

不同昼夜温差对设施番茄果实发育及产量的影响

陈艳秋¹, 赵翔², 刘昭霞², 杨再强²

(1. 沈阳中心气象台, 辽宁 沈阳 110016; 2. 南京信息工程大学 应用气象学院, 江苏省农业气象重点实验室, 江苏 南京 210044)

摘要:以设施番茄“金冠5号”为试材,利用人工控制试验,设计2个平均温度(18℃,25℃),昼夜温差(DIF)设计12℃(白天24℃/晚上12℃,白天31℃/晚上19℃)、6℃(白天21℃/晚上15℃,白天28℃/晚上22℃)、0℃(白天18℃/晚上18℃,白天25℃/晚上25℃)共6个处理,研究了不同处理对设施番茄幼果坐果率、果实大小(果实横径、果实纵径)及单果重、单株产量的影响,并利用果实形态指标与平均温度、昼夜温差、最低温度、最高温度进行相关分析,以揭示不同昼夜温差对番茄果实发育及产量的影响规律。结果表明:18℃平均温度处理时,坐果率、果实横径、单果重和单株产量均以12℃昼夜温差(24℃/12℃)最高,6℃昼夜温差次之,0℃昼夜温差最低;果实纵径以6℃最高;在日均温度25℃时,幼果坐果率、果实横径、果实纵径、单果重量和单株产量则以6℃昼夜温差处理最高,12℃昼夜温差次之,0℃昼夜温差最低;坐果至开花的天数以6℃温差处理最短。坐果率、果实横径、果实纵径和单果重,与昼夜温差呈正相关,与平均温度和最低温度相关不显著,坐果率、果实纵径与日最高温度呈正相关。研究认为在最适温度范围内,温差越大、果实发育越快、生长量越大、产量越高,有利于果实坐果。

关键词:昼夜温差(DIF);番茄;发育;产量

中图分类号:S 641.226 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)24-0038-05

番茄是全球栽培最多的蔬菜作物之一^[1]。据FAO统计,番茄在世界范围内的种植面积已达2 690万hm²,产量达6 900万t,占世界蔬菜生产总量的10%左右^[2]。目前,设施蔬菜生产已成为我国农业和农村经济的支柱性产业^[3]。番茄是典型的喜温蔬菜,设施生产中温度是影响其生长发育的重要因子之一,因此在温室和大棚等设施的番茄生产中调控温度是确保其获得高产和优质的一个重要措施。

在作物生长发育的整个过程中,作物也不可避免地会遭受不利环境温度条件,如高温、低温等灾害对其生长发育产生的不利影响,并直接影响其产量与品质。高温缩短植株生育进程而导致植株提早衰老,果实品质变差,干物质产量下降。缪曼珉^[4]发现,作物处于长期高温之下会发生一系列的生长障碍,如植株徒长、根系生长受阻、植株提早衰老等。郭建平^[5]曾发现高温使农

作物生育进程加快,生育期缩短,潘瑞炽^[6]也曾发现,高温加快作物的出叶速度,生育期变短。昼间亚高温处理下果实积累干物质较正常温度下果实多,这可能由于亚高温增强了“库”的强度,促进了番茄光合产物的快速运转,加快了果实细胞的发育速度,从而使果实的发育提早,果实成熟期提前^[7]。张洁等^[8]发现,高温处理造成番茄果实空洞果比率增加,植株生长和果实细胞膨大加快,而亚高温又造成光合速率下降,光合产物积累减少,物质供应不足,造成果实空洞。低温胁迫大多会导致植株茎的伸长和叶面积生长减缓,甚至停止,其影响程度取决于作物品种、低温逆境的强度以及具体的生长指标。10℃低温弱光胁迫基本抑制了植株的生长发育和光合作用,5℃低温胁迫则对植株根系活力及叶片造成一定程度伤害^[9]。Nieuwhof等^[10]研究表明,低温条件下番茄的相对增长率、叶面积比率和叶面积比较高温条件下低。低温弱光下番茄幼苗的生长量、叶片叶绿素含量、光合速率下降;根系活力与细胞质膜相对透性变化,不同品种表现差异明显,且株高、茎粗、叶面积、株幅增长量都受到抑制^[11]。低温也会影响作物开花、坐果以及果实的发育^[12]。在番茄的生长发育过程中,昼夜温差对其影响也较大,特别是影响作物的节间长度^[13]、株高^[14]、物质积累与分配^[15-16]。在适温范围内,番茄生长发育主要受平均温度的影响^[17-19],然而,平均温度一致

