

大庆典型区域湿地水体污染物迁移变化特征研究

杨旭¹, 王继富¹, 万鲁河¹, 陈瑛², 齐少群¹, 贾晓丹¹

1. 哈尔滨师范大学地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150025; 2. 哈尔滨师范大学生命科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150025

摘要: 目前对于天然湿地水体污染物迁移变化规律的研究还不全面。大庆区域湿地面积较大, 但石油开采所产生的含油废水以及其他生产和生活的废水进入湿地, 对该区域湿地水环境产生了较大的影响。对大庆区域湿地水体自净效果及变化状况进行研究, 对揭示该湿地生态系统健康状况变化有着重要意义。为此, 按不同季节对湿地系统不同典型位置(进水处、出水处、中间部位), 采集水样、湿地植物芦苇(*Phragmites australis*)与湿地土壤, 考察了大庆湿地不同时空条件下的湿地水质情况以及湿地植物芦苇、土壤的变化情况。结果表明: 湿地系统夏季污染最严重, 污染程度从高到低依次为夏、秋、春, 春季综合污染指数最低为 13.11。TN 的综合污染指数最高为 14.05, 5 项水质指标综合污染指数从高到低顺序依次为 TN、COD、含油量、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 BOD_5 。湿地对水体污染物去除主要发生在湿地前部区域。在监测期间, 湿地前部区域去除的 TN 的量占整个湿地区域去除 TN 量的 71.86%, 湿地前部区域去除的 COD 的量占整个湿地区域去除 COD 量的 77.51%, 湿地前部区域去除的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的量占整个湿地区域去除 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 量的 56.46%, 湿地前部区域去除的含油量占整个湿地区域去除含油量的 79.91%, 湿地前部区域去除的 BOD_5 的量占整个湿地区域去除 BOD_5 量的 53.57%。湿地系统对湿地水体污染物的降解是沿湿地水流方向逐渐降低的, 湿地自净效果明显。植物通过吸收直接去除部分氮、磷, 而且在生长季节作用更明显。在湿地前部区域植物生长效果略好于后部, 对氮、磷吸收也略高于后部, 这正与湿地系统对污染物的降解是沿湿地水流方向逐渐降低相吻合。另外, 湿地土壤能够吸附水中一些污染物质, 湿地植物与土壤都对水中污染物的去除发挥重要作用。

关键词: 大庆湿地; 水体污染物; 迁移变化; 特征

中图分类号: X703

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2013) 05-0806-04

引用格式: 杨旭, 王继富, 万鲁河, 陈瑛, 齐少群, 贾晓丹. 大庆典型区域湿地水体污染物迁移变化特征研究[J]. 生态环境学报, 2013, 22(5): 806-809.

YANG Xu, WANG Jifu, WAN Luhe, CHEN Ying, QI Shaoqun, JIA Xiadan. Study on characteristics of migration and variation of water pollutants in Daqing wetland [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2013, 22(5): 806-809.

湿地是陆地和水生生态系统间的过渡带, 是地球上具有多种功能的独特生态系统, 作为一种重要的自然资源, 能过滤和分解所吸纳的污染物。具有巨大的资源潜力和环境调节功能。近年来, 关于湿地的研究已经成为国内外研究的热点^[1-13]。大庆位于松嫩平原中西部, 地处北纬 45°46'至 46°55', 东经 124°19'至 125°12'之间, 该地区为典型的大陆性气候。大庆全市年平均气温 4.2 °C, 年降水 427.5 mm。大庆区域湿地景观类型丰富, 有较多的湖泊和沼泽。许多学者从不同的角度对大庆湿地展开了研究^[14-16]。大庆地区同时是中国重要的石油产区之一, 为中国第一大油田、世界第十大油田大庆油田所在地。由于石油开采所产生的“落地油”钻井“泥浆”含油废水以及其他生产和生活污水、废水进入湿地环境, 这对大庆湿地水环境产生了较大的影响。同时, 湿地具有水质自净能力。这样, 对大庆区域湿地水体自净效果及变化状况进行研究, 对揭示该

