

新疆耕地盐渍土遥感信息解译标志及指标探讨

李和平, 田长彦, 乔 木, 吴世新

(中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘 要: 目前新疆耕地盐渍土遥感调查常用方法为人工目视判读法。具体方法是: 以土壤调查为基础, 以盐渍土对农作物危害为主要解译标志, 以地下水埋深为动态标志, 进行综合解译判读; 相应的解译指标为农作物的缺苗指标、农作物长势指标、地理景观特征、地下水位埋深等。新疆耕地盐渍土遥感调查结果得到了同行专家的认同, 证明人工目视判读方法在新疆干旱盐碱地区是适用的。本文所提出的新疆耕地遥感调查盐渍土解译方法、标志、指标, 在其它地区是否适用, 需继续研究探讨。

关键词: 新疆耕地; 盐渍土; 遥感调查; 解译指标

中图分类号: S127 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)02-0218-05

1 利用遥感图像信息调查监测盐渍土的国内外研究动态

1.1 国内外利用遥感图像信息调查、监测盐渍土的研究现状

国外利用卫星遥感进行土壤盐渍化监测研究开始于 20 世纪 70 年代~80 年代, 利用多波段、多时相的遥感数据广泛应用于盐渍化土壤调查、植被的监测及制图等工作中。卫星遥感进行土壤盐渍化调查, 主要是根据盐渍化土壤和盐生植被的光谱特征进行目视判读, 少数采用监督分类法提取盐渍化土壤信息。90 年代以后遥感数据更加丰富: 如美国 landsat MSS 和 TM、法国的 SPOT、印度的 IRS 等卫星遥感数据。尽管遥感数据的光谱分辨率、辐射分辨率、时间分辨率、空间分辨率在不断提高, 但目视判读仍然是盐渍土监测、研究和动态分析的重要手段, 与以前不同的是研究内容更加广泛, 开始注意到盐渍土的影像特征, 但因传感器的分辨率、成像时间不同而异; 盐渍土判读除了依据其影像特征, 还要结合盐渍土所处的地理环境景观特征进行综合分析, 通过多时间的遥感数据配合使用, 区分不同类型的盐渍土。

不论目视判读还是计算机自动分类, 盐渍土信息提取主要基于光谱响应特征。Bao B R C 作了盐渍土光谱特征研究指出, 与一般耕地相比, 盐渍土在可见光和近红外波段光谱反射强, 且与土壤盐分含量呈正相关; 在红光和绿光波段, 地面植被覆盖影响盐渍土的光谱响应模式。Dwivedi R S 进行的盐渍

土监测中最佳波段组合研究, 单纯从信息量衡量, TM 数据 1、3、5 波段组合信息量最大, 但盐渍土信息提取的精度并不与遥感信息量的大小成正比关系, 盐渍土监测中常用的波段组合方式是标准的假彩色合成。Taylor G R (1966) 用雷达数据监测澳大利亚西维多利亚·金字塔山(Pyramid Hill) 城周围灌溉区的盐渍土分布, 认为 L 波段能够很好地区分盐渍土与非盐渍土。Dehaan R L 与 Taylor G R^[1] 观测澳大利亚 Murray - Darling 盆地的盐壳及重度、中度、轻度盐渍土的光谱, 发现这 4 类土壤在不同光谱波段有明显的吸收作用; Mettemicht G I 与 Zinck J A^[2] 通过热红外波段可区分干燥土壤中的硫酸盐、氯化物, 通过吸收能够分辨出硫酸钙, 由于分子内部振动, 碳酸根(CO₃²⁻) 强烈吸收红外辐射, 利用 TM 热红外波段能区分碱土和盐土。

我国利用卫星遥感监测盐渍土研究比国外晚了 10 年, 利用遥感影像进行目视判读是进行土壤盐渍土定性、定量和动态分析的重要手段。在盐渍土目视判读的过程中, 强调依据地理综合分析 & 影像特征相结合, 消除异物局部和同部的干扰。曾志远^[3] 依据土壤与景观是一个统一的整体, 二者不可分割, 一定的土壤只能出现在一定的地理环境中, 提出了“地理控制系统”理论。由于受遥感数据所限制^[4,5], 我国盐渍土调查在数据图像处理技术上, 所用数据主要是 MSS 影像和航片, 因受影像数据空间分辨率、光谱分辨率的制约, 多采用影像光谱数据统计处理, 而达到自动识别分类的目的^[6~8]。该技术应用于盐渍土信息提取时, 其精度太低, 难于满足生

