

新疆天山北坡常见盐生植物端元尺度光谱特征及识别

张芳^{1,3}, 熊黑钢^{2,3*}, 努尔巴依·阿布都沙力克^{1,3}, 栾福明^{1,3}

1. 新疆大学资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046
2. 北京联合大学应用文理学院, 北京 100083
3. 教育部新疆大学绿洲生态重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046

摘要 通过野外定点光谱采样, 从端元尺度对天山北坡四种常见的盐生植物芨芨草、苦豆子、樟味藜、骆驼刺进行了光谱特征分析和种类识别。结果表明: 从CARI和SIPI两个常用的叶绿素高光谱指数来看, 骆驼刺的叶绿素含量和类胡萝卜素含量均较高, 苦豆子虽然生长旺盛, 由于受到光谱中花的因素影响, 这两个指数值较低。苦豆子株冠郁闭度较高, 其NDVI值高于其他三种植物。苦豆子和樟味藜的光谱位置参数较稳定, 而芨芨草和骆驼刺则既存在BEP“红移”, 也存在REP“蓝移”, 红边和蓝边变化幅度较大。生长旺季中不同植物端元光谱曲线之间差异较小, 存在明显的混合光谱现象, 利用遥感常用的红/近红外特征空间难以准确区分樟味藜和骆驼刺。采用逐步多元判别分析, 筛选出 R_n , REP, R_g , MSAVI和CARI作为判别指标构建判别方程, 芨芨草和樟味藜可以100%被识别, 四种植物的判别总精度达92%以上。

关键词 端元光谱; 盐生植物; 光谱特征; 植物识别

中图分类号: TP70; Q948 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2011)12-3336-06

引言

地物波谱是利用遥感信号识别地物、提取地表信息的重要依据。根据测量尺度不同, 地物波谱数据可以分为: 材料波谱、端元波谱和像元波谱^[1]。在植被遥感中, 通过研究叶片材料波谱特性可定量反演植被生物物理参量、光和特征, 进行物种识别、营养诊断等, 但是材料波谱需要在实验室通过严格控制背景条件来完成^[2-6]。端元波谱指在野外测量的比像元小、相对均一的目标的波谱, 如农作物、各种不同植物冠层光谱。植被端元波谱获取时的背景条件与卫星数据获取条件近似, 常用于发展各种植被指数技术, 估算农作物生长状况, 生物量计算, 区分植物类型等^[7-12], 因此, 植物端元波谱的研究对于进一步从宏观尺度对植物信息进行提取和观测, 提高植物的遥感解译准确度和精确度十分重要。

新疆广袤的盐渍化土地分布有丰富的盐生植物资源, 它们的存在是盐渍土改良利用的基础, 对维持盐渍土生态平衡、遏制土地荒漠化、维持地球的生物多样性和促进全球生态良性循环有着不可替代的作用^[14]。盐生植物通常以灌丛形式存在, 在盐碱环境胁迫下, 株型、叶片及生长发育过程

差异巨大, 是植物遥感中的难点。芨芨草、苦豆子、樟味藜和骆驼刺是四种新疆北疆地区常见的盐生植物, 本文尝试通过野外光谱测量, 对这四种盐生植物的端元光谱特征进行定性定量分析, 目的在于考察其光谱响应特征及实测光谱是否能够对其种类进行有效地区分, 有助于准确掌握其分布、生长状况、地表覆盖等信息, 为今后盐生植被的遥感监测提供参考。

1 数据来源与方法

1.1 研究区概况及样本采集

本文研究区范围为 $43^{\circ}56'56''\sim 44^{\circ}13'24''$ N, $89^{\circ}20'46''\sim 90^{\circ}3'43''$ E, 位于新疆维吾尔自治区东北部, 天山山脉东段, 博格达山北麓, 准噶尔盆地东南缘奇台绿洲平原区。年平均气温为 5°C 左右, 年均降水176 mm, 年均蒸发势2141 mm, 属温带大陆性干旱半干旱气候。研究区的地质地貌特征、气候、生物类型等在新疆天山北坡、准噶尔盆地南缘区域具有一定的代表性。

