

## 鄱阳湖典型湿地植物氨基酸代谢特征

胡居吾<sup>1</sup>, 朱仁果<sup>1\*</sup>, 王慧宾<sup>1</sup>, 邓朝阳<sup>1</sup>, 张 蕾<sup>2</sup><sup>1</sup>江西省科学院应用化学研究所, 南昌 330096; <sup>2</sup>山西省实验中学, 太原 030200

**摘要:**通过在鄱阳湖流域采集 6 种典型湿地植物(芦苇、藨草、藜蒿、南荻、水蓼和苔草),测定其叶和茎中总游离氨基酸含量和 21 种氨基酸单体含量发现芦苇相比其它湿地植物更易富集游离氨基酸。不同的组织富集氨基酸的能力也不相同,鄱阳湖典型湿地植物叶片组织中的总游离氨基酸含量均高于茎组织中的总游离氨基酸含量。除水蓼叶和茎组织中占总氨基酸比例最高的氨基酸是谷氨酰胺外,其它鄱阳湖典型湿地植物组织中占总氨基酸比例最高的氨基酸都是天门冬酰胺。水蓼的氨基酸代谢机制与其它 5 种典型的湿地植物存在差异,在水蓼组织传输和储存氮的氨基酸是谷氨酰胺。而芦苇、藨草、藜蒿、南荻和苔草有着相似的氨基酸代谢机制,氮主要以天门冬酰胺的形态累积和传输。

**关键词:**鄱阳湖;氨基酸;代谢

中图分类号: S38

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.S.018

## Amino Acid Metabolism of Wetland Plants in the Poyang Lake

HU Ju-wu<sup>1</sup>, ZHU Ren-guo<sup>1\*</sup>, WANG Hui-bin<sup>1</sup>, DENG Zhao-yang<sup>1</sup>, ZHANG Lei<sup>2</sup><sup>1</sup>Institute of Applied Chemistry, Jiangxi Academy of Sciences, Jiangxi Nanchang, 330029, China;<sup>2</sup>Shanxi Experimental Secondary School, Taiyuan, 030200, China

**Abstract:** Objective Total content of free amino acids and specific amino acids of culms and leaves of *Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*, *Artemisia selengensis*, *Triarrhena lutarioriparia*, *Polygonum hydropiper* and *Carex cinerascens* from the Nanji Wetlands National Nature Reserve of Poyang Lake were investigated. Total content of amino acids in leaves were higher than culms, which demonstrated ability of accumulated free amino acids was different in different tissues. Asn hold highest percentage of total amino acids in the tissues of wetland plants, except for *Polygonum hydropiper*. Metabolic mechanism of *Polygonum hydropiper* was different from other 5 wetland plants. Gln play important role in nitrogen metabolism of *Polygonum hydropiper*, while in the tissues of *Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*, *Artemisia selengensis*, *Triarrhena lutarioriparia* and *Carex cinerascens*, Asn was the important role as accumulating and transporting nitrogen.

**Key words:** poyang lake; amino acid; metabolism

近年来,由于人类活动的频率加快,全球多数地区向大气中排放的氮素激增,从而导致大气氮沉降量迅速升高<sup>[1]</sup>。我国南方地区正处于第三大氮沉降区,也是高氮沉降区之一<sup>[2]</sup>。江西省鄱阳湖地区年平均输入的氮素为  $74.13 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ <sup>[3]</sup>。而江西省氮沉降临界负荷的年沉降总量为  $0.62 \times 10^6 \text{ t}$  折合  $37.15 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ <sup>[4,5]</sup>。由此可见,鄱阳湖研究区的氮沉降量要远超过该地区的氮沉降临界负荷。

通过直接采样分析方法获得在时间和空间上分辨率较高的环境氮数据费时费力。欧洲已经开展了

植物组织中游离氨基酸对环境氮响应的研究。对森林树木<sup>[6]</sup>,森林下层林木<sup>[7]</sup>,欧石楠植物<sup>[8]</sup>,侧生萌苔藓组织<sup>[9]</sup>中游离氨基酸浓度的研究都发现了植物组织中游离氨基酸对环境氮的响应。但不同种类的植物对环境氮的响应存在差异,不同植物中对氮沉降响应敏感的氨基酸种类不同。本研究通过在鄱阳湖流域采集 6 种典型湿地植物(芦苇、藨草、藜蒿、南荻、水蓼和苔草),测定其叶和茎中总游离氨基酸含量和 20 种氨基酸单体含量,明晰鄱阳

