

高温胁迫对芹菜幼苗细胞膜稳定性的影响

朱 鑫^{1,2}, 沈 火 林¹

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100094; 2. 天津市农业高新技术示范园区管理中心, 天津 300192)

摘 要:以经京津地区多年夏季露地自然高温下筛选出的不同耐热性的 8 个芹菜品系为试材, 在高温胁迫下, 分析比较其膜稳定性、丙二醛含量和保护酶活性等指标。结果表明: 经过一段时间的高温处理以后, 耐热品系的膜稳定性高于不耐热品系, 而丙二醛含量与耐热性呈负相关。保护酶变化各不相同, CAT 活性与耐热性呈正相关。POD 活性在高温下发生变化, 随着高温处理温度的升高, POD 活性有下降的趋势, 但同一高温处理下, 耐热品系 POD 活性升高幅度小于不耐热品系; SOD 活性品系间有显著差异, 但和耐热性无显著相关性。

关键词:芹菜; 高温胁迫; 膜稳定性; 丙二醛; 保护酶系统

中图分类号:S 636.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)07-0016-05

芹菜(*Apium graveolens* L.) 属伞形科芹属草本植物, 含有丰富的营养成分, 且具有一定的医疗效果, 是国内外主要栽培的重要蔬菜之一。芹菜生长的最适温度为 15~20℃, 26℃ 以上生长不良, 品质变劣, 产量降低。因此, 夏季栽培中迫切需要耐热而质优的芹菜品种。高温胁迫对于植物细胞膜的影响主要表现在膜结构及膜脂成分、结合在膜上酶的稳定性等几个方面。该试验以耐热性不同的 8 个芹菜品系为试材, 研究了高温胁迫下幼苗的细胞膜稳定性, 以期芹菜耐热性育种提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料于 2004 年开始, 在中国农业大学科学院夏季露地自然高温下连续进行不同品系芹菜的耐热和不耐热材料的筛选, 初步筛选出耐热的品系 15、19、22, 不耐热品系 11、20, 介于耐热和不耐热之间的品系 23、24。

1.2 试验方法

1.2.1 芹菜幼苗细胞膜稳定性的试验 2004 年 7 月播种 8 个芹菜品系, 在第 5 片真叶展开时, 取着生部位相近、叶龄相同的叶片, 测定细胞膜的稳定性。

1.2.2 芹菜幼苗丙二醛含量及保护酶的试验 2004 年

7 月播种 8 个芹菜品系, 在第 4~5 片真叶展开时, 置于日/夜为 20℃/12℃(CK)、26℃/16℃、30℃/20℃ 的光照培养箱中处理 10 d, 每 2 d 取 1 次叶片, 测定丙二醛含量及保护酶活性。

1.3 项目测定

采用电导仪法^[1]测定其在高温胁迫下细胞膜伤害率; 采用分光光度法测定丙二醛(MDA)含量的变化^[2]; 采用氮蓝四唑法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性; 采用愈创木酚法测定过氧化物酶(POD)活性; 采用高锰酸钾滴定法测定过氧化氢酶(CAT)活性^[1]。

2 结果与分析

2.1 不同品系芹菜幼苗膜稳定性的变化

图 1 表明, 在 40℃ 的高温处理下, 8 个芹菜品系的细胞膜都不同程度地受到伤害, 品系间膜透性差异极显著, 电导率越高说明细胞膜稳定性越低。电导率由高到低依次为 11、20、12、24、23、15、19、22, 不耐热品系 11、12 和 20 的膜稳定性显著低于其它品系, 而耐热品系 22 和 19、15 质膜稳定性较高。

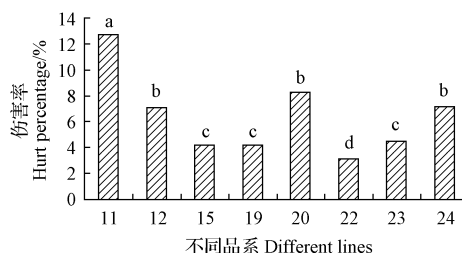


图 1 高温胁迫下细胞膜伤害率

Fig. 1 Cell membrane hurt percentage under high temperature stress

第一作者简介:朱鑫(1982-), 女, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜遗传与育种。E-mail: zhuxin96@126.com.

