

文章编号:1000-8551(2005)06-413-04

空间环境对草地早熟禾诱变效应研究 ——光合特性和叶绿素含量

韩 蕾 孙振元 巨关升 钱永强 李银凤 彭镇华

(中国林业科学研究院林业研究所/国家林业局林木培育重点实验室,北京 100091)

摘 要:“神舟3号”飞船搭载草地早熟禾(*Poa pratensis* L.)‘Nassau’干种子,地面种植后筛选出突变株系 PM₁、PM₂ 和 PM₃,分别测定其光合作用光响应曲线、CO₂ 响应曲线及叶绿素含量。结果表明,PM₁ 和 PM₃ 株系与对照相比,叶绿素 a 与 b 绝对含量降低,且光合能力有所降低。PM₂ 株系比对照叶绿素含量显著增加,且叶绿素 a/b 比值比对照明显降低,但其表观量子效率较 CK 低,光合能力也有所降低;3 个突变株系的近 CO₂ 饱和点均比 CK 高,CO₂ 补偿点差异不大,羧化效率 PM₂ < CK < PM₃ < PM₁。

关键词:太空环境;草地早熟禾;光合特性;叶绿素含量

MUTAGENIC EFFECTS OF AEROSPACE ON *Poa pratensis* L. ——PHOTOSYNTHESIS CHARACTERS AND CHLOROPHYLL CONTENTS

HAN Lei SUN Zhen-yuan JU Guan-sheng QIAN Yong-qiang LI Yin-feng PENG Zhen-hua

(Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry/Key Laboratory of Forest Cultivation, State Forestry Administration, Beijing, 100091)

Abstract: The dry seeds of *Poa pratensis* L. ‘Nassau’ were carried by “Shenzhou No. 3” and three mutants were screened based on presentational characters from the treated plants and asexual reproduced them as PM₁, PM₂ and PM₃. The effects of the space environment on the photosynthesis characters and the contents of chlorophyll of the plants were investigated. Compared to CK, the contents of the chlorophyll a and b were reduced both in PM₁ and PM₃, and the photosynthetic ability also decreased. The content of the chlorophyll in PM₂ increased greatly, but the ratio of the chlorophyll a/b was reduced, and the apparent quantum efficiency and the photosynthetic ability also decreased. The approximately CO₂ saturation point of the three mutants were higher than CK, but the CO₂ compensation points showed no difference between the mutants and CK. The carboxylation efficiency was PM₂ < CK < PM₃ < PM₁.

Key words: aerospace condition; *Poa pratensis* L.; photosynthesis characters; contents of chlorophyll

太空环境中存在多种宇宙射线、重粒子和交变磁场,具有超洁净、高真空、微重力等特性^[1],影响植物生长发育等诸多方面^[2,3]。高文远等^[4]研究了空间环境对药用植物红花生理状况的影响,结果表明空间环境中的微重力条件和重离子辐射对植物的生理状况都有影响。空间搭载番茄种子可使番茄幼苗的叶色变浓绿^[5],小麦 SP₃ 代的叶片变厚、变窄、变短、叶色变深^[6],草莓和香石竹幼苗的株高和叶片数有所增加,叶片较大,叶色更浓绿^[7]等,因而也显著影响植物的光合作用^[8]。但是空间环境对植物生理特

收稿日期:2005-07-11

基金项目:国家“863”计划:优质抗逆草坪草早熟禾等新品种选育(2002AA241061)

作者简介:韩 蕾(1972-),女,黑龙江依兰县人,助理研究员,博士,从事观赏植物遗传改良方面的研究。孙振元为通讯作者,Email: sunzy@caf.ac.cn

性的影响因物种不同、处理条件不同而结果不尽相同。本研究旨在前期工作的基础^[9]上,针对已筛选出的3个草地早熟禾突变株系,研究其植株若干生理特性的变化,以探求空间环境对草地早熟禾生物学效应的生理基础。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2004年9月至11月在中国林业科学院科研温室内进行。以“神舟3号”飞船搭载草地早熟禾(*Poa pratensis* L.)品种‘Nassu’干种子,经地面筛选后获得的突变株系PM₁、PM₂和PM₃为实验材料,突变株系的获得详见参考文献[7]。以未搭载正常植株为对照。

1.2 方法

1.2.1 光合作用光响应曲线与CO₂响应曲线的测定 用Li-6400光合作用分析系统测定光合作用光响应曲线与CO₂响应曲线。测定使用仪器配备的人工红蓝光源。测定光响应曲线时,CO₂浓度设定为恒定值400μmolm⁻²s⁻¹,测定不同光强下的叶片的净光合速率。用几种公式拟合测定的数据,根据拟合曲线上升的趋势估计光饱和点,根据低光强下曲线与X轴的截距确定光补偿点。测定CO₂响应曲线时,人工光源的光合有效辐射设定为1200μmolm⁻²s⁻¹,加CO₂混合器,在不同CO₂浓度下测定光合速率,根据拟合曲线上升的趋势估计CO₂饱和点,根据低CO₂浓度下曲线与X轴截距确定CO₂补偿点。

