

密云水库上游河流入库段氮及磷的空间分布和评价

李新荣¹, 李顺江¹, 杨金凤¹, 肖长坤², 时文学², 赵同科¹

(1. 北京市农林科学院 植物营养与资源研究所, 北京 100097; 2. 北京市密云县农业技术推广站, 北京 101500)

摘要:为总体掌握密云上游河流入库段中主要污染物及其空间分布, 2012 年在密云水库上游河流(潮河、白河和清水河)入库段的 14 个河流断面, 采用每月定位监测方法采集水样 210 个, 研究河流断面中氮、磷空间分布。结果表明: 在 3 条河流入库段, 总氮(TN)、总磷(TP)、硝态氮($\text{NO}_3\text{-N}$)和氨态氮($\text{NH}_3\text{-N}$)含量分布均为潮河>清水河>白河, 其中污染最严重的潮河的 TN、TP、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的含量均值分别为 4.63、0.024、4.41、0.17 mg/L; 在空间分布上, 潮河监测断面从上游至入库点, TN、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度呈逐渐降低趋势, 可能与河道水利工程, 河流自净、稀释相关; 按照国家地表水环境质量标准衡量, 3 条河流的总磷、氨氮指标浓度符合地表水Ⅱ类标准, 硝态氮符合地表水源地水质标准, 但是 3 条河流总氮均值均超过国家地表水Ⅴ类水质标准(2.0 mg/L), 在 14 个监测断面中有 13 个总氮为劣Ⅴ类; 可见河流入库段总氮含量较高是现阶段密云水库面临的主要水质威胁; 采用单项污染指数法对 3 条河流全年平均浓度进行水质评价, 总氮归类重污染, 总磷和氨态氮归类无污染。

关键词:密云水库; 空间分布; 氮; 磷

中图分类号:X 832 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)08-0152-04

密云水库是北京市唯一的地表饮用水源, 其主要入库河流有潮河、白河和清水河。潮河入库流量大于白河, 清水河最小。3 条河流均发源于河北省, 潮河于密云县古北口入北京境, 于辛庄桥进入密云水库。白河在张家坟附近注入库, 清水河在太师屯清水河桥入库。

根据北京市环境质量公报, 近年来密云水库水质均保持在Ⅱ类水, 有富营养化趋势。近年来, 北京市和河北省对密云水库上游地区的点源污染采取了严格控制措

施。2006 年密云水库的总氮和硝态氮含量全年几乎都低于主要河流潮河、白河入库河段的河水^[1], 在年际变化中, 汛期贡献最大^[2]。这说明密云水库的氮、磷负荷主要来自其入库河流域的非点源污染^[3]。密云水库的污染物主要来自水土流失、畜禽养殖业、农村生活垃圾与污水、种植业化肥流失、水库沉积物的释放等^[1]。

近年来, 密云水库入库水量的减少、水质的下降已经影响到北京市的供水^[4-5]。3 条河流的入库水质和水量对密云水库的水质和蓄水量有直接影响^[6]。以往在该区域的工作, 多集中于水库水质, 现采用定位观测方法, 对密云水库主要入库河流地表水质中氮、磷等污染指标进行了监测, 采用单项污染指数法进行地表水水质评价。并对河流入库段氮、磷浓度的空间分布规律进行研究, 意图分析其污染来源。通过研究, 对 3 条主要入库河流中主要污染物及其空间分布进行总体了解, 掌握该区域地表水污染现状及其空间变化。以期流域内

第一作者简介:李新荣(1975-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向为污染物区域环境行为。E-mail: xr0955@sina.com.

责任作者:赵同科(1959-), 男, 研究员, 现主要从事农业面源污染研究。E-mail: tkzhao@126.com.

基金项目:国家科技部“十二五”科技支撑计划资助项目(2012BAD15B01); 北京市自然科学基金资助项目(8142018); 北京市优秀人才资助项目(2011D002020000001)。

收稿日期:2013-12-18

Abstract: Using ‘Hanyun’ strawberry as material, 8 combinations of 5 kinds of material (water hyacinth, mushroom residue, vermiculite, humus and peat) with different ratios as soilless substrate, organic manure and compound fertilizer as base fertilizer, 13 biological characteristics such as survival rate, vegetative growth, reproductive growth and fruit quality under different combinations were measured. The data was analyzed by Fuzzy comprehensive evaluation, to select the suitable media for strawberry Eco-organic soilless pot culture in Kunming. The results showed that the water hyacinth could be used as strawberry cultivation material, the best combination was that water hyacinth : mushroom residue : humus = 1 : 1 : 1.

