

# 天山北坡中东段天然草地 光谱植被指数特征

黄敬峰 王秀珍

(浙江大学农业遥感与信息技术研究所 杭州 310029)

**提 要** 据 1992~1994 年天山北坡中东段各种主要天然草地类型混合牧草群落光谱观测资料, 牧草产量资料分析发现, 天然草地牧草产量与光谱植被指数都具有季节变化特征, 呈现由低到高, 再由高到低的变化规律; 天然草地光谱植被指数可以较好地反映牧草产量的年际变化和不同类型天然草地的产量差异, 由于降水等自然条件的影响, 牧草产量高的年份, 光谱植被指数也高, 牧草产量低的年份, 光谱植被指数也低。从而为天然草地生产力的遥感监测预测提供依据。

**关键词** 草地生产力 光谱植被指数

**分类号** 《中图法》S 812.8

## 1 引 言

在天然草地光谱特征、植被指数模式的选择以及地面光谱测产模式研究方面, 除了黄敬峰等<sup>[1]</sup>用对应 NOAA/AVHRR 通道 1 及通道 2 的光谱波段, 比较全面系统地研究了天山北坡中段天然草地光谱植被指数日变化、季节变化和年际变化特征, 比较了不同草地类型的光谱特征外, 所采用的光谱波段大都是与 Landsat/MSS、TM 中的近红外波段及红光波段相对应的<sup>[2~6]</sup>。但是天然草地草被光谱特征研究是利用气象卫星资料监测天然草地牧草产量的基础性研究工作, 关系到如何根据草地植被光谱特征, 选择最佳植被指数模式, 提高图象识别精度, 建立定量遥感监测模式问题, 因此具有重要的理论意义和重大实用价值。

天山北坡草地是新疆的重要畜牧基地, 在新疆草地畜牧业中占有重要地位, 其草地垂直分异明显, 类型复杂, 给遥感识别分类和监测带来了很大的困难, 因此在前期研究的基础上, “八五”期间扩大试验范围, 增加阜康观测点, 观测的草地类型也增加了, 使其适应范围从天山北坡中段扩大到中东段, 以期为用 NOAA 气象卫星 AVHRR 资料进行天然草地分类和牧草产量监测提供依据。

## 2 试验区的选择及观测方法

### 2.1 试验区的选择

根据天山北坡草地分布规律, 考虑到试验区的代表性和工作方便, 选择了乌鲁木齐南郊、阜康 2 个试验区。在试验区选择具有代表性的高寒草甸、山地高草草甸、山地温性草原、山地草甸草原、山地荒漠草原、平原土质荒漠和低地盐生草甸 7 种草地类型。各监测点的地理位置及草地类型如表 1 所示。

### 2.2 观测方法及时间

本研究主要包括光谱观测和牧草产量观测, 同时进行土壤含水量、植被盖度的测定, 并收集附近气象站与牧草产量有关的水热气象资料。

光谱观测所用的仪器为北京大学北高公司生产的 WDS— I 、WDS— II 型微电脑双光谱仪, 光谱波段为  $0.58\mu\text{m}\sim 0.68\mu\text{m}$  和  $0.725\mu\text{m}\sim 1.1\mu\text{m}$ , 分别对应于 NOAA/ AVHRR 的通道 1 和通道 2 的光谱波段。光谱仪视场角天光为  $180^{\circ}$ , 地光为  $12^{\circ}$ , 测定时仪器的天光头和地光头同时垂直于地面, 仪器高度  $1.5\text{ m}\sim 2\text{ m}$ 。光谱观测完后, 剪下地上部分作为产草量, 称取鲜重, 自然风干, 测定干重。1992~1994 年试验区草地产草量和光谱观测日期如表 2 所示。

表 1 各监测点的地理位置与草地类型  
Table 1 Latitude and longitude of monitoring station and its grassland type

地点	试验点	海拔(m)	草群盖度	草地类型
乌鲁木齐	1	2600~3200	80~90	高寒草甸放牧场
	2	2200~2800	80~100	山地高草草甸割草场
	3	1400~2000	50~60	山地温性草原放牧场
阜康	1	1800~2500	75~95	山地草甸草原放牧场
	2	1100~1700	20~40	山地荒漠草原放牧场
	3	540	25~35	平原土质温性荒漠放牧场
	4	560	70~90	低地盐生草甸放牧场

