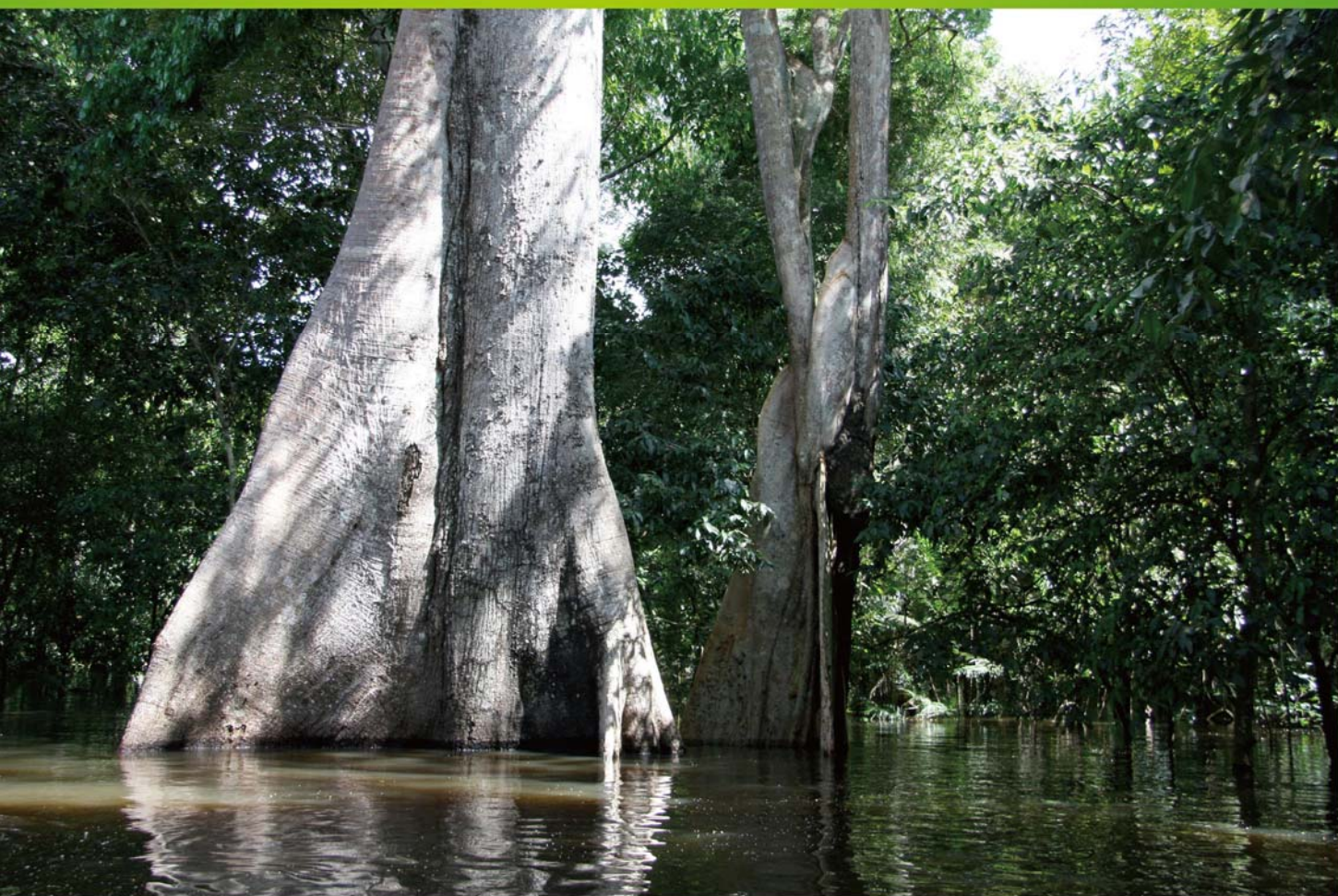


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

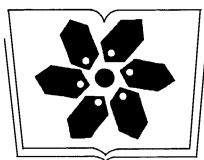
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第8期 Vol.31 No.8 **2011**

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 31 卷 第 8 期

2011 年 4 月 (半月刊)

目 次

塔里木河下游胡杨径向生长与地下水的关系·····	安红燕,徐海量,叶 茂,等 (2053)
冲积平原区高程因子对土壤剖面质地构型的影响——以封丘县为例·····	檀满枝,密术晓,李开丽,等 (2060)
臭氧胁迫对大豆叶片抗坏血酸-谷胱甘肽循环的影响·····	王俊力,王 岩,赵天宏,等 (2068)
重要理化因子对小球藻生长和油脂产量的影响·····	张桂艳,温小斌,梁 芳,等 (2076)
北亚热带马尾松净生产力对气候变化的响应·····	程瑞梅,封晓辉,肖文发,等 (2086)
亚热带沟叶结缕草草坪土壤呼吸·····	李熙波,杨玉盛,曾宏达,等 (2096)
UV-B 辐射对马尾松凋落叶分解和养分释放的影响·····	宋新章,张慧玲,江 洪,等 (2106)
干旱胁迫下内生真菌感染对羽茅的生理生态影响·····	韩 荣,李 夏,任安芝,等 (2115)
蜜环菌对锌的耐性和富集特性·····	朱 林,程显好,李维焕,等 (2124)
干旱荒漠区狭叶锦鸡儿灌丛扩展对策·····	张建华,马成仓,刘志宏,等 (2132)
黄土高原区不同植物凋落物搭配对土壤微生物量碳、氮的影响·····	王春阳,周建斌,夏志敏,等 (2139)
内蒙古典型草原克氏针茅与冰草的生存策略·····	孙 建,刘 苗,李胜功,等 (2148)
荒漠沙柳根围 AM 真菌的空间分布·····	贺学礼,杨 静,赵丽莉 (2159)
开放式昼夜不同增温对单季稻影响的试验研究·····	董文军,邓艾兴,张 彬,等 (2169)
醉马草免培养内生细菌的多样性·····	张雪兵,史应武,曾 军,等 (2178)
河南生态足迹驱动因素的 Hi_PLS 分析及其发展对策·····	贾俊松 (2188)
禹城市耕地土壤盐分与有机质的指示克里格分析·····	杨奇勇,杨劲松,余世鹏 (2196)
旋覆花提取物对朱砂叶螨的生物活性及酶活性的影响·····	段丹丹,王有年,成 军,等 (2203)
白洋淀湖滨湿地岸边带氨氧化古菌与氨氧化细菌的分布特性·····	叶 磊,祝贵兵,王 雨,等 (2209)
干旱胁迫条件下 6 种喀斯特主要造林树种苗木叶片水势及吸水潜能变化·····	王 丁,姚 健,杨 雪,等 (2216)
桉树人工林物种多样性变化特征·····	刘 平,秦 晶,刘建昌,等 (2227)
海河流域湿地生态系统服务功能价值评价·····	江 波,欧阳志云,苗 鸿,等 (2236)
芦苇在微咸水河口湿地甲烷排放中的作用·····	马安娜,陆健健 (2245)
云南不同土壤铅背景值下大叶茶种群对铅的吸收积累特征及其遗传分化·····	刘声传,段昌群,李振华,等 (2253)
长江口和杭州湾凤鲚胃含物与海洋浮游动物的种类组成比较·····	刘守海,徐兆礼 (2263)
江西大岗山地区 7—9 月降水量的重建与分析·····	乔 磊,王 兵,郭 浩,等 (2272)
山核桃免耕经营的经济效益和生态效益·····	王正加,黄兴召,唐小华,等 (2281)
基于 GIS 的广州市中心城区城市森林可达性分析·····	朱耀军,王 成,贾宝全,等 (2290)
专论与综述	
土壤呼吸温度敏感性的影响因素和不确定性·····	杨庆朋,徐 明,刘洪升,等 (2301)
植物代谢速率与个体生物量关系研究进展·····	程栋梁,钟全林,林茂兹,等 (2312)
耕地生态补偿实践与研究进展·····	马爱慧,蔡银莺,张安录 (2321)
问题讨论	
元谋干热河谷三种植被恢复模式土壤贮水及入渗特性·····	刘 洁,李贤伟,纪中华,等 (2331)
研究简报	
中微量元素和有益元素对水稻生长和吸收镉的影响·····	胡 坤,喻 华,冯文强,等 (2341)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 296 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-04



