

网络出版时间:2013-12-25 13:21

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.01.023

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.01.023.html>

高温胁迫下菊花嫁接苗中保护酶活性的变化

王 希^{1,2}, 张艳梅², 王彩云²

(1 安徽师范大学 生命科学学院, 安徽 芜湖 241000; 2 华中农业大学 园艺林学学院, 湖北 武汉 430070)

[摘 要] 【目的】探讨嫁接对菊花耐热性的影响机理及对菊花不同器官耐热性的影响。【方法】比较 40 ℃ 高温胁迫下菊花嫁接苗和不同生育期扦插苗的叶片、根系和茎段中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性的变化与差异。【结果】菊花嫁接苗根茎叶中 3 种保护酶活性均显著高于扦插苗。与扦插苗相比, 嫁接苗叶片、根系和茎段中 SOD、POD 和 CAT 活性分别平均提高 11.6%, 378.0%, 260.1%; 125.5%, 131.3%, 203.1%; 90.1%, 98.0%, 90.5%。嫁接苗叶片中以 SOD 活性最大, 均值达 375 U/g; 根系中以 POD 活性最大, 均值达 605.87 U/g; 茎段中 3 种保护酶活性差异较小, 以 POD 活性略高。【结论】嫁接是提高菊花耐热能力的一项有效措施, 嫁接苗根茎叶的耐热性差别显著。

[关键词] 菊花; 嫁接; 高温胁迫; 保护酶活性

[中图分类号] S682.1⁺1

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2014)01-0125-07

Response of protective enzymes activities in grafted chrysanthemum to heat stress

WANG Xi^{1,2}, ZHANG Yan-mei², WANG Cai-yun²

(1 College of Life Sciences, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000, China;

2 College of Horticulture & Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China)

Abstract: 【Objective】 This study investigated the effects of grafting on heat resistance of different organs of chrysanthemum. 【Method】 The activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT) in leaves, roots and stems of grafted and cutting seedlings of chrysanthemum were studied at temperature of 40 ℃. 【Result】 The SOD, POD, and CAT activities in leaves, roots and stems of grafted chrysanthemum seedlings were significantly higher than that of cutting ones. The average SOD, POD, and CAT activities in leaves, roots and stems increased by 11.6%, 378.0% and 260.1%; 125.5%, 131.3% and 203.1%; and 90.1%, 98.0% and 90.5%, respectively. In leaves of grafted seedlings, SOD activity had the largest value of 375 U/g. In roots of grafted seedlings, POD activity had the largest value of 605.87 U/g. In stems of grafted seedlings, POD activity was slightly higher than the other two. 【Conclusion】 Grafting is an effective cultivation method to improve the resistance of chrysanthemum to heat stress. The heat resistances of different organs are significantly different.

Key words: *Chrysanthemum morifolium*; grafting; heat stress; protective enzymes activities

[收稿日期] 2013-01-25

[基金项目] 安徽师范大学科研培育基金资助项目(2012rcpy049); 安徽师范大学生命科学学院省级重点实验室开放基金项目(ACLS2013-10); 高校博士点基金项目(20100146110027); 国家“863”计划项目(2006AA10010)

[作者简介] 王 希(1987—), 女, 湖北武汉人, 助理讲师, 硕士, 主要从事园林植物栽培与生理研究。

E-mail: wangxi050611024@126.com

[通信作者] 王彩云(1962—), 女, 湖北仙桃人, 教授, 博士生导师, 主要从事园林植物生理及分子生物学研究。

E-mail: mumtiger001@yahoo.com.cn

菊花(*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) 原产中国, 现已成为仅次于月季的国际花卉市场第二大重要名花^[1], 在中国和世界花卉业中占有重要的地位。菊花喜凉爽, 生长发育适温为 15~25 ℃, 超过 32 ℃ 则生长缓慢^[2], 持续高温会严重影响其生长发育, 从而影响菊花的观赏价值^[3-5]。因此, 提高菊花的耐热性并加强其耐热机理研究十分必要。有关嫁接提高植物耐热性的报道不少^[6-8], 但有关热胁迫下嫁接苗不同器官中保护酶活性的变化及差异研究却鲜见报道。为此, 本研究以不同生育阶段的扦插苗和嫁接苗为试材, 比较了嫁接苗、2 种扦插苗在高温胁迫下叶片、根系和茎段中保护酶活性的变化与各器官中酶活性的差异, 旨在探讨嫁接对菊花耐热性的影响机理及嫁接对不同器官耐热性的影响。

1 材料与方法

1.1 材 料

试验材料于 2003 年从武汉市归元禅寺华林苑菊花圃引种至武汉市华中农业大学花卉基地, 供试接穗为菊花品种‘紫龙献爪’, 砧木为青蒿, 以不同时间‘紫龙献爪’扦插苗为对照。

