

重庆岩溶区土壤景观多样性

邵景安^{1 2} 李阳兵³ 孟月玲⁴ 魏朝富¹ 谢德体¹

(1. 西南大学资源环境学院 ,重庆 400716 2. 中国科学院地理科学与资源研究所 ,北京 100101 ;
3. 重庆师范大学地理科学学院 ,重庆 400047 4. 北京大学景观设计学研究院 ,北京 100871)

摘要 不同土壤发生类型塑造了异质的景观格局 ,而土壤类型上不同的土地利用实践又对原有景观格局进行重构。研究的目的是利用景观指数识别重庆岩溶区土壤多样性的景观特征。结果表明 ,重庆市岩溶区土壤景观多样化和空间异质化程度不高 ,各景观分布比例不均匀 ,土壤景观嵌块体呈现复杂的几何形状 ,黄壤、石灰土和黄棕壤是主要的土壤类型 ,除山地草甸土以林地和草地 ,棕壤以林地为主要景观外 ,其余 9 种土壤类型都以耕地和林地为主要景观 ,农、林用地在重庆岩溶区土壤景观空间格局的结构和功能中起主导作用 ,但因各类土壤性质和分布特点的不同 ,耕地和林地在全区土壤上的分配比例上存在明显差异 ,人类活动在诱导耕地嵌块体数急剧增多的同时 ,居民工矿用地、林地、未利用地嵌块体数目也相应增加 ,研究可为岩溶区土地利用决策与调控提供科学依据 ,加深人们对岩溶区土壤多样性的理解。

关键词 景观格局 土壤多样性 土地利用 岩溶区 重庆
文章编号 :1000-0933 (2007) 05-2048-11 中图分类号 :Q149 文献标识码 :A

Pedodiversity in karst area of Chongqing , China

SHAO Jing-An^{1 2} , LI Yang-Bing³ , MENG Yue-Ling⁴ , WEI Chao-Fu¹ , XIE De-Ti¹

1 College of Resource and Environment , Southwest University , Chongqing 400716 , China
2 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research , CAS , Beijing 100101 , China
3 Geography Science Institute of Chongqing Normal University , Chongqing 400047 , China
4 The Graduate School of Landscape Architecture , Peking University , Beijing 100871 , China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (5) 2048 ~ 2058.

Abstract : Different soil types figure the heterogeneities of soil landscape patterns. However , land use practices that exert on different soil types reconstruct original soil landscape patterns. The objective of this study is to identify the landscape characteristics of pedodiversity in karst area of Chongqing , China , using landscape indicators. The results indicated that the diversities of soil landscape and its spatial heterogeneities were very lower in karst area of Chongqing. The distributions of every soil landscape were not average. The mosaic patch of soil landscape presented complex geological shape. Yellow soil , limestone soil and yellow brown earth were primary soil types in karst area of Chongqing. There were mainly woodland and grassland landscape in mountain meadow soil , and woodland landscape in brown earth. The rest soil types possessed mostly cropland and woodland landscape. Cropland and woodland played more important role in the structure and function of spatial landscape patterns in karst area of Chongqing. Nevertheless , the ratio of cropland and woodland to each soil types occurred pronounced differences due to soil properties and soil distributions , respectively. Human activities induced the rapid increase of mosaic patch of cropland , and the augment of mosaic patch of residential and mining land , woodland ,

基金项目 国家教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目 (NCET-05-0819)
收稿日期 2006-10-24 ; 修订日期 2007-02-21
作者简介 邵景安 (1976 ~) 男 ,安徽亳州人 ,博士 ,主要研究领域土地利用与生态过程. E-mail : shaoja@reis. ac. cn
Foundation item The project was financially supported by Program for New Century Excellent Talents in University (No. NCET-05-0819)
Received date 2006-10-24 ; Accepted date 2007-02-21
Biography SHAO Jing-An , Ph. D. , mainly engaged in land use and eco-process. E-mail : shaoja@reis. ac. cn

unused land as well. This study would supply information for land use decision-making , and deepen the understanding of pedodiversity in karst area.

Key Words : landscape patterns ; pedodiversity ; land use ; karst area ; Chongqing

土壤景观多样性是生态价值评估所必须考虑的重要方面^[1~4]。岩溶生态系统土壤作为土壤圈层的一部分有其特殊性。碳酸盐岩相对于碎屑岩成土速率慢 ,岩溶生态系统土壤尤其珍贵^[5]。岩溶生态系统土壤和表层岩溶带是岩溶区岩石、大气、水、生物四大圈层的敏感交汇带和生态系统赖以存在的基础^[6,7]。而在岩溶区 ,土地利用方式与土壤侵蚀、石漠化关系密切^[8]。景观特征是自然土壤发育过程和其在外界干扰介入背景下的外在指示。不同土壤发生类型塑造了异质的景观格局 ,而土壤类型上不同的土地利用又对原有景观格局进行重构。岩溶区土壤景观格局正是岩溶区土壤自身演变和外在人为因素共同作用的结果^[7,9]。对岩溶区土壤景观多样性特征进行分析 ,有助于从本底上认识岩溶区土壤发育的特点及其所拥有的景观特征 ,为构建合适的土地利用方式提供理论支持。

