

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

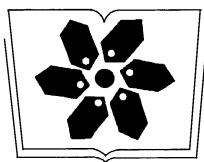
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第9期 Vol.34 No.9 **2014**

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 34 卷 第 9 期 2014 年 5 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 基于土壤食物网的生态系统复杂性-稳定性关系研究进展 陈云峰,唐 政,李 慧,等 (2173)
- 滇西北高原入湖河口退化湿地生态修复效益分析..... 符文超,田 昆,肖德荣,等 (2187)
- 典型峰丛洼地耕地、聚落及其与喀斯特石漠化的相互关系——案例研究
..... 李阳兵,罗光杰,白晓永,等 (2195)
- 青藏高原东缘高寒草原有毒植物分布与高原鼠兔、高原麝鼠的相关性 ... 金 樑,孙 莉,崔慧君,等 (2208)
- 周边不同生境条件对茶园蜘蛛群落及叶蝉种群时空结构的影响..... 黎健龙,唐劲驰,黎秀娣,等 (2216)

个体与基础生态

- 三峡库区马尾松林土壤-凋落物层酶活性对凋落物分解的影响 葛晓改,肖文发,曾立雄,等 (2228)
- 芦苇、香蒲和蘆草 3 种挺水植物的养分吸收动力学 张熙灵,王立新,刘华民,等 (2238)
- 沙化程度和林龄对湿地松叶片及林下土壤 C、N、P 化学计量特征影响 ... 胡启武,聂兰琴,郑艳明,等 (2246)
- 内蒙古典型草原小叶锦鸡儿灌丛化对水分再分配和利用的影响 彭海英,李小雁,童绍玉 (2256)
- 遮阴对米槠和杉木原位排放甲烷的影响..... 陈细香,杨燕华,江 军,等 (2266)
- 桔小实蝇和番石榴实蝇对 6 种寄主果实的产卵选择适应性..... 刘 慧,侯柏华,张 灿,等 (2274)
- 鼠尾草属东亚分支的传粉模式..... 黄艳波,魏宇昆,葛斌杰,等 (2282)

种群、群落和生态系统

- 养分资源脉冲供给对几种微藻种间竞争的影响 李 伟 (2290)
- 不同植被恢复类型的土壤肥力质量评价..... 李静鹏,徐明锋,苏志尧,等 (2297)
- 黄土丘陵区植物功能性状的尺度变化与依赖 丁 曼,温仲明,郑 颖 (2308)
- 湘潭锰矿栎树叶片和土壤 N、P 化学计量特征 徐露燕,田大伦,王光军,等 (2316)
- 黄土高原春小麦农田蒸散及其影响因素..... 阳伏林,张 强,王文玉,等 (2323)
- 尾矿区不同植被恢复模式下高效固氮菌的筛选及 Biolog 鉴定..... 李 雯,阎爱华,黄秋娟,等 (2329)
- 四川理县杂谷脑干旱河谷岷江柏造林恢复效果评价..... 李东胜,罗 达,史作民,等 (2338)

景观、区域和全球生态

- 闽南-台湾浅滩渔场二长棘鲷群体景观多样性 蔡建堤,苏国强,马 超,等 (2347)
- 面向土系调查制图的小尺度区域景观分类——以宁镇丘陵区中一小区域为例.....
..... 卢浩东,潘剑君,付传城,等 (2356)

气候变化对华北冬小麦生育期和灌溉需水量的影响..... 胡 玮,严昌荣,李迎春,等 (2367)

资源与产业生态

基于 LMDI 分解的厦门市碳排放强度影响因素分析 刘 源,李向阳,林剑艺,等 (2378)

可持续生计目标下的生态旅游发展模式——以河北白洋淀湿地自然保护区王家寨社区为例.....

..... 王 瑾,张玉钧,石 玲 (2388)

荔枝树干液流速率与气象因子的关系 凡 超,邱燕萍,李志强,等 (2401)

肿腿蜂类寄生蜂室内控害效能评价——以松脊吉丁肿腿蜂为例 展茂魁,杨忠岐,王小艺,等 (2411)

城乡与社会生态

内蒙古草原人类福祉与生态系统服务及其动态变化——以锡林郭勒草原为例.....

..... 代光烁,娜日苏,董孝斌,等 (2422)

基于农业面源污染分区的三峡库区生态农业园建设研究 刘 涓,谢 谦,倪九派,等 (2431)

“交通廊道蔓延”视角下山地城市典型样带空间格局梯度分析 吕志强,代富强,周启刚 (2442)

学术信息与动态

美国地理学家协会 2014 年会述评 孙然好,肖荣波 (2450)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 280 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 30 * 2014-05



封面图说: 峰丛洼地石漠化——峰丛主要分布在云贵高原的边缘部分及桂西、桂西北地区,相对高度一般为 200—300m,高的可达 600m 以上。在峰丛之间,岩溶洼地、漏斗、落水洞很发育,常形成峰丛洼地或峰丛漏斗的组合形态。峰丛洼地中的土地相当贫瘠,由于当地人们依靠这些土地种植庄稼为生,石漠化的发展趋势已经越来越明显。尤其在土地承载力低、人口压力大的区域石漠化相当严重,研究峰丛洼地耕地资源分布、土地利用强度和石漠化发育状况之间的机理,有助于从本质上认识石漠化的发生,对石漠化治理实施科学指导。

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

DOI: 10.5846/stxb201306101585

卢浩东, 潘剑君, 付传城, 尹正宇, 王恒钦, 赵美芳, 李兆富. 面向土系调查制图的小尺度区域景观分类——以宁镇丘陵区中一小区域为例. 生态学报, 2014, 34(9): 2356-2366.

Lu H D, Pan J J, Fu C C, Yin Z Y, Wang H Q, Zhao M F, Li Z F. Landscape classification in a small area for soil series survey and mapping: a case study in the Ningzhen hills, China. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(9): 2356-2366.

面向土系调查制图的小尺度区域景观分类 ——以宁镇丘陵区中一小区域为例

卢浩东¹, 潘剑君^{1,*}, 付传城¹, 尹正宇², 王恒钦¹, 赵美芳³, 李兆富¹

(1. 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 2. 南京农业大学公共管理学院, 南京 210095;

3. 南京农业大学农村发展学院, 南京 210095)

摘要: 土系是中国土壤系统分类的基层分类单元, 与所处微域景观联系密切, 对小尺度样区进行景观分类研究有助于对研究区景观建立系统的认识。以宁镇丘陵区一小尺度样区为例, 结合景观生态分类理论及土系特点, 探讨了面向土系调查制图的景观分类的原则与方法, 建立了包括景观区、景观类、景观亚类和景观相的四级景观分类系统, 并借助 3S 技术进行了景观制图, 并以此为基础对样区开展土系调查, 对景观分类体系进行了验证。结果表明, 景观相与土系有较好相关性, 对土系分布具有指示作用, 此景观分类体系有助于对土壤所处景观条件形成深入系统认识, 可为土系调查制图工作提供参考。

关键词: 土系调查; 小尺度区域; 景观分类; 3S 技术

Landscape classification in a small area for soil series survey and mapping: a case study in the Ningzhen hills, China

LU Haodong¹, PAN Jianjun^{1,*}, FU Chuancheng¹, YIN Zhengyu², WANG Hengqin¹, ZHAO Meifang³, LI Zhaofu¹

