

基于特征空间的土壤含盐量的遥感反演

刘亚男^{1,2}, 白欣³, 侯君英^{1,2}

(1. 新疆大学资源与环境科学学院, 新疆乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学绿洲生态教育部重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830046; 3. 新疆财经大学中国语言学院, 新疆乌鲁木齐 830012)

摘要 土壤表层含盐量的聚集是造成土壤盐渍化的主要原因, 因此借助遥感手段及时、准确地对土壤含盐量进行研究有着重要的现实意义。以渭干河-库车河流域三角洲绿洲为研究区, 采用2011年4月的Landsat卫星资料, 利用改进型植被MSAVI和盐分指数(SI)构建土壤含盐量特征空间的遥感模型, 并且通过2011年9月野外同步实测的地表0~10 cm土壤含盐量进行相关性分析, $R^2 = 0.8596$, 精度较好。这对干旱区绿洲农业的发展有着重要的现实意义。

关键词 土壤含盐量; 特征空间; MSAVI; SI

中图分类号 S127 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)01-00110-02

Remote Sensing Inversion of Soil Salinity Based on Feature Space

LIU Ya-nan et al (College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046)

Abstract The soil surface salinity accumulation is the main cause of soil salinization, therefore timely and accurate means of remote sensing of soil salinity has important practical significance. With Ugan-Kuqa River Delta Oasis as the study area, using Landsat satellite data in April 2011, adopting improved vegetation index MSAVI and SI, soil salinity feature space remote sensing model was constructed. The correlation analysis was conducted on field surface 0-10 cm soil salinity in Sep. 2011, $R^2 = 0.8596$, the accuracy is better, which has important practical significance for the development of agriculture in arid oasis.

Key words Soil salinity; Feature space; MSAVI; SI

土壤盐渍化是当今世界上土地荒漠化和土地退化的主要类型之一, 也是世界性资源问题和生态问题^[1]。土壤的盐渍化影响农作物的生长, 直接导致粮食减产, 是农业开发和农业可持续发展的重大限制条件和障碍因素。在我国, 盐渍土分布范围广, 覆盖热带和寒温带、滨海和内陆、低地和高原地区。土壤的盐渍化问题和灌溉引起的土壤次生盐渍化问题是新疆农业发展的主要障碍, 也是影响新疆绿洲生态环境稳定的重要因素^[2]。土壤含盐量是盐渍化状况最表现的反映, 也是造成土壤盐渍化的主要原因。目前, 已有多位学者在不同地区对土壤含盐量进行研究^[3-4]。地表含水量-植被指数可综合反映土壤含盐量的二维空间特征, 是近年来广泛应用的土壤含盐量的遥感反演方法。笔者采用MSAVI-改进型植被指数法和盐分指数SI构建土壤含盐量的遥感反演模型。土壤含盐量的反演对盐渍化预警以及环境生态评价具有一定的现实意义。

1 研究区概况

渭干河-库车河三角洲绿洲(以下简称渭-库绿洲)位于天山南麓。研究区位于塔里木盆地中北部, 地势北高南低, 平均海拔920~1100 m。地理坐标为40°31'~41°53'N, 82°18'~83°35'E。该地区是一个典型且完整的山前冲积扇平原, 属大陆性暖温带极端干旱气候, 热资源丰富, 多年年均降水量51.62 mm, 属于典型的绿洲灌溉农业地区。该研究区的农作物以棉花、小麦、玉米为主。

2 数据与研究方法

2.1 研究资料及数据处理 遥感影像采用2011年4月和2011年9月的Landsat ETM+数据。野外勘查和土壤样品采

集于2011年4月和2011年9月。采集的土样在实验室自然风干后, 剔出土壤以外的侵入体(如植物残茬、石粒、砖块等杂质), 适当磨细, 过1 mm孔径筛, 充分混匀, 装入容器待用。按土壤农化分析要求, 用高精度仪器(METTLER TOLEDO AL204)称取50 g用于化学分析的样土, 与250 ml蒸馏水混合, 经过充分溶解后利用仪器测定土壤盐分含量、组分含量、pH。采样点的选取以点位在空间分布的均匀性和各盐渍度等级的代表性为原则。采样时, 每个样点用GPS精确定位, 获取点位经纬度, 并实地记录样点土壤表面状况地貌类型等景观描述, 同时用数码相机对样点区域进行景观拍照。

