature resistance test. Relative parameters were measured, such as leaf moisture content, MDA, SOD, and free proline content in the leaves. The result indicated that: 1) the relative water content and chlorophyll content of the leaves of 4 ornamental bamboos exhibited a declining trend. Among them, the relative water content of *Phyllostachys aureosulcata* f. *aureocaulis* dropped by 17.5% and the chlorophyll content dropped by 31.71%, indicating that the seedlings of this species grew well. The MDA contents and free proline contents of all species increased, in which the MDA content of *P. aureosulcata* f. *aureocaulis* increased by 5.13 times, indicating the less injury by drought. The freeproline increased by 1.93 times, also indicating its good dry resistance. The then decreased. The SOD activity of *P. aureosulcata* f. *aureocaulis* increased by 3.7 times. 2) There is a significant correlation between the physiological and biochemical indexes. 3) *Ph. aureosulcata* f. *aureocaulis* had the highest score of 1.016, which demonstrated its high resistance to drought. 4) During high temperature and drought season, the seedlings of bamboos should be overshadowed and irrigated in time.

Key words:ornamental bamboo; high-temperature and drought stress; relative water content; chlorophyll

收稿日期:2013-10-22 修回日期:2014-03-04

基金项目:湖南省科学技术厅项目“优良观赏竹良种选育和定向培育技术研究”(2011NK3019);中央财政林业科技推广示范科研项目“圣音竹等新优观赏竹培育与景观营建技术应用示范”([2013]XT03号)

作者简介:黄滔,男,高级工程师,研究方向:植物学、园林绿化、森林生态学。E-mail: 460096055@qq.com

content; MDA content; leaf SOD activity; proline accumulation

竹子是抗旱性较好的植物,但在长期的高温干旱胁迫下,其生长亦受到严重影响,出现一系列不良症状,为进一步探究高温干旱对竹子的影响,以圣音竹(*Phyllostachys heterocycla* cv. *tubaeformis*)、龟甲竹(*Phyllostachys heterocycla*)、黄秆乌哺鸡竹(*Phyllostachys vivax* f. *aureocaulis*)、黄秆京竹(*Phyllostachys aureosulcata* f. *aureocaulis*)4种观赏竹为试验材料,在持续高温干旱胁迫下,通过观察叶片形态,测定叶片含水量,叶绿素含量、MDA含量、超氧化物歧化酶SOD和游离脯氨酸含量,总结其在高温胁迫下的变化规律,运用因子分析法综合分析4种观赏竹的抗旱性,在4种优良竹中筛选出抗旱性较好品种。

干旱胁迫是影响植物生长重要的非生物因子之一,可以影响植物的形态、结构和地理分布等,目前关于干旱胁迫的研究已取得一定成果。有研究显示,叶绿体是其最敏感的细胞器,当植物遭受干旱等逆境胁迫时,叶绿体的超微结构发生变化,使叶绿素合成受阻,导致其叶绿素含量下降^[1]。植物遭受逆境胁迫本质是植物自身的氧化过程,当植物遭受干旱等逆境胁迫,植物体内的活性氧增多,丙二醛MDA等氧化产物增多,加速细胞的膜脂过氧化程度,加速细胞的死亡。在长期的逆境生活中,植物自身形成一条清除活性氧的抗氧化链和一套生理调节机制,当植物所受伤害超过一定阈值时,植物的抗氧化酶活性降低,活性氧等氧化产物积累加速,导致植物死亡^[2-5]。目前关于4种观赏竹的研究已取得一定进展,但关于高温干旱胁迫下的生理生化研究较少,本研究通过测定叶片相对含水量、叶绿素含量、MDA含量、SOD活性和游离脯氨酸含量,探究其在高温干旱胁迫下的变化规律,运用相关性对其进行相关性分析,总结5个指标之间关联性,以期为竹子抗性机理研究提供理论一定的依据^[6-8]。

1 材料与方法

1.1 材料

选择目前观赏性和适应性较强的4种优良观赏竹(圣音竹、龟甲竹、黄秆乌哺鸡竹、黄秆京竹)作为试验材料,试验材料来源于湖南省森林植物园观赏竹园,园内土壤为酸性红壤土,土层厚度80 cm,土壤有机质为8.6 g·kg⁻¹。所选材料均为3年生地栽苗,生长状况良好,圣音竹平均高3.0~3.5 cm,平均胸径3.6~4.0 cm;龟甲竹平均高3.5~4.2 m,平均胸径2.8~3.2 cm;黄秆乌哺鸡竹平均高6.0~

