

北京市永定河流域土地利用/覆盖变化研究

王海平^{1,2}, 冯仲科^{1,2}, 孙赫^{1,2}, 李影^{1,2}, 曹孟磊^{1,2}

(1. 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083;

2. 北京林业大学测绘与3S技术中心, 北京 100083)

摘要:借助于遥感和地理信息技术,以永定河(北京段)流域1978、1988、1999、2004、2005年5期TM遥感影像为主要数据源,结合若干地形数据库资料,统计永定河31年间水域、草地、耕地、林地、建筑用地、未利用地六大土地类型的面积变化情况,通过分析单一土地利用平均动态度、单一土地利用平均转出率和转入率等指标,对永定河(北京段)流域土地利用/覆盖变化的格局与过程进行了定量研究。结果表明:①31年间,永定河(北京段)流域的土地利用/覆盖面积呈现一定程度的波动。1978~2004年各类面积占总面积的比例由大到小为有林地>耕地>建筑用地>水域>未利用地>草地;2004~2009年比例变化为有林地>耕地>建筑用地>未利用地>水域>草地。②在1978~2009年间,水域、未利用地、建筑用地3个土地类型转化比较剧烈;草地在1988~2004年间变化幅度大,转入、转出率较高;耕地减少;林地则呈现增加态势。

关键词:土地利用/覆盖;遥感(RS);地理信息技术(GIS);永定河流域

中图分类号:S757.21;F301.24 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-3168(2011)03-0015-06

Study on Land Use-Cover Change Of Yongding River Watershed in Beijing Section

WANG Hai-ping^{1,2}, FENG Zhong-ke^{1,2}, SUN He^{1,2}, LI Ying, CAO Meng-Lei^{1,2}

(1. The Ministry of Education key Laboratory of Forest Breeding and Protecting, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Institute of GIS, RS & GPS, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: On the basis of remote sensing and geographical information system, remote sensing images of Yongding River (Beijing Section) of 1978, 1988, 1999, 2004 and 2005 have been used as the main data source. Combined with the terrain databases, area change of six land use types (water, grassland, farmland, forestland, construction site and unutilized land) have been calculated during the 31 years. By analyzing the mean dynamic state of land use, mean import and export rate of single land use, quantitative research of land use and cover change of Yongding River (Beijing Section) has been carried out. The following results have been achieved. Firstly, during the 31 years, there has shown certain fluctuation in land use pattern of Yongding River (Beijing Section). From the year 1978 to 2009, the area of each land type from large to small is like this: forest land > farm land > construction site > water > unutilized land > grassland. While from the year 2004 to 2009, the result is like this: forest land > farm land > construction site > unutilized land > water > grassland. Secondly, during the year from 1978 to 2009, there has had severe change in the transformation among water, unutilized land and construction site. The grassland has experienced a huge change during the year from 1988 to 2004, with high import and export rate. And the area of farm land decreased while the area of forest land showed increasing trend.

Key words: land use-cover change; remote sensing; geographic information technology; Yongding River watershed

收稿日期:2011-04-12.

基金项目:永定河生态服务价值与目标体系研究(D090409004009003);国家十一五科技支撑计划课题“城镇体系规划监测关键技术研究”(2006A14B02)。

作者简介:王海平(1986-),女,山东人,在读硕士。主要研究方向:“3S”集成与系统开发。E-mail:hailideyu518@163.com

土地是人类社会赖以生存和发展的基础. 土地利用/覆盖变化 (Land use - cover change, LUCC) 是自然因素和人为因素综合作用的结果^[1], 受到了国际组织和世界各国的普遍关注. 借助 RS 与 GIS 技术研究土地利用/覆盖变化, 及时准确地获取区域土地利用/覆盖变化的位置、数量和类型信息, 揭示其时空变化规律, 已成为了当前土地利用/覆盖变化研究走向深入的基础^[2]. 永定河是流经北京地区最大的一条河流, 哺育了周边世代的人们, 由于近几十年的土地利用变化衍生出一系列生态环境问题, 永定河出现干枯、生物多样性逐渐丧失等现象, 影响了整个流域内不同生态系统和不同景观要素的结构和功能. 长期以来, 国内外学者对永定河开展了大量研究^[3-12], 但是多以现有的土地利用现状为基础开展分析, 本研究则采用多时期遥感影像系统地研究永定河流域的 LUCC 变化, 总结分析影响其变化的驱动性因子. 研究结果可为流域生态环境调查、问题诊断、决策分析提供数据支持, 同时为实现永定河流域的自动化、信息化管理提供依据, 为政府制定区域可持续发展决策提供有益的参考.

