

海北站矮嵩草和珠芽蓼玉米黄质含量的变化 及与太阳辐射的关系*

易现峰

杨月琴*

(青海大学农牧学院农学系, 西宁 810016) (中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

摘要 对海北高寒草甸生态系统定位站矮嵩草(*Kobresia humilis*)和珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)505 nm 处的吸光度值(A_{505}/A_{652})的日变化和季节变化的测定发现: 矮嵩草和珠芽蓼叶片内玉米黄质的相对含量在一个生长季内呈现单峰曲线变化, 与海北站太阳辐射强度的季节变化呈正相关; 玉米黄质的日变化也呈现单峰曲线, 于中午14: 00 左右达到最大值, 与太阳辐射强度的日变化呈正相关; 玉米黄质在非辐射能耗散以及防止过氧化方面起着重要作用。

关键词 矮嵩草 珠芽蓼 玉米黄质 太阳辐射 日变化 季节变化

ZEAXANTHIN CONTENT OF KOBRESIA HUMILIS AND POLYGONUM VIVIPARUM IN RELATION TO SOLAR RADIATION AT HABEI RESEARCH STATION

YI Xian-Feng

(Department of Agronomy, Qinghai University, Xining 810016)

YANG Yue-Qin*

(The Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810001)

Abstract Seasonal and diurnal variations in zeaxanthin content of *Kobresia humilis* and *Polygonum viviparum* took the form of a monotonic curve, which was closely related to the seasonal and diurnal changes in solar radiation in Haibei Research Station.

Key words *Kobresia humilis*, *Polygonum viviparum*, Zeaxanthin, Solar radiation, Diurnal variation, Seasonal variation

玉米黄质是植物体内叶黄素的重要组分, 对多余光能的耗散起着重要的作用。玉米黄质在强光下通过紫董质的去环氧化产生, 而在弱光下通过环氧化生成紫董质。近年来研究表明(Krause & Weis, 1991; Horton et al., 1994; Gilmore & Yamamoto, 1991), 植物体内的叶黄素循环及其3组分玉米黄质、环氧玉米黄质及紫董质在光保护中的作用非常重要, 三组分在不同光强下的相互转化进行非辐射能的热耗散。高光强下植物叶片内的玉米黄质还可以钝化单线态叶绿素和清除活性氧(Demmig-Adams

& Adams, 1992), 从而避免多余光能对光合作用反应中心的光氧化破坏。玉米黄质对光照强度有着强烈依赖性, 其含量随光强的增加而增加。由于玉米黄质的吸收峰在 505 nm, 因此可以通过检测该波段吸收的变化来定量玉米黄质的含量(Yamamoto, 1979)。为此, 我们以海北站(海拔 3200 m)的矮嵩草(*Kobresia humilis*)和珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)为材料, 以 A_{505}/A_{652} 定量植物叶片内玉米黄质的相对含量的日变化和季节变化, 分析玉米黄质的相对含量对光的依赖性以及植物对高光强环

* 收稿日期: 2000-04-27 接受日期: 2000-10-08

基金项目: 国家自然科学基金(39570129)

贲桂英老师在论文实施中给予了一定指导, 特此致谢!

* 通讯作者 Author for correspondence E-mail: slxb@mail.nwipb.ac.cn

境的适应性反应。

1 材料与方法

1.1 材料

矮嵩草和珠芽蓼于不同生育期内分别采自中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站(北纬37°29'~37°45',东经101°12'~101°33',海拔3200 m)开阔地带。以上材料都于每月中、下旬取样,采集叶片于冰壶内带回西宁放入冰箱内保存待测定。每次取样均注意叶片叶位和生育期等的均一性。

