

低温对不同基因型黄瓜幼苗生长及生理特性的影响

苗永美^{1,2}, 宁宇², 魏庆镇², 陈劲枫²

(1. 安徽科技学院 生命科学学院, 安徽 凤阳 233100; 2. 南京农业大学 园艺学院, 作物遗传与种质创新国家重点实验室, 江苏 南京 210095)

摘要:人工低温条件下比较了 EC1、北京截头和 SWCC12 3 种黄瓜苗期在形态、生理及 PS II 对低温响应的差异。结果表明:低温胁迫均使 3 种黄瓜产生冷害,EC1 植株脱水最轻,SWCC12 冷害最严重;3 种黄瓜的电渗率和丙二醛(MDA)因低温处理而增加,变化最小的是 EC1,最大的是 SWCC12;低温处理提高了 3 种黄瓜中的超氧化物歧化酶(SOD)活性,尤其是 EC1 和北京截头的 SOD 活性反应更为高效和快速,EC1 中过氧化物酶(POD)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)呈先增加后降低趋势,但始终高于处理前的,而北京截头中分别先降低后升高及变化不明显,SWCC12 中主要变化趋势为增加,EC1 体内的过氧化氢酶(CAT)在低温处理 2 d 时活性最高,之后下降至原来水平,北京截头和 SWCC12 中变化不大;3 种黄瓜体内可溶性蛋白在胁迫处理时都呈先升高后降低趋势;EC1 和北京截头中的可溶性糖也表现出先升高后降低现象,但都显著高于处理前,而 SWCC12 中可溶性糖呈显著下降趋势;3 个基因型黄瓜内叶绿素含量和类胡萝卜素含量随胁迫时间先增加后降低,EC1 中维持高含量时间长,下降幅度最小,SWCC12 下降幅度最大;低温均影响了 3 份黄瓜的 PS II、Fv/Fm、Yield 和 ETR,下降幅度最大的是 SWCC12、最小的是北京截头。

关键词:黄瓜;基因型;低温胁迫;抗氧化酶;PS II

中图分类号:S642.01 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2013)06-0140-07

Effects of Low Temperature on Growth and Physiological Characteristics of Different Cucumbers Genotypes

MIAO Yong-mei^{1,2}, NING Yu², WEI Qing-zhen², CHEN Jin-feng²

(1. College of Life Science, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China;

2. State Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Enhancement, College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: The responses of seedling growth, physiological properties and PS II to low temperature among three genotype cucumbers were comparatively studied. The results showed that: Chilling injury of three genotypes produced under low temperature stress, the dehydrate and chilling injury of EC1 was the most light, and SWCC12 showed the serious. The contents of Malondialdehyde(MDA) and electrolyte leakage in three cucumbers increased under cold treatment, the increase extent of two indices in EC1 was minimum, and in SWCC12 was maximal. Super-oxide dismutase(SOD) in three cucumbers increased during treatment, especially in EC1 and Beijingjietou. SOD were induced rapidly and efficiently. The change of peroxidase(POD) and ascorbate peroxidase(APX) activity in EC1 rose first and then fell, but were higher than pretreatment, and the contents of two enzymes in Beijingjietou first decreased the increased and had no significant change. While the activity of POD and APX in SWCC12 increased under low temperature stress. Catalase(CAT) activity in EC1 could be activated by low temperature, reaching the peak in 2 d and then dropped to the former level, that in Beijingjietou and SWCC12 had not changed much. The content of soluble protein increased before decreasing in three genotypes. And the change of soluble sugar in EC1 and Beijingjietou as the same as that protein, and were higher than pretreatment, but in SWCC12 declined during stress. The contents of chlorophyll and carotenoid in three genotypes first increased and then decreased under low temperature. The high contents of two pigments in EC1 maintained longer time, declined slowly, while that in

收稿日期:2013-07-18

基金项目:国家“973”计划项目(2009CB119001-01;2012CB113900);安徽省教育厅自然科学基金一般项目(KJ2011Z076)

作者简介:苗永美(1976-),女,山东临沂人,讲师,博士,主要从事蔬菜作物遗传育种及生物技术研究。

SWCC12 was contrary. Low temperature hurt the PS II of cucumbers ,the Fv/Fm ,Yield and ETR in SWCC12 declined most seriously ,while in Beijingjietou most slightly.

Key words: Cucumber; Genotype; Low temperature stress; Antioxidant enzyme; Photosystem II

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)是一种主要的世界性蔬菜,也是我国设施温室栽培的主要蔬菜之一。黄瓜具有喜温不耐冷特性,因此在黄瓜的早春和晚秋露地及保护地栽培中经常遭遇低温伤害,尤其是早春种植的幼苗期,更容易遭受冷害。低温会使植株萎蔫脱水、膜的流动性降低、渗透性增加、影响光合效率、延长生育期,最终可能会降低黄瓜的产量和品质^[1]。耐冷遗传研究表明黄瓜的耐冷性受环境影响较小,主要由基因型决定^[2-3];耐冷性鉴定研究表明黄瓜的耐冷性的确存在基因型差异,且耐冷性在不同发育时期也表现出差异^[4-6]。本研究利用3份不同生态型黄瓜资源,人工模拟低温条件,研究苗期持续的低温对黄瓜形态、生理、PS II的影响,可较为全面地揭示低温对黄瓜的影响及材料之间对低温的生理响应差异,为黄瓜耐冷资源的筛选鉴定、育种应用及设施黄瓜抗冻栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试黄瓜材料为欧洲温室型 EC1、华北型北京截头、和西双版纳黄瓜 SWCC12 均为实验室多代自交系,种子由南京农业大学葫芦科种质创新实验室提供。

