

两种生态型马齿苋的光合生理特性研究

张边江, 唐 宁, 陈全战, 杨 平

(南京晓庄学院 生物化工与环境工程学院, 江苏 南京 211171)

摘 要:以2种生态型马齿苋为试材,比较了其叶绿素含量、抗氧化酶系统及光合生理特性。结果表明:宽叶马齿苋叶绿素和类胡萝卜素的含量略高于窄叶马齿苋。宽叶马齿苋 C_4 光合酶磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶(PEPC)活性较低,而其净光合速率却远大于窄叶马齿苋。宽叶马齿苋抗氧化生理指标均超过了窄叶马齿苋,其中可溶性蛋白含量、可溶性糖含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性和丙二醛(MDA)含量差异显著;脯氨酸含量和过氧化物酶(POD)活性差异不显著。该研究为马齿苋的高光效研究和园艺开发利用提供了技术参考。

关键词:马齿苋;光合特性;抗氧化酶

中图分类号:Q 949.745.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)21-0089-03

马齿苋(*Portulaca oleracea* L.)属马齿苋科马齿苋属草本植物,含丰富的蛋白质、多糖、有机酸、矿质元素等,具有独特的营养价值。高等植物在光合类型上可分为 C_3 、 C_4 、CAM三大类, C_4 和CAM植物是在逆境条件下经过长期驯化,从 C_3 植物进化而来的。与 C_3 植物相比, C_4 植物由于具有 CO_2 浓缩机制,能在高光强、高温及低浓度 CO_2 、干旱等条件下,比 C_3 植物有较高的光合速率和营养、水分利用效率。马齿苋叶片中含有大型维管束鞘细胞,且其中含有较多的体积较大的叶绿体,维管束与其周围的叶肉细胞形成明显的花环结构,属于典型的 C_4 植物。马齿苋分为2个类型,1种为野生型马齿苋,另1种为栽培型马齿苋。栽培型马齿苋植株高大,叶片大,直立生长,且生长势强,高产,产品酸味极小;而野生型马齿苋叶片小,低产,味偏酸,但抗病性强^[1]。野生型马齿苋又有3个品种,宽叶马齿苋、窄叶马齿苋、观赏马齿苋,用作生产的主要是宽叶马齿苋^[2]。该研究以2种生态型马齿苋为试材,研究了其光合生理表现及其抗氧化系统的特性,以期为马齿苋的高光效研究和园艺开发利用提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试宽叶马齿苋和窄叶马齿苋种子为江苏野生品种收集。

第一作者简介:张边江(1979-),男,博士,副教授,现主要从事作物生理的研究工作。E-mail:zhangbjjiang@yahoo.cn.

基金项目:南京晓庄学院生物学重点学科资助项目(XZZDXK201203);江苏省教育厅高校自然基金资助项目(08KJD180012)。

收稿日期:2013-06-19

1.2 试验方法

种子用0.1%的 $HgCl_2$ 消毒10 min并充分冲洗,然后用蒸馏水浸泡24 h后播种于蛭石中,每天浇水保持蛭石湿润,自然光照。待种子萌发后选取2对叶完全展开的幼苗移栽到装有石英砂钵中。用1/2 Hoagland营养液浇灌,正常养护,在马齿苋盛花期,选取长势一致的植株测定,均重复6次。

1.3 项目测定

1.3.1 PEPC酶活性测定 取马齿苋叶片0.5 g在Tris-HCl缓冲液[50 mmol/L Tris-HCl, pH 7.8, 10 mmol/L $MgCl_2$, 5 mmol/L DTT, 2% PVP(W/V)和10%甘油]中冰浴研磨,8层纱布过滤后,滤液于离心机上4℃下10 000 r/min离心20 min,弃沉淀,上清液即为酶液。 C_4 光合酶磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶(PEPC)活性参照Gonzalez等^[3]的方法测定。

