

高温下不同空气湿度对温室番茄营养生长的影响

黄艳慧, 李亚灵, 温祥珍

(山西农业大学 园艺学院, 山西 太谷 030801)

摘要: 于 2009 年 5~9 月采用人工自然光照生长箱(长、宽、高分别为 150 cm、120 cm、200 cm)种植番茄, 在每天的高温时段(10:00~16:00)进行加湿试验, 设置了 3 个湿度处理, RH 分别为: 85%~90%(H 处理)、65%~70%(M 处理), 以不加湿 RH 35%~40%(L 处理)为对照, 利用 2 个番茄品种, 研究了在高温(32~35℃)条件下, 不同空气湿度对番茄株高、叶片数、茎粗、叶面积等的影响。结果表明: 高温条件下, 湿度处理没有影响番茄叶片数的发育, 但是与对照 L 处理相比, 高湿 H(85%~90%)处理使番茄株高增加了 12%~14%, 茎粗增加了 7%~15%, 叶面积增加了 25%~42%, 且品种间表现一致。其中, 叶面积的提高幅度最大, 可达 42%。加湿 M(65%~70%)处理也表现出了一定的效果。说明高温下通过增加空气湿度, 可以有效的增加番茄的叶面积, 提高叶片的光合速率, 缓解高温对番茄叶片的灼伤。

关键词: 温室番茄; 高温; 空气湿度; 营养生长

中图分类号: S 641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)15-0138-06

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill)原产于南美西部高原地带, 适应原产地赤道附近高地干燥冷凉的气候特点, 不耐高温多湿^[1]。番茄作为重要的蔬菜和水果, 具有适应范围广, 产量高, 营养丰富, 用途广泛等优点, 目前, 番茄已成为城乡居民日常生活的主要蔬果, 深受广大消费者的喜爱^[2]。在生产中, 35℃属于番茄生长适宜温度的上限, 而这种温度在春、夏季节日光温室中经常出现, 被定义为高温^[3,4]。我国北方夏季炎热, 空气干燥, 光照强度高, 时间长, 因此这个季节也是温室作物最有利的生长季节, 作物能够充分利用优势的光照资源进行生产, 从而获得高产量, 然而夏季的高温胁迫成为温室番茄生产的重要限制因子^[5]。因此许多研究者采取了一定的措施, 如采用耐高温品种、遮荫、嫁接和湿度控制等措施^[6,8], 探讨了减轻温室番茄高温危害的效果, 这对于提高温室番茄的产量和品质具有重要的意义。该试验采用人工生长箱控制温度和湿度, 研究高温条件下空气湿度对番茄生长的影响, 以期长为长季节番茄栽培中, 温室番茄的湿度调控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在山西太谷(北纬 37°25', 东经 112°25')山西农业大学设施农业中心的非对称三连栋温室内进行。温室内采用角钢建造了人工自然光照生长箱, 生长箱的长、宽、高分别为 150 cm、120 cm、200 cm。供试番茄品种:“金瑞三号”, 西安市金瑞种子科技有限公司培育, 山西太谷温室主栽品种, 无限生长型, 耐热型;“Counter”, 荷兰温室专用番茄, 无限生长型, 长势较强, 抗病。番茄种子于温室中采用穴盘播种育苗, 2 叶 1 心时分苗至营养钵中, 5 叶 1 心时定植于塑料盆中($\Phi=20$ cm, $h=30$ cm)。盆栽基质采用蛭石、田园土和腐熟有机肥各 1/3 的混合基质。幼苗定植后, 于基质上覆盖 1 层牛皮纸, 防止基质表面的水分蒸发。

1.2 试验方法

试验分 2 批在人工自然光照生长箱中进行。第 1 批试验于 2009 年 5 月 26 日至 2009 年 7 月 3 日进行, 共计 39 d, 6 月 14 日植株第 4 穗果开花后, 上部留 2 片叶掐顶; 第 2 批试验于 2009 年 8 月 13~31 日进行, 共 19 d, 8 月 26 日植株第 3 穗果开花后, 上部留 2 片叶掐顶。试验中由于第 1 穗果开花不齐, 且前期消耗营养, 不利于培育壮苗, 因此在第 1 穗果现蕾时把其掐掉。幼苗 10 叶 1 心时, 放入人工自然光照生长箱, 开始温度和湿度处理, 待植株放入人工自然光照生长箱生长 1 周后, 开始测定生长指标: 株高、茎粗、叶面积、叶片数。1 周测定

