

密云水库不同林地配置下地表水水质状况分析

王俭成, 杨建英, 白 麟

(北京林业大学 水土保持学院, 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083)

摘 要:密云水库是北京市最重要的饮用水水源地, 它为北京提供了近 70% 的生活用水, 因此密云水库的水质保护成为了当前迫切需要解决的问题。为此, 在密云县太师屯镇建立 10 个以不同造林模式配置的水源涵养林试验区, 并构建径流小区。通过检测各径流小区地表水水质情况, 进而找出发挥水文效益最佳的造林模式。运用综合指数法、模糊数学法和灰色关联法对数据进行分析后, 得出: 不同造林模式对地表水水质的影响很大, 2 号试验地的油松和黄栌混交林改善水质效果最佳, 达到了国家 I 类水标准, 其他试验地的改善水质效果不佳, 均差于 2 号试验地。由此可见, 油松混交黄栌的造林模式为密云水源林的最佳造林模式, 且该混交林树种的成活率均在 90% 以上, 建议进行推广栽植。

关键词:水源涵养林; 水质; 造林模式; 密云水库

中图分类号: X832

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)04-0247-05

Analysis on Surface Water Quality in Different Woodland Configuration in Miyun Reservoir

WANG Jian-cheng, YANG Jian-ying, BAI Lin

(Key Lab Soil and Water Conservation and Desertification Combating, College of Soil and

Water Conservation, Beijing Forestry University, Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract: Miyun Reservoir is the most important potable water resources of Beijing, which has supplied nearly seventy percent of domestic water for Beijing. So the water quality protection of Miyun Reservoir has become an urgent problem to be solved at present. Therefore, we built water conservation forest experimental site in Taishitun Town of Miyun Reservoir, which was divided into ten parts, and each part was configured in different afforestation models. Then runoff plots were constructed. In order to find out the best afforestation mode of hydrologic benefit, the surface water quality condition of each runoff plot was tested, and the experimental data was analyzed by using synthetic index method, fuzzy mathematics method and gray correlation method. The results showed that different afforestation models indeed had different effects on surface water quality. We thought that the experimental site of NO. 2 had the best effect on water quality which was planted with *Pinus tabulaeformis* and *Cotinus coggygria*. And its result had achieved the national grade I. However the other experimental sites had the worse effect than experimental site of NO. 2. All the above, we can see that *Pinus tabulaeformis* mixed *Cotinus coggygria* was the best afforestation model. And the two species survival rates were more than ninety percent, and were advised for demonstration and extension.

Key words: water conservation forest; water quality; afforestation model; Miyun Reservoir

水源涵养林, 是指具有涵养水源、改善水文状况、调节区域水分循环、防止河流、湖泊、水库淤塞, 以及保护可饮水水源为主要目的森林、林木和灌木林。其核心功能是调节水量、控制土壤侵蚀和改善水质^[1],

是国家规定的 5 大林种之一防护林中的二级林种, 是发挥森林涵养水源功能的特殊林种。北京是一个严重缺水的城市, 而密云水库是北京的重要水源地, 它为北京市提供了 70% 左右的生活用水^[2], 因此在水

收稿日期: 2012-03-05

修回日期: 2012-04-23

资助项目: 林业生态建设关键技术研究示范专项项目“都市重要水源区水源涵养林构建技术试验示范”(2006BAD03A18); 全国林业公益性项目“四川地震灾区灾后植被恢复及可持续发展关键技术研究示范”(201104109)

作者简介: 王俭成(1987—), 男, 河北省石家庄人, 硕士研究生, 主要研究方向为水土保持。E-mail: 348790240@qq.com

通信作者: 杨建英(1965—), 女, 河北省石家庄人, 博士, 副教授, 主要研究方向: 土壤侵蚀、开发建设项目水土保持及工程绿化技术。E-mail: jyyang@bjfu.edu.cn

源地营造水源涵养林,保护库区生态环境,无疑是一项重要举措。森林水环境是森林对化学环境变化反应最直接最敏感的部分,分析森林水环境的化学成分及变化,对探索地表水水质的变化,水源林净化水源的作用机制,都具有重要的作用^[3]。本文通过对密云水库黄各庄村水源涵养林示范区内 10 种不同造林模式下地表水水质状况的差异分析,探索水源涵养林的造林模式与地表水水质的关系,以便从造林的角度探讨如何才能最大限度地发挥森林的水源涵养和改善水质的功能,为密云地区乃至北京地区的水源涵养林的经营和管理提供理论依据。

