

# 三江源区不同退化程度的高寒草甸光谱特征分析

喻小勇<sup>1,2</sup>, 邵全琴<sup>2\*</sup>, 刘纪远<sup>2</sup>, 胡卓玮<sup>1</sup>

(1. 首都师范大学 资源环境与旅游学院, 北京 100048; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 青海三江源区是长江、黄河、澜沧江 3 大河流的发源地。草地是该区域的主体生态系统, 高寒草甸是其主要类型。近 30 年来, 三江源地区草地发生了大面积的退化, 不同退化程度的高寒草甸光谱特征是高寒草甸遥感分类和退化监测的重要依据。2009 年 8 月作者在青海省三江源区对高山嵩草、矮嵩草和藏嵩草 3 种未退化高寒草甸, 以及 4 种不同退化程度的高山嵩草草甸, 进行了地面光谱测量和草地样方调查。同时对实测光谱曲线进行了比较, 提取和分析了它们在 557nm、675nm 和 760nm 处反射率, 以及“红边”斜率。结果表明, 3 种高寒草甸的光谱曲线, 以及 4 种退化程度高寒草甸和未退化高寒草甸的光谱曲线在 557nm 处的反射率差异较小, 在 675nm 和 760nm 处的反射率及“红边”斜率存在明显差异, 能有效区分高寒草甸, 可为高寒草甸遥感自动分类和退化监测提供依据。不同退化程度的高寒草甸地上生物量与其光谱曲线的“红边”斜率和归一化植被指数(NDVI)线性拟合的确定系数分别为 0.93 和 0.87, 其相关性较好, 可用于高寒草甸地上生物量的估算。本文提取的光谱反射率的“红边”斜率不仅能有效区分 3 种典型高寒草甸和不同退化程度的高寒草甸, 且与高寒草甸地上生物量的关系优于 NDVI, 对高寒草甸识别分类, 退化监测和生物量估算有重要意义。

**关键词:** 高寒草甸; 草地退化; 植被光谱; 光谱特征分析

**DOI:** 10.3724/SP.J.1047.2012.00398

## 1 引言

三江源区位于青藏高原腹地, 是长江、黄河、澜沧江 3 大河流的发源地, 素有“中华水塔”之称。该地区自然条件严酷, 生态系统结构简单, 系统内部物质和能量流动缓慢, 抗干扰能力和自我恢复能力低下, 是全球生态环境变化最为敏感和脆弱的地区。草地是三江源地区的主体生态系统, 占全区总面积的 65.37%<sup>[1]</sup>, 对于涵养水源、生物多样性保护和碳素固定等生态功能起着不可替代的生态屏障作用, 同时, 草地还是支撑该地区高原畜牧业发展、维系农牧民生活水平的重要物质基础<sup>[2]</sup>。近 30 年来, 由于受到气候、人类活动、鼠虫害等影响, 三江源区的草地发生了大面积的退化<sup>[3]</sup>, 土壤侵蚀加剧<sup>[4]</sup>。退化的草地面积占到了该地区草地总面积的 36.12%<sup>[3]</sup>。高寒草甸作为该地区主要的草地类型, 退化严重, 迫切需要监测和保护。遥感具有波段多、覆盖范围广、重访周期短、经济实惠等优点,

