

脱落酸和水杨酸对干旱胁迫下芝麻幼苗生理特性的影响

严寒, 许本波, 赵福永, 何勇, 姚晓鼎, 田志宏^{*}
(长江大学生命科学学院, 湖北 荆州 434025)

摘 要: 以芝麻品种“中芝 10 号”为材料, 采用聚乙二醇(PEG 6000)模拟干旱胁迫的方法, 研究了脱落酸(ABA)和水杨酸(SA)处理的芝麻幼苗在干旱胁迫(聚乙二醇浓度为 0、20%、25% 和 30%)下的几项生理指标的变化。结果表明, 芝麻幼苗的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)的活性都比对照组(CK)高, 脱落酸和水杨酸都能延缓干旱胁迫时芝麻叶片含水量的降低, 丙二醛(MDA)的含量明显升高、可溶性糖(SS)的含量总体先升高后降低, 芝麻幼苗的叶绿素含量呈下降趋势, 而 chl_a/chl_b 和 car/chl 逐渐上升。脱落酸与水杨酸之间表现出一定的差异, 说明脱落酸和水杨酸在不同干旱胁迫下提高植物抗逆性的程度不同。

关键词: 芝麻幼苗; 脱落酸; 水杨酸; 干旱胁迫; 生理特性
中图分类号: S565.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)06-0163-04

在自然条件下, 环境胁迫严重影响了作物生长发育, 导致其遗传潜力难以发挥。全球约有 43% 的耕地为干旱、半干旱地区, 干旱严重影响植物的生长发育, 造成作物减产, 因此, 提高作物的抗旱能力已经成为现代植物研究工作中亟需解决的关键问题之一。脱落酸作为触发植物对逆境胁迫应答反应的传递体^[1], 参与调控植物对逆境胁迫, 同时水杨酸能够提高植物的抗盐性、抗旱性、抗寒性和抗热性等^[2~6], 水杨酸对一些植物重要的代谢过程起调控作用, 进而提高氧化逆境, 以促进植物的抗病及抗非生物逆境能力^[7]。

芝麻(*Sesamum indicum* L.)为重要的油料作物之一, 我国芝麻的总产量现居世界首位。环境条件对芝麻生长发育的影响莫过于渍害和干旱, 而防渍、抗旱、保苗是夺取芝麻高产、稳产和提高品质的先决条件^[8]。芝麻对水分的要求非常严格, 对空气干旱抵抗能力弱, 苗期遇旱叶片萎蔫, 幼苗老化, 生长缓慢, 结实少而种子不饱满。本文用脱落酸和水杨酸处理干旱胁迫下的芝麻幼苗, 测定相关生理指标的变化, 为芝麻苗期的栽培管理和抗逆性研究提供依据。

1 材料与方法

供试芝麻品种为“中芝 10 号”, 由中国农业科学院油料作物研究所选育。

1.1 材料培养与处理

试验于 2006 年 2~5 月在长江大学生命科学学院植物光照培养室内进行, 用草炭土与细河沙按 2:1 (体积比)混配成培养基质, 基质装入直径 12 cm、深 10 cm 的塑料花盆。挑选饱满的芝麻种子用 10% H₂O₂ 消毒 30 min, 然后用蒸馏水反复冲洗, 最后将种子铺在滤纸上置于 37℃ 恒温箱内催芽。将萌发后的种子播种于塑料花盆中, 定期浇 Hoagland 营养液, 幼苗长出真叶后间苗, 每盆 5 株, 苗高 5 cm 时, 分别浇灌添加含脱落酸(2×10^{-5} mol/L)和水杨酸(1.0 mmol/L)的 Hoagland 营养液, 对照为不含有脱落酸和水杨酸的 Hoagland 营养液, 3 d 后开始胁迫, 用聚乙二醇(PEG 6000)和 Hoagland 营养液配制溶液, 分别用 PEG 6000 浓度为 0、20%、25%、30% 的 Hoagland 营养液浇灌土壤, 胁迫 7 d 后采样测定各项指标, 各处理重复 3 次, 取平均值, EXCEL 绘图分析。

