

高温胁迫对番茄幼苗生长和生理指标的影响

吴丽君, 张俊凤

(中南林业科技大学 林学院, 湖南 长沙 410004)

摘要:以“白果强丰”、“卡罗拉”和“东方红一号”3个番茄品种的幼苗为试材,研究比较了高温胁迫下不同番茄品种幼苗形态指标和生理指标的变化。结果表明:高温胁迫下,3个番茄品种幼苗的株高、根长、茎粗和鲜重的相对生长量均受到一定程度的抑制;不同的番茄品种幼苗随着高温胁迫时间的延长热害指数和过氧化物酶(POD)活性逐渐升高,而总叶绿素含量、类胡萝卜素含量逐渐降低。根据隶属函数值法对3个番茄品种的耐高温性能进行综合评价,其耐高温胁迫能力由强到弱依次为:“卡罗拉”>“东方红一号”>“白果强丰”。

关键词:番茄;幼苗;高温胁迫;生长指标;生理指标

中图分类号:S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)23-0019-04

近年来,随着“温室效应”影响的加剧,全球气温不断升高,对植物的生长发育造成了许多不利影响。高温下植物的生长发育越来越受到人们的关注。番茄是我国露地栽培和设施栽培的主要作物之一,其种植面积和消费量也在各类蔬菜中位居前列^[1]。近年来,中国设施农业以反季节、超时令的园艺作物生产为主的势头迅猛发展,至2008年,以塑料拱棚和日光温室为主要类型的设施园艺面积达350万hm²,居世界第一位^[2]。但是当前的高温环境已经严重影响到番茄的正常生长、发育、产量和品质。夏季高温季节栽培番茄或晚春、早秋的保护地生产中均易出现异常高温,对番茄造成高温胁迫^[3]。所以耐高温胁迫番茄新品种的选育逐渐开始受到重视,这对进行夏季栽培或晚春、早秋的保护地栽培地区,无论是在改善番茄种植方法、提高番茄产量和品质方面,还是调整农业结构、增加农民收入、促进农业可持续发展和经济快速发展方面,都具有十分重要的现实意义和长远意义^[4]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄品种为广东省农业科学院良种苗木繁育中心提供的“东方红一号”,西安番茄种子种植基地提供的“白果强丰”,西安旭光蔬菜种子有限公司提供的“卡罗拉”,均为F₁代种子。

1.2 试验方法

该试验在中南林业科技大学园艺实验室的人工气候室内,采用人工模拟高温逆境进行。番茄种子播种前先用2%的NaClO溶液消毒5min,用清水冲洗3遍,然后温水(40℃)浸种8h,置于垫有双层滤纸的培养皿中,放在昼/夜温度为25℃/15℃、湿度为65%的人工气候室中催芽。将已发芽的种子播种于基质(泥炭土:蛭石按1:1的体积比混匀)中育苗,注意苗期水分管理。当幼苗长至3~4片真叶时,将部分幼苗移入昼/夜温度为38℃/28℃(高温)的人工气候室中培养,其余幼苗放在25℃/15℃的人工气候室中培养,作为对照。每处理设3次重复,每重复30株幼苗。

1.3 项目测定

1.3.1 番茄幼苗株高、茎粗、鲜重、根长相对生长量的测定 分别于高温处理的0、4、8、12d各测定1次番茄幼苗和相应对照的株高、茎粗、鲜重和根长,计算其相对生长量^[5]。

1.3.2 番茄幼苗热害指数的测定 参考尹贤贵等^[6]的试验方法,分别于高温处理的4、8、12d调查幼苗受热害的程度,计算热害指数。

1.3.3 番茄幼苗光合色素含量的测定 取高温培养0、4、8、12d的幼苗和对照幼苗,采用乙醇提取法^[7]测定其光合色素含量。

1.3.4 番茄幼苗过氧化物酶(POD)活性的测定 参考李合生的愈创木酚法^[7],取高温处理0、4、8、12d的幼苗和对照幼苗,测定其POD的活性。

1.3.5 耐高温胁迫能力的综合评价 依照模糊数学中隶属函数的方法^[5],对各指标求其隶属值,并累加后求取平均数,综合比较品种间的高温胁迫耐性。平均数越

第一作者简介:吴丽君(1980-),女,湖南益阳人,硕士,讲师,研究方向为园艺植物遗传育种。E-mail:lijun_wu@126.com.