1 研究区概况

永定河是流经北京地区最大的一条河流, 属海河水系, 上游有 2 条支流, 南支称桑乾河, 发源于山西省宁武县管涔山之天池; 北支称洋河, 发源于内蒙古自治区兴和县. 两大支流在河北省怀来县朱官屯附近合流后, 始称永定河. 流经山西、河北二省、内蒙古自治区及北京、天津二市, 在天津市武清区屈家店会入北运河. 全长约 680 km, 流域面积为 4.701 6 万 km². 流经北京市的河段长 159.5 km, 流域面积约 3 168 km².

2 数据与方法

2.1 数据来源与处理平台

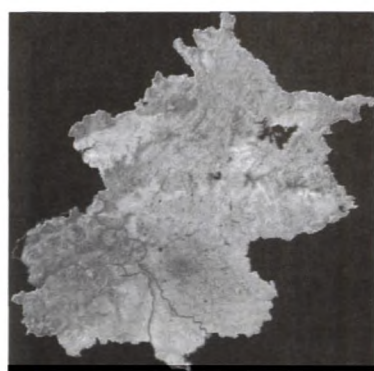
主要数据源是 TM 卫星遥感数据, 时相分别为 1978 年 9 月, 1988 年 5 月, 1999 年 7 月, 2004 年 7 月, 2009 年 7 月. 在遥感影像处理专业软件 ERDAS 9.2 环境下, 对影像进行校正和融合等预处理, 统一到相同的投影与坐标系中. 利用 1:10 万的影像为参考影像, 采用北京 54 坐标系, 中央经线 117°, 将其他影像自动配准到参考影像坐标系下, 配准的误差控制在 2~3 个像元内. 对于部分影像区域大于参考影像的, 将采用地形图与 DEM 对影像实行正射校正, 同样要求校正误差控制在 2~3 个像元. 由于永定河流域涉及的区域包含山区, 误差控制在 3 个像元内, 保证区域内 80% 的地物目视精确对准.

2.2 研究方法

2.2.1 遥感解译

遥感解译采用全国二级分类系统: 一级分为 6 类, 主要根据土地的自然生态和利用属性; 二级分为 25 个类型, 主要根据土地经营特点、利用方式和覆盖特征; 对耕地根据地形特征进行了三级划分, 即进一步划分为平原、丘陵、山区和坡度大于 25° 的耕地. 由于采用的是 TM 影像, 分类将以实现一级分类为主 (表 1).

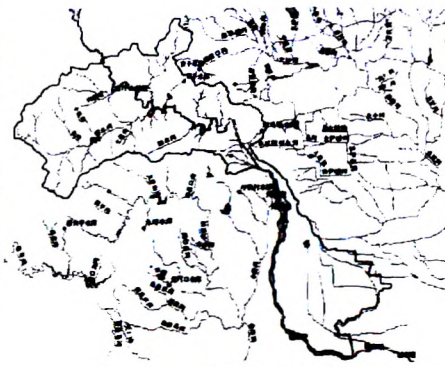
对遥感分类解译采用监督分类与专家分类相结合来进行 (图 2). 监督分类是对图像光谱特征的聚类分析, 这种分析往往会具有一定的臆测性, 所以分类后采用现有基础资料制作成分类模版 (即需满足的条件) 进行专家分类. 最后结合多种相关图件的



1988 年 TM 影像



永定河基础地理信息数据库



永定河河流信息数据库

图 1 永定河遥感、地形数据示意

Fig. 1 Yongding River remote sensing and terrain data

表 1 遥感监测土地利用/覆盖分类体系

Tab. 1 Remote sensing land use / cover classification system		
代码	名称	含义
1	耕地	种植农作物的土地,包括熟耕地、新开荒地、休闲地、轮歇地、草田轮作地;以种植农作物为主的农果、农桑、农林用地;耕种 3 a 以上的滩地和滩涂
2	林地	生长乔木、灌木、竹类,以及沿海红树林地等林业用地
3	草地	以生长草本植物为主,覆盖度在 5% 以上的各类草地,包括以牧草为主的灌丛草地和郁闭度在 10% 以下的疏林草地
4	水域	天然陆地水域和水利设施用地
5	城乡、工矿、居民用地	城乡居民点及县镇以外的工矿、交通等用地
6	未利用土地	目前还未利用的土地,包括难利用的土地