1.2 测定内容与方法

超氧化物歧化酶(SOD)活性测定、过氧化物酶(POD)活性的测定、过氧化氢酶(CAT)活性测定均参照邹琦^[9]的方法进行, 丙二醛(MAD)含量测定采用林植芳^[10]的方法进行, 光合色素的测定按照鲍雅静等^[11]的方法进行, 可溶性糖(SS)含量的测定参照张志良等^[12]的方法进行, 采用饱和称重法测定叶片的相对含水量(RWC)^[13]。

收稿日期: 2008-04-21
基金项目: 长江大学科研基金重点项目(HNZD200201)
作者简介: 严寒(1974—), 男, 湖北广水人, 讲师, 主要从事植物逆境生理的研究。E-mail: yhsy@yangtzeu.edu.cn。
^{*} 通讯作者: 田志宏, 男, 教授, E-mail: zhtian@yangtzeu.edu.cn。
(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2 结果与分析

2.1 ABA 和 SA 对干旱胁迫下芝麻幼苗保护酶活性的影响

由图 1 可以看出,随 PEG 浓度的升高,SOD 活性先上升后下降。在 20%时,ABA 处理组和 SA 处理组的 SOD 活性明显升高。在 25%时,对照组和 ABA 处理组的 SOD 活性继续上升,但 SA 处理组的 SOD 活性开始下降,但其值仍高于对照组。在 30%时,对照组和 ABA 处理组的 SOD 活性明显下降,SA 处理组的 SOD 活性继续下降。同时,随 PEG 浓度的升高,干旱胁迫下芝麻幼苗的 POD、CAT 活性呈上升趋势。在 20%时上升幅度最大。整个胁迫过程中都是 ABA 处理组的活性最高,SA 处理组的 SOD 活性次之,对照组的 SOD 活性最低。

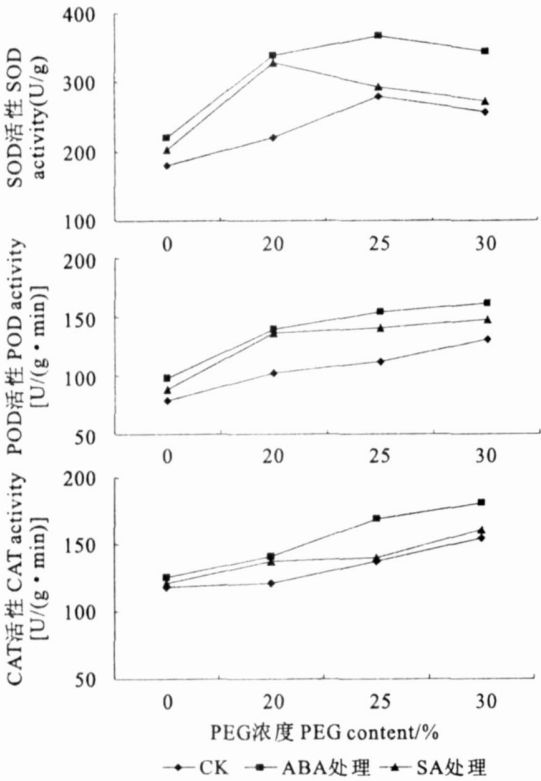


图 1 ABA 和 SA 对干旱胁迫下芝麻幼苗 SOD、POD、CAT 活性的影响

Fig.1 Effect of ABA and SA on enzyme activities (SOD,POD,CAT) of sesame under drought stress

说明 ABA 和 SA 均可提高干旱胁迫下芝麻幼苗的 SOD、POD 以及 CAT 活性,且 ABA 作用优于 SA。总体趋势为 SOD 先升后降,而 POD、CAT 一直升高。

2.2 ABA 和 SA 对干旱胁迫下芝麻幼苗相对含水量的影响

由图 2 可以看出,随 PEG 浓度的升高,干旱胁迫下芝麻幼苗的 RWC 呈下降趋势。添加 ABA、SA 后,下降幅度不大,而对照组含水量急剧下降。RWC 反映植物的保水能力。所以外施 ABA 和 SA 均可提高干旱胁迫下芝麻幼苗的保水能力,二者相比,ABA 效果明显。