2011-02 中上旬在温室内播种青蒿, 待 3 月底长出 4~6 片真叶时, 移栽于口径 12 cm 的双色塑料盆中, 基质为园土和腐熟棉籽壳按 3:1 体积比混合。05-25 选取茎基部为 0.6~1 cm 的青蒿为砧木, 在生长健壮的菊花母株上取长 5~7 cm、粗 0.5~0.8 cm 的顶梢作接穗, 进行劈接, 接穗入砧木 1~1.5 cm (以下将‘紫龙献爪’嫁接苗记为 G-85)。扦插苗分别于 04-29 和 05-25 从母株取长 5~7 cm、粗 0.5~0.8 cm 的顶梢, 在泥炭土和珍珠岩体积比 1:1 混合的基质中扦插(以下将 04-29 扦插的‘紫龙献爪’记为 C₁-85, 05-25 扦插的‘紫龙献爪’记为 C₂-85)。

3 种试材均于 06-20 取生长一致的成活嫁接苗和扦插苗, 定植于口径 19 cm 的塑料盆中, 基质为园土和腐熟棉籽壳按 2:1 体积比混合, 进行常规栽培管理。

1.2 方 法

于 2011-07-23 取平均具有 9 片成熟功能叶片的嫁接苗 G-85 和扦插苗 C₁-85、C₂-85, 放入 40 ℃ 的人工气候箱内(经 35, 40 和 45 ℃ 处理预试验后, 选定 40 ℃ 作为高温处理温度), 控制相对湿度为 75%, 光照强度为 15 000 lx, 并于每日上午 08:00 浇水 1 次, 连续处理 5 d, 每个处理 90 株, 3 次重复。

高温胁迫处理 0, 2, 4, 8, 16, 24 h 和 2, 3, 4, 5 d

后, 分别取植株自基部向上第 6~8 片成熟功能叶, 用去离子水洗净擦干备用; 选取长度、粗细一致的根系, 用去离子水洗净擦干备用; 截取嫁接苗 G-85 愈合部茎段 1~1.5 cm, 扦插苗 C₁-85、C₂-85 也在与嫁接苗愈合部等高处截取茎段 1~1.5 cm 备用。参照李合生等^[9]的方法, 采用氮蓝四唑(NBT)光化还原法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性, 采用紫外吸收法测定过氧化氢酶(CAT)活性, 采用愈创木酚氧化法测定过氧化物酶(POD)活性, 叶片、根系和茎段中 3 种保护酶活性均重复测定 3 次。

1.3 数据处理

试验数据用 SPSS 8.1 软件进行方差分析, 并对平均数用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 高温胁迫下菊花嫁接苗和扦插苗叶片中保护酶活性的变化

如图 1 所示, 高温胁迫未开始时菊花嫁接苗与扦插苗叶片中 SOD 活性已存在显著差异, 胁迫期间菊花嫁接苗叶片中 SOD 活性也显著高于扦插苗。处理 24 h 内, 嫁接苗 SOD 活性在 2 h 出现最大值, 总体呈先上升后下降的趋势。高温处理 0~1 d 内, 嫁接苗和扦插苗的 SOD 活性均明显降低, 处理 1~2 d 内嫁接苗略微上升, 但扦插苗无明显变化。

由图 1 可以看出, 高温处理 2 h 时, 菊花嫁接苗叶片中 POD 活性出现明显峰值, 随后大幅下降, 并在处理 2 d 时出现较小峰值。扦插苗在处理 0~4 h 内出现大幅下降, 却在处理 3 d 后出现小幅上升。但嫁接苗的 POD 活性一直处于较高水平, 且显著高于扦插苗。

由图 1 可以看出, 菊花嫁接苗与扦插苗 C₁-85 叶片中 CAT 活性均在处理 2 h 时达最大值; 处理 16 h 时出现较小峰值。从整体来看, 嫁接苗与扦插苗的 CAT 活性均呈现下降趋势, 但嫁接苗和扦插苗 C₁-85 的下降幅度小且缓慢, 而扦插苗 C₂-85 下降幅度大且急剧。

2.2 高温胁迫下菊花嫁接苗和扦插苗根系中保护酶活性的变化

由图 2 可知, 菊花嫁接苗与扦插苗根系中 SOD 活性都较小。处理 2 h 后, 嫁接苗根系中 SOD 活性达到最大值; 处理 2 d 后 SOD 活性略微上升, 但整体呈缓慢下降趋势。扦插苗 C₂-85 在处理 8 h 和 2 d 时 SOD 活性高于 C₁-85, 但 2 种扦插苗的 SOD 活性差异不大, 均呈下降趋势。

由图 2 可以看出,菊花嫁接苗与扦插苗根系中 POD 活性均较高,整体都表现为先大幅下降后小幅上升的趋势。嫁接苗与扦插苗 POD 活性均在高温胁迫 2 h 时出现大幅上升,但处理 3 d 后仅有嫁接苗的 POD 活性出现较为明显的增加。

