

# 城市高氮沉降下植物组织游离氨基酸的代谢响应

郑能建<sup>1,2</sup>, 肖化云<sup>1</sup>, 朱仁果<sup>1,3</sup>, 张忠义<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院地球化学研究所, 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳, 550081

2. 中国科学院大学, 北京, 100049

3. 江西省科学院应用化学研究所, 南昌, 330096

全球活性氮的释放和大气氮沉降在最近几十年显著增强, 中国加剧的氮沉降(近 30 年由 13.2 增加到 21.1 kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>)主要来自于快速增长的能源消耗(机动车和燃煤)和农业、畜牧业发展(化肥、家畜)等。大气氮沉降主要包括气态、气溶胶及降水中的各种化合物, 如氮氧化物、氨、硝酸盐和有机氮等。大气氮沉降是生态系统最重要的氮源之一, 而大量的可利用活性氮使得水体系统富营养化以及陆地生态系统氮饱和, 造成生物多样性的消逝, 森林和土壤系统酸化等后果。

生物学指标在研究大气氮沉降对生态系统的作用研究方面, 具有监测地区范围受限制较小且经济的优点, 如植物多样性、植物组织总氮、叶片硝酸盐、叶片氨基酸等。研究中国近年大气氮沉降对生态系统的影响显示, 植物叶片中氮含量的显著增加出现在自然和半自然生态系统的木本和草本群落中, 平均植物叶片氮含量增加了 32.8%。早期研究家禽农场顺风方向的空间变化与苔藓及木本叶片氮浓度的关系, 显示出很强的相关关系( $r^2 > 0.9$ )。植物叶片氮的含量受物种和氮可用状态严格控制, 特定植物一般在稳定的生态系统里其叶片氮含量是稳定的, 除非其可利用氮源发生了组成变化。植物叶片氮含量对大气氮沉降加剧的响应, 即是对大气输入生态系统氮量增加的反映, 也缘于植物在氮胁迫下氮素利用策略的调整。

植物叶片游离氨基酸(FAA)作为植物体内重要且广泛存在的含氮物质, 是植物氮代谢的初级产物; 氨基酸合成酶或转氨酶直接利用还原性氨与酮酸化合物结合生成各种氨基酸。对酸化的针叶林和农场周围植物叶片 FAA 的研究显示, 增强的氮沉降直接导致了叶片中 FAA 总量的显著升高。研究农场周围多种苔藓植物发现, 一些特定种类的氨基酸与大气氮沉降量存在很好的相关性, 如精氨酸( $r^2 > 0.7$ )。

中国整体加剧的大气氮沉降对城市生态系统不同程度的影响已逐步显现。对贵阳市区到郊区苔藓氮含量和  $\delta^{15}\text{N}$  的研究, 得到了贵阳市大气氮沉降量范围为 0.91~44.69 kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> (林地植被多样性氮临界载荷约 20 kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>), 并从市区往外明显降低, 且 NO<sub>x</sub>-N 和 NH<sub>x</sub>-N 组成特征存在典型的空问变化。同时研究贵阳市区的不同种阔叶植物叶片总氮含量, 显示出与地区特定氮沉降较一致的结果。贵阳市大气氮沉降量及组成成份特征的空间和时间上变化, 为探讨城市典型植被类型叶片游离氨基酸代谢响应城市高氮沉降的研究提供了野外实验基础; 开展植物不同氨基酸种类对不同氮沉降量及沉降类型的响应研究, 并评价 FAA 代谢变化反映城市高氮沉降下植物的生理状态。

本研究采用高效液相色谱(HPLC)和 GC-C-IRMS 仪器分别测定植物叶片中的游离氨基酸含量和氨基酸  $\delta^{15}\text{N}$  值。HPLC 法测定各氨基酸保留时间和峰面积 RSD%平均分别为 0.14%和 2.99%; 在 4.5~450 μmol/L 的范围内具有良好的线性关系, 相关系数为 0.9991~0.9999; 氨基酸样品加标回收率基本在 90%以上, 平均为 94%。GC/C-IRMS 测得的氮同位素值精度在 0.3‰和 0.8‰之间, 平均精度为 0.5‰, 并在 0.3 到 4.5 nmol 范围内氨基酸标准的氮同位素测定值保持稳定。结合优化的固相萃取实验方法提取植物组织中的游离氨基酸, 对不同类型的实验样品都能很好地纯化和富集, 在良好的精确度和准确度内, 能满足色谱柱对样品的洁净度和检测器的灵敏度要求。