1.2 试验方法

1.2.1 幼苗的培育 选用2010年秋季收的饱满种子,58℃温汤浸种4h,滤掉水分后于培养皿中垫2层滤纸28℃黑暗催芽24h露白后,播种在草炭和珍珠岩(2:1)基质中,32孔穴盘育苗,常规管理。当长至二叶一心期时移入人工气候箱,培养条件为25℃/18℃(昼/夜),光周期12h/12h,光强200μmol/(m²·s)相对湿度为75%,培养至三叶一心期时选取整齐一致的健壮幼苗进行低温处理。采用10℃/4℃(昼/夜)低温处理,其他生长条件同上。

1.2.2 冷害症状分级及冷害指数的计算 根据黄瓜第2真叶冷害症状进行分级。分级标准参照李晓明方法^[7],0级:无受害症状;1级:叶片轻微受害,叶缘发黄;2级:叶片有小部分面积出现脱水斑;3级:叶片约有一半的面积出现脱水斑;4级:叶片大部分面积出现脱水斑;5级:叶片几乎全部干枯。按下面公式计算冷害指数:

$$CII = (1 \times S1 + 2 \times S2 + 3 \times S3 + 4 \times S4 + 5 \times S5) / N$$

式中S1~S5分别为等于1~5级症状的植株数,N等于总的植株数。

1.2.3 形态指标的测量 在低温处理第0,2,3,4d时量取第2真叶的叶长(叶柄至叶尖的距离)、叶宽(两侧边缘的最宽距离)、下胚轴长(根茎处至第1子叶节长)、株粗(子叶节粗度),数值为随机量取5株的平均值,各指标的相对值是处理前、后的比值。

1.2.4 生理指标的测定 处理第0,1,2,3,4d取第1,2真叶,剪碎混匀称取0.2g,用于生理指标的测定,重复3次。超氧化物歧化酶(SOD)活性参考Giannopolitis^[8]的方法测定、过氧化物酶(POD)活性测定参考Kochba^[9]的方法、过氧化氢酶(CAT)采用紫外法测定^[10]、抗坏血酸过氧化物酶(APX)测定按沈文飏^[11]的方法;可溶性蛋白测定采用考马斯亮蓝法、MDA采用硫代巴比妥酸法;取下胚轴用于可溶性糖提取,测定采用浓硫酸蒽酮法测定^[12]。用d=0.8cm²打孔器取8个叶圆片,加10mL ddH₂O,浸泡2.5h,用电导仪DDS-307测电导率E1,煮沸30min,冷至室温测电导率E2,去离子水电导率E0,按(E1-E0)/(E2-E0)计算电渗率。叶绿素等用95%乙醇提取,室温暗处提取直至材料变白,叶绿素a+b和类胡萝卜素含量的测定及计算参考李合生^[12]的方法。

1.2.5 叶绿素荧光参数的测定 处理第0,1,2,3,4d用调制荧光成像系统Imaging-PAM荧光仪(德国WALZ公司)测定第2真叶的叶绿素荧光参数,数值为5株的平均值。将叶片先暗适应20min,用微弱的光化光测得最小荧光Fo;打开饱和脉冲(6000μmol/(m²·s))照射0.8s,测得暗适应下的最大荧光Fm,Fv=Fm-Fo,得出PS II的最大量子产额(Fv/Fm);打开测量光(413μmol/(m²·s))适应4min后直接从仪器上读取光化学猝灭系数(qP)和非光化学猝灭系数(qN),实际光量子产量(Yield)和相对电子传递速率(ETR)。

1.2.6 数据处理 数据用PASW statistics 18.0软件进行方差分析,用Duncan's新复极差进行多重比较;Excel软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 低温对黄瓜生长的影响

黄瓜遇到低温时叶片表现出首先萎蔫脱水的冷

害症状。从图 1 看出,不同基因型黄瓜脱水程度存在差异,处理期间 SWCC12 的冷害指数始终高于另外 2 份材料,EC1 最低。相对叶长、叶宽、下胚轴长和株粗均能反映萎蔫程度,从表 1 看出,EC1 萎蔫程度最轻,北京截头次之,随着处理时间延长,EC1 萎蔫变化小于北京截头,而 SWCC12 在低温处理 2 d 时发生明显的脱水现象,4 个相对指标都小于另外 2 种黄瓜。冷害指数和 4 个相对形态指标变化趋势一致,说明根据植株萎蔫程度可简单直观地反映不同基因型黄瓜的耐冷差异情况。