由图 2 可以看出,菊花嫁接苗和扦插苗根系中

CAT 活性变化幅度较小,嫁接苗的 CAT 活性显著高于扦插苗,但 2 种扦插苗 CAT 活性差异不明显。然而 3 种材料均在高温处理 2 h 时 CAT 活性有明显的上升,嫁接苗与扦插苗 C₂-85 在处理 3 d 时 CAT 活性有明显下降,而扦插苗 C₁-85 在处理 1 d 时 CAT 活性已明显下降。

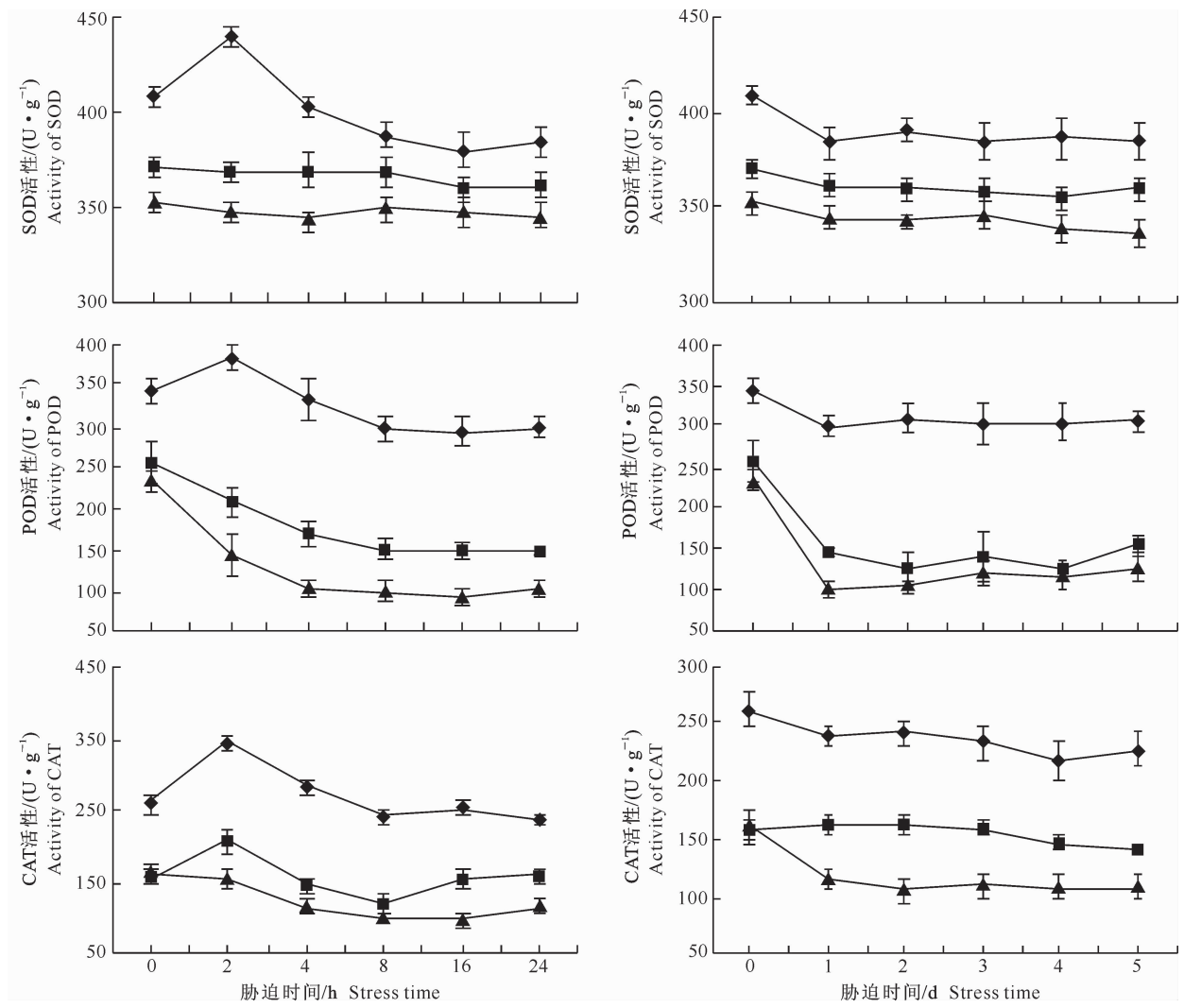


图 1 高温胁迫对菊花嫁接苗和扦插苗叶片 SOD、POD 和 CAT 活性的影响

—◆—, G-85; —■—, C₁-85; —▲—, C₂-85

Fig. 1 Effect of heat stress on activities of SOD,POD,CAT in leaves of grafted and cutting chrysanthemum seedlings

