

低温胁迫对甜瓜幼苗叶绿素含量及荧光参数的影响

和红云¹, 薛琳², 田丽萍¹, 陈远良²

(1. 石河子大学 新疆 石河子 832000; 2. 石河子蔬菜研究所, 新疆 石河子 832000)

摘要: 采用人工控温的办法, 研究了 30℃/20℃、21℃/12℃、15℃/8℃(昼/夜)3 个温度条件下甜瓜的光合色素含量和叶绿素荧光参数。结果表明: 低温条件造成了甜瓜幼苗叶绿素含量下降, 并且随着温度的下降情况加剧; 叶绿素荧光分析表明, 在不同的低温胁迫下, 甜瓜幼苗 *Fv/Fm*、*Fv/Fo* 和 *qP* 下降, *qN* 升高, 15℃/8℃条件下最为严重。说明低温胁迫使甜瓜叶光系统 PS II 活性中心受损; 低温使光化学反应的相对份额 *FPSII* 下降, 表明温度胁迫使光合电子传递过程受抑制, 光合电子传递速率下降。

关键词: 早金; 伊丽莎白; 低温胁迫; 光合作用; 叶绿素; 荧光动力学参数

中图分类号: S 652; Q 945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)04-0013-04

光合作用是植物最基本的生命活动, 是植物合成有机质和获取能量的根本源泉, 同时光合器官又是植物的冷敏感部位, 低温直接影响光合机构的性能和活性^[1]。叶绿素 a 荧光与光合作用中各种反应密切相关, 包含了许多光合作用信息, 多种逆境因子对植物光合作用的影响也可通过它反映出来^[2-3]。目前在反季节栽培中, 温度是设施栽培的最大影响因子, 低温是最常见的逆境胁迫。迄今有关喜温蔬菜耐低温的报道仅在黄瓜^[4]、番茄^[5]、茄子^[6]等作物上作过初步研究, 但在甜瓜上则未见

报道。因此, 试验试图通过研究不同低温胁迫对甜瓜幼苗叶绿素含量及荧光参数的影响, 探讨甜瓜幼苗对不同低温胁迫的适应性反应及其生理机制, 以期为甜瓜设施栽培专用品种的选育和高产栽培技术体系的建立提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取新疆 2 种主栽品种早金和伊丽莎白为试材(石河子蔬菜研究所供种), 于 2006 年 5~7 月在石河子大学农学院试验站进行。

1.2 试验方法

选取籽粒饱满、大小一致的种子浸种催芽; 播种于 8 cm×8 cm 的塑料营养钵中, 栽培基质为营养土、蛭石和珍珠岩(2:1:1)。发芽后每隔 4~5 d 浇以 Hoagland

Evaluation on Low Temperature and Light Intensity Tolerance of Different Watermelon Varieties at Seedling Stage

YANG Wan-bang, LIU Dong-shun, ZHAO Xiao-qin, SU Yong-quan, LI Xiao-fang
(Institute of Vegetable, Gansu Academy of Agricultural Science, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Six watermelon varieties were studied in order to evaluate their chilling tolerance under the condition of 12℃ temperature and 100 μmol·m⁻²·s⁻¹ light intensity. The results indicted that the chilling injury index of electrolytic leakage and MDA contents increased, the activities of SOD and Chlorophyll II contents rose at first and then decreased, the Proline contents changed with different varieties. With evaluating these index by subordinate function value, the chilling tolerance of these watermelon varieties from strong to weak is Longfengzaocheng> Longjinlan> Jingxin No. 1> Meikang No. 9> Longmiw uz> Jinxiu.

Key words: Watermelon; Low temperature and light intensity; Chilling tolerance; Comprehensive evaluation

营养液, 期间注意保持培养基质中水分充足; 待幼苗长到3叶1心时转入RXZ型人工智能气候箱(江南宁波仪器厂)进行低温处理。试验设3个温度梯度: 30℃/20℃, 21℃/12℃, 15℃/8℃, 处理光照均为12 500 lx。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 光合色素含量的测定 参照《植物生理生化试验原理和技术》^[7]进行, 分别于处理后第1、4、7、10天测定叶绿素a(chl.a)、叶绿素b(chl.b)和类胡萝卜素(Car)。

