J. Lake Sci.(湖泊科学),2012,**24**(4):571-576
http://www.jlakes.org. E-mail:jlakes@niglas.ac.cn
© 2012 by *Journal of Lake Sciences*

1993—2010 年洞庭湖湿地动态变化*

邓　帆[1,2],王学雷[1**],厉恩华[1],蔡晓斌[1],黄进良[1],胡砚霞[1,2],姜刘志[1,2]
(1:中国科学院测量与地球物理研究所,武汉 430074)
(2:中国科学院研究生院,北京 100049)

摘　要:利用不同时相遥感影像,结合实地调查,采用决策树分类方法提取洞庭湖湿地信息,完成洞庭湖四期湿地类型分布图;同时分析洞庭湖湿地植被群落动态变化特征、驱动因素以及湿地变化的影响.结果表明,17 a 来洞庭湖滩地植被分布和面积发生了明显变化,林滩地面积净增 367.88 km^2,变化比例为 1127.51%,分布范围向洲滩主体扩展,成为主要滩地类型;芦苇滩地面积减少 44.09 km^2,草滩地面积增加 2.99 km^2,变化比例分别为 -5.80% 和 0.40%.洞庭湖湿地的变化一方面受洞庭湖泥沙淤积和滩地植被演替的影响,另一方面也受到人类活动干扰的影响.天然湿地植被的破坏,特别是人工种植芦苇和滩地造林在一定程度上改变了洞庭湖湿地生态系统原有的结构和功能.为有效保护洞庭湖湿地,要合理开发洲滩资源,保护天然湿地植被,合理规划和控制滩地造林.
关键词:遥感;湿地变化;驱动因素;洞庭湖;决策树分类方法

Dynamics of Lake Dongting wetland from 1993 to 2010

DENG Fan[1,2], WANG Xuelei[1], LI Enhua[1], CAI Xiaobin[1], HUANG Jinliang[1], HU Yanxia[1,2] & JIANG Liuzhi[1,2]
(1: *Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan* 430074, *P. R. China*)
(2: *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *P. R. China*)

Abstract: Using multi temporal satellite images of remote sensing, wetland information was extracted by decision tree classification method combined with field surveying and four Lake Dongting's wetland type distribution maps were drawn out. This paper mainly analyzes the dynamic characteristics of wetland vegetation, driving factors and their influence on the wetland ecosystem in this region. Results show that vegetation community distribution and proportion changed obviously. In the past 17 a, forest area increased by 367.88 km^2 at a rate of 1127.51%. The forest area extended to main part of beaches and became the main vegetation type of Lake Dongting. Reed area decreased by 44.09 km^2, while sedge land area increased by 2.99 km^2, with change rate of -5.80% and 0.40%, respectively. This change resulted from both natural environment evolution and human activities. The destruction of natural wetland vegetation, especially planted reed and poplar, destroyed the structure and function of Lake Dongting wetland ecosystem. In order to protect the Lake Dongting wetland effectively, we must rationally exploit bottomland resource, protect natural wetland vegetation and make good management on shoal forestation.
Keywords: Remote sensing; wetland change; driving factors; Lake Dongting; decision tree classification method

洞庭湖是中国第二大淡水湖,是长江重要的调蓄湖泊,具有重要的生态功能和经济价值.1994 年,洞庭湖被国务院列为国家级自然保护区,1992 年和 2001 年东洞庭湖湿地与西、南洞庭湖湿地被联合国教科文组织列入《国际重要湿地名录》.

伴随着人类活动对洞庭湖生态环境影响日益扩大,洞庭湖开始面临一系列生态环境问题,如洪涝灾害加剧、生物多样性降低、土壤潜育化、污染负荷增加、湿地资源衰退等已经对经济和环境产生了不良影响[1].

* 国家自然科学基金项目(41171426,40871251)、湖北省自然科学基金重点项目(2011CDA075)、中国气象局气候变化专项项目(CCSF201205)和中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-141)联合资助.2011-06-01 收稿;2011-11-10 收修改稿.邓帆,男,1983 年生,博士研究生;E-mail:aps_df@163.com.
** 通信作者;E-mail:xlwang@whigg.ac.cn.

湿地植被在湿地生态系统中起着关键作用,也是各种动物赖以生存的栖息和觅食地.然而,在湿地资源开发利用巨大的经济效益驱使下,湿地天然植被不可避免地遭受破坏[2].开展洞庭湖湿地生态系统的监测,获取湿地植被群落分布、动态信息,分析人类活动对湿地的影响,对研究湿地系统结构变化、功能退化以及湿地保护、湿地资源合理开发利用都有重要意义.

