

天山乌鲁木齐河源区表层雪中含氮离子季节变化特征^{*}

王圣杰¹ 张明军^{1,2**} 王飞腾² 李忠勤^{2,1} 李亚举¹

(1. 西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州, 730070;

2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冰冻圈科学国家重点实验室/天山冰川站, 兰州, 730000)

摘要 通过2004—2007年在天山乌鲁木齐河源1号冰川积累区采集的136个表层雪样品,分析了山岳冰川表层雪中主要含氮离子(NO_3^- 与 NH_4^+)的季节变化特征.结果表明,湿季表层雪中的含氮离子浓度一般比干季高,由于湿季 NO_3^- 与 NH_4^+ 的输入量与流失量均较大,因此湿季浓度波动比干季更强烈.气溶胶与表层雪中的 NO_3^- 浓度在干季存在显著的相关性,在湿季相关性差,而 NH_4^+ 浓度则表现出相反的特征.表层雪中含氮离子浓度大多高于极地和青藏高原,原因在于本研究区受粉尘输入与人类活动的影响较大.

关键词 天山, 表层雪, 季节变化, 氮循环.

氮循环是全球生物地球化学循环的重要环节,而冰川是记录地球环境信息的载体,包含了大气成分的沉降信息.对冰川表层雪中含氮物质的研究有助于更好地理解氮的大气循环过程.表层雪中常见的可溶性含氮离子包括 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 NO_2^- 等,但由于痕量的 NO_2^- 不易在雪冰中稳定存在,浓度相对较低^[1],研究主要集中在 NO_3^- 、 NH_4^+ 离子上.在南极与北极,科研人员已经对表层雪中含氮离子的变化规律开展了一系列的研究^[2-6].中国西部地区山岳冰川分布广泛,随着近年来冰川化学研究的深入,有关表层雪中含氮离子的研究也逐渐丰富起来.目前取得的认识主要集中于表层雪中含氮离子浓度季节变化特征^[1, 7-10]、空间变化特征^[11-12]以及含氮离子在气-雪间的转换过程^[7-8, 13]等方面.

但是总体说来,之前相关研究的采样时间仍相对较短,本文通过3年的连续采样,以 NH_4^+ 和 NO_3^- 为例讨论表层雪中含氮离子的季节变化特征.

1 材料与方法

1.1 样品采集与运输

天山乌鲁木齐河源1号冰川(以下简称1号冰川,43°06' N,86°49' E)位于新疆维吾尔自治区境内,是一条山谷-冰斗冰川,由东、西两支组成.采样点位于1号冰川东支渗浸积累区海拔4130 m处,坡向朝北,日照时间短,雪层保存条件良好^[7-10].表层雪取自雪层表面3—5 cm处,每周采集1次样本.2004年4月至2007年3月间共采集136个有效样本,其中湿季(4—10月)89个,干季(11月—次年3月)47个.雪样在采集和运输过程中均采取严格的操作规范,样品装入一次性洁净塑料保鲜袋密封,在冰冻状态下从野外运回兰州中国科学院寒区旱区环境与工程研究所天山冰川观测试验站实验室后低温保存.

1.2 样品分析

在化学分析时,为了防止雪样受到外界空气的污染,在称量瓶(用电阻率为18.2 M Ω ·cm的超纯水洗净)中室温下自然融化后,立即进行分析^[10].雪样中的 NO_3^- 与 NH_4^+ 浓度采用Dionex-320型离子色谱仪测定,测量精度可达到ng·g⁻¹量级.其中, NO_3^- 使用AS11-HC(4 mm×250 mm)分离柱,AG11-HC(4 mm×50 mm)保护柱,ASRS-4 mm抑制器,15 mmol·L⁻¹ NaOH淋洗液; NH_4^+ 使用Dionex

2010年9月11日收稿.

