

陕西省土地工程建设集团 百篇优秀论文集 (2003 - 2017)

《陕西省土地工程建设集团百篇优秀论文集》编委会 编

陕西新华出版传媒集团
陕西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

陕西省土地工程建设集团百篇优秀论文集：2003 -
2017 / 《陕西省土地工程建设集团百篇优秀论文集》编委会编.
—西安：陕西科学技术出版社 2018. 12
ISBN 978 - 7 - 5369 - 7365 - 7

I. ①陕… II. ①陕… III. ①土地开发 - 中国 - 文集
IV. ①F323.211 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 205876 号

陕西省土地工程建设集团百篇优秀论文集(2003 - 2017)

出版者 陕西新华出版传媒集团 陕西科学技术出版社
西安市曲江新区登高路 1388 号陕西新华出版传媒产业大厦 B 座
电话 (029) 81205187 传真 (029) 81205155 邮编 710061
[http: //www. snstp. com](http://www.snstp.com)
发行者 陕西新华出版传媒集团 陕西科学技术出版社
电话(029) 81205180 81206809
印 刷 陕西天地印刷有限公司
规 格 880mm × 1230mm 开本 16
印 张 46.5
字 数 1342 千字
版 次 2018 年 12 月第 1 版
2018 年 12 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978 - 7 - 5369 - 7365 - 7
定 价 200.00 元

版权所有 翻印必究

《陕西省土地工程建设集团百篇优秀论文集》
编辑委员会

编委会主任 韩霁昌

编	委	李 玲	成生权	王曙光	孙剑虹	李 瑞
		毛忠安	周俊龙	高建军	张宏凯	刘 伟
		胡梦飞	雷 宁	王军尚	何 璐	刘旺锋
		罗林涛	范永娥	朱春健	张 扬	范王涛
		王欢元	刘 琦	刘海涛	侯宪东	

前 言

土地资源是支撑经济社会发展的物质基础和重要载体,科技创新是引领和保障土地资源可持续利用的重要抓手。面对我国耕地后备资源匮乏、土地整治类型多样、未利用和难利用土地整治难度大等问题,陕西省土地工程建设集团(以下简称集团)坚持问题导向搞科研,摸索出了一套科学实用的先进技术,实现新增耕地约 2.7 万 hm^2 。集团根据多年研究和工程实践,首次提出“土地工程”的概念,并且提出将土地工程作为一级学科建设的构想,构建了包括土地资源与土地信息、土地整治工程和土地利用与保护三个二级学科的完整学科体系,形成了“理论研究—技术创新—集成示范—应用推广”的科技成果转化应用机制。集团先后荣获全国国土资源管理系统先进集体、国土资源部“十二五”科技与国际合作先进集体、陕西省先进集体、省属国有企业 2016 年度及 2014—2016 年任期全面综合考核 A 级企业,已成为全国土地工程行业排头兵。

集团的快速发展源于长期坚持土地科技创新,高度重视科技创新基础工作。针对不同类型土地整治项目中的技术瓶颈,集团及时组织科研人员进行攻关,并通过及时总结和丰富,在论著出版、授权专利、标准制定等方面取得了一批高质量、原创性的成果,其中从 2003 年至今共发表科研论文 800 余篇。为全面展示集团研究成果,加强成果交流与推广,集团成立编委会,从中筛选出 100 篇优秀论文编纂成集,内容涉及土地信息与土地资源、土地整治工程、土地利用与保护、房地产与建筑工程、矿业及综合管理等五方面,内容紧扣土地工程研究内容,具有一定的理论深度,同时密切联系工作实际,直接为生产管理服务,反映了集团的科研实力和土地工程研究方面的最新进展。

本书的成稿得益于很多人的付出和努力。感谢编委会的大力指导,特别感谢曲少东、陈科皓、王荧、刘洋洋等在论文整理校对方面作出的大量工作。陕西科学技术出版社在本书出版中也给予了大力支持,在此一并感谢。

编 者

2018 年 10 月

目 录

1 土地信息与土地资源

盐碱地利用障碍因子高光谱遥感反演研究	韩霁昌 李晓明(3)
典型半干旱区土壤盐分高光谱特征反演	李晓明 韩霁昌 李娟(9)
Research on change of farmland area and its driving factors in Shaanxi , China	 韩霁昌 李晓明(15)
测绘如何在土地整理中发挥作用	韩霁昌 成生权 张宏凯(23)
计算机技术在土壤水分运动模拟中的应用	韩霁昌 罗林涛 侯宪东(26)
基于 PLSR 的陕北土壤盐分高光谱反演	李晓明 王曙光 韩霁昌(31)
陕西定边盐渍土土壤含盐量和 pH 的空间分布特征	孙剑虹 张瑞庆 王欢元等(36)
卤泊滩典型田块土壤盐分三维空间分布研究	韩霁昌 李晓明 孙剑虹等(43)
毛乌素沙漠 - 黄土高原过渡带土壤养分空间异质性	赵宣 韩霁昌 王欢元等(52)
土地工程大数据概念、特征及在土地工程领域的应用	毛忠安 马卫鹏(61)
基于大数据的“智慧国土”平台建设研究	付佩 卢瑾(66)
基于 ArcGIS 的未利用土地开发项目工具研发与应用	孙江锋 侯宪东 盛晓磊(73)
基于 RS 与 GIS 的区域土地利用变化与生态安全评价研究	孟斌 张婷 李倩楠(81)
蓄水条件下盐碱土中盐分空间变化特征	董起广 张扬 高红贝(88)
不同海拔梯度下梵净山土壤机械组成及养分特征	舒锐 张家春 张珍明等(95)