责任作者:沈火林(1965-), 男, 博士, 教授, 研究方向为蔬菜遗传育种与生物技术。E-mail: SHL1606@cau.edu.cn.

收稿日期:2013-12-11

2.2 不同品系芹菜幼苗 MDA 含量的变化

丙二醛(MDA)是高活性的脂质过氧化物,能交联脂类、核酸、糖类及蛋白质,在逆境下,其在细胞中的积累常导致质膜伤害。从图 2 可以看出,无论是对照温度 20℃/12℃还是 26℃/20℃、30℃/20℃ 2 个高温处理,芹菜品系之间的丙二醛绝对含量都呈显著性差异。其中对照温度 20℃/12℃第 1 次取样的丙二醛绝对含量从高

到低依次为 12、20、11、19、23、24、22、15,30℃/20℃高温处理下第 2 次取样的丙二醛绝对含量从高到低依次为 12、24、11、23、20、22、19、15,30℃/20℃高温处理下第 5 次取样的丙二醛绝对含量从高到低依次为 11、12、20、23、24、22、15、19。呈现出越耐用品系,丙二醛绝对含量越低的趋势。

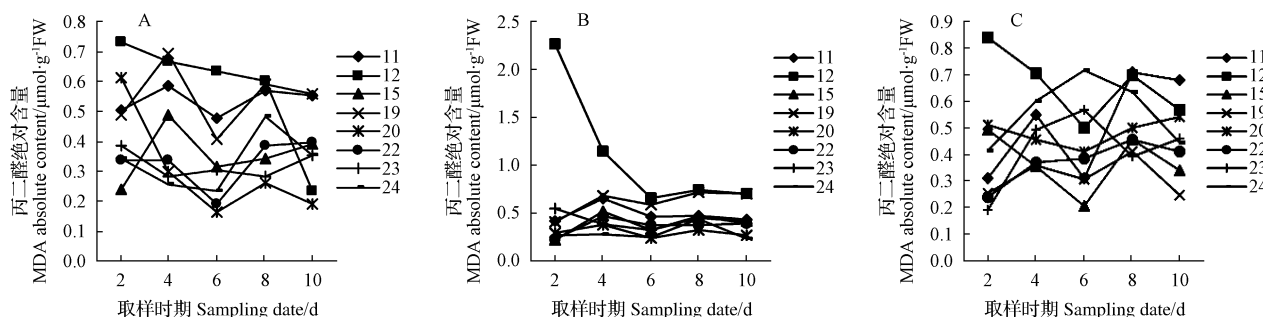


图 2 高温胁迫下芹菜 MDA 绝对含量的变化

注: A, 20℃/12℃; B, 26℃/20℃; C, 30℃/20℃。

Fig. 2 Changes of MDA absolute content under high temperature stress

Note: A, 20℃/12℃; B, 26℃/20℃; C, 30℃/20℃。

而 2 个高温 26℃/20℃、30℃/20℃ 处理的丙二醛相对含量与对照温度相比,芹菜品系也都呈现显著性差异。由图 3 可知,在 30℃/20℃ 高温处理下第 5 次取样的丙二醛相对含量从高到低排列为 20、12、23、24、11、22、15、19,呈现出越耐用品系,丙二醛相对含量越低的趋势。

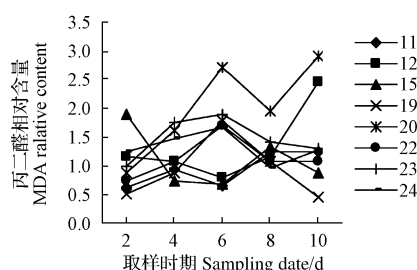


图 3 30℃/20℃ 高温胁迫下芹菜 MDA 相对含量的变化

Fig. 3 Changes of MDA relative content under

30℃/20℃ high temperature stress

2.3 高温胁迫下不同品系芹菜保护酶(SOD、CAT、POD)活性的变化

2.3.1 CAT 活性的变化

无论是对照温度 20℃/12℃ 还是 26℃/20℃、30℃/20℃ 高温处理,品系之间的 CAT 活性绝对含量都呈现显著性差异。图 4 可以看出,对照温度 20℃/12℃ 的第 3、5 次取样时 CAT 活性绝对值从高到低依次为 15、23、24、19、22、20、11、12、19、15、22、11、23、24、12、20。呈现出越耐热, CAT 活性越高的趋势。图 5 表明, 26℃/20℃、30℃/20℃ 高温处理的 CAT 活性

