

低温弱光下不同起源地辣椒叶绿素荧光参数的比较

吕晓菡, 柴伟国, 傅鸿妃

(杭州市农业科学研究院 蔬菜所, 浙江 杭州 310024)

摘 要:以 5 个不同起源地的辣椒种质为试材, 冬季在大棚内模拟低温弱光逆境, 研究了低温弱光下不同起源地辣椒叶片叶绿素荧光参数的差异。结果表明: 在相同的低温弱光逆境下, 不同辣椒种质的叶绿素荧光参数差异较大; 其中, 起源于土耳其的‘20805’PS II 最大光化学效率、通过 PS II 的电子传递速率 ETR 最大, 而起源于印度的‘印度魔鬼椒’相对最小; 由此可推测, 低温弱光下 5 个不同辣椒种质中‘20805’具有较高光能利用率和潜在生物产量的生物基础。

关键词:低温弱光; 辣椒; 叶绿素荧光参数

中图分类号:S 643.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)24-0010-04

辣椒(*Capsicum annuum* L.)原产中南美洲热带地区, 是广为人们喜爱的喜温蔬菜, 亦是冬、春季设施栽培的主要作物, 但冬、春季温室的低温弱光抑制其生长发育, 致使产量和品质降低, 制约着设施辣椒冬、春季生产效益的提高和栽培面积的扩大。光合作用是受低温弱光影响较明显的生理过程之一^[1]。植物光能利用的量子效率是光合作用研究的基础, 而在植物对光能利用的过程中叶绿素起着关键的作用。叶绿素分子吸收光量子把叶绿素分子的电子从基态激发到激发态, 又通过光

化学反应、荧光发射和热能耗散等不同的去激途径回到基态^[2-3], 光量子的能量在此过程中被转移利用。由于荧光发射与光化学反应、热能耗散等过程间存在着对能量的相互竞争, 因此, 荧光产量的变化反映了光化学效率和热耗散的变化^[4-5]。国际上植物体内叶绿素荧光动力学的研究早已形成热点, 在光、温度等逆境生理研究中也得到广泛应用, 叶绿素荧光应用研究领域也在不断拓宽^[6-9]。该研究在低温弱光下, 通过检测不同起源地辣椒成株叶片的叶绿素荧光参数变化, 研究比较了各辣椒种质 PS II 光化学反应的量子效率及其变化规律, 进而筛选出对低温弱光适应性较强的辣椒种质材料, 为培育辣椒新品种奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

5 种供试辣椒种质的起源地及气候型如下: 从国外

第一作者简介:吕晓菡(1982-), 女, 浙江新昌人, 硕士, 农艺师, 现主要从事辣椒育种和抗逆生理等研究工作。E-mail: huikelly@zju.edu.cn.

基金项目:浙江省重大科技专项资助项目(2011C02001); 杭州市科技发展计划种子种苗专项资助项目(20120332H02)。

收稿日期:2013-09-23

Study on the Texture Quality Changes of Radish Root During Bolting Process

ZHANG Mei-xia, YANG Yan-jie, LIN Duo

(Horticultural College, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109)

Abstract: Taking ‘Ribeningcui’, ‘Shuiguoshawo’, ‘Qingkekakacui’ and ‘Lvdaogen’ as materials, by using texture profile analysis (TPA), the regularity and tendency of radish textural changes during bolting process of 4 radish varieties at different stems height were studied. The results showed that, those two evaluations using texture profile analysis and sensory evaluation had a same result that the influence by bolting on the main texture quality indexes such as hardness, adhesiveness, gumminess, chewiness of different radish varieties was relatively smaller within 30 cm for stem height. Especially comprehensive quality of radish varieties ‘Shuiguoshawo’ and ‘Ribeningcui’ had no obvious changes and kept the original taste compared to that of them before bolting, which were suitable as green radish cultivar for planting in winter and were supplied to both needs of early spring market and resident life.

