

DOI:10.11937/bfyy.201603018

# 镉胁迫下两个多年生黑麦草品种的生理响应

黄登峰<sup>1,2</sup>, 席嘉宾<sup>3</sup>, 赵运林<sup>1,4</sup>

(1. 湖南农业大学 生物科学与技术学院, 湖南 长沙 410128; 2. 湖南高尔夫旅游职业学院 工程系, 湖南 常德 415900;  
3. 中山大学 总务处, 广东 广州 510275; 4. 湖南城市学院 化学与环境工程系, 湖南 益阳 413000)

**摘 要:**以来自美国的多年生黑麦草品种‘OverseederII’和来自加拿大的多年生黑麦草品种‘Aubisque’为试材,在温室盆栽条件下,研究比较了不同浓度的二价镉( $\text{Cd}^{2+}$ )对2种黑麦草品种的脂质过氧化程度、保护酶活性和渗透调节物质等生理指标的影响。结果表明:在不同浓度的 $\text{Cd}^{2+}$ 胁迫下,与来自美国的多年生黑麦草品种‘OverseederII’相比,来自加拿大的多年生黑麦草品种‘Aubisque’表现出了更低的脂质过氧化水平、更强的抗氧化保护酶活性和更具适应性的渗透调节水平,这些结果说明了来自加拿大的黑麦草品种‘Aubisque’对 $\text{Cd}^{2+}$ 的胁迫具有更好的耐受性,从而为该品种在我国重金属污染土壤区的植被恢复提供了一定的理论依据。

**关键词:**镉胁迫;黑麦草;生理响应

**中图分类号:**S 543<sup>+</sup>.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)03-0066-03

伴随矿山开发与尾矿的不断堆积,隐藏其中的重金属逐渐释放出来,造成了严重的水土污染,重金属污染是当今污染面积较广、危害较大的环境问题之一<sup>[1]</sup>。重金属污染能导致植物体内产生大量活性氧自由基,引起蛋白质和核酸等生物活性物质变性、膜质过氧化,使植物受到伤害<sup>[2]</sup>。许多废弃的尾矿中残留着大量的镉(Cd),其中的二价镉( $\text{Cd}^{2+}$ )具有较大的生物毒性,与其它重金属相比,更易被植物吸收积累,因此 $\text{Cd}^{2+}$ 具有极大的环境危害性。目前,对于重金属污染的土壤,最好的治理办法就是利用植物进行修复。植物修复是一项新型绿色、环境友好的重金属污染土壤治理方法,其关键是要找到具有较高重金属耐性的植物材料。多年生黑麦草(*Lolium perenne*)是常见的一种冷季型草坪草,具有发芽迅速、建植速度快、分蘖多、产量高、绿期长、可多次刈割、生物量较大等特点<sup>[3-4]</sup>,如果能用其作为修复土壤重金属污染的材料,那么将具有独特的实用性。

现以来自美国和加拿大的黑麦草为试验材料,在温室盆栽的条件下,研究比较了不同浓度的二价镉( $\text{Cd}^{2+}$ )对2种黑麦草的脂质过氧化程度、保护酶活性和渗透调节物质的影响,以期明确美国的黑麦草和加拿大的黑麦草对不同浓度 $\text{Cd}^{2+}$ 的耐受能力差异,探讨它们在环境净化 and 废弃矿山和尾矿库草地建植领域的应用潜力,为植物修复土壤重金属污染提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试2个多年生黑麦草品种的种子购自湖南长沙市的斐林园林经营部,其中美国品种为美国 Jacklin 公司出产的‘OverseederII’,加拿大品种为加拿大 Pickseed 公司出产的‘Aubisque’。

### 1.2 试验方法

试验开始于2012年3月26日,首先将供试的黑麦草种子用0.1%的 $\text{HgCl}_2$ 溶液进行消毒,再用去离子水洗净并浸种24h,然后将黑麦草种子均置于垫有2层滤纸的培养皿中,每个培养皿中放置约50粒种子,于25℃/18℃(昼/夜)恒温箱中育苗,保持滤纸的湿润。25d基本成苗后移栽至盛有Hoagland液的塑料盆中室外进行胁迫培养,Hoagland液中添加不同的 $\text{CdCl}_2$ ,胁迫浓度分别为0.5、1.0、2.0 mmol/L,以不添加 $\text{CdCl}_2$ 的处理为对照,每处理重复3次。从第1天开始,每天定时取样进行各项指标的测定,连续测定5d。

