

淡水沼泽湿地泥炭沉积中氮素分布特征

刘景双, 于君宝, 王金达 (中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012, E-mail: liujingshuang@mail.neigae.ac.cn)

摘要:采用冬季采样, 现场分层的方法, 系统地研究了我国面积最大的淡水沼泽湿地——三江平原沼泽湿地中河床-河漫滩型泥炭地和谷底洼地型泥炭沉积中 TN、 NH_4^+ -N 和 NO_3^- -N 的分布特征。结果表明, 在不同沉积层中, NH_4^+ -N、 NO_3^- -N 明显富集于 A_{sc} 层, TN 在 H_{il} 层含量最高。TN 含量随着泥炭粒级的减小而明显增加, NH_4^+ -N 主要分布在粒级 0.149 ~ 0.074 mm 的泥炭机械组分中, NO_3^- -N 主要分布在粒级 0.03 ~ 0.149 mm 的泥炭机械组分中。

关键词:淡水沼泽湿地; 泥炭沉积; 氮素分布特征

中图分类号: X144, S153 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2003)02-05-0041

Characteristics of Nitrogen Distribution in Peat Deposit of Freshwater Marsh Wetland

Liu Jingshuang, Yu Junbao, Wang Jinda (Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021, China E-mail: liujingshuang@mail.neigae.ac.cn)

Abstract: Using the methods of sampling in winter and the dividing soil layers in soil profiles, the characteristics of TN, NH_4^+ -N and NO_3^- -N concentration distribution in peat sediments of river bed-flood land and valley depression land in Sanjiang Plain where is the most extensive freshwater marsh wetland in China were systematically studied. The results showed that NH_4^+ -N and NO_3^- -N was obviously accumulated in A_{sc} layer, and TN content in H_{il} layer was the highest with the comparing to other layers. TN content in peat sediments was obviously increased with the peat particular size decreasing, NH_4^+ -N was mainly distributed in peat component with 0.149 ~ 0.074 mm size, and the most of NO_3^- -N was in peat component with 0.03 ~ 0.149 mm granule size.

Keywords: freshwater marsh wetland; peat deposit; nitrogen distribution characteristics

泥炭是植物死亡后在微生物作用下积累而成的, 是受人类活动干扰相对较小的自然体, 又是陆地生态系统无机环境中氮素的最大沉积库。它是沼泽湿地氮的载体, 能够反映氮在沼泽生态系统的自然沉积过程^[1, 2]。国内外对氮素在生态系统的存在特征及转化规律的研究较多, 且主要集中在森林生态系统、草原生态系统和农田生态系统中氮素的累积、土壤中氮的矿化与硝化-反硝化、流失等过程研究, 而对湿地生态系统泥炭中氮素的沉积研究较为薄弱^[3-15]。本文以我国面积最大的淡水沼泽湿地——三江平原沼泽湿地为例, 探讨 TN、 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N 在泥炭不同累积层中的分布规律, 以进一步认识淡水沼泽湿地生态系统氮素的生物地球化学循环过程和机制, 同时对于揭示淡水沼泽湿地

中氮素的沉积过程及其生态效应和环境意义、湿地生态系统健康诊断、受损湿地功能恢复及泥炭的合理开发、利用也具有一定的指导意义和参考价值。

1 实验材料与方法

1.1 研究区域概况

三江平原沼泽湿地位于黑龙江省东北部, $N45^{\circ}01' \sim 48^{\circ}28'$, $E130^{\circ}13' \sim 135^{\circ}05'$ 。平原面积为 51 300 km², 湿地面积 14 800 km²。本区气候类型为温带湿润、半湿润大陆性季风气候, 1 月均温 - 20 ℃, 7 月均温 22 ℃, 年降水量 500 ~

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-302); 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-01)

作者简介: 刘景双(1956~), 男, 研究员, 博士生导师, 主要从事环境生态与生物地球化学方面的研究工作。

收稿日期: 2002-05-11; 修订日期: 2002-09-23

650 mm, 主要集中于 5~9 月份, 占全年降水量的 80%。植被类型属长白植物种类, 以沼泽化草甸植被和沼泽植被为主^[16]。

三江平原泥炭沼泽面积为 365 km², 占三江平原湿地总面积的 2.2%。按地貌分类, 泥炭地以河床-河漫滩型和谷底洼地型为主, 除此之外, 还包括古河道型、湖滨洼地型和热融洼地型泥炭地^[17]。