Key words: radish; bolting; root; texture property

引进的辣椒种质材料:‘Red-punt papuliean’(起源地:匈牙利)、“20805”(起源地:土耳其)、“Purple”(起源地:荷兰)、“印度魔鬼椒”(起源地:印度);浙江本地辣椒种质材料“07-1-1-0-1-2”。

供试辣椒种质于2012年8月中下旬在杭州市农科院蔬菜所试验基地内开始栽培。先将各辣椒种质进行穴盘育苗,然后移植入设施大棚内继续栽培备用。

1.2 试验方法

1.2.1 低温处理 用温湿度仪每隔2 h测定棚内的温度,由于试验于2011年12月至翌年1月进行,经测定,叶绿素荧光参数测定前的15 d,棚内昼夜平均温度始终低于或接近于5℃/3℃(昼温/夜温)。

1.2.2 弱光处理 在光合参数和叶绿素荧光参数测定前的15 d,用遮阳网对大棚进行适当覆盖,并用光照测定仪测定光照强度,使棚内的光照强度始终在1 000 lx以下。

1.3 项目测定

叶绿素荧光参数的测定参照文献[10]的方法,大棚内模拟低温弱光逆境15 d后,采用便携式Li-6400光合仪(美国Li-COR公司)进行光强的响应曲线-快速动力学曲线的测定,所有指标测定均重复3~5次,取平均值。选取不同处理植株功能叶(从基部向上数第5~6叶)测定。早上5:00左右关闭便携式Li-6400光合仪的内置光源,先测定初始荧光(F_0)、最大荧光(F_m)、PS II最大光化学效率(F_v/F_m)。然后在上午8:00左右,再测定通过PS II的电子传递速率(ETR)、非化学淬灭系数(NPQ 或 qN)、化学淬灭系数(qP)、PS II的实际量子效率(Φ_{PSII})。

叶绿素荧光参数和淬灭系数的计算公式为: F_v/F_m , $qP=(F_m-F)/(F_m'-F_0')$, $ETR=(\Delta F/F_m') \times PFD \times 0.84 \times 0.5$, $qN=(F_v-F_v')/F_v=1-(F_m'-F_0')/(F_m-F_0)$, $NPQ=(F_m-F_m')/F_m'=F_m/F_m'-1$ 。

1.4 数据分析

数据分析采用Microsoft Excel 2003和SPSS 17.0软件进行。

2 结果与分析

2.1 低温弱光下辣椒植株叶绿素荧光参数的差异

2.1.1 低温弱光下辣椒植株 F_0 、 F_m 和 F_v/F_m 的差异

基础荧光 F_0 表示PS II反应中心全部开放即原初电子受体Q全部氧化时的荧光水平;最大荧光 F_m 是PS II反应中心完全关闭时的荧光产量,反映了通过PS II的电子传递情况^[2,11]。由图1可知,低温弱光下,5种辣椒种质的基础荧光 F_0 大小为:“印度魔鬼椒”>“07-1-1-0-1-2”>“Purple”>“Red-punt papuliean”>“20805”,而最大荧光 F_m 的大小则是:“20805”>“Purple”>“Red-punt papuliean”>“07-1-1-0-1-2”>“印度魔鬼椒”。

F_v/F_m 指PS II最大光化学效率(PS II原初光能转化效率)。它的变化代表PS II光化学效率的变化,其值越低证明其发生光抑制的程度越高^[2]。由图2可知,“20805”的PS II最大光化学效率最高,“Red-punt papuliean”次之,而“印度魔鬼椒”最低,说明在供试的种质材料中,“20805”具有较高的光能利用率和光合潜能。

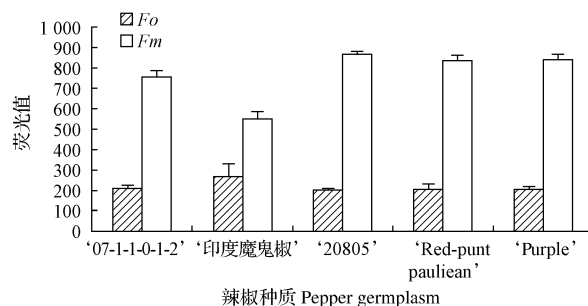


图1 低温弱光下不同辣椒的 F_0 、 F_m

Fig. 1 Based on fluorescence(F_0), the maximum fluorescence(F_m) of different peppers under low temperature and poor light

