

干旱胁迫下油菜素内酯对文冠果苗木抗氧化酶活性和抗氧化剂含量的影响

冯朝红¹, 李凯荣², 张鹏文³, 刘建利¹

(1. 西北农林科技大学资环学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院水利部西北农林科技大学 水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

3. 内蒙古水利水电勘测设计院规划处, 内蒙古 呼和浩特 010020)

摘要: 用蘸根和叶面喷施不同浓度油菜素内酯(BRs)的方法,在人工控制土壤水分条件下,对黄土高原重要造林树种文冠果苗木重要的抗氧化酶活性和抗氧化剂含量变化进行研究。结果表明,用 0.05~0.4 mg/L BRs 处理文冠果苗木,超氧化物歧化酶(SOD)活性在中度干旱胁迫下较清水对照增加,但差异不显著,重度胁迫下增加显著;在中度和重度胁迫下,各处理文冠果苗木过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性均较清水对照升高,且差异显著;在中度和重度胁迫下,5 个浓度 BRs 处理对抗坏血酸(ASA)和还原型谷胱甘肽(GSH)含量均具显著的增加效应。轻度和重度胁迫下,0.2 mg/L BRs 处理对文冠果苗木抗氧化酶活性和抗氧化剂含量的增加效应均最为显著。

关键词: 干旱胁迫;抗氧化酶活性;抗氧化剂含量;油菜素内酯;文冠果

中图分类号: S792.99 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)04-0152-04

黄土高原属典型的干旱、半干旱气候区,干旱是该区植被重建与恢复的重要限制因素,由于降水量少,土壤水分亏缺,多年来造林成活率、保存率较低^[1~3]。油菜素内酯类(BRs)是一种新型植物激素^[4~7],大量研究表明,BRs 能有效提高植物对逆境的抵抗能力,提高植物的抗旱、抗盐、抗寒和抗热等能力^[8~14]。文冠果(*Xanthoceras sorbifolia Bunde*)又名文官果、文冠花、文登阁,属无患子科,落叶乔木或灌木,是黄土高原干旱半干旱区重要的造林树种,有较高的生态价值和经济价值,因此被称为“生态经济型树种”、“木本油料树种”^[15~17]。本试验用不同浓度的 BRs 对文冠果 1 年生苗进行蘸根和叶面喷施后,人工控制土壤水分在适宜水分、中度胁迫和重度胁迫 3 个梯度中,测定其主要抗氧化酶活性和抗氧化剂含量,旨在研究干旱胁迫下 BRs 对文冠果苗木抗氧化能力的影响,对提高黄土高原干旱半干旱区造林成活率具有重要现实意义,并为 BRs 在植被建设中的应用和推广提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

本试验选用黄土高原退耕还林重点树种文冠果 1 年生苗,由陕西杨凌金山农业科技有限公司提供。

油菜素内酯 0.1% 可溶性粉剂由成都市朝阳生物激素研究所生产,配制时先用少量温水(50~60℃)稀释,再用清水配成所需浓度。

1.2 试验方法

本试验于 2007 年 3~9 月在西北农林科技大学资环学院干旱试验站塑料棚内进行。选用大小基本一致文冠果苗木进行盆栽,栽植前用 5 种浓度(0.05、0.1、0.2、0.3、0.4 mg/L)的油菜素内酯溶液蘸根,清水蘸根作为对照,栽植后正常供水。展叶期对应根系蘸根处理,分别进行叶面喷施油菜素内酯溶液及清水处理,每个处理 15 盆,各处理再分设适宜土壤水分(土壤含水量为 17%~18%)、中度干旱(土壤含水量为 12%~13%)和重度干旱(土壤含水量为 7%~8%)3 种水分梯度管理,随机区组布设试验。

1.3 指标测定

超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)活性分别用氮蓝四唑(NBT)光还原法、紫外吸收法和愈创木酚法测定^[18];抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性,参考龚吉蕊方法^[19]测定;还原型谷胱甘肽(GSH)含量和抗坏血酸(ASA)含量按何文亮方法^[20]测定;可溶性蛋白含量用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[18]测定。每个指标重复测定 3

收稿日期:2007-11-05

基金项目:国家重点实验室基金(10501-163)

作者简介:冯朝红(1981-),河南郑州人,硕士研究生,主要从事水土保持和林业生态工程研究。

通讯作者:李凯荣,教授,E-mail:zxphg@nwsuaf.edu.cn.