6.5 m,平均胸径2.9~3.5 cm;黄秆京竹平均高4.0~4.5 m,平均胸径1.0~1.5 cm。

1.2 试验设计

试验时间为2013年8月5日—8月13日,试验期间平均温度为33.81℃,试验地为湖南省森林植物园观赏竹园。试验前选择生长状况良好的圣音竹、龟甲竹、黄秆乌哺鸡竹、黄秆京竹各100株进行浇水遮荫预处理1 d,使植株保持充沛的水分,试验开始后将每种观赏竹平均分成4组,设置第1组(T₁)为无处理,自然持续高温干旱胁迫,第2组(T₂)盖遮荫网不浇水,第3组(T₃)浇水不盖遮荫网,第4组(T₄)盖遮荫网浇水。在试验第0、2、4、6、8天8:00—9:00采摘当年成熟的大致同一位置的新鲜叶片作为试验材料,每个处理设置3次重复,避光保存带回实验室立即进行叶片相对含水量、叶绿素含量、MDA含量、活性和游离脯氨酸含量测定;14:00进行观察记录每种观赏竹每组的叶片生长情况。

1.3 形态学指标的观测和测定

1.3.1 形态学指标的观测 叶片形态观测指标主要是观察叶片的生长势(生长旺盛或生长受抑制)和叶片状况(色泽变化、萎蔫与否和萌发新叶状况等)。根据记录的生长表现,采用以下分级标准进行综合评定。I级:生长旺盛,叶色正常;II级:生长一般,叶色基本正常,叶缘失水卷缩;III级:生长一般,老叶叶缘干枯发黄;IV级:生长受到抑制,1/3的叶片萎蔫发黄,新叶失水卷缩;V级:生长受到严重抑制,1/2的叶片萎蔫发黄,老叶枯萎脱落,新叶萎蔫干枯;VI级:植株整体萎蔫,呈半致死状态;VII级:死亡状态。

1.3.2 生理指标观测 叶片相对含水量采用烘干称重法。叶绿素含量采用浸提法。SOD采用氮蓝四唑法,NBT光还原法。MDA采用硫代巴比妥酸法。游离脯氨酸采用高俊凤酸性茚三酮显色法测定^[9]。

1.4 数据整理

数据采用Excel进行整理画图,SPSS20.0进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 高温干旱胁迫下4种观赏竹试验组的外部形态变化

在高温干旱胁迫下4种观赏竹的叶片在各种处理下,均出现不同程度的卷叶、失绿、干枯发黄等现象(表1)。结果表明,4种观赏竹的叶片在T₂处理

下较快的出现卷缩,在 T₃ 处理下较快的出现枯黄,在 T₄ 处理下长势较好,说明对 4 种观赏竹进行遮荫浇水处理可以缓解高温干旱造成的伤害。根据

4 种观赏竹外部干旱形态出现时间的早晚、严重程度以及旱害率的高低不同,得到黄秆京竹的耐高温抗旱能力较强。

表 1 不同处理下 4 种观赏竹的生长形态

Table 1 The growth form of four kinds of ornamental bamboos under different treatments

品种	处理	编号	表现级别				
			0 d	2 d	4 d	6 d	8 d
圣音竹	无(T ₁)	1-1	I	III~IV	V	V~VI	VI
	荫棚(T ₂)	1-2	I	I~II	II	IV	IV~V
	浇水(T ₃)	1-3	I	I~III	III	III~IV	IV
	荫棚、浇水(T ₄)	1-4	I	I	I	I	I
龟甲竹	无(T ₁)	2-1	I	IV	V~VI	VI	VII
	荫棚(T ₂)	2-2	I	II	IV	IV~V	V
	浇水(T ₃)	2-3	I	III	IV	IV~V	V
	荫棚、浇水(T ₄)	2-4	I	I	I	I	I
黄秆乌哺鸡竹	无(T ₁)	3-1	I	III	IV~V	V	V~VI
	荫棚(T ₂)	3-2	I	I	I~II	II	IV
	浇水(T ₃)	3-3	I	I	I~III	III	III~IV
	荫棚、浇水(T ₄)	3-4	I	I	I	I	I
黄秆京竹	无(T ₁)	4-1	I	III	IV	IV~V	V
	荫棚(T ₂)	4-2	I	I	I	I~II	II
	浇水(T ₃)	4-3	I	I	I	I~III	III
	荫棚、浇水(T ₄)	4-4	I	I	I	I	I