收稿日期: 2008-05-23

基金项目: 新疆自治区科技攻关项目(200633131); 自治区科学技术攻关项目(20050302); 自治区“十一五”重大专项(200733144-1)

作者简介: 李和平(1955-), 陕西临潼人, 副研究员, 主要从事土壤地理、土地资源研究工作。E-mail: lih@ms.xjb.ac.cn。

产要求。目前多数学者采用 K-L, K-T 光谱数据变换,将反射光谱变换为土壤盐分含量,以利于计算机自动分类,提取盐渍土的信息潜力更大。

1.2 利用遥感图像信息进行盐渍土的调查、监测发展动态

遥感图像信息首先应用在盐渍土的监测上,后来应用于盐渍土的调查。目前遥感图像信息进行盐渍土的调查、监测与动态研究,主要采用人工目视判读和计算机自动识别分类的方法。计算机自动识别分类方法为本世纪国内外多数学者广泛采用,是遥感技术在盐渍土调查、监测、研究的主要方向。人工目视判读方法虽然有局限性,但人工目视判读方法仍然有重要应用价值。

2 新疆耕地盐渍土遥感调查

2.1 调查方法

由于新疆目前遥感数据少,盐分类型多,目前主要阴离子有碳酸盐、重碳酸盐、硫酸盐、硫化物、硝酸盐,阳离子主要有钙、镁、钾、钠。正如前苏联科学家可夫达(kob Δ a B. A.) 1958 指出的:新疆是世界盐碱土的博物馆。但目前缺乏不同土壤盐分类型的光谱数据,不能够采用光谱计算机自动识别分类的方法,只能采用人工目视判读的方法。

时间、经费限制,耕地土壤盐渍土化壤调查,要求六个月完成,采用普查的方法,需要大量的人工进行调查,费时、费工、耗资。自 20 世纪 70 年代开始,运用 GIS 和遥感技术调查,减少了全面调查的工作量和制图边界的寻找,只需依据影像特征类型分析,类型界限与制图边界清楚。通常采用人工目视解译和数字图像计算机处理自动识别盐渍土相结合的方法

法可以达到要求。

我们以新疆第二次土壤普查资料为基础(主要是土壤图),结合路线调查与遥感信息分析判读相结合,辅助地下水埋深,结合地理信息等建立综合解译新疆耕地盐渍土的方法。

2.2 调查时间

以 2005 年 5~6 月份中巴卫星影像图片为基础,结合全国第 2 次土壤普查(土壤图)和新疆地下水埋深图等资料,建立新疆耕地盐渍土的分布规律、盐分类型、盐分含量、以及对农作物的危害程度等信息,进行人工目视综合判读解译影像。2005 年 9~10 份进行路线调查与采样分析,并用 GPS 定位,对解读的相应影像特征,选择相应的解译标志及指标。

2.3 调查内容

调查新疆耕地盐渍土分布规律、土壤盐化类型、土壤盐分含量、地下埋深等。人工目视解译新疆耕地土壤盐渍土要求解译者必须在详细调查的基础上,掌握新疆耕地盐渍土分布规律、土壤盐化类型、土壤盐分含量和新疆耕地土壤盐渍化划分依据,才能够进行遥感信息解译新疆盐渍化土壤。不然就会出现判别上的错误,如在山地、丘陵上由于土壤的沙砾造成作物缺苗现象也有可能判别为盐渍土。

2.4 调查结果

新疆耕地土壤盐渍化调查解译结果见下表 1。新疆耕地土壤盐渍化面积表,从新疆耕地土壤盐渍化面积,耕地总面积的结果,得到了各位专家的认可,数据比较可靠,结果满意,证明了解译标志、指标正确。

表 1 新疆耕地土壤盐渍化面积表(万 hm^2)

Table 1 The acreage of salty soil of farmland in Xinjiang

耕地总面积 Total acreage of cultivated land	非盐渍土 Non-salty soil	盐渍土 salty soil				合计 Total
		轻度盐渍土 Slight salty soil	中度盐渍土 Medium salty soil	重度盐渍土 Severe salty soil		
514.74	352.71	122.90	31.75	7.38	162.03	

3 新疆干旱地区耕地盐渍土目视解译标志、指标

3.1 航卫数据影像数据能够获取的主要影像数据特征

航卫数据影像能够反应出来的主要影像特征有:①地形特征:地形、地貌;②土地利用现状特征:

公路、渠道、林带、居民点、耕地、林地、草地等;③地表特征:积盐、积雪、石质、沙质、水面、云彩等。

3.2 耕地土壤盐渍化调查能够利用的影像数据特征

1) 地形特征:地形、地貌对应盐渍化土壤的分布规律,分布的地形、地貌部位及景观类型。

2) 土地利用特征:森林、草地特征,区分出林

地、草地、耕地特征:区分灌区(耕地区域)及其耕地系数(纯耕地面积),依据耕地农作物的长势解译盐渍土对作物的危害程度。

3) 地表特征:积雪、石质、沙质、细土、云彩等特征在盐渍土调查中为解译干扰因素,需要区分排除干扰。

4) 水面作为土地利用解译指标,也同时作为地下水人工目视解译盐渍土辅助标志。

5) 盐斑在荒地土壤调查中能够作为解译标志,在耕地中不能作为解译盐渍土的解译标志。

土壤地表积盐,在荒地(耕地以外的草地、林地等)盐渍土调查中具有十分重要的依据作用,荒地盐渍化土壤具有表面积聚盐分的特性,既在土壤表层形成盐斑,人工目视解译可以依据土壤盐斑的分布密度、层次厚度判别出土壤盐渍化的程度。但是对于耕地土壤,一般不容易形成盐斑,按照土壤盐斑判别,因为耕地土壤具有灌溉、耕作、作物覆盖等干扰作用,在此期间拍摄的图像,由于人为灌溉将土壤表层的积盐层—盐斑淋溶到土壤下层;耕作翻动使土壤积盐表层埋在土壤表下层、作物覆盖了土壤表面的积盐层现象等,使耕地盐渍土表面形成的盐斑不能在航卫片中显示出来,只有个别时段(不灌溉耕作和没有植被覆盖)才能够表现出来。荒草地在任何时段均能够反映,所以荒地可以采用土壤盐斑解译盐渍土,而耕地不适宜采用盐斑解译。

积雪、云彩,石质、沙质、部分颗粒为白色,细土大部分为白色,在假彩色合成卫片影像图上,反映出来的为白色,与土壤积盐盐斑比较接近,在人工目视解译上必须确认清楚后排除,一般采用时间段夏天排除积雪,阴影排除云彩地形、地貌排除石质,细土,以免出现误判。

3.3 新疆耕地盐渍土遥感调查解译标志

从以上分析得出,新疆耕地盐渍土解译标志主要有:地形、地貌、农作物的长势、地下水埋深 3 个主要因素。

地形、地貌:确定新疆耕地盐渍土壤的分布区域—新疆耕地盐渍土的分布规律。

农作物的长势:是新疆耕地盐渍土划分的主要依据,土壤盐分类型、含量及其对农作物生长的危害程度划分土壤盐渍化程度的指标,(见下表 2)—由土壤盐分类型、含量及其对农作物的危害程度作为新疆耕地盐渍土的划分指标完全符合盐渍土壤的划分标准。

地下水位埋深:土壤盐分是动态的、按照土壤水盐运移理论,土壤盐分的累积—积盐、淋溶—脱盐与

土壤的地下水埋深关系密切,在高地下水位时—土壤为积盐型,盐渍土程度是中、重盐渍土;而在低地下水位时—土壤为脱盐型,是非、轻盐渍土,在两者中间的地下水位,土壤为脱盐—积盐交替型,一般为轻、中、重盐渍化土壤。为了表现出新疆耕地土壤盐分的动态关系,我们将地下水位作为人工目视解译标志。

3.4 新疆耕地盐渍土遥感调查解译指标

3.4.1 农作物的长势、缺苗、情况是新疆耕地盐渍土的主要解译指标 全国第二次土壤普查盐渍土的划分主要依据盐渍化土壤对农作物生产的影响程度,划分方法一是按照类型,因为土壤盐分含量很复杂、不同的土壤盐分组成对农作物生产影响差异比较大,所以先划分土壤盐分类型。然后再按照各个类型的盐分含量对农作物生产的影响程度(缺苗、长势、减产)划分土壤盐渍化程度,其中缺苗、长势能够在遥感影像信息上清楚的反映出来,我们利用盐渍土对农作物的危害的缺苗、长势作为新疆耕地盐渍土的主要解译划分指标,表 2 土壤盐分对农作物生长的危害程度划分土壤盐渍化指标表。

