

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

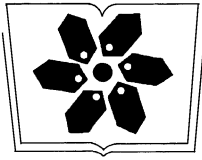
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 20 期 Vol.32 No.20 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 20 期

2012 年 10 月 (半月刊)

目 次

太湖流域源头溪流氧化亚氮(N_2O)释放特征·····	袁淑方, 王为东 (6279)
闽江河口湿地植物枯落物立枯和倒伏分解主要元素动态·····	曾从盛, 张林海, 王天鹅, 等 (6289)
宁夏荒漠草原小叶锦鸡儿可培养内生细菌多样性及其分布特征·····	代金霞, 王玉炯 (6300)
陕西省栎黄枯叶蛾蛹的空间分布·····	章一巧, 宗世祥, 刘永华, 等 (6308)
模拟喀斯特生境条件下干旱胁迫对青冈栎苗木的影响·····	张中峰, 尤业明, 黄玉清, 等 (6318)
中国井冈山生态系统多样性·····	陈宝明, 林真光, 李 贞, 等 (6326)
鄂西南木林子常绿落叶阔叶混交林恢复过程中优势树种生态位动态·····	汤景明, 艾训儒, 易咏梅, 等 (6334)
不同增温处理对夏蜡梅光合特性和叶绿素荧光参数的影响·····	徐兴利, 金则新, 何维明, 等 (6343)
模拟长期大风对木本猪毛菜表观特征的影响·····	南 江, 赵晓英, 余保峰 (6354)
雷竹林土壤和叶片 N、P 化学计量特征对林地覆盖的响应·····	郭子武, 陈双林, 杨清平, 等 (6361)
利用树木年轮重建赣南地区 1890 年以来 2—3 月份温度的变化·····	曹受金, 曹福祥, 项文化 (6369)
川西亚高山草甸土壤呼吸的昼夜变化及其季节动态·····	胡宗达, 刘世荣, 史作民, 等 (6376)
火干扰对小兴安岭白桦沼泽和落叶松-苔草沼泽凋落物和土壤碳储量的影响·····	周文昌, 牟长城, 刘 夏, 等 (6387)
黄土丘陵区三种典型退耕还林地土壤固碳效应差异·····	佟小刚, 韩新辉, 吴发启, 等 (6396)
岩质公路边坡生态恢复土壤特性与植物多样性·····	潘树林, 辜 彬, 李家祥 (6404)
坡位对东灵山辽东栎林土壤微生物量的影响·····	张 地, 张育新, 曲来叶, 等 (6412)
太湖流域典型入湖港口景观格局对河流水质的影响·····	王 瑛, 张建锋, 陈光才, 等 (6422)
基于多角度基尼系数的江西省资源环境公平性研究·····	黄和平 (6431)
中国土地利用空间格局动态变化模拟——以规划情景为例·····	孙晓芳, 岳天祥, 范泽孟 (6440)
世界主要国家耕地动态变化及其影响因素·····	赵文武 (6452)
不同氮源下好氧反硝化菌 <i>Deffluibacter lusatiensis</i> str. DN7 的脱氮特性·····	肖继波, 江惠霞, 褚淑祎 (6463)
基于生态足迹方法的南京可持续发展研究·····	周 静, 管卫华 (6471)
基于投入产出方法的甘肃省水足迹及虚拟水贸易研究·····	蔡振华, 沈来新, 刘俊国, 等 (6481)
浦江县土壤碱解氮的空间变异与农户 N 投入的关联分析·····	方 斌, 吴金凤, 倪绍祥 (6489)
长江河口潮间带盐沼植被分布区及邻近光滩鱼类组成特征·····	童春富 (6501)
深圳湾不同生境湿地大型底栖动物次级生产力的比较研究·····	周福芳, 史秀华, 邱国玉, 等 (6511)
灰斑古毒蛾口腔反吐物诱导沙冬青细胞 Ca^{2+} 内流及 H_2O_2 积累·····	高海波, 张淑静, 沈应柏 (6520)
濒危物种金斑喙凤蝶的行为特征及其对生境的适应性·····	曾菊平, 周善义, 丁 健, 等 (6527)
细叶榕榕小蜂群落结构及动态变化·····	吴文珊, 张彦杰, 李凤玉, 等 (6535)
专论与综述	
流域生态系统补偿机制研究进展·····	张志强, 程 莉, 尚海洋, 等 (6543)
可持续消费的内涵及研究进展——产业生态学视角·····	刘晶茹, 刘瑞权, 姚 亮 (6553)
工业水足迹评价与应用·····	贾 佳, 严 岩, 王辰星, 等 (6558)
矿区生态风险评价研究述评·····	潘雅婧, 王仰麟, 彭 建, 等 (6566)
研究简报	
围封条件下荒漠草原 4 种典型植物群落枯落物枯落量及其蓄积动态·····	李学斌, 陈 林, 张硕新, 等 (6575)
密度和种植方式对夏玉米酶活性和产量的影响·····	李洪岐, 蔺海明, 梁书荣, 等 (6584)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 312 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-10	



封面图说: 草丛中的朱鹮——朱鹮有着鸟中“东方宝石”之称。洁白的羽毛, 艳红的头冠和黑色的长嘴, 加上细长的双脚, 朱鹮历来被日本皇室视为圣鸟。20 世纪前朱鹮在中国东部、日本、俄罗斯、朝鲜等地曾有较广泛地分布, 由于环境恶化等因素导致种群数量急剧下降, 至 20 世纪 70 年代野外已认为无踪影。1981 年 5 月, 中国鸟类学家经多年考察, 在陕西省洋县重新发现朱鹮种群, 一共只有 7 只, 也是世界上仅存的种群。此后对朱鹮的保护和科学研究做了大量工作, 并于 1989 年在世界首次人工孵化成功。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201206120848

陈宝明, 林真光, 李贞, 廖文波, 周婷, 陈春泉, 彭少麟. 中国井冈山生态系统多样性. 生态学报, 2012, 32(20): 6326-6333.