第一作者简介: 黄艳慧(1982-), 女, 在读硕士, 研究方向为蔬菜栽培生理。E-mail: hyhvfgl@163.com。

通讯作者: 李亚灵(1962-), 女, 博士, 教授, 研究方向为设施蔬菜栽培。E-mail: yalingli@sxau.edu.cn。

基金项目: 山西省科技攻关资助项目(041018-2)。

收稿日期: 2010-05-25

1 次。

株高: 用直尺测量子叶至生长点高度。茎粗: 游标卡尺测定子叶上方平行子叶方向植株的直径。叶片数: 以叶长 ≥ 5 cm 计为 1 片。叶面积: 用 LI-3100C (LI-COR, inc) 叶面积仪测量。叶片灼伤: 热害指数参考尹贤贵的试验方法有所改进。热害指数计算公式如下: 热害指数 = $[\sum(\text{热害级别} \times \text{此热害级别株数})] / (\text{最高级数} \times \text{总株数}) \times 100\%$ 。

1.3 处理期间的空气温、湿度控制效果

试验期间在人工自然光照生长箱内安装有 JCJ600B 智能温、湿度控制系统, 制冷加热均由柜式空调机进行, 湿度的增加由超声波加湿器控制, 生长箱内的温、湿度值由 JCJ600B 智能系统与电脑相连自动连续记录, 每 10 min 记录 1 次, 并保存在电脑中。试验中高温范围设定为 $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$, 空气相对湿度 (RH) 设置为: RH 为

85%~90%(H 处理)、65%~70%(M 处理)、以不加湿 RH 35%~40%为对照(L 处理), 每天 10:00~16:00 进行温度、湿度控制。试验期间的温度和湿度动态控制结果以第 1 批试验为例(第 2 批试验结果与之相近), 见图 1。第 1 批试验除 6 月 16~19 日为阴雨天, 没有进行温、湿度控制外, 在其余所控制的 35 d 内, 每天 10:00~16:00 时段内, L、M 和 H 处理的平均温度分别为 35.8、35.3、34.6 $^\circ\text{C}$, 平均为 35.2 $^\circ\text{C}$; L、M 和 H 处理的平均湿度分别为 34.6%、66.4%、86.2%, 达到试验设定要求。第 2 批试验除 8 月 18、20、21、23 日为阴天雨天, 没有进行温湿度控制外, 在所控制的 15 d 内, 每天 10:00~16:00 时段内, L、M 和 H 处理的平均温度分别为 32.9、32.6、32.3 $^\circ\text{C}$, 平均为 32.6 $^\circ\text{C}$; L、M 和 H 处理的平均湿度分别为 40.3%、67.1%、86.6%, 达到试验设定要求。

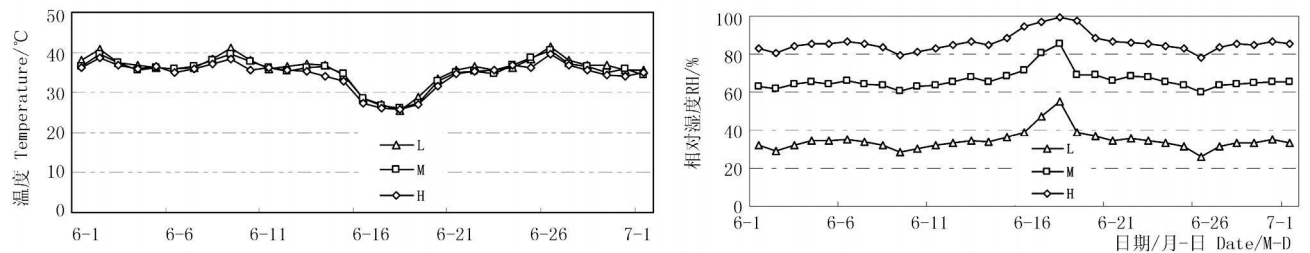


图 1 第 1 批试验处理期间空气温度和湿度控制效果
Fig. 1 Time course of the air temperature and relative humidity in the Exp. 1
注: 图中数据为每天 10:00~16:00 每 10 min 数据的平均值。
Note: The data was the average from 10:00 to 16:00 every dayper 10 minutes.

