

利用气象卫星 AVHRR 资料监测新疆北部天然草地牧草产量

黄敬峰

王秀珍

蔡承侠

胡新博

(浙江大学农业遥感与信息技术研究所)

(新疆气象科学研究所)

(新疆畜牧科学院草原研究所)

摘要: 采用 1992~1994 年牧草产量资料, NOAA AVHRR 资料分析了北疆主要天然草地牧草产量与卫星植被指数的变化特征, 结果表明牧草产量和卫星植被指数都存在周年变化, 用卫星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牧草产量差异, 但对草甸草地和草原草地的监测效果比对荒漠草地监测效果好, 利用实测资料建立了新疆北部主要天然草地牧草产量遥感监测模型。

关键词: 天然草地; 牧草产量; NOAA AVHRR; 遥感; 监测

80 年代初期, 国外开始将 NOAA 气象卫星的甚高分辨率辐射仪 (AVHRR) 资料用于草地遥感监测, 在新西兰用 NOAA-7 资料计算的归一化差植被指数 (NDVI) 监测草地生产力动态变化^[1], 在非洲萨赫勒地区也进行了利用 AVHRR 资料监测天然草地的研究^[2,3]。国内徐希孺等^[4] (1985) 研究了用 NOAA AVHRR 资料推断内蒙古自治区锡林郭勒盟草场产草量的方法, 童庆禧等^[5] (1986) 也用气象卫星图象资料进行塔里木河中、下游地区草场生物量测量方法的研究, 但这些研究使用的 NOAA AVHRR 资料与产量资料不同步。李博等 (1993)^[6] 进行草地畜牧业动态监测系统建设研究, 取得丰硕成果。黄敬峰等^[7] 对复杂地形条件下的天山北坡中段天然草地牧草产量遥感动态监测方法进行的研究, 建立了不同草地类型的遥感动态监测模式和综合荒漠、草原、草甸资料的遥感动态监测模式。

北疆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, 但其地形复杂, 垂直分异明显, 草地类型繁多, 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, 增加观测点, 增加草地类型, 以期为主要天然草地分类识别和牧草产量监测提供依据。

1 试验区的自然地理概况及观测方法

1.1 试验区的自然地理概况

根据北疆草地分布规律, 考虑到试验区的代表

性, 选择了乌鲁木齐南郊、阜康和阿勒泰作为试验区。在试验区选择具有代表性的草地类型, 共有高寒草甸、山地草甸、山地草原、草甸草原、山地荒漠草原、草原化荒漠、平原荒漠、盐生草甸 8 种草地类型, 10 个监测点, 同时进行卫星观测和牧草产量观测。监测点的地理位置及草地类型如表 1 所示。

表 1 各监测点的地理位置与草地类型

Tab. 1 Latitude and longitude of monitoring station and its grassland type

地名	测点	经度	纬度	草地类型
乌鲁木齐	1	87 04	43 17	高寒草甸放牧场
	2	87 13	43 29	山地高草草甸割草场
	3	87 08	43 31	山地温性草原放牧场
阜康	1	88 09	43 58	山地草甸草原放牧场
	2	88 08	44 02	山地荒漠草原放牧场
	3	88 18	44 16	平原土质温性荒漠放牧场
	4	88 11	44 12	低地盐生草甸放牧场
阿勒泰	1	88 06 33	47 52 42	平原荒漠
	2	87 14 45	47 49 14	草原化荒漠
	3	87 02 59	47 49 14	山地草原

1.1.2 观测方法及时间

采用地面监测与卫星遥感监测相结合的方法, 地面监测主要包括牧草产量观测, 在试验区选定的草地类型中要求连片面积在 2 km² 以上的地域作为观测样地, 在样地内随机布置样方, 进行测定。其中产草量采用收获法快速称重获得鲜草产量, 待自然风干后, 测定干重 (单位: g dm⁻²)。与地面观测相对应, 接收处理时间相近的晴天时的 NOAA AVHRR 资料, 作为遥感信息源, 经过大气辐射校正和几何校正后, 按各样地的地理坐标读取两个通道的数据, 计

收稿日期: 1999201211 修订日期: 1999212206

黄敬峰, 博士, 副研究员, 杭州市华家池 浙江大学农业遥感与信息技术研究所, 310029

算规一化植被指数 (NDVIs) 和比值植被指数 (RVIs)。

乌鲁木齐试验区观测时间为 1992~ 1994 年的 5~ 10 月, 阜康试验区的观测时间为 1992~ 1993 年的 5~ 10 月, 阿勒泰作试验区的观测时间为 1992~ 1994 年的 4~ 10 月。