卫星遥感作为一种有效的监测手段,在湿地监测中广泛应用.美国早在1970s就着手进行全国范围内的湿地调查与制图工作(NWI)[3].国内利用遥感技术对洞庭湖进行湿地分类和植被监测已经开展了部分研究.1983年,邵家驹等在研究洞庭湖洲滩钉螺滋生环境时,就利用Landsat MSS数据进行了湿地分类的工作[4].徐怡波等利用ENVISAT ASAR数据进行了洞庭湖植被分类研究[5],总体精度达到87.59%.王红娟等则利用Landsat ETM数据,采用决策树分类方法,进行洞庭湖湿地分类的研究,取得了较好的分类效果[6].黄进良用目视解译和计算机分类两种分类方法分别对洞庭湖和东洞庭湖1977－1991年多期影像进行了湿地分类和面积提取[7].袁正科等于2004年利用3S技术对洞庭湖湿地植被进行调查并绘制了植被类型分布图,并结合邵家驹等1983年的分类结果分析了洞庭湖湿地植被景观动态变化特征及其对生物多样性的影响[8].尽管此前的研究取得了一些成果,但对于洞庭湖湿地及植被动态的监测研究并不充分,洞庭湖湿地也处在不断的演变发展过程中,因此有必要进行持续的监测和研究.本文利用四期遥感影像分析1993年以来洞庭湖湿地及植被动态,以期对洞庭湖植被群落分布现状及动态变化过程有一个全面的掌握.

1 研究区概况

洞庭湖(28°44′~29°35′N,111°53′~113°05′E)位于中国湖南省境内,长江中游荆江南岸,北连长江,南承湘、资、沅、澧四水而吞吐长江,是兼具蓄、泄功能的过水性洪道型湖泊.洞庭湖水位波动较大,呈现"水涨为湖,水落为洲"的动态景观,洲滩面积广阔.

洲滩湿地是洞庭湖湿地中的一个重要湿地类型,由于季节性淹水的作用,发育出丰富的湿地植被资源.野外实地调查发现,洞庭湖湿地植被群落类型主要有旱柳(*Salix matsudana*)、意杨(*Populus euramevicana cv*)、南荻(*Miscanthus sacchariflorus*)、芦苇(*Phragmites communis*)、苔草(*Carex brevicuspis*)、虉草(*Phalaris arundinacea*)、蒌蒿(*Artemisia selengensis*)、蓼(*Polygonum hydropiper*)等.

2 数据与方法

2.1 数据

由于洞庭湖是洪道型湖泊,水位季节性差异很大,不同季节各湿地类型的面积也随之变化.在洪水期,洞庭湖洲滩大部分被水淹没;在平水期,地势较低的泥滩地和草滩地被水淹没,芦苇滩地和林滩地全部露出水面;在枯水期,各湿地类型全都露出水面,大片泥滩地也露出水面.因此,选择枯水期影像进行湿地类型的分类,其他时相数据做辅助之用.

研究选用1993年和2006年的TM数据,2002年的ETM+数据和2010年的HJ-1A/1B数据,尽量获取每年3期(枯水期、平水期、丰水期)数据.其中枯水期数据获取日期为:1993年12月6日、12月31日,1994年1月23日,2002年1月5日、12月29日,2006年9月21日、11月1日;2011年1月2日、4月27日.Landsat卫星数据轨道号为12340、12439和12440,来源于美国地质调查局地球资源观测中心(EROS),HJ-1数据来自中国资源卫星应用中心.

2.2 湿地分类系统

湿地分类系统的制定是湿地动态变化监测研究的基础,根据研究目的、尺度和方法的不同,分类系统有所差异.《湿地公约》将湿地类型划分为3大类、32小类,根据其划分,洞庭湖湿地包含永久性内陆三角洲湿地、永久性河流湿地、时令湖湿地、泛滥地湿地、灌丛湿地和淡水森林沼泽湿地等湿地类型.本研究着重利用遥感手段监测洲滩主要植被群落的动态,因此根据洞庭湖洲滩植被以及遥感数据的特点制定湿地分类系统.