2 结果与分析

2.1 高温下空气湿度对番茄株高的影响

从图 2 可看出, 第 1 批试验中, 株高从 6 月 14 日(定植 21 d)植株掐顶以后株高变化不明显。在这之前, 品种“金瑞三号”和“Counter”的株高生长率, H 处理分别为 3.1 cm/d 和 2.3 cm/d, M 处理为 2.8 cm/d 和 2.1 cm/d, 对照 L 处理为 2.6 cm/d 和 1.9 cm/d。H 处理的株高生长率分别比 L 处理增加 14.3%和 12.0%, 而 M 处理的株高与 L 处理接近。在第 2 批试验中, 由于处理时间较短, 品种“金瑞三号”和“Counter”在 H 处理的株高生长率分别为 1.1 cm/d 和 0.9 cm/d, 而对照 L 处理为 0.9 cm/d 和 0.7 cm/d。H 处理的株高生长率分别比 L 处理增加 14.1%和 13.8%。2 批试验处理结果基本一致, 品种间表现也一致, 从不同品种对湿度的响应可见, 高湿处理可以显著的促进番茄植株株高的生长。

2.2 高温下空气湿度对番茄叶片数的影响

表 1 为不同湿度处理对番茄植株叶片数的影响。

经分析可知, 第 1 批试验中, 品种“金瑞三号”和“Counter”的出叶率, H 处理为 0.29 片/d 和 0.28 片/d, M 处理为 0.30 片/d 和 0.24 片/d, 对照 L 处理为 0.28 片/d 和 0.25 片/d。第 2 批试验中, 品种“金瑞三号”和“Counter”在 H 处理的出叶率均为 0.30 片/d, M 处理为 0.28 片/d 和 0.24 片/d, 对照 L 处理为 0.25 片/d 和 0.21 片/d。尽管出叶率有一些差异, 从表 1 可看出, 试验期间植株的总叶片数变化相差不大, 试验结束时植株总叶片数分别为 16~17 片和 12~14 片。2 批试验处理结果基本一致, 品种间表现也一致。

2.3 高温下空气湿度对番茄茎粗的影响

番茄的茎粗与根系发达成正相关, 因此植株茎粗可以作为壮苗衡量指标。从图 3 可看出, 第 1 批试验中, 处理结束时, 品种“金瑞三号”和“Counter”在 H 处理茎粗分别为 1.1 cm 和 1.2 cm, M 处理分别为 1.0 cm 和 1.1 cm, 对照 L 处理均为 1.0 cm。H 处理的茎粗比 L 处理增加 10.0%和 15.2%; 第 2 批试验中, 由于处理时间