第一作者简介:陈艳秋(1960-),女,本科,正研级高工,现主要从事设施农业专业天气预报等研究工作。E-mail: qxtchen@yahoo.com.cn.

责任作者:杨再强(1967-),男,教授,博士生导师,现主要从事设施农业气象服务等研究工作。E-mail: yzq@nuist.edu.cn.

基金项目:国家公益(气象)行业科研专项资助项目(GYHY201206024);国家自然科学基金面上资助项目(41275117)。

收稿日期:2014-07-25

时,昼夜温差对番茄的物质积累^[17,20]、形态特征^[21]、花芽分化^[22-23]和产量形成^[17,19,24]都有显著影响。

迄今为止,昼夜温差对设施番茄果实形态、果实发育、果实品质及其产量的影响仍不清楚,现通过人工环境控制试验,研究在一定的平均温度条件下,设施番茄幼果坐果率、果实大小、单果质量、单株产量的影响对昼夜温差的响应规律,并且揭示番茄形态指标与温度的关系,以期为设施番茄生产环境调控和经济效益提高提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄品种为“金冠五号”(Solanum lycopersicum cv. 'Jinguan 5')。

1.2 试验方法

试验在南京信息工程大学大型步入式植物生长室(PGV-36, Conviron)中进行;生长室的外部尺寸为2 605 mm(高)×2 401 mm(宽)×3 410 mm(长);前期育苗在玻璃温室中进行,选择苗期长势相对一致的番茄幼苗(苗高20 cm,3片复叶)定植于营养盆中,再移入人工气候室中全生育期进行温差处理。试验日均气温设计18℃和25℃,每个平均温度设定12℃、6℃和0℃3个昼夜温差,即白天/晚上温度分别为:24℃/12℃、31℃/19℃、21℃/15℃、28℃/22℃、18℃/18℃、25℃/25℃共6个处理,实际实现温度在±0.5℃以内,每个处理12株,3次重复,共36株,由于人工气候室仅有3台,将试验分为2批,第1批于2012年9月至2013年1月,开展平均温度18℃的3个温差处理;第2批试验为2013年3—7月,开展平均温度25℃的3个温差处理。人工气候室的光合有效辐射设为 $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,相对空气湿度设置75%,水分和养分条件维持在适宜水平,不同批次处理保持一致。

1.3 项目测定

幼果坐果率测定:开花以花瓣展开45°角为准,坐果以果实直径3 cm,并且果实光泽度较好为准,在植株坐果后,统计各处理植株每一花序果实的坐果率,每个花序均以前4个花为标准进行计算,推出不同昼夜温差处理下的幼果坐果率。

果实大小和单果质量测定:坐果后每隔10 d,每个处理抽样3株,用直尺测量果实横径,果实纵径。采用精度为0.001 g的电子天平测定单果质量,同一处理下的3株取平均值,得到不同处理下的单果质量。

产量测定:在采收期,每处理统计3株的果实数量与单果质量,并由此统计单株产量。

1.4 数据分析

试验数据采用DPS软件进行方差分析,Excel软件作图。

2 结果与分析

2.1 昼夜温差对番茄幼果的坐果率的影响

从图1可以看出,当平均温度为18℃时,坐果率以昼夜温差12℃最高为87.3%,6℃温差次之为68.6%,0℃温差最低为54.7%。该研究表明,最适温度范围内,温差越大,坐果率越高,0℃温差坐果率最低。当平均温度为25℃时,昼夜温差6℃的坐果率最高达98.2%,12℃次之为84.8%,0℃温差最低为72.6%;不同昼夜温差处理间在5%水平下差异达到显著水平。比较所有处理,番茄植株坐果率由大到小顺序为:28℃/22℃>24℃/12℃>31℃/19℃>25℃/25℃>21℃/15℃>18℃/18℃。