1 College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

2 College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

3 College of Rural Development, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Abstract: The soil series, representing both the concept of a polypedon and the interrelationships existing with a micro-regional landscape, is the most basic taxonomic unit in Chinese soil taxonomy. Research has been conducted related to soil series in recent years especially in the eastern provinces of China and the results have been fruitful including the establishment of criteria used to delineate soil series. Field surveys still need to be conducted and research is needed to establish soil series for all of China. Landscape can be defined as the land cover of an area and includes topography, vegetation, soil and various types of land management. In recent years, landscape ecological classification has been becoming increasingly important. However, research related to the application of landscape classification is relatively rare. A soilscape is the pedological portion of the landscape and soil survey science is a paradigm-based science. Before soil series surveys are conducted, landscape classification of a small area should be carried out so that this information can contribute to a systematic understanding of the landscape. Taking a region in Ningzhen hills, Jiangsu, China, as a sample, we discussed the principles and approaches used for landscape classification for soil series surveying and mapping referring to

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41171173, 41171071)

收稿日期: 2013-06-10; 修订日期: 2013-10-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jpan@njau.edu.cn

the theory of landscape ecological classification and the characteristics of soil series. A four-level landscape classification system was built consisting of landscape region, group, subgroup and phase. As one of five main elements that greatly impact the process of soil formation, climate will be commonly more or less uniform throughout the extent of a minor landform such as the sample region; therefore, micro-landform, parent material and patterns of land management were considered as the primary factors influencing the nature of the landscape, along with the combination of these various factors, which are expressed as landscape phases. We then conducted landscape mapping using a GIS (Geographic Information System) and remote sensing data to develop a landscape classification map of studied area at 1:25000. Next, soil series surveys were conducted to verify how useful and reasonable this system is, so that 11 soil series were established and delineated on three types of landforms: hill, hillock and embanked-alluvial plain; then relationships between soil series and corresponding landscape phases were discussed. The results suggest: (1) soil series and some properties related to soil series can be predicted by the corresponding landscape phase, since they were closely correlated with each other. The resulting landscape classification system is conducive to gaining a better understanding of soil-landscape relationships. (2) When this landscape classification system and landscape phases are applied to the practice of soil series surveying and mapping, we should especially focus on the dominant landscape factor that plays a main role in the processes involved in soil formation. (3) The landscape classification system designed and described in this paper can provide a useful reference for soil series surveying and mapping such as the prediction of boundaries of different kinds of soil series as well as the control of the quantity and location of specific soil profiles.

Key Words: soil series survey; small area; landscape classification; 3S technique

中国土壤系统分类是以诊断层和诊断特性为基础的土壤分类系统,自 1984 年以来进行了深入细致的研究,取得了很多重要的成果^[1-3],并在国际上产生了重大的影响。进入 21 世纪以来尤其是近些年我国东部多省市开展了针对土壤系统分类基层分类单元——土系的研究工作,并取得重要进展,为我国进行面向土系的大比例尺土壤调查与制图奠定了良好的基础。

土系作为土壤系统分类的基层分类单元,具有聚合土体的概念,与所处景观条件有着密切的联系^[4],景观是地貌、植被、土壤、土地利用等要素的综合体现,是具有明显视觉特征的地理实体,且具有异质性和尺度性的特点,土壤往往随着景观的改变而发生变化,揭示地形、母质、植被等景观因子对土壤形成、分布和属性的影响,是判别土壤客观分布规律的前提^[2],因此土系的研究必须以对景观条件的认识作为基础。

土壤调查是以土壤-景观模式为基础的一门科学^[5],开展土系调查制图之前,关键要对景观有全面深刻的认识^[6]。国内已有多位学者对土系与景观的关系进行过探讨^[7-8],然专门在一个小尺度区域针对为土系调查制图服务的景观系统研究还较少。而对

调查区域依据一定的原则建立一套科学实用的景观分类体系,作为土系划分的基础,将有助于对调查区景观形成系统的认识,便于掌握土系的变异规律。

本文在吸收景观生态分类原理的基础上,结合土系的内涵及调查制图的特点,对小尺度调查区域进行景观分类的研究,并在此基础上开展土系调查,通过调查成果验证此景观分类体系的合理性,以期能为土系调查制图提供参考。

1 景观分类概述

景观分类作为景观学研究的基础工作,是景观格局分析、景观评价、规划与设计的前提,也是连接景观学理论与实践的桥梁^[9]。如今对景观分类的研究呈现多样化,而综合考虑景观结构与功能的景观生态分类体系占有越来越重要的地位^[10],景观生态分类既考虑景观的自然属性、发生本质和人为属性,也将空间上分布的景观单元进行联系地看待。景观生态分类思想自提出以后,进行了大量的探索研究,且得到了很多学者的认可,然针对特定领域的应用研究还较为缺乏,有必要进行深入的探讨。

景观生态系统是由多种要素相互关联、相互制约形成的,不同的系统类型,结构不同,相应的功能

也会有差异。景观生态分类的实质是从功能着眼,从结构着手,对景观生态系统类型进行划分,并在此基础上建立分类系统,全面反映一定区域内景观的分异及关联,揭示其空间结构和生态功能特征^[11],从而为基于景观的调查实践打下基础。

面向土系调查制图的景观分类则是针对土系这个研究对象,综合考虑土系特点和与土壤形成发育密切相关的景观因子的自然属性、空间分布特征及各景观因子间的关系,建立自上而下的分类体系,利用此体系对研究区景观进行类型的划分和归并,并制作景观分类图,从而服务于土系的调查工作,为土系调查制图工作提供基础。

2 土系及其特点

土系是中国土壤系统分类的基层分类单元,它是发育在相同母质上,由若干剖面性态特征相似的单个土体组成的聚合土体所构成,其性状变异范围较窄,在分类上更具直观性和客观性^[3]。

土壤是在地形、气候、母质以及生物等因素影响并通过时间的共同作用下形成的,土壤的形成过程、形态特征及属性必定会随着这些因素的变化而发生相应的改变^[2]。宏观尺度上,土壤的分布主要受大的地形条件、气候带以及随之改变的母质、植被等的影响,然对于小尺度区域,土壤类型尤其是基层分类单元存在较大的变异性,主要受区域性的成土条件影响,例如微地形、区域水文状况以及成土时间等等。土系作为基层分类单元,与微域景观联系密切,大的景观特征不足以反映其特点,而区域性的景观因子的综合作用是特定土系形成的重要环境,与土系具有相关性。

土系的划分要求所处景观条件一致,且特征土层的种类、性状、排列层位以及土壤的生产利用性能都应大体一致。而特征土层是用来研究单个土体和土系划分的土层,反映了特定的环境条件下土壤发生层性态和性状的分异特征,具有区域规律性^[12],与所处景观条件有着密切的联系。

总结起来,土系分布与景观有着极为密切的关系,对研究区景观进行分类,以此为基础开展土系调查制图,将有助于掌握规律,提高土系调查工作的效率与精度。土壤调查制图的客观目的就是要充分利用对景观的认识,把有着相似土体构型且景观中有

着相似用途、管理模式的土地单元划在一起,这样制作的土壤图可为将来的资源利用与规划提供充足有用的信息^[13]。对研究区域景观条件进行全面系统的认识有必要走在土系调查制图工作之前,为调查制图的开展打下基础。