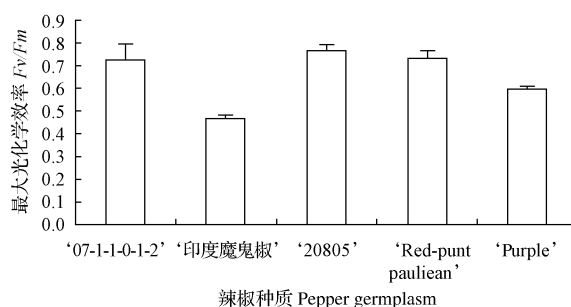


图2 低温弱光下不同辣椒的 F_v/F_m

Fig. 2 PS II conversion efficiency of light energy(F_v/F_m) of different peppers under low temperature and poor light

2.1.2 低温弱光下辣椒植株 ETR 的差异 入射到叶片的光能仅有84%被吸收,而这些吸收的光能又仅有50%分配到PS II^[12]。如果光未过量, ETR 和光合有效辐射(PAR)呈线性关系。当光过量时, ETR 和入射的PAR不再呈线性关系,要低于按线性关系估计的值,最后 ETR 达到饱和。这代表了光合电子传递的能力,这种能力依赖于生理状况和环境因素^[2]。由图3辣椒的快速动力学曲线表明,低温弱光下,通过PS II的电子传递速率随着光强的增加而不断增加。当光强增大到一定值时, ETR 不再增加,表现出趋于稳定或略微下降的趋势。在低温弱光下,随着PAR的不断增强,“20805”的 ETR 始终较高,而“印度魔鬼椒”则较低。说明在低温弱光下,“20805”能保持较强的电子传递能力,而“印度魔鬼椒”的电子传递能力则最低。

2.1.3 低温弱光下辣椒 qP 和 NPQ 的差异 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 NPQ 2种^[13]。由图4~5可知,低温弱光

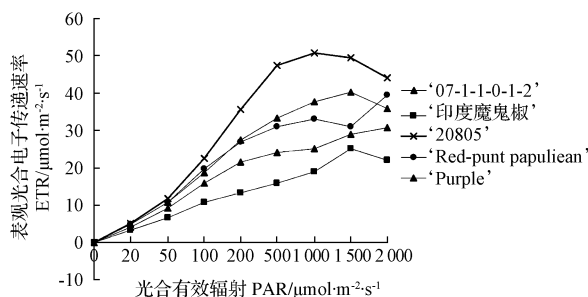


图3 不同辣椒在低温弱光下 ETR 的变化

Fig. 3 Apparent photosynthetic electron transport rate (ETR) of different peppers under low temperature and poor light

下,随着光照的不断增强, qP 呈下降趋势而 NPQ 则呈上升趋势,说明低温弱光下 PS II 的电子传递活性减小,从而使辣椒光合碳同化能力受到影响;但辣椒植株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。另外,通过分析各个辣椒种质的光化学淬灭 qP 和非光化学淬灭 NPQ 的变化可知,在低温弱光下‘20805’植株除了保持较高的 PS II 的电子传递活性之外,其通过耗散多余能量以保护光合机构免受低温伤害的能力也不低,‘Red-punt papuliean’次之,说明‘20805’既能使保持较高的光合碳同化能力,又能保护其光合机构免受低温伤害。

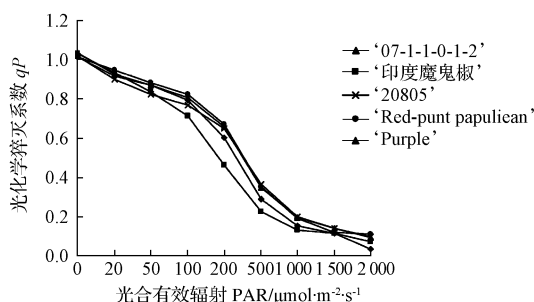
图4 不同辣椒在低温弱光下 qP 的变化

Fig. 4 Photochemical quenching (qP) of different peppers under low temperature and poor light

