

石家庄地表水源保护区土地利用变化与水质相关性研究

赵 晴¹, 刘 征², 赵旭阳²

(1. 河北师范大学 资源与环境科学学院, 石家庄 050024; 2. 石家庄学院 资源与环境系, 石家庄 050035)

摘 要:土地利用变化的环境效应已成为区域可持续发展研究的切入点与突破口。以石家庄地表水源保护区为例, 利用 Erdas IMAGINE、ArcGIS 等软件对 2000 年 TM 和 2010 年环境一号星的遥感影像进行解译, 分析近 10 a 来保护区土地利用的变化情况; 将保护区划分为 5 个区域, 并利用 SPSS 软件, 将分类结果与保护区主要水质污染指标 TN、TP、BOD₅、COD_{Mn} 进行相关性分析。研究发现: 各土地利用类型的变化情况较大, 变化概率为 40.83%~67.87%, 主要是低矮灌木及草地、未利用地向林地的转变; 建设用地与 TN 相关性显著, 其他各土地利用类型与水质指标之间相关程度不高。研究成果不仅对石家庄及河北省山区今后的土地利用和水质保护具有一定的指导意义, 还将有助于揭示流域人类活动与景观生态系统变化和水环境的交互作用机制。

关键词:地表水源保护区; 土地利用变化; 水质; 相关分析

中图分类号: X144

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)02-0121-06

Study on Correlativity of Land Utilization Change and Water Quality in the Surface Headwaters Protection Area of Shijiazhuang

ZHAO Qing¹, LIU Zheng², ZHAO Xu-yang²

(1. School of Resources & Environmental Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China;

2. Department of Resources & Environment, Shijiazhuang University, Shijiazhuang 050035, China)

Abstract: The environmental effect of land utilization change has become a starting and breakthrough point in the researches on the regional sustainable development. In the light of surface headwaters protection areas of Shijiazhuang, TM of 2000 and the remote image of No. 1 Environmental Satellite of 2010 was interpreted by using Erdas IMAGING and ArcGIS, and the change of land utilization of protection areas in the past decade was analyzed. And the protection areas was classified into five regions and performed a correlation analysis of classified results and TN, TP, BOD₅ and COD_{MN}. The results showed that there was a big change in the land utilization types, the change rate ranged from 40.83% to 67.87%, the major change was the conversion of low bushes, grasslands and unutilized land into woodland. The correlation of construction land and TN was obvious, but the correlation of other land utilization types and water quality was not obvious. This study would be of guiding significance to the land utilization and water protection in Shijiazhuang and other areas in Hebei. And it will be helpful for revealing the interactive mechanism of human activities of drainage areas and landscape ecology and water environment.

Key words: surface headwaters protection area; land utilization change; water quality; relative analysis

随着土地利用与土地/覆被变化(LUCC)成为全球变化领域的核心, 国内外学者通过实例对土地利用/覆被变化的环境效应已进行了广泛探讨, 通过实例对土地利用/覆被变化的过程、驱动机制以及预测模型进行了大量研究^[1]。Lisa 等^[2]以新西兰南部 45

个集水区为研究对象, 分析了不同类型的水体中污染物浓度与其周边土地利用类型的相关性, 发现水体越小, 流动性越差, 水质越容易受到周边土地利用变化的影响。Bahman 等^[3]对太田川河口地区各土地利用类型的面积所占比例与水质指标进行相关分析和

