

芮鹏环, 韩坤龙, 王长进, 等. 灌浆期高温对玉米叶片抗氧化酶活性及渗透调节物质的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(24): 82–84.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.020

灌浆期高温对玉米叶片抗氧化酶活性及渗透调节物质的影响

芮鹏环^{1,2}, 韩坤龙³, 王长进¹, 李文阳¹

(1. 安徽科技学院农学院/安徽省玉米育种工程技术研究院, 安徽凤阳 233100; 2. 安徽农业大学植物保护学院, 安徽合肥 230036;
3. 安徽隆平高科种业有限公司, 安徽合肥 230088)

摘要:以玉米杂交种秦龙 14、隆平 206 及隆平 206 亲本 L239(母本)、L7221(父本)为材料, 在籽粒灌浆期进行高温处理, 分析高温对玉米叶片抗氧化酶活性的影响。结果表明, 灌浆期高温使叶片丙二醛(MDA)含量均显著上升, 其中秦龙 14 上升幅度较隆平 206 高; 对隆平 206 的 2 个亲本进行比较可知, L239 叶片 MDA 含量上升的幅度高于 L7221。经高温处理, 玉米叶片超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性及可溶性蛋白含量显著低于对照。与秦龙 14 相比, 在高温处理下, 隆平 206 的 MDA 含量、SOD 活性、POD 活性、CAT 活性及可溶性蛋白含量的降幅均较低, 其父本 L7221 在高温下的降幅较 L239 低, 可见在灌浆期高温胁迫下, 与秦龙 14 相比, 耐高温较强品种隆平 206 的叶片抗氧化酶活性的降幅较低。

关键词:玉米; 高温; 灌浆期; 抗氧化酶; 渗透调节物质

中图分类号: S513.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0082-03

高温胁迫是农业生产上广泛存在的世界性难题, 作物在生育期受到短暂或持续的高温胁迫会对植物体造成一系列伤害, 比如造成形态异常、植物体生理生化变化, 从而影响它们的生长和发育^[1]。高温对叶片代谢的影响程度与细胞内抗

氧化系统活性存在密切关系^[2]。高温胁迫会严重影响植物的光合作用、膜稳定性和线粒体呼吸等正常生理活动, 其中一个重要的方面是使体内产生活性氧(ROS)与超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)等保护酶系统和抗氧化剂类的清除作用失去动态平衡, 导致活性氧的累积, 造成氧化伤害, 并影响植株正常的生长和发育^[3]。保护酶活性及丙二醛(MDA)含量可以作为植物受到高温胁迫程度和植物对高温胁迫抵御能力的衡量指标^[4]。研究表明, 在高温胁迫条件下, 叶片中的细胞结构与功能会遭到破坏, 从而使叶绿素含量明显下降, 光合能力下降, 最终导致籽粒中干物质的积累速率降低, 粒质量降低, 从而影响产量^[5-6]。

本研究以玉米杂交种秦龙 14、隆平 206 及隆平 206 亲本

收稿日期: 2017-08-12

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 31501271); 国家星火计划(编号: 2015GA710019); 安徽省高校优秀青年人才支持计划重点项目(编号: gxyqZD2016218)。

作者简介: 芮鹏环(1994—), 男, 安徽芜湖人, 硕士研究生, 主要从事植物病理学研究。E-mail: 15755308130@163.com。

通信作者: 李文阳, 博士, 副教授, 主要从事作物栽培生理生态研究。

E-mail: liwy@ahstu.edu.cn。

叶时进行为期 12 d、调亏程度为 55%~65% 的调亏灌溉。

参考文献:

- [1] 郭相平, 刘才良, 邵孝侯, 等. 调亏灌溉对玉米需水规律和水分生产效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(3): 92–95.
- [2] 康绍忠, 史文娟, 胡笑涛, 等. 调亏灌溉对于玉米生理指标及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 1998, 14(4): 88–93.
- [3] 王密侠, 康绍忠, 蔡焕杰, 等. 调亏对玉米生态特性及产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2000, 28(1): 36–41.
- [4] 蔡焕杰, 康绍忠, 张振华, 等. 作物调亏灌溉的适宜时间与调亏程度的研究[J]. 农业工程学报, 2000, 16(3): 24–27.
- [5] 钟顺清. 水肥耦合下草炭对小白菜生长的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(3): 478–482.
- [6] 谭国波, 赵立群, 张丽华, 等. 玉米苗期调亏技术的研究[J]. 吉林农业科学, 2009, 34(1): 3–4.
- [7] 王密侠, 康绍忠, 蔡焕杰, 等. 玉米调亏灌溉节水调控机理研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2004, 12(32): 87–90.

- [8] Blackman P G, Davies W J. Root to shoot communication in maize plants of the effects of soil drying[J]. Journal of Experimental Botany, 1985, 36(1): 39–48.
- [9] Rosenzweig C, Strzepek K M, Major D C, et al. Water resources for agriculture in a changing climate: international case studies[J]. Global Environmental Change, 2004, 14(4): 345–360.
- [10] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 210–215.
- [11] 郭相平, 康绍忠, 索丽生. 苗期调亏处理对玉米根系生长影响的试验研究[J]. 灌溉排水, 2001(1): 25–27.
- [12] 王娟, 李德全, 谷令坤. 不同抗旱性玉米幼苗根系抗氧化系统对水分胁迫的反应[J]. 西北植物学报, 2002, 22(2): 77–82.
- [13] 孙群, 梁宗锁, 王渭玲, 等. 氮对水分亏缺下玉米幼苗膜脂过氧化及光合速率的影响[J]. 西北农业学报, 2001, 10(1): 7–10.
- [14] 张立新, 李生秀. 氮、钾、甜菜碱对水分胁迫下夏玉米叶片膜脂过氧化和保护酶活性的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(3): 482–490.

为材料,研究灌浆期高温胁迫下玉米叶片中抗氧化酶活性及可溶性蛋白含量、丙二醛含量等的变化,以期为耐高温玉米品种选育与抗逆栽培提供參考。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

本研究于 2016 年 6—10 月在安徽科技学院种植科技园进行。供试玉米品种为玉米杂交种秦龙 14、隆平 206 以及隆平 206 父本 L7221、母本 L239。试验设对照、籽粒灌浆期高温 2 个处理,分别用 CK、HT 表示。于 6 月 20 日播种,于 9 月 22 日收获。采用同规格的塑料盆(上口内径为 28 cm,下口内径为 22 cm,深度为 36 cm)进行盆栽试验,每盆装土 15 kg。每个处理设 5 盆重复,每盆定苗 1 株。在吐丝期前,将花盆埋于田间,进行温度处理时取出,并放置于植物生长室内。在供试玉米授粉后 7 d 进行高温处理。对照处理温度为 $(28 \pm 2)^\circ\text{C}$,高温处理温度为 $(36 \pm 2)^\circ\text{C}$,处理时间为 12 h/d(只在白天处理,晚上放在室外)。于玉米籽粒灌浆盛期(开花后 20 d)取玉米穗位叶,测定叶片抗衰老酶活性和 MDA 含量。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 抗氧化酶活性测定 SOD 活性的测定采用 NBT 法^[7];POD 活性的测定采用愈创木酚法^[8];CAT 活性的测定采用紫外吸收法^[9]。