相对含量在各品系芹菜之间也有显著差异。但是 CAT 相对活性和 8 个芹菜品系之间的耐热性关系不明显。

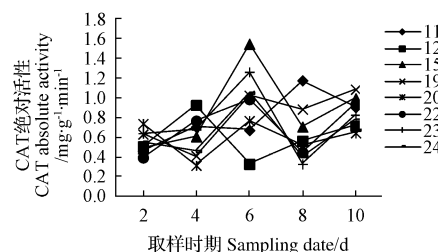


图 4 对照温度下芹菜 CAT 绝对活性的变化

Fig. 4 Changes of CAT absolute activity under normal temperature

2.3.2 POD 活性的变化

无论是对照温度 20℃/12℃ 还是 26℃/20℃、30℃/20℃ 2 个高温处理,图 6 表明,品系之间的 POD 绝对活性都有显著性差异。随着处理温度的升高,POD 绝对活性发生变化的时间也不同,温度越高,发生变化的时间越提前。对照温度 20℃/12℃ 的 POD 绝对活性在第 4 次取样时发生变化,而 26℃/20℃ 高温处理绝对活性在第 3 次取样时发生变化,30℃/20℃ 高温处理绝对活性在第 2 次取样就发生变化。说明经过高温胁迫后,植物体启动了酶促防御系统,清除自由基。而随着处理温度的升高 POD 绝对活性有下降的趋势。26℃/20℃ 高温处理最后一次取样的 POD 绝对活性比该温度下第 1 次取样时的 POD 活性上升,但是耐

热品系上升幅度比不耐热的明显少。图 7 表明,26℃/20℃、30℃/20℃高温处理的 POD 相对活性在各品系芹菜之间也都呈现显著差异。26℃/20℃第 3 次取样 POD 相对活性达到最大。30℃/20℃高温处理也有相似的表

现,有一个先升高再降低的趋势。可能是高温处理到后期,破坏了植物正常生长,植物代谢系统发生了紊乱,依靠保护酶清除自由基已经失去了效用。

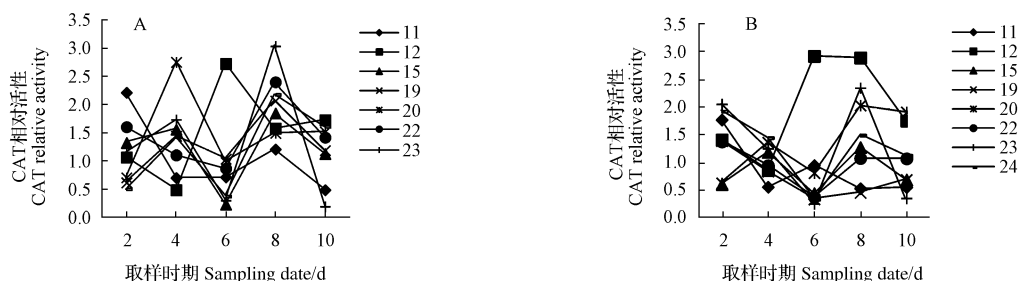


图 5 高温胁迫下芹菜 CAT 相对活性的变化

注:A,26℃/20℃;B,30℃/20℃。

Fig. 5 Changes of CAT relative activity under high temperature stress

Note: A, 26℃/20℃; B, 30℃/20℃.

