

退耕还林对皖西金寨县森林景观格局演变的影响

顾哲衍, 张金池, 汪春林, 林杰, 刘鑫, 韩诚

(南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037)

摘要: 以1986、1996、2011年的TM影像为数据源,利用基于GIS和遥感技术的景观指数分析法研究皖西退耕还林重点地区——金寨县的森林景观格局演变特征及其内在驱动机制。结果表明,25 a间,金寨县林地面积持续增加,耕地面积不断减少,其他景观类型面积的增减幅度不同。1986—1996年,斑块密度、分形维数、香农均匀度等指标发生负向变化,景观异质性速度加快,景观格局复杂化和破碎化形势严峻;1996—2011年,退耕还林工程实施后,各项指标发生正向变化,景观格局破碎化形势得到有效遏制,景观格局向规则化和均衡化转变,景观结构明显优化。自然地理环境和退耕还林工程的实施是该县森林景观格局演变特征形成的主要驱动力。

关键词: 金寨县; 森林景观格局; 景观指数; 退耕还林

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)01-0149-05

中图分类号: Q948.154

Evolution of Forest Landscape Pattern as Affected by “Grain for Green” Project in Jinzhai County, Eastern Anhui Province

GU Zhe-yan, ZHANG Jin-chi, WANG Chun-lin, LIN Jie, LIU Xin, HAN Cheng

(College of Forest and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037, China)

Abstract: Evolutional characteristics of forest landscape structure and its internal driving mechanisms in Jinzhai County, Eastren Anhui Province from 1985 to 2011 were studied by taking TM images of 1986, 1996 and 2011 as data sources and using landscape indices analysis based on GIS and RS technology. Results showed that Jinzhai's woodland area continued to grow, arable land continued to decrease, and other landscape types increased or decreased by different amplitudes in the past 25 years. From 1986 to 1996, patch density, fractal dimension and Shannon evenness index changed negatively, the speed of landscape heterogeneity accelerated, and landscape pattern was in the severe situation of complex and fragmentation. From 1996 to 2011, after the “Grain for Green” project, the indicators changed positively, the situation of landscape fragmentation was effectively curbed, and landscape pattern turned to equalization and regularization. As a result, landscape structure has been optimized obviously. Natural geographical environment and the implementation of the “Grain for Green” project are the main driving forces for the formation of the evolutional characteristics of forest landscape pattern.

Keywords: Jinzhai County of Anhui Province; forest landscape pattern; landscape index; “Grain for Green” project

森林景观格局是森林景观生态学研究的核心,对森林景观的结构特征和空间配置关系等进行的定性描述和定量分析,是揭示景观结构与景观功能之间的关系、研究景观变化规律和景观恢复的基本途径^[1]。从大的时间尺度来看,森林景观的空间分异取决于环境因素,森林景观格局在不同区域有不同的表现形

式,自然条件愈复杂的地区,景观的多样性愈明显^[2]。任何空间尺度上的景观格局都会随时间的推移而不断变化,其原因在于外界的干扰作用。这些干扰作用往往是综合性的,包括自然环境、各种生物以及人类社会之间复杂的相互作用,结果是景观系统内个别元素的稳定性和景观的空间结构发生变化^[3]。

收稿日期:2013-04-28

修回日期:2013-05-28

资助项目:国家自然科学基金项目“基于多角度遥感信息的土壤侵蚀模型植被覆盖与管理措施因子C定量反演研究”(31200534);江苏省2009年度研究生科研创新计划项目;南京林业大学高学历人才基金项目;江苏省高等学校林业优势学科建设项目资助(164010641)

作者简介:顾哲衍(1990—),男(汉族),安徽省来安县人,硕士研究生,研究方向为林业生态工程。E-mail:ah_gzy@163.com。

通信作者:张金池(1962—),男(汉族),山东省安丘市人,教授,博士生导师,主要研究方向为林业生态工程、水土保持与荒漠化防治。E-mail:zhang8811@njfu.edu.cn。

为改善生态环境,调整农业生产结构,中国于 90 年代末大规模实施了退耕还林工程,其通过改变区域土地利用方式达到恢复区域生态系统功能的效果,在建设和保护生态环境中有着战略性的意义,对景观格局影响巨大^[4]。重点退耕还林地区景观格局的演变特征与退耕还林工程的实施密切相关。作为景观格局的动态研究的主要手段,基于 GIS 和遥感的多时相影像分析技术具有低成本、高收益的特点。由多时相影像所产生的景观指数能够高度浓缩景观格局变化信息,同时,对于揭示景观演替的机制与规律,探寻人类活动与生态环境演变之间的关系具有重要意义^[5]。