封面图说:巴西热带雨林——美丽的巴西北部玛瑙斯热带雨林景观。位于南美洲的亚马逊河是世界上流域最广、流量最大的河流,孕育了世界面积最大的热带雨林,雨林中蕴藏着极丰富的生物资源。

彩图提供:中国科学院生态环境研究中心徐卫华博士 E-mail: xuweihua@rcees.ac.cn

冲积平原区高程因子对土壤剖面质地构型的影响 ——以封丘县为例

檀满枝¹, 密术晓^{1,2}, 李开丽^{1,2}, 陈杰^{3,*}

(1. 土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;
3. 郑州大学水利与环境学院, 郑州 450001)

摘要: 河流冲积平原区土壤剖面质地构型对土壤水肥保持、供给能力以及水盐运动产生极为重要的影响。区域土壤的六大成土因素中, 地形的影响最为突出。分析土壤剖面质地构型的地形影响, 对于指导农业生产具有重要的理论与现实意义。应用模糊 *c*-均值算法模型, 基于土壤剖面特征质地层厚度数据, 得到研究区 9 种土壤剖面质地构型。对比分析典型区和研究区土壤剖面质地构型的地形影响结果表明: 隶属于土壤剖面质地构型砂-砂-砂的隶属度值与高程之间始终存在正相关, 说明地形较高部位发育的土壤质地偏砂的规律性始终存在, 而从典型区到研究区, 其它土壤剖面质地构型、0—60 cm 土层质地类型、以及表土层、心土层和底土层质地类型受地形影响的规律性减弱。地形较低部位发育的土壤剖面质地构型相对复杂, 而地形较高处, 发育的土壤剖面质地构型相对简单。土壤剖面质地构型复杂的地区可能更多地受到人为因素的干扰, 从而表现出受地形影响的规律性不明显。

关键词: 封丘县; 模糊 *c*-均值; 剖面质地构型; 高程

Influence of elevation factor on soil profile texture configuration: a case study of the alluvial plain of Fengqiu County

TAN Manzhi¹, MI Shuxiao^{1,2}, LI Kaili^{1,2}, CHEN Jie^{3,*}

1 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 School of Water Conservancy and Environment, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China

Abstract: Profile texture configuration of the soil in alluvial plains is a crucial factor determining soil water and nutrient conserving and supplying capacity and water and salt movement in the soil. Among the six major soil-forming factors in this regional soil, topography stands out to be the most prominent one. Analysis of the influence of topography on soil profile texture configuration is of important theoretical and practical significance to guiding agricultural production. Using the fuzzy *c*-means algorithm model nine soil profiles different in texture configuration was defined. Based on the data of thicknesses of the characteristic texture layers of nine soil profiles including sandy, loamy and clayey, surface layers, (0—(30±10) cm), sandy, loamy and clayey center layers ((30±10) cm—(60±10) cm) and sandy, loamy and clayey bottom layers ((60±10) cm—(90±10) cm), nine types of soil profile texture configuration were identified, i. e. loam-clay-loam, loam-loam-clay, loam-clay-clay, clay-clay-clay, sand-sand-clay, sand-sand-sand, sand-loam-loam, loam-loam-sand and loam-loam-loam, among which loam-loam-loam and sand-sand-sand were the dominant types. As a result of frequent flooding by the Yellow River in history, complex process of sediment deposition, and in addition farming practices and soil amelioration measures, like irrigation, deep plowing and field leveling, soil profile texture configuration varied sharply in distribution at a small spatial scale.

基金项目: 国家自然科学基金项目(40701070 和 40971128); 中国科学院知识创新工程重大项目(KSCX1-YW-09-02); 中国科学院南京土壤研究所创新前沿项目(ISSASIP0716)资助

收稿日期: 2010-03-26; **修订日期:** 2010-07-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jchen@zzu.edu.cn

Comparison analysis of the influence of landform on soil texture profile configuration in the whole study area and the typical area relatively concentrated with various types of soil profile texture configuration, shows that a positive correlation always exists between membership value of the soil profile texture configuration of the sand-sand-sand type and elevation, suggesting that the law prevails that soils in lands relatively high in elevation tend to be sandy, while the influence of landform on soil profile texture configuration of other types, and soil texture of the 0—60cm soil layer, surface soil layer, subsoil layer and bottom soil layer, does not follow any specific law. The reason is probably that as the influence factor of soil profile texture configuration is relatively simple in the typical area than in the whole study area; elevation can be viewed as the main factor controlling spatial distribution of various types of soil profile texture configuration. Based on the definition of 0—60cm texture control layer, soil profile texture configurations with the same texture function layer or texture control layer were collated. It was found that the soils with a texture control layer of the sand-sand-loam type were generally distributed in areas on average over 70m in elevation, while the soils with a texture control layer of the loam type or the loam-clay type were in areas that did not vary much in average elevation, i. e. below 70 m. The two were often overlapped in distribution at a micro-region scope.

At the study area scope, the spatial and temporal heterogeneity of the sedimentary environment, the wind transporting process and the soil farming and amelioration practices, such as local irrigation sedimentation, deep tillage, was great, which to a large extent reduced and masked the influence of elevation on spatial distribution of soil profile texture configuration. The higher the elevation of the parts of landform, the fewer the type of soil profile texture configuration developed; and the lower the elevation, the more the type developed. Moreover, the parts lower in elevation are often complex in soil profile texture configuration, and higher in elevation, simple in soil profile texture configuration. Areas complex in soil profile texture configurations may have been subjected to exposure of human interference, and as a result that the influence of landform on soil profile texture configuration does not have any specific law to follow.

Key Words: Fengqiu County; fuzzy *c*-means algorithm model; soil profile texture configuration; elevation

河流冲积平原是我国最主要的传统农业区和粮食生产基地,发育于黄河中下游冲积平原地区的各新成土、雏形土土壤类型,其最突出的发生学特征之一是对其黄河搬运母质的强烈继承性。土体中不同部位沉积物质机械组成的水平层理结构,直接决定了土壤剖面垂直方向上的质地层次排列,从而对土壤水肥保持、供给能力和水盐运动产生极为重要的影响。因此,冲积平原区土壤质量与耕地生产潜力不仅仅取决于表层土壤养分状况与肥力水平,同时很大程度上取决于搬运母质的沉积序列和土壤剖面的质地层次组合。

由于河流水沙活动、沉积环境、风力再搬运过程以及当地灌淤、深翻等土壤改良、利用实践在时空上的异质性,土壤质地层次在水平和垂直空间上均表现出高度的分布复杂性和性状可变性。传统土壤调查手段无法在观测土壤剖面质地组合特征与环境因素之间建立起科学的定量联系,对土壤剖面质地组合的空间预测始终基于土壤发生学概念模型,预测结果蕴含极大的不确定性。20 世纪 90 年代以来,随着计量土壤学这一分支学科的迅猛发展,数学模型开始应用于土壤质地水平和垂直空间上的变异预测领域。如 Hengl 等人分别应用最大似然法监督分类模型、多变量逻辑回归模型和指示变量回归克里格等多种方法在区域尺度上对表层土壤中粉粒、粘粒和砂粒含量实施空间预测,并基于美国土壤质地分类制实现预测结果的可视化表达^[1]。对于发育于沉积母质的土壤,Li 等人尝试应用马尔可夫链理论揭示土壤剖面质地层次的垂向变异规律^[2];He 等人则试图基于指示半方差函数和顺序指数模拟变量进行土壤质地三维空间上的可变性分析与模拟^[3]。

众所周知,作为五大成土因素之一,地形因素在土壤-环境物质与能量交换过程中发挥至关重要的作用,通过地表物质、能量的再分配功能对土壤发生、发育与演化产生深刻影响。地表形态特征是沉积环境中固体物质迁移与沉降的最主要的控制因素。20 世纪 90 年代开始,地形因子作为环境协变量被日益广泛地应用于土壤发生学属性空间预测研究^[4-6]。以往相关研究多以地形因子作为预测变量,在区域尺度上对土壤属性在

水平空间上的可变性实施预测。而对土壤质地层次在三维空间上(水平和垂直方向)变异及其与地形因子之间的内在联系方面的研究,目前尚未见报道。

本研究以黄河中下游平原地区的封丘县为案例区,应用模糊集理论及其相关算法模型,确立土壤剖面基本质地构型,在此基础上实现研究区土壤剖面质地构型空间预测,分析土壤剖面质地构型与高程因子之间的发生学联系,阐释高程因子对土壤发生、发育以及基础肥力水平的重要影响,为区域农业生产布局、耕地质量评价、生产潜力评估以及土壤改良和利用实践提供更加客观、丰富的基础信息。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

封丘县地处北纬 $34^{\circ}53'$ — $35^{\circ}14'$,东经 $114^{\circ}14'$ — $114^{\circ}45'$ 之间,是典型的黄河中下游冲积平原区(图1)。境内南部、东部的黄河大堤和北部的太行堤将全县分为三个部分:黄河大堤以南、以东是黄河河床和滩地区。属北暖温带半湿润季风气候区,年均温 13.9°C ,多年平均降雨 605mm 。总面积 1220.5km^2 ,其中耕地面积 8.73万 hm^2 ,是全国商品粮基地县之一、封丘县为我国七五、八五期间黄淮海农业开发重点县、是著名的优质小麦、优质水稻生产基地^[7]。本县境内分布的主要土壤类型为新成土和雏形土,占全县土壤总面积的98%以上,成土母质均为第四纪全新世以来的黄河冲积物。受黄河水沙运动时空变化、沉积环境演变以及风力再搬运作用、人类土壤利用与改良实践等多种因素的综合影响,同质性差、垂直与水平方向上质地层次分布较为复杂、砂粘相间、层理交错、剖面质地构型多样。区域内成土母质的同源异质性及质地层次组合的复杂性对土壤发生发育、基础肥力水平以及水盐运动特征产生深刻影响。

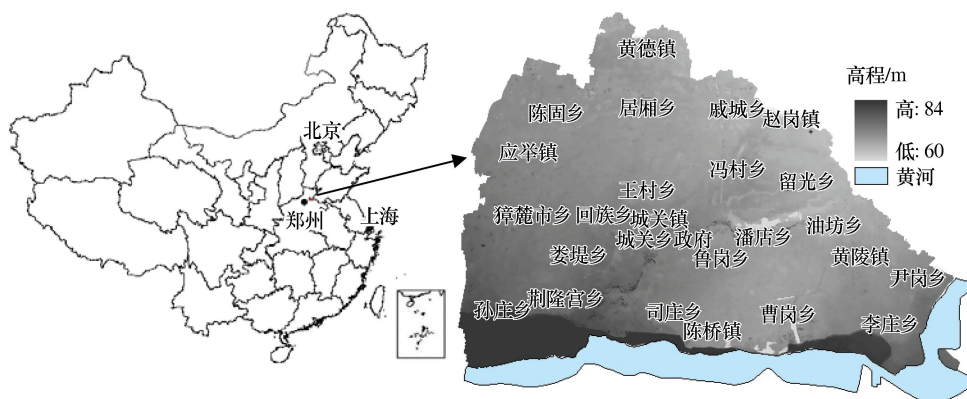


图1 封丘县地理位置*及5 m 栅格分辨率的DEM图

Fig.1 The location of Fengqiu County and DEM map with grid resolution of 5 m

* 地理位置中省界图由国家资源与环境数据中心(挂靠单位为中国科学院地理与资源环境研究所)提供的1:50万《中华人民共和国行政区划》数字化图件(1999年版)

1.2 土壤质地信息获取与特征质地层的确定

在研究区布设 $2\text{km}\times 2\text{km}$ 控制网格,网格内依据主要土壤类型和微域地形因素确定土壤样点并以GPS精确定位。土壤野外调查与土壤样品采集在实施过程中分两个阶段进行:第一阶段主要工作包括土壤标准剖面观测、分层土壤样品采集、土样质地实验室分析和特征质地层确定。研究区共观测土壤剖面39个、采集土壤剖面分层样品142个。土壤样品经风干、磨碎、过筛(2mm)预处理程序后,采用吸管法测定土壤机械组成,质地分类采用美国制12级标准^[8]。然后根据相邻质地级别对土壤主要理化属性影响的相似性,将12级质地简化、归并为砂、壤、粘3种质地类别。进而把土壤剖面中相邻且质地相同的采样层次合并,最后按合并后的土层在剖面中出现的位置,定义为表土层(0 至 $(30\pm 10)\text{cm}$)、心土层 $(30\pm 10)\text{cm}$ — $(60\pm 10)\text{cm}$ 和底土层 $(60\pm 10)\text{cm}$ — $(90\pm 10)\text{cm}$ 。根据土层的质地类型及其在土壤剖面中出现的位置两个基本特征定义的层次,就是所谓的特征质地层,本研究共确立9种特征质地层。第二阶段的野外土壤调查主要以土钻作业为主,这一阶

段不进行土壤样品的采集,其核心任务为土钻样品的观测记录并基于第一阶段确立的特征质地层的划分标准,确定每个土钻样品各特征质地层类型及其厚度参数。这一阶段工作的主要意义在于以较低的成本大幅增加参与土壤剖面质地构型空间预测的样本数量。

1.3 研究区土壤剖面质地构型的确定

本研究的核心内容之一,是基于已确立的特征质地层在观测土壤剖面 and 土钻样本中的出现或缺失特征及对应的厚度参数,应用模糊 c -均值算法 (FCM) 模型依据特征质地层在垂直方向上的排列组合特征对土壤剖面进行连续分类。FCM 是模糊逻辑中常用的一种多变量模糊聚类算法模型,首先定义一个 $n \times p$ 模糊集 X , n 为研究区样点数量 (39 个剖面样点+113 个土钻样点=152 个), p 为样点的特征质地层变量 (9), 特征质地层变量以相应厚度值 (剖面中某特征质地层缺失, 相应厚度值取“0”) 进入 FCM 算法模型进行重复迭代运算。在确定相关参数后, FCM 自动将研究区 152 个样点的土壤样本划分至 c 个模糊类别, 每一个类别代表一个典型的特征质地层组合。本研究中, 这种垂直方向上的典型特征质地层组合被称为土壤剖面质地构型。FCM 算法模型及其相关参数确定、输出结果及其分类学意义参见相关文献^[9-12]。基于 FCM 算法模型输出的研究区特征质地层组合即土壤剖面质地构型及每一观测样点土壤对于不同剖面质地构型的模糊隶属度值, 应用地统计学手段和去模糊化处理, 预测各种质地构型的土壤剖面在地理空间上的分布特征。具体方法为, 将插值分析获得的样区土壤对于每种土壤剖面质地构型的单一类别隶属度图转换为栅格尺寸为 120m×120m 的栅格图, 依栅格单元对于各特征质地层组合类型的最大隶属关系将其进行土壤剖面构型“硬性分派”, 最终实现研究区土壤剖面质地构型空间预测结果的去模糊化表达。

1.4 DEM 数据源及高程因子提取

本研究基于 2000 年出版的 1:1 万封丘县地形图, 在 Arcgis 环境中生成栅格分辨率为 5m 的 DEM 并提取高程因子 (图 1)。此外, 本研究土壤剖面质地构型空间预测制图也在 ArcGIS 中实现, 相关统计分析基于 spss18.0 平台完成。

2 结果与讨论

2.1 研究区土壤剖面质地构型及其空间分布

模糊 c -均值算法模型输出结果包括土壤剖面质地构型数量、每一构型中各特征质地层厚度质心值 (表 1) 以及各样点土壤对于不同剖面质地构型的模糊隶属度值。模型运算结果显示, 本研究区观测土壤共划分为 9 种剖面质地构型, 这里分别以英文字母 a, b, c, d, e, f, g, h, i 表示。各特征质地层出现或缺失状况及厚度属性, 清楚地揭示了不同剖面质地构型在垂直方向上的质地变化特点。如剖面质地构型 a 是一种表壤-心粘-底壤型质地构型, 垂直方向上 (从上而下) 3 种质地土层的厚度中心值分别为 36、30cm 和 30cm; 而剖面质地构型 h 为表壤-心壤-底砂型质地构型, 从上而下 3 种质地土层的厚度质心分别为 21、40、33cm。

表 1 样点土壤剖面质地构型及其特征质地层厚度中心值

Table 1 Soil profile texture configurations at the soil sampling sites and central values of thickness of their corresponding characteristic texture layers

类别 Class	名称 Name	S-s	S-l	S-c	C-s	C-l	C-c	B-s	B-l	B-c
a	壤-粘-壤型	0	36	0	0	0	30	0	30	0
b	壤-壤-粘型	0	20	0	0	34	0	0	0	38
c	壤-粘-粘型	0	23	0	0	0	41	0	0	31
d	粘-粘-粘型	0	0	25	0	0	33	0	0	26
e	砂-砂-粘型	20	0	0	43	0	0	0	0	26
f	砂-砂-砂型	25	0	0	35	0	0	39	0	0
g	砂-壤-壤型	25	0	0	0	35	0	0	34	0
h	壤-壤-砂型	0	21	0	0	49	0	28	0	0
i	壤-壤-壤型	0	21	0	0	40	0	0	33	0

基于样点土壤对于各剖面质地构型的模糊隶属度值, 应用地统计学手段和去模糊化处理, 获得 9 种土壤

剖面质地构型在研究区的空间分布图(图2)。可以看出,壤-壤-壤质地构型的土壤在研究区分布面积最大,在西北部与壤-壤-壤剖面质地构型的土壤呈复域分布;其次是砂-砂-砂型土壤,主要分布在研究区南部黄河大堤两侧区域。其它剖面质地构型的土壤分布面积较小,其中尽管在观测土壤中发现了以粘-粘-粘为基本组合的剖面质地构型,但由于其分布范围较为有限,在制图过程中无法实现表达。

2.2 典型区高程因子对土壤剖面质地构型的影响

2.2.1 典型区土壤剖面质地构型对应高程统计结果

在研究区内选取各种剖面质地构型分布相对密集的长方形区域作为典型区,揭示高程因子在微域尺度上对土壤剖面质地构型的影响。典型区面积 212km²,共有 8 种剖面质地构型的土壤分布(图3),以壤-壤-壤,砂-砂-砂和壤-壤-粘型土壤为主,与整个研究区保持相近的面积分布规律。典型区共有 14757 个栅格点数据,栅格尺寸 120m×120m。统计结果(表2)显示,典型区平均高程 68.7m,最小值为 64.9m,最大值为 81m。变异系数为 2.43%。8 种土壤剖面质地构型对应的高程平均值、最小值和最大值变化曲线基本呈“几”型(图6)。砂-砂-粘、砂-砂-砂和砂-壤-壤 3 种剖面质地构型对应的高程最小值、平均值和最大值均较其它类型高。

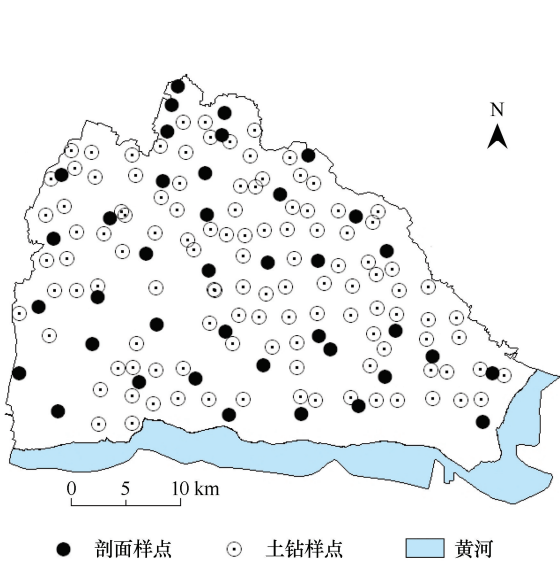


图2 研究区样点分布图

Fig. 2 The distribution of soli sampling points in the study area

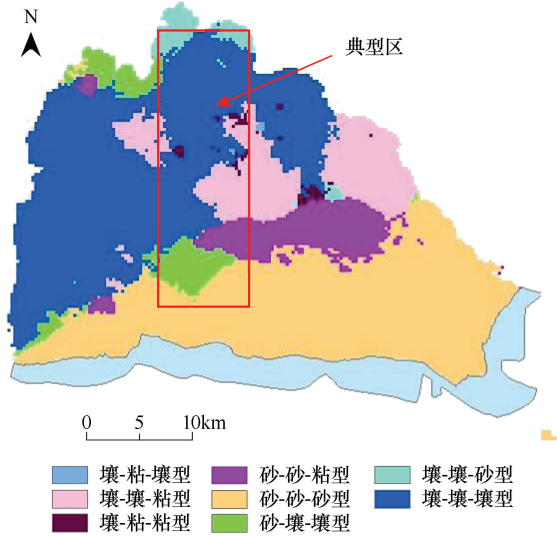


图3 研究区主要土壤剖面质地构型空间分布预测图

Fig. 3 The spatial prediction map of soil profile texture configuration in the study area

表2 典型区土壤剖面质地构型对应高程值的统计结果

Table 2 Statistics of elevations corresponding to different types of soil profile texture configuration in the typical area

代码 Code	类别 Class	面积百分比/% Area percentage	最小高程/m Min	最大高程/m Max	平均高程/m Mean	标准差 Std. D	变异系数/% C. V.
a	壤-粘-壤型	0.35	66.3	67.4	66.97	0.21	0.32
b	壤-壤-粘型	12.29	66.24	71.41	68.30	0.75	1.10
c	壤-粘-粘型	2.47	66.3	67.85	67.15	0.32	0.48
e	砂-砂-粘型	3.37	68.61	79	69.91	1.08	1.55
f	砂-砂-砂型	18.87	68.21	81.00	70.62	1.27	1.80
g	砂-壤-壤型	4.55	69.00	76.30	70.98	0.93	1.31
h	壤-壤-砂型	4.06	65.00	68.54	67.08	0.92	1.36
i	壤-壤-壤型	54.06	64.91	72.62	68.07	1.30	1.91
典型区 Typical area		100	64.9	81	68.7	1.67	2.43

2.2.2 剖面质地构型隶属度与对应高程值之间的相关性

基于典型区栅格数据的土壤剖面质地构型模糊隶属度值和相应高程值进行相关性分析,结果显示:壤-

粘-壤、壤-壤-粘、壤-粘-粘、壤-壤-砂和壤-壤-壤型等 5 种土壤剖面质地构型的模糊隶属度与相应高程值之间在 $P < 0.01$ 水平上呈现极显著负相关, 相关系数分别为 0.45, 0.48, 0.26, 0.52, 0.64, 而砂-砂-粘、砂-砂-砂和砂-壤-壤型等 3 种土壤剖面质地构型的模糊隶属度与其相应高程值之间在 $P < 0.01$ 水平上呈现极显著正相关, 相关系数分别为 0.71, 0.57, 0.74。这表明, 在微域尺度上, 高程越大, 表层土壤质地越粗。这是因为, 封丘黄泛地区洪水泥沙含量大、沉积过程较长, 由于地势较高部位最先出露水面, 沉积过程在洪水尚处于流动阶段便率先终止, 因此沉积物机械组成中粗粒物质含量较高。

2.2.3 高程因子对剖面功能层段质地特性的影响

土壤剖面中 0—60cm 土体是土壤肥力质量和农业生产潜力影响最大的层段。对发育于沉积物上的新成土和雏形土类型而言, 这一层段的质地属性, 直接决定土壤储存、保持和供给水分和养分的能力。鉴于此, 本研究称这一层段为质地功能层段或质地控制层段。根据土壤质地特性近似原则, 将本研究定义的表土层和心土层合并为功能层段, 砂-砂-粘、砂-砂-砂和砂-壤-壤型剖面质地构型具有相同的质地功能层段或质地控制层段而归并为一类, 壤-壤-砂和壤-壤-壤型归并为一类, 壤-粘-壤、壤-壤-粘和壤-粘-粘型归并为一类。统计 3 类具有不同质地控制层段的剖面质地构型对应的高程平均值、最小值和最大值, 砂-砂壤型控制层段出现的土壤剖面, 其对应高程平均值、最大值和最小值均高于壤型、壤-粘型控制层段出现的剖面(图 4)。从图中还可以看出, 砂-砂壤型控制层段出现的土壤分布于平均高程 70m 以上地形部位, 而壤型、壤-粘型控制层段出现的土壤, 分布的平均高程相差不大, 均在 70m 以下, 二者在微域尺度上呈现复域分布特点。