1.2 样点的布设与研究方法

根据三江平原水系分布特征, 分别在挠力河、别拉洪河和浓江河 3 条主要河流流域内代表性泥炭地布设采样点, 具体位置分别为挠力河大桥、别拉洪河大桥和洪河自然保护区内, 代表河床-河漫滩型泥炭地, 谷底洼地型泥炭地采样点布设在桦川县申家店。

为了避免干扰泥炭的发生层次, 采样时间选在冬季的 3~4 月份, 采挖冻泥炭柱, 根据剖面特征现场分层。三江平原沼泽湿地泥炭地剖面一般可分为 3 层, 即草根层 (A_{sc})、泥炭沉积层 (H_i)、淤泥质亚粘土潜育层 (G)。剖面特征见表 1。

采用筛分法分开不同层次泥炭的机械组分, 风干样品分别过 50 目 (0.30 mm)、100 目 (0.149 mm) 和 200 目 (0.074 mm) 孔筛, 可得到 4 种不同粒级的样品, 即 > 0.30 mm、 $0.30 \sim 0.149$ mm、 $0.149 \sim 0.074$ mm 和 < 0.074 mm 样品。

筛分的样品经消解处理后, 采用半微量凯氏法测定 TN 、 NH_4^+-N 和 $NO_3^- - N$ 含量。

2 结果与分析

2.1 氮素的垂直分布规律

三江平原河床-河漫滩型泥炭地和谷底洼地型泥炭地中氮素的垂直分布规律如图 1 和图 2 所示, 由于各元素含量差异较大, 因此采用实测数据 (单位为 mg/kg) 取自然对数后加以制图分析。

分析图 1 和图 2 可知, 河床-河漫滩型泥炭地和谷底洼地型泥炭地中 NH_4^+-N 、 $NO_3^- - N$ 明显富集于 A_{sc} 层, 随着深度的增加, NH_4^+-N 、 $NO_3^- - N$ 含量逐渐降低, 在 G 层含量达到最低

表 1 三江平原泥炭地剖面特征

Table 1 Characteristics of sections in

Sanjiang plain peat land

剖面名称	泥炭地类型	剖面深度/cm	剖面层次	剖面各层次深度/cm	地形地貌	植被类型
别拉洪河河床-河漫滩型剖面		110	A_{sc}	0~18	平坦的河床	漂筏苔草
			H_{i1}	18~50		
			H_{i2}	50~63		
			H_{i3}	63~72		
			G	>72		
挠力河河床-河漫滩型剖面		45	A_{sc}	0~20	平坦的河床	漂筏苔草
			H_i	20~30		
			G	30~		
浓江河河床-河漫滩型剖面		70	A_{sc}	0~15	平坦的河漫滩	漂筏苔草
			H_{i1}	15~19		
			H_{i2}	19~34		
			H_{i3}	34~47		
			H_{i4}	47~55		
申家店谷底洼地型剖面		250	A_{sc}	0~12	U型谷地的底部	漂筏苔草、毛果苔草
			H_{i1}	12~22		
			H_{i2}	22~37		
			H_{i3}	37~47		
			H_{i4}	47~57		
			H_{i5}	57~67		
			H_{i6}	67~87		
			H_{i7}	87~107		
			H_{i8}	107~127		
H_{i9}	127~205					
G	>205					

值。 A_{sc} 层氮的相对富集系数(指 A_{sc} 层与 H_i 层氮含量比值, 其中 H_i 层氮含量以泥炭各层氮含量平均值计)统计结果表明, 别拉洪河剖面中 A_{sc} 层 NH_4^+-N 的相对富集系数分别约为 2.18, $NO_3^- - N$ 的相对富集系数分别约为 1.88; 挠力河剖面中 A_{sc} 层 NH_4^+-N 的相对富集系数分别约为 2.33, $NO_3^- - N$ 的相对富集系数分别约为 1.20; 浓江河剖面中 A_{sc} 层 NH_4^+-N 的相对富集系数分别约为 2.43, $NO_3^- - N$ 的相对富集系数分别约为 1.66; 申家店剖面中 A_{sc} 层 NH_4^+-N 的相对富集系数分别约为 2.50, $NO_3^- - N$ 的相对富集系数分别约为 3.36。从 A_{sc} 层相对 H_i 层的 NH_4^+-N 和