表 1 低温对不同基因型黄瓜形态指标的影响

Tab. 1 Effects of low temperature on morphology of different cucumber genotypes

基因型 Genotype	时间/d Time	相对叶宽/% Relative leaf width	相对叶长/% Relative leaf length	相对株高/% Relative height	相对株粗/% Relative diameter
EC1	2	95.73 ± 0.03a	95.32 ± 0.03a	98.61 ± 0.04a	98.23 ± 0.16a
	3	85.42 ± 0.07b	91.49 ± 0.06a	97.04 ± 0.04a	95.20 ± 0.14a
	4	84.13 ± 0.09b	83.08 ± 0.08b	102.91 ± 0.08a	92.63 ± 0.18a
北京截头	2	92.34 ± 0.02a	90.09 ± 0.07a	102.08 ± 0.04a	90.34 ± 0.11a
	3	79.91 ± 0.05b	82.40 ± 0.04a	96.30 ± 0.06ab	87.22 ± 0.12a
	4	63.54 ± 0.09c	67.89 ± 0.06b	94.64 ± 0.04b	81.34 ± 0.11a
SWCC12	2	80.43 ± 0.15a	83.38 ± 0.11a	91.89 ± 0.15a	86.20 ± 0.15a
	3	83.96 ± 0.04a	78.69 ± 0.10a	95.33 ± 0.19a	86.11 ± 0.07a
	4	75.33 ± 0.08a	74.63 ± 0.05a	95.96 ± 0.10a	67.78 ± 0.30a

注:不同字母表示统计指标随处理时间在 0.05 水平上存在差异。图 2-6 同。

Note: Different letters indicate the significance of indices under low temperature at $P < 0.05$. The same as Fig. 2-6.

2.2 低温对黄瓜电渗率和 MDA 含量的影响

从图 2-A 看出,不同基因型黄瓜经过低温处理后,电渗率都是先升高后降低,但随低温胁迫的持续,电渗率又出现了升高趋势。第 1 天时,EC1 电渗率增加幅度较小,是处理前的 1.31 倍,其次是北京截头,SWCC12 增幅最大,是处理的 1.96 倍;处理 2 d 后,只有 EC1 电渗率降低到原来水平,其他 2 个基因型都仍显著高于处理前的,说明相同低温处理对 EC1 影响最小。MDA 反映膜脂受伤害情况,越

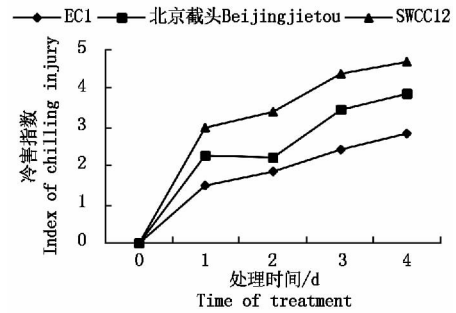


图 1 不同基因型黄瓜在低温下的受冷害情况
Fig. 1 Chilling injury of different cucumbers under low temperature

高说明膜脂过氧化程度越重,MDA 在 3 份黄瓜中的变化趋势稍有不同(图 2-B),EC1 中 MDA 含量在第 3 天时显著升高;北京截头在第 2 天时显著升高,之后显著降低,到第 4 天时又显著增加;而 SWCC12 在处理第 1 天时 MDA 含量就显著增加,之后一直维持高含量,说明相同的低温使 EC1 膜脂过氧化受到的伤害程度轻较小,北京截头次之,SWCC12 最重受到的伤害最大。

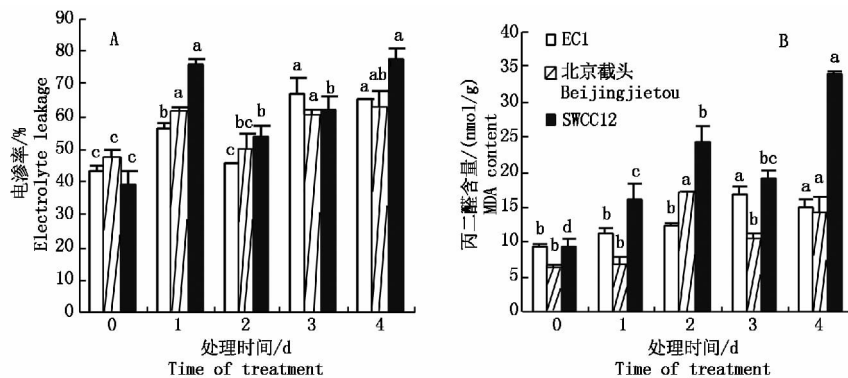


图 2 低温对不同基因型黄瓜电渗率和 MDA 含量的影响

Fig. 2 Effects of low temperature on electrolyte leakage and MDA of different cucumber genotypes

2.3 低温对黄瓜抗氧化保护酶活性的影响

图 3 是 3 种黄瓜在低温处理过程中 4 种抗氧化酶活性的变化情况。从图 3-A 看出,低温处理激活

了 3 种黄瓜中的 SOD 酶活性(以鲜质量计),尤其是 EC1 和北京截头内的 SOD 能快速而高效地响应低温,处理期间的 SOD 活性显著高于处理前的。3 种