将整段土壤剖面按表土层、心土层和底土层分解, 并将相同质地类型的土层归类, 定义为质地属性层, 统计每一类质地属性层对应高程的平均值、最小值和最大值(表 3)。表 3 可以看出, 表土层和心土层质地从砂到壤再到粘对应的高程平均值呈现明显下降趋势, 而底土层质地属性变化未能反映出上述的高程变化规律。

2.3 研究区高程因子对土壤剖面质地构型的影响

如果统计仅限于典型区进行, 则各土壤剖面质地构型对应的高程平均值、最小值和最大值变化曲线均呈“几”字型(图 5), 高程越大, 表层土壤质地越粗, 典型区最大高程值对应砂性剖面质地构型系列。将统计范围拓展至整个研究区, 上述规律却不明显(图 5)。

如上所述, 典型区内砂-砂-粘型、砂-砂-砂型和砂-壤-壤型等 3 种砂性土壤剖面质地构型的模糊隶属度与其对应的高程值呈极显著正相关, 而其它 6 种壤、粘性剖面质地构型的模糊隶属度与其对应的高程值呈极显著负相关。将上述相关性分析结果扩展至整个研究区, 发现只有砂-砂-砂型的模糊隶属度与其对应的高程值之间呈显著正相关, 且相关系数较小, 仅为 0.16(表 4)。出现这一情况的主要原因, 可能是由于典型区土壤

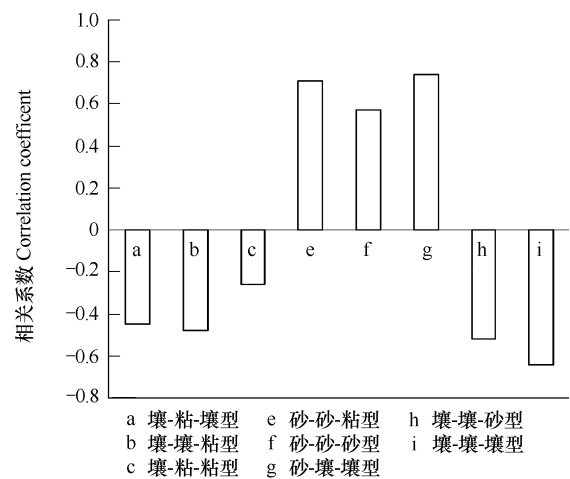


图 3 土壤剖面质地构型隶属度值与对应高程相关性分析柱状图

Fig. 3 The correlation histogram between membership value of samples to soil profile texture configuration and their corresponding elevation value

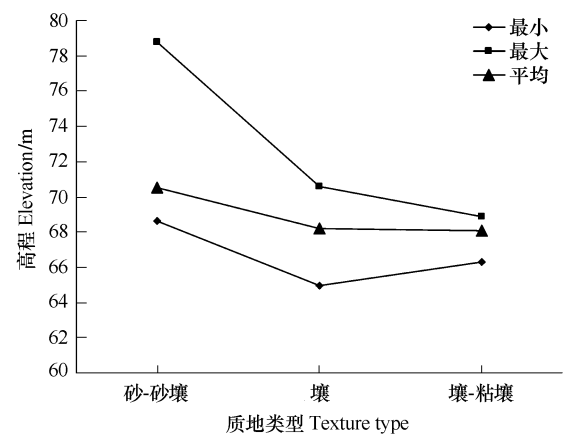


图 4 三类具有不同质地控制层段对应的高程变化曲线图

Fig. 4 Curves of elevation value corresponding to three different texture control section

剖面质地构型影响因素相对单一,高程是不同剖面质地构型的土壤空间分布格局的核心控制因子。而在研究区尺度上,沉积环境、风力再搬运过程以及当地灌淤、深翻等土壤改良与利用实践的时空异质性更强,很大程度上削弱和掩盖了高程因子对土壤剖面质地构型空间分布格局的影响。

表 3 典型区表土层、心土层和底土层不同质地类型对应高程值的描述性统计结果

Table 3 Statistics of elevations corresponding to the surface layers, center layers and bottom layers different in texture type in the typical area

质地属性层 Layer of different texture properties		面积 Area/%	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	标准差 Std. D	变异系数 C. V./%
表土层 Surface layer	砂	26.78	68.21	81.00	70.59	1.23	1.75
	壤	73.22	64.91	72.62	68.02	1.22	1.79
心土层 Center layer	砂	22.23	68.21	81.00	70.51	1.27	1.80
	壤	74.95	64.91	76.30	68.23	1.40	2.05
	粘	2.82	66.30	67.85	67.13	0.32	0.47
底土层 Bottom layer	砂	22.92	65.00	81.00	70.00	1.82	2.60
	壤	58.96	64.91	76.30	68.29	1.49	2.18
	粘	18.12	66.24	79.00	68.44	1.12	1.63

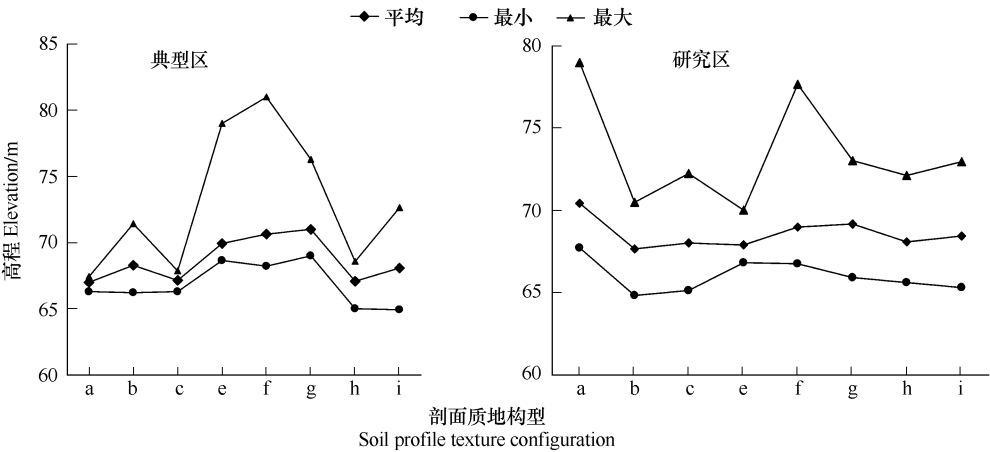


图 5 主要剖面质地构型及对应高程变化曲线

Fig. 5 The curve of elevation value of soil profile texture configuration

表 4 典型区和研究区内土壤剖面质地构型模糊隶属度与高程相关性分析结果

Table 4 Correlation analysis between the fuzzy membership of soil profile texture configuration and elevation in the typical area and study area

代码 Code	a	b	c	e	f	g	h	i
名称 Name	壤-粘-壤型	壤-壤-粘型	壤-粘-粘型	砂-砂-粘型	砂-砂-砂型	砂-壤-壤型	壤-壤-砂型	壤-壤-壤型
典型区 The typical area	-0.45 **	-0.48 **	-0.26 **	0.71 **	0.57 **	0.74 **	-0.52 **	-0.64 **
研究区 The study area	0.12	-0.14	-0.13	-0.02	0.16 *	0.04	-0.14	0.01

** 表示 $P<0.01$ 水平上相关, * 表示 $P<0.05$ 水平上相关

2.4 不同高程值等级发育的土壤剖面质地构型

以 2.5m 间隔将研究区高程划分为 5 个等级,可以发现:高程越高的地形部位,分布的土壤剖面质地构型类型越少,发育的土壤剖面土层质地组合相对简单;高程越低的地形部位,分布的土壤剖面质地构型类型越多,发育的土壤剖面土层质地组合相对复杂。研究区 65—70m 高程范围内 9 种土壤剖面质地构型均有发育,而在 70—72.5m、72.5—75m 和 75m 以上高程部位,分别只有 7 种、4 种和 2 种土壤剖面质地构型发育。这表明,地形部位较低,土壤剖面质地构型在水平空间上的分布结构相对复杂;地形部位越高,土壤剖面质地构型在水平空间上的分布相对简单。其原因可能是由于土层质地受黄河水沙运动、风力再搬运作用时空变化以及沉积环境、人类灌淤、深翻等土壤利用、改良实践等因素的影响在地形低的部位较地形高的部位强。

3 结论

(1) 基于土壤剖面观测信息与分层样品分析数据, 应用模糊 c -均值算法模型将研究区特征质地层组合即土壤剖面质地构型划分为 9 种: 即壤-粘-壤型、壤-壤-粘型、壤-粘-粘型、砂-砂-粘型、砂-砂-砂型、砂-壤-壤型、壤-壤-砂型和壤-壤-壤型。空间预测结果显示, 具有壤-壤-壤、砂-砂-砂型剖面质地构型的土壤在研究区分布面积最大。由于历史上黄河泛滥频繁、泥沙沉积过程复杂, 加上灌淤、深翻、平整等土壤利用与改良活动, 土壤剖面质地构型在空间分布上表现出强烈的微域变异特征。

(2) 在各种剖面质地构型分布相对集中的典型区, 砂-砂-粘、砂-砂-砂和砂-壤-壤型等 3 种土壤剖面质地构型的模糊隶属度与其对应高程之间呈极显著正相关。表明, 在微域尺度上, 高程越大, 表层土壤质地越粗。在定义 0—60cm 质地控制层段的基础上, 将具有相同的质地功能层段或质地控制层段的剖面质地构型归并, 结果发现: 砂-砂壤型控制层段出现的土壤分布于平均高程 70m 以上地形部位, 而壤型、壤-粘型控制层段出现的土壤, 分布的平均高程相差不大, 均在 70m 以下, 二者在微域尺度上呈现复域分布特点。

(3) 在研究区尺度上, 剖面质地构型的模糊隶属度与其对应高程值之间的相关性不明显。其原因可能是由于典型区土壤剖面质地构型影响因素相对单一, 高程可视为不同剖面质地构型的土壤空间分布格局的核心控制因子。而在研究区尺度上, 沉积环境、风力再搬运过程以及当地灌淤、深翻等土壤改良与利用实践的时空异质性更强, 很大程度上削弱和掩盖了高程因子对土壤剖面质地构型空间分布格局的影响。

(4) 在研究区尺度上, 高程等级越高的地形部位, 发育的土壤剖面质地构型类型越少; 高程等级越低的地形部位, 发育的土壤剖面质地构型类型越多。表明, 地形部位较低, 土壤剖面质地构型在水平空间上的分布结构相对复杂; 地形部位越高, 土壤剖面质地构型在水平空间上的分布相对简单。

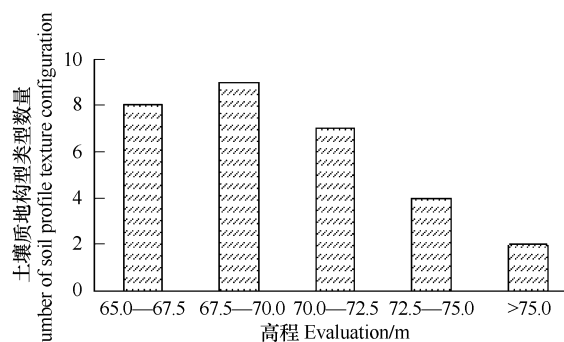


图 6 不同高程等级地形部位发育的剖面质地构型类型数量

Fig. 6 The number of soil profile texture configuration was developed on different levels elevation value

References:

- [1] Hengl T, Toomanian N, Reuter H I, Malakouti M. Methods to interpolate soil categorical variables from profile observations: lessons from Iran. *Geoderma*, 2007, 140(4): 417-427.
- [2] Li W D, Li B G, Shi Y C. Markov-chain simulation of soil textural profiles. *Geoderma*, 1999, 92(1/2): 37-53.
- [3] He Y, Hu K L, Chen D L, Suter H C, Li Y, Li B G, Yuan X Y, Huang Y F. Three dimensional spatial distributions modeling of soil texture under agricultural systems using a sequence indicator simulation algorithm. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2010, 71(Supplement 1): S24-S31.
- [4] Hartemink A E, McBratney A. A soil science renaissance. *Geoderma*, 2008, 148(2): 123-129.
- [5] Lagacherie P. Digital soil mapping: a state of the art//Hartemink A E, McBratney A, de Lourdes Mendonca-Santos M. *Digital Soil Mapping with Limited Data*. Switzerland: Springer Science + Business Media B V, 2008: 3-14.
- [6] Thompson J A, Pena-Yewtukhiw E M, Grove J H. Soil-landscape modeling across a physiographic region: topographic patterns and model transportability. *Geoderma*, 2006, 133(1/2): 57-70.
- [7] Soil Survey Office of Fengqiu County. *Fengqiu Soil*. 1984: 61-76.
- [8] Liu G S. *Soil Physical and Chemical Analysis & Description of Soil Profiles*. Beijing: Standards Press of China, 1996: 141-149.
- [9] Burrough P A, van Gaans P F M, Hootsmans R. Continuous classification in soil survey: spatial correlation, confusion and boundaries. *Geoderma*, 1997, 77(2/4): 115-135.
- [10] McBratney A B, Odeh I O A. Application of fuzzy sets in soil science: fuzzy logic, fuzzy measurement and fuzzy decisions. *Geoderma*, 1997, 77(2/4): 85-113.
- [11] De Grujter J J, Walvoort D J J, van Gams P F M. Continuous soil maps — a fuzzy set approach to bridge the gap between aggregation levels of process and distribution models. *Geoderma*, 1997, 77(2/4): 169-195.
- [12] Bragato G. Fuzzy continuous classification and spatial interpolation in conventional soil survey for soil mapping of the lower Piave plain. *Geoderma*, 2004, 118(1/2): 1-16.

参考文献:

- [7] 封丘县土壤普查办公室. 封丘土壤. 1984: 61-76.
- [8] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述. 北京: 中国标准出版社, 1996: 141-149.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 8 April, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

The relationship between <i>Populus euphratica</i> 's radial increment and groundwater level at the lower reach of Tarim River	AN Hongyan, XU Hailiang, YE Mao, et al (2053)
Influence of elevation factor on soil profile texture configuration: a case study of the alluvial plain of Fengqiu County	TAN Manzhi, MI Shuxiao, LI Kaili, et al (2060)
Effects of ozone on AsA-GSH cycle in soybean leaves	WANG Junli, WANG Yan, ZHAO Tianhong, et al (2068)
The effects of physical and chemical factors on the growth and lipid production of <i>Chlorella</i>	ZHANG Guiyan, WEN Xiaobin, LIANG Fang, et al (2076)
Response of net productivity of masson pine plantation to climate change in North Subtropical Region	CHENG Ruimei, FENG Xiaohui, XIAO Wenfa, et al (2086)
Soil respiration of <i>Zoysia matrella</i> turfgrass in subtropics	LI Xibo, YANG Yusheng, ZENG Hongda, et al (2096)
Effect of UV-B radiation on the leaf litter decomposition and nutrient release of <i>Pinus massoniana</i>	SONG Xinzhang, ZHANG Huiling, JIANG Hong, et al (2106)
Physiological ecological effect of endophyte infection on <i>Achnatherum sibiricum</i> under drought stress	HAN Rong, LI Xia, REN Anzhi, et al (2115)
Zinc Tolerance and Accumulation Characteristics of <i>Armillaria mellea</i>	ZHU Lin, CHENG Xianhao, LI Weihuan, et al (2124)
Expansion strategies of <i>Caragana stenophylla</i> in the arid desert region	ZHANG Jianhua, MA Chengchang, LIU Zhihong, et al (2132)
Effects of mixed plant residues from the Loess Plateau on microbial biomass carbon and nitrogen in soil	WANG Chunyang, ZHOU Jianbin, XIA Zhimin, et al (2139)
Survival strategy of <i>Stipa krylovii</i> and <i>Agropyron cristatum</i> in typical steppe of Inner Mongolia	SUN Jian, LIU Miao, LI Shengcong, et al (2148)
Spatial distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in <i>Salix psammophila</i> root-zone soil in Inner Mongolia desert	HE Xueli, YANG Jing, ZHAO Lili (2159)
An experimental study on the the effects of different diurnal warming regimes on single cropping rice with Free Air Temperature Increased (FATI) facility	DONG Wenjun, DENG Aixin, ZHANG Bin, et al (2169)
Endophytic bacterial diversity in <i>Achnatherum inebrians</i> by culture-independent approach	ZHANG Xuebing, SHI Yingwu, ZENG Jun, et al (2178)
Hierarchical Partial Least Squares (Hi_PLS) model analysis of the driving factors of Henan's Ecological Footprint (EF) and its development strategy	JIA Junsong (2188)
Evaluation on spatial distribution of soil salinity and soil organic matter by indicator Kriging in Yucheng City	YANG Qiyong, YANG Jinsong, YU Shipeng (2196)
The toxicity of lupeol of <i>Inula britannica</i> on <i>Tetranychus cinnabarinus</i> and its effects on mite enzyme activity	DUAN Dandan, WANG Younian, CHENG Jun, et al (2203)
Abundance and biodiversity of ammonia-oxidizing archaea and bacteria in littoral wetland of Baiyangdian Lake, North China	YE Lei, ZHU Guibing, WANG Yu, et al (2209)
Changes of leaf water potential and water absorption potential capacities of six kinds of seedlings in Karst mount area under different drought stress intensities: Taking six forestation seedlings in karst Mountainous region for example	WANG Ding, YAO Jian, YANG Xue, et al (2216)
Comparison of structure and species diversity of <i>Eucalyptus</i> community	LIU Ping, QIN Jing, LIU Jianchang, et al (2227)
Ecosystem services valuation of the Haihe River basin wetlands	JIANG Bo, OUYANG Zhiyun, MIAO Hong, et al (2236)
Effects of <i>Phragmites australis</i> on methane emission from a brackish estuarine wetland	MA Anna, LU Jianjian (2245)
Genetic differentiation and the characteristics of uptake and accumulation of lead among <i>Camellia sinensis</i> populations under different background lead concentrations of soils in Yunnan, China	LIU Shengchuan, DUAN Changqun, LI Zhenhua, et al (2253)
Comparison of zooplankton lists between <i>Coilia mystus</i> food contents and collections from the Yangtze River Estuary & Hangzhou Bay	LIU Shouhai, XU Zhaoli (2263)
Reconstruction and analysis of July-September precipitation in Mt. Dagangshan, China	QIAO Lei, WANG Bing, GUO Hao, et al (2272)
Analysis on economic and ecological benefits of no-tillage management of <i>Carya cathayensis</i>	WANG Zhengjia, HUANG Xingzhao, TANG Xiaohua, et al (2281)
GIS-based analysis of the accessibility of urban forests in the central city of Guangzhou, China	ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (2290)
Review and Monograph	
Impact factors and uncertainties of the temperature sensitivity of soil respiration	YANG Qingpeng, XU Ming, LIU Hongsheng, et al (2301)
The advance of allometric studies on plant metabolic rates and biomass	CHENG Dongliang, ZHONG Quanlin, LIN Maozi, et al (2312)
Practice and the research progress on eco-compensation for cultivated land	MA Aihui, CAI Yinying, ZHANG Anlu (2321)
Discussion	
Soil water holding capacities and infiltration characteristics of three vegetation restoration models in dry-hot valley of Yuanmou	LIU Jie, LI Xianwei, JI Zhonghua, et al (2331)
Scientific Note	
Effects of secondary, micro- and beneficial elements on rice growth and cadmium uptake	HU Kun, YU Hua, FENG Wenqiang, et al (2341)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 8 期 (2011 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 8 2011

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 70.00 元