

# 不同品种黄瓜在低温弱光胁迫和恢复过程中的光合特性

陈青君 张福墁

(中国农业大学园艺学院)

**摘要** 在低温(15/8)条件下,以正常光和弱光2个试验区对4个黄瓜品种进行4天处理,在常温弱光下恢复,测定处理前后及恢复过程中的光合特性变化。结果表明:正常光区,各品种叶绿素荧光量子产额减少,而弱光区增加。处理期的光合速率弱光区低于正常光区,而恢复期则相反。处理期间2个试验区光合作用的适温点均降低,处理后光合作用的适温范围明显变宽。低温处理4天对光系统II的伤害在常温下能很快恢复,而光合作用的碳同化恢复明显滞后。这些特性在品种间存在较大差异。

**关键词** 黄瓜; 低温弱光胁迫; 恢复; 光合特性

**分类号** S625

## Photosynthetic Characters of Different Cucumber Cultivars under Low Temperature and Poor Light Stress and during the Recovery

Chen Qingjun Zhang Fuman

(College of Horticulture Sciences, CAU)

**Abstract** In the low temperature (15/8) condition, 4 cucumber cultivars were treated with normal light and poor light for 4 days, were then put in normal temperature and poor light environment to recover and changes of their photosynthetic characters were measured. The results indicated that in normal light treatment all cucumber cultivars' chlorophyll fluorescence yield decreased, however, in poor light treatment they increased. The photosynthetic rate in poor light condition was lower than in normal light condition and nensesse is true during recovery. During the treatment of both normal light and poor light the proper temperature for photosynthesis were decreased, after treatment the range of proper temperature for photosynthesis were broadened. The damage to photosystem II under the 4 days low temperature treatment can be recovered rapidly in the normal temperature, however carbon assimilation recovery was found distinctly lower. There are significant difference between the cultivars for those characters.

**Key words** low temperature and poor light stress; recovery; photosynthetic character; cucumber

黄瓜对低温弱光的耐受性是品种的重要特性,在北方冬季温室生产中尤为重要。在低温弱光下黄瓜光合作用的高低直接影响其生长发育和产量,不同品种对低温弱光的耐受性有差异,

收稿日期: 2000-03-21

国家自然科学基金重点项目资助(39830230)。

陈青君,新疆乌鲁木齐市新疆农业大学园艺系,830052

这方面的研究已成为近年来研究的热点。国内外有关的研究多集中在低温下的光抑制<sup>[1-4]</sup>和环境因素对光合速率的影响<sup>[5,6]</sup>,而对黄瓜在低温弱光逆境中的光合特性深入研究的较少,对低温弱光胁迫后的恢复过程研究报道更少。温室冬季生产常受寒流天气影响,寒流过后植株能否迅速恢复正常生长直接影响黄瓜产量形成,所以很有必要研究逆境解除后光合作用的恢复特性。本试验研究了不同品种低温弱光下的光合特性,测定了逆境解除后光合作用的恢复过程,目的在于揭示黄瓜适应低温弱光的生理机制,为新品种选育和高产栽培措施的确定提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试黄瓜品种:北京 101(北京市蔬菜中心育成)、Mariana(荷兰温室专用品种)、新泰密刺(北方温室主栽品种)、Ankuru8(アンコル8,日本温室冬季主栽品种)。

试验于 1999 年在日本东京大学人工气候室内进行。苗期试验采用塑料营养钵育苗,营养土为 Yanmar 公司生产。温度控制 25/18 (昼温/夜温)、光照强度(光量子通量密度)为 300  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,光暗各 12 h。结果期试验采用盆栽,置于温度为 25/20、自然光照(6~9月)的人工气候室内。

### 1.2 方法

**1.2.1 处理和恢复的条件** 于苗期第一真叶完全展开时,将幼苗放入温度为 15/8、光照强度分别为 300  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 80  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的 2 个处理区内,光源为东芝高压钠灯。处理 4 天后,放在温度 25/20、光照强度为 80  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 下恢复。在处理前 1 天、处理后第 1、4 天和处理结束后恢复 2 h 及第 3 天分别测定黄瓜的叶绿素荧光量子产额(yield)、光-光合速率曲线和温度-光合速率曲线。结果期的处理与苗期相同,测定叶位为第 13~15 片叶。

