

茄子耐热性研究进展

张冉^{1,2}, 贾利^{2*}, 方凌², 张其安², 刘童光¹, 严丛生², 江海坤²

(1. 安徽农业大学园艺学院, 安徽合肥 230036; 2. 安徽省农业科学院园艺研究所, 安徽合肥 230031)

摘要 综述了茄子耐热生理生化、耐热性遗传规律、耐热性分子标记、耐热性指标筛选、耐热品种选育等方面的研究进展, 以期对茄子耐热生理、分子生物学研究以及耐热品种培育提供参考。

关键词 茄子; 耐热性; 生理生化; 遗传规律; 分子标记; 耐热品种

中图分类号 S641.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)36-0065-03

The Research Progress of Eggplant Heat Resistance

ZHANG Ran^{1,2}, JIA Li^{2*}, FANG Ling² et al (1. School of Horticulture, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230031; 2. Institute of Horticulture, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230031)

Abstract Physiology and biochemical, genetic development, index selection, molecular marker and heat resistance variety breeding of eggplant were reviewed, and provided reference for heat resistance physiology, molecular biology research and variety breeding.

Key words Eggplant; Heat resistance; Physiology and biochemical; Genetic development; Molecular marker; Heat resistant varieties

茄子为茄科茄属^[1-2]直立分枝草本至亚灌木, 果实形状大小各异, 颜色有白、红、紫等, 原产亚洲热带。我国茄子品种类型丰富, 栽培历史悠久, 在全国各地均有栽培, 为我国夏季的主要蔬菜之一^[3]。茄子喜温, 在日温 25~30℃、夜温 18~25℃下生长最为适宜^[4-5]。研究发现, 超过 35℃的连续高温不利于茄子的生长发育^[6], 会导致花发育不良, 花期缩短, 花粉活力下降, 落花落果增加, 果实产量和品质下降等^[7-8], 甚至会造成大幅度的减产, 从而给种植户造成巨大的经济损失^[9]。笔者综述了高温胁迫对茄子生长发育的影响研究进展, 以期对茄子耐热生理、分子生物学研究以及茄子耐热品种选育提供参考。

1 茄子耐热生理生化研究

1.1 水分生理与耐热性 蒸腾作用是植物体一项复杂的生理过程, 不仅受外界环境条件的影响, 还受植物本身的调控。为减轻因高温使蒸腾作用加剧而产生的伤害, 需保持茄子细胞内的水分平衡, 同时耐热品种具有相对较高的蒸腾速率^[1], 以利于自身体温的降低, 进而减轻高温带来的伤害。

1.2 细胞微观结构与耐热性 植物的耐热性与叶片显微结构之间存在一定相关性^[4]。与感热品种相比, 茄子耐热品种具有以下特点: 叶片上表皮气孔关闭, 气孔体积与开张度较小; 叶片较厚, 叶肉组织细胞排列紧密, 很少出现质壁分离的现象^[10]。研究发现, 耐热品种的叶片与栅栏组织较厚, 气孔密度相对较大^[11]。

1.3 细胞膜系统与茄子的耐热性

1.3.1 细胞膜透性与耐热性。 Martineau 等^[12]认为, 高温胁迫下, 植物细胞膜透性增加为高温胁迫的本质现象之一。当

植物组织受到逆境伤害时, 由于细胞膜的功能受损或结构遭到破坏透性会增大, 细胞内的各种水溶性物质包括电解质会有不同程度的外渗情况, 因此, 可用电导仪测定外渗液的电导度增加值从而得到伤害程度。研究发现, 随着高温胁迫天数的增加, 茄子叶片细胞膜的功能受损, 相对透性增大^[13]。

1.3.2 电解质渗透率与耐热性。 研究者通常利用测定组织浸出液电导率的方法来判断电解质外渗与高温伤害的程度^[14-15]。利用电导率结合 Logistic 曲线方程推导出半致死温度, 更能准确地反映植物所承受的温度极限, 该方法在植物抗性研究中已被广泛应用^[16-17]。康建坂等^[18]研究发现, 茄子的耐热性与电导率呈负相关。贾开志等^[19]研究认为, 利用渗透率的变化可以将不同品种茄子对高温的耐热性进行区分。