Key words: strawberry; eco-organic pot culture; substrate screening

非点源污染负荷的定量评价、来源解析和模型预测提供基础数据,并为该区域非点源污染控制技术效果评价与管理提供评价依据。

1 材料与方法

1.1 监测点设定与样品采集

潮河、白河、清水河为密云水库主要的入库河流,通过多次对 3 条河流进行实地考察、调研,并严格按照地表水和污水监测技术规范(HJ/T 91-2002)及文献[7]确定 14 个河流断面监测点(图 1)并采样监测。其中潮河段 7 个监测点分别为巴克什营(潮河入京前河北界内断面)、古北口潮河桥(省界断面)、北甸子大桥、汤河桥(支流汤河汇入潮河的断面)、下会水文站、桑园桥(支流安达木河汇入潮河的断面)、为仅在汛期有水的季节性河流)、辛庄桥(潮河入库前断面);白河段 3 个监测点为四合堂桥、张家坟水文站、旧大关桥(白河入库前断面);清水河段 4 个监测点为黄岩口、东庄口、东庄、太师屯清水河桥(清水河入库前断面)。

每月初采集水样 1 次,汛期(6~9 月)2 次,进行多点取样混合,共采集水样 210 个。主要监测分析指标有总氮、总磷、硝态氮、铵态氮。水样放在保温箱中带回实验室。

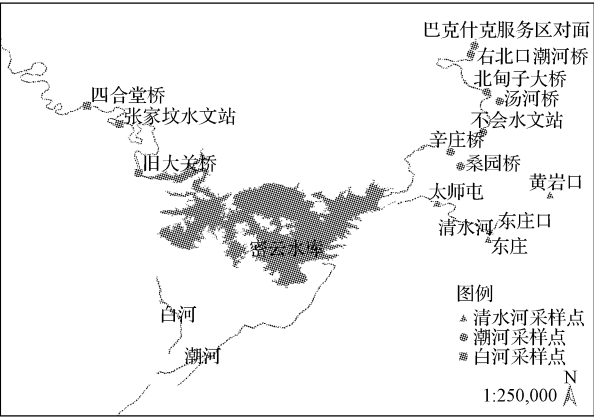


图 1 密云水库上游河流入库段水质监测断面分布
Fig. 1 Distribution of the monitoring sections in upstream rivers of Miyun Reservoir

1.2 项目测定

监测项目的分析方法均为国家标准或行业标准^[8]。水样中总氮含量的测定采用碱性过硫酸钾消解-紫外分光光度法(GB11894-1989);总磷含量的测定采用钼酸铵分光光度法(GB11893-1989);氨氮含量测定采用靛酚蓝比色法;硝氮含量测定采用紫外分光光度法(SL84-1994),并同时做空白和平行样控制分析质量。

1.3 水环境质量评价

采用单项污染指数法,即采用污染物实测值与相应

评价标准的比值作为污染指数对水环境进行评价^[9]。单项污染指数法是突出了每项指标污染和超标的评价^[10-11],公式为 $P_i = C_i / S_i$,其中 P_i 为污染指数、 C_i 为污染物实测值、 S_i 为污染物评价标准。分级标准为 $P \leq 1$,非污染; $1 < P \leq 2$,轻污染; $2 < P \leq 3$,中污染; $P > 3$ 归类重污染。

表 1 地表水环境质量标准基本项目标准限值

Table 1 Basic standard limits of surface water quality standard					
指标	I类	II类	III类	IV类	V类
TN(以 N 计)/mg · L ⁻¹	0.20	0.50	1.0	1.50	2.00
NH ₃ -N/mg · L ⁻¹	0.15	0.50	1.0	1.50	2.00
TP(以 P 计)/mg · L ⁻¹	0.02	0.10	0.2	0.30	0.40

表 2 集中式生活饮用水地表水源地
补充项目标准限值

Table 2 Supplementary item in the standard limits of centralized drinking-water resource		
序号	项目	标准值
1	硝酸盐(以 N 计)/mg · L ⁻¹	10

2 结果与分析

2.1 河流入库段氮、磷总体污染现状

由表 3 可知,3 条河流中总氮、总磷、硝态氮和氨态氮的分布规律均为潮河>清水河>白河。潮河的平均总氮含量为(4.63±1.20) mg/L,总磷含量为(0.024±0.044) mg/L,硝态氮和氨态氮的含量分别为(4.41±1.19)、(0.17±0.15) mg/L。按照国家地表水环境质量标准(GB 3838-2002)^[12]衡量(表 1~2),3 条河流的总磷、氨氮浓度符合地表水Ⅱ类标准,硝态氮符合地表水源地水质标准,但是 3 条河流的总氮指标均超过地表水Ⅴ类水质标准。

