

应用 NOAA/AVHRR 资料监测水稻长势的研究*

石宇虹 朴 瀛 张 菁

(沈阳市气象局, 沈阳 110015)

李国春

(沈阳农业大学, 沈阳 110161)

提 要

该文利用 1992~1996 年 NOAA/AVHRR 资料, 结合实测的地面农作物生长发育农学参数, 系统地分析了沈阳市水稻移栽至收获整个本田期间遥感归一化植被指数 (NDVI) 的变化规律, 进而达到对沈阳市水稻长势遥感动态监测的目的。

关键词: 植被指数 水稻长势 NOAA/AVHRR 资料

1 资料的获取及处理

1.1 地面资料的获取

1.1.1 观测点的选择 水稻平行对比观测点的选择充分考虑了 NOAA/AVHRR 资料的特点, 资料分辨率低, 星下点为 1.1 km, 每个象元相当于地面范围 121 hm², 即如果使满象元信息全部来自于水田, 而不混杂其他作物或建筑物, 所选测点水稻面积至少为 121 hm²。但是, 卫星遥感资料在定位过程中由于定位方法、轨道根数、卫星姿态等方面存在的误差往往会造成定位的偏差, 以半个象元的偏差计算, 如使定点卫星测值保证代表的是水稻信息, 单纯连片的水稻田面积就需要达到 4 个象元即 484 hm²。沈阳市水稻栽培面积约 16 万 hm², 全市连片分布的水田超过 667 hm² 的田块有 50 多个。因此, 首先根据沈阳市各县区土地利用现状图 (比例尺 1: 50000, 1990 年 10 月出版, 沈阳市规划土地管理局提供) 进行观测点的初选, 然后按其经纬度位置将初选点标记在水田泡田期卫星遥感图像上, 如标记点落在大面积泡田区域内则保留, 否则说明土地利用情况有所变化, 标记点已非大面积水田区, 故剔除。最后根据实地调查情况确定了 12 个乡镇的 20 个水稻观测点 (表 1) 进行水稻生长发育状况观测和卫星遥感监测。

1.1.2 观测要求 ①在每个试验点内设具有代表性的试验小区 3 个, 在每个试验小区中选择 5 个调查点, 定穴定株观测。最终以 15 个调查点观测值的平均数代表该测点生育状况。②从水田泡田开始, 每隔 5 天观测一次, 观测时间为晴好天 10: 00~15: 00, 阴雨天顺延一天。③田间观测项目有: 生育期调查, 包括水稻插秧期、返青期、分蘖期、孕穗期、抽

* 此项研究由国家自然科学基金资助, 批准文号 49571057。
1998-01-17 收到, 1998-03-30 收到修改稿。

穗期、封行期、开花期、成熟期等 8 个关键生育期,生育状况调查,包括叶片、株高生长状况,分蘖消长情况,以及病、虫、草害、自然灾害等的发生发展情况.④田间措施记录,如施肥时间、施肥种类及用量等.

表 1 沈阳市水稻平行对比观测点地理位置

序号	纬度(°N)	经度(°E)	水稻面积(hm ²)	所属县区	所在乡镇
1	41.890	123.200	3460	于洪区	马三家子
2	41.875	123.179	3460	于洪区	马三家子
3	41.670	123.270	2067	苏家屯区	大淑乡
4	41.684	123.220	2067	苏家屯区	大淑乡
5	41.660	123.266	2067	苏家屯区	大淑乡
6	41.664	123.267	2067	苏家屯区	大淑乡
7	41.596	123.291	3267	苏家屯区	八一镇
8	41.648	123.266	3267	苏家屯区	八一镇
9	41.610	123.243	3267	苏家屯区	八一镇
10	41.622	123.179	1867	苏家屯区	王纲堡乡
11	41.633	122.977	2267	辽中县	杨士岗镇
12	41.796	123.641	2267	东陵区	汪家乡
13	41.744	123.543	1467	东陵区	深井子镇
14	41.733	123.521	1267	东陵区	五三乡
15	41.776	123.078	3267	新民市	法哈牛乡
16	41.760	123.052	3267	新民市	法哈牛乡
17	41.776	123.099	4200	新民市	胡台乡
18	42.075	123.328	2600	新城子区	兴隆台镇
19	42.080	123.335	2600	新城子区	兴隆台镇
20	42.047	123.353	1500	新城子区	黄家乡

1.2 遥感资料的获取及处理

影响植被指数的因素较多,有太阳高度角、视线天顶角、太阳光线与视线间的相对方位角、叶面积指数及大气状况等等.为了使不同时期植被指数具有可比性,使除叶面积指数之外的其它影响因子尽可能的相一致,我们在选择遥感资料时主要依据下列原则:

(1)选择晴天资料(天空总云量 0~3.3),以沈阳观象台 14:00(北京时)云量观测资料为准.

(2)选择地方时 14:00 左右过境的,卫星过顶时天线最大仰角超过 50°的 NOAA 卫星资料.

