

# 黑河流域绿洲植被长势年内变化和最佳期分析

颀耀文, 赵本福, 赵虹

(兰州大学西部环境教育部重点实验室, 甘肃兰州 730000)

**摘要:** 利用2008年黑河流域 SPOT-VEGETATION NDVI 数据, 采用数学统计、一元线性回归方法, 对绿洲植被年内长势变化的过程、速度和幅度进行了定量分析; 利用空间统计方法对各地区年内长势最佳期进行了分析。结果表明: (1) 绿洲植被长势在一年中呈阶段性显著: 第1—18旬(1—6月)明显上升, 第19—22旬(7—8月上旬)波动, 第23—36旬(8月中旬—12月)明显下降。(2) 绿洲植被长势变化速度具有明显的时间差异性, 第14—15旬的长势速度增加最快, 第27—29旬的减少最快, 而且增加和减少相当的区域略具空间一致性。(3) 绿洲植被长势变化的幅度也具有明显的空间差异。绿洲核心区域年内长势变化最大, 向外围依次递减。(4) 各区域绿洲植被长势最佳期的出现具有差异性。总体而言以出现在第22旬(8月上旬)的区域占绝对优势, 其次为第20旬和第18旬等。因此在选择遥感影像时针对全流域绿洲整体的研究可以选择8月上旬的影像, 而针对局部区域可以选择6月下旬、7月中旬或9月下旬的影像。

**关键词:** 植被长势; 长势最佳期; 归一化植被指数; 黑河流域

**中图分类号:** S184; S127 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)05-0207-08

我国西北地区的内陆河沿岸分布着众多的绿洲, 是该地区重要的农牧业基地<sup>[1]</sup>。黑河是我国第二大内陆河, 位于 98° ~ 102°00'E、37°50' ~ 42°40'N 之间, 流域面积约 14.29 × 10<sup>4</sup> km<sup>2</sup><sup>[2]</sup>。发源于青藏高原东北缘的黑河, 从鹰落峡流出祁连山, 之后流经张掖、临泽和高台绿洲, 再经正义峡流入金塔、鼎新绿洲和额济纳绿洲, 最终注入居延海, 全长 821 km<sup>[3]</sup>。过去几十年里, 随着黑河流域用水矛盾的不断加剧, 流域内尤其是下游的生态环境严重恶化。植被是反映生态环境质量最具代表性的指标之一, 长期以来以植被景观为主的绿洲变化一直是干旱区环境变化研究的热点, 而通过对比不同时期的遥感影像研究绿洲变化是最为便利的方法。宋怡等<sup>[4]</sup>利用 SPOT-VEGETATION NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 数据对我国西部地区植被覆盖的情况进行了动态监测, 但目前针对西北干旱区绿洲植被年内变化的研究较少。由于黑河流域地域辽阔, 地理环境南北差异显著, 各地的植被生长具有明显的差异性, 所以选择不同时相的遥感影像进行绿洲变化的研究存在主观性和盲目性。本文利用遥感(RS)与地理信息系统(GIS)技术, 首先分析黑河流域绿洲植被的年内长势变化, 然后确定各区域的最佳长势期。此研究结果可为认识黑河流域绿洲植被的季相变化规律以及针对不同的区域选择合适时相的遥感

影像提供参考依据。

## 1 研究方法

植被指数用一种简单而有效的形式实现了对植物状态信息的表达, 用于定量评价植被覆盖、生长活力及生物量。本文选择归一化植被指数(NDVI)来表征植被长势及其变化情况。从数据序列的连续性、完整性、周期性和空间分辨率的适中性考虑, 本研究选择黑河流域2008年36期的 SPOT-VEGETATION 逐旬预处理 NDVI 数据作为数据源。预处理包括大气校正、辐射校正、几何校正, 生成了 10 d 最大化合成的 NDVI 数据, 并将 -1 到 0.1 的值设置为 -0.1, 再通过公式  $Y_{DN} = (I_{NDVI} + 0.1) / 0.004$  将  $I_{NDVI}$  转换到 0 ~ 250  $Y_{DN}$  值<sup>[5]</sup>。在实际使用时, 可以利用上述公式将  $Y_{DN}$  值再度转换为 NDVI 实值。对于流域绿洲植被总体变化的情况, 对整个研究区的 NDVI 数据进行最大化 NDVI 均值分析, 并制作相应的变化曲线图对其进行分析; 对于不同区域植被长势的变化速度, 采用回归分析方法予以分析; 对于变化幅度, 采用计算变化百分比的方式进行分析; 而长势最佳期的确定则以每个像元一年当中最大化 NDVI 值的最大值表示。

### 1.1 确定绿洲区范围

先采用目视解译的方法, 根据绿洲与荒漠影像

收稿日期: 2012-05-29

基金项目: 国家重点研究发展计划项目(2009CB421306); 国家自然科学基金项目(91025010)

作者简介: 颀耀文(1969—), 男, 博士, 教授, 博导, 主要从事基于地理信息技术的干旱区环境变化研究。E-mail: xieyw@lzu.edu.cn。

特征具有显著差异的特点,勾绘出绿洲分布的最大范围,对研究区加以限定,从而避免将周围山区的植被纳入计算范围。再在勾绘的界线内,利用 ERDAS IMAGINE 9.2 软件中的 max 和条件函数,求得一年中每一个像点的最大 NDVI 值,使研究区内最大 NDVI 小于 0.1 的栅格被排除,从而排除基本无植被覆盖的荒漠地区。