目前,景观格局的研究多侧重于山区、城市、湿地等,而对于退耕还林区域的景观格局探讨相对薄弱。本文以皖西金寨县为例,借助多时相影像分析技术和景观指数分析法对不同景观水平上的森林景观格局特征及其动态演变过程进行详细的量化研究,重点分析退耕还林工程实施前后的金寨县森林景观格局的时空演变特征及其内在驱动因素,以期为当地森林景观规划、森林资源的经营实践及经济社会的可持续发展提供科学的决策依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

金寨县位于皖西边陲,大别山区腹地,境内有全国著名的治淮骨干工程——梅山、响洪甸两大水库,总蓄水量 $5.0 \times 10^9 \text{ m}^3$,因而是安徽省最大的库区县。大别山山脉由西南向东北贯穿全境,地势自西南向东北方向呈阶梯状下降,境内群山起伏,全县平均海拔

500 m 左右,25°以上山地面积约占该县总面积的 70%。该县属北亚热带湿润季风气候,具有优越的水热条件,梅山地区平均气温 15.1~15.6℃,年降雨量 1 100~1 500 mm, $\geq 10^\circ\text{C}$ 的活动积温为 4 935.7℃。全县森林资源丰富,地带性植被类型为落叶与常绿阔叶混交林,乔灌木 800 种左右,主要优势树种为栓皮栎(*Quercus variabilis* Bl.)、马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)、杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook] 及中国罕见的领春木(*Euptelea pleiosperma*)等。土壤在淮阳地质大别山变质岩上发育,80%以上林地土壤为山地黄棕壤,高海拔地区有少量山地草甸土。土壤呈酸性和微酸性,pH 值在 5.5~6.5,土壤较为深厚肥沃。

1.2 研究方法

1.2.1 数据来源及预处理 研究采用的多时相影像为 1986,1996,2011 年的 Landsat TM 数据,轨道号 Path 122/Row 38,成像时间 7—8 月。为纠正影像的几何畸变和辐射失真,需对影像进行几何精校正和大气校正,预处理流程如图 1 所示。

1.2.2 森林景观类型的划分 森林景观是以森林生态系统为主体所构成的景观,天然林、人工林、灌木林、疏林地、草地、湿地、河流、耕地、居民区等均属森林景观类型的范畴^[6]。本文以中国科学院资源环境分类系统为依据,结合金寨县土地资源经营特点及遥感影像的地物可辨析度,将研究区森林景观类型分为有林地、疏林地及灌木林、耕地、水体、建设用地、未利用地 6 大景观类型,特别指出,研究区内草地面积少而散,因而将其并入疏林地及灌木林。

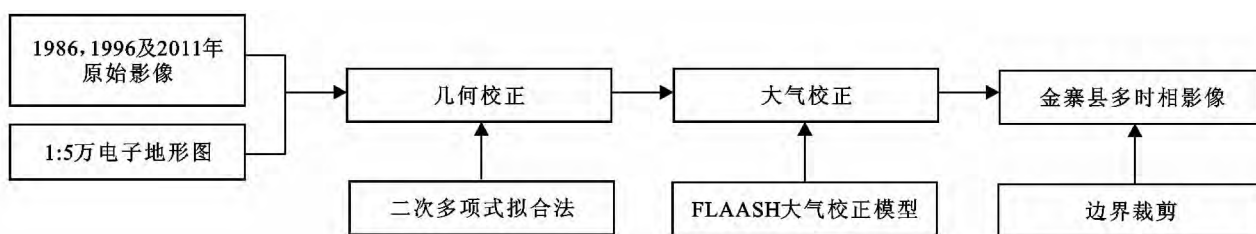


图 1 研究区影像预处理流程

1.2.3 监督分类 在对多时相影像进行高斯拉伸的基础上,以 Globcover 全球土地覆被和国家二类森林资源普查数据为参考,采用经典的极大似然法对多时相影像进行监督分类,对分类后的结果进行最大聚合分析,并用地面实际调查资料进行精度估算和误分类纠正,同时利用 ENVI 4.8 中的分类精度评价模块进行精度评价,最终总体分类精度达 85% 以上,能够满足后续工作需要。