注:处理编号图 1~图 4 同。

2.2 高温干旱胁迫下 4 种观赏竹叶片含水量变化

植物叶片水分含量能直接反映植物的水分状况,一般认为,叶片的自然水分含量高,下降速率小,则品种的抗旱性强。由图 1 可知,在 T₁、T₂ 和 T₃ 组中,4 种观赏竹的叶片的相对含水量呈下降趋势。在试验开始第 0 天,4 种观赏竹的叶片相对含水量分别为 64.2%、65.7%、64.8% 和 64.0%,在试验第 8 天,其叶片相对含水量分别为 33.5%、20.2%、47.5% 和 52.8%,与试验前相比下降 47.82%、69.25%、26.7%、17.5%,可知在高温干旱胁迫下,黄秆京竹的叶片相对含水量下降少,抗旱性较好。在 T₂ 组中,在试验第 8 天,4 种观赏竹的叶片相对含水量分别为 56.8%、48.4%、56.5% 和 58.9%,与试验前相比下降 11.53%、26.33%、12.81% 和 7.97%。在 T₃ 组中,在试验第 8 天,4 种观赏竹的叶片相对含水量分别为 60.2%、50.3%、55.8% 和 59%,与试验前相比下降 6.23%、23.44%、13.89% 和 7.81%,可知在高温干旱胁迫下,将植物进行遮荫或浇水处理可提高植物的抗逆性。在 T₄ 组中,圣音竹、龟甲竹、黄秆乌哺鸡竹和黄秆京竹 4 种观赏竹的叶片相对含水量相对平稳,平均值分别为 64.1%、64.2%、64.64% 和 63.76%,说明在高温干旱胁迫下,对植物进行遮荫浇水处理植物的水分状况相对良好。

2.3 高温干旱胁迫下 4 种观赏竹叶绿素含量变化

叶绿素是植物进行光合作用的重要色素,其含量多少反映植物的生长状况^[10]。由图 2 可知,在

T₁、T₂、T₃ 组中,圣音竹、龟甲竹、黄秆乌哺鸡竹和黄秆京竹 4 种观赏竹的叶绿素含量呈下降趋势,不同处理方式下 4 种观赏竹生长状况有显著差异 ($p<0.05$)。在 T₁ 组中,在试验第 0 天,4 种观赏竹的叶绿素含量分别为 4.23、4.29、4.49 mg·g⁻¹ 和 4.14 mg·g⁻¹,在试验第 8 天,其含量分别为 2.07、1.68、2.06 mg·g⁻¹ 和 2.83 mg·g⁻¹,与试验前相比下降 51.0%、60.9%、54.2% 和 31.7%,较其他 2 组下降幅度大,其中龟甲竹的叶绿素含量下降最多,植物的生长状况最差,黄秆京竹的叶绿素含量下降最少,生长状况明显优于其他观赏竹,与试验观察相符。在 T₂ 组中,在试验第 0 天,4 种观赏竹的叶绿素含量分别为 4.35、4.21、3.76 mg·g⁻¹ 和 4.38 mg·g⁻¹,在试验第 8 天,其含量分别为 2.90、3.06、3.27 mg·g⁻¹ 和 3.90 mg·g⁻¹,与试验前相比下降了 33.39%、27.39%、13.05% 和 10.94%。在 T₃ 组中,在试验第 0 天,4 种观赏竹的叶绿素含量分别为 4.26、4.09、4.08 mg·g⁻¹ 和 3.99 mg·g⁻¹,在试验第 8 天,其含量分别为 3.04、2.98、3.43 mg·g⁻¹ 和 3.67 mg·g⁻¹,与试验前相比下降 28.59%、27.02%、16.04% 和 7.92%,综合 T₂、T₃ 组的叶绿素含量变化,发现其叶绿素含量下降幅度明显小于 T₁ 组。在 T₄ 组中,4 种观赏竹的叶绿素含量相对稳定,其平均值为 4.29、4.32、4.41 mg·g⁻¹ 和 4.34 mg·g⁻¹,说明在高温干旱胁迫下,对植物进行遮荫浇水处理使植物生长状况良好。