## 1.2 最大值处理

NDVI 作为表征植被长势的指标,被定义为近红外波段与可见光红外波段数值之差和这两个波段数值之和的比值<sup>[6-9]</sup>,比值限定在  $[-1, 1]$  范围内:  $NDVI = (DN_{NIR} - DN_{NR}) / (DN_{NR} + DN_{NR})$ 。为了消除云、太阳高度角不同导致的干扰,通常采用最大化合成法 MVC,将每旬中的最大值作为代表该旬的具体值。

要得到一年中的最大 NDVI,可以利用公式  $M_{NDVI,i} = \max_{j=1}^{36} I_{NDVI,ij}$  求得每一像元一年中的最大 NDVI ( $M_{NDVI,i}$ ) 值作为该像元的 NDVI 值,式中  $M_{NDVI,i}$  为第  $i$  年的最大化 NDVI 值,  $I_{NDVI,ij}$  为第  $i$  年  $j$  旬的 NDVI 值。可以认为  $M_{NDVI,i}$  为一年内植被长势达到最佳时的 NDVI 值<sup>[10]</sup>。一般生长季节 NDVI 值大于 0.1 表示有植被覆盖,小于 0.1 表示地表无植被覆盖<sup>[11-12]</sup>。由于本研究主要分析植被变化特征,在进行下面运算前,使 NDVI 小于 0.1 的栅格不参与统计运算。

## 1.3 变化速度和变化幅度分析

1.3.1 变化速度分析 回归分析是进行数据分析的重要方法。利用线性回归分析方法模拟每个栅格的变化趋势(将一年分成几个时段),该方法考虑了植被长势变化受诸多因素,尤其是人类活动的影响,计算公式如(1)所示。

$$\Theta_{slope} = \frac{n \times \sum_{i=1}^n i \times M_{NDVI_i} - \sum_{i=1}^n i \sum_{i=1}^n M_{NDVI_i}}{n \times \sum_{i=1}^n i^2 - \left(\sum_{i=1}^n i\right)^2} \quad (1)$$

式中,变数  $i$  为年内旬号,  $M_{NDVI_i}$  表示第  $i$  旬的最大化 NDVI 值,变化趋势图则反映了像点在  $n$  旬的时间序列内 NDVI 变化的趋势。其中  $\Theta_{slope}$  为趋势线的斜率,当  $\Theta_{slope} > 0$ ,说明在  $n$  旬内植被生长量增加,并且  $\Theta_{slope}$  越大,植被生长量增加越快;当  $\Theta_{slope} < 0$ ,说明在  $n$  旬内植被生长量减少,并且  $\Theta_{slope}$  越大,植被生长量减少越快。

1.3.2 变化幅度分析 为了反映  $n$  旬内植被的变化幅度大小,计算了  $n$  旬最大化 NDVI 的变化百分

比,用百分比变化图像来反映后一句的 NDVI 值相对于前一句的变化百分比<sup>[13]</sup>。

$$\eta = \left[ R / \left( \sum_{i=1}^n M_{NDVI_i} / n \right) \right] \times 100 \quad (2)$$

式中,  $R$  为  $n$  旬的变化幅度,  $M_{NDVI_i}$  为第  $i$  旬的最大化 NDVI 值,  $R = \Theta_{slope} \times (n - 1)$ 。

## 1.4 长势最佳期的确定

在 ERDAS IMAGINE 9.2 软件环境下,通过调用 model maker 中的函数和条件语句,计算出每旬 NDVI 实值最大的像点(格网)(利用 MAX 函数选出 36 旬中最大值,然后和本旬影像进行对比,如果等于最大值,则保留该像点的原值,否则赋值为 0)。将一年 36 旬的结果综合显示,可以得到不同区域绿洲植被长势最佳期分布图。

## 2 结果与分析

### 2.1 绿洲植被平均最大化 NDVI 的变化

图 1 为流域绿洲植被每旬平均最大 NDVI 值分布图。从图 1 可以看出,绿洲植被总体平均最大 NDVI 值以第 3 旬为最低,从第 4 旬开始逐渐增加,至第 18 旬达到高峰,之后的 4 旬为高位震荡期,从第 22 旬开始进入单调递减阶段,直至次年第 3 旬又减至谷底。即从第 4 旬到第 18 旬,NDVI 值从 0.02 增加到 0.32,植被长势处于增长阶段;18—22 旬,NDVI 值在 0.30~0.33 之间波动,表明绿洲植被的长势也处于波动阶段;从第 22 旬后直到次年第 3 旬,NDVI 从 0.32 减少到 0.065,植被长势处于衰退阶段。

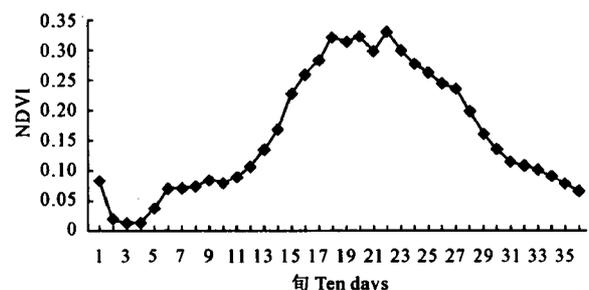


图 1 每旬平均最大 NDVI

Fig. 1 Maximum NDVI of each ten-days average

从图 1 还可以看出,平均最大化 NDVI 无论在增加还是减少过程都具有一定的阶段性:增加过程在第 4—6 旬为快速增加期,6—11 旬为缓慢增加期,11—18 旬又为快速增加期,其中 11—15 旬增加最快;减少过程也表现出 3 种阶段性:22—27 旬为较缓慢减少期,27—31 旬为快速减少期,31—次年第 3 旬又为缓慢减少期。