1.3.2 叶绿素荧光参数的测定 分别于处理后第1、4、7、10天选取幼苗第3、4叶进行。用OS5-FL调制式叶绿素荧光仪(美国, OPTI-SCIENCE公司)进行测定。测定前将叶片夹入叶夹暗适应30 min, 然后依次测得参数最大荧光(F_m)、最小荧光(F_o)、可变荧光强度 $F_v(F_m - F_o)$ 、PSII 原初光能转换效率(F_v/F_o)、PS II 的潜在活性(F_v/F_m)、光化学猝灭速率(qP)、非光化学猝灭速率(qN)。每个处理重复3次。

2 结果与分析

2.1 低温胁迫对甜瓜叶片光合色素的影响

试验结果表明, 甜瓜幼苗经受不同程度的低温胁迫

后, 叶绿素含量和类胡萝卜素含量均表现出随着时间的延长和胁迫程度的加强而下降的趋势。处理初期伊丽莎白白 的叶绿素含量和类胡萝卜素含量均高于早金, 但没有显著差异, 这可能是由于品种间的差异造成的。处理第10天时, 15℃/8℃条件下早金 chl. a+b 含量和类胡萝卜素含量分别下降了 52.35%、37.24%; 伊丽莎白分别下降了 38.77%、35.77%, 说明低温胁迫明显降低了甜瓜的光合色素含量。从表1还可以看出, 处理第10天与第1天相比较, 早金在 chl. a、chl. b、chl. a+b、chl. a/b、Car 5个方面下降的幅度都大于伊丽莎白, 从而说明了伊丽莎白色素方面耐受性更强, 有强的光保护能力。

2.2 低温胁迫对甜瓜叶绿素 a 荧光动力学参数的影响

F_v/F_o 和 F_v/F_m 分别反映 PS II 反应中心内原初光能转化效率(最大光化学效率)和 PS II 潜在的光化学活性。图1、2表明, 随着温度下降, 2个品种的 F_v/F_o 和 F_v/F_m 均呈下降趋势, 并且随处理时间延长而加剧, 说明低温降低了甜瓜 PS II 的原初光能转化效率和潜在活性。这与张国斌^[8]等在辣椒上、周艳虹^[9]在黄瓜上的结论是一致的。

表 1 不同低温条件下厚皮甜瓜光合色素含量

处理温度		早金				伊丽莎白			
		1 d	4 d	7 d	10 d	1 d	4 d	7 d	10 d
chl. a	30℃/ 20℃	1. 122aA	1. 203aA	0. 950aA	0. 823aA	1. 192aA	1. 160aA	1. 082aA	0. 952aA
	21℃/ 12℃	1. 064abA	1. 123bA	0. 828bB	0. 620bB	1. 116abA	1. 107bB	1. 019bB	0. 789bB
	15℃/ 8℃	1. 037bA	0. 970cB	0. 734cC	0. 445cC	1. 060bA	0. 982cC	0. 872cC	0. 644cC
chl. b	30℃/ 20℃	0. 346aA	0. 350aA	0. 314aA	0. 257aA	0. 344aA	0. 330aA	0. 319aA	0. 286aA
	21℃/ 12℃	0. 340aA	0. 335aAB	0. 288bB	0. 236bB	0. 325bAB	0. 328aA	0. 296bB	0. 256bB
	15℃/ 8℃	0. 321aA	0. 310bB	0. 266cC	0. 188cC	0. 314bB	0. 279bB	0. 261cC	0. 219cC
chl. a+b	30℃/ 20℃	1. 467aA	1. 552aA	1. 264aA	1. 080aA	1. 536aA	1. 491aA	1. 401aA	1. 238aA
	21℃/ 12℃	1. 403bAB	1. 458bB	1. 116bB	0. 856bB	1. 441abAB	1. 435bB	1. 316bB	1. 045bB
	15℃/ 8℃	1. 358bB	1. 280cC	1. 001cC	0. 633cC	1. 375bB	1. 260cC	1. 134cC	0. 863cC
chl. a/ b	30℃/ 20℃	3. 255aA	3. 449aA	3. 029aA	3. 199aA	3. 470aA	3. 513aA	3. 438aA	3. 331aA
	21℃/ 12℃	3. 243aA	3. 360abA	2. 880bAB	2. 629bB	3. 431aA	3. 376bB	3. 392aA	3. 084bB
	15℃/ 8℃	3. 141aA	3. 128bA	2. 761cB	2. 371cB	3. 376aA	3. 520aA	3. 339aA	2. 946bB
Car	30℃/ 20℃	0. 252aA	0. 245aA	0. 228aA	0. 201aA	0. 253aA	0. 244aA	0. 226aA	0. 205aA
	21℃/ 12℃	0. 233abA	0. 219bAB	0. 204bB	0. 157bB	0. 248bA	0. 226bB	0. 213bB	0. 185bB
	15℃/ 8℃	0. 227bA	0. 206bB	0. 165cC	0. 139cC	0. 246aB	0. 218cC	0. 195cC	0. 158cC