^{*} 国家自然科学基金项目(40701035,40631001,40571033,40701034,J0630966);教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-10-0019);陇原青年创新人才扶持计划项目;国家重点基础研究发展规划(973)项目(2010CB951003,2007CB411501);中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-127);冰冻圈科学国家重点实验室自主研究项目;西北师范大学知识与科技创新工程创新团队项目(NWNU-KJXCXC-03-66)和科研骨干培育项目(NWNU-KJXCXC-03-78)资助.

^{**} 通讯联系人, E-mail: mjzhang2004@163.com

IonPac CS12A(4 mm×250 mm)分离柱,CG12A(4 mm×50 mm)保护柱,CAES 阳离子抑制器,15 mmol·L⁻¹ MSA 淋洗液.

2 结果与讨论

2.1 NO₃⁻ 与 NH₄⁺ 浓度的季节变化特征

图 1 表明,表层雪中 NO₃⁻ 与 NH₄⁺ 浓度表现出了明显的季节性周期变化. 参照 NO₃⁻ 与 NH₄⁺ 浓度的 5 点滑动平均值变化趋势,可以发现浓度与气候条件(气温、降水量)之间存在着一定的对应关系. 具体说来,干季气温较低,降水相对较少,NO₃⁻ 与 NH₄⁺ 浓度一般较低;进入湿季以后,随着气温上升与降水量增多,湿季初期出现了峰值群;但当气温升至年度最高值、降水最为充沛时,NO₃⁻ 与 NH₄⁺ 浓度往往出现较低的值;湿季末期,气温与降水量均在回落,表层雪中的 NO₃⁻ 与 NH₄⁺ 浓度再次出现峰值群;新的干季开始后继续重复这个过程.

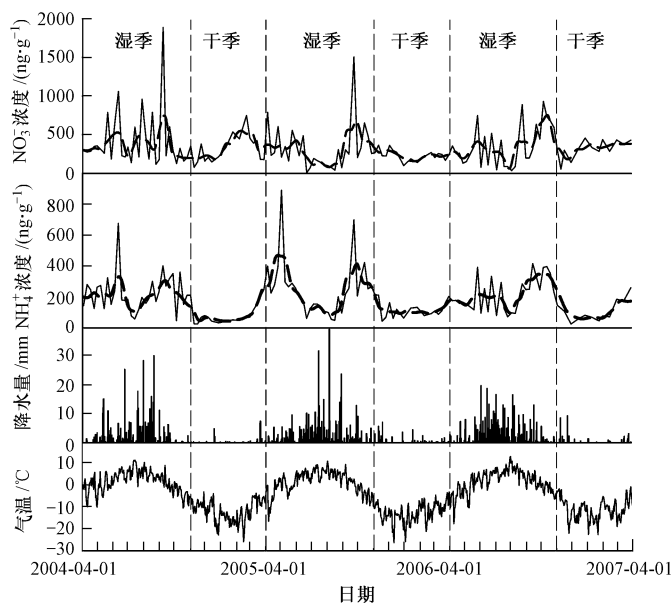


图 1 2004 年 4 月—2007 年 3 月表层雪中 NO₃⁻ 与 NH₄⁺ 浓度(虚线为 5 点滑动平均值)以及降水量与气温随时间变化情况

Fig. 1 Variation of NO₃⁻ and NH₄⁺ concentrations in surface snow and their 5-point running average curves (dashed curve), and local precipitation and temperature from April 2004 to March 2007