是进行三江源地区草地退化监测的重要手段<sup>[5-8]</sup>。

国内外学者对草地光谱特征进行了广泛的研究。在草地分类方面, Schmidt & Skidmore<sup>[9]</sup>对 8 种非洲牧草的高光谱数据进行了分析, 发现 8 种牧草的光谱有明显差异; 牟新待等<sup>[10]</sup>分析了甘肃省天祝藏族自治县高山草甸植被中 4 个草本植物群落和 1 个灌丛群落的光谱反射特征, 发现该地区不同的植物群落在可见光和近红外波段的反射比存在显著的差异, 可用以区分草地植被群落。在草地退化方面, Yamano *et al*<sup>[11]</sup>利用高光谱反射率 670nm 至 720nm 之间的 4 次导数峰值, 成功地将小叶锦鸡儿的较干草地与其他内蒙古锡林浩特的典型草地区分, 可见, 高光谱反射率数据的高次导数能作为草地制图与草地退化监测的有效工具; 王艳荣和雍世鹏<sup>[12]</sup>对内蒙古不同退化程度草地多时相的地面反射率数据进行了分量分析(PCA), 得到了区分羊草和大针茅草原不同退化程度草地的最佳时相和最佳波段组合。王焕炯等<sup>[13]</sup>对内蒙古呼伦贝尔地区温性草甸草原的进行了地面光谱测量, 并以测量

收稿日期: 2011-08-01; 修回日期: 2012-05-07.

基金项目: 国家“973”计划项目(2010CB950900); 国家科技支撑计划项目(2009BAC61B01)。

作者简介: 喻小勇(1986-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为草地遥感。E-mail: yuxy\_100@163.com

\* 通讯作者: 邵全琴(1962-), 女, 研究员, 博士生导师, 主要研究方向为 GIS 与生态信息。E-mail: shaoqq@lreis.ac.cn

的反射率和提取的“红边”位置、反射率的一、二阶导数和植被指数,将冷蒿(退化指示植物)、针茅、羊草和苔草区分开,用于该地区草地的退化监测。范燕敏等<sup>[14]</sup>测量分析了新疆天然草地类型及植物的反射光谱数据,发现新疆不同草地类型、不同植物光谱曲线特征差异明显。环境因子也对植物的反射光谱影响显著,不同盐害程度芦苇的光谱曲线在红光和近红外波段差异明显。

本文利用 2009 年 8 月三江源地区玉树县高寒草甸的地面实测高光谱数据,分析了 3 种高寒草甸、4 种退化程度高寒草甸和未退化高寒草甸的光谱特征,以揭示它们之间的光谱差异,为高寒草甸的自动分类与退化监测提供依据。另外,本文还分析了 4 种退化程度高寒草甸和未退化高寒草甸光谱曲线的“红边”斜率、NDVI 之间地上生物量之间的线性关系,探讨这两个参数用于地上生物量估算的可行性。

## 2 研究区与数据

### 2.1 研究区概况

地面光谱测量样地选自我国青海省三江源地区中东部的玉树县,属澜沧江流域,地理位置为东

经 95°41′40″~97°44′34″、北纬 32°41′34″~33°6′44″。玉树县以山地地貌为主,平均海拔为 4493m,气候为典型的高原大陆性气候,冷热两季交替、干湿两季分明、日照时间长、辐射强烈。多年平均温度为 3.29℃,多年平均降水量为 479mm。该县植被类型以高寒草甸为主,部分地区有少量高山灌丛草场分布。高寒草甸的优势种为高山嵩草(*Kobresia pygmaea*)、矮嵩草(*Kobresia humilis*)、藏嵩草(*Kobresia tibetica*)等。土壤类型以草毡土为主。在气候变暖,冰雪冻融和雨水冲刷,鼠害等自然因素和过渡放牧等人类活动的影响下,玉树县草地退化严重。

### 2.2 数据源

#### (1)光谱测量时间

2009 年 8 月 11 - 15 日,此时段是三江源植被生长最旺盛的时期,而且晴天比较多,便于测量植被光谱。

#### (2)光谱测量样地

矮嵩草、高山嵩草和沼泽化藏嵩草高寒草甸的样地选于三江源区玉树县的巴塘乡和下拉秀乡,每个样地选取了 5 个样点进行光谱测量。3 个样地的主要特征见表 1。

表 1 3 种高寒草甸样地主要特征  
Tab. 1 Main features of the sample fields of the three alpine meadows