表 3 河流入库段氮、磷的分布

Table 3 Distributions of concentration of TN, TP, NO ₃ -N and NH ₃ -N of upstream rivers			
3 条河流	潮河	白河	清水河
样本数	98	48	64
TN 范围(以 N 计)	0.47~7.60	1.32~4.00	0.66~7.48
TN 均值(以 N 计)	4.63	2.40	2.56
TN 标准差	1.20	0.76	1.31
TP 范围(以 P 计)	0~0.126	0~0.016	0~0.183
TP 均值(以 P 计)	0.024	0.009	0.023
TP 标准差	0.044	0.006	0.035
NO ₃ -N 范围(以 N 计)	0.33~7.29	1.26~3.13	0.55~7.00
NO ₃ -N 均值(以 N 计)	4.41	2.14	2.42
NO ₃ -N 标准差	1.19	0.62	1.21
NH ₃ -N 范围	0.03~0.53	0.04~0.29	0.04~0.18
NH ₃ -N 均值	0.17	0.10	0.11
NH ₃ -N 标准差	0.15	0.07	0.05

2.2 河流断面氮素空间分布

3 条河流总磷年均值符合地表水Ⅱ类标准,且分析 14 个断面总磷含量并未发现明显分布规律。总氮指标

超过国家地表水Ⅴ类水质标准,所以重点分析 3 条河流断面氮素含量。由图 2 可知,总氮浓度最高的点在潮河流域巴克什营(潮河入京前河北界内断面),为 5.88 mg/L,浓度最低的点在清水河流域的黄岩口,为 2.00 mg/L。但是其中 13 个采样点的总氮均超过国家地表水Ⅴ类水质标准(2.0 mg/L),所以地表水中总氮的污染不容忽视。硝态氮对总氮的贡献率最高,其时空分布与总氮相似^[13],氨态氮对总氮的贡献平均约为 4%,在 14 个监测点中,氨态氮的高值为桑园桥这个断面,其为安达木河汇入潮河的断面,为季节性河流,只在汛期有水,流经区域土地利用类型多为农田。

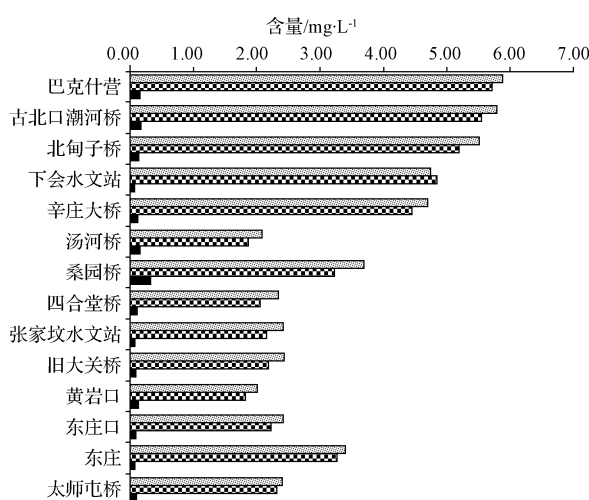


图 2 河流断面中氮素空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of TN, NO₃-N and NH₃-N in monitoring sections

2.3 河流氮磷水质评价

依据《北京市海河流域水污染防治规划》,3 条河流为密云水库饮用水源地上游区,规划水质目标为Ⅱ类。将地面水环境质量标准作为评价标准,对 14 个监测断面的年平均氮磷含量进行评价。由表 4 可知, P_{TN} 、 P_{NO_3-N} 、 P_{NH_3-N} 、 P_{TP} 分别为总氮、硝态氮、氨态氮和总磷的污染指数。3 条河流的 P_{TN} 为潮河>清水河>白河。14 个断面监测的 P_{TN} 范围为 4.01~11.75,根据规划目标为Ⅱ类水质以及分级标准($P \leq 1$,非污染; $1 < P \leq 2$,轻污染; $2 < P \leq 3$,中污染; $P > 3$ 归类重污染),3 条河流总氮浓度均归类为重污染。而 P_{NO_3-N} 、 P_{NH_3-N} 、 P_{TP} 均 ≤ 1 ,硝态氮、氨态氮和总磷归类为非污染。由此可见,入库水体氮含量较高是现阶段密云水库富营养化防治面临的重大挑战。