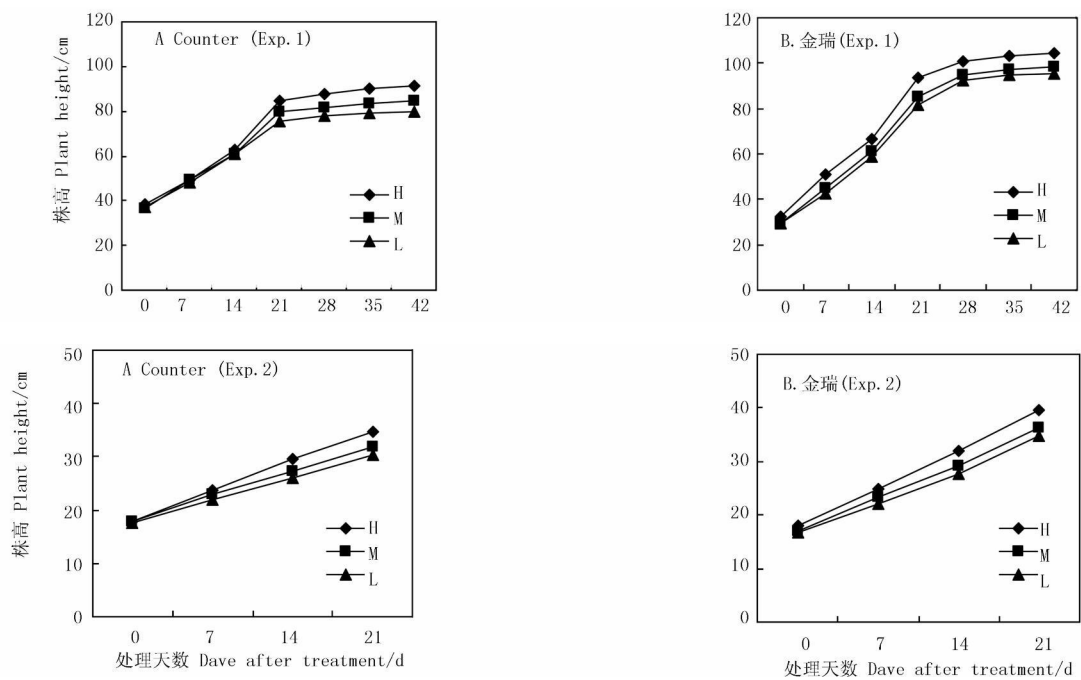


图 2 不同湿度处理对番茄株高的影响

Fig. 2 Effects of different humidity treatments on tomato plant height

注: 图中, EXP. 1 中处理 21 d 时的拐点为第 4 穗花现蕾且长出 2 片叶时对番茄植株掐顶所致。所记数据每一个点为 5 株的平均值。A 图代表品种“Counter”, B 图代表品种“金瑞三号”。

Note: The inflection point on the 21st day in experiment was caused by topping when there were two leaves emergence on topo of the 4th truss. Each value was the mean of 5 plants. Panel A and B represent “Counter” and “Jinnui III”. The same below.

表 1 不同湿度处理对番茄植株叶片数的影响

Table 1 Effects of different humidity treatments on tomato leaf number

试验安排 Experiments	处理 Treatment	处理天数 Days after t treatment/d			
		0	7	14	21
试验 1 Exp. 1 (Counter)	H	10.60ab	12.60a	14.20a	17.00a
	M	11.00a	12.60a	14.20a	16.40ab
	L	10.20b	12.40a	14.00a	15.80b
试验 2 Exp. 2 (Counter)	H	8.50a	10.50a	12.25a	14.00a
	M	8.75a	10.00a	11.50a	13.00ab
	L	8.50a	9.75a	11.00a	12.25b
试验 1 Exp. 1 (金瑞)	H	10.60a	13.40a	15.00a	16.80a
	M	10.20a	12.40a	14.00ab	16.40a
	L	10.20a	12.20a	13.80b	16.00a
试验 2 Exp. 2 (金瑞)	H	8.75a	10.75a	12.50a	14.25a
	M	8.50a	10.00a	11.75a	13.50a
	L	8.25a	9.75a	11.25a	12.75a

注: 表中每一个数据为 5 株的平均值。数据右侧不同小写字母表示差异达显著水平(P=0.05)。

Note: Values in the table were given as mean of 5 tomato plants. Ualues followed by different small letters were significantly different at P=0.05 level.