注: 表中不同小写字母表示在 $p=0.05$ 水平上差异显著, 大写字母表示在 $p=0.01$ 水平上差异显著。

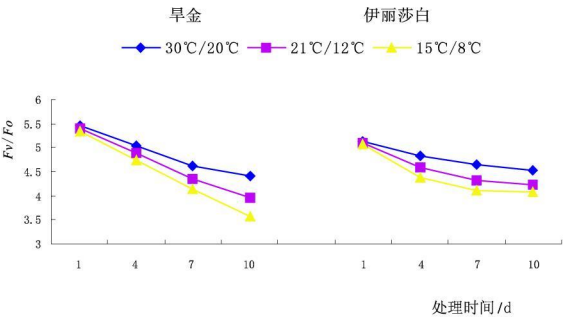


图 1 低温胁迫下甜瓜幼苗 F_v/F_o 的变化

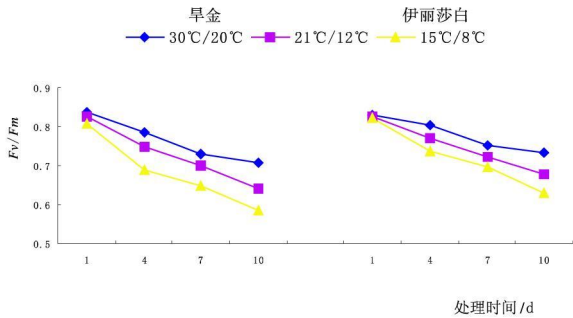


图 2 低温胁迫下甜瓜幼苗 F_v/F_m 的变化

表 2 数据表明, 处理前期第 1 天, 早金 F_v/F_m 、 F_v/F_o 、不同处理间都表现出差异显著, 而伊丽莎白没有明显差异。15℃/8℃条件下, 第 10 天早金的 F_v/F_m 和 F_v/F_o 比第 1 天分别下降了 27.56%、32.92%; 伊丽莎

白分别下降了 23.78%、19.65%, 伊丽莎白的降幅低于早金, 并且在 30℃/20℃、21℃/12℃处理下伊丽莎白的 F_v/F_m 和 F_v/F_o 下降率均高于早金, 说明伊丽莎白有较高的光能转换效率且对低温的耐受能力更强。