背景数据以及外业实践调查辅助人工解译,几期影像的解译总精度全部在 75% 以上,可以满足从宏观角度研究分析 LUCC. 结果如图 3 所示.

2.2.2 土地利用/覆盖变化时空分析模型

- 1) 单一土地利用类型动态度(年变化速率)
- 表达研究区域一定时间范围内某种土地利用类

型的数量变化情况,其数学公式为:^[13]

$$K=\frac{u_b-u_a}{u_a}\times\frac{1}{T}\times100\%$$

式中:K 为研究时段内某一土地利用类型动态度, u_a 、 u_b 分别为研究期初及研究期末某一种土地利用类型的数量,T 为研究时段长.

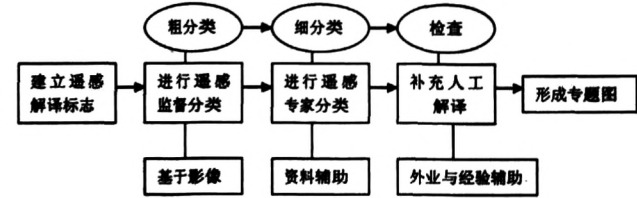


图 2 遥感分类解译技术路线

Fig. 2 Technology roadmap of remote sensing classification

单一土地利用类型动态度的意义在于反映一定时段内区域土地利用变化的剧烈程度.