2.2 研究方法

2.2.1 遥感影像预处理。 遥感影像预处理主要包括大气校正、地形校正、裁剪和矫正。在ENVI图像处理软件的支持下, 参照研究区1:10万地形图对遥感图像进行几何精校正、坐标转换。采用COST大气校正模型^[5], 对遥感影像进行大气校正, 以消除大气对地表反射率的影响。遥感影像预处理后, 利用ENVI软件和相关资料对MSAVI、SI相关参数进行计算。

2.2.2 基本参量反演。 经过几何校正和辐射定标后的Landsat-ETM+反射率数据反演盐分指数(SI)^[6]和改进型归一化差值植被指数(MSAVI)^[7]为:

$$SI = \sqrt{\rho_2 \times \rho_3} \quad (1)$$

$$MSAVI = \frac{(2 \times \rho_4 + 1) - (\sqrt{(2 \times \rho_4 + 1)^2 - 8 \times (\rho_4 - \rho_3)})}{2} \quad (2)$$

式中, ρ_1 ρ_3 ρ_4 为Landsat-ETM+相应波段反射率值。

2.2.3 数据正规化处理。 统计研究区MSAVI和SI最大值和最小值, 并且利用统计值进行数据正规化处理。

$$S = \frac{SI - SI_{\min}}{SI_{\max} - SI_{\min}} \quad (3)$$

基金项目 国家自然科学基金项目(41161063, 41261090); 霍英东教育基金项目(121018); 教育部新世纪优秀人才支持计划。

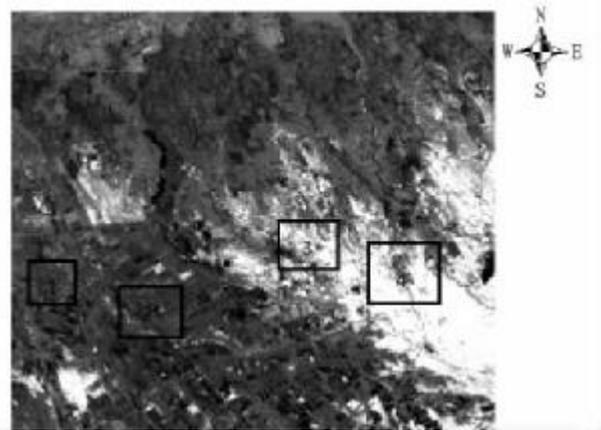
作者简介 刘亚男(1985-), 女, 甘肃高台人, 硕士研究生, 研究方向: 地理信息系统, E-mail: 1215989402@qq.com。

收稿日期 2013-12-02

$$MS = \frac{MSAVI - MSAVI_{\min}}{MSAVI_{\max} - MSAVI_{\min}} \quad (4)$$

式中, $MSAVI_{\min}$ 为 $MSAVI$ 的最小值; $MSAVI_{\max}$ 为 $MSAVI$ 的最大值; MS 为 $MSAVI$ 归一化值; SI_{\min} 为 SI 最小值; SI_{\max} 为 SI 最大值; S 为 SI 归一化值。

2.2.4 MSAVI-SI 特征空间的盐渍化过程分析。由图 1~3 可知,不同盐渍化地表在 $MSAVI$ - SI 特征空间的分布具有显著的分异规律,植被覆盖度不断下降时盐分不断上升。在这一过程中,研究区内盐渍地空间分布在宏观上表现为沿绿洲外围呈环形分布,从绿洲向外伸展,依次分布为非盐渍地、轻度盐渍地、中度盐渍地和重度盐渍地。以上过程在 $MSAVI$ - SI 特征空间中能很好地加以区分,且与实地调查结果一致。这为进一步的模型建立打下基础。



