

# 向海沼泽湿地土壤氮素的空间分布格局\*

白军红<sup>1,2</sup>, 欧阳华<sup>1</sup>, 邓伟<sup>2</sup>, 周才平<sup>1</sup>, 王庆改<sup>3</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

2. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012; 3. 中国环境科学研究院, 北京 100012)

**摘要:** 本文运用地统计学方法探讨了吉林省通榆县向海沼泽湿地土壤氮素在植物生长初期的空间分布格局, 结果表明除铵态氮外, 其他各形态氮素主要集中分布在表层土壤, 呈现出由表层向下逐渐减少的趋势。各形态氮素和全氮都具有高度的变异特征, 其中表层土壤碱解氮的变异最大, 铵态氮最小, 变异系数分别为 65.64% 和 49.51%; 其他各层土壤有机氮、全氮和硝态氮含量的统计变异较大, 而碱解氮和铵态氮较小; 有机氮和全氮的空间分布格局具有显著的相似性; 表层土壤全氮、有机氮和碱解氮的高值区和低值区具有高度的一致性; 除碱解氮主要集中在土壤表层外, 其他形态氮素和全氮在土壤较深层次均出现累积峰。

**关键词:** 氮素; 沼泽湿地; 变异; 空间分布格局

**中图分类号:** S153.6+1 **文章编号:** 1000-0585(2004)05-0614-09

## 1 引言

湿地作为氮素的源、汇或转化器<sup>[1]</sup>, 可促进、延缓或遏制环境的恶化趋势。湿地氮素的空间分布格局显著影响着湿地的诸多生态过程, 是研究氮行为微观过程的基础。不同的湿地类型, 土壤肥力差异较大, 即使在同一湿地内, 土壤肥力也是不均一的, 具有高度的空间异质性<sup>[2]</sup>。20 世纪 70 年代, 地统计学成功地被引入到土壤科学领域<sup>[3]</sup>。80 年代以来, 空间异质性已经成为土壤科学研究的重要内容并开始由定性描述转向定量研究, 还引进了 Kriging 内插技术, 进一步研究了 Cokriging 内插、puctual Kriging 内插等技术, 并用于土壤制图<sup>[4-6]</sup>。进入 90 年代, 开始与 GIS 技术相结合并取得了长足发展<sup>[7-10]</sup>。

向海沼泽湿地地处松嫩平原西部的霍林河流域, 分布于半干旱区域, 为我国广大农牧交错带与生态脆弱带的典型代表之一, 是国际重要湿地。向海湿地已成为维持该地区生态平衡的关键因素, 也是东部生态环境保护的天然屏障之一。盲目开垦、超载放牧、修建水利工程、芦苇收割等人类活动显著影响着向海湿地氮素的转换过程及反应途径, 给生态环境带来了潜在的威胁<sup>[11]</sup>。研究湿地土壤氮素的空间分布格局, 可为进一步开展湿地氮素库间输移、湿地净化能力、湿地生产力以及湿地中氮素的生物小循环等研究奠定基础, 也可定量研究湿地生态功能和湿地修复与重建提供基础数据和理论支持。

## 2 材料与方法

### 2.1 研究区自然概况

研究区位于吉林省通榆县西部的向海自然保护区内(图 1)。保护区总面积为 105467

收稿日期: 2004 02 28; 修订日期: 2004 07 19

基金项目: 中国博士后科学基金 (2004035096); 国际科技合作重点项目 (2001DFDF0004) 资助

作者简介: 白军红 (1976), 男, 河北无极县人, 博士后。主要研究方向为湿地生物地球化学过程及景观格局变化。E-mail: junhongbai@163.com or junhongbai@ahoo.com.cn

hm<sup>2</sup>, 其中湿地面积为 36100 hm<sup>2</sup> (包括水域面积 12500 hm<sup>2</sup>和芦苇沼泽面积 23600 hm<sup>2</sup>)。蒙古黄榆天然林达 1.9 万 hm<sup>2</sup>。有鸟类 293 种, 其中国家 I 级保护鸟类 10 种, II 级保护鸟类 41 种, 具有湿地生态环境质量指示性的鹤类 6 种<sup>[12]</sup>。向海湿地处于北温带大陆性季风气候区半干旱草原地带, 年平均气温 5.1℃; 平均年降水量 408.2mm, 多集中在 7、8 月份; 年蒸发量 1945mm, 约为降水量 5 倍。区内河流主要有霍林河、额穆泰河及洮儿河引水工程季节性河流, 有向海水库、兴隆水库、尖底泡、付老文泡等水库及自然泡沼 20 多处。土壤类型主要为栗钙土、盐碱土、草甸土、沼泽土和风沙土<sup>[11]</sup>。