1.2.4 景观指数的选取 目前,景观格局指数已经发展到了类型少,数量多,生态学意义冗余的程度。大部分景观指数之间的相关性高、表征信息重复^[7]。针对研究区的空间尺度和地理环境特点,本文选取了景观类型水平上的斑块密度、边缘密度、分形维数等和景观水平上的多样性及优势度等景观指数进行分析,景观指数选取的具体依据及计算公式见表 1^[8-11],景观指数由 Fragstats 3.3 计算。

表 1 主要景观指数

景观指数	公式	选取依据描述及公式参变量
斑块密度	$PD = \frac{n_i}{A} (10000) (100)$	依据:从斑块数目这一侧面反映景观或类型被分割的破碎程度。 n_i 为景观类型 i 的斑块数; A 为景观总面积。下同。
最大斑块指数	$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} (A)$	依据:反映了最大斑块对整个类型或者景观的影响程度,有助于确定景观的优势类型。 a_{ij} 为斑块 ij 的面积。下同。
边缘密度	$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_k}{A} (10000)$	依据:揭示了景观或类型被边界的分割程度。 e_k 为景观类型 i 的总边缘长度。
分形维数	$PAFRAC = \frac{(n_i \sum_{j=1}^n (\ln p_{ij} \ln a_{ij}) - [(\sum_{j=1}^n \ln p_{ij}) (\sum_{j=1}^n a_{ij})])}{2[(n_i \sum_{j=1}^n \ln p_{ij}^2) - (\sum_{j=1}^n \ln p_{ij})^2]}$	依据:主要用于测定斑块形状的复杂程度,也在一定程度上反映了景观的破碎化程度。 p_{ij} 为斑块 ij 的周长; n 为景观类型 i 的斑块数。下同。
连接指数	$CONNECT = 2(\frac{\sum_{j=k}^n c_{ijk}}{n_i(n_i-1)}) (100)$	依据:反映斑块类型间的连通和聚集程度。 c_{ijk} 为斑块 j 和 k 连接距离阈值。
香农多样性指数	$SHDI = -\sum_{i=1}^m p_i \ln p_i$	依据:是景观斑块丰富程度和均匀程度的综合反映。也可能反映景观的异质性,强调稀有斑块类型对信息的贡献。 p_i 为某一景观类型占景观总面积的比例; m 为景观类型数。下同。
香农均匀度	$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^m p_i \ln p_i}{\ln m}$	依据:反映各景观斑块类型分布的均匀程度。 p_i 为某一景观类型占景观总面积的比例; m 为景观类型数。

注:除香农多样性指数和香农均匀度为景观水平外,其他景观指数均为景观类型水平。

2 结果与分析

2.1 25 a 间森林景观类型演变监测

通过分析森林景观类型的数量变化可了解景观类型变化总的态势和景观类型结构的变化^[12]。

由表 2 可知,金寨县 1986,1996,2011 年的林地(有林地、疏林地及灌木林)占地面积比分别为

57.62%,70.24%,75.66%,林地面积比均超过 50%,是生态环境的主导因素,因而是该县的景观本底。25 a 间耕地持续减少,由 1986 年的 1 516.59 km² 减少至 2011 年的 765.20 km²,面积减少近 50%;林地面积持续增加,其中有林地主要由疏林地及灌木林转化而来,其次是耕地的转化。建设用地总体呈增加趋势,水体与未利用地总体呈减少趋势。

表 2 1986—2011 年金寨县森林景观类型面积构成

景观类型	1986 年		1996 年		2011 年		C ₁ /%	C ₂ /%
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%		
有林地	1 264.66	32.36	1 509.95	38.64	1 962.88	50.22	21	30
疏林地及灌木林	987.08	25.26	1 234.97	31.60	994.17	25.44	26	-19
耕地	1 516.59	38.80	943.96	24.15	765.20	19.58	-37	-19
水体	115.96	2.97	115.45	2.95	89.41	2.29	0	-23
建设用地	50.20	0.33	98.91	2.53	88.94	2.28	99	-10
未利用地	11.06	0.28	4.95	0.13	7.70	0.19	-54	54