较短, 处理结束时, H 处理茎粗分别为 0.85 cm 和 0.88 cm, M 处理分别为 0.81 cm 和 0.85 cm, 对照 L 处理分别为 0.78 cm 和 0.82 cm。H 处理的茎粗比 L 处理增加 7.4%和 9.0%。加湿 M 处理虽然也表现出了一定的效果, 但处理效果不显著。2 批试验结果基本一致, 品种间表现也一致, 表明高的湿度处理可以促进番茄植株茎粗的增长。

2.4 高温下空气湿度对番茄叶面积的影响

试验中对第 1 批幼苗追踪观察了第 10、11、12 片叶的叶片面积的生长变化, 第 2 批幼苗追踪观察了第 8、9 片叶。可看出, H 处理显著促进了叶片的扩展, 随着处理时间的延长, 湿度效果明显, 并且品种间表现一致。第 1 批试验处理结束时 (39 d, 7 月 3 日), H 处理 2 个品种观察的 3 片叶的平均单叶叶面积分别为 456 cm² 和

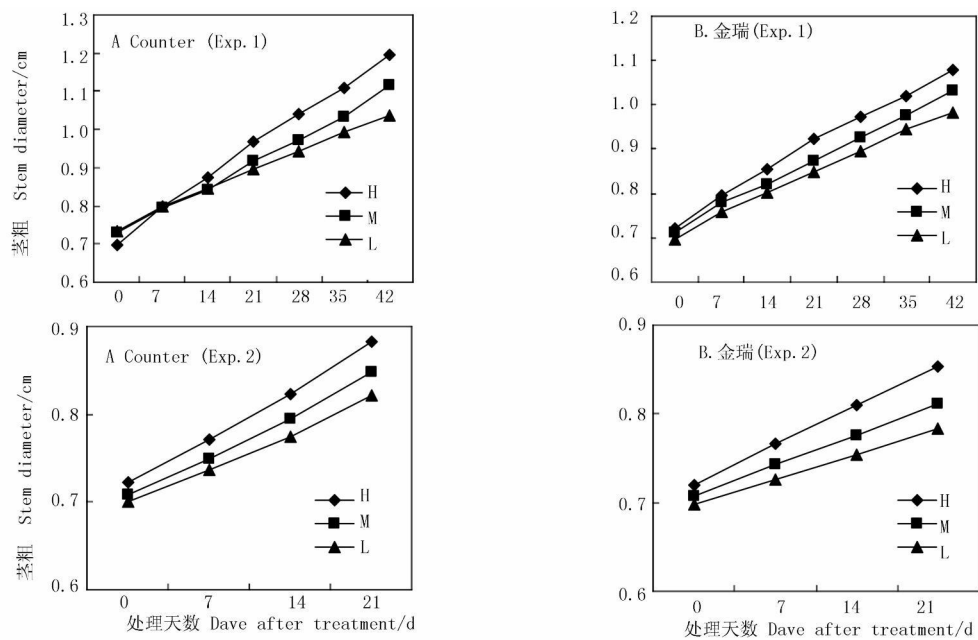


图 3 不同湿度处理对番茄植株茎粗的影响
Fig. 3 Effects of different humidity treatments on tomato stem diameter

