

鄱阳湖砂山地区地表环境结构与其植物多样性的变化

胡胜华¹ 常旭²

(1 中国地质大学环境学院 2 北京师范大学地理学院)

摘要: 该文对鄱阳湖砂山地区地表环境结构和土地风沙化过程中物种多样性的变化特征进行了分析, 依据植物种在各类型风沙化土地出现的频率与不同风沙化阶段各生活型植物种的组成, 探讨了风沙化过程中植物种绝灭与定居的特点. 物种多样性指数分析表明: 风沙化过程是物种多样性衰减的过程, 风沙化首先导致特有种的灭绝, 其次为稀有种. 从植物的生活型来看, 多年生草本与乔木类植物受风沙化影响最大, 而灌木类植物可存活风沙化过程各个阶段, 在风沙化过程中植物种的绝灭速率大于定居速率. 要建立有恢复力的砂山景观生态系统, 进行生态重组, 既需要在砂山地区内也需要在砂山地区外的生态存储, 现实情况也需要这种双重存储的生态学准备.

关键词: 鄱阳湖砂山地区, 物种多样性, 物种多样性指数, 种丰富度, 风沙化过程, 生态存储

中图分类号: Q948.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-1522(2007)06-0086-07

HU Sheng-hua¹; CHANG Xu². **Environment structure of earth surface and its diversification of plant species diversity in sandy hill area. Poyang Lake, southern China.** *Journal of Beijing Forestry University* (2007) **29**(6) 86-92 [Ch, 17 ref.]

¹ School of Environmental Studies, China University of Geosciences, Wuhan, 430074, P. R. China;

² School of Geography, Beijing Normal University, 100875, P. R. China.

This paper analyses the environment structure of earth surface and the changing characteristics of species diversity during the process of desertification in the sandy hill area of Poyang Lake, southern China. Based on the frequency of plant species occurrence at different types of desertificated lands and the life-form composition of plant species at different stages of desertification, the characteristics of plant species' colonization and extinction were discussed. The indices of species diversity showed that the process of desertification was a process of biodiversity losing. Especially, the desertification will result in the extinction of endemic species first, then the rare species. In terms of the plant life-form, perennial herbaceous and arbor plants were severely affected by the process of desertification, whereas shrub species survived at all stages of the process of desertification. During the process, the extinction rate of plants was higher than the colonization rate. To construct recuperative ecosystem of sandy hill, conducting ecology recombination required ecostorage in the sandy hill area and outside of it as well. Ecological preparation of this dual storage is also required considering the realistic conditions.

Key words sandy hill area of the Poyang Lake, species diversity, species diversity index, species richness, process of desertization, ecostorage

生物多样性是生物及其所在生态复合体的种类、结构与功能方面的丰富度与相互间的差异性, 包括 4 个层次: 遗传多样性、种多样性、居住地多样性与景观多样性^[1]. 由于自然界生态系统、物种与基因的多样性与复杂性, 目前尚不能全面、准确地对生物多样性的变化做出估价. 对鄱阳湖砂山地区土地风沙化与生

物多样性问题的报道目前主要集中在植物组成特点等方面^[2-3]. 本文用植物种多样性指数与植物种侵入、绝灭动态分析的方法, 对沙漠化过程中砂山景观结构与植物种多样性变化特征及两者之间的关系进行研究及探讨, 旨在揭示亚热带季风湿润地区风沙化环境中生物多样性的特点.

收稿日期: 2006-09-12

<http://www.bjfujournal.cn>

基金项目: 鄱阳湖综合地理教学基地首期建设研究项目(200329)、中国地质大学研究生学术创新与探索基金项目(200501).

第一作者: 胡胜华, 博士生. 主要研究方向: 生态系统环境分析及恢复生态学. 电话: 027-63468343 Email: otto2003@126.com 地址: 430074 湖北武汉中国地质大学环境学院.

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

鄱阳湖地处我国亚热带季风湿润地区北部, 周围间断分布一系列砂山, 主要集中在江西鄱阳湖滨、赣江下游及湖口彭泽河的长江南岸等地. 湖滨砂山自然景观结构独特, 在长期经受人类活动过程产生的土地荒漠化, 既非沙质荒漠化, 也非水蚀荒漠化, 称为土地风沙化(Land desertization)^[4]. 研究区都昌县多宝砂山

位于鄱阳湖入江洪道右岸(29°21'22"~29°27'18"N, 116°3'~116°07'42"E), 南北长 10 km, 东西宽 2 km, 海拔高 46.4~242.9 m(吴淞高程). 砂山地区年均温 17.5°C, 年降雨量 1 310 mm, 年蒸发量 1 880 mm, 最高气温 42°C, 最高地表温度 69.5°C. 该区整个植被景观为草地、灌木林、乔木林的镶嵌体, 地貌类型以固定沙丘(I)、半固定沙丘(II)、流动沙丘(III)为特征(图 1).