湖区典型树种的游离氨基酸代谢机制,为进一步研究环境氮含量对鄱阳湖生态系统营养元素循环的影响和鄱阳湖生态系统的多样性保护,提供理论指导。

# 1 材料与方法

## 1.1 研究区描述

鄱阳湖南矶湿地国家级自然保护区(28°52'5"N ~ 29°6'50"N, 116°10'33"E ~ 116°25'5"E)内。该保护区位于鄱阳湖南部,赣江三角洲前沿地带,在南昌市新建县内,洲滩淹没时间一般为3~5个月。该区年平均气温为17.6℃,年降水量为1450~1550 mm [10]。南矶湿地国家级自然保护区,主要植物群丛为芦苇群丛(*Ass. Phragmites australis*)、南荻群丛(*Ass. Triarrhena lutarioriparia*)、灰化苔草群丛(*Ass. Carex cinerascens*)、水蓼群丛(*Ass. Polygonum hydropiper*)和藨草群丛(*Ass. Phalaris arundinacea*)<sup>[11]</sup>。

## 1.2 样品的采集和处理

2015年4月,在南矶湿地国家级自然保护区,采集了芦苇、藨草、藜蒿、南荻、水蓼和苔草6种典型湿地植物群丛的叶和茎组织样品。用干净塑料自封袋保存,迅速放入冰盒,带回实验室冰箱-20℃冷冻保存备用。

## 1.3 游离氨基酸的提取和测定

将采集样品冷冻干燥后,准确称取200 mg样品。用10 mL 90℃超纯水提取30 min,待冷却后离心(10000 g, 45 min)取上清液过0.22 μm滤膜,再用10 mL超纯水超声波复提30 min后离心(10000 g, 45 min),取上清液过0.22 μm滤膜。将2次过滤后的上清液混合于-20℃条件下保存。

游离氨基酸含量的测定参照Jiménez-Martín(2012)的方法<sup>[9]</sup>。用气相色谱(Agilent 6890,美国)测定氨基酸含量。分析时的测试条件是:色谱柱为DB-5MS(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);载气:氦气;恒流模式:流速1.2 mL/min;进样口温度270℃;采用三阶段程序:90℃保留1 min,8℃/min升到140℃,保留5 min,3℃/min升到220℃,12℃/min升到285℃保持12.5 min。

# 2 结果

## 2.1 不同种湿地植物组织中叶和茎总游离氨基酸含量

通过对比分析6种鄱阳湖典型湿地植物叶片和茎组织中总游离氨基酸含量,发现在叶片组织中,芦苇叶片的总氨基酸浓度(17.45 ± 2.23 mg/g)最高,苔草叶片的总氨基酸浓度(1.62 ± 1.05 mg/g)最低;在茎组织中,芦苇茎的总氨基酸浓度(9.07 ±

2.99 mg/g)最高,藜蒿茎的总氨基酸浓度(2.53 ± 0.12 mg/g)最低。且鄱阳湖典型湿地植物叶片组织中的总游离氨基酸含量均高于茎组织中的游离氨基酸含量(图1)。

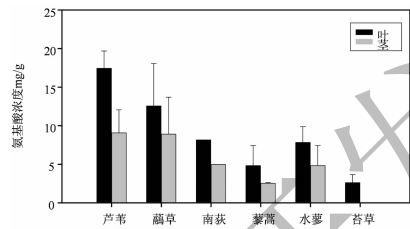


图1 鄱阳湖湿地6种典型湿地植物的总氨基酸含量  
Fig. 1 Total content of free amino acids on the Nanji Wetlands National Nature Reserve of Poyang Lake

