

# 土壤含水量对狗牙根叶片生理生态指标的影响

贾国梅, 张红燕, 韩京成, 黄应平

(三峡大学 生态环境科学研究中心, 湖北 宜昌 443002)

**摘 要:**采用盆栽控水试验,研究了不同土壤含水量(水淹,23%,18%,13%,8%)对我国雅砻江库区重要植物物种狗牙根叶片光合色素、SOD 活性、POD 活性、脯氨酸和 MDA 含量变化的影响。结果表明:与对照(23%)相比,狗牙根受到淹水胁迫时叶绿素 a、b 的含量和光合效率有所下降,丙二醛含量有所升高,但是抗氧化酶活性以及脯氨酸含量的增大提高了植物对淹水胁迫的抵抗力。随着土壤含水量的减少,叶绿素 a 和 b 的含量、光合速率、SOD、POD 活性和丙二醛含量先升高,随后逐渐降低。SOD 和 POD 活性在 8% 时存在最低值,分别为 33.10 U/gFW 和 3.87 U/gFW。Carotenoid/Chlorophyll(Car/Chl)比值在 18% 时达到最低值 0.22,然后增大。脯氨酸(Pro)含量随胁迫程度呈明显的增大趋势,并在 8% 达到最大值 0.31  $\mu\text{g/gFW}$ ,说明干旱条件时狗牙根通过提高类胡萝卜素和脯氨酸含量来改善渗透调节能力,增强对干旱胁迫的抵抗能力和适应力。但严重的干旱胁迫(8%)导致了植物叶片的损伤。

**关键词:**淹水;干旱胁迫;抗氧化酶;丙二醛;脯氨酸

中图分类号:S152.7;Q945

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)05-0199-04

## Effects of Soil Water Contents on the Ecophysiological Characteristics of Bermuda Grass Leaves

JIA Guo-mei, ZHANG Hong-yan, HAN Jing-cheng, HUANG Ying-ping

(Research Centre for Ecological Sciences of CTGU, Yichang, Hubei 443002, China)

**Abstract:** The activities of superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD), contents of photosynthetic pigment, proline (Pro) and malondialdehyde (MDA) in the leaves of Bermuda grass were studied at five soil water contents (flooding, 23%, 18%, 13%, 8%, respectively). The results showed that under flooding stress, the contents of chlorophyll a (Chla), chlorophyll b (Chlb) and the photosynthesis rate decreased, antioxidant enzyme activity and the proline content increased compared to control (23%). The contents of chlorophyll a (Chla), chlorophyll b (Chlb) and the photosynthesis rate increased firstly and then declined with the decreasing soil water contents, while Carotenoid/Chlorophyll (Car/Chl) declined to 0.22 at 18% and then increased under medium and serious drought. The minimum activities, 33.10 U/gFW for SOD and 3.87 U/gFW for POD, existed at soil water content of 8%. The MDA content also gradually increased and then declined, whereas the proline (Pro) content increased steadily. These results indicated that the increased antioxidant enzyme activities and proline (Pro) content enhanced the resistant potential of Bermuda grass for flooding and drought, and increased contents of carotenoid and proline (Pro) which resisted membrane-lipid peroxidation, improved the osmotic potential and enhanced the adaptability of Bermuda grass. However, injuries on the leaves were induced by the hard drought stress(8%).

**Key words:** flooding stress; drought stress; antioxidant enzyme; malondialdehyde; proline

雅砻江位于四川西部、青藏高原东南,干流已沿江规划有二十一级水电站<sup>[1]</sup>。梯级水电开发堤坝的建设以及水库的运行将会干扰河流水文的自然情势,对岸边生态系统将产生积累性的负面影响。

河流岸滨植被是水-陆之间的过渡和缓冲区,是河流生态系统的重要组成部分。岸边带对拦截径流中的固体颗粒、吸收营养盐、减少入河流污染负荷都有重要的作用<sup>[2]</sup>。明显的水文波动容易产生消落

\* 收稿日期:2009-04-17

基金项目:国家自然科学基金“雅砻江水电开发联合研究基金”(50639070-4)