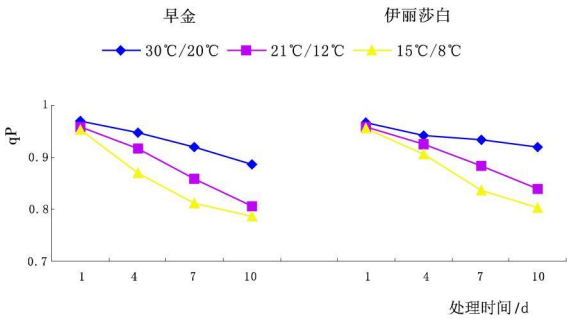


图 3 低温胁迫下甜瓜幼苗 qP 的变化

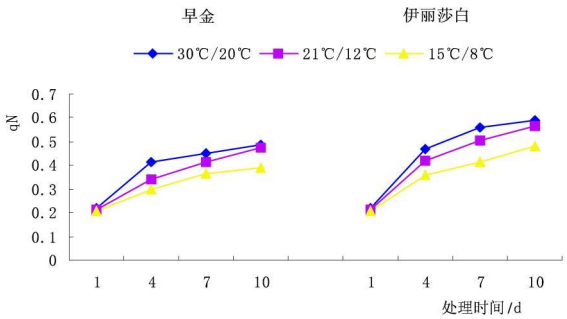


图 4 低温胁迫下甜瓜幼苗 qN 的变化

表 2 低温胁迫处理下甜瓜幼苗叶绿素荧光参数的变化

	处理温度	早金				伊丽莎白			
		1 d	4 d	7 d	10 d	1 d	4 d	7 d	10 d
F_v/F_m	30℃/20℃	0.838aA	0.786aA	0.728aA	0.708aA	0.83aA	0.804aA	0.751aA	0.734aA
	21℃/12℃	0.827aAB	0.747bB	0.701bB	0.640bB	0.827abA	0.772bB	0.722bB	0.678bB
	15℃/8℃	0.809bB	0.689cC	0.649cC	0.586cC	0.824bA	0.738cC	0.695cC	0.628cC
F_v/F_o	30℃/20℃	5.445aA	5.047aA	4.625aA	4.416aA	5.145aA	4.840aA	4.638aA	4.522aA
	21℃/12℃	5.390abAB	4.892bB	4.348bB	3.963bB	5.106aA	4.596bB	4.316bB	4.225bB
	15℃/8℃	5.342bB	4.75cC	4.124cC	3.583cC	5.063aA	4.371cC	4.123cC	4.068cC
qP	30℃/20℃	0.970aA	0.947aA	0.918aA	0.886aA	0.967aA	0.942aA	0.933aA	0.918aA
	21℃/12℃	0.958bB	0.918bB	0.860bB	0.806bB	0.959abA	0.925bB	0.882bB	0.838bB
	15℃/8℃	0.953cB	0.87cC	0.811cC	0.785cB	0.955bA	0.906cC	0.837cC	0.802cC
qN	30℃/20℃	0.207bB	0.298cC	0.366cC	0.388cB	0.207bB	0.361cC	0.414cC	0.483cC
	21℃/12℃	0.216aAB	0.342bB	0.416bB	0.477bA	0.216aAB	0.420bB	0.508bB	0.566bB
	15℃/8℃	0.219aA	0.414aA	0.451aA	0.487aA	0.218aA	0.468aA	0.562aA	0.589aA

注: 表中不同小写字母表示在 $p=0.05$ 水平上差异显著, 大写字母表示在 $p=0.01$ 水平上差异显著。

荧光猝灭是叶绿体耗散能量的一种途径, 分为光化学猝灭 (qP) 和非光化学猝灭 (qN) 两种。从图 3 可以看出, 低温胁迫造成了 2 个品种甜瓜幼苗的光化学猝灭速率下降, qP 值降低, 以 15℃/8℃条件降幅最大, 21℃/12℃条件次之, 30℃/20℃条件降幅最小。分析 2 个品种间的差异, 处理第 10 天, 3 个温度处理条件下, 早金的 qP 第 10 天比第 1 天分别下降了 8.7%、15.87%、17.63%; 而伊丽莎白分别下降了 5.07%、12.62%、16.03%, 说明随着处理时间延长, 低温程度加剧, qP 下降同步加剧。 qP 的减少反映出低温胁迫下 QA 的重新氧化能力减弱, 亦即 PS II 的电子传递活性减弱, 从而使植株光合碳同化能力受到影响。从图 4 可以看出, qN 与 qP 相反, 在低温程度加剧时呈上升趋势, 以 15℃/8℃条件升幅最大, 21℃/12℃条件次之, 30℃/20℃条件升幅最小, 说明低温使 PSI 的非辐射能量耗散增加。

表 2 数据表明, 15℃/8℃条件下, 伊丽莎白的 qN 升幅最大, 达 170.18%, 反映了该品种通过非光化学猝灭耗散能量、保护光合机构免遭破坏的能力较强。

3 讨论

叶绿素在植物光合作用中起到捕获光能的重要作用, 其含量直接影响到植物光合能力的强弱。研究中, 低温条件下厚皮甜瓜幼苗叶绿素含量各成分含量降低, 且随着温度的降低, 叶片的净光合速率也逐步降低, 这与前人研究的结果^[5, 10]是一致的。试验研究表明, 经低温处理后, 甜瓜叶片的 $chl a$ 、 $chl b$ 、 $chl(a+b)$ 含量是下降的。低温导致叶片叶绿素含量的降低从而降低了叶片捕捉和利用光能的能力, 同时也影响了光能在叶绿体中的分配。在整个处理过程中, 伊丽莎白叶绿素含量高于早金叶绿素含量, 反映了不同品种在耐受低温胁迫上的差异。