3 讨论与结论

该试验与以往研究的总氮、硝态氮分布规律潮河>白河>清水河略有差异,共同点是潮河的氮素负荷均为最高^[1,14]。原因可能与该试验在清水河设定的监测断面

表 4 采用单项污染指数法对 3 条河流 14 个监测断面的水质评价结果

Table 4 Evaluation results of water quality of fourteen monitoring sections in three upstream rivers by single contamination index method

河流	监测断面	P_{TN}	P_{NO_3-N}	P_{NH_3-N}	P_{TP}	P_{TN} 均值	P_{NO_3-N} 均值	P_{NH_3-N} 均值	P_{TP} 均值
潮河	巴克什营	11.75	0.57	0.32	0.21	9.26	0.44	0.34	0.24
	潮河桥	11.57	0.55	0.36	0.23				
	北甸子桥	11.02	0.52	0.28	0.13				
	下会	9.49	0.48	0.15	0.08				
	辛庄大桥	9.39	0.45	0.26	0.39				
	汤河桥	4.18	0.19	0.32	0.27				
	桑园桥	7.40	0.32	0.68	0.10				
白河	四合堂桥	4.68	0.21	0.25	0.08	4.79	0.21	0.21	0.09
	张家坟	4.84	0.22	0.17	0.09				
	旧大关桥	4.86	0.22	0.20	0.09				
清水河	黄岩口	4.01	0.18	0.27	0.11	5.11	0.24	0.22	0.23
	东庄口	4.84	0.22	0.20	0.35				
	东庄	6.80	0.33	0.18	0.36				
	太师屯桥	4.82	0.23	0.22	0.12				

周边环境为村庄和农田有关,清水河流域两侧主要分布一些村庄,并存在集约化养殖场。其污染应主要来自农村生活源和养殖业源。过去 20 a 间在清水河流域曾风行一时的网箱养鱼现在已经被禁止,但是近年来清水河人口密度、养殖规模和农业生产活动的增加导致了更多的氮、磷进入地表水体。潮河氮、磷负荷高与其流域两侧分布的集约化农业有关。潮河两侧主要分布集约化程度较高的种植业、养殖业,农业集约化程度越高对水质的影响越大,而种植业源(菜地)的硝态氮流失是最高的,硝态氮主要来自种植业源化肥的流失和渗漏^[1-2],而硝态氮对总氮的贡献约为 93%。白河的污染最轻,可能与其上游发源于山区有关。白河流经区域多为山区,在其入库处前有很多新兴旅游点,可能会产生生活污水的排放。

潮河流域中各点总氮浓度的空间分布上,表现出明显的自上游至入库口逐渐降低趋势。最上游的巴克什营浓度最高,到近库区的辛庄大桥,浓度均呈逐渐下降趋势。密云水库上游潮河流域作为国家级水土保持重点治理区,流域内修建了一些水利工程对流域内径流进行拦蓄^[15],这可能是从潮河流域上游至下游(巴克什营到辛庄大桥)总氮和硝态氮逐渐降低的原因之一,此外,还可能与河流自净、稀释等因素相关。白河流域各采样点的总氮、硝态氮和氨态氮并无明显分布规律。清水河流域自黄岩口至东庄河段总氮、硝态氮和氨态氮浓度增加,是因为此段两岸为村庄并有农田存在,增加了氮磷的排放。

该试验结果表明,在密云水库上游 3 条主要入库河流中,潮河的氮、磷浓度最高,其次是清水河和白河;3 条

河流的总磷、氨态氮含量都符合地表水质Ⅱ类标准,但是总氮指标均超过国家地表水Ⅴ类水质标准。利用单项污染指数法评价的结果是,总磷、氨态氮无污染,总氮归类于重污染。可见密云水库入库河流的氮素污染不容忽视。潮河(北京界内段)水体中氮、磷浓度呈从上游到下游逐渐降低趋势。除河道水利工程的修建以及河流自净、稀释等原因外,对于地表水中氮、磷的入库负荷,还需要综合分析入库河流径流量(包括季节性河流)以及地下水补给情况给予合理的解释。根据水质监测数据,结合文献^[16]给出的潮白河流域多年的径流量(潮河>白河>清水河),可以得出氮、磷的入库负荷量为潮河大于白河和清水河。但是要具体定量给出种植业源、养殖业源和农村生活源对密云水库水体入库负荷的贡献,还需要对该区域土地利用、农业种植业、养殖业和生活污水排放等具体情况进行实地调查和计算,还有待进一步的深入调查与研究。