Chen B M, Lin Z G, Li Z, Liao W B, Zhou T, Chen C Q, Peng S L. Ecosystem diversity in Jinggangshan area, China. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(20): 6326-6333.

中国井冈山生态系统多样性

陈宝明¹, 林真光¹, 李贞², 廖文波¹, 周婷¹, 陈春泉³, 彭少麟^{1,*}

(1. 中山大学生命科学院/有害生物控制与资源利用国家重点实验室, 广州 510275;

2. 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275; 3. 井冈山管理局, 吉安 343600)

摘要: 从不同尺度对井冈山生态系统进行了研究分析, 并论述生态系统与生物物种多样性的关系, 为井冈山生态环境保护与管理提供依据。研究发现, 井冈山拥有 IUCN/SSC 一级生境类型 9 个, 几乎涵盖了除海洋以外的所有生境类型, 反映出井冈山生境类型非常丰富。井冈山一级生境中的面积最大的森林是井冈山自然生态系统类型及植被类型的重要基础; 灌丛、草地及水域等次要的生境类型, 提高了生态系统类型的复杂性和复合性。井冈山的一级生境类型是其生态系统分类的宏观基础, 生境类型的丰富程度与生态系统类型的多样性密切相关。根据起源、地貌、生境和属性, 以及结构和功能对井冈山生态系统类型进行逐级划分。调查发现, 井冈山生态系统类型共有 53 类, 其中自然生态系统 21 类(包括类型多样的森林生态系统、草地生态系统、静水生态系统等), 人工生态系统 14 类(包括类型多样的人工湿地生态系统、人工林生态系统、农业自然复合生态系统等), 复合生态系统 18 类(包括类型多样的人工复合生态系统、半自然复合生态系统等)。将生态系统只分到四级水平, 四级以下还有丰富的生态系统类型。井冈山植物群落可分 14 个植被型, 90 个群系, 180 个群丛。与周围遗产地相比, 井冈山的群系数量最多, 与面积更大的三清山和武夷山相比, 井冈山植被群系数量接近它们的 3 倍, 表现出极其丰富的植被多样性。井冈山物种极其丰富, 维管束植物和两栖动物最多, 其昆虫数量仅次于武夷山, 鸟类数量仅次于丹霞山。井冈山植物物种数最高。虽然井冈山总体空间(分布面积)有限, 但这种分化出的丰富的生态位空间使井冈山在有限面积的植被上容纳更多的生物物种成为可能。

关键词: 生境; 生态系统; 群落; 生物多样性

Ecosystem diversity in Jinggangshan area, China

CHEN Baoming¹, LIN Zhenguang¹, LI Zhen², LIAO Wenbo¹, ZHOU Ting¹, CHEN Chunquan³, PENG Shaolin^{1,*}

1 School of Life Sciences/State Key Laboratory of Biocontrol, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China

2 School of Geography and Planning, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China

3 Administration Bureau of Jinggangshan, Ji'an 343600, China

Abstract: Jinggangshan (N26°13'—26°52', E113°59'—114°18') is in the middle of the east slope of Luoxiao Mountain and the overall topography is higher in southwest and gradually lower towards north and east. It lies in the middle subtropical zone and has obvious seasons. There are abundant precipitation and heat resource. The annual temperature is 14.2°C and the annual rainfall is 1889.8 mm. The highest site is in the south face, 2120.4 m, while the lowest site is in Qixiling Longtan port with an altitude of 200 m, the greatest difference in altitude is up to 1920 m. The Jinggangshan Mountain is magnificent and steep with lots of cliffs. There are beaded basins (depressions) with dendritic water system among the hills. There are riffles and rapids in some regions, forming water falls in narrow gorge. Jinggangshan has complex geography, which is the base of diverse community and ecosystem. In general, the diverse types of ecosystem have the

基金项目: “井冈山生态过程研究”; “中国井冈山自然遗产价值研究及申遗文本编写”项目

收稿日期: 2012-06-12; **修订日期:** 2012-08-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lsspsl@mail.sysu.edu.cn

