

不同温度对甜瓜糖分积累与蔗糖代谢酶的影响

任 雷, 邹志荣, 李鹏飞

(西北农林科技大学 园艺学院 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 研究了不同温度对厚皮甜瓜 3 种糖分积累与 4 个蔗糖相关酶活性的影响。结果表明: 果实中果糖和可溶性糖含量随着温度的增强而增加, 转化酶活性随温度的升高而升高; 蔗糖含量, 蔗糖磷酸酶活性以及蔗糖合成酶随温度的变化活性趋势一致。在果实发育前中期, 温度越高, 三者数值越小, 成熟期三者数值随着温度的升高而升高。自然温度+6~7℃与自然温度处理间差异性显著, 自然温度+3~4℃与自然温度处理间差异性不显著。

关键词: 厚皮甜瓜; 温度; 糖分积累; 蔗糖代谢酶

中图分类号: S 652 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)07-0012-05

温度是影响作物生长发育的一个重要因素, 甜瓜作为喜温类作物, 对温度有很高的要求^[1]。甜瓜果实中糖的含量、种类和比率是决定果实品质的主要因素之一^[2]。大量研究表明, 蔗糖代谢相关酶对果实中糖的代谢和积累具有重要影响, 这些酶包括磷酸蔗糖合成酶 (SPS)、蔗糖合成酶 (SS)、中性转化酶 (NI) 和酸性转化酶 (AI)^[3]。Hubbard^[4]等提出花后 15 d 后的甜瓜蔗糖大量积累的原因, 缪旻珉^[5]等和张明方^[6]等也证明蔗糖相关酶对蔗糖的积累具有一定的作用。目前, 针对不同温度与甜瓜果实的糖分积累和蔗糖相关酶代谢的研究还比较少。试验通过添置热风炉的方式达到增温效果, 测定不同生长期甜瓜果实中的蔗糖、果糖和可溶性糖含量及 SPS、SS、NI 和 AI 活性。在考虑到经济投入的前提下, 希望找到适合秋、冬茬甜瓜生长的温度, 为进一步深入研究温度与甜瓜品质之间的关系奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

厚皮甜瓜品种“一品天下 108”, 由西北农林科技大学农城种业中心提供。2008 年 12 月 20 日播种于新天地玻璃温室内。2009 年 1 月 10 号, 当甜瓜苗 4 叶 1 心时定植于西北农林科技大学北校区园艺场的日光温室

内。采用盆栽试验, 栽培盆 30 cm×22 cm, 每盆 1 株, 共种植 200 株, 营养土为(土:牛粪:草炭=5:3:2), 并适时加入复合肥。单干整枝, 每株 1 果。正常日常管理。在第 12 节左右留子蔓结瓜, 25 片叶左右打顶, 开花授粉后 42 d 采收。当甜瓜开花时统一进行光照处理。花后每周每个光照处理取 3 个果实, 采集后, 立即进行液氮速冻, 后转移到-70℃冰箱储存备用。

1.2 试验方法

白天(7:00~18:00)通过燃烧热风炉的方法来达到提高温室隔间温度的效果。测量得知每个热风炉可将温室隔间温度提升 3~4℃。温度记录采用哈尔滨物格有限公司生产的温度记录仪进行记录。糖分、蔗糖酶活性, 均参考高俊风^[7]的方法测定。

表 1 试验设计

Table 1	Experimental design	
处理	处理代码	处理方式
Treatment	Treatment code	Treatment method
1	A	自然温度(10~28℃) Natural Temperature (10~28℃)
2	B	自然温度+3~4℃ Natural Temperature plus 3~4℃
3	C	自然温度+6~7℃ Natural Temperature plus 6~7℃

2 结果与分析

2.1 不同温度对甜瓜果实中糖分含量的影响

2.1.1 蔗糖含量的变化 由表 2 可知, 各处理的甜瓜果实内蔗糖含量均随着植株的发育而不断增加。从始花到花后 21 d B 处理中甜瓜的蔗糖含量最高, 且与其它 2 个处理间始终存在显著性差异。从花后 28 d 开始, 与自然温度对照相比, 果实中的蔗糖含量随着温度的升高而增加。C 处理中的果实蔗糖含量最高, 与 B 处理间的差异随时间变化在减小。温度对蔗糖含量影响最明显的