回归分析,定量评价土地利用变化对水质的影响程度,发现污泥浓度 SS、TN 和 pH 值的变化在一定程度上是由土地利用变化引起的。我国近年来城市化的快速发展,使土地利用类型发生了巨大的变化,在环境效应方面,国内有些研究虽然反映了环境要素的某些指标,但专门分析土地利用/覆被变化的水环境效应的研究并不常见。刘登峰等^[4]对缙云山的 5 个不同实验小区的水质数据进行了评价,分析不同土地利用类型对地表径流水质的影响,发现农用地、楠竹林地表径流的水质较好,阔叶林和灌木林地表径流水质较差。胡建等^[5]以太湖流域为对象,对各水文生态单元内主要土地利用/覆盖类型的相对面积占比与水质等级之间的相关性进行了研究,发现不同土地利用方式对水质的改善能力不同,林地对水质的改善能力较强,而耕地和聚落用地相对较弱。张殷俊等^[6]对河流近域土地利用构成与水环境质量间的定量关系进行了研究,分析了土地利用构成与水质指数间的相关关系,结果表明,巢湖流域近河道地区土地利用构成对各水质指数有重要影响,且受地形因素影响。郭青海等^[7]对武汉市土地利用类型与四个湖的水质进行了相关分析,表明龙阳湖中居民用地和草地与 TP 呈正相关,滩地与 TN 呈负相关,耕地与 COD_{Mn}呈负相关;南太子湖中,耕地与 TN 呈正相关,COD_{Mn}和 TP 与其他土地利用类型之间相关性不显著;墨水湖、三角湖中各土地利用类型与水质指标相关性不显著。张洪等^[8]以滇池流域为研究对象,进行土地利用动态变化及对流域水环境的影响分析,结果表明,滇池流域的水质明显受到土地利用类型及利用变化情况的影响。其中,城镇村工矿建设用和耕地显著提高了流域总磷量的排放,牧草地显著减少了流域总磷量的影响;城镇村工矿建设用地及有林地显著提高了流域 BOD 的污染,而耕地有效地减少了流域 BOD 的污染;城镇村工矿建设用地显著提高了流域 COD 的排放,而耕地和湿地有效减少了 COD 的排放。综上所述,目前国内的研究多集中在流域范围,对重要水源地保护区的研究较少,且专门分析土地利用/覆被变化对水环境效应影响的研究更是寥寥无几。

本文以石家庄市地表水源保护区为研究对象,通过遥感影像解译,分析 2000—2010 年间土地利用特征和变化规律,研究各土地利用类型面积与水质主要污染指标总氮(TN)、总磷(TP)、生化需氧量(BOD₅)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})的相关性,探讨地表水源保护区土地利用变化对水质的影响。分析土地利用对水环境的影响,以期对流域水土资源可持续利用、环境保护等提供科学依据,同时对保证当地居民

健康及其治理保护区水体富营养化具有重要意义,为石家庄市地表水环境的改善和生态恢复提供新的思路和途径。

1 研究区概况

石家庄市地表水源保护区地表水源包括岗南水库水源地和黄壁庄水库水源地。保护区分为一级保护区、二级保护区、准保护区。岗南、黄壁庄水库将正常水位线以下的全部水域,岗南、黄壁庄水库取水口一侧正常水位线以上 200 m 范围内的水域,以及两库之间滹沱河主干流行洪制导线外 100 m 范围内的区域划为一级保护区,面积 135.3 km²。以一级保护区外边线为基线,将一级保护区以外 3 km 范围,冶河、锦河、甘陶河行洪制导线外 3 km 范围内划分为二级保护区,总面积 1 188.47 km²。准保护区以地表分水岭为界,二级保护区外本市行政区域内黄壁庄水库上游滹沱河水系范围,总面积为 4 372.21 km²。整个研究区的大部分地区主要分布在平山县和井陘县。

1.1 自然概况

研究区位于河北省西部太行山中段,地势差距大,地貌复杂。地处半湿润半干旱区,属暖温带大陆性半湿润季风型气候。由于高差悬殊,在西北部山区具有垂直气候特征。研究区气候主要特点是:四季分明,季节性强,光照充足,降水量偏少,夏暑冬寒,温差较大。年平均气温 12.9℃,7 月份平均气温最高为 26.3℃,1 月份平均最低气温为 -8.2℃;年平均降水量为 555.1 mm。

研究区主要有滹沱河、绵河—冶河、人工渠、黄壁庄和岗南水库等水域,属于牙河水系。滹沱河黄壁庄以下为主要河道,其他河道为一般河道。滹沱河自西北向东南斜贯本区。滹沱河最大支流冶河,流贯井陘全境,于平山县城北注入黄壁庄水库。黄壁庄和岗南水库是市域内两座串联的大型水库,总库容量分别为 15.7 亿 m³ 和 12.1 亿 m³,已经成为石家庄市区的直接饮用水源^[9]。

1.2 土地利用概况

研究区内地形起伏较大,低山、丘陵广布,土地利用类型多样,以林地、低矮灌木及草地和未利用地为主,主要分布于研究区的西部,这三种土地利用类型分别占总面积的 35.47%,29.46%,15.21%。研究区建设用地、耕地和水域面积较小,分别占总面积的 5.63%,12.53%,1.71%,主要分布于平山县的中东部地区和井陘县的河谷地带。近年来,由于经济的快