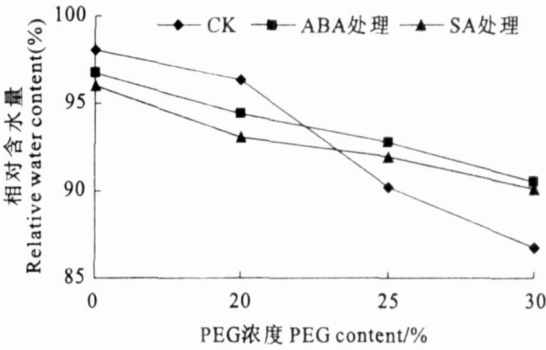


图 2 ABA 和 SA 对干旱胁迫下芝麻幼苗相对含水量(RWC)的影响

Fig.2 Effect of ABA and SA on relative water content (RWC) of sesame under drought stress

2.3 ABA 和 SA 对干旱胁迫下芝麻幼苗丙二醛含量的影响

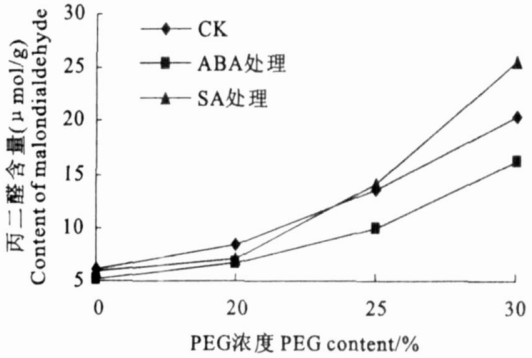


图 3 ABA 和 SA 对干旱胁迫下芝麻幼苗丙二醛(MDA)含量的影响

Fig.3 Effect of ABA and SA on content of malondialdehyde (MDA) of sesame under drought stress

由图 3 可以看出,随 PEG 浓度的升高,干旱胁迫下芝麻幼苗的 MDA 含量呈上升趋势。在 20%时 MDA 含量幅度上升最小,在 25%,30%时上升幅度很大。ABA 和 SA 处理后 MDA 含量明显降低,从而降低渗透胁迫对芝麻幼苗的伤害,ABA 的作用更明显。

2.4 ABA 和 SA 对干旱胁迫下芝麻幼苗可溶性糖含量的影响

PEG 模拟干旱胁迫使可溶性糖含量大幅提高。可溶性糖是生物体内重要成分之一,是生物体中的重要能源和碳源。可溶性糖作为渗透调节物质可以

降低细胞的渗透势以维持细胞的膨压,防止细胞内大量的被动脱水^[14]。图 4 可知,随 PEG 浓度的升高,干旱胁迫下芝麻幼苗的 SS 含量呈先升后降的趋势。20%~25%时,SS 含量急剧上升。25%~30%时下降,大概是干旱加剧导致糖的合成大大降低,干旱胁迫下叶片相对含水量的降低,也是造成前期可溶性糖含量升高的一个原因。ABA 处理后,芝麻幼苗体内 SS 积累是与 RWC 小幅下降相适应的,表现出一直升的趋势,并且 ABA 的作用优于 SA。

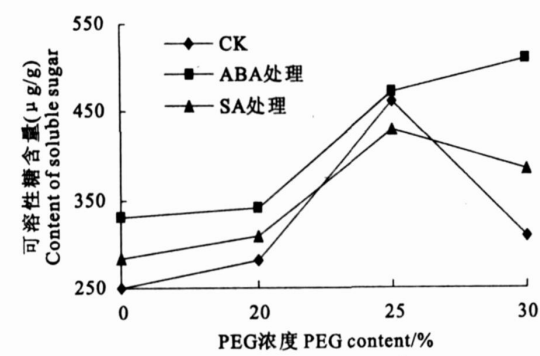


图 4 ABA 和 SA 对干旱胁迫下芝麻幼苗可溶性糖(SS)含量的影响

Fig.4 Effect of ABA and SA on content of soluble sugar (SS) of sesame under drought stress