注:C₁ 为 1986—1996 年景观类型变化比例;C₂ 为 1996—2011 年景观类型变化比例。

2.1.1 退耕还林前(1986—1996 年)景观类型变化特征 1986—1996 年正值我国“七五”与“八五”计划时期,封山育林和封山护林行动得到迅速发展,该县先后开展了以库区(梅山、响洪甸)沿岸为中心的库区封山,以公路沿线和山区为中心的重点封山,以贫困村为主的扶贫封山^[13]。期间,林地得到有效保护与恢复,有林地与疏林地及灌木林增幅分别为 21%,26%。80 年代起,一系列大规模的群众自发性植树造林活动相继开展,大批耕地向林地转化,耕地净减 37%,其过

快的净减速度也产生了一些问题。

首先,由于缺乏科学的退耕政策引导,耕地的剧烈衰减致使人地矛盾日渐突出,为提高单位面积的耕地生产力,大量使用了化学农药,土地管理不善,耕地质量不断下降;其次,耕地向林地转化的科技含量低,如选用的树种不当,部分适于农作物生产的耕地也被强行退还为林地等。随着城镇化的发展和农村建设加快,未利用地经过改造,大部分转为建设用地或耕地;建设用地在此期间迅速增加,主要表现为该县工

矿用地的急剧扩张和北部丘陵区交通用地的加密。

2.1.2 退耕还林后(1996—2011年)景观类型变化特征 此时期除有林地和水体的变化较大外,其他景观类型的变化均有不同程度的减缓。2002年以来,金寨县依据《退耕还林条例》大力实施退耕还林项目建设,成为了皖西退耕还林的主战场^[14]。退耕还林时以适耕则耕,宜林则林为原则,还林树种以乡土树种为主,主要为杨树、板栗、杉、松类、竹等,期间耕地净减19%,较退耕还林政策实施前(1986—1996年)减幅降低50%。由于疏林地及灌木林和宜林耕地的转化,有林地增幅达30%,占全县面积的50.22%。水体在这

一时期减幅骤增至23%,这主要是由于部分河流出现干涸或河流水位下降,导致基岩或滩地裸露,成为未利用地。建设用地变化最小,仅减少10%,当地政府为稳定农业生产,将建设用地直接占用林区的部分转化为了林地。

2.2 森林景观格局时空演变特征分析

2.2.1 景观类型水平上的景观格局变化分析

(1) 森林景观的异质性动态分析。金寨县景观类型水平上的异质性程度可由斑块密度(PD)、最大斑块指数(LPI)及边缘密度(ED)等指标来反映(表3)。

表3 金寨县不同时期斑块密度、最大斑块比例、边缘密度的比较

景观类型	1986年			1996年			2011年		
	PD	LPI	ED	PD	LPI	ED	PD	LPI	ED
有林地	5.74	1.73	66.91	9.42	3.42	97.64	3.45	12.57	78.56
疏林地及灌木林	5.30	1.08	57.38	6.36	1.26	73.60	6.19	0.35	62.59
耕地	3.42	22.17	54.89	7.50	2.71	67.58	3.81	3.18	44.14
水体	0.11	1.43	2.85	0.10	1.44	3.01	0.08	1.11	2.36
建设用地	1.03	0.03	2.22	2.97	0.09	12.89	1.84	0.12	9.56
未利用地	0.38	0.01	1.30	0.30	0.01	0.63	0.36	0.02	0.95

退耕还林前(1986—1996年),林地(有林地、疏林地及灌木林)、建设用地及耕地的斑块密度和边缘密度呈现大幅度的增长,水体与未利用地的斑块密度和边缘密度则过渡平稳,表明人为干扰作用强烈,景观破碎化和异质性程度加剧。群众自发性的退耕还林存在强烈的主观任意性,耕地大规模的衰减使耕地的斑块大小向细碎化演变,成为分化割裂有林地、疏林地及灌木林的直接因素。随着人口的增长和工业化进程的加速,建设用地扩张的步伐加快,由1986年的占地面积比不足1.5%增至1996年的2.53%,但其扩张的盲目性导致建设用地量多而分散,也进一步加剧了景观类型整体的破碎化和复杂化。除耕地和未利用地外,其他景观类型的最大斑块指数均有不同程度的增长。1986年耕地的最大斑块指数为22.17,远高于其他景观类型,至1996年已骤降至2.71,介于有林地与疏林地及灌木林之间,表明其对生态环境的控制作用大幅减弱,有林地的生态环境主导作用开始凸显。