测定于2004年10月26日至11月15日8:30—11:00进行,温室内气温为18~20℃。测定部位为各分蘖第1片展开叶中部,3次重复。

1.2.2 叶绿素含量测定 测定于2004年9月进行。取对照及各突变株系分蘖第1片展开叶约1g,每处理3个重复。用去离子水洗净其表面杂尘后剪成约1mm宽碎片,称量0.3g于试管中,加入10ml叶绿素浸提液(分析纯丙酮:无水乙醇=4:1),避光浸提48h,将浸取液稀释适当倍数后,测定稀释液在波长为663和645nm下的光密度值,带入公式(1)和(2)计算稀释液中叶绿素a和b的浓度,并根据稀释倍数和取样量计算叶片的叶绿素a、b含量。所用分光光度计为Thermo Spectronic(美国产)。

$$Ca = 12.7 \cdot D_{663} - 2.69 \cdot D_{645} \quad (1)$$

$$Cb = 22.9 \cdot D_{645} - 4.68 \cdot D_{663} \quad (2)$$

其中:Ca为叶绿素a的浓度;Cb为叶绿素b的浓度;D₆₄₅为叶绿素在波长645nm处的光密度值;D₆₆₃为叶绿素在波长663nm处的光密度值。

2 结果与分析

2.1 各突变株系光合作用的光响应曲线与CO₂响应曲线

从图1可知,在光强达到500μmolm⁻²s⁻¹之前,光合速率随光强的增加而迅速升高,在光强500μmolm⁻²s⁻¹至光饱和点以前光合速率上升缓慢,达到近光饱和点以后,即使光强增加光合速率也变化不大,趋于与x轴平行。根据表1可知,草地早熟禾3个突变株系的近光饱和点均比CK植株低,CK和3个突变株系的光补偿点均较低。

表观量子效率(Apparent quantum yield, AQY)在一定程度上反映了植物的光合器官利用光能同化CO₂的能力,即光合能力。一般说,某种植物的

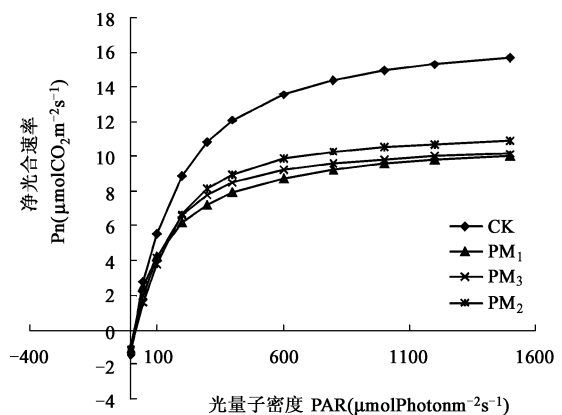


图1 草地早熟禾突变株系的光合作用-光响应曲线

Fig. 1 Light response curve of *Poa pratensis* L. mutants PM₁、PM₂、PM₃为突变株系,下同图。

PM₁、PM₂、PM₃ mean *Poa pratensis* L. mutants.

The same as following figures.

表观量子效率越大,该植物越能在弱光条件下顺利进行光合作用,该物种植物耐荫能力就比较强,反之,其耐荫能力差^[12]。由表 1 可知,PM₁ 株系的表观量子效率比 CK 高,PM₂ 和 PM₃ 突变株系的表观量子效率与 CK 相比略有降低。

由图 2 可知,在 CO₂ 饱和点以前,光合速率随胞间 CO₂ 浓度(Ci)浓度的增加而迅速上升,特别是在 200μmolm⁻²s⁻¹以前,光合速率几乎是直线上升。在达到近 CO₂ 饱和点以后,即使 Ci 浓度继续升高,光合速率上升也不明显,基本平行于 x 轴。

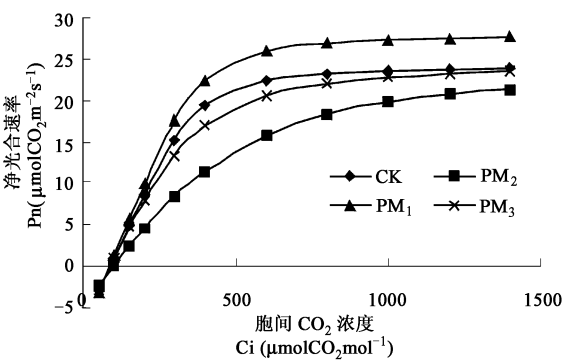


图 2 草地早熟禾突变株系的光合作用-CO₂ 曲线

Fig. 2 CO₂ curve of *Poa pratensis* l. mutants

表 1 空间环境对草地早熟禾光合特性的影响

Table 1 Influence of space condition on the character of photosynthesis in *Poa pratensis* L.

