

# 东亚干旱半干旱区域表层土壤 铵态氮的地理分布

胡璐<sup>1,2</sup>, 李心清<sup>1</sup>, 黄代宽<sup>1,2</sup>, 程建中<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 550002;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**关键词:** 表层土壤; 铵态氮; 干旱半干旱地区

土壤中的铵态氮 ( $\text{NH}_4^+$ ) 是土壤中最重要的一种活性氮的形态之一: 不仅是植物可以直接吸收利用的氮素营养, 也是土壤氮素气态损失的共同的源—— $\text{NH}_3$  挥发和硝化反硝化释放的  $\text{NO}_2$  均是从  $\text{NH}_4^+$  开始。影响土壤铵态氮含量的环境因子很多, 如土壤有机质高低、微生物类型、土壤类型, 理化性质, 质地, 气候特征等等。目前关于土壤中铵态氮的报道多集中在其含量的时间变化, 涉及空间变化的也仅是其在垂直空间上的变异, 报道其含量在大尺度的空间内变化的文章很少, 尤其跨越多个植被带、土壤带的更少。鉴于铵态氮与众多土壤生物学转换过程作用相关, 因此, 研究土壤中的铵态氮含量及其区域变化, 能令我们更好的理解在不同的气候、植被、土壤条件下氮生物地球化学循环过程, 估算  $\text{NH}_3$  和  $\text{NO}_2$  的释放的量, 为土壤氮管理等提供理论和实验数据支持。

东亚中部属于典型的大陆性气候, 绝大部分是干旱半干旱地区, 覆盖有常绿森林、草原、荒漠草原、荒漠、森林草原、针叶森林等多个植被带, 为研究不同植被、土壤条件下土壤铵态氮的分布提供了一个理想的研究背景。我们从一条跨越中国北方和蒙古全境的样带上的采集表层土壤, 在实验室中分析测定了其中铵态氮的含量, 进一步地分析铵态氮含量随植被带、土壤带的变化情况。

## 1 样品采集与测试

野外样品采集于 2002 年 8 月。开始于陕西宝鸡以南 30 km 处的秦岭北侧 ( $34^\circ 14' 24''\text{N}$ ,  $106^\circ 55' 30''\text{E}$ ), 每相隔 4' ~ 5' 纬度设置一个采样点, 向北直至蒙古国北部港口城市 Hanhayn Huryee, 库苏古

尔湖 (Hövsögöl Lake) 湖畔 ( $51^\circ 35' 08''\text{N}$ ,  $100^\circ 45' 49''\text{E}$ )。采样点均选取自然土壤, 尽量避免耕作等人为的影响。采集地表 10 cm 内的 A 层表土, 装入布袋, 实验室风干后用 2 mol/L 的 KCl 溶液浸提, 采用靛酚蓝比色法测定其中的铵态氮含量。

## 2 结果与讨论

研究区域内表土铵态氮平均含量为 21.44 mg/kg, 且其变化范围非常大。最小值出现在  $46^\circ\text{N}$  的蒙古戈壁, 仅为 0.30 mg/kg; 而最大值出现在鄂托克旗市附近 ( $39.3^\circ\text{N}$ ), 达到 111.28 mg/kg。绝大多数样品 (59%) 中的  $\text{NH}_4^+$  含量低于 20 mg/kg, 33% 的样品铵态氮值在 20 ~ 40 mg/kg 之间, 仅有不到 8% 的样品高于 40 g/kg 的样品。

不同的地区, 表土中  $\text{NH}_4^+$  含量不同。秦岭北坡, 土壤表层铵态氮在 37.48 mg/kg 左右变化; 在  $34.5^\circ\text{N}$  ~  $36.5^\circ\text{N}$  之间时 (对应于中国黄土高原), 平均  $\text{NH}_4^+$  值降到 18.83 mg/kg。继续往北,  $39^\circ\text{N}$  附近的毛乌素沙地和  $45^\circ\text{N}$  附近的蒙古戈壁, 铵态氮平均含量分别只有 10.05 mg/kg 和 11.70 mg/kg。两个低值之间,  $\text{NH}_4^+$  含量在黄河谷地和阴山山脉连接段升高到 19.17 mg/kg 左右, 并在鄂托克旗市 ( $39.1^\circ\text{N}$ ) 附近出现一个极大值。从蒙古戈壁高原往北, 大致到  $47.8^\circ\text{N}$  左右的乌拉巴托 (蒙古肯特山区), 表层土壤中铵态氮从不到 10 g/kg 迅速增加到 32.78 mg/kg。继续往北, 直到蒙古与俄罗斯边界, 土壤铵态氮含量波动很大。经过蒙古山间盆地 (鄂尔浑和色楞格二河流域,  $48^\circ\text{N}$  ~  $49.5^\circ\text{N}$ ) 时, 表土中  $\text{NH}_4^+$  含量大体在 17.29 mg/kg 左右波动。进入蒙古北部杭爱山区, 铵态氮含量先迅速下