基金项目:中南林业科技大学青年科学基金资助项目(QJ2010027B)。

收稿日期:2013-09-06

大,其耐热性越强。各指标的具体隶属值计算公式:隶属值 $= (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \times 100\%$,式中: X 为某品系的某一指标测定值, X_{\max} 为所有待鉴定品系某一指标测定值的最大值, X_{\min} 为该指标中的最小值;若某一指标(如热害指数)与高温胁迫耐性呈反向关系,可通过反隶属函数计算其隶属函数值:隶属值 $= [1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})] \times 100\%$ 。

1.4 数据分析

运用 SPSS 13.0 软件对试验数据进行方差分析和多重比较,用 Excel 2003 绘制图表。

2 结果与分析

2.1 高温胁迫对番茄幼苗相对生长量的影响

由图 1 可知,随着高温胁迫时间的延长,3 个番茄品

种的株高、根长、茎粗、鲜重的相对生长量均逐渐降低。高温胁迫 4 d 时,“白果强丰”、“卡罗拉”和“东方红一号”株高相对生长量分别是 32.58%、35%和 21.32%,高温培养 12 d 时,3 个品种的株高相对生长量分别降低了 53.93%、48.09%、57.13%;根长、茎粗和鲜重的相对生长量亦随胁迫时间的延长呈下降趋势,但不同品种之间下降的幅度不同:“白果强丰”的根长和茎粗相对生长量下降幅度最大,“东方红一号”的鲜重相对生长量下降幅度最大,而“卡罗拉”的株高、根长、茎粗、鲜重的相对生长量下降幅度较小,说明其受高温危害的影响较小,耐高温能力较强。方差分析和多重比较结果表明,各品种高温处理 4、8、12 d 之间幼苗相对生长量均呈显著差异($P < 0.05$)。

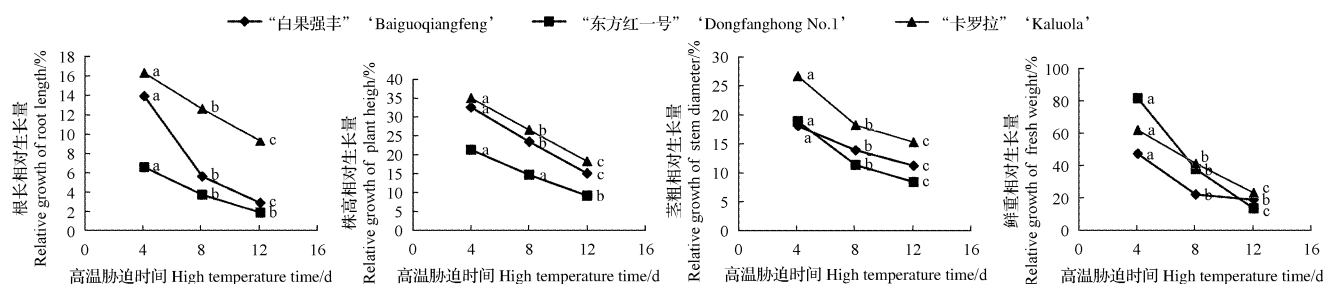


图 1 高温胁迫下不同番茄品种幼苗的相对生长量

Fig. 1 Relative growth of different varieties of tomato seedlings under high temperature stress

2.2 高温胁迫对番茄幼苗热害指数的影响

由表 1 可知,与对照相比,高温胁迫下,3 个番茄品种的热害指数均随着胁迫时间的延长呈上升趋势,且“白果强丰”和“东方红一号”的热害指数始终高于“卡罗拉”。“白果强丰”、“东方红一号”的热害指数分别由处理第 4 天的 46.67%、36.00% 升高到处理第 8 天的 68.00%、69.33%,显著高于其相应对照($P < 0.05$);处理第 12 天时“白果强丰”、“东方红一号”甚至出现了大部分的整株萎蔫或者枯死,热害指数分别达到 92.00%和 96.00%,分别比“卡罗拉”高 13.12%和 18.04%。

表 1 高温胁迫下不同品种番茄幼苗的热害指数

Table 1 Heat injury index of different varieties of tomato seedlings under high temperature stress %

| 品种 Variety | 高温胁迫时间 High temperature time/d | 高温胁迫时间 High temperature time/d | | |
|---------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--------|--------|
| | | 4 | 8 | 12 |
| “白果强丰” | 高温 | 46.67a | 68.00a | 92.00a |
| ‘Baiguoliangfeng’ | 对照 | 0.00b | 1.35b | 1.60b |
| “卡罗拉” | 高温 | 28.33a | 36.00a | 81.33a |
| ‘Kaluola’ | 对照 | 0.00b | 1.25b | 1.45b |
| “东方红一号” | 高温 | 36.00a | 69.33a | 96.00a |
| ‘Dongfanghong No.1’ | 对照 | 0.00b | 1.55b | 1.55b |

注:不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。以下同。

Note: Different small letters mean significant difference at 0.05 level. The same below.