第一作者简介: 任雷(1985-), 男, 河南洛阳人, 在读硕士, 现从事设施环境工程研究工作。

通讯作者: 邹志荣(1956-), 男, 陕西延安人, 教授, 博士生导师, 现从事设施园艺工程与技术研究工作。E-mail: zouzhihong2005@163.com

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2007BAD79B04)。

收稿日期: 2009-12-24

表 2		各处理果实中蔗糖含量的变化						
Table 2		Change of sucrose content in fruit in different treatments						mg ° g ⁻¹
		采样 Samples						
处理	花后 7 d	花后 14 d	花后 21 d	花后 28 d	花后 35 d	花后 42 d		
Treatment	Seven days after pollination	Fourteen days after pollination	Twenty one days after pollination	Twenty eight days after pollination	Thirty five days after pollination	Forty two days after pollination		
A	1.28Ab	1.92Ab	2.59Aab	4.59Ab	30.49Bb	44.68Bb		
B	1.75Aa	2.64Aa	2.84Aa	4.88Ab	39.26Aa	58.45Aa		
C	1.38Ab	2.41Aab	2.23Ab	6.45Aa	40.84Aa	58.59Aa		

注: 同列中不同大写字母表示差异达 0.01 显著水平, 小写字母表示差异达 0.05 显著水平, 下同。
Note: The different capital letters express is significant difference($P<0.01$), the different letters express is significant difference($P<0.05$), the same below.

阶段是在花后 21~28 d。影响果糖含量。从花后 28 d 开始 2 个加温处理与自然温度间都存在显著性差异。在成熟果实中的果糖含量与对照相比, C 和 B 处理分别增加了 23.3%和 18%。在果糖积累的整个过程中, 温度越高处理的甜瓜果实果糖含量越高。

表 3		各处理果实中果糖含量的变化					
Table 3		Change of fructose content in fruit in different treatments					mg · g ⁻¹
		采样 Samples					
处理	花后 7 d	花后 14 d	花后 21 d	花后 28 d	花后 35 d	花后 42 d	
Treatment	Seven days after pollination	Fourteen days after pollination	Twenty one days after pollination	Twenty eight days after pollination	Thirty five days after pollination	Forty two days after pollination	
A	6.56Aa	2.95Cc	4.58Cc	10.08Bb	13.03Bb	12.84Bb	
B	6.15Aa	5.75Bb	6.92Bb	17.04Aa	16.83Aa	15.15Aa	
C	6.81Aa	8.38Aa	11.17Aa	17.57Aa	16.62Aa	15.83Ab	

2.1.3 可溶性糖含量的变化 由表 4 可知, 可溶性糖含量在前 28 d 积累速度较缓慢 之后较快积累。花后 14 d 和花后 28 d, 2 个补温处理与自然温度对照间的差异性不明显, 说明该段时间内果实中可溶性糖的积累受温度

表 4		各处理果实中可溶性糖含量的变化					
Table 4		Change of soluble sugar content in fruit in different treatments					mg · g ⁻¹
		采样 Samples					
处理	花后 7 d	花后 14 d	花后 21 d	花后 28 d	花后 35 d	花后 42 d	
Treatment	Seven days	Fourteen days	Twenty one days	Twenty eight days	Thirty five days after	Forty two days	
	after pollination	after pollination	after pollination	after pollination	pollination	after pollination	
A	14. 65Ab	19. 64Aa	23. 02Bb	31. 58Aa	49. 85Bb	82. 43Ab	
B	14. 73Ab	21. 12Aa	28. 66Aa	32. 88Aa	67. 45 Aa	85. 08Aab	
C	15. 93Aa	26. 73Aa	29. 47Aa	32. 60Aa	70. 47 Aa	87. 34Aa	

2.2 不同温度对甜瓜果实中蔗糖酶含量变化的影响 内, 各个温度处理间的差异基本上不显著。在花后前 21 d 内, 温度越高的处理 SPS 活性越低($C<B<A$)。从花后 28 d 开始, 温度越高的处理 SPS 的活性越高, 在成熟时期各个光照处理之间的差异最显著。