potential to support diverse biological communities. However, it is rare to study the ecosystem types in Jinggangshan area. And it is unclear how complex the ecosystems on different scales. Therefore, ecosystem types in Jinggangshan were studied, and the relationship between ecosystem and species biodiversity was discussed. This will be the basis of ecological protection and environmental management in Jinggangshan area. Based on the First-level IUCN/SSC Habitat classification, there are 9 First-level habitats (almost including all the habitats except marine habitat) in Jinggangshan area, suggesting the habitat is plentiful. Forest is the largest area among these first-level habitats, which is the key foundation of the diversity of natural ecosystem and vegetation types. Then the sub-habitats (such as shrubs, grassland and water) enrich the complexity and integrity of ecosystem. The first-level habitats in Jinggangshan, being related to the diversity of ecosystem type, are the basic of ecosystem classification. In addition, here we used an integrative classification of ecosystem based on the origin of ecosystem, the geography of ecosystem, the habitat or attribute of ecosystem, as well as the structure and function of ecosystem. The results showed that there are 53 types of ecosystem in Jinggangshan, twenty-one of which is natural ecosystems (including forest, grassland and still water ecosystem etc.), 14 is artificial ecosystem (including artificial wetland, artificial forest, agricultural ecosystems etc.), and 18 is complex ecosystems (including semi-natural ecosystems and semi-artificial ecosystems etc.). This classification only reaches 4 levels. In fact there are still plentiful ecosystem types below the 4th level. For instance, the 4th level ecosystem "Broad-leaved forest" can be divided into ravine evergreen forest, typical evergreen forest, deciduous broad-leaved forest, mountaintop evergreen broad-leaved copse ecosystem etc. And the 4th level ecosystem lentic ecosystem (lake, reservoir, water pool) can be divided into lake, reservoir and water pool ecosystem. This indicates that there are plentiful ecosystem types in Jinggangshan area. Vegetation covered the largest proportion in Jinggangshan area. Thus the plant community was investigated in order to understand the diversity of ecosystem in Jinggangshan. The results showed that there were 14 vegetations, 90 formations and 180 associations. Comparing with adjacent heritages, there are the most vegetation types in Jinggangshan. The vegetation types are nearly 3 times of the adjacent Sanqingshan Heritage and Wuyishan Heritage though the area of Jinggangshan is smaller than those two heritages. Within a certain range, the biodiversity depends on the diversity of habitat and the key construct elements. There are the highest higher plant species and amphibians in Jinggangshan relative to those 7 adjacent heritage sites, while insect species is only second to Wuyi Mountain, and the bird species is only second to Danxia Mountain. The complex and diverse topography and landform in Jinggangshan form various habitats and ecosystems, provides plentiful niches, which is undoubtedly the foundation of the coexisting animals and plants. Although there are limited space (distribution area) in Jinggangshan, the plentiful differentiated niches makes it possible to breed and grow much more species in Jinggangshan. We concluded that the plentiful habitats and various types of ecosystems are the main basic of high diversity of biological community, which is the foundation of high diversity of biological species in Jinggangshan area.

Key Words: habitat; ecosystem; biodiversity; community

生境(habitat)一词是 Grinnell^[1]提出,其定义是生物出现的环境空间范围,一般指生物居住的地方,或是生物生活的生态地理环境。主要包括能为特定物种提供生活必需环境条件(如食物、隐蔽物、水、温度、雨量、捕食及竞争者等)和使这个物种能够存活和繁殖的空间。Bailey^[2]则强调生境周围相关的生物群落,认为“生境是与野生动物共同生活的所有物种的群落”。生物总是以特定的方式生活于某一生境之中,同时生物的各种行为、种群动态及群落结构都与其生境分不开。目前,生境类型并没有统一的分类标准,有人提到大生境与小生境的说法,但其界定标准并不清晰。IUCN 发布了全球一级生境分类,在全球大尺度上将生境分为 16 个类型。生境是生态系统分类的宏观基础,可以在大尺度上反映生态系统的状况,丰富的生境类型通常会形成多样化的生态系统类型。

生态系统(ecosystem)一词是由 Tansley 提出的^[3],生态系统既包括生物有机体又包括无机环境,此后生

态系统的概念逐渐被人们所接受并出现了多种定义^[4]。人们普遍认为,生态系统是由生命有机体(或生物群落)及其环境组成的相互作用、相互联系、具有特定功能的综合体。生态系统强调的是整体性,即作为生态系统组分的植物、动物、微生物以及土壤等是通过能量流动与物质转化过程而相互联系在一起的,是一个有机整体。由于生态系统注重的是生态过程与生态功能,大多是根据生态功能来界定边界,因此具有很大的弹性与难以确定性。不过,生态系统存在于具体的立地环境中,要么是在森林,要么是在荒漠,要么是在草地或水体。为了认识和研究生态系统,有必要寻找或归纳出生态系统的共性或普遍性的内容,而生态系统分类的目的就是将生态系统按照一定的规划分成不同的个体。地球表面上生态系统的类型极其多样,由于不同的学者采用的分类原则和标准不同,国内外至今尚无统一的生态系统分类系统^[5]。根据人类的影响程度,可分为自然生态系统与人工生态系统,根据生态系统所处的环境或基质条件可分为陆地生态系统、海洋生态系统及淡水生态系统等。根据系统与环境之间的关系又可分为开放系统、封闭系统及孤立系统。生态系统多样性是生物多样性的基础,在一定的地域范围内,生态系统及其构成要素的丰富与否,很大程度上影响甚至决定着生物的多样性。

井冈山山区内山势峻拔雄伟,山峦起伏,遍布悬崖峭壁,总体地势显示为西南高,向北、向东依次渐低。最高为西南部的南风面海拔 2120.4 m,最低为七溪岭的龙潭口海拔 200 m,相对高差达 1920 m。井冈山水流纵横交错,山间具串珠状盆(洼)地,树枝状和肘状水系向四周分流,形成跌水和瀑布。井冈山地形地貌复杂,沟壑纵横,特有的地质地貌和结构,形成了多样的生境和丰富的生态系统类型,孕育出地井冈山丰富的生物物种多样性。为此,有必要对井冈山的生境、生态系统类型及生物物种多样性进行研究分析,为井冈山生态环境保护与管理提供依据。

1 研究区概况

江西井冈山(北纬 26°13′—26°52′;东经 113°59′—114°18′)处于中国大陆东南丘陵盆地区,南北向中山地貌带,属于长江南岸的罗霄山脉中段。井冈山属中亚热带季风气候带。气候四季分明,水热条件充沛,多年平均气温为 14.2℃,最热 7 月平均气温为 23.9℃,7 月极端最高气温 36.7℃;最冷 1 月平均气温为 3.4℃,1 月极端最低气温为 -11.0℃。多年平均降水量为 1889.8 mm,最大降水量为 2878.8 mm(2002 年),最少降水量为 1297.4 mm。井冈山最高峰为南风面(海拔 2120.4 m),位于纵长的南部,也是欧亚大陆东南部的第二高峰,最低海拔 200 m 左右,相对落差达 1920 m,自南至北形成连续山体。井冈山为赣江西源的一级支流禾水,蜀水和遂川江水系,并以三级支流的山间溪流为主,源头都在 1000 m 以上穿流于深山峡谷和密林之中。