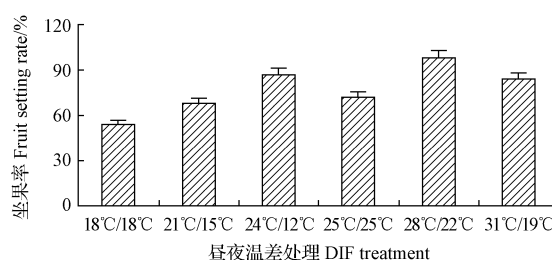


图1 昼夜温差对番茄植株坐果率的影响

Fig.1 Effect of DIF on tomato fruit setting rate

2.2 昼夜温差对番茄果实大小的影响

2.2.1 对果实横径的影响 由表1可知,当平均温度18℃时,坐果后10 d各处理的果实横径以12℃昼夜温差(24℃/12℃)最高为3.38 cm,6℃昼夜温差(21℃/15℃)次之,但与12℃昼夜温差差异不显著,0℃昼夜温差18℃/18℃最低为2.61 cm,与12℃温差处理在5%水平下存在显著差异。坐果后50 d时,以昼夜温差12℃处理最高达7.85 cm,仍然以0℃昼夜温差(18℃/18℃)最低为5.92 cm。当平均温度25℃时,坐果后10 d各处理的果实横径以6℃昼夜温差(28℃/22℃)最高为3.23 cm,12℃昼夜温差(31℃/19℃)次之,但与6℃温差差异显著,0℃温差(25℃/25℃)最低为2.62 cm,与6℃温差处理

表1 昼夜温差对番茄果实横径的影响

Table 1 Effect of DIF on the transverse diameter of tomato fruit cm

处理 Treatment	坐果后天数 Days after setting fruit/d				
	10	20	30	40	50
18℃/18℃	2.61±0.17b	3.13±0.28c	4.81±0.44c	5.71±0.65c	5.92±0.34c
21℃/15℃	3.14±0.24a	4.49±0.37b	5.32±0.34b	6.40±0.55b	6.90±0.51b
24℃/12℃	3.38±0.33a	5.30±0.44a	6.40±0.29a	7.21±0.63a	7.85±0.66a
25℃/25℃	2.62±0.45b	4.23±0.38b	5.12±0.45b	6.36±0.45b	6.42±0.58b
28℃/22℃	3.23±0.24a	5.46±0.54a	6.68±0.61a	7.39±0.65a	8.08±0.50a
31℃/19℃	2.77±0.30b	4.45±0.34b	5.26±0.51b	5.84±0.34c	6.79±0.66b

注:采用SPSS 19.0进行统计分析,Duncan多重比较法进行差异显著性检验,同列数据不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: All data are analyzed using the SPSS 19.0. Significant difference is analyzed by Duncan's multiple range test. Different lowercase letters in the same column mean significant difference between treatments at 0.05 level. The same below.

在 5% 水平下存在显著差异。坐果后 50 d 时,以温差 6℃ (28℃/22℃) 处理最高达 8.08 cm,12℃ 温差 (31℃/19℃) 处理次之为 6.79 cm,以 0℃ 温差 (25℃/25℃) 最低为 6.42 cm,比 6℃ 温差小 1.66 cm。比较各个处理,坐果 50 d 后,所有果实横径由大到小顺序为:28℃/22℃ > 24℃/12℃ > 21℃/15℃ > 31℃/19℃ > 25℃/25℃ > 18℃/18℃。