**1.2.2 叶绿素荧光测定** 采用 Mini-PAM 叶绿素荧光测定仪(Walz 制)在光下测定,每品种测定 3 株,取平均值。

**1.2.3 光合速率的测定** 采用 LI-6400 便携式光合仪,光-光合速率曲线由强饱和光 1000  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 照射开始,采用 6400-02BL LED 冷光源,按光自动设定程序进行,每品种测定 3 株,取平均值。温度-光合速率曲线测定在计算机控温的人工气候箱内进行,测定时由低温(12)向高温(31)变化,每个温度梯度(3 为一梯度)连续测定 6 min,测定时温度误差为  $\pm 0.5$ ,光照强度为 300  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , $\text{CO}_2$  摩尔浓度为  $(400 \pm 2) \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

**1.2.4 叶面积测定** 分别在处理前 1 天、处理第 4 天和恢复后第 3 天,测定量植株全株叶片的长和宽,计算单株叶面积,每品种测定 5 株。

## 2 结果与分析

### 2.1 叶片的叶绿素荧光量子产额变化

对低温及低温弱光处理后黄瓜叶片相对荧光量子产额(yield)变化的分析(表 1)表明:苗期低温正常光处理,不同品种的黄瓜荧光量子产额均有下降,其中新泰密刺下降最少,北京 101 下降幅度明显小于 Mariana 和 Ankuru8。但经低温弱光处理后,新泰密刺和北京 101 的

yield 值表现为明显的上升趋势, Mariana 和 Ankoru8 在处理第 1 天明显下降, 以后又明显回升。由此可见: 低温(15 /8 )导致了光合电子传递效率降低, 而在弱光条件下, 低温对电子传递效率的影响得到了一定补偿。结果期与苗期的结果一致。

由表 1 还可看出, 低温正常光处理后不同品种黄瓜恢复 2 h 后 yield 值迅速回升, 而低温弱光处理区, 恢复 2 h 的 yield 值均呈下降趋势, 第 3 天又上升。由此可见, 低温对光合电子效率的影响能在短时间内恢复, 而低温加弱光的处理则恢复的慢一些, 说明低温加弱光处理对光合电子传递效率的影响比单纯低温处理要大。与苗期相比, 结果期的低温加弱光处理在恢复 2 h 后的荧光产额降低更显著, 但到第 3 天各品种也基本恢复。

表 1 苗期处理前后和恢复过程中叶绿素荧光量子产额(yield)的变化

处 理	低温正常光区				低温弱光区				
	M arianna	新泰密刺	北京 101	Ankoru8	M arianna	新泰密刺	北京 101	Ankoru8	
苗期	处理前	0.772 aA	0.739 a	0.726 bAB	0.760 bA	0.772 aAB	0.739 dB	0.726 b	0.760 ab
	处理第 1 天	0.662 bB	0.738 a	0.724 bAB	0.688 cB	0.729 bB	0.763 cB	0.779 ab	0.679 b
	处理第 2 天	0.653 bB	0.738 a	0.708 bB	0.693 cB	0.792 aA	0.800 aA	0.795 a	0.800 a
	处理第 4 天	0.635 bB	0.720 a	0.660 cB	0.667 cB	0.773 aAB	0.780 bAB	0.767 ab	0.764 ab
	恢复 2 h	0.774 aA	0.751 a	0.742 abAB	0.766 bA	0.733 bB	0.744 dB	0.738 ab	0.744 ab
	恢复第 3 天	0.761 aA	0.761 a	0.771 aA	0.787 aA	0.748 bB	0.761 cB	0.764 ab	0.765 ab
结果期	处理前	0.763 aA	0.772 aA	0.754 aA	0.755 aA	0.763 aA	0.772 aA	0.754 aA	0.755 abA
	处理第 4 天	0.601 bB	0.691 bB	0.692 bB	0.703 bB	0.763 aA	0.784 aA	0.756 aA	0.767 aA
	恢复 2 h	0.745 aA	0.767 aA	0.759 aA	0.748 aA	0.558 bB	0.672 bB	0.659 bB	0.646 cB
	恢复第 3 天	0.768 aA	0.781 aA	0.762 aA	0.768 aA	0.709 aA	0.764 aA	0.750 aA	0.741 bA