图 2 为年内旬平均最大化 NDVI ( $M_{NDVI_i}$ ) 差值图 (用前一句的  $M_{NDVI_i}$  减去后一句的), 是将所有参与计算的格网的每旬  $M_{NDVI_i}$  差值取平均, 即直接用旬数据求均值, 分析各旬间变化幅度。从图 2 可以看出, 除了第 1、2、9 旬数据异常外, 总体来说从第 3—

18 旬, 绿洲的植被长势越来越好, 其中第 14—15 旬植被长势增加最多, NDVI 增幅为 0.06; 第 19—22 旬, 植被长势没有明显的增加或减少规律; 从第 23 旬后, 植被的长势越来越差, 其中第 27—29 旬植被长势减少最快, NDVI 减幅为 0.075。

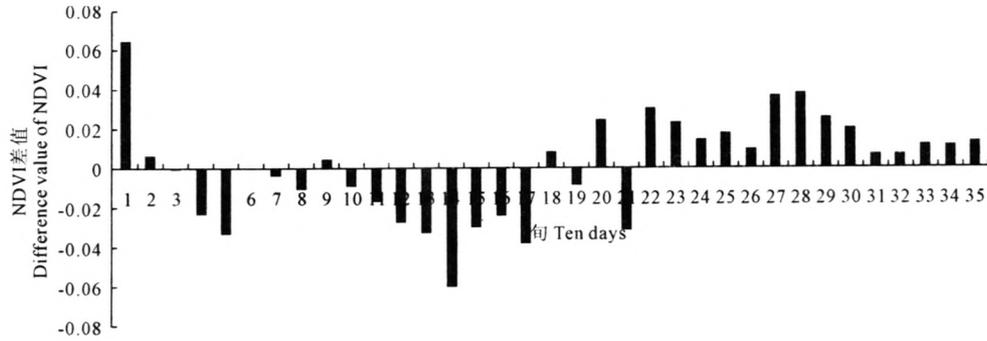


图 2 绿洲区域旬 NDVI 差值

Fig.2 Difference value of ten-days NDVI in the oasis region

### 2.2 变化速度与变化幅度分析

2.2.1 变化速度分析 以 18 旬为界将一年分成两个时间段, 利用 ERDAS IMAGINE 9.2 软件对 1—18 旬的数据进行线性回归, 得出植被在第 1—18 旬内的变化趋势, 再使用直方图分类中的自然断点方式对结果进行分类, 形成反映 NDVI 变化速度的四个等级: 最快、较快、快和慢 (图 3, 表 1)。

表 1 第 1—18 旬黑河流域的绿洲

Table 1 Maximization NDVI of the Heihe River oasis on No.1—18 ten-days

等级 Grade	NDVI 变化区间 ( $\theta_{slope}$ ) Range of NDVI	像元数 No. of pixels	百分比/% Percentage
最快 The fastest	7.58 ~ 12.34	2287	13.81
较快 Faster	5.01 ~ 7.58	3278	19.79
快 Fast	2.59 ~ 5.01	3751	22.65
慢 Slow	0.16 ~ 2.59	7245	43.75

由表 1 和图 3 可知, 在第 1—18 旬间, 植被长势增加“最快”的区域 (slope 值 7.58 ~ 12.34) 占统计面积的 13.81%, 主要以不连续片状分布在流域中游地区, 其中在民乐县中北部、山丹县东南、甘州区以东和以南、高台县以西和肃州区东部形成了几个大的分布中心, 另外在金塔县城以东、临泽县黑河北岸等区域有小规模的分布。增加“较快”的区域 (slope 值 5.01 ~ 7.58) 占总面积的 19.79%, 其分布面积较大, 构成了对“最快”区域的包围, 而且有所扩展, 特别在肃州区和高台县南部扩展明显。增加“快”的区域 (slope 值 2.59 ~ 5.01) 占总面积的 22.65%, 是上述两种类型的进一步扩展, 增加“快”的区域不仅给

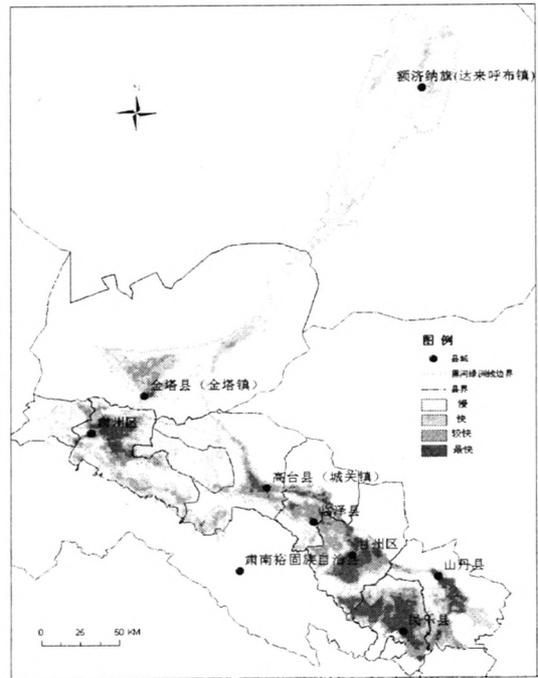


图 3 第 1—18 旬 NDVI 变化趋势图

Fig.3 NDVI change trend on 1—18 ten-days

上述两种类型“镶”了“边”, 而且在肃州、高台等绿洲的南部山麓地带出现明显的斑块状分布, 在额济纳绿洲中部也形成了南北向的带状区域。增加“慢”的区域 (slope 值 0.16 ~ 2.59) 占总面积的 43.75%, 主要分布在绿洲边界以内除上述几种类型以外的大部分地区, 特别在民乐、山丹、甘州之间, 临泽和高台东部以及肃南明花乡、肃州区东部的半荒漠区域连成大面积片状, 在肃州区和嘉峪关、金塔县也占据了大部分区域, 同时覆盖了大部分额济纳绿洲和河流两