重庆岩溶发育区主要集中于渝东北和渝东南 ,也是三峡库区的腹地^[5] ,区内的岩溶土壤景观特征研究具有典型性。岩溶地区特有的双层地表形态结构使原本由风化较慢的碳酸盐岩发育形成的表层堆积物 ,在重力和水的作用下更容易流失^[7]。而这一流失不仅使岩溶区居民生活水平的改善失去了根基 ,而且流失物的积联累计又会导致下游河库的淤积。三峡工程淹没、城镇和企业迁建以及后期配套基础设施建设更加剧了这一区域的人地矛盾^[10,11]。区内居民陡坡开荒 ,重用轻养 ,更是在加剧了区内原本严峻的水土侵蚀的同时 ,带来了土层长期处于负增长状态^[7]。某种意义上 ,长江黄金水道的畅通和三峡工程的安全运营依靠上游尤其重庆居民合适的土地利用活动 ,而认识这一区域内土地利用活动的母体——土壤的多样性特点及其所具有的景观特征是探寻合适土地利用活动的必要条件。本研究的目的是揭示重庆岩溶区土壤景观多样性特征 ,以加深人们对岩溶区土壤多样性的理解。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

重庆介于 105°17' ~ 110°11'E 和 28°10' ~ 32°13'N ,国土面积 8.24 万 km²。碳酸盐岩出露面积 32038.14km² ,占国土面积的 38.9% (图 1)。碳酸盐岩面积占其总土地面积 50% 以上的区 (县) 有 9 个 ,占 30% 左右的有 5 个。石灰岩山地土地资源以石山坡地为主 ,土壤侵蚀严重 ,发生逆向演替^[12]。为类似地中海型 ,具溶洼—丘峰的侵蚀—溶蚀亚热带裸露岩溶景观。渝东北主要分布的是大于 900m 的中山地貌 ,各时代碳酸盐岩地层广布 ,峰丛横生 ,基岩裸露 ;渝东南主要分布的是 300m 以上 ,300 ~ 600m、600 ~ 900m 和 900m 以上各个高程区域相间分布的低、中山地貌 ,岩溶发育 ,为典型的亚热带岩溶景观 ;渝中和渝西南部主要分布的是小于 600m 呈平行状分布的岭谷、低山丘陵地貌 ,为 P₁、T₁₋₂ 的碳酸盐岩地层 ,形成 “一山两岭一槽”或 “一山三岭两槽”式的地貌景观。据 1983 ~ 1985 年第 2 次土壤普查资料统计 ,重庆岩溶区土壤可量算面积 39092.34km² (图 2)。黄壤、石灰土和黄棕壤是岩溶区主要土壤类型 ,且这 3 类土壤在渝东北呈现出连片分布格局 ,面积相差不大 ,共同起着支配地位。在渝东南则呈现出相间分布态势 ,且黄壤面积大于石灰土与黄棕壤面积 ,占有明显优势。

1.2 研究方法

以重庆 1:30 万土地利用现状图 (2000)、1:60 万土壤图 (第 2 次土壤普查资料) 以及 100m 等高距地形图和原四川省 1:60 万地质图作为基本分析图件。应用 Arc/Info GIS 软件分别数字化输入土地利用现状图、土壤图、地形图和选择性录入重庆地质图 ,生成矢量数据文件。在 ArcView GIS 软件的支持下 ,将土壤类型、土地利用类型和岩溶区岩层、等高线高程等属性数据分别与各类型单元图对应输入到土壤图、土地利用现状图、地质图和地形图的属性数据库中 ,生成数字化图。把生成的重庆土地利用图、地质图和土壤图叠加 ,得到重庆

接彩图 (1 2)

岩溶区土壤景观分布图。土地利用景观格局,依据土地利用现状划分为 7 类景观嵌块体类型,包括耕地、林地、园地、未利用地、草地、居民工矿用地、水域。土壤景观多样性特征采用景观空间格局指数标度,包括景观单元特征指数和景观整体指数^[4,13~15]。

2 结果分析

2.1 区域土壤景观多样性格局

土壤景观多样性、均匀度指数相对都较小,而优势度指数则相对较大(表 1)。这说明重庆岩溶区土壤景观的多样化和空间异质化程度不高,各类景观分布比例不均匀,有少数一种或几种景观在整体中占有支配性地位。棕壤景观的多样性、均匀性程度最低,优势度较大;黄棕壤景观的多样化、均匀化程度次之,优势度最大;新成土景观的多样化、均匀化程度最大,优势度较低;其余土壤景观的多样化程度按山地草甸土、水稻土、黄壤、粗骨土、黄褐土、红壤、紫色土、石灰土的顺序依次增加,均匀度都处于 0.48~0.56 之间,变幅较小。表明岩溶区土壤景观的均匀化程度相似,而优势度在 0.91~1.47 之间,变幅较大,按山地草甸土、黄褐土、粗骨土、石灰土、红壤、紫色土、黄壤、水稻土的顺序递增。