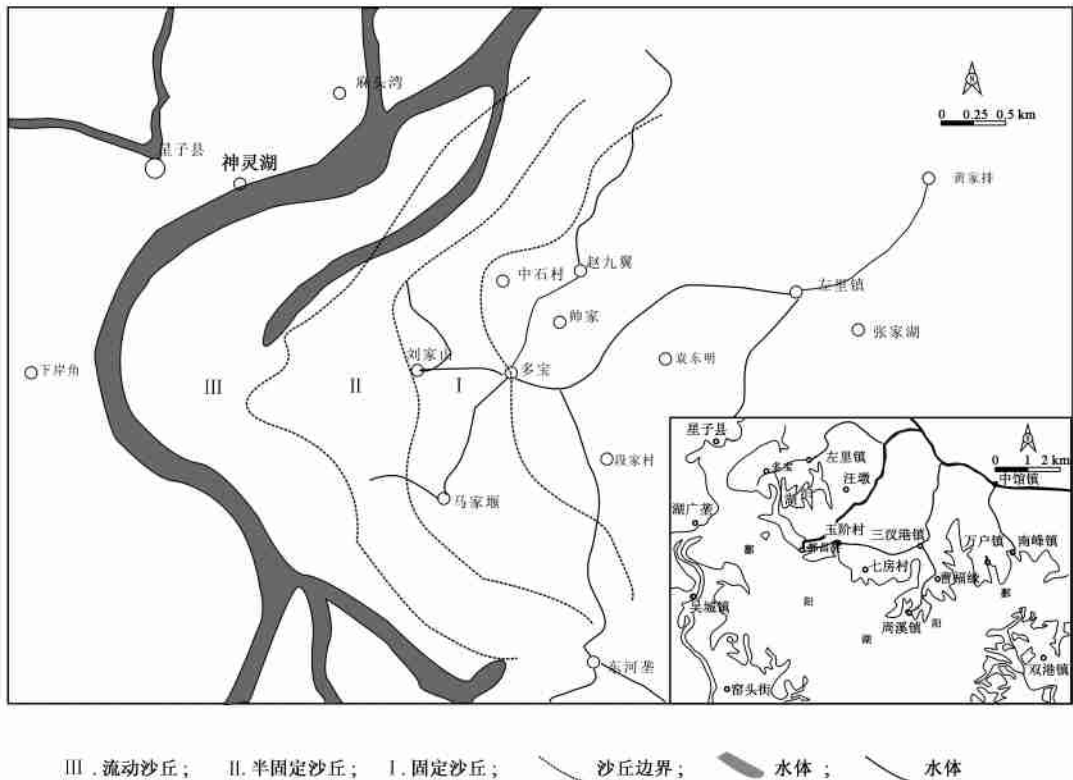


图 1 鄱阳湖都昌县多宝沙丘分布示意图

FIGURE 1 Distribution of sandy hills in Duobao of Duchang County, Poyang Lake

1.2 砂山地区的地表环境结构

由于地表物质、地区环境差异以及人类活动影响方式的不同, 鄱阳湖湖滨砂山荒漠化地表环境结构有自身独立的特点, 这可从自然条件、风沙地貌及植物种群配置表现出来.

鄱阳湖区全年风力强劲, 夏季以偏南风为主, 其余各月以偏北风为主, 促使沙丘以 3~5 m/年向外推进^[5]. 砂山地区降水虽多, 但主要集中在 4~7 月, 占全年 60%以上; 干湿季明显(旱季集中在 10~次年 2 月), 此时月均降水量不到 40 mm, 9~次年 2 月的降水占全年降水的 23.6%, 全年降水丰沛的背后有 2 个极为干旱的季节.

湖滨砂山的灌丛沙丘多属于类似穹形沙堆与辫状沙堆, 迎风坡陡, 裸露呈明沙, 背风坡植被覆盖度较

好, 分布有白茅(*Imperata cylindrical* var. *major* (Nees) C. E. Hubb.), 茵陈蒿(*Artemisia capillaries* Thunb.), 假俭草(*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.), 球柱草(*Bulbostylis barbata* (Rottb.) C. B. Clarke)等, 组成草本植物群落, 属季风亚热带湿润型原生植被受到破坏以后形成的次生植被类型. 明沙丘(流动沙丘)规模较小, 呈斑状分布, 因缺少足够沙源, 不能发展成高大沙丘, 其上零星生长单叶蔓荆(*Vitex trifolia* L. var. *Simplicifolia* Cham.), 也有狗牙根(*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), 美丽胡枝子(*Lespedeza formosa* (Vog.) Koehne), 均系湿润区阶段性干旱沙生环境下的特殊产物^[3].