NO₃⁻-N 富集系数看,河床-河漫滩型泥炭地 3 个流域剖面中相对富集系数较为接近,谷底洼地型泥炭地剖面的 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 相对富

集系数明显高于河床-河漫滩型泥炭地剖面,二者的 NH₄⁺-N 相对富集系数最大相差 1.14 倍, NO₃⁻-N 最大相差 2.79 倍。

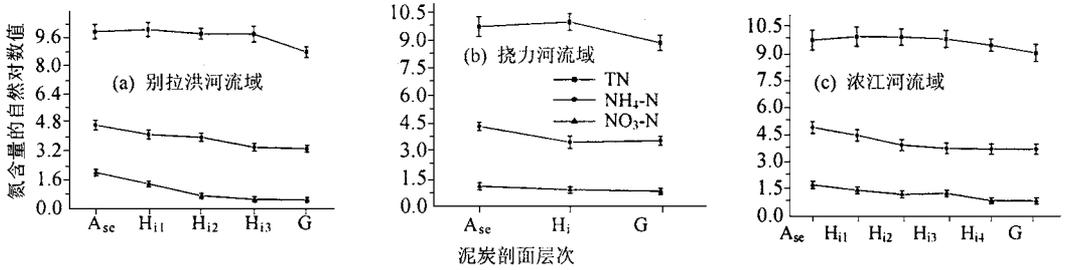


图 1 三江平原河床-河漫滩型泥炭中氮素垂直分布规律

Fig. 1 The vertical distribution of N in peat of river bed-flood land in Sangjiang Plain

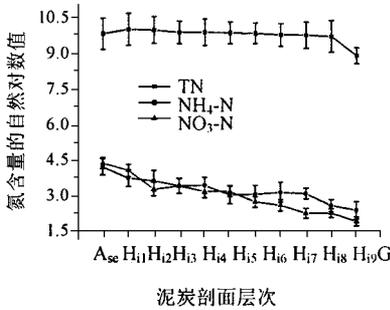


图 2 三江平原谷底洼地型泥炭中氮素垂直分布规律

Fig. 2 The vertical distribution of N in peat of valley depression land in Sangjiang Plain

河床-河漫滩型泥炭地和谷底洼地型泥炭地中 TN 含量在 H₁₁ 层中最高,然后随着深度的增加,TN 含量逐渐降低,G 层含量最低,A_{se} 层含量略低于 H₁₁ 层。

总的来说,河床-河漫滩型泥炭地和谷底洼地型泥炭地中 NH₄⁺-N、NO₃⁻-N 和 TN 含量垂直分布规律十分相似,其主要原因是氮素为组成植物有机体的主要生源要素,且主要通过根系吸收积累于植物体内,另外,实测结果表明,泥炭中有机质含量表层明显高于其它层次,氮素在表层富集与表层有机质的吸持力较大有一定的关系。从相对富集系数来看,谷底洼地型泥炭地剖面中 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 的相对富集系数远远大于河床-河漫滩型泥炭地,说明谷底洼地型泥炭地植物 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 富集能力

相对较大,这与 2 类泥炭地的植被类型、水文条件和微地貌条件存在差异有关。如申家店剖面的植被类型主要以漂筏苔草和毛果苔草为主,而河床-河漫滩型泥炭地的 3 个典型剖面以漂筏苔草为主;同河床-河漫滩型泥炭地相比,谷底洼地型泥炭地地势低洼,泥炭层较厚,淹水时间相对较短,植物根系向下延伸较深(2 m 以下尚有植物根系),该条件有利于植物对营养元素的吸收,并在表层发生富集。

2.2 泥炭不同机械组分中氮素的分布特征

在沉积物中,由于不同机械组分的表面积差异,使其吸持营养物质的能力也存在一定的差异。三江平原河床-河漫滩型泥炭和谷底洼地型泥炭不同机械组分中营养物质的分布规律如图 3 至图 5 所示。

