

公别拉河流域三类湿地水化学特征研究*

满秀玲^{1,2} 蔡体久^{1**}

(¹东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040; ²北京林业大学资源与环境学院, 北京 100083)

【摘要】 选择公别拉河流域有代表性的丛苔草湿地、臆囊苔草-细叶沼柳湿地和沼泽皱蒴藓-柴桦湿地为研究对象, 分别对其水化学特征进行研究和分析. 结果表明, 三类湿地水中的阴离子以 HCO_3^- 为主, 占阴离子总量的 81.91%~85.46%, 阳离子以 Ca^{2+} 为主, 占阳离子总量的 56.80%~69.32%, 其水化学类型为重碳酸盐类钙型水. 三类湿地水 pH 为 6.2~7.1, 矿化度为 112.56~461.23 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 总硬度为 14.31~148.53 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. 三类湿地水的各项指标基本符合国家 I、II 类水质标准, 但 Fe、Mn 含量超标, 在一定程度上影响本区水资源质量. 从时间和空间角度分析了三类湿地水的水化学特征变化规律, 并对湿地水微量元素含量进行了分析.

关键词 公别拉河流域 湿地 水化学特征 季节动态

文章编号 1001-9332(2005)07-1335-06 **中图分类号** P343.4 **文献标识码** A

Hydrochemical characteristics of three kinds of wetland in Gongbiela Basin. MAN Xiuling^{1,2}, CAI Tijiu¹ (¹School of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; ²College of Resources and Environmental Sciences, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2005, 16(7): 1335~1340.

The study on the hydrochemical characteristics of three representative kinds of wetland in Gongbiela Basin showed that in the water of test wetlands, HCO_3^- was the dominant anion, accounting for 81.91%~85.46% of total anions, and Ca^{2+} was the dominant cation, accounting for 56.80%~69.32% of total cations. The hydrochemical type belonged to that of bicarbonate calcium. In the three kinds of wetland, water pH ranged from 6.2 to 7.1, mineralization degree ranged from 112.56 to 461.23 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, and hardness ranged from 14.31 to 148.53 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. On the whole, the water quality of the wetlands met the grade 1 and grade 2 national environmental water quality standards, but the Fe and Mn contents exceeding the standards influenced the water resource quality of this area. The spatial and temporal changes of hydrochemical characteristics of the wetlands and the trace element contents in the water were also discussed and analyzed.

Key words Gongbiela Basin, Wetland, Hydrochemical characteristics, Seasonal dynamics.

1 引言

公别拉河是黑龙江中游右岸的一级支流, 其流域内分布有大面积沼泽湿地, 不仅有森林沼泽、灌丛沼泽, 还有草本沼泽和藓类沼泽^[4, 10, 11, 28], 湿地类型齐全, 植物种类多样, 为维护当地生态环境发挥了重要作用^[22, 23, 27]. 但由于近年来农田开垦、过渡放牧及沿河湿地开采金矿等人为活动, 使该流域湿地资源遭到严重破坏, 湿地功能下降, 河流水质变差, 直接影响着黑龙江干流的水质状况. 因此, 我们选择该流域上游未受干扰的沼泽湿地为研究对象, 研究其水化学背景特征及其变化规律, 为本地区湿地恢复及水资源保护与利用提供科学依据.

2 研究地区与研究方法

2.1 研究地区概况

公别拉河流域位于黑龙江省黑河市西南部, 流域面积 2 750 km^2 , 河流全长 147 km, 地理坐标是 126°30'~127°30'

E, 49°40'~50°10'N. 本区属寒温带季风气候, 受太平洋季风及西伯利亚高压影响, 夏季多雨, 冬季寒冷而漫长, 年均降水量 551.6 mm, 年均气温 -1.5 °C. 本区河流密集, 河谷宽阔而深长, 河谷漫滩发育完好, 滩面宽 300~1 400 m, 形成大面积的沼泽湿地. 主要湿地植被有丛苔草 (*Carex caespitosa*)、臆囊苔草 (*Carex schmidtii*)、细叶沼柳 (*Salix rosmariniifolia*)、柴桦 (*Betula fruticosa*)、笃斯越桔 (*Vaccinium uliginosum*)、沼泽皱蒴藓 (*Aulacomnium paluster*)、白桦 (*Betula platyphylla*) 等. 主要湿地土壤有潜育草甸土、腐殖质沼泽土、泥炭沼泽土和泥炭土等.

2.2 研究方法

本研究区湿地分布有一定规律性, 即以河流为中心带, 依次向两侧分布有草本沼泽、灌丛沼泽及森林沼泽等, 多呈带状平行于河岸分布, 有些湿地类型呈块状镶嵌其中. 本文选取有代表性的丛苔草沼泽、臆囊苔草-细叶沼柳沼泽和沼

* 国家自然科学基金项目(30471424)和黑龙江省科技攻关资助项目(GC04B608).