侧地区。

表 2 第 19—36 旬黑河流域的绿洲

Table 2 Maximization NDVI value on No.19—36 ten-days

等级 Grade	NDVI 变化区间( $\Theta_{slope}$ ) Range of NDVI	像元数 No. of pixels	百分比/% Percentage
最快 The fastest	- 14.00 ~ - 8.94	2114	12.76
较快 Faster	- 8.94 ~ - 5.79	3293	19.88
快 Fast	- 5.79 ~ - 2.75	3793	22.90
慢 Slow	- 2.75 ~ 0.40	7361	44.45

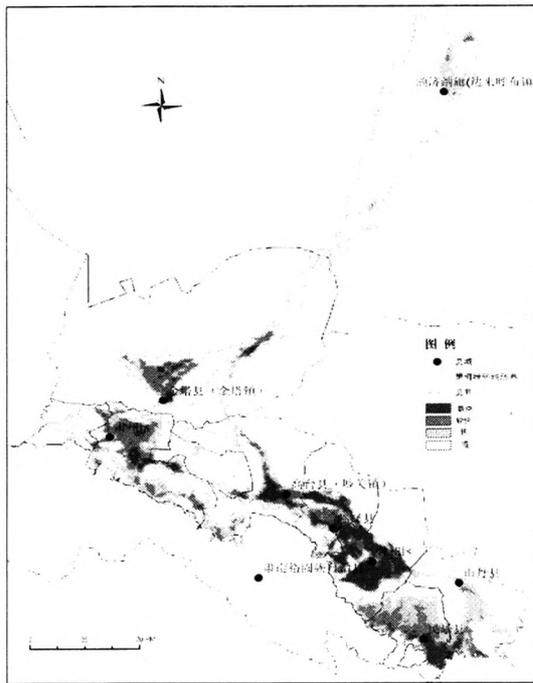


图 4 第 19—36 旬 NDVI 变化趋势图

Fig.4 NDVI change trend on No.19—36 ten-days

采用同样的方式对第 19—36 旬的结果进行分级(图 4,表 2)。由表 2 及图 4 可知,在第 19—36 旬间,植被长势减少“最快”的区域( $slope$  的范围为  $-14 \sim -8.94$ )占绿洲总面积的 12.76%,主要分布在民乐绿洲东南部、甘州—临泽绿洲大部、临泽黑河北岸的带状区域、高台绿洲西南部,另外在肃州绿洲东部和东南部、金塔绿洲南部和北部以及黑河沿岸有少量零星分布。长势减少“较快”的区域( $slope$  值  $-8.94 \sim -5.79$ )占总面积的 19.88%,主要呈包围状分布于“最快”区域的外围,而且面积较大,连片性也较好。另外,额济纳旗也有少量零星分布。长势减少“慢”的区域( $slope$  值  $-5.79 \sim -2.75$ )占总面积的 22.90%,其分布在“最快”和“较快”区域的外围,其中在民乐绿洲北部、山丹绿洲大部、肃州区绿洲外围和南部山麓地区、金塔绿洲大部和额济纳地区分布较为集中。长势减少“较慢”的区域( $slope$  值

$-2.75 \sim 0.40$ )占总面积的 44.27%,为面积最大的一个类别,主要以“背景”的方式大面积分布在除额济纳东、西河下游之间地区、金塔东沙窝地区和肃南明花乡中部地区以外的所有地区。

可见,黑河流域的绿洲植被长势,无论在增加或衰减阶段都以“慢”的区域所占面积最大,其次为“快”,再次为“较快”,最后为“最快”。两者相应等级所占比例相仿,结合图示可以发现增加和衰减的区域是大致对应的,即增加快的地区衰减也快,增加慢的地区衰减也慢。植被长势增加和衰减以“慢”为主,与流域内天然植被的大量分布有关,荒漠地区一年中的变化幅度不大,这与荒漠植被本身生长缓慢、衰亡也缓慢的特性有关。民乐、山丹和甘州三片绿洲之间的区域,肃州与高台绿洲之间的大部分区域,金塔东北部、额济纳黑河沿岸及额济纳绿洲主体都是天然植被分布区。额济纳旗近年来大力推广退耕还林还牧工程,绿洲植被从农作物向天然植被转化,因而越来越表现出天然绿洲的性质。这种现象也说明,这里按 NDVI 阈值确定的“绿洲”并不是严格意义上的“绿洲”,而是将大量的荒漠地区也统计在内了。长势增加或衰减“最快”和“较快”的区域,是黑河流域绿洲的精华区域,是人工绿洲的大量分布区,多为垦殖绿洲。由于农作物的播种、收获的季节性十分明显,因而长势增加和衰减都比较快。至于其中“最快”与“较快”的差别,可能与农作物的类型、地势的高低以及气候因素等有关。而增加或减少“快”的区域,很可能是人工绿洲与天然绿洲混杂分布的地区,这些区域以混合像元的形式表现出来,形成了介于其间的居中等级。