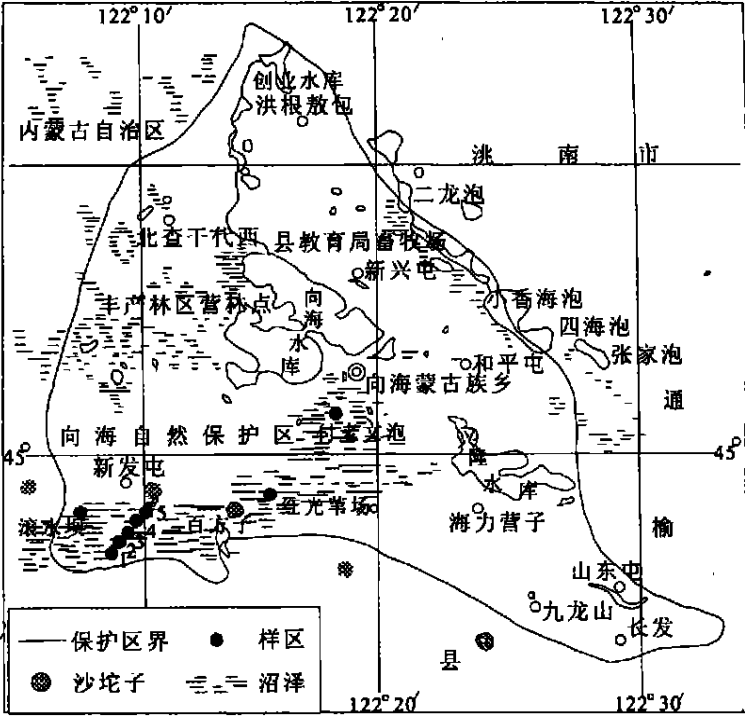


图 1 向海湿地样区分布图

Fig. 1 Location of sampling sites in Xianghai wetland

2.2 土壤样品的采集

2001 年 5 月份, 选择四个典型区——付老文泡 (FLWP)、二百方子 (常年淹水与一年一遇洪泛区交界带 EBFZ1, 一年一遇洪泛区 EBFZ2, 五年一遇洪泛区 EBFZ3, 十年一遇洪泛区 EBFZ4, 百年一遇洪泛区 EBFZ5)、红光苇场 (HGWC) 和滚水坝 (GSB), 对向海沼泽湿地进行了大规模的总体调查和采样。

样品采集包括土壤表层 (0~ 10cm) 样品和土壤剖面样品。表层土壤样品以每份多点混合的方法随机采集, 共采集土样 120 个; 土壤剖面样品按 10cm 间隔分 12 个层次采集, 土壤剖面深度为 120cm, 3 个土壤剖面按等层次进行混合, 总计 120 个土壤剖面样品。所采集的样品及时带回实验室自然风干后, 捡去石块、残根等杂物, 用球磨机磨碎, 过 100 目筛, 装袋备用待测。

2.3 样品的理化性质测定

全氮的测定采用开氏定氮法; 硝态氮采用酚二磺酸比色法; 铵态氮采用氯化钾浸提-靛酚蓝比色法; 碱解氮采用碱解扩散法<sup>[13]</sup>。

有机氮=全氮-无机氮(铵态氮+硝态氮), 由于开氏消煮法测定的全氮中基本上不包含固定态铵以及硝态氮和亚硝态氮<sup>[13]</sup>, 所以有机氮的含量可由全氮与铵态氮的差值来粗略表示。

## 2.4 统计分析方法

湿地土壤养分变量是一区域化变量, 也是一随机函数, 但不同于纯随机变量的是它同时具有随机性和结构性特征。湿地土壤养分变量满足二阶平稳和本征假设<sup>[4]</sup>, 当样本空间足够大时, 其理论变异函数的计算式<sup>[4~8]</sup>为:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^n [Z(x_i+h) - \bar{Z}(x)]^2 \quad (1)$$

对湿地土壤养分空间变异的半方差拟采用应用最广的球状模型进行拟合。

球状模型的表达式如下:

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C(3h/2a - h^3/2a^3) & 0 < h \leq a \\ C_0 + C & h > a \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $C_0$ 为块金常数或块金方差,  $C_0 + C$ 为基台值,  $C$ 为拱高或结构方差,  $a$ 为变程。

在实际的土壤调查中, 因只能在一定量的离散点位上采样和测定土壤养分的性质, 所以对没有采样的点位的土壤养分的性质就必须进行估计和判断。克立格法(Kriging)是利用区域化变量的原始数据和半方差函数的结构性, 对未采样点的区域化变量的取值进行线性无偏最优估计的一种方法<sup>[4,6]</sup>。与一般的估计方法相比, 其优点在于最大限度地利用了空间取样所提供的各种信息。

## 3 结果与讨论

### 3.1 湿地土壤氮素含量的测定结果分析

由表1可知, 向海沼泽湿地土壤中除铵态氮外, 其他各形态氮素主要集中在表层土壤, 呈现由表层向下逐渐减少的趋势。其中表层土壤碱解氮含量的统计变异最大, 铵态氮最小, 变异系数分别为65.64%和49.51%; 其他各层土壤中有机氮、全氮和硝态氮的统计变异较大, 碱解氮和铵态氮则相对较小。这表明有机氮和全氮含量的地区差异较大, 离散程度较大。由于硝态氮易向下淋溶, 所以在一些较深的土层出现了较高的变异系数; 而铵态氮较稳定, 不易淋失, 所以剖面上部土层的变异系数要显著高于下部土层; 碱解氮主要集中在植物根系分布区, 其含量受植物根系及其根际环境的影响较显著<sup>[14]</sup>, 所以也出现剖面上部土层的变异系数高于下部土层。而有机氮及全氮在剖面50~90cm之间出现高变异系数可能与泥沙沉积或根系分布有关, 但其原因还有待进一步澄清。

### 3.2 向海沼泽湿地表层土壤氮素的空间分布格局

3.2.1 表层土壤全氮的水平分布格局 由图2可知, 表层土壤全氮含量高于1400mg/kg等值线的区域约占80%以上, 形成三个高值区和两个低值区的分布格局。高值区主要分布在滚水坝、二百方子一年一遇洪泛区以及红光苇场, 低值区主要分布在付老文泡和二百方子百年一遇洪泛区。这主要与湿地的水分条件密切相关, 因为水分状况显著影响着湿地对全氮的持留能力<sup>[14]</sup>。滚水坝、二百方子一年一遇洪泛区和红光苇场湿地处于滞水或饱和状态, 不利于有机氮的矿化分解, 减少了硝态氮的反硝化损失。而付老文泡是霍林河的

一牛轭湖, 具有较短的干湿交替周期, 有利于湿地脱氮, 而长期淹水或较长干湿交替周期则不利于湿地脱氮<sup>[15,16]</sup>。Smith 等<sup>[17]</sup>和 Verhoeven 等<sup>[18]</sup>也都发现脱氮菌在厌氧条件下仍会产生酶, 所以干湿交替作用下脱氮作用较长期淹水更强。二百方子百年一遇洪泛区位于沙堤高岗地带, 且无植被覆盖, 易于表层有机氮的矿化分解和氨的气态损失, 导致表土层全氮含量较低。