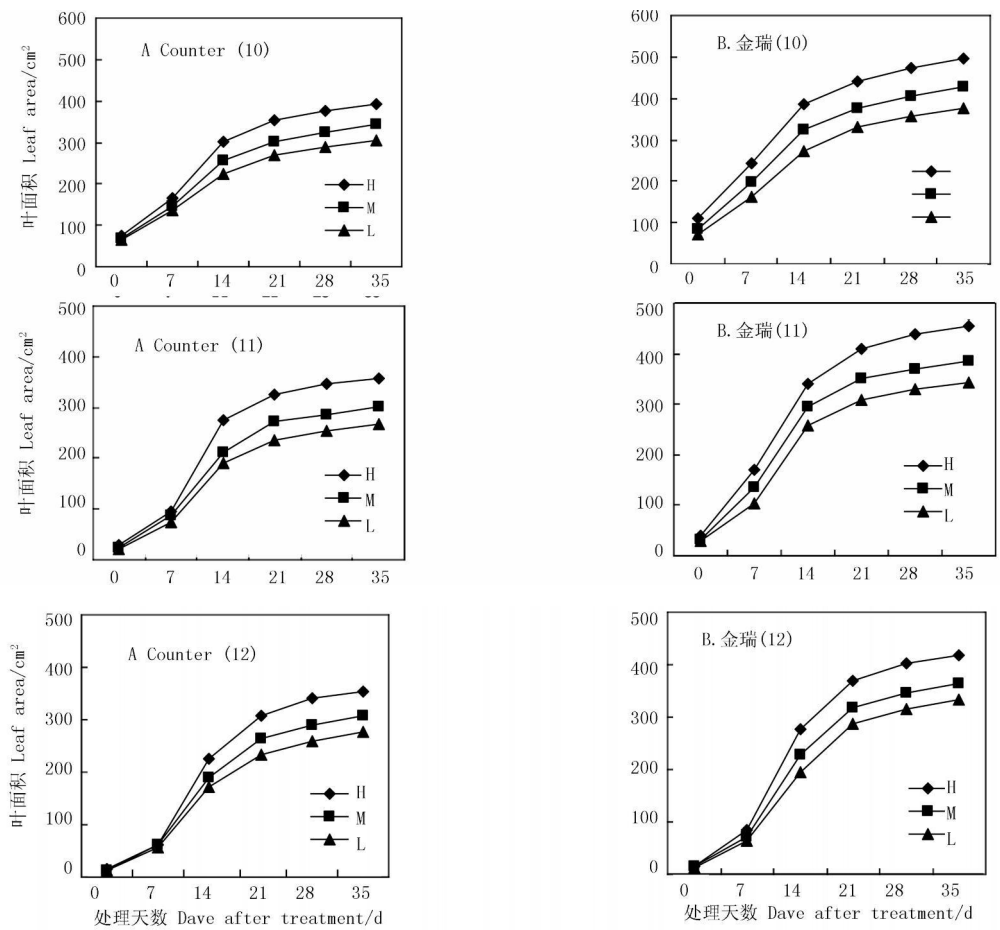


图 4 不同湿度处理对番茄叶面积的影响(第 1 批试验)
Fig. 4 Effects of different humidity treatments on tomato leaf area(Exp 1)

注: 表中的每个数据为 5 株的平均值。A 图代表品种“Counter”, B 图代表品种“金瑞三号”。“10”代表第 10 片叶,“11”代表第 11 片叶,“12”代表第 12 片叶。
Note: Ualue in the figure were given as mean of 5 tomato teplants. panel A and B represent “Counter” and “Jinrui III”. Number 10 11 and 12 represent the 10^h, the 11^h and the 12^h leaf.

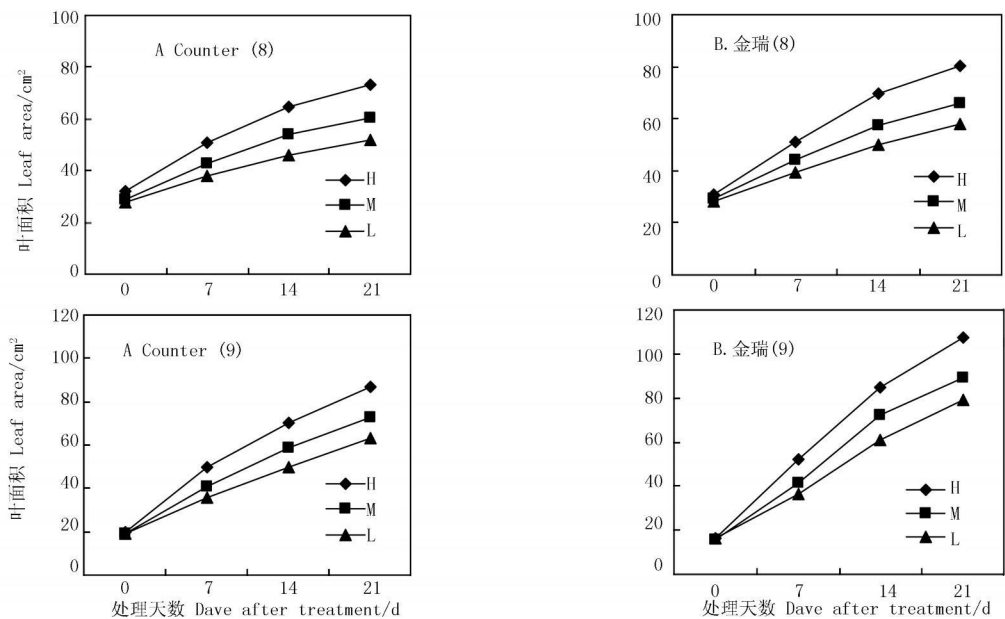


图 5 不同湿度处理对番茄叶面积的影响(第 2 批试验)