速发展和城市建设的需要,居民点及工矿用地、交通用地等建设用地不断增加,使得土地覆被发生了明显的变化,不仅造成水域面积逐渐萎缩,而且导致地表水质面临的生态风险也越来越严重,加剧了水资源的紧张程度。

1.3 水环境状况

水是农业的命脉、经济的基础、城市生存发展的基本条件。石家庄市作为京津冀都市圈第三极核心城市,距首都北京 283 km,是北京市用水的重要后备力量。随着城市的快速发展,人民生活水平的提高,城市用水量也在不断增长,供需矛盾日益凸显。目前,省会石家庄市城市日用水总量近 90 万 t,且日用水量以年均 3% 的速度递增,现状地下水资源已无多大潜力可挖,地表水源的供水量已占城市用水总量的 30%。为保证石家庄市持续、快速、健康发展,地表水源对石家庄市经济和社会发展的的重要性越来越明显^[10]。

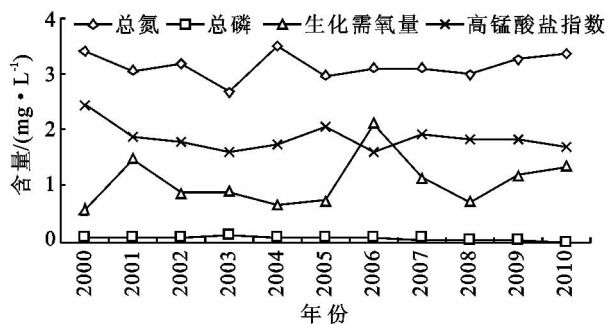


图1 2000—2010年石家庄地表水源保护区水质情况

图1表明,近10 a来,水源保护区生化需氧量指数呈波动上升趋势,其他指标指数略有减少,但波动起伏较大。

2 数据与方法

2.1 遥感影像的获取

考虑到影像的可获得性、影像本身的质量和文章的创新性,本研究所采用的数据主要为研究区 2000 年 Landsat TM 遥感影像、2010 年中国环境一号卫星遥感影像。遥感影像成像时间分别为 2000 年 5 月 7 日和 2010 年 7 月 15 日,分辨率均为 30 m。辅助资料为石家庄市 2010 年 Landsat ETM 遥感影像,地球系统科学数据共享网 2005 年已分类矢量数据,石家庄市 2000 年 1:100 000 地形图和石家庄地区土地利用现状图,并结合 2010 年 5 月的实地勘察和调研数据。

根据 2007 年 8 月 5 日正式颁布执行的《土地利用分类》国家标准,及此项研究的需要,将研究区土地利用类型划分为 6 种,分别为:建设用地、林地、耕地、

低矮灌木及草地、水域、未利用地。采用遥感信息与地学信息相结合,室内判读和野外调查相结合的方法,运用 Erdas IMAGINE 和 ArcGIS 对遥感图像进行处理,采用监督分类方法对图像进行分类,并对解译好的影像进行土地利用变化监测^[11]。

2.2 遥感影像的解译

(1) 图像预处理:通过多波段合成将 TM 数据的 6 个波段和环境一号卫星数据的 4 个波段分别进行合成;再将合成好的影像进行拼接、几何校正、剪裁。(2) 图像判读:根据野外调查及地区特点,建立影像中地物的判读标志。在影像中,河流、水库根据形状可以很明显地与其他地物进行区分,建设用地都有规则的几何形状,而植被是杂乱的。在 4、3、2 波段合成图像中,深蓝色为水域,亮红色为林地,紫红色为低矮灌木及草地,淡青色为建设用地,淡红色为耕地,亮白色为未利用地^[12]。(3) 分类:选择具有代表性的训练区,建立分类模板,进行监督分类。(4) 分类后处理:由于在分类过程中难免会产生些小图斑,需要对这些小图斑进行剔除和重新分类,用聚类将周围的小图斑合并到大类中,用过滤剔除不符合的小图斑。最后对漏分、错分的像元,根据 2010 年野外调查时选取的 20 个控制点的实际土地利用类型,并参照土地利用现状图,结合人工目视的方法进行检验纠正,生成土地利用类型图^[13]。(5) 精度评价:在分类数据图像中随机产生 100 个点,完全覆盖于图像中,与可清晰目视判别地类的原图像进行对比。由此得出分类的精度评定报告,结果表明两幅图的 Kappa 指数分别为 0.85 和 0.79,均达到最低允许判别精度 0.7 的要求。最后,利用 Erdas IMAGINE 软件分别对两期分类影像进行土地类型面积统计,并作转移分析。