1.3 研究方法

鄱阳湖砂山地区风沙化过程可分为 3 个阶段: 固

定沙丘(潜在风沙化阶段)、半固定沙丘(正在发展中的风沙化阶段)、流动沙丘(严重风沙化阶段)。本文将依据上述划分标准,对研究区风沙化土地进行划分,分别在各类型中采用样方法测定其植物种组成、盖度与生物量等。样方面积为 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$,共调查了40个样方,其中固定沙丘(15个)、半固定沙丘(15个)、流动沙丘(10个)。所有调查中出现的植物按其生活型与出现频率分为两大类来进行物种多样性分析,其中生活型划分为:一年生草本(A)、多年生草本(B)、灌木类植物(C)、乔木类植物(D),共4种。按照植物在风沙化阶段出现的频率划分为:特有种,即只在1种生境中出现;稀有种,即在2种生境中出现;共有种,即在所有生境中出现。

根据笔者对研究区进行踏查情况来看:在流动沙丘与半固定沙丘上以小灌木单叶蔓荆为多,也有狗牙根与美丽胡枝子。流动沙丘的宽度从湖缘向外延伸约120 m,半固定沙丘约60 m左右甚至更窄,固定沙丘宽度最大,其宽度从数百米到 $1\sim 2\text{ km}$ 。固定沙丘上植物种类相对较丰富,从紧靠半固定沙丘的地带来看,主要是:单叶蔓荆、狗牙根、白茅、茵陈蒿、假俭草、细叶结缕草(*Zoysia tenuifolia* Willd. Ex Trin.)、山类芦(*Neyraudia montana* Keng)、球柱草组成的灌木与草本植物群落;再向外延伸灌木植物物种逐渐增多,如:美丽胡枝子、小果蔷薇(*Rosa cymosa* Tratt.)、黄荆(*Vitex negundo* L.)、牡荆(*Vitex negundo* L. var. *Cannabifolia* (S. et Z.) H. M.)、紫珠(*Callicarpa bodinieri* Lev.)、算盘子(*Glochidion puberum* (L.) Hutch.)、扁担杆(*Grewia biloba* G. Don)、野花椒(*Zanthoxylum simulans* Hance.)等灌木以及马尾松(*Pinus massiniana* Lamb.)、白栎(*Quercus fabir* Hance.)、乌柏(*Sapium sebiferum* (L.) Roxb.)、糯米椴(*Tilia henryana* syczyl. var. *subglabra* Engl.)、朴(*Celtis sinensis* Pers.)、榔榆(*Ulmus parvifolia* Jacq.)、枫香(*Liquidambar formosana* Hance.)、枸骨(*Ilex cornuta* Lindl. et Paxt.)等幼树幼苗,并人工种植刺槐(*Robinia pseudoacacia* L.)、湿地松(*Pinus elliottii* Engelm.)、桃(*Prunus persica* (L.) Batsch)、棕榈(*Trachycarpus fortunei* (Hk.f.) H. Wendl.)。

关于物种多样性的测定最为广泛使用的主要有Shannon-Wiener指数与Simpson指数。

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \quad (P_i = n_i / N) \quad (1)$$

式中, H 为Shannon-Wiener指数, P_i 为第 i 个种的个体数目, N 为群落中所有个体数总和。

$$D = 1 / \sum_{i=1}^n P_i^2 \quad (2)$$

式中, D 为Simpson指数。

这两个指数的优点在于它们同时考虑了种数与各个种的相对多度。当各个种的个体数目相当时,种数越多, H 与 D 值越大;而种数相等时,种间的均匀度(evenness)越高, H 与 D 值越高。在实际应用中Shannon-Wiener指数与Simpson指数中的 n 或 N 还可以是其他参数(如生物量、盖度等)。在本文的研究中 P_i 用各个种的重要值来代替:

$$P_i = 0.3333 (C_i / C + F_i / F + B_i / B) \quad (3)$$

C_i 、 F_i 与 B_i 分别是每一风沙化阶段样方调查中的第 i 个种的平均盖度、出现频率与平均生物量; C 、 F 、 B 分别是每一沙漠化阶段样方调查中的总平均盖度、样方总数与总平均生物量。

2 结果与分析

2.1 风沙化过程中植物物种多样性特征

种是生物多样性的一个基本单位,没有其他组分将无法存在^[6]。植物群落从简单到复杂的过程,也是动物、微生物群落由低级到高级、由简单到复杂的过程^[7]。因此生态类型中植物丰富度是决定生物多样性的最重要因子。研究植物种丰富度是生物多样性研究中的基础。