图 3 表明,在河床-河漫滩型和谷底洼地型

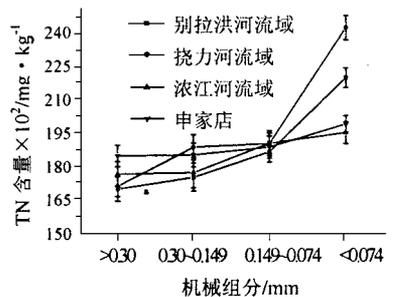


图 3 三江平原泥炭不同机械组分中 TN 的分布规律

Fig. 3 The vertical distribution of TN in different component of peat in Sangjiang Plain

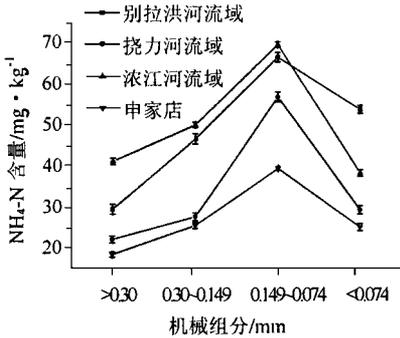


图 4 三江平原泥炭不同机械组分中 NH_4^+ -N 的分布规律

Fig. 4 The vertical distribution of NH_4^+ -N in different component of peat in Sangjian Plain

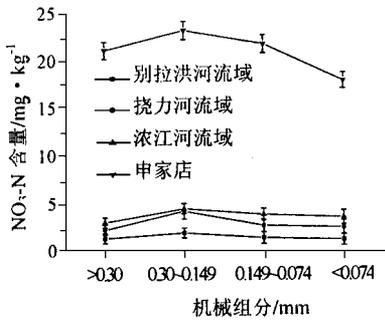


图 5 三江平原泥炭不同机械组分中 NO_3^- -N 的分布规律

Fig. 5 The vertical distribution of NO_3^- -N in different component of peat in Sangjian Plain

泥炭沉积物中, TN 含量随着泥炭粒级的减小而明显增加, 河流型泥炭沉积物不同机械组分中 TN 的变化幅度远远大于谷底洼地型。泥炭中粒级 $< 0.074 \text{ mm}$ 的机械组分中 TN 含量同粒级 $> 0.30 \text{ mm}$ 的机械组分相比, 河流型泥炭相差 $1.104 \sim 1.412$ 倍, 谷底洼地型泥炭相差 1.077 倍, 这种差异可能与泥炭的形成环境、氮的输入途径及泥炭分解度差异有关。

河床-河漫滩型和谷底洼地型泥炭沉积物不同机械组分中 NH_4^+ -N 含量的变化如图 4 所示。从图 4 可以看出, 在粒级 $> 0.30 \text{ mm}$ 和 $< 0.074 \text{ mm}$ 的泥炭机械组分中 NH_4^+ -N 含量较少, 粒级在 $0.149 \sim 0.074 \text{ mm}$ 的组分中含量最高, 说明该粒级的泥炭机械组分对 NH_4^+ -N 吸

持能力最强。

泥炭不同机械组分中 NO_3^- -N 的分析结果 (图 5) 表明: 在粒级 $> 0.30 \text{ mm}$ 和 $< 0.074 \text{ mm}$ 的泥炭机械组分中 NH_3 -N 含量也较少, 粒级在 $0.03 \sim 0.149 \text{ mm}$ 的组分中含量最高, 说明 NO_3^- -N 主要分布在该粒级的机械组分中。

从河床-河漫滩型和谷底洼地型泥炭不同机械组分中氮素含量的对比分析来看, 这 2 种类型泥炭中 TN 含量差异不大 (图 3), 但 NH_4^+ -N 和 NO_3^- -N 含量存在显著差异 (图 4, 图 5), 河床-河漫滩型泥炭不同机械组分中 NH_4^+ -N 含量明显高于谷底洼地型, 而 NO_3^- -N 含量则显著低于谷底洼地型。这主要是由于这 2 种泥炭地的氧化-还原条件差异所致, 同谷底洼地型泥炭相比, 河床-河漫滩型泥炭积水时间长, 长期处于还原条件下, NH_4^+ -N 和 NO_3^- -N 在水-土环境中存在动态平衡关系, 在还原条件下, 有利于 NO_3^- -N 形态向 NH_4^+ -N 形态转化。

3 结论

(1) 三江平原河床-河漫滩型泥炭地和谷底洼地型泥炭地中 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N 明显富集于 A_{sc} 层, TN 在 H_{II} 层含量最高, 然后各形态的氮素含量随着深度的增加而逐渐降低。