土壤景观嵌块体数目从新成土的 39 个到黄壤的 5472 个,形状指数从山地草甸土的 9.86 到黄壤的 143.32,两者的变幅都较大。但两者的变化趋势基本一致。新成土(山地草甸土)<红壤<粗骨土<棕壤<黄褐土<水稻土<黄棕壤<紫色土<石灰土<黄壤(表 1),表明重庆岩溶区土壤景观嵌块体基本随数目的增加,形状指数增加,对应的嵌块体形状也趋于复杂。而岩溶区土壤景观嵌块体的分维数处于 1.70~1.98 之间,其变化趋势与平均斑块大小相反。说明重庆岩溶区土壤景观嵌块体呈现出复杂的几何形状。重庆岩溶区主要分布于地貌复杂的低、中山区,各类土壤的形成和利用方式受地形的影响,分布具有较强的垂直地带性。同时,也是人类活动干扰的结果。

土壤景观嵌块体密度值都很小,处在 0.14~0.77 个·km⁻²之间。说明各类土壤单位面积上拥有的景观嵌块体个数都不算多,土壤景观被分割破碎的程度很低,空间异质性较小(表 1)。边界密度在 1.98~4.70km⁻¹之间,数值都较小,说明重庆岩溶区土壤景观被边界的分割程度低,也同样反映出各类土壤景观的破碎化程度低,空间异质性程度低。粗骨土景观的边界密度最大,为 4.70km⁻¹,破碎化程度和空间异质性程度最高;棕壤景观最小,为 1.98km⁻¹,破碎化程度和空间异质性程度最低,而黄棕壤次之;其余土壤利用景观的值差别不算太大,破碎化程度和空间异质性程度居中,与整个岩溶区的破碎化程度和空间异质性程度相近。

土壤景观人工干扰指数不大,但各土壤类型间变幅较大,从棕壤景观的 0.02 到水稻土景观的 2.61,并按棕壤、山地草甸土、黄棕壤、黄褐土、石灰土、黄壤、粗骨土、新成土、紫色土、红壤、水稻土的顺序依次增加。这一顺序与各类土壤的利用强度顺序相一致,说明人类活动对上述各类土壤景观的改造总体程度不强。但按上述顺序依次加强,这不仅与各类土壤的养分状况有关,还与各类土壤分布的地势地貌有关。

2.2 不同土壤景观多样性下的土地利用

重庆岩溶区土壤利用景观除了山地草甸土以林地和草地两类景观嵌块体占优势,棕壤以林地为主要的森林景观占优势外,其余 9 种土壤类型都是以耕地和林地两类景观嵌块体为主要的优势农业景观和森林景观,而其它各类土地利用景观嵌块体在土壤景观上的分布均很少,甚至没有(表 2)。但由于各类土壤性质和分布特点的不同,耕地和林地各类土壤上的分配比例存在明显差异。粗骨土、黄褐土、黄壤、黄棕壤、山地草甸土、石灰土和棕壤 7 类土壤景观是以林地景观占优势。黄壤、黄棕壤和石灰土 3 大主要土壤景观都是以林地景观的面积最大,分别为 56.29%、78.93% 和 53.55%;耕地景观次之,分别为 37.86%、14.99% 和 36.02%;其余各类景观面积都比较小,在 0.05%~5.46% 之间。红壤、水稻土和紫色土 3 类土壤景观以耕地景观占优势,而新成土景观差不多是耕地和林地景观各占一半。反观不同土地利用方式在各土壤景观上的分布,可以看出,耕地及草地在黄壤、黄棕壤和石灰土 3 类土壤上分布的嵌块体数量较多,水稻土和紫色土次之,其余土壤类型上的嵌块体数目都较少;园地、林地、未利用地和居民工矿用地在黄壤、石灰土和紫色土上分布的嵌块体数较多,黄棕壤与水稻土次之,其余土壤类型上的嵌块体数目都很少;而水域在黄壤与紫色土上分布多,石灰

接表 1 表 2

接表 1 表 2

接表 1 表 2

接表 1 表 2

土、水稻土次之,其余几乎没有。

2.3 区域主要土地利用方式下的土壤景观多样性

重庆岩溶区主要土地利用方式下的土壤景观多样性差异较大(图3~8)。从土壤景观构成看,黄壤和石灰土在耕地、林地、园地和居民工矿用地中所占比例较大,黄棕壤和紫色土所占比例次之,而其它土壤类型所占比例较小,甚至没有(表2)。即是说,黄壤、石灰土、黄棕壤和紫色土在所选主要土地利用方式土壤组成中占据主导地位。而在所选主要土地利用方式中石灰土大于紫色土,与文献联系起来^[2],石灰土的土地利用方式是否合理呢?目前的资料可能难做进一步分析。从土壤景观多样性指数看,相对于其它土壤景观,黄壤嵌块体个数在耕地、林地、园地和居民工矿用地中均是最多,分别达2787、812、154个和1000个。而这一数值,石灰土和黄棕壤在耕地中镶嵌1501个和1200个,紫色土和石灰土在林地中分布473个和456个,紫色土和石灰土在园地中分别为73个和69个,石灰土和紫色土在居民工矿用地中分别为659个和406个。土壤景观形状指数在所选主要土地利用方式下的态势与嵌块数目趋势基本一致,黄壤景观形状指数最大,沿耕地、林地、园地和居民工矿用地分别为101.47、90.07、16.28和35.69,其次是黄棕壤、石灰土和紫色土。土壤景观破