2 结果分析

利用各试验区的卫星植被指数及其对应的草地牧草产量变化曲线绘制随时间的变化曲线(图 1), 其中左纵坐标 GW、DW 分别代表牧草鲜重、干重 (g \ddot{a} m 2); 右纵坐标 NDVIs、RVIs 分别代表为卫星规一化植被指数和比值植被指数; 横坐标为观测日期 (月2日)。

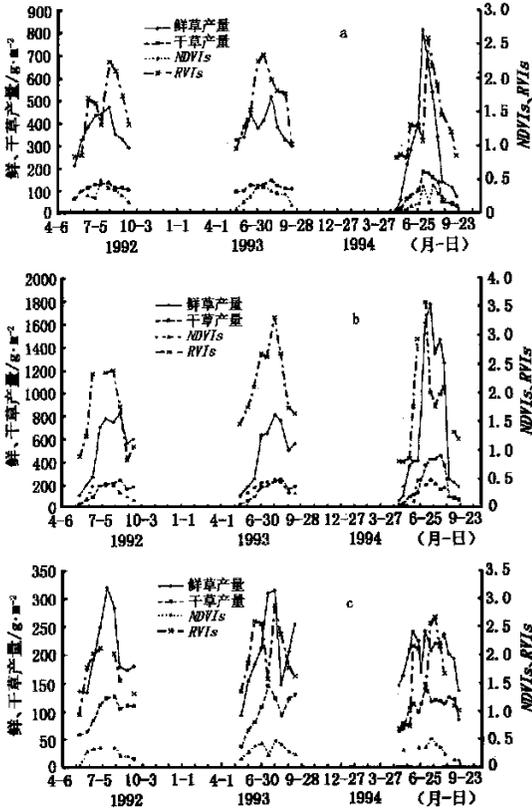


图 1 乌鲁木齐试验区天然草地牧草产量与植被指数变化曲线

Fig11 The grass production and vegetation indices variation curves of natural grassland at Urumqi station

2.1 乌鲁木齐试验区

从乌鲁木齐试验区高寒草甸放牧场 a、山地高草草甸割草场 b 和山地温性草原放牧场 c 的变化曲线图上可知, GW、DW、NDVIs 和 RVIs 的季节变化

曲线都为单峰型, 即春季随着牧草的生长, GW、DW、NDVIs 和 RVIs 都逐步增加, 在 7 月 6 日到 8 月 15 日达到最大值, 然后逐步下降, 直到停止生长为止, 且具有周年变化特征。

山地温性草原亚类呈带状分布于中、低山带, 是新疆各地主要草地类型, 主要由多年生旱生草本植物组成, 丛生禾草是其主要成分, 覆盖度 50%~60%, 每公顷鲜草产量 1 410~ 2 295 kg, 具有春季萌发早的特点。1992~ 1994 年试验区山地温性草原亚类的 NDVIs 和 RVIs 从 5 月下旬到 6 月上旬高于高寒草甸放牧场和山地高草草甸放牧场, 是山地温性草原亚类分类识别的最佳时期。

山地高草草甸处于高寒草甸和山地温性草原之间, 主要分布在天山分水岭以北的中山带, 是新疆各地主要的天然割草地。观测样区山地高草草甸的建群植物主要有草地早熟禾、无芒雀麦和草原老鹳草, 伴生种主要有梯牧草、林地早熟禾、鹅冠草、异燕麦、蓬子菜、党参等, 覆盖度 80%~100%, 最高鲜草产量每公顷可达 8 085 kg。山地高草草甸春季开始生长早于高寒草甸, 但比山地温性草原亚类迟, 6 月中旬以后超过山地温性草原, 1992、1993、1994 年 6215~821、721~8215、6221~7220 期间 RVIs 高于高寒草甸和山地温性草原, NDVIs 在 6215~721、6228~8213、6223~721 期间也高于高寒草甸和山地温性草原, 所以, 6 月中旬到 8 月上旬是山地高草草甸信息提取的最佳时期。