2.3 相关性分析

选择石家庄市环境监测中心提供的 2000 年和 2010 年的水质监测数据,选取下槐镇、岗南、平山桥、岩峰和地都 5 个水质监控点。根据多年水资源监测结果,水质指标选择石家庄地表水源保护区的主要超标污染物:总氮、总磷、生化需氧量、高锰酸盐指数。

结合本文对石家庄地表水源保护区土地利用变化的研究结果以及水质监测站点情况,将保护区划分为 5 个区,由左向右由上到下依次为:下槐镇区、岗南区、平山桥区、岩峰区和地都区(图 2)。利用 Erdas IMAGINE 软件分别对 2000 年和 2010 年各区分类影像进行土地类型面积统计。利用 SPSS 19.0 对选取的水质指标和各土地利用类型面积进行 Pearson 相关性分析。

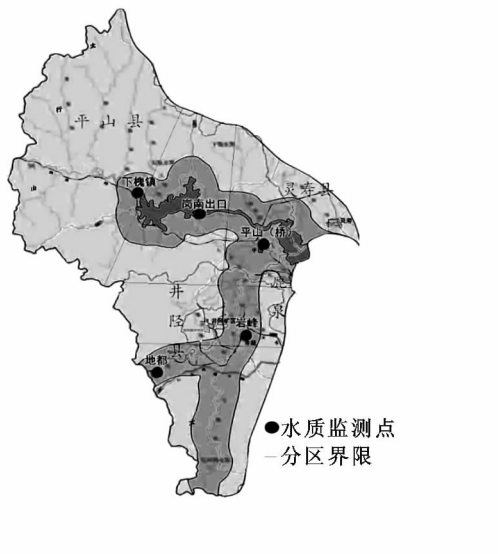


图 2 石家庄地表水源保护区分区

3 结果与分析

3.1 石家庄地表水源保护区近 10 a 土地利用的基本特征

石家庄地表水源保护区土地利用类型,2000 年以林地、低矮灌木及草地和未利用地为主,这三种土地利用类型占总面积的比为 17.86%~32.62%,其中低矮灌木及草地为最主要的土地利用类型,从分布上看,分散于除东北部平原地区的大部分地区;分布最少的是建设用地(5.17%)、耕地(13.30%)和水域(2.15%)。2010 年仍以林地、低矮灌木及草地和未利用地为主,这三种土地利用类型占总面积的比例变为 15.21%~35.47%,其中林地为最主要的土地利用类型,从分布上看,主要集中在除东北部平原地带的其它地区,分布最少的是建设用地(5.63%)、耕地(12.53%)和水域(1.71%)。2000—2010 年间,面积增加的土地利用类型主要为建设用地和林地,其增加面积分别为 20.07 km² 和 286.94 km²,增加比例分别为 8.88%和 22.71%;面积减少的土地利用类型为耕地、低矮灌木及草地、水域和未利用地,其减少面积分别为 33.72,138.01,19.29,115.99 km²,其中耕地减少了 5.80%、低矮灌木及草地减少了 9.68%,水域减少了 20.52%,未利用地减少了 14.85%。即,这 10 a 间的主要变化趋势是建设用地和林地面积的增加,耕地、低矮灌木及草地、水域和未利用地面积的减少(表 1 和附图 17)。

3.2 石家庄地表水源保护区近 10 a 土地利用变化

由表 2 和表 3 可知,2000—2010 年保护区各土地利用类型保持不变的概率为 32.13%~59.17%,其土地利用变化情况是:(1) 建设用地:净增加了