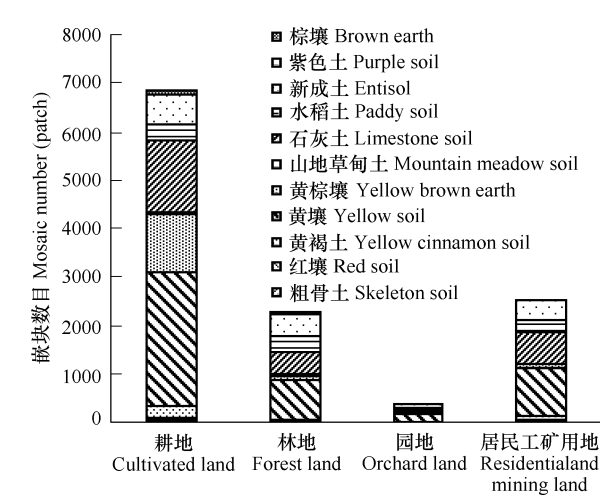


图3 主要土地利用下的土壤嵌块数目

Fig. 3 The soil mosaic number under major land use patterns

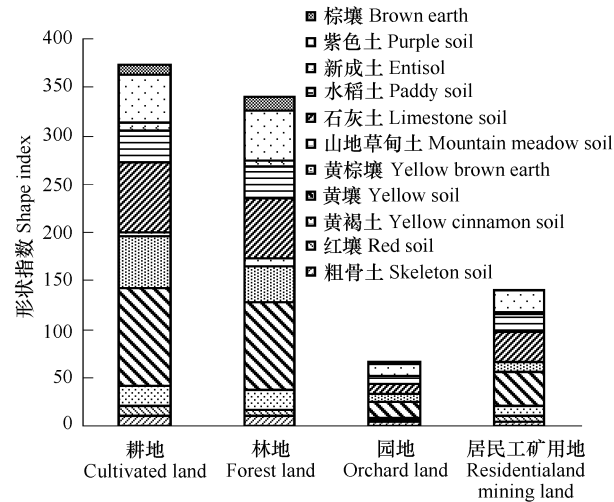


图4 主要土地利用下的土壤嵌块形状指数

Fig. 4 The soil mosaic shape index under major land use patterns

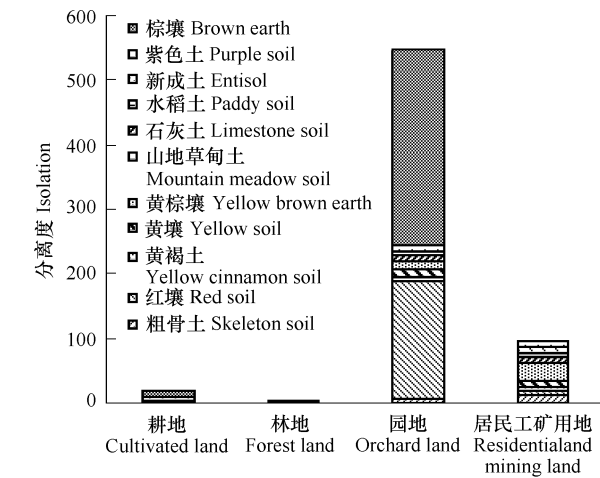


图5 主要土地利用下的土壤嵌块分离度

Fig. 5 The soil mosaic isolation under major land use patterns

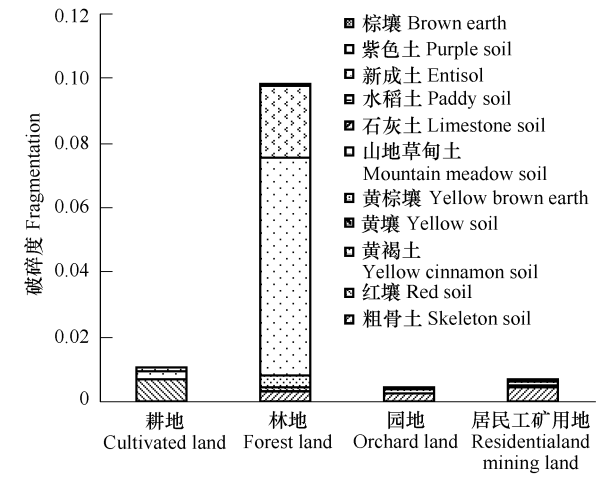


图6 主要土地利用下的土壤嵌块破碎度

Fig. 6 The soil mosaic fragmentation under major land use patterns

碎度呈现黄壤景观破碎程度最强,达 $1.14 \times 10^{-7} \sim 2.62 \times 10^{-6}$,其次是黄棕壤、石灰土和紫色土。可见,土壤景观嵌块数目和形状指数与土壤景观类型构成态势接近,土壤景观类型构成和嵌块数目决定景观破碎程度。