3 面向土系调查制图的景观分类方法探讨

3.1 土系调查制图的景观分类原则

(1) 尺度原则,这是景观分类的首要原则,即根据不同的空间尺度或图形比例尺的要求确定分类的基础单元,不同尺度下划分出的景观类型可能存在差异,如在小尺度下可分为异质的景观,在大尺度下很可能被划为同质。鉴于土系具有聚合土体的概念,与微域景观联系密切,面向土系调查制图的景观分类应采用小尺度,景观因子选用地域性多变异的因素。

(2) 综合性原则,景观是由多个生态系统组成的异质性的陆地区域^[14],且土壤是多因子作用的结果,研究土系与景观时须综合考虑多个与土壤有关的景观因子的作用。

(3) 主导因子原则,景观分类要反映出控制景观形成过程的主要因子,比如研究土系特征与景观关系时,对于人为干扰强度时间和空间上都较弱的情况,应更多关注母质或地形等因子的作用。

(4) 与土系内涵相适应的原则,土系是土壤系统分类的基层单元,与所处微域景观联系密切,有什么样的景观就有什么样的土系分布^[2],景观划分时要能反映微域景观构成及其异质性^[11,15],另外土系是要服务于应用的,对于区域内非土壤部分不做景观的硬性划分。

3.2 土系调查制图的景观分类方法

借鉴国内外景观分类的研究成果,依据上述土系调查制图景观分类的原则和景观生态分类的基本原理,针对土系特点,制定出了由高到低的四级分类体系,即景观区、景观类、景观亚类以及景观相。

(1) 景观区 根据调查研究区所处的地理区域的主要功能进行划分,这一级别的划分从大尺度着眼将土地利用模式、大区格局和区域因素考虑在内,与我国的土地资源利用方式的划分相一致,具体划分例如:林区景观、农区景观、农林复合区景观等。

(2) 景观类 在景观区内,根据人为干扰情况对

景观细分:自然景观、半自然景观、农田景观、人工景观^[14]。自然景观指不受人干扰或人为干扰较弱的景观,比如原始森林或者虽经人类影响但没有改变景观构成的区域;半自然景观指受人类干预较多改变了原始构成,比如人工林场;农田景观指种植作物的田块以及附属设施,比如农田与水渠;人工景观是自然中本不存在的经过人的建设施工形成的景观,比如城市、村庄和道路等。

(3)景观亚类 在景观类内,根据第二次全国土地调查土地分类的成果《土地利用现状分类》的二级类对调查区土地利用现状进行分类,例如水田、旱地、果园、有林地等。

(4)景观相 是这个分类体系的最基层分类,也是大比例尺土系调查制图的参照单元,参考了美国农业部制定的生态单位等级最基层单位“生态土地类型相”^[14],体现与土壤发育有关的景观因子及其组合;在景观亚类名称基础上添加微地形和母质类型构成景观相名称,例如分布在低岗地缓坡上的果园,成土母质为下蜀黄土则命名为:低岗缓坡黄土果园景观。

4 样区土系调查制图的景观分类研究

4.1 研究区概况

本研究所选研究区位于江苏省句容市黄梅镇境

内,北纬 32°3'20"—32°5'50"、东经 119°10'20"—119°12'30"之间,气候为北亚热带暖湿气候,干湿冷暖,四季分明,年均温 15.2℃,年降水量 1060 mm 左右,年平均干燥度在 1.0 左右。

宁镇丘陵蜿蜒起伏于此,绝对海拔在 30—350 m 之间,研究区内丘陵是以石英砂岩岩性为主的石质丘陵,丘陵坡麓及岗地覆盖大面积且深厚的下蜀黄土,经剥离侵蚀作用,低岗地及沟谷发育,沟谷间为黄土状物质冲积堆积形成,兼具丘陵和岗塍冲的复杂地貌。

区内植物资源丰富,是暖温带落叶阔叶林向北亚热带常绿阔叶林的过渡地带,石质丘陵上多生长白栎、马尾松、杉树以及灌木等自然植被,坡麓向岗地过渡带多被人为种植松树杉树等松杉目类树木,岗地及岗间沟谷区多被辟为农用,主要种植水稻、玉米、油菜、茶树及果树。

综合来看,研究区地形复杂、成土母质多样,景观类型多且变化强烈,是进行土系与景观类型划分研究的理想区域。

4.2 景观分类系统的建立

根据以上确立的面向土系调查制图的景观分类原则与方法,结合研究区概况,建立了研究区包含景观区、景观类、景观亚类及景观相的四级景观分类系统(表 1)。

表 1 研究区景观分类系统

Table 1 Landscape classification system of study area

景观区 Landscape region	景观类 Landscape group	景观亚类 Landscape subgroup	景观相 Landscape phase	面积比例/% Area percentage	编码 Code
农区景观 Agricultural landscape	自然景观	天然有林地	丘陵中坡残积物白栎景观	2.58	1
			丘陵中缓坡坡积物白栎景观	13.99	2
			丘陵中坡坡积物白栎景观	8.34	3
			丘陵陡坡坡积物白栎景观	4.05	4
			丘陵缓坡坡积物松杉景观	3.28	5
			丘陵中缓坡坡积物松杉景观	4.63	6
			丘陵中坡坡积物松杉景观	4.18	7
			丘陵平地黄土松杉景观	0.19	8
			丘陵中缓坡黄土松杉景观	4.69	9
		灌木林地	丘陵缓坡残积物灌木景观	0.61	10
			丘陵中缓坡残积物灌木景观	0.47	11
			低岗缓坡黄土灌木景观	0.50	12
	半自然景观	人工有林地	低岗中缓坡黄土灌木景观	0.48	13
			丘陵缓坡黄土松杉景观	3.42	14
			低岗平地黄土松杉景观	3.66	15

续表

景观区 Landscape region	景观类 Landscape group	景观亚类 Landscape subgroup	景观相 Landscape phase	面积比例/% Area percentage	编码 Code
	农田景观	水田	低岗缓坡黄土松杉景观	8.14	16
			低岗中缓坡黄土松杉景观	2.41	17
			塋田平地冲积物水田景观	4.80	18
			上冲平地冲积物水田景观	2.21	19
			上冲缓坡冲积物水田景观	1.24	20
			中冲缓坡冲积物水田景观	1.94	21
			下冲缓坡冲积物水田景观	2.80	22
		旱地	低岗平地黄土旱地景观	1.87	23
			低岗缓坡黄土旱地景观	1.42	24
		果园	低岗平地黄土果园景观	2.32	25
			低岗缓坡黄土果园景观	4.00	26
			低岗中缓坡黄土果园景观	0.79	27
	人工景观	茶园	低岗平地黄土茶园景观	1.13	28
			低岗缓坡黄土茶园景观	0.13	29
			低岗中缓坡黄土茶园景观	1.03	30
		城镇村	村庄	5.42	31
			坑塘水面	2.17	32

研究区内宁镇丘陵蜿蜒,当地有着“五山一水四分田”的说法,是古老的稻、麦及杂粮产区,有着悠久的耕作历史,宏观角度来看,景观区上属于农区景观。

景观类一级,石质丘陵上覆盖天然植被,丘陵顶部及坡面中上部多生长白栎及少许灌木,坡麓以松杉目植被为主,干扰较弱,定为自然景观;丘陵与岗地过渡处,开发难度相对减小,在原有植被的基础上,多人为种植松杉等林木,种植后干预不频繁,定为半自然景观;岗塋冲地形的土壤多被改造,种植经济果木及粮食作物,此处为农田景观;研究区村落及水域是在人类高度影响下形成的,则为人工景观。