根据滩地植被优势种群,结合实地调查的洞庭湖湿地植被情况和选用的遥感数据的特点,将湿地划分为林滩地、芦苇滩地、草滩地、泥滩地、湖草和水体6种类型.其中林滩地包括意杨、旱柳、防护林滩地和芦林

间种滩地;芦苇滩地包括芦苇和南荻滩地;草滩地包括苔草、虉草、蒌蒿、蓼等为优势种群的滩地;湖草包括眼子菜、黑藻、菹草等;泥沙滩地为无明显植被生长的滩地.

2.3 遥感解译和分类

在遥感影像的分类中,根据植被群落以及泥滩、水体等地物的光谱特征及其在不同时相影像上的光谱差异提取分类规则,进行决策树分类. 通过实地调查采样,得到各典型地物枯水期和平水期光谱曲线. 分析各典型地类样本的光谱曲线,得出以下光谱特征:(1) 枯水期,在 TM5 波段,芦苇与其他类型植被光谱差异较大,其走势为 TM2 波段上升到 TM3 波段,然后在 TM4 波段下降到一个低谷,在 TM5 波段达到一个高值. (2) 平水期,在 TM4 波段,虉草反射值达到高点,其光谱走势与苔草相似,但 TM4 与 TM3 差值的差异明显. (3) 平水期或枯水期,在 TM5 波段,湖草和水体的反射值与其他各植被类型差异明显. (4) 在枯水期 NDVI 影像上,水和泥滩与其他各植被类型 *NDVI* 值差异明显.

根据以上特征,在 ENVI/DESITION TREE 模块中构建决策树进行湿地分类. 计算机自动分类,不可避免地存在一些误分现象. 分类后,将栅格分类图像转成矢量文件,进行人工修改.

3 结果与分析

依据以上分析和分类方法,提取洞庭湖湿地信息,制作专题地图并进行叠置统计分析. 1993、2002、2006 和 2010 年洞庭湖湿地分类结果见图 1.