2.3 高温胁迫下菊花嫁接苗和扦插苗茎段中保护酶活性的变化

如图 3 所示,菊花嫁接苗与扦插苗茎段中的 SOD 和 CAT 活性变化趋势相似,变化幅度均较小。嫁接苗与扦插苗 C₁-85 的 SOD、CAT 活性在高温处理 2 h 均有小幅上升,但扦插苗 C₂-85 活性却明显下降。总的来看,嫁接苗茎段中的 SOD 和 CAT 活性较为稳定,变化不明显;2 种扦插苗的 SOD、CAT

活性则呈现小幅的下降趋势。

由图 3 可以看出,菊花嫁接苗茎段中 POD 活性相对较高,且与扦插苗的 POD 活性变化趋势相似:高温处理 2 h,POD 活性达到最大值;处理 3 d 出现小幅上升。从整体变化趋势来看,嫁接苗与扦插苗茎段中 POD 活性均在处理 0~2 d 有大幅下降,处理 2~3 d POD 活性小幅上升后趋于平稳。

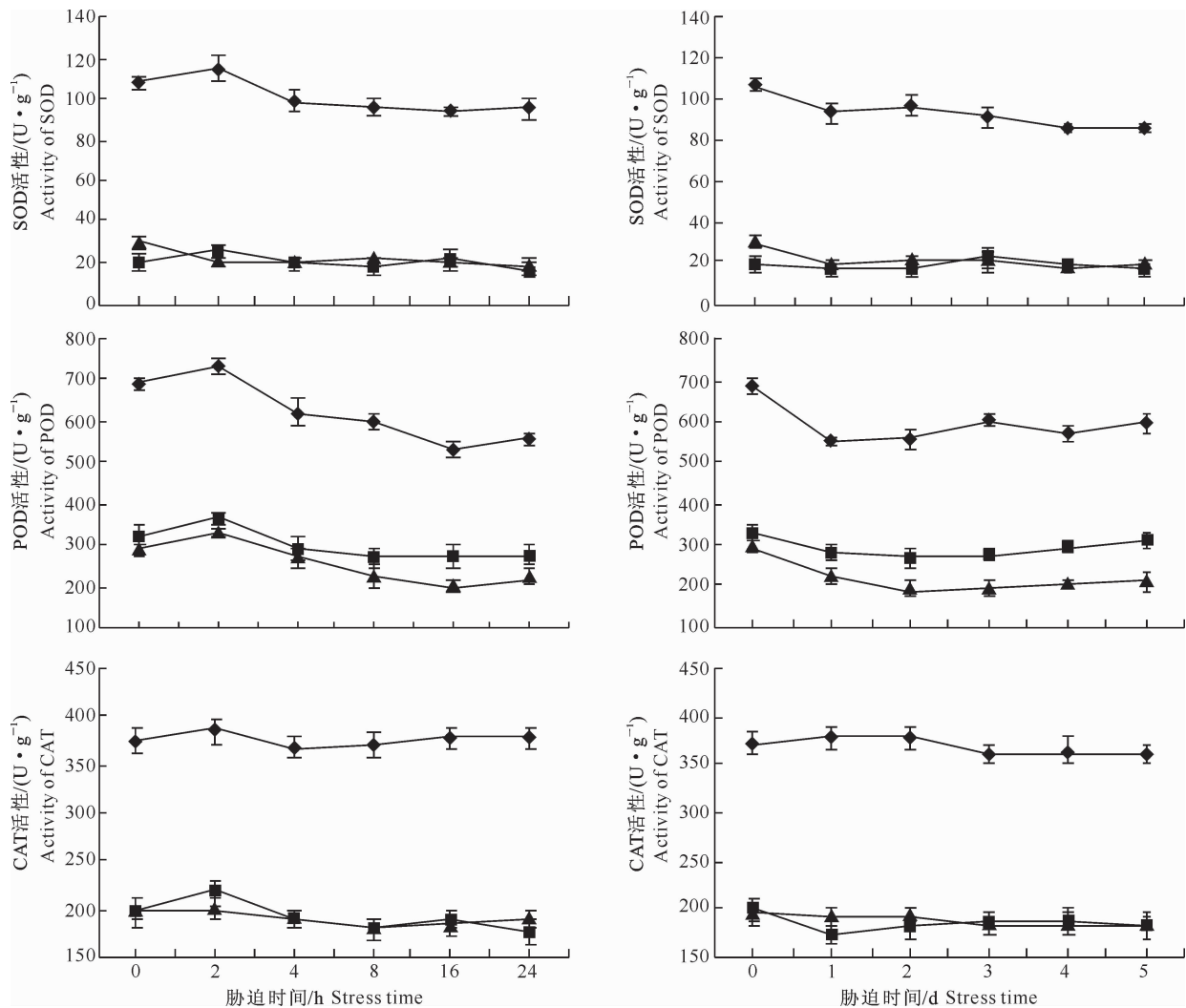


图 2 高温胁迫对菊花嫁接苗和扦插苗根系 SOD、POD 和 CAT 活性的影响

—◆—, G-85; —■—, C₁-85; —▲—, C₂-85

Fig. 2 Effect of heat stress on activities of SOD,POD,CAT in roots of grafted and cutting chrysanthemum seedlings