景观亚类是在景观类的基础上,根据《土地利用现状分类》(GB/T21010—2007)的二级类进行界定,是景观类的细化。

景观相,则是在相应景观亚类范围内,综合考量景观的主要构成要素同时也是对土系的分布产生深刻影响的景观因子对其进行描述,此处采用“微地形+母质+土地利用方式+‘景观’”的形式,其中“微地形”是利用坡度分级(表2)^[16]将地形细化所得。对涉及具体植被类型且在景观亚类中未能具体指出的,土地利用方式要细化到植被类型,以区分不同的植物群落,如研究区天然有林地又可细分为是以白栎为主还是以松杉为主。

表2 研究区坡度分级^[16]

Table 2 Slope classification of study area

坡度级别 Slope class	I	II	III	IV	V
坡度区间 Slope range/(°)	≤2	2—6	6—15	15—25	>25
坡度描述 Description	平地	缓坡	中缓坡	中坡	陡坡

需要特别说明的是,对于水稻栽培区域,由于因地制宜地修筑水田,季节性的灌溉等强烈的人为影响改变了原有土壤的成土条件,使其在一定程度上超越了自然成土因素的影响和控制^[2],尤其是改变了土壤原有的水文状况且土壤剖面性状发生了变

异,对水田的景观相的地形描述时,有必要将其细化,比如冲田细分为上冲、中冲及下冲。

4.3 景观分类制图

景观分类制图是景观分类成果的体现,也是将分类成果运用到土系调查制图的载体。要进行制图

首先要确定制图单元,制图单元不同于分类单元,分类单元是主观创造的,是概念化的,为分类和制图提供标准,而制图单元要考虑成图比例尺及实际应用的要求,一个制图单元内的景观有一定变化范围,往往不只包含一种分类单元,而此制图单元的名称则用占优势的景观分类单元来表示^[17]。在制图的过程中要根据成图比例尺对某些分类单元的图斑进行舍弃、合并等处理。

在景观制图时充分利用 3S 技术,可以大大提高制图精度与效率,本研究中,通过遥感图像处理软件 ENVI 4.7 处理研究区高分辨率 Quickbird 遥感影像,结合 GPS (Global Positioning System) 建标及野外概查成果制作了研究区的土地利用类型图及成土母质图;利用地理信息系统软件 ArcGIS 9.3 对 1:10000 地形图数字化建立数字高程模型 (Digital Elevation Model, DEM),3D 分析提取地形信息,利用图层叠加法^[18],将同一地区的地形、成土母质及土地利用类型等图件进行叠合,并经过适当的图斑舍弃和合并、轮廓简化、类型归并等处理形成研究区 1:25000 的景观分类图(图 1)。

通过分析,所得景观分类图共包含 132 个图斑,总结为 32 个景观相,具备斑块-廊道-基质的基本景观空间结构,每一图斑代表的景观相相对均质,且相邻图斑代表的景观类型在结构和功能上是过渡的、紧密联系的。

在制图过程中,本着以服务面向土系的调查制图这一原则,突出表现与土壤分布密切相关的要素,对于景观中的道路、村庄等人工景观未做详细划分。

5 景观分类体系的土系验证

土壤是在气候、母质、地形、植被以及人为影响等因素的综合作用下经历一定的成土时间形成的,小尺度区域气候条件基本一致,对土系分布及土壤属性影响深刻的多是区域性因素,如微地形、区域水文条件等。把握对土壤产生深刻影响的景观因子,掌握景观分布规律,并通过土系与景观关系的验证,建立对土系-景观模式的认识,无疑将对基于土系的调查制图提供参考。

在建立的景观分类体系指导下,在研究区内针对丘陵、低岗地及塍冲田几种地形分别采集土壤剖面,共挖掘 20 个主要剖面、40 个检查剖面,105 个定

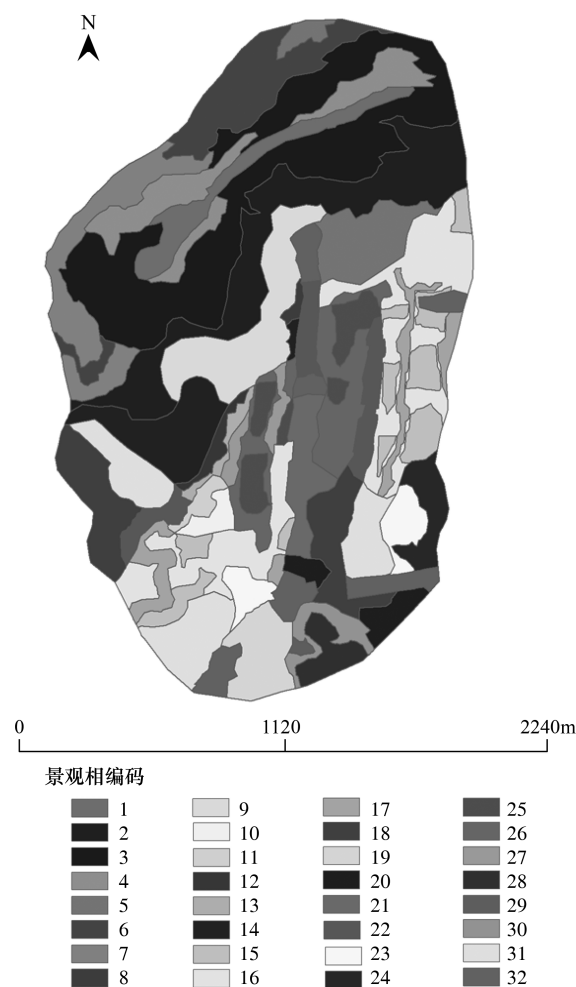


图 1 研究区面向土系调查制图的景观分类图

Fig.1 Map of landscape classification for soil series survey and mapping

界剖面,经过剖面研究及理化分析,参考中国土壤系统分类检索和土族土系划分标准^[1, 19],检索出 4 个土纲、6 个亚纲、9 个土类、9 个亚类、10 个土族,最终划分出 11 个土系(表 3)。

5.1 丘陵地形

研究区丘陵以大顶山山体为主,成土母质分异:顶部砂岩残积物、坡面砂岩坡积物及坡麓处原有上覆黄土侵蚀后由黄土状物质与砂岩坡积物构成的异源母质;山体顶部、坡面中陡坡排水良好,盐基淋失,土壤呈酸性,具半干润水分状况,而在坡麓坡度缓和,受母质、地表径流及下渗水影响呈中性,具有湿润水分状况;控制层段内土壤质地由上至下从砂质壤土—壤土—黏壤土逐渐变化;矿物学类型也从坡面的硅质混合型向坡麓云母混合型过渡。