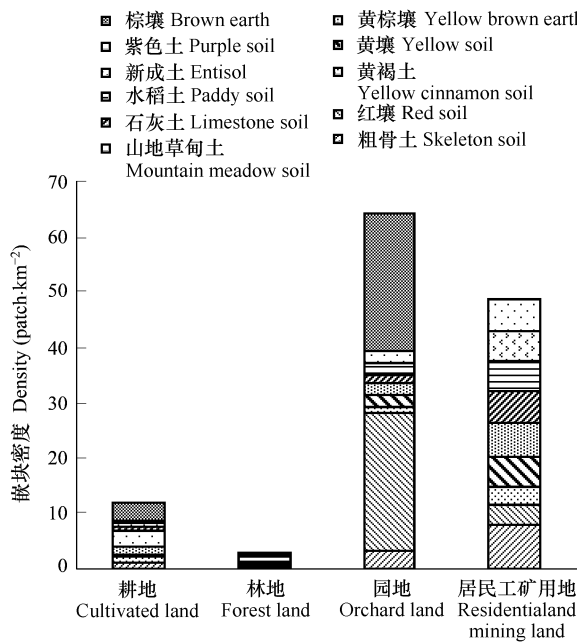


图7 主要土地利用下的土壤嵌块密度

Fig. 7 The soil mosaic density under major land use patterns

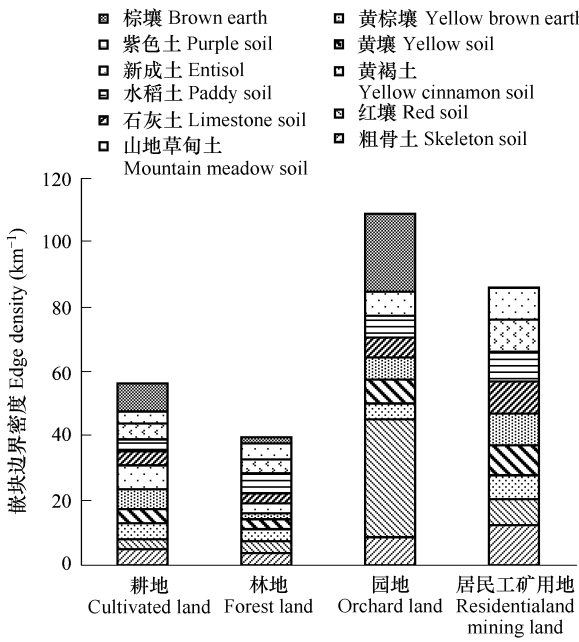


图8 主要土地利用下的土壤嵌块边界密度

Fig. 8 The soil mosaic edge density under major land use patterns

相对于其它主要土地利用方式,耕地中土壤景观嵌块数目和形状指数较大。而林地和园地中土壤景观嵌块数目和形状指数呈现相反的态势,进一步分析可知,林地嵌块数目较少,平均嵌块面积较大,形状规则,而园地则相反。嵌块分离度在园地所镶嵌的土壤景观中最大,同时土壤景观嵌块破碎度在林地中展现较大趋势,这与不同土壤景观的适宜性以及同一土壤景观介质下人类活动的强度有很大关系。土壤嵌块密度和边界密度均呈园地<居民工矿用地<耕地<林地依次降低趋势,说明在重庆岩溶山区,园地和居民工矿用地布局分散,而耕地和林地布局则相对集中连片。

土壤景观多样性差异通常先天性受制于不同土壤特性所决定的主要土地利用方式的不同。土壤景观多样性主要是由自然力作用的结果,而由自然力塑造的不同土壤特性又在大的环境背景下决定土壤本身的适宜性。土地利用方式正是土壤的自然适宜性与人类社会经济适宜性相互作用的结果。在这一过程中,自然适宜性控制着土地利用的基本趋势,而人类社会经济适宜性则仅仅对前者作一修改。重庆岩溶区黄壤、石灰土、黄棕壤和紫色土在主要土地利用方式中起主导作用,以及它们嵌块数目、形状指数和破碎度相对于其它土壤较大,正是这些土壤景观类型的适宜性广泛作用的结果,即它们具有多种适宜性。而土壤景观的嵌块密度和边界密度在主要土地利用方式中的分布就与人类的社会经济活动有很大关系。如水稻土作为人为土,其主要分布在地势相对低洼平缓的地区,居民工矿用地和园地中水稻土嵌块密度和边界密度大于耕地。水稻土肥沃的质地与优越的地势条件而使得村镇扩张和农业结构调整是诱发这一格局出现的主要原因。村镇扩张使得周围大量优质水田被占用,农业结构调整驱使大量水田由种植大宗作物向经济效益更高的经济林果转变。