(3)选择对应水稻各生育期的遥感植被指数资料.

(4)应用 1992~1996 年 NOAA/AVHRR 资料(不含 1995 年资料,因 1995 年沈阳气象局卫星信号接收机改造升级,资料中断),并对资料做了如下处理:①地理导航 选择分布均匀、光滑特征明显且变幅很小的 3 个适当地物作控制点,通过人机交互的方式使原始 1A 图像所标称的

表 2 1A 地理导航控制点

地点	纬度(°N)	经度(°E)
大连南部临海处	38.723	121.121
山东半岛龙口市	37.695	120.230
济州岛尖	33.190	126.280
朝鲜半岛西部尖端	38.138	124.650
锦西沙后所	40.391	120.580
瓦房店市永明涧	39.865	121.525

控制点经纬度位置变为地面实际地理位置,并通过计算两者的误差来修正卫星的轨道参数,从而使遥感图像发生位移.选用的控制点见表 2.②精定位 经导航后的 1B 数据集定位准确,完全可满足省级大范围应用.但对于市级及县区级较小范围的应用,象元位置误差相对较大,需进行精校正.存贮于 1B 内的经纬度的最大精度为 $1/128$ 度,允许误差接近一个扫描点,很难满足精度的要求,所以对 1B 进行了修改,在 1B 备份字节内,增加了浮点经纬度.经裁剪、放大后,再利用河流、湖泊、城市位置等线或面数据进行交互配准和多项式纠正,使象元位置误差不大于 0.5 个象元,当卫星象元放大到几十甚至几百个显示像素时,其误差可达到较小的水平.重采样采用了临近点法,并用一个位置矢量矩阵对逐个重采样点进行标识,矢量矩阵包括每个重采样点与其最临近点的方向和距离.相同位置的重采样值在日间间比较时,先判断各自距最临近点距离是否均小于一定阈值,满足条件即近似认为重采样值来自同一下垫面.如不满足条件,再判断各自的最临近点是否在同一方向,方向偏差小于一定值的也近似认为重采样值来自同一下垫面.否则认为采样信息不来自同一下垫面而舍弃不用.精校正资料主要应用于农作物长势的监测和估产研究.③稻田植被指数的提取 根据上文所选水稻观测点的经纬度位置,在精定位后的遥感资料中读取 CH1、CH2 值,并计算 *NDVI* 和比值植被指数(*RVI*)值.④积温订正 为了使年际间遥感资料具有可比性,选择 0°C 以上的积温资料对植被指数进行内插、订正,获得各年水稻主要生育期植被指数资料.

2 研究结果与分析

2.1 水稻遥感植被指数与地面实测农学参数的关系

利用 1992 年、1996 年遥感资料和地面实测资料进行相关分析,得出:①水稻各时期叶龄和分蘖数与遥感植被指数有较好的相关关系,相关系数平均分别为 0.9734 和 0.8005,均通过了信度为 0.01 的相关显著性检验.这说明水稻遥感植被指数的高或低,直接反映了水稻生长发育状况.②*NDVI* 与 *RVI* 相比较,前者与水稻实地生长状况更密切.水稻生长各时期的叶龄、分蘖数与 *NDVI* 的相关系数分别比与 *RVI* 的高 0.0057 和 0.0607,说明在沈阳市利用 *NDVI* 监测水稻长势更直观.③在水稻返青期 5 月 30 日至分蘖末期 7 月 25 日期间,遥感植被指数是随着植株叶龄的增加和分蘖数的增多而提高,后期到 8 月 10 日止,由于叶片的生长,稻田叶面积指数的逐渐提高,即使叶龄、分蘖数不变,水稻遥感植被指数仍逐渐增大,但增大的速度比前期慢 72%(前期 *NDVI* 增长速度平均每日为 0.0086,后期 7 月 30 日~8 月 10 日为 0.0024).

2.2 水稻遥感植被指数周年变化规律

沈阳市水稻采用保温育苗,选用中晚熟品种,4 月上旬播种,5 月中下旬移栽,6 月上旬开始分蘖,6 月末至 7 月初幼穗分化,8 月上旬抽穗,9 月下旬成熟.图 1 表示 1992~1996 年(不含 1995 年)水稻移栽至成熟本田生长期 *NDVI* 平均变化情况.