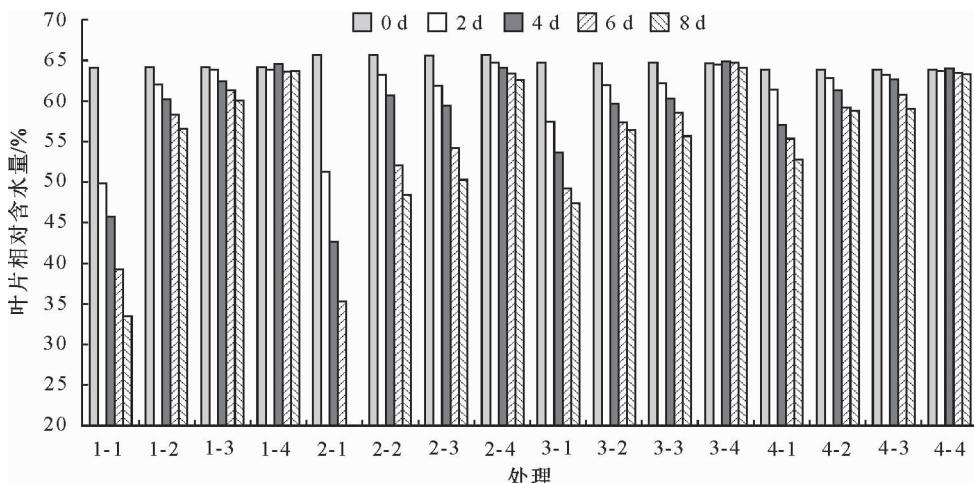


图1 4种观赏竹各试验组叶片含水量的变化

Fig. 1 Four kinds of ornamental bamboo leaf water content

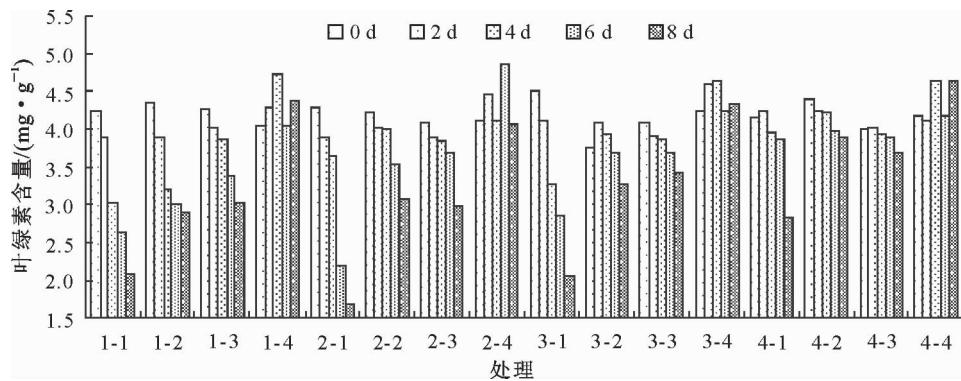


图2 4种观赏竹各试验组叶绿素含量变化

Fig. 2 Four kinds of ornamental bamboo leaf chlorophyll content of the test group

2.4 高温干旱胁迫下4种观赏竹MDA含量

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化产物,其含量多少可以反应植物受伤害程度^[11]。由图3可知,T₁、T₂和T₃组的MDA含量呈增加趋势,但不同组之间有显著差异。在T₁组中,在高温干旱胁迫下,4种观赏植物的MDA含量呈增加幅度大,在试验第0天,圣音竹、龟甲竹、黄秆乌哺鸡竹和黄秆京竹4种观赏竹的MDA含量分别为4.48、3.98、4.03 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 和4.37 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$,在试验第8天,其含量分别为29.27、30.33、28.43 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 和26.78 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$,与试验前相比增加了5.53、6.61、6.43倍和5.13倍,龟甲竹在试验期间增加的倍数最高,MDA含量最高,可见高温干旱胁迫对龟甲竹的伤害最大。在T₂组中,在试验第0天,4种观赏竹的MDA含量分别为5.35、4.03、3.99 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 和3.95 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$,在试验第8天,其含量分别为23.15、25.36、23.69 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 和16.96 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$,与试验前相比增加了3.33、5.29、4.94倍和3.29倍,在T₃组中,4种观赏竹的MDA含量分别为4.45、4.11、