2) 单一土地利用转出率和转入率

某一土地利用类型数量的变化是在研究期内转入和转出综合作用的结果,这种转入和转出的变化

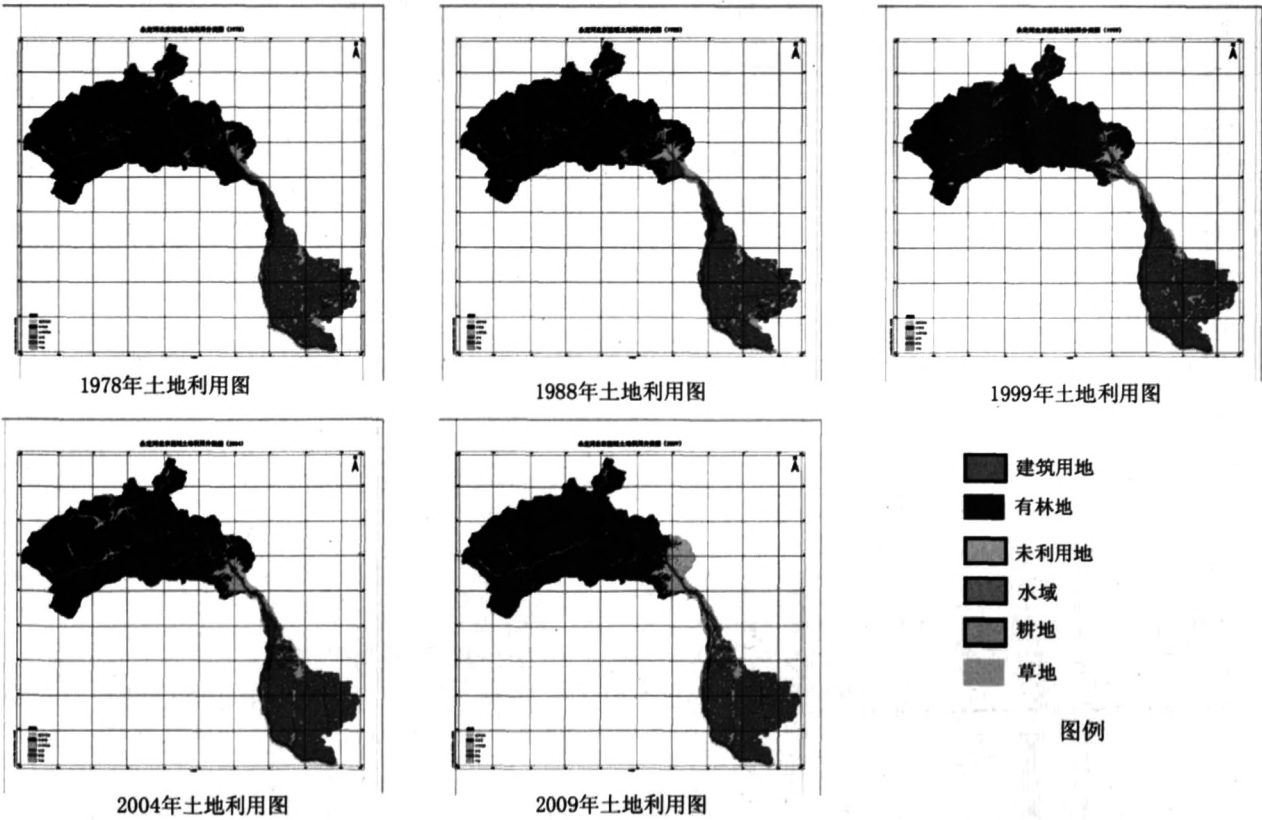


图 3 遥感分类解译结果

Fig. 3 The results of remote sensing classification

是土地利用/覆盖变化研究需要重点关注的内容. 单一土地利用转出率主要反映某一土地利用类型在某一时期内转化为其他地类的幅度, 计算公式为:^[14]

$$T_i = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} T_{ij}}{L_{i0}} \times 100\%$$

$$M_i = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} M_{ij}}{L_{ik}} \times 100\%$$

式中 T_i 为地类 i 在 $t_0 \sim t_k$ 时期内的土地利用转出率; T_{ij} 为地类在 $t_0 \sim t_k$ 时期内地类 i 转化为地类 j 的面积; L_{i0} 为地类 i 在 t_0 时刻的面积; n 为研究区土地利用类型数量; 单一土地利用转入率主要反映某一土地利用类型在某一时期内由其他地类转化而来的幅度, M_i 为地类在 t_0 到 t_k 时期内的土地利用转入率; M_{ij} 为地类在 t_0 到 t_k 时期内由地类 j 转化为地类 i 的面积; L_{ik} 是地类 i 在 t_k 时刻的面积.

3 结果分析

以土地利用类型面积的变化和土地利用强度变化来衡量分析 1978 ~ 2009 年间永定河(北京段)流

域土地利用/覆盖状态发生的一系列变化.

3.1 土地利用/覆盖面积的变化

分析土地利用/覆盖总面积的变化, 便于掌握土地利用/覆盖的总体趋势以及结构变化特征. 本文统计 31 年来研究区不同时段土地利用变化情况(表 2, 图 4). 永定河(北京段)流域的土地利用/覆盖面积在 31 年中发生了一定程度的波动变化. 表 2 表明, 1978 ~ 2004 年各类面积占总面积的比例由大到小为: 有林地 > 耕地 > 建筑用地 > 水域 > 未利用地 > 草地; 2009 年发生变化为: 有林地 > 耕地 > 建筑用地 > 未利用地 > 水域 > 草地.

由图 4 可知, 水域面积变化情况为减—增—减, 在 1988 年减少到最低点之后, 保持持续增长至 2004 年的 83.07 km², 增长幅度较大, 所占比例由最低的 2.28% 增加到 3.89%. 但是随后在 2009 年又减少到 63.07 km²; 耕地面积先增后减, 由 1978 年的 521.82 km² 减少到 2009 年的 481.04 km²; 草地面积减—增—减, 在 1999 年面积骤减为 0.78 km²; 有林地面积减—增—减, 由 1978 年的 1 373.88 km² 到