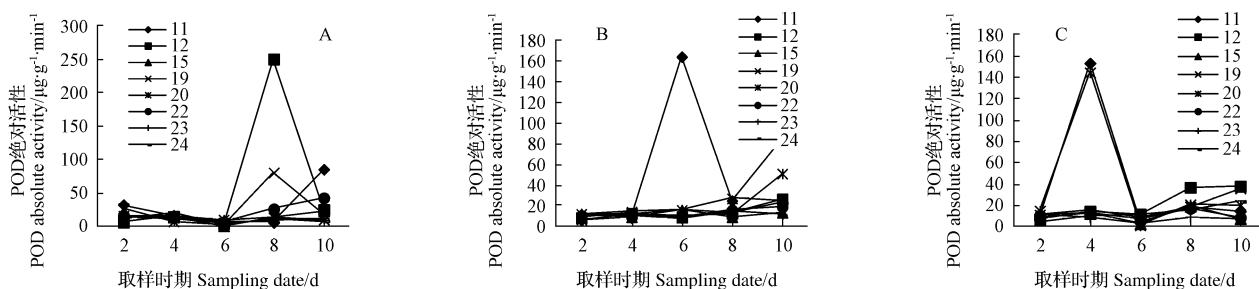


图 6 高温胁迫下芹菜 POD 绝对活性的变化

注:A,20℃/12℃;B,26℃/20℃;C,30℃/20℃。

Fig. 6 Changes of POD absolute activity under high temperature stress

Note: A, 20℃/12℃; B, 26℃/20℃; C, 30℃/20℃.

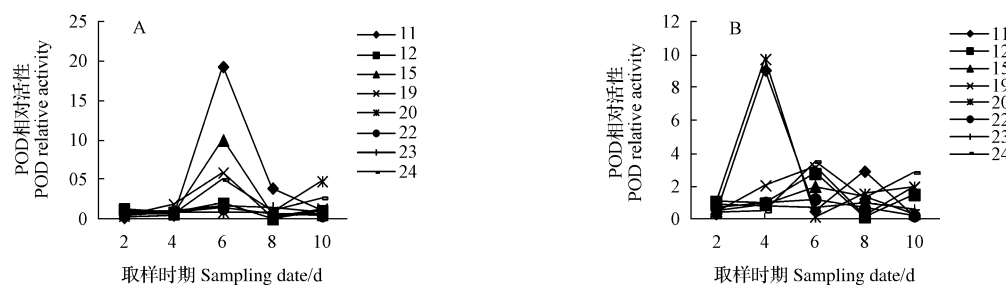


图 7 高温胁迫下芹菜 POD 相对活性的变化

注:A,26℃/20℃;B,30℃/20℃。

Fig. 7 Changes of POD relative activity under high temperature stress

Note: A, 26℃/20℃; B, 30℃/20℃.