表 1 向海沼泽湿地不同层次土壤氮素含量统计分析结果

氮素参数		土层 (cm)											
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120
硝态氮	平均值 (mg/kg)	2.77	3.73	1.35	1.97	1.82	2.29	1.59	1.75	1.64	1.49	1.57	1.50
	标准差 (mg/kg)	1.60	2.48	0.51	1.62	1.23	1.96	0.82	1.15	0.73	1.04	1.03	0.41
	变异系数 (%)	57.76	66.49	37.78	82.23	67.58	85.59	51.57	65.71	44.51	69.80	65.61	27.33
铵态氮	平均值 (mg/kg)	14.79	14.92	16.53	16.65	14.22	17.38	18.68	15.24	14.83	16.05	15.99	17.95
	标准差 (mg/kg)	7.33	6.39	5.44	8.14	4.71	8.28	6.10	3.46	4.95	2.41	2.69	2.06
	变异系数 (%)	49.51	42.83	32.91	48.89	33.12	47.64	32.66	22.70	33.38	15.02	16.82	11.48
有机氮	平均值 (mg/kg)	2340.90	1745.47	1093.54	762.64	341.07	590.74	705.01	664.74	531.40	335.09	493.34	246.91
	标准差 (mg/kg)	1257.49	1550.42	737.09	484.69	179.29	468.99	762.48	741.66	464.76	88.29	298.34	103.23
	变异系数 (%)	53.72	88.83	67.40	63.55	52.57	79.39	108.15	111.57	87.46	26.35	60.47	41.81
全氮	平均值 (mg/kg)	2358.46	1764.12	1111.42	781.26	357.10	610.40	725.29	681.74	547.87	352.63	510.90	266.37
	标准差 (mg/kg)	1258.46	1553.09	741.15	480.55	180.52	470.80	767.37	742.49	465.76	89.55	296.94	103.01
	变异系数 (%)	53.36	88.03	66.68	61.51	50.55	77.13	105.80	108.91	85.01	25.39	58.12	38.67
碱解氮	平均值 (mg/kg)	205.19	136.10	96.53	68.30	57.94	59.75	66.84	50.81	51.22	50.07	49.46	52.77
	标准差 (mg/kg)	134.69	84.29	41.53	29.80	18.51	26.04	25.95	16.76	19.09	16.89	12.20	13.78
	变异系数 (%)	65.64	61.93	43.02	43.63	31.95	43.58	38.82	32.99	37.27	33.73	24.67	26.11

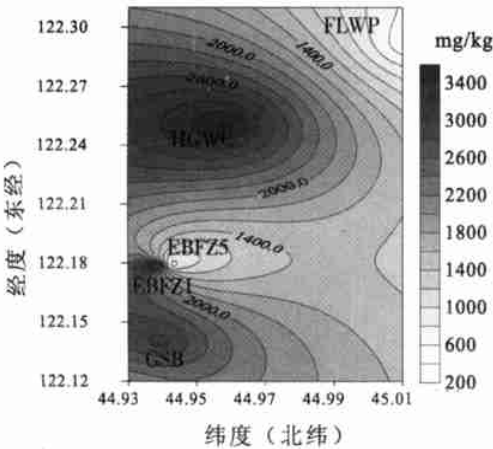


图 2 向海湿地表层土壤全氮水平分布  
Fig. 2 Pattern of horizontal distribution of total nitrogen in surface soils in Xianghai wetland

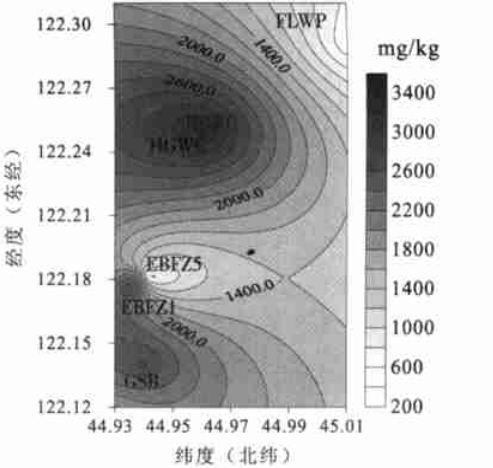


图 3 向海湿地表层土壤有机氮水平分布  
Fig. 3 Pattern of horizontal distribution of organic nitrogen in surface soils in Xianghai wetland

3.2.2 表层土壤有机氮水平分布格局 该区湿地土壤中 95% 以上的全氮以有机氮的形式存在, 土壤有机氮含量与全氮在  $p=0.01$  水平上呈极显著相关<sup>[14]</sup>, 所以其土壤中全氮含量主要决定于有机氮的含量; 二者的水平分异特征和引起分异的因素完全一致 (图 3)。

3.2.3 表层土壤铵态氮水平分布格局 表层土壤铵态氮等值线较稀疏, 分布相对均匀, 约 60% 的区域位于 16mg/kg 等值线以内; 铵态氮的梯度变化明显, 仅在滚水坝地带形成一高值区且等值线较密 (图 4)。这与该区土壤粘粒含量相对较高密切相关, 因为铵态氮在土壤中较稳定, 易被土壤胶体吸附<sup>[19]</sup>。

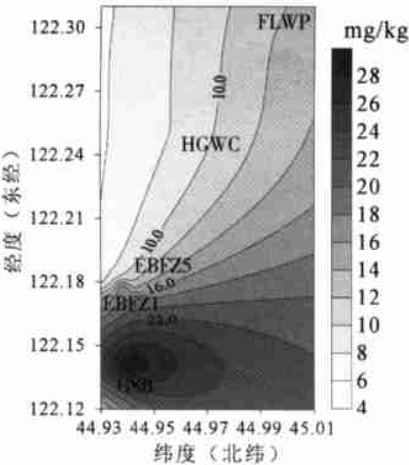


图 4 向海湿地表层土壤铵态氮水平分布  
Fig. 4 Pattern of horizontal distribution of ammonium nitrogen in surface soils in Xianghai wetland

