

# 高温胁迫对辣椒幼苗生长及生理性状的影响

贾志银, 巩振辉, 许红娟, 逯明辉

(西北农林科技大学 园艺学院 陕西 杨凌 712100)

**摘要:**以耐热品种 B34 和热敏品种 B6 幼苗为试材, 对高温胁迫下辣椒幼苗形态性状及生理特性的变化进行比较分析。结果表明: 辣椒不同耐热品种在高温胁迫下, 幼苗的茎粗、鲜重和干重无明显差异, 株高和根长差异显著, 在处理第 7 天时, 耐热品种 B34 的株高和根长分别比对照降低了 6.9% 和 10.86%。而热敏品种 B6 的株高和根长分别比对照降低了 10.78% 和 17.8%。不同耐热品种幼苗热害指数随高温胁迫时间的延长而逐渐升高, 叶片含水量无明显差异, 叶绿素含量逐渐降低, 根系活力、POD 活性先升高后降低, 其中热敏品种比耐热品种表现更为明显。

**关键词:** 辣椒; 热胁迫; 形态指标; 生理生化

**中图分类号:** S 641.3   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1001—0009(2010)12—0005—04

辣椒 (*Capsicum annuum* L.) 原产于中南美洲热带雨林地区的墨西哥、秘鲁等地, 是人们广为喜爱的蔬菜作物, 但存在喜温怕热的问题。近年来, “温室效应”的不断加剧使全球气温不断升高, 使得温室、大棚辣椒越夏栽培难度增大, 植物的生长和发育受到严重影响, 引起

植物抗性降低、生长势减弱, 从而导致产量下降、品质劣化, 因此有关辣椒耐热性的研究受到了越来越多的重视。研究耐热性相关机理, 培育抗热品种则成为应对高温逆境问题的关键途径之一。国内外研究者已经从不同角度对热胁迫下的辣椒生长发育进行了研究<sup>[9-10]</sup>, 对辣椒耐热性研究及耐热品种选育有一定参考价值<sup>[1]</sup>。胡志辉等对辣椒新品种耐热性鉴定方法进行了分析<sup>[2]</sup>。潘宝贵研究了高温胁迫对不同辣椒品种光合作用的影响<sup>[3]</sup>。张子学等报道了温度胁迫对辣椒部分生理特性的影响, 指出了高温对植物的生理特性变化影响较大<sup>[4]</sup>。韩晓冰等从热胁迫对辣椒花粉发育及其生活力的超微结构方面进行了研究<sup>[5]</sup>。Karni 等从热胁迫对辣椒花粉发育及其生活力的机理方面进行了研究<sup>[6]</sup>, 孟令波等研究了高温胁迫黄瓜幼苗根系生长的影响, 指出主

**第一作者简介:** 贾志银(1982-), 女, 在读硕士, 现从事蔬菜遗传育种与生物技术研究工作。E-mail: jzy0520@163.com。  
**通讯作者:** 巩振辉(1957-), 男, 陕西礼泉人, 博士, 教授, 博士生导师, 现从事蔬菜种质资源与生物技术研究工作。E-mail: gzh168@yahoo.com.cn。  
**基金项目:** “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD01A7, 2008BADB1B04); 陕西省“13115”科技创新工程重大科技专项资助项目(2007ZDKG-05)。  
**收稿日期:** 2010-04-12

## Effect of Different Foliar Fertilizer on the Yield and Quality of Thomson Seedless Grapevine

CHE Jun-feng<sup>1</sup>, SU Ting<sup>1</sup>, ZHANG Le<sup>1</sup>, GUO Chun-hui<sup>1</sup>, SUN Feng<sup>2</sup>, WANG Yue-jin<sup>1</sup>  
(1. College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Research Center of Xinjiang Grape, Melon and Fruit, Shanshan, Xinjiang 838201)