2.4 高温胁迫下菊花嫁接苗和扦插苗中同种保护酶活性差异的比较

通过对整个高温试验数据的平均值进行分析, 比较了嫁接苗与扦插苗根茎叶中 3 种保护酶活性的差异, 结果见图 4。由图 4A 可见, 菊花嫁接苗与扦插苗在根茎叶中的 SOD 活性存在显著性差异, 但扦插苗 C₁-85 与 C₂-85 根系中的 SOD 活性无显著差异。叶片中的 SOD 活性值在 350~400 U/g, 显著高于茎段和根系; 茎段中的 SOD 活性居中, 在 40~160 U/g; 根系中的 SOD 活性最小, 仅在 20~100 U/g。与扦插苗相比, 嫁接使叶片、根系和茎段中的 SOD 活性分别提高了 8.8%~14.4%, 364.8%~391.1%, 244.7%~275.5%, 其中嫁接使根系中 SOD 活性增幅最大, 其次是茎段, 叶片最小。

从图 4B 可知, 菊花嫁接苗与扦插苗在根茎叶中的 POD 活性均存在显著性差异。根系中的 POD

活性最大, 其中嫁接苗根系中的 POD 活性平均值达到 605.87 U/g, 而嫁接苗叶片和茎段中的 POD 活性平均值约为根系中的 1/2 和 1/3, 根系中 POD 活性最高的扦插苗 C₁-85 也仅为嫁接苗的 2/5~1/2。较之扦插苗, 嫁接后叶片、根系和茎段中的 POD 活性分别提高了 95.2%~155.7%, 104.3%~158.2%, 178.5%~227.7%, 其中以茎段中 POD 活性的增量最显著, 叶片和根系中 POD 活性的增幅相当。

从图 4C 可知, 菊花嫁接苗与扦插苗在根茎叶中的 CAT 活性存在显著性差异, 但 2 种扦插苗根系间的 CAT 活性无显著差异。嫁接苗和扦插苗均以根系中的 CAT 活性最高, 其中嫁接苗根系中的 CAT 活性达到 371.87 U/g, 扦插苗根系中的 CAT 活性约为嫁接苗的 1/2; 叶片中的 CAT 活性居中, 茎段中的 CAT 活性最小。与扦插苗相比, 嫁接后

CAT 活性在叶片、根系和茎段中的增幅依次为 64.0%~116.2%, 97.9%~98.0%, 81.4%~99.5%, 其中根系中平均增幅最大,而叶片和茎段中的平均增幅相当。