根据景观分类图开展土系调查,在该地形区总

表 3 研究区土系划分与对应景观相

Table 3 Soil series and corresponding landscape phases in study area

土纲 Order	亚纲 Suborder	土类 Group	亚类 Subgroup	土族 Soil family	土系 Soil series	相应景观相 Landscape phase related
人为土 Anthrosols	水耕人为土	铁渗水耕人为土	普通铁渗水耕人为土	壤质水云母型热性,普通铁渗水耕人为土	曹庄系	塝田平地冲积物水田景观
		简育水耕人为土	普通简育水耕人为土	黏壤质水云母型热性,普通简育水耕人为土	云塘系	上冲平地冲积物水田景观
		潜育水耕人为土	普通潜育水耕人为土	黏壤质水云母型热性,普通潜育水耕人为土	戴家凹系	下冲缓坡冲积物水田景观
淋溶土 Argosols	干润淋溶土	简育干润淋溶土	普通简育干润淋溶土	粗骨壤质硅质混合型酸性,普通简育干润淋溶土	大顶山中部系	丘陵中坡坡积物白栎景观
	湿润淋溶土	黏磐湿润淋溶土	普通黏磐湿润淋溶土	黏壤质盖粗骨壤质云母混合型热性,普通黏磐湿润淋溶土	大顶山坡麓系	丘陵中缓坡坡积物松杉景观
		黏磐湿润淋溶土	普通黏磐湿润淋溶土	黏壤质伊利石型热性,普通黏磐湿润淋溶土	句林系	低岗平地黄土松杉景观
雏形土 Cambosols	干润雏形土	暗沃干润雏形土	普通暗沃干润雏形土	粗骨壤质硅质混合型酸性,普通暗沃干润雏形土	大顶山上部系	丘陵陡坡坡积物白栎景观
	湿润雏形土	简育湿润雏形土	普通简育湿润雏形土	黏壤质伊利石型酸性,普通简育湿润雏形土	修林系 石坝系	低岗平地黄土果园景观 低岗缓坡黄土旱地景观
		铁质湿润雏形土	红色铁质湿润雏形土	黏壤质伊利石型酸性,红色铁质湿润雏形土	句东系	低岗平地黄土茶园景观
新成土 Primosols	砂质新成土	干润砂质新成土	叶垫干润砂质新成土	粗骨砂质硅质混合型酸性,叶垫干润砂质新成土	大顶山顶部系	丘陵中坡残积物白栎景观

结出 4 个代表性土系(表 4,暂以“山名+部位”形式命名),自上而下构成土链。

(1)大顶山顶部系 丘陵中坡残积物白栎景观,有效土层浅,剖面构型为 A—C,准石质接触面在 20 cm 左右出现,落叶常年积累致土层有机质含量较高,构成落叶有机现象,地形为物质与能量流失的正

地形,土壤黏粒含量在 150 g/kg 左右且土体内粒径大于 2 mm 石砾含量高。

(2)大顶山上部系 丘陵陡坡坡积物白栎景观,剖面内存在粉粒含量明显高于上覆土层的风化 B 层,构成雏形层,剖面构型为 A—B—C,存在暗沃表层、准石质接触面。

表 4 丘陵区土系基本理化性质

Table 4 The basic physical-chemical properties of soil series in hilly area

土系 Soil series	土层 Horizon	深度/cm Depth	润态颜色 Moist color	pH(H ₂ O)	有机质/(g/kg) Organic matter	粒径分布/(g/kg) Particle size distribution			粘化率 Sticky rate	质地 Texture
						2—0.05mm	0.05—0.002mm	<0.002mm		
大顶山顶部系	Ah	0—18	暗棕(7.5YR 3/4)	4.48	45.82	553	272	175	1.00	砂质壤土
Top DDS series	C	18—45	棕(7.5YR 4/4)	4.78	16.26	671	199	130	0.74	砂质壤土
大顶山上部系	Ah	0—10	暗棕(7.5YR 3/4)	4.81	31.00	492	374	134	1.00	砂质壤土
Upper DDS series	AB	10—24	暗灰棕(5YR 4/2)	4.63	12.75	613	242	145	1.08	砂质壤土
	B	24—55	淡棕(7.5YR 5/6)	4.62	10.10	444	463	93	0.69	砂质壤土
	BC	55—90	淡棕(7.5YR 5/6)	4.55	8.29	328	507	165	1.23	粉砂壤土
大顶山中部系	Ah	0—10	暗棕(7.5YR 3/4)	4.42	30.76	490	348	162	1.00	壤土
Mid DDS series	Bt	10—30	红棕(5YR 4/6)	4.48	12.86	428	359	214	1.32	壤土
	BC	30—60	淡棕(7.5YR 5/6)	4.48	6.68	437	402	161	0.99	砂质壤土
大顶山坡麓系	A	0—13	红棕(5YR 4/6)	6.13	21.57	228	480	292	1.00	黏壤土
Foot DDS series	Btr	13—25	暗红棕(5YR 2/4)	5.50	8.33	196	446	358	1.23	粉砂黏壤土
	BC	25—45	淡棕(7.5YR 5/6)	5.30	4.17	413	240	347	1.19	黏壤土

DDS: Dadinshan, 大顶山; Ah: 腐殖质积聚的表层; C: 母质层; B: 淀积层; AB: A 层向 B 层的过渡层; BC: B 层向 C 层的过渡层; Bt: 黏粒淀积层; Btr: 具氧化还原特征的黏粒淀积层

(3)大顶山中部系 丘陵中坡坡积物白栎景观,坡度较前者缓和,为黏粒的淀积创造了条件,具有黏粒含量较上覆土层明显增高的 Bt 层,构成黏化层。

(4)大顶山坡麓系 丘陵中缓坡残积松杉景观,坡麓地带水分状况好,剖面中形成了由黏粒淋淀黏化和原有黄土次生黏化共同作用形成的黏化层,且具准石质接触面。

对比上述 4 个土系,运用坡度分异将地形细化后,微地形与土系有较好的相关性,母质与植被类型也很好地指示了不同土系的分布,如残积物对应新成土、松杉与白栎分别对应不同母质下的土系等。由此可见,景观相在丘陵地形上能够反应出不同微

域景观的过渡与联系,景观相中所选景观因子的有机结合,对土系有着较好的指示作用,与土系剖面构型及基本属性有着非常好的对应关系。

5.2 低岗地形

研究区低岗地由深厚的下蜀黄土覆盖,绝对海拔小于 60 m,相对高差小于 10 m,受下垫面及强烈侵蚀作用的影响,岗丘规模小坡度缓和。该地形区土体深厚,土壤质地皆属黏壤土类,普遍具有湿润水分状况,矿物学类型主要继承下蜀黄土母质,为伊利石型^[20]。