1 研究地概况

密云水库位于京郊密云县城北山区,横跨潮河、白河主河道,距北京市区约 100 km。水源涵养林试验区位于密云县太师屯镇黄各庄村,北纬 40°28',东经 117°01',属于一级水源保护区,西邻密云水库东岸,地势东北高,西南低,至密云水库达到最低点。气候类型属于暖温带半湿润季风性气候,年平均气温 10.5℃,多年平均降水量 605.5 mm,且降雨主要集中在 6—8 月,占全年降雨量的 65%~75%,降水不平衡导致该地区春末干旱,夏季山洪暴发,水土流失严重,流失的土壤养分和泥沙最终被冲入水体,造成对水库的污染。当地地类以荒山为主,植被稀疏,乔

木以刺槐(*Robinia pseudoacacia*)为主,零星分布,灌木以荆条(*Vitex negundo*)为主,盖度为 0.1~0.3,山体坡度为 20°~25°,海拔 200~300 m,土壤以褐土为主,坡地土质为壤质和石砾质,沟谷阶地则为壤质和沙质土,土层厚度 15~20 cm。研究区以人工植被为主,包括刺槐、侧柏(*latycladus orientalis*)、山杏(*Prunus armeniaca*)等,还有很多经济林如板栗(*Castanea mollissima*)、核桃(*Juglans regia*)、苹果(*Malus domestica*)、梨(*Pyrus spp*)等^[4]。

2 研究方法

2.1 造林模式介绍

试验地共选择油松(*Pinus tabulaeformis*)、侧柏、橡栎(*Quercus acutissima*)、板栗、黄栌(*Cotinus coggygria*)、五角枫(*Acer elegantulum*)、山杏、山桃(*Amygdalus davidiana*)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)、荆条、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、三裂叶绣线菊(*Spiraea trilobata*)等 12 个造林树种,其中针叶树种 1 个,阔叶树种 7 个,阔叶树种中经济树种 2 个,灌木 4 种。按照立地条件相同的原则,在试验区内选定 10 块区域,每块区域约占地 0.67 hm²,根据树种、混交比例、整地方式的不同,分别配置以不同的造林模式。在每一块试验地均设计建造标准五孔分流径流小区,作径流、泥沙观测及水质检测使用。造林模式见表 1。

表 1 造林模式介绍

编号	树种	混交比例	整地方法
1	油松纯林	无	块状布置,鱼鳞坑整地
2	油松+黄栌	6:4	块状布置,鱼鳞坑整地
3	侧柏+板栗	6:4	块状布置,鱼鳞坑整地
4	侧柏+黄栌+绣线菊	5:4:1	块状布置,鱼鳞坑整地
5	橡栎+沙棘	6:4	块状布置,鱼鳞坑整地
6	油松+黄栌+山杏+绣线菊	2.5:2:2.5:3	条带状布置,水平条整地
7	油松+紫穗槐+五角枫	5:2:3	条带状布置,水平条整地
8	油松+橡栎+五角枫	5:3:2	条带状布置,水平条整地
9	油松+山桃	6:4	块状布置,穴状整地
10	山桃+板栗	6:4	块状布置,穴状整地

2.2 水样采集

根据试验区的气候特点,采样时间定在 8 月份,在密云县黄各庄村水源涵养林示范区内 10 个径流小区同时取水,用于水质状况评价。收集桶为清洁的塑料制品,采样器为清洁的蒸馏水瓶。取样时,因集水池水样已经沉淀,因此进行均匀搅拌后取水,以最大程度地保证数据的真实性和可靠性。取样后放入车载冰箱低温保存,水样离心之后测定。

2.3 样品的测定

pH 值使用便携式 pH 测量仪测定(GB/T

6920—1986),氨氮测定用紫外可见分光光度计(GB/T 7479—1987),总磷测定用紫外可见分光光度计(GB/T 11893—1989),总氮测定用紫外可见分光光度计(GB/T 11894—1989),总硬度测定采 EDTA 络合滴定法(GB/T 7477—87),溶解性总固体采用数显鼓风干燥箱测定(GB/T 5750.4—2006),化学需氧量(COD_{Cr})采用重铬酸钾法测定(GB/T 11914—1989)^[4]。水质评价标准为地面水环境质量标准(GB3838—88)。

3 结果与分析

2010 年 5 月份对黄各庄 2007 年栽植的 10 块标准地进行每木检尺测量,并进行存活率统计。结果表明:各林种的保存率从高到低分别为:五角枫(96.64%)、油松(95.52%)、黄栌(91.20%)、山桃(81.91%)、侧柏(77.18%)、沙棘(59.14%)、板栗(51.78%)、橡栎(48.81%),可见五角枫、油松、黄栌的成活率相对较高。各试验地的保存率:1 号试验地(96.20%)、2 号