** 通讯联系人.

2004-12-22 收稿, 2005-04-06 接受.

泽皱蒴藓-柴桦沼泽为研究对象,分别在每一湿地类型中选择代表性地块设置 20 m × 20 m 的样地,每一样地内选择 3 个样点,挖坑埋设直径为 50 cm 的聚乙烯管(深度以永冻层为准),管下部钻眼埋沙,顶部要露出地面 30 cm,以防地表积水流入。于 2004 年 5~9 月每月采集水样一次,立即送黑河市水文局水质监测中心进行水化学分析。

水化学分析采用国家标准(GB5749-85),各项目所采用的测定方法及仪器如下:总硬度、 Cl^- 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 及 Ca、Mg 均采用滴定法测定;pH 值采用 Quanta 型分析仪测定;矿化度采用 TG328A 型分析天平测定;总 N、总 P 采用 721 型分光光度计测定;K、Na、Fe、Cu、Mn、Zn、Cd 采用 WFX-130 型原子吸收光度计测定;Pb 采用原子荧光光度计测定;Hg 采用 ZYG-II 型原子荧光测汞仪测定。

3 结果与分析

3.1 pH 值、总硬度和矿化度

表 1 可以看出,三类湿地水的 pH 值变化在 6.2~7.1 之间,属微酸性至中性,各类湿地平均 pH 值大小排序为:臙囊苔草-细叶沼柳湿地 > 丛苔草湿地 > 沼泽皱蒴藓-柴桦湿地。这说明藓类湿地是湿地发育的较高阶段^[19],其酸度较高。三类湿地水的 pH 值还表现为明显的季节变化,其中,丛苔草湿地和沼泽皱蒴藓-柴桦湿地表现出一致的规律,即 5 月份 pH 值较低,随后升高,至 8 月份达到最大值,然后表现为下降趋势;而臙囊苔草-细叶沼柳湿地除 5 月份 pH 值较低外,其它月份均较高。

三类湿地水的总硬度变化在 14.31~148.53 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,其变化特点表现为靠河岸的丛苔草湿地水总硬度最大,随着地势抬高,臙囊苔草-细叶沼柳湿

地总硬度有所降低,沼泽皱蒴藓-柴桦湿地总硬度最小,且相对稳定,季节变化不明显。丛苔草和臙囊苔草-细叶沼柳湿地水总硬度存在一定的季节波动性,从春季到秋季随时间变化有增加趋势。

矿化度是水体质量评价的重要指标之一^[12,14,17]。三类湿地水的矿化度变化在 112.56~461.23 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间,季节动态明显,表现为 5 月份矿化度最低,其他月份有波动性升高趋势。其主要原因是 5 月份的湿地水主要来自于融雪水,由于雪的矿化度较小,从而使其矿化度较低。随着气温的升高和降雨量的增多,微生物活动加强,矿化作用强烈,从而使湿地水的矿化度增高,尤其是湿热反映强烈的 7、8 月份,矿化度达最大值。9 月份气温降低,矿化作用缓慢,各类湿地矿化度降低。其平均矿化度排序为丛苔草湿地 > 沼泽皱蒴藓-柴桦湿地 > 臙囊苔草-细叶沼柳湿地。

3.2 水化学类型及主要离子

由表 2 可见,本区湿地水中没有 CO_3^{2-} , HCO_3^- 占有绝对优势,占阴离子总量的 81.91%~85.46%。阳离子以 Ca^{2+} 为主,占阳离子总含量的 56.80%~69.32%,其他阳离子所占比例均小于 25%。若按照水文地质学的常用方法^[3,8],根据 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 8 个主要组分的浓度百分比,以 25% 为下限来划分水化学类型^[18,29],本区湿地水的水化学类型为重碳酸盐类钙型水,属优质水类型^[1,2,15,17,28]。

三类湿地水的主要离子组分虽然各不相同,但其阴离子含量均表现为 $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ 。阳离子

表 1 三类湿地水 pH、总硬度和矿化度的季节动态

Table 1 Seasonal dynamics of pH, hardness and mineralization in the water of the three wetlands