4.13 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 和4.51 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$,在试验第8天,其含量分别为22.61、28.43、22.66 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 和15.56 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$,与试验前相比增加了4.08、5.91、4.49倍和2.45倍,T₂和T₃组的MDA增加幅度明显小于T₁组,说明遮荫或浇水处理可以减少高温干旱对植物的伤害。在T₄组中,4种观赏竹的MDA含量相对稳定,其平均值分别为4.88、3.77、4.98 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 和4.58 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$,说明在持续高温干旱胁迫下,遮荫浇水处理使植物正常生长,免受伤害。

2.5 高温干旱胁迫下4种观赏竹SOD活性变化

超氧化物酶SOD将超氧阴离子歧化成H₂O₂和水,过氧化物酶POD和过氧化氢酶CAT的进一步将H₂O₂分解成对植物无伤害的水,较高的抗氧化酶活性可以提高植物的抗逆性^[12-13]。图4为4种观赏竹在4中处理下的SOD活性变化趋势图。在图4中,在T₁、T₂、T₃组中4种观赏植物的SOD活性呈先增加后减少的变化趋势,不同处理之间差异极显著。在T₁组中,在试验第0天,圣音竹、龟甲

竹、黄秆乌哺鸡竹和黄秆京竹4种观赏竹的SOD活性分别为145.29、143.54、145.24 U·g⁻¹和155.64 U·g⁻¹，在试验第4天，其活性达到峰值分别为519.61、613.93、598.12 U·g⁻¹和730.93 U·g⁻¹，与试验前相比增加了2.58、3.28、3.12倍和3.70倍，黄秆京竹的活性明显高于其他，可提高其抗逆性。在T₂组中，在试验第0天，4种观赏竹的SOD活性分别为137.95、144.67、137.85 U·g⁻¹和139.43 U·g⁻¹，在试验第4天，其SOD活性分别为545.11、567.99、691.25 U·g⁻¹和531.16 U·g⁻¹，与试验前相比增加了2.95倍、2.93倍、4.01倍和

2.81倍，黄秆乌哺鸡竹的增加幅度大于其他。在T₃组中，4种观赏竹的SOD活性分别为109.56、196.88、122.96 U·g⁻¹和110.67 U·g⁻¹，与试验前相比增加了4.60、4.59、4.68倍和3.31倍，增加的幅度均较大，黄秆京竹的增加幅度较小。在T₄组中，圣音竹、龟甲竹、黄秆乌哺鸡竹和黄秆京竹4种观赏竹的SOD活性相对比较稳定，其平均值为155.82、167.03、132.75 U·g⁻¹和129.08 U·g⁻¹，说明在高温干旱胁迫下，进行遮荫浇水处理可维持植物的正常生长。

