

临界低温弱光对黄瓜光合特性及其酶变化的影响

陈青君¹, 张福墁¹, 王永健², 张海英², 张峰², 张丽蓉²

(1. 中国农业大学园艺学院, 北京 100094; 2. 北京市蔬菜中心, 北京 100081)

摘要: 在连续 4 d 单一临界低温 15 ℃/8 ℃(昼/夜)和临界低温弱光下对黄瓜的光合性状及其酶变化进行了测定。结果表明: 在单一临界低温下黄瓜各品种叶绿素含量、叶绿素荧光量子产额(yield)、光合速率显著降低, 而在临界低温弱光下, 叶绿素荧光量子产额上升后又下降, 叶绿素含量降低速度变慢, 反映碳同化酶活性的 M 峰值减弱, RuBp 羧化酶活性显著降低后又有回升, 处理过程中电解质渗漏率降低。处理 4 d 时黄瓜光饱和点显著降低。温度-光合速率曲线变化表明, 黄瓜的光合适温发生偏移, 表现出低温适应性, 品种间以新泰密刺表现出较强的耐低温性。

关键词: 黄瓜; 临界低温弱光; 光合特性; RuBp 羧化酶

中图分类号: S642.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2003)04-0031-04

Influence of Critical Low Temperature and Poor Light on Photosynthesis Characters and Enzyme Variance of Cucumber

CHEN Qing-jun¹, ZHANG Fu-man¹, WANG Yong-jian², ZHANG Hai-ying²,
ZHANG Feng², ZHANG Li-rong²

(1. College of Horticultural Science, CAU, Beijing 100094, China;

2. Beijing Vegetable Research Center, Beijing 100089, China)

Abstract: Under 4 days continuous critical low temperature(day/night 15 ℃/8 ℃), critical low temperature and poor light condition, the photosynthetic characters and the enzyme variance of cucumber were tested. The results indicated that under critical low temperature the content of chlorophyll, chlorophyll fluorescence quantum yield and photosynthetic rate decreased remarkably. But under critical low temperature and poor light condition, the chlorophyll fluorescence quantum yield increased, the rate of chlorophyll content decreased slowly, the M peak reflecting the enzyme activity of carbon assimilation weakened and the RuBP activity increased after decreased obviously. During the process of treatment the electrolyte leakage rate decreased. After 4 days treatment the light saturated point decreased remarkably. The temperature-photosynthetic rate curve indicated that the optical temperature of photosynthetic has good adaptation ability to low temperature. The variety of XinTaMiCi showed good tolerance ability to low temperature among tested varieties.

Key words: Critical low temperature; Poor light; Photosynthesis characters; Enzyme variance

多数喜温果菜的临界低温被认为是 8~12 ℃^[1], 在日光温室黄瓜冬季生产中经常会遇到这种低温, 它不同于极端低温(0~7 ℃)所造成的伤害^[2~5], 也不同于亚适温(21 ℃/12 ℃或者高于 25 ℃的时间很短)所造成的生理影响^[6,7]。已有的试验表明: 临界低温弱光下黄瓜叶绿体超微结构正常,

但淀粉粒大为减少^[1], 不同品种在叶面积、叶绿素含量、干物重等方面差异明显^[8], 但有关这一温度范围内光合性状的研究很少, 本研究对单一临界低温和临界低温弱光时黄瓜的光合特性及其碳同化酶活性进行了测试, 以便为黄瓜耐低温、弱光品种的选育及日光温室的科学管理提供理论依据。

收稿日期: 2003-03-20

基金项目: 国家自然科学基金课题重点资助项目(39830230)

作者简介: 陈青君(1963-), 女, 新疆乌鲁木齐人, 副教授, 博士, 主要从事设施蔬菜栽培生理生态研究工作。

1 材料和方法

1.1 供试品种

Marianna(欧洲温室专用品种),新泰密刺(我国温室栽培品种),北京 101(近年育成温室黄瓜杂种一代)。

1.2 植株的培育

各黄瓜品种播于 8 cm×8 cm 塑料育苗钵内,育苗环境为:温度 25 ℃/18 ℃(昼/夜各 12 h),光通量密度 300 μmol·m⁻²·s⁻¹,光周期 12 h。当幼苗第一片真叶完全展开时进行处理。