下面按照干季与湿季分别对表层雪中 NO₃⁻ 与 NH₄⁺ 的浓度进行统计(图 2). 湿季 NO₃⁻ 与 NH₄⁺ 浓度普遍高于干季浓度,3 年间 NO₃⁻ 干季平均浓度为湿季的 79%,而 NH₄⁺ 干季平均浓度仅为湿季的 46%(图 2a、b). 标准差能反映数据集的离散程度,通过离子浓度标准差的变化也可以判断出离子浓度的波动情况. 从图 2(c、d)不难发现,无论是 NO₃⁻ 还是 NH₄⁺,湿季的标准差均明显大于干季的标准差. 湿季 NO₃⁻ 浓度标准差的平均值是干季的 2.6 倍,而湿季 NH₄⁺ 浓度标准差则是干季的 2.1 倍. 也就是说,湿季表层雪中 NO₃⁻ 与 NH₄⁺ 浓度的变化幅度比干季大得多. 通过图 1 也可以发现,各年度的最大值与最小值也多出现在湿季. 研究发现,湿季表层雪中离子浓度出现强烈的波动是该季节输入量和流失量均显著增加造成的^[1]. 湿季显著的输入量来自如下几个方面:(1)湿季降水的直接输入增加. SO₄²⁻ 和 NO₃⁻ 以及 NH₄⁺ 和 Ca²⁺ 分别是中国降水中主要阴阳离子,并且浓度远高于欧洲和北美^[14]. 根据大西沟气象站(距离 1 号冰川 3 km,海拔 3539 m)的长期气象资料,乌鲁木齐河源区 4 月—10 月的降水量约占年降水量的 90% 以上. Zhao 等^[15] 的研究表明,乌鲁木齐河源区降水中 NO₃⁻ 与 NH₄⁺ 主要来自湿沉降. 此外,夏季闪电与雷雨频繁,高空闪电可能对 NO₃⁻ 浓度也有一定贡献^[16]. (2)夏半年沙尘暴多发. 新疆沙尘天气主要出现在 4—10 月,其中 4—6 月为高发时段^[17]. 东天山的四周沙漠与戈壁分布广泛,含氮可溶性离子可

以在粉尘的吸附作用下,被大气气流携带、输送至冰川上空的大气中.春季降水中 NO_3^- 与 NH_4^+ 浓度峰值与沙尘天气存在着明显的对应关系^[15].早期的研究^[18]亦认为雪层中的 NO_3^- 受控于来自中亚干旱、半干旱地区的陆源粉尘物质.(3)当地夏季盛行风的推动.大西沟气象站资料表明,夏季的主导风向是东北风,冬季为西南偏南风^[19].季节盛行风向可能有助于局地含氮物质的传输.(4)湿季人类活动相对频繁.天山地区冬季气温较低,而观光旅游(近年来当地政府已经做出一定限制)多选择在湿季.乌鲁木齐至库尔勒的公路穿越天山,夏季交通运输相对较多,尾气排放也就相对增加^[9].夏季是良好的牧期,畜牧业对于含氮化合物也有贡献^[8].

与显著的输入量对应,离子流失量亦很明显:(1)湿季雪层淋溶增强.当气温升至 $-3.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时 1 号冰川雪层离子开始淋融,浓度逐渐降低;当气温达到 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,雪层中出现大量融水,含氮离子被无选择性地携带下移,从而导致离子显著流失^[9].根据大西沟气象站数据,2004—2006 年湿季平均温度为 $1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,最高达 $12.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2006 年 8 月 1 日).(2)湿季大气淋洗作用增强.湿季降水量和降水次数的增加会对大气起到淋洗的作用,使得气溶胶乃至降水中离子浓度降低,从而影响到表层雪中的物质浓度^[20].