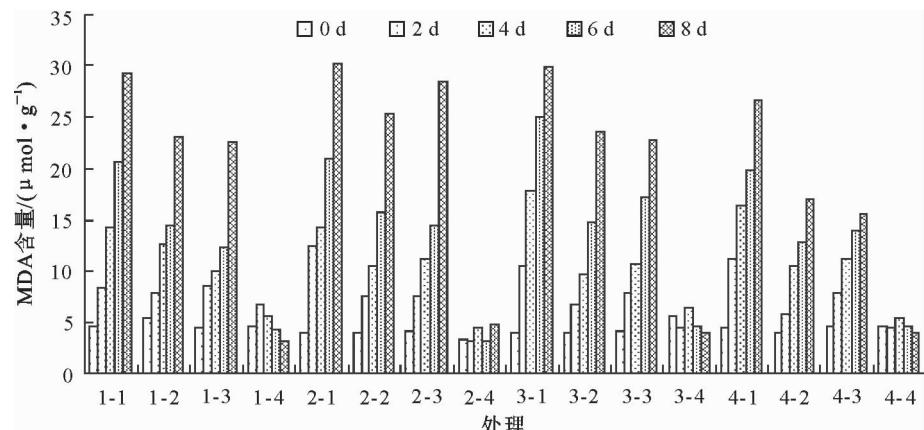


图3 4种观赏竹各试验组MDA含量变化

Fig. 3 Four kinds of ornamental bamboo leaf MDA content of the test group

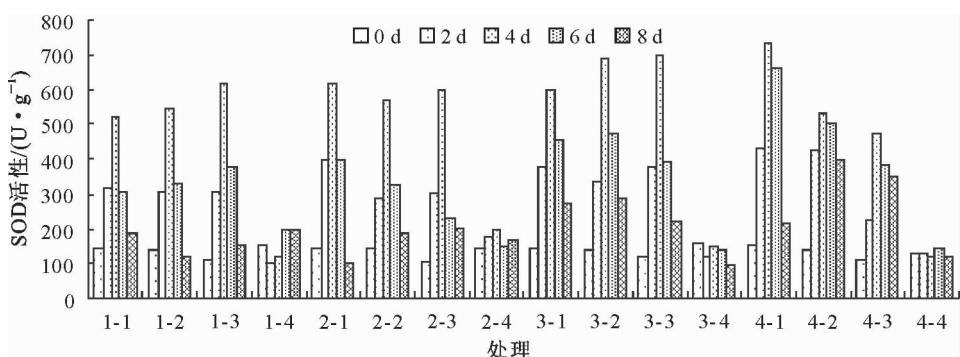


图4 4种观赏竹各试验组SOD活性变化

Fig. 4 Four kinds of ornamental bamboo leaf SOD activity of the test group

2.6 高温干旱胁迫下4种观赏竹脯氨酸含量变化

游离脯氨酸是植物体内的主要渗透调节物质之一，在逆境胁迫下，游离脯氨酸含量增加可降低细胞的渗透势，从外界吸收更多的水，维持细胞膨压，提高植物的抗逆性^[14-15]。由图5可知，T₁、T₂和T₃组中，圣音竹、龟甲竹、黄秆乌哺鸡竹和黄秆京竹4种观赏竹的游离脯氨酸含量呈增加趋势。在T₁组中，在试验第0天，4种观赏竹的游离脯氨酸含量分别为120.15、106.59、142.65 μg·g⁻¹和126.48 μg·g⁻¹，在试验第8天，其含量分别为336.79、

306.54、567.49 μg·g⁻¹和370.46 μg·g⁻¹，与试验前相比增加了1.80、1.88、1.58倍和1.93倍，黄秆京竹的游离脯氨酸含量高，增加幅度大，说明其抗旱性较好。在T₂组中，在试验第0天，4种观赏竹的游离脯氨酸含量分别为118.36、110.59、138.21 μg·g⁻¹和108.38 μg·g⁻¹，在试验第8天，其含量分别为299.45、288.35、275.55 μg·g⁻¹和345.09 μg·g⁻¹，与试验前相比增加了1.53、1.61、0.99倍和2.18倍，黄秆乌哺鸡竹增加的幅度最小。在T₃组，在试验第0天，4种观赏竹的游离脯氨酸含量分别

为 120.43 、 100.47 、 $124.68 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $121.50 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,在试验第8天,其含量分别为 289.08 、 299.50 、 $256.50 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $330.66 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,与试验前相比增加了 1.40 、 1.98 、 1.06 倍和 1.72 倍,黄秆乌哺鸡竹

增加的幅度最小。在T₄组中,4种观赏竹的游离脯氨酸含量相对稳定,其平均值为 123.24 、 130.67 、 $124.17 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $117.70 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,说明在持续高温干旱胁迫下,遮荫浇水处理可使植物免遭伤害。

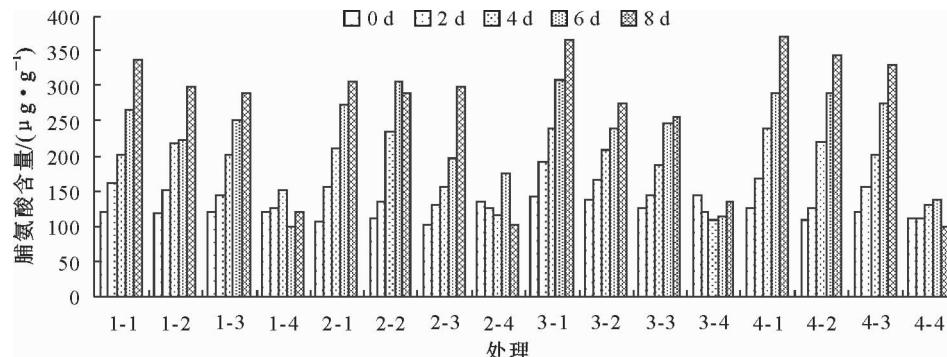


图5 4种观赏竹各试验组游离脯氨酸含量变化

Fig. 5 Four kinds of ornamental bamboo leaf proline accumulation of the test group