## 2.2 芦苇叶和茎组织中总游离氨基酸含量

在21种游离氨基酸单体中,天门冬酰胺(Asn)在芦苇的叶片和茎组织中都是含量高的游离氨基酸。在叶片组织中Asn的浓度是5.89 ± 1.50 mg/g,茎组织中Asn的浓度是3.51 ± 2.06 mg/g。叶片组织中的Asn含量大于茎组织中的Asn含量(图2)。

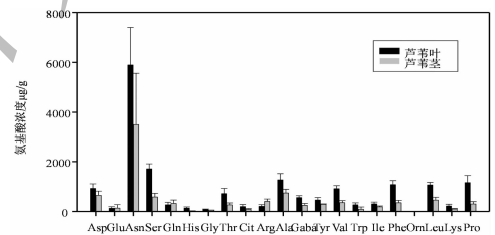


图2 芦苇叶和茎组织中游离氨基酸单体含量  
Fig. 2 the content of specific amino acids of culms and leaves of *Phragmites australis*

## 2.3 藨草叶和茎组织中总游离氨基酸含量

在藨草的叶片和茎组织中,Asn也是含量最高的游离氨基酸。但藨草茎组织中的游离Asn含量(3.89 ± 3.35 mg/g)高于叶片组织中的游离Asn含量(1.85 ± 1.13 mg/g)(图3)。

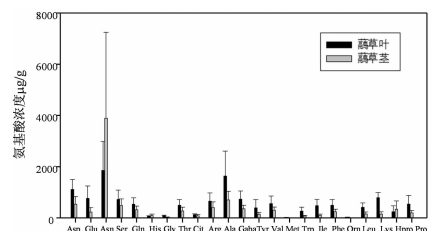


图3 藨草叶和茎组织中游离氨基酸单体含量  
Fig. 3 the content of specific amino acids of culms and leaves of *Phalaris arundinacea*

### 2.4 水蓼叶和茎组织中总游离氨基酸含量

在水蓼的叶片和茎组织中, Gln 是含量最高的游离氨基酸。而且水蓼茎组织中的游离 Gln 含量 ( $3.72 \pm 2.98 \text{ mg/g}$ ) 高于叶片组织中的游离 Asn 含量 ( $2.04 \pm 0.98 \text{ mg/g}$ ) (图 4)。

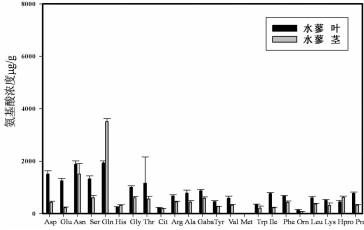


图 4 水蓼叶和茎组织中游离氨基酸单体含量

Fig. 4 the content of specific amino acids of culms and leaves of Polygonum hydropiper

### 2.5 鄱阳湖 6 种典型湿地植物组织中游离氨基酸单体占总氨基酸比例

鄱阳湖 6 种典型湿地植物组织中游离氨基酸单体占总氨基酸比例见图 5 所示。6 种典型湿地植物组织中, Asp, Glu, Asn, Ala 和 Pro 这 5 种主要氨基酸占总氨基酸的比例为 34.63% ~ 69.33%。除水蓼叶和茎组织中占总氨基酸比例最高的氨基酸是 Gln 外, 其它鄱阳湖典型湿地植物组织中占总氨基酸比例最高的氨基酸单体都是 Asn。在藨草茎中 Asn 占总氨基酸的比例为 39.29%; 藜蒿茎中 Asn 占总氨基酸的比例为 41.09%; 芦苇茎中 Asn 占总氨基酸的比例为 38.64%; 南荻茎中 Asn 占总氨基酸的比例是 20.50%。

芦苇、藨草、藜蒿、南荻和苔草叶片组织中 Asn 都是占总氨基酸的比例最高的氨基酸。藨草叶片中 Asn 占总氨基酸的比例为 13.18%; 藜蒿茎中 Asn 占总氨基酸的比例为 22.75%; 芦苇叶片中 Asn 占总氨基酸的比例为 33.76%; 南荻茎中 Asn 占总氨基