湿地类型 Wetland type	项目 Item	日期 Date					平均 Average
		5.28	6.29	7.29	8.31	9.22	
丛苔草湿地 <i>Carex caespitosa</i> wetland	pH	6.50 ± 0.30	6.70 ± 0.17	6.7 ± 0.00	7.03 ± 0.06	6.50 ± 0.00	6.70
	总硬度 Total hardness ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	33.33 ± 3.11	76.97 ± 10.79	66.1 ± 6.79	131.13 ± 6.86	141.00 ± 9.90	87.58
	矿化度 Mineralization ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	150.33 ± 16.50	233.00 ± 21.00	219.5 ± 23.33	233.53 ± 35.19	158.00 ± 5.66	200.43
臙囊苔草-细叶沼柳湿地 <i>Carex schmidtii-Salix rosmarinifolia</i> wetland	pH	6.40 ± 0.20	6.60 ± 0.44	7.00 ± 0.14	7.05 ± 0.07	7.05 ± 0.07	6.77
	总硬度 Total hardness ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	26.80 ± 2.52	35.47 ± 5.72	96.15 ± 6.86	36.00 ± 2.09	133.50 ± 3.54	59.84
	矿化度 Mineralization ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	143.33 ± 4.51	205.00 ± 14.42	175.50 ± 14.85	126.00 ± 5.66	230.00 ± 4.24	175.67
沼泽皱蒴藓-柴桦湿地 <i>Aulacomnium paluster-Betula fruticosa</i> wetland	pH	6.43 ± 0.06	6.60 ± 0.44	6.70 ± 0.14	7.03 ± 0.06	6.40 ± 0.26	6.63
	总硬度 Total hardness ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	20.98 ± 2.04	35.47 ± 5.72	37.20 ± 1.13	19.07 ± 4.05	18.31 ± 2.80	21.32
	矿化度 Mineralization ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	118.00 ± 4.00	205.00 ± 14.42	232.00 ± 19.80	412.33 ± 41.46	148.00 ± 6.00	212.59

* 平均数 ± 标准差 Mean ± SD. 下同 The same below.

表 2 三类湿地水主要离子的季节动态

Table 2 Seasonal dynamics of main ion contents in the water of three wetlands ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

湿地类型 Wetland type	离子 Ion	日期 Date					平均 Average
		5.28	6.29	7.29	8.31	9.22	
丛苔草湿地 <i>Carex caespitosa</i> wetland	CO_3^{2-}	0	0	0	0	0	0
	HCO_3^-	52.83 ± 0.46	58.13 ± 5.90	91.27 ± 10.45	83.10 ± 10.58	148.77 ± 26.44	95.07
	Cl^-	1.10 ± 0.10	0.90 ± 0.01	1.64 ± 0.17	1.16 ± 0.04	2.75 ± 0.16	1.49
	SO_4^{2-}	14.57 ± 1.35	22.98 ± 5.37	13.34 ± 1.92	12.58 ± 1.68	11.05 ± 1.18	14.90
	K^+	2.22 ± 0.32	0.54 ± 0.33	0.25 ± 0.05	1.21 ± 0.17	0.51 ± 0.10	0.95
	Na^+	1.69 ± 0.13	2.96 ± 0.58	2.10 ± 0.58	7.47 ± 2.18	6.56 ± 0.69	4.16
	Ca^{2+}	10.57 ± 1.00	10.59 ± 8.19	18.58 ± 1.74	18.14 ± 3.76	37.57 ± 5.00	19.09
瓣囊苔草-细叶沼柳湿地 <i>Carex schmidtii-Salix rosmarinifolia</i> wetland	Mg^{2+}	1.49 ± 0.65	3.37 ± 1.99	5.49 ± 0.64	16.27 ± 5.56	9.51 ± 0.79	6.58
	CO_3^{2-}	0	0	0	0	0	0
	HCO_3^-	38.27 ± 0.25	39.83 ± 2.72	115.21 ± 13.12	44.50 ± 4.35	138.33 ± 19.60	84.43
	Cl^-	1.03 ± 0.15	1.07 ± 0.15	2.21 ± 0.80	1.07 ± 0.13	2.30 ± 0.65	1.54
	SO_4^{2-}	12.77 ± 1.00	13.56 ± 2.60	13.50 ± 2.79	11.54 ± 1.54	13.40 ± 2.65	12.89
	K^+	1.91 ± 0.45	0.61 ± 0.05	0.47 ± 0.10	0.64 ± 0.40	0.27 ± 0.10	0.78
	Na^+	1.51 ± 0.27	2.45 ± 0.76	2.75 ± 0.09	4.29 ± 0.18	4.54 ± 0.08	3.02
沼泽皱蒴藓-柴桦湿地 <i>Aulacomnium paluster-Betula fruticosa</i> wetland	Ca^{2+}	7.62 ± 0.89	10.83 ± 2.00	27.28 ± 1.14	9.75 ± 0.64	32.41 ± 6.65	18.14
	Mg^{2+}	1.94 ± 0.24	2.04 ± 0.70	5.50 ± 0.84	2.35 ± 0.16	9.44 ± 0.40	4.25
	CO_3^{2-}	0	0	0	0	0	0
	HCO_3^-	26.83 ± 0.75	97.96 ± 7.79	35.40 ± 0.86	42.03 ± 3.74	34.50 ± 0.66	52.47
	Cl^-	1.08 ± 0.03	1.30 ± 0.40	0.93 ± 0.06	2.23 ± 0.11	1.62 ± 0.73	1.45
	SO_4^{2-}	10.23 ± 0.89	10.51 ± 1.31	10.49 ± 2.78	16.67 ± 2.26	6.61 ± 0.62	10.12
	K^+	1.35 ± 0.29	0.81 ± 0.21	0.37 ± 0.06	1.58 ± 0.34	0.44 ± 0.16	0.91
Na^+	1.13 ± 0.01	1.35 ± 0.15	0.84 ± 0.09	3.80 ± 0.24	3.59 ± 0.51	2.14	
Ca^{2+}	6.21 ± 1.02	6.04 ± 2.45	7.40 ± 4.11	6.25 ± 2.17	5.19 ± 2.04	6.13	
Mg^{2+}	0.94 ± 0.27	1.91 ± 0.87	1.41 ± 0.34	1.80 ± 0.35	1.94 ± 0.60	1.62	