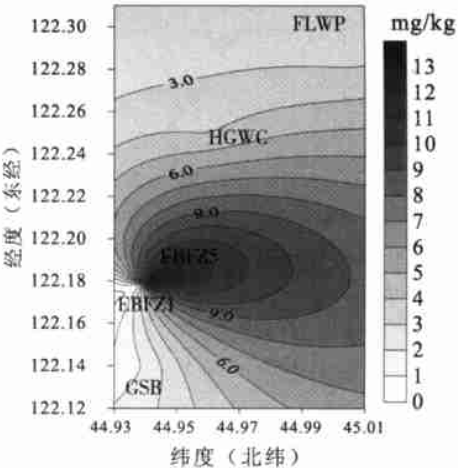


图 5 向海湿地表层土壤硝态氮水平分布  
Fig. 5 Pattern of horizontal distribution of nitrate nitrogen in surface soils in Xianghai wetland

3.2.4 表层土壤硝态氮水平分布格局 表层土壤硝态氮的含量相对较低, 硝态氮含量大都低于 9mg/kg (图 5)。由于区域水分条件差异以及硝态氮具有易淋失的特性, 所以形成了明显的高值区和低值区。低值区分布在二百方子常年淹水与一年一遇洪泛区的交界地带, 这是由于该区地表有少量积水, 硝态氮易于向下淋失, 而且抑制铵态氮进行硝化作用。而高值区分布在二百方子百年一遇洪泛区, 则可能与该区周围农田耕作、施肥有关<sup>[20]</sup>。

3.2.5 表层土壤碱解氮水平分布格局 碱解氮是能被植物吸收利用的有效养分, 即具有生物有效性的氮素, 包括硝态氮、铵态氮和易矿化有机氮, 主要集中于土壤根系分布区。向海沼泽湿地表层土壤碱解氮的含量相对较高, 约 80% 以上的区域碱解氮含量高于 120mg/kg。但其水平分异较大, 斑块效应显著; 在二百方子一年一遇洪泛区和红光苇场形成两高值区, 在滚水坝及二百方子百年一遇洪泛区地带形成两低值区 (图 6)。

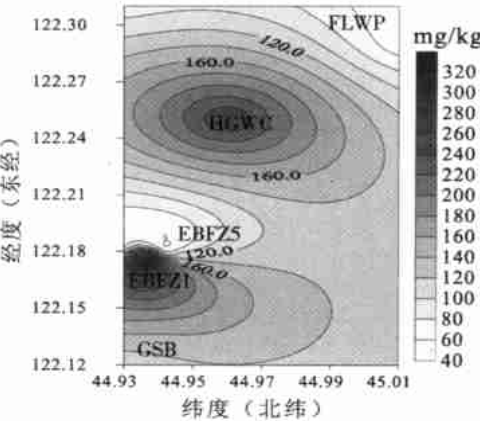


图 6 向海湿地表层土壤碱解氮水平分布  
Fig. 6 Pattern of horizontal distribution of available nitrogen in surface soils in Xianghai wetland

3.3 向海沼泽湿地土壤氮素的垂直分布特征

**3.3.1 湿地土壤全氮垂直分布格局** 该区全氮空间垂直分异较大, 主要集中在表层 (0~20cm), 土壤剖面中的累积峰明显。滚水坝土壤剖面中累积峰最大且出现在近地表层, 二百方子系列土壤剖面中的累积峰相对较小且层位较深 (图 7)。因滚水坝、二百方子处于季节性河流霍林河的下流, 旱季缺水, 使表层处于相对较干的氧化环境, 易于生物固氮; 且干湿交替不仅有利于表层土壤可溶性有机氮和硝态氮发生淋失, 而且还可促使有机氮发生矿化, 进而导致氮淋失, 所以在土壤剖面中出现累积峰。此外芦苇根系输入也是导致底层出现累积峰的重要原因之一<sup>[19]</sup>。