高山高寒草甸亚类在天山北坡中部分布在海拔 2 600~ 3 200 m, 年降水量约 450 mm, 年平均气温低于 0 $^{\circ}$, 草层低矮, 结构简单, 层次分化不明显。但草群生长茂密、覆盖度大, 生长季节短而迟, 阳坡牧草 5 月中旬萌发, 阴坡一般延至 6 月初, 8 月初开始枯黄, 利用期为 6~ 9 月约 90~ 100 d, 与之相对应, RVIs 达到最大值的时间: 1992 年为 8 月 1 日, 1993 年为 7 月 15 日, 1994 年为 7 月 30 日; NDVIs 达到最大值的时间: 1992 年为 7 月 15 日, 1993 年为 8 月 4 日, 1994 年为 7 月 28 日。即 RVIs 和 NDVIs 达到最大值的时间为 7 月中旬到 8 月中旬, 此期间是监测牧草生长及提取高寒草甸信息的最佳时期。

2.1.2 阜康试验区

从阜康试验区山地草甸草原放牧场、山地荒漠草原放牧场、平原土质温性荒漠放牧场和低地盐生草甸放牧场的变化曲线(图略)可知, GW、DW、NDVIs 和 RVIs 也都具有周年变化特征。

阜康试验区山地草甸草原放牧场与乌鲁木齐的山地高草草甸相似, 呈现周期性的变化特征。山地荒漠草原放牧场在天山北坡分布在海拔 1 100~1 700 m, 覆盖度 20%~40%, 每公顷鲜草产量一般在 1 034~1 350 kg。由于分布海拔较低, 春季返青生长早, 加之产量较低, 所以在 1992 和 1993 年试验中与干、鲜重达到最大值的时间相对应, 6 月低和 7 月初达到最大值。低地盐生草甸也呈现类似的变化特征。

平原土质温性荒漠放牧场在天山北坡主要分布于山前洪积—冲积平原, 试验区草群覆盖度仅为 25%~35%, 每公顷鲜草产量仅 130~430 kg, 产量极低, 对这部分草地牧草产量的遥感监测因其覆盖度低, 卫星资料很难反映其变化, 因此, 在目前技术条件下, 对这类草地还很难用遥感方法监测其产量变化。

213 阿勒泰试验区

阿勒泰试验区平原荒漠(图略)主要分布在准噶尔盆地中部及山前洪积—冲积平原, 气候极为干旱, 年降水量小于 150 mm, 植被以小半乔木和蒿类灌木为主, 盐柴类次之, 灌木相对较少, 而短命植物可形成独立层片, 反映春雨和积雪多的气候特征。因此, 随着短命植物生长, 牧草产量发生突变, $NDVIs$ 和 $RVIs$ 也有所变化, 如 1992 年 7 月 1 日观测到 $NDVIs=0.116$ 和 $RVIs=1.135$, 比其它时段高出 2~5 倍, 1994 年 6 月 7 日也观测到 $NDVIs=0.112$, $RVIs=1.124$, 远高于其它时段, 这与短命植物生长有关。

草原化荒漠(图略)主要发育在准噶尔盆地沙漠北缘至阿勒泰山前倾斜平原, 草地植被以旱生、超旱生的盐柴类、蒿类半灌木为主, 发育有短命和类短命植物层片, 但该类草地小丛禾草和短命、类短命很不稳定, 年度波动较大, 雨水好的年景可形成旺盛的禾草和短命植物层片, 但遇到旱年几乎见不到小丛禾草的绿色株丛, 短命植物亦极少。从 3 年的观测情况看, 除 1993 年资料不齐外, 1994 年产量高于 1992 年且较稳定, $NDVIs$ 和 $RVIs$ 也表现了相同的变化特征。

山地草原(图略)在阿勒泰山南坡从西部分布于海拔 1 100~1 600 m 到东部 1 200~1 900 m。沟羊茅和羊茅为其主要优势种。山地草原草层普遍较低矮, 产量也较低, 草层高度一般在 20~25 cm, 覆盖度 50%~60%, 每公顷鲜草产量 1 410~2 295 kg,

产量年际间变化较大, $NDVIs$ 和 $RVIs$ 也随之变化, 此外, $NDVIs$ 和 $RVIs$ 都具有周年变化特征。

214 综合分析

无论是干草重、鲜草重还是 $NDVIs$ 和 $RVIs$, 都遵循周年变化特征, 呈单峰型, 即春季逐步增加, 夏季达到最大, 而后逐步下降, 直到停止生长为止。

不同年份产量也发生变化, 从而引起植被指数的差异。以乌鲁木齐为例, 1992 年与 1993 年相比, 乌鲁木齐试验区高寒草甸割草场、山地草甸牧草产量和 $NDVIs$ 、 $RVIs$ 变化不大, 1994 年的牧草产量最大值明显高于 1992、1993 年, $NDVIs$ 和 $RVIs$ 最大值也明显高于 1992、1993 年; 从图 1c 中可见, 1992、1993 年山地草原牧草产量变化不大, 卫星植被指数变化不明显, 但都高于 1994 年, 1994 年鲜草重和 $RVIs$ 都呈波动变化。