次,数据处理用 SPSS V13.0 统计分析软件。

2 结果与分析

2.1 BRs 对文冠果苗木抗氧化保护酶系统的影响

2.1.1 超氧化物歧化酶(SOD)活性 超氧化物歧化酶(SOD)主要功能是清除 $O_2^{\cdot -}$,是防护氧自由基对细胞膜系统伤害的一种很重要的保护酶^[19],因此其活性高低是植物抗旱性的重要指标。

干旱胁迫下不同浓度 BRs 对文冠果苗木 SOD 活性的影响见图 1。适宜水分和轻度胁迫下,各处理 SOD 活性与对照之间无显著性差异,但重度胁迫下各浓度 BRs 处理均提高了文冠果苗木的 SOD 活性,且方差分析表明差异显著。这可能是干旱胁迫初期 SOD 酶蛋白合成受阻,使其启动较慢,但重度干旱胁迫下,SOD 在对 $O_2^{\cdot -}$ 的清除过程中发挥重要作用。

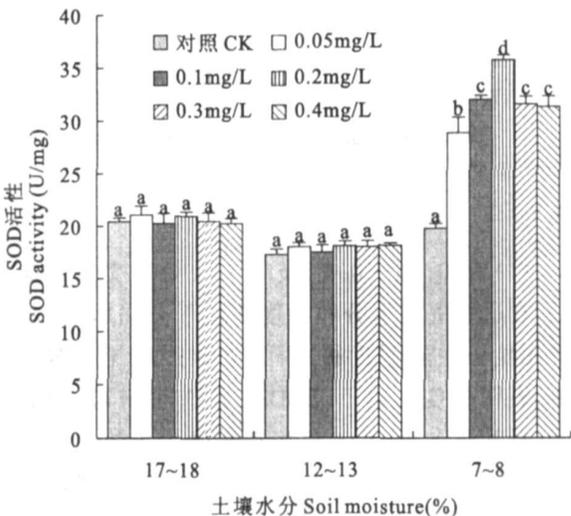


图 1 BRs 对文冠果苗木在不同水分条件下 SOD 活性的影响

Fig. 1 Effect of BRs on SOD activity of *Xanthoceras sorbifolia* Bunde seedlings under different soil moisture

2.1.2 过氧化氢酶(CAT)活性 过氧化氢酶(CAT)能消除植物体内由光呼吸形成的过多的 H_2O_2 ,以维持植物体内的 H_2O_2 在一个低浓度水平。它与 SOD 协同作用可以清除有害的 $O_2^{\cdot -}$ 和 H_2O_2 ,以防御对细胞膜系统的伤害,有一定的保护作用^[19,21]。不同浓度 BRs 处理对文冠果苗木在不同土壤水分条件下 CAT 活性的影响见图 2。

从图 2 可以看出,在 3 个不同土壤水分条件下,文冠果苗木经 BRs 处理的 CAT 活性均高于对照,且方差分析表明,3 个土壤水分条件下,各 BRs 处理文冠果苗木的 CAT 活性与对照之间差异均较为显著。这表明干旱胁迫下,BRs 显著提高了文冠果苗木的 CAT 活性。

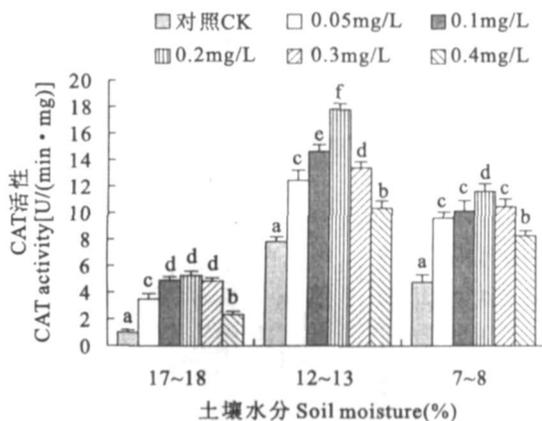


图 2 BRs 对文冠果苗木在不同水分条件下 CAT 活性的影响

Fig. 2 Effect of BRs on CAT activity of *Xanthoceras sorbifolia* Bunde seedlings under different soil moisture