1.3.2 叶绿素含量的测定 叶绿素含量参照Wellberum等^[4]的方法测定。取叶片称重后用96%乙醇置于黑暗环境中进行叶绿素浸提,等叶片全部变白后,再用分光光度计在665 nm和649 nm处读取OD值,计算叶绿素a、叶绿素b、叶绿素a+b含量和叶绿素a/b比值。

1.3.3 光合气体交换参数的测定 选择晴朗无云的天气,用CIRAS-2型便携式光合气体分析系统测定叶片的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)等气体交换参数。 CO_2 浓度为340 $\mu mol/mol$, O_2 为21%,光照强度为1 000 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 。

1.3.4 抗氧化生理指标的测定 剪取0.5 g叶片加少许PVP冰浴研磨,提取缓冲液为50 mmol/L pH 7.8磷酸缓冲液,于4℃下10 000 r/min离心15 min,取上清液进行抗氧化生理指标的测定。SOD活性测定按Giannopolitis

等^[5]的方法,以抑制 NBT 光化还原的 50% 为 1 个酶活性单位。POD 活性测定按 Kochba 等^[6]的方法,以 1 min 增加 0.1 OD 值为 1 个酶活性单位。CAT 活性测定参照张宪政^[7]的方法;MDA 含量测定参照 Heath 等^[8]的方法;脯氨酸(Pro)含量测定参考赵福庚等^[9]的方法;可溶性蛋白含量的测定参照邹琦^[10]的方法;可溶性糖含量的测定采用李合生^[11]的方法。所有测定重复 3 次取平均值。

1.4 数据分析

所有试验数据采用 SPSS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 2 种生态型马齿苋叶绿素含量比较

叶绿素是植物光合作用的主要色素,其含量的高低直接反映光合作用能力的强弱,是植物受侵害的重要特征。从图 1 可以看出,2 种生态型马齿苋叶绿素和类胡萝卜素的含量均在 0.5 mg/gFW 左右,且宽叶马齿苋二者的含量略高于窄叶马齿苋,而窄叶马齿苋的叶绿素 a/b 的值高于宽叶马齿苋。

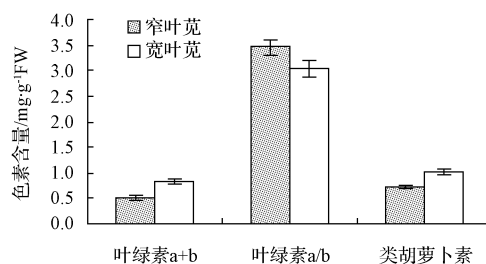


图 1 2 种生态型马齿苋色素含量

Fig. 1 The chlorophyll contents of two ecotypes of *Portulaca oleracea* L.

2.2 2 种生态型马齿苋抗氧化生理指标

从表 1 可以看出,宽叶马齿苋抗氧化生理指标均超过了窄叶马齿苋,其中可溶性蛋白含量、可溶性糖含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性和丙二醛(MDA)含量二者间差异显著;脯氨酸(Pro)含量和过氧化物酶(POD)活性差异不显著。

表 1

2 种生态型马齿苋抗氧化生理指标

Table 1

The anti-oxidative index of two ecotypes of *Portulaca oleracea* L.

生态型	可溶性蛋白质含量 /g · kg ⁻¹	脯氨酸含量 /mg · g ⁻¹	可溶性糖含量 /g · kg ⁻¹	SOD 活性 /U · mg ⁻¹ protein	MDA 含量 /nmol · g ⁻¹ FW	CAT 活性 /U · g ⁻¹ FW · min ⁻¹	POD 活性 /U · min ⁻¹ · mg ⁻¹ protein
窄叶马齿苋	0.174±0.024b	0.071±0.011a	3.39±0.53b	201.19±24.2b	10.32±1.6b	14.90±2.3b	19.40±3.4a
宽叶马齿苋	0.299±0.035a	0.082±0.012a	8.75±1.21a	378.43±32.33a	20.25±3.7a	38.09±6.4a	22.09±4.2a

注:同一列不同小写英文字母表示差异达 0.05 显著水平。表中数据为平均值±SD(n=5)。下同。

Note: Means within the same line followed by the different small letters are significantly different at 5% level. All the values in the table are Mean±SE (n=5). Same the below.