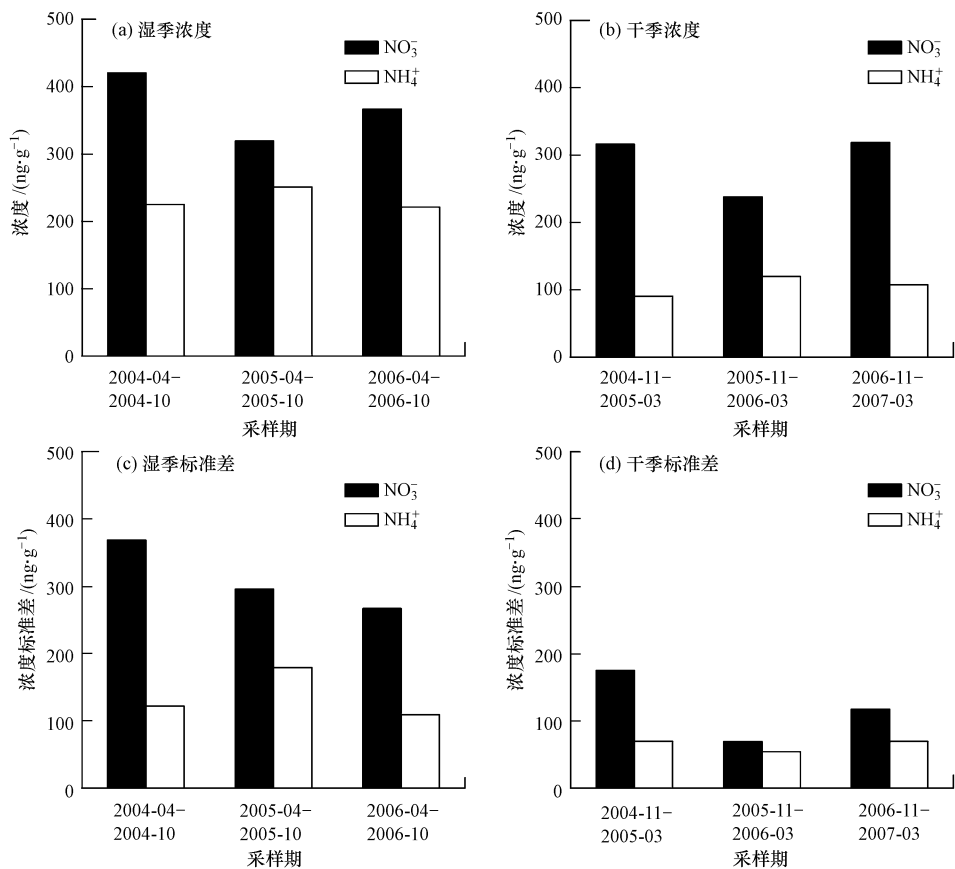


图2 干季与湿季表层雪中 NO_3^- 与 NH_4^+ 浓度变化差异

Fig.2 Seasonal mean concentrations and standard deviations of NO_3^- and NH_4^+ in surface snow

3 个湿季表层雪中 NO_3^- 与 NH_4^+ 的相关系数分别为 0.56、0.64、0.81,均通过了 0.01 的显著性检验.而 3 个干季的相关系数分别为 -0.05 、0.35、0.16,均未通过 0.01 的显著性检验.湿季 NO_3^- 与 NH_4^+ 之间的相关性较高,而在干季没有显著的相关性.之前对 1 号冰川全年表层雪中化学离子的研究表明, NO_3^- 与 NH_4^+ 浓度之间相关系数为 0.53^[9].由此可见,表层雪中 NO_3^- 与 NH_4^+ 的输入在湿季可能具有一定的同期性.

2.2 NO_3^- 与 NH_4^+ 的差异分析

在 1 号冰川的研究已经发现, NO_3^- 与 NH_4^+ 在气溶胶与表层雪转换机制上存在着一定的差异. Zhao 等^[7]发现 1 号冰川气溶胶与表层雪中的 NO_3^- 浓度在干季(12 月—次年 2 月)显著相关. Li 等^[8]认为,气溶胶与表层雪中的 NH_4^+ 浓度在湿季(4—9 月)相关性较好,而在干季相关性很差.类似的季节转化特征