2.2.2 昼夜温差对番茄果实纵径的影响 从表 2 可以看出,当平均温度 18℃ 时,坐果后 10 d 各处理的果实纵径以 6℃ 昼夜温差 (21℃/15℃) 最高为 1.73 cm,12℃ 昼夜温差 (24℃/12℃) 次之为 1.65 cm,0℃ 昼夜温差 (18℃/18℃) 最低为 1.61 cm,3 个昼夜温差处理差异在 5% 水平下差异不显著。坐果后 50 d 时,以温差 12℃ 处理最高达 5.84 cm,以 6℃ 温差 (21℃/15℃) 处理最低为 5.31 cm,与 12℃ 温差处理在 5% 水平下差异显著。当平均温度 25℃ 时,坐果后 10 d 各处理的果实纵径以 6℃ 昼夜温差 (28℃/22℃) 最高为 1.88 cm,12℃ 昼夜温差 (21℃/15℃) 次之,但与 6℃ 温差差异显著,0℃ 昼夜温差 (25℃/25℃) 最低为 1.62 cm,与 6℃ 温差处理差异在 5% 水平下存在差异。坐果后 50 d 时,以昼夜温差 6℃ (28℃/22℃) 处理最高达 5.86 cm,12℃ 昼夜温差 (31℃/19℃) 处理次之为 5.72 cm,以 0℃ 昼夜温差 (25℃/25℃) 最低为 5.52 cm,比 6℃ 温差小 0.34 cm,各处理在 5% 水平下差异不显著。比较所有处理,坐果 50 d 后,所有果实纵径由大到小顺序为:28℃/22℃ > 24℃/12℃ > 31℃/19℃ > 25℃/25℃ > 18℃/18℃ > 21℃/15℃。

表 2 昼夜温差对番茄果实纵径的影响

Table 2 Effect of DIF on the longitudinal diameter of tomato fruit

处理	坐果后天数 Days after setting fruit/d				
Treatment	10	20	30	40	50
18℃/18℃	1.61±0.12a	2.34±0.33b	3.76±0.33b	5.15±0.56a	5.33±0.40b
21℃/15℃	1.73±0.11a	2.42±0.22b	4.45±0.41a	4.91±0.43b	5.31±0.47b
24℃/12℃	1.65±0.10a	2.85±0.30a	4.82±0.31a	5.47±0.51a	5.84±0.50a
25℃/25℃	1.62±0.13a	2.46±0.26b	4.68±0.20a	5.22±0.40a	5.52±0.41a
28℃/22℃	1.88±0.11b	2.92±0.26a	4.71±0.35a	5.46±0.55a	5.86±0.48a
31℃/19℃	1.77±0.14a	2.79±0.24a	4.34±0.47a	5.12±0.34a	5.72±0.44a

2.3 昼夜温差对番茄单果质量的影响

由表 3 可知,当平均温度 18℃ 时,坐果后 10 d 各处理的单果重以 12℃ 昼夜温差 (24℃/12℃) 最高为 12.3 g,6℃ 昼夜温差 (21℃/15℃) 次之为 10.4 g,0℃ 昼夜温差 (18℃/18℃) 最低为 9.5 g,与 12℃ 温差处理差异在 5% 水平下差异显著。坐果后 50 d 时,以 12℃ 昼夜温差 (24℃/12℃) 处理最高达 198.0 g,6℃ 昼夜温差 (21℃/15℃) 处理次之为 145.6 g,以 0℃ 昼夜温差最低为 104.1 g,与 12℃ 温差处理在 5% 水平下差异显著。当平均温度 25℃ 时,坐果后 10 d 各处理的单果重以 6℃ 昼夜温差 (28℃/22℃) 最高为 13.8 g,12℃ 昼夜温差 (31℃/19℃) 次之为 11.7 g,但与 6℃ 温差差异不显著,0℃ 昼夜温差 (25℃/25℃) 最低为 8.2 g,与 6℃ 温差、12℃ 温差处理在 5% 水平下存在显著差异。坐果后 50 d 时,以昼夜温差 6℃ (28℃/22℃) 处理最高达 225.1 g,12℃ 昼夜温差处理次之为 155.2 g,以 0℃ 昼夜温差 (25℃/25℃) 最低为 113.8 g,比 6℃ 温差小 111.3 g,各处理在 5% 水平下差异显著。比较所有处理,坐果 50 d 后,所有单果重量由大到小顺序为:28℃/22℃ > 24℃/12℃ > 31℃/19℃ > 21℃/15℃ > 25℃/25℃ > 18℃/18℃。