1.2.2 可溶性蛋白含量的测定 可溶性蛋白含量的测定采用茚酮法^[10]。

1.2.3 MDA 含量的测定 用硫代巴比妥酸法测定 MDA 含量^[11]。

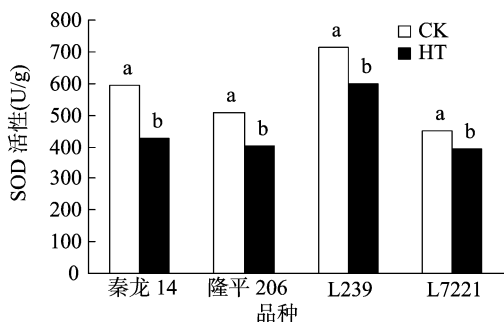
1.3 数据处理与分析

采用 Excel 2010 软件和 SPSS 19.0 数据处理系统进行数据统计分析和作图。

2 结果与分析

2.1 灌浆期高温对不同玉米品种叶片中 SOD 活性的影响

由图 1 可以看出,在籽粒灌浆期高温胁迫后,玉米叶片 SOD 活性均显著低于对照,其中秦龙 14、隆平 206 叶片的 SOD 活性分别比对照降低 28.61%、20.74%,可见秦龙 14 叶片的 SOD 活性降幅较隆平 206 大。对隆平 206 的 2 个亲本进行比较可知,在高温处理下 L7221、L239 叶片中的 SOD 活性分别较对照降低 12.76%、16.26%,且 L239 叶片中的 SOD 活性降幅较 L7221 大。



同一品种不同处理间标有不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,下同

图1 灌浆期高温对不同玉米品种叶片中 SOD 活性的影响

2.2 灌浆期高温对不同玉米品种叶片中 POD 活性的影响

POD 可催化过氧化氢、氧化酚类和胺类化合物,消除高温对植物产生的氧化作用^[12-13]。由图 2 可以看出,籽粒灌浆期高温胁迫后,玉米叶片 POD 活性均显著低于对照,其中秦龙 14、隆平 206 叶片的 POD 活性分别比对照降低 21.92%、18.33%,可见秦龙 14 叶片的 POD 活性降幅较隆平 206 大。对隆平 206 的 2 个亲本进行比较可知,高温处理下 L7221、L239 叶片的 POD 活性分别较对照降低 14.68%、15.44%,且 L239 叶片中的 POD 活性降幅较 L7221 大。

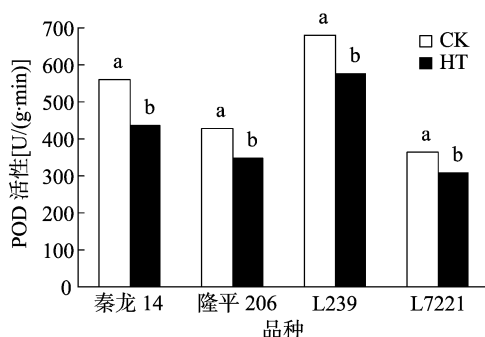


图2 灌浆期高温对不同玉米品种叶片中 POD 活性的影响

2.3 灌浆期高温对不同玉米品种叶片中 CAT 活性的影响

由图 3 可以看出,在籽粒灌浆期高温胁迫后,玉米叶片 CAT 活性均显著低于对照,其中秦龙 14、隆平 206 叶片的 CAT 活性分别比对照降低 22.70%、15.75%,可见秦龙 14 叶片的 CAT 活性降幅较隆平 206 大。对隆平 206 的 2 个亲本进行比较可知,高温处理下 L7221、L239 叶片 SOD 活性分别较对照降低 6.29%、8.66%,且 L239 叶片中的 CAT 活性降幅较 L7221 大。

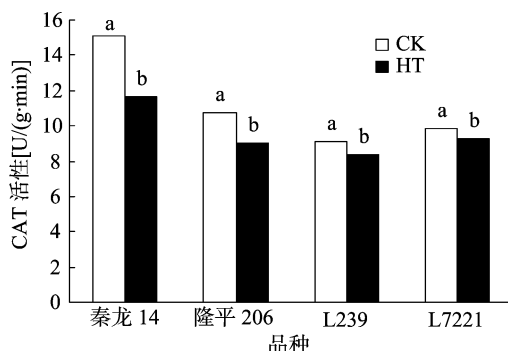


图3 灌浆期高温对不同玉米品种叶片中 CAT 活性的影响

2.4 灌浆期高温对不同玉米品种叶片中可溶性蛋白含量的影响

由图 4 可以看出,籽粒灌浆期高温胁迫后,玉米叶片可溶性蛋白含量均显著低于对照,其中秦龙 14、隆平 206 叶片的可溶性蛋白含量分别比对照降低 1.00%、0.76%,可见秦龙 14 叶片可溶性蛋白含量降幅较隆平 206 大。对隆平 206 的 2 个亲本进行比较可知,高温处理下 L7221、L239 叶片可溶性蛋白含量分别较对照降低 0.61%、1.89%,且 L239 叶片中可溶性蛋白含量降幅较 L7221 大。