在其它山岳冰川亦有报道. 例如, 加拿大育空地区表层雪与气溶胶中的 NH_4^+ 浓度在 5—6 月相关性较好, 但 NO_3^- 在湿季则相关系数很低^[20]; 欧洲的研究亦表明, 表层雪与气溶胶中的 NO_3^- 浓度在 1—3 月存在线性关系, 而 NH_4^+ 则没有线性关系^[21]. 气溶胶与表层雪中离子浓度的相关性与平衡期长短、空气中的浓度梯度、降水对物质的清除效率、物质形态都有关系^[7,13]. 湿季降水充沛, 在淋洗作用下气溶胶中含氮离子浓度较低, 雪层中的含氮离子又受到淋溶作用的改造, 在多种因素的制约下气-雪间的 NO_3^- 相关性低; 但是在适宜的气象条件下, 高活性的 NH_4^+ 在气溶胶与表层雪之间交换强烈, 可以较快地达到平衡, 从而表现出较高的相关性^[7,13]. 干季降水少且温度较低, 气溶胶与表层雪达到平衡所需的时间较长, NO_3^- 可以在气-雪间充分交换, 大气中的 NO_3^- 能够较好地保存在表层雪中, 因而相关性高; 但由于不稳定, 表层雪中的 NH_4^+ 流失强烈, 反而相关性低.

为了考察气候因子对表层雪浓度干湿季差异的影响, 可以将离子的浓度与采样前 1 周平均气温和降水量的关系进行对比(图 3). 干季 NO_3^- 与 NH_4^+ 浓度高值在降水量轴上的分布多出现在 0—5 mm, 但在气温轴上的分布有一定差异, NO_3^- 浓度高值在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内分布更为均匀, 而 NH_4^+ 浓度高值更倾向于相对较高的温度范围内(即图 3 中矩形与三角形位置的差异). 在气温低于 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, NO_3^- 浓度仍然能够保存若干个高值, 但 NH_4^+ 浓度明显较低. 也就是说, 气温对 NH_4^+ 表现出一定的分异规律. 在一定范围内, 气温越高越有利于表层雪中的 NH_4^+ 浓度产生高值, 这一现象与 NH_4^+ 的活性有着密切的联系. 湿季 NO_3^- 与 NH_4^+ 浓度峰值均较为密集地出现在降水量为 0—30 mm, 气温为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 这一范围. 湿季降水充沛, 物质输送来源丰富, 降水对于 2 种离子之间的差异影响相对较小.

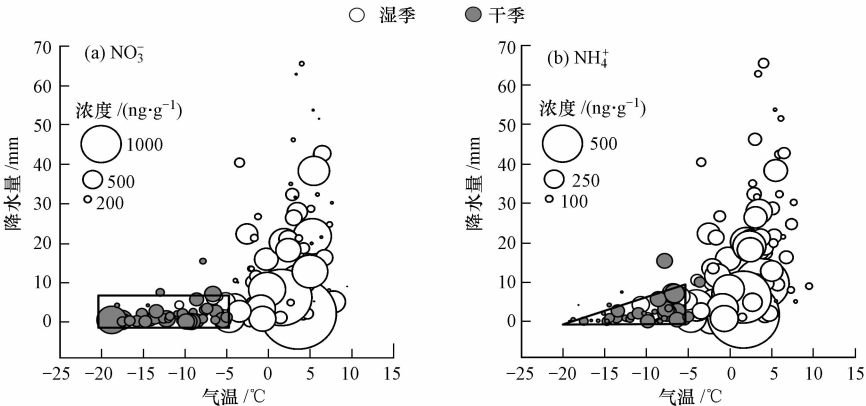


图 3 表层雪中 NO_3^- 与 NH_4^+ 浓度与采样前 1 周平均温度及降水量的关系

Fig. 3 Relationship among NO_3^- and NH_4^+ concentration, mean temperature and accumulated precipitation in the past 7 days before sampling

2.3 空间对比分析

在大多数研究之中, 表层雪中含氮离子浓度均表现出较为明显的季节性周期变化, 但在特定区域浓度峰值出现时间可能有一定差别. 表 1 列出的是典型地区不同时段内表层雪中 NO_3^- 与 NH_4^+ 的浓度. 与北极、南极以及青藏高原的资料对比可以发现, 1 号冰川表层雪中的 NO_3^- 与 NH_4^+ 浓度相对较高, 特别是 NH_4^+ 甚至有数量级的差异.