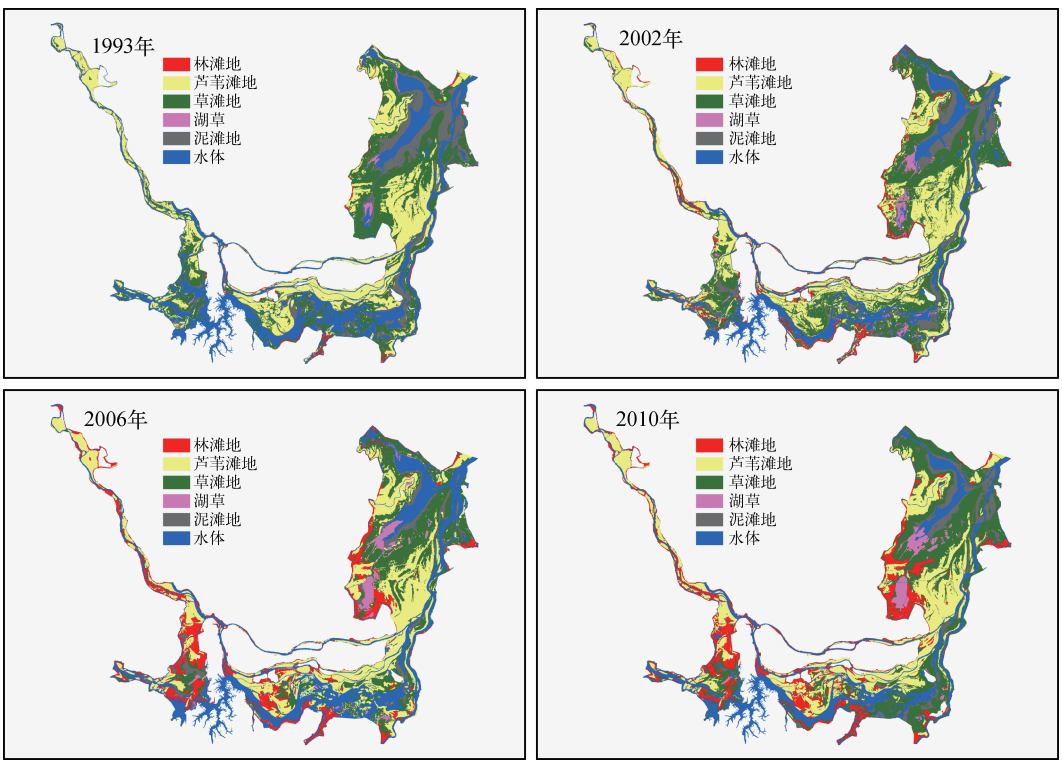


图 1 洞庭湖湿地分类图

Fig. 1 Wetland classification maps of Lake Dongting

3.1 洞庭湖湿地类型分布

草滩湿地主要分布在河道两侧和湖体周边的低位洲滩,通常位于芦苇滩地下部. 芦苇滩地占据洲滩主体部分,在北洲、团洲、武光洲、柴下洲、横岭湖、万子湖北部洲滩、澧水洪道滩地和目平湖洲滩都有大片分布. 林滩地除了沿大堤呈条带状分布的防护林外,其集中分布在漉湖周边、资江三角洲、湘江三角洲、南洞庭

湖西部洲滩和目平湖洲滩.造成这种湿地类型分布特征的原因有两个方面,一是滩地植被演替的过程,二是人为干扰的作用.洲滩植被群落的演替过程受洲滩抬高以及泥沙淤积速度的控制[7].从低位滩到高位滩分布着不同生态型的植被,根据泥沙淤积的速度,其演替过程又存在一定的差异.在西洞庭湖,由于大面积的滩地造林,林地面积比例较高.

3.2 湿地动态变化分析

1993－2010 年,草滩地面积增加了 2.99 km^2,芦苇滩地面积减少了 44.09 km^2,林滩地面积增加了 367.88 km^2,其变化比例分别为 0.40% 、－5.80% 和 1127.51%.各湿地类型变化转移矩阵见表 1.

由于洞庭湖湿地芦苇经营历史较长,芦苇滩地面积较稳定,17a 净减少 44.09 km^2.1993－2002 年期间面积增加 14.03 km^2.2002－2010 年,芦苇滩地面积有所下降,减少 58.12 km^2.草滩地面积波动较大,1993－2002 年净增加 140.77 km^2,2002－2006 年净减少 288.26 km^2,2006－2010 年净增加 150.49 km^2.1993－2002 年期间,草滩地向其它湿地类型转移的面积为 249.46 km^2,新增加草滩地 389.73 km^2.45% 的新增草滩地来源于泥滩地,39% 来源于芦苇滩地,15% 来源于水体.2002－2010 年期间,草滩地向其它湿地类型转移的面积为 376.50 km^2,新增草滩地面积为 238.82 km^2,草滩地面积净减少 137.69 km^2.在新增的草滩地中,44.20% 来源于泥滩地,31.45% 来源于芦苇滩地.

表 1 1993－2002 年和 2002－2010 年洞庭湖湿地变化转移矩阵(km^2)

Tab.1 Transition matrix of Lake Dongting wetland change from 1993 to 2002 and from 2002 to 2010

	湿地类型	泥滩地	水体	林滩地	芦苇滩地	草滩地	湖草	总计
1993－2002 年	泥滩地	176.18	35.57	28.29	32.21	175.76	15.46	463.47
	水体	145.31	500.39	20.04	15.46	57.19	27.73	766.12
	林滩地	1.95	1.65	19.34	4.56	5.12	—	32.62
	芦苇滩地	18.01	8.90	28.24	554.98	150.46	0.17	760.76
	草滩地	19.20	13.47	43.78	167.57	502.64	5.44	752.10
	湖草	0.10	4.31	0.09	0.01	1.20	9.67	15.38
	总计	360.75	564.29	139.78	774.79	892.37	58.47	2790.45
2002－2010 年	泥滩地	147.40	60.00	17.82	19.44	105.56	10.78	361.00
	水体	47.85	473.55	7.88	4.61	18.34	12.95	565.18
	林滩地	7.25	9.37	76.72	16.20	30.67	0.25	140.46
	芦苇滩地	16.71	9.60	131.15	541.34	75.10	1.54	775.44
	草滩地	35.82	24.05	165.54	134.71	516.28	16.38	892.78
	湖草	6.86	10.56	1.43	0.39	9.15	30.10	58.49
	总计	261.89	587.13	400.54	716.69	755.10	72.00	2793.35

洞庭湖洲滩最显著的变化就是林滩地面积的快速增加.在整个洞庭湖,林滩地面积比例由 1993 年的 1.17% 上升到 2010 年的 14.34%.林滩地面积增加最快的区域为西洞庭湖,面积比例由 1993 年的 1.09% 上升到 2010 年的 26.47%,平均每年增加 21.64 km^2.在东洞庭湖和南洞庭湖林滩地面积也快速增加.1993－2002 年林滩地向其它湿地类型转移的面积为 13.28 km^2,新增加林滩地面积 120.44 km^2,净增 107.16 km^2.在新增加的林滩地中,36.35% 来自湖草滩地,23.45% 来自芦苇滩地.2002－2010 年林滩地向其它湿地类型转移的面积为 63.74 km^2,新增林滩地面积为 323.82 km^2,净增 260.08 km^2.在新增的林滩地中,51.12% 来自于湖草滩地,40.50% 来自于芦苇滩地.