3 结语

在中国,土壤科学正由重视养分循环增加粮食产量向以土壤质量对环境和人类发展的影响为主要研究目的转换,土壤的性状与环境资源可持续发展的关系受到越来越多的关注。岩溶区作为我国经济发展和生态环境建设的薄弱区域,面对吃饭、建设与生态保护三者矛盾,往往最易于出现的是为生存或短期的经济行为所驱使的盲目开垦、不当的利用方式,破坏自然土壤固有的生态学特征和多样性格局,造成各种形式的土壤

退化甚至濒于消失,尤其是人类的这种行为作用于像重庆岩溶区这样既具有特殊位置,又是重要工程安全营运保障的区域。分析土壤多样性的景观格局特征,可以从宏观上辨识土壤景观格局的演化,探寻导致这种演化的背后潜在驱动因素,为环境与资源的保护与管理提供科学的决策与调控依据。重庆岩溶区土壤多样性的景观特征分析表明,重庆市岩溶区土壤景观的多样化和空间异质化程度不高,各景观分布比例不均匀,土壤景观嵌块体呈现复杂的几何形状,黄壤、石灰土和黄棕壤是主要的土壤类型,除山地草甸土以林地和草地,棕壤以林地为主要景观外,其余9种土壤类型都以耕地和林地为主要景观;农、林用地在重庆岩溶区土壤景观空间格局的结构和功能中起主导作用,但因各类土壤性质和分布特点的不同,耕地和林地在全区土壤上的分配比例上存在明显差异;人类活动在诱导耕地嵌块体数急剧增多的同时,居民工矿用地、林地、未利用地嵌块体数目也相应增加。

References :

[1] Camargo J A. On the concept of pedodiversity and its measurement. *Geoderma*, 1999, 93 (3-4): 335—338.

[2] Zhang X L, Chen J, Tan M Z, *et al.* Some most recent research progress on pedodiversity. *Advance in Earth Sciences*, 2003, 18 (3): 374—379.

[3] Guo Y Y, Gong P, Amundson R. Pedodiversity in the United States of America. *Geoderma*, 2003, 117 (1-2): 99—115.

[4] Zhang X L, Chen J, Gong Z T. What to do in China after a review of researches practices on pedodiversity in Europe and America. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (5): 1063—1072.

[5] Li Y B, Xie D T, Wei C F. Correlation between rock desertification and variations of soil and surface vegetation in Karst eco-system. *Acta Pedologica Sinica*, 2004, 41 (2): 196—202.

[6] Prohic E, Hausberger G, Davis J C. Geochemical patterns in soils of the karst region, Croatia. *Journal of Geochemical Exploration*, 1997, 60 (2): 139—155.

[7] Li Y B, Wand S J, Li R L. Some soil features of karst ecosystem. *Ecology and Environment*, 2004, 13 (3): 434—438.

[8] Wang S J. Concept deduction and its connotation of karst rocky desertification. *Carsologica Sinica*, 2002, 21 (2): 101—105.

[9] Tooth A F, Fairchild I J. Soil and karst aquifer hydrological controls on the geochemical evolution of speleothem-forming drip waters, Crag Cave, southwest Ireland. *Journal of Hydrology*, 2003, 273 (1-4): 51—68.

[10] Liu Y S, Fang C L. A study on regional forced land use conversion and optimal allocation: Taking the Three Gorges Reservoir Area as an example. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16 (4): 334—340.

[11] Sun D F, Li H, Lin P. Monitoring land use and landscape changes caused by migrant resettlement with remote sensing in Region of Three Gorges of Yangtze River. *Transactions of The CS AE*, 2003, 19 (5): 218—224.

[12] Wang L Q, Qiao Z J, Zheng D X. The remote sensing survey and the analysis of development trend of stony desertification from the karstland in the southeast of Chongqing. *Journal of Geomechanics*, 2003, 9 (1): 78—84.

[13] Turner M G, Rucher C. Changes in landscape patterns in Georgia, US A. *Landscape Ecology*, 1988, 1 (4): 241—251.

[14] Xiao H, Ouyang Z Y, Zhao J Z, *et al.* Analysis of landscape spatial structure in Hainan island. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21 (1): 20—27.

[15] Rao K S, Pant R. Land use dynamics and landscape change pattern in a typical micro watershed in the mid elevation zone of central Himalaya, India. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2001, 86 (2): 113—124.

参考文献:

[2] 张学雷,陈杰,檀满枝,等. 土壤多样性理论方法的新近发展与应用. *地球科学进展*, 2003, 18 (3): 374~379.

[4] 张学雷,陈杰,龚子同. 土壤多样性理论在欧美的实践及在我国土壤景观研究中的应用前景. *生态学报*, 2004, 24 (5): 1063~1072.

[5] 李阳兵,谢德体,魏朝富. 岩溶生态系统土壤及表生植被某些特性变异与石漠化的相关性. *土壤学报*, 2004, 41 (2): 196~202.

[7] 李阳兵,王世杰,李瑞玲. 岩溶生态系统的土壤. *生态环境*, 2004, 13 (3): 434~438.

[8] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨. *中国岩溶*, 2002, 21 (2): 101~105.

[10] 刘彦随,方创琳. 区域土地利用类型的胁迫转换与优化配置——以三峡库区为例. *自然资源学报*, 2001, 16 (4): 334~340.