2 研究方法

2.1 生境与生态系统类型的分类

井冈山的生境根据 IUCN/SSC(IUCN: International Union for Conservation of Nature; SSC: Species Survival Commission)全球生境区分类进行(Habitats Classification Scheme, Version 3.0)^[6]。

井冈山生态系统是由井冈山地貌生境(主要指无机环境,如岩性、地貌、气候、水文等)、井冈山地区生物群落及其生态过程共同作用构成的。由于井冈山地貌及其生物相互作用的过程复杂多样,孕育出井冈山复杂多样的生态系统类型。孙鸿烈主编出版的《中国生态系统》中提出了关于中国生态系统的分类,以《中国植被》提出的植物群落分类系统为基础,采用 5 级分类单位:生态系统型、生态系统纲、生态系统目、生态系统属、生态系统丛。在高级分类单元上增加了生态系统型和生态系统纲^[7]。在中级分类单元以下,对自然生态系统(如森林和草地生态系统),主要与《中国植被》植物群落分类系统的植被型、群系和群丛相对应;对农田生态系统主要根据植物群落的外貌特征、生境条件和熟制等划分,对于水域生态系统主要根据土壤和地貌特征、理化性质和生物组成等划分。为了更为全面地反映井冈山生态系统的类型,综合生态系统的起源、地貌、生境和属性,以及结构和功能对井冈山生态系统类型进行逐级划分,共分为四级进行分类。更为细致的四级以下的分类没有在此进行分类,但也对四级以下的生态系统类型做了阐述。按起源划分一级生态系统,包括自然生态系统、人工生态系统和复合生态系统;按生境划分二级生态系统,包括水体生态系统和陆地生态系

统;按属性划分三级生态系统,如陆地系统可分为森林生态系统、草地生态系统等;按地貌、植被优势类型及功能划分四级生态系统,如森林生态系统可分为针叶林、阔叶林生态系统等,农业生态系统可分为果园生态系统、菜园生态系统等,草地生态系统可分为山顶草地生态系统、中山草甸生态系统等。

2.2 植被类型分类与调查方法

井冈山植被根据植物群落的原生和次生性可划分为自然植被和人工植被两大类。自然植被的分类等级根据《中国植被》^[8]的分类原则和方法,采用以植被型—群系—群丛为主要分类等级,并根据需要在各主要分类等级之上附设“组”,或各主要分类等级之下附设“亚级”^[8]。于2010—2011年间采用样方法对井冈山区域的植被和群落进行全面调查,并参考《井冈山自然保护区考察研究》^[9]、《江西七溪岭自然保护区科学考察及生物多样性研究》^[10]等资料。

3 结果与分析

3.1 井冈山生境类型

井冈山地形地貌复杂,沟壑纵横,特有的地质地貌和结构,形成了多种多样的生境类型。目前,生境类型并没有分类标准,有人提到大生境与小生境的说法,但其界定标准并不清晰。根据 IUCN/SSC (IUCN: International Union for Conservation of Nature; SSC: Species Survival Commission) 全球生境区分类 (Habitats Classification Scheme, Version 3.0), 井冈山拥有 IUCN/SSC 一级生境类型 9 个(表 1), 几乎涵盖了除海洋以外的所有生境类型,反映出井冈山生境类型非常丰富。井冈山的生境类型以森林为主,另外包括灌丛、草地、湿地等,其中森林面积最大。

表 1 井冈山一级 IUCN/SSC 生境类型
Table 1 First-level habitat in Jinggangshan

一级 IUCN/SSC 生境 First-level IUCN/SSC Habitat	井冈山	一级 IUCN/SSC 生境 First-level IUCN/SSC Habitat	井冈山
1# 森林 Forest	✓	9# 海洋浅水 Marine Neritic	
2# 草原 Savanna		10# Marine Oceanic	
3# 灌丛 Shrubland	✓	11# Marine Deep Benthic 海洋深水海底	
4# 草地 Grassland	✓	12# Marine Intertidal 海洋潮间带	
5# 湿地 Wetlands (inland)	✓	13# Marine Coastal/Supratidal 海岸线/潮上带	
6# 岩石区 Rocky areas	✓	14# 人造或人工-陆地 Artificial-Terrestrial	✓
7# 洞穴 Caves and Subterranean (non-aquatic)	✓	15# 人造或人工-水域 Artificial-Aquatic	✓
8# 沙漠 Desert		16# 引进植被 Introduced Vegetation	✓

“✓”表示“有”

井冈山的一级生境类型是其生态系统分类的宏观基础,生境类型的丰富程度与生态系统类型的多样性密切相关。井冈山一级生境中的面积最大的森林是井冈山自然生态系统类型及植被类型的重要基础;其次是灌丛、草地及水域等次要的生境类型,提高了生态系统类型的复杂性和复合性。另外,生境多样性是生物多样性的基础,在一定的地域范围内,生境及其构成要素的丰富与否,很大程度上影响甚至决定着生物的多样性。