2.3 高温胁迫对番茄幼苗光合色素含量的影响

由图 2 可以看出,经高温胁迫后,随着胁迫时间的延长,3 个番茄品种幼苗叶片的总叶绿素含量、类胡萝卜素含量逐渐低于对照,说明高温对叶绿素具有破坏作用,会导致叶绿素的降解。高温胁迫处理第 4 天时,“白果强丰”、“卡罗拉”和“东方红一号”的总叶绿素含量分别为对照的 95.98%、83.99%和 90.07%,类胡萝卜素含量分别为对照的 75.41%、78.07%和 83.67%;当处理第 12 天时,“白果强丰”、“卡罗拉”、“东方红一号”的总叶绿素含量分别比对照降低了 59.58%、60.07%、58.54%,类胡萝卜素分别比对照降低了 61.77%、58.29%、60.06%,高温与对照处理均差异显著($P < 0.05$)。

2.4 高温胁迫对番茄幼苗 POD 活性的影响

由图 3 可知,随着高温胁迫时间的延长,3 个番茄品种幼苗叶片 POD 活性呈上升趋势,且始终高于对照。高温处理第 4 天时,“东方红一号”、“白果强丰”、“卡罗拉”的 POD 活性分别为 20.00、12.50、15.00 $U \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$,处理第 12 天时,3 个品种的 POD 活性上升为 28.75、20、25 $U \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$,较对照分别升高了 76.92%、86.05%和 156.41%,处理与对照间差异显著($P < 0.05$)。说明番茄在受高温胁迫时,在一定范围内,能够通过提高 POD 活性来降低活性氧对细胞膜的伤害,使保护酶系

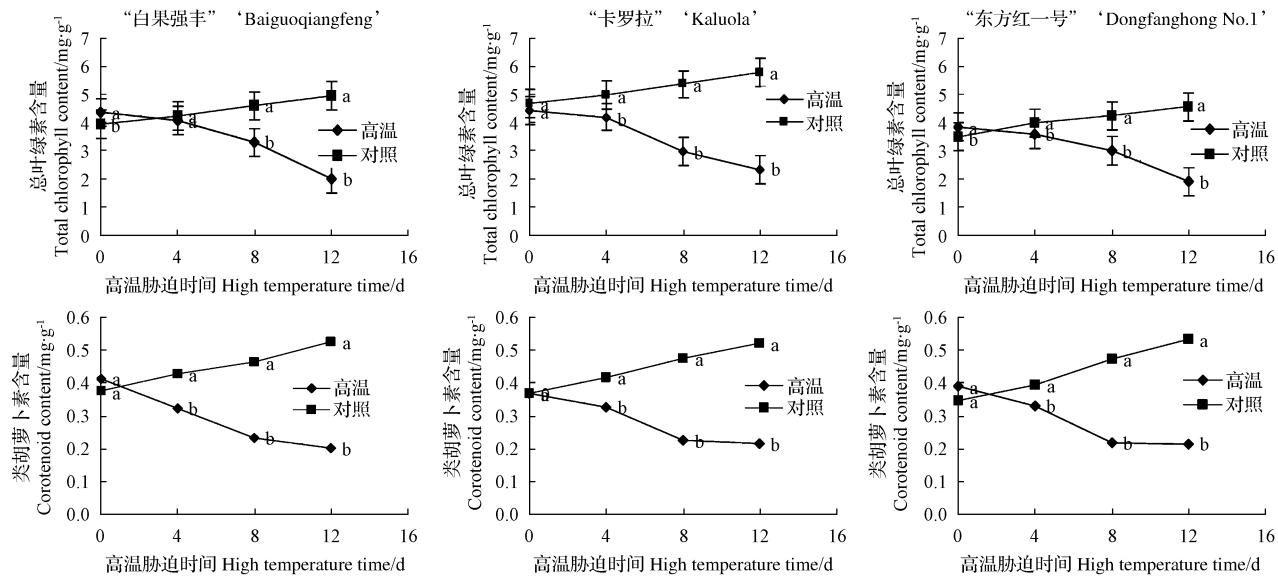


图2 高温胁迫下的不同番茄品种的总叶绿素和类胡萝卜素含量

Fig. 2 Total chlorophyll and cortenoid content of different varieties of tomato under high temperature stress