从表1可以看出,不同风沙化阶段植物种丰富度差异很大。在固定沙丘(潜在风沙化阶段),植物种丰富度最高为28个种,其中特有种也最多,有25个种;半固定沙丘(正在发展中的风沙化阶段),植物种丰富度急剧减少,为3个种;流动沙丘(严重风沙化阶段),植物种丰富度仅2个种。后两个阶段中无特有种出现。

从物种多样性指数来看,无论 H 还是 D ,从固定沙丘到流动沙丘,种多样性指数依次减少。就Shannon-Wiener指数而言,从潜在风沙化阶段到严重风沙化阶段这一过程中,物种多样性指数由大变小,从3.68减少到1.24;与 H 变化情况相比较,Simpson指数的变化则比较大,在上述过程中由17.95减少到3.23。从固定沙丘到半固定沙丘这一过程是整个风沙化过程中物种多样性丧失最快的时期, H 与 D 的变化在整个过程中最大(表2), H 从3.68减少到1.75;而 D 的变化则更大,由17.95减少到8.62。

从特有种、稀有种、普通种与共有种在各风沙化阶段的物种多样性来看(表3), H 与 D 的变化表明,特有种在固定沙丘中占主导地位, D 与 H 最高分别为5.31和2.25;而在半固定沙丘与流动沙丘中, D 与 H 的最高值分别是稀有种与共有种,其中在半固定沙丘中稀有种的 D 与 H 为1.93与5.70,流动沙丘中共有种的 D 与 H 为1.65与0.60。

在不同的风沙化阶段,按植物种生活型计算的物种多样性结果表明(见表4),植物种多样性情况

是不一致的;潜在风沙化阶段中,物种多样性以乔木类植物最高,其次是灌木类植物与多年生植物,而一年生草本则为最低;在正处于发展风沙化阶段与严

重风沙化阶段中,依据生活型所计算的 H 与 D 表明,物种多样性以灌木类植物最高,其次是多年生草本植物,而乔木类植物最低.

表 1 不同沙丘类型植被组成

TABLE 1 Vegetation composition at different stages of desertification

植物种	生活型	I		II		III	
		Ft	l_b	Ft	l_b	Ft	l_b
单叶蔓荆	C	V	16.82	V	28.46	V	62.49
狗牙根	B	V	14.71	V	9.35	V	8.47
白茅	B	#	9.60				
茵陈蒿	B	#	3.28				
球柱草	A	#	2.27				
假俭草	B	#	5.19				
细叶结缕草	B	#	3.27				
山类芦	B	#	10.43				
美丽胡枝子	C	+	12.36	+	3.22		
小果蔷薇	C	#	3.31				
黄荆	C	#	12.25				
牡荆	C	#	10.54				
紫珠	C	#	3.18				
野花椒	C	#	1.00				
算盘子	C	#	7.67				
扁担杆	C	#	8.97				
马尾松	D	#	10.70				
白栎	D	#	5.12				
乌柏	D	#	5.80				
糯米椴	D	#	6.01				
朴	D	#	4.50				
榔榆	D	#	4.10				
枫香	D	#	16.02				
枸骨	D	#	1.00				
刺槐	D	#	6.33				
湿地松	D	#	4.32				
桃	D	#	11.00				
棕榈	D	#	1.00				
总计			28		3		2

注:Ft.频率类型; l_b .重要值;+.稀有种;#.特有种;V.共有种.表2~5同此.

表 2 不同沙丘类型植物多样性指数

TABLE 2 Species diversity indices at different stages of desertification

多样性指数	I	II	III
H	3.68	1.75	1.24
D	17.95	8.62	3.23

表 3 不同沙丘类型植物种出现频率特点

TABLE 3 Frequency of species occurrence at different stages of desertification

植物种特征	I		II		III	
	H	D	H	D	H	D
特有种(#)	2.25	5.31	0.59	1.90	0	0
稀有种(+)	0.62	1.25	1.93	5.70	0	1
共有种(V)	0.42	1.03	0.65	1.66	0.60	1.65

2.2 风沙化过程中植物种定居与绝灭特征

物种的定居(或迁移)与绝灭是决定物种多样性的关键因素^[8].从不同风沙化过程的物种定居与绝

灭的植物种数来看,由潜在风沙化阶段到正在发展

表 4 不同沙丘类型植物种类生活型组成特点

TABLE 4 Composition of life form at different stages of desertification

生活型	I		II		III	
	H	D	H	D	H	D
A	0.19	1.00	0	0	0	0
B	1.35	2.50	0	1.00	0	1.00
C	1.25	2.84	1.83	5.24	0.96	2.07
D	1.76	6.23	0	0	0	0