2.1.3 过氧化物酶(POD) 在植物体内作用广泛,是直接催化 H_2O_2 分解的一种重要的保护酶。

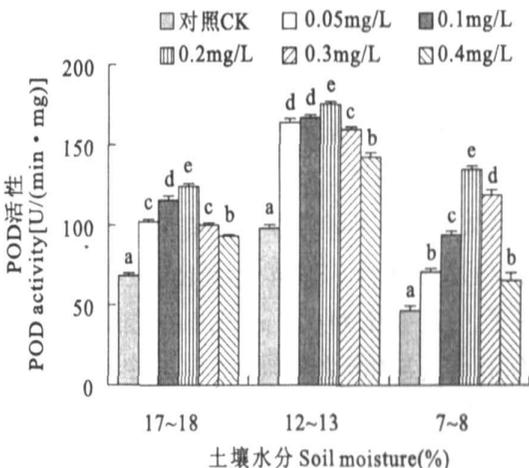


图 3 BRs 对文冠果苗木在不同水分条件下 POD 活性的影响

Fig. 3 Effect of BRs on POD activity of *Xanthoceras sorbifolia* Bunde seedlings under different soil moisture

从图 3 可以看出,各浓度 BRs 处理在 3 个土壤水分条件下均显著提高了文冠果苗木的 POD 活性。且三个土壤水分条件下,均为 0.2 mg/L BRs 提高 POD 活性的效果最为显著,分别较对照提高了 82.9%、79.0%和 190.1%。

2.1.4 抗坏血酸-过氧化物酶(APX)活性 抗坏血酸-谷胱甘肽(ASA-GSH)循环是植物叶绿体和胞质中一个主要的 H_2O_2 清除系统,抗坏血酸-过氧化物酶(APX)是循环中的关键酶,主要清除叶绿体中的 H_2O_2 ^[22]。

文冠果苗木在不同土壤水分条件下 BRs 处理对 APX 活性的影响见图 4。适宜水分条件下,0.05~0.3 mg/L BRs 处理 APX 活性与对照之间差异显著。中度和重度干旱胁迫下,各浓度 BRs 处理均对

文冠果苗木 APX 活性具极显著的增强效应,分别较对照提高了 10.3%~41.1%和 23.4%~53.3%。

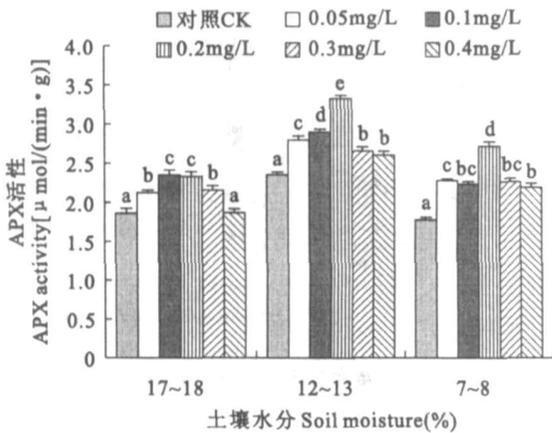


图 4 BRs 对文冠果苗木在不同水分条件下 APX 活性的影响

Fig. 4 Effect of BRs on APX activity of *Xanthoceras sorbifolia* Bunde seedlings under different soil moisture

2.2 BRs 对文冠果苗木非酶促保护系统的影响

2.2.1 还原型谷胱甘肽(GSH)含量 GSH 可直接清除 H_2O_2 , 也可间接地和 GR、APX 酶协同作用清除 H_2O_2 , 修复自由基造成的伤害, 防止逆境造成的膜脂过氧化伤害^[19]。

各浓度 BRs 处理在 3 个土壤水分条件下均提高了文冠果苗木的 GSH 含量(见图 5), 但适宜水分条件下, 0.2 mg/L 和 0.4 mg/L BRs 处理文冠果苗木的 GSH 含量与对照之间有显著差异; 中度和重度干旱胁迫下, 5 个浓度 BRs 处理提高文冠果苗木 GSH 含量的效应均较为显著。