20.07 km²,面积增加量虽小,变化却比较复杂,增加面积主要是由耕地和未利用地转化而来,城市的扩建和道路的大量修建,占用一部分耕地和未利用地,以靠近水源的城镇及西柏坡为中心向四周扩张。(2) 林地:净增加了 286.94 km²,占原面积的 22.71%,是增加面积最大的土地利用类型,主要由低矮灌木及草地和未利用地转化而来,转移概率分别为 40.07%和 25.15%,是植树造林、退耕还林等人为保护的结果,增加的面积主要分散在除东部地区的大部分地区,离一级水源保护区较远,只有西部部分林地与岗南水库西面临近。(3) 耕地:净减少了 33.72 km²,主要转化为建设用地、林地、低矮灌木及草地;其中 17.96%转化为林地、低矮灌木及草地,主要是退耕还林还草的需要,井陘县和平山县耕地面积均有所减少;8.59%转化为建设用地,主要是因为随着社会经济的发展和人口的不断增加,土地需求量不断增加,但土地面积是有限的,加之城市建设的需要,不得已占用小部分耕地进行城市建设。(4) 低矮灌木及草地:净减少 138.01 km²,保持不变的面积比例为 42.32%,主要转化为林地,集中分布在西部山区,转化概率为 40.07%;为保证耕地面积的需要,小部分低矮灌木及草地开发为耕地,比例为 7.37%。(5) 水域:净减少了 19.29 km²,主要转化为建设用地、耕地、低矮灌木及草地和未利用地。由于用水量的不断增加,地表水水面缩减,露出水面的土地被当地居民用于开垦,胡乱进行使用,未被使用的,就发展成为低矮灌木及草地和裸地。(6) 未利用地:净减少了 115.99 km²,变化率为 67.87%,是变化最剧烈的土地利用类型。2000 年时多分布在井陘地区,井陘县矿产蕴藏丰富,中小型矿区较多,地表破坏较严重,随着环境保护的加强,减少的未利用地多转化为林地和低矮灌木及草地(以井陘县最为明显),转化概率分别为 25.15%和 24.87%,小部分开垦为新的耕地,转化概率为 11.87%。

表 1 石家庄地表水源保护区各土地利用类型面积及比例

土地利用类型	2000 年		2010 年	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
建设用地	226.04	5.17	246.11	5.63
林地	1263.68	28.90	1550.62	35.47
耕地	581.48	13.30	547.76	12.53
低矮灌木及草地	1426.09	32.62	1288.08	29.46
水域	94.01	2.15	74.72	1.71
未利用地	780.91	17.86	664.92	15.21
合计	4372.21	100	4372.21	100

表 2 2000—2010 年石家庄地表水源保护区土地利用类型转化矩阵 km²

土地利用类型		2000 年						合计	变化
		建设用地	林地	耕地	低矮灌木 及草地	水域	未利用地		
2010 年	建设用地	93.77	8.65	40.35	14.10	4.27	64.90	226.04	20.07
	林地	12.20	747.71	63.07	385.02	1.05	54.63	1263.68	286.94
	耕地	49.95	23.39	241.82	81.07	4.35	180.88	581.48	−33.72
	低矮灌木及草地	34.30	571.39	105.14	603.47	6.32	105.46	1426.09	−138.01
	水域	13.14	3.07	4.70	10.20	54.77	8.14	94.01	−19.29
	未利用地	42.75	196.40	92.67	194.21	3.96	250.91	780.91	−115.99
	合计	246.11	1550.62	547.76	1288.08	74.72	664.92	4372.21	

表 3 2000—2010 年石家庄地表水源保护区土地利用类型转化矩阵 %

土地利用类型		2000 年						变化
		建设用地	林地	耕地	低矮灌木 及草地	水域	未利用地	
2010 年	建设用地	41.49	3.83	17.85	6.24	1.89	28.71	58.51
	林地	0.97	59.17	4.99	30.47	0.08	4.32	40.83
	耕地	8.59	4.02	41.59	13.94	0.75	31.11	58.41
	低矮灌木及草地	2.41	40.07	7.37	42.32	0.44	7.40	57.68
	水域	13.98	3.27	5.00	10.85	58.26	8.65	41.74
	未利用地	5.47	25.15	11.87	24.87	0.51	32.13	67.87

注:行表示 k 时期的第 i 种土地利用类型,列表示 $k+1$ 时期的 j 种土地利用类型,转移概率是 k 时期的土地利用类型转移到 $k+1$ 时期各种土地利用类型的面积比例。

3.3 各分区近 10 a 土地利用情况

石家庄地表水源保护区的 5 个分区(表 4)中,下槐镇区以林地和低矮灌木及草地为主,主要是林地向低矮灌木及草地和低矮灌木及草地向耕地的转变;岗南区以林地和低矮灌木及草地为主,主要是低矮灌木及草地向林地的转变;平山桥区以耕地和未利用地为