1 号冰川 NO_3^- 浓度受粉尘输入与人类活动(工业污染等)的影响明显, 而 NH_4^+ 浓度则受当地人类活动(农牧业释放等)影响显著. 采样区主要受到西面以及西北方向气团轨迹的影响, 大气气溶胶反映了对流层中上部远距离传输的中亚粉尘的情况^[24]. 季节性粉尘输入对于天山地区雪层中 NO_3^- 有很大贡献^[18], 这一输送源是南北极和青藏高原无法匹及的. 从人类活动的角度看, 采样区临近的居民点后峡镇建有火力发电厂、水泥厂等企业, 后峡镇乃至新疆维吾尔自治区首府乌鲁木齐市的含氮污染物在气团作用下都可能会影响采样区. 农田秸秆露天焚烧处理会使得含氮化合物的排放量在某些时段急剧增加, 秸秆燃烧这一途径对 NH_3 与 NO_x 大气排放的贡献率分别为 75.2% 与 75.3%^[25]. 包括农田秸秆露天焚烧与居民生活薪柴燃烧等形式的生物质燃烧都会产生大量氮氧化物. N 是作物生长所需的重要营养元

素之一, NH_4HCO_3 、 NH_4NO_3 、 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 等含氮化肥的施用会输入一定量的 N. 新疆是我国重要的牧区之一, 畜载量高, 牲畜排泄物在生物分解作用下也会产生 N 排放. 上述因素的综合作用造成了采样区表层雪中含氮离子浓度高于极地等其它地区.

表 1 典型冰川区表层雪中 NO_3^- 与 NH_4^+ 浓度比较

Table 1 Comparisons between NO_3^- and NH_4^+ concentrations in surface snow of some glacier regions

采样区域	采样时段	NO_3^- 浓度 /($\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$)	NH_4^+ 浓度 /($\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$)
格陵兰岛 Summit ^[3]	1997 年 6 月—1998 年 4 月, 2000 年 8 月—2002 年 8 月	200.9	8.7
南极毛德皇后地 ^[22]	1999 年 12 月—2000 年 1 月	63.2	11.5
南极毛德皇后地 ^[22]	2000 年 12 月—2001 年 1 月	106.5	5.4
青藏高原东绒布冰川 ^[23]	2002 年 10 月	30.1	1.2
青藏高原 Nangpai Gosum 冰川 ^[23]	1998 年 9 月	65.9	41.2
青藏高原 Gyabrag 冰川 ^[23]	2005 年 10 月	304.4	16.3
1 号冰川	2004 年 4 月—2007 年 3 月	341.4	189.2

3 结论

(1) 基于 2004 年 4 月至 2007 年 3 月连续 3 个完整年度的表层雪采样分析, 1 号冰川表层雪中 NO_3^- 与 NH_4^+ 浓度呈现出明显的季节性变化. NO_3^- 与 NH_4^+ 浓度均基本表现出湿季高、干季低的趋势, 2 种离子间的相关性在湿季明显高于干季. 湿季前期与后期会出现浓度峰值, 且湿季的变化幅度比干季更大, 这是由于在湿季 NO_3^- 与 NH_4^+ 的输入量与流失量均较大.

(2) 气溶胶与表层雪中的 NO_3^- 浓度在干季相关性较好, 但在湿季相关性很差; 而 NH_4^+ 浓度却表现出相反的特征. 这与 NH_4^+ 的活性高, 在气-雪间交换的平衡期短有很大关系. NO_3^- 与 NH_4^+ 浓度峰值出现时的气候条件存在一定的相似性, 但在干季当气温略高时表层雪中的 NH_4^+ 浓度更容易表现出高值.