2.5 ABA 和 SA 对干旱胁迫下芝麻幼苗光合色素的影响

由图 5 可知,随 PEG 浓度的升高,干旱胁迫下芝麻幼苗的叶绿素含量呈下降趋势,并且 ABA 处理要好于 SA 处理,可见 ABA、SA 可以有效提高叶绿素含量,ABA 比 SA 的效果明显。同时可以看出,随 PEG 浓度的升高,干旱胁迫下芝麻幼苗的 $chl a/chl b$ 和 car/chl 呈上升趋势,且 ABA 处理后的值最大,SA 处理后的值次之,CK 最小。 $chl a/chl b$ 可以反映捕光色素复合体 II (LHC II) 在所有含叶绿素的结构中占的比例。其值升高表明 LHC II 含量减少。 car/chl 升高表明 Car 在光合色素中的比例相对升高。Car 既是光合色素,又是内源抗氧化剂,它可以耗散过剩光能,清除活性氧,从而防止膜脂过氧化,保护光合机构,Car/Chl 反映植物光能吸收和光保护的关系,其值高低与植物耐受逆境的能力有关^[15]。干旱胁迫时,Car 含量相对升高,有利于保护光合机构,防止 Chl 的光氧化破坏^[16]。所以 ABA 和 SA 处理后,芝麻的捕光色素复合体 II (LHC II) 在所有含叶绿素的结构中占的比例会升高,而且 ABA 的作用比 SA 明显。

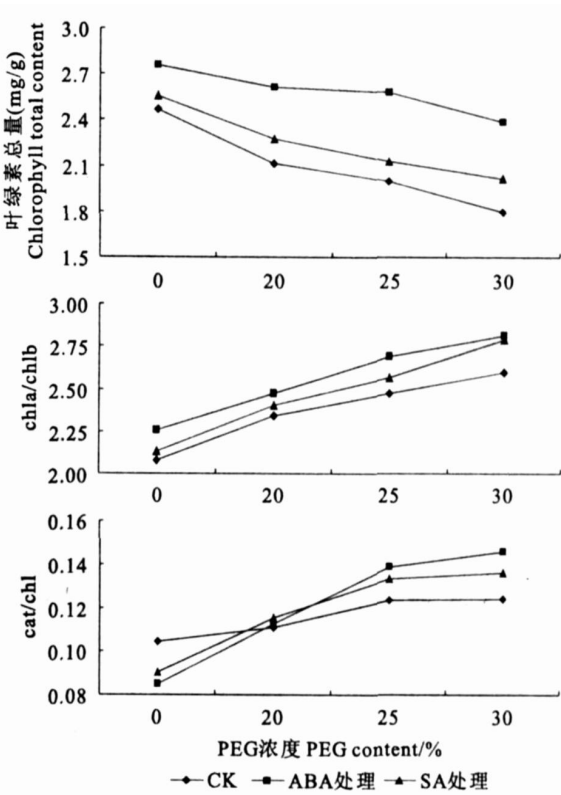


图 5 ABA 和 SA 对干旱胁迫下芝麻幼苗光合色素的影响

Fig.5 Effect of ABA and SA on photosynthetic pigments of sesame under drought stress