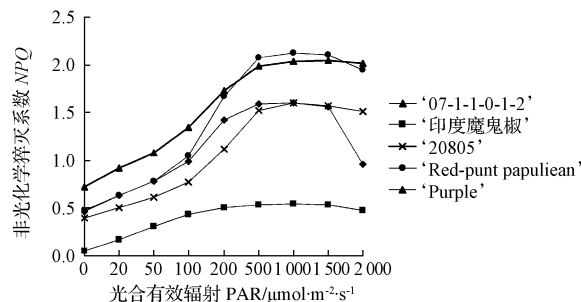


图5 不同辣椒在低温弱光下 NPQ 的变化

Fig. 5 Non photochemical quenching (NPQ) of different peppers under low temperature and poor light

2.2 低温弱光下不同辣椒种质叶绿素荧光参数的相关性分析

由表 1 可知,光下最大荧光产量 Fm' 与光下最小荧光产量 Fo' 、PS II 的实际光合量子产量 $Y(II)$ 、非光化学淬灭系数 NPQ 、非光化学淬灭系数 qN 、光化学淬灭系数 qP 、通过 PS II 的电子传递速率 ETR 具有显著的相关性; PS II 的实际光合量子产量 $Y(II)$ 与非光化学淬灭系数 NPQ 、非光化学淬灭系数 qN 、通过 PS II 的电子传递速率 ETR 呈显著负相关,而与光化学淬灭系数 qP 、具有显著的正相关性;通过 PS II 的电子传递速率 ETR 则与非光化学淬灭系数 NPQ 、非光化学淬灭吸收 qN 具有显著的正相关性,与其它则呈负相关。

3 讨论

叶绿素荧光与光合作用中各反应过程紧密相关,任何逆境对光合作用各过程产生的影响都可通过体内叶绿素荧光诱导动力学变化反映出来。因此,叶绿素荧光参数可作为逆境条件下植物抗逆反应的指标之一^[14]。该研究发现,在相同低温弱光条件下,不同辣椒植株的叶绿素荧光参数差异较大。表明由于不同辣椒种质对低温弱光的耐受性不同,低温弱光逆境对辣椒植株的 PS II 光反应中心造成伤害的程度也不相同。

表 1 不同辣椒种质叶绿素荧光参数的相关性

Table 1 Correlation for chlorophyll fluorescence parameters of different pepper germplasm

	光下最大荧光产量 Fm'	光下最小荧光产量 Fo'	实际光合量子产量 $Y(II)$	非光化学淬灭系数 NPQ	非光化学淬灭系数 qN	光化学淬灭系数 qP
Fo'	0.906 **					
$Y(II)$	0.927 **	0.812 *				
NPQ	-0.934 **	-0.856 **	-0.902 **			
qN	-0.952 **	-0.877 **	-0.826 **	0.949 **		
qP	0.895 **	0.822 *	0.909 **	-0.906 **	-0.974 **	
ETR	-0.889 **	-0.754 **	-0.909 **	0.818 **	0.854 **	-0.927 **

注: * 表示相关性显著 ($P < 0.05$); ** 表示相关性极显著 ($P < 0.01$)。

Note: * means significant difference ($P < 0.05$); ** means very significant difference ($P < 0.01$).

在对各个辣椒植株的叶绿素荧光参数进行分析时,发现辣椒种质‘20805’的植株在低温弱光的条件下,不仅其 PS II 光反应中心造成伤害最小、电子传递能力最强,而且还能使叶绿体合理地耗散能量,以保护其光合机构免受低温伤害。这充分说明,辣椒种质‘20805’在低温弱光下具有较高的光能利用率以及对当地环境更强的适应性,而‘印度魔鬼椒’则对低温弱光最为敏感,相对最差。这可能与不同辣椒种质的原产地有关,‘20805’的起源地主要分布在土耳其,其属于亚热带地中海气候,气候主要特点为冬季严寒多雨,与低温弱光的处理逆境较接近,而‘印度魔鬼椒’起源于印度地区,属于热带季风气候,冬季气候特点为温和干旱,与低温弱光的处理逆境差距较大。我国从世界各地引进大量的辣椒种质资源,为辣椒新品种的选育提供了丰富的物质基础。辣椒的光合特性与其实际生长发育具有一致性,根据其起源地气候特点与逆境的相似性来筛选对环境适应性强的种质材料,从而培育抗逆性好的辣椒新品种,将成为辣椒育种的新思路。