试验地(92.80%)、3 号试验地(78.33%)、4 号试验地(93.45%)、5 号试验地(68.37%)、6 号试验地(87.60%)、7 号试验地(95.39%)、8 号试验地(85.00%)、9 号试验地(92.46%)、10 号试验地(68.22%)。其中,第 10 号样地树种成活率较其他地块的保存率偏低,经实地调查发现,由于该地块靠近农地,人为和牲畜破坏较为严重,使得部分苗木严重受损。所采集的水样中几种主要化学指标含量分析结果见表 2。

表 2 径流小区水质中几种主要物质的含量

编号	氨氮/ (mg · L ⁻¹)	总磷/ (mg · L ⁻¹)	总氮/ (mg · L ⁻¹)	化学需氧量/ (mg · L ⁻¹)	pH 值	总硬度/ (mg · L ⁻¹)	溶解性总固体/ (mg · L ⁻¹)
1	0.04	0.032	2.71	14.7	9.24	40.7	390
2	0.03	0.043	0.14	10.0	8.53	147.0	246
3	0.03	0.048	0.37	10.0	8.59	147.0	240
4	0.03	0.048	0.28	14.7	8.58	148.0	251
5	0.07	0.029	3.52	15.6	8.85	247.0	613
6	0.03	0.032	0.46	15.6	8.61	149.0	254
7	0.16	0.024	3.55	13.0	8.85	241.0	609
8	0.33	0.066	2.12	22.5	9.38	88.4	555
9	0.04	0.032	0.27	16.4	8.60	147.0	231
10	0.04	0.036	0.40	18.2	8.60	146.0	227

3.1 水质基本状况分析

根据地面水环境质量标准可知,1 号地与 8 号地的 pH 值偏高,超出正常范围,其他样地的 pH 值均符合地面水环境质量要求;各试验地氨氮水平与总磷水平含量符合Ⅱ类水环境标准;总氮指标检测中,2 号地符合Ⅰ类水环境标准,3 号、4 号、6 号、9 号、10 号指标符合Ⅱ类水环境标准,其他试验地指标较差,属于Ⅴ类水;化学需氧量指标中,1 号、2 号、3 号、4 号、7 号属于Ⅰ类水,5 号、6 号、9 号、10 号属于Ⅲ类水,8 号属于Ⅳ类水;总硬度与溶解性固体都符合生活饮用水水源水质标准限值的Ⅰ类水质标准。

从直观上看,2 号试验地的水质条件较好,3 号、4 号试验地水质条件一般,其它试验地水质条件较差。由于水质系统是由多种变量组成的,每个变量都只能从单方面反应水质质量,同时各变量因子之间也有不同程度的相关性,因此,必须运用科学的方法对水质进行综合评价、判定。目前,水质评价分析采用的方法有很多,如有最差因子判别法、灰色关联法、主成分分析法、模糊数学法、综合指数法等,每种方法都有各自的优缺点和使用条件。使用单个综合评价方法不足以全面反映水体的水质情况,为使分析结果更具有可信度,故本文使用综合指数法、模糊数学法和灰色关联法^[5]这 3 种综合评价法对密云水库地表水水质状况进行分析评价。

3.2 综合指数法分析

综合指数法使用简单、评价结果直观、精确度高,能较完整地反映水质的污染程度。该方法是最早用于环境质量评价的一种方法,近几十年来,这一方法在环境质量评价中得到了广泛的应用,并取得了很大的发展。本文选用等标指数和综合指数法^[6-7]。以提高评价级别划分的科学性。

通过对实验数据运用综合指数法分析,选取 I_1 (氨氮)、 I_2 (总磷)、 I_3 (总氮)、 I_4 (化学需氧量)作为该 4 项指标的等标分指数, M 为综合等标指数,根据 M 值在地表水水质分类标准中的级别,得出的评价结果见表 3。

表 3 综合指数法评价结果

编号	I_1	I_2	I_3	I_4	M 值	水质级别
1	0.04	0.16	2.71	0.74	0.91	Ⅲ
2	0.03	0.22	0.14	0.50	0.22	Ⅱ
3	0.03	0.24	0.37	0.50	0.29	Ⅱ
4	0.03	0.24	0.28	0.74	0.32	Ⅱ
5	0.07	0.15	3.52	0.78	1.13	Ⅳ
6	0.03	0.16	0.46	0.78	0.36	Ⅱ
7	0.16	0.12	3.55	0.65	1.12	Ⅳ
8	0.33	0.33	2.12	1.13	0.98	Ⅲ
9	0.04	0.16	0.27	0.82	0.32	Ⅱ
10	0.04	0.18	0.40	0.91	0.38	Ⅱ