(3) 1 号冰川表层雪中的 NO_3^- 与 NH_4^+ 浓度大多高于极地 and 青藏高原. 与其它地区相比, 1 号冰川 NO_3^- 浓度受粉尘输入与人类活动(工业污染等)的影响明显, 而 NH_4^+ 浓度则受当地人类活动(农牧业释放等)影响显著.

致谢: 谨此对参加本项研究的每一位观测人员以及项目组人员表示衷心感谢.

参 考 文 献

[1] 丁文慈, 李心清, 李忠勤, 等. 乌鲁木齐河源 1 号冰川表层雪的化学特征——以低分子有机酸和无机阴离子为例[J]. 冰川冻土, 2007, 29(5): 704-709

[2] Blunier T, Floch G L, Jacobi H W, et al. Isotopic view on nitrate loss in Antarctic surface snow [J]. Geophysical Research Letters, 2005, 32, L13501, doi: 10.1029/2005GL023011

[3] Dibb J E, Whitlow S I, Arsenault M. Seasonal variations in the soluble ion content of snow at Summit, Greenland: Constraints from three years of daily surface snow samples [J]. Atmospheric Environment, 2007, 41(24): 5007-5019

[4] Mulvaney R, Wagenbach D, Wolff E W. Postdepositional change in snowpack nitrate from observation of year-round near-surface snow in coastal Antarctica [J]. Journal of Geophysical Research, 1998, 103(D9): 11021-11031

[5] Qin D, Zeller E J, Dreschhoff G A M. The distribution of nitrate content in the surface snow of the Antarctic ice sheet along the route of the 1990 international trans-Antarctica expedition [J]. Journal of Geophysical Research, 1992, 97(A5): 6277-6284

[6] Nakamura K, Nakawo M, Ageta Y, et al. Post-depositional loss of nitrate in surface snow layers of the Antarctic Ice Sheet [J]. Bulletin of Glaciological Research, 2000, 17: 11-16

[7] Zhao Z, Li Z, Edwards R, et al. Atmosphere-to-snow-to-firn transfer of NO_3^- on Urumqi glacier No. 1, eastern Tien Shan, China [J]. Annals of Glaciology, 2006, 43(1): 239-244

[8] Li H, Li Z, Wang W, et al. Depositional characteristics of NH_4^+ on Urumqi glacier No. 1, eastern Tien Shan, China [J]. Annals of Glaciology, 2008, 49(1): 161-165