含量差异较大,丛苔草湿地和瓣囊苔草-细叶沼柳湿地水中, $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ + \text{Na}^+$, 而沼泽皱蒴藓-柴桦湿地 $\text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ + \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$. HCO_3^- 和 SO_4^{2-} 在三类湿地水中所占比例相差很大,随着地势的升高和距河流距离的加大, HCO_3^- 逐渐减少, SO_4^{2-} 逐渐增多,而 Cl^- 则相对稳定.三类湿地水中阴离子季节动态规律性不强.由于受降水、温度、积水深度、植被等因素综合影响,表现出一定的波动性.

3.3 总 N 和总 P

N 和 P 是植物有机合成必不可少的重要元素,也是影响水资源质量的重要指标^[5,6,15,21,29].三类湿地水中总 N 含量变化在 $0.35 \sim 2.26 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间,并表现出明显的季节变化规律.在 5 月份,三类湿地水中的总 N 含量均最低,随着温度升高,微生物活动增强,总 N 含量有逐渐升高趋势,但其高峰期,三类湿地却出现在不同月份(图 1 a),即丛苔草湿地出现在 9 月,瓣囊苔草-细叶沼柳湿地出现在 7 月,而沼泽皱蒴藓-柴桦湿地则出现在 8 月.与三江平原湿地相比,这三类湿地水总 N 含量较高^[17].

三类湿地水中总 P 含量变化范围为 $0.03 \sim 0.67 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,其季节动态有着相似的变化规律,均表现出单峰特征曲线(图 1 b),即 5 月份总 P 含量最低,随温度升高,总 P 含量不断增加,丛苔草湿地和瓣囊苔草-细叶沼柳湿地 7 月份达最大值,沼泽皱蒴藓-柴桦湿地峰值出现在 8 月,随后总 P 也逐渐降低.这一点与

三江平原湿地水中 P 的动态变化相驳^[21].

就其 N/P 来看,这三类湿地水的 N/P 的值均小于 16:1(小于此值则处于缺氮状态)^[9].这说明本区湿地水一般处于磷过剩状态,换句话说,则是处于缺氮

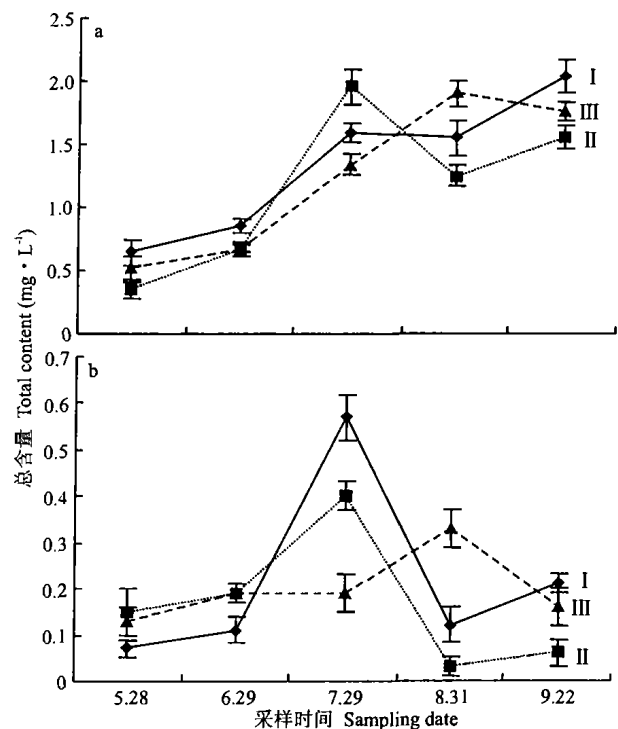


图 1 三类湿地水总 N(a)、总 P(b) 季节动态特征

Fig. 1 Seasonal dynamics of TN (a) and TP (b) in the water of the three wetlands.

I. 丛苔草湿地 *Carex caespitosa* wetland; II. 瓣囊苔草-细叶沼柳湿地 *Carex schmidtii-Salix rosmarinifolia* wetland; III. 沼泽皱蒴藓-柴桦湿地 *Aulacomnium paluster-Betula fruticosa* wetland. 下同 The same below.