不同类型草地其种类构成、长势、盖度、产量上的差异, 从而引起卫星植被指数的变化, 使得充分利用卫星资料进行大面积周而复始地监测草地生产动态变为可能。牧草干草重、鲜草重以山地高草草甸为最高, $NDVIs$ 和 $RVIs$ 值也以山地高草草甸为最高, 其次是高寒草甸、山地草甸草原、山地草原, 其它草地类型为第三位。

215 卫星遥感监测模型

用 1992~1994 年乌鲁木齐、阜康、阿勒泰卫星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卫星监测模型如表 2 所示, 表中 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卫星资料建立的。

从表 2 可知, 牧草产量与植被指数关系密切; 对于 $NDVIs$ 而言, 除了高寒草甸产草量卫星遥感监测模型外, 其它草地类型模型的相关系数都是指数模型高于线性模型, 而且草原化荒漠和盐生草甸的线性模型未通过显著性检验, 其指数模型却通过了显著性检验; 对于 $RVIs$ 而言, 卫星遥感监测模型的相关系数除了山地草原为指数模型高于线性模型外, 高寒草甸和山地草甸的相关系数为线性模型高于指数模型。因此对于盖度较高的草场类型, 由于盖度大于 80% 时, $NDVIs$ 对植被检测灵敏度下降, 最好采用指数模型, 而 $RVIs$ 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。利用这些模型进行牧草产量监测服务, 总体精度达到 90% 以上。

表2 不同草地类型牧草产量卫星遥感监测模型

Tab 2 The monitoring models of grass yield using NOAA AVHRR data

草地类型	模型	R	N
高寒草甸	$y = 178134 + 6651666V DV I_{sa}$	01721 9 ^{3 3}	24
高寒草甸	$y = 1581808 6\exp(21812 \ln DV I_{sa})$	01621 7 ^{3 3}	24
山地草甸	$y = 1561597 + 1 140173V DV I_{sa}$	01587 2 ³	17
山地草甸	$y = 761853 4\exp(31183 8V DV I_{sa})$	01589 9 ³	17
山地草原	$y = 831281 7 + 4201309V DV I_{sa}$	01529 ^{3 3}	41
山地草原	$y = 631472 1\exp(01720 4V DV I_{sa})$	01544 7 ^{3 3}	41
草甸草原	$y = 671323 8 + 1 674107V DV I_{sa}$	0153 ³	15
草甸草原	$y = 1241163 6\exp(41610 5V DV I_{sa})$	01645 ^{3 3}	15
草原化荒漠	$y = 761853 4\exp(- 01667 7V DV I_{sa})$	01433 7 ³	32
高寒草甸	$y = 881424 1 + 1581282RV I_{sa}$	01660 4 ^{3 3}	27
高寒草甸	$y = 1121078 6\exp(01649 4RV I_{sa})$	01551 1 ^{3 3}	27
山地草甸	$y = 1311074 + 1881625RV I_{sa}$	01524 8 ³	17
山地草甸	$y = 1551461 8\exp(01503RV I_{sa})$	01503 7 ³	17
山地草原	$y = 281531 2 + 891926 1RV I_{sa}$	01466 4 ^{3 3}	40
山地草原	$y = 391496 0\exp(01794 7RV I_{sa})$	01470 2 ^{3 3}	40

3 代表 0105 显著水平, 3 3 代表 0101 极显著水平, 下同。

3 结 论

1) 植被指数与天然草地干鲜重和鲜草重相对应, 呈现周年变化特征, 即春季随着牧草的生长, 产量逐步提高, 卫星植被指数也逐步增加, 在夏季达到最大, 随后出现波浪形变化。

2) 同一年份不同草地类型之间植被指数因牧草产量不同而有差异, 一般产草量高、覆盖度大的草地类型的卫星植被指数高于产量低、覆盖度低的草地类型。

3) 同一草地类型、不同年份由于气候条件特别是降水量的变化, 导致产量年际间的差异, 引起卫星植被指数也不相同, 产量高的年份植被指数也较高。

4) 从试验情况看, 卫星遥感资料对产量较高的草甸草地和草原草地牧草产量监测效果较好, 对荒

漠草地牧草产量的监测效果较差, 尤其是对于覆盖度小于 30% 的荒漠草地很难进行监测, 但对于主要生长季和在准噶尔盆地北部荒漠草地短命和类短命植物短期间大量生长有一定的监测能力。