草地类型	经纬度	海拔高度(m)	主要特征
矮嵩草草甸	32°51′24.3″N 96°58′38.1″E	4085	建群种:矮嵩草;草群高度:5~8cm;土壤:草毡土;地形:平坦谷地;群落总盖度:90%。;群落分盖度:矮嵩草(50%)、高山嵩草(20%)、风毛菊(5%)、针茅(5%)、棘豆(5%)、萎陵菜(2%)、乳白香青(2%)、黄帚橐吾(1%)
高山嵩草草甸	32°57′40.2″N 96°11′21.2″E	4 400	建群种:高山嵩草;草群高度:3~5cm;土壤:草毡土;地形:小山丘顶部;群落总盖度:100%;群落分盖度:高山嵩草(50%)、矮嵩草(25%)、苔草(15%)、美丽风毛菊(6%)、雪白萎陵菜(4%)
沼泽化藏嵩草草甸	32°57′25.4″N 96°11′19.5″E	4 340	建群种:藏嵩草;草群高度:20~35cm;土壤:沼泽化草甸土;地形:河边低阶地;群落总盖度:95%;群落分盖度:藏嵩草(60%)、矮嵩草(17%)、苔草(13%)、鹅毛萎陵菜(3%)、垂头菊(2%)

高寒草甸退化是三江源地区草地面临的一个严重问题。为了研究不同退化程度高寒草甸的光谱特征,我们在三江源区玉树县下拉秀乡选取了一个高寒草甸退化阳坡坡面,其坡面长约 350m,坡顶坡度为 6°,坡中坡度为 9~12°,坡底坡度 10°。该坡面鼠害严重,每公顷总鼠洞数和有效鼠洞数分别达到了 4500 个和 3544 个。在鼠害、过度放牧、重力、风蚀、水蚀和冰雪冻融共同作用下,该坡面从坡顶

到坡底呈现了不同退化程度的高寒草甸。李博等<sup>[15]</sup>提出了基于植物物种组成、地上生物量与盖度、地被物与地表状况、土壤状况、系统结构和可恢复程度的草地退化分类标准。本文的草地退化分类标准参考其提出的植物物种组成、植被盖度和土壤状况标准(见表 2)来划分草地退化程度。作者依据该标准在坡面上选取了 4 种退化程度的草地样地和未退化的草地样地。5 个样地的群落组成,土






层厚度、分盖度及其他信息见表 3。TH0 样地为未退化草地样地,其坡度为 10°左右,以高山嵩草为优势种,总盖度 100%,土壤生草层紧密,表土层厚度为 22cm,抗侵蚀能力强,未出现退化。TH1 样地为轻度退化高寒草甸,位于坡顶,地势平缓,仍以高山嵩草为优势种,但是高山嵩草的比例有所下降。其草层较紧密,草地中有一些鼠洞和堆积在鼠洞周围的新鲜土壤,总盖度在 80%左右,表土层厚度比原生草地下降了 28%左右;TH2 样地为中度退化高寒草甸,距坡顶约 50m,鼠洞周围的土被流水冲刷走,原生植被遭到了破坏,草地上出现了一些斑块

状的次生裸地,植被盖度降为 65%左右,表土层厚度比原生草地下降了 55%左右;TH3 样地为重度退化高寒草甸,距离坡顶约 130m,此处草地退化加剧,草皮剥蚀加重,裸露的砾石增多,总盖度降为 40%左右,表土层厚度比原生草地下降了 90%左右。另外,草地建群种也发生改变,以黄帚橐吾等毒杂草为主;TH4 样地为极度退化高寒草甸,距离坡顶约 270m,位于坡底附近。此处表土层已被完全剥蚀,总盖度很低,为 5%左右。作者在每个退化草地样区选取了 5 个样点进行了光谱测量。

表 2 高寒草甸退化程度分类标准  
Tab. 2 Classification criterion of the alpine meadow degradation level