黄瓜中的 POD 在低温处理时变化各异(图 3-B), EC1 中先显著升高后降低,但第 4 天时仍高于处理前;北京截头的 POD 活性(以鲜质量计)呈先降低后升高趋势,处理期其活性一直低于处理前;SWCC12 中的 POD 在第 2 天时有了显著提高,并持续增加。相对于前 2 种酶,CAT 变化较小,EC1 中只在第 2 天时有了显著升高,后又显著降低到原来水平,而北京

截头和 SWCC12 中 CAT 活性(以鲜质量计)在处理前后变化不太明显(图 3-C)。基因型间的 APX 活性(以鲜质量计)在低温处理期间变化存在明显差异,EC1 中先升高后降低,但都显著高于处理前;北京截头中变化不大,直到第 4 天时显著降低;而在 SWCC12 中,处理 1~3 d 内 APX 活性明显高于对照,第 4 天时又下降至原来水平(图 3-D)。

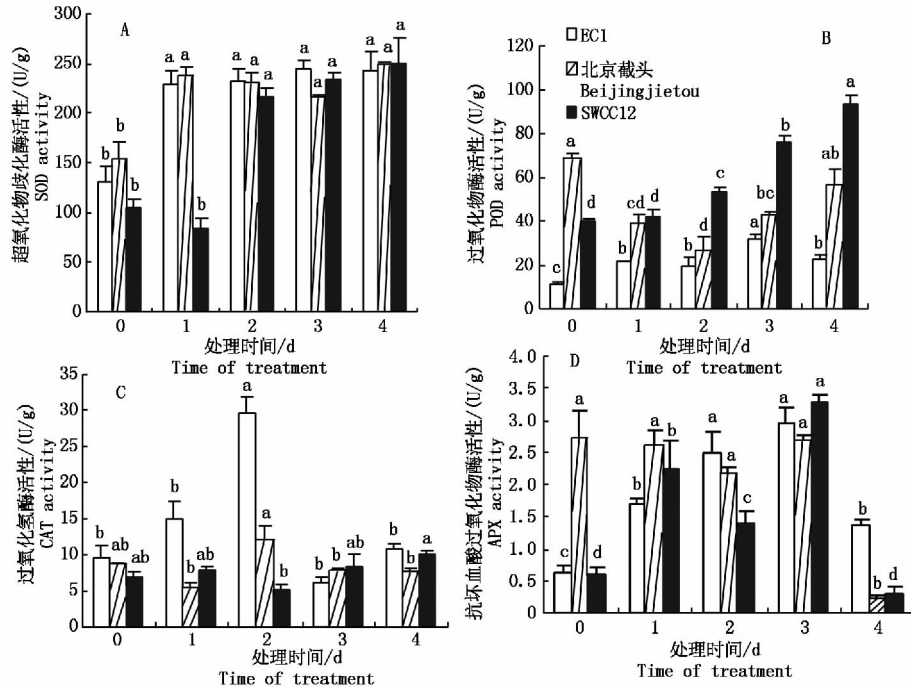


图 3 低温对不同基因型黄瓜抗氧化酶活性的影响

Fig. 3 Effects of low temperature on antioxidant enzyme of different cucumber genotypes

2.4 低温对黄瓜可溶性蛋白和可溶性糖的影响

从图 4-A 看出,当受到低温胁迫时,可溶性蛋白含量(以鲜质量计)变化在 3 个基因型间都表现为先升高后降低。EC1 中可溶性蛋白在第 1 天时最高,但低温处理期间可溶性蛋白的稍高于处理前的;北京截头和 SWCC12 在第 2 天时含量最高,之后又

都显著下降。可溶性糖(以鲜质量计)的变化在基因型间存在差异(图 4-B),EC1 和北京截头中的可溶性糖先显著增加后降低,第 2 天时含量最高,分别是处理前的 4.52 2.90 倍,但低温处理期都显著高于处理前;而低温处理使 SWCC12 体内的可溶性糖含量显著降低。

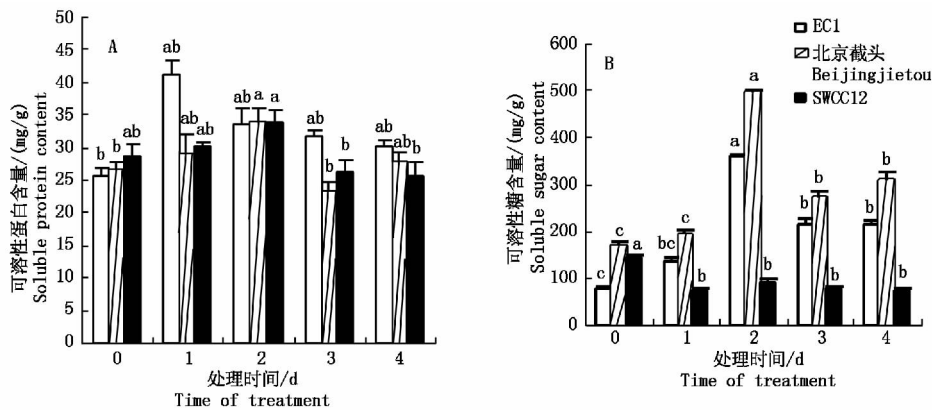


图 4 低温对不同基因型黄瓜可溶性蛋白和糖含量的影响

Fig. 4 Effects of low temperature on soluble protein and sugar of different cucumber genotypes