2.2.2 变化幅度分析 根据图像直方图,采用自然断点方式分类,可以获得第 1—18 旬绿洲植被长势增加时的最大 NDVI 百分比变化情况(表 3,图 5)。

表 3 第 1—18 旬最大 NDVI 百分比变化幅度表

Table 3 Maximum percentage variation amplitude of NDVI in No.1—18 ten-days

等级 Grade	变化幅度 Range /%	像元数 No. of pixels	百分比 Percentage /%
较明显 More obvious	172.55 ~ 228.88	2991	18.06
明显 Obvious	135.71 ~ 172.55	3181	19.21
中等 Moderate	95.19 ~ 135.71	2974	17.96
较不明显 Less obvious	57.12 ~ 95.19	3736	22.56
不明显 No obvious	6.78 ~ 57.12	3656	22.08

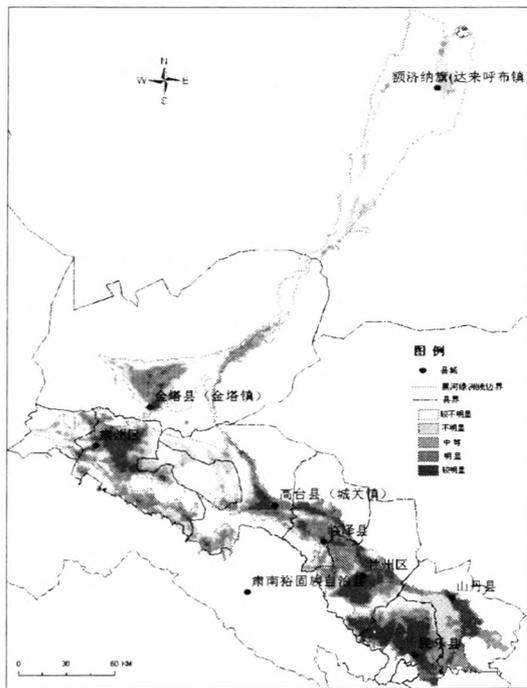


图 5 第 1—18 旬最大 NDVI 百分比变化幅度图

Fig.5 Maximum percentage variation of NDVI on No.1—18 ten-days

由表 3 及图 5 可知,在第 1—18 旬,绿洲植被长势增加的量可以分为“较明显”、“明显”、“中等”、“较不明显”和“不明显”5 个等级。其中“较明显”的区域(变化幅度 173% ~ 230%)约占全部统计面积的 18%,集中分布于肃州区、高台县、甘州区、民乐县以及山丹县绿洲的核心区域。植被长势增加“明显”的区域(变化幅度 136% ~ 173%)约占统计面积的 19%,主要分布于金塔县、临泽县和高台、肃州、民乐县“较明显”区域的外围。长势变化幅度“中等”的区域(变化幅度 95% ~ 136%)约占统计面积的 18%,主要分布在以上区域的更外围,另外在额济纳旗、金塔县黑河干流两岸均有分布。植被长势变化幅度“较不明显”(变化幅度 57% ~ 95%)的区域约占统计面积的 23%,其主要分布在上述区域的更外围,另外在民乐与山丹绿洲之间、额济纳绿洲主体及西河两岸有少量分布。植被长势变化幅度“不明显”的区域(变化幅度 7% ~ 57%)约占统计面积的 22%,主要分布在额济纳旗、金塔绿洲北缘、肃州绿洲以东和民乐、甘州绿洲之间的区域。

同理,通过直方图也可以获得第 19—36 旬绿洲植被衰减时的变化情况(表 4,图 6)。从表 4 及图 6 可以看出,在第 19—36 旬,绿洲植被长势的衰减可以分为“较明显”、“明显”、“较不明显”和“不明显”4 个等级。其中“较明显”的区域(变化幅度 - 345% ~ - 136%)约占全部统计面积的 17%,集中分布在民

表 4 第 23—36 旬最大 NDVI 百分比变化幅度表

Table 4 Maximum percentage variation amplitude of NDVI on No.23—36 ten-days

等级 Grade	变化幅度 Range / %	像元数 No. of pixels	百分比 Percentage / %
较明显 More obvious	- 344.83 ~ - 135.53	2837.00	17.13
明显 Obvious	- 135.53 ~ - 94.52	4476.00	27.03
较不明显 Less obvious	- 94.52 ~ - 52.10	3999.00	24.15
不明显 No obvious	- 52.10 ~ 0	5204.00	31.42