2.5 灌浆期高温对不同玉米品种叶片中 MDA 含量的影响

由图 5 可以看出,在籽粒灌浆期高温胁迫后,玉米叶片 MDA 含量均显著高于对照,其中秦龙 14、隆平 206 叶片的

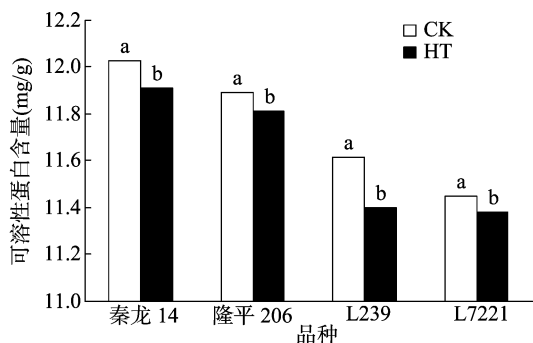


图4 灌浆期高温对不同玉米品种叶片中可溶性蛋白含量的影响

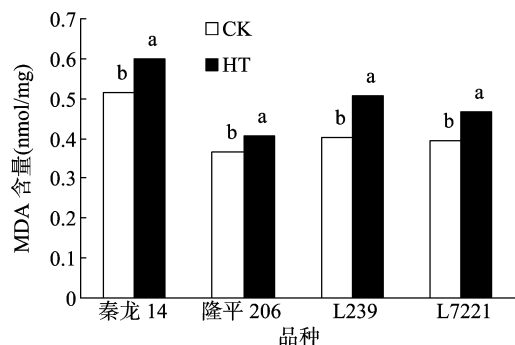


图5 灌浆期高温对不同玉米品种叶片中 MDA 含量的影响

MDA 含量分别比对照提高 15.38%、9.77%,可见秦龙 14 叶片的 MDA 含量增幅较隆平 206 大。对隆平 206 的 2 个亲本进行比较可知,高温处理下 L7221、L239 叶片 MDA 含量分别较对照升高 17.5%、27.5%,且 L239 叶片中的 MDA 含量增幅较 L7221 大。

3 结论与讨论

已有研究表明,植物体的活性氧在正常条件下不会积累过多,处于动态平衡状态,不影响植物的生长和发育^[14]。高温导致小麦旗叶 SOD、CAT 和 POD 活性降低,造成其膜脂过氧化程度加剧,加快植株的衰老^[15]。本研究表明,灌浆前期高温处理的玉米叶片中,SOD、POD、CAT 的活性均有不同程度的下降,表明高温处理对细胞膜的损害超过植物自身保护酶系统的防御能力,导致叶片内的 SOD、POD 和 CAT 活性不能维持正常水平^[16-17]。隆平 206 受到高温胁迫后,这 3 种酶活性及可溶性蛋白含量的降幅均比秦龙 14 低,说明隆平 206 抵抗高温胁迫的能力比秦龙 14 强。而在同样条件下,L7221 品种中该 3 种酶活性及可溶性蛋白含量的降幅均比 L239 低,说明 L7221 抵抗高温胁迫的能力比 L239 强。

高温胁迫能显著提高玉米叶片中的 MDA 含量,进一步降低保护酶 SOD、POD、CAT 的活性,导致 ROS 的代谢失调^[18]。本研究 4 个玉米品种的 MDA 含量在高温胁迫下均提高了,说明这 4 个品种均受到了高温胁迫的影响。耐高温品种隆平 206 的保护酶活性降低幅度明显小于秦龙 14,说明隆平 206 仍具有较强的活性氧清除能力,因而受到的伤害相对较轻,表现出对高温逆境更强的适应性。