表 2 乌鲁木齐和阜康测点牧草产量、地面光谱观测日期(日/月)  
Table 2 Observation dates of production and its spectrum  
at Urumqi and Fukang station

地点	年份	产量测定日期	光谱测定日期
乌鲁木齐	1992	15/5 1/6 15/6 1/7 15/7 1/8 15/8 1/9 15/9 1/10	15/5 15/7 14/8 2/9 16/9
	1993	15/5 1/6 15/6 1/7 15/7 1/8 15/8 1/9 15/9 2/8 6/8/7	15/6 1/7 15/8 1/9 15/9
	1994	9/5 18/5 2/6 20/7 30/7 10/8 19/8 30/8 10/9 20/9	9/5 2/6 10/6 28/6 8/7 20/7 30/7 10/8 19/8 10/9
阜康	1992	15/5 1/6 15/6 1/7 15/7 1/8 15/8 1/9 15/9	15/5 1/6 15/6 1/7 15/7
	1993	15/5 1/6 15/6 1/7 15/7 1/8 15/8 1/9 15/9	15/6 15/7 1/8 15/8 1/9 15/9

3 结果分析

图 1 是乌鲁木齐和阜康测点不同年份不同草地类型的光谱植被指数及其对应的草地生产力变化曲线。高寒草甸放牧场 1992 年只有 2 次观测, 1993 年的观测值中出现负值; 山地草甸草原放牧场和山地荒漠草原放牧场 1992 年也只观测 3 次; 平原土质温性荒漠放牧场 1992 年产量只有  $40\text{ g/m}^2\sim 70\text{ g/m}^2$  时对应的比值植被指数 RVI 为  $10\sim 30$ , 所以代表性不强的变化曲线, 其余全部保留。图中 a、b 分别为 1993 年和 1994 年山地高草草甸割草场的变化曲线, c、d 分别为 1993 年和 1994 年山地温性草原放牧场的变化曲线, e、f 分别为 1992 年和 1993 年低地盐生草甸放牧场的变化曲线, g 为 1994 年高寒草甸放牧场的变化曲线, h 为 1993 年山地草甸草原放牧场的变化曲线, i 为 1993 年山地荒漠草原放牧场的变化曲线, j 为 1993 年平原土质温性荒漠放牧场的变化曲线, 从图中可以得出如下结论。

3.1 天然草地光谱植被指数的季节变化

无论是干草重、鲜草重还是归一化植被指数 NDVI 和 RVI, 都遵循季节变化特征, 即春季随着牧草的生长, 干草重、鲜草重、NDVI 和 RVI 都逐步增加, 在夏季达到最大, 而后再逐步下降, 直到停止生长为止。