注:1、2 - 农田区;3、4 - 农田到盐渍地的过渡区。

图 1 采样区位置

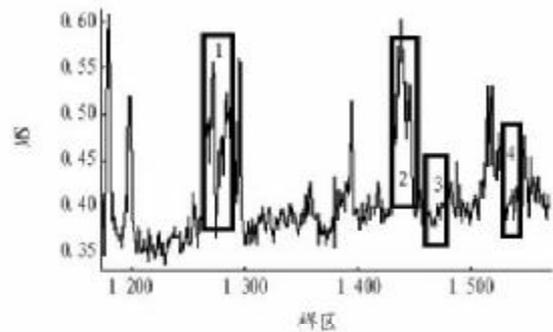
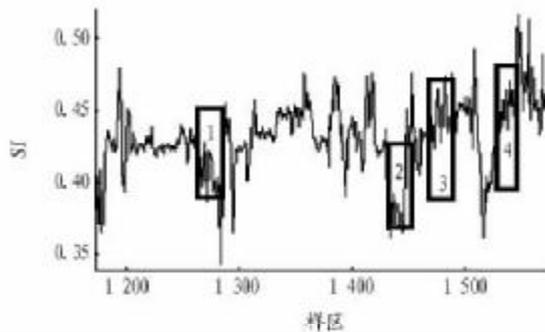


图 2 SI、MSAVI 横向剖面采样

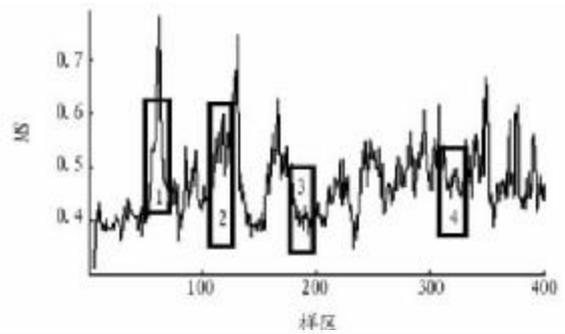
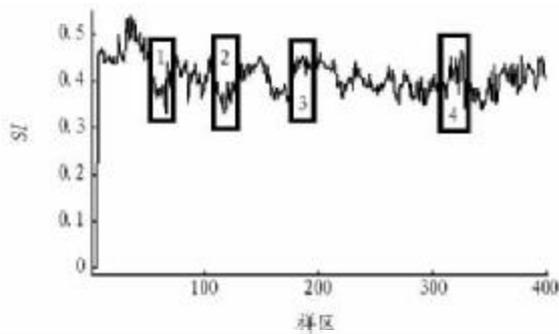
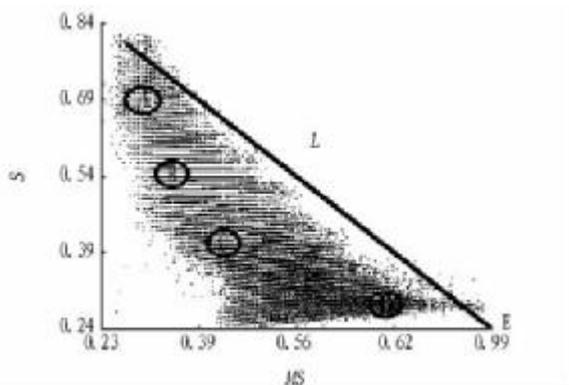


图 3 SI、MSAVI 纵向剖面采样



注:A、B、C、D 分别代表从高到低的盐渍化程度构成特征空间轨迹;E - (1,0)点;L - A 与 E 之间的距离。

图 4 MSI 模型构造示意图

3 盐渍化遥感监测模型

在 $MSAVI$ - SI 特征空间中, $MSAVI$ 与 SI 之间存在明显的非线性变化关系(图 4),而且与土壤盐渍化过程在特征空间的轨迹较接近。根据 Verstraete 和 Pinty 的研究结论,垂直于 A - E 线的直线能将不同盐渍化土壤区分开来。同时,任何一点到点 E(1,0)的距离可以说明土壤含盐量状况,即离点 E 越远土壤含盐量越多。因此,根据土壤含盐量随着点 E 的变化特征,在空间任取一点 C,根据两点之间的距离公式,可以得到从 C 到点 E 的距离(L)。

$$L = \sqrt{(MS - 1)^2 + S^2} \quad (4)$$

进而建立盐渍化监测模型(Modified salinization detection index, MSI),其表达式为:

(下转第 136 页)