2.5 低温对黄瓜叶绿素和类胡萝卜素含量的影响

从图 5-A 看出,低温处理时,3 个基因型黄瓜体

内叶绿素含量均表现为先增加后降低趋势,第 1 天达峰值,分别是处理前的 1.50, 1.49, 1.43 倍,之后

EC1 中的叶绿素虽有下降,但仍高于处理前;而北京截头和 SWCC12 分别在处理到第 4 天和第 2 天时就下降至处理前的水平,说明低温对叶绿素合成和分解影响最大的是 SWCC12,最小的是 EC1。低温胁迫

迫使 3 个基因型黄瓜体内类胡萝卜素含量的变化稍有差异(图 5-B),EC1 中的含量一直稍高于处理前的,而另外 2 个基因型都是呈先增加后降低的趋势,第 1 天时达最高水平,之后又都恢复至原来水平。

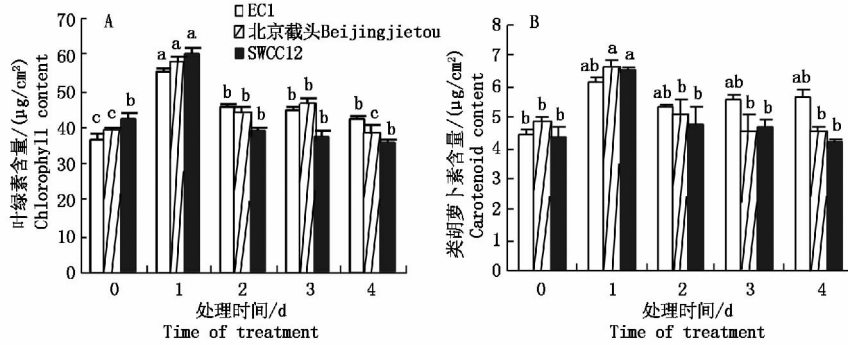


图 5 低温不同基因型黄瓜的叶绿素和类胡萝卜素含量的影响

Fig. 5 Effect of low temperature on chlorophyll and carotenoid of different cucumber genotypes

2.6 温度对不同黄瓜叶绿素荧光参数的影响

Fv/Fm 表示 PS II 的最大光合效率,逆境胁迫会影响植物的 Fv/Fm,大小反映植物的受伤害程度。从图 6-A 看出,低温处理显著降低了 3 种黄瓜的

Fv/Fm,并且随着胁迫时间逐渐下降,EC1 和 SWCC12 下降幅度较大,第 4 天时分别下降了原来的 72.77%、78.37%;而北京截头下降幅度最小,仅下降了 28.38%。