退耕还林后(1996—2011年),未利用地的斑块密度和边缘密度持续增加,其他景观类型的斑块密度和边缘密度则明显减少。就斑块密度而言,有林地减少约60%,耕地减少约49%,疏林地及灌木林减少幅度最小,仅为3%,其他景观类型减幅在20%~38%。就边缘密度而言,耕地减幅为35%,其他景观类型减幅在15%~26%。由于疏林地及灌木林的转化和大

规模植树造林活动的开展,这一时期内的有林地最大斑块指数由3.42增至12.57,有林地对生态环境的控制作用进一步加强,森林的资源优势得到有效发挥。耕地的最大斑块也有较大幅度的增长,但弱于有林地,说明耕地的生产活动由零星式逐步向集约化方向发展,其对其他景观类型的分化割裂作用明显减弱。这表明景观破碎化程度得到了有效控制,景观结构开始向有序化、合理化转变。

(2) 森林景观格局形状及空间关系动态分析。对分形维数进行分析(图2),各景观类型的分形维数均大于1.2,说明区域的森林景观的边界褶皱程度较高,景观形状复杂,即反映出金寨县森林景观主要取决于地形地貌条件。金寨县是皖西大别山的最大山区县,山峦叠嶂,水系较为发达,河网密度约为0.7 km/km²,加之耕地的割裂作用,导致分形维数偏高。1986—2011年,有林地、疏林地及灌木林、耕地、建设用地的分形维数表现为先增后降的趋势,未利用地则呈现逐渐减少趋势,水体变化不大,表明1986—1996年,由于景观的破碎化加剧,各景观类型边界的形状愈来愈不规则,至2011年时,由于林业经营活动的科学性和土地利用的合理规划设计,景观结构得到优化,边界形状向简单化、规则化演进,有利于物质能量的循环流动。

对连接指数进行分析(图3),各个时期水体的连接指数都是最高的,在0.85~1.15,其次为未利用地

和建设用,最小的为有林地、疏林地及灌木林、耕地。金寨县境内两大水库(梅山水库和响洪甸水库)总库容约为 $5.0 \times 10^9 \text{ m}^3$,控制流域总面积达 $3\,401 \text{ km}^2$,因而使水体的连接指数远高于其他景观类型。未利用地较建设用地斑块形状规整,其连接指数高于建设用地,但由于其和建设用地的面积过小,因此二者的连接指数比林地和耕地高。1986—2011年,有林地、疏林地及灌木林、耕地连接指数有所提升,其中有林地的增幅较大,表明这些景观类型的聚集度增大,斑块呈现团聚趋势,内部连通性增强。城镇化进程则直接导致了建设用地和未利用地的连接指数呈递减趋势。

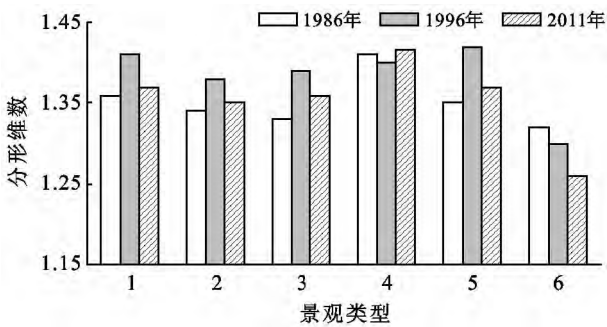


图 2 1986—2011 年金寨县分形维数变化

注:1. 有林地; 2. 疏林地及灌木林; 3. 耕地; 4. 水体; 5. 建设用地; 6. 未利用地。下同。

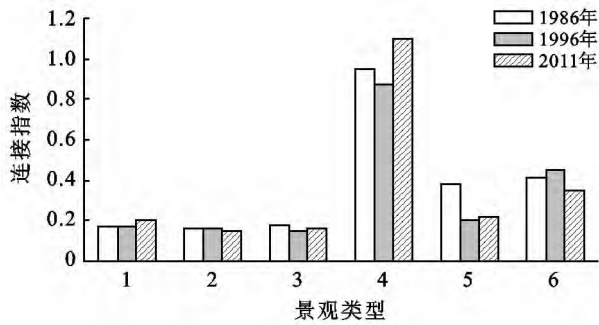


图 3 1986—2011 年金寨县连接指数变化

2.2.2 景观水平上的景观格局变化分析 景观水平上的景观格局指数变化可直观反映景观镶嵌体的时空演变特征,斑块数量(NP)、香农多样性指数(SEDI)及香农均匀度(SHEI)等指标所表征的景观异质程度可反映景观中物种及次生物种的空间分布特征,同时也能改变物种间的相互作用及协同共生的稳定性。