19℃) 次之为 11.7 g,但与 6℃ 温差差异不显著,0℃ 昼夜温差 (25℃/25℃) 最低为 8.2 g,与 6℃ 温差、12℃ 温差处理在 5% 水平下存在显著差异。坐果后 50 d 时,以昼夜温差 6℃ 处理最高达 225.1 g,12℃ 昼夜温差处理次之为 155.2 g,以 0℃ 昼夜温差 (25℃/25℃) 最低为 113.8 g,比 6℃ 温差小 111.3 g,各处理在 5% 水平下差异显著。比较所有处理,坐果 50 d 后,所有单果重量由大到小顺序为:28℃/22℃ > 24℃/12℃ > 31℃/19℃ > 21℃/15℃ > 25℃/25℃ > 18℃/18℃。

表 3 昼夜温差对番茄单果质量的影响

Table 3 Effect of DIF on single fruit weight of tomato

处理	坐果后天数 Days after setting fruit/d				
Treatment	10	20	30	40	50
18℃/18℃	9.5±0.1b	16.4±1.5c	44.5±4.1c	82.6±7.4d	104.1±9.5d
21℃/15℃	10.4±1.2b	22.1±1.8b	67.5±5.5b	108.4±9.6c	145.6±11.2c
24℃/12℃	12.3±0.3a	24.8±2.0b	76.9±6.0b	158.2±8.4b	198.0±12.8b
25℃/25℃	8.2±0.2c	16.5±1.3c	38.1±2.7d	87.9±5.4d	113.8±10.9d
28℃/22℃	13.8±0.3a	29.4±2.5a	86.3±8.0a	176.8±6.7a	225.1±21.6a
31℃/19℃	11.7±0.7a	18.8±1.2c	76.6±5.6b	113.3±9.7c	155.2±1.6c

2.4 昼夜温差对番茄单株产量的影响

由图 2 可知,当平均温度为 18℃ 时,各处理的单株产量以 12℃ 昼夜温差 (24℃/12℃) 最高为 2 376.5 g,6℃ 昼夜温差 (21℃/15℃) 次之为 1 740.4 g,比 12℃ 低 26.7%;0℃ 昼夜温差 (18℃/18℃) 最低为 1 248.6 g,比 12℃ 温差处理低 47.5%,各处理间在 5% 水平下差异显著。当平均温度 25℃ 时,单株产量以 6℃ 昼夜温差 (28℃/22℃) 最高为 2 701.5 g,12℃ 昼夜温差 (31℃/19℃) 次之为 1 552.9 g,比 6℃ 低 42.5%,0℃ 昼夜温差 (25℃/25℃) 最低为 1 359.4 g,比 6℃ 温差低 49.6%,0℃ 温差与 6℃、12℃ 温差处理在 5% 水平下差异显著。比较所有处理,坐果 50 d 后,所有单果重量由大到小顺序为:28℃/22℃ > 24℃/12℃ > 21℃/15℃ > 31℃/19℃ > 25℃/25℃ > 18℃/18℃。

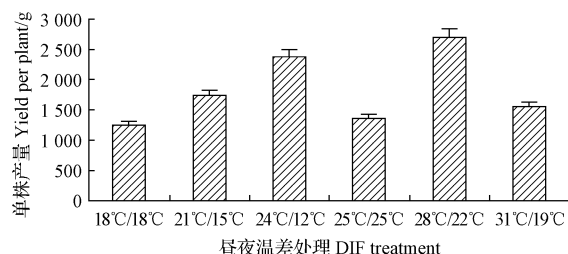


图 2 昼夜温差对番茄单株产量的影响

Fig. 2 Effect of DIF on the yield of simple tomato plant

2.5 番茄果实形态指标与温度和温差的关系

利用果实形态指标与平均温度 (T)、昼夜温差 (DIF)、日最低温度 (Tmin)、日最高温度 (Tmax) 进行相关分析。由表 4 可知,坐果率、果实横径、果实纵径、单果