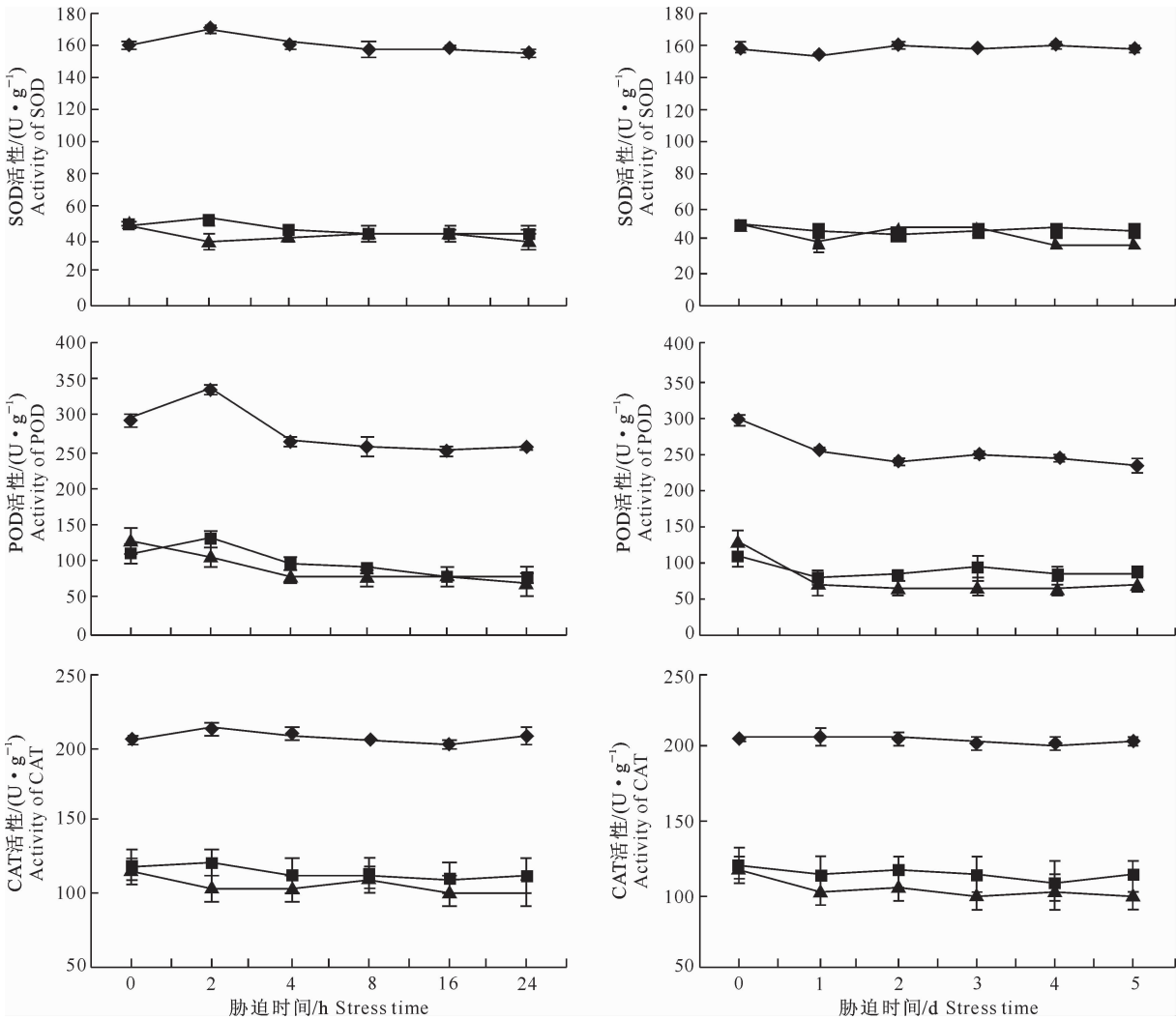


图 3 高温胁迫对菊花嫁接苗和扦插苗茎段 SOD、POD 和 CAT 活性的影响

—◆—, G-85; —■—, C₁-85; —▲—, C₂-85

Fig. 3 Effect of heat stress on activities of SOD,POD,CAT in stems of grafted and cutting chrysanthemum seedlings

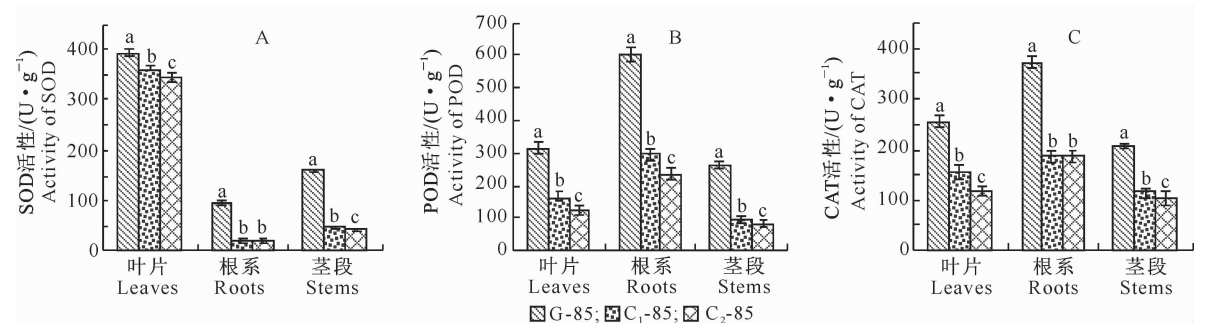


图 4 高温胁迫下菊花嫁接苗与扦插苗根茎叶中 SOD、POD 和 CAT 活性差异的比较

图中不同小写字母表示酶活性存在显著差异(P=0.05)

Fig. 4 Comparison of SOD,POD,and CAT activities in leaves,roots and stems of grafted and cutting chrysanthemum seedlings under heat stress

Different lowercase letters in the figure shows significantly difference among enzyme activities according to LSD-test(P=0.05)

3 讨 论

逆境胁迫下,酶促防御系统活性与植物的抗逆性有关,也间接反映了植物耐热能力的高低。对番茄^[10]、黄瓜^[11]、西瓜^[12]、茄子^[13-15]、苦瓜^[16]等的大量研究表明,嫁接苗 SOD、POD 和 CAT 的活性均大于自根苗。本试验的研究结果与前人研究结果一致,说明嫁接能在一定程度上提高植物的抗逆能力。

本试验中,高温胁迫未处理时嫁接苗与扦插苗的保护酶系统活性已存在显著差异,但处于各自的较低水平。胁迫 2 h 后保护酶系统活性出现明显上升态势,但活性的上升随着胁迫时间的延长而表现出明显的受限制和下降趋势。这与 Lidon 等^[17]、Davenport 等^[18]、房伟民等^[8]的研究结果一致。然而,房伟民等^[8]以菊花品种‘意大利红’为材料的高温胁迫试验表明,嫁接苗与扦插苗叶片中 SOD 活性在高温处理 0~1 d 后明显上升,CAT 活性则在 0~1 d 内明显下降但在 1~2 d 内又大幅上升。本试验以‘紫龙献爪’为接穗,在相同胁迫时间下观测到叶片中 SOD 和 CAT 活性变化与上述结果不同。由此推测,保护酶系统活性不仅与胁迫时间长短、强度大小有关,还可能与接穗、砧木的基因型等有关。