1.2 方法

1.2.1 玉米黄质相对含量测定

参照洪涛等(1999)方法,玉米黄质含量以 A_{505}/A_{652} 表示。

1.2.2 太阳辐射强度的测定

太阳辐射强度用美国产LI-188B辐射仪190SB量子传感器测定,分别读取水平方向上的日变化和季节变化。

2 结果与分析

2.1 海北站太阳辐射的日变化和季节变化

图1和图2分别显示海北站对光合作用有效的太阳辐射强度的日变化和季节变化。从图中可知,海北站太阳辐射在一天中呈单峰曲线变化,一般辐射强度从早晨日出时开始上升,至中午14:00左右达到最大值,而后逐渐减弱。海北站对光合作用有效的太阳辐射强度在5月较弱,6月最强,而后依次降低,也具有明显的季节变化。

2.2 海北站矮嵩草和珠芽蓼玉米黄质含量的日变化和季节变化

海北站矮嵩草和珠芽蓼叶片内玉米黄质的含量在一天当中呈现单峰曲线变化(图3),于中午14:00左右达到最大值,早晨和下午都较低,与太阳辐射的日变化相一致(相关系数 $r_1=0.9759 n_1=5$; $r_2=0.6003 n_2=5$)(图1、图3)。图4显示的是海北站矮嵩草和珠芽蓼体内玉米黄质含量的季节内变化动态。由图可知,玉米黄质的含量5月较低,6月达到极值,以后逐渐降低。海北站矮嵩草和珠芽蓼玉米黄质含量的季节变化也呈现单峰曲线,与海北站对光合作用有效的太阳辐射强度的季节变化趋势一致(相关系数 $r_1=0.7230 n_1=5$; $r_2=0.8588 n_2=5$)(图2、图4)。玉米黄质与太阳辐射间的相关性说明,玉米黄质具有很强的光依赖性。玉米黄质含量随辐射强度的上升而增加,说明它在强光下起着积极的非辐

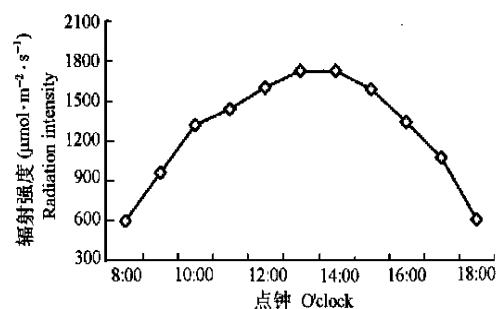


图1 海北站对光合作用有效太阳辐射(PAR)强度的日变化

Fig. 1 Diurnal variation in PAR in Haibei Station

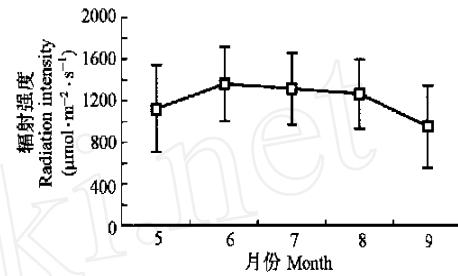


图2 海北站对光合作用有效太阳辐射(PAR)强度的季节变化

Fig. 2 Seasonal variation in PAR in Haibei Station

以上数据为一天中8:00至18:00辐射强度的平均值。The above data were expressed as the average of the data from 8:00 to 18:00 in one day

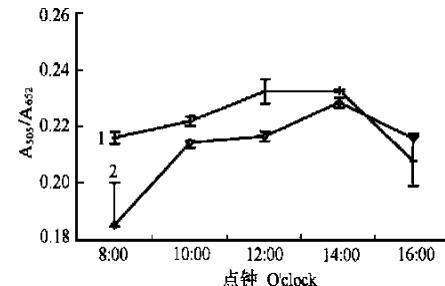


图3 海北站矮嵩草和珠芽蓼叶片 A_{505}/A_{652} 比值的日变化

Fig. 3 Diurnal variation in the ratio of A_{505}/A_{652} of *Kobresia humilis* and *Polygonum viviparum* in Haibei Station