退化程度	植物物种组成	植被盖度	表土层厚度
轻度退化	原生群落组成无重要变化,优势种个体数量减少,适口性好的草种减少或消失	比原生草地下降 20%~35%	比原生草地下降 20%~35%
中度退化	建群种与优势种发生更替,但仍保留大部分原生物种	比原生草地下降 35%~60%	比原生草地下降 35%~60%
重度退化	原生种类大半消失,种类组成单纯化。低矮、耐践踏的杂草占优势	比原生草地下降 60%~90%	比原生草地下降 60%~90%
极度退化	植被消失或仅生长零星杂草	比原生草地下降 90%以上	比原生草地下降 90%以上

表 3 坡面不同退化程度草地样地的主要特征  
Tab. 3 Main features of sample grasslands on the hillside at different degradation levels

样地编号	退化程度	距坡顶 距离(m)	表土层厚度 (cm)	植被盖度 (%)	群落组成和分盖度(%)	
TH0	未退化	50(阴坡)	22	100	高山嵩草(50%)、矮嵩草(25%)、苔草(15%)、美丽风毛菊(6%)、雪白萎陵菜(4%)等	
TH1	轻度退化	0(坡顶)	16	80	高山嵩草(30%)、麻花艽(10%)、苔草(10%)、雪白萎陵菜(6%)、美丽风毛菊(5%)、金露梅(5%)、矮嵩草(5%)、二柱头蕨草(5%)、矮火绒草(4%)等	
TH2	中度退化	50(阳坡)	12	65	高山嵩草(20%)、金露梅(21%)、点地梅(10%)、黄帚橐吾(5%)矮火绒草(2%)、矮嵩草(5%)、麻花艽(3%)等	
TH3	重度退化	130(阳坡)	2	40	黄帚橐吾(25%)、细叶亚菊(15%)等	
TH4	极度退化	270(阳坡)	0	5	细叶亚菊(5%)等	

(3)光谱测量仪器

本实验测量仪器采用美国 Analytical Spectral Devices Inc 公司设计生产的可见光/近红外便携式光谱测量仪 FieldSpec HandHeld,光谱测量范围:325~1075 nm;采样间隔:1.5nm ,光谱分辨率:3.5nm~700nm;积分时间:用户可选,最短积分时间为 17ms;动态范围:可测量的最大辐射值为两倍于零度天顶角时 100 %漫反射板的辐射值;视场角:25°;测量方式:手持或三脚架支持测量;附带的 RS<sup>3</sup> 软件可对 325~1075 nm 光谱范围的原始数据、反射、辐照度和辐亮度光谱数据采集、存储和显示。

(4)光谱测量

本实验按照以下规范进行测量:

(1)野外光谱测量时,目标与参考板同时测量,每组测量在 1 分钟内完成。每次测量之前先进行优化和参考板测量,每个测点进行 5 次目标测量取平均值。

(2)测量时间选择在 10:00—14:00,且尽量与所用卫星数据的过境时间一致。测量地点进行 GPS 定位,以便与遥感数据匹配。

(3)保证在晴朗、风速小于 3 级的天气状况下进行测量,探头垂直向下,与被测样品保持 1.0m 左右的距离。

(4)在 ASD FieldSpec Hand Held 手持便携式光谱分析仪的输出光谱设置项中,每条光谱的平均采样数不小于 10,对同一目标的观测次数(记录的光谱曲线条数)不小于 10 次。

3 高寒草甸光谱特征分析

3.1 3 种高寒草甸光谱特征

3 种高寒草甸的光谱曲线(图 1)的总体特征是在蓝光波段、红光波段是两个吸收峰,在绿光波段是一个反射峰,从 675nm 到 760nm 有一个上升的陡坡,在近红外波段反射较高且变化平缓,具有明显的植被光谱特征。同时,三者的光谱曲线在这些波段也存在差异。在绿光波段,3 种高寒草甸反射率的大小关系为:矮嵩草草甸>高山嵩草草甸>沼泽化藏嵩草草甸;在红光波段,三者的大小关系不变;在近红外波段,三者的大小关系变为:高山嵩草草甸>矮嵩草草甸>沼泽化藏嵩草草甸。