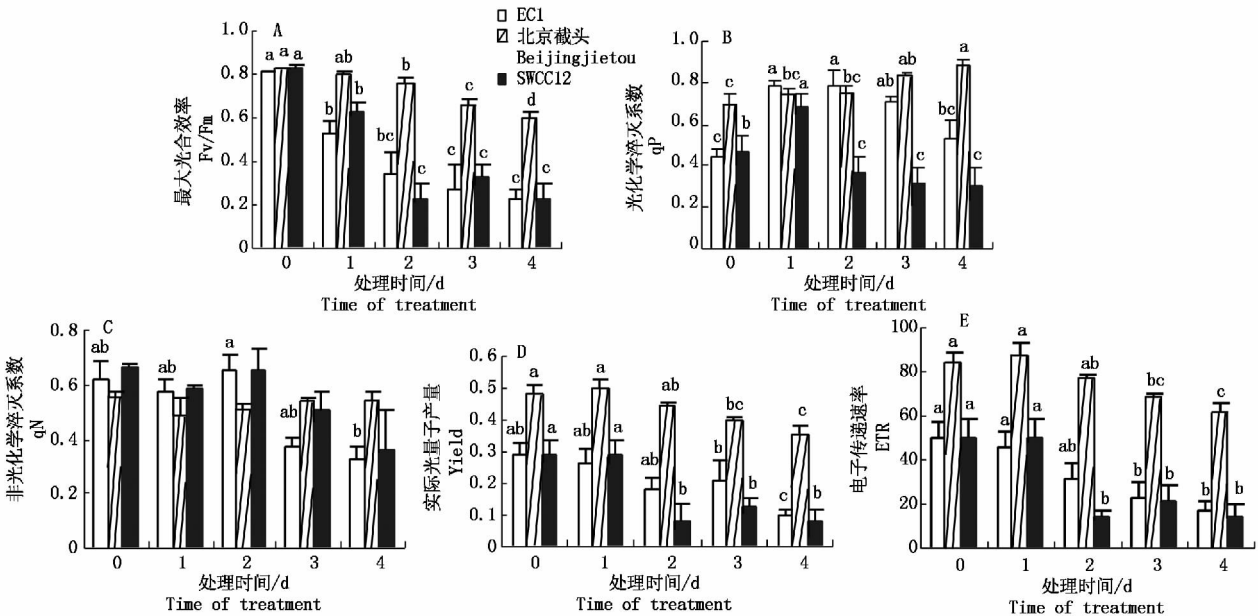


图 6 低温对不同基因型黄瓜叶绿素荧光参数的影响

Fig. 6 Effect of low temperature on chlorophyll fluorescence parameters of different cucumber genotypes

光化学淬灭系数 qp 反映的是 PS II 中心的开放程度,是天线色素吸收来用以光合作用的能量部分,反映光化学反应能力。从图 6-B 看出,低温处理时 qp 在不同基因型间的变化存在差异,EC1 和 SWCC12 的 qp 都呈先升高后降低的趋势,第 1 天时最高,分别是原来 1.81、1.45 倍,之后 SWCC12 的 qp 一直显著低于处理前,而 EC1 的 qp 虽有下降,但仍高于对照;北京截头的 qp 在低温胁迫期缓慢升高,第 4 天时升至原来的 1.26 倍。

非光化学荧光淬灭系数 qN 表示 PS II 天线色素

吸收的光能不能用于光合电子传递而以热的形式耗散部分,在强光条件下对 PS II 结构起到保护作用。从图 6-C 看出,在胁迫过程中除了 EC1 的 qN 呈先升高后降低,但变化差异不大,其他 2 个基因型的 qN 在低温处理期间没有显著变化。

Yield 表示 PS II 的实际光量子产量。从图 6-D 看出 3 个基因型黄瓜在胁迫第 1 天时 Yield 变化都不大,随着低温时间的延长, Yield 呈逐渐下降趋势,下降幅度存在基因型差异。北京截头变化幅度最小,第 4 天时下降了 26.92%; EC1 次之,下降了

64.58%; 而 SWCC12 在第 2 天显著下降, 第 4 天时下降了 70.59%。

ETR 表示的是 PS II 电子传递速率。从图 6-E 看出, ETR 在低温下的变化趋势类似于 Yield, 低温胁迫会缓慢降低电子传递效率, 尤其是处理第 2 天有明显下降。材料之间下降幅度由大到小分别是 SWCC12、EC1 和北京截头。

3 讨论

低温会影响植物的正常生长发育, 最先从形态上表现出叶片萎蔫、卷曲, 随后整体植株脱水直至死亡。冷害指数是根据叶片脱水萎蔫情况来衡量受害程度的指标, 越大说明受到的伤害越严重^[6-7, 13]。3 种生态型黄瓜在低温胁迫处理时, 叶长、叶宽、株粗和株高的相对变化值与冷害指数表现一致, 说明冷害指数能反映材料的耐冷差异, 受冷害最严重的是 SWCC12, 其次是北京截头, 最轻的是 EC1。冷害指数这一指标统计起来简单、直观, 较为实用, 可用于黄瓜耐冷性初步鉴定评价。

大量的研究表明^[14-20], 逆境下的植物会产生更多的氧自由基, 从而加剧了膜脂过氧化以致膜系统受损, 导致溶质外渗, 影响离子平衡和正常的生理代谢。电导率和 MDA 的增大说明 10 °C/4 °C 的低温已对黄瓜造成伤害, 但在不同基因型间受害程度存在差异, EC1 变化幅度最小, 说明 EC1 受到的伤害最小, 耐冷性强, 而北京截头和 SWCC12 受低温的影响变化较大, 尤其是 SWCC12 膜脂过氧化最严重, 说明耐冷性差, 通过 2 个生理指标说明 3 个基因型黄瓜之间耐冷性的确存在差异, 与在小麦^[21]、园林植物^[22] 低温胁迫过程中, 不同耐冷性品种有不同变化结论一致, 也印证了上述根据冷害指数对 3 份黄瓜资源的耐冷鉴定结论。SOD、POD、CAT 和 APX 等抗氧化酶能清除体内活性氧, 成为植物对逆境胁迫的天然保护体系, 使植物能在一定程度上忍耐、减缓甚至抵抗逆境胁迫。不同植物体内抗氧化酶对低温的响应变化不同。本研究中所考察的 4 种保护酶在低温处理期间的变化因种类和基因型而存在差异。从酶的变化来看, 低温期间 3 种黄瓜内的 SOD 活性都有了明显提高, EC1 和北京截头内的 SOD 能较快的响应而提高, SWCC12 较慢; 一定时间的低温处理激活了 EC1 和 SWCC12 中 POD、APX 活性, 而北京截头中的 2 种酶都呈下降趋势; 相对于前 3 种酶, CAT 变化不大, 只有 EC1 中的 CAT 在第 1 天时显著升高后又降至原来水平, 而另外 2 份材料中 CAT 变化不十分明显。根据 3 种黄瓜的耐冷差异