**Abstract:** In order to improve commodity and obtain higher economic of thomson seedless grapevine. Before flowering young fruit enlargement period berries before maturity in the thompson seedless grapes were equipped with different nutrition on leaf. Investigated the effect of fertilizer on the yield and quality of thomson seedless grapevine. The results showed that spraying humic acid and balanced nutrition fat on thomson seedless grapevine leaves could not only increase yield 18.93%~20.20% compared with the CK, but also enable increase their chlorophyll content and netphotosynthetic rate of thomson seedless grapevine leaves, improved the fruit firmness, soluble solids contents, sugar acid ratio, ascorbic acid and decreased the content of titratable acid of thomson seedless, thus improving the fruit quality. Among the different combinations of foliar fertilizers, spraying balanced nutrition fat was the best.  
**Key words:** thomson seedless; foliar fertilizer; yield; quality

根生长变化率与温度胁迫呈极显著正相关<sup>[7]</sup>。但这些工作大多仅从形态指标或生理指标单方面进行分析,而高温胁迫下,植物在形态和生理上均会发生相应变化,从热胁迫下辣椒形态性状与生理性状变化二方面探索辣椒的耐热性,无疑对于揭示辣椒的耐热机理大有裨益。该研究分析了高温胁迫对辣椒形态指标的变化和生理特性的影响,旨在进一步探讨辣椒的耐热机理,为辣椒耐热育种及耐热机理深入研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

耐热品种 B34 和热敏品种 B6 由西北农林科技大学辣椒课题组提供。种子精选后采用温汤浸种法, 55℃浸种 20 min, 充分吸水 6 h, 28℃催芽。播种基质采用腐熟牛粪:表土:河砂(1:1:1)。基质灭菌 30 min 后冷却至室温备用。育苗期间常规管理,湿度控制视基质表面干湿度进行浇水。做到见干见湿,苗期虫害采用粘虫黄板诱杀,同时结合万紫 5 000 倍液喷施。幼苗具 2~3 片真叶时移入 10 cm×10 cm(直径×高)塑料营养钵,冷床育苗。待幼苗长至 5~7 叶时,选取叶片舒展和生长健壮辣椒苗在人工气候箱进行高温处理。处理时光照强度为 148 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,光照时间 12 h,相对湿度 65%。以昼夜 25℃为对照,40℃/28℃昼夜各 12 h,每个处理分别在 0、1、3、5、7 d 取样,随机选取 5 株取样,3 次重复。

1.2 试验方法

用直尺测定株高、根长;用游标卡尺测定茎基部作为茎粗。测定时对幼苗随机取样,每次抽取 10 株。热害症状分级标准参照文献<sup>[4]</sup>。热害指数=Σ各株级数/(最高级数×总株数)×100%。剪取鲜植物材料称过鲜重后放入烘箱内 100~105℃杀青 15 min,然后于 80℃下烘干至恒重,取出纸袋和材料,放入干燥器中冷却至室温称干重,计算含水量。叶绿素用 96%乙醇提取测定<sup>[11]</sup>;根系活力用 TTC 法测定<sup>[8]</sup>,丙二醛含量采用硫代巴比妥酸法测定<sup>[12]</sup>。POD 采用愈创木酚法测定<sup>[13]</sup>。采用统计软件 DPS 和 Excel 2003 对试验数据计算处理并进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 高温胁迫对辣椒幼苗生长的影响

表 1 表明,与对照相比,高温处理后,辣椒幼苗茎粗、鲜样、干样重量均受到抑制。幼苗在高温胁迫下,处理第 2 天时,2 个供试品种株高、根长和茎粗较对照增加,这可能是由于在高温度下植株表现明显的徒长造成的。随着胁迫时间的延长,在处理第 7 天时,株高、根长、茎粗、鲜样重量和干样重量比对照降低。耐热品种 B34 的株高和根长分别比对照降低了 6.9%和 10.86%。而热敏品种 B6 的株高和根长分别比对照降低了 10.78%和 17.8%。B34 品种鲜样重量和干样重量分别比对照