野外光谱取样于2009年6月9日—23日进行, 此时为研究区植物生长繁盛季节。参考2009年5月15日TM影

收稿日期: 2011-01-10, 修订日期: 2011-05-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(40771194, 40861020)和北京市属高等学校人才强教计划项目(PHR200906125)资助

作者简介: 张芳, 女, 1969年生, 新疆大学资源与环境科学学院博士 e-mail: zhangf602@sohu.com

* 通讯联系人 e-mail: xhg1956@sohu.com

像,采用随机采样和有目的采样相结合的方法选择采样点。

1.2 野外样本采集及光谱测量

采用美国 ASD 公司开发生产的 ASD Fieldspec HH 便携式野外光谱仪。该光谱仪的波谱范围为 325~1 075 nm,光谱分辨率 3.5 nm@700 nm,光谱采样间隔 1.5 nm。光谱分析软件采用 ASD View Spec Pro。

野外光谱测量期间天气状况良好,晴朗无云,风力较小,测试时间为 10:00~14:00(地方时),与卫星过顶的时间基本相同。光谱仪采用垂直向下测量的方法,与多数传感器采集数据的方向一致。考虑到樟味藜、苦豆子、骆驼蓬的冠幅较小,为了尽量避免土壤背景的影响,采用 25° 视场角,采样高度 20 cm,覆盖直径约 9 cm 范围。每隔 10 min 对仪器进行一次优化与校正。为保证光谱数据具有代表性,对每一种样本采取 5 次测量取算术平均值,得到该植物的反射光谱曲线,并在植物旁采集土壤光谱。最终获取数据的采样点 37 个,植物光谱样本 55 个(芨芨草 20 个,樟味藜 15 个,骆驼刺 10 个,苦豆子 10 个。土壤光谱样本 37 个)。

1.3 光谱数据的预处理

对植物光谱曲线进行去噪处理。光谱曲线在 350~900 nm 间较平滑,之后随着波长的增大,噪声增大。350~900 nm 已经包括了植物遥感常用的可见光和近红外波段。采用移动平均法对实测光谱进行去噪处理,即选取测定样本某一点前后光谱曲线上一定范围测定它的平均值。作为该点的值。公式

$$R'_i = \frac{1}{2k+1}(R_{i-k} + R_{i-k+1} + \dots + R_i + \dots + R_{i+k}) \quad (1)$$

式中: R'_i 为样本第 i 点的反射率值(均值), $i = 1, 2, 3, n$ 。本文取 $k = 5$ 时,平滑效果较好(图 1)。

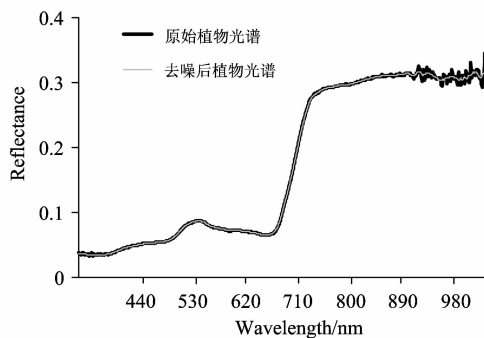


Fig. 1 Result of spectral curve denoising

1.4 端元光谱指标的提取

植被光谱指标是指通过对植物波谱分析运算所产生的某些对植被长势、生物量等有一定指示意义的数值。本文选取:描述植物生长的常用位置变量:红边位置 REP,蓝边位置 BEP,红边吸收深度 D_r 。对叶绿素敏感的叶绿素吸收比值指数 CARI、结构相关色素指数 SIPI、常用的归一化植被指数 NDVI 和考虑土壤背景的修改型土壤调节植被指数 MSAVI 等光谱指标。