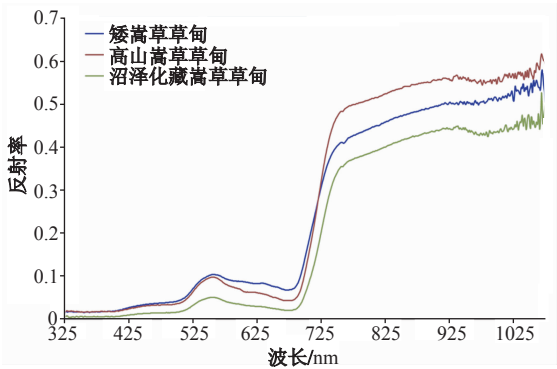


图 1 3 种高寒草甸的光谱曲线  
Fig. 1 Spectral curves of three alpine meadows

在分析不同高寒草甸的光谱差异时,使用所有波段的反射率会产生信息冗余。为了提高区分的效率,本文提取了 3 种高寒草甸在 557nm、675nm 和 760nm 处反射率和“红边”斜率作为光谱特征值(见表 4)。“红边”斜率的计算公式如下:

$$\text{“红边”斜率} = (\rho_{760} - \rho_{675}) / (0.760 - 0.675) \tag{1}$$

式(1)中,  $\rho_{760}$  和  $\rho_{675}$  分别代表光谱曲线在 760nm 处和 675nm 处的反射率。

由表 3 可知,除了高山嵩草草甸和矮嵩草草甸在 557nm 处反射率差异很小以外(相差 0.006),3 种高寒草甸光谱曲线的 4 个特征值有明显差异,综合利用这 4 个特征值能有效区分矮嵩草草甸、高山嵩草草甸和沼泽化藏嵩草草甸。

表 4 3 种高寒草甸在 557nm、675nm 和 760nm 处的  
反射率及红边斜率

Tab. 4 Reflectance of the three alpine meadows' at 557, 675 and 760 nanometer and their 'red edge' slopes				
草甸类型	557nm 反射率	675nm 反射率	760nm 反射率	“红边” 斜率
高山嵩草草甸	0.098	0.044	0.482	5.215
矮嵩草草甸	0.104	0.068	0.409	4.057
沼泽化藏嵩草草甸	0.051	0.021	0.354	3.963

3.2 不同退化程度的高寒草甸光谱特征分析

不同退化程度的高寒草甸的光谱曲线如图 3 所示,提取与分析 3 种高寒草甸光谱曲线相同的 4 个特征值得到表 5。由图 3 和表 5 可知:

未退化、轻度和中度退化高寒草甸的光谱曲线都具有绿光反射峰,红光吸收峰和近红外高反射区

这些植被光谱曲线特征。三者 在绿光反射峰(557nm)处和近红外(760nm)处的反射率随退化程度的增加而降低。在红光吸收峰(675nm)处未退化高寒草甸的反射率高于轻度和中度退化的高寒草甸。

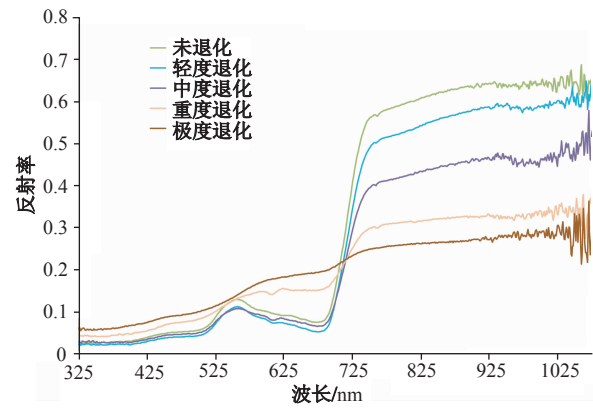


图 2 不同退化程度高寒草甸光谱曲线  
Fig. 2 Spectral curves of alpine meadows at different degradation levels