2.7 持续高温干旱胁迫下4种观赏竹生理生化指标因子分析

由4种观赏植物的各项生理指标的因子分析得,KMO的统计量为0.747,可以进行因子分析,Bartlet球形检验统计量的显著性 $p<0.05$,可知各指标之间存在显著差异性,根据因子得分系数矩阵得到最终因子分析式为:

$$\begin{aligned} F = & -0.257X_1 - 0.256X_2 + 0.278X_3 \\ & + 0.113X_4 + 0.263X_5 \end{aligned} \quad (1)$$

式中 X_1 叶片相对含水量; X_2 叶绿素含量; X_3 MDA含量; X_4 SOD活性; X_5 游离脯氨酸含量。综合得分分析式为:

$$zF = 68.677\%F \quad (2)$$

经过计算4种观赏竹的总分数,圣音竹为918、龟甲竹为903、黄秆乌哺鸡竹为1002,黄秆京竹为1016,因此,黄秆京竹的抗旱性较好。

3 结论与讨论

在T₁组中,即在试验初期,4种观赏竹的抗氧化链被激活,植物体内的超氧阴离子等积累相对缓慢,植物体内的膜脂过氧化产物MDA含量增加相对缓慢。相关性分析,4种观赏竹内的MDA含量变化与SOD活性变化有显著相关性,相关因子为0.291。随高温干旱胁迫时间延长和程度加剧,超过植物自身的抗氧化酶活性的阈值,4种观赏竹的SOD活性呈下降趋势,植物体内的活性氧等积累加快,MDA含量增加较快,使植物的细胞膜受到较严重伤害,4种观赏竹的叶片相对含水量和叶绿素含量下降明显,本研究显示,4种观赏竹的叶片相对含水量也和含量变叶绿素含量变化与MDA含量变化

有显著的相关性,相关因子为0.785和0.784。当4种观赏竹受到高温干旱胁迫时,体内的渗透调节物质游离脯氨酸含量增加,使细胞内的渗透势下降,从外界吸收更多水,维持细胞膨压,尽量保持植物正常的新陈代谢。研究显示4种观赏竹的游离脯氨酸变化与叶片相对含水量、叶绿素含量、MDA含量和SOD活性变化呈显著相关性,相关因子分别0.662、0.672、0.915和0.388。表明在持续高温干旱胁迫下,叶片相对含水量、叶绿素含量、MDA含量、SOD活性和游离脯氨酸含量之间有紧密联系,相互影响变化。

运用因子分析得4种观赏竹中黄秆京竹的得分最高,说明其抗旱性较好,与试验观察结果相符。说明在持续高温干旱胁迫下,对植物进行遮荫或浇水处理可明显减少植物伤害,进行遮荫浇水处理可维持植物的正常生长,合理的抚育可提高苗木的保存率。

参考文献:

- [1] 郑敏娜,李向林,万里强,等.水分胁迫对6种禾草叶绿体、线粒体超微结构及光合作用的影响[J].草地学报,2009,17(5):643-649.
- [2] ZHENG M N, LI X L, WAN L Q, et al. Effect of water stress on ultrastructures and photosynthesis in six gramineous grass species [J]. Acta Agrestia Sinica, 2009, 17(5): 643-649. (in Chinese)
- [3] 王贞红,张文辉,何景峰,等.瑞典能源柳无性系保护酶活性对水分胁迫的响应[J].西北林学院学报,2008,23(2):21-23.
- [4] WANG Z H, ZHANG W H, HE J F, et al. Water adaptation and responses of cell defense enzyme to young seedling of different clones of salix under the water stress [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(2): 21-23. (in Chinese)
- [5] 刘景辉,赵海超,任永峰,等.土壤水分胁迫对燕麦叶片渗透调