3 讨论

在干旱胁迫下,抗旱性强的植物保护酶活性较高,因而能有效地清除活性氧,抑制膜脂过氧化^[17]。植物细胞忍受的活性氧水平存在一个阈值,在这个阈值之内植株能够提高保护酶活性,有效消除自由基带来的伤害,当超过这个阈值,保护酶活性就会下降,活性氧的积累超过其清除能力,植株就会受到损害^[18]。这与本实验有相似的地方,本实验发现在 20% PEG 浓度下,SA 处理的幼苗的 SOD 活性达到最大值,随后就开始下降。ABA 处理的幼苗,SOD 活性达在实验中一直升高。这也说明了两种植物激素的区别。本实验中,POD 和 CAT 变化趋势一致,与 SOD 的变化不完全相同。在不同程度的干旱胁迫方面,POD 和 CAT 活性基本上不受胁迫程度的影响,而 SOD 的变化比较大。保护酶活性变化的不一致性也暗示着在清除活性氧的途径方面,植株调动了体内其他的活性氧清除系统,在遭遇干旱胁迫时积极应对外界逆境,从而维持植株膜结构的稳定和生理功能的正常执行。关于干旱胁迫下活性氧代谢与保护酶活性的关系,前人进行了大量研究,但大

多数实验是在短期胁迫下进行的,虽然证明植物体内 SOD、POD、CAT 活性在干旱胁迫下有增加的趋势,但结论也并非一致^[19,20]。王宝山以小麦为试材的结果证明,轻度干旱使组织保护酶活性升高,但严重干旱则使酶活性降低。

可溶性糖在胁迫期间呈缓慢增加的趋势,随着 PEG 浓度升高,可溶性糖相对含量大幅度增加,说明芝麻幼苗在受到渗透胁迫时,可溶性糖可能是调节细胞渗透势的主要物质之一。干旱胁迫下水势会降低,水势的降低通常是由叶片失水和溶质积累两方面因素引起的^[21]。本实验中芝麻幼苗 RWC 下降幅度很小,6%~8%。说明其水势的降低可能主要是由渗透调节物质如可溶性糖、无机离子及有机酸等的积累引起的。植物在受到轻度干旱胁迫时,渗透调节是主要途径^[22]。细胞维持一定的膨压是执行其正常生理功能的前提,它可以通过渗透调节作用来维持正常的膨压。植物在严重干旱状态下,可以产生脱水保护剂如可溶性糖对细胞起保护作用,使细胞处于一种稳定的静止状态^[23]。不同强度或类型的干旱胁迫可能导致不同程度或方式的适应性反应^[24]。

参考文献:

- [1] 宋松泉.植物对干旱胁迫的分子反应[J].应用生态学报,2002,13(8):1037—1044.
- [2] Klessig D F, Malamy J. The salicylic acid signal in plants[J]. Plant Mol Biol, 1994, 26:1439—1458.
- [3] 郭守华,杨 晴,杨晓玲,等.水杨酸对桃树花期抗寒性的影响[J].园艺学报,2004,31(5):675.
- [4] 康国章,欧志英,王正询,等.水杨酸诱导提高香蕉幼苗耐寒性的机制研究[J].园艺学报,2003,30(2):141—146.
- [5] 姜中珠,陈祥伟.水杨酸对灌木幼苗抗旱性的影响[J].水土保持学报,2004,18(2):169—185.
- [6] 王利军,李家永,战吉成,等.水杨酸对受高温胁迫的葡萄幼苗光合作用和同化物分配的影响[J].植物生理学通讯,2003,39(3):215—216.
- [7] 李兆亮,原永兵,刘成连,等.水杨酸对黄瓜叶片抗氧化剂酶系的调节作用[J].植物学报,1998,40(4):356—361.