## 2.2 黄瓜经低温弱光处理及恢复过程中光-光合速率曲线的变化

苗期在正常光温条件下(图 1)的光-光合速率曲线表明: 光照强度范围在 0~ 300  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  内, 各品种随光强的增加光合速率直线上升; 高于 300  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  后, 品种间光合速率差异明显, 以新泰密刺和 Ankoru8 较高, 其次为北京 101 和 Mariana 最低; 超过 500  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  后, 各品种光合速率增加缓慢。在低温处理至第 4 天时, 各品种光饱和点明显降低; 仍以新泰密刺和 Ankoru8 的光合速率高于其他 2 个品种, Mariana 最低(图 1)。在低温加弱光处理区, 各品种光合速率降低更明显, 品种间降低趋势与低温正常光区相同。

处理结束后, 在 25℃ 恢复 2 h, 测定苗期 2 处理区各品种光合速率, 结果比处理 4 天时的值还低(表 2)。当恢复至第 3 天时各品种光合速率尚未完全恢复, 2 种处理均以 Mariana 恢复较快, 其中低温加弱光处理恢复到第 3 天时, 其光饱和点与北京 101 和 Ankoru8 接近(图 1-c)。说明 Mariana 对弱光的适应能力较强。由图 1 还可看出: 低温弱光处理后, 新泰密刺恢复最慢, 说明其对弱光的耐受性最差。

结果期在低温正常光下, 新泰密刺和 Ankoru8 的光合速率为高, 与苗期一致; 而低温弱光处理, 则以北京 101 光合速率较高, 与苗期不同(表 2)。以处理结束时的光合速率为 1, 计算恢复的相对值可以看出(表 2): 在结果期, 低温正常光处理的恢复情况与苗期一致, 低温弱光处理则以北京 101 恢复最快, Mariana 次之。由此可见, 北京 101 在结果期对低温弱光的耐受性

和恢复能力表现更强。由表 2 还可看出, Marianna 无论是苗期还是结果期处理期间在低温弱光区的光合速率都高于正常光区, 说明它对低温弱光的耐受性强于单纯低温时的耐受性。

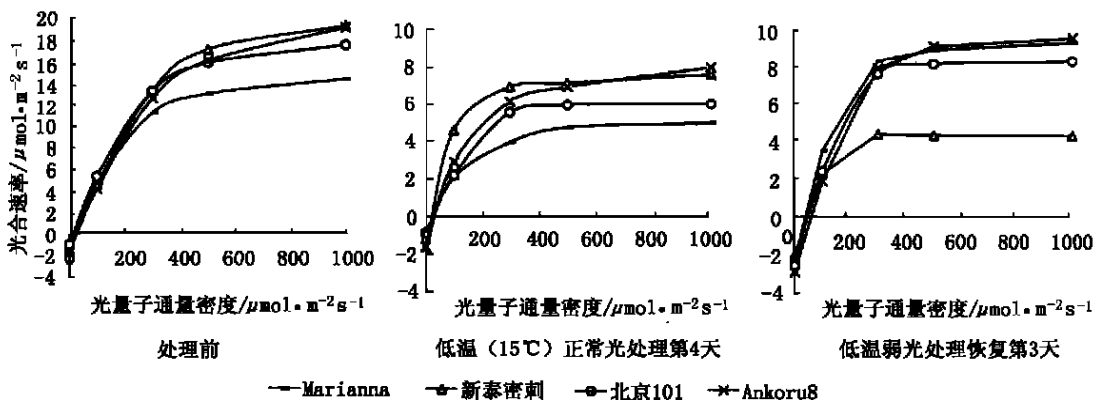


图 1 处理前后和恢复过程中光-光合速率曲线变化

表 2 不同品种在处理期间和恢复过程中的光合速率变化 / $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