- [9] Li Z, Edwards R, Mosley-Thompson E, et al. Seasonal variability of ionic concentrations in surface snow and elution processes in snow-firn packs at the PGPI site on Urumqi glacier No. 1, eastern Tien Shan, China [J]. *Annals of Glaciology*, 2006, 43(1): 250-256
- [10] Li Z, Wang W, Wang F, et al. Characteristics of ionic concentration and $\delta^{18}\text{O}$ and their variability in dry-season and wet-season snow on Urumqi glacier No. 1, eastern Tien Shan, central Asia [J]. *Annals of Glaciology*, 2008, 49(1): 217-223
- [11] 武小波, 王宁练, 李全莲, 等. 黄河源区阿尼玛卿山耶和龙冰川表层雪化学组成[J]. *冰川冻土*, 2008, 30(3): 415-420
- [12] 盛文坤, 姚檀栋, 李月芳, 等. 古里雅冰帽硝酸根离子的来源分析[J]. *冰川冻土*, 1996, 18(4): 353-359
- [13] 张明军, 周平, 李忠勤, 等. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川大气气溶胶和新雪中可溶性离子关系研究[J]. *地理科学*, 2010, 30(1): 141-148
- [14] 王文兴, 许鹏举. 中国大气降水化学研究进展[J]. *化学进展*, 2009, 21(2/3): 266-281
- [15] Zhao Z, Tian L, Fischer E, et al. Study of chemical composition of precipitation at an alpine site and a rural site in the Urumqi River Valley, Eastern Tien Shan, China [J]. *Atmospheric Environment*, 2008, 42(39): 8934-8942
- [16] 李宗省, 何元庆, 庞洪喜, 等. 我国典型季风海洋性冰川区雪坑中主要阴、阳离子的来源[J]. *地理学报*, 2007, 62(9): 992-1001
- [17] 何清, 杨青, 李红军. 新疆 40 a 来气温、降水和沙尘天气变化[J]. *冰川冻土*, 2003, 25(4): 423-427
- [18] Williams M W, Tonnessen K A, Melack J M, et al. Sources and spatial variation of the chemical composition of snow in the Tianshan, China [J]. *Annals of Glaciology*, 1992, 16(1): 25-32
- [19] 张寅生, 康尔泗, 刘潮海. 天山乌鲁木齐河流域山区气候特征分析[J]. *冰川冻土*, 1994, 16(4): 333-341
- [20] Yalcin K, Wake C P, Dibb J E, et al. Relationship between aerosol and snow chemistry at King Col, Mt. Logan Massif, Yukon, Canada [J]. *Atmospheric Environment*, 2006, 40(37): 7152-7163
- [21] Baltensperger U, Schwikowski M, Gaggeler H W, et al. Transfer of atmospheric constituents into an alpine snow field [J]. *Atmospheric Environment*, 1993, A27(12): 1881-1890
- [22] Karkas E, Teinila K, Virkkula A, et al. Spatial variations of surface snow chemistry during two austral summers in western Dronning Maud Land, Antarctica [J]. *Atmospheric Environment*, 2005, 39(8): 1405-1416
- [23] Liu Y, Geng Z, Hou S, Spatial and seasonal variation of major ions in Himalayan snow and ice: A source consideration [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2010, 37(2): 195-205
- [24] 赵淑惠, 李忠勤, 周平, 等. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川大气气溶胶的微观形貌及元素组成分析[J]. *冰川冻土*, 2010, 32(4): 714-722
- [25] 曹国良, 张小曳, 王丹, 等. 中国大陆生物质燃烧排放的污染物清单[J]. *中国环境科学*, 2005, 25(4): 389-393

SEASONAL VARIATIONS OF NITROGEN-CONTAINING IONS CONCENTRATION IN SURFACE SNOW AT THE HEADWATERS OF URUMQI RIVER, TIANSHAN MOUNTAINS

WANG Shengjie¹ ZHANG Mingjun^{1,2} WANG Feiteng² LI Zhongqin^{2,1} LI Yaju¹

(1. College of Geography and Environment Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou, 730070, China;

2. State Key Laboratory of Cryospheric Sciences/Tianshan Glaciological Station, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000, China)

ABSTRACT

To investigate the seasonality of nitrogen-containing ions in surface snow of mountain glacier, 136 samples of surface snow were collected in a weekly frequency from 2004 to 2007 in the accumulation zone of Glacier No. 1 at the headwaters of Urumqi River, eastern Tianshan Mountains, and were analyzed for NO_3^- and NH_4^+ concentrations. The results indicate that the concentrations in wet seasons (from April to October) were higher than those in dry seasons (from November to March). Strong fluctuation of concentrations was observed in wet seasons due to significant input and output of nitrogen-containing ions in wet seasons. Correlation between NO_3^- concentrations in aerosol and surface snow is much higher in wet seasons than that in dry seasons, while correlation for NH_4^+ is the opposite. Concentrations of NO_3^- and NH_4^+ in the sampling sites, which are affected by dust transportation and anthropogenic activities, are usually higher than those in Polar Regions or Tibetan Plateau.

Keywords: Tianshan Mountains, surface snow, seasonal variation, nitrogen cycle.