2.3 2 种生态型马齿苋光合生理参数比较

从物质生产角度看,叶片的光合速率是决定因素之一,也是植株高效光合必备的特性。C₄ 光合酶磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶(PEPC)是光合作用的关键酶,宽叶马

齿苋的 PEPC 活性远远低于窄叶马齿苋,而其净光合速率却远大于窄叶马齿苋。二者蒸腾速率和胞间 CO₂ 浓度差异显著,而气孔导度差异不显著。

表 2

2 种生态型马齿苋光合生理参数

Table 2

Photosynthetic physiological parameters of two ecotypes of *Portulaca oleracea* L.

生态型	PEPC 活性 /μmol · mg ⁻¹ chl · h ⁻¹	净光合速率 /CO ₂ μmol · kg ⁻¹ FW · s ⁻¹	蒸腾速率 /mmol · kg ⁻¹ FW · s ⁻¹	气孔导度 /mol · kg ⁻¹ FW · s ⁻¹	胞间 CO ₂ 浓度 /μmol · mol ⁻¹
窄叶马齿苋	473.45±67.24a	8.79±1.62b	6.92±1.66b	484.57±166.14a	434.05±84.66a
宽叶马齿苋	111.94±14.27b	42.40±7.36a	9.47±2.15a	483.74±96.18a	388.01±92.97b

3 讨论

植物叶片是光合作用的主要器官,测定植物的光合气体交换参数对于衡量该植物的生理特性非常重要。对于普通叶片可以充满整个光合仪叶室,光合仪所显示的光合速率即是实际的光合速率,马齿苋叶片肉质化,叶片不规则,测得的光合速率值不是叶片的实际光合速率,实际光合速率需要根据叶片实际面积进行换算。而邱念伟等^[12]在研究碱蓬条肉质叶中,应用了以叶重表示光合的方法,更好的表示了肉质植物的光合速率的值。该研究即用该方法测定了 2 种生态型马齿苋的光

合气体交换参数,得到了很好的结果。PEPC 是 C₄ 途径中促进 CO₂ 固定的关键酶,其含量及酶活性的大小直接影响光合作用的强度。宽叶马齿苋 PEPC 活性显著小于窄叶型的,而净光合速率大于窄叶型马齿苋,宽叶肉质马齿苋受光面积大,单位重量较轻,以叶重表示肉质植物的光合速率相比较,形态相似的叶片可以同等比较。

抗氧化保护酶类遇盐胁迫时发挥主要作用的是 SOD 与 POD,植物在逆境下往往发生膜脂过氧化作用,破坏膜的结构,积累许多有害的过氧化物。作为细胞膜损伤程度大小的生理指标 MDA 含量的多少可代表膜损

伤的严重程度。Pro 通常可以作为一种渗透调节剂或细胞质酶的保护性物质,保持细胞中生物聚合物的结构及膜的完整性。可溶性蛋白与调节植物细胞的渗透势有关,高含量的可溶性蛋白可帮助维持植物细胞较低的渗透势,抵抗逆境带来的胁迫。该研究结果显示宽叶马齿苋的抗氧化能力更强一些,可能其在盐胁迫等逆境下具有更好的抗氧化能力。