3.4.2 地形、地貌景观特征作为解译新疆耕地盐渍土的分布的控制指标 人工目视依据地形、地貌解译盐渍土的指标,主要依据地形部位,按照盐碱土分布规律,进行地形控制。新疆盐碱土集中分布在盆地中心、地下水溢出带、洪水末端、河流的中下游部位的平原地区以及局部小洼地上,山地、丘陵、洪积扇群部位没有盐渍土(该项是区别白色岩石,与土壤白色盐斑的主要依据)。土壤盐渍化程度,一般上游盐渍化比下游轻,既下游盐渍土重于上游,沙地、沙丘盐渍土含量比较轻。盐渍土的分布规律为以盆地中心向四周依次为盐土或盐壳(盆地中心)—重盐渍化、中度盐渍化土—轻盐渍化土—非盐渍化土(洪积扇沿);地下水溢出带向两边依次为盐土(地下水溢出带)—重盐渍化、中度盐渍化土—轻盐渍化土(下游)—非盐渍化土(上游洪积扇沿)。

3.4.3 地下水位埋深作为新疆耕地盐渍土动态辅助解译指标 由于水分具有吸收可见光作用,地下水位埋深越深,对土壤吸光作用影响越少,反之越强,表面反映次序为无影响(正常色调)到水面(黑色),土壤表面积水为浅黑色;在干旱地区,土壤一般含水量比较少,表现出来为正常的土壤相对的灰褐颜色,对应灰度、颜色可以解译土壤表层比较高的地下水位。假彩色卫片有作物覆盖的作用:表现为正红(正常作物生长颜色)到黑红(地面积水颜色),笔者认为可以利用土壤灰度和植被彩色灰度解译因地

下水位高形成的盐渍土,目视解译指标如下表 3 新疆耕地土壤盐渍化与地下水位关系解译指标。

表 2 按照土壤盐分对农作物生长的危害程度划分土壤盐渍土指标(等级)

Table 2 Soil salty index (grade) divided according to its damage to crops (按 0~30 cm 盐分类型、含量 g/kg)

盐分组成类型 Types	氯化物、 硫酸盐-氯化物	硫酸盐、 氯化物-硫酸盐	纯苏打、 苏打盐	对农作物危害 Damage to crops		
				长势 Growth condition	减产 Yield decreasing	缺苗面积比例 Seedling missing area
非盐渍化 No salty	<7	<8	<3.5	不受拟制 No resitrected	正常 Normal	<1/10
轻度盐渍化 Slight salty	7~9	8~10	3.5~5.0	稍受拟制 Slightly restricted	10%~20%	1/10~1/3
中度盐渍化 Medium salty	9~13	10~15	5.0~6.0	中度拟制 Medially restricted	20%~50%	1/3~1/2
强度盐渍化 Severe salty	13~16	15~20	6.0~8.5	严重拟制 Severely restricted	50%~80%	>1/2
盐土 Salty soil	>16	>20	>8.5	死亡无收 No harvest	100%	个别成活 Few surviving

表 3 新疆耕地土壤盐渍化与地下水埋藏深度解译指标

Table 3 The relation between soil salty index of and the depth of underground water embedding in Xinjiang

解译类型 Types	非盐渍化土壤 Non-salty soil	轻度盐渍化土壤 Slight salty soil	中度盐渍化土壤 Medium salty soil	重盐渍化土壤 Severe salty soil	盐土 Salty soil
灰度(无植被) Degree of gray (without vegetation)	表面灰度正常 Normal gray	浅灰色 Light gray	灰色 Gray	暗灰色 Dark gray	浅黑色或黑色 Light black or black
彩度(有植被) Color (with vegetation)	正常作物颜色 Normal crop color	浅灰红色 Light gray red	灰红色 Gray red	紫红色 Purple red	浅黑红色或黑红色 Light red or dark red
地下水埋深(m) Depth of under- ground water	>3.0	3~2	2~1.5	1.5~1.0	<1.0

3.4.4 土壤盐斑、白色岩石、云彩的区分与排除
云彩比较多的影像照片在选用时就排除,小的云彩在相应的地面上有阴影,细心能够找见;白色岩石分布在山地、剥蚀丘陵、个别隔壁部位,其它平原地区为盐斑。

4 结论与讨论

4.1 结论

1) 人工目视判读新疆耕地土壤盐渍化遥感调查的方法在新疆仍然是最适宜的方法

因新疆盐碱土壤类型多(新疆具有硫酸盐、氯化物、碳酸盐、重碳酸盐、氟盐、硝酸盐、钙、镁、钾、钠等盐分),目前还没有相应的遥感光谱,如果有了,光谱之间的相互干扰作用如何解决的问题没有资料;我国盐碱土壤依据是按照其对农作物的危害程度划分的,我们按照其对农作物的危害程度直接解译。笔者认为是目前最适宜的人工目视判读新疆耕地土壤盐渍化遥感调查的方法。