植物体内活性氧清除系统对高温逆境的响应比较复杂。有研究表明,低水平的高温胁迫能增强保护酶 SOD、POD、CAT 的活性;也有研究表明高温胁迫超过一定程度时,保护

酶活性下降或失活,导致植物胞膜脂过氧化作用加强,细胞膜遭到进一步破坏^[17]。本研究表明,不同玉米品种在生长过程中活性氧代谢是有差异的,各品种玉米在高温胁迫下的 SOD、POD、CAT 活性均降低,但不同品种不同抗氧化酶降低的幅度都存在差异,且不同品种 MDA 含量在同一生长期升高幅度也有差异。有关玉米灌浆期高温胁迫对保护酶活性及其与高温耐性的关系等问题还须进一步研究。

参考文献:

- [1] 陈小霞,李 磊,牛洪斌,等. 高温胁迫对不同小麦品种幼苗叶片中抗氧化酶活性的影响[J]. 河南农业科学,2008,37(12):38-40,58.
- [2] 张英华,杨佑明,曹 莲,等. 灌浆期高温对小麦旗叶与非叶器官光合和抗氧化酶活性的影响[J]. 作物学报,2015,41(1):136-144.
- [3] 邓荏明,熊格生,袁小玲,等. 棉花不同耐高温品系的 SOD、POD、CAT 活性和 MDA 含量差异及其对盛花期高温胁迫的响应[J]. 棉花学报,2010,22(3):242-247.
- [4] 郭金丽,张文娟,候雅琼,等. 高温胁迫对景天植物膜脂过氧化及保护酶活性的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(34):230-233.
- [5] 郑 飞,臧秀旺,黄保荣,等. 灌浆期高温胁迫对冬小麦叶源、库器官生理活性的影响及调控[J]. 华北农学报,2001,16(2):99-103.
- [6] 郭天财,王晨阳,朱云集,等. 后期高温对冬小麦根系及地上部衰老的影响[J]. 作物学报,1998,24(6):957-962.
- [7] 郑炳松. 现代植物生理生化研究技术[M]. 北京:气象出版社,2006.
- [8] 郝建军,康宗利,于 洋. 植物生理学实验技术[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
- [9] 李仕飞,刘世同,周建平,等. 分光光度法测定植物过氧化氢酶活性的研究[J]. 安徽农学通报,2007,13(2):72-73.
- [10] 王川,谢惠民,王 娜,等. 小麦品种可溶性糖和保护性酶与抗旱性关系研究[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(5):94-99.
- [11] 张聪聪. 葛根素对外周血内皮祖细胞缺氧/复氧损伤的保护作用[J]. 中国医院药学杂志,2017,37(13):1228-1231.
- [12] 段金彪,宿树兰,严 辉,等. 药材初加工“发汗”过程及其酶促反应与化学转化机制探讨[J]. 中草药,2013,44(10):1219-1225.
- [13] 郑世英,商学芳,王景平. 可见分光光度法测定盐胁迫下玉米幼苗抗氧化酶活性及丙二醛含量[J]. 生物技术通报,2010,26(7):106-109.
- [14] 雷锋杰,张爱华,方斯文,等. 人参根系分泌物的化感作用研究[J]. 中国农学通报,2010,26(19):140-144.
- [15] 刘 萍,郭文善,浦汉春,等. 灌浆期高温对小麦剑叶抗氧化酶及膜脂过氧化的影响[J]. 中国农业科学,2005,38(12):2403-2407.
- [16] 赵风斌,王丽卿,季高华,等. 盐胁迫对 3 种沉水植物生物学指标及叶片中丙二醛含量的影响[J]. 环境污染与防治,2012,34(10):40-44.
- [17] 山 鹰,王丽卿,赵风斌,等. pH 胁迫对法乐水绵生长指标和环境应激酶的影响[J]. 环境污染与防治,2014,36(2):23-26,31.
- [18] 周 珩,郭世荣,邵慧娟,等. 等渗 NaCl 和 Ca(NO₃)₂ 胁迫对黄瓜幼苗生长和生理特性的影响[J]. 生态学报,2014,34(7):1880-1890.