1.3.3 丙二醛与耐热性。 丙二醛 (MDA) 是细胞膜脂过氧化的产物, 具有细胞毒性, 会造成膜的损伤加剧。MDA 数量能反映膜脂过氧化的程度^[20], 可作为衡量植物组织抗氧化能力的指标。研究表明, 在高温胁迫下, MDA 含量显著增加, 且温度越高, 增幅越大^[21-22]。范飞等^[13]研究发现, 随着高温胁迫天数的增加, 茄子体内的 MDA 含量随之增加; 张雅等^[23]研究表明, MDA 含量在耐热性较好的茄子品种中上升较慢。

1.4 渗透调节物质与茄子的耐热性 渗透调节指在逆境水分胁迫下, 一些植物体主动积累各种有机物或无机物来提高细胞液的浓度, 降低渗透势, 提高细胞的吸水或保水能力来适应环境的过程。植物体内的游离脯氨酸、可溶性蛋白和可溶性糖可作为渗透保护物质, 在逆境胁迫下维持细胞的结构与功能^[24]。

1.4.1 可溶性蛋白与耐热性。 高温下植物体的可溶性蛋白含量与抗热性有关, 可溶性蛋白含量下降的越少, 说明植株对高温的抗性越强, 细胞的自我调节能力越好^[25]。范飞等^[13]对 4 个茄子品种进行处理后发现, 幼苗叶片中可溶性蛋白含量在高温胁迫下均呈显著下降趋势。

1.4.2 可溶性糖与耐热性。 李威等^[26]研究发现, 经高温处

基金项目 安徽省农业科学院院长青年基金项目 (15B0325); 安徽省自然科学基金项目 (1608085QC58); 安徽省科技重大专项 (15cz03120); 国家大宗蔬菜产业技术体系合肥综合试验站 (CARS-25-G-18)。

作者简介 张冉 (1993-), 女, 安徽滁州人, 硕士研究生, 研究方向: 蔬菜遗传育种。* 通讯作者, 助理研究员, 博士, 从事蔬菜遗传育种与生物技术研究。

收稿日期 2016-10-30

理后,各个茄子品种可溶性糖含量均有所下降,虽然与正常花率有一定关系,但相关性不显著。这与贾开志等^[19]的研究结果一致。

1.4.3 脯氨酸与耐热性。脯氨酸在植物抗逆胁迫中具有防止水分散失和提高原生质体稳定性的作用^[25]。李威等^[26]认为,各品种脯氨酸含量在高温处理前后的含量与各品种含量的增幅顺序基本一致。吴雪霞等^[27]研究发现,高温胁迫在提高脯氨酸含量的同时,也提高了茄子自身的耐热性。但李植良等^[28]以6份茄子为材料进行研究,结果表明,脯氨酸含量变化无规律,较难反映不同茄子幼苗间的耐热性差异。

1.5 光合作用与茄子的耐热性

1.5.1 光合系统与耐热性。光合作用是植物体生命活动的重要组成部分,也是对高温较为敏感的生理反应之一。在高温条件下,因为PSII更容易失活,植物光合速率降低的限制因素主要是光反应(PSII),这在Havaux^[29]的研究中也得到证实。朱静等^[30]研究发现,随着高温胁迫的进行,植物光合作用明显受到抑制。

1.5.2 叶绿素含量与耐热性。张志忠等^[7]对23个茄子品种进行研究,结果发现,高温逆境下各品种的叶绿素含量均呈下降趋势,但在逆境解除后均得到了不同程度的恢复。叶绿素a和叶绿素b都存在于类囊体膜上,高温下Chla降解比Chlb快^[31],高温胁迫后Chla/Chlb呈下降趋势,解除胁迫后其数值虽然继续下降,但下降趋势较缓,说明高温下Chlb比Chla稳定且胁迫后恢复能力也较强。吴雪霞等^[27]研究发现,茄子幼苗受到高温胁迫后,叶片中叶绿素含量显著下降,说明高温胁迫会使叶绿素合成变缓并加速叶绿素分解。

1.6 保护酶系统与茄子的耐热性植物在生长过程中自身会不断地产生活性氧,在逆境胁迫下,由于代谢发生障碍,会产生更多活性氧,加剧细胞膜脂过氧化作用,影响生物膜与其他大分子结构与功能,进而对细胞产生氧化伤害作用^[32],严重时甚至导致植株死亡。