**第一作者简介:**黄登峰(1980-),男,博士研究生,讲师,研究方向为草业科学及高尔夫教育。E-mail:hdffn1980@sina.com

**责任作者:**赵运林(1959-),男,湖南衡山人,博士,教授,博士生导师,享受国务院特殊津贴专家,研究方向为植物生态学和环生生态学。E-mail:zyl8291290@163.com

**基金项目:**国家科技创新基金资助项目(12C26214405388);广东省科技攻关资助项目(2010B020412003)。

**收稿日期:**2015-09-24

### 1.3 项目测定

脂质过氧化产物丙二醛(MDA)含量和抗氧化保护酶过氧化物酶(POD)活性的测定参照张志良等<sup>[5]</sup>方法;过氧化氢酶(CAT)活性的测定参照张远兵等<sup>[4]</sup>方法,利用CAT促进 $H_2O_2$ 分解,利用反应体系在240 nm处吸光光度值减小的原理测定该酶的活性。渗透调节物质游离脯氨酸含量的测定采用磺基水杨酸法<sup>[6]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度的 $Cd^{2+}$ 胁迫对2个黑麦草品种丙二醛(MDA)含量的影响

从图1可以看出,在1.0 mmol/L和2.0 mmol/L 2个浓度的 $Cd^{2+}$ 连续处理5 d中,来自美国的黑麦草品种‘OverseederII’中的MDA含量变化呈先升后降的趋势,而加拿大所产的‘Aubisque’品种中的含量变化则呈“降→升→降”的趋势;在0.5 mmol/L浓度的 $Cd^{2+}$ 连续处理的5 d中,2个品种的MDA含量变化均呈现“降→升→降”的趋势。不过2个黑麦草品种中的MDA含量的最高值均出现在各个浓度的 $Cd^{2+}$ 胁迫后第3天。此外,在相同浓度的 $Cd^{2+}$ 胁迫下,‘OverseederII’品种中MDA含量在各个阶段均高于‘Aubisque’品种,但在无 $Cd^{2+}$ 胁迫的对照处理中‘Aubisque’品种MDA含量要稍高。

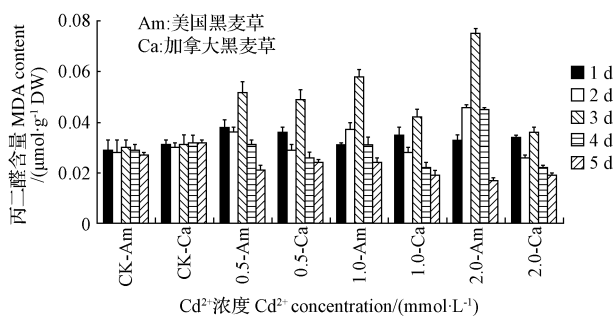


图1 不同浓度 $Cd^{2+}$ 胁迫下供试黑麦草品种中丙二醛含量的变化趋势

Fig. 1 The MDA content of tested *Lolium perenne* under different  $Cd^{2+}$  stress treatments

### 2.2 不同浓度的 $Cd^{2+}$ 胁迫对供试黑麦草品种中抗氧化保护酶活性的影响

图2表明,在过氧化物酶(POD)活性方面,随着 $Cd^{2+}$ 胁迫时间的延长,来自美国的黑麦草品种‘OverseederII’中的POD活性变化呈“降→升→降”的趋势,而加拿大所产的‘Aubisque’品种中则呈“降→升”的变化趋势。在相同时长,相同 $Cd^{2+}$ 浓度胁迫下,‘OverseederII’中的POD活性均低于‘Aubisque’品种。此外,随着 $Cd^{2+}$ 胁迫浓度的升高,2个供试品种中,‘OverseederII’的5 d内POD活性最高值无明显差异;‘Aubisque’品种的5 d内POD活性最高值出现下降趋势。

由图3可知,在不同浓度的 $Cd^{2+}$ 连续处理的5 d

中,2个供试品种中CAT活性的变化均呈“降-升-降”的趋势,且在处理后第3天均达到最高值。相同 $Cd^{2+}$ 浓度胁迫下,将来自美国的黑麦草品种‘OverseederII’中的每天的CAT活性测定值与加拿大所产的‘Aubisque’品种进行比较发现,0.5 mmol/L浓度下为“低于-高于-低于-低于-高于”;1.0 mmol/L浓度下为“低于-高于-低于-低于-高于”;2.0 mmol/L浓度下为“低于-高于-低于-低于-高于”。而加拿大所产的‘Aubisque’品种中CAT活性的上升趋势非常明显,最高点的测定值达到对照处理值的近2倍左右。