表 4

番茄果实指标与温度相关分析

Table 4

The correlation analysis between the tomato fruit index and temperature

项目	昼夜温差 DIF	日平均温度 T	日最高温度 Tmax	日最低温度 Tmin	坐果率 Fruit setting rate	果实横径 Transverse diameter of fruit	果实纵径 Longitudinal diameter of fruit	单果重 Weight of simple fruit	单株产量 Yield of simple plant
昼夜温差 DIF	1								
日平均温度 T	0	1							
日最高温度 Tmax	0.573	0.819 *	1						
日最低温度 Tmin	-0.573	0.819 *	0.342	1					
坐果率 Fruit setting rate	0.643 *	0.525	0.799 *	0.061	1				
果实横径 Transverse diameter of fruit	0.602	0.085	0.415	-0.275	0.871 * *	1			
果实纵径 Longitudinal diameter of fruit	0.628 *	0.505	0.774 *	0.054	0.939 * *	0.767 *	1		
单果重 Weight of simple fruit	0.644 *	0.178	0.515	-0.223	0.911 * *	0.971 * *	0.832 *	1	
单株产量 Yield of simple plant	0.506	0.077	0.354	-0.227	0.840 *	0.982 * *	0.751 *	0.976 * *	1

注:相关系数临界值 $R_{0.05}=0.611, R_{0.01}=0.867$ 。

Note: The critical value of the correlation coefficient $R_{0.05}=0.611, R_{0.01}=0.867$.

重与昼夜温差呈正相关,相关系数分别为 0.643、0.602、0.628、0.644,相关系数在 5%水平下达到显著。坐果率、果实横径、果实纵径、单果重、单株产量与平均温度和最低温度相关不显著;单株产量与昼夜温差相关系数较其它温度指标为最大,坐果率、果实纵径与日最高温度呈正相关,相关系数在 5%水平下达到显著。

3 讨论与结论

该试验利用控制试验研究发现当日平均温度较低时,昼夜温差越大,番茄单果重越大,单株产量越高。当日平均温度和昼夜温差增加,使日最高温度和日最低温度超出番茄发育三基点温度范围时,不利于单果重量和单株产量的提高。这与前人研究结果一致,毛丽萍等^[26-27]研究发现,随番茄苗期昼夜温差加大,单果质量显著或极显著降低,单株产量极显著减少。12℃温差处理比 0℃处理下,单株干物质大幅增加。试验中,加大昼夜温差,即在 22℃/28℃的情况下,显著提高了番茄的干物质积累,同时,由于夜间温度的降低而减弱了呼吸作用,最终加大昼夜温差增加了同化物供应,所以物质积累增加,相应的番茄单果质量和单株产量增加。赵玉萍^[28]研究发现,温度过高或过低都会影响果实发育,从而影响单果重量和单株产量,夜温低于 12.8℃就开始抑制叶片光合产物的输出^[29]。张光星等^[30]研究认为极端低温可引起番茄畸形果率的大幅增加,而番茄生长发育的较适温度上限被认为是 33~35℃,超过 35℃,其生长发育会受到严重影响^[31-32],亚高温处理番茄,单果质量显著下降,果实产量下降,而且亚高温持续时间越长,造成的不利影响越大。这是因为作物长期处在亚高温的环境中,光合作用会下降,呼吸作用增强,同化物供应不足,从而导致植株生长速率减慢。已经研究证实温度过