另外,参照常用的 TM 影像波段划分范围-可见光 TM1 (450~520 nm), TM2(520~600 nm), TM3(630~690 nm)和

近红外 TM4(760~900 nm),对实测光谱取 450~900 nm 与之进行对应,并按照 TM 的波段范围将实测光谱同样区间内的光谱计算平均值,分别用 R_b , R_g , R_r , R_n 表示蓝波段、绿波段、红波段和近红外波段的反射率。光谱指标参数的求解方法见表 1。

Table 1 Calculations of hyper-spectral parameters

光谱指标求解方法	参考文献
BEP=蓝边覆盖 430~470 nm 波长范围内一阶微分光谱中最大值对应的波长位置	[15]
REP=红边覆盖 620~760 nm 波长范围内一阶微分光谱中最大值对应的波长位置	[15]
$D_r = 1 - R_{670} / \{(R_{560} + [(R_{760} - R_{560}) / (760 - 560)] * (670 - 560))\}$	[15]
$CARI = (R_{700} / R_{670}) * [(R_{670} * a + R_{670} + b) / (a^2 + 1)^{1/2}]$, $a = (R_{700} - R_{550}) / 150$, $b = R_{550} - 550 * a$	[16]
$NDVI = (R_n - R_r) / (R_n + R_r)$	[16]
$SIPI = (R_{800} - R_{445}) / (R_{800} - R_{680})$	[16]
$MSAVI = R_n + 0.5 - [(R_n + 0.5)^2 - 2 * (R_n - R_r)]^{1/2}$	[16]

1.5 数据分析

在对芨芨草、苦豆子、樟味藜和骆驼蓬四种天山北坡常见盐生植物的形态特征和生长状况分析的基础上,分别计算其主要光谱指标,利用光谱特征参数对四种植物的光谱进行了统计学和特征空间分析,建立了四种植物的多元判别模型,并对模型结果进行精度检验。以上分析采用 EXCEL 和 SPSS15.0 统计软件实现。

2 结果与讨论

2.1 四种植物的形态特征及光谱特征分析

2.1.1 植物种属及形态

芨芨草(*Achnatherum splendens*(Trin.)Nevski),属禾本科芨芨草属,多年生草本,秆直立,叶片扁平坚韧,从根部向上呈发散状,株冠的几何形状呈球形,在研究区呈大面积的纯群落,枝叶茂盛,盖度最高可达 90% 以上。苦豆子(*Sophora alopecuroides* L.),属豆科槐属。多年生草本,高约 100 cm,株冠近似于柱形。采样时正值花期,顶生总状花序,花多数,密生。花冠白色或淡黄色,常形成小面积苦豆子纯群落。樟味藜(*Camphoros mamonspeliaca* L. subsp. lessingii (L.)Aellen),属藜科,樟味藜属,半灌木,一年生营养枝灰绿色,营养枝较短,形状呈较密的垫状式株丛,在研究区的碱化土壤区域可以见到小面积的纯群落。疏叶骆驼刺(*Alhagi sparsifolia* shap)属豆科,骆驼刺属,半灌木,高 25~40 cm,茎直立,从基部开始分枝,枝条平行上升散开,株冠形状多变,在全研究区分布有小面积的纯群落,但明显比芨芨草、苦豆子群落等盖度低^[13]。

2.1.2 光谱特征参数统计分析

对四种植物的光谱特征参数(REP, BEP, D_r , CARI, SIPI, NDVI, MSAVI, R_b , R_g , R_r , R_n)进行统计分析

(表 2)。

位置参数 REP, BEP, D_r 是描述植物生长状态的重要指标。苦豆子的 BEP 最为稳定, 几乎未发生蓝边“红移”现象, 其次是樟味藜。芨芨草和骆驼刺的 BEP 均有明显的“红移”, 即蓝边向长波方向移动。芨芨草的 BEP 变异系数最大, BEP 均值高于骆驼刺, 说明芨芨草的 BEP“红移”更为显著。