湿地生态系统健康状况的变化有着重要意义。

为此, 本研究拟对大庆区域的典型湿地对水体的污染物迁移变化特点展开研究, 来确定湿地对含油水体的自净能力以及不同区域位置的湿地植物芦苇 (*Phragmites australis*)、土壤的污染程度的变化情况。

1 研究区域与数据方法

1.1 研究区概况

本研究选择大庆区域典型湿地大架子泡为研究对象, 大架子泡位于大庆市红岗区内, 靠近大庆采油厂, 湿地土壤由草甸土和沼泽土组成。湿地植物以芦苇为主。多年来, 由于石油开采的影响, 湿地水环境变化显著。

1.2 研究方法

本研究在大架子泡处选取 3 个采样区域, 沿水流方向, 采样区域分别选择在湿地初始区域湿地(排污口)、中间区域, 湿地末端区域。

基金项目: 黑龙江省教育厅科学技术研究项目 (11551132)

作者简介: 杨旭 (1973 年生), 男, 副教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事生态环境修复与管理研究。E-mail: yx_hit@163.com

收稿日期: 2013-02-26

1.2.1 湿地水质监测

分别于 2011 年 5 月(春季)、8 月(夏季)和 11 月(秋季)在大庆典型湿地每个采样区域分别设 8 个站点采集水样。使用 5 L 有机玻璃采水器采取水体表层约 0.5 m 深度的水样水质。水质检测指标有：氨氮、总氮、COD、BOD₅、含油量，pH。检测项目均按《水质监测分析方法》进行检测，氨氮采用纳氏试剂分光光度法检测，总氮采用过硫酸钾氧化—紫外分光光度法检测，COD 采用重铬酸钾法检测，BOD₅采用稀释接种法进行检测，含油量采用紫外分光光度法检测。pH 采用 PHB3-PH 型酸度计检测。

1.2.2 湿地植物监测

分别于 2011 年 5 月(春季)、8 月(夏季)和 11 月(秋季)在大庆典型湿地每个采样区域均匀地挖取一些具有代表性的植株带回实验室洗净，风干 1 d 后，分别统计植物样地上部分(茎叶)、植物样地下部分(根系)的鲜质量，将地上部分及地下部分在 105 ℃杀青 30 min，然后在 80 ℃烘至恒质量测定生物量。植物样烘干后粉碎测定全氮、全磷，全氮采用硫酸—双氧水消煮—凯氏蒸馏定氮法，全磷采用硫酸—双氧水消煮—钒钼黄比色法。

1.2.3 湿地土壤监测

分别于 2011 年 5 月(春季)、8 月(夏季)和 11 月(秋季)在大庆典型湿地每个采样区域 0~30 cm 深处取土壤 1 000 g，碾碎混匀，放于实验室中风干待用。测定其全氮、全磷、有机质。全氮采用硫酸—双氧水消煮—凯氏蒸馏定氮法，全磷采用硫酸—双氧水消煮—钒钼黄比色法。有机质采用重铬酸钾外加热方法测定。

2 结果与讨论

2.1 湿地水质时空变化特征

在整个监测期间，大庆区域典型湿地水质变化情况如表 1 所示。由表 1 可以看出，在监测期内，大庆区域典型湿地水质较差，绝大部分水质指标处于劣 5 类水质的指标含量。春季、