3.2 井冈山生态系统类型

井冈山沟壑纵横,特有的地质地貌和结构,形成了多种特殊的小环境,孕育出丰富的生态系统类型。另外,井冈山区域河流小溪众多,加之地形丰富多样,形成多样的水生环境,除河溪外还形成众多湖泊、水库、湿地、沼泽等,使井冈山具有丰富多样的水生生态系统。根据以上分类原则,调查发现,井冈山区域有生态系统类型有 53 类,自然生态系统 21 类,人工生态系统 14 类,复合生态系统 18 类;其中包含类型多样的陆地生态系统、水生生态系统和湿地生态系统等(表 2)。

表 2 井冈山生态系统类型
Table 2 Ecosystem types in Jinggangshan

自然生态系统 Natural ecosystem	水域生态系统	淡水生态系统	流水(河、溪、瀑布、山泉)生态系统 静水(湖、泊、水库、深潭)生态系统
		湿地生态系统	沟谷湿地生态系统 沼泽湿地生态系统 河漫滩湿地(滩涂湿地)生态系统 湖泊(水库)湿地生态系统 瀑布湿地生态系统 山地草甸湿地生态系统 半沼泽化草甸湿地生态系统
			阔叶林生态系统 针叶林生态系统 针阔叶混交林生态系统 竹林生态系统
			山顶草地生态系统 中山草甸生态系统 亚高山草甸生态系统
			常绿灌丛生态系统 落叶灌丛生态系统 禾草灌丛生态系统
			山间洞穴生态系统 地下溶洞生态系统
			人工淡水生态系统 人工静水(湖、泊、水库)生态系统
			水稻湿地生态系统 鱼塘湿地生态系统 水库湿地生态系统 瀑布水潭湿地生态系统 沟渠湿地生态系统
	人工陆地生态系统	人工森林生态系统	人工针叶林生态系统 人工阔叶林生态系统 人工混交林生态系统 人工竹林生态系统
		农业生态系统	果园生态系统 菜园生态系统 稻田生态系统
		沼泽生态系统	草本沼泽生态系统 木本沼泽生态系统
		水生生态系统	草本水生生态系统 木本水生生态系统
复合生态系统 Complex ecosystem	自然复合生态系统	自然林-自然湿地复合生态系统	灌丛-沼泽复合生态系统 草地-沼泽复合生态系统
		自然湿地-人工林复合生态系统	自然湿地(沼泽)-果林复合生态系统 自然湿地(沼泽)-稻田复合生态系统
		自然林-人工湿地复合生态系统	自然林-稻田复合生态系统 自然林-库塘复合生态系统
		农林复合生态系统	人工林-稻田复合生态系统 人工林-菜园复合生态系统 人工林-果园复合生态系统
	人工复合生态系统	农田-人工湿地复合生态系统	果园-鱼塘复合生态系统 果园-稻田复合生态系统 果园-水库复合生态系统 菜园-稻田复合生态系统 菜园-鱼塘复合生态系统

本分类系统将生态系统只分到四级水平,四级以下还有丰富的生态系统类型。如四级生态系统“阔叶林生态系统”,还可分为沟谷常绿阔叶林、典型常绿阔叶林、落叶阔叶林、山顶常绿阔叶矮林等;“静水(湖、泊、水库)生态系统”,还可分为湖泊生态系统、水库生态系统、水塘生态系统等类型。由此可见,井冈山区域的生态系统类型极其丰富多样。

3.3 井冈山植物群落多样性

井冈山具有丰富的生态系统类型,包括水域、湿地等,其中陆地植被分布面积最大,是井冈山主要的生态系统类型。同时,植被分布直接影响其它生态系统类型,如植被对水域、湿地等水源具有重要的涵养作用,也为丰富多样的动物提供了栖息环境。因此,以植物群落多样性为代表,进一步剖析井冈山的生态系统类型多样性。

陆地植被包括森林、草地和灌丛,按照不同等级划分为植被型、群系和群丛等。孙鸿烈等^[7]以《中国植被》提出的植物群落分类系统为基础,在中级分类单元以下,对自然生态系统(如森林和草地生态系统)的分类主要与《中国植被》植物群落分类系统的植被型、群系和群丛相对应。

井冈山位于中国东部的中亚热带地区,地带性植被以亚热带常绿阔叶林为主。根据以上分类依据,经过调查发现,井冈山具有完整的植被类型分布,从中低山的针叶林、针阔叶混交林、阔叶林、竹林到高山的灌草丛和草甸均有分布,另外还有人工林和农田分布。井冈山植物群落可分 14 个植被型,90 个群系,180 个群丛(表 3)。

表 3 井冈山植被类型数量
Table 3 Vegetation types in Jinggangshan

植被型 Vegetation	群系 Formation	群丛 Association	植被型 Vegetation	群系 Formation	群丛 Association
I 暖性针叶林 Warm coniferous forest	2	2	VIII 常绿落叶混交林 Evergreen deciduous mixed forest	10	22
II 温性针叶林 Temperate coniferous forest	1	2	IX 山顶常绿阔叶矮林 Mountaintop evergreen coppice	7	8
III 暖性针阔叶混交林 Warm coniferous and broad-leaved mixed forest	4	12	X 亚热带竹林 Subtropical bamboo forest	6	10
IV 暖温性针阔叶混交林 Temperate coniferous and broad-leaved mixed forest	6	14	XI 灌草丛 Shrub-grassland	12	19
V 沟谷常绿阔叶林 Ravine evergreen broad-leaved forest	12	28	XII 中山草甸湿地 Mid-mountain meadow wetland	3	7
VI 典型常绿阔叶林 Typical evergreen broad-leaved forest	15	39	XIII 人工林地 Planted forest	5	6
VII 落叶阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	4	5	XIV 农地 Farmland	3	6
合计 Total			14	90	180