- 节物质含量的影响[J]. 西北植物学报, 2009, 29(7): 1432-1436.
- LIU J H, ZHAO H C, REN Y F, et al. Change of osmotica in oat leaf under soil moisture stress[J]. Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin., 2009, 29(7): 1432-1436. (in Chinese)
- [4] NEELAM M, AJAY K G. Effect of salt stress on praline metabolism in two high yielding genotypes of green gram[J]. Plant Science, 2005, 169: 331-339.
- [5] 刘忠霞, 刘建朝, 胡景江. 干旱胁迫对苹果树苗活性氧代谢及渗透调节的影响[J]. 西北林学院学报, 2013, 25(6): 15-19.
- LIU Z X, LIU J C, HU J J. Effects of drought stress on active oxygen metabolism and contents of osmotic adjustment substances in the leaves of apple seedling[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 25(6): 15-19. (in Chinese)
- [6] 唐磊, 陈建华. 圣音竹组织培养技术研究[J]. 湖南林业科技, 2009, 36(2): 22-24.
- TANG L, CHEN J H. Study on tissue culture technique of *Phyllostachys pubescens* cv. *tubaeformis*[J]. Hunan Forestry Science & Technology, 2009, 36(2): 22-24.
- [7] 肖志宏, 张新明. 黄秆乌哺鸡竹的特征特性及其栽培技术[J]. 绿色科技, 2012, 7(7): 66-67.
- [8] 徐川梅, 郑华威, 王懿, 等. 龟甲竹染色体 C-2 分带、荧光原位杂交及其核型分析[J]. 林业科学研究, 2009, 22(5): 691-695.
- XU C M, ZHENG H W, WANG C, et al. Giemsa C2 band, FISH and karyotype analysis of type analysis of *Phyllostachys pubescens* var. *heterocycla* chromosome[J]. Forest Research, 2009, 22(5): 691-695. (in Chinese)
- [9] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [10] FROMM P, MEL KOZERNOV A, JORDAN P, KRAUSS N. Structure and function of photosystem I: Interaction with its soluble electron carriers and external antenna systems [J]. FEBS Lett, 2003, 555: 40-44.
- [11] 霍学敏, 呼天明, 杨培志, 等. 干旱胁迫对苗期紫花苜蓿 3 种生理指标的影响[J]. 草业科学, 2010, 27(4): 89-92.
- HUO X M, HU T M, YANG P Z, et al. Effect of drought stress on three physiological indexes in alfalfa seedling[J]. Pratacultural Science, 2010, 27(4): 89-92. (in Chinese)
- [12] 张文辉, 段宝利, 周建云, 等. 不同种源栓皮栎幼苗叶片水分关系和保护酶活性对干旱胁迫的响应[J]. 植物生态学报, 2004, 28(4): 483-490.
- ZHANG W H, DUAN B L, ZHOU J Y, et al. Water relations and activity of cell defense enzymes to water stress in seedling leaves of different provenances of *quercus variabilis*[J]. Acta Phytogeologica Sinica, 2004, 28(4): 483-490. (in Chinese)
- [13] 王琰, 陈建文, 狄晓艳. 水分胁迫下不同油松种源 SOD、POD、MDA 及可溶性蛋白比较研究[J]. 生态环境学报, 2011, 20(10): 1449-1453.
- WANG Y, CHEN J W, DI X Y. A comparative study on the SOD, POD, MDA and dissoluble protein of six provenances of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis* Carr.) under water stress[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2011, 20(10): 1449-1453. (in Chinese)
- [14] 马惠芳, 王进鑫, 张青, 等. 干旱和铅双重胁迫对刺槐叶片有机渗透调节物质的影响[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(3): 1-6.
- MA H F, WANG J X, ZHANG Q, et al. Influences of drought and lead stresses on organic osmolytes in the leaves of *Robinia pseudoacacia*[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(3): 1-6. (in Chinese)
- [15] 陈少瑜, 郎南军, 李吉跃, 等. 干旱胁迫下 3 树种苗木叶片相对含水量、质膜相对透性和脯氨酸含量的变化[J]. 西部林业科学, 2004, 9, 33(3): 30-33.
- CHEN S Y, LANG N J, LI J Y, et al. Changes of leaf relative water content, relative plasma membrane permeability and proline content of seedling of three species under drought stress[J]. Journal of West China Forestry Science, 2004, 9, 33(3): 30-33. (in Chinese)