2.1 树种的遗传特性 不同树种遗传特性不同,其扦插成活机理也是有所不同的。同一树种的不同品种之间也有一定的差异,这是因为具有不同遗传特性的树种,其组织结构、生理基础以及再生能力强弱均有差异^[8]。大部分针叶树的扦插要难于阔叶树,木本植物难于草本植物。

2.2 母树及枝条的年龄 植物新陈代谢作用和生活力随年龄的增加而逐渐降低,一般从幼、壮龄母树上采集的幼嫩枝条,其生活力和再生能力较强,扦插后生根快,成活率高,这是因为嫩枝插穗内源生长素高、细胞分裂能力旺盛,有利于不定根的形成。如白皮云杉嫩枝插条生根率比硬枝插条生根率高 57%^[9]。

2.3 插穗上的保留叶 插穗上的保留叶不仅通过光合作用制造一定的养分供给插穗生根和生长,而且还形成一定数量的生长激素,对促进插穗生根十分重要。如欧李无叶嫩枝插条不生根;在插条留 1~3 片叶的情况下,随着叶片数量的增加,其生根率、萌芽率、成活率和新根数量逐渐增加;其中留 3 片半叶的嫩枝生根率、成活率最高,3 片叶的嫩枝萌芽率最高^[10]。

2.4 基质水分和空气湿度 基质中的水分和空气湿度是决定插穗成活、生根的重要因素。扦插初期,插穗未生根,吸水能力很弱,特别是带叶的嫩枝插穗,此时如果基质水分不足或空气湿度不够,插穗枝叶过量蒸腾,导致水分平衡失调,插穗枯萎落叶,很难生根。

2.5 温度 温度影响着树木插穗的细胞分裂、光合、呼吸、蒸腾和其他生理活动,从而影响着插穗的再生过程。不同树种插穗的生根对温度的要求不同,在最适的温度范围内,插穗易生根,反之则不生根,甚至导致插穗死亡。不同树种插穗生根要求的温度不同,一般插穗生根最适宜的环境温度范围是 20~28℃^[11]。

2.6 空气 插床中的氧与插穗生根关系十分密切,一般认为随基质含氧量增加,生根率提高,但氧浓度大于 21% 时,并无促进生根作用,当氧气浓度低于 5% 时,不仅生根率降低,而且插穗的切口腐烂致死^[12]。

2.7 光照 光是植物光合作用的能源,没有阳光,光合作用

就不能进行,不定根的形成和发育就会受到严重影响。光照充足,光合作用旺盛,则形成碳水化合物多,插穗体内干物质积累多,根的产生和发育健壮。

2.8 基质 基质是插穗生根的场所,基质中需要有充足的水和空气,不同基质的透水和透气性能不同,因此应根据不同树种选择不同的基质。目前常用的扦插基质有河沙、珍珠岩、蛭石和炉渣等,可根据条件选择适宜的扦插基质。

2.9 植物生长调节剂 生长调节剂处理插穗是扦插繁殖大量目的树种的有效手段。生长调节剂可以促进插条内部营养物质的重新分配与内源激素的作用表达,促进插条生根^[13]。随着对扦插繁殖研究的不断深入,很多综合性的生根促进剂应运而生,中国林科院王涛院士研制的 ABT 生根粉,为促进难生根或较难生根的树种扦插生根提供了有效的途径。