降低了 18.30%和 16.66%。B6 品种鲜样重量和干样重量分别比对照降低了 17.65%和 15.56%。2 个供试品种的茎粗、鲜样重量和干样重量差异不显著,而株高和根长差异显著。

表 1 高温处理对辣椒幼苗生长的影响

Table 1 Effect of high temperature stress on morphological characters of pepper seedling

处理温度 Treatment temperature/℃	品种 Cultivars	株高 Plant height/ cm	茎粗 Stem diameter / mm	根长 Root length / cm	鲜样重量 Fresh weight/ g	干样重量 Dry weight / g
对照(25)	B34	7.22aA	1.69aA	4.88aA	0.71aA	0.048aA
40		6.72bB	1.63aA	4.35bA	0.58aA	0.040aA
对照(25)	B6	8.13aA	1.43aA	4.75aA	0.85aA	0.045aA
40		7.26bB	1.38aA	3.90bA	0.70aA	0.038aA

注:同列不同小写和大写字母分别表示差异达显著( $P<0.05$ )和极显著( $P<0.01$ )水平,下同。

Note: The different small and big capital letters indicate the significant difference at  $P<0.05$  and  $P<0.01$  levels, respectively, the following table the same.

2.2 高温胁迫对热害指数和含水量的影响

由表 2 可知,高温胁迫下,2 个供试品种与对照相比随着时间的延长受害指数呈明显的上升趋势,在处理第 7 天时,耐热品种和热敏品种热害指数分别为 61.57%和 80.24%,表明不同品种的耐热性对辣椒热害指数影响较大。高温胁迫后,经线性关系分析,在热胁迫过程中辣椒热害指数与胁迫时间显著正相关( $R^2=0.9884$ ),可见热害指数可以作为鉴定辣椒耐热性较为可靠的生理指标。与对照相比,不同耐热品种含水量随着胁迫时间的延长呈下降趋势。对照处理含水量没有明显的变化,耐热品种和热敏品种差异不显著(表 3)。

表 2 高温胁迫对热害指数的影响

Table 2 Effect of high temperature stress on injury index

处理温度 Treatment temperature /℃	品种 Cultivars	热害指数 Heat index/% 处理天数 Treatment day/ d				
		0	1	3	5	7
25	B34	0aA	1.35aA	1.35aA	1.55aA	1.57aA
40		0aA	12.27 bB	34.26 bB	54.23 bB	61.57 bB
25	B6	0aA	1.25aA	1.30aA	1.45aA	1.60aA
40		0aA	14.85 bB	43.13cC	67.17cC	80.24 cC

2.3 高温胁迫对叶绿素含量的影响

由图 1 可看出,经高温胁迫后,叶片的叶绿素含量表现显著下降趋势,且随胁迫时间延长下降程度越大。2 个供试品种对照叶绿素含量随处理时间的延长而没有出现明显的变化。2 个供试品种均在热胁迫前期(0~5 d)下降快速,热胁迫后期(5~7 d)叶绿素含量下降缓慢。热敏品种 B6 下降幅度大于耐热品种 B34。热胁迫 5 d 时, B34 品种叶绿素含量为对照的 41.13%, B6 为对照的 34.50%。对照与处理间差异达到显著水平。说明热胁迫对叶绿素具有破坏作用。说明随着胁迫时间延长,叶绿素含量与胁迫时间呈负相关( $y=-0.278x+$

表 3 高温胁迫对含水量的影响

Table 3 Effect of high temperature stress on water content of seedlings

处理温度 Treatment temperature / °C	品种 Cultivars	含水量 Leaf water content / %				
		处理天数 Treatment day/ d				
		0	1	3	5	7
25	B34	93.30aA	93.20aA	91.5aA	91.2aA	90.23aA
40	B34	92.10aA	88.9bB	87.61bAB	85.24 cC	81.36cC
25	B6	92.16aA	93.12aA	92.8aA	92.14aA	93.5aA
40	B6	91.22aA	86.30bB	85.65bBC	83.10cC	79.20 cC