骆驼刺 REP 的变异性较大, 变化区间达 13 nm, 最小值为 709 nm, 其分布区间同其他三种植物相比, 最靠近短波方向, 说明存在明显的“蓝移”现象, 即红边位置向短波方向移动。除骆驼刺外, 其余三种植物的红边位置变化范围均在 10 nm 范围之内, 苦豆子的变化区间最小。红边吸收深度的分布情况为苦豆子 > 骆驼刺 > 樟味藜 > 芨芨草, 与四种植物在近红外波段的反射率 R_n 分布情况一致。

以上分析说明苦豆子在采样期间不同采样点的生长状况最为均一, 均处于旺盛花期。其次是樟味藜, 生长状况也较为一致。芨芨草普遍呈绿叶与白杆相间生长, 白杆可能是造成芨芨草光谱位置参数变异性增大的原因。骆驼刺也处于生长旺盛期, 约有一半样本有红色小花绽放, 加之枝叶相对稀疏, 土壤背景因素增加, 都可对红边和蓝边位置造成影响。

Table 2 Statistical feature values of the spectra of the four types of halophyte

		BEP	REP	D_r	SIPI	CARI	NDVI	MSAVI	R_b	R_g	R_r	R_n
芨芨草	最小值	430	723	0.493	1.025	0.162	0.475	0.316	0.031	0.050	0.040	0.243
	最大值	451	730	0.795	1.223	0.369	0.756	0.517	0.089	0.125	0.127	0.415
	均值	435.9	727.1	0.671	1.096	0.256	0.646	0.411	0.056	0.083	0.073	0.329
	变异系数	0.012	0.003	0.136	0.047	0.260	0.134	0.133	0.350	0.304	0.387	0.150
樟味藜	最小值	430	719	0.588	0.999	0.198	0.541	0.462	0.051	0.072	0.053	0.364
	最大值	434	728	0.812	1.116	0.478	0.778	0.622	0.127	0.175	0.154	0.591
	均值	430.7	723.3	0.703	1.040	0.337	0.660	0.534	0.091	0.128	0.100	0.482
	变异系数	0.003	0.004	0.082	0.033	0.226	0.091	0.089	0.235	0.225	0.275	0.124
苦豆子	最小值	430	722	0.758	0.993	0.199	0.731	0.541	0.044	0.066	0.042	0.373
	最大值	431	728	0.889	1.047	0.578	0.866	0.788	0.102	0.173	0.118	0.765
	均值	430.2	725.1	0.813	1.012	0.333	0.780	0.681	0.064	0.102	0.071	0.570
	变异系数	0.001	0.004	0.053	0.016	0.315	0.061	0.104	0.275	0.309	0.333	0.176
骆驼刺	最小值	430	709	0.651	1.016	0.342	0.605	0.480	0.060	0.105	0.070	0.441
	最大值	442	722	0.799	1.095	0.570	0.743	0.634	0.111	0.164	0.132	0.618
	均值	433.8	717.7	0.736	1.051	0.430	0.682	0.567	0.082	0.132	0.096	0.507
	变异系数	0.009	0.006	0.077	0.023	1.179	0.081	0.095	0.215	0.175	0.237	0.120

2.2 四种植物的光谱特征空间分布及识别

2.2.1 R_r - R_n 空间分布特征

许多植被指数的设计都基于土壤线这一概念。土壤线是由土壤红波段与近红外波段亮度值或反射率的比值计算而来。有研究表明, 在红波段与近红外波段设置不同波段间隔求算土壤线, 其斜率与截距差异不大^[14]。本文按照 TM 波段设置对采样点土壤端元光谱计算土壤线, 对四种植物光谱在 R_r - R_n 二维空间分布(图 2)进行分析。

植物生长过程中, 随着生物量的增加和植物冠层的增大, 植物光谱会在红光和近红外光谱空间的位置向远离土壤线的方向移动^[15]。芨芨草总体的红光反射率和近红外反射率都较低, 这可能是由于叶片倾角直立向上, 使得冠层内部的叶面加性反射减小, 加之有相当比例的白杆存在, 减少了