1.3 温光处理

T₁: 25 ℃/18 ℃, 300 μmol·m⁻²·s⁻¹(正常光温区), T₂: 15 ℃/8 ℃, 300 μmol·m⁻²·s⁻¹(单一临界低温区), T₃: 15 ℃/8 ℃, 80 μmol·m⁻²·s⁻¹(临界低温弱光区)。处理区温度由计算机自动控制,光源为日产东芝高压钠灯,光周期 12 h,处理时间为 4 d。试验重复 2 次。

1.4 测定项目与方法

①叶绿素含量:采用 80% 丙酮提取,在 UV-1900 型分光光度计上测定。②叶绿素荧光量子产额:分别于处理后 1 h 及第 24, 48, 96 h 测定,测定仪器为 Mini-PAM 荧光仪。测定相同叶位的叶片,每

品种 5 株,每株测定 3 个值,共计 15 个值平均,暗适应时间 30 min。③光合速率(Pn):T₁~T₃ 试验区在处理前及处理后测定各品种的光-光合速率曲线和温度-光合速率曲线,每品种测定 3 株,每株测定第一真叶。光-光合速率曲线由强饱和光 1 000 μmol·m⁻²·s⁻¹开始,温度-光合速率曲线测定光强为 300 μmol·m⁻²·s⁻¹。测试仪器为 LI-6400 便携式光合仪。④RuBp 羧化酶的测定采用紫外分光光度法,双磷酸果糖酯酶(FBPase)的测定采用辅酶还原法^[9],以 1 min 的光密度值变化计算酶活力。⑤电解质渗漏率:每品种每次取样 5 株,参照宋述尧等的方法^[2],重复 3 次,电解质渗漏率(%)=(初始电导率/总电导率)×100。

2 结果与分析

2.1 临界低温弱光对黄瓜叶绿素含量和叶绿素荧光参数的影响

正常光温(T₁)下黄瓜叶绿素含量基本无变化,由表 1 可以看出,T₂,T₃ 区随着处理时间的延长,各品种的叶绿素总含量都快速降低,T₂ 区降低幅度大于 T₃ 区,在 T₂ 区中品种 Marianna 下降得最为显著,新泰密刺下降幅度最小,北京 101 居中。T₃ 区品种间也表现出相同的趋势。

表 1 临界低温弱光对不同黄瓜品种叶绿素含量和叶绿素荧光参数的影响

测定项目	测定时间	临界单一低温区(T ₂)			临界低温弱光区(T ₃)		
		Marianna	北京 101	新泰密刺	Marianna	北京 101	新泰密刺
叶绿素含量	处理前	2.262aA	2.207aA	2.297aA	2.262aA	2.207aA	2.297aA
	24 h	1.512b B	1.598b B	1.976b AB	1.634b B	1.704bB	2.078a A
	96 h	1.090c C	1.255c B	1.754c B	1.300c B	1.400bB	1.596b B
叶绿素荧光量子产额	处理前	0.772a A	0.726 b AB	0.739 a	0.772 a AB	0.726 b	0.739 d B
	24 h	0.662 b B	0.724 b AB	0.738 a	0.729 b B	0.779 ab	0.763 c B
	48 h	0.653 b B	0.708 b B	0.738 a	0.792 a A	0.795 a	0.800 a A
	96 h	0.635 b B	0.660 c B	0.720 a	0.773 a AB	0.767 ab	0.780 b AB

叶绿素荧光量子产额(Fv/Fm)是表示光系统Ⅱ光化学效率的一个指标。在正常光温(T₁)下其变化很小,品种间差异也很小。在 T₂ 区处理 24 h 时品种 Marianna 下降显著,北京 101 在第 96 h 时才显著下降,新泰密刺变化不大,由此可见品种间对临界低温反应不一。在 T₃ 区弱光与临界低温互作提高了叶绿素荧光量子产额值,但品种间 Marianna 仍表现出对低温的敏感,处理 24 h 即下降,以后上升又下降,而其他 2 个品种在处理后上升,96 h 时才下降。