2 号、3 号、4 号、6 号、9 号、10 号试验地水质较好,达到了地面水环境质量标准Ⅱ类水标准;1 号、9

号试验地达到Ⅲ类水标准,水质轻度污染;5号、7号试验地属于Ⅳ类水标准,水质较差(表3)。

3.3 模糊数学法分析

模糊数学法是水质类别评价中最常用的一种方法,由于影响地表水水质状况的因素较多,存在随机性,而水质评价又存在模糊性,鉴于此,本文采用水质评价的模糊概率综合评价法。该方法把概率统计与模糊数学进行了有机结合,可较为全面的描述水质评价中存在的大量的随机性和模糊性。模糊数学法的运算过程如下:选定的水质参数变量有4项,取 $U=(\text{氨氮、总磷、总氮、化学需氧量})$;地表水质量等级分为5类,取分类集合 $V=(\text{I, II, III, IV, V})$;设定各水质参数变量的标准值分别为 S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 。首先根据公式求得各水质参数变量的标准均值,然后根据各水质参数在综合评价中的权重求得权重矩阵 A ,并根据实测数据,利用公式求得模糊矩阵 R ,最后对 A 与 R 进行矩阵运算得出隶属度矩阵 Y 。根据最大隶属度原则, Y 中最大隶属度所对应的类别就是水质评价类别^[8-10],评价结果见表4。

表4 不同试验地模糊数学法评价结果

编号	隶属函数(Y)					最大隶属度	水质级别
	I	II	III	IV	V		
1	0.23	0.01	0	0	0.76	0.76	V
2	0.92	0.08	0	0	0	0.92	I
3	0.78	0.35	0	0	0	0.78	I
4	0.86	0.14	0	0	0	0.86	I
5	0.18	0.14	0.02	0	0.80	0.80	V
6	0.17	0.77	0.06	0	0	0.77	II
7	0.18	0.01	0	0	0.81	0.81	V
8	0.07	0.11	0.2	0.07	0.56	0.56	V
9	0.33	0.51	0.17	0	0	0.51	II
10	0.22	0.42	0.36	0	0	0.42	II

2号、3号、4号试验地的水质为Ⅰ类,水质优良;6号、9号、10号试验地的水质为Ⅱ类,水质较好;其它水质的均为Ⅴ类,水质状况较差(表4)。

3.4 灰色关联法分析

灰色关联法是分析系统中各因素关联程度的方法,是一种多因素统计分析方法,以各因素的样本数为依据,根据因素之间发展态势的相似或相异程度衡量因素间的接近程度。灰色关联法具有对样本要求低、计算量小等优点,因此在环境质量评价、水质评价中经常用到。运用灰色关联法进行水质综合评价,主要是用关联度的大小次序进行描述,按关联度最大将所评价的水质样本分在相应的水质类别中^[11-12]。分析结果见表5,2号试验地的水质最佳,为Ⅰ类水;其他试验地均为Ⅱ类水,Ⅱ类水质中按照最大灰色关联度从大到小排列得出同一级水质之间从好到差的顺

序为:6号>9号>4号>10>3号>1号>5号>8号>7号(表5)。

表5 不同试验地水质灰色关联度分析

编号	灰色关联度					最大灰色关联度	水质级别
	I	II	III	IV	V		
1	0.815	0.838	0.728	0.628	0.550	0.838	II
2	0.962	0.919	0.690	0.500	0.370	0.962	I
3	0.909	0.937	0.739	0.517	0.382	0.937	II
4	0.931	0.958	0.740	0.544	0.394	0.958	II
5	0.756	0.791	0.638	0.492	0.388	0.791	II
6	0.902	0.990	0.812	0.564	0.404	0.990	II
7	0.751	0.772	0.621	0.478	0.384	0.772	II
8	0.653	0.773	0.649	0.696	0.627	0.773	II
9	0.929	0.978	0.764	0.550	0.394	0.978	II
10	0.868	0.955	0.797	0.586	0.410	0.955	II

3.5 综合评价结果与分析

通过运用综合指数法、模糊数学法、灰色关联法这3种方法对数据进行综合分析后,得出水质的综合评价结果,见表6。

表6 密云径流小区水质的综合结果

编号	综合指数法	模糊数学法	灰色关联法	综合平衡结果
1	III	V	II	III
2	II	I	I	I
3	II	I	II	II
4	II	I	II	II
5	IV	V	II	IV
6	II	II	II	II
7	IV	V	II	IV
8	III	V	II	III
9	II	II	II	II
10	II	II	II	II