马齿苋对气候、土壤等环境条件适应性极强,具有一定的耐盐碱特性,几乎可以在任何土壤上生长^[13]。在高温、高光强及盐胁迫等逆境下, C_4 途径较之 C_3 途径具有更大的优势, C_4 植物能通过 C_4 途径的酶系统:磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶(PEPCase)、NADP 苹果酸脱氢酶(NADP-MDH)、NADP-苹果酸酶(NADP-ME)和丙酮酸磷酸二激酶(PPDK)等有效地同化外界 CO_2 ,从而有利于植物保持较高的碳同化效率^[14]。该研究为进一步研究盐胁迫下马齿苋 C_4 高效碳同化途径关键酶的响应和高光效的机理提供了参考,有利于开发具有土壤改良作用的耐盐经济植物马齿苋,对于土壤的改良和可持续发展利用具有重要意义。

参考文献

- [1] 任吉君,周荣,王艳,等. 菜用马齿苋[J]. 中国蔬菜,2000(3):33.
- [2] 王振学. 食药俱佳的野菜-马齿苋种植技术[J]. 蔬菜,1996(4):14.
- [3] Gonzalez D H, Iglesias A A, Andeo C. On the regulation of phosphoenolpyruvate carboxylase activity from maize leaves by L-malate effect of

pH[J]. J Plant Physiol,1984,116:425-434.

- [4] Wellberum A R, Lichtenthoefer H. Formulae and program to determine total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents [M]. Sybesma C. Advances in Photosynthesis Research, Martinus Nijhoff; Dr W. Junk Publishers, The Hague Boston Lancaster, 1984, 2(1):9-12.
- [5] Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutase: I. Occurrence in higher plants[J]. Plant Physiol, 1977, 59:309-314.
- [6] Kochba J, Lave E S, Spiegel-Roy P. Difference in peroxidase activity and isoenzymes in embryogenic and non-embryogenic shamouti orange ovular callus lines[J]. Plant Cell Physiol, 1977, 18:463-467.
- [7] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:中国农业出版社,1992.
- [8] Heath R L, Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation[J]. Arch Biochem Biophys, 1968, 125:189-198.
- [9] 赵福庚,刘友良,章文华. 大麦幼苗叶片 Pro 代谢及其与耐盐性的关系[J]. 南京农业大学学报,2002,25(2):7-10.
- [10] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000:161-193.
- [11] 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,2000:164-167.
- [12] 邱念伟,孔甜甜. 不规则植物材料单位鲜重光合速率的测定[J]. 植物生理学报,2011,47(4):406-408.
- [13] 王光全,孟庆杰. 药食兼用佳蔬马齿苋栽培技术[J]. 北方园艺,2006(6):79.
- [14] Parvaneh R, Shahrokh T, Seyed M H. Studying of salinity stress effect on germination, proline, sugar, protein, lipid and chlorophyll content in Purslane (*Portulaca oleracea* L.) leaves[J]. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 2012, 8(1):182-193.

Study on the Photosynthetic Physiological Characteristics of Two Ecotypes of *Portulaca oleracea*

ZHANG Bian-jiang, TANG Ning, CHEN Quan-zhan, YANG Ping

(School of Biochemical and Environmental Engineering, Nanjing Xiaozhuang College, Nanjing, Jiangsu 211171)

Abstract: With two ecotypes of *Portulaca oleracea* (broad leaf and narrow leaf) as materials, chlorophyll content, antioxidant enzyme system, photosynthetic physiological characteristic of them were studied. The results showed that the chlorophyll and carotenoid contents of broad leaf *Portulaca oleracea* were higher than that in narrow leaf one. The PEPC activities and intercellular CO_2 concentration of broad leaf *Portulaca oleracea* was lower than that in narrow leaf one. The net photosynthetic rate and transpiration rate were opposite. The contents of soluble protein content, soluble sugar content, proline content and MDA content and the activities of SOD, POD and CAT in broad leaf *Portulaca oleracea* were all higher than that in narrow leaf one. It would provide theoretic basis and technical approach for phosphorus with high efficiency and horticultural development.

Key words: *Portulaca oleracea*; photosynthetic characteristics; anti-oxidative enzymes