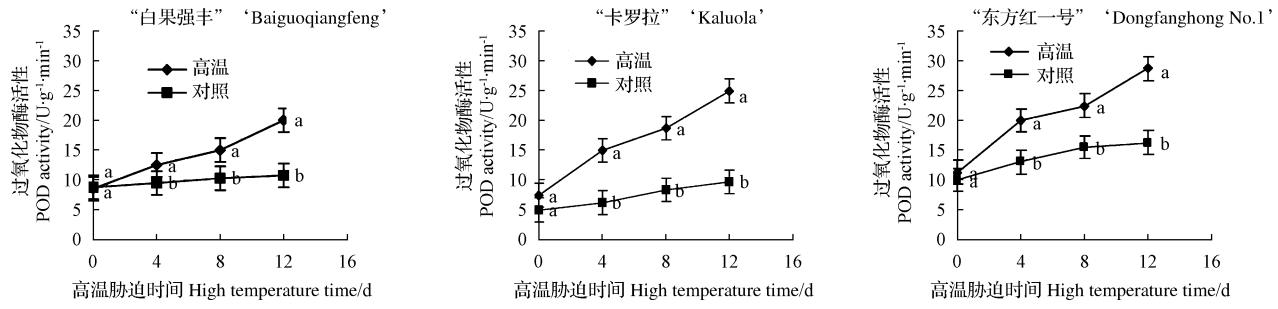


图3 高温胁迫下不同番茄品种幼苗的过氧化物酶活性

Fig. 3 POD activity of different varieties of tomato under high temperature stress

统不受到破坏。

2.5 隶属函数法综合评价

隶属函数综合评价的方法,消除了品种间差异大小的影响,消除了各指标因绝对值大小不同而可能造成的对正确评价材料耐高温胁迫性能所做的贡献的不同^[3]。利用高温处理下各指标的隶属函数均值来综合评价各品种的耐高温胁迫能力,由表2可知,“卡拉拉”隶属函数均值最高,为72.00,排名第1,“东方红一号”次之,“白果强丰”隶属函数值最低,排名第3,说明该试验的3个供试品种中,“卡拉拉”的耐高温胁迫能力最强,“东方红一号”其次,“白果强丰”耐高温胁迫能力最差。

3 讨论与结论

根系是植物吸收水分的主要器官,高温环境导致水分的缺失,而根系作为敏感的器官直接受到影响;高温也导致植物吸收的水分有很大一部分通过蒸腾作用从气孔扩散至大气中,植物体内含水量的明显减少使其生长速率减缓,各种形态指标也因高温引起的一系列问题

表2 不同番茄品种各指标的隶属函数值

Table 2 The index membership function value of different varieties of tomato

| 评价指标 Evaluation index | “白果强丰” ‘Baiguoliangfeng’ | “卡拉拉” ‘Kaluola’ | “东方红一号” ‘Dongfanghong No.1’ |
|--|-----------------------------|--------------------|--------------------------------|
| 根长相对生长量 Root length relative growth | 75.38 | 100.00 | 0.00 |
| 株高相对生长量 Plant height relative growth | 82.31 | 100.00 | 0.00 |
| 茎粗相对生长量 Stem diameter relative growth | 0.00 | 100.00 | 9.21 |
| 鲜重相对生长量 Fresh weight relative growth | 0.00 | 42.67 | 100.00 |
| 热害指数 Heat injury index | 100.00 | 0.00 | 34.33 |
| 总叶绿素含量 Total chlorophyll content | 78.69 | 100.00 | 0.00 |
| 胡萝卜素含量 Cx content | 0.00 | 33.33 | 100.00 |
| 过氧化物酶活性 POD activity | 0.00 | 100.00 | 33.33 |
| 合计 Sum | 336.38 | 576.00 | 376.87 |
| 均值 Mean | 42.05 | 72.00 | 47.11 |
| 排序 Order | 3 | 1 | 2 |

