沈阳生态所在森林生态系统尺度硝化作用速率研究中取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/8914.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

过去半个世纪以来，人类活动向大气释放的活性气态氮急剧增加，从而导致了陆地生态系统氮沉降也随之增加。绝大多数森林植物生产力受氮供应限制。因此，氮沉降一定程度上会促进森林树木生长，但长期过量的氮沉降则会对森林生态系统产生不利影响，导致土壤酸化、养分流失、植物养分失衡、温室气体排放增加和生物多样性损失。硝化作用是微生物将铵态氮或可溶性有机氮转化为硝态氮的过程。铵态氮和硝态氮均是植物和微生物利用的主要氮形态，但硝态氮易于发生淋溶进入下游水体，从而引起土壤盐基养分的损失和下游水体的富营养化。硝态氮是反硝化作用（硝态氮逐步还原成氮气的过程）的底物，过多的硝态氮会增加反硝化作用的发生。硝化和反硝化作用是产生温室气体N_2O的重要微生物途径。因此，硝化作用影响森林氮的有效性和组成，是生态系统氮循环过程关键环节之一。此外，集水区尺度上量化土壤硝化作用速率是量化反硝化作用速率的必要步骤之一（Fang et al. 2015. *PNAS*）。但由于森林土壤硝化作用的时空异质性，在生态系统尺度上量化硝化作用速率的问题一直难以解决。

Greg Michalski等首次测定了大气沉降硝酸盐的^{17}O自然丰度，发现大气沉降硝酸盐在形成过程中经与臭氧（O_3）的相互作用获得了额外的^{17}O（定义为^{17}O盈余，用$D^{17}O$表示，$D^{17}O = \delta^{17}O - 0.52 * \delta^{18}O$），$D^{17}O$值为20 ~ 31‰（Michalski et al. 2003. *Geophysical Research Letters*）。硝酸盐进入土壤后，部分被植物或者微生物利用而消耗，但这些消耗过程都不会对剩余硝酸盐的$D^{17}O$产生影响。硝化作用生成的硝酸盐中3个氧原子1个来自氧气，2个来自水，不存在^{17}O盈余（即$D^{17}O$为0‰）。因此，如果土壤硝化作用越强，那么对土壤中来自大气沉降硝酸盐^{17}O盈余的稀释作用越强。也就是说大气沉降硝酸盐$D^{17}O$

O是一种天然的示踪剂
。根据这一原理，通过测定降水和溪水的硝酸
盐D^{17}
O和降水硝酸盐量，利用同位素混合模型，方运霆等首次量化森林生态系统尺度上年硝化作用速率（Fang *et al.* 2015.
PNAS）。然而，由于该硝化作用
速率量化方法必须依赖硝酸盐^{17}
O的测定，目前世界上仅有少数实验室具备分析能力。因此，生态系统尺度上的硝化作用速率研究仍然很少，有关森林土壤硝化作用是否存在季节和年际变化，受什么因子控制等还不得而知。

中国科学院沈阳应用生态研究所稳定同位素生态学组以中国科学院清原森林生态系统观测研究站的一个面积为536公顷的森林集水区为研究对象，于2014~2017年连续4年采集了降水和溪水样品，测定了样品中的硝酸盐含量和D^{17}
O，量化了清原森林生态系统尺度的硝酸盐输入、流失和土壤硝化作用速率
（图1，2）。研究表明，研究期间氮沉降量为17.0~21.4 kg N ha^{-1} yr^{-1}（平均19.2 kg N ha^{-1}
yr^{-1}），其中硝态氮为6.6~7.4 kg N ha^{-1} yr^{-1}（平均7.0 kg N ha^{-1}
yr^{-1}），占32~41%（平均36%）。降水硝酸盐D^{17}
O为18.3~32.7‰，溪水为-0.1~4.8
‰（图2），说明降水硝酸盐的^{17}
O盈余进入土壤后被土壤硝化作用大大稀释。土壤硝化作用速率为71~120 kg N ha^{-1} yr^{-1} （平均94 kg N ha^{-1}
yr^{-1}
），表现出较大的年际变化。另外，该研究还量化了土壤硝化作用的月动态，但未发现与土壤气温和降水之间的明确关系。氮流失量为4.2~8.9 kg N ha^{-1} yr^{-1}（平均6.9 kg N ha^{-1}
yr^{-1}），高于判断温带森林是否达到氮饱和的临界值（5 kg N ha^{-1}
yr^{-1}）。利用硝酸盐氮氧同位素自然丰度法（Fang et al. 2015.
PNAS）计算得到该集水区尺度气体氮损失为3.8 kg N ha^{-1}
yr^{-1}，占总氮损失（气态氮损失+氮流失，10.7 kg N ha^{-1}
yr^{-1}）的35%。生态系统尺度总氮损失占氮沉降输入（19.2 kg N ha^{-1}
yr^{-1}
）的56%。综合来看，可初步判断所研究的森林生态系统表现一定程度氮饱和，但需要其他研究进一步证实。该研究显示，量化生态系统尺度硝化作用速率是揭示土壤氮内部循环的重要一步，其结果有利于揭示森林生态系统内部氮循环过程和氮状态，深化对森林氮循环的认识。