	近光饱和点 * approximate light saturatioin point (μmolPhoton m ⁻² s ⁻¹)	近光饱和点时的 净光合速率 Pn of approximate light saturatioin point (μmolCO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	光补偿点 light compensation point (μmolPhoton m ⁻² s ⁻¹)	表观量子效率 apparent quantum efficiency	近 CO ₂ 饱和点 ** approximate CO ₂ saturatioin point (μmolCO ₂ mol ⁻¹)	CO ₂ 补偿点 CO ₂ compensation point (μmolCO ₂ mol ⁻¹)	羧化效率 carboxylation efficiency
CK	850	12.22	18	0.08533	840	87	0.08181
PM ₁	780	09.18	11	0.11116	880	86	0.09332
PM ₂	720	10.12	20	0.06223	1610	98	0.05231
PM ₃	720	09.46	17	0.07444	1130	87	0.08234

注:当 Pn/ PAR = 0.2 % 时,定义此点对应的光合有效辐射值为近光饱和点;当 Pn/ Ci = 0.2 % 时,定义此点对应的胞间 CO₂ 浓度值为近 CO₂ 饱和点。

Note:When Pn/ PAR = 0.2 %, defining the photosynthetic active radiation value corresponding this pot is the approximately light saturatioin point ;
When 当 Pn/ Ci = 0.2 %, defining the intercalary CO₂ concentration value corresponding this pot is the approximately CO₂ saturatioin point .

我们定义当 Pn/ Ci = 0.2 % 时,此点对应的 Ci 值为近 CO₂ 饱和点。草地早熟禾 CK 植株的近 CO₂ 饱和点为 840μmolm⁻²s⁻¹左右,3 个突变株系的近 CO₂ 饱和点均比 CK 高,其中 PM₂ 和 PM₃ 株系与 CK 相比显著提高。3 个突变株系的 CO₂ 补偿点均较低,与 CK 相比差异不大。

根据 CO₂ 响应曲线,在较低的 CO₂ 浓度下,草地早熟禾的同化效率与 Ci 浓度成直线相关,直线的斜率即羧化效率。羧化效率高,表明与 CO₂ 同化相关的酶类活性或含量较高。根据测定的结果,羧化效率为 PM₂ < CK < PM₃ < PM₁。

2.2 叶绿素含量

从图 3 和图 4 可以看出,太空环境处理后,草地早熟禾 3 个突变株系叶片叶绿素含量及叶绿素 a/b 比值与 CK 相比发生了变化。其中 PM₁ 株系与 CK 相比虽然叶绿素 a 含量和叶绿素 b 含量都降低了,但是叶绿素 a/b 比值变化不大。PM₂ 株系叶绿素 a 含量和叶绿素 b 含量都显著增加,但是叶绿素 a/b 比值比 CK 明显降低,说明叶绿素 b 的增加量比叶绿素 a 的增加量大;PM₃ 株系叶绿素 a 含量和叶绿素 b 含量都降低了,叶绿素 a/b 比值比 CK 有所提高,说明在 PM₃ 株系中叶绿素 b 降低的更多。

3 讨论

植物的光饱和点和光补偿点反映了植物对光照条件的要求,是判断植物耐阴性的一个重要指标,光补偿点低而光饱和点高的植物对环境适应性很强^[10]。叶片净光合速率直接受光量子通量密度(PAR)、气温(T)和空气相对湿度(RH)等生态因子的影响^[11]。实验表明,太空环境处理后得到的草地早熟禾各突变株系的近光饱和点、光补偿点和表观量子效率与 CK 相比均不同程度的降低,光合能力均不同程度