[12] 王连庆,乔子江,郑达兴. 渝东南岩溶石山地区石漠化遥感调查及发展趋势分析. *地质力学学报*, 2003, 9 (1): 78~84.

[14] 肖寒,欧阳志云,赵景柱,等. 海南岛景观空间结构分析. *生态学报*, 2001, 21 (1): 20~27.

续表 2											
土壤类型 Soil types	嵌块体类型 Mosaic types	面积 Area (km ²)	周长 Perimeter (km)	嵌块数目 Mosaic number (patch)	平均大小 Mean patch area (km ²)	形状指数 Shape index	分离度 Isolation	破碎度 Fragmentation	嵌块密度 Density (patch·km ⁻²)	嵌块边界密度 Edge density (km ⁻¹)	比率 Rate (%)
红壤 Red soil	耕地 Cultivated land	128.30	356.24	14	9.16	8.88	0.21	6.75×10^{-3}	0.11	2.78	61.88
	林地 Forest land	48.95	177.69	20	2.45	7.17	0.66	9.16×10^{-4}	0.41	3.63	23.61
	园地 Orchard land	0.04	1.46	1	0.04	2.06	179.98		25.00	36.50	0.02
	未利用地 Unused land	20.40	102.55	21	0.97	6.41	1.62	7.25×10^{-3}	1.03	5.03	9.84
	草地 Grassland	1.53	6.21	1	1.53	1.42	4.71		0.65	4.06	0.74
	居民工矿用地 Residential and mining land	7.61	62.49	29	0.26	6.40	5.09	7.83×10^{-4}	3.81	8.21	3.67
	水域 Water	0.49	3.69	1	0.49	1.49	14.69		2.04	7.53	0.24
黄褐土 Yellow cinnamonsoil	耕地 Cultivated land	255.26	1221.92	239	1.07	21.60	0.85	2.69×10^{-4}	0.94	4.79	32.04
	林地 Forest land	469.59	1541.88	8	58.70	20.10	0.08	4.04×10^{-3}	0.02	3.28	58.95
	园地 Orchard land	4.00	19.69	4	1.00	2.78	7.06	1.76×10^{-3}	1.00	4.92	0.50
	未利用地 Unused land	17.25	87.41	14	1.23	5.95	3.06	6.41×10^{-4}	0.81	5.07	2.17
	草地 Grassland	30.14	147.38	24	1.26	7.58	2.29	2.45×10^{-4}	0.80	4.89	3.78
	居民工矿用地 Residential and mining land	20.39	149.83	68	0.30	9.37	5.71	1.24×10^{-3}	3.33	7.35	2.56
	水域 Water										
黄壤 Yellowsoil	耕地 Cultivated land	6623.87	29235.69	2787	2.38	101.47	0.53	6.37×10^{-7}	0.42	4.41	37.86
	林地 Forest land	9845.79	31636.89	812	12.13	90.07	0.19	1.39×10^{-6}	0.08	3.21	56.29
	园地 Orchard land	67.75	474.23	154	0.44	16.28	12.11	2.62×10^{-6}	2.27	7.00	0.39
	未利用地 Unused land	418.54	2242.14	458	0.91	30.96	3.38	2.61×10^{-8}	1.09	5.36	2.39
	草地 Grassland	303.48	1307.29	210	1.45	21.20	3.16	2.39×10^{-6}	0.69	4.31	1.73
	居民工矿用地 Residential and mining land	190.96	1745.88	1000	0.19	35.69	10.95	1.14×10^{-7}	5.24	9.14	1.09
	水域 Water	44.33	463.69	51	0.87	19.67	10.65	1.71×10^{-6}	1.15	10.46	0.25
黄棕壤 Yellow brown earth	耕地 Cultivated land	932.39	5733.55	1200	0.78	53.04	1.47	1.93×10^{-6}	1.29	6.15	14.99
	林地 Forest land	4909.95	9576.58	100	49.10	38.61	0.08	4.77×10^{-6}	0.02	1.95	78.93
	园地 Orchard land	14.89	102.55	29	0.51	7.51	14.26	6.39×10^{-5}	1.95	6.89	0.24