作者简介:贾国梅(1965-),女,博士,副教授,主要从事土壤生态学、植物生态学的研究。E-mail:chem\_ctgu@126.com

通信作者:黄应平(1964-),男,博士,教授,主要从事环境生态学研究。E-mail:huangyp@ctgu.edu.cn

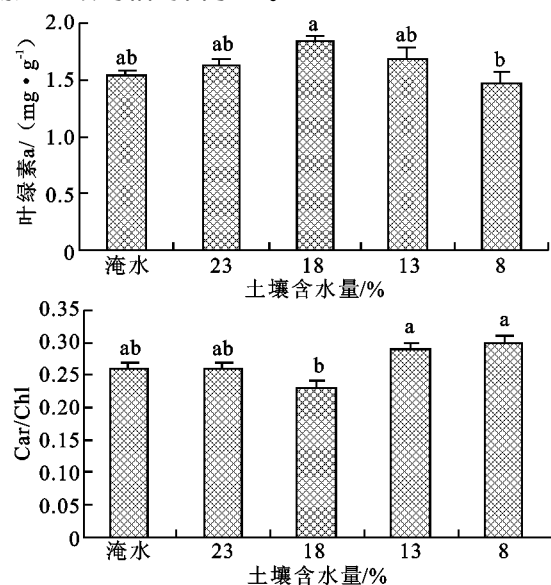
带,并间接地引起土壤水分含量的变化,而环境所提供的水分过多或不足,都直接影响岸滨植物的生长生存,甚至会导致死亡<sup>[3]</sup>。为此研究河流岸滨植被物种对不同土壤水分含量的生理响应机制,对探讨河流人为扰动后(如水电站的建设)植被演替和恢复具有理论研究意义和生态恢复指导价值。

狗牙根[*Cynodon dactylon* (L.) Pers.],又名拌根草、爬根草、百慕大草等,属禾本科画眉草亚科虎尾草族 C<sub>4</sub> 型多年生草本,具有较强的适应性,形成的草坪质地纤细,耐践踏恢复能力强,因而被国内外广泛应用于公共绿地、公路护坡、水土保持等<sup>[4-5]</sup>。已有研究报道狗牙根适应干旱的气候条件,并对干热河谷地区狗牙根对干旱胁迫的适应机制进行了探讨<sup>[6]</sup>,但是少有报道狗牙根对干旱和湿润条件下的生理响应。本文选取雅砻江主要岸滨植被物种狗牙根为研究对象,从狗牙根叶片的光合色素含量、光合速率、叶片酶活力等角度研究不同土壤含水量对狗牙根生理特性的影响,探讨狗牙根对水分胁迫的生理调节适应机制。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

于 2007 年 7 月把采集的狗牙根带砂土移植到实验室内用 18 cm × 14 cm × 15 cm 的塑料花盆栽培。每个花盆装 5 kg 土,每盆移栽 6 株狗牙根,并于 8 月份正式开始土壤水分含量水平的设置。土壤水分含量分别为:淹水(以淹没根部 1 cm 为准)、23%(对照)、18%(轻度干旱)、13%(中度干旱)、8%(重度干旱),每个处理设有 3 次重复。采用烘干法测定土壤的相对含水量。



### 1.2 实验方法

在 2007 年 10 月采集生长良好的叶片进行指标测定。光合速率采用美国 Li - 6400 便携式光合仪测定;叶绿素和脯氨酸含量采用分光光度计法测定;SOD 活性测定采用氮蓝四唑光还原的抑制法;POD 活性的测定采用愈创木酚法;丙二醛的含量采用硫代巴比妥酸法测定。具体操作参见文献<sup>[7]</sup>。

### 1.3 数据处理

数据通过 SPSS 11.5 for windows 的单因素方差分析对各个处理进行显著性检验,基中  $P < 0.05$  为差异显著, $P < 0.01$  为差异被显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤含水量对狗牙根叶片光合色素和光合速率的影响

叶绿素 a, b 是最重要的光合色素,在光能转变成化学能的过程中起着非常重要的作用,按照实验方法,测定不同土壤含水量对狗牙根生长过程叶片光合色素和光合速率的影响,结果见图 1。从图 1 可以看出,不同水分处理后狗牙根叶片的叶绿素 a 与叶绿素 b 含量都是在土壤含水量为 18% 时最大,土壤含水量为 8% 时达到最低。而 Car/Chl 相对值的变化趋势则相反,当土壤含水量为 18% 时,Car/Chl 存在最低值(0.22),但其他水平的 Car/Chl 比较并无显著差异。与对照相比,淹水、中度干旱和重度干旱时狗牙根叶片的叶绿素 a, b 含量都有不同程度的降低,但差异不显著,除当土壤含水量为 18% 外,其他水平的 Car/Chl 值比对照都有所升高。轻度干旱有利于叶绿素 a, b 含量的积累,并直接导致了 Car/Chl 相对值的降低。