高或过低,都不利于番茄的生长,适当的平均温度和昼夜温差才能促进番茄生长。

该研究表明日均温度为 25℃,昼夜温差对设施番茄生长发育及其产量形成的影响以 6℃温差(28℃/22℃)处理效果最佳。马光恕等^[33]研究表明,26℃/14℃为番茄生长较合适的温度,如果继续加大温差有可能会产生极端高温或极端低温的危害。高于 35℃或低于 8℃时对植物生长产生影响甚至会使植物死亡。因此,适当的昼夜温差有利于番茄的生长。温度、光照均是影响设施番茄生长发育的主要因素,该研究仅考虑平均温度和温差 2 个因子,同时昼夜温差设计仅为 0~12℃,没有考虑负昼夜温差,在以后的研究中,可以进一步控制试验研究温差与光照因子的耦合及负昼夜温差对设施番茄生长及果实发育的影响。

参考文献

- [1] 廖兴其. 世界番茄的生产与消费[J]. 中国果菜, 2000(5): 42-44.
- [2] 孙日飞. 我国蔬菜产业发展现状、问题与现状[C]//中国园艺学会第九届第二次全国理事扩大会议会刊, 2003: 32-34.
- [3] 王耀林. 提高蔬菜产品质量发展蔬菜出口产业[C]//中国农学会第三届全国秋冬季设施农业新技术推广会会刊, 2003: 12-13.
- [4] 缪曼珉. 黄瓜热伤害与热适应生理机制及耐热栽培技术研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2000.
- [5] 郭建平, 高素华. 高温、高 CO₂ 对农作物影响的试验研究[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(1): 17-20.
- [6] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [7] Walker A J, Ho L C. Carbon translocation in the tomato; effects of fruit temperature on carbon metabolism and the rate of translocation[J]. Annals of Botany, 1977, 41(4): 825-832.
- [8] 张洁, 李天来, 徐晶. 昼间亚高温对日光温室番茄光合作用及物质积累的影响[J]. 园艺学报, 2005, 32(2): 228-233.
- [9] 胡文海, 喻景权. 低温弱光对番茄植株生长发育及生理功能的影响[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(3): 55-57.