有研究表明,嫁接黄瓜苗叶片中 SOD、CAT 活性高于扦插苗,但叶片中 POD 及根系中的保护酶活性差异较小^[19];也有研究表明,嫁接网纹甜瓜根系中 POD 活性高于叶片而 CAT 活性低于叶片,根系和叶片中 SOD 活性相当^[20];还有研究认为,早稻根系中保护酶活性对高温的敏感性高,POD 在胁迫后活性差异最大,SOD 活性差异小于 POD,而 CAT 活性仅在胁迫中表现^[21]。本试验中嫁接菊花叶片中的 SOD 活性最大,CAT 活性最小;而根系和茎段中的 POD 活性最大,SOD 活性最小;嫁接使根系中的 SOD 和 CAT 活性增幅最大,茎段中 POD 活性增幅最大。可见,同一植株不同器官中的保护酶活性存在差异,不同植物种类相同器官内的保护酶活性水平也存在差异,嫁接对不同器官中不同保护酶的促进效应不同。因此,有关嫁接对不同器官中保护酶活性的影响尚需进一步研究。

4 结 论

1)高温胁迫下,除扦插苗根系中 SOD 和 CAT 活性外,嫁接苗与扦插苗间叶片、茎段中的 3 种保护酶及扦插苗根系中的 POD 活性均存在显著差异。叶片中以 SOD 活性最大,CAT 活性最小;根系中

POD、CAT 活性较高,尤以 POD 活性最大,SOD 活性最小;茎段中 3 种保护酶活性差异较小,以 POD 活性略高。因此,根系中 POD 和 CAT 活性以及叶片中 SOD 活性对高温的反应更为敏感,而茎段中 3 种保护酶活性对高温的反应则相对迟钝。

2)嫁接对叶片、根系和茎段中保护酶活性的促进程度不同。与扦插苗相比,嫁接使根系中 SOD 活性提高了 364.8%~391.1%,使茎段中 POD 活性增加了 178.5%~227.7%;但叶片、根系和茎段中的 CAT 活性相对上升较少,增幅均低于 100%。

3)嫁接苗各器官中的保护酶活性均显著高于 2 种扦插苗,具有较强的耐热能力;扦插苗生长时间的长短也在一定程度上影响植株的耐热能力。所以,嫁接是提高菊花耐热能力的一项有效措施,为生产上提高菊花越夏能力和夏季菊花品质开拓了新的思路,也为促进菊花的周年供应提供了依据。

[参考文献]

- [1] Spaargaren J J. De teelt van jaarrond chrysanten [M]. Aalsmeer:Spaargaren,2002:6-19.
- [2] 郭志刚,张 伟.菊花 [M]. 北京:清华大学出版社,1997:31-45.
Guo Z G,Zhang W. Chrysanthemum [M]. Beijing:Tsinghua University Press,1997:31-45. (in Chinese)
- [3] Abdul M K,Simon P. Spectral filters and temperature effects on grown and development of chrysanthemum under low light integral [J]. Plant Growth Regulation,2006,49:61-68.
- [4] Cockshull K E,Kofranek A M. High temperatures delay flowering produce abnormal flowers and retard growth of cut-flower chrysanthemum [J]. Scientia Hort,1994,56:217-234.
- [5] Hahn E J,Cho Y R,Lee Y B. Air temperature and relative humidity affect the growth of chrysanthemum plantlets in the microponic system [J]. Journal of the Korean Society for Horticultural Science,1998,39(5):625-628.
- [6] 张衍鹏,于贤昌,张振贤,等.日光温室嫁接黄瓜的光合特性和保护酶活性 [J]. 园艺学报,2004,31(1):94-96.
Zhang Y P,Yu X C,Zhang Z X,et al. Studies on the photosynthetic characteristic and protective enzyme of grafted cucumber leaves in solar greenhouse [J]. Acta Horticulturae Sinica,2004,31(1):94-96. (in Chinese)
- [7] 范双喜,王绍辉.高温逆境下嫁接番茄耐热特性研究 [J]. 农业工程学报,2005,21(Z2):60-63.
Fan S X,Wang S H. Endurance to high temperature stress of grafted tomato [J]. Transactions of the CSAE,2005,21(Z2):60-63. (in Chinese)
- [8] 房伟民,郭维明,陈俊愉.嫁接提高菊花耐高温与抗氧化能力的研究 [J]. 园艺学报,2009,36(9):1327-1332.
Fang W M,Guo W M,Chen J Y. Effects of grafting on the improvement of heat tolerance and antioxidant abilities in leaves