随着各湿地类型面积的改变,洞庭湖洲滩植被分布格局也发生改变.1993 年,林滩地主要沿大堤呈条带状分布,此后随着滩地造林的兴起,林滩地分布范围不断扩大.2010 年,在东洞庭湖漉湖周边、南洞庭湖资江三角洲、湘江三角洲、南洞庭湖西部洲滩以及西洞庭湖目平湖洲滩呈块状大片分布.特别在西洞庭湖,林滩地已取代草滩地成为第二大湿地类型,面积比例已大大高于草滩地.

3.3 湿地变化的驱动因素

洞庭湖各类型湿地面积的变化一方面受到洞庭湖泥沙淤积和滩地植被演替的影响,另一方面也受到人

类活动的极大影响.

洞庭湖是季节性吞吐型湖泊,自身发展受四口、四水水沙条件制约. 由于泥沙淤积,洞庭湖洲滩不断扩大. 如今西洞庭目平湖在枯水期仅剩一条狭窄的河道,七里湖已经完全消失. 根据泥沙沉积方式(河相沉积、湖相沉积与河湖相沉积,主要影响洲滩的抬高速度)的不同,洞庭湖植被演替轨迹有所不同[9]. 河相沉积和河湖相沉积区域植被演替以水生植被为起点,湖相沉积区域以沼生植物为演替起点. 随着湖床的抬高形成洲滩,水生植被向湿生的沼泽植被(主要为莎草科和禾本科)演替. 随着泥沙的进一步淤积和洲滩的继续抬高,出现芦苇和南荻群落. 整个滩地植被演替过程为:泥沙滩地→苔草滩地→芦苇(南荻)滩地→阔叶林滩地. 1993－2002 年,有 145.31 km^2 的水体转变成泥滩地,175.76 km^2 泥滩地转变成草滩地,占转出泥滩地的 61.18%. 期间,转出的草滩地面积为 249.46 km^2,其中 67.17% 转成芦苇滩地. 2002－2010 年,有 47.85 km^2 的水体转变成泥滩地,105.56 km^2 泥滩地转变成草滩地,占转出泥滩地的 49.44%. 期间,转出的草滩地面积为 376.5 km^2,其中 35.78% 转变成芦苇滩地,另有 43.97% 转变成林滩地(表 1).

人类活动的影响主要表现在围湖垦殖、人工种植芦苇和滩地造林. 自 1980s 国家水利部下令停止围垦,和 1998 年国家实行“退田还湖”政策后,围垦现象大为减少. 1970s 后,洞庭湖区开始引种杨树,并且从垸内发展到垸外滩地,从零星种植发展到成片造林,至今仍在快速发展. 杨树面积的迅速扩张与洞庭湖区产业结构与经济发展密切相关,2007 年杨树林工业年产值占区域林业工业产值的 85.0%,占区域工业总产值的 2%,杨树产业已成为当地经济重要组成部分[10]. 人工种植芦苇和滩地造林成为现阶段洞庭湖湿地变化中最重要的人类活动因素.

3.4 湖区滩地造林对湿地生态的影响

自 1970s 洞庭湖区引入意杨以来,意杨种植已经从最初的垸外零星种植,绿化造林发展为垸外湖洲滩地工业原料造林,种植规模不断扩大. 造林区域由西洞庭高位滩地逐渐向南洞庭、东洞庭扩展. 大量的草滩地和芦苇滩地转成林地,大大超过了自然演替的速度,改变自然演替的过程,加速了洞庭湖洲滩植被向旱生植被发展的进程.