表 5		各处理果实中磷酸蔗糖合成酶含量的变化					
Table 5		Change of sucrose phosphate synthase activities in fruit in different treatments					$\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$
		采样 Samples					
处理	花后 7 d	花后 14 d	花后 21 d	花后 28 d	花后 35 d	花后 42 d	
Treatment	Seven days after pollination	Fourteen days after pollination	Twenty one days after pollination	Twenty eight days after pollination	Thirty five days after pollination	Forty two days after pollination	
A	19.40Aa	11.67Aa	12.67Aa	15.73Aa	16.73Aa	11.90Ab	
B	18.66Aa	16.60Aa	10.12Aa	21.09Aa	18.12Aa	17.17Aab	
C	12.74Aa	13.77Aa	10.3Aa	22.88Aa	19.26Aa	21.70Aa	

2.2.2 温度对蔗糖合成酶(SS)的影响 由表 6 知, 在 “一品天下”甜瓜果实中的 SS 含量在发育早期含量很

高,之后活性迅速下降。从花后 21 d 开始,SS 活性缓慢上升。在花后 21 d 内,各个温度处理间的差异基本上不显著,温度越高的处理 SS 活性越低($G<B<A$)。之后

各个温度处理间的差异性加大,温度越高的处理 SS 的活性越高。变化规律与 SPS 活性相似。

表 6 各处理果实中蔗糖合成酶含量的变化

Table 6 Change of sucrose synthase activities in fruit in different treatments $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$						
处理 Treatment	采样 Samples					
	花后 7 d	花后 14 d	花后 21 d	花后 28 d	花后 35 d	花后 42 d
	Seven days	Fourteen days	Twenty one days	Twenty eight days	Thirty five days after	Forty two days
	after pollination	after pollination	after pollination	after pollination	pollination	after pollination
A	24.67Aa	15.77Aa	13.94Aa	10.19Bb	16.73Ab	15.53Aa
B	25.11Aa	11.81Aa	15.36Aa	14.67Bb	20.40Aab	19.44Aa
C	22.30Aa	11.75Aa	10.64Aa	27.67Aa	29.08Aa	21.09Aa

2.2.3 温度对中性转化酶(NI)的影响 由表 7 可知,甜瓜中的 NI 含量在果实发育中前期呈下降趋势,在花后 21 d 活性降至检测水平之下之后 NI 活性小幅上升,但

总体活性水平很低。整个果实发育阶段不同光照处理间的 NI 活性水平差异性不大,总体上 B 处理 NI 活性水平最高。

表 7 各处理果实中中性转化酶含量的变化

Table 7 Change of neutral invertase activities in fruit in different treatments $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$						
处理 Treatment	采样 Samples					
	花后 7 d	花后 14 d	花后 21 d	花后 28 d	花后 35 d	花后 42 d
	Seven days	Fourteen days	Twenty one days	Twenty eight days	Thirty five days after	Forty two days
	after pollination	after pollination	after pollination	after pollination	pollination	after pollination
A	5.15Aa	3.38Aa	0.97Aa	0.00Aa	0.86Aa	0.49Aa
B	4.80Aa	3.18Aa	1.11Aa	0.00Aa	1.12Aa	0.60Aa
C	5.56Aa	3.40Aa	0.73Aa	0.00Aa	1.06Aa	0.44Aa

2.2.4 温度对酸性转化酶(AI)的影响 由表 8 知,甜瓜果实中 AI 活性水平在花后 28 d 内小幅度波动之后下降。总体上来说,温度越高的处理 AI 活性越低($C<B<$

A)。花后 7 d 和 21 d 时不同温度处理间的差异比较显著,其余阶段温度处理的作用不明显。

表 8 各处理果实中酸性转化酶含量的变化

Table 3 Change of acidl invertase activities in fruit in different treatments $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$						
处理 Treatment	采样 Samples					
	花后 7 d	花后 14 d	花后 21 d	花后 28 d	花后 35 d	花后 42 d
	Seven days	Fourteen days	Twenty one days	Twenty eight days	Thirty five days after	Forty two days
	after pollination	after pollination	after pollination	after pollination	pollination	after pollination
A	4.53Bb	7.01Aa	3.60Bb	5.87Aa	2.85Aa	2.48Aa
B	5.74Aa	6.46Aa	4.25Aa	6.04Aa	2.22Aa	1.99Aa
C	3.49Bc	3.98Bb	3.41Bb	5.71Aa	2.37Aa	1.92Aa