参考文献

- [1] 于一雷,王庆锁.密云水库及其主要河流入库河段水质的季节变化[J].中国农业气象,2008,29(4):432-435.
- [2] 王庆锁,梅旭荣,张燕卿,等.密云水库水质研究综述[J].中国农业科技导报,2009,11(1):45-50.
- [3] 王晓燕,郭芳,蔡新广.密云水库潮白河流域非点源污染负荷[J].城市环境与城市生态,2003,16(1):31-33.
- [4] Tang L H, Yang D W, Hu H P, et al. Detecting the effect of land-use change on streamflow, sediment and nutrient losses by distributed hydrological simulation[J]. Journal of Hydrology, 2011(409):172-182.
- [5] 刘星才,徐宗学,占车生,等.密云水库入库流量变异性及其影响因素[J].水土保持通报,2011,31(1):40-45.
- [6] 薛新娟,王景仕,陈长贵.密云水库入库水质对库区水质的影响初探[J].北京水务,2012(4):11-14.
- [7] Wang Z J, Gong H L. Evaluating the effectiveness of routine water quality monitoring in Miyun reservoir based on geostatistical analysis[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2010(160):465-478.
- [8] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2002:200-284.
- [9] 曹斌,夏凡,夏建新.水环境质量评价方法的比较与应用研究-以兰坪县通甸河为例[J].中央民族大学学报(自然科学版),2011,20(3):12-19.
- [10] 席中军,李静.沁河晋城段河流水质评价[J].科技情报开发与经济,2010,20(4):163-165.
- [11] 刘静,杭小帅,梁斌,等.太湖湖区敏感水域水质时空变化特征[J].生态与农村环境学报,2012,28(6):628-632.
- [12] 国家环境保护总局. GB 3838-2002,地表水环境质量标准[S].北京:中国环境科学出版社出版,2002.
- [13] 葛晓立,刘晓端,潘小川,等.密云水库水体的地球化学特征[J].岩矿测试,2003,22(1):44-48.
- [14] 王庆锁,孙东宝,郝卫平,等.密云水库流域地下水硝态氮的分布及其影响因素[J].土壤学报,2011,48(1):141-150.
- [15] 李子君,李秀彬.水利水保措施对潮河流域年径流量的影响-基于经验统计模型的评估[J].地理学报,2008,63(9):958-968.
- [16] Wang X Y, Wang Y X, Li T F, et al. Characteristics of non-point source pollution in the watershed of Miyun Reservoir, Beijing, China[J]. Chinese Journal of Geochemistry, 2002, 21(1):89-95.

Spatial Distribution and Evaluation of Nitrogen and Phosphorus in Upstream Rivers in Miyun Reservoir

LI Xin-rong¹, LI Shun-jiang¹, YANG Jin-feng¹, XIAO Chang-kun², SHI Wen-xue², ZHAO Tong-ke¹

(1. Institute of Plant Nutrition and Natural Resources, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing, 100097; 2. Miyun County Agrotechnique Extension Station, Beijing 101500)

Abstract: The aim of study is to get main pollutants and spatial distribution in the upstream rivers in Miyun Reservoir, Beijing. 210 water samples were collected from fourteen river sections in every month in 2012 to study spatial distribution of nitrogen and phosphorus. The results showed the same orders of the content of TN, TP, NO₃-N and NH₃-N were Chao River>Qingshui River>Bai River. The average measured concentration of TN, TP, NO₃-N and NH₃-N of Chao River were 4.63, 0.024, 4.41 and 0.17 mg/L, separately. The spatial distribution of concentration of TN, NO₃-N, NH₃-N were gradually decreased from upstream to the sections near the reservoir in Chao River, and maybe associated with the water conservancy project, the river self-purification and dilution. According to the national environmental water quality standards, the concentration of NH₃-N, TP of three rivers were classified to level II, but TN exceed the quality standard of level V, also, the concentration of TN of thirteen river sections exceeded the standard of level V (2.0 mg/L). Single contamination index method applied to evaluate water quality on the annual average TN, TP and NH₃-N, it showed that TP and NH₃-N classified into no pollution, but TN being heavy pollution indicating that the Nitrogen pollution cannot be ignored in upstream rivers to Miyun reservoir.

Key words: Miyun reservoir; spatial distribution; nitrogen; phosphorus