2 土地整治工程

Potential role of feldspathic sandstone as a natural water retaining agent in Mu Us Sandy Land , Northwest China	韩霁昌 解建仓 张扬(107)
Sand stabilization effect of field spathic sandstone during the fallow period in Mu Us Sandy Land	韩霁昌 刘彦随 张扬(114)
The remediation method of sandy land in the feldspathic sandstone area - a review	朱代文 韩霁昌 王欢元(123)
Analysis of water and nitrogen use efficiency for maize (Zea mays L.) grown on soft rock and sand compound soil	王欢元 韩霁昌 童伟等(141)
The influence of soil configuration of rice paddy in the Yellow River Beach on the rice yield and soil hydraulic characteristic	朱代文 韩霁昌 蔡苗等(153)
Grain yield and associated photosynthesis characteristics during dryland winter wheat cultivar replacement since 1940 on the Loess Plateau as affected by seeding rate	孙婴婴 严晓娟 张岁歧等(163)

Factors influencing corn canopy through fall at the row scale in Northeast China	孙增慧 李子忠 李保国等(175)
Soil moisture dynamics and balance in apple (<i>Malus domestica</i> Borkh.) orchards in the Weibei rainfed highland, northwest China	张露 王益权 韩霁昌等(192)
A sand control and development model in sandy land based on mixed experiments of arsenic sandstone and sand: A case study in Mu Us Sandy Land in China	汪妮 解建仓 韩霁昌(206)
A comprehensive framework on land-water resources development in Mu Us Sandy Land	汪妮 解建仓 韩霁昌等(215)
陕西西泊滩盐碱地综合治理模式的研究	韩霁昌 解建仓 朱记伟等(223)
蓄水条件下蓄水沟水体与相邻土壤的盐分运移规律研究	韩霁昌 解建仓 王涛等(230)
以蓄为主盐碱地综合治理工程设计的合理性研究	韩霁昌 解建仓 成生权等(238)
陕西西泊滩盐碱地“改排为蓄”后盐碱指标试验观测	韩霁昌 解建仓 王涛等(245)
基于 van Genuchten 模型的渭北苹果园土壤水分能量特征分析	张露 王益权 韩霁昌等(255)
Effects of composite soil with feldspathic sandstone and sand on soil aggregates and organic carbon	李娟 韩霁昌 张扬等(267)
$\delta^{13}\text{C}$ 法研究砂姜黑土添加秸秆后团聚体有机碳变化规律	刘哲 韩霁昌 孙增慧等(278)
种植方式对华北平原典型农田土壤微形态特征的影响	孙增慧 韩霁昌 刘哲等(292)
雨强和糙度对坡面薄层流体力学特性的影响	王俊杰 张宽地 杨苗等(303)
毛乌素沙地砒砂岩与沙快速复配成土核心技术研究	韩霁昌 刘彦随 罗林涛(317)
砒砂岩与沙复配成土造田技术研究	付佩 王欢元 罗林涛等(325)
砒砂岩与沙混合比例及作物种植季数对复配土壤性质和作物产量的影响	柴苗苗 韩霁昌 罗林涛等(332)
玉米种植模式下砒砂岩与沙复配土氮素淋失特征	罗林涛 程杰 王欢元等(340)
砒砂岩与沙复配成土对小麦光合生理和产量的影响	李娟 韩霁昌 李晓明(346)
砒砂岩与沙复配“土壤”的质地性状	张露 韩霁昌 马增辉等(355)
砒砂岩对毛乌素沙地风成沙的改良应用研究	张卫华 韩霁昌 王欢元等(364)
盐碱地综合治理的工程模式研究	李娟 韩霁昌 张扬等(372)
汉中荒草地整治后耕作层土壤颗粒分形特征	雷娜 韩霁昌 穆兴民(380)
砒砂岩与沙复配土壤的冻融特征	王晶 韩霁昌 张扬等(387)
冻融交替对砒砂岩与沙复配土壤团粒结构的影响	张海鸥 韩霁昌 张扬等(393)
芦苇不同生育期盐碱土离子含量动态变化研究	张露 韩霁昌 马增辉等(400)
砌体工程在关中、渭北及陕北地区的应用差异和冻胀因素分析	雷宁 袁延西(407)
砒砂岩与沙混合比例对春玉米冠层结构及其光合特性的影响	孙翌翌 韩霁昌 张扬等(411)
外源新碳对红壤团聚体及有机碳分布和稳定性的影响	刘哲 韩霁昌 孙增慧等(420)
日光温室钾镁肥对土壤固相和液相钾、钙、镁分配及比例的影响	闫波 韩霁昌 陈竹君等(431)
砒砂岩对毛乌素沙地风沙土储水能力影响的研究	孙翌翌 孙绪博 曹婷婷等(440)
黄土高原丘陵沟壑区土地利用方式对土壤团聚体特征的影响	李娟 韩霁昌 陈超等(448)
基于拉曼光谱研究砒砂岩与沙复配土的胶结作用力	郭航 韩霁昌 张扬等(457)