从光谱指数来看, NDVI 在植被遥感中应用十分广泛, 因为它能很好的指示植被盖度。对四种植物的 NDVI 值进行比较: 苦豆子 > 骆驼刺 > 樟味藜 > 芨芨草。从单株覆盖来看, 苦豆子顶端花多且密, 叶片茂盛, 长 15~30 mm, 宽约 10 mm, NDVI 值明显高于其他三种植物。芨芨草叶片细长单立, 樟味藜营养枝伏地生长, 叶片呈钻形, 仅长 3~10 mm, 骆驼刺叶片呈卵形, 枝条相对分散, 这三种植物的 NDVI 值较低且接近, 分布区间重叠明显, 说明从 NDVI 指标区分三种植物比较困难。MSAVI 修正了土壤背景对 NDVI 的影响后, 增大了不同植物间的距离。CARI 和 SIPI 是常用的叶绿素高光谱指数, CARI 对叶绿素含量敏感, SIPI 考虑了 445 nm 类胡萝卜素吸收峰, 用来计算类胡萝卜素与叶绿素之比。四种植物 CARI 顺序为: 骆驼刺 > 樟味藜 > 苦豆子 > 芨芨草, SIPI 顺序为芨芨草 > 骆驼刺 > 樟味藜 > 苦豆子, 说明骆驼刺的叶绿素含量和类胡萝卜素含量均较高, 而苦豆子受到光谱中花的因素影响, R_g 波段反射率较低, 加上株冠重叠层数多, 在花与叶子内部细胞结构多次散射下, R_n 波段反射率最高, 导致 CARI 和 SIPI 指标计算结果排序较后。

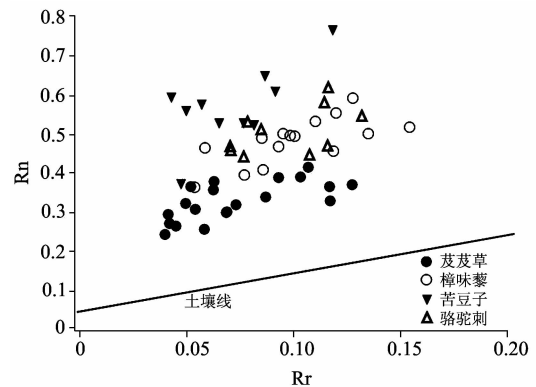


Fig. 2 Scatter map of the four types of halophyte in RED/NIR band

绿色生物量。苦豆子生物量和冠层郁闭度较高，因此具有较低的红光反射和较高的近红外反射，距土壤线最远。骆驼刺和樟味藜距土壤线的距离则高于芨芨草，低于苦豆子。

在 R_r 和 R_n 二维空间，芨芨草和苦豆子分别与其他三种植物重叠较小，基本可以清楚地被区分出来，但是骆驼刺和樟味藜则重叠严重，说明它们之间存在明显的同物异谱和异物同谱现象。在 SPSS 软件中，用 R_r 和 R_n 作为判别指标对四种植物进行判别，芨芨草、苦豆子、樟味藜和骆驼刺的判别精度分别为 95%，80%，40%，40%，总精度为 67.3%。由此可见，在端元尺度下，利用遥感常用的 R_r/R_n 空间可以有效识别芨芨草和苦豆子，但对其他两种植物区分较为困难。