滩地造林虽然有助于当地经济发展,抑制钉螺繁殖,能够起到防浪护堤的作用,但其作为外来物种,大量侵占天然湿地植被也给洞庭湖原有湿地生态系统带来威胁和破坏,导致洞庭湖湿地生态系统的退化. 首先,杨树的大量种植会导致洞庭湖湿地生物多样性降低、景观破碎化程度增加,斑块类型、大小和形状的变化都会对生物多样性造成影响[8]. 杨树侵占原有天然植被,改变了原有天然种群的优势种和关键种,导致一些珍稀鸟类和水生生物的栖息地被破坏,并且杨树的引入使得斑块种群较为单一,从而引起生物多样性单一. 第二,杨树的种植需要开挖排水和运输沟渠,沟渠的引入切断了湿地景观的原有联系,影响物种、营养和能量交换. 第三,杨树的种植还会导致地下水位的下降,使湿地旱化,破坏湿地生态系统的结构和功能. 第四,湿地生态系统是重要的碳储库,湿地水分排干会导致温室气体排放增加[11].

4 结论与讨论

通过对四期遥感影像分类和实地调查,获取洞庭湖 1993－2010 年四期湿地类型数据,对洞庭湖湿地动态变化进行了分析. 17 a 来,洞庭湖各湿地类型发生显著变化,主要表现在林滩地的迅速扩张和草滩地的减少,直接导致洞庭湖湿地洲滩植被分布格局的改变. 在整个洞庭湖,林滩地有成为第二大滩地类型的趋势. 在西洞庭湖,林滩地已取代草滩地成为第二大滩地类型. 不合理的洲滩开发改变和影响洞庭湖湿地植被分布和演替,特别是芦苇种植和滩地造林在一定程度上改变了湿地生态系统的结构和功能.

同样作为长江中下游重要通江湖泊的鄱阳湖面临着同洞庭湖类似的问题. 洲滩围垦和开发使湿地植被演替发生变化,导致鄱阳湖天然植被体系遭受破坏. 由于湿地资源的不合理开发,引发气候调节功能下降、调蓄功能减退、生物资源衰退等一系列生态环境问题[12-13].

洞庭湖和鄱阳湖作为长江两大重要调蓄湖泊,发挥着重要的生态环境调节功能和效益,对于调蓄长江洪水更是发挥着不可替代的作用[14]. 因此,为了有效保护两大湖泊湿地,维持湿地生态系统功能,必须合理地开发洲滩资源,保护天然湿地植被,合理规划滩地利用模式,控制滩地造林规模.

5 参考文献

[1] 姜加虎,黄 群. 洞庭湖区生态环境退化状况及其原因分析. 生态环境,2004,**13**(2):277-280.

[2] 陈家宽,雷光春,王学雷. 长江中下游湿地自然保护区有效管理十佳案例分析. 上海:复旦大学出版社,2010.

[3] Wilen BO, Bates MK. The US fish and wildlife service's national wetlands inventory project. *Vegetatio*, 1995, **118**(1/2): 153-169.

[4] 邵家驹,黎申恺. 应用陆地卫星图象识别洞庭湖区洲滩钉螺孳生环境的初步研究. 医学临床研究,1985,(2):17-18.

[5] 徐怡波,赖锡军,周春国. 基于 ENVISAT ASAR 数据的东洞庭湖湿地植被遥感监测研究. 长江流域资源与环境,2010,**19**(4):452-459.

[6] 王红娟,姜加虎,黄 群. 基于知识的洞庭湖湿地遥感分类方法. 长江流域资源与环境,2008,**17**(3):370-373.

[7] 黄进良. 洞庭湖湿地的面积变化与演替. 地理研究,1999,**18**(3):297-303.

[8] 袁正科,李星照,田大伦等. 洞庭湖湿地景观破碎与生物多样性保护. 中南林学院学报,2006,**26**(1):109-116.

[9] 王灵艳,郑景明,罗菊春等. 洞庭湖湿地植被演替规律研究. 环境保护,2009,**418**(8):47-49.

[10] 宁佐敦,胡利平. 洞庭湖区杨树产业化发展对区域社会经济的影响分析. 林业调查规划,2009,**34**(2):86-90.

[11] 刘子刚. 湿地生态系统碳储存和温室气体排放研究. 地理科学,2004,**24**(5):634-639.

[12] 刘桃菊,陈美球. 鄱阳湖区湿地生态功能衰退分析及其恢复对策探讨. 生态学杂志,2001,**20**(3):74-77.

[13] 揭二龙,李小军,刘士余. 鄱阳湖湿地动态变化及其成因分析. 江西农业大学学报,2007,**29**(3):500-503.

[14] 陈 进,黄 薇. 通江湖泊对长江中下游防洪的作用. 中国水利水电科学研究院学报,2005,**3**(1):11-15.