3 土地利用与保护

以土地工程夯实生态文明建设基础	韩霁昌(469)
创新土地工程建设生态国土	韩霁昌(471)
开展有机土体结构材料研究推动土地工程学科建设发展	韩霁昌(473)
城市生态环境退化与土地工程基础理论研究	韩霁昌(475)
土地工程提升土地质量 改善区域生态环境	韩霁昌(477)
我省建设占用耕地补充指标的现状 & 出路	韩霁昌(479)
探究土体元素活化技术促进土地生态化发展	韩霁昌(482)
Land policy and land engineering	韩霁昌 张扬(484)
The bioaccumulation and migration of inorganic mercury and methylmercury in the rice plants	朱代文 韩霁昌 吴世璋(493)
锌同位素示踪技术在土壤污染溯源中的应用	王曙光 刘社堂 南卡俄吾等(503)
渭北台塬区新增耕地土壤肥力评价——以陕西澄城县为例	师晨迪 韩霁昌 马增辉等(508)
地质灾害的分布特征与工程治理——以陕西省为例	盛刚(515)
延边州重点乡镇农村建设用地整理潜力分析	范晓峰 张济世 张展(518)
复合人工湿地系统对重金属的去除研究	曹婷婷 王欢元 孙雯雯(525)
多环芳烃污染土壤修复技术研究进展	陈科皓 魏样(534)
石油污染对土壤毛细水上升特性的影响	魏样 王益权 蔡苗等(539)
黄土高原沟壑区农田土壤重金属及矿质元素变化分析	徐娜 党廷辉(547)
渭河河漫滩宏观弥散度计算	张小筱 李修成(557)
潼关县秦东镇河滩地新增耕地土壤养分和重金属状况分析	朱代文 夏龙飞 蔡苗(565)
从土地现状谈土地工程学科建设	程杰 韩霁昌 张扬等(574)
沿黄盐碱地水稻种植生育期内土壤质量的变化	董起广 何振嘉 高红贝等(580)
交通因素对黄土丘陵沟壑区空心村变迁的影响分析	张卫华 韩霁昌 马增辉等(585)
论建立陕西省级农村土地银行的必要性	李立平 罗林涛 李晓明(592)
毛乌素沙地综合开发规模评价指标体系	魏样 成生权 赵永华(596)
建设用地预审面临的问题与建议——以铁路建设项目为例	戴森 崔天宇(601)
农村集体经营性建设用地入市时序研究——以黑龙江省安达市为例	
.....	张国剑 江炯 周永青(606)
浅谈土地整治企业会计核算中收入与成本的确认和计量	荆佩(615)
金凤小镇建设探索	刘琦 成生权 刘文章(619)
农村土地“溜溜田”式分散经营状况下的新土地流转模式初探	陈朝阳 李刘荣(626)

4 房地产及建筑工程

基于 CT 图像的混凝土细观力学层次模型重建	雷光宇 韩霁昌 张扬等(635)
西安市城南绕城高速路面径流污染排放特征	王昭 韩霁昌 雷光宇等(647)
人工湿地工艺在住宅小区中的应用分析	巩岩(655)
岩体单裂隙剪切辐射流渗流耦合试验及分析	贺伟(659)
基于粒子群算法的圆形隧洞锚喷支护优化	牛岩 韩霁昌 雷光宇(665)

基于人工智能方法的混凝土动态力学特性分析研究	雷光宇 韩霁昌 张扬等(676)
基于 CYCLEPAD 的直接式冷凝热回收热力学模拟	贺鹏 张昕悦(682)
房地产行业发展现状及未来趋势探讨	刘亚军(689)
土建施工中的混凝土施工技术浅谈	范海波(692)