在所有植被类型中,最为丰富的类型为沟谷常绿阔叶林,达 12 个群系 28 个群丛,是井冈山植被的典型代表;此外,阔叶林中的典型常绿阔叶林和常绿、落叶阔叶混交林亦十分丰富。井冈山植被的另一个特点是针阔叶混交林丰富,共有 10 个群系 26 个群丛,其中包括由珍稀孑遗种构成优势种或建群种的群落。井冈山的灌草丛分布亦十分丰富,达 12 个群系 19 个群丛,一定程度说明了井冈山生态系统类型的丰富性。

从表 4 可以看出,与周围遗产地相比,井冈山的群系数最多,与面积更大的三清山和武夷山相比,井冈山植被群系数数量接近它们的 3 倍,表现出极其丰富的植被多样性(表 4)。

4 井冈山生态系统多样性是其孕育生物物种多样性的基础

井冈山虽地处中亚热带南缘,但由于地质地貌复杂多样,水陆交错,相对海拔高差近 1900m,导致热能和水分在时空上有明显差异,在地貌和生境上的交错性、复合性、差异性形成了丰富的生境及生态系统变化。井

冈山几乎涵盖了除海洋以外的所有一级生境类型(表1),这为井冈山形成丰富多样的生态系统类型提供了基础。同时井冈山丰富的生态系统类型为井冈山承载较高的生物物种多样性提供了保障,井冈山生态系统中以森林植被面积最大,其植被类型非常丰富(表3,表4),因此以井冈山植物群落为主来阐述生态系统类型与生物多样性的关系。

表4 井冈山与周围遗产地植被多样性比较
Table 4 Comparison of vegetation between Jinggangshan and adjacent heritages

项目 Items	遗产地 Heritage					
	井冈山	三清山	武夷山	丹霞山	冠豸山	崑山
面积 Area/km ²	261.4	320	565.27	292	123	128
植被型 Vegetation	14	13	—	9	8	9
群系 Formation	90	29	34	24	30	53
群丛 Association	180	41	—	32	—	—

井冈山和三清山的数据来源于实地调查,武夷山数据来自杨嵘^[11],丹霞山、冠豸山和崑山数据来自陈宝明等^[12]及彭少麟等^[13]

井冈山复杂地势形成的多样化的微环境,使原生植被在长期的演化过程中形成众多不同的植被类型,这些多样性的环境孕育了丰富的植物区系,并为各种动物提供了多样化的食物和栖息场所,导致井冈山丰富的物种多样性(表5)。为了探索井冈山植被多样性与物种多样性的关系,选取了纬度较为相近的中国南方7个世界自然遗产地,分别是江西(三清山)、福建(武夷山、冠豸山)、浙江(方岩、江郎山)、贵州(赤水)和广东(丹霞山),对比分析各区域植被类型和生物物种多样性。分析发现,井冈山具有数量最多的群系、维管束植物和两栖动物,其昆虫数量仅次于武夷山,鸟类数量仅次于丹霞山(表5)。井冈山植物物种数最高,不过井冈山的动物物种数并非最高。这是因为与植物物种相比,动物物种多样性的数据不易获得,已有的结果与该地区实际栖息的动物物种数之间存在一定的差距。

表5 井冈山与邻近遗产地植被和生物多样性的比较
Table 5 Comparison of vegetation and diversity of biological species between Jinggangshan area and adjacent heritages

遗产地 Heritage	群系 Formation	维管束植物 Vascular plant species	昆虫 Insects	鸟类 Birds	哺乳类 Mammals	爬行类 Reptiles	两栖类 Amphibians	鱼类 Fish
井冈山	90	3144	2709	279	62	64	41	38
三清山	29	1857	1246	207	48	31	24	—
武夷山	34	2466	4635	257	71	73	35	40
丹霞山	24	1389	1023	288	88	86	37	100
冠豸山	30	1101	—	210	47	72	31	58
方岩	41	1443	—	—	—	—	—	—
江郎山	35	1880	—	—	—	—	—	—
赤水	23	1595	1254	146	79	37	31	72

“—”表示没有相关数据;井冈山、三清山、丹霞山、冠豸山、方岩、江郎山和赤水的数据来源于相关科考报告^[13-15],武夷山的数据来源于杨嵘^[11]

根据表4中8个区域的植物群系与生物物种数,进行了相关分析,结果表明,植被多样性和植物物种多样性具有显著的正相关关系($R^2=0.52$, $P<0.05$),植被多样性(群系)和动物物种多样性则无显著关系。可见,植物群系越丰富,植物物种多样性也越高。此处需要说明的是,虽然井冈山植被多样性和动物物种多样性之间不存在显著的正相关关系,但是不能否认井冈山植被多样性是动物物种多样性的前提。

物种多样性的形成和维持是生物多样性研究的核心领域,目前有许多假说解释物种多样性,如生态位分化理论^[16]、资源比例学说^[17]和中性理论^[18]等,其中生态位分化理论在解释群落结构组建和物种共存方面得到广泛验证,是物种多样性维持的重要生态学理论之一。生态位分化主要从物种之间的竞争出发,认为生态学上完全相同的物种,即生态位重叠的物种不能共存^[19]。

井冈山复杂多样的地形地貌形成了丰富的生境、生态系统类型及生物群落类型,为井冈山区域提供了丰富的生态位空间,这无疑是各种动植物共存的重要保障基础。虽然井冈山总体空间(分布面积)有限,但这种分化出的丰富的生态位空间使井冈山在有限面积的植被上容纳更多的生物物种成为可能。