由图 1 可见,水稻在其返青分蘖期植被指数迅速上升,孕穗期达到高峰,抽穗开花期有所下降,到灌浆乳熟期出现次高峰,随后继续下降,其变化曲线呈双峰型.水稻本田植被指数变化双峰型的原因在于:水稻抽穗开花期花、穗位于植被冠层的上部,卫星所接收到

的反射辐射信息一部分来自于水稻的花和穗,另一部分是绿色叶片,致使植被冠层光谱特征发生改变,即遥感植被指数降低,时间变化曲线出现波谷。

2.3 水稻各生育时期遥感植被指数

按水稻发育进度将水稻移栽至成熟期宏观地划分为:返青分蘖期、孕穗期、抽穗开花期和灌浆成熟期4个阶段:①返青分蘖期(5月下旬~7月末),水稻遥感植被指数为0.05~0.238,其中返青阶段分蘖初期5月末

~6月10日,植株生长缓慢,NDVI值较小,平均每天增长幅度0.003;而后的分蘖期,随着水稻分蘖、植株叶片增加,NDVI平均每日增长速度显著提高,约为前期的2.7倍,在有效分蘖终止期至分蘖旺盛期NDVI值增长速度最快,每日约增长0.0094。②孕穗期NDVI为0.470,达到水稻本田全生育阶段最大值。但水稻无效分蘖终止期至孕穗期间,NDVI的日增长速度开始减慢,约为0.005。这和水稻实际生长状况相一致,此期为水稻营养生长和生殖生长并进时期,植株叶片和稻田植株群体结构基本趋于稳定,并已开始步入生殖生长阶段。③抽穗开花期的NDVI值相对于孕穗期的NDVI有个小小的回落,其值约为0.444,说明水稻已经完全进入生殖生长阶段。④灌浆成熟期(8月中下旬~9月中下旬),水稻的遥感植被指数约由0.447逐渐减小到0.153,其中8月中旬至下旬灌浆到乳熟期水稻遥感植被指数减小速度最快约0.0091,而后约以每日0.003的速度下降。此阶段的遥感植被指数与该阶段水稻植株叶片日益衰减,穗粒日趋成熟,整个稻田由绿转黄状况基本相同。

2.4 水稻遥感植被指数与叶面积指数的关系

以1992和1996年资料为例进行水稻遥感植被指数与叶面积指数(表3)关系的分析。结果表明:①二者具有较好的相关关系,相关系数平均为0.95,通过了信度为0.01相关性显著性检验。②水稻返青至分蘖时期,遥感植被指数随着稻田叶面积指数的增高直线上升,至水稻无效分蘖终止期两者均达最高值,而后叶面积指数缓慢下降直到水稻成熟,但遥感植被指数却由于水稻抽穗开花出现了小小的波动,NDVI由高至低再升高,然后才快速下降直到水稻成熟。③水稻叶面积指数变化趋势为单峰型,水稻遥感植被指数变化呈双峰型。

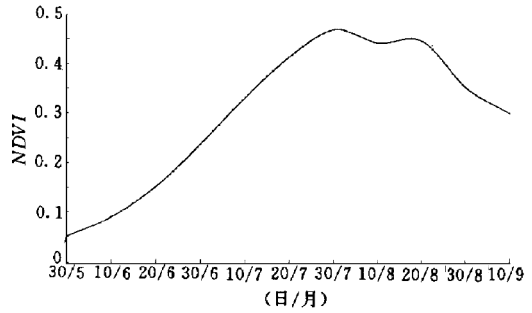


图1 水稻本田期遥感植被指数变化
(由1992~1994年和1996年资料计算)

表3 水稻叶面积指数与遥感植被指数

年份	5月 30日	6月 10日	6月 20日	6月 30日	7月 10日	7月 20日	7月 30日	8月 10日	8月 20日	8月 30日	9月 10日
1996 叶面积指数	0.28	0.57	1.74	3.49	5.23	5.82	6.41	5.01	4.98	4.39	3.80
1996 植被指数	0.034	0.039	0.157	0.247	0.306	0.367	0.490	0.469	0.487	0.327	0.294
1992 叶面积指数	0.32	0.62	1.71	3.47	5.85	6.43	6.71	7.05	5.10	4.32	4.20
1992 植被指数	0.039	0.085	0.131	0.222	0.433	0.488	0.491	0.548	0.429	0.409	0.392

2.5 水稻长势遥感动态监测

为了便于分析,按水稻栽培管理过程把水稻移栽后的本田生长发育期划分为生育前期(移栽至有效分蘖终止期)、中期(有效分蘖终止期至开始孕穗,包括无效分蘖期和幼穗形成期)和后期(开始孕穗至成熟

期),图 2 给出 1992~1996 年水稻遥感 *NDVI* 变化,依图 2 对其各年水稻 *NDVI* 变化状况进行对比分析,得出以下结果:①1992 年,水稻遥感植被指数变化曲线(除 6 月上中旬和 8 月上旬外)总的高于常年,但波动较大.前期遥感植被指数与常年比较呈缓慢上升趋势.1992 年 6 月上旬的气温为历史同期最低值(为 17.0℃,比常年低 3~4℃),影响了水稻返青速度和分蘖,6 月 18

日调查水稻叶片比常年少 1.6 片,分蘖数少 1.2 个,营养生长不足;中期植被指数特高,这主要是 7 月份温度较高,水稻有些徒长,养分消耗较大;后期植被指数变化较为平缓,下降幅度较慢,特别是 8 月下旬至 9 月