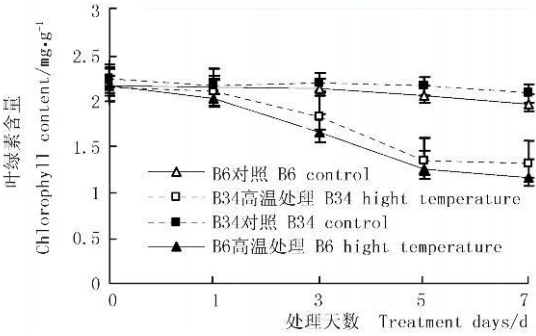


图 1 高温胁迫对叶片叶绿素含量的影响

Fig. 1 Effects of high temperature stress on chlorophyll content

2.5,  $R^2=0.9447$ )。叶绿素含量降低的程度与品种的耐热性有一定关系。

2.4 高温胁迫对根活力的影响

由图 2 可看出, 对照处理的根系活力在处理过程中逐渐增大, 而高温处理后, 随着胁迫的进程, 2 个品种根系活力表现出先升高后降低的趋势, 对照与处理间差异达到显著水平。B34 品种根活力高于 B6 品种。处理 7 d 后, B34 品种较对照的下降为 27.7%, B6 品种较对照的下降为 33.7%。耐热品种与热敏品种差异显著。

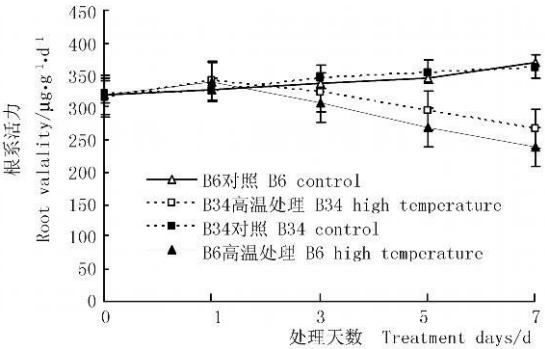


图 2 高温胁迫对根系活力影响

Fig. 2 Effects of high temperature stress on root activity

2.5 高温胁迫对 POD 活性的影响

由图 3 所示, 与对照相比, 在高温胁迫下, 辣椒叶片中的 POD 活性呈先升后降趋势。对照处理的 POD 活性随着时间的延长而没有明显的变化, 基本保持稳定。2 个品种处理在 5 d 内 POD 活性随胁迫时间的延

长而呈升高趋势, 在处理 5 d 时 POD 活性升至最高, 以后逐渐降低。B34、B6 品种在第 5 天较对照分别升高了 51.57% 和 48.92%。B34 品种 POD 活性强于 B6。说明辣椒在受热胁迫时, 起初有一定适应性, 能够通过提高 POD 活性来降低活性氧对细胞膜的伤害作用。若胁迫超过一定限度, 保护酶系统会受到破坏, 导致 POD 活性下降。

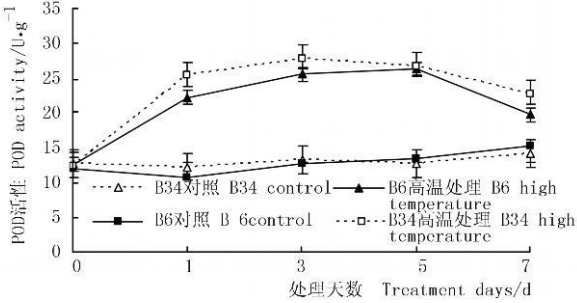


图 3 高温胁迫对 POD 活性的影响

Fig. 3 Effects of high temperature stress on POD activity of leaves

2.6 高温胁迫对丙二醛含量的影响

MDA 是膜脂过氧化作用的最终产物, 其含量的高低是膜脂过氧化程度的重要标志。从图 4 可见, 在高温胁迫下, 与对照相比, 不同耐热品种随着处理时间的延长, 叶片 MDA 丙二醛含量持续上升。对照处理的 MDA 含量在处理过程中保持相对稳定, 在处理 3 d 以后, 2 个品种 MDA 含量增加较快。热敏品种 B6 增幅大于耐热品种 B34。说明高温胁迫对热敏品种膜稳定性的破坏程度大于耐热品种。处理 7 d 后, 耐热品种和热敏品种的 MDA 含量分别为处理前的 2.78 倍和 4.36 倍。