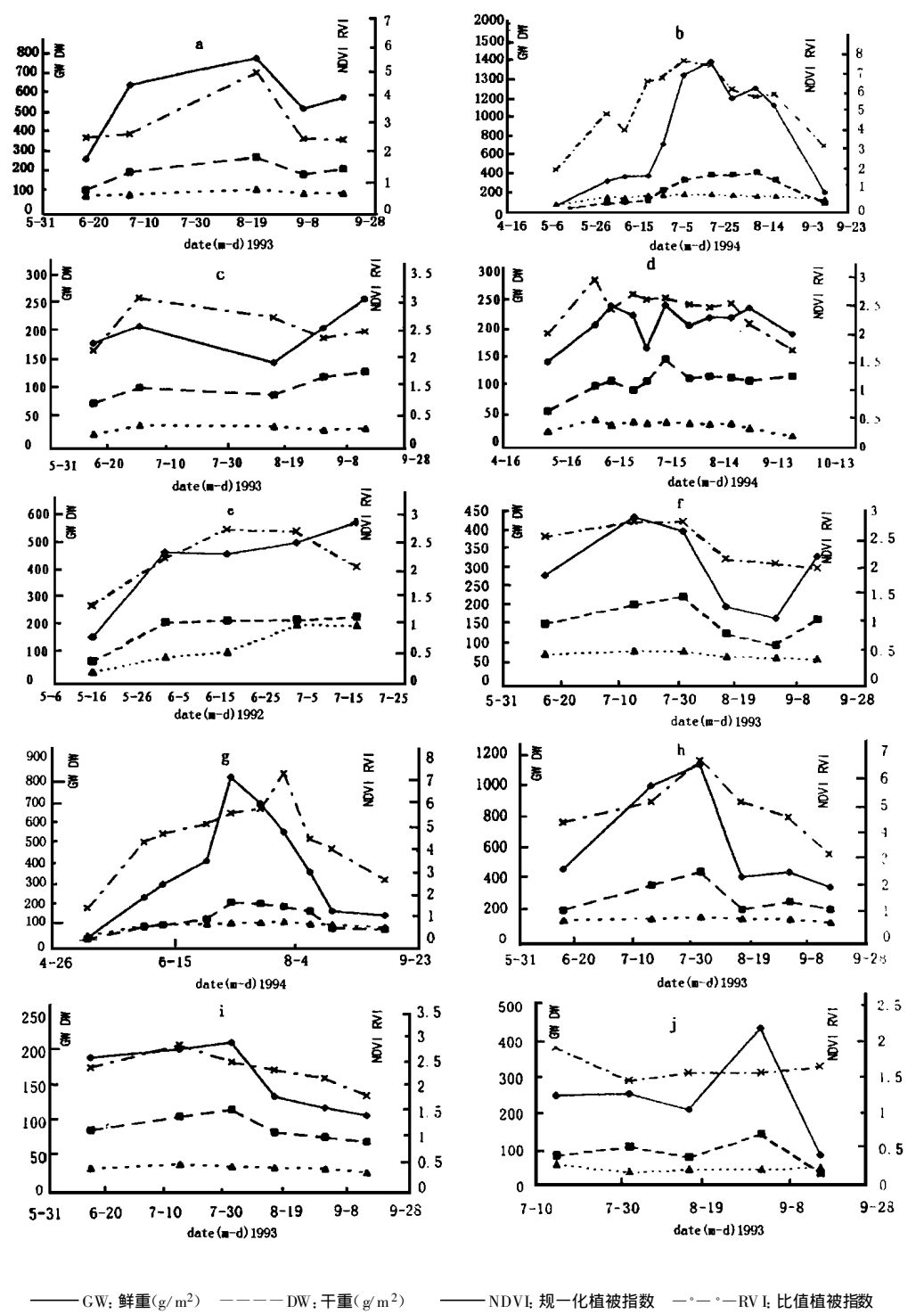


图 1 天然草地牧草产量与光谱植被指数变化曲线  
Fig. 1 The variation curves of natural grassland production and its spectral vegetation indices

不同草地类型产草量最大值出现的时间并不一样,大致可以分为干草重、鲜草重、NDVI 和 RVI 同时出现、干草重和鲜草重比 NDVI 和 RVI 早出现、干草重和鲜草重比 NDVI 和 RVI 迟出现三类。第一类中产草量和植被指数的最大值山地草甸 1993 年出现在 8 月 15 日;山地温性草原 1994 年出现在 6 月 10 日;草甸草原 1992 年出现在 7 月 15 日,1993 年出现在 8 月 1 日;平原土质荒漠 1992 年出现在 6 月 1 日;低地盐生草甸 1992 年出现在 7 月 15 日,1993 年出现在 8 月 1 日,这一类占一半。第二类中高寒草甸干草重和鲜草重 1994 年的最大值比 NDVI 和 RVI 早出现 22 天,分别出现在 7 月 8 日和 7 月 30 日;山地荒漠草原干草重和鲜草重 1993 年的最大值比 NDVI 和 RVI 早出现 1 个月,分别出现在 5 月 15 日和 6 月 15 日;平原土质荒漠的干草重和鲜草重 1994 年的最大值比 NDVI 和 RVI 早出现半个月,分别出现在 9 月 1 日和 15 日。第三类中只有高寒草甸和山地荒漠草原出现 2 次。