Fig.5 Effects of different humidity treatments on tomato leaf area(Exp.2)

注: 表中的每个数据为 5 株的平均值。A 图代表品种“Counter”, B 图代表品种“金瑞三号”。“8”代表第 8 片叶, “9”代表第 9 片叶。

Note: Values in the figure were given as mean of 5 tomato plants. Panel A and B represent “Counter” and “Jingrui III”. Number 8 and g represent the 8th and the 9th leaf.

368 cm², 高湿度处理中叶面积增加最快、中湿度次之、低湿度最小。其中, 品种“金瑞三号”和“Counter” H 处理的平均叶面积较 L 处理分别增加 30.1%和 31.0%, 加湿 M 处理分别较 L 处理大 12.0%和 12.4%。第 2 批试验处理结束时(19 d 8 月 31 日), H 处理 2 个品种观察的 2 片叶平均单叶叶面积分别为 93 cm² 和 80 cm², 品种“金瑞三号”和“Counter” H 处理的平均叶面积较 L 处理分别增加 55.6%和 61.8%, 加湿 M 处理也较 L 处理分别增加 20.2%和 26.0%。2 批试验结果基本一致, 品种间表现也一致, 表明湿度处理可以显著提高番茄的叶面积, 植株的光合作用能力也随之增强。

2.5 高温下空气湿度对番茄叶片灼伤的影响

夏季在长时间的持续高温下, 番茄的叶片会出现萎蔫甚至干枯现象^[9]。从表 2 可看出, 随着处理时间的延长, 2 个品种受害程度不断加重, 各品种热害指数呈升高的趋势。H 处理的热害指数一直处于较低水平, 在 0~20%之间, M 处理为 20%~60%之间, 而对照 L 处理的热害指数在 60%~80%之间, 最高可达 86.7%。湿度处理有效地减缓了高温对叶片的伤害, 随着处理时间的延长, 湿度处理效果明显, 并且品种间表现一致。

表 2 不同湿度处理对番茄叶片灼伤的影响

品种		日期 Date/月.日		
Variety	Treatment	6.2~6.6	6.9~6.12	6.26~6.28
Counter	H	0	20	20
	M	20	20	40
	L	60	40	66.7
金瑞 Jinrui	H	20	20	20
	M	46.7	46.7	60
	L	50	60	86.7

注: 表中的 3 个时间段为自然气候室内温度偏高时段, 所测数据为该时段内高温对番茄叶片灼伤的一个累积效应。每个数据是用 5 株幼苗的热害级别根据热害公式计算得到的。

Note: The temperature in the 3 periods of time in the table was highest in a day, the measured data denoted cumulative burned effect of high temperature in the time period on tomato leaves. Each value was determined by heat injury level of 5 plants.

3 小结

番茄植株生长发育的最适温度为昼温 24~26℃, 夜温 18℃左右^[10-11]。高温 32℃条件下, 番茄植株生长受到限制, 到了 40℃, 茎叶就停止伸长。如果温度高达 45℃, 在短时间内茎叶就会出现日灼, 叶脉变成灰白色, 或者是幼嫩组织变色缢陷, 很快坏死^[12]。高温条件下不同空气湿度对温室番茄的营养生长有很大影响。

该试验在人工自然光照生长箱内 32~35℃的高温条件下, 尽管叶片数没有受到不同湿度的影响, 但是株高、茎粗、叶面积在相对湿度为 85%的环境下得到明显

促进, 叶片灼伤程度也得到很大改善。此结果与该课题组在 2007 年 7~8 月和 2008 年 5~8 月的系列试验结果一致^[13-14]。研究表明, 夏季中午喷雾可以使番茄叶面积增加, 光合得到促进^[15-16], 从而使干物质积累增加。高温对番茄开花坐果的影响更大, 将在另文中探讨高温下空气湿度对番茄开花坐果的影响。

参考文献

[1] 王克秀, 崔维科, 赵小光, 等. 番茄未成熟花粉离体成熟培养及花粉蛋白质检测的初步研究[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2007(4): 165-167.