表 2 1978 ~ 2009 年间研究区不同时段土地利用情况

Tab. 2 The study area land use in 1978 ~ 2009

地类	1978 年		1988 年		1999 年		2004 年		2009 年	
	面积/km ²	百分比/%	面积/km ²	百分比/%	面积/km ²	百分比/%	面积/km ²	百分比/%	面积/km ²	百分比/%
水域	57.56	2.69	48.66	2.28	69.53	3.25	83.07	3.89	63.70	2.98
耕地	521.82	24.43	557.82	26.11	522.39	24.46	487.13	22.80	481.04	22.52
草地	18.47	0.86	18.10	0.85	0.78	0.04	4.53	0.21	2.75	0.13
未利用地	36.70	1.72	30.85	1.44	39.27	1.84	69.20	3.24	94.32	4.42
有林地	1373.88	64.32	1327.58	62.15	1336.41	62.56	1318.34	61.72	1299.27	60.83
建筑用地	127.64	5.98	153.02	7.16	167.69	7.85	173.80	8.14	194.92	9.13
总计	2136.07	100.00	2136.03	100.00	2136.06	100.00	2136.07	100.00	2136.00	100.00

注: 小数点后保留 2 位, 数字采用四舍五入, 故统计出来的数字略有差异, 并且在数据转换过程中也会存在差异, 但是这种差异不会影响整体分析.

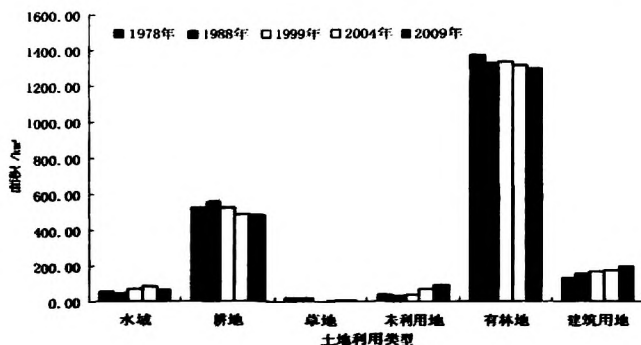


图 4 永定河(北京段)土地利用变化

Fig. 4 Yongding River (Beijing Section) Land use change map

2009 年的 1 299.27 km², 所占比例降低了 4%; 1978 ~ 2009 年间建筑用地面积持续增加, 共增加 67.28 km².

3.2 土地利用/覆盖强度变化

土地利用/覆盖强度主要指变化速度、类型转化以及土地利用程度等. 永定河(北京段)流域在 1978 ~ 2009 年间的土地利用/覆盖变化强度差异较大, 这种差异表现在单一土地利用动态度、单一土地利用转出率和转入率等指标上^[15]. 由表 3 可知, 水域面积年变化率在 1988 ~ 2004 年期间呈现正增长, 增长率为 3.90%; 1978 ~ 1988 年、2004 ~ 2009 年期间

呈现负增长,其中 2004 ~ 2009 年增长率为 -4.66%。耕地面积在 1988 ~ 2009 年间均为负增长;草地面积在 1978 ~ 1999 年期间呈现负增长,在 1999 ~ 2004 年变化剧烈,出现 96.75% 的增长率,随后又出现负增长。未利用地增长率在 1999 ~ 2004 年增长率达到 15.25%,建筑用地面积 31 年间持续增长。

在单一土地利用转出率方面,水域、未利用地、草地转出率较高,波动比较大,1988 ~ 1999 年未利用地转出率更是达到 76.96%,相比之下,耕地和有林地的转出率较低,建筑用地转出率在 1988 ~ 2004 年间较高。

在单一土地利用转入率方面,1978 ~ 1988 年间水域转入率达到 43.09%,建筑用地、未利用地转入率达到 10% 以上;1988 ~ 1999 年间草地、未利用地的转入率分别为 96.48%、81.90%;变化幅度较大;另外,水域和建筑用地转入率也达到了 40% 以上,可知在这 11 年间,永定河(北京段)流域的土地利用情况总体变动强烈。1999 ~ 2009 年间,转入水域、草地、未利用地的面积依然较多。

综合可见,在 1978 ~ 2009 年间水域、未利用地、

表 3 永定河(北京段)1978 ~ 2009 年土地利用变化情况
Tab. 3 Yongding River (Beijing Section) land use change in 1978 ~ 2009

土地利用/ 覆盖类型	单一土地利用变化(年变化率)/%			
	1978 ~ 1988	1988 ~ 1999	1999 ~ 2004	2004 ~ 2009
水域	-1.55	3.90	3.90	-4.66
耕地	0.69	-0.58	-1.35	-0.25
草地	-0.20	-8.70	96.75	-7.86
未利用地	-1.59	2.48	15.25	7.26
有林地	-0.34	0.06	-0.27	-0.29
建筑用地	1.99	0.87	0.73	2.43