张雅等^[23]指出,高温胁迫下茄子SOD活性显著下降;吴雪霞等^[27]研究表明,高温胁迫下茄子幼苗叶片中SOD、POD、CAT和APX活性均比对照组显著增加;范飞等^[13]研究发现,高温胁迫下除耐热品种SOD、POD、CAT活性较为稳定,其余品种叶片中保护酶活性均呈减少趋势。

2 茄子耐热性遗传规律研究

易金鑫等^[8]选择4份耐热性不同的茄子亲本,将耐热指数与坐果率的数据利用Hayman's法进行处理,确定耐热性是不完全显性遗传且受2对以上基因控制,符合加性-显性模型(其中加性效应占主要方面)。樊绍霖等^[33]以耐热性不同的6份茄子材料作为样本,对F₂代材料耐热性状的正常性遗传性进行检验,结果表明,F₂代中4个耐热指标的理化性状符合正态分布与数量性状条件,即茄子耐热性状属于数量性状。

3 茄子耐热性分子标记研究

杨洋等^[34]在茄子热胁迫SSH-cDNA文库中找到了9个SSR位点,结合在基因组数据库中与茄子耐热相关的EST

序列中的25个位点,共设计出32对SSR引物。结果表明,在不同茄子材料中,引物对EG6靶向文库EST序列YP249扩增显示多态性。考虑EG6的扩增位点,采用抑制性消减杂交的方法构建了茄子耐热品系896的热胁迫基因上调表达文库,并对文库的部分序列进行了实时荧光定量PCR的表达验证分析^[35]。对构建的文库信息进行分析,结果发现茄子受到热胁迫后,大量因子会参与代谢过程,如糖类、脂类以及氨基酸等代谢途径,表现为生长抑制调控。

4 茄子耐热性指标的筛选

目前在对茄子耐热性鉴定研究中,使用较多的有热害指数测定法与生理生化指标测定法等。热害指数、细胞膜电导率和脯氨酸含量是目前鉴定茄子苗期耐热性普遍使用的评价指标^[1]。可溶性糖、可溶性蛋白、MDA、叶绿素含量以及各种抗氧化酶的活性等指标也可作为评价依据^[36-38]。坐果率^[39]、花粉活力^[40]和结球率^[41]等指标也被作为田间耐热性品种选育鉴定的重要依据。

贾开志等^[19]测定了在43℃/38℃(昼/夜)的高温胁迫下茄子幼苗的热害指数以及恢复指数、电导率、可溶性糖含量等指标的变化,结果发现,幼苗的热害指数升高,电导率和脯氨酸含量增加,可溶性糖含量下降,表明热害指数和恢复指数、电导率、脯氨酸含量可作为筛选茄子品种耐热性的指标。

李植良等^[28]研究表明,苗期热害指数和相对电导率可有效区分不同品种的耐热性。这在王志和等^[42]发现脯氨酸含量、相对电导率变化与耐热性有一定相关性的研究中也得到证实。

李威等^[26]分别进行了室内高温与田间自然高温鉴定,发现热害指数、电导率、MDA含量、脯氨酸含量4个指标与7份茄子材料的正常花率和坐果率呈显著相关。经过室内鉴定确认为耐热品种,在田间高温条件下,其正常花率和坐果率均高于不耐热品种。

5 茄子耐热品种的选育

贾开志等^[19]在高温胁迫条件下以14个不同茄子品种为材料进行研究,结果发现,N1(农友茄)相对于其他品种表现出较强的耐热性;张志忠等^[7]利用夏季高温对参试的23个品种进行栽培并对其抗热性进行鉴定评价,结果发现,海南枕头茄、南京紫长茄、紫苏山奇茄和益农长身红茄4个品种在高温条件下仍获得较高的产量。范飞等^[13]以4个不同产地的茄子品种(新乡糙青茄、紫罐茄、天子岭紫长茄、杭茄1号)为试验材料,研究高温胁迫下不同品种幼苗的生理指标,结果发现,高温胁迫下杭茄1号幼苗具有较好的耐热性。另外,还有伏龙茄^[43]、黑帅圆茄^[44]、浙茄28^[45]等耐热茄子新品种。

6 展望

目前关于茄子耐热性的研究较多,主要集中在对其相关生理生化指标的研究方面,在分子生物学和遗传学上关于茄子耐热性的研究仍不够深入。此外,目前多在人工气候室下开展模拟高温试验,对于一些由于高温引发的如水分、CO₂