和酶的变化来看, 导致黄瓜耐冷差异是 4 种保护酶综合变化的结果, 耐冷性强的 EC1 黄瓜中的 4 种保护酶能快速感受低温, 活性增强, 以抵御逆境胁迫; 根据冷害指数大小及酶活性变化情况分析认为 SOD 是北京截头抵抗逆境胁迫的主要保护酶, 而其他 3 种保护酶所起的作用较小, 3 种酶尽管在 SWCC12 活性变化大, 该基因型黄瓜仍表现出严重的冷害症状。低温逆境可能会激活某些特异蛋白的表达, 其表达存在基因型差异^[23]。本研究中 3 种黄瓜在低温胁迫期间, 体内可溶性总蛋白含量变化都不太显著, 至于具体的蛋白组种类是否存在差异表达需要下一步研究。可溶性糖的积累提高了细胞的渗透势, 有利于细胞的渗透调节和膜结构的保护, 因此可溶性糖在植物抗寒性中起重要作用。黄瓜低温处理中可溶性糖的变化存在基因型差异, EC1 和北京截头中的可溶性糖含量显著高于低温处理前的, 相反冷敏型的黄瓜在低温处理时, 可溶性糖含量显著下降, 说明黄瓜的耐冷性与可溶性糖积累有一定的相关性, 这与何会蓉和李轶冰研究几种暖季型草坪草低温胁迫中可溶性糖动态变化得出的研究结论一致^[24-25]。

低温会改变某些酶的活性, 打破叶绿素原有的合成和降解平衡, 从而导致叶绿素含量发生变化^[26-27]。黄瓜的叶绿素和类胡萝卜素含量同样因低温胁迫而发生变化, 3 个基因型黄瓜体内 2 种光合色素都是先升高后降低, 耐冷性强的黄瓜中 2 种色素含量相对较高, 下降幅度小, 而在耐冷性差的黄瓜中含量相对较低, 下降幅度大, 同样的研究结论在不同杨树耐冷生理研究中也得到证实^[28], 因此用叶绿素和类胡萝卜素含量的变化可以对黄瓜的耐冷性进行评价。PS II 对环境胁迫非常敏感, 逆境胁迫会导致 PS II 结构和功能发生一系列变化甚至损害^[29]。低温均导致 3 种黄瓜叶片发生严重光抑制, 光化学效率显著降低, Fv/Fm、Yield 和 ETR 均因低温胁迫呈显著降低现象, 这与张子山、李伟、种传飞等^[30-32]的研究一致, 但在材料之间下降幅度存在差异, 3 个指标下降最大的 SWCC12, 最小的是北京截头, 说明 SWCC12 的 PS II 对低温最敏感, EC1 次之, 北京截头的 PS II 对低温的适应性最强。李伟等^[30]也比较了津研 2 号和戴多星 2 种黄瓜低温弱光及恢复期的光合适应性, 发现 2 个材料的 Fv/Fm 的变化幅度存在差异, 认为变化幅度大的对低温弱光敏感。但该研究中 3 个材料光合效率的变化与材料的耐冷性不完全一致, 因此认为仅根据这几个指标的变化判断黄瓜的耐冷性会有所偏颇, 叶绿素荧光参数一

定程度上只能反映低温下材料对光的利用情况, SWCC12为西双版纳型黄瓜,典型的生长特性是开花需要合适的光周期诱导,说明该基因型对光敏感;北京截头为华北型黄瓜,受光的影响小;EC1属温室型,长期适应低温、弱光的亚环境生长,一旦出现极低的温度,对PS II系统的影响也比较大。

综上所述,不同基因型黄瓜对低温的生理、光合响应不同,耐冷性强的黄瓜面对低温胁迫时能很好的进行自身调节,通过渗透物质的增加、保护酶的激活及增加光合色素含量以提高光合效率等作出生理适应性自身保护,从而表现出耐冷;而耐冷性差的黄瓜由于自身调节能力相对较弱,表现出电渗率增大、膜脂化加重,表现出冷害。根据本研究所观测到的低温下生理指标变化与耐冷的相关性,认为评价黄瓜耐冷性不能依据单个指标,而是应该通过多个指标进行综合分析和评价,即黄瓜耐冷是通过多方面生理调节来适应低温,这也进一步印证了黄瓜的耐冷性是个多基因控制的复杂的数量性状^[1]。

参考文献:

- [1] 卢淑雯. 黄瓜耐冷性育种研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2007(6): 105-107.
- [2] 纪颖彪, 蔡洙湖, 朱其杰. 黄瓜种子低温发芽能力的配合力和遗传力分析[J]. 中国农业大学学报, 1997, 2(5): 109-114.
- [3] 闫世江, 司龙亭, 张建军, 等. 黄瓜苗期低温弱光下耐低温性主基因-多基因联合遗传分析[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(2): 281-285.
- [4] 于拴仓, 崔鸿文, 孟焕文. 黄瓜发芽期耐低温性鉴定方法与指标的研究[J]. 西北农业大学学报, 2000, 28(3): 1-6.
- [5] 闫世江, 司龙亭, 马志国, 等. 黄瓜苗期耐低温性及相关形态性状的遗传分析[J]. 沈阳农业大学学报, 2008, 39(1): 11-14.
- [6] 张红梅, 金海军, 丁小涛, 等. 黄瓜早期耐冷性鉴定指标的筛选[J]. 上海农业学报, 2009, 25(4): 31-35.
- [7] 李晓明. 黄瓜耐冷指标的筛选及Ca²⁺在黄瓜耐冷中作用的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2006.
- [8] Giannopolitis C N, Ries S K. Purification and quantitative relationship with water-soluble protein in seedling[J]. Plant Physiology, 1977, 59(2): 315-318.
- [9] Kochba J, Lavee S, Spiegel-roy P. Differences in peroxidase activity and isoenzymes in embryogenic and nonembryogenic 'Shamouti' orange ovular callus lines[J]. Plant and Cell Physiology, 1977, 18(2): 463-467.
- [10] Dhindsa R S, Plumb-Dhindsa P, Thorpe T A. Leaf senescence correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase[J]. Journal of Experimental Botany, 1982, 32(1): 93-101.
- [11] 沈文飏, 徐朗莱, 叶茂炳, 等. 抗坏血酸过氧化物酶活性测定的探讨[J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(3): 203-205.
- [12] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [13] 逯明辉. 黄瓜耐冷生理机制、分子标记及相关基因分离的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2005.
- [14] Shen W Y, Nada K, Tachibana S. Effect of cold treatment on nonenzymic antioxidant activities in leaves of chilling-tolerant and chilling-sensitive cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivars[J]. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 1999, 68(5): 967-973.
- [15] 周艳虹, 喻景权, 钱琼秋, 等. 低温弱光对黄瓜幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(6): 921-924.
- [16] 毛丽萍, 郭尚, 程伯瑛, 等. 低温弱光对西葫芦幼苗生理指标的影响[J]. 山西农业科学, 2008, 36(9): 33-36.
- [17] 李加旺, 李愚鹤, 苗伟利. 温室栽培黄瓜低温伤害表现及预防措施[J]. 天津农业科学, 2010, 16(3): 72-74.
- [18] 徐心诚. 低温弱光对黄瓜幼苗过氧化物酶同工酶和丙二醛含量的影响[J]. 河南农业科学, 2012, 41(1): 113-116.
- [19] 杨燕, 王萍, 赵清岩, 等. 低温胁迫下籽用西瓜幼苗生理变化与耐冷性的研究[J]. 华北农学报, 2012, 27(3): 156-160.
- [20] 柴文臣, 马蓉丽, 焦彦生, 等. 低温胁迫对不同辣椒品种生长及生理指标的影响[J]. 华北农学报, 2010, 25(2): 168-171.
- [21] 陈禹兴, 付连双, 王晓楠, 等. 低温胁迫对冬小麦恢复生长后植株细胞膜透性和丙二醛含量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2010, 41(10): 10-16.
- [22] 高福元, 张吉立, 刘振平, 等. 持续低温胁迫对园林树木电导率和丙二醛含量的影响[J]. 山东农业科学, 2010(2): 47-49, 81.
- [23] 许培磊, 白吉刚, 王秀娟, 等. 低温对不同基因型黄瓜叶片蛋白质组的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(2): 588-596.
- [24] 何会蓉, 李志东, 周而卫, 等. 几种暖季型草坪草对低温的生理反应[J]. 草地学报, 2008, 16(2): 150-153.
- [25] 李轶冰, 杨顺强, 任广鑫, 等. 低温处理下不同禾本科牧草的生理变化及其抗寒性比较[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1341-1347.
- [26] 逯明辉, 娄群峰, 陈劲枫. 黄瓜的冷害及耐冷性[J]. 植物学通报, 2004, 2(5): 578-586.
- [27] 宋广树, 孙忠富, 孙蕾, 等. 东北中部地区水稻不同生育时期低温处理下生理变化及耐冷性比较[J]. 生态学报, 2011, 31(13): 3788-3795.
- [28] 江锡兵, 宋跃朋, 马开峰, 等. 低温胁迫下美洲黑杨与大青杨杂种无性系若干生理指标变化研究[J]. 北京林业大学学报, 2012, 34(1): 58-63.
- [29] 刘春英, 陈大印, 盖树鹏, 等. 高低温胁迫对牡丹叶片PS II功能和生理特性的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(1): 133-139.
- [30] 李伟, 睦晓蕾, 张振贤. 温度对黄瓜幼苗光合生理弱光耐受性的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(12): 2643-2650.
- [31] 种传飞, 张运涛, 武晓颖, 等. 两种常绿阔叶植物越冬光系统功能转变的特异性[J]. 生态学报, 2012, 32(23): 7483-7491.
- [32] 张子山, 杨程, 高辉远, 等. 低温光抑制恢复过程中黄瓜叶片PS II活性及其电子传递对PS I的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(4): 1049-1054.