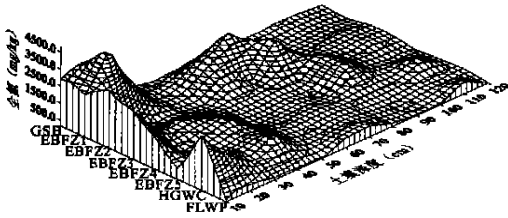


图 7 向海沼泽湿地土壤全氮垂直分布格局  
Fig. 7 Pattern of vertical distribution of total nitrogen in Xianghai wetland

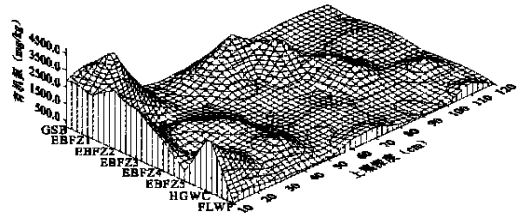


图 8 向海沼泽湿地土壤有机氮垂直分布格局  
Fig. 8 Pattern of vertical distribution of organic nitrogen in Xianghai wetland

**3.3.2 湿地土壤有机氮垂直分布格局** 与全氮的垂直分布格局相一致, 有机氮主要集中在土壤表层 (0~20cm), 剖面中的累积峰也很显著 (图 8)。表层土壤有机氮含量变化主要决定于其矿化分解与腐殖化之间的比例关系, 当矿质化程度高于腐殖化程度时, 土壤有机氮含量便会因分解而减少, 反之则增加。Chen<sup>[21]</sup>等在模拟红树林湿地土壤中养分累积试验中也发现有机氮的矿化率影响着其累积量。由于矿化分解程度与氧化还原环境密切相关, 所以该区有机氮含量分异受淹水条件的制约作用十分显著。地表润湿的表层土壤有机氮含量较高, 而地表干旱的表层土壤有机氮则较低。而有机氮累积峰的出现则与可溶性有机氮的淋失和植物根系分布密切相关<sup>[14]</sup>。

**3.3.3 湿地土壤铵态氮垂直分布格局** 土壤铵态氮含量的垂直分异较大, 剖面中的累积峰十分显著, 但累积峰出现的深度和大小不一。滚水坝的累积峰出现在土壤表层, 二百方子五年一遇洪泛区的累积峰出现在 30~40cm, 红光苇场和二百方子常年淹水与一年一遇洪泛区交界带的累积峰分别出现在 50~60cm 处和 60~70cm 处 (图 9)。铵态氮累积峰的形成是土壤微生物活动、有机氮的矿化以及植物吸收等综合作用的结果, 主要受湿地水文条件的影响<sup>[14]</sup>。

**3.3.4 湿地土壤硝态氮垂直分布格局** 硝态氮的垂直分布格局地域差异显著。二百方子百年一遇洪泛区中土壤硝态氮含量变化最明显, 形成多个显著的累积峰, 而二百方子其他剖面土壤硝态氮含量相对较低, 且垂直分异变化较小, 仅在亚表层出现很小的累积峰。滚水坝的累积峰也只出现在表层土壤 (图 10)。

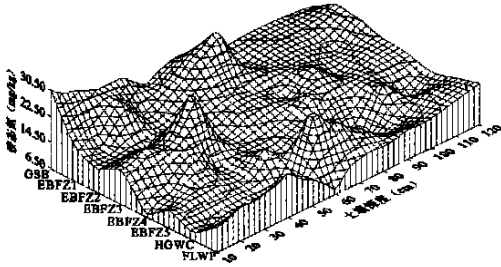


图 9 向海沼泽湿地土壤铵态氮垂直分布格局

Fig. 9 Pattern of vertical distribution of ammonium nitrogen in Xianghai wetland

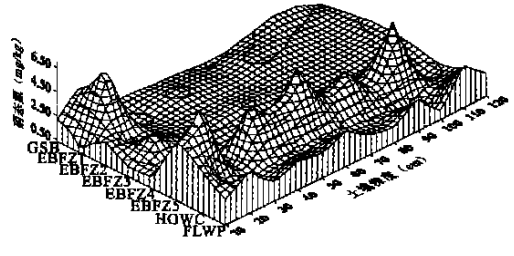


图 10 向海沼泽湿地土壤硝态氮垂直分布格局

Fig. 10 Pattern of vertical distribution of nitrate nitrogen in Xianghai wetland

硝态氮的淋失是湿地土壤剖面中形成累积峰的主要原因之一<sup>[19]</sup>。由于  $\text{NO}_3^-$  离子不易被带负电荷的土壤粒子所固定，较易发生淋失，所以氮素在湿地中主要通过地下潜流以硝态氮的形式输移流失<sup>[1]</sup>。而且土壤硝态氮含量与土壤水分条件和水位高低密切相关，长期保持过湿状态或地表有临时性积水的地带，仅在土壤亚表层形成硝态氮的累积峰，而地表较为干旱或干湿交替周期短的地带，土壤剖面中出现多个累积峰。此外二百年一遇洪泛区中硝态氮变化显著的原因则与该区土壤质地和农田耕作有关<sup>[20]</sup>。