状态,氮将是本区湿地生态系统的限制因子^[6,9].

3.4 Fe 和 Mn

由图 2a 可以看出,三类湿地水中 Fe 含量变化在 0.27~3.96 mg·L⁻¹ 范围内,与国家地下水质量标准(GB/T 14848-1993,Ⅲ类水 Fe 含量<0.3 mg·L⁻¹)相比较,基本属于超标状态.为什么本区湿地水的 Fe 含量会这么高?究其原因可能与本区土壤含 Fe 量和土壤酸碱度有关.研究表明,地下水 Fe 含量与含水介质(土壤)的 Fe 含量具有较好的相关性,即地下水 Fe 含量随土壤的 Fe 含量的增高而增高^[24,26].本区沼泽湿地土壤 Fe 含量平均为 30 477 mg·kg⁻¹,即湿地土壤中 Fe 含量为 3.05%,与我国各类土壤中含 Fe 平均值 2.94% 和我国沼泽土中 Fe 含量平均为值 2.86% 相比较,本区沼泽湿地土壤中含 Fe 量处于较高水平,这可能是导致本区湿地水中 Fe 含量很高的重要因素.一般地下水的 Fe 含量随酸度增强(pH 值减小)而增高,随 pH 值的增大,水中 Fe²⁺ 含量减少,当 pH>7.1 时,Fe²⁺ 含量明显降低.本区这三类湿地水的 pH 值均处于 6.2~7.1 之间,有利于铁离子的迁移和富集^[24,25,30],从而使湿地水中 Fe 含量增高.

三类湿地水中 Fe 含量在总体水平上表现出明显的空间变化特征,即靠近河岸的丛苔草湿地 Fe 含量最高,随地势的抬高,Fe 含量下降,腋囊苔草-细叶沼柳湿地 Fe 含量较小,位于台地上的沼泽皱蒴藓-柴桦湿地 Fe 含量最小(图 2 a).此外,三类湿地水中 Fe 含量还表现出明显的季节变化,均呈单峰曲线特征,即 5 月份 Fe 含量较小,随时间变化逐渐升高,丛苔草湿地和腋囊苔草-细叶沼柳湿地峰值出现在 7 月份,沼泽皱蒴藓-柴桦湿地峰值出现在 8 月份,

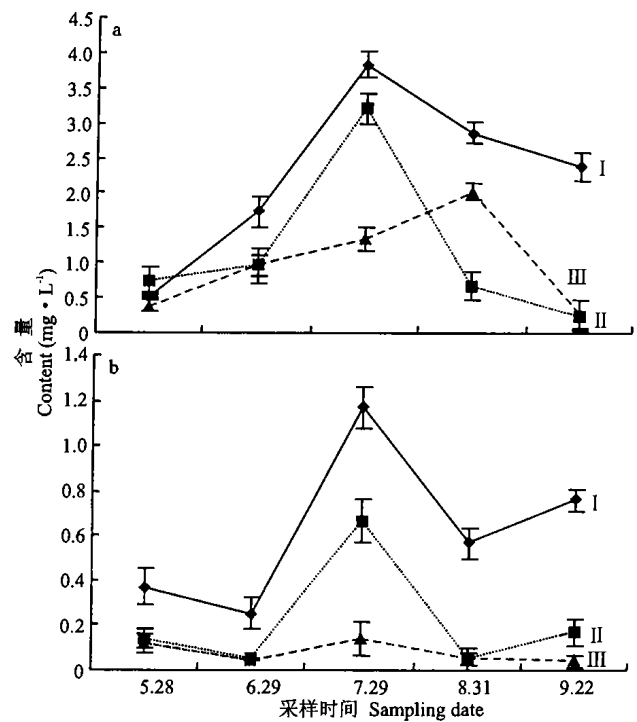


图 2 三类湿地水中 Fe(a)、Mn(b) 季节动态
Fig. 2 Seasonal dynamics of Fe (a) and Mn (b) in the water of three wetlands.

随后逐渐下降.9 月份丛苔草湿地水 Fe 含量仍保持较高水平(2.27 mg·L⁻¹),而腋囊苔草-细叶沼柳和沼泽皱蒴藓-柴桦湿地却下降至最低值(0.27 mg·L⁻¹).