2.3.3 SOD 活性变化 无论是对照温度 20℃/12℃还是 26℃/20℃、30℃/20℃高温处理,品系之间的 SOD 绝对活性都呈显著性差异。图 8 表明,26℃/20℃、30℃/20℃

高温处理的 SOD 相对活性在各品系之间也都有显著差异。但是无论是 SOD 相对活性还是绝对活性和耐热性之间的关系都不明显。

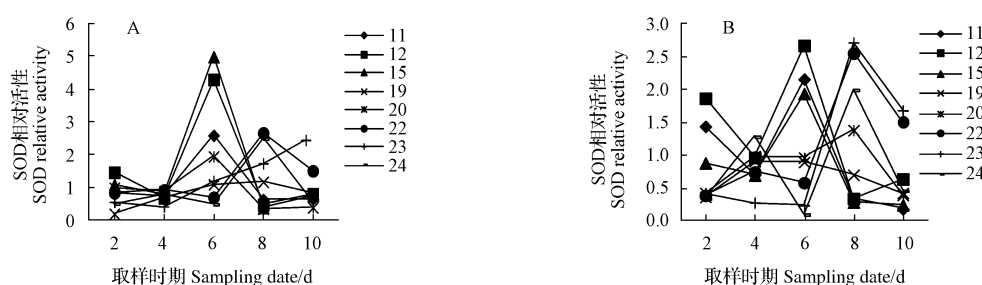


图8 高温胁迫下芹菜 SOD 相对活性的变化

注:A, 26℃/20℃; B, 30℃/20℃。

Fig. 8 Changes of SOD relative activity under high temperature stress

Note: A, 26℃/20℃; B, 30℃/20℃。

3 讨论

细胞质膜热稳定性是反映作物抗热性的一个重要指标^[3]。植物叶片被高温伤害后,膜的通透性增加,胞质外渗量增加^[4],组织浸出液中电解质浓度随之增高,电导度升高,此时可以测定叶片外渗电导率来确定高温的伤害^[5]。因此,以电解质渗漏量为代表的脂膜透性变化是最常用的指标之一^[6]。从该试验可以看出,在高温胁迫下,越耐热的品种,膜稳定性越高^[7]。丙二醛在植株内的含量也被试图作为抗热性鉴定指标之一^[8]。从该试验可以看出,丙二醛的含量也和耐热性有显著的负相关性,在高温胁迫下,耐热的品系丙二醛含量较低,而不耐热品系丙二醛含量较高。说明在高温胁迫下,植物体内的过氧化物酶和超氧化物歧化酶体系能阻止膜过氧化物丙二醛的增加,使自由基产生和清除产生一定的平衡,耐热品系的清除的能力较强所以丙二醛含量较低,而不耐热品系清除能力较弱,所以丙二醛含量高。说明在高温胁迫下测定芹菜幼苗的电导率和丙二醛含量可以鉴定不同品种的耐热性。

高温打破了细胞内超氧自由基(O_2^-)、羟自由基($\cdot OH$)、丙二醛(MDA)的产生与消除间的平衡,造成 O_2^- 、 $\cdot OH$ 和MDA的积累,引起膜蛋白与膜内脂的变化,从而改变膜透性,对植物造成高温伤害。植物酶促防御系统,包括超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)、抗坏血酸过氧化物酶(ASP)等都具清除自由基的能力,因而成为植物抗热性生理基础之一^[9]。从该试验可以看出,CAT、POD和SOD活性随着温度的升高都有变化。在热胁迫下,越耐热的品种,CAT活性越高,随着热胁迫温度的升高POD活性发生变化的时间会提前,POD活性会下降,这与吴国胜

等^[10]、司家钢等^[11]在大白菜上研究结果一致。但在同一高温处理下不耐热品种POD活性发生变化的幅度比耐热品种发生变化幅度大,和耐热性品种能保持较高POD活性不一致^[12]。SOD活性变化比较复杂,该试验中也没有得出确切的结论。植物体是一个复杂的有机体,高温胁迫下,保护酶活性的变化在不同作物上可能会有不同结论,还需要继续进行研究。

参考文献

- [1] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2000.
- [2] 刘祖祺. 植物抗性生理学[M]. 北京:中国农业出版社, 1994:370-372.
- [3] 田学军, 卢焕仙. 热胁迫对油菜种子活力和幼苗抗氧化酶活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(4): 77-78.
- [4] 杨春燕. 高茅茅新品系抗旱耐热性评价[J]. 北方园艺, 2013(18): 63-66.
- [5] 张文娟, 李连国, 郭金丽, 等. 干热胁迫下六种景天植物的形态特征及生理响应[J]. 北方园艺, 2012(17): 71-75.
- [6] 万里强. 热胁迫下两种禾草抗性生理指标的变化[J]. 西南农业学报, 2012(25): 1468-1472.
- [7] 江佳琳, 孙彦. 不同地区白颖苔草在热胁迫下的生理反应[J]. 草地学报, 2013(5): 539-545.
- [8] 孙彦, 张芸芸. 五种冷季型草坪草的耐热性研究[J]. 草业科学, 2011, 28(11): 1909-1914.
- [9] 李艳艳, 李植良, 黎振兴, 等. 热胁迫对不同耐热性茄子叶片有关生理指标及组织结构的影响[J]. 园艺学报, 2011(38): 2553-2557.
- [10] 吴国胜, 王永健, 曹宛虹, 等. 大白菜热害发生规律及耐热性筛选方法的研究[J]. 华北农学报, 1995(1): 111-115.
- [11] 司家钢, 孙日飞, 吴飞燕, 等. 高温胁迫对大白菜耐热性相关生理指标的影响[J]. 中国蔬菜, 1995(4): 4-6, 15.
- [12] 田学军, 卢焕仙. 热胁迫对油菜种子活力和幼苗抗氧化酶活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(4): 77-78.