5 矿业及综合管理

矿业

Study on the change law of soil in subsidence area of horizontal coal seam	
.....	李鹏锋 王曙光 刘伟(697)
煤矿开采沉陷区内土体重构分区整治技术研究	王曙光 李鹏锋 刘伟(703)
陕西潼关小秦岭金矿国家矿山公园矿业遗迹资源类型及评价	刘强(711)

综合管理

“营改增”对中小企业会计处理和企业信息的影响	孙剑虹(717)
BT 项目的会计核算方法探讨	岳贤峰(719)
关于企业劳动用工形式的探讨	刘娜(723)
法律党建	
加强和创新党建工作 构建企业发展新常态	严蕊 李瑞(725)
国有企业纪检机构如何运用监督执纪“四种形态”	夏莺(727)
资产管理法律问题研究	施东良(729)

1 土地信息与土地资源

盐碱地利用障碍因子高光谱遥感反演研究

韩霁昌^{1 2 3} 李晓明^{1 2 3}

(1. 陕西省地产开发服务总公司 陕西 西安 710075;

2. 陕西省土地整治工程技术研究中心 陕西 西安 710075;

3. 国土资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室 陕西 西安 710075)

【摘要】选取陕北拌沙改良盐碱地为研究对象,对盐碱地利用障碍因子进行高光谱遥感反演研究。通过实测研究区域的作物长势,采集土壤样品和土壤高光谱数据,并实验测定土壤理化性质分析盐碱地利用的障碍因子。研究盐碱地利用障碍因子的高光谱特征,建立其遥感定量反演模型,并进行精度检验。研究表明:土壤盐分含量是制约改良盐碱地利用的主要障碍因子,毛管孔隙度与土壤盐分含量具有良好相关性,也可以作为障碍因子之一;利用土壤的高光谱数据对土壤全盐含量及毛管孔隙度进行遥感定量反演具有良好的精度(回归分析决定系数 R^2 分别为 0.938 和 0.973);检验样点精度检验结果表明,盐分含量及毛管孔隙度的实测值与预测值均具有良好的相关性(k 均接近于 1, R^2 分别为 0.8404 和 0.7965),反演精度较高。通过高光谱数据对盐碱地改良利用的障碍因子进行遥感定量反演,对于指导盐碱地的整治改良和利用具有重要的推动作用。

【关键词】高光谱特征;盐碱地;土地利用;障碍因子

Research on hyperspectral remote sensing inversion of barrier factors in saline – alkaline land use

Han Jichang^{1 2 3}, Li Xiaoming^{1 2 3}

(1. Shaanxi Province Estate Development Corporation, Xi'an 710075; 2. Engineering Research Center for Land Consolidation, Shaanxi Province, Xi'an 710075; 3. Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, the Ministry of Land and Resources of China, Xi'an 710075)

【Abstract】In the present paper, the meliorated saline – alkaline land by mixing sand in the north of Shaanxi province was chosen as the study area. The growth situation of the corn in the study area was measured, and soil samples and hyperspectral data were collected. The barrier factors for saline – alkaline land use were obtained by analysing the properties of soil samples. And the hyperspectral characteristics of the barrier factors were studied to elicit the quantitative inverse model, and the accuracy was verified. The study results indicated that the salt content in soil was the primary factor restricting the saline – alkaline land use, and capillary porosity was also the barrier factor because of its good correlation with the salt content. The precisions of quantitative inverse model of salt content and capillary porosity with hyperspectral data were good (the determinate coefficients R^2 were 0.938 and 0.973). The test result with testing points showed that there were good correlations between the measured value and predicted value of salt content and capillary porosity (the slope was near to 1, and R was 0.8404 and 0.7965, the accuracy was good. It is of great promotion for guiding the saline – alkaline land consolidation and use that the barrier factors for saline – alkaline land use were interpreted quantitatively by hyperspectral data.

【Key words】Hyperspectral characteristics; Saline – alkaline Land; Land use; Barrier factors

土壤盐碱化是制约耕地利用和农业发展的主要因素之一,我国盐渍土分布广泛^[1],总面积约为 $3600 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占全国可利用土地面积的 4.88%。其中,陕、甘、宁、青、蒙、新西部 6 省区盐碱地面积占全国的 69.03%^[2]。通过盐碱地整治改良,增加耕地面积、提高耕地质量是保障国家粮食安全的重要举措。通过对改良盐碱地的实时监测,分析盐碱地利用的障碍因子,有利于指导盐碱地整治工作。传统的田间采样监测方法,费时、费力^[3]。高光谱数据遥感凭借其高光谱分辨率,能够反映地物光谱的细微特征,使得依据光谱特征来进行土壤性质的遥感定量反演成为可能。随着遥感技术的发展,国内外利用高光谱技术定量半定量地研究土壤性质有了大量的研究^[4-5],Csillag F^[6]、Dehaan R L^[7]、Farifteh J^[8]等利用高光谱数据对土壤盐渍化进行监测研究,卢艳丽^[9]等利用高光谱对土壤有机质、氮素等养分含量进行估算研究,刘焕军^[10]等通过建立各种土壤光谱指数,分析并确定反映盐碱化程度的最佳波段与土壤光谱指数。本文通过对陕北盐碱地拌沙改良区进行高光谱数据测定,对遴选的制约盐碱地利用的障碍因子利用高光谱数据进行定量反演,并建立定量反演模型,对于实现盐碱地监测,指导当地盐碱地整治改良工作具有重要的实践意义。