三类湿地水中的 Mn 含量变化在 0.05~1.30 范围内,与国家地下水质量标准(Ⅲ类水 Mn 含量<0.1 mg·L⁻¹)相比,除个别月份外(如 6 月),均处于超标状态,其变化规律与 Fe 相似(图 2b).在空间上,三类湿地水中 Mn 含量大小排序为丛苔草湿地 > 腋囊苔草-细叶沼柳湿地 > 沼泽皱蒴藓-柴桦湿

表 3 三类湿地水中微量元素含量季节动态变化

Table 3 Seasonal dynamics of trace element contents in the water of the three wetlands(μg·L⁻¹)

湿地类型 Wetland type	元素 Element	日期 Date					平均 Average
		5.28	6.29	7.29	8.31	9.22	
丛苔草湿地 <i>Carex caespitosa</i> wetland	Cu	7.67 ± 0.58	5.67 ± 0.58	0	6.95 ± 0.07	0	4.06
	Zn	76.33 ± 5.51	0	0	43.00 ± 4.24	41.50 ± 0.71	32.17
	Cd	0	0	0	0	5.90 ± 0.14	1.18
	Hg	0.08 ± 0.03	0.18 ± 0.04	0.28 ± 0.33	0	0	0.11
	Pb	0.17 ± 0.06	5.47 ± 0.42	22.35 ± 0.70	0	15.60 ± 0.71	8.72
腋囊苔草-细叶沼柳湿地 <i>Carex schmidtii-Salix rosmarinifolia</i> wetland	Cu	7.67 ± 0.58	5.00 ± 1.73	8.75 ± 0.35	6.90 ± 0.14		5.66
	Zn	49.00 ± 0.854	0	46.00 ± 0.01	21.50 ± 0.92	32.00 ± 0.42	29.70
	Cd	0	0	0	0	12.00 ± 1.41	2.40
	Hg	0.06 ± 0.01	0.09 ± 0.04	0	0	0	0.03
	Pb	0.43 ± 0.06	6.23 ± 0.12	50.20 ± 0.82	0	19.00 ± 0.71	16.85
沼泽皱蒴藓-湿地 <i>Aulacomnium paluster-Betula fruticosa</i> wetland	Cu	7.50 ± 0.71	15.67 ± 0.58	0.02 ± 0.03	7.10 ± 0.10		6.06
	Zn	41.50 ± 0.71	5.33 ± 0.58	0	27.00 ± 1.73	31.33 ± 0.907	21.03
	Cd	0	0	3.75 ± 0.35	0	10.33 ± 0.58	2.82
	Hg	0.07 ± 0.01	0.11 ± 0.05	0	0	0	0.04
	Pb	0.85 ± 0.07	6.50 ± 0.10	20.65 ± 1.34	6.70 ± 0.10	1.03 ± 0.06	7.15

地.在时间上,三类湿地水中 Mn 含量有着相似的季节变化特征,即 5、6 月份 Mn 含量较低,7 月份达最大值,然后下降,表现出明显的单峰曲线.但总体来讲,丛苔草湿地、瓣囊苔草-细叶沼柳湿地季节变化较显著,沼泽皱蒴藓-柴桦湿地则相对平稳(图 2b).

3.5 其他微量元素

三类湿地水中除 Fe、Mn 外,其他微量元素含量都很少.尽管这些微量元素不能决定湿地水的水化学类型等特征,但某些微量元素含量不足或过量都会对人类健康和生命过程产生影响^[7, 13, 16, 20, 29].就其总体平均水平来看(表 3),三类湿地各微量元素含量基本符合国家 I、II 类水质标准,个别微量元素含量符合国家 III 类水质标准.如 7 月份瓣囊苔草-细叶沼柳湿地水中的 Pb 含量为 $50.20 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,基本达到国家 III 类水质标准($<50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$).三类湿地水中微量元素含量各不相同,丛苔草湿地为 $\text{Zn}>\text{Cu}>\text{Pb}>\text{Cd}>\text{Hg}$;瓣囊苔草-细叶沼柳湿地为 $\text{Zn}>\text{Pb}>\text{Cu}>\text{Cd}>\text{Hg}$;沼泽皱蒴藓-柴桦湿地为 $\text{Zn}>\text{Pb}>\text{Cu}>\text{Cd}>\text{Hg}$.

4 结 论

4.1 三类湿地水中的阴离子以 HCO_3^- 为主,占阴离子总量的 81.91%~69.32%.阳离子以 Ca^{2+} 为主,占阳离子总含量的 56.80%~69.32%,其他阳离子所占比例均小于 25%.因此,本区三类湿地水的水化学类型为重碳酸盐类钙型水,属优质水类型.

4.2 三类湿地水的水化学特征表现出明显的空间变化规律,即从靠河岸的丛苔草湿地开始,随地势抬高,到瓣囊苔草-细叶沼柳湿地及台地上的沼泽皱蒴藓-柴桦湿地,其总硬度、矿化度、 HCO_3^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 及 Fe、Mn 等依次减小,而 SO_4^{2-} 则依次加大.

4.3 三类湿地水的水化学特征还表现明显的季节变化规律,即在 5 月份其 pH 值、矿化度、总 N、总 P、Fe、Mn 等元素含量均较低,随气温升高而逐渐增加,7、8 月份达最大值,随后降低.但丛苔草湿地水中的总氮一直处于增加状态,至 9 月份达最大值.