夏季、秋季 3 个时期大庆典型区域湿地的水质空间分布特征基本一致，进水初始区域污染程度最为严重，水中污染物沿径流方向浓度逐渐降低。这表明水体进入湿地后，得到了一定的净化。而且随着流径的延长，水质越来越好。另外，由表 1 可以看出大区域典型湿地的年内季节变化，夏季污染最严重，污染程度从高到低依次为夏、秋、春，春季综合污染指数最低为 13.11。TN 的综合污染指数最高为 14.05，5 项水质指标综合污染指数从高到低顺序依次为 TN、COD、含油量、氨氮、BOD₅。湿地对水体中的污染物去除在主要发生在湿地前部区域。在监测期间，湿地前部区域去除的 TN 的量占整个湿地区域去除 TN 量的 71.86%，湿地前部区域去除的 COD 的量占整个湿地区域去除 COD 量的 77.51%，湿地前部区域去除的 NH₄⁺-N 的量占整个湿地区域去除 NH₄⁺-N 量的 56.46%，湿地前部区域去除的含油量占整个湿地区域去除含油量的 79.91%，湿地前部区域去除的 BOD₅ 的量占整个湿地区域去除 BOD₅ 量的 53.57%，这与 G. Joan 等相关研究结论相近似^[17]。

2.2 土壤中污染物变化分析

在整个监测期间，大庆区域典型湿地土壤氮、磷和有机质含量变化情况如表2所示。由表 2 可以看出，在湿地系统中沿着水流方向土壤中的全氮、全磷含量降低，这表明湿地土壤对氮、磷和有机质有较强吸附能力。而且，湿地土壤中氮、磷和有机质含量随着运行时间增长，而逐渐累积。在湿地前部区域土壤中累积氮、磷和有机质含量也高于后部区域。在监测期间，湿地前部区域所累积的全氮占整个区域累积全氮的68.15%，湿地前部区域所累积的全磷占整个区域累积全磷的59.04%，湿地前部区域所累积的有机质占整个区域累积有机质的61.04%，这与湿地水体中氮、磷等沿水流方向变化趋势相一致。这与刘吉平等研究的三江平原环型湿地土壤养

表 1 湿地水质的检测与统计数据
Table 1 the monitoring and statistical data of wetland

位置	季节	pH	$\rho(\text{TN})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{COD})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{NH}_4^+-\text{N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{Mineral oil})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{BOD}_5)/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$
初始区域	春季	8.25	7.62	228.95	2.12	1.24	7.96
	夏季	8.68	8.61	256.89	3.69	1.67	12.15
	秋季	8.65	7.93	234.92	2.49	1.45	9.45
中间区域	春季	8.17	6.23	81.32	1.92	1.21	7.16
	夏季	8.52	7.31	89.89	3.12	1.42	11.21
	秋季	8.23	6.73	85.11	2.02	1.34	8.72
末端区域	春季	8.02	5.96	38.23	1.68	1.08	6.89
	夏季	8.35	6.58	43.25	2.65	1.28	9.65
	秋季	8.23	6.16	40.23	1.81	1.27	7.94

表2 湿地土壤中氮、磷与有机质含量

Table 2 amount of nitrogen, phosphorus and organic matter adsorbed by the wetland

时段	w(全氮)/(g·kg ⁻¹)			w(全磷)/(g·kg ⁻¹)			w(有机质)/(g·kg ⁻¹)		
	初始区域	中间区域	末端区域	初始区域	中间区域	末端区域	初始区域	中间区域	末端区域
春	4.6485	4.4265	4.3256	5.2156	4.9127	4.6786	2.92	2.83	2.78
夏	4.6512	4.4312	4.3289	5.2456	4.9286	4.6968	2.95	2.86	2.8
秋	4.6526	4.4351	4.3301	5.2566	4.9104	4.7066	2.98	2.88	2.81

表3 湿地沿程植物含磷、氮变化

Table 3 Phosphorus and Nitrogen Longitudinal variation adsorbed by vegetable system in the wetland

时段	w(全氮)/(g·kg ⁻¹)			w(全磷)/(g·kg ⁻¹)		
	初始区域	中间区域	末端区域	初始区域	中间区域	末端区域
春	21.44	20.55	20.21	12.36	11.43	11.02
夏	42.22	40.12	39.12	21.22	20.65	20.21
秋	48.56	46.32	45.12	24.32	23.48	22.99