1 实验部分

1.1 研究区域概况

研究区域选取陕北定边,位于毛乌素沙地南缘,是黄土高原与内蒙古鄂尔多斯荒漠草原过渡地带。该区域属于温带大陆性半干旱季风气候,春季多风,夏季干旱,秋季阴雨,冬季严寒,日照充足,年均气温 7.9°C ,年均降水量 316.9 mm。研究区域地势宽广平坦,地下水位高,土壤盐碱化严重,目前采用拌沙混合的方法进行整治改良。

1.2 数据获取

研究实施时间为 2012 年 10 月份,该时段玉米即将收获,在研究区域进行调查,布设样点,测定玉米长势及土壤的高光谱特征,同时采集土壤样品。

1.2.1 样点布设及作物长势测定

研究区域土壤盐碱胁迫比较严重,玉米结实率低,故以玉米株高作为玉米长势指示因子。在研究区域,依据玉米长势,选取不同样点 40 个,其中 25 个样点数据用于高光谱反演研究,15 个样点用于精度检验。测定以样点为圆心的直径 1 m 内玉米长势,取 5 株具有代表性玉米,测定株高取算术平均值,以玉米的平均株高作为盐碱地可利用程度的指标因子。

1.2.2 高光谱数据获取

在选取样点玉米长势测定完成后,对周边玉米秸秆齐根剪除,以便于为高光谱数据的采集提供良好环境。利用美国 ASD 公司生产的新一代 FieldSpec 4 HR 型地物光谱仪(光谱范围为 350 ~ 2500 nm),在每个样点处测定光谱亮度值,每个样点重复采集 15 条光谱亮度值曲线,取算术平均值作为该样点光谱亮度值用于反演计算。

1.2.3 土样采集与分析

光谱数据采集结束后,采集各样点的表层土样,样品分为两部分,一部分利用环刀取样,用于测定容重、含水量以及毛管孔隙度;另一部分采集表层样品,带回实验室,自然风干,磨细过筛,测定土样的盐分含量,测定方法参照《土壤农业化学分析方法》^[11]。

1.3 研究方法

首先对土壤性质因子进行相关分析,研究各性质因子之间的相关性;然后以玉米株高长势作为因变量,各土壤性质因子为自变量,利用逐步回归分析法^[12],研究获取制约盐碱地利用的障碍因子,并建立作物长势与土壤性质之间的回归模型。通过分析障碍因子与高光谱亮度值之间的相关性,建立障碍因子的高光谱遥感定量反演模型,并通过检验样点实测值与预测值的对比分析进行精度检验。所有数据的统计

分析在 SPSS 软件中实现,而高光谱数据的处理在 ASD 公司的 ViewSpecPro 软件中实现。

2 结果与讨论

2.1 土壤性质因子的经典统计分析

对采集的土样分析测定,获取盐分含量、含水量、容重、通气孔隙度、毛管孔隙度等 5 个性质因子数据。各指标因子及玉米长势经典统计特征见表 1。同时分析各指标因子之间的相关性,见表 2,可以看出土壤盐分含量与毛管孔隙度具有良好的相关性,相关系数为 0.906。

表 1 各指标因子及玉米长势统计特征表

Table 1 Descriptive characteristics of soil properties and corn height

	盐分含量/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	含水量/ %	容重/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	通气孔隙 度/%	毛管孔隙 度/%	玉米株高 /cm
Min	0.219	26.265	1.374	2.186	40.675	19.8
Max	1.686	33.368	1.477	5.918	45.130	173.0
Mean	0.969	28.713	1.447	3.593	42.217	111.2
SD	0.477	2.270	0.047	1.293	1.377	48.969

表 2 各指标因子之间的相关性

Table 2 Correlations among soil properties

Correlation	全盐含量	含水量	容重	通气孔隙	毛管孔隙
全盐含量	1.000	0.763	-0.687	-0.028	0.906
含水量		1.000	-0.934	0.525	0.908
容重			1.000	-0.677	-0.906
通气孔隙				1.000	0.302
毛管孔隙					1.000