由表 4 可见,25 a 间金寨县森林景观的斑块数量变化趋势为先增加后减少。1996 年的斑块数量接近 1986 和 2011 年斑块数量的总和,表明 1996 年该县景观镶嵌体承受的外界干扰最为强烈,各景观类型斑块

间相互的分割作用明显,景观镶嵌体的破碎化形势严峻。香农多样性指数香农均匀度受斑块数量的大幅变动影响,也表现出先增后减的趋势,说明 1986—1996 年该县景观异质性程度增加,非均衡化趋势减缓,有林地、疏林地及灌木林对景观镶嵌体的支配地位不显著,而 1996—2011 年则呈现相反的趋势,有林地、疏林地及灌木林的斑块密度、边界密度等的减少及占地面积的增加,成为优势景观类型,在景观镶嵌体中处于支配地位。

表 4 1986—2011 年金寨县景观格局指数变化

年份	NP	SHDI	SHEI
1986	62 447	1.219 6	0.680 7
1996	104 177	1.277 5	0.713 0
2011	61 483	1.196 4	0.667 7

3 结论

(1) 25 a 间金寨县封山育林、退耕还林等行动取得了明显成效:林地不断增加,耕地持续减少。

(2) 退耕还林工程实施前(1986—1996 年),该县恢复植被过程中的主观意识较为强烈,缺乏林业科技支撑,不合理的复垦现象频发,致使林地、耕地及建设用地的斑块密度、边缘密度和分形维数不断增加,连接指数下降,各景观类型间相互分化割裂,景观整体向破碎化和复杂化演变。

(3) 随着国家退耕还林政策的大力实施和“中部崛起战略”的开展,退耕还林工程实施后(1996—2011 年),优势景观类型林地和耕地的斑块密度、边缘密度和分形维数不断减少,连接指数上升明显,景观整体破碎化趋势得到有效控制,各景观类型边界形状趋于规则,内外连通性显著增强,景观格局开始向有序化、合理化及均衡化演变。

本研究属宏观尺度下的二维景观格局时空变化分析,随着 GIS 三维地形分析技术、多角度遥感技术及景观格局动态模拟技术的深入发展,微观尺度下的三维景观格局动态模拟将逐渐成为热点,这有利于提升对景观格局变化过程的认知度和景观格局未来变化趋势预测的准确性。

区域生态环境变化的驱动因素一是自然因素,二是人为因素,前者是生态恶化状况形成的潜在条件,包括气候、水文以及地质、地貌等要素^[15]。随着全球气候变异和水文模型研究的深入,外界干扰作用下的景观格局演变过程将得到更深层的揭示。

(下转第 181 页)

由表 2 中可以看出,风蚀使土壤养分也遭受损失。根据表 2 可以估算出,每侵蚀 1 000 kg 土壤,同时就损失 15 kg 有机质,227 g 速效氮,262 g 速效磷和 120 g 速效钾,肥力损失量惊人。

4 结论

(1) 草原封禁促使植被恢复良好,有效地控制了风沙活动。因此,科学利用,适时封育,是保障中国北方草原生态安全的有效途径。

(2) 希拉穆仁草原地区在风力的作用下,地表土壤颗粒被吹起形成近地表风沙流,其范围基本在 1 m 高度内。植被高度与集沙量呈明显乘幂关系,植被盖度与集沙量的相关关系由于目前样本数量较小而无法明确,这需要今后继续开展监测工作增加样本数量。

(3) 风蚀物以细沙粒为主,含量占 60% 以上。本地区每风蚀 1 000 kg 土壤,同时就损失 15 kg 有机质,227 g 速效氮,262 g 速效磷和 120 g 速效钾,肥力损失量惊人。