3 讨论

糖含量是衡量甜瓜品质的主要指标之一,蔗糖的积累是甜瓜果实糖分提高的重要原因^[8]。而植物组织中贮藏糖分的变化与蔗糖代谢酶的关键酶有关^[9]。该试验结果表明,“一品天下 108”甜瓜果实中蔗糖的积累存在明显的转折点,成熟期中蔗糖累计的量对果实中最终糖含量具有重要影响^[10]。

3.1 不同温度对甜瓜果实中相关蔗糖酶变化的影响

果实发育过程中转化酶活性与果实中蔗糖含量呈负相关,这一变化在苹果^[11]、葡萄^[12]、番茄^[13]等植物中

都已发现。在试验中果实发育的前中期,果实中的转化酶活性呈逐渐降低趋势,但是由于总体活性水平较高,而转化酶有降解蔗糖为单糖的作用,所以蔗糖几乎无法积累,前期甜瓜果实中的蔗糖含量较低。蔗糖积累转折点也是 NI 活性降至检测水平下的时间点;从花后 28 d 开始,蔗糖迅速积累,同时 AI 活性进一步降低。说明转化酶与蔗糖积累在甜瓜果实中也存在负相关的关系。在整个果实发育期内,基本上温度越高的处理转化酶的水平越高。其中不同温度处理对 NI 活性的影响差异性不显著。对 AI 活性的影响,C 处理与 A 之间基本上—

直存在显著性差异,而 B 处理与 A 处理间的差异性不明显。说明补温程度未达到某一阈值时对蔗糖转化酶的变化影响不大。

SPS 在蔗糖合成积累中起着重要作用。许多果实成熟过程中蔗糖积累与 SPS 活性升高密切相关^[1415]。而 SS 是促使蔗糖进入各种代谢途径的关键酶之一。果实发育前期,SPS 活性较小,蔗糖积累量也较小。SPS 活性与 SS 活性在果实的整个发育期内的变化趋势较一致。在果实发育前中期,不同温度处理间 SPS 和 SS 活性的差异性不显著,但是这 2 种酶的活性基本上随着温度的升高而减小。在花后 28 d,也就是蔗糖积累的转折点,SPS 和 SS 酶活性发生明显变化。温度越高的处理这 2 种酶活性越高,且不同处理间的差异性加大。补温 6~7℃的处理与自然温度对照之间基本上一直存在显著性差异,而补温 3~4℃的处理与自然温度对照处理间的差异不显著。

3.2 不同温度对甜瓜果实中糖分积累的影响

甜瓜果实中的蔗糖含量在花后 21 d 内随着温度的升高而降低,这与蔗糖相关酶表达的趋势相同。从花后 28 d 开始,蔗糖含量显著增加,温度越高的处理中果实蔗糖含量也越高。果实成熟期仅从蔗糖相关代谢酶活性的有限变化难以解释蔗糖积累随温度的升高而提高,因为虽然在此期间温度越高 SPS 和 SS 酶活性越高,促进了蔗糖的合成。但是越高温度处理中的 NI 和 AI 活性也越大,转化酶分解蔗糖成为果糖。索滨华等^[16]通过¹⁴CO₂ 示踪研究发现,同化产物在发育后期的网纹甜瓜果实中积累量较前期提高 20%。因此推测,温度越高的处理促进果实中同化产物直接以可溶性糖(蔗糖)形式积累,从而使得温度越高的处理果实中的蔗糖含量在后期越高。C 处理与 A 之间基本上一直存在显著性差异,而 B 处理与 A 处理间的差异性较小。