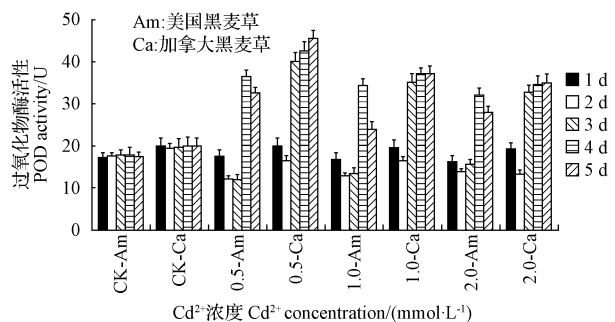


图2 不同浓度 $Cd^{2+}$ 胁迫下供试黑麦草品种中POD活性的变化趋势

Fig. 2 The POD activity of tested *Lolium perenne* under different  $Cd^{2+}$  stress treatments

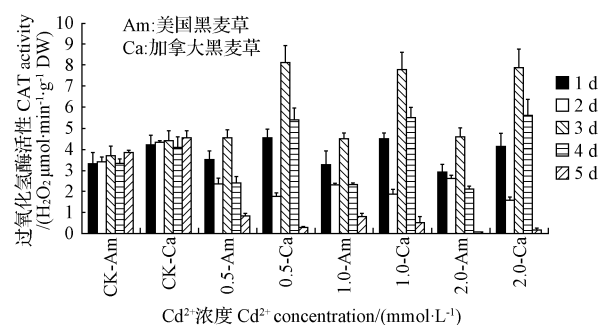


图3 不同浓度 $Cd^{2+}$ 胁迫下供试黑麦草品种中CAT活性的变化趋势

Fig. 3 The CAT activity of tested *Lolium perenne* under different  $Cd^{2+}$  stress treatments

### 2.3 不同浓度的 $Cd^{2+}$ 胁迫对供试黑麦草品种中脯氨酸含量的影响

从图4可以看出,随着不同浓度的 $Cd^{2+}$ 胁迫时间的延长,2个供试品种中脯氨酸含量的变化均呈先升后降的趋势,且均在胁迫后第3天出现最高点。相同 $Cd^{2+}$ 浓度胁迫下,美国的黑麦草品种‘OverseederII’中的脯氨酸含量均高于加拿大的品种。且随着 $Cd^{2+}$ 浓度的升高,品种‘OverseederII’中的脯氨酸含量呈总体上升的趋势,其达到的最高含量为对照的200%;而‘Aubisque’品种中的脯氨酸含量基本保持在与对照相似的水平,无明显变化。

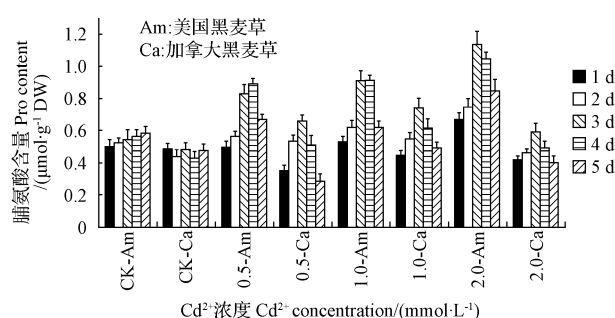


图4 不同浓度 Cd²⁺ 胁迫下供试黑麦草品种中脯氨酸含量的变化趋势

Fig. 4 The proline content of tested *Lolium perenne* under different Cd²⁺ stress treatments

### 3 讨论

由于重金属镉的环境稳定性和毒性,因此其污染已普遍引起世人的重视。镉同时也被认为是危害植物生长发育的有害元素,其对植物的伤害多表现为抑制光合作用,它能使植物体内的叶绿素含量降低,引起氧化胁迫和膜的损伤,高浓度 Cd²⁺ 会明显抑制抗氧化酶活性,加剧活性氧的释放,导致植物生长受到严重抑制<sup>[7-9]</sup>。同时,人们发现也有不少植物能通过富集作用避免或减弱镉的伤害,在镉含量较高的基质(如土壤)上生长,黑麦草就是其中之一<sup>[10]</sup>。这为矿山和尾矿区的生态环境修复提供了绝好的植物材料。但不同品种和不同产地的黑麦草对镉胁迫的反应并非一致,甚至相差很大,故选取什么品种和产地的黑麦草就成为一个非常重要的现实问题。