等环境因子变化对茄子生长发育的影响难以解释,在这些问题上,仍需进一步研究。

参考文献

- [1] 张志忠,吴菁华,黄碧琦,等. 茄子耐热性苗期筛选指标的研究[J]. 中国蔬菜,2004,1(2):4-7.
- [2] 孙保娟,黎振兴,李植良. 茄子分子生物学研究进展[J]. 吉林蔬菜,2010(4):42-46.
- [3] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [4] 张志忠,黄碧琦,吕柳新,等. 蔬菜作物的高温伤害及其耐热性研究进展[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2002,31(2):203-207.
- [5] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [6] 陈世儒,王鸣. 蔬菜育种学[M]. 北京:农业出版社,1986:300-303.
- [7] 张志忠,黄碧琦. 23个茄子品种抗热性鉴定及其抗热机理的初步研究[J]. 热带作物学报,2011,32(1):61-65.
- [8] 易金森,侯喜林. 茄子耐热性遗传表现[J]. 园艺学报,2002,29(6):529-532.
- [9] 孙保娟,黎振兴,罗少波,等. 持续高温胁迫对茄子幼苗几个主要生理指标的影响[J]. 热带作物学报,2010,31(9):1528-1534.
- [10] 韩笑冰,利容千,王建波. 热胁迫下萝卜不同耐热品种细胞组织结构比较[J]. 武汉植物学研究,1997,15(2):173-178.
- [11] 刘进生,汪隆植,李式军,等. 番茄耐热优良品种筛选初报[J]. 中国蔬菜,1994(6):33-35.
- [12] MARTINEAU J R, WILLIAMS J H, SPECHT J E. Temperature tolerance in soybeans. II. evaluation of segregating populations for membrane thermostability[J]. Crop science, 1979, 19(11):79-81.
- [13] 范飞,李绍鹏,高新生,等. 不同茄子品种幼苗耐热性比较研究[J]. 北方园艺,2013(15):15-19.
- [14] 张燕利,高捍东,吴锦华. 4种景天科植物耐热性测定[J]. 西南林学院学报,2010,30(6):52-54.
- [15] 龚萍,王健. 利用电导率法测定六种芳香植物的耐热性[J]. 湖北农业科学,2011,50(10):2038-2040.
- [16] 李秀玲,刘君,宋海鹏,等. 应用 Logistic 方程测定 13 种观赏草的耐热性研究[J]. 江苏农业科学,2010(3):184-186.
- [17] 赵亚洲,卓丽环,张琰. 2 种红枫的高温半致死温度与耐热性[J]. 上海农业学报,2006,22(2):51-53.
- [18] 康建斌,李永平,张志忠. 不同茄子品种的抗热性初探[J]. 亚热带植物科学,2002,31(4):17-20.
- [19] 贾开志,陈贵林. 高温胁迫下不同茄子品种幼苗耐热性研究[J]. 生态学杂志,2005,24(4):398-401.
- [20] 周人纲,李晓芝,攀志和,等. 高温锻炼对不同耐热性辣椒细胞膜热稳定性的影响[J]. 河北农业科学,1994(3):14-15.
- [21] 辛雅芬,石玉波,沈婷,等. 4 种植物抗热性比较研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(8):4431-4432,4501.
- [22] 李淼,李天来. 短期日间高温对番茄叶片抗氧化酶活性的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2009,40(2):135-139.
- [23] 张雅,傅鸿妃. 高温胁迫对茄子幼苗抗氧化系统和叶绿素荧光参数的影响[J]. 浙江农业科学,2010(2):246-250.