甜瓜果实中果糖与可溶性糖的积累在整个果实发育期内,温度越高的处理的果糖与可溶性糖含量越高。从开花到花后 28 d 内,果实中果糖含量明显高于蔗糖含量,可溶性糖含量在此期间缓慢积累。之后果实中蔗糖和可溶性糖含量迅速增加,而果糖含量略有降低。说明在果实发育中后期,可溶性糖主要以蔗糖形式存在与果实中。温度与果糖积累关系密切,补温 6~7℃与补温 3~4℃之间差异性不显著,但是与自然温度对照处理间一般都存有显著性差异。说明较小程度的补温对果实中果糖的积累有明显影响。对于可溶性糖,补温 6~7℃的处理与自然温度对照之间基本上一直存在显著性差异,而补温 3~4℃的处理与自然光对照处理间的差异性

规律不明显。

4 结论

补温 3~4℃的处理除了对果实中果糖含量的积累有明显效果外,其对蔗糖,可溶性糖和蔗糖相关酶代谢活性的与自然温度对照之间的差异性不显著。而补温 6~7℃的处理对甜瓜果实果糖、蔗糖、可溶性糖的积累有明显的促进作用。在果实发育前中期,补温 6~7℃的处理对果实中蔗糖代谢酶活性的影响与自然温度对照之间不存在明显差异,但是在果实成熟期,二者之间一般都存在显著性差异。说明补温程度未达到某一阈值时对甜瓜果实糖分积累和蔗糖酶活性的变化影响不大,补温 6~7℃即可见到较为明显的效果。

参考文献

[1] 马克奇,陈年来,王鸣.甜瓜优质栽培理论与实践[M].1版.北京:中国农业出版社,2001:45-52.
[2] Mc Collum T G, Huber D J, Cantliffe D J. Soluble sugar accumulation and activity of related enzymes during muskmelon fruit development[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1998, 113(3): 399-403.
[3] 苏艳,原牡丹,侯智霖,等.蔗糖代谢相关酶在果实中的作用[J].北方园艺 2008(9): 50-54.
[4] Hubbard N L, Huber S C, Pharr D M. Sucrose phosphate synthase and acid invertase as determinants of sucrose concentration in developing Muskmelon fruits[J]. Plant Physiol, 1989, 91: 1527-1534.
[5] 缪曼珉,曹砾生,薛林宝,等.摘除雌花对甜瓜成熟叶片中糖及相关酶活性的影响[J].植物生理学通讯,2003,39(2): 131-133.
[6] 张明方,蒋有条,余抗,等.甜瓜不同变种果实发育过程中的糖分转化与酶活性变化[J].浙江农业学报,1998,10(6): 310-312.
[7] 高俊凤.植物生理研究技术[M].北京:高等教育出版社,2001.
[8] Lowell C A, Tomlinson P T, Koch K E. Sucrose metabolizing enzymes in transport tissue and adjacent sink structures in developing citrus fruit[J]. Plant Physiology, 1989, 90: 1394-1402.
[9] Sarah E L, Dunlap J R. Sucrose metabolism in netted muskmelon fruit during development[J]. Plant Physiology, 1987, 84: 386-389.
[10] 乔永旭.果实发育过程中糖积累与蔗糖代谢相关酶的关系[J].果树学报,2004(5): 447-450.
[11] 王永章,张大鹏.“红富士”苹果果实蔗糖代谢与酸性转化酶和蔗糖合酶的关系的研究[J].园艺学报,2001,28(3): 259-261.
[12] Hawker J S. Changes in the activities concerned with sugar metabolism during the development of the grape berries[J]. Phytochem, 1969(4): 59-69.
[13] 齐红岩,李天来,张洁,等.番茄果实发育过程中糖的变化与相关酶活性的关系[J].园艺学报,2006,33(2): 294-299.
[14] 赵智中,张上隆,徐昌杰,等.蔗糖代谢相关酶在温州蜜柑果实糖积累中的作用[J].园艺学报,2001,28(2): 112-118.
[15] Komatsu A, Takanokura Y, Moriguchi T, et al. Cloning and molecular of cDNA encoding three sucrose phosphate synthase isoforms from a citrus fruit[J]. Mol Gen Genet, 1996, 252: 346-351.
[16] 索滨华,陈光,王德辉,等.网纹甜瓜糖的积累[J].核农学报,1997,11(3): 190-192.