参考文献

- [1] 卢学义. 园林树种育苗技术[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2002:47.
- [2] 王国晨,杨树军,邢兆凯. 沙地引种美国皂角播种育苗试验[J]. 辽宁林业科技,2005(4):12-14.
- [3] 孙时轩,刘勇. 林木育苗技术[M]. 北京:金盾出版社,2002:73.
- [4] 陈发菊,梁宏伟,王旭,等. 濒危植物巴东木莲种子休眠与萌发特性的研究[J]. 生物多样性,2007,15(5):492-499.
- [5] 张兴旺,操景景,龚玉霞,等. 珍稀植物青檀种子休眠与萌发的研究[J]. 生物学杂志,2007,4(1):28-30.
- [6] 沈国航,翟明普. 森林培育学[M]. 北京:北京林业出版社,2001:118.
- [7] 陈晓阳,沈熙环. 林木遗传育种[M]. 北京:高等教育出版社,2005:94.
- [8] 张运山,钱全提. 林木种苗生产技术[M]. 北京:中国林业出版社,2007:217.
- [9] 黄国学,牟光辉,王永清,等. 白云杉扦插育苗技术的研究[J]. 辽宁林业科技,2011(4):22-24.
- [10] 曹琴,王承禹,王鹏飞,等. 叶片数量对欧李嫩枝扦插成活与生长的影响[J]. 安徽农业科学,2009,37(4):1526-1527.
- [11] 史玉群. 全光照喷雾嫩枝扦插育苗技术[M]. 北京:北京林业出版社,2003:78.
- [12] 史玉群. 绿刺楸快速育苗实用技术[M]. 北京:金盾出版社,2008:14.
- [13] 王顺财. 榿树嫩枝扦插繁殖技术及其生根机理研究[D]. 南京:南京林业大学,2007.
- [14] 王巍,高铁彬,宣景宏. 辽宁省果树种苗繁育体系建设的思考[J]. 园艺与种苗,2011(4):69-73.
- [15] 毕海林,和加卫,杨正松,等. 黄杨叶柃子组织培养与快速繁殖技术研究[J]. 西南农业学报,2012(1):343-345.
- [16] 李维,康廷凯,王旭,等. GGR7 号生根剂对茶树种扦插穗条生根的影响初探[J]. 湖南农业科学,2012(8):24-25.
- [17] 田国江. 河北杨地膜覆盖扦插育苗技术在隆德县的推广应用[J]. 内蒙古农业科技,2013(1):118.
- [18] 新疆维吾尔自治区农业厅,新疆维吾尔自治区土壤普查办公室. 新疆土壤[M]. 北京:科学出版社,1996:304-332.
- [19] TAGHIZADEH-MEHRJARDI R, MINASNY B, SARMADIAN F, et al. Digital mapping of soil salinity in Ardakan region, central Iran[J]. Geoderma, 2014, 213:15-28.
- [20] 季方. 塔里木盆地绿洲土壤水盐动态变化与调控[M]. 北京:海洋出版社,2001:79-118.
- [21] CHAVEZ P S Jr. Image-based atmospheric correction-revisited and improved[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1996, 62(9):1025-1036.
- [22] 哈学萍,丁建丽,塔西南拉提·特依拜,等. 基于 SI-Albedo 特征空间的土壤盐渍化遥感监测指数研究[J]. 土壤学报,2009,46(4):698-672.
- [23] 伍漫春,丁建丽,王高峰. 基于地表温度-植被指数特征空间的区域土壤水分反演[J]. 中国沙漠,2012,32(1):148-154.
- [24] 杨越,社会石,哈斯,等. 马尔柯夫模型在预测吉林省西部土地盐碱化发展趋势中的应用[J]. 湖南农业科学,2012(9):60-64.
- [25] 潘浩,肖辉,王立艳,等. 咸水冰融化与土壤入渗过程不同盐分离子迁移规律研究[J]. 华北农业学报,2012(1):210-214.
- [26] LIAN X J, LI M Y, WANG Y, et al. Spatial distribution of soil salinization based on GIS in Tianjin Binhai new area[J]. Agricultural Science & Technology, 2012, 13(5):1046-1049.
- [27] 罗以筛. 盐碱地改良利用技术研究[J]. 农业灾害研究,2011,1(2):89-91.

(上接第 111 页)

$$MSI = \sqrt{(MS - 1)^2 + S^2} \quad (5)$$

式中,MSI 为改进型盐渍化遥感监测指数。

4 精度验证

抽取 46 个样点的盐渍化遥感监测指数,与其表层的土壤全盐量进行相关性分析,对土壤盐渍化监测指数模型进行精度验证。结果表明,考虑植被因素的土壤盐渍化监测模型与实测数据相关性达 0.859 6,相对误差为 16%,精度高于盐分指数与实测数据的相关性,能够较好地反应研究区不同盐渍化程度地类的实际分布状况。这说明 MSI 模型结果是可靠,而且比传统的 SI 模型精度要高。

参考文献

- [1] 田长彦,周宏飞,刘国庆. 21 世纪新疆土壤盐渍化调控与农业可持续发展研究建议[J]. 干旱区地理,2000,23(2):178-181.