2) 人工目视判读新疆耕地土壤盐渍化遥感调查目前适宜的解译方法,解译标志为:地理信息、农作物缺苗、作物长势情况、地下水位埋深三个标志(见第 3 章),土壤表面盐斑只能作为荒土壤地盐渍化解译依据,不能作为耕地土壤盐渍化程度的解译依据。

①地理影像信息,主要依据盐渍土的分布规律及其响应的景观信息,新疆的盐渍土主要分布在平原地区的低洼地带,山地、丘陵、洪积扇上没有盐渍土。

②农作物生长影像信息,主要依据盐渍土对农作物的危害程度-农作物的缺苗和农作物的长势情况。

③地下水位影像信息,主要依据影像信息地下水位对浅层的光谱吸收反射影像情况。

4.2 讨论

1) 光谱分析的方法是盐碱土壤遥感研究的方向,但因新疆盐碱土壤类型多,需要研究土壤不同盐

分类型的光谱,并要研究他们之间的相互作用,笔者认为目前只能够采用人工目视判读的方法,利用土壤盐分对光谱的反射作用,进行数字影像计算机处理自动识别盐渍土是具有很大前途的,为世界的研究方向,但是目前在新疆还不能够利用,主要因为新疆的盐渍土类型多,遥感数据少,研究基础(光谱)薄弱,没有完整的光谱自动分析数据利用,需要研究土壤盐分类型的不同光谱影响是我国乃至世界今后盐渍土遥感研究的问题,还需要研究不同土壤盐分类型的光谱交叉应用分析问题,才能够在多种类型的盐渍化上应用,光谱分析的方法需要继续研究。

2) 盐斑是否可以作为耕地盐渍土判译指标,是需要探讨的问题 1。

有部分研究者认为:土壤盐斑作为新疆耕地土壤盐渍化程度的判译指标,笔者认为,土壤盐斑的分布密度,在荒草地、林地上反应明显,而在耕地中因耕作翻动、灌溉、作物覆盖遮蔽等作用,在遥感影像中不能够反映出来,作者 20 多年的土壤调查发现,耕地土壤盐斑只有在春天灌溉、耕作以前能够反映,其它时段没有盐斑,所以盐斑不能作为耕地盐渍土判译指标,而只能够作为荒地的判译指标。

3) 本文论述的新疆耕地盐渍土人工目视判译

指标是否合适,在新疆干旱地区应用是适宜,在全国、国际、及其它地方是否可以应用。需要与各位同行专家讨论。

参 考 文 献:

- [1] Dehaan R L, Talor G R. Field-Derived spectra of salinized soils and vegetation as indicators of irrigation-induced soil salinization [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 80: 406-418.
- [2] Metternicht G I, Zinck J A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 85: 1-20.
- [3] Singh A N, Kristof S J, Baurgardner M R. Deconvoluting salt-affected soils in the Gangetic Plain India by digital Analysis of Landsat Data [R]. Purdue University Laboratory for Applications of Remote Sensing. Technical report 111477, 1977.
- [4] 李海涛, 李文鹏, 李小梅. ASTER 遥感影像数据在土壤盐渍化评价中的应用[J]. *水文地质工程地质*, 2006, (5): 75-79.
- [5] 关元秀, 刘高焕. 区域土壤盐渍化遥感监测研究综述[J]. *遥感技术与应用*, 2001, 16(1): 40-42.
- [6] 杨劲松. 土壤盐渍化研究展望[J]. *土壤*, 1995, (1): 23-27.
- [7] 彭望录. 土壤盐渍化量化的遥感与 GIS 实验[J]. *遥感学报*, 1997, 1(3): 237-240.
- [8] 翁永玲, 宫 鹏. 土壤盐渍化遥感应用研究进展[J]. *地理科学*, 2006, 26(3): 369-375.

On remote sensing data interpretation key and index of saline soil of arable land in Xinjiang

LI He-ping, TIAN Chang-yan, QIAO Mu, WU Shi-xin

(Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China)

Abstract: At present, the method of manual visual judgment is used in remote sensing investigation on saline soil of arable land in Xinjiang. It can be described as: with the investigation on soil as the basis, the hazard of saline soil to crops as the interpretation key, the depth of ground water as the dynamic symbol, to make comprehensive interpretation and judgment. The relevant interpretation indexes are the indexes of crop seedling missing, crop growth vigor, features of geographical landscape, depth of ground water, etc. The results of this method have been approved by many experts in the field, which proves that manual visual judgment is suitable in arid saline areas in Xinjiang. However, whether it is adaptable to other regions needs further study.

Key words: farmland of Xinjiang; salty soil; remote sensing investigation; guide line of explanation