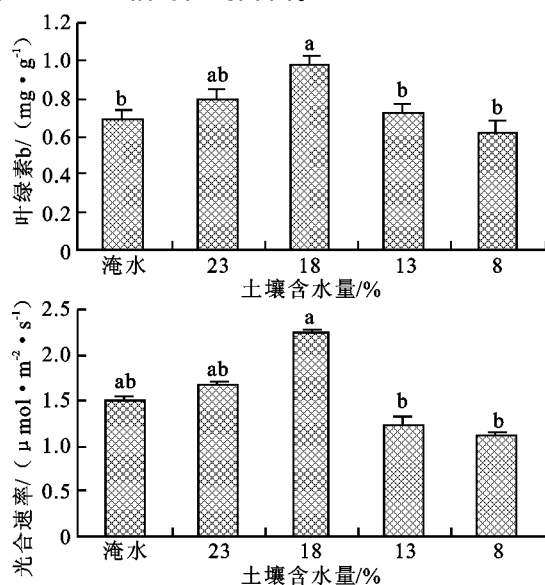


图 1 土壤含水量对狗牙根叶片的叶绿素和光合速率的影响

光合速率与叶绿素 a, b 含量的变化相似,土壤含水量达到 18 % 时,光合速率最大  $2.25 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,土壤含水量达到 8 % 时,光合速率最低  $1.11 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。方差分析表明,土壤含水量达到 18 % 时狗牙根叶片的光合速率与 13 % 和 8 % 之间具有显著差异,说明土壤含水量达到 18 % 以后,随着土壤含水量的降低,狗牙根叶片的光合速率逐渐下降(图 1)。由此可以看出,土壤水分影响下的光合速率变化和叶绿素的变化存在明显的相关性。

2.2 土壤含水量对狗牙根叶片超氧化物酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性的影响

SOD 是抗氧化酶系统中的一个关键的酶,是植物体内清除活性氧系统的第一道防线,所以在保护酶系中处于核心地位,它的主要功能是清除氧自由基,产生  $\text{H}_2\text{O}_2$  和  $\text{O}_2^{[8]}$ 。通过测定土壤含水量对狗牙根叶片的 SOD 及 POD 活性的影响,表明 SOD 活

性为淹水处理时最大( $103.54 \text{ U/gFW}$ ),土壤含水量达到 8 % 时最低( $33.10 \text{ U/gFW}$ )。方差分析表明,土壤含水量达到 8 % 时,土壤保护酶 SOD 的活性与其他处理之间具有显著的差异(图 2)。与对照相比,淹水、非重度干旱时狗牙根叶片 SOD 活性都有所提高,但它们之间不存在显著的差异。而重度干旱时 SOD 活性的变化说明植物体防御活性氧有关的酶促保护系统受到了严重的影响。而 POD 活性在土壤含水量为 18 % 时最大( $53.13 \text{ U/gFW}$ ),8 % 时最低( $3.87 \text{ U/gFW}$ ) (图 2)。并且在 13 %, 8 % 干旱胁迫处理时狗牙根叶片的 POD 活性显著地低于其他处理。其他处理与对照比较,虽然有所增加,但差异不显著。说明狗牙根受到淹水和轻度干旱影响时体内保护酶系统能够有效运行,避免活性氧的大量积累,中度干旱和干旱胁迫时体内清除自由基的防御能力已大大下降。

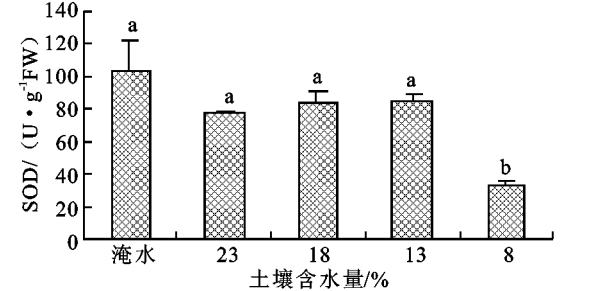
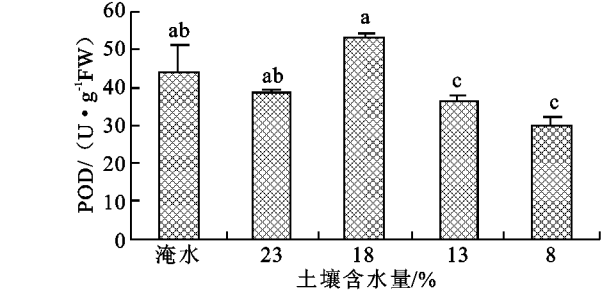