- [24] 潘瑞炽,董愚得. 植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社,1995.
- [25] 蒋明义,郭绍川,张学明. 氧化胁迫下稻苗体内积累的脯氨酸的抗氧化作用[J]. 植物生理学报,1997,23(4):347-352.
- [26] 李威,肖熙鸥,吕玲玲. 高温胁迫下茄子耐热性表现及耐热指标的筛选[J]. 热带作物学报,2015,36(6):1142-1146.
- [27] 吴雪霞,查丁石,朱宗文,等. 外源 24-表油菜素内酯对高温胁迫下茄子幼苗生长和抗氧化系统的影响[J]. 植物生理学报,2013,49(9):929-934.
- [28] 李植良,孙保娟,罗少波,等. 高温胁迫下华南茄子的耐热性表现及其鉴定指标的筛选[J]. 植物遗传资源学报,2009,10(2):244-248.
- [29] HAVAUX M. Stress tolerance of photosystem II in vivo: Antagonistic effects water, heat, and photoinhibition stresses [J]. Plant physiology, 1992, 100(1):424-432.
- [30] 朱静,杨再强,李永秀,等. 高温胁迫对设施番茄和黄瓜光合特性及抗氧化酶活性的影响[J]. 北方园艺,2012(1):63-68.
- [31] 刘德良,赖万年. 夏季梅花品种耐热性生理生化指标研究[J]. 北方园艺,2012(2):57-61.
- [32] 张桂莲,陈立云,张顺堂,等. 高温胁迫对水稻剑叶保护酶活性和膜透性的影响[J]. 作物学报,2006,32(9):1306-1310.
- [33] 樊绍翥,谷晓华,安凤霞. 茄子耐热性性状正态性遗传测验分析[J]. 北方园艺,2013(17):37-39.
- [34] 杨洋,田时炳,王永清,等. 茄子耐热相关 EST-SSR 分子标记的研究[J]. 西南农业学报,2012,25(5):1798-1804.
- [35] 杨洋,田时炳,王永清,等. 热胁迫下茄子叶片 cDNA-SSH 文库的构建及其相关基因分析[J]. 中国农学通报,2014,30(28):105-110.
- [36] 孙保娟,李植良,黎振兴,等. 茄子耐热性苗期鉴定研究[J]. 广东农业科学,2007(2):27-29.
- [37] GROVER A, MITTAL D, NEGI M, et al. Generating high temperature tolerant transgenic plants: Achievements and challenges [J]. Plant science, 2013, 205/206:38-47.
- [38] GUPTA N K, AGARWAL S, AGARWAL V P, et al. Effect of short-term heat stress on growth, physiology and antioxidative defence system in wheat seedlings [J]. Acta physiologiae plantarum, 2013, 35(6):1837-1842.
- [39] 刘进生,汪隆植,李式军,等. 番茄耐热优良品种筛选初报[J]. 中国蔬菜,1994,14(6):33-35.
- [40] 尹贤贵,罗庆熙,王文强,等. 番茄耐热性鉴定方法研究[J]. 西南农业学报,2001,14(2):62-65.
- [41] 罗少波,李智军,周微波,等. 大白菜品种耐热性的鉴定方法[J]. 中国蔬菜,1996,16(2):16-18.
- [42] 王志和,于丽艳,曹德航,等. 短期高温处理对大白菜几个生理指标的影响[J]. 西北农业学报,2005,14(3):82-85.
- [43] 谈大明,徐长城,周文胜,等. 耐热茄子新品种伏龙茄的选育[J]. 中国蔬菜,2000(2):30-31.
- [44] 王梅,高志奎,任士福,等. 耐热优质茄子新品种“黑帅圆茄”[J]. 园艺学报,2008,35(6):931.
- [45] 毛伟海,包崇来,胡天华,等. 优质耐热多抗茄子新品种浙茄 28 的选育[J]. 中国蔬菜,2005(10/11):57-58.

(上接第 64 页)

参考文献

- [1] 郭力刚,冯志勇,谭琦,等. 秀珍菇菌株遗传差异研究初报[J]. 食用菌学报,2000,7(4):4-7.
- [2] 翁伯琦,江枝和,林勇,等. 不同培养料对秀珍菇子实体蛋白质营养评价的影响[J]. 食用菌学报,2002,9(2):10-13.
- [3] 张孔金,黎志银,谢宝贵,等. 不同农药对秀珍菇生长及产品安全性影

- 响的研究[J]. 食药菌,2012,20(5):292-294.
- [4] 李依韦,郭海林. 秀珍菇高产品种选育[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版),2009,24(5):514-518.
- [5] 王广维,鲁德迅,张泉亮,等. 袖珍菇脱毒·组织培养·孢子分离菌株性能对比[J]. 安徽农业科学,2013,41(25):10265-10268,10350.
- [6] 黄良水,徐立胜,江美芳. 秀珍菇出菇过程中异常问题分析及处理[J]. 食用菌,2009,31(4):39-40.