中风沙化阶段这一过程,共有 25 个种灭绝.这 25 个种(表 1),按生活型可划分为:一年生草本 1 个种(球柱草);多年生草本 5 个种(白茅、茵陈蒿、假俭草、细叶结缕草、山类芦);灌木类植物 7 个种(小果蔷薇、黄荆、牡荆、紫珠、野花椒、算盘子、扁担杆);乔木类植物 12 个种(马尾松、白栎、乌柏、糯米椴、朴、榔榆、枫香、枸骨、刺槐、湿地松、桃、棕榈).这 25 个

种中,有5个侵入种(马尾松、刺槐、湿地松、桃、棕榈),也都是特有种,按生活型划分都是乔木类植物,均系人工栽培。

从正在发展的风沙化阶段到严重发展风沙化阶段,有1个植物种灭绝,这1个种是稀有种,按生活型划分为:灌木类植物1个种(美丽胡枝子)。

从上述分析不难看出,植物种丰富度随风沙化加剧而显著降低,到严重风沙化阶段时大部分植物物种灭绝,只有很少的种可以幸存。风沙化过程是一个物种绝灭的过程,尽管在这一过程中也会有一些新种侵入。

此外,风沙化发展过程也是物种多样性衰减的过程。在风沙化的初级阶段,即从潜在风沙化到正在发展的风沙化阶段是特有种衰退的过程,它在生境中的主导地位被稀有种所代替。在风沙化发展的后期,即从正在发展的风沙化阶段到严重风沙化阶段,是稀有种消亡、普通种衰退的过程,其在生境中的优势被共有种代替。概括地说,风沙化的发展首先直接威胁那些对生境选择极强的种(特有种),其次为稀有种,共有种在研究区只有小灌木单叶蔓荆,其次分布多年生草本狗牙根,它们在研究区各类型风沙化土地中都出现,并成为风沙化过程中“缓冲屏障种”的角色^[9]。

2.3 砂山地区的地表环境结构与物种多样性变化的关系

鄱阳湖砂山地区自然环境条件存在着抑制植物正常生长与发育的3种不利因素:

1)沙粒的流动性。其危害方式有风蚀、沙埋、沙打等,这些物理过程影响植物的生命活动。

2)砂山的干旱性。植物的各种生命活动都与水分平衡有着密切的关系,缺乏水分必然不利于生命活动的正常进行。

3)没有土壤或极少有土壤形成。这使得植物生长的基质保水保肥能力较差,致使肥力、含水量均很低,不利于植物生长与发育。另一方面,植物在长期的进化过程中会表现出各种对沙地生境的耐受、适应与胁迫能力,具有适应沙地环境的生物学特征,同时植物的适应也逐渐改善了沙地环境,这在鄱阳湖流动沙丘与半固定沙丘上表现尤为明显。

在流动沙丘处明显地反映出植物生长对风的适应关系:在平坦开阔处,单叶蔓荆匍匐茎的走向与砂山沙的波纹方向几乎平行并多垂直于风的主导方向。其原因是主导风向与匍匐茎走向垂直,对风、沙粒等起了阻挡作用,使得沙粒等物质在匍匐茎一侧得以堆积,从而有利于匍匐茎上不定根的扎根生长,这反映根状茎繁殖对沙埋有适应意义。

鄱阳湖砂山地区土壤结构松散,养分含量低,保水保肥能力差^[5]。据测定多宝沙山发现:不同类型与不同层次的沙土中有机质、速效钾、全磷及全氮养分含量不同,固定沙丘大于半固定沙丘,半固定沙丘又大于流动沙丘,A层(深0~30cm)大于B层(深30~60cm)(见表5)。

表5 鄱阳湖砂山地区流动、半固定、固定沙丘沙土养分含量
TABLE 5 Nutrient content of drifting, semifixed and fixed sandy dunes at sandy hill areas in the Poyang Lake

层次	流动沙丘		半固定沙丘		固定沙丘				
	A	B	A	B	草地		马尾松林地		
					A	B	A	B	C
有机质/%	0.10	0.25	0.35	0.27	0.47	0.40	1.20	0.68	0.60
Mg/kg	12.3	11.3	12.5	11.5	30.7	24.4	13.5	12.6	8.4
全磷/%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
全氮/%	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001

该区的旱生性可从沙生植物形态上得以表现,单叶蔓荆叶表被白色绒毛,可反射阳光的强烈辐射、保护叶肉组织免受高温灼伤;狗牙根、白茅等禾草则叶表面积小,具蜡质及卷叶机能等减少叶表蒸腾。此外,植物也有改善环境的作用。随着植物覆盖度的增大,沙丘得以逐渐固定,沙地蓄水能力增大并演变为沙土。土壤的形成,植物的生长环境又得以改善,有利于植物的生长与促进土壤发育,因此沙地植被与沙地环境之间有密切的生态关系。