图 2 土壤含水量对狗牙根叶片的抗氧化酶活性的影响



2.3 土壤含水量对狗牙根叶片丙二醛和脯氨酸含量的影响

丙二醛(MDA)是膜脂氧化的最终产物,对细胞膜有毒害作用,是最常用的膜脂过氧化指标<sup>[9]</sup>。由图 3 看出,丙二醛含量变化比较复杂,但与对照

( $47.75 \text{ mmol/gFW}$ ) 比较,其他处理丙二醛含量都增大,并且除轻度干旱外,其他处理的变化都存在显著性。MDA 含量在 13 %, 8 % 分别为  $70.15, 65.90 \text{ mmol/gFW}$ 。说明狗牙根受到胁迫时发生了膜脂过氧化,导致丙二醛积累,并随胁迫程度而增加。

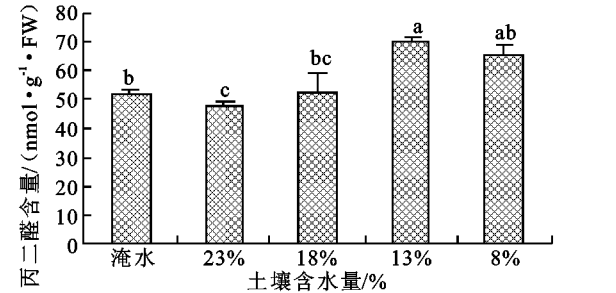
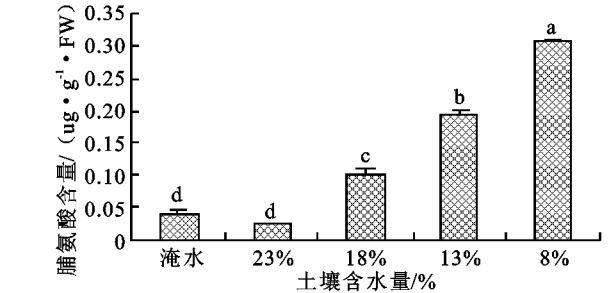


图 3 土壤含水量对狗牙根叶片的丙二醛和脯氨酸含量的影响



渗透调节对单个细胞来讲,主要生理作用是完全或部分地维持细胞膨压<sup>[10]</sup>,从而有利于其他生理生化过程的进行。植物主要通过脯氨酸(Pro)、甜菜碱等亲和性溶质的积累来实现其渗透调节。脯氨酸在保持膜结构的完整性方面具有重要作用,它与蛋白质相互作用,可增加蛋白质的可溶性和减少可溶性蛋白的沉淀,增强蛋白质和蛋白质间的水合作用,

它在植物体内积累,有利于提高抗逆性。Pro 含量在土壤含水量达到 8 % 时最大( $0.31 \mu\text{g/gFW}$ ),土壤含水量为 23 % 时最小( $0.03 \mu\text{g/gFW}$ ),而且干旱影响下 Pro 含量升高存在显著性(图 3)。这说明狗牙根受到水分胁迫时,体内通过提高脯氨酸的含量而提高狗牙根对胁迫的渗透调节和抗氧化能力。并且可以看出,狗牙根更易受到干旱胁迫的影响。

### 3 讨论

光合色素的含量直接与生理胁迫相关<sup>[11]</sup>,胁迫和衰老情况下,叶绿素含量会下降,并且类胡萝卜素还是植物内源抗氧化剂,可以防止膜脂过氧化。不同土壤含水量条件影响下,中度(13%)、重度干旱(8%)及淹水胁迫使狗牙根叶片叶绿素含量和光合速率发生不同程度的降低,而轻度干旱胁迫(18%)却有利于叶绿素 a、b 含量的积累。光合速率与叶绿素 a、b 一致性变化规律与水蓼叶片随胁迫程度变化的趋势一致<sup>[12]</sup>。但狗牙根叶片在中度(13%)、重度干旱(8%)及淹水胁迫时 Car/Chl 的升高说明,狗牙根受胁迫较重时通过提高类胡萝卜素含量来抵制膜脂过氧化,增强了植物的抗性。