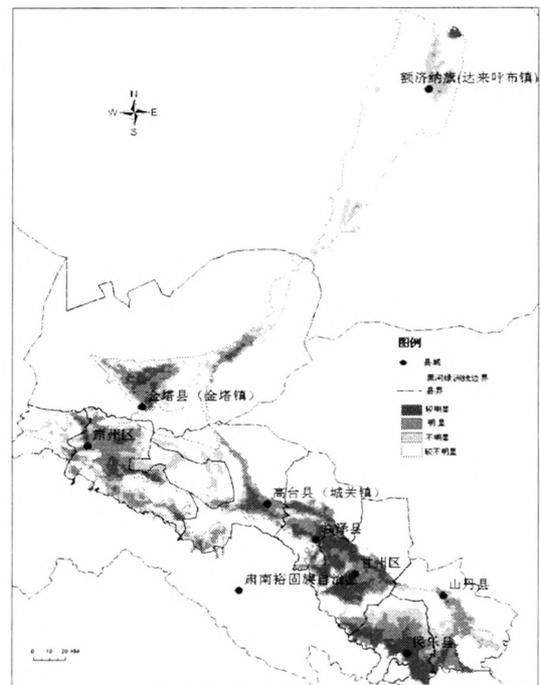


图 6 第 19—36 旬黑河流域绿洲区最大 NDVI 百分比变化幅度图

Fig.6 Maximum percentage variation amplitude of NDVI in No.19—36 ten-days

乐南部绿洲、甘州区西南绿洲、临泽东部以及北部绿洲、高台西南部绿洲,另外在肃州区东南部、北部,金塔北部以及额济纳旗北部有小规模分布。植被长势衰减“明显”的区域(变化幅度 - 136% ~ - 95%)约占统计面积的 27%,主要分布于中游地区各大绿洲“较明显”区域的外围,与“较明显”区域一同构成了绿洲的主体轮廓,而且在肃州与高台南部山前地带呈带状分布,在下游的额济纳旗鲜有分布。植被长势衰减“较不明显”(变化幅度 - 95% ~ - 52%)的区域约占统计面积的 24%,除分布在上述区域的更外围之外,以不连续片状的形式较广分布在肃州与高台之间的半荒漠地区,另外在额济纳绿洲主体有比较明显的分布。植被长势变化幅度“不明显”(变化幅度 - 52% ~ 0%)的区域约占统计面积的 31%,主

要集中分布的有两片:一片是民乐、山丹、甘州三片绿洲之间的区域,另一片是额济纳河两岸的带状地区;另外在肃州区、高台、金塔等区域也有虽然零星但面积不小的分布。

### 2.3 绿洲植被长势最佳期

计算出每旬 NDVI 实质最大的像点,每旬按自然顺序依次编号,将 36 旬的结果复合到一张图上,得到图 7。表 5 为根据图 7 进行统计的结果,该表以旬为单位,以像元为分析单元,统计各个旬出现全年最大 NDVI 值的像元数。

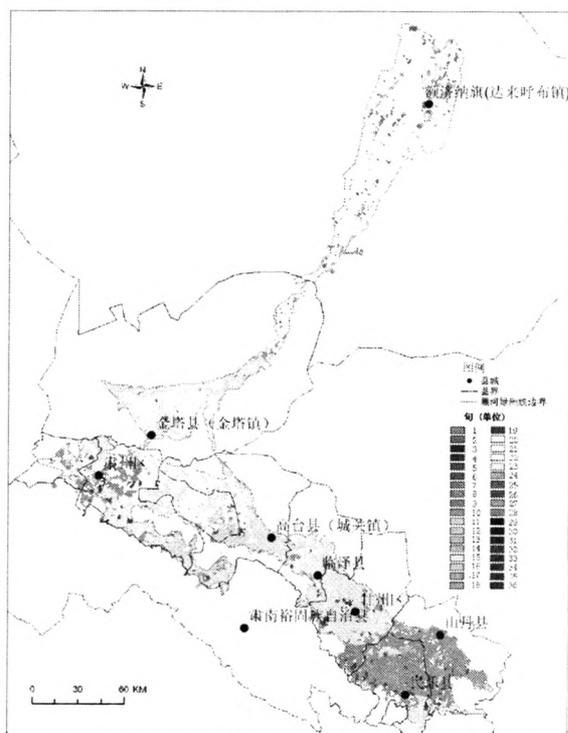


图 7 不同区域绿洲植被长势最佳期

Fig.7 The best growth period of the oasis vegetation of different area

结合表 5 与图 7 可发现,长势最佳期出现在第

22 旬(8 月上旬)的区域面积最大,占总面积的 40.75%,从南到北依次分布在民乐县北部、甘州区、临泽县和高台县大部分绿洲、肃州区的东南部绿洲,中间区域(肃州区和高台县的交界处)是植被长势最佳期分布复杂多样的地区。其次是最佳期出现在第 20 旬(7 月中旬)的区域,该区域占总面积的 15.06%,其分布特点为分布范围较大,但是连成大面积的区域很少,主要集中分布在县城或乡镇中心周围,主要为城乡结合部条件比较好的地区的农田,其中面积较大分布区主要是肃州区周围和金塔绿洲北部。再次是长势最佳期为第 18 旬(6 月下旬)的区域,占总面积的 13.76%,其分布特点是分布范围较小但集中,集中分布在山丹县与民乐县的绿洲境内以及肃州区绿洲的少部分地区。长势最佳期面积第四的区域在第 21 旬,该区域占总面积的 8.75%,主要为额济纳沿河天然绿洲带。第五的区域在第 27 旬(9 月下旬),主要集中分布在山丹民乐交界处。面积排第六的区域在第 23 旬(8 月中旬),该区域占总面积的 3.43%,主要集中分布在额济纳旗人工绿洲区域。

由此可见,黑河流域绿洲植被的长势最佳期以出现在第 22 旬占绝对优势,其所占的面积要比出现在其他时间的大很多。但其他最佳期出现时间段的存在又表明绿洲植被的长势不是在同一时间内达到最佳,而是具有明显的区域差异性,这就给研究绿洲变化时遥感影像的选择提供了依据:将整个流域作为整体考虑时(如选择覆盖全流域的低分辨率影像如 MODIS 时),选择 8 月上旬的最佳。而针对各个具体的区域进行选择时,山丹、民乐和肃州的绿洲区建议选择 6 月下旬的,金塔绿洲北部和肃州区外围绿洲建议选择 7 月中旬的,额济纳旗绿洲选择 9 月下旬的。