由表6可知,2号试验地的水质符合《地面水环境质量》GB3838—88的Ⅰ级标准;3号、4号、6号、9号、10号试验地都属于Ⅱ类水;1号、8号试验地均属于Ⅲ类水,已经被轻度污染;5号、7号试验地属于Ⅳ类水,属于重度污染。其中1号、5号、7号、8号试验地水质较差的主要原因是总氮含量严重超标。

4 结论

(1) 1号地属于Ⅲ类水,树种成活率虽高,但只有油松一个树种,对比其他试验地改善水质功能相对较差,由此可得出混交林改善水质的功能要优于纯林。

(2) 5号地属于Ⅳ类水,水质已受到重度污染,原因是5号试验地的水源涵养林林种适地适应性较差,不能适应当地的土壤、气候条件,成活率很低,造成改善水质能力很差。

(3) 7号、8号试验地水质分别属于Ⅳ、Ⅲ类水,都受到了不同程度的污染,他们的共同点是混交林种中都有五角枫,所以五角枫不适于改善密云库区的水质问题,且8号试验地的橡栎成活率极低,并非适地适树树种。

(4) 2号试验地的水质达到了Ⅰ类水,在所有试验地中改善水质的效果最好,且2号试验地的混交树种油松和黄栌平均成活率较高,均达到了90%以上。

本文以密云水库示范区内10个径流小区所采集的地表水为样本进行水质分析,找到了密云库区改善水质最佳的水源涵养林造林模式(油松+黄栌,混交比例6:4),为本地区的水质保护规划和控制措施实施提供了理论依据。据此建议密云太师屯镇政府可以以2号试验地的造林模式为样本进行大范围栽植,这对于保护密云水库流域水质、发展当地经济乃至改善北京饮用水水质都具有重要的现实意义和应用价值。

参考文献:

- [1] 于志民,王礼先. 水源涵养林效益研究[M]. 北京:中国林业出版社,1999.
- [2] 韩光辉,王林弟. 新时期北京水资源问题研究[J]. 北京大学学报,2000,37(6):118-126.
- [3] 欧阳学军,周国逸. 鼎湖山森林地表水水质状况分析[J]. 生态学报,2002,22(9):1373-1379.
- [4] 仇雁翎,陈玲. 饮用水水质监测与分析[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [5] 张旭臣. 水质分级评价的模糊数学方法研究[J]. 水文,1998(6):24-27.
- [6] 廖为权,姜齐. 水质评价的浓度级数法[J]. 水文,1992(3):25-32.
- [7] 方菊,湛贻胜,童祯恭. 综合指数法在饮用水水质评价中的应用[J]. 给水排水工程,2011,29(1):63-65.
- [8] 付雁鹏. 模糊数学在水质评价中的应用[M]. 武汉:华中工学院出版社,1987.
- [9] 马建华,季凡. 水质评价的模糊概率综合评价法[J]. 水文,1994(3):21-25.
- [10] 鄢贵权. 模糊矩阵复合运算法在水质评价中的应用[J]. 贵州工业大学学报,1992,21(2):30-36.
- [11] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉:华中工学院出版社,1987.
- [12] 沈珍瑶,谢彤芳. 一种改进的灰关联分析方法及其在水环境质量评价中的应用[J]. 水文,1997(3):13-15.
- (上接第246页)
- [3] 王裕宜,李昌志,洪勇. 暴雨泥石流输沙年际变率的旋回性研究:以云南东川蒋家沟泥石流为例[J]. 自然灾害学报,2000,9(4):99-104.
- [4] 程根伟. 暴雨泥石流暴发的准周期性探讨[J]. 自然灾害学报,2002,11(4):49-54.
- [5] Mann C J, Hunter R L. Probabilities of geologic events and processes in natural hazards[J]. Z Geomorph N F, 1988, 67(S):39-52.
- [6] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法 [M]. 3版. 北京:气象出版社,2004:304-311.
- [7] 黄嘉佑. 气候状态变化的持续性和周期性分析[J]. 气象,1995,21(8):53-57.
- [8] 康志成,崔鹏,韦方强,等. 中国科学院东川泥石流观测研究站观测实验资料集(1961—1984)[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [9] 康志成,崔鹏,韦方强,等. 中国科学院东川泥石流观测研究站观测实验资料集(1995—2000)[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [10] 王瑞元,张根娟. 暴雨泥石流预报专家系统研究[M]//唐川. 云南省滑坡泥石流重点区域预测预报与评价方法研究. 昆明:云南科技出版社,1995:3-5.