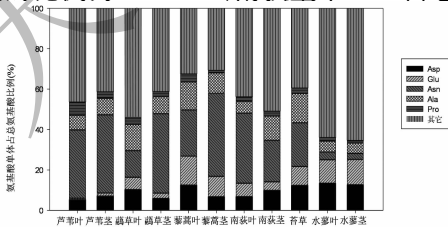


图 5 鄱阳湖 6 种典型湿地植物组织中游离氨基酸单体占总氨基酸比例

Fig. 5 The proportion of free amino acids to total amino acids in six typical plant tissue on the Nanji Wetlands National Nature Reserve of Poyang Lake

酸的比例是 34.62%。但芦苇、藨草和藜蒿茎组织中的 Asn 含量高于其叶片组织中的 Asn 含量。

## 3 讨论

目前, 国内对植物组织中游离氨基酸的研究主要集中在植物中游离氨基酸在逆境胁迫中的作用, 如病虫害、干旱、寒冷和高盐胁迫<sup>[12-14]</sup>。鲁显楷<sup>[15]</sup>研究了鼎湖山季风常绿阔叶林林下层 3 种优势树种 (光叶山黄皮 (*Randia canthioides*)、黄果厚壳桂 (*Cryptocarya concinna*) 和厚壳桂 (*Cryptocarya chinensis*) 叶片) 游离氨基酸对模拟氮沉降的响应。研究认为氮沉降会改变叶片中氮的分配格局, 促进了叶片中游离氨基酸的增加, 但不同植物中对氮沉降响应敏感的氨基酸种类不同。但目前为止, 湿地植物组织中游离氨基酸代谢机制还不明确。本研究通过测定 6 中鄱阳湖典型湿地植物组织中总游离氨基酸和氨基酸单体的含量发现在相同环境条件下, 不同种湿地植物累积氨基酸的能力不同, 芦苇累积氨基酸的能力最强。不同的组织累积氨基酸的能力也不相同, 湿地植物的叶片组织能比茎中累积有更多的游离氨基酸 (图 1)。

不同种类的植物游离氨基酸单体的代谢机制存在差异。ANN-BRITTEDFAST 对瑞士针叶林的研究发现在高氮输入下越橘灌木的氮新陈代谢机制和樟子松的代谢机制是一样, 主要累积 Arg, Gln 和 Orn; 而草类 (*Deschampsia flexuosa* L.) 有着不同的氮代谢机制, 氮主要累积在 Asn 和 Gln 之中<sup>[16]</sup>。来自于不同背景区的同种植物应对环境氮的响应机制也存在差异。Baxter 研究了北威尔士相对遥远荒地中苔藓和大气污染地区苔藓 (*Sphagnum cuspidatum* Ehrh. ex. Hoffm.) 对  $\text{NH}_4^+$  熏蒸的响应。污染区苔藓在  $0.1 \text{ mM NH}_4^+$  熏蒸下, 氨基酸的变化相对于背景区苔藓中游离氨基酸变化要小。研究认为苔藓氨基酸新陈代谢的差异来自于 2 种苔藓谷氨酸合成酶 (GS) 活性的差异<sup>[17]</sup>。本研究中除水蓼叶和茎组织中占总氨基酸比例最高的氨基酸是 Gln 外, 其它鄱阳湖典型湿地植物组织中占总氨基酸比例最高的氨基酸单体都是 Asn。水蓼的氨基酸代谢机制与其它 5 种典型的湿地植物存在差异, 芦苇、藨草、藜蒿、南荻和苔草有着相似的氨基酸代谢机制, 氮主要以天门冬酰胺的形态累积而水蓼组织传输和储存氮的氨基酸是谷氨酰胺。

## 4 小结

4.1 不同种湿地植物累积氨基酸的能力不同,芦苇累积氨基酸的能力最强。

4.2 不同的组织累积氨基酸的能力也不相同,湿地植物的叶片组织能比茎中累积有更多的游离氨基酸。

4.3 不同种类的植物游离氨基酸单体的代谢机制存在差异。芦苇、藨草、藜蒿、南荻和苔草有着相似的氨基酸代谢机制,氮主要以天门冬酰胺的形态累积,而水蓼组织传输和储存氮的氨基酸是谷氨酰胺。