而受到影响。该试验中,在高温胁迫下 3 个番茄品种的幼苗的株高、根长、茎粗、鲜重相对生长量均受到抑制,这与乔志霞等^[5]的研究结果基本一致。

有研究表明,在重度高温胁迫下,植物遭受严重的形态伤害,热害指数是评价植物遭受热害伤害程度的有效指标^[8]。高温胁迫对番茄幼苗热害指数具有显著影响,通过热害指数能够明显区分出品种间耐高温胁迫能力的差异^[9]。该研究发现,“卡拉拉”的热害指数最低,说明其较其它 2 个品种具有更强的耐热性,这与后面隶属函数均值综合评价的结果相吻合。植物叶绿素是吸收太阳光能进行光合作用的重要物质。番茄幼苗叶片受到高温胁迫时会引起类囊体膜结构和形态的变化,进而导致叶绿素的降解。部分研究发现高温胁迫下叶绿素含量的变化可以表征植物的耐热能力^[10-11],但该研究发现,3 个番茄品种中,“卡拉拉”的总叶绿素含量下降幅度最大,但综合评价的结果为耐热性最强,说明叶绿素含量及变化与植株的耐高温性能之间并未表现出显著的相关性,该结果与郑宇等^[12]的研究结果相似。过氧化物酶是植物体内重要的呼吸酶类,是主要的活性氧清除剂,其活性高低与植物抗性密切相关。它与呼吸作用、光合作用及生长素的氧化等都有关系。大多数研究表明,逆境环境下,植物体内的 POD 活性会上升。该研究中,在一定高温胁迫时间范围内,POD 活性随胁迫时间的延长而呈现升高的趋势。说明番茄在受高温胁迫时,在一定胁迫时间内具有适应性,能够通过提高 POD 活性来降低活性氧对细胞膜的伤害。这与耿兴元等^[13]的高温胁迫对猕猴桃幼苗叶片 POD 活性的研究结果相似。

植物的整体抗旱能力体现了植物在干旱环境中生长、繁殖或生存的能力,受到多种因素影响,目前尚无统一的科学评价方法。从单一因素来评价植物的抗旱性得到的结果往往不尽相同,存在一定的局限性。隶属函

数分析法基于多指标测定基础上对植物材料的特性进行综合评价,可在一定程度上提高鉴定的准确性^[14]。该试验的 3 个番茄品种在高温胁迫下的生理指标变化趋势基本一致,但变化幅度不一样,说明不同品种间存在抗旱性差异,该研究的隶属函数综合评价结果表明,“卡拉拉”品种耐高温能力最强,“白果强丰”最弱。

参考文献

- [1] 张富存,张波,王琴,等. 高温胁迫对设施番茄光合作用特性的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(28):211-216.
- [2] 贾志银,巩振辉,许红娟,等. 高温胁迫对辣椒幼苗生长及生理性状的影响[J]. 北方园艺,2010(12):5-8.
- [3] 郑高飞,张志发. 中国西瓜生产实用技术[M]. 北京:科学出版社,2004:42-43.
- [4] 宋洪元,雷建军,李成琼. 植物热胁迫反应及抗热性鉴定与评价[J]. 中国蔬菜,1998(1):48-50.
- [5] 乔志霞,沈火林,安岩. 番茄耐高温胁迫能力鉴定方法的研究[J]. 西北农业学报,2006,15(6):114-120.
- [6] 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(12):62-65.
- [7] 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,2000:258-260.
- [8] 刘进生. 番茄耐热优良品种筛选初报[J]. 中国蔬菜,1996(2):16-18.
- [9] 乌晓娣,陈惠如,汪矛,等. 作物耐热性的评价[J]. 植物学通报,2004,21(4):411-418.
- [10] 郑小林,董任瑞. 水稻热激反应的研究. 幼苗叶片的膜透性和游离脯氨酸含量的变化[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),1997,23(2):109-112.
- [11] 陈立松,刘星辉. 高温胁迫对桃和柚细胞膜透性和光合色素的影响[J]. 武汉植物学研究,1997,15(3):233-237.
- [12] 郑宇,何天友,陈凌艳,等. 高温胁迫下西洋杜鹃的生理响应及耐热性[J]. 福建林学院学报,2012,32(4):326-335.
- [13] 耿兴元,马锋旺,王顺才,等. 高温胁迫对猕猴桃幼苗叶片某些生理效应的影响[J]. 西北农林科技大学学报,2004,32(12):32-37.
- [14] 张智猛,万书波,戴良香,等. 花生抗旱性鉴定指标的筛选与评价[J]. 植物生态学报,2011,35(1):100-109.

Effect of High Temperature Stress on Growth and Physiological Indexes of Tomato Seedlings

WU Li-jun, ZHANG Jun-feng

(Forestry College, Central South Forestry University, Changsha, Hunan 410004)

Abstract: Using seedlings of 3 tomato cultivars ‘Baiguoqiangfeng’, ‘Kaluola’ and ‘Dongfanghong No. 1’ as experimental materials, the changes of morphological and physiological indexes under high temperature stress were compared. The results showed that, relative growth rate of plant height, root length, stem diameter and fresh weight of 3 cultivars were inhibited to a certain degree; heat injury index and POD activity were increased, and total chlorophyll and carotenoid content were decreased gradually. Results of the subordinative function analysis showed that the degree of heat tolerance of the 3 cultivars was as follows: ‘Kaluola’ > ‘Dongfanghong No. 1’ > ‘Baiguoqiangfeng’.

Key words: tomato; seedlings; high temperature stress; growth indexes; physiological indexes