4.4 从总体水平上来讲,三类湿地水的 pH、矿化度、总硬度、总 N、总 P 及微量元素含量均达到国家地下水质量 I、II 类水质标准,但 Fe、Mn 含量的超标在一定程度上影响本区水资源质量.

参考文献

1 Deng W(邓伟), He Y(何岩), Song X-S(宋新山), et al. 2000. Chemical characteristics of water environment of saline mire in the west of Songnen plain. *Geogra Res*(地理研究), 19(2): 113

~120(in Chinese)

2 Hite CD, Cheng SL. 1996. Spatial characterization of hydrogeochemistry within a constructed fen, Greene County, Ohio. *Ground Water*, 34(3): 415~424

3 Hydrological Bureau of Ministry of Water Resources and Electric Power(国家水电部水利局). 1987. Evaluation of Water Resources in China. Beijing: Hydrological and Electricity Press. 156~161(in Chinese)

4 Lang H-Q(郎慧卿). 1981. Types and succession of forest bogs in Hingganling and Changbaishan. *Acta Bot Sin*(植物学报), 23(6): 470~477(in Chinese)

5 Li X-Y(李香云), Zhang Y-S(章予舒), Wang L-X(王立新), et al. 2002. Analysis of the groundwater characteristics at the lower reaches of Talim river. *J Arid Land Resour Environ*(干旱区资源与环境), 16(2): 27~31(in Chinese)

6 Lin Y-A(林以安), Su J-L(苏纪兰), Hu C-Y(扈传昱), et al. 2004. N and P in waters of the Zhujiang river estuary in summer. *Acta Oceanol Sin*(海洋学报), 26(5): 63~73(in Chinese)

7 Liu R-H(刘汝海), Wang Q-C(王起超), Lu X-G(吕宪国), et al. 2002. The geochemistry characteristic of mercury in Sanjiang plain march. *Acta Sci Circ*(环境科学学报), 22(5): 661~663(in Chinese)

8 Maximof BM, et al. 1960. Trans Chang L-G(常连贵). 1963. Hydrogeologica Manual. Beijing: China Industry Press. 62~75

9 Mu P(牟博), Wang Q-C(王庆成), Hershey AE, et al. 2004. Land-use, stream order and stream water physical and chemical qualities. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 24(7): 1486~1492(in Chinese)

10 Niu H-G(牛焕光), Zhang Y-Z(张养贞). 1980. Swamp in the northeast area. *Nat Resour*(自然资源), (2): 53~65(in Chinese)

11 Peng S-L(彭少麟), Ren H(任海), Zhang Q-M(张倩媚). 2003. Theories and techniques of degraded wetland ecosystem restoration. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 14(11): 2026~2030(in Chinese)

12 Qu Y-G(曲耀光), Luo H-Z(骆鸿珍). 1994. Water resource transformation and water quality variation in Urumqi River Basin. *J Glaciol Geocryol*(冰川冻土), 16(2): 139~147(in Chinese)

13 Wang Q-C(王起超), Liu R-H(刘汝海), Lu X-G(吕宪国). 2002. Progress of study on the mercury process in the wetland environment. *Adv Earth Sci*(地理科学进展), 17(6): 881~885(in Chinese)

14 Wang R-H(王让会), Fan Z-L(樊自立), Ma Y-J(马英杰). 2002. Coupling relationship between water and salt of waters ecosystems in arid zone: A case study in Xinjiang Tarim River basin. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 13(2): 204~208(in Chinese)

15 Wang W-D(王为东), Wang D-L(王大力), Yin C-Q(尹澄清), et al. 2001. A study on the groundwater quality of the Baiyangdian wetland ecosystem. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 21(6): 919~105(in Chinese)

16 Wang W-Z(王卫中), Zou H-M(邹红海), Xia Y(夏雁), et al. 2003. The background value and correlation analysis of the microelement in the groundwater. *J Jining Medical Coll*(济宁医学院学报), 26(3): 20~21(in Chinese)

17 Wang Y-Y(王毅勇), Song C-C(宋长春). 2003. Characteristics of water circulation of marsh-wetland in the Sanjiang plain. *J Northeast For Univ*(东北林业大学学报), 31(3): 3~7(in Chinese)

18 Wen X-H(温小虎), Wu Y-Q(仵彦卿), Chang-J(常娟), et al. 2004. Analysis on the spatial differentiation of hydrochemical characteristics in the Heihe river watershed. *Arid Zone Res*(干旱区研究), 21(1): 1~6(in Chinese)

19 《Wetland Vegetation in China》Editorial Board(中国湿地植被编委会). 1999. Wetland Vegetation in China. Beijing: Science Press. 101~146(in Chinese)