- of chrysanthemum [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2009, 36 (9):1327-1332. (in Chinese)
- [9] 李合生,孙 群,赵世杰.植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京:高等教育出版社,2000:194-197.
Li H S,Sun Q,Zhao S J. Experimental principle and technology of plant physiology and biochemistry [M]. Beijing: Higher Education Press,2000:194-197. (in Chinese)
- [10] He Y,Zhu Z J,Yang J. Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity [J]. *Environ Exp Bot*, 2009, 66:270-278.
- [11] 樊怀福,郭世荣,张润花,等.嫁接对低氧胁迫下黄瓜生长和生理代谢的影响 [J]. *园艺学报*, 2006, 33(6):1225-1230.
Fan H F,Guo S R,Zhang R H, et al. Effects of grafting on growth and physiological metabolism in cucumber seedlings under hypoxia stress [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2006, 33 (6):1225-1230. (in Chinese)
- [12] 朱士农,郭世荣,张爱慧,等. NaCl 胁迫对西瓜嫁接苗叶片抗氧化酶活性及光合特性的影响 [J]. *西北植物学报*, 2008, 28 (11):2285-2291.
Zhu S N,Guo S R,Zhang A H, et al. Activities of antioxidant enzymes and photosynthetic characteristics in grafted watermelon seedlings under NaCl stress [J]. *Acta Bot Boreal*, 2008, 28(11):2285-2291. (in Chinese)
- [13] Wei G P,Yang L F,Zhu Y L, et al. Changes in oxidative damage, antioxidant enzyme activities and polyamine contents in leaves of grafted and non-grafted eggplant seedlings under stress by excess of calcium nitrate [J]. *Scientia Hort*, 2009, 120(4):443-451.
- [14] 张晓艳,徐 坤.低温胁迫下砧穗互作对茄子嫁接苗叶片抗氧化酶系统的影响 [J]. *山东农业科学*, 2009(6):39-41, 45.
Zhang X Y,Xu K. Effect of rootstock-scion interaction on antioxidant enzyme system in leaves of grafted eggplant seedlings under low temperature stress [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2009(6):39-41, 45. (in Chinese)
- [15] 周宝利,吕 娜,王子晗,等. NaCl 胁迫下嫁接对茄子生长及抗逆性生理指标的影响 [J]. *中国蔬菜*, 2010(20):42-46.
Zhou B L,Lü N,Wang Z H, et al. Effect of grafting to eggplant growth and resistance physiology under NaCl [J]. *China Vegetables*, 2010(20):42-46. (in Chinese)
- [16] 严泽生,秦耀国,黄燕辉.嫁接对苦瓜涝渍前后三种保护酶活性的影响 [J]. *北方园艺*, 2008(12):69-70.
Yan Z S,Qin Y G,Huang Y H. Effects of graft on activities of three protective enzyme of bitter melon under waterlogging [J]. *Northern Horticulture*, 2008(12):69-70. (in Chinese)
- [17] Lidon F C,Teixeira M G. Oxy radicals production and control in the chloroplast of Mn-treated rice [J]. *Plant Science*, 2000, 152:7-15.
- [18] Davenport S B,Gallego S M,Benavides M P, et al. Behaviour of antioxidant defense system in the adaptive response to salt stress in *Helianthus annuus* L. cells [J]. *Plant Growth Regulation*, 2003, 40(1):81-88.
- [19] 冯 炘,于贤昌,郭恒俊,等.低温胁迫对黄瓜嫁接苗和自根苗保护酶活性的影响 [J]. *山东农业大学学报:自然科学版*, 2002, 33(3):302-304.
Feng X,Yu X C,Guo H J, et al. Effect of low temperature stress on the protective-enzyme activity of grafted cucumber seedling and own-root cucumber seedling [J]. *Journal of Shandong Agricultural University: Natural Science*, 2002, 33 (3):302-304. (in Chinese)
- [20] 王慧蕾,唐小付,龙明华.营养液低氧胁迫对网纹甜瓜嫁接苗逆境指标的影响 [J]. *中国蔬菜*, 2008(3):26-29.
Wang H L,Tang X F,Long M H. Effect of hypoxia stress on several resistant physiological indexes of muskmelon grafted seedlings [J]. *China Vegetables*, 2008(3):26-29. (in Chinese)
- [21] 谭雪明,石庆华,许锦彪,等.高温胁迫对早稻不同品种胚乳和根系抗氧化保护酶活性的影响 [J]. *江西农业大学学报*, 2005, 27(6):806-810.
Tan X M,Shi Q H,Xu J B, et al. The effect of high temperature stress on the activity of the anti-oxygen protective enzyme in the endosperm and root of varieties of early rice [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2005, 27 (6): 806-810. (in Chinese)