表 5 绿洲植被长势最佳期统计表

Table 5 Statistics of the best growth period of the oasis vegetation

旬序号 No. of ten days	1~14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
像元数 No. of pixels	0	24	189	432	2079	344	2276	1322	6158	518	306	
百分比/% Percentage	0	0.16	1.25	2.86	13.76	2.28	15.06	8.75	40.75	3.43	2.02	
旬序号 No. of ten days	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
像元数 No. of pixels	134	56	1080	172	1	4	0	1	5	4	4	3
百分比/% Percentage	0.89	0.37	7.15	1.14	0.01	0.03	0.00	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02

### 3 结论与讨论

本文对黑河流域 2008 年绿洲植被的长势变化进行了分析,可以得出如下结论:

1) 绿洲植被长势在一年中的阶段性显著:第 1—18 旬(1—6 月)呈明显的上升趋势,第 19—22 旬(7—8 月上旬)处于波动状态,第 23—36 旬(8 月中旬—12 月)明显下降。根据黑河地区的气候特点,春季开始大面积升温,因而无论天然绿洲和人工绿洲,其增长量在第 1—18 旬都呈上升趋势,而到了第 19 旬(7 月上旬)以后,由于人工绿洲特别是不同种类的夏粮作物和秋粮作物开始发生转换,造成绿洲植被长势的明显波动。但到了第 22 旬(8 月上旬)以后,随着季节的变换,人工植被开始成熟而逐渐被收割,天然植被也因物候的原因逐渐转向衰败,因而长势呈明显下降趋势。

2) 绿洲植被长势变化速度具有明显的时间上的差异性,其中增加和减少速度较快的区域均在绿洲精华区域,在空间上略具一致性。第 1—18 旬的长势越来越好,但第 14—15 旬(5 月中旬—下旬)的长势增加速度最快;第 23—36 旬(8 月中旬—12 月下旬)的长势越来越差,但第 27—29 旬(9 月下旬—10 月中旬)的减少速度最快。第 14—15 旬,由于气温的猛升和农田大面积灌溉的开始,绿洲植被长势增加迅速;第 27—29 旬,随着气温降低,农作物大面积成熟,人工收割时间较为集中,所以减少速度很快。另外,由于增加和减少速度较快的区域基本上都处于农作物集中分布的绿洲核心区,因而两者在空间分布上略具一致性。

3) 绿洲植被长势变化的幅度也具有明显的空间差异性。绿洲核心区域一年内长势变化最大,其外围次之,荒漠地区更次之。增加和减少幅度最大的区域也具有空间分布上的一致性,增加幅度较大的减少幅度也较大。这是由于绿洲的核心区域主要以垦殖农田为主,其受人类活动影响显著,所以年内长势变化最大。外围一般为人工绿洲与天然绿洲的混杂过渡带,其受人类活动影响略小,因而长势变化较小。荒漠地区一年中的植被长势变化幅度不大,这与天然植被本身生长缓慢、衰亡也缓慢的特性有关,其受人类活动干预最少。

4) 绿洲植被的长势最佳期也具有明显的空间差异性,但以出现在第 22 旬(8 月上旬)的所占面积最大,其次为第 20 旬和第 18 旬等。这是由于黑河流域的大部分绿洲区域,在第 22 旬(8 月上旬)达到了热量和水分的最佳组合,绿洲呈现出最为茂盛

景象。但由于地形因子如海拔、灌水先后或植被类型(作物种类)的差异,黑河流域的绿洲植被没有同时达到长势最佳期,一部分地区有所提前,而一部分地区有所推后。绿洲植被长势最佳期的空间差异性,给选择植被最茂盛时期的遥感影像提供了依据:将整个流域作为整体考虑时(选择同期覆盖全流域的低分辨率影像如 MODIS 时),以选择第 22 旬(8 月上旬)的最佳;而针对各个具体的区域进行选择时,山丹、民乐和肃州的绿洲区建议选择 6 月下旬的,金塔绿洲北部和肃州区外围绿洲建议选择 7 月中旬的,额济纳旗绿洲选择 9 月下旬的。

黑河流域绿洲植被的长势差异性的形成不仅与位置、海拔和气候条件有关,也与灌溉条件、至城市的距离、农作物类型、集约经营程度等因素有关。因此,有关长势差异性的具体原因,还需进一步的研究。另外,本研究仅针对 2008 年这一年的绿洲植被长势进行了研究,其研究结果只能代表当年的变化情况,并不能充分地反映其多年变化的规律性。因此,以后还需进一步加强对多年“平均状态”的研究。