环境条件对黄瓜叶片光合机构的影响,可以通过叶绿素 a 荧光诱导动力学曲线的变化很灵敏地反映出来。通常曲线中第二波 M 峰与 CO₂ 同化作用有关^[5]。由图 1 可以看出,正常光温时,各品种的 M 峰明显突出。当临界低温弱光(T₃)处理 4 h, Marianna 的 M 峰即消失;说明它对临界低温弱光较敏感,遇临界低温弱光后,CO₂ 的同化作用首先受到影响。当处理至 48 h 后(图 1),北京 101、新泰密刺的 M 峰仍较明显,而 Marianna 早已不明显。

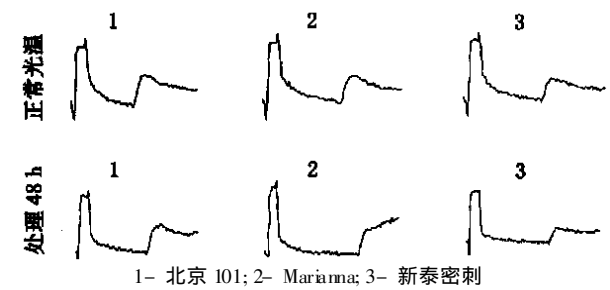


图1 临界低温弱光处理过程中黄瓜不同品种叶绿素 a 荧光诱导动力学曲线变化

2.2 黄瓜在临界低温弱光胁迫下光合作用的变化

由图 2- T₁ 可看出: 正常温度下, 光强 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上时各黄瓜品种间光合速率开始有差异, 而在临界低温时光强达到 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时品种间即表现出差异(图 2- T₂), 光饱和点均显著下降, 品种间差异明显, 弱光更加剧这种变化(图 2- T₃)。但品种新泰密刺在 T₂ 和 T₃ 区的光合速率变化不大, 表现出很强的耐低温性。

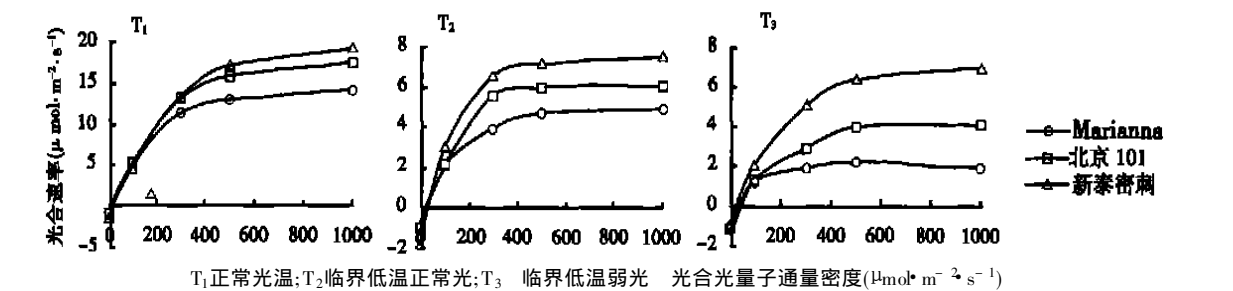


图2 低温弱光处理后黄瓜的光- 光合速率曲线

温度- 光合速率曲线代表着光合作用的适温范围。由图 3 可知, 在低温弱光胁迫 96 h 后, 各品种

黄瓜的光合适温发生了偏移, 由正常光温时的 21 $^{\circ}\text{C}$ 偏向 15 $^{\circ}\text{C}$, 低于 15 $^{\circ}\text{C}$ 时光合速率下降不大, 而高于 15 $^{\circ}\text{C}$ 光合速率明显下降, 这表明黄瓜光合系统的代谢已适应了低温。品种间温度- 光合速率曲线几乎呈平行变化, 品种间差异比正常光温时显著增加, 以新泰密刺最高, Marianna 最低, 这些变化趋势与光- 光合速率曲线一致, 证实了亚洲品种新泰密刺对临界低温的适应性。另外, 在临界低温弱光下, 北京 101 和新泰密刺的温度- 光合速率曲线低于单一临界低温, 而 Marianna 的温度- 光合速率曲线则高于单一低温, 表明 Marianna 对弱光有比较好的适应性。