该研究得到国家重点研发计划、国家自然科学基金项目、中科院前沿科学重点部署项目和国际团队项目等的支持。研究成果以*Multiyear measurements on $\Delta^{17}O$ of stream nitrate indicate high nitrate production in a temperate forest* 为题，于3月24日正式在线发表于*Environmental Science Technology*。博士黄韶楠为第一作者，研究员方运霆为通讯作者。

文章链接

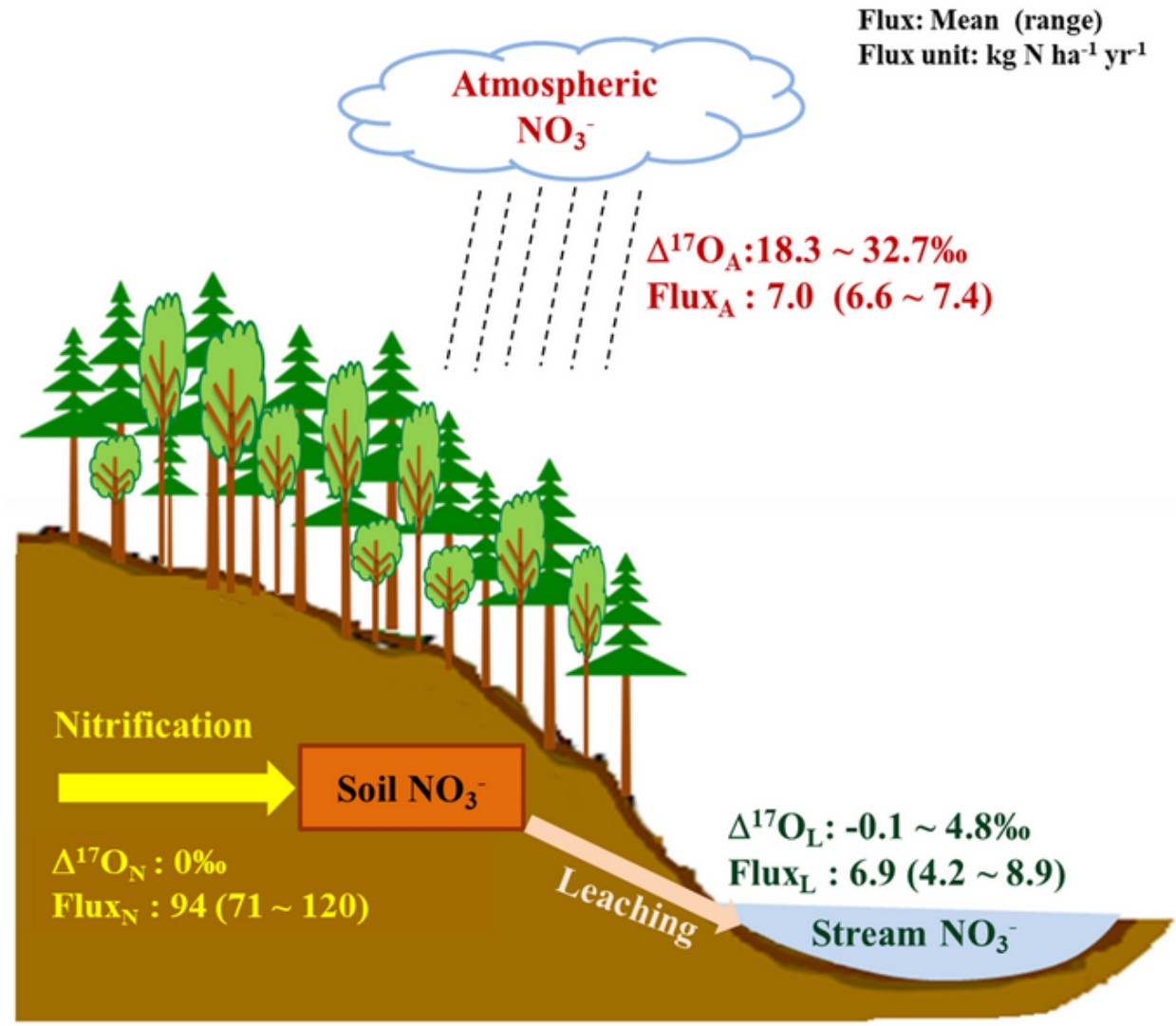


图1. 清原站森林生态系统硝酸盐^{17}O盈余和通量

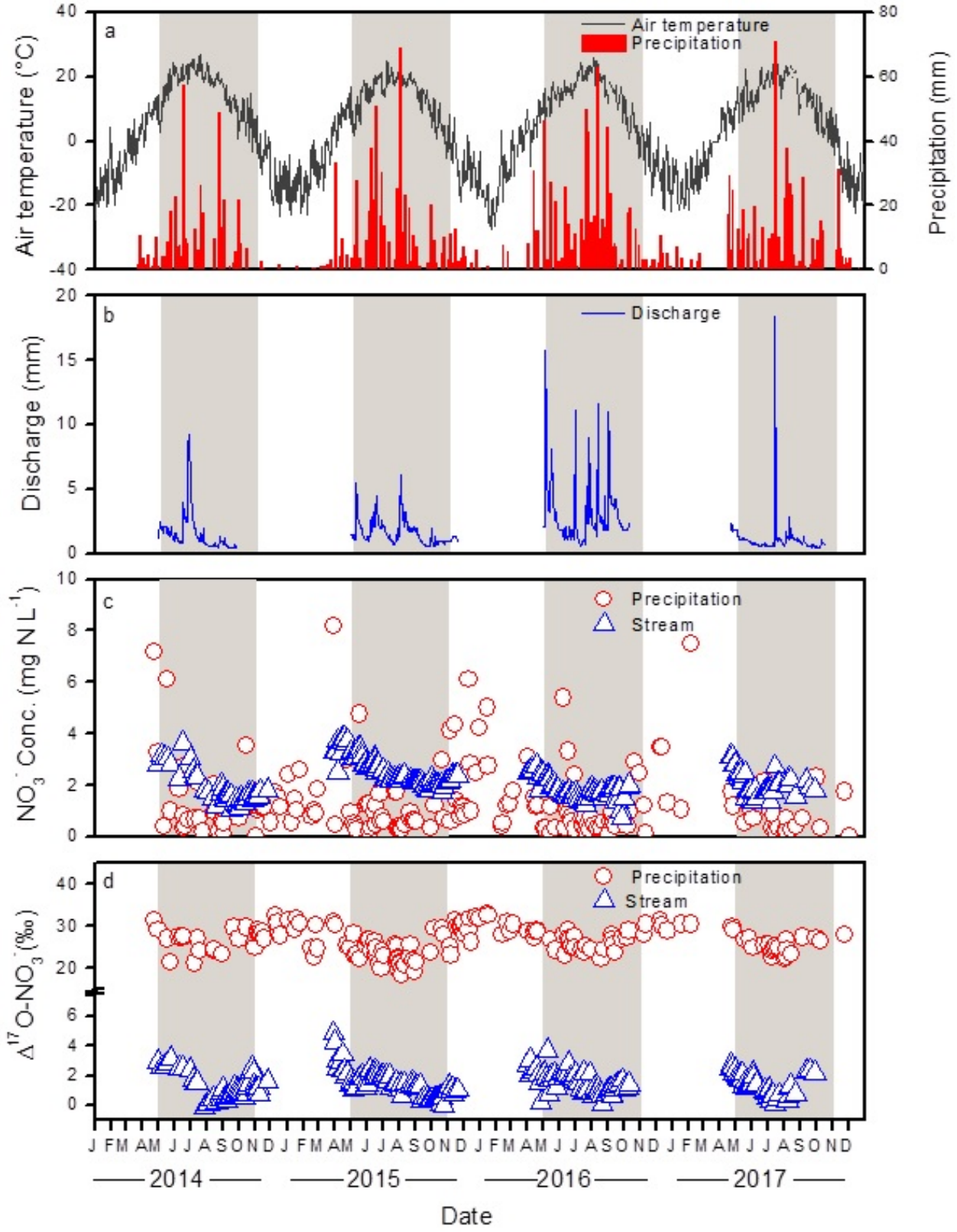


图2. 清原温带森林2014~2017年日平均气温和日降水量（a）、日径流量（b）、大气降水和溪水硝酸盐含量（c）、^{17}O盈余（d）

研究团队单位：沈阳应用生态研究所

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发