叶绿素 a 荧光参数由于是以植物体内叶绿素为内在探针, 包含了丰富的光合作用信息, 极易受逆境的影响, 是快速、灵敏无损伤的研究和探测低温弱光对光合作用影响的理想方法^[5, 11]。试验结果表明, 低温胁迫下, 甜瓜幼苗的 F_v/F_m 和 F_v/F_o 的比值明显降低, 反映出 PS II 的原初光能转换效率和潜在活性减弱; 同时低温胁迫也影响了甜瓜幼苗的 qP 和 qN , 表现为 qP 的下降和 qN 的升高。 qP 与 PSII 的光化学反应有关, 反映了 PS II 原初电子受体 QA 的氧化还原状态, qP 的降低说明 QA 重新氧化能力减弱, PS II 的电子传递活性下降^[11]。 qN 指由非辐射能量耗散等引起的荧光猝灭, 与光合电子传递和光合气体交换无直接关系, 仅与 ATP 和 NADPH 的形成、累积及光合膜的状态有关, qN 的升高说明甜瓜幼苗通过耗散多余能量以保护光合机构免受低温伤害的能力增强^[12]。

参考文献

- [1] Srnlie R M. A method for chilling tolerance using chlorophyll fluorescence in vivo [M]. New York: Academic Press, 1984: 471-474.
- [2] Horton P. Non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence [M]// Jennings R C. New York: Plenum Press, 1996: 99-112.

- [3] Krause G H. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis [J]. The Basics Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1991(42): 313-349.
- [4] 陈青君, 张福堪, 王永健, 等. 黄瓜对低温弱光反应的生理特性研究 [J]. 中国农业科学, 2003, 36(1): 77-81.
- [5] 任华中, 黄伟, 张福堪. 低温弱光对温室番茄生理特性的影响 [J]. 中国农业大学报, 2002, 7(1): 95-101.
- [6] 李建建, 郁继华. 低温弱光对茄子幼苗生理特性的影响 [J]. 甘肃农业大学学报, 2004, 39(4): 410-413.
- [7] 李合生. 植物生理生化试验原理与技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [8] 张国斌, 郁继华, 许耀照, 等. 低温弱光对辣椒叶绿素 a 荧光参数的影响 [J]. 甘肃农业大学学报, 2004, 39(6): 616-617.
- [9] 周艳虹, 黄黎锋, 喻景权. 持续低温弱光对黄瓜叶片气体交换、叶绿素荧光猝灭和吸收光能分配的影响 [J]. 植物生理与分子生物学学报, 2004, 30(2): 153-160.
- [10] 陈青君, 张福堪, 王永健, 等. 黄瓜对低温弱光反应的生理特征研究 [J]. 中国农业科学, 2003, 36(1): 77-81.
- [11] Papageogiou C. Chlorophyll fluorescence an intrinsic probe of photosynthesis [M]// Govindjee ed. Bioenergetics of Photosynthesis. New York: Academic Press, 1975: 319-371.
- [12] Demmig-Adams B. Carotenoids and photo-protection in plant: A role for the xanthophylls zeaxanthin [J]. Biochem Biophys Acta, 1990, (1020): 1-9.

Effect of Low-temperature Stress on the Chlorophyll Contents and Chlorophyll Fluorescence Parameters in Muskmelon Seedling Leaves

HE Hong-yun¹, XUE Lin², TIAN Li-ping¹, CHEN Yuan-liang²

(1. Shihezi University, Xinjiang 832003, China; 2. Shihezi Vegetable Institute, Xinjiang 832003, China)

Abstract: Two muskmelon cultivars, Zaojin and Elizabeth were treated under different low-temperature (30 °C/20 °C, 21 °C/12 °C, 15 °C/8 °C, d/n), the effects on the Chlorophyll contents and Chlorophyll fluorescence parameters in seedling leaves were determined. The results indicated that under low-temperature, Chlorophyll contents was reduced with the temperature was decreased. Analysis results of Chlorophyll fluorescence parameters indicated that under different low temperature, F_v/F_m , F_v/F_o and qP decreased, but qN increased. That situation was most serious under the circumstance of 15 °C/8 °C. The result explain the center of PS II activity was injured and FPS II of light chemical reaction was declined under low-temperature. At the same time, the result explain that electronic transmittion process was inhibited and electronic transmittion rate was decreased in photosynthesis.

Key words: Low-temperature; Cucumis melo; Photosynthesis; Photosynthetic pigments; Chlorophyll fluorescence parameters