该试验结果表明,在不同程度的 Cd²⁺ 胁迫下,来自2个不同产地的黑麦草品种的脂质过氧化水平、抗氧化保护酶活性和渗透调节物质均有较大差异。其中,在体现脂质过氧化程度上, Cd²⁺ 胁迫过程中发现,产自加拿大的黑麦草品种‘Aubisque’的 MDA 含量水平仅略有升

高,相较美国所产的‘OverseederII’品种,体现出了较强的活性氧耐受能力。结合 POD 与 CAT 2 种抗氧化保护酶的活性变化来看,虽然对 Cd²⁺ 胁迫的反应时间基本相同,但来自加拿大产的黑麦草品种‘Aubisque’的反应程度更大,具有更强的抗氧化保护能力,耐受 Cd²⁺ 胁迫的能力比较突出。渗透调节物质脯氨酸的积累从另外一个角度说明在 Cd²⁺ 胁迫所造成氧化代谢紊乱的情况下,抗氧化能力弱的美国产黑麦草品种‘OverseederII’用高水平的胞内浓度来避免对 Cd²⁺ 的吸收,以减轻其氧化代谢失衡带来的功能丧失和生长减弱。

综合以上分析,可以认为在利用黑麦草对受镉污染的矿山和尾矿区进行的植物恢复的品种选择中应挑选来自加拿大的黑麦草品种‘Aubisque’。

### 参考文献

- [1] 毛学文,张海林. 重金属镉对南瓜种子发芽和出苗的影响[J]. 种子, 2003(1):70-71.
- [2] 江行玉,赵可夫. 植物重金属伤害及其抗性机理[J]. 应用与环境生物学报,2001,7(1):92-99.
- [3] 刘爱荣,张远兵,张雪梅,等. 空心莲子草水浸液对黑麦草和高羊茅种子发芽和幼苗生长的影响[J]. 草业学报,2007,16(5):96-101.
- [4] 张远兵,刘爱荣,方蓉. 外源一氧化氮对镉胁迫下黑麦草生长和抗氧化酶活性的影响[J]. 草业学报,2006,17(4):57-64.
- [5] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 3版. 北京:高等教育出版社,2003:123-124,258-260.
- [6] 华东师范大学生物系植物生理教研组. 植物生理学实验指导[M]. 北京:人民教育出版社,1980.
- [7] DI TOPPI L S, GABBRIELLI R. Response to cadmium in higher plants[J]. Environmental and Experimental Botany,1999,41:105-130.
- [8] SANDALIO L M, DALURZO H C, GOMEZ M, et al. Cadmium induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants[J]. Journal of Experimental Botany,2001,52(364):2115-2126.
- [9] 何翠屏,王慧忠. 镉对草坪植物生长特性及生物量的影响[J]. 草业科学,2003,20(5):32-34.
- [10] 徐卫红,王宏信,王正银,等. 重金属富集植物黑麦草对镉、铜复合污染的响应[J]. 中国农学通报,2005,22(6):365-368.

## The Physiological Response of Two Varieties of *Lolium perenne* Under Cadmium Stress

HUANG Dengfeng<sup>1,2</sup>, XI Jiabin<sup>3</sup>, ZHAO Yunlin<sup>1,4</sup>

(1. School of Biology and Biotechnology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128; 2. Engineering Department, Hunan Golf and Tourism Training College, Changde, Hunan 415900; 3. University Logistics Office, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, Guangdong 510275; 4. School of Chemistry and Environmental Engineer, Hunan City University, Yiyang, Hunan 413000)

**Abstract:** In order to compare the resistance of varieties of *Lolium perenne* ‘OverseederII’ from American and ‘Aubisque’ from Canada to cadmium stress, several physiological indexes including the degree of lipid peroxidation, activities of antioxidant enzymes and osmotic substance were determined under different cadmium stress with potted plants in the greenhouse condition. The results showed that the variety of *Lolium perenne* from Canada possessed lower lipid peroxidation, much stronger activities of antioxidant enzymes and much more adaptive state. It was indicated that the variety of *Lolium perenne* from Canada had better resistance to cadmium stress than that from American, which could provide a theoretical basis for the vegetation regeneration of cadmium-polluted soil.

**Keywords:** cadmium stress; *Lolium perenne*; physiological response