[2] 赵统敏, 余文贵, 袁希汉, 等. 番茄耐高温优良品种筛选研究[J]. 江苏农业科学, 2008(1): 42-45.

[3] 王冬梅, 许向阳, 李景富. 番茄耐热性研究进展[J]. 中国蔬菜, 2003(2): 58-60.

[4] 赵博, 李天来, 张昆, 等. 昼间短时间亚高温对番茄光合作用及干物质积累和分配的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2007, 38(3): 269-272.

[5] 张志斌. 中国设施园艺高新技术的发展探讨[J]. 内蒙古农业大学学报, 2007, 28(3): 252-255.

[6] 毛胜利, 杜永臣, 王孝宣. 番茄耐热育种研究进展[J]. 园艺学报, 2001, 28(增刊): 655-660.

[7] 刘贤赵, 康绍忠. 不同生长阶段遮荫对番茄光合作用、干物质分配与叶 N、P、K 的影响[J]. 生态学报, 2002, 12: 2264-2271.

[8] 徐坤, 丁兆堂. 栽培方式对越夏番茄生理特性的影响[J]. 西北农业学报, 2004, 13(3): 103-106.

[9] Holder R, Cockshull K E. Effects of humidity on the growth and yield of glasshouse tomatoes [J]. Horticulture science, 1990, 65(1): 31-39.

[10] 陈玲, 宋松泉, 傅家瑞. 番茄种子萌发的高温耐性诱导[J]. 种子, 1998(5): 10-12.

[11] Villareal R L, Lai S H, Wong S H. Screening for heat tolerance in the genes *Lycopersicon esculentum* Mill [J]. Horticulture science, 1978, 13: 479-481.

[12] 刘琴, 孙辉, 何道文. 干旱和高温对植物胁迫效应的研究进展[J]. 西华师范大学学报, 2005(4): 365-367.

[13] 曹晋军. 高温下不同空气湿度对番茄植株生长和生理的影响[D]. 太谷: 山西农业大学硕士学位论文, 2008, 8-10.

[14] 薛义霞, 李亚灵. 空气湿度对高温下番茄营养生长的影响[J]. 西北农业学报, 2010(4): 149-154.

[15] 薛义霞, 李亚灵, 温祥珍. 空气湿度对高温下番茄光合作用及坐果率的影响[J]. 园艺学报, 2010, 37(3): 397-404.

[16] 张洁, 李天来. 日光温室亚高温对番茄光合作用及叶绿体超微结构的影响[J]. 园艺学报, 2005, 32(4): 614-619.

The Effect of Different Air Humidity on Vegetative Growth of Greenhouse Tomato Under High Temperature

HUANG Yan-hui, LI Ya-ling, WEN Xiang-zhen

(College of Horticulture Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801)

Abstract: This experiments using two tomato varieties which were carried out in a growth chamber(150 cm×120 cm×200 cm)with nature light from May to September in 2009. During the period of 10:00~16:00 each day, tomato plants were treated with relative humidity of 85%~90%(H), 65%~70%(M)and 35%~40%(L, non-humidification as control)at temperature 32~35℃. The results showed that the different air humidity did not affect the development of tomato leaves; Compared with treatment L, plant height, stem diameter and leaf area in treatment H were increased by 12%~14%, 7%~15% and 25%~42%, respectively under H treatment(85%~90%). The same performance of two varieties was got. The treatment M(65%~70%)also showed some positive effect. Results showed that by increasing air humidity under high treatment, it could increase leaf area efficiently, and could increase photosynthetic rate. In addition, it could reduce the burning rate in treatment H.

Key words: greenhouse tomato; high temperature; relative humidity; vegetative growth