5 小结

(1) 井冈山丰富的地形地貌形成了多样性的生境类型和丰富的生态系统类型。井冈山拥有 IUCN/SSC 一级生境类型 9 个,几乎涵盖了除海洋以外的所有生境类型,反映出井冈山生境类型非常丰富。井冈山有 53 种生态系统类型,其中自然生态系统 21 类,人工生态系统 14 类,复合生态系统 18 类。

(2) 井冈山地带性植被以亚热带常绿阔叶林为主,其植被类型包括 14 个植被型,90 个群系,180 个群丛。井冈山物种极其丰富,有维管束植物 3144 种。井冈山多样的生境和丰富的生态系统类型是形成井冈山群落多样性的重要原因,而这些丰富多样生境及群落为井冈山维持高的生物物种多样性提供了条件。

References:

- [1] Grinnell J. The niche-relationships of the California Thrasher. *The Auk*, 1917, 34: 427-433.
- [2] Bailey R G. Testing an ecosystem regionalization. *Journal of Environmental Management*, 1984, 19: 239-248.
- [3] Tansley A G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 1935, 16: 284-307
- [4] Blew R D. On the definition of ecosystem. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 1996, 77:171-173.
- [5] Ding S Y. *Ecology*. Beijing: Science Press, 2004.
- [6] IUCN/SSC. 2011. Habitats Classification Scheme, Version 3.0. Available from <http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes/habitats-classification-scheme-ver3>.
- [7] Sun H L. *China Ecosystems*. Beijing: Science Press, 2005.
- [8] Wu Z Y. *China Vegetation*. Beijing: Science Press, 1980.
- [9] Lin Y. Investigation of biology in Jinagangshan Reserve. Beijing: Xinhua Press, 1990.
- [10] He L Z, Lin R L. Scientific investigation and biodiversity study of Qixilin Reserve in Jiangxi Province. Nanchang: Jiangxi Science and Technology Press, 2006.
- [11] Yang R. Biodiversity research in Wuyi Mountain Nature Reserve. *Journal of Sanming College*, 2000, 4: 77-80.
- [12] Chen B M, Li J, Peng S L, Fu Y F, Pang J X, Hou R F, Peng H. Preliminary study on diversity of vegetation community and ecosystem of Danxia landform in south China. *Ecology and Environment*, 2008, 17(3): 1058-1062.
- [13] Peng S L, Liao W B, Li Z, Jia F L, Wang Y Y, Chang H, Zeng S C, Jin J H, Xin G R, Chen B M, Hou R F. Study on animal and plant resources of Mount Danxia shan in Guangdong. Beijing: Science Press, 2011.
- [14] Peng S L, Liao W B, Wang Y Y, Jia F L, Fan Q, Shen R J, Li Z, Wu J H, Chen H. Study on biodiversity of Mount Sanqingshan in China. Beijing: Science Press, 2008.
- [15] The heritage application of Danxia Landform of China. Consolidated report of China Danxia Landform to the World Natural Heritage. 2008.
- [16] Hardin G. The competitive exclusion principle. *Science*, 1960, 131: 1292-1297.
- [17] Tilman D. Plant dominance along an experimental nutrient gradient. *Ecology*, 1984, 65:1445-1453.
- [18] Hubbell S P. Tree dispersion, abundance, and diversity in a tropical dry forest. *Science*, 1979, 203: 1299-1309.
- [19] Ayala F J. Experimental invalidation of the principle of competitive exclusion. *Nature*, 1969, 224:1076-1079.

参考文献:

- [5] 丁圣彦. *生态学*. 北京: 科学出版社, 2004.
- [7] 孙鸿烈. *中国生态系统*. 北京: 科学出版社, 2005.
- [8] 吴征镒主编. *中国植被*. 北京: 科学出版社, 1980.
- [9] 林英. *井冈山自然保护区考察研究*. 北京: 新华出版社, 1990.
- [10] 贺利中, 林仁林. *江西七溪岭自然保护区科学考察及生物多样性研究*. 南昌: 江西科学技术出版社, 2006.
- [11] 杨嵘. *武夷山自然保护区的生物多样性研究*. *三明师专学报*, 2000, 4: 77-80.
- [12] 陈宝明, 李静, 彭少麟, 符以福, 庞俊晓, 侯荣丰, 彭华. 中国南方丹霞地貌区植物群落与生态系统类型多样性初探. *生态环境*, 2008, 17(3): 1058-1062.
- [13] 彭少麟, 廖文波, 王英永, 贾凤龙, 凡强, 沈如江, 李贞, 吴金火, 陈晖. *广东丹霞山动植物资源综合科学考察*. 北京: 科学出版社, 2011.
- [14] 彭少麟, 廖文波, 王英永, 贾凤龙, 凡强, 沈如江, 李贞, 吴金火, 陈晖. *中国三清山生物多样性综合科学考察*. 北京: 科学出版社, 2008.
- [15] 中国丹霞申遗办公室. *中国丹霞申报世界自然遗产综合文本*. 2008.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 20 October, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Characteristics of nitrous oxide (N ₂ O) emission from a headstream in the upper Taihu Lake Basin	YUAN Shufang, WANG Weidong (6279)
Nutrient dynamics of the litters during standing and sediment surface decay in the Min River estuarine marsh	ZENG Congsheng, ZHANG Linhai, WANG Tian'e, et al (6289)
Diversity and distribution of endophytic bacteria isolated from <i>Caragana microphylla</i> grown in desert grassland in Ningxia	DAI Jinxia, WANG Yujiong (6300)
Spatial distribution of <i>Trabala vishnou gigantina</i> Yang pupae in Shaanxi Province, China	ZHANG Yiqiao, ZONG Shixiang, LIU Yonghua, et al (6308)
Effects of drought stress on <i>Cyclobalanopsis glauca</i> seedlings under simulating karst environment condition	ZHANG Zhongfeng, YOU Yeming, HUANG Yuqing, et al (6318)
Ecosystem diversity in Jinggangshan area, China	CHEN Baoming, LIN Zhengguang, LI Zhen, et al (6326)
Niche dynamics during restoration process for the dominant tree species in montane mixed evergreen and deciduous broadleaved forests at Mulinzi of southwest Hubei	TANG Jingming, AI Xuenru, YI Yongmei, et al (6334)
Effects of different day/night warming on the photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of <i>Sinocalycanthus chinensis</i> seedlings	XU Xingli, JIN Zexin, HE Weiming, et al (6343)
The effect of simulated chronic high wind on the phenotype of <i>Salsola arbuscula</i>	NAN Jiang, ZHAO Xiaoying, YU Baofeng (6354)
Responses of N and P stoichiometry on mulching management in the stand of <i>Phyllostachys praecox</i>	GUO Ziwu, CHEN Shuanglin, YANG Qingping, et al (6361)
Tree-ring-based reconstruction of the temperature variations in February and March since 1890 AD in southern Jiangxi Province, China	CAO Shoujin, CAO Fuxiang, XIANG Wenhua (6369)
Diel variations and seasonal dynamics of soil respirations in subalpine meadow in western Sichuan Province, China	HU Zongda, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (6376)
Effects of fire disturbance on litter mass and soil carbon storage of <i>Betula platyphylla</i> and <i>Larix gmelinii</i> - <i>Carex schmidtii</i> swamps in the Xiaoxing'an Mountains of Northeast China	ZHOU Wenchang, MU Changcheng, LIU Xia, et al (6387)
Variance analysis of soil carbon sequestration under three typical forest lands converted from farmland in a Loess Hilly Area	TONG Xiaogang, HAN Xinhui, WU Faqi, et al (6396)
Soil-property and plant diversity of highway rocky slopes	PAN Shulin, GU Bin, LI Jiaxiang (6404)
Effects of slope position on soil microbial biomass of <i>Quercus liaotungensis</i> forest in Dongling Mountain	ZHANG Di, ZHANG Yuxin, QU Laiye, et al (6412)
Responses of water quality to landscape pattern in Taihu watershed: case study of 3 typical streams in Yixing	WANG Ying, ZHANG Jianfeng, CHEN Guangcai, et al (6422)
Study on the fairness of resource-environment system of Jiangxi Province based on different methods of Gini coefficient	HUANG Heping (6431)
Simulation of the spatial pattern of land use change in China: the case of planned development scenario	SUN Xiaofang, YUE Tianxiang, FAN Zemeng (6440)
Arable land change dynamics and their driving forces for the major countries of the world	ZHAO Wenwu (6452)
Denitrification characteristics of an aerobic denitrifying bacterium <i>Deffluibacter lusatiensis</i> str. DN7 using different sources of nitrogen	XIAO Jibo, JIANG Huixia, CHU Shuyi (6463)
Study on sustainable development in nanjing based on ecological footprint model	ZHOU Jing, GUAN Weihua (6471)
Applying input-output analysis method for calculation of water footprint and virtual water trade in Gansu Province	CAI Zhenhua, SHEN Laixin, LIU Junguo, et al (6481)
Correlation analysis of spatial variability of Soil available nitrogen and household nitrogen inputs at Pujiang County	FANG Bin, WU Jinfeng, NI Shaoxiang (6489)
Characteristics of the fish assemblages in the intertidal salt marsh zone and adjacent mudflat in the Yangtze Estuary	TONG Chunfu (6501)
A comparison study on the secondary production of macrobenthos in different wetland habitats in Shenzhen Bay	ZHOU Fufang, SHI Xiuhua, QIU Guoyu, et al (6511)
Regurgitant from <i>Orgyia ericae</i> Germar induces calcium influx and accumulation of hydrogen peroxide in <i>Ammopiptanthus mongolicus</i> (Maxim. ex Kom.) Cheng f. cells	GAO Haibo, ZHANG Shujing, SHEN Yingbai (6520)
Behavior characteristics and habitat adaptabilities of the endangered butterfly <i>Teinopalpus aureus</i> in Mount Dayao	ZENG Juping, ZHOU Shanyi, DING Jian, et al (6527)
Community structure and dynamics of fig wasps in syconia of <i>Ficus microcarpa</i> Linn. f. in Fuzhou	WU Wenshan, ZHANG Yanjie, LI Fengyu, et al (6535)
Review and Monograph	
Review and trend of eco-compensation mechanism on river basin	ZHANG Zhiqiang, CHENG Li, SHANG Haiyang, et al (6543)
Definition and research progress of sustainable consumption: from industrial ecology view	LIU Jingru, LIU Ruiquan, YAO Liang (6553)
The estimation and application of the water footprint in industrial processes	JIA Jia, YAN Yan, WANG Chenxing, et al (6558)
Research progress in ecological risk assessment of mining area	PAN Yajing, WANG Yanglin, PENG Jian, et al (6566)
Scientific Note	
Litter amount and its dynamic change of four typical plant community under the fenced condition in desert steppe	LI Xuebin, CHEN Lin, ZHANG Shuoxin, et al (6575)
Effects of planting densities and modes on activities of some enzymes and yield in summer maize	LI Hongqi, LIN Haiming, LIANG Shurong, et al (6584)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 20 期 (2012 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 20 (October, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元