1. 珠芽蓼 *Polygonum viviparum* 2. 矮嵩草 *Kobresia humilis*

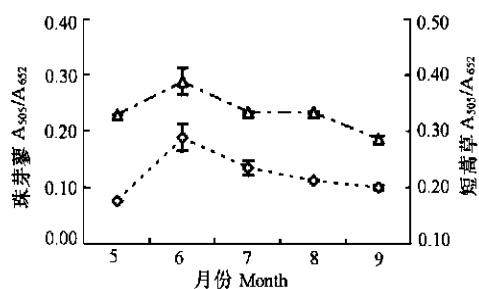


图4 海北站矮嵩草和珠芽蓼叶片 A_{505}/A_{652} 比值的季节变化

Fig. 4 Seasonal variations in the ratios of A_{505}/A_{652} of *Kobresia humilis* and *Polygonum viviparum* in Haibei Station

— 珠芽蓼 *Polygonum viviparum* - - 矮嵩草 *Kobresia humilis*

射能耗散以及活性氧的清除作用 (Demmig-Adams & Adams, 1992)。

3 讨 论

玉米黄质是叶黄素循环当中3种重要组分之一。玉米黄质的最大吸收峰在505 nm左右(Yamamoto, 1979),因此可以通过该波段吸收的变化来检测玉米黄质含量的变化。玉米黄质的重要功能在于参与过剩辐射能的非光化学耗散(淬灭)。叶黄素循环的3组分在相互转化过程中进行非辐射能的耗散和活性氧的清除。在强光下,紫堇质通过去环氧化经中间产物环氧玉米黄质形成玉米黄质;而在弱光强下,玉米黄质通过环氧化经中间产物环氧玉米黄质形成紫堇质。实验结果表明,海北站矮嵩草和珠芽蓼叶片玉米黄质含量的日变化和季节变化呈现单峰曲线(图3、图4),这与海北站太阳辐射强度呈现明显的相关关系(图1、图2)。由此可见,玉米黄质在强光下起着积极的非辐射能耗散的作用,从而避免光氧化。玉米黄质在非辐射能的热耗散(非光化学淬灭, q^N)以及抗氧化过程中起着重要作用。郭连旺等(1996)对海北站几种植物进行研究后发现,强日辐射下的植物,其PSII的光化学效率(F_v/F_m)下降的同时,PSII的初始荧光产额(F_0)有所上升,说明强光对光合机构的破坏已超过了非辐射能耗散对光合机构的保护,而造成了光合机构的破坏。低温和高光强经常并存的自然条件往往会造成植物严重的光抑制。海北站矮嵩草和珠芽蓼叶片玉米黄质含量的日变化和季节变化,说明叶黄素循环(尤其是玉米黄

质)是植物光合机构避免强光下过剩激发能光氧化的一种重要的光保护机制。

参 考 文 献

- Demmig-Adams, B. & W. W. Adams III. 1992. Photoprotection and other responses of plants to light stress. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, **43**: 599~ 626.
- Gilmore, A. M. & H. Y. Yamamoto. 1991. Zeaxanthin formation and energy dependent fluorescence quenching in pea chloroplasts under artificially-mediated linear and cyclic electron transport. Plant Physiology, **96**: 635~ 643.
- Guo, L. W. (郭连旺) & Y. G. Shen (沈允钢). 1996. Protective mechanisms of photosynthetic apparatus of higher plant against high light damages. Plant Physiology Communications (植物生理学通讯), **32**: 1~ 8 (in Chinese).
- Hong, T. (洪涛) & D. Q. Xu (许大全). 1999. Nonphotochemical quenching of chlorophyll fluorescence of coral and soybean leaves. Acta Phytophysiologica Sinica (植物生理学报), **25**: 15~ 21. (in Chinese).
- Horton, P., A. Ruban & R. G. Walters. 1994. Regulation of light harvesting in green plants: indication by nonphotochemical quenching of chlorophyll fluorescence. Plant Physiology, **106**: 415.
- Krause, G. H. & E. Weis. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, **42**: 313~ 349.
- Yamamoto, H. Y. 1979. Biochemistry of the violaxanthin cycle in higher plants. Pure and Applied Chemistry, **51**: 639~ 648.

责任编辑:蒋高明 责任编辑:孙冬花