细胞保护酶 SOD、POD 属于植物体内猝灭活性氧成分的关键酶,二者活性的变化趋势表明,淹水和轻微干旱影响下,植物通过酶活力的增大提高抗氧化能力,防止了膜脂化。这与西瓜幼苗<sup>[13]</sup>在含水量为 25%、75%、100%(体积比)时的 SOD、POD 活性升高的趋势一致。但重度干旱(8%)导致了酶活力的显著下降,使活性氧成分的产生超出植物的清除能力,使植物受到了伤害。

丙二醛是膜脂过氧化产物,其随胁迫程度的影响而发生了积累,这与张岩结论一致<sup>[14]</sup>。通过 MDA 含量变化同样可以看出,干旱较重时(8%、13%),MDA 显著升高,表明细胞膜发生了轻微损伤<sup>[15]</sup>。而游离脯氨酸含量对水分胁迫影响也发生了积累,并且狗牙根叶片更易受到干旱的胁迫影响。干旱影响下,植物细胞会主动形成渗透调节物质,提高溶质浓度,降低水势,以利于从外界获得水分,从而适应不良生境<sup>[16]</sup>,提高了抗逆性。

由此认为,狗牙根随着土壤含水量的影响存在自身的调节机制,通过提高 SOD、POD、Car 和脯氨酸含量增加抗逆性和适应性,但受到重度干旱胁迫后(土壤含水量达到 8%)抗氧化酶活性显著降低,产生了过多的膜脂过氧化的产物丙二醛,虽然狗牙根可以通过提高体内脯氨酸含量提高对干旱胁迫的抵抗力,但是也会发生细胞膜的损伤和植物伤害。总之,狗牙根适应性和抵抗力较强,可通过改善自身抗氧化防御机制或者提高渗透调节来增强对水分胁迫

的响应和抵抗力,对雅砻江流域库区植被的恢复和生态环境的改善具有重要的意义。

#### 参考文献:

- [1] 陈云华. 雅砻江流域近期水电项目开发输电规划研究[J]. 水力发电学报, 2007, 26(1): 16-19.
- [2] 叶飞, 陈求稳, 吴世勇, 等. 空间显式模型模拟河流岸边带植被在水库运行作用下的演替[J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2604-2613.
- [3] 张金盈, 徐云, 苏春江, 等. 金沙江干热河谷植被恢复研究进展[J]. 水土保持研究, 2005, 12(6): 101-104.
- [4] 王赞, 吴彦奇, 毛凯. 狗牙根研究进展[J]. 草业科学, 2001, 18(5): 37-40.
- [5] 刘云峰, 刘正学. 三峡水库消落区极限条件下狗牙根适生性试验[J]. 西南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 27(5): 61-63.
- [6] 王玉刚, 阿不来提·齐曼. 两狗牙根品种对干旱胁迫反应的差异[J]. 草业学报, 2006, 15(4): 58-64.
- [7] 刘旭. 三峡库区消落带植物材料的筛选研究[D]. 北京: 中国林业科学院, 2008.
- [8] Bowler C M, Montagu V, Inze D. Superoxide dismutase and stress tolerance[J]. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 1992, 43: 83-116.
- [9] Scandalios J G. Oxygen stress and superoxide dismutases[J]. Plant Physiol., 1993, 101: 7-12.
- [10] Cutler J M. Influence of water deficits and osmotic adjustment on leaf elongation in rice[J]. Crop Sci., 1980, 20: 314-318.
- [11] Peñuelas J, Filella I. Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status[J]. Trends in Plant Science, 1998, 3: 151-156.
- [12] 陈芳清, 李永, 鄯光武. 水蓼对模拟水淹的生理生态学响应[J]. 生态环境, 2008, 17(3): 1096-1099.
- [13] 陈传红, 吴斌华, 李荣同, 等. 淹水对西瓜幼苗 SOD、POD 活性和某些营养物质的影响[J]. 江苏农业科学, 2008(5): 146-149.
- [14] 张岩, 李会彬, 边秀举, 等. 水分胁迫条件下几种狗牙根草坪草抗旱性比较研究[J]. 华北农学报, 2008, 23(增刊): 150-152.
- [15] 卢雪琴, 夏汉平, 彭长连. 淹水对 5 种禾本科植物光合特性的影响[J]. 福建农林学报, 2004, 24(4): 374-378.
- [16] 吴艳华, 陈雅君, 夏忠强. 草坪草抗旱生理机制的研究进展[J]. 四川草原, 2005, 117(8): 37-39.