3.3.5 湿地土壤碱解氮垂直分布格局 碱解氮是可被植物直接吸收利用的有效养分，主要集中于土壤表层 0~20cm 内，20cm 以下碱解氮含量急剧下降，且无累积峰出现（图 11）。碱解氮的含量主要决定于铵态氮、硝态氮以及可矿化有机氮的含量，尤其是可矿化有机氮的含量的多少，所以碱解氮也主要分布在表层土壤。此外芦苇根系吸收对其含量分布也具有显著的影响<sup>[19]</sup>。

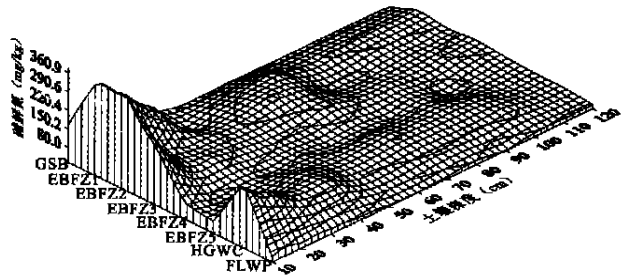


图 11 向海沼泽湿地土壤碱解氮垂直分布格局

Fig. 11 Pattern of vertical distribution of total nitrogen in Xianghai mire wetland

## 4 结论

本研究运用地统计学方法探讨了向海沼泽湿地土壤氮素的空间分布格局，主要结论如下：

(1) 除铵态氮外，其他各形态氮素主要集中分布在表层土壤，呈现出由表层向下逐渐减少的趋势。各形态氮素和全氮具有高度的变异特征，其中表层土壤碱解氮含量的统计变异最大，铵态氮最小，变异系数分别为 65.64% 和 49.51%；其他各层土壤中有有机氮、全氮和硝态氮的统计变异较大，碱解氮和铵态氮则相对较小。