5) 根据不同草地类型间植被指数的差异及其季节变化特征, 可以确定其最佳分类时相, 如乌鲁木齐试验区高寒草甸放牧场的最佳识别时间为 7 月中旬到 8 月中旬, 同地高草草甸放牧场的最佳识别时间为 6 月中旬到 8 月上旬, 而山地温性草原放牧场的最佳识别时相为 5 月下旬到 6 月上旬。

[参 考 文 献]

- [1] Taylor B F. Determination of seasonal and interannual variation in New Zealand pasture growth from NOAA 27 Data Remote Sensing of Environment, 1985, 18: 177~ 192
- [2] Diallo O, Diouf A, Hanan N P, et al AVHRR monitoring of Savanna primary production in Senegal, West Africa: 1987288 International Journal of Remote Sensing, 1991, 12: 1259~ 1279
- [3] Prince S D. Satellite remote sensing of primary production: comparison of results for Sahelian grasslands: 198121988 International Journal of Remote Sensing, 1991, 12: 1301~ 1312
- [4] 徐希孺, 金丽芳, 侯常恭等. 利用 NOAA k CCT 估算内蒙古草场产草量的原理和方法 地理学报, 1985, 40 (4): 333~ 346
- [5] 童庆禧, 丁志, 郑兰芬等. 应用 NOAA 气象卫星图像资料估算草场生物量方法的初步研究 自然资源学报, 1986, 1(2): 87~ 95
- [6] 李博等著. 中国北方草地畜牧业动态监测研究 (一)——草地畜牧业动态监测系统设计与区域实践 北京: 中国农业科技出版社, 1993
- [7] 黄敬峰, 桑长青, 冯振武等. 天山北坡中段天然草场牧草产量遥感动态监测模式 自然资源学报, 1993, 8(1): 10~ 17

Natural Grassland Production Monitoring Using NOAA AVHRR Data in the Northern Part of Xinjiang Uygur Autonomous Region

Huang Jingfeng Wang Xiuzhen

(Institute of Agricultural Remote Sensing and Information Application, Zhejiang University, Hangzhou 310029)

Cai Chengxia

Hu Xinbo

(Xinjiang Institute of Meteorology) (Grassland Institute of Xinjiang Husbandry Academy)

Abstract: Using NOAA AVHRR data observed at Urumqi, Fukang, Altai, Balikun monitoring station during 1992~1994, the annual variation characteristics was studied and the differences of grass yield and AVHRR vegetation indices were compared. The grass yield and AVHRR vegetation indices had annual variation characteristics that their values were low in spring and then increased, the maximum values reached in summer and then they decreased. The AVHRR vegetation indices can reflect the changes of grass yield of different types of natural grasslands, therefore it is possible to classify different types of natural grasslands and to determine the optimum period of interpretation through AVHRR vegetation indices. The AVHRR vegetation indices can be used to monitor the grass yield and to predict the maximum yield because the AVHRR vegetation indices vary with grass yield in different seasons and from year to year.

Key words: natural grassland; grass production; NOAA AVHRR; remote sensing; monitoring

GZ500 型有机无机颗粒肥干燥造粒一体化成套设备

农业部规划设计研究院集多年的科研成果, 研制成功 GZ500 型有机无机颗粒肥干燥造粒一体化成套设备, 已获得国家发明专利(专利号为 9910551316), 并在北京峪口鸡场建立试验示范场。采用该成套设备生产有机无机颗粒肥, 是将有机肥的原料烘干工序与有机无机颗粒肥的造粒、烘干等工序, 在两个共用同一热源、首尾相接的滚筒内完成, 且省略了化肥原料的粉碎工序, 因此大大简化了有机无机颗粒肥料的生产工艺, 降低了生产成本; 肥料产品呈圆球状颗粒, 强度

高, 流动性好。该成套设备总投资 30 万元左右, 总装机容量 30 kW, 生产能力为 500 kg/h, 厂房面积 300 m², 适用于以畜禽粪便、污泥等为有机肥料原料的有机无机颗粒肥料生产。

单位: 农业部规划设计研究院 北京生机新技术公司

地址: 北京市朝阳区东三环北路 16 号

电话: (010) 64193009 (0) 13501158651

邮编: 100026 E-mail: senky@yeah.net

联系人: 韩捷 国清金 张玉华 陈通