20 Yan J-Z(闫金忠), Liang G-R(梁贵荣), Xing S-Y(邢述彦). 1998. The chemical reaction of solutes dissolved in groundwater during transporting. *J Taiyuan Univ Technol*(太原理工大学学报), 29(4): 437~440(in Chinese)

21 Yang Y-X(杨永兴), Wang S-Y(王世岩), He T-R(何太蓉). 2001. Distribution characteristics and seasonal dynamics of phos-

- phorus and potassium in wetland ecosystem in the Sanjiang plain. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 12(4):522~526(in Chinese)
- 22 Yin K-Q(殷康前), Ni J-R(倪晋仁). 1998. Review of wetland studies. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 18(5):539~546(in Chinese)
- 23 Yuan X-Z(袁兴中), Liu H(刘红), Lu J-J(陆健健). 2001. Assessment of ecosystem health-concept framework and indicator selection. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 12(4):627~629 (in Chinese)
- 24 Zeng Z-H(曾昭华). 2003. Formation of Fe element in groundwater and its control factors. *Jiangsu Geol* (江苏地质), 27(4):220~224 (in Chinese)
- 25 Zeng Z-H(曾昭华). 1994. The formation and distribution of Fe and Mn elements in the groundwater in the lower-middle reaches area of the Yangtze river. *Resour Environ Yangtze Valley* (长江流域资源与环境), 3(4):326~329(in Chinese)
- 26 Zhang X-H(张锡辉). 1999. Circulation and transform of Fe element in the source of the drinking water. *Feedwater Drainage* (给水排水), 25(11):18~22(in Chinese)
- 27 Zhao Y(赵羿), Li Y-H(李月辉), Cao Y(曹宇). 2000. Flood prevention function of Panjin wetland at Liaohe delta. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 11(2):261~264 (in Chinese)
- 28 Zhao Y-Y(赵一字), Du L-C(杜沦聪). 1980. Research on contributing factor, type and the rule of distribution of forestry swamp in the large and lesser Xingan Mountains. *J North-Eastern For Coll* (东北林学院学报), (1):27~35(in Chinese)
- 29 Zhou C-J(周长进), Zhang F-Y(张义丰), Dong S-C(董锁成), et al. 2004. Water quality and water environmental protection of the Shule river basin. *J Nat Resour* (自然资源学报), 19(5):604~609 (in Chinese)
- 30 Zhu M-Y(朱明远), Mu X-Y(牟学延), Li R-X(李瑞香). 1997. The role of iron in primary productivity in the sea. *J Oceanogr Huanghai Bohai Seas* (黄渤海海洋), 15(3):51~56(in Chinese)

作者简介 满秀玲,女,1964年生,在读博士,副教授,主要从事湿地、水土保持等方面研究,发表论文20余篇. E-mail: mannefu@163.com

致 读 者 · 作 者

《应用生态学报》系中国科学院沈阳应用生态研究所和中国生态学会主办的国内外公开发行的学术性期刊,科学出版社出版.国际标准刊号为ISSN1001-9332.专门刊载有关应用生态学(主要包括森林生态学、农业生态学、草地牧业生态学、渔业生态学、自然资源生态学、景观生态学、全球生态学、城市生态学、污染生态学、化学生态学、生态工程学和恢复生态学等)的具有创新性的综合性论文、研究报告和研究简报等.

本刊创刊于1990年,现为月刊,采用国际标准开本(210 mm×285 mm),192面,每期43万字.本刊系中国自然科学核心期刊,曾荣获全国优秀科技期刊和中国科学院优秀期刊称号.本刊整体质量和水平已达到相当高度,在国内外应用生态学界的影响日益扩大.《中国科学引文索引》、《中国生物学文摘》、美国《生物学文摘》(BA)、美国《化学文摘》(CA)、英国《生态学文摘》(EA)、日本《科学技术文献速报》(CBST)和俄罗斯《文摘杂志》(PJK)等数十种权威检索刊物均收录本刊的论文摘要(中英文).

据悉,您们正在从事有关生态与环境科学研究项目(如国家基础科学人才培养基金项目、国家杰出青年科学基金项目、国家自然科学基金重大和重点项目、国家攀登计划项目、国家“863”和“973”计划项目、国家重点科技攻关项目、“百人计划”项目、“长江学者计划”项目和国际合作研究项目等),并有望取得重大研究成果和产生一系列创新论文,本刊编辑同仁热切希望您及您的同行们充分利用这一科学园地,竭诚为您们提供优质跟踪服务,本刊将及时发表您们的创新成果论文(或以特刊、专刊及增刊等形式发表,或以专刊形式发表优秀英文创新论文).我们相信这一承诺一定能得到您们的积极响应,愿我们迎着新世纪的曙光,为应用生态学的发展协同奋进!

我们的目的:

读者——广泛订阅这一优秀期刊

作者——充分利用这一科学园地

编者——精心编制这一信息精品

《应用生态学报》编辑部