主,主要是耕地向低矮灌木及草地和未利用地的转变;岩峰区以林地和未利用地为主,主要是低矮灌木及草地和未利用地向林地的转变;地都区以林地和低矮灌木及草地为主,主要是低矮灌木及草地向林地和未利用地向低矮灌木及草地的转变。

表 4 石家庄地表水源保护区各分区土地利用类型面积 km²

土地利用类型	下槐镇区		岗南区		平山桥区		岩峰区		地都区	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010
建设用地	12.56	18.62	22.62	16.54	96.23	97.33	48.52	50.95	46.29	62.79
林地	676.35	654.44	211.38	352.33	40.31	29.72	107.43	238.71	228.76	276.51
耕地	8.60	70.90	102.15	103.75	310.40	237.92	86.33	70.04	74.56	65.65
低矮灌木及草地	753.90	745.90	302.70	154.84	60.89	80.35	109.66	82.51	199.46	224.96
水域	5.51	0.96	37.20	40.60	39.98	23.99	4.11	3.60	7.24	5.67
未利用地	86.95	53.05	137.01	145.00	171.78	250.28	183.65	93.90	202.37	123.10

3.4 土地利用变化与水质的相关分析

从相关系数(表 5)来看,与各水质指标相关系数最高的是建设用地面积和水域面积,其相关系数的绝对值的平均值分别为 0.411 和 0.388;相关系数最小的是未利用地面积,其相关系数绝对值的平均值为 0.170。相关系数最高的出现在 TN 与建设用地之间,为 0.761,最小的出现在建设用地与 COD_{Mn}之间,为 −0.011,但显著性检验结果显示,除建设用地与 TN 的 P 值为 0.011,其他 P 值均大于 0.05,表明建设用地与 TN 显著相关,其他各土地利用类型的面积与选取的水质指标之间相关性不显著。建设用地多分布

在水域周边的区域,主要是大西柏坡建设和高速公路建设,建设用地与 TN 显著性相关说明建设用地对进入水体中的有机物有显著影响。一方面,随着建设用地的增加,导致居民生产、生活垃圾增加,引起的面源污染是导致水体富营养化的主要原因,进而导致水质恶化;另一方面,保护区旅游业的大力发展,导致污染物增加,加剧了保护区的点源污染及保护区内畜禽养殖等造成的内源污染^[12]。林地和低矮灌木及草地分别占保护区面积的 28.90%~35.47%和 32.62%~29.46%,所占面积比重大,但大部分分布在距离水源保护区的一级保护区(水域面积占整个保护区水域面

积的 80%左右)较远的地区,且与各水质污染指标呈负相关,相关性不显著,说明林地、低矮灌木及草地的增加对保护区水质的改善有一定作用,但不明显。耕地和未利用地仅分别占保护区面积的 12.53%和 15.21%,且相关性不高,并且不显著,说明耕地和未利用地对保护区水质的影响不大。林地、低矮灌木及草地、耕地、水域和未利用地面积与各污染物浓度相关性不显著,说明低矮灌木及草地、水域面积的减少,不是导致水质恶化的主要原因,林地面积的增加

和未利用地的减少,也没能对水质保护起到有效的作用。

从变化趋势来看,各污染物的浓度随未利用地面积的增加而增加;随林地、低矮灌木及草地面积的增加而减少;TN 随建设用地、耕地和水域面积的增加而增加;TP 随建设用地的增加而增加,随耕地和水域面积的增加而减少;BOD₅ 随建设用地和耕地面积的增加而增加,随水域面积的增加而减少;COD_{Mn} 随建设用地、耕地和水域面积的增加而减少。

表 5 各土地利用类型与水质的相关系数

指标	相关性	建设用地	林地	耕地	低矮灌木 及草地	水域	未利用地
总氮	Pearson 相关性	0.761*	-0.389	0.581	-0.391	0.108	0.116
	显著性(双侧)	0.011	0.266	0.078	0.264	0.767	0.749
总磷	Pearson 相关性	0.300	-0.364	-0.164	-0.319	-0.471	0.244
	显著性(双侧)	0.399	0.301	0.651	0.368	0.169	0.497
生化需氧量	Pearson 相关性	0.572	-0.406	0.104	-0.452	-0.539	0.194
	显著性(双侧)	0.084	0.245	0.775	0.189	0.108	0.591
高锰酸盐指数	Pearson 相关性	-0.011	-0.109	-0.246	-0.040	-0.433	0.126
	显著性(双侧)	0.975	0.765	0.493	0.914	0.211	0.730