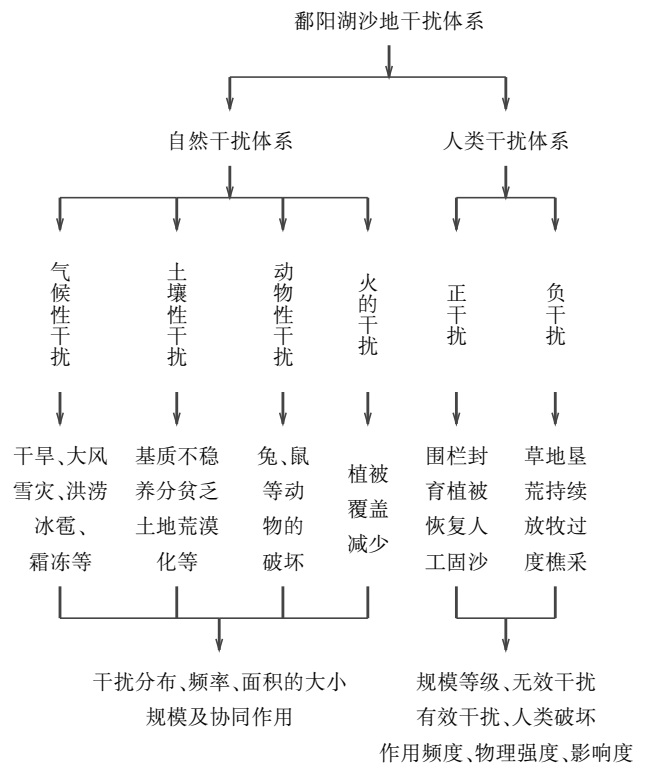


图2 鄱阳湖沙地一般干扰体系的假想图
FIGURE 2 Hypothetic figure of general disturbance system to the Poyang Lake

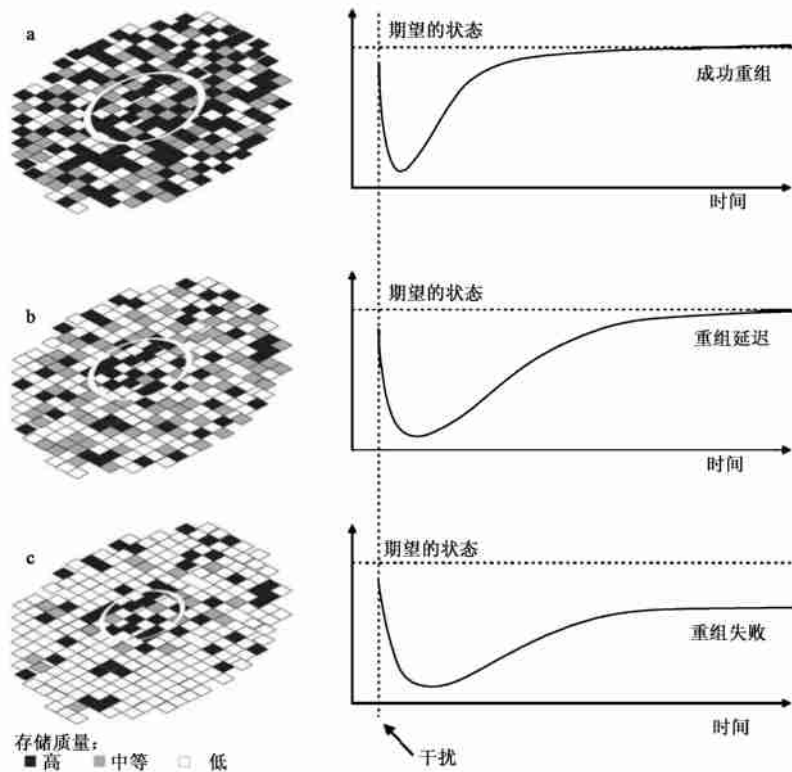


图3 取决于内部与外部生态存储质量的生态系统重组

FIGURE 3 Natural protect areas' recombination rest with the number of interior and exterior ecostorage

注:a.土地利用集约性最小,区域面积大,具有大量的内部存储,可以进行快速重组;b.土地利用集约性中等,区域面积较小,内部存储较小但周围景观尚可以进行补偿;c.景观被人为活动严重改变,区域面积小且分散,周围破碎景观的外部存储减少,不足以进行重组.