针对低岗地形区不同的景观相,采集土壤剖面,最终划分总结出 4 个土系(表 5)。

表 5 低岗区土系基本理化性质

Table 5 The basic physical-chemical properties of soil series in hillock area

土系 Soil series	土层 Horizon	深度/cm Depth	润态颜色 Moist color	pH(H ₂ O)	有机质/(g/kg) Organic matter	粒径分布/(g/kg) Particle size distribution			粘化率 Sticky rate	质地 Texture
						2—0.05mm	0.05—0.002mm	<0.002 mm		
修林系 Xiulin series	Ap1	0—15	暗红棕(YR 2/4)	5.07	12.87	426	258	316	1.00	黏壤土
	Ap2	15—40	红棕(5YR 4/6)	4.87	9.81	334	392	274	0.87	黏壤土
	Bt1	40—50	暗红棕(5YR 2/4)	4.92	7.93	438	226	337	1.07	黏壤土
	Bt2	50—98	暗棕(7.5YR 3/4)	5.56	5.69	196	462	341	1.08	粉砂黏壤土
	BC	98—130	暗棕(7.5YR 3/4)	5.56	6.88	288	435	277	0.88	黏壤土
石坝系 Shiba series	Ap	0—13	暗红棕(5YR 2/4)	5.18	15.01	303	402	295	1.00	黏壤土
	AB	13—35	暗红棕(5YR 2/4)	5.90	9.49	131	614	255	0.87	粉砂黏壤土
	Btr	35—70	暗灰棕(5YR 4/2)	5.56	7.12	119	569	312	1.06	粉砂黏壤土
	C	70—120	暗灰棕(5YR 4/2)	5.74	4.25	181	541	277	0.94	粉砂黏壤土
句林系 Julin series	A	0—15	淡棕(7.5YR 5/6)	5.92	6.67	178	535	287	1.00	粉砂黏壤土
	Btr1	15—26	淡棕(7.5YR 5/6)	6.86	5.35	238	371	391	1.36	黏壤土
	Btr2	26—50	红棕(5YR 4/6)	6.20	3.67	221	487	292	1.02	黏壤土
	C	50—110	暗红棕(5YR 2/4)	6.86	3.03	225	445	330	1.15	黏壤土
句东系 Judong series	Ap1	0—14	暗红棕(5YR 2/4)	4.29	27.37	245	365	390	1.00	黏壤土
	Ap2	14—23	暗红棕(5YR 2/4)	4.81	18.72	204	388	408	1.05	黏土
	Br1	23—45	红棕(5YR 4/6)	5.17	6.83	139	530	331	0.85	粉砂黏壤土
	Br2	45—79	暗红棕(5YR 2/4)	5.78	3.28	410	229	362	0.93	黏壤土
	BC	79—120	暗红棕(5YR 2/4)	6.28	3.46	295	495	210	0.54	粉砂壤土

Ap1: 耕作层; Ap2: 犁底层; Bt1, Bt2: 黏粒淀积层的两个亚层; BC: B 层向 C 层的过渡层; Ap: 受耕作影响的表层; AB: A 层向 B 层的过渡层; Btr: 具氧化还原特征的黏粒淀积层; Btr1, Btr2: 具氧化还原特征的黏粒淀积层的两个亚层; C: 母质层; Br1, Br2: 具氧化还原特征的淀积层的两个亚层。

(1)修林系 低岗平地黄土果园景观,15—20a 果树种植历史,每年施入大量土杂肥,具 40 cm 的人为表层,为堆垫现象,尚未达堆垫表层,25—50 cm pH 值为酸性,土体土壤质地均一,具雏形层。

(2)石坝系 低岗缓坡黄土旱地景观,位于低岗岗坡下部,与塍田相接,玉米与小麦或油菜轮作的种植模式,受地形影响,耕作时间短且管理粗放,无堆

垫现象,土体质地变异小,具雏形层,B 层有少量斑纹。

(3)句林系 低岗平地黄土松杉景观,分布位置与修林系一致,皆是低岗顶部的平地,但这一土系分布的岗地规模皆小且顶部侵蚀强烈,具坚实黏磐且出现层位浅,不宜农耕,植被覆盖为马尾松或杉树,表层以下具中量铁锰凝团。

(4)句东系 低岗平地黄土茶园景观,虽地形部位与修林系和句林系类似,却有着不同的植被覆盖,25—50 cm pH 值呈酸性,茶园很好指示了这一特点,有堆垫现象,土质地均一无明显淀积现象,具锥形层,B 层有较多铁锰凝团,具有铁质特性,整个土体呈现 5YR 的鲜艳色调。

通过以上 4 个土系的对比,不难发现这一区域土系的属性很大程度上继承了母质的特点,如土体深度、土壤颜色、质地等,在其他景观因子相同的前提下,该地形上坡度等级的变化尚不能使土体中特征土层的出现层位和排列发生明显变化,也就不能使土系发生分异,出现了同一土系对应多个相似景观相的现象,因此针对不同的景观相,还要注意把握主导景观因子,从而掌握土系的变异规律。耕作与

管理一定程度上改变了土壤表层,形成了受人为作用的特征土层,但受地形限制,旱耕强度弱,皆未形成堆垫表层,不同的植被覆盖也能够指示若干土壤属性和土体构型,例如茶园土壤呈现酸性,不利农耕而覆盖松杉的岗顶土壤具黏磐且出现层位高。

5.3 塋冲田地形

研究区塋田与低岗坡下沿连接,地势较冲田高,形成与冲田的过渡,经平整土地修筑梯田,该区已有超过 30 年的稻麦轮作历史,土壤物质来源为黄土状物质,受地下水及人为灌水影响,土壤矿物处于脱钾阶段,属水云母型^[21],25—50 cm pH 值皆为中性。

在该区景观分类成果基础上,对塋冲田开展土系调查,划分出 3 个代表性土系(表 6)。

表 6 塋冲田土系基本理化性质
Table 6 The basic physical-chemical properties of soil series in embanked-alluvial area

土系 Soil series	土层 Horizon	深度/cm Depth	润态颜色 Moist color	pH(H ₂ O)	有机质/(g/kg) Organic matter	粒径分布/(g/kg) Particle size distribution			粘化率 Sticky rate	质地 Texture
						2—0.05mm	0.05—0.002mm	<0.002mm		
曹庄系 Caozhuang series	Ap1	0—10	棕灰(10YR 5/1)	4.99	21.05	392	433	175	1.00	壤土
	Ap2	10—18	棕灰(10YR 5/1)	5.12	16.31	381	430	189	1.08	壤土
	E	18—40	灰黄棕(10YR 5/2)	6.18	8.37	288	590	121	0.69	粉砂壤土
	Br	40—60	棕(7.5YR 4/4)	6.73	3.94	446	405	148	0.85	壤土
	BC	60—90	暗棕(7.5YR 3/4)	6.86	6.38	195	550	255	1.46	粉砂壤土
	C	90—120	棕(7.5YR 4/4)	6.48	4.64	272	574	154	0.88	粉砂壤土
云塘系 Yuntang series	Ap1	0—13	暗黄棕(10YR 4/3)	5.56	23.88	450	367	183	1.00	壤土
	Ap2	13—19	暗黄棕(10YR 4/3)	5.90	14.40	333	462	205	1.12	壤土
	Btr1	19—36	棕(7.5YR 4/4)	6.86	7.23	218	566	217	1.18	粉砂壤土
	Btr2	36—67	棕(7.5YR 4/4)	6.86	4.87	219	552	230	1.25	粉砂壤土
	BC	67—110	暗棕(7.5YR 3/4)	6.64	2.55	219	463	318	1.74	黏壤土
戴家凹系 Daijia'ao series	Apg1	0—12	暗青灰(10BG 4/1)	5.79	18.81	360	472	168	1.00	壤土
	Apg2	12—18	暗青灰(10BG 4/1)	5.91	10.13	310	498	192	1.14	壤土
	Btr1	18—41	棕(7.5YR 4/4)	6.86	2.82	378	348	273	1.63	黏壤土
	Btr2	41—65	红棕(5YR 4/6)	6.86	2.92	205	501	294	1.75	黏壤土
	C	65—75	红棕(5YR 4/6)	6.80	2.85	211	492	297	1.77	黏壤土