注: * 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

4 结论与建议

(1) 2000—2010 年,石家庄地表水源保护区的土地利用类型以林地、低矮灌木及草地为主,两者分别占保护区总面积的 28.90%~35.47%和 32.62%~29.46%,但其距离大面积水域较远,且与各水质污染指标相关性不显著,所以林地、低矮灌木及草地对水质的影响不大。

(2) 2000—2010 年这 10 a 间主要的变化趋势是低矮灌木及草地、未利用地向林地的转变,转移概率分别为 40.07%和 25.15%;未利用地向低矮灌木及草地的转变,转移概率为 24.87%。未利用地保持不变的概率为 32.13%,是变化最大的土地利用类型,但由于总面积仅占保护区面积的 17.86%~15.21%,主要分布在距离水域较远的地方,并且它的减少主要用于林地、低矮灌木及草地的恢复,因此它的剧烈变化没对保护区水质带来大的影响。

(3) 建设用地与总氮的相关系数为 0.726,*P* 值为 0.011,显著相关,其他各土地利用类型与水质指标均相关性不显著,说明建设用地的增加会加重地表水源保护区水质的恶化。建议严格限制保护区内建设用地的新开发;保护和恢复水域周边的低矮灌木及草地,建立植被缓冲带。石家庄地表水源保护区流域尺度下的土地利用空间格局变化对水环境的影响研究亟待开展,将有助于揭示流域人类活动与景观生态系

统变化和水环境的交互作用机制^[14]。

(4) 土地利用变化与水质之间具有一定的相关性。调整优化保护区的土地资源配置,在保护生态的前提下,提高土地、交通等基础设施的使用效率,保护水源保护区土地利用的生态性和水质安全。

(5) 严格保护有保护水源特殊功能的重要土地类型,如林地、低矮灌木及草地等,在合理利用土地的前提下,提高保护区水源水质。

(6) 本研究只是从土地利用变化对水质的影响进行研究,对水质有影响的因子还有很多,未来应进行多因子综合分析,量化土地利用变化对水质的影响程度。

参考文献:

[1] 于兴修,杨桂山. 典型流域土地利用覆被变化及对水质的影响:以太湖上游浙江苕溪流域为例[J]. 长江流域资源与环境,2003,12(3):211-217.

[2] Lisa M G, Carolyn W B. Linking land-use, water body type and water quality in southern New Zealand[J]. Landscape Ecology,2007,22(2):231-241.

[3] Bahman J A, Kaneyuki N. Modeling the linkage between river water quality and landscape metrics in the Chugoku district of Japan[J]. Water Resoure Manage,2009,23(5):931-956.

[4] 刘登峰,齐实,韩小杰,等. 缙云山不同土地利用类型地表径流水质评价[J]. 水土保持研究,2009,16(1):126-130.

底聚型混合四种。底聚型土壤含水量剖面为研究区最主要的剖面类型,其次是中聚型土壤含水量剖面,最后是表聚型和底聚型混合的土壤含水量剖面,表聚型土壤含水量剖面的分布面积最小。说明在本研究区内土壤含水量受地下水埋深和蒸发的影响很大,但地上芦苇对蒸发量的阻止能力很小。

(2) 由地统计分析可以进一步揭示芦苇分布区0—10,10—30,30—50 cm土壤含水量的空间变异情况。三层土壤含水量均表现为弱空间相关性,其空间分布是施肥、耕作措施、种植制度等随机性因素作用的结果。此外,土壤含水量及其空间分布上出现的高值区面积随着土层深度的增加而逐渐增大,其空间结构趋于明显。这说明研究区水分蒸发比较强烈。

(3) 土壤含水量与芦苇生长指标之间的相关性分析表明,各层土壤含水量对芦苇生长具有促进作用。其中各层土壤含水量对芦苇覆盖度、株高和密度的促进作用不太明显;其对芦苇冠幅的促进作用较明显。在0—50 cm之间,土壤含水量对芦苇生长的促进作用随着土层深度的增加逐渐增大。

参考文献:

- [1] 丁建丽,塔西甫拉提·特依拜,熊黑钢,等.塔里木盆地南缘绿洲荒漠化动态变化遥感研究:以策勒县为例[J].遥感学报,2002,6(1):56-62.
- [2] Comegna V, Vitale C. Space-time analysis of water status in a Volcanic Vesuvian soil[J]. Geoderma,1993,60(1/4):135-158.
- [3] Reichard K, Bacchi O S S. Hydraulic variability in space and time in a dark red latosol of the tropics[J]. Geoderma,1993,60(4):159-168.
- [4] 李鸿杰,杜历.土壤水、盐入渗变异特性及其相互关系的

空间序列分析[J].土壤学报,1993,30(1):60-68.