(4) 本研究推导出的风蚀经验公式,在该地区具有一定的指导意义,给广大基层水土保持工作者带来了方便。目前这些成果已应用于当地水土保持部门的工作中。

[参 考 文 献]

- [1] 张瑞强,程荣香. 内蒙古希拉穆仁退化草场恢复治理的生态对策[J]. 水土保持通报,2005,25(1):25-28.
- [2] 高天明,张瑞强,刘昭. 希拉穆仁草原草地退化机理及各种修复技术的适用性[J]. 草业科学,2010,27(1):42-46.
- [3] 何京丽. 北方典型草原水土保持生态修复技术[J]. 水土保持研究,2004,11(3):299-301.
- [4] 海春兴,刘宝元,赵焯. 土壤湿度和植被盖度对土壤风蚀的影响[J]. 应用生态学报,2002,13(8):1057-1058.
- [5] 李琳,杜玲,王俊英,等. 京郊农田不同植被的土壤风蚀模数比较[J]. 中国农学通报,2011,27(3):457-461.
- [6] 王翔宇,赵名彦,丁国栋,等. 天然灌草植被防治土壤风蚀机理[J]. 水土保持通报,2008,28(5):55-59.
- [7] 廖允成,付增光,贾志宽,等. 中国北方农牧交错带土地沙漠化成因与防治技术[J]. 干旱地区农业研究,2002,20(2):95-98.
- [8] 戴全厚,喻理飞,刘明义,等. 吉林省西部沙地土壤风蚀机理分析[J]. 水土保持通报,2008,28(3):81-84.
- [9] 董治宝,高尚玉,董光荣. 土壤风蚀预报研究述评[J]. 中国沙漠,1999,19(4):312-317.
- [10] 董治宝. 建立小流域风蚀量统计模型初探[J]. 水土保持通报,1998,18(5):55-62.
- [11] 赵永来,麻硕士,陈智,等. 旋风分离式集沙仪的标定[J]. 农机化研究,2007,34(4):95-98.
- [12] 王嘉珺,姬亚芹,赵雪艳,等. 集沙仪结构设计及其性能实验研究[J]. 水土保持通报,2012,32(3):116-122.

(上接第 153 页)

[参 考 文 献]

- [1] 郭建国. 景观生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2004.
- [2] 陈端吕,李际平. 西洞庭湖区森林景观格局的环境响应[J]. 林业科学,2008,44(7):29-35.
- [3] 吴家福,马友鑫,刘文俊,等. 毕节地区退耕还林前后景观格局变化[J]. 云南大学学报:自然科学版,2010,32(S1):405-410.
- [4] 刘华,黄成林,梅莹,等. 安徽省退耕还林工程建设现状及发展展望[J]. 安徽农业大学学报,2012,39(3):381-384.
- [5] 郭冻,刘蔚秋,江学顶,等. 广州市森林景观格局时空变化的研究[J]. 中山大学学报:自然科学版,2006,45(5):76-80.
- [6] 郭晋平. 森林景观生态研究[M]. 北京:北京大学出版社,2001.
- [7] 布仁仓,胡远满,常禹,等. 景观指数之间的相关分析[J]. 生态学报,2005,25(10):2764-2775.
- [8] 彭月,魏虹,朱韦,等. 鼎湖山自然保护区森林景观时空格局变化研究[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,2007,32(2):66-68.
- [9] 吴兆艳,汤孟平,洪海峰,等. 浙江天目山自然保护区森林景观格局分析[J]. 西南林业大学学报,2011,31(5):62-71.
- [10] 程晓燕. 北京山区森林景观格局分析[D]. 北京:北京林业大学,2009.
- [11] 赖长鸿. 基于 GIS 的川西道孚林区森林景观格局研究[D]. 四川雅安:四川大学,2006.
- [12] 杨志平. 徐州市土地利用变化及其驱动机制分析[J]. 国土与自然资源研究,2012(5):1-4.
- [13] 张远海,翟长亮,宋永进. 金寨县封山育林规划的实施及其生态评价[J]. 华东森林经理,2000,14(3):50-52.
- [14] 张远海. 退耕还林工程建设中存在的问题及对策[J]. 安徽科技,2003(10):20-21.
- [15] 吕一河,陈立顶,傅伯杰. 县域人类活动与景观格局分析[J]. 生态学报,2004,24(9):1833-1838.