处 理	低温正常光区				低温弱光区				
	Marianna	新泰密刺	北京 101	Ankoru8	Marianna	新泰密刺	北京 101	Ankoru8	
苗期	处理第 4 天	4.08	7.40	6.40	7.37	4.72	6.93	5.53	6.12
	恢复第 1 天	3.21	4.88	5.03	5.74	2.86	4.50	4.40	4.78
	恢复第 3 天	8.95	8.40	7.95	8.72	9.02	4.80	8.71	8.90
	恢复第 1 天相对值	0.79	0.66	0.83	0.78	0.62	0.65	0.80	0.78
	恢复第 3 天相对值	2.19	1.14	1.24	1.18	1.91	0.69	1.58	1.45
结果期	处理第 4 天	1.26	4.05	2.16	3.10	1.34	1.78	2.32	1.94
	恢复第 1 天	2.00	3.73	2.38	2.79	1.40	1.73	2.46	1.69
	恢复第 3 天	2.03	4.46	2.81	3.26	1.88	2.14	3.25	2.35
	恢复第 1 天相对值	1.59	0.92	1.10	0.90	1.04	0.97	1.06	0.87
	恢复第 3 天相对值	1.61	1.10	1.30	1.05	1.32	1.20	1.40	1.21

测定光强  $300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

### 2.3 黄瓜经低温弱光处理和恢复过程中光合作用适温的偏移

温度是影响光合速率重要的因素, 在某一温度范围内, 作物光合速率最大, 这一温度范围具有重要的生态意义<sup>[8]</sup>。从黄瓜苗期在正常光温下各品种的温度-光合曲线(图 2) 可以看到: 北京 101、Marianna 的曲线变化均较平缓, 而 Ankuru8 比较大, 各品种光合的适温在  $21^\circ\text{C}$  附近。当遇到连续 4 d 的低温时, 光合适温均降低向  $15^\circ\text{C}$  偏移(图 2), 以北京 101 为代表, 可以看出当解除这种低温胁迫后, 光合适温很快向  $21^\circ\text{C}$  偏移。恢复第 1 天时, 光合速率高峰值为  $18 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ; 当恢复第 3 天时, 曲线已基本恢复至处理前的形状。各品种恢复后的曲线有所不同, 由图 2 可以看出北京 101 和 Marianna 变得适温范围更宽; Ankuru8 光合适温值偏向低温范围, 反映出品种间在逆境胁迫后对温光的反应存在差异。

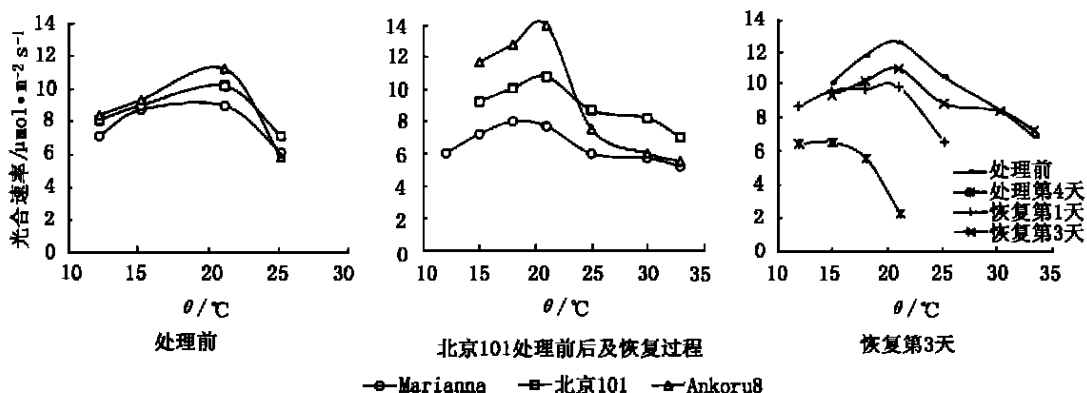


图2 处理前后和恢复过程中温度-光合速率曲线的偏移

## 2.4 叶面积的变化

叶面积的变化与光合产量有密切的关系。处理至第4 d时2处理均以新泰密刺和Ankoru8的叶面积增加量大,而在恢复至第3 d时,均以Marianna和北京101的叶面积增加量大,这与光合速率的变化基本一致。