- [8] 王 欣,潘志梅.半干旱山区芝麻高产栽培技术[J].特种经济动植物,2005,(5):21.
- [9] 邹 琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000.11—169.
- [10] 林植芳,李双顺,林桂珠.水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化作用的关系[J].植物学报,1984,26(6):605—615.
- [11] 鲍雅静,季 静,杨晓慧,等. NaCl 胁迫对金银花叶片光合色素含量的影响[J].安徽农业科学,2007,35(21):6366—6367,6382.
- [12] 张志良,瞿伟菁.植物生理学实验指导(第三版)[M].北京:高等教育出版社,2003.258—259.
- [13] Smart R E, Khingham G E. Rapid estimates of relative water content[J]. Plant Physiology, 1974, 53:258—260.
- [14] Cechin I, Rossi S C, Oliveira V C, et al. Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit[J]. Photosynthetica, 2006, 44(1):143—146.
- [15] Dhindsa R S, Wandckym. Drought tolerance in two mosses correlated with enzymatic defence against lipid peroxidation[J]. J Exp Bota, 1981, 32(126):79—91.
- [16] Smirnoff N. The role of active oxygen in the response of Plants to water deficit and desiccation[J]. New Phytol, 1993, 125:27—58.
- [17] 陈善福,书庆尧.植物耐干旱胁迫的生物学机理及其基因工程研究进展[J].植物学通报,1999,16(5):555—560.
- [18] 王久生,王根轩.CO₂ 倍增对渗透胁迫下小麦叶片抗氧化酶类及细胞程序性死亡的影响[J].植物生理学报,2000,26(5):453—457.
- [19] 许长城,邹 琦.植物水分胁迫与活性氧代谢[J].山东农业大学学报,1993,24(1):113—117.
- [20] 许长城,赵世杰.小麦幼苗对水分胁迫的适应与活性氧防御酶[A].邹 琦.作物抗旱生理生态研究[C].济南:山东科技出版社,1994.93—98.
- [21] 汤章城.植物对水分胁迫的反应和适应性Ⅱ.植物对干旱的反应和适应性[J].植物生理学通讯,1983,(4):1—7.
- [22] 张林刚,邓西平.小麦抗旱性生理生化研究进展[J].干旱地区农业研究,2000,18(3):87—92.
- [23] 蒋明义,杨文英,徐 江,等.渗透胁迫诱导水稻幼苗的氧化伤害[J].作物学报,1994,20(6):733—738.
- [24] 许长成,邹 琪,程炳高.大豆叶片早促衰老与膜脂氧化的关系[J].植物生理学报,1993,19(4):359—364.

(英文摘要下转第 172 页)

Study on screening of drought resistance assessment indices and comprehensive evaluation of alfalfas during seedling stage

ZHAI Chun-mei^{1,2}, WANG Zan¹, DENG Bo², LI Yuan³, GAO Hong-wen^{1*}

(1. Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China;

2. College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

3. Dryland Farming Institute of Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Hengshui 053000, China)

Abstract: Eight traits indices were used for the evaluation of drought resistance of alfalfa germplasms in green house during seedling stage under repeated drought stress. Through principal components analysis, five indices, leaf length, leaf width, root/shoot stress index, underground biomass stress index and dry weight content stress index, were screened, which had close relation to the survival rates under repeated drought condition during seedling stage. With the membership function method, the drought resistance of 21 accessions of alfalfa germplasms was evaluated. Based on the value of comprehensive evaluation, the germplasms with stronger drought resistance in seeding stage were: ZXY04P-44, ZXY04P-10 and ZXY04P-32.

Keywords: alfalfa; seedling stage; drought resistance evaluation index; membership function method; comprehensive evaluation

(上接第 166 页)

Effects of abscisic acid and salicylic acid on physiological characteristics of sesame seedlings under drought stress

YAN Han, XU Ben-bo, ZHAO Fu-yong, HE Yong, YAO Xiao-ding, TIAN Zhi-hong^{*}

(College of Life Sciences, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434025, China)

Abstract: The seedling of sesame Zhongzhi 10 was treated with abscisic acid and salicylic acid under drought stress of PEG 6000 (20%, 25%, 30%). The activities of super oxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT), relative water content (RWC), content of malondialdehyde (MDA), soluble sugar (SS) and photosynthetic pigment of the seedling were studied. The results indicated that the activities of SOD, POD, CAT in the sesame seedling in the group with ABA or SA were higher than those of the control group. The ABA and SA could slowdown the reduction of RWC of the sesame seedling under drought stress. The malondialdehyde (MDA) content increased significantly and the content of soluble sugar increased at first and then decreased gradually, while the chlorophyll content always decreased and the chl_a/chl_b and car/chl increased gradually. The results demonstrated that there were some differences among effects on physiological characteristics of the sesame seedling under drought stress between ABA and SA.

Keywords: sesame; ABA; SA; drought stress; physiological characteristics