砂山生态系统在各种不同时空尺度上都会受到多种干扰(图2).进行生态重组(建立有恢复力的景观生态系统)既需要干扰区内同时也需要干扰区外的生态存储.有快速重组能力的生态系统被视为不受干扰或可以从干扰中快速恢复,这表明其面积必须很大,且具有保证快速重组的大量的内部生态存储(图3a).但随着空间面积的逐渐缩小,快速重组的内部存储会变得延迟与不足,它们会逐渐依赖于周围景观的斑块,也就是外部存储(图3b).在破碎化程度高与集约经营的景观中,外部存储将退化、更远、更减少,使重组的时间变得更长,鄱阳湖砂山地区的情况正是如此(图3c).这表明恢复力下降,生态意外发生的可能性增加.一次干扰过后,生态存储差的地区将会发育出与干扰前完全不同的动植物构成.因此,鄱阳湖砂山地区需要有不同的内部与外部生态存储,仅仅进行人工林营造对于维持景观的生物多样性与生态系统功能来说还是不够的.

3 结论与讨论

生物多样性衰减的原因可分为3类:①人类活动引起的自然生境的毁灭、破碎化、污染与退化;②人类对动植物的过度捕杀与采伐;③外来物种的侵入与次生绝灭效应.就鄱阳湖砂山地区土地风沙化

发生机制来看,引起该区域生物多样性衰减的主要原因第1种,即不合理的人类活动引起的自然环境退化,“滥开荒、滥砍伐、滥采集、滥放牧”造成鄱阳湖砂山地区土地风沙化景观格局改变与生物多样性的降低^[4,9].

风沙化首先直接影响特有种(表1、3),其次为稀有种.所以从保护生物多样性的角度出发,在鄱阳湖砂山地区制定管理与保护措施时,首先必须强调固定沙丘(潜在风沙化土地)的管理与保护.在这种生境中包括了25个特有种与1个稀有种,而不是在某一地区已经发展到半固定沙丘(正在发展中的风沙化阶段)与流动沙丘(严重风沙化阶段)才着手进行治理保护.尽管有报道在砂山地区进行围封,植被盖度会有所提高,并使流沙得到固定^[9-11],但经历干扰后的生态系统不能恢复到干扰前的状况.特别是一些根茎型的多年生草本植物与灌木类植物,如:白茅、茵陈蒿、牡荆、算盘子等.事实上风沙化的发展最明显的影响是对多年生的各种植物种(灌木、半灌木、多年生草本).从表1可以看到,在潜在风沙化阶段原有的6个多年生草本、9个灌木种与12个乔木种,到正在发展中的风沙化阶段就有25个种灭绝(表5),灭绝率92.59%.植物的生活型分析也表明:灌木植物物种多样性指数,砂山地区风沙化发展各

个阶段为最高,是该区物种多样性重要组成部分.

从调查的空间尺度来看,本文所研究的区域不超过 12 km^2 ,所有的风沙化土地类型都在该区域内,即文中所说的绝灭是局部绝灭.就大尺度而言,由于人为干扰而引起砂山景观破碎、异质化,从而使砂山地区环境多样化,这一过程无疑导致局部区域的生物多样性衰减,但同时在大尺度框架内也有新种产生,如固定沙丘中的特有种马尾松、刺槐、湿地松、桃、棕榈等.在这里依然要强调保护,因为风沙化过程中种的绝灭数远远大于种的定居数(表1),不能以局部利益而忽视长远利益.

就鄱阳湖砂山地区的合理利用与保护问题而言,首先要有一定的保护地,作为生物多样性种源的“大陆岛”严格保护,即原地保护途径^[8,12].保护地的选择应以潜在风沙化土地为主,在所有调查样方中出现的植物中,在这种生境中拥有丰富度最高的物种数(28种).其次,要合理利用,即实行科学的管理制度,包括划区轮牧、保护地放牧(在秋冬季保护地定时开放,减缓放牧、践踏压力)、限制植物采集活动.这样既可防止过度放牧与践踏,又可使保护地的生境多样化^[13-14],因为适当干扰可增加景观的异质性^[15-17],进而增加鄱阳湖砂山地区的物种丰富度.最后,设立保护地以外的外部生态存储也很重要.这需要考虑针对性准备原则,外部生态存储可及时补充不足的内部生态存储,现实情况也需要我们进行双重存储的生态学准备.