2.4 临界低温弱光下黄瓜光合酶活性的变化

RuBP 羧化酶、FBPase 是卡尔文循环中两个关键性的酶, 其活力的大小对 CO₂ 的同化能力起着重要作用。

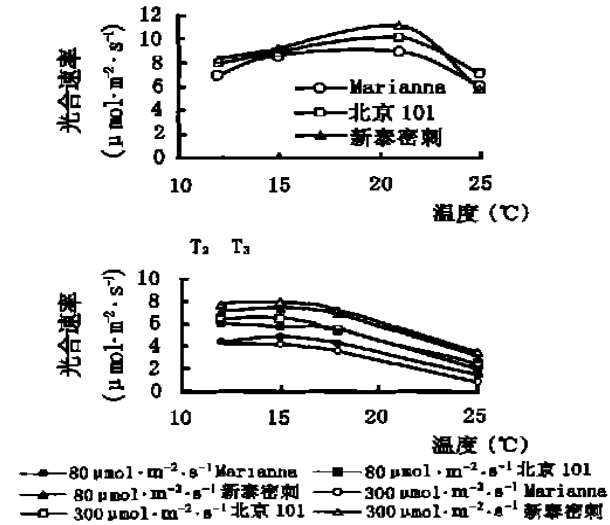


图3 低温弱光处理后各黄瓜温度- 光合速率曲线变化

表2 不同类型黄瓜品种 RuBP 羧化酶和 FBPase 酶活性的变化

品 种	RuBP($\mu\text{mol}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)			FBPase($\mu\text{mol}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)		
	处理前	24 h	96 h	处理前	24 h	96 h
Marianna	6.975 a	1.007 b B	1.746 b B	0.363	0.398	0.3999
北京 101	7.525 a	2.230 a AB	3.13 b AB	0.372	0.374	0.388
新泰密刺	7.611 a	2.763 a A	4.76 a A	0.380	0.358	0.391

注: RuBP 和 FBPase 的活性单位为: 每毫克蛋白质分钟同化 CO₂ 的微摩尔数

由表 2 看出, 不同类型黄瓜品种在处理前, RuBP 羧化酶活性差异不明显。在临界低温弱光处理后 24 h, RuBP 羧化酶活性急剧下降, 下降到处理前的 14%~ 36%, 品种之间差异显著, 以北京 101 下

降幅度最小, 新泰密刺居中, Marianna 下降最多, 这与叶绿素 a 荧光动力学中的 M 峰变化一致。处理至 96 h 时, 各品种的 RuBP 羧化酶活性回升, 说明它们对临界低温均产生了一定的适应性, 回升的幅度

品种之间差异显著,新泰密刺显著高于其他品种,这与温度-光合速率曲线中适温点发生偏移的情况一致。在临界低温弱光处理期间,FBPase 酶活性没有显著变化,Marianna 和北京 101 随着处理时间延长,呈微弱的上升趋势。新泰密刺则先降低一些后,再上升。品种之间没有显著变化。由此可以认为,低温弱光主要是影响了 RuBP 羧化酶活性。

2.5 临界低温弱光下黄瓜细胞膜透性的变化

电解质渗漏率是检验植物受逆境胁迫后细胞膜受损伤程度的重要指标。由各品种叶片电解质渗漏率变化可以看出(图 4):在临界低温弱光处理 24 h 时,不同品种的电解质渗漏率显著下降后又有回升,说明在临界低温弱光下各品种的膜透性并没有受到破坏,相反,可能由于在临界低温下细胞质浓度增加,细胞液流动变慢,电解质渗漏率反而降低。黄瓜的抗寒性增强。这与许多学者经低温锻炼后所得结论一致。