2.2 盐碱地利用障碍因子分析

在盐碱地拌沙改良区,以作物长势,即玉米株高,作为盐碱地可利用程度指示因子,利用逐步回归分析法,研究土壤盐分含量、含水量、容重、通气孔隙度以及毛管孔隙度等性质因子与玉米长势间的线性回归关系,见式(1),进而提取玉米长势障碍因子。

$$G = 104.110 \times S + 212.368 \quad (n = 25, r^2 = 0.903^{**}) \quad (1)$$

式中 G 为玉米株高(cm),代表作物长势及改良效果; S 为土壤盐分含量($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)。

逐步回归分析结果表明,仅有土壤盐分含量因子经逐步回归分析后仍然保留,土壤盐分含量为作物长势的主要障碍因子,另外由因子间的相关性分析(表 2)可以看出,土壤盐分含量与毛管孔隙度具有良好的相关性,土壤的毛管孔隙度也可以作为障碍因子之一。故而,经逐步回归分析和相关分析,选取土壤盐分含量和毛管孔隙度作为研究区域盐碱地利用的障碍因子。

2.3 障碍因子的高光谱特征研究

选用美国 ASD 公司新一代 FieldSpec 4 HR 野外测定光谱亮度值,测定波长范围为 350 ~ 2500 nm,

每个样点采集光谱特征曲线 15 条,在 ViewSpecPro 软件中打开,剔除离群曲线,利用余下可利用曲线取算术平均值,作为测定点的光谱特征值。图 1 所示为 1 号样点剔除离群曲线后遴选的光谱亮度值曲线。

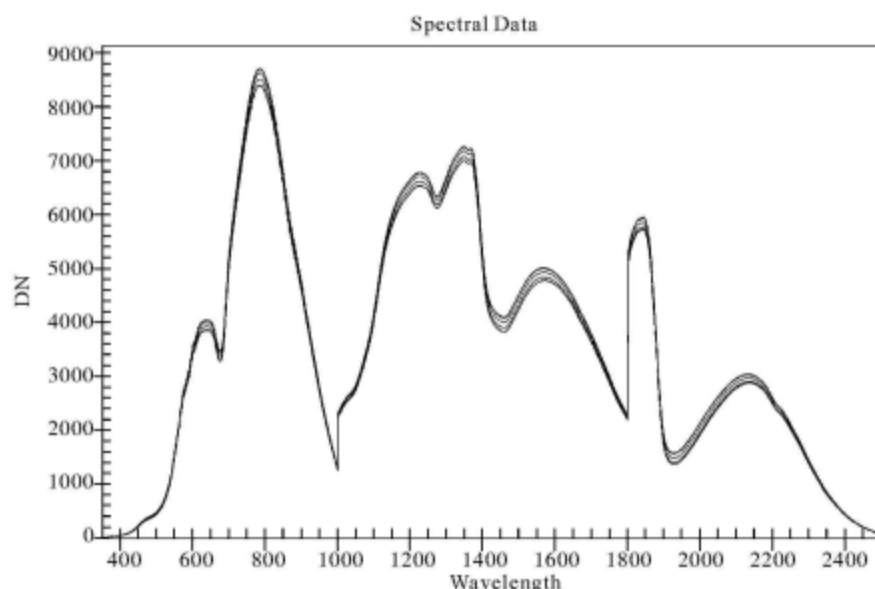


图 1 1 号样点剔除离群曲线后遴选的光谱亮度值曲线

Fig. 1 DN values for all bands from 350 nm to 2500 nm (e. g. Site #1)

提取 350 ~ 2500 nm 全部整数波段光谱亮度值,与土壤盐分含量和毛管孔隙度因子做相关性分析。结果表明,土壤盐分含量与波长为 492 nm、677 nm 和 682 nm 的光谱亮度值具有良好相关性,土壤毛管孔隙度与波长为 489 nm、504 nm、1399 nm、1545 nm、1758 nm、1927 nm 和 1943 nm 的光谱亮度值具有良好的相关性。

利用逐步回归分析法研究土壤盐分含量及毛管孔隙度的高光谱遥感定量反演,结果表明,土壤盐分含量可以表示为波长 492 nm 和 682 nm 光谱亮度值的多元回归函数;土壤毛管孔隙度可以表示为波长为 1399 nm 和 1545 nm 光谱亮度值的多元回归函数;二者均具有良好的反演精度,式(2)和式(3),决定系数分别高达 0.938 和 0.973。

$$S = 0.0113 \times B_{492} - 0.00111 \times B_{682} + 0.295 \quad (n = 25 \quad r^2 = 0.938^{**}) \quad (2)$$

式中 S 为土壤盐分含量 $g \cdot kg^{-1}$; B_{492} 、 B_{682} 是波长为 492 nm 和 682 nm 光谱亮度值,下同。

$$C = 0.0485 \times B_{1399} - 0.0596 \times B_{1545} + 75.801 \quad (n = 25 \quad r^2 = 0.937^{**}) \quad (3)$$