干旱胁迫对中国石蒜叶片形态和部分生理指标的影响

江淑琼, 周守标, 刘 坤, 程龙玲

(安徽师范大学 生命科学学院 安徽省重要生物资源保护与利用重点实验室, 安徽 芜湖 241000)

摘 要: 通过盆栽试验, 研究了干旱胁迫下中国石蒜(*Lycoris chinensis*)叶片的形态特征和部分生理指标的变化。结果表明: 随着干旱胁迫的加剧, 叶片生长速度减慢; 表皮细胞变小; 气孔长宽比变大; 气孔密度和气孔指数降低; 相对含水量呈下降趋势; 膜透性、POD 和 CAT 活性均表现为先上升后下降趋势。除 CAT 活性外, 上述指标在干旱胁迫下均有显著性差异($P < 0.05$)。综合分析表明中国石蒜叶片对干旱胁迫具有一定的耐受性。

关键词: 中国石蒜; 干旱胁迫; 叶片; 形态指标; 生理指标

中图分类号: S 682.2⁺9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)07-0016-04

中国石蒜(*Lycoris chinensis*) 属石蒜科(Ayllidaceae) 石蒜属(*Lycoris* Herb.) 为多年生具鳞茎喜荫草本植物, 富含经济价值, 并有很高的观赏和药用价值。还具有适应性强、管理粗放, 对土壤要求不严等特性。目前许多学者已经对石蒜属植物从分类学^[1-7] (如花粉形态、核型、同工酶和分子标记等)、繁殖和栽培技术^[8] (如组织培养、无性繁殖等)、育种^[9-10] 等方面进行了大量的研究。然而对它的抗性研究, 仅见于抗寒性研究^[11] 及其抗盐性研究^[12], 关于其抗旱生理特性的研究还未见报道。现以中

国石蒜为试材, 测定了其干旱胁迫下叶片的形态指标及部分生理指标, 以期了解石蒜属植物在干旱胁迫下的耐受情况, 从而为更好的引种栽培石蒜科植物提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以琅琊山中国石蒜种源为试材, 以安徽师范大学校园后山原土为盆栽基质, 盆土为土、河沙和腐殖质的混合物(土: 河沙: 腐殖质=1: 3: 1)。

1.2 试验方法

2009 年 2 月将中国石蒜栽种于直径 30.5 cm、高 24 cm 塑料底部有孔花盆中, 盆装基质土壤为 7.5 kg。每个花盆栽种 10 个大小一致鳞茎。设 4 个处理, 每种处理栽植 5 盆, 共计 20 盆; 然后置于室内进行定期浇水和常规管理。从 2009 年 3 月 6 日叶片长出后, 开始干旱胁迫处理, 具体为对照(T1)、轻度胁迫(T2)、中度胁迫(T3)、重度胁迫(T4)。通过控制浇水使土壤相对含水量(土壤

第一作者简介: 江淑琼(1983-), 女, 在读硕士, 现从事植物生理生态学研究。E-mail: kqiong1@126.com。

通讯作者: 周守标(1963-), 男, 教授, 现从事植物分类学教学与研究工作。E-mail: zhoushoubiao@vip.163.com。

基金项目: 生物环境与生态安全重点实验室资助项目(2004sys003); 安徽师范大学大分子进化重点实验室资助项目。

收稿日期: 2009-12-20

Effects of Temperature on Sugar Accumulation and Sucrose-metabolizing Enzymes in Muskmelon

REN Lei, ZOU Zhi-rong, LI Peng-fei

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

Abstract: This paper studied the effects of different temperature on sugar accumulation and sucrose-metabolizing enzymes in muskmelon. The results showed that the stronger the temperature was the fructose and soluble sugar contented in the fruits were higher, while the activity of zymose also increases with the increase in light intensity. Sucrose content, sucrose phosphate synthase activity, as well as sucrose synthase activity share the same trend when the temperature change. During the early and middle development stage, the values of these three indexes decrease when the temperature was stronger. But in the mature period, values of these three indexes increase with the higher temperature. There was a significant difference between the treatments of natural temperature +6~7℃ and natural light while the difference between the treatment of natural temperature +3~4℃ and natural light was not obvious.

Key words: muskmelon; temperature; sugar accumulation; sucrose-metabolizing enzymes