Ap1: 耕作层; Ap2: 犁底层; E: 淋溶层; Br: 具氧化还原特征的淀积层; BC: B 层向 C 层的过渡层; C: 母质层; Btr1, Btr2: 具氧化还原特征的黏粒淀积层的两个亚层; Apg1, Apg2: 具潜育特征的耕作层与犁底层

(1)曹庄系 塋田平地冲积物水田景观,地下水在 130 cm 以下,表层有机质含量高,紧挨水耕表层之下有一厚 23 cm 黏粒含量较水耕表层低的淡色铁渗淋亚层,其下为具中量铁锰斑的斑纹层。

(2)云塘系 上冲平地冲积物水田景观,地形平坦,110 cm 处出现地下水,表层有机质含量高,水耕氧化还原层中量铁锈斑纹,下部见少量黑色低硬度

锰结核,铁锰斑纹含量上下分异不明显。

(3)戴家凹系 下冲缓坡冲积物水田景观,地势较低,70 cm 处即出现地下水,土表以下 60 cm 内具潜育特征,水耕氧化还原层有中量分异不明显的铁锰斑纹。

水耕人为土因长期淹水种植,一定程度上脱离母土影响与控制,区域水文状况与人为影响对其起

着重要作用^[2]。对比以上 3 个土系及其所在景观相,区域小地形能够间接反映地下水深度、黏粒含量等特征,如:曹庄系—云塘系—戴家凹系,对应地形变化:塍田—上冲—下冲,地下水位和剖面黏粒含量加权平均(178 g/kg—241 g/kg—261 g/kg)都逐级升高,反映了冲积物的特征,区域小地形往往反映的是与之相匹配的土壤过程,对土系特征土层及剖面属性(如曹庄系的铁渗淋亚层、戴家凹系的潜育特征)起到重要的指示作用。

综合分析以上 3 种地形下的土系特点及其景观特征,得出不同景观条件下对土系分布及其属性起主导作用的景观因子有所差异,如在丘陵地形主导景观因子是微地形,低岗地为母质和植被,塍冲田则是利用方式、微地形及与之关联的水文状况,景观相中主导景观因子对土系具有重要的指示作用,与其他景观因子一起综合地反映土系的生境条件。

采集主要剖面的基础上,在同一景观相(地理位置上相连或分离)的代表区域挖掘检查剖面,发现了特征土层及排列相似的土体构型,属同一土系,证实了在相同的景观相内,同一土系是可以重复出现的,这也证明了由多个景观因子构成的景观相与土系分布的密切联系。

在相邻土系之间钻取大数量、高密度的定界剖面来掌握土系边界及过渡特征,研究表明具有母质变异的景观相之间土系界限是非常清晰的,与景观相的边界一致,在相同母质的景观相上,不同地形有所差异,土系边界与景观的主导景观因子有较高相关性,确定土系边界时重在把握相应景观相的主导因子,如丘陵上相邻景观相的微地形变异处往往就是土系的边界所在。研究证明景观相对土系的分布具有较好的指示作用,可为基于土系的调查制图工作提供参考。

6 结束语

本研究在景观分类理论与土系特点基础上,初步探讨了面向土系调查制图的景观分类的原则与方法,建立了包含景观区、景观类、景观亚类及景观相的四级景观分类系统,并通过对丘陵、低岗、塍冲田几种地形开展土系调查对景观分类体系进行验证,初步得出以下几点认识:

(1)景观分类体系的景观相一级,综合选取了小

区域内与土系分布密切相关的微地形、母质、土地利用方式或植被信息作为景观因子,对研究区内土系分布和属性能起到一定指示作用,可以为面向土系的调查制图提供依据,如样点位置与数量的确定、土系边界的划定等。

(2)不同地形下对土壤发生和土系分布起主要指示作用的景观因子不同,如本研究区丘陵地形主导景观因子是微地形,低岗地是母质和植被,塍冲田则是利用方式、微地形以及与之关联的水文特征,景观相综合了小尺度范围内与土壤密切相关的景观信息,可系统反映土系分布的景观特征,运用景观相开展土系调查制图时还要注意把握起主导作用的景观因子。

(3)本研究区处丘陵地带,绝对海拔较低,而对于山地,随海拔升高,气温降低,降水量相对增多,影响成土过程,因此对于这样的区域进行景观分类时还应考虑海拔作为景观因子。

(4)判定土壤的水分状况时,Penman 经验公式反映的往往是宏观大尺度的年平均干燥度,土系与微景观联系密切,土壤水分状况因微地形变化而变异,实际开展土系调查确定水分状况,参考经验公式的同时,还要根据微地形的排水状况、地下水深度及有无人灌等因素进行确定,而不能单独根据经验公式一概而论。

(5)建议对单个山体开展土系调查时,由于山体名称单一、土系分异,对土系的命名可以考虑“山名+部位”的形式,在本文中即采用这种方式,可以将不同的土系区分开。

土系作为中国土壤系统分类的基层分类,最终要通过土系调查制图服务于应用,大尺度的景观分类不能为土系调查制图提供充足详细的景观信息,然土壤调查一定是基于土壤—景观模式的科学,调查工作前需对景观有深入系统的认识,进行面向土系调查制图的小尺度景观分类研究是非常有必要的,可为土系的调查制图提供丰富详细的景观信息,有助于深化对土壤-景观模式的认识。

References:

- [1] Chinese Soil Taxonomy Research Group, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Cooperative Research Group on Chinese Soil Taxonomy. Keys to Chinese Soil Taxonomy. 3rd ed. Hefei: Press of University of Science and Technology of China,

- 2001; 25-191.
- [2] Gong Z T, Zhang G L, Chen Z C. Pedogenesis and Soil Taxonomy. Beijing: Science Press, 2007; 392-396.
- [3] Gong Z T. Chinese Soil Taxonomy: Theory, Methodology and Practices. Beijing: Science Press, 1999; 39-45.
- [4] Du G H, Zhang G L, Zhao W J. Characteristics of soil series and their classification. Chinese Journal of Soil Science, 1999, 30 (S1): 10-12.
- [5] Hudson B D. The soil survey as paradigm-based science. Soil Science Society of America Journal, 1992, 56(3): 836-841.
- [6] Zhang G L, et al. Study and Mapping on Soil Series. Hefei: Press of University of Science and Technology of China, 2001; 51-64.
- [7] Huang C M, Gong Z T, He Y R. A probe into the relationship between soil and landscape. Chinese Journal of Soil Science, 1999, 30(6): 241-244.
- [8] Hu H X, Wang J K, Yu Z X, Wang Q B. Soil-landscape relationships in Shenyang area. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(8): 1551-1555.
- [9] Li Z P, Liu L M, Zhang H B, Shuai W B. Current situation of landscape eco-classification and its development trend. Chinese Journal of Ecology, 2004, 23(4): 150-156.
- [10] Liang F C, Liu L M. Landscape classification: research progress and development trend. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(6): 1632-1638.
- [11] Wang Y L. A theoretical methodology of landscape eco-classification. Chinese Journal of Applied Ecology, 1996, 7(S1): 121-126.
- [12] Du G H, Zhang G L, Gong Z T. Characteristic soil horizons and their divisions. Soil, 2001, 33(1): 1-6.
- [13] Buol S W, Southard R J, Graham R C, McDaniel P A. Soil Genesis and Classification. 6th ed. New York: John Wiley & Sons, 2011; 397-402.
- [14] Xiao D N, Li X Z, Gao J, Chang Y, Zhang N, Li T S. Landscape Ecology. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2010; 136-141.
- [15] Xiao D N, Zhong L S. Ecological principles of landscape classification and assessment. Chinese Journal of Applied Ecology, 1998, 9(2): 217-221.
- [16] Tang G A, Song J. Comparison of slope classification methods in slope mapping from DEMs. Journal of Soil and Water Conservation, 2006, 20(2): 157-160.
- [17] Pan J J. Soil Survey and Mapping. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2010; 153-158.
- [18] Liu H Q, Xu J W. Landscape Ecology. Changchun: Northeast Normal University Press, 2008; 164-164.
- [19] Zhang G L, Wang Q B, Zhang F R, Wu K N, Cai C F, Zhang M K, Li D C, Zhao Y G, Yang J L. Criteria for establishment of soil family and soil series in Chinese Soil Taxonomy. Acta Pedologica Sinica, 2013, 50(4): 190-198.
- [20] Shi Y X, Zhang W G, Dai X R, Song Z G, Yu L Z, Zheng X M. Characteristics of clay mineral assemblage of Xiashu loess and their paleoenvironmental significance. Marine geology & Quaternary Geology, 2005, 25(4): 99-105.
- [21] Yang S Y, Li C X, Li X S, Wang A P. Geochemical records of chemical weathering of the Xiashu loess in the lower reaches of the Changjiang River. Geochimica, 2001, 30(4): 402-406.