2.2.2 基于判别分析的盐生植物识别

判别分析可以根据目标的若干观察测量变量值，对目标的类别进行归属判定。逐步判别法从零变量开始，利用 Wilks' lambda 最小检验，逐步将对模型判别能力贡献最大的变量加入模型中，同时可将判别能力弱的变量移除。该方法适用于变量较多，变量间相互不独立或者判别方程组的阶数太高等情况。本文采用线性逐步变量选择判别来判断所测得的样本光谱属于哪一种类型植被。建立的判别函数如下。

$$Y_{芨芨草} = 156.979 * REP + 8670.435 * CARI + 2673.143 * MSAVI - 2760.2 * R_g - 7534.586 * R_n - 57378.709$$

$$Y_{樟味藜} = 155.735 * REP + 8497.622 * CARI + 2851.715 * MSAVI - 1993.178 * R_g - 7662.975 * R_n - 56538.712$$

$$Y_{骆驼刺} = 155.472 * REP + 8634.031 * CARI + 2904.472$$

$$* MSAVI - 2224.202 * R_g - 7739.048 * R_n - 56362.67$$

$$Y_{苦豆子} = 155.827 * REP + 8581.068 * CARI + 2747.487 * MSAVI - 2617.282 * R_g - 7479.239 * R_n - 56594.92$$

从 12 个指标中共筛选出 5 个指标： R_n ，REP， R_g ，MSAVI 和 CARI，常用的 NDVI 指标和 R_r 波段未能入选，说明 NDVI 对于植物识别不敏感。而 R_g 波段反射率基本上被叶绿素、胡萝卜素所控制，对植物识别具有明显意义^[16]。作判别时，将样本所测相应光谱指标代入 4 个公式，计算判别函数值，哪个函数值最大就属于哪一种植物。从 4 个判别公式也可以发现，各函数中对应指标的系数相差不大，说明在生长旺季，不同植物的光谱曲线区别不大，多个指标参与识别，可以帮助提高识别精度。

采用自身验证法和交互验证法对原样品进行回判率检验(表 3)。自身验证法中，芨芨草和樟味藜均完全被正确识别，回判准确率达 100%。苦豆子有一个样本被错判为芨芨草，骆驼刺各有一个样本被错判为樟味藜和苦豆子，回判准确率 80%。自身验证法回判总精度为 94.5%，除了骆驼刺判别精度略低外，其他三种植物均获得较高精度的判别效果。交互验证法中，芨芨草、樟味藜、苦豆子的判别精度没有变化，同自身验证法相比，骆驼刺增加了一个错判样本，有两个样本被识别为樟味藜，一个样本被错判为苦豆子，最终交互验证回判总精度为 92.7%，略低于自身验证结果。可见对于芨芨草，樟味藜，苦豆子和骆驼刺这样研究区主要的建群种来说，模型的判别结果是令人满意的。

Table 3 Accuracy validation of discriminant model

	type	自身验证				交互验证				
		芨芨草	樟味藜	苦豆子	骆驼刺	type	芨芨草	樟味藜	苦豆子	骆驼刺
数量	芨芨草	20	0	0	0	芨芨草	20	0	0	0
	樟味藜	0	15	0	0	樟味藜	0	15	0	0
	苦豆子	1	0	9	0	苦豆子	1	0	9	0
	骆驼刺	0	1	1	8	骆驼刺	0	2	1	7
%	芨芨草	100	0	0	0	芨芨草	100	0	0	0
	樟味藜	0	100	0	0	樟味藜	0	100	0	0
	苦豆子	10	0	90	0	苦豆子	10	0	90	0
	骆驼刺	0	10	10	80	骆驼刺	0	20	10	70
	总精度		94.5			总精度		92.7		

3 结论

(1)从光谱指数来看，苦豆子 NDVI 值明显高于其他三种植物，而后者 NDVI 值非常接近，有明显重叠。从 CARI 和 SIPI 两个常用的叶绿素高光谱指数来看，骆驼刺的叶绿素含量和类胡萝卜素含量均较高，苦豆子虽然生长旺盛，由于受到光谱中花的影响，这两个指数值较低。