苯甲酸及外源物质对番茄种子发芽的影响

宋小丽, 赵 祥

(山西农业大学 动物科技学院, 山西 太谷 030801)

摘 要:以番茄为试材, 设置 5 个梯度(0、100、150、200、250 $\mu\text{mol/L}$) 苯甲酸浓度胁迫处理番茄种子, 并外源添加不同浓度硝普钠(SNP)、蔗糖、维生素 C, 以探讨苯甲酸对番茄种子发芽的化感及消除化感的效应。结果表明: 随着苯甲酸浓度的增大, 番茄种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数、化感效应指数均呈降低趋势, 说明苯甲酸对番茄种子发芽具有抑制作用; 外源添加 50 $\mu\text{mol/L}$ 硝普钠、0.25% 蔗糖对苯甲酸抑制番茄种子发芽的缓解作用较好, 但 50 $\mu\text{mol/L}$ 硝普钠对胚根生长具有抑制作用; 0.25 mmol/L 维生素 C 对苯甲酸抑制番茄种子的发芽和胚根生长均起到缓解作用。

关键词:番茄; 种子萌发; 化感物质; 苯甲酸; 硝普钠(SNP); 蔗糖; 维生素 C

中图分类号:S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)07-0020-04

蔬菜根系可以通过释放化感物质产生促进或抑制蔬菜生长的化感作用。植物化感作用广泛存在于自然界中, 在农业生产中的应用也越来越广泛, 深入研究植物的化感作用有助于在农业生产中进行合理的轮作、间作和套作等, 对促进农业可持续发展具有重要意义^[1-2]。

第一作者简介:宋小丽(1988-), 女, 河南永城人, 硕士研究生, 研究方向为草地生态学。E-mail: xl18235400237@126.com.

责任作者:赵祥(1970-), 男, 山西宁武人, 教授, 硕士生导师, 现主要从事草地生态和牧草生理生态等研究工作。E-mail: sxndzhaoxiang@126.com.

基金项目:山西农业大学引进人才科研启动资助项目(XB2008018)。

收稿日期:2013-12-17

作物根系分泌物中含有自毒物质, 这些自毒物质主要是酚类物质^[3]。水稻(*Oryza sativa* L.) 秸秆腐解以及根分泌物中的自毒物质包括对-羟基苯甲酸、香豆酸、丁香酸、香草酸、杏仁酸和阿魏酸等^[4]。大豆(*Glycine max* (L.) Merrill) 根系分泌物中的香豆酸、香豆醛和对-羟基苯甲酸抑制大豆幼苗的生长^[5]。从黄瓜(*Cucumis sativus* L.) 根系分泌物中鉴定出了对-羟基苯甲酸、苯甲酸、2,5-二羟基苯甲酸、苯丙烯酸等 11 种酚酸类物质, 这些物质对黄瓜根系养分吸收等生理活动和幼苗生长具有直接的影响^[6]。但苯甲酸对番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.) 种子发芽的影响国内外相关报道尚不多见。该试验用番茄根系分泌物(苯甲酸)处理番茄种子, 找出合

Effect of High Temperature Stress on Cell Membrane in Celery Seedlings

ZHU Xin^{1,2}, SHEN Huo-lin²

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094; 2. Tianjin Agricultural Demonstrated Center, Tianjin 300192)

Abstract: Taking 8 lines of celery with different heat resistance that screened out according to the observation of many years in the natural high temperature in summer of Tianjin and Beijing as materials, membrane stability, MDA content and protective enzyme activity were studied under high temperature stress. The results showed that the membrane stability of heat resistant lines were higher than heat sensitive lines, while MDA content was negatively correlated with heat resistance. Changes of each protective enzyme were not identical. CAT activity was positively associated with heat resistance. With the increase of heat treatment temperature, POD activity decreased, but the heat resistant lines increased less than heat sensitive lines in the same high temperature. There was significant difference in SOD activity between the lines, but no significant correlation between different lines.

Key words: celery; high temperature stress; membrane stability; MDA; protective enzyme system