分的空间分布规律相近似^[18]。

2.3 植物中污染物变化分析

在整个监测期间，大庆区域典型湿地植物氮、磷含量变化情况如表3所示。由表3可以看出，3个时段含磷量、含氮量对比可以看出，在生长季节春、夏季，植物的氮磷含量增长较快。而与之对应的湿地对水的净化效果也能更好一些，这与石雷等研究的相关内容相近似^[19]。当植物成熟和衰老期秋季，植物植物体内氮、磷浓度增长较缓慢，湿地对水的净化效果也差一些。

另外，由表3可以看出植物氮、磷的含量沿水流方向变化不大，但水流方向略有降低。这是因为在湿地初始区域水中氮、磷含量大于后部，在湿地床体末端区域，由于氮、磷被湿地初始区域植物迅速吸附，水中氮、磷浓度下降，因此，湿地末端区域植物吸收氮、磷量减少。在监测期间，湿地前部区域比后部区域植物体内的全氮量高约为0.8967 g·kg⁻¹，湿地前部区域比后部区域植物体内的全磷量高约为0.3333 g·kg⁻¹，这与湿地水体中氮、磷等沿水流方向变化趋势相一致。

3 结论

本文通过对大庆典型湿地不同时空条件下的湿地水质情况以及湿地植物、土壤的变化情况研究表明：湿地系统对湿地水体污染物的降解是沿湿地水流方向逐渐降低的，而且自净效果较明显。植物通过吸收直接去除氮、磷，而且在生长季节作用更明显，在植物作用分析中我们还看到在床体前部植物生长效果略好于后部，对氮、磷吸收也略高于后部，这正与湿地系统对污染物的降解是沿湿地水流方向逐渐降低相吻合。另外，湿地土壤能够吸附水中一定的污染物质，湿地植物与土壤都对水中污染物的去除发挥重要作用。

参考文献：

[1] 张婷,刘静玲,王雪梅. 白洋淀水质时空变化及影响因子评价与分析[J]. 环境科学学报, 2010,30(2):261-267.

[2] 刘峰,李秀启,董贯仓,等. 黄河口滨海湿地水质污染物现状研究[J]. 中国环境科学, 2011,31(10):1705-1710.

[3] 江春波,张明武,杨晓蕾. 华北衡水湖湿地的水质评价[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2010, 50(6): 848-851.

[4] 李红艳,章光新,李绪谦,等. 扎龙湿地水质净化机理分析[J]. 地理科学, 2012, 32(1): 87-93.

[5] 李玉凤,刘红玉,曹晓,等. 西溪国家湿地公园水质时空分异特征研究[J]. 环境科学, 2010,31(9): 2036-2041.

[6] 李有志,刘芬,张灿明. 洞庭湖湿地水环境变化趋势及成因分析[J]. 生态环境学报, 2011, 20(8/9): 1295-1300.

[7] MEGHAN B R, JOANN M B, CAVELL B. Long-term Effects of Changing Land Use Practices on Surface Water Quality in A Coastal River And Lagoonal Estuary[J]. Environmental Management, 2009,44(3):505-523.

[8] ARTEMI C, MARTIN F J. Ant Mounds As a Source Of Sediment on Citrus Orchard Plantations in Eastern Spain. A Three-Scale Rainfall Simulation Approach[J]. Catena, 2011, 85: 231-236.

[9] BEATA B, PAWE P. Do Biogeographic Parameters Matter? Plant Species Richness and Distribution of Macrophytes in Relation to Area And Isolation of Ponds in NW Polish Agricultural Landscape[J]. Hydrobiologia, 2012, 689:79-90.

[10] PIAO Z, ZHANG W W, MA S, et al. Succession of Denitrifying Community Composition in Coastal Wetland Soils Along a Salinity Gradient[J]. Pedosphere, 2012, 22(3): 367-374.

[11] MATTHEW C R, PETER R J. A Push-Pull Test To Measure Root Uptake of Volatile Chemicals from Wetland Soils[J]. Environmental Science and Technology, 2013, 47: 3190-3198.