(2) R_r/R_n 二维特征空间中，苦豆子的生物量和冠层郁闭度较高，与土壤线垂直距离最远。芨芨草距土壤线最近。

樟味藜和骆驼刺相间分布在芨芨草和苦豆子之间，光谱混合现象明显。利用遥感常用的 R_r/R_n 特征空间准确识别样本类别比较困难。

(3)采用多元判别的逐变量选择方法，入选光谱指标为 R_n ，REP， R_g ，MSAVI 和 CARI，MSAVI 修正了土壤背景对 NDVI 的影响后，可以增大不同植物类间距离，该指标有利于植物类别的划分。所建立的判别模型可以准确识别样本端元光谱的类别归属，其对芨芨草和樟味藜的识别精度达 100%。 R_g 是基于端元光谱的植物种类识别的重要参量， R_r 对植物识别的敏感性低于 R_n 和 R_g 。

References

- [1] Li X W, Wang J D, Gao F, et al. Spain, 2002.
- [2] Entcheva Campbell P K, Middleton E M, Corp L A, et al. Science of the Total Environment, 2008, 404: 433.
- [3] Roshanak Darvishzadeh, Andrew Skidmore, Clement Atzberger, et al. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2008, 10: 358.
- [4] Sheri Foley, Benoit Rivard, Arturo Sanchez-Azofeifa G, et al. Remote Sensing of Environment, 2006, 103: 265.
- [5] SONG Xiao-dong, JIANG Hong, YU Shu-quan, et al(宋晓东, 江洪, 余树全, 等). Acta Ecologica Sinica(生态学报), 2008, 28(5): 1959.
- [6] YAN Chun-yan, LIU Qiang, NIU Zheng, et al(颜春燕, 刘强, 牛铮, 等). Journal of Remote Sensing(遥感学报), 2004, 8(4): 300.
- [7] Kouiti Hasegawa, Hiroshi Matsuyama, Hayato Tsuzuki, et al. Remote Sensing of Environment, 2010, 114: 514.
- [8] Daniel A Sims, John A Gamon. Remote Sensing of Environment, 2003, 84: 526.
- [9] Roshanak Darvishzadeh, Andrew Skidmore, Martin Schlerf, et al. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2008, 63: 409.
- [10] Guerric le Maire, Christophe Francois, Kamel Soudani, et al. Remote Sensing of Environment, 2008, 112: 3846.
- [11] Elhadi Adam, Onesimo Mutanga. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2009, 64: 612.
- [12] ZHANG Fei, TASHPOLAT · Tiyip, DING Jian-li, et al(张飞, 塔西甫拉提·特依拜, 丁建丽, 等). J. Infrared Millim. Waves(红外与毫米波学报), 2010, 29(3): 190.
- [13] LIANG Shun-lin(梁顺林). Quantitative Remote Sensing of Land Surfaces(定量遥感). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 2009.
- [14] LIU Huan-jun, ZHANG Bai, SONG Kai-shan, et al(刘焕军, 张柏, 宋开山, 等). Journal of Remote Sensing(遥感学报), 2008, 12(1): 119.
- [15] John R Jensen. Introductory Digital Image Processing(遥感数字图像处理导论). Beijing: China Machine Press(北京: 机械工业出版社), 2007.
- [16] XU Xi-ru(徐希孺). Physics for Remote Sensing(遥感物理). Beijing: Peking University Press(北京: 北京大学出版社), 2005.

Response Characteristics of the Field-Measured Spectrum for the Four General Types of Halophyte and Species Recognition in the Northern Slope Area of Tianshan Mountain in Xinjiang

ZHANG Fang^{1, 3}, XIONG Hei-gang^{2, 3*}, Nurbay Abdusalih^{1, 3}, LUAN Fu-ming^{1, 3}