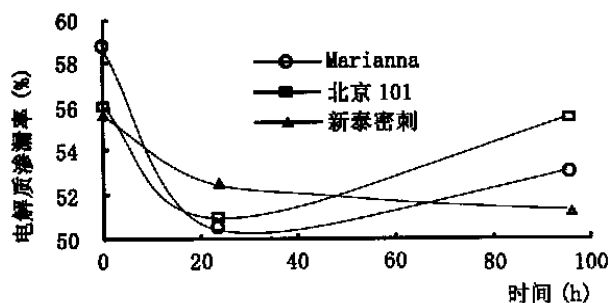


图 4 临界低温弱光下不同类型黄瓜品种电解质渗漏率变化

3 讨论

有众多的试验确认许多植物在受临界低温胁迫时,光合强度迅速下降。叶绿素含量降低,参与光合作用的各种酶活性也降低^[10]。叶绿素荧光变化被认为是研究膜低温伤害的探针,yield 的下降表明光系统 II 活性降低,在膜透性伤害之前就可观察到^[5]。本试验结果与上述结论一致。但临界低温弱光处理的结果表明,弱光在一定程度上降低了低温的作用,使叶绿素含量下降速度变慢和 yield 值升高,从而使叶绿素得以保护并使光系统 II 活性提高,单一临界低温和临界低温与弱光交互作用所产生的效应是不完全相同的。临界低温下不同光照强度对不同品种光合系统的影响还有待于进一步研究。

黄瓜耐冷力的强弱是自身长期适应环境形成的,并受遗传因子控制的一种生理特性,存在着品种间的差异^[2]。临界低温处理能提高黄瓜的耐冷性。

本试验临界低温 15 °C/8 °C 处理 24 h 时,黄瓜电解质渗漏显著下降,表明黄瓜耐冷性提高;处理 96 h 时各品种在温度-光合速率曲线、酶活性和光合性状变化上都表现出对低温的适应性,这一结果与低温锻炼遗传调控的研究相吻合。康国斌^[11]等人的研究表明,在 8 °C 低温处理 12 h 供试黄瓜幼苗的低温锻炼特异表达基因的 cDNA 开始表达,其后随处理时间延长而加强。因此,8~15 °C 的低温仍属于黄瓜的适应性反应范畴,品种间的差异表明了他们在低温弱光胁迫下具有各自的遗传潜力及其适应途径,品种新泰密刺的表现表明亚洲黄瓜在耐临界低温方面有很大的潜在优势,与目前日光温室主要以密刺型黄瓜为主的生产实际相符。在这一范围进行黄瓜的耐低温弱光品种选育具有一定的现实意义,温室的温度管理也不应再低于此温度。有关临界低温持续时间对黄瓜的影响还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 王毅,方秀娟,徐欣,等. 黄瓜幼苗低温对叶片细胞叶绿体结构的影响[J]. 园艺学报, 1995, 22(3): 299-300.
- [2] 宋述尧,刘晓明,任锡仑. 黄瓜不同品种耐冷力的初步研究[J]. 吉林农业大学学报, 1992, 14(1): 127-132.
- [3] 曾纪晴,刘鸿先,王以柔,等. 黄瓜幼苗子叶在低温下的光抑制及其恢复[J]. 植物生理学报, 1997, 23(1): 15-20.
- [4] 青木智. 低温によるキュウリ葉の光合成電子伝達活性の阻害[J]. 園芸雑誌 58 別 1, 1989, (野菜): 51.
- [5] 李智军. 叶绿素荧光法の温度ストレス解析への応用[J]. 農業および園芸, 1995, 70(5): 30-38.
- [6] 高丽红,张福墁. 日光温室黄瓜生产中存在问题及解决途径[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 113-116.
- [7] 许勇,王永健. 黄瓜耐低温研究中几个问题的讨论[A]. 中国科协第二届青年学术年会园艺学论文集[C]. 北京: 北京农业大学出版社, 1995. 439-444.
- [8] 邬树桐,孙晓雷,王冰. 黄瓜不同品种苗期耐低温弱光特性测定初报[J]. 中国蔬菜, 1994, (1): 26-28.
- [9] 张志良,吴光耀. 植物生物化学技术和方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [10] 何洁,刘鸿先. 低温与植物的光合作用[J]. 植物生理学通讯, 1986, (2): 1-6.
- [11] 康国斌,许勇,雍伟东,等. 低温诱导的黄瓜 *ccr18* 基因的 cDNA 克隆及其表达特性分析[J]. 植物学报, 2001, 43(9): 955-959.