基金项目: 中国科学院百人计划项目 (20020723); 中国科学院集体创新项目

降至最低 7.7 mg/kg (经过碳酸盐基岩区域 49.5°N ~ 50.5°N), 继而迅速上升至 47.05 mg/kg。

我们的研究表明, 表层土壤中的铵态氮随着地表植被带的变化而变化。几个区域中, 铵态氮平均最大值出现在蒙古杭爱山区北部针叶树林地区, 平均高达近 50 mg/kg。其次为杭爱山区南部, 为森林草原植被带。黄土高原和蒙古山间两河流域盆地处于草原地带, 其  $\text{NH}_4^+$  含量均低于森林区。两个最低值区域在内蒙古北部和蒙古戈壁高原区(荒漠地带), 以及毛乌素沙地(草原荒漠地带), 均仅有 12 mg/kg 左右。整个采样带中,  $\text{NH}_4^+$  含量依以下次序而降低: 森林区 > 森林草原 > 草原 > 荒漠草原 > 荒漠。

由于植被带的分布会影响土壤类型的分布, 所以与植被带相对应的地带性土壤中铵态氮也应与植被带中的分布一致。我们的研究结果证实了这一点, 按土壤类型分, 表土铵态氮含量按以下顺序依次减少: 灰色森林土和山地黑土 > 暗栗钙土、栗钙土和低地暗色(草甸)土 > 黑钙土、栗钙土、黑垆土 > 棕钙土、灰钙土。

自然条件下, 在漫长的成土过程中, 土壤氮形成了特定的生态条件下的平衡, 故而不同的地表植被及土壤条件下, 表土中铵态氮含量不同。植物吸收是去除土壤中矿质氮的主要过程。由于草本植物主要根系集中在 0 ~ 30 cm 的土壤表层, 使得在此层土壤吸收的矿质氮比较多; 相对而言, 树木往往扎根较深, 表层土壤的根系较少, 其利用表层土壤

的矿质氮不如草本植物多, 所以可能导致在森林植被带中, 表土中铵态氮高于草原植被带。另一方面, 不同植被下年进入土壤的有机物质质量不同, 导致矿化产生的铵态氮含量不一。森林植被下, 进入土壤的有机物质主要为地表的凋落物, 累积较多; 草本植被下, 除了土表进入土壤的植物残体, 发达的根系也是土壤有机物质的主要来源, 但是其多年累计量还是不及森林地区, 使得矿化物不够, 导致矿化产物  $\text{NH}_4^+$  不及森林地区多。虽然植被吸收、微生物同化部分矿化产生的铵态氮, 但是总体森林土壤中含量大于草原土壤中的趋势没有改变。戈壁地带由于植物生物总量本身就很少, 矿化量也不会很多, 还要供给植被吸收, 故土壤中积累的铵态氮最少。同时, 不同地区土壤质地各异, 导致不同颗粒大小的土壤胶体吸附铵态氮的能力不一, 这也是造成土壤铵态氮含量不同的原因之一。

### 3 结 论

通过对研究区域内表层土壤铵态氮的分析, 发现不同植被、土壤条件下,  $\text{NH}_4^+$  含量不同, 其值依以下次序而降低: 森林区 > 森林草原 > 草原 > 荒漠草原 > 荒漠。按土壤类型分, 依以下次序降低: 灰色森林土和山地黑土 > 暗栗钙土、栗钙土和低地暗色(草甸)土 > 黑钙土、栗钙土、黑垆土 > 棕钙土、灰钙土区域地表明地表植被及土壤类型控制着土壤中铵态氮含量的分布。