参 考 文 献

- [1] 常学礼, 鄢建国. 科尔沁沙地沙漠化过程中的物种多样性[J]. 应用生态学报, 1997, 8(2): 151-156.
CHANG X L, WU J G. Ecological effects of landscape structure on desertification process of Keerqin Sandy Land[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1997, 8(2): 151-156.
- [2] 方燕鸿. 武夷山米槠、甜槠常绿阔叶林的物种组成及多样性分析[J]. 生物多样性, 2005, 13(2): 148-155.
FANG Y H. Species composition and diversity of evergreen broad-leaved forest of *Castanopsis carlesii* and *C. eyrei* in Wuyishan National Nature Reserve, Fujian, China[J]. *Biodiversity Science*, 2005, 13(2): 148-155.
- [3] 李升峰, 任黎秀. 鄱阳湖滨沙生植被的初步研究[J]. 植物资源与环境, 1995, 4(2): 32-38.
LI S F, REN L X. Preliminary study of psammophytic vegetations on Poyang Lakeside[J]. *Journal of Plant Resources and Environment*, 1995, 4(2): 32-38.
- [4] 朱震达, 崔海红. 中国南方的土地荒漠化问题[J]. 中国沙漠, 1996, 16(4): 331-337.
ZHU Z D, CUI S H. Problems of desertization in south China[J]. *Journal of Desert Research*, 1996, 16(4): 331-337.
- [5] 陈美球, 蔡海生, 黄靓. 鄱阳湖区生态环境自然脆弱性综合评价[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(4): 181-183.
CHEN M Q, CAI H S, HUANG L. Comprehensive evaluation of natural factors fragile of environment in Poyang Lake Region[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2005, 13(4): 181-183.
- [6] PEET E. Measurement of species diversity[J]. *Ann Rev Ecol Syst*, 1974, 5: 285-307.
- [7] 陈祝春, 李定淑. 科尔沁沙地奈曼旗固沙造林沙丘土壤微生物区系的变化[J]. 中国沙漠, 1992, 12(3): 16-21.
CHEN Z C, LI D S. Microflora variations of afforested sand dune soil Naiman Banner, Horqin Sandy Land[J]. *Journal of Desert Research*, 1992, 12(3): 16-21.
- [8] GUO Q F. Disturbance, life history, and optimal management for biodiversity[J]. *AMBIO*, 2003, 32(6): 428-430.
- [9] 杨永革, 陶木金, 刘益辉, 等. 都昌县水患区滨湖小流域水土流失影响因子特征与治理[J]. 江西地质, 2001, 15(4): 289-293.
YANG Y G, TAO M J, LIU Y H, et al. Factors and treatment of soil in lakeside minor drainage area in the flood region of Duchang County[J]. *Jiangxi Geology*, 2001, 15(4): 289-293.
- [10] 高少平, 杨晓勇, 乔敏. 江西省都昌县矾山联圩内坡护坡方式选择及应用[J]. 江西水利科技, 2001, 27(1): 21-23.
GAO S P, YANG X Y, QIAO M. Slope (inside slope) protection pattern selection and appliance about Jishan dyke in Duchang County in Jiangxi Province[J]. *Jiangxi Hydraulic Science & Technology*, 2001, 27(1): 21-23.
- [11] 赵小敏, 傅建春. 鄱阳湖地区沙地遥感调查及治理研究[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 94-95.
ZHAO X M, FU J C. Study on sandy land investigation by remote sensing and its control in Poyang Lake Region[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2003, 10(4): 94-95.
- [12] JANNE B, PER A, THOMAS E, et al. Reserves, resilience and dynamic landscapes[J]. *AMBIO*, 2003, 32(6): 389-396.
- [13] 董治宝, 王涛, 屈建军. 100a 来沙漠科学的发展[J]. 中国沙漠, 2003, 23(1): 1-5.
DONG Z B, WANG T, QU J J. The history of desert science over the last 100 years[J]. *Journal of Desert Research*, 2003, 23(1): 1-5.
- [14] 罗新正, 朱坦, 孙广友, 等. 松嫩平原湿地荒漠化现状、成因和对策[J]. 中国沙漠, 2003, 23(4): 372-378.
LUO X Z, ZHU T, SUN G Y, et al. Situation, cause and countermeasure of wetland desertification in Songnen Plain [J]. *Journal of Desert Research*, 2003, 23(4): 372-378.
- [15] TIM B S, EDVARD H, TIM W. Rainforest composition and histories of human disturbance in Solomon Islands[J]. *AMBIO*, 2003, 32(5): 346-352.
- [16] 曹成有, 朱丽辉, 蒋德明, 等. 固沙植物群落稳定性机制的探讨[J]. 中国沙漠, 2004, 24(4): 461-466.
CAO C Y, ZHU L H, JIANG D M, et al. Discussion on mechanism of stability of sand-fixing phytocoeniosium [J]. *Journal of Desert Research*, 2004, 24(4): 461-466.
- [17] 肖笃宁. 生态脆弱区的生态重建与景观规划[J]. 中国沙漠, 2003, 23(3): 6-11.
XIAO D N. Ecological reconstruction and landscape planning of ecological fragile zone[J]. *Journal of Desert Research*, 2003, 23(3): 6-11.

(责任编辑 赵 勃)