重度退化和极度退化高寒草甸的反射率都是随着波长的增加而增加,没有植被光谱曲线的特征,与土壤的光谱特征相似。这是因为重度退化和极度退化高寒草甸裸土所占面积比例较大。重度退化高寒草甸在蓝光波段和红光波段的反射率比极度退化高寒草甸低,而在近红外波段比极度退化高寒草甸高,这是因为重度退化高寒草甸仍然包含 40% 的草,在蓝光波段和红光波段的吸收、在近红外波段的反射强于极度退化的高寒草甸。虽然由于绿光波段植被有较强反射,重度退化高寒草甸在绿光波段的反射率比蓝光和红光波段离极度退化高寒草甸的反射率更近,但是仍然没有超过极度退化高寒草甸的反射率。

未退化、轻度退化、中度退化、重度退化和极度退化高寒草甸的光谱曲线在绿光反射峰(557nm)的差异较小,特别是未退化高寒草甸与重度退化高寒草甸之间,反射率仅相差 0.003。不同退化程度高寒草甸的“红边”斜率差异最明显,最小差值为 0.48。

“红边”斜率与草地退化程度的关系较好。从未退化到极度退化高寒草甸光谱曲线的红边斜率逐渐降低。

另外,为了调查几种退化程度高寒草甸光谱信息与其地上生物量的关系,作者拟合了实测的不同退化程度高寒草甸地上生物量与其对应的光谱曲线的“红边”斜率和归一化植被指数(NDVI)的线性关系(图 4)。计算 NDVI 的公式为:

$$(\rho_{840} - \rho_{660}) / (\rho_{840} + \rho_{660}) \tag{2}$$

式(2)中, $\rho_{840}$ , $\rho_{660}$  分别代表高寒草甸光谱曲线在 840nm 和 660nm 处的反射率。图 4 表明,高寒草甸地上生物量与其光谱曲线的“红边”斜率和 NDVI 线性关系都很好,拟合的确定系数( $R^2$ )分别达到了 0.93 和 0.87。高寒草甸的地上生物量越大,其“红边”斜率越高。高寒草甸的 NDVI 是随着生物量的增加而增加,但是未退化高寒草甸的 NDVI 值略小于轻度退化的高寒草甸,可能是因 NDVI 在高覆盖度情况下的饱和效应所致。这也说明在估算高寒草甸生物量时“红边”斜率优于 NDVI。

综上所述,未退化高寒草甸和 4 种退化程度高寒草甸光谱曲线的 4 个特征值,以及 NDVI 中,除 557nm 处的反射率外,其他均反映了它们之间的差异,能用于区分不同退化程度的高寒草甸;另外,NDVI、“红边”斜率与高寒草甸地上生物量的线性关系很好,可用于寒草甸地上生物量的遥感反演。

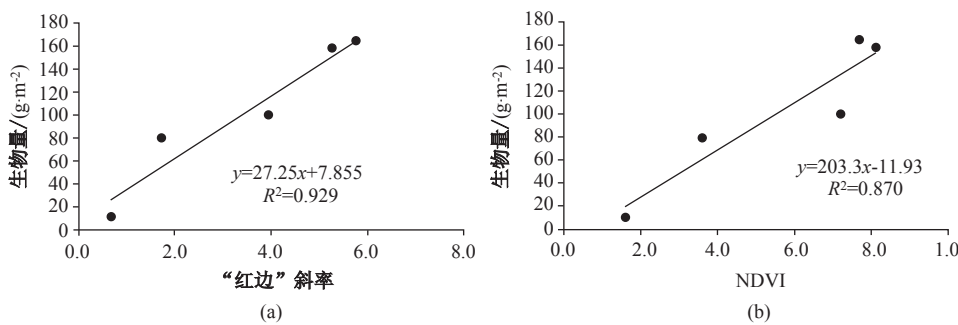


图 3 不同退化程度高寒草甸地上生物量与其光谱曲线的红边斜率(a)和 NDVI(b)的线性关系  
Fig. 3 The linear relationship between alpine meadows' above ground biomass and the red edge slope of the spectral curve (a), and NDVI (b) at different degradation levels