土地利用/ 覆盖类型	单一土地利用转出率/%			
	1978 ~ 1988	1988 ~ 1999	1999 ~ 2004	2004 ~ 2009
水域	46.86	19.92	43.91	53.78
耕地	0.54	17.62	15.31	1.41
草地	3.29	95.87	61.47	41.27
未利用地	24.60	76.96	53.98	59.77
有林地	4.13	3.03	5.29	5.94
建筑用地	1.23	42.48	38.24	3.14

土地利用/ 覆盖类型	单一土地利用转入率/%			
	1978 ~ 1988	1988 ~ 1999	1999 ~ 2004	2004 ~ 2009
水域	43.09	43.77	53.64	39.86
耕地	6.96	12.03	9.18	0.16
草地	1.36	96.48	93.40	3.20
未利用地	10.10	81.90	73.89	70.19
有林地	0.57	3.68	3.95	4.59
建筑用地	17.61	47.51	40.41	13.60

建筑用地 3 个类型转化比较剧烈,草地在 1988 ~ 2004 年间变化幅度大,转入、转出率高,而耕地和林地则变化比较平缓。

3.3 土地利用变化的主要驱动因子分析

土地利用变化驱动力指导致土地利用/土地覆被变化的各种因素。大致可以分为自然环境因子和社会经济因子 2 方面。自然环境因子包括自然资源与生态环境条件 2 方面,如地形、地貌、温度、降雨、植被等;社会经济因子包括人口、经济、制度、政治、管理等^[13]。

永定河(北京段)流域属山区性河流,受地形、气候的影响较大,其主要特征是水量丰富、流速快,汇流时间短,但自 1959 年起,华北地区气候趋于干旱,水量逐渐减少,加上蓄水量剧增,导致供需矛盾加剧,故 1978 ~ 1988 年间水域面积呈现减少趋势。20 世纪 80 年代出台政策,实行“优先供应城市生活和菜田用水,尽量保证工业用水,农业用水主要依靠当地水源”的调度原则,使永定河的有限之水用得适得其所,从 1988 年以来水域面积得到增加中可以看出成果。近些年来北京的水资源日趋紧张,永定河(北京段)出现干涸断流,生态环境遭到破坏,河床中干燥的淤沙在风的吹蚀和搬运作用下撒向沿河两岸,造成河北省固安、永清、安次等县永定河两岸的农田受到沙化的严重威胁,使得耕地面积在持续减少。另外,当地政府进行产业结构调整,改耕地建果园,以及国家实施的一系列生态建设工程,如退耕还林等,也直接导致了耕地面积的减少。

31 年来,城镇人口增多,城镇化体系建设、农村居民点大力整顿等政策的实施,使得建筑用地、未利用地变化剧烈。“八五”、“九五”、“十五”、“十一五”期间,连续进行生态环境建设、自然保护区的设立,风景区、保护区的批设以及植树造林、封山育林等政策性主导行为导致林地总量一直在增加,但是由于造林成活率等问题又使得增加速度平缓。

4 结束语

以 5 期遥感影像数据为基础,系统分析研究了永定河(北京段)流域 1978~2009 年的土地利用/覆盖变化格局与过程,概括性谈及了主要驱动因子,由于资料不完善等方面的局限性,未能全面分析其机制,有待今后进一步研究。

对于永定河的管理,必须综合考虑其流域自然环境特点和经济社会发展需求,在合理确定永定河土地利用/覆盖状态的同时,充分发挥永定河的综合功能,注重其资源的优化配置、高效利用、科学保护和美化环境,保障整个流域人口、资源、环境、经济和社会协调发展。

参考文献:

- [1] 唐华俊,陈佑启,邱建军,等. 中国土地利用/土地覆盖变化研究[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2004: 46-99.
- [2] 罗格平,周成虎,陈曦. 干旱区绿洲土地利用与覆盖变化过程[J]. 地理学报,2003,58(1): 63-72.
- [3] 马宝霞,李景侠. 东灵山植物群落(乔木)物种多样性与微地形关系的研究[J]. 西北林学院学报,2006,21(6): 47-49.
- [4] 林超,李昌文. 北京山区土地类型研究的初步总结[J]. 地理学报,1980,35(3): 187-199.
- [5] 李红,孙丹峰,张凤荣,等. 基于 GIS 和 DEM 的北京西

部山区经济林果适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2002,18(5): 250-255.