[12] SACHIN K, PETER E, MAJKEN C, et al. Groundwater flow and mixing in a wetland-stream system: Field study and numerical modeling[J]. Journal of Hydrology, 2013, 488:73-83.

[13] ZOLTAN S, FRANCISCO E, AMR A E, et al. Analyzing fine-scale wetland composition using high resolution imagery and texture features[J]. International Journal of Applied Earth Observation and

- Geoinformation, 2013, 23:204-212.
- [14] 王影,王继富,史丛冰,等. 大庆天然湿地水质评价[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(5): 13-16.
- [15] 胡远东,达良俊,许大为,等. 大庆龙凤湿地自然保护区水质分析及污染防治对策[J]. 国土与自然资源研究, 2010, 5:53-54.
- [16] 文波龙,刘兴土,王继富. 大庆市油田开发区湿地水环境质量现状与污染防治对策[J]. 湿地科学, 2010,8(4):312-319.
- [17] JOAN G, ESTHER O, ENRIC S, et al. Spatial Variations Of Temperature, Redox Potential, and Contaminants In Horizontal Flow Reed Beds[J]. Ecological Engineering, 2003, 21(2/3):129-142.
- [18] 刘吉平,吕宪国,杨青,等. 三江平原环型湿地土壤养分的空间分布规律[J]. 土壤学报, 2006, 43(2):247-255.
- [19] 石雷, 杨璇. 人工湿地植物量及其对净化效果影响的研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(1):28-33.

Study on characteristics of migration and variation of water pollutants in Daqing wetland

YANG Xu¹, WANG Jifu¹, WAN Luhe¹, CHEN Ying², QI Shaoqun¹, JIA Xiadan¹

1. School of Geography Science, Harbin Normal University, Haerbin 150025, China;

2. School of life science and technology, Harbin Normal University, Haerbin 150025, China

Abstract: Wetland research has been the research hotspot both in domestic and at abroad in recent years, Pollutants migration and transformation law of wetland water is still not very clear. The wetland has a larger area in Daqing regional, but oil field produced water and industrial and domestic wastewater discharged release to the wetland environment, which had significant impact on the water environment of Daqing wetland. Thus, The study of self-purification efficiency of wetland water and its changing condition has important significance to reveal the change of ecosystem health. Therefore, the water sample, phragmites austral of wetland plant and wetland soil were collected at different typical location (the inlet, the outlet, intermediate position) in different seasons. The change of water quality, plants and soil under the conditions of different spatio-temporal patterns were investigated. The results showed that the pollution degree was he most seriously in Summer, The order of pollution degree was Summer>Autumn>Spring. The lowest comprehensive pollution index was 13.11 in spring. The highest comprehensive pollution index was TN with 14.05. The order of comprehensive pollution index of five water quality index was TN>COD> Mineral oil >NH₄⁺-N> BOD₅. The water contaminate removal mainly occurred in the front area of wetland. In monitoring period, TN removal of anterior region accounted for about 71.86% of total region in the wetland, COD removal of anterior region accounted for about 77.51% of total region in the wetland, NH₄⁺-N removal of anterior region accounted for about 56.46% of total region in the wetland, Mineral oil removal of anterior region accounted for about 79.91% of total region in the wetland. BOD₅ removal of anterior region accounted for only about 56.46% of total region in the wetland. Pollutants removal in the wetland systems declined along the water flow direction, and the self-purification of wetland was better. A series of studies on the role of plants and soil indicated that the plants removed the nitrogen and phosphorus directly by absorption, and this process performed better in the growing season of plants. The plants on the foreshore of the wetland grew better than those grew on the rearward, and they can also absorb more nitrogen and phosphorus. This regulation was accorded with the one that the pollutants removal declined along the water flow direction. In addition, wetland soil adsorbed some pollutants of water body. In a word, plants and soil of wetland play important roles in the pollutants removal of wetland water.

Key words: Daqing wetland; water pollutants; migration and variation; characteristics