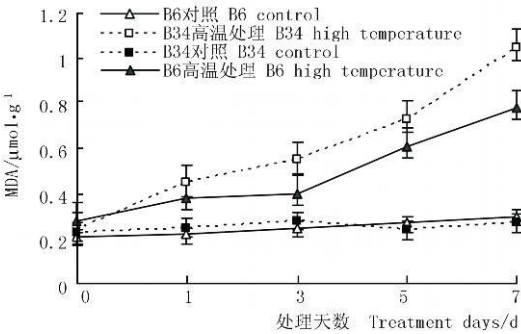


图 4 高温胁迫对丙二醛含量的影响

Fig. 4 Effects of high temperature stress on MDA content

3 讨论

近年来, 随着温室效应的影响, 使全球气温的不断升高, 对许多植物的生长和发育都产生了不利的影响, 常伴随着干旱、各种病害的发生而使植物抗性降低, 生长势减弱, 从而导致产量降低, 品质劣化, 因而高温对作物的影响备受研究者关注。许多研究表明, 高温下主根生长的好坏对其根系的发育及地上部叶面积大小

起重要作用<sup>[4]</sup>。该试验从高温对辣椒生长情况进行研究,探讨高温对幼苗形态指标和生理特性的影响。结果表明,高温胁迫下,2个供试品种叶绿素含量,叶片含水量下降,丙二醛含量,热害指数升高,根系活力和POD先升高后降低,这些影响热敏品种比耐热品种表现更为明显,可以作为耐热性幼苗鉴定指标。高温胁迫下,2个供试品种的辣椒幼苗的茎粗、鲜重和干重无明显差异,株高和根长降低,热敏品种比耐热品种下降幅度较大。这与吴友根报道的高温能使菊花热害指数升高结论相一致<sup>[1]</sup>。此外,辣椒植株在高温胁迫下,抗热性强的品种叶绿素含量下降的速度比抗热性弱的慢,这说明在高温胁迫下,抗热品种较热敏品种维持正常的光合能力的潜力大还有待探讨。该试验还表明,随着热胁迫时间的延长,辣椒根系活力先升高后降低,这与高温胁迫前期辣椒植物徒长的结果一致,也说明形态指标和生理指标之间具有紧密的相关性。田间试验发现,一般短期高温处理幼苗长势旺盛,随着处理时间的延长幼苗会发生萎蔫,部分叶片枯死,根系生长缓慢,恢复正常环境不能正常生长。高温胁迫下,叶绿素含量降低,导致光合作用减弱,植物的积累光合产物干物质也随着降低,也说明了叶绿素含量和形态指标的光合产物积累有很大的相关性。

该试验得到的高温对幼苗形态和生理特性的影响的多个结论证实了温度在植物生长中的特殊地位,温度对植物生长的影响是显著的<sup>[15-20]</sup>。通过研究不同品种辣椒幼苗在高温条件下生长的共性和特性,为植物耐热性研究和耐热性品种选育提供理论依据及技术参数。综合结果表明,幼苗形态指标和生理指标相结合对植物的耐热品种选育途径更准确,更可靠。

### 参考文献

- [1] 吴友根,林允奋,李昭鹏等.热胁迫下菊花生理变化及其耐热性指标的确定[J].江苏农业学报,2009,25(2):362-365.
- [2] 胡志辉,赵新春.辣椒新品种耐热性鉴定[J].江汉大学学报(社会

科学版),2003,19(3):45-47.