#### 参考文献:

- [1] 沈晋,等.西北水文水资源与水环境研究[M].北京:科学出版社,2005.
- [2] 钱云平,王玲,等.同位素水文技术在黑河流域水循环研究中的应用[M].郑州:黄河水利出版社,2007.
- [3] 高前兆,李福兴.黑河流域水资源合理开发利用[M].兰州:甘肃科学技术出版社,1991.
- [4] 宋怡,马明国.基于 SPOT VEGETATION 数据的中国西北植被覆盖变化分析[J].中国沙漠,2007,27(1):89-92.
- [5] Stow D A, Hope A, McGuire D, et al. Remote sensing of vegetation and land-cover change in Arctic Tundra Ecosystems[J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 89(3):281-308.
- [6] 顾娟,李新,黄春林.时间序列数据集重建方法述评[J].遥感技术与应用,2006,21(4):391-395.
- [7] 李双成,高伟明,周巧富,等.基于小波变换的 NDVI 与地形因子多尺度空间相关分析[J].生态学报,2006,26(12):4198-4203.
- [8] 孙红雨,王长耀,牛铮,等.中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系[J].遥感学报,1998,2(3):205-210.
- [9] Purevdorj T S, Tateishi R, Ishiyama T, et al. Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices[J]. Remote Sensing, 1998, (19):3519-3535.
- [10] Hope A, Boynton W, Stow D, et al. Inter-annual growth dynamics of vegetation in the Kuparuk River watershed based on the normalized difference vegetation index[J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(17):3413-3425.
- [11] Shabanov N, Zhou L, Knyazikhin Y, et al. Analysis of inter-annual changes in northern vegetation activity observed in AVHRR data from 1981 to 1994[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2002, 40(1):115-130.

- [12] 申广荣, 王人潮, 等. 植被光谱遥感资料的研究现状及其展望[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2001, 27(6): 682-690.
- [13] 钱云平, 王玲. 同位素水文技术在黑河流域水循环研究中的应用[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2007.
- [14] 阎福礼, 李震, 邵芸. 基于 NOAA/AVHRR 数据的西部植被覆盖变化监测[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2003, 39(2): 90-94.
- [15] 陈朝晖, 朱江, 徐兴奎, 等. 利用归一化植被指数研究植被分类、面积估算和不确定性分析的进展[J]. 气候与环境研究, 2004, 9(4): 687-696.
- [16] 陈隆亨, 曲耀光. 河西地区水土资源及其合理开发利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [17] 高新才, 赵玲. 黑河流域土地资源人口承载力动态预测分析[J]. 宁夏社会科学, 2010, (3): 58-61.
- [18] 龚斌, 万力, 胡伏生. 黑河下游额济纳绿洲变化规律及其相关因素分析[J]. 地学前缘, 2006, 13(1): 49-51.
- [19] 顾娟, 李新, 黄春林. 基于时序 MODIS NDVI 的黑河流域土地覆盖分类研究[J]. 地球科学进展, 2010, 25(3): 317-325.
- [20] 金晓娟, 胡光成, 李文梅. 中国西北地区额济纳绿洲植被盖度与黑河流量的滞后效应研究[J]. 地学前缘, 2008, 15(4): 199-203.
- [21] 卢玲, 李新, 程国栋. 利用 NOAA AVHRR 植被指数数据集分析黑河流域气候特征[J]. 中国沙漠, 2002, 22(2): 187-189.
- [22] 孙红雨, 王长耀, 牛铮, 等. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系. 遥感学报, 1998, 2(3): 205-210.
- [23] 毋兆鹏, 惠军. 对我国绿洲遥感研究的审视与展望[J]. 国土资源遥感, 2007, (1): 16-23.
- [24] 薛博. 额济纳绿洲 NDVI 与黑河下游年均流量的滞后关系模型研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2009.
- [25] Caracalla, Abdul Asimov, Pando. Application of remote sensing to resources management in arid regions of China[C]//Proceedings of the 23rd Asian Conference on Remote Sensing, Kathmandu, Nepal, 2002.
- [26] Brunhes, Jeanet. Human Geography. New York, NY, US: Alfred A Knopf, xxi, 1925: 534.
- [27] Tachiiri K. Calculating NDVI for NOAA/AVHRR data after atmospheric correction for extensive images using 6S code: A case study in the Marsabit District, Kenya[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2005, 59(3): 103-114.
- [28] Wang L X, Yang Y L, He Y H, et al. Discussion of research methods on relationship between climate change and plant[J]. Chinese Journal of Ecology, 2003, 22(1): 43-48.

## Identification of the changes during growing and the best growth period of the oasis vegetation in the Heihe River basin using SPOT-VEGETATION NDVI

XIE Yao-wen, ZHAO Ben-fu, ZHAO Hong

(College of Resource and Environment, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China)

**Abstract:** Based on the SPOT - VEGETATION NDVI data of year 2008 of the Heihe River basin, the oasis growing changes were quantitatively analyzed by use of mathematical statistical method, linear regression trend analysis and percentage change range analysis. The result showed that the growing stage of oasis vegetation was very significant in one year. The oasis vegetation trended to significantly raise on No. 1—18 ten-days (from January to June) No., fluctuated on 19—22 ten-days (from July to early August) and decreased on No. 23—36 ten-days (from mid August to December). The rate of oasis vegetation growing change indicated apparent periodicity. From early January to late June the oasis vegetation grew better and better, but the fast increase of vegetation growing occurred from the middle of May to late May. The vegetation growth was getting worse from mid-August to late December, but the fast reducing of vegetation growth achieved mostly from late September to mid-October. The oasis vegetation growing change had obvious spatial differentiation. Yearly growing maximum change area was located in the main area of oasis. The best period of vegetation growing for the whole area varied from region to region in general, the area with the best period occurring on No. 22 ten-days was dominative, followed by the 20 ten-days and 18 ten-days, etc. Therefore, the remote sensing images in early August can be selected for the study of the whole basin oasis, and the remote sensing images in late June, mid-July or late September can be selected for the study of the local area.

**Keywords:** oasis vegetation growth; the best growth period; NDVI; Heihe River basin