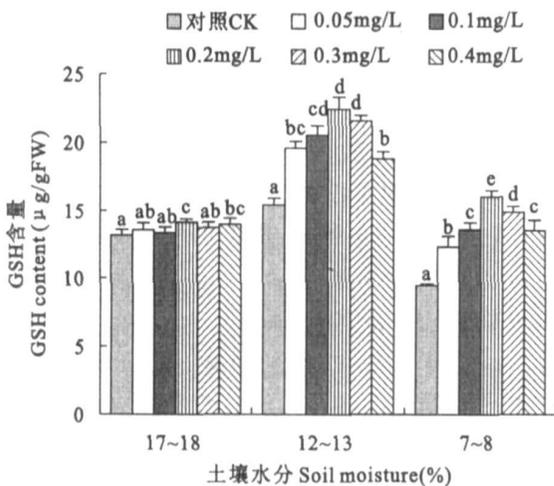


图 5 BRs 对文冠果苗木在不同水分条件下 GSH 的影响

Fig. 5 Effect of BRs on GSH content of *Xanthoceras sorbifolia* Bunde seedlings under different soil moisture

2.2.2 抗坏血酸(ASA)含量 ASA 可有效防止膜脂过氧化对细胞造成的损伤。干旱胁迫下, BRs 对

文冠果苗木 ASA 含量的影响见图 6。适宜水分条件下, 0.1 mg/L BRs 处理文冠果苗木的 ASA 含量与对照无显著差异; 中度和重度胁迫时, 各浓度 BRs 处理对 ASA 含量均具显著的增加效应, 分别较对照提高了 6.5%~20.0%和 24.0%~64.2%。表明干旱环境下, ASA 防御能力被激活。

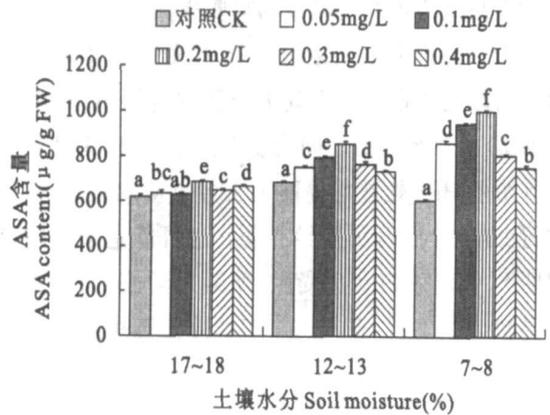


图 6 BRs 对文冠果苗木在不同水分条件下 ASA 含量的影响

Fig. 6 Effect of BRs on ASA content of *Xanthoceras sorbifolia* Bunde seedlings under different soil moisture

3 结 论

1) 用 0.05~0.4 mg/L BRs 处理文冠果苗木后, 在适宜土壤水分和中度胁迫下, SOD 活性与对照无显著差异, 重度胁迫下较对照升高, 且差异极显著, 表明中度胁迫下, SOD 不是清除 H_2O_2 的关键酶, 但其清除 H_2O_2 的效应在重度干旱胁迫时明显增加; CAT 活性在 3 个土壤水分条件下均较对照升高, 与对照之间差异均极显著; 在 3 个土壤水分条件下, 各浓度处理的 POD 活性均较对照有极显著增加; 文冠果苗木的 APX 活性在适宜水分下, 0.05~0.3 mg/L BRs 处理与对照差异极显著, 中度和重度胁迫下各处理对 APX 活性均具显著的增加效应。0.2 mg/L BRs 处理对 SOD、CAT、POD 和 APX 酶活性的增加效应均较其它处理显著。

2) 文冠果苗木经 0.05~0.4 mg/L BRs 处理后, GSH 含量在 3 个土壤水分下均较对照增高, 适宜水分条件下, 0.2 mg/L 和 0.4 mg/L BRs 处理文冠果苗木的 GSH 含量与对照差异显著, 中度和重度干旱胁迫下, 各浓度 BRs 处理提高文冠果苗木 GSH 含量的效应均较为显著; 适宜水分条件下, 0.2~0.4 mg/L BRs 处理文冠果苗木的 ASA 含量较对照有极显著升高, 中度和重度胁迫时, 5 个浓度 BRs 处理对 ASA 含量均具显著的增加效应, 分别较对照提高了 6.5%~20.0%和 24.0%~64.2%。

参考文献:

- [1] 山 仑. 怎样实现退耕还林还草[J]. 林业科学, 2000, 36(5): 2-4.
- [2] 吴饮孝, 杨文治. 黄土高原植被建设与持续发展[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [3] 王正秋. 黄土高原造林中几个问题的思考[J]. 中国水土保持, 2000, 4(3): 37-39.
- [4] Manadava. NB. Plant growth-promoting brassinosteroids [J]. Ann Rew Plant Physiol Plant Mol Biol. 1988, 39.
- [5] 潘兆梅. 新型植物生长物质—BRs 研究的进展[J]. 植物学通报, 1991, 8(8): 38-40.
- [6] 骆炳山, 屈映兰, 刘道宏. 油菜素内酯在作物上的应用及生理效应与评价[J]. 华中农业大学学报, 1992, 11(1): 41-47.
- [7] 李凯荣, 樊金栓. 新型植物激素—油菜素内酯类在农林上的应用研究进展[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(4): 104-109.
- [8] 王红红, 李凯荣, 侯华伟. 油菜素内酯提高植物抗逆性的研究进展[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(3): 213-218.
- [9] 吴少华. BR 和 KT 对草莓抗旱性的影响[J]. 福建农业学报, 2001, 16(2): 56-58.
- [10] 邹华文. 表油菜素内酯浸种对提高玉米幼苗抗旱性的影响[J]. 湖南农学院学报, 2002, 22(1): 40-43.
- [11] 宋士清, 刘 微, 郭世荣, 等. 化学诱抗剂诱导黄瓜抗盐性及其机理[J]. 应用生态学报, 2006, 17(10): 1871-1876.
- [12] 王炳奎, 曾广文. 表油菜素内酯对水稻幼苗抗冷性的影响[J]. 植物生理学报, 1993, 19(1): 38-42.
- [13] 张 燕, 方 力. 表油菜素内酯对几种与烟草幼苗抗热性有关的生理指标的影响[J]. 西北植物学报, 1998, 20(2): 96-98.
- [14] Anuradna S, Ram Rao SSS. Application of brassinosteroids to rice seed reduced the impact of salt stress [J]. Plant Growth Regulation, 2003, 40(1): 29-36.
- [15] 李瑞平, 张永信, 王 鑫. 北方干旱半干旱地区退耕还林重点树种——文冠果[J]. 河北林业科技, 2003, (1): 51-52.
- [16] 郑立文, 宋福林, 孙明远, 等. 木本油料树种——文冠果[J]. 落叶果树, 2006, (2): 12-13.
- [17] 刘云斌, 杨贵英. 北方山区生态经济型树种资源及其开发利用[J]. 林业实用技术, 2003, (2): 34-35.
- [18] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版社, 2000.
- [19] 龚吉蕊, 赵爱芬, 张立新, 等. 干旱胁迫下几种荒漠化植物抗氧化能力的比较研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(9): 1570-1577.
- [20] 何文亮, 黄承红, 杨颖丽, 等. 盐胁迫过程中抗坏血酸对植物的保护功能[J]. 西北植物学报, 2004, 24(12): 2196-2201.
- [21] 韩 刚, 韩恩贤, 李凯荣. 油菜素内酯对沙棘抗旱生理的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2007, 27(3): 5-9.
- [22] 孙卫红, 王伟青, 孟庆伟. 植物抗坏血酸过氧化物酶的作用机制、酶学及分子特性[J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(2): 43-47.

Effects of brassinolide on antioxidant enzymes activities and antioxidants contents of *Xanthoceras sorbifolia* Bunde seedlings under drought stress

FENG Chao-hong¹, LI Kai-rong², ZHANG Peng-wen³, LIU Jian-li¹

(1. College of Resource & Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100;

2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100;

3. Planning Office of Inner Mongolia Survey & Design Institute of Water Resources and Hydropower, Hohhot, Inner Mongolia 010020, China)

Abstract: Important antioxidant enzymes activities and antioxidants contents of *Xanthoceras sorbifolia* Bunde seedlings were detected and analyzed by dipping roots and spraying leaves of seedlings with different concentrations of brassinolide under controlled soil water condition. The results showed that after treatment of 0.05~0.4 mg/L brassinolide, the activities of SOD of *Xanthoceras sorbifolia* Bunde seedlings under modest drought stress (soil moisture 11%~12%) and severe drought stress (soil moisture 7%~8%) were higher more than those untreated ones but with no significant difference under modest stress. The activities of CAT, POD and APX of *Xanthoceras sorbifolia* Bunde seedlings after treatment of 0.05~0.4 mg/L brassinolide were significantly higher than those of the untreated ones under modest drought stress and severe drought stress. The GSH and ASA contents of *Xanthoceras sorbifolia* Bunde seedlings after treatment of 0.05~0.4 mg/L brassinolide were significantly increased than the untreated ones.

Key words: soil water stress; antioxidant enzymes activities; antioxidants contents; brasinollide; *Xanthoceras sorbifolia* Bunde