- [3] 潘宝贵,袁希汉.高温胁迫对不同辣椒品种光合作用的影响[J].江苏农业学报,2006,22(2):137-140.
- [4] 张子学,张蕊,张从宇,等.温度胁迫对辣椒部分生理特性的影响[J].安徽科技学院学报,2007,21(3):1-6.
- [5] 韩笑冰,王建波,利容干,等.热胁迫对辣椒花粉发育及其生活力的影响[J].园艺学报,1996,23(4):359-364.
- [6] Kami L, Aloni B. Fructokinase and hexokinase from pollen grains of bell pepper (*Capsicum annuum* L.): Possible role in pollen germination under conditions of high temperature and CO<sub>2</sub> enrichment [J]. Annals of Botany, 2002 90: 607-612.
- [7] 孟令波,李淑敏.高温胁迫对黄瓜幼苗根系生长的影响[J].园艺学报,2002,21(2):253-252.
- [8] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:中国农业出版社,2000:159-160.
- [9] 周斯建,义鸣放,穆鼎,等.高温胁迫下铁炮百合幼苗形态及生理反应的初步研究[J].园艺学报,2005,32(1):145-147.
- [10] 姚元干,杨建国.辣椒耐热性与叶片质膜透性及几种生化物质含量关系[J].湖南农业大学学报,2000,26(2):98-100.
- [11] 乔富康.植物生理学实验分析测定技术[M].北京:中国农业出版社,2002.
- [12] 孙群,胡景江.植物生理学研究技术[M].西安:西北农业科技大学出版社,2006.
- [13] 邱勇波,罗凤露,白瑞琴,等.热胁迫下矮牵牛幼苗的形态和生理变化[J].河北农业大学学报,2008,31(1):88-91.
- [14] 康俊根,张京社.甘蓝耐热性鉴定技术[J].中国蔬菜,2002(1):4-7.
- [15] 刘奕清,陈泽雄,杨婉晴,等.高温和干旱胁迫对尾旬校幼苗生理特性的影响[J].园艺学报,2008,35(5):761-764.
- [16] 孙宪芝,郑成淑,王秀峰,等.高温胁迫对切花菊‘神马’光合作用与叶绿素荧光的影响[J].应用生态学报,2008,19(10):2149-2154.
- [17] 杨华庚,陈慧娟.高温胁迫对蝴蝶兰幼苗叶片形态和生理特性的影响[J].中国农业通报,2009,25(11):123-127.
- [18] 张桂莲,陈立云,张顺堂,等.高温胁迫对水稻花粉粒性状及花药显微结构的影响[J].生态学报,2008,28(3):1094-1096.
- [19] 李敏,刘瑞进.高温胁迫对菠菜叶片保护酶活性和膜透性的影响[J].园艺学报,2004,31(1):99-100.
- [20] 田学军,陶宏征,罗晶,等.热胁迫对豌豆下胚轴生理的一些影响[J].云南植物研究,2009,31(4):363-368.

## Effect of High Temperature Stress on Morphology and Physiological Characteristics of Pepper Seedlings

JIA Zhi-yin, GONG Zhen-hui, XU Hong-juan, LU Ming-hui

(Department of Horticulture Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling Shaanxi 712100)

**Abstract:** Thermo-tolerant cv. B34 and thermo-sensitive cv. B6 were used to study the morphology and physiological effects of high temperature on pepper seedlings. The results showed that no significant difference in stem diameter, fresh weight, dry weight of the seedlings was observed between the two cultivars under high temperature, while plant height and root vitality was significantly different between the two cultivars. In treat seventh day, plant height and root vitality of Thermo-tolerant cv B34 reduced 6.9% and 10.86% compared to control cv. B6 reduced 10.78% and 17.8%. Injury index increased to different degrees during high temperature treatment, leaf water content was not significant difference, chlorophyll content were significantly reduced. The root vitality and POD vitality increased at short time and then decreased in the longer stress time. These phenomena were more evident in thermo-sensitive cultivar than in thermo-tolerant cultivar.

**Key words:** pepper; heat stress; morphology index; physiological characteristics