参考文献:

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34 ,No.9 May ,2014(Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Research progress on ecosystem complexity-stability relationships based on soil food web CHEN Yunfeng, TANG Zheng, LI Hui, et al (2173)
- The ecological restoration effort of degraded estuarine wetland in Northwest Yunnan Plateau, China FU Wenchao, TIAN Kun, XIAO Derong, et al (2187)
- The correlations among arable land, settlement and karst rocky desertification-cases study based on typical peak-cluster depression ... LI Yangbing, LUO Guangjie, BAI Xiaoyong, et al (2195)
- Correlation between the distribution characteristics of poisonous plants and *Ochotona curzoniae*, *Myospalax baileyi* in the East of Tibetan Plateau Alpine meadow ecosystem JIN Liang, SUN Li, CUI Huijun, et al (2208)
- Effects of the surrounding habitat on the spider community and leafhopper population in tea plantations LI Jianlong, TANG Jingchi, LI Xiudi, et al (2216)

Autecology & Fundamentals

- Effect of soil-litter layer enzyme activities on litter decomposition in *Pinus massoniana* plantation in Three Gorges Reservoir Area GE Xiaogai, XIAO Wenfa, ZENG Lixiong, et al (2228)
- Kinetics of nutrient uptake by three emergent plants, *Phragmites australis*, *Typha orientalis* and *Scirpus triquetra* ZHANG Xiling, WANG Lixin, LIU Huamin, et al (2238)
- Effects of desertification intensity and stand age on leaf and soil carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry in *Pinus elliottii* plantation HU Qiwu, NIE Lanqin, ZHENG Yanming, et al (2246)
- Effects of shrub (*Caragana microphalla* Lam.) encroachment on water redistribution and utilization in the typical steppe of Inner Mongolia PENG Haiying, LI Xiaoyan, TONG Shaoyu (2256)
- Effects of shadowing on methane Emissions from *Castanopsis carlesii* and *Cunninghamia lanceolata* CHEN Xixiang, YANG Yanhua, JIANG Jun, et al (2266)
- Oviposition preference and offspring performance of the oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* and guava fruit fly *B. correcta* (Diptera: Tephritidae) on six host fruits LIU Hui, HOU Bohua, ZHANG Can, et al (2274)
- Pollination Mechanisms of genus *Salvia* (Lamiaceae) in East Asia (China) HUANG Yanbo, WEI Yukun, GE Binjie, et al (2282)

Population, Community and Ecosystem

- The effect of resource pulse supply on interspecific competition of a few algal species LI Wei (2290)
- Soil fertility quality assessment under different vegetation restoration patterns LI Jingpeng, XU Mingfeng, SU Zhiyao, et al (2297)
- Scale change and dependence of plant functional traits in hilly areas of the loess region, Shaanxi Province, China DING Man, WEN Zhongming, ZHENG Ying (2308)
- N and P stoichiometry of *Koeleria paniculata* leaf and soil in Xiangtan Manganese Mine wasteland XU Luyan, TIAN Dalun, WANG Guangjun, et al (2316)
- Evapotranspiration and factors influencing evapotranspiration in the spring wheat farmland of China's Loess Plateau YANG Fulin, ZHANG Qiang, WANG Wenyu, et al (2323)
- Isolation and Biolog identification of the high-efficiency azotobacter from iron tailing under different vegetation restoration modes LI Wen, YAN Aihua, HUANG Qiuxian, et al (2329)
- Assessing effects of *Cupressus chengiana* plantations in the dry valley of Zagunao River, Li county of Sichuan Province LI Dongsheng, LUO Da, SHI Zuomin, et al (2338)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Landscape diversity of *Paerargyrops edita* Tanaka stock in Minnan-Taiwan Bank Fishing Ground CAI Jiandi, SU Guoqiang, MA Chao, et al (2347)
- Landscape classification in a small area for soil series survey and mapping: a case study in the Ningzhen hills, China LU Haodong, PAN Jianjun, FU Chuancheng, et al (2356)
- Impacts of climate change on winter wheat growing period and irrigation water requirements in the north china plain HU Wei, YAN Changrong, LI Yingchun, et al (2367)

Resource and Industrial Ecology

- Factor decomposition of carbon intensity in Xiamen City based on LMDI method LIU Yuan, LI Xiangyang, LIN Jianyi, et al (2378)
- Evaluation index system of sustainable livelihoods ecotourism strategy: a case study of wangjiazhai community in baiyangdian wetland nature reserve, Hebei WANG Jin, ZHANG Yujun, SHI Ling (2388)
- Relationships between stem sap flow rate of litchi trees and meteorological parameters FAN Chao, QIU Yanping, LI Zhiqiang, et al (2401)
- Evaluation on control efficiency of bethylid parasitoids on pest insects indoor: a case of *Sclerodermus* sp. (Hymenoptera: Bethylidae) ZHAN Maokui, YANG Zhongqi, WANG Xiaoyi, et al (2411)

Urban, Rural and Social Ecology

- The dynamic change of herdsmen well-being and ecosystem services in grassland of Inner Mongolia: take Xilinguole League as example DAI Guangshuo, NA Risu, DONG Xiaobin, et al (2422)
- The construction of the eco-agricultural yards in three gorges reservoir area based on agricultural non-point source pollution zones LIU Juan, XIE Qian, Ni Jiupai, et al (2431)
- Spatial pattern gradient analysis of a transect in a hilly urban area in China from the perspective of transportation corridor sprawl LÜ Zhiqiang, DAI Fuqiang, ZHOU Qigang (2442)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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,280 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

本期责任副主编 于贵瑞

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 34 卷 第 9 期 (2014 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 9 (May, 2014)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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:100717	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 90.00 元