3.2 天然草场光谱植被指数的年际变化

图 1 中(a)、(b)分别为乌鲁木齐测点 1993 年和 1994 年山地高草草甸割场的变化曲线,(c)、(d)分别为乌鲁木齐 1993 和 1994 年山地温性草原放牧场的变化曲线,(e)、(f)分别为阜康测点 1992 和 1993 年低地盐生草甸放牧场。不同年份由于气候条件变化,导致牧草产量也发生变化,从而引起植被指数的差异,以乌鲁木齐为例,试验区区内位于海拔 2 118.8 m 的小渠子气象站,1993—04—10 月降水量为 557.0 mm,1994 年同期为 590.0 m,1994 年比 1993—04—10 的降水量多 5.9%,而对牧草返青及产量影响极大的 4 月份降水量差异更大,1993 年仅为 31.2 mm,1994 年为 102.2 mm。因此,1994 年高寒草甸放牧场的鲜草重和干草重比 1993 年高 428.26 g/m<sup>2</sup> 和 64.87 g/m<sup>2</sup>,分别增加 112.5%和 53.6%,对应的 NDVI 和 RVI 也分别增加 37.3%和 83.9%;1994 年山地高草草甸草场的鲜草重和干草重比 1993 年高 1 009.33 g/m<sup>2</sup> 和 171.21 g/m<sup>2</sup>,分别增加 133.6%和 69.3%,对应的 NDVI 和 RVI 也分别增 5.6%和 69.3%;而山地温性草原放牧场 1993 年和 1994 年的产量和植被指数比较接近(表 3)。这一方面表明植被指数可以反映同一草地类型不同年份产草量变化;另一方面也说明在产量比较高时 RVI 更能反映生物量变化。

表 3 乌鲁木齐测点 1993 年和 1994 年的牧草最高产量及其对应的植被指数

Table 3 The maximum grass yield and its vegetation indices at  
Urumqi station in 1993 and 1994

草地类型	年份	鲜重(g/m <sup>2</sup> )	干重(g/m <sup>2</sup> )	NDVI	RVI
高寒草甸放牧场	1993—08—15	380.66	121.05	0.51	3.05
	1994—07—08	808.92	185.92	0.7	5.61
山地温性草原放牧场	1993—09—15	254.34	129.71	0.4	2.32
	1994—07—08	241.33	148.9	0.36	2.11
山地高草草甸割草场	1993—08—20	755.67	247.1	0.71	5.97
	1994—07—20	1765.0	418.31	0.75	7.11

3.3 不同类型草地光谱植被指数的差异

不同类型草地因其立地生态条件不同,造成其牧草种类构成、长势、盖度及产量上的差异,从而引起光谱植被指数的变化。对于乌鲁木齐测点而言,观测资料比较完全的 1994 年,山地高草草甸割草场除了 6 月 10 日和 7 月 30 日外,其余 8 次的 NDVI 和 RVI 都最大;山地温性草原放牧场除了 5 月 9 日外其余的 NDVI 和 RVI 都最小;高寒草甸放牧场则除了 5 月 9 日、6 月 10 日和 7 月 30 日外,其余的 NDVI 和 RVI 都居中。对于阜康测点,1993 年的观测资料比较完全,低地盐生草甸放牧场和山地荒漠草原放牧场的 NDVI 和 RVI 最大值交替出现,难以区别;山地草甸草原放牧场从 6 月 15 日到 9 月 15 日的 NDVI 和 RVI 值都最大;平原土质温性荒漠放牧场从 7 月 15 日到 9 月 15 日的 NDVI 和 RVI 值都最小,与其余 3 种草地类型差异显著。通过上述分析可以得出不同草地类型用 NDVI 和 RVI 进行分类识别的最佳时相(表 4)。

表 4 不同草地类型用 NDVI 和 RVI 分类识别的最佳时相

Table 4 The optimum classification periods of different grassland types using NDVI and RVI	
草地类型	最佳时相
山地高草草甸割草场	5 月、6 月 28 日~7 月 20 日、8 月 10 日~9 月 10 日
山地温性草原放牧场	6 月 1 日~9 月 10 日
高寒草甸放牧场	6 月 28 日~7 月 20 日、8 月 10 日~9 月 10 日
平原土质温性荒漠放牧场	7 月 15 日~9 月 15 日
山地草甸草原放牧场	7 月 15 日~9 月 15 日

3. 4 光谱监测模型

草地光谱反射是牧草及其环境的综合反射, 反射率大小受草地类型、牧草种类成份、植被盖度、植物水分、土壤理化特征、大气状况等多种因素的影响。用 1992~1994 年乌鲁木齐和阜康天然草地牧草光谱观测资料与同步观测的牧草产量资料建立的且通过显著性检验的光谱监测模型如表 5 所示。表中  $RVI_{sp}$ 、 $NDVI_{sp}$  分别代表光谱比值植被指数和归一化差植被指数,  $y$  代表产草量。某一类型的监测模型是用不同时间和不同地点同一草地类型所有牧草产量资料和光谱建立的。