另外,该研究方法是通过冬季低温季节在大棚内模拟低温弱光逆境,采用叶绿素荧光技术,鉴定辣椒成株体内光合机构的运转状况,探讨了辣椒对低温弱光的反应及响应机理。该方法具有操作简便直观,获取结果迅速,对辣椒成株无损害等优点。解决了田间检测辣椒成株低温弱光下光能利用率的难题。但是由于该试验是在大棚中进行,对温度和光照强度控制的不够精确,此方法还需大量的后续研究,以提高其可靠性。

参考文献

- [1] 颜建明,颜敏华,郁继华,等. 低温弱光下辣椒叶片光合色素的变化及与品种耐性的关系[J]. 中国蔬菜,2008(4):12-16.
- [2] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J]. 植物学通报,1999,16(4):444-448.
- [3] 赵会杰,邹琦,于振文,等. 叶绿素荧光分析技术及其在植物光合机理研究中的应用[J]. 河南农业大学学报,2000,34(3):248-251.
- [4] 刘家尧,衣艳君,张承德,等. 活体叶绿素荧光诱导动力学及植物抗盐生理研究中的应用[J]. 曲阜师范大学学报,1997,23(4):80-83.
- [5] 陈贻竹,李晓萍,夏丽,等. 叶绿素荧光技术在植物环境胁迫研究中的应用[J]. 热带亚热带植物学报,1995,3(4):79-86.
- [6] Demmig A F, Admas I W W. photoinhibition and other responses of plants to high stress[J]. Rev Plant Physiol Plant Mol,1992,43:599-626.
- [7] Eduardo A T, Jaume C, Sergi M B, et al. Photoprotection in water-stressed plants of durum wheat (*Triticum turgidum* var. *durum*): changes in chlorophyll fluorescence, spectral signature and photosynthetic pigments[J]. Funt Plant Biol,2002,29(1):35-44.
- [8] Germino M J, Smith W K. High resistance to low-temperature photoinhibition in two alpine, snowbank species[J]. Physiol Plantarum,2000,110(1):89-95.
- [9] Kitao M, Lei T T. Temperature response and photoinhibition investigated by chlorophyll fluorescence measurements for four distinct species of dipterocarp trees[J]. Physiol Plant,2000,109(3):284-290.
- [10] 刘立云,李艳,杨伟波,等. 不同品种油茶叶绿素荧光参数的比较研究[J]. 热带作物学报,2012,33(5):886-888.
- [11] 孔海云,张丽霞,王日为. 低温与光照对茶树叶片叶绿素荧光参数的影响[J]. 茶叶,2011,37(2):75-78.
- [12] 王湘南,陈永忠,彭邵锋,等. 5 个油茶良种[J]. 林业科学,2008,44(4):173-174.
- [13] 王萍,郭晓东,郁继华,等. 低温弱光对辣椒生长及光合作用的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2006,37(3):360-363.
- [14] 陈建明,俞晓平,程家安. 叶绿素荧光动力学及其在植物抗逆生理研究中的应用[J]. 浙江农业学报,2006,18(1):51-55.

Comparison of Chlorophyll Fluorescence Parameters of Different Pepper Leaves Under Low Temperature and Poor Light

LV Xiao-han, CHAI Wei-guo, FU Hong-fei

(Institute of Vegetables, Hangzhou Academy of Agricultural Science, Hangzhou, Zhejiang 310024)

Abstract: Taking five different origin peppers as materials, under low temperature and poor light, the chlorophyll fluorescence parameters were studied. The results showed that in the same low temperature and poor light stress, the chlorophyll fluorescence parameters of different origin pepper varied widely. Among them, the PS II conversion efficiency of light energy and the apparent photosynthetic electron transport rate of ‘20805’ originated in Turkey were the best, ‘India devil pepper’ originated in India was the worst. It could be speculated that under low temperature and poor light, ‘20805’ had higher utilization rate of light energy and potential physiological and the biological basis of potential biological yield.

Key words: low temperature and poor light; pepper; chlorophyll fluorescence parameter