(2) 植物生长初期土壤各形态氮素的空间分布格局既有一定的相似性，又存在显著差异；有机氮和全氮的空间分布格局具有显著的相似性，表层土壤全氮、有机氮和碱解氮

的高低含量区具有高度的一致性; 除碱解氮主要集中在土壤表层外, 其他形态氮素和全氮在土壤较深层次均有累积峰出现。

(3) 氮素的行为过程与外界环境因子的综合作用决定了氮素的空间分布格局, 但量化外界环境因子与对湿地氮素空间分布格局的影响还需做深入的研究。

### 参考文献:

- [ 1 ] Mitsch W J, Gosselin J G. Wetlands. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc., 2000. 89~ 125.
- [ 2 ] 傅国斌, 李克让. 全球变暖与湿地生态系统的研究进展. 地理研究, 2001, **20**( 1 ): 120~ 128.
- [ 3 ] 王世岩, 杨永兴, 杨波. 三江平原典型湿地土壤温度变化及其影响因素分析. 地理研究, 2003, **22**( 3 ): 389~ 396.
- [ 4 ] 白军红, 余国营, 王国平. 地统计学在湿地土壤养分空间异质性研究中的应用. 农业环境保护, 2001, **20**( 5 ): 311~ 314.
- [ 5 ] 潘成忠, 上官周平. 土壤空间变异性研究评述. 生态环境, 2003, **12**( 3 ): 371~ 375.
- [ 6 ] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用. 北京: 科学出版社, 1999. 1~ 3.
- [ 7 ] Goovaerts P. Geostatistics for natural resources evaluation. New York: Oxford University Press, 1997. 125~ 181.
- [ 8 ] Andrew W W, Cunter B, Rodger B G. Geostatistical characterization of soil moisture patterns in Tarawarna catchment. Journal of Hydrology, 1998, **205**: 20~ 37.
- [ 9 ] 周慧珍, 龚子同, Lamp J. 土壤空间变异性研究. 土壤学报, 1996, **33**( 3 ): 232~ 241.
- [ 10 ] White J G, Welch R M, Norvell W A. Soil Zn map of USA using geostatistics and geographic information systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 1997, **61**: 185~ 194.
- [ 11 ] 赵福山 主编. 通榆县志. 长春: 吉林人民出版社, 1994. 47~ 76.
- [ 12 ] 赵魁义. 中国沼泽志. 北京: 科学出版社, 1999. 255~ 260.
- [ 13 ] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999. 107~ 147.
- [ 14 ] Bai J, Deng W, Zhu Y, *et al.* Spatial variability of nitrogen in soils from land/ inland water ecotones. Comun. Soil Sci. Plant Anal., 2004, **35**( 5- 6 ): 735~ 750.
- [ 15 ] Reddy K R, Patrick W H Jr, Phillips R E. Ammonium diffusion as a factor in nitrogen loss from flooded soils. Soil Science Society of American Journal, 1976, **40**: 528~ 533.
- [ 16 ] Groffman P M, Patrick W H. Denitrification hysteresis during wetting and drying cycles in soil. Soil Sci. Soc. Am. J., 1988, **52**: 1626~ 1629.
- [ 17 ] Smith C M, Tiedje J M. Phases of denitrification following oxygen depletion in soil. Biol. Biochem., 1979, **11**: 261~ 267.
- [ 18 ] Verhoeven J T A, Whigham D F, Kerkhoven M Van. Comparative study of nutrient related processes in geographically separated wetlands: towards a science base for functional assessment procedure. In: Mitsch W J. Global Wetlands: Old World And New. Columbus: Elsevier Press, 1994. 91~ 106.
- [ 19 ] 白军红, 王庆改. 向海沼泽湿地土壤氮素分布特征及生产效应研究. 土壤通报, 2002, **33**( 2 ): 113~ 116.
- [ 20 ] 白军红, 邓伟, 朱颜明, 等. 洪泛区湿地土壤有机质和氮素的空间分布特征. 环境科学, 2002, **23**( 2 ): 77~ 81.
- [ 21 ] Chen R, Robert R T. A simulation model of organic matter and nutrient accumulation in mangrove wetland soils. Biogeochemistry, 1999, **44**: 93~ 118.



## Spatial distribution pattern of nitrogen in marsh soils in Xianghai wetlands

BAI Jun hong<sup>1,2</sup>, OUYANG Hua<sup>1</sup>, DENG Wei<sup>2</sup>, ZHOU Cai ping<sup>1</sup>, WANG Qing gai<sup>3</sup>

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, CAS, Changchun 130012, China;

3. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

**Abstract:** Wetlands serve as source, sink or transfer of nitrogen(N), and spatial distribution of N in wetlands also significantly influences most ecological processes of wetlands. Some researchers have testified that soil nutrients in wetlands had higher spatial heterogeneity. Geostatistics have been successfully used in soil science and become an efficient tool to research spatial heterogeneity of soils since the 1970s. Xianghai wetland is a one of international importance, which is located at the downstream of Huolin river catchment of semiarid area and is a typical agriculture/pastoral ecotone and ecological fragility zone in the west of Jilin province. Xianghai wetland has been the important factor keeping ecological balance and one of the natural barriers for eastern ecological environment in this region. At present, Xianghai wetlands are potentially threatened as a result of such human activities as overgrazing, building large scale irrigation works and unreasonable reclamation. Spatial distribution pattern of total N and N forms in marsh soils during plant budding were studied using geostatistics of Xianghai wetlands in May, 2001. The results showed that, with the exception of ammonium N, other forms of N and total N were mainly distributed on surface soils, appearing a decreasing tendency gradually with the increase of soil depth; the total N and all forms of N contents had higher statistical variations; on surface soils, the statistical variation of the available N was the highest, but ammonium N the lowest, with variation coefficients of 65.64% and 49.51%, respectively. For other soil layers, soil organic N, total N and nitrate N had higher statistical variations, but available N and ammonium N had lower statistical variations. The spatial distribution pattern of total N was similar to that of organic N; it was highly consistent in distribution areas with higher or lower contents of N forms; with the except of the fact that available N concentrated on top soils, other forms of N appeared accumulation peaks in deeper layers of soil profiles. Both N behavioral processes and environmental factors controlled spatial distribution pattern of N, but quantifying their influences on spatial distribution pattern needed further studies.

**Key words:** nitrogen; marsh wetland; variation; spatial distribution pattern