表 5 草地牧草产量光谱监测模型

Table 5 Monitoring models of grass yield using spectral data

草地类型	模 型	RVI	NDVI
高寒草甸	$y=17.2439+608.114NDVI_{sp}$	0.6456 *	10
高寒草甸	$y=36.7560\exp(3.5724NDVI_{sp})$	0.6853 *	10
山地草甸	$y=-213.96+1397.69NDVI_{sp}$	0.7046 **	12
山地草甸	$y=50.0589\exp(3.8565NDVI_{sp})$	0.8214 **	12
低地草甸	$y=148.993+507.71NDVI_{sp}$	0.8053 **	10
低地草甸	$y=184.3617\exp(1.3996NDVI_{sp})$	0.7651 **	10
山地草甸	$y=61.0711+149.516RVI_{sp}$	0.7692 **	13
山地草甸	$y=98.4747\exp(0.343RVI_{sp})$	0.7704 **	13

\*代表 0.05 显著水平, \*\*代表 0.01 极显著水平。

从表 5 可知, 除了低地草甸的光谱监测模型外, 其它的相关系数都是指数模型高于线性模型。因此对于盖度较高的草场类型, 当盖度 $>80\%$ 时, NDVI 对植被检测灵敏度下降, 最好采用指数模型, 而 RVI 变得对植被十分敏感, 采用线性模型就可达到或接近非线性模型的结果。

参 考 文 献

1 黄敬峰, 桑长青, 金杰等. 天山北坡天然草场光谱植被指数的基本特征. 遥感技术与应用, 1994, 9(1): 29~33

2 李岩. 天然草场光谱的时空分布与最佳解译图象的选择—以新疆天山北坡为例. 新疆地理, 1983, (3): 60~66

3 金丽芳, 徐希孺, 张猛等. 内蒙古典型草原地带牧草产量估算的光谱模型. 中国草原与牧草杂志, 1986, 3(2): 51~54

4 William J. Rippe. 刘海启译. 草地植被的渐近反射特征. 见: 农业遥感译文集. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1989. 106~133

5 王艳荣, 雍世鹏. 内蒙古锡林郭勒草原植被的光谱反射特征与牧草产量的相关性析. 植物生态学与地植物学学报, 1990, 14(3): 258~266

6 张玉勋, 李占东. 草地植物群落地上生物量非破坏性估测方法的探讨. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15(2): 175~182

第一作者简介 黄敬峰, 男, 1963 年生, 浙江大学农业遥感与信息技术研究所副研究员、博士。从事农业遥感应用研究, 主持和参加省部级科研课题和项目 8 项, 获省部级科技进步二、三、四等奖各一项, 发表论文 40 余篇, 主编出版《草地遥感》、《冬小麦气象卫星综合遥感》和《中国农业气象文献目录》等书。

THE CHARACTERISTICS OF NATURAL GRASSLAND  
SPECTRAL VEGETATION INDICES IN EASTERN AND  
MIDDLE PART OF NORTHERN TIANSHAN MOUNTAIN

HUANG Jingfeng    WANG Xiuzhen  
(*Institute of Agricultural Remote Sensing and Information  
Application, Zhejiang University, Hangzhou 310029*)

Abstract

Urumqi and Fukang are selected as experimental regions in eastern and middle part of northern Tianshan Mountain. The grass yield and its reflectance are observed from 1992 to 1994 at different grassland, the annual variation role is studied and the differences of grass yield and spectral vegetation indices are compared. The grass yield and vegetation indices have annual variation characteristics which is that their values are low in spring and then increase, and reach the maximum value in summer, and after that they decrease. The spectral vegetation indices can reflect the change of grass yield of different natural grasslands, therefore it is possible to classify different natural grasslands and to determine the optimum period of interpretation through spectral vegetation indices. The spectral vegetation indices can be used to monitor the grass yield and to predict the maximum yield because the spectral vegetation indices vary with grass yield in different seasons and from year to year. This is the basic work of classification and interpretation of different natural grass lands and provides grass yield estimation by remote sensing data.

**Key words**    grassland production, spectral vegetation indices