续表 2											
土壤类型 Soil types	嵌块体类型 Mosaic types	面积 Area (km ²)	周长 Perimeter (km)	嵌块数目 Mosaic number (patch)	平均大小 Mean patch area (km ²)	形状指数 Shape index	分离度 Isolation	破碎度 Fragmentation	嵌块密度 Density (patch·km ⁻²)	嵌块边界密度 Edge density (km ⁻¹)	比率 Rate (%)
	未利用地 Unused land	102.55	490.59	118	0.87	13.69	4.18	1.88×10^{-7}	1.15	4.78	1.65
	草地 Grassland	242.53	1078.50	188	1.29	19.56	2.23	1.20×10^{-5}	0.78	4.45	3.90
	居民工矿用地 Residential and mining land	14.86	148.80	93	0.16	10.90	25.59	2.96×10^{-6}	6.26	10.01	0.24
	水域 Water	3.36	13.82	5	0.67	2.13	26.24	1.29×10^{-8}	1.49	4.11	0.05
山地草甸土 Mountain meadow soil	耕地 Cultivated land	3.62	27.01	11	0.33	4.01	4.94	2.00×10^{-3}	3.04	7.46	3.12
	林地 Forest land	79.02	241.40	15	5.27	7.67	0.26	6.72×10^{-2}	0.19	3.05	68.06
	园地 Orchard land										
	未利用地 Unused land	0.57	5.95	3	0.19	2.23	16.37	1.83×10^{-3}	5.26	10.44	0.49
	草地 Grassland	32.89	101.58	11	2.99	5.00	0.54	1.54×10^{-2}	0.33	3.09	28.33
	居民工矿用地 Residential and mining land										
	水域 Water										
石灰土 Limestone soil	耕地 Cultivated land	2782.51	13393.72	1501	1.85	71.73	0.61	3.88×10^{-7}	0.54	4.81	36.02
	林地 Forest land	4136.78	14210.45	456	9.07	62.41	0.23	1.77×10^{-5}	0.11	3.44	53.55
	园地 Orchard land	43.68	268.84	69	0.63	11.49	8.36	1.76×10^{-6}	1.58	6.15	0.57
	未利用地 Unused land	421.51	2074.46	356	1.18	28.54	1.97	4.60×10^{-8}	0.84	4.92	5.46
	草地 Grassland	165.54	917.15	128	1.29	20.14	3.00	2.47×10^{-5}	0.77	5.54	2.14
	居民工矿用地 Residential and mining land	115.29	1137.34	659	0.17	29.92	9.79	1.70×10^{-6}	5.72	9.87	1.49
	水域 Water	59.49	396.04	20	2.97	14.50	3.30	1.47×10^{-4}	0.34	6.66	0.77
水稻土 Paddysoil	耕地 Cultivated land	1064.51	3960.40	320	3.33	34.29	0.33	2.05×10^{-5}	0.30	3.72	68.30
	林地 Forest land	361.13	2151.26	328	1.10	31.98	0.99	2.10×10^{-6}	0.91	5.96	23.17
	园地 Orchard land	17.01	116.48	34	0.50	7.98	6.77	1.06×10^{-5}	2.00	6.85	1.09
	未利用地 Unused land	46.05	316.22	93	0.50	13.16	4.13	7.67×10^{-5}	2.02	6.87	2.95
	草地 Grassland	9.34	60.12	18	0.52	5.56	8.97	2.18×10^{-7}	1.93	6.44	0.60

[illegible]

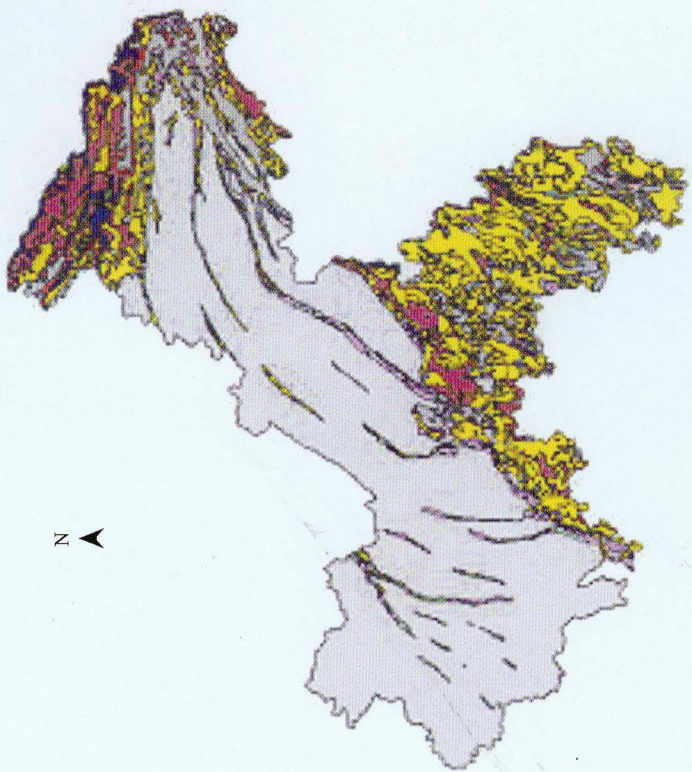


图例 Legend

- 非碳酸盐层 Non-carbonate strata
- 碳酸盐层 Carbonate strata

图 1 重庆市碳酸盐分布

Fig.1 The distributions of carbonate strata in Chongqing



图例 Legend

- 粗骨土 Skeleton soil
- 红壤 Red soil
- 黄褐土 Yellow cinnamon soil
- 黄壤 Yellow soil
- 黄棕壤 Yellow brown earth
- 山地草甸土 Mountain meadow soil
- 石灰土 Limestone soil
- 水稻土 Paddy soil
- 新成土 Entisol
- 紫色土 Purple soil
- 棕壤 Brown earth

图 2 重庆市碳酸盐岩层上覆土壤多样性分布

Fig. 2 The pedodiversity distributions on carbonate terrane soils in karst area of Chongqing