- [10] Nieuwhof M, Garretsen F, Van O J C. Growth analysis of tomato genotypes grown under low energy conditions[J]. Netherlands Journal of Agricultural Sciences, 1991, 39: 191-196.
- [11] 黄文龙, 臧壮望, 王斌. 棚室温度调控管理技术[J]. 现代农业科技, 2008(23): 121-124.
- [12] 战吉成, 黄卫东, 王利军. 植物弱光逆境生理研究综述[J]. 植物学通报, 2003, 20(1): 43-50.
- [13] Svein O G, Endre F. Effect of different day and night temperature regimes on greenhouse cucumber young plant production, flower bud formation and early yield[J]. Scientia Horticulturae, 1993, 53: 191-204.
- [14] Patil G G, Moe R. Involvement of phytochrome B in DIF mediated growth in cucumber[J]. Scientia Horticulturae, 2009, 122: 164-170.
- [15] de Koning A N M. The effect of different day/night temperature regimes on growth, development and yield of glasshouse tomatoes[J]. Journal of Horticultural Science, 1988, 63: 465-471.
- [16] Gent M P N. Effect of diurnal temperature variation on early yield and fruit size of greenhouse tomato[J]. Appl Agric Res, 1988(3): 257-263.
- [17] de Koning A N M. The effect of temperature, fruit load and salinity on development rate of tomato fruit[J]. Acta Horticulturae, 2000, 519: 85-93.
- [18] Zhang L, Hao X M, Li Y Y, et al. Response of greenhouse tomato to varied low pre-night temperatures at the same daily integrated temperature[J]. Journal of American Society for Horticultural Science, 2010, 45(11): 1654-1661.
- [19] Adams S R, Cockshull K E, Cave R J. Effects of temperature on the growth and development of tomato fruits[J]. Annals of Botany, 2001, 88(5): 869-877.
- [20] Gent M P N, Ma Y Z. Growth and mineral nutrition of tomato seedlings under diurnal temperature variation of the root and shoot[J]. Crop Science, 2000, 40: 1629-1636.
- [21] Vander P A, Heuvelink E. Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: A review[J]. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2005, 80(6): 652-659.
- [22] Warner R M, Erwin J E. Variation in floral induction requirements of *Hibiscus* sp. [J]. Journal American Society Horticulturae Science, 2001, 126(3): 262-268.
- [23] Erwin J E, Smith A, Warner R. Interaction between photoperiod, GA₃ and vernalization time on flowering of *Raphanus sativus* [J]. Physiology Plant, 2002, 115(2): 298-302.
- [24] David H F, Logan S L, Catalin M, et al. Effect of temperature perturbations on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) quality and production scheduling[J]. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2006, 81(1): 125-131.
- [25] Adams S R, Cockshull K E, Cave R J. Effects of temperature on the growth and development of tomato fruits[J]. Annals of Botany, 2001, 88(5): 869-877.
- [26] 毛丽萍, 李亚灵, 温祥珍. 苗期昼夜温差对番茄产量形成因子的影响分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(16): 172-177.
- [27] 毛丽萍, 李亚灵, 赵军良, 等. 昼夜温差对番茄幼苗光合特性和物质积累的影响[J]. 华北农学报, 2012, 27(1): 128-133.
- [28] 赵玉萍. 不同温度光照对温室番茄生长, 光合作用及产量品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
- [29] 黄芳. 夜间温度对番茄生长的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2002.
- [30] 张光星, 王靖华, 杨锦忠, 等. 低温胁迫和氮素营养对番茄畸形果发生的影响[J]. 中国农业科学, 1998, 31(1): 21-26.
- [31] 赵玉萍, 邹志荣, 白鹏威, 等. 不同温度对温室番茄生长发育及产量的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(2): 133-137.
- [32] 张洁, 李天来. 不同天数亚高温处理对番茄产量与品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(25): 7811-7812.
- [33] 马光恕, 廉华. 设施内环境要素的变化规律及对蔬菜生长发育的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2002, 14(3): 16-20.

Effect of Difference Between Day and Night Temperature on Fruit Development and Yield of Tomato

CHEN Yan-qiu¹, ZHAO Xiang², LIU Zhao-xia², YANG Zai-qiang²

(1. Shenyang Central Meteorological Center, Shenyang, Liaoning 110016; 2. Jiangsu Key Laboratory of Agricultural Meteorology, College of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, Jiangsu 210044)

Abstract: Taking tomato *Solanum lycopersicum* cv. 'Jinguan 5' as test material, the use of artificial controlled trial designed two average temperature (18°C, 25°C), difference between day and night temperature (DIF) to 12°C (day 24°C/night 12°C, day 31°C/night 19°C), 6°C (day 21°C/night 15°C, day 28°C/night 22°C), 0°C (day 18°C/night 18°C, day 25°C/night 25°C) handled a total of six controlled trials, the number of different research facilities DIF tomato on young fruit setting rate, the size of fruit weight, fruit and grain yield per plant. The results showed that 18°C average temperature processing, fruit setting rate, fruit diameter, fruit weight and yield per plant were the highest under 12°C diurnal temperature (24°C/12°C), 6°C temperature difference followed, 0°C temperature difference was the lowest; when the average daily temperature was 25°C, young fruit setting rate, fruit diameter, fruit weight and yield per plant was the highest when temperature difference placed 6°C, 12°C temperature difference followed, 0°C temperature difference was the lowest; setting rate, fruit diameter, fruit longitudinal diameter and fruit weight, and DIF positively correlated with the mean temperature and the minimum temperature were not significant, setting rate, fruit length and daily maximum temperature was positively correlated. And it suggested that within the optimum temperature range, the greater the temperature difference, the faster the fruit development, the greater the growth, the higher the yield, it was benefit for setting fruits.

Keywords: difference between day and night temperature (DIF); *Solanum lycopersicum*. ; development; yield