的下降。

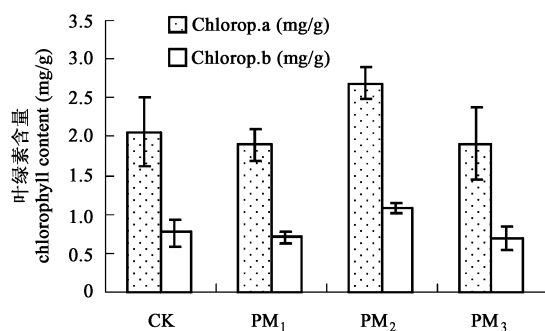


图3 草地早熟禾突变体叶片叶绿素含量的变化

Fig. 3 Changes of chlorophyll content of the leaf of *Poa pratensis* L. mutants

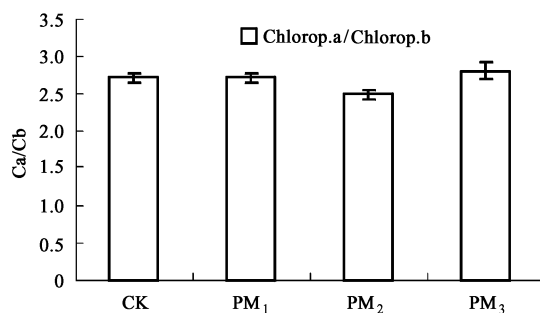


图4 草地早熟禾突变体叶片叶绿素 a/b 比值的变化

Fig. 4 Changes of chlorophyll a/b of the leaf of *Poa pratensis* L. mutants

叶绿素含量及其比例是草坪草适应和利用环境因子的重要指标。叶绿素重要的性质是选择性地吸收光,叶绿素 a 在红光部分的吸收带偏向长光波方面,叶绿素 b 则在蓝紫光部分的吸收带较宽。一般来说,叶绿素含量高、叶绿素 a/b 比值小的植物,具有较强的耐荫性^[13]。由此推测 PM₂ 株系的耐荫能力可能较 CK 有所提高。

总之,太空环境处理后,3 个变异株系叶片光合特性及叶绿素的含量及叶绿素 a/b 均发生改变,从而影响了其对光能的利用效率、固定 CO₂ 的能力和对不同光质的利用效率。

参考文献:

- [1] 王乃彦. 开展航天育种的科学研究工作,为我国农业科学技术的发展作贡献. 核农学报, 2002, 16(5): 257 ~ 260
- [2] 温贤芳, 张 龙, 等. 天地结合开展我国空间诱变育种研究. 核农学报, 2004, 18(4): 241 ~ 246
- [3] 刘录祥, 王 晶, 等. 作物空间诱变效应及其地面模拟研究进展. 核农学报, 2004, 18(4): 247 ~ 251
- [4] 高文远. 空间环境对红花生理状况的影响. 中国中药杂志, 1999, 24(2): 77 ~ 79
- [5] 张世成, 林作缙, 等. 航天诱变条件下小麦若干性状的变异. 生物物理学报, 1997, 13(4): 660 ~ 664
- [6] 赵 琦, 刘 敏, 等. 模拟微重力条件对植物幼苗生长的影响. 植物生理学报, 2000, (3): 201 ~ 205
- [7] 储钟稀. 空间条件对黄瓜种子及其后代的影响. 航天育种论文集, 北京: 中国航天工业总公司第 710 所等主编, 1995, 156 ~ 163
- [8] 李汉霞, 叶志彪, 等. 空间微重力处理对番茄生长发育的影响. 华中农业大学学报, 1994, 13(3): 310 ~ 313
- [9] HAN Lei, Sun Zhenyuan, Peng Zhenhua, De-Yingli. Genetic variations in leaf morphology and isozyme levels of Kentucky Bluegrass (*Poa pratensis* L.) plants exposed to outer space. International Turfgrass society, Research Journal, 2005, 10, 581 ~ 587
- [10] 冷平生, 杨晓红. 5 种园林树木的光合和蒸腾特性的研究. 北京农学院学报, 2000, 15(4): 13 ~ 18
- [11] 高 健, 彭镇华. 滩地杨树光合作用生理生态的研究. 林业科学研究, 2000, 13(2): 147 ~ 152
- [12] 赵世杰. 小麦叶片光合作用的光抑制. 西北植物学报, 1998, 18(4): 521 ~ 526
- [13] 林世堉. 林下微生境对草坪草叶绿素含量的影响. 浙江林业科技, 2004, 24(1): 12 ~ 15

(上接第 412 页)

- [8] 王沙生, 高荣孚, 吴贯明. 植物生理学. 北京: 中国林业出版社, 1990
- [9] 王冬梅, 许向阳, 等. 热胁迫对番茄叶肉稀薄阿叶绿体超微结构的影响. 园艺学报, 2004, 31(6): 820 ~ 821
- [10] 庞士拴. 植物抗逆境生理学基础. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1990
- [11] Gough R E, Evans G E. Blade anatomy of dwarf Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) contributes to lower clipping frequency. Journal of Horticultural Science, 1996, 71(5): 829 ~ 832
- [12] 韩 蕾, 孙振元, 彭镇华. 空间环境对草地早熟禾光合特性和叶绿素含量的影响. 中国观赏园艺研究进展, 2005, 355 ~ 358
- [13] 李 波, 袁成志, 等. 硫酸二乙酯诱变苜蓿愈伤组织抗寒生理的研究. 草业科学, 2004, 21(5): 20 ~ 22