1. College of Resources & Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

2. College of Art & Science, Beijing Union University, Beijing 100083, China

3. Key Laboratory of Oasis Ecology (Xinjiang University) Ministry of Education, Urumqi 830046, China

Abstract Based on the field-measured Vis-NIR reflectance of four common types of halophyte (*Achnatherum splendens*(Trin.) Nevski, *Sophora alopecuroides* L., *Camphorosma monspeliaca* L. subsp. *lessingii*(L.) Aellen, *Alhagi sparsifolia* shap) within given spots in the Northern Slope Area of Tianshan Mountain in Xinjiang, the spectral response characteristics and species recognition of these types of halophyte were analyzed. The results showed that (*Alhagi sparsifolia* shap) had higher chlorophyll and carotenoid by CARI and SIPI index. (*Sophora alopecuroides* L. was at a vigorously growing state and had a higher NDVI compared with the other three types of halophyte because of its greater canopy density. But its CARI and SIPI values were lower due to the influence of its flowers. (*Sophora alopecuroides* L.) and (*Camphorosma monspeliaca* L. subsp. *lessingii*(L.)) had stable REPs and BEPs, but REPs and BEPs of (*Achnatherum splendens*(Trin.)Nevski, Aellen, *Alhagi sparsifolia* shap) whose spectra red shift and spectra blue shift occurred concurrently obviously changed. There was little difference in spectral curves among the four types of halophyte, so the spectrum mixing phenomenon was severe. (*Camphorosma monspeliaca* L. subsp. *lessingii*(L.)Aellen) and (*Alhagi sparsifolia* shap) could not be separated exactly in a usual R/NIR feature space in remote sensing. Using the stepwise discriminant analysis, five indices were selected to establish the discriminant model, and the model accuracy was discussed using the validated sample group. The total accuracy of the discriminant model was above 92% and (*Achnatherum*

splendens(Trin.)Nevski) and (Camphorosma monspeliaca L. subsp. lessingii(L.)Aellen) could be respectively recognized 100% correctly.

Keywords Field-measured spectrum; Halophyte; Response characteristic; Species recognition

(Received Jan. 10, 2011; accepted May 26, 2011)

* Corresponding author

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告

《冶金分析》2012 年征订启事

国内统一刊号: CN11-2030/TF

国际标准刊号: ISSN 1000-7571

国际 CODEN: YEFEET

邮发代号: 82-157

国外代号: 1579M

京海工商广字第 8024 号

作为冶金领域中权威的分析技术专业期刊,《冶金分析》的办刊宗旨是为广大冶金分析测试工作者搭建学术交流平台。《冶金分析》由中国钢研科技集团有限公司(钢铁研究总院)和中国金属学会合办,国际钢铁工业分析委员会(ICASD)支持。自 1981 年创刊以来,《冶金分析》以高度的创新精神和严谨的科学态度,动态反映冶金领域分析测试新技术、新方法、先进经验,报导研究成果,发表综述文章,并介绍国内外冶金分析动态等。适合于冶金、矿山、石油、化工、机械、地质、环保、商检等部门技术人员和大专院校师生参考。

《冶金分析》20 世纪 90 年代初期就为美国工程索引 EI 数据库收录,目前被美国《化学文摘》、美国《化学文摘》2009 年引文频次最高的 1000 种期刊表(即千刊表)、美国《剑桥科学文摘》、《日本科学技术振兴机构数据库》、英国《皇家化学学会系列文摘》之《质谱学通讯(增补)》、荷兰《文摘与引文数据库》、美国《乌利希期刊指南》等国际检索系统收录。同时,《冶金分析》是中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库的核心库期刊、全国中文核心期刊,并为中国期刊网、万方数据网等国内知名数据库所收录。

为了加强国际间学术交流,促进冶金分析测试技术发展,在国际钢铁工业分析委员会(ICASD)的支持下,一批国外知名专家担任本刊编委。本刊将致力于以最快的速度及时发表国内外的最新研究成果。

《冶金分析》为月刊,大 16 开,单期页码为 80 页,定价 15.00 元,全年 12 期,180.00 元。全国各地邮局发行,如有漏订的单位和读者,请直接与编辑部联系。

欢迎订阅! 欢迎投稿! 欢迎刊登广告!

地址: 北京海淀区学院南路 76 号

邮编: 100081

网址: <http://journal.yejinfenxi.cn>

电话/传真: 010-62182398/8330/1064

E-mail: yjfx@analysis.org.cn; yejinfenxi@ncschina.com