表 5 不同退化程度高寒草甸在 557nm、675nm 和 760nm 处的反射率、“红边”斜率、NDVI 和地上生物量

Tab. 5 557675 and 760 nanometer reflectance, ‘red edge’ slopes, NDVI and above ground biomass of alpine meadows at different degradation levels

草地退化程度	557nm 反射率	675nm 反射率	760nm 反射率	“红边”斜率	NDVI	地上生物量 (g·m <sup>-2</sup> )
未退化	0.131	0.077	0.568	5.764	0.77	164.32
轻度退化	0.114	0.054	0.503	5.284	0.81	157.70
中度退化	0.109	0.068	0.404	3.948	0.72	100.28
重度退化	0.134	0.154	0.301	1.725	0.36	79.80
极度退化	0.142	0.196	0.253	0.669	0.16	11.20

4 结论

本文分析了三江源区 3 种典型高寒草甸和不同退化程度下的高寒草甸的光谱曲线在绿光反射峰(557nm)、红光吸收峰(675nm)、近红外(760nm)的反射率,以及“红边”斜率的差异。

(1)高山嵩草草甸、矮嵩草草甸和沼泽化藏嵩草草甸在绿光反射峰(557nm)的差异较小,在红光吸收峰(675nm)、近红外(760nm)的反射率,以及“红边”斜率差异明显。

(2)受到植被覆盖的影响,未退化、轻度退化、中度退化高寒草甸的光谱曲线就有明显的植被特征,而重度退化和极度退化高寒草甸的光谱曲线与土壤光谱曲线的特征相似。

(3)未退化、轻度退化、中度退化、重度退化和极度退化高寒草甸的光谱曲线亦是在绿光反射峰(557nm)的差异较小,在红光吸收峰(675nm)、近红外(760nm)的反射率,以及“红边”斜率差异明显。近红外(760nm)的反射率和“红边”斜率都随退化程度的增加而减小。

(4)未退化、轻度退化、中度退化、重度退化和极度退化高寒草甸的光谱曲线获取的“红边”斜率、NDVI 与其对应的地上生物量之间线性拟合公式分别为  $y = 27.25 * x + 7.86$  和  $y = 203.3 * x - 11.93$ ,  $R^2$  分别为 0.93 和 0.87,相关性好。“红边”斜率、NDVI 可用于高寒草甸的地上生物量估算。

(5)NDVI 的高覆盖生物量反应灵敏度小于红边斜率,这会影响地上生物量的估算精度。相比之

下,“红边”斜率表达生物量的灵敏度要高得多,在用于估算高寒草地地上生物量时要优于 NDVI。

参考文献:

[1] 徐新良,刘纪远,邵全琴,等. 30 年来青海三江源生态系统格局和空间结构动态变化[J]. 地理研究, 2008, 27 (4): 829 - 828.

[2] 龙瑞军. 青藏高原草地生态系统之服务功能[J]. 科技导报,2007,25(9): 26 - 28.

[3] 刘纪远,徐新良,邵全琴. 近 30 年来青海三江源地区草地退化的时空特征[J]. 地理学报, 2008, 63(4): 364 - 376.

[4] 黄麟,邵全琴,刘纪远. 近 30 年来青海省三江源区草地的土壤侵蚀时空分析[J]. 地球信息科学学报. 2011, 13 (1):12 - 21.

[5] 张小咏,邵景安,黄麟. 三江源南部草地退化时空特征分析[J]. 地球信息科学, 2008, 10(5): 645 - 650.

[6] 芦清水,黄麟,吕宁. 三江源区东部 8 县草地退化格局分析[J]. 自然资源学报, 2009, 24(2): 259 - 267.