(2) 谷底洼地型泥炭地剖面中 NH_4^+ -N 和 NO_3^- -N 的相对富集系数远远大于河床-河漫滩型泥炭地。

(3) TN 含量随着泥炭粒级的减小而明显增加, 河流型泥炭沉积物不同机械组分中 TN 的变化幅度远远大于谷底洼地型。

(4) NH_4^+ -N 主要分布在粒级 $0.149 \sim 0.074 \text{ mm}$ 的泥炭机械组分中, NO_3^- -N 主要分布在粒级 $0.03 \sim 0.149 \text{ mm}$ 的泥炭机械组分中。

(5) 氧化-还原条件的差异导致河床-河漫滩型泥炭不同机械组分中 NH_4^+ -N 含量明显高于谷底洼地型, 而 NO_3^- -N 含量则显著低于谷底洼地型。

致谢: 本工作得到中国科学院三江平原沼泽湿地生态试验站的协助与支持, 在此表示衷心感谢。

参考文献:

- 1 何持全,赵魁义,余国营等. 湿地生态过程研究进展. 地球科学进展, 2000, **15**(2): 165 ~ 171.
- 2 白光润,王升忠,冷雪天等. 草本泥炭形成的生物环境机制. 地理科学, 1999, **53**(3): 246 ~ 254.
- 3 朱广伟,陈英旭. 沉积物中有机质的环境行为研究进展. 湖泊科学. 2001, **13**(3): 272 ~ 279.
- 4 刘景双,孙雪利,于君宝. 三江平原小叶樟,毛果苔草枯落物中氮素变化分析. 应用生态学报, 2000, **11**(6): 898 ~ 902.
- 5 Scudlark J E, T M Church. The sedimentary flux of nutrients at a Delaware salt marsh site: a geochemical perspective. Biogeochemistry, 1989, **7**: 55 ~ 75.
- 6 Childer D L, H N Mckellar, R F Dame et al. A dynamic nutrient budget of subsystem interaction in a salt marsh estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1993, **36**: 105 ~ 131.
- 7 Prestegard K L, M O'Connell. Seasonal timing and process of nitrite delivery to streams in the lower Chesapeake Bay drainage. In: University of Maryland, USA, Water Resource Research Center FY 94 Report to U.S. Dept. of interior Grant No. 14-08-0001-G2024. 1995, 13 ~ 17.
- 8 Rizzo W M, R R Christian. Signification of subtidal sediments to heterotrophically-mediated oxygen and nutrient dynamics in temperate estuary. Estuaries, 1996, **19**: 475 ~ 487.
- 9 White D S, B L Howes. Nitrogen incorporation into decomposing litter of *Spartina alterniflora*. Limnology and Oceanography, 1994, **39**: 133 ~ 140.
- 10 Anderson J M, Lneson P, Huisk A C. Nitrogen and cation mobilization by soil faunafeeding on leaf litter and soil organic matter from deciduous woodland. Soil Biol. Biochem, 1983, **15**: 463 ~ 467.
- 11 Judith M Stribling, Jeffery C Cornwell. Nitrogen, phosphorus and sulfur dynamics in a low salinity marsh system dominated by *Spartina alterniflora*. Wetland, 2001, **21**(4): 629 ~ 638.
- 12 Campbell C R. Determination of total nitrogen in plant tissue by combustion. In: Plant analysis reference procedures for the south region of U.S. USDA, Washington DC, USA: Southern Cooperative Research Bulletin, 1992, **368**: 21 ~ 23.
- 13 David A wedin, David Tilman. Influence of nitrogen loading and species compstion on the carbon balance of grasslands. Science, 1996, **274**(6): 1720 ~ 1724.
- 14 Stump L M Binkly. Relation between litter quality and nitrogen availability in Rocky Mountain forest. Can. J. for Res., 1993, **23**: 492 ~ 502.
- 15 Vorosmarty C J, T C Loader III. Spring-neap tidal contrasts and nutrient dynamics in marsh-dominated estuary. Estuaries, 1994, **17**: 537 ~ 551.
- 16 中国科学院长春地理研究所沼泽研究室. 三江平原沼泽. 北京:科学出版社, 1983. 1 ~ 13.
- 17 刘兴士,马学慧. 三江平原自然环境变迁与生态保育. 北京:科学出版社, 2002. 38 ~ 42.