### 参考文献

- Streets D G, Yarber KF, Woo JH, Carmichael G R. Biomass burning in Asia: Annual and seasonal estimates and atmospheric emissions. *Global Biogeochemical Cycles*, 2003, 17 : 1759-1768.
- Holland EA, Dentener FJ, Braswell BH, et al. Contemporary and pre-industrial global reactive nitrogen budgets. *Biogeochemistry*, 1999, 46(1) : 7-43.
- Wen BY(文帮勇), Yang ZF(杨忠芳), Hou QY(侯青叶), et al. The relationship between soil acidification and nitrogen inputs in the Poyang Lake Area, Jiangxi Province, China. *Geoscience (地质)*, 2011, 25 : 562-568.
- Tao FL(陶福祿), Feng ZW(冯宗炜). Critical loads of acid deposition for ecosystems in South China. *China Environmental Sci (中国环境科学)*, 1999, 19(1) : 14-17.
- Ye XM(叶雪梅), Hao JM(郝吉明), Duan L(段雷), et al. Mapping critical loads of acid deposition for Chinese surface waters using a steady-state method. *Environmental Sci (环境科学)*, 2002, 23(3) : 18-22.
- Dijk HF, Roelofs JG. Effects of excessive ammonium deposition on the nutritional status and condition of pine needles. *Physiologia plantarum*, 1998, 73 : 494-501.
- Nordin A, Näsholm T, Ericson L. Effects of simulated N deposition on understorey vegetation of a boreal coniferous forest. *Functional Ecology*, 1998, 12 : 691-699.
- Power SA, Collins CM. Use of *Calluna vulgaris* to detect signals of nitrogen deposition across an urban-rural gradient. *Atmospheric Environment*, 2010, 44 : 1772-1780.
- Pitcairn CER, Fowler D, Leith ID, et al. Bioindicators of enhanced nitrogen deposition. *Environmental Pollution*, 2003, 126 : 353-361.
- Fu S(付姗), Wu Q(吴琴), Hu QW(胡启武), et al. Distribution of soil carbon-nitrogen, carbon-phosphorus and nitrogen-phosphorus Ratios along water level gradient in Nanji wetlands. *Wet Sci (湿地科学)*, 2015, 13 : 374-380.
- Zhang QJ(张全军), Yu XB(于秀波), Hu BH(胡斌华). Research on the characteristics of plant communities in the Poyang Nanji wetlands, China. *Res Sci (资源科学)*, 2013, 35(1) : 42-49.
- Sun GR(孙国荣), Yan XF(阎秀峰). Effect of sodium carbonate stress on amino acid contents of *Puccinellia tenuiflora* seedlings. *Bulletin of Botanical Research (木本植物研究)*, 2000, 20(1) : 69-72.
- Zhao XP(赵欣平), Liu KW(刘克武), Yang SZ(杨守忠), et al. Studies on free amino acids of *Ericaceae* and its host plant. *Entomological Knowledge (昆虫知识)*, 2001, 38 : 456-459.
- Zhang JL(张金林), Chen TX(陈托兄), Wang SM(王锁民). Distribution characteristics of free amino acids and free proline in several drought-resistant plants of alxa desert, China. *J Desert Res (中国沙漠)*, 2004, 24(4) : 493-499.
- Lu XK(鲁显楷), Mo JM(莫江明), Peng SL(彭少麟), et al. Effects of simulated N deposition on free amino acids and soluble protein of three dominant understory species in a monsoon evergreen broad-leaved forest of subtropical China. *Acta Ecologica Sinica (生态学报)*, 2006, 26 : 743-753.
- Näsholm Ann-Britt, Ericson A, Nordén L G. Accumulation of amino acids in some boreal forest plants in response to increased nitrogen availability. *New Phytologist*, 1994, 126 : 137-143.
- Baxter R, Emes MJ, Lee JA. Effects of an experimentally applied increase in ammonium on growth and amino acid metabolism of *Sphagnum cuspidatum* Ehrh. ex. Hoffm. from differently polluted areas. *New Phytologist*, 1992, 120 : 265-274.