[7] 黄麟,刘纪远,邵全琴. 近 30 年来长江源头高寒草地生态系统退化的遥感分析[J]. 资源科学, 2009, 31(5): 884 - 895.

[8] 徐剑波,陈进发,胡月明,等. 青海省玛多县草地退化现状及动态变化研究[J]. 草业科学, 2011, 28(03): 359 - 364.

[9] Schmidt K S and Skidmore A K. Exploring spectral discrimination of grass species in African rangelands. International Journal of Remote Sensing, 2001, 22 (17): 3421 - 3434.

[10] 牟新待,龙瑞军,陈功,等. 高山草甸植被光谱反射特征的研究草业学报[J]. 1993, 2(2): 8 - 10.

[11] Yamano H, Chen J and Tamura M. Hyperspectral identification of grassland vegetation in Xilinhote, Inner Mongolia, China. International Journal of Remote Sensing, 2001, 24(15): 3171 - 3178.

[12] 王艳荣,雍世鹏. 利用多时相近地面反射波谱特征对不同退化等级草地的鉴别研究[J]. 植物生态学报, 2004(3): 406 - 413.

[13] 王焕炯,范闻捷,崔要奎,等. 草地退化的高光谱遥感监测方法[J]. 光谱学与 光谱分析, 2010, 30(10): 2734 - 2738.

[14] 范燕敏,武红旗,靳瑰丽. 新疆草地类型高光谱特征分析[J]. 草业科学. 2006, 23(6): 15 - 18.

[15] 李博. 中国北方草地退化及其防治对策[J]. 中国农业科学, 1997(6): 1 - 9.

## Spectral Analysis of Different Degradation Level Alpine Meadows in ‘Three-River Headwater’ Region

YU Xiaoyong<sup>1, 2</sup>, SHAO Quanqin<sup>2</sup>, LIU Jiyan<sup>2</sup> and HU Zhouwei<sup>1</sup>

(1. *College of Resources Environment & Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China;*

2. *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China*)

**Abstract:** The ‘Three-River Headwater’ region at Qinghai Province is the source region of Yangtze River, Yellow River and Lancangjiang River. At here, grassland is the predominate ecosystem and alpine meadow is the main grassland type. In recent 30 years, large amount of grassland in this area suffered degradation, and therefore monitoring the alpine meadow degradation is important for grassland protection in the ‘Three-River Headwater’ region. The spectral characteristics of alpine meadow at different degradation levels are valuable information for alpine meadow classification and degradation monitoring through remote sensing. In this study, we measured the ground spectral data and surveyed grass samples in three sorts of alpine meadows at five degradation levels in August 2009 at the ‘Three-River Headwaters’ Region, Qinghai Province. Then we extracted and analyzed four characteristic values of the collected spectral data: the reflectance at 557 nm and 760 nm and the red edge slopes. The result indicates that there are little differences among 557 nm’s reflectance of the three sorts of alpine meadows at five degradation levels, but there are obvious differences among 675 nm’s reflectance, 760 nm’s reflectance and the red edge slopes. We could distinguish the three sorts of alpine meadows at five degradation levels and make effective monitoring according to those differences. We also calculated the normalized differential vegetation index (NDVI) value of alpine meadow at five degradation levels based on their spectral data and related them with above ground biomass in this study. The result suggests that above ground biomass of alpine meadows at different degradation levels are well related to its ‘red edge’ slope and NDVI, with the determination coefficient of 0.93 and 0.87 respectively. Thus, these two parameters are useful for above ground biomass estimation based on remote sensing data. The ‘red edge’ slope of alpine meadows’ reflectance not only could distinguish the three sorts of alpine meadows at five degradation levels effectively, but also has a better relationship with above ground biomass than NDVI value. Thus, ‘red edge’ slope of alpine meadows’ reflectance is essential for alpine meadows classification, degradation monitoring and biomass estimation.

**Key words:** alpine meadow; grassland degradation; vegetation spectrum; spectral characteristic analysis