- [5] 李保国,龚元石,左强,等.农田土壤水的动态模型及其应用[M].北京:科学出版,2000.
- [6] 王志强,刘宝元,王晓兰.黄土高原半干旱区天然锦鸡儿灌丛对土壤水分的影响[J].地理研究,2005,24(1):113-120.
- [7] 熊黑钢,徐长春.克里雅绿洲土地景观格局动态变化与预测[J].干旱区资源与环境,2008,22(6):56-62.
- [8] 张爽,郭成久,苏芳莉,等.不同盐度水灌溉对芦苇生长的影响[J].沈阳农业大学学报,2008,39(1):65-68.
- [9] 杨帆,邓伟,章光新.苏打盐渍土地区芦苇地土壤盐分离空间变异与群落关系研究[J].土壤学报,2008,45(4):594-600.
- [10] 李刚,苏芳莉,王铁良,等.磷溶液灌溉对芦苇生长的影响[J].中国农村水利水电,2009(7):28-30.
- [11] 何玉惠,赵哈林,刘新平,等.科尔沁沙地典型生境下芦苇的生长特征分析[J].中国沙漠,2009,29(2):288-292.
- [12] 唐卫东,李萍萍,卢章平.湿地芦苇发育模拟模型的研究[J].农业现代化研究,2007,28(4):510-512.
- [13] 郭欢.芦苇中活性物质对有毒藻类抑制作用的研究[J].现代农业科技,2009(9):234-235.
- [14] 关法春,闫超,梁正伟.盐碱化湿地芦苇群落围封和过牧条件下土壤和植被变化[J].湿地科学,2009,7(1):47-52.
- [15] 贺凌云.克里雅县平原绿洲及其绿洲—荒漠交错带景观局变化分析[D].乌鲁木齐:新疆大学,2005.
- [16] 塔西甫拉提·特依拜,赵睿一,丁建丽,等.干旱区绿洲LUCC马尔柯夫过程分析:以新疆克里雅绿洲为例[J].干旱区地理,2006,29(4):548-556.
- [17] 刘国华.克里雅绿洲土壤盐分特征及其成盐驱动因子分析[D].乌鲁木齐:新疆大学,2005.
- [18] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [19] 汤国安.ArcGIS地理信息系统空间分析实验教程[M].北京:科学出版社,2006.

(上接第126页)

- [5] 胡建,刘茂松,周文,等.太湖流域水质状况与土地利用格局的相关性[J].生态学杂志,2011,30(6):1190-1197.
- [6] 张殷俊,陈爽,相景昌.河流近域土地利用格局与水质相关性分析:以巢湖流域为例[J].长江流域资源与环境,2011,20(9):1054-1061.
- [7] 郭青海,马克明,张易.城市土地利用异质性对湖泊水质的影响[J].生态学报,2009,29(2):776-787.
- [8] 张洪,黎海林,陈震.滇池流域土地利用动态变化及对流域水环境的影响分析[J].水土保持研究,2012,19(1):92-96.
- [9] 白军红,余国营,王庆改.石家庄市地表水环境分析[J].干旱区研究,2001,18(2):1-4.

- [10] 王艳霞.岗南水源保护区生态经济损益模型与补偿方法研究[D].河北保定:河北师范大学,2004.
- [11] 杨国清,李月臣,李鹏鲁.基于RS和GIS的小流域土地利用时空变化分析:以甘肃省天水市罗峪沟流域为例[J].水土保持研究,2009,16(6):194-199.
- [12] 刘桂生,葛根旺.基于遥感影像的土地利用监督分类探讨[J].城市勘测,2008(3):43-46.
- [13] 李鹏杰,何政伟,李璇琼.基于RS和GIS的土地利用/覆被动态变化监测:以九龙县为例[J].水土保持研究,2012,19(2):38-42.
- [14] 刘丰,刘静玲,张婷,等.白洋淀近20年土地利用变化及其对水质的影响[J].农业环境科学学报,2010,29(10):1868-1875.