表3 苗期处理前后及恢复后的叶面积变化

$S/\text{cm}^2$

处 理	低温正常光区				低温弱光区			
	Marianna	新泰密刺	北京101	Ankoru8	Marianna	新泰密刺	北京101	Ankoru8
处理前	188.13	112.15	183.62	111.78	188.13	112.15	183.62	111.78
处理第4天增加量	18.77	31.45	22.67	19.02	10.10	33.21	27.07	27.80
恢复第3天增加量	77.00	39.73	85.1	39.32	42.1	24.20	43.9	12.40

## 3 结论与讨论

叶绿素荧光量子产额代表了光系统的II光化学效率,近年来在光合作用和逆境生理研究中越来越广泛地使用<sup>[7]</sup>。关于低温伤害黄瓜的生理机制,Aoki认为主要是由于荧光量子产额的降低<sup>[4]</sup>。曾纪晴认为12 以上的温度对黄瓜叶绿素荧光影响不大<sup>[1]</sup>。本试验结果表明:15 /8 的低温正常光处理4 d后,荧光量子产额的降低能很快恢复,这与曾纪晴的结果一致。但低温弱光区处理期间荧光量子产额上升,这说明弱光减轻了低温对光系统II的伤害。张福壤的试验证明黄瓜不同品种在冬春2季光系统II反应中心的光化学活性差异不大,而光合作用的碳同化存在差异<sup>[6]</sup>。本试验进一步证明品种间在光温逆境解除后的恢复期间,光合作用也存在差异,而且光合速率的恢复明显滞后于叶绿素荧光量子产额的恢复。

黄瓜是一种典型的喜温作物,但由于周年生产的需要及品种长期选育的结果,产生了对光温适应性不同的类型。从本试验4个品种对低温和低温弱光的反应上看,Marianna对低温反应敏感,低温处理后,叶绿素荧光产额下降较快。其光合速率在弱光下较高,光饱和点显著低于其他品种,这与其所处栽培环境有关,因为欧洲温室均为加温温室,温度条件好,但冬季阴天

多,光照弱,是一种耐弱光不耐低温的类型。新泰密刺对低温有着较强的适应能力,这是它们长期生长于亚洲北方寒冷地区冬季温室内,温度低,但晴天多,光照条件好,是一种耐低温不耐弱光的类型。Ankoru8 为日本冬季温室用杂种一代,属亚洲类型,对弱光的耐性稍好于新泰密刺,而北京 101 为欧亚杂交种,对低温弱光的适应能力和逆境之后的恢复能力均较强,尤其在结果期更明显。由此可以认为欧洲品种对弱光的耐性和亚洲品种对低温的耐性是黄瓜育种者应充分加以利用的特性。

由本研究的结果可见,低温弱光的耐受性与恢复能力之间没发现必然的联系。新泰密刺对低温耐受性较强但恢复慢,Marianna 对低温的耐性不如新泰密刺,在处理期间光合速率较低,但恢复迅速,所以耐受性与恢复能力之间的关系还有待于继续深入探讨。黄瓜冬季生产选择品种时,除了要求品种对低温弱光的耐性要强,还应充分重视逆境过后品种的恢复能力。

### 参 考 文 献

- 1 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. 植物生理学报, 1997, 23(1): 15~20
- 2 李智军. 叶绿素荧光法の温度ストレス解析への应用. 农业および园艺, 1995, 70(5): 546~551
- 3 Sonoike Kintake. The different roles of chilling temperatures in the photoinhibition of photosystem I and photosystem II. J Photochem Photobiol, B: Biol, 1999, 48: 136~141
- 4 Aoki Satoshi. Chilling and heat sensitive in cucumber seedlings measured by chlorophyll fluorescence. Bull Natl Res Inst Veg Ornament Plants & Tea Japan A, 1988, (2): 81~92
- 5 马德华, 庞金安, 霍振荣, 等. 黄瓜对不同温度逆境的抗性研究. 中国农业科学, 1999, 32(5): 28~35
- 6 张福墁, 马国成. 日光温室不同季节的生态环境对黄瓜光合作用的影响. 华北农学报, 1995, 10(1): 70~75
- 7 沈允钢, 施教耐. 动态光合作用. 北京: 科学出版社, 1998
- 8 村田吉男, 玖村敦彦, 石井龙一, 等. 作物の光合成と生態. 社団法人 山村文化会, 1975