- [6] 姜广辉,张凤荣,王伟,等. 北京山区建设用地扩展的景观表现[J]. 水土保持通报,2006,26(3): 109-112.
- [7] 姜广辉,张凤荣,孔祥斌,等. 北京山区建设用地扩展空间分异分析[J]. 地理研究,2006,25(5): 905-912.
- [8] 姜广辉,张凤荣,徐艳,等. 论北京市耕地后备资源的开发可行性[J]. 土壤通报,2007,38(2): 369-373.
- [9] 郭焕成,宋金平. 北京市山区生态环境建设与生态经济发展研究[J]. 北京联合大学学报,2001,15(1): 126-130.
- [10] 李晓琴,孙丹峰,张凤荣. 基于遥感的北京山区植被覆盖景观格局动态分析[J]. 山地学报,2003,21(3): 272-280.
- [11] 何友均,路端正,崔国发,等. 北京妙峰山风景区自然保护区规划研究[J]. 北京林业大学学报,2003,25(1): 32-35.
- [12] 韩永伟,高吉喜,拓学森,等. 门头沟生态系统土壤保持功能及其生态经济价值分析[J]. 环境科学研究,2007,20(5): 144-147.
- [13] 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展,1999,18(1): 81-87.
- [14] 张玉虎,贾海峰,于长青. 永定河流域典型区土地利用/覆盖变化[J]. 山地学报,2009,9(5): 564-572.
- [15] 成都市统计局. 2006 年度数据[DB/OL]. <http://www.cdstats.chengdu.gov.cn>.

(上接第 14 页)

西南坡林分生长较好、生长速度快,5 a 生林分树高、胸径年生长量分别达 1.11~1.18 m 和 1.82~1.91 cm;而北坡、西坡为阴坡,其生长量、生长速度相对不如阳坡,树高、胸径年生长量分别仅为 0.62~0.84 m 和 1.42~1.60 cm. 东坡、西南坡更适合降香黄檀的生长,充分体现降香黄檀性喜光热且具有较强的耐干旱、贫瘠的特性。

4) 降香黄檀有一定的抗寒能力,幼林可抗 -3℃ 低温,在该区海拔 300 m 以下山地种植受冻的风险小. 同时,根据幼树生长特点,施肥应在 3~4 月进行,以满足林木速生期所需的养分,提早促进生长并提高幼树木质化程度,以提高抗风、抗寒能力. 而在 9 月份以后的缓生期和休眠期应禁止施肥,因该阶段林木生长缓慢或已停止生长,所需养分少,施肥反而浪费,此外,施肥会打破休眠期而容易遭受冬季低温寒害危险。

5) 受条件限制,本试验区的海拔高度比较一致,至于不同海拔高度降香黄檀的适应性和抗寒性

以及在仙游县最适宜的种植海拔高度有待进一步研究. 同时,限于林龄尚短,试验林的后续生长还有待进一步观测。

参考文献:

- [1] 周铁峰. 中国热带主要经济树木栽培技术[M]. 北京:中国林业出版社,2001.
- [2] 孟慧,谢彩香,杨云,等. 降香黄檀产地适宜性分析[J]. 时珍国医国药,2010,21(9): 2304-2306.
- [3] 邱治军,周光益,陈升华. 海南特有珍贵红木树种——降香黄檀[J]. 林业实用技术,2004(6): 41-42.
- [4] 孟慧,杨云,冯锦东. 降香黄檀引种栽培现状与发展[J]. 广东农业科学,2010(7): 79-80.
- [5] 黄泉生. 降香黄檀引种试验初报[J]. 海南林业科技,2006,23(4): 42-44.
- [6] 杨承栋,卢立华. 大青山二代马尾松土壤性质变化与地力衰退关系的研究[J]. 土壤学报,2003,40(2): 267-273.
- [7] 刘创民. 多元统计方法在森林土壤肥力类型分辨中的应用[J]. 生态学报,1996,16(4): 445-447.