式中 C 为土壤毛管孔隙度(%); B_{1399} 、 B_{1545} 是波长为 1399 nm 和 1545 nm 光谱亮度值,下同。

2.4 反演精度分析

对土壤盐分含量及毛管孔隙度的高光谱定量反演模型,通过方差分析进行精度检验。分析结果表明 B_{492} 、 B_{682} 对土壤盐分含量反演具有良好精度, $\text{sig.} = 0.00568 < 0.01$, 在 0.01 水平上显著; B_{1399} 、 B_{1545} 对毛管孔隙度的反演精度良好, $\text{sig.} = 0.001 < 0.01$, 在 0.01 水平上显著。所以,利用土壤的高光谱数据对土壤盐分含量及毛管孔隙度进行遥感反演具有良好的精度。

同时利用实测 15 个检验样点,对比分析实测值与预测值的相关性,研究遥感反演精度。检验点实测值与预测值的对比分析可以看出,实测值与预测值具有良好的相关性,回归分析的决定系数 r^2 分别为 0.8404 和 0.7965,回归方程斜率 k 均接近于 1,其中土壤盐分含量的预测精度较毛管孔隙度的预测精度更高($k = 0.9679 \quad r^2 = 0.8404$)。

由上述分析结果表明,利用土壤的高光谱特征对土壤盐分含量与毛管孔隙度进行遥感定量反演具有良好的精度。进而可以直接利用土壤的高光谱特征对作物长势进行推测,利用所有获取的40组数据,以玉米株高为因变量 B_{492} 、 B_{682} 、 B_{1399} 和 B_{1545} 自变量,利用逐步回归分析,建立玉米长势的高光谱亮度值回归模型,见式(4),经方差分析检验, $\text{sig.} = 0.021 < 0.05$,在0.05水平上显著,具有良好的精度。

$$G = 0.103 \times B_{682} - 1.109 \times B_{492} + 194.780 (n = 40, r^2 = 0.854^{**}) \quad (4)$$

3 结论

陕北盐碱地整治利用初期,土壤盐分含量依然是制约土地利用的首要障碍因子,而毛管孔隙度由于其与土壤盐分含量的良好相关性,也作为主要障碍因子之一。这与研究区域盐碱地改良的机理相吻合。陕北盐碱地质地密实,毛管孔隙发达,矿化度较高的地下水在毛细管力的作用下由下向上运移,在表层土壤聚集,这是当地盐碱化的主要原因。所以,要实现盐碱改良,必需破坏土壤中的毛管孔隙,抑制地下水的向上运移。在研究区域选用拌沙改良是有效的措施之一,原因在于沙子粒径较大,混合于盐碱地,有效地减少了毛管孔隙,而增大了通气孔隙,从而抑制了矿化度较高的地下水的向上运移。研究结果显示,毛管孔隙度与土壤盐分含量呈显著正相关(相关系数高达0.906),这有力地证明了在研究区域采用拌沙改良盐碱地是有效的措施。

利用高光谱数据进行遥感反演,结果表明,土壤盐分含量与选定波长的光谱亮度值显著相关,利用选定波长的光谱亮度值进行土壤盐分的反演具有较高的精度。利用高光谱数据对土壤盐分进行定量解译,无须大规模的采样测试,有利于实现土壤盐渍化的快速诊断和宏观监测。

高光谱数据具有广泛的应用性,本研究选定高光谱亮度值进行定量反演,通过对350~2500 nm波长范围的所有光谱亮度值与土壤性质进行相关分析筛选所需波段。在实际应用中,也可以采用反射率及对数、微分或倒数等数学变换,或者已知的光谱指数进行应用反演。本研究采用与土壤性质相关的光谱值进行了作物长势的间接预测,对于作物的长势也可以采用直接测定作物的光谱特征进行研究。

另外选用波长为492 nm和682 nm的光谱亮度值进行盐分定量反演,选用波长为1399 nm和1545 nm光谱亮度值进行毛管孔隙度的反演,而目前遥感影像并非采集连续波段的光谱值,只是在几个离散的波段以不同的波段宽度(常为100~200 nm量级)来获取图像^[5],遥感影像的波长并不连续,而且各个遥感影像采集的传感器波长范围有一定限制,所以并不是所有通过高光谱优选的波长都能顺利推广应用到遥感影像的定量解译,这就需要在进行高光谱特征研究过程中,根据待解译的遥感影像种类,有目的的选定波长范围和光谱指数,以利于定量解译模型的推广和宏观监测,这也将在今后的研究中进一步探讨。

参考文献

- [1] 王遵亲,祝寿全,俞仁培,等.中国盐渍土[M].北京:科学出版社,1993.
- [2] 杨劲松.中国盐渍土研究的发展历程与展望[J].土壤学报,2008,45(5):837-845.
- [3] 姚荣江,杨劲松.基于电磁感应仪的黄河三角洲地区土壤盐分时空变异特征[J].农业工程学报,2008,24(3):107-113.
- [4] Ben-Dor E, Chabrilat S, Dematté J A M, et al. Using Imaging Spectroscopy to study soil properties[J]. Remote Sensing of Environment, 2009, 113(1): S38-S55.
- [5] 王静,何挺,李玉环,等.基于高光谱遥感技术的土地质量信息挖掘研究[J].遥感学报,2005,9(4):438-445.
- [6] Csillag F, Pásztor L, Biehl L L. Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils[J]. Remote Sensing of Environment, 1993, 43(3): 231-242.
- [7] Dehaan R L, Taylor G R. Field-derived spectra of salinized soils and vegetation as indicators of

irrigation - induced soil salinization [J]. Remote Sensing of Environment 2002 80(3):406-417.

[8] Farifteh J, Farshad A, George R J. Assessing salt - affected soils using remote sensing, solute modelling, and geophysics [J]. Geoderma 2006, 130(3):191-206.

[9] 卢艳丽, 白由路, 杨俐苹, 等. 基于高光谱的土壤有机质含量预测模型的建立与评价 [J]. 中国农业科学 2007, 40(9):1989-1995.

[10] 刘焕军, 张柏, 王宗明, 等. 基于反射光谱特征的土壤盐碱化评价 [J]. 红外与毫米波学报, 2008, 27(2):138-142.

[11] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 中国农业科技出版社, 2000.

[12] 陈宝峰, 白人朴, 刘广利. 影响山西省农机化水平的多因素逐步回归分析 [J]. 中国农业大学学报 2005, 10(4):115-118.

本文曾发表于《光谱学与光谱分析》2013 年第 33 卷第 7 期

典型半干旱区土壤盐分高光谱特征反演

李晓明^{1 2 3} 韩霁昌^{1 2 3} 李娟^{1 2 3}

(1. 陕西省土地工程建设集团有限责任公司 陕西 西安 710075;

2. 国土资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室 陕西 西安 710075;

3. 陕西省土地整治工程技术研究中心 陕西 西安 710075)

【摘要】选取陕北典型半干旱区为研究对象,利用土壤高光谱特征对盐分进行反演研究。在研究区域选取样点,测定土壤光谱特征,并采集土壤样品进行实验测定,以土壤反射率(R)、反射率对倒数($\lg(1/R)$)及去包络线的反射率(R_{cr})三个光谱特征进行土壤盐分反演研究,分析其与土壤盐分的相关性,筛选特征波段,并通过 Matlab 编程利用最小偏二乘回归方法(Partial Least Squares Regression, PLSR)建立土壤盐分定量反演模型,然后利用检验样点进行精度检验和比较。研究结果表明,利用经包络线去除后光谱反射率进行定量反演的均方根预测误差最小($1.253 < 1.367 < 1.575$),其预测精度最高;利用土壤高光谱特征进行盐分反演的预测值与实测值相关性良好($r^2 = 0.761$),趋势线接近于 $y = x$ 。总之,本文研究发现,土壤反射率经过包络线去除后,利用最小偏二乘回归方法建立的反演模型具有良好的精度,这有利于提高土壤盐渍化的监测效率。

【关键词】半干旱区;土壤盐分;高光谱;反演

Research on hyperspectral inversion of soil salinity in typical semiarid area

Li Xiaoming^{1 2 3} Han Jichang^{1 2 3} Li Juan^{1 2 3}

(1. Shaanxi Land Engineering Construction Group, Xi'an 710075;

2. Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, the Ministry of Land and Resources of China, Xi'an 710075; 3. Engineering Research Center for Land Consolidation, Shaanxi Province, Xi'an 710075)

【Abstract】Hyperspectral inversion of soil salinity was researched in this paper with the chosen study object of typical semiarid area in North Shaanxi Province. The studying sites were selected, the hyperspectral data were collected, and the soil samples were taken back for experiment analysis. The reflectance of soils (R), the logarithm of the reciprocal of the reflectance ($\lg(1/R)$) and the continual removed reflectance (R_{cr}) were used to research the soil salinity. The correlations between the hyperspectral character and soil salinity was studied to filter the characteristics bands. Then the partial least squares regression (PLSR) was used to study the inversion model of soil salinity with Matlab program, and the precision was compared with the verifying sites. The research result showed, the root mean square error (RMSE) of the inversion with R_{cr} was the least ($1.253 < 1.367 < 1.575$), and its precision was the best; the correlation the predicted value and the measured value was well ($r^2 = 0.761$), the trendline was near to $y = x$. In conclusion, the quantificational inversion model with the variables of R_{cr} established by PLSR was well, which will improve the survey efficiency of soil salinity.

【Key words】Semiarid Area; Soil Salinity; Hyperspectral; Inversion

0 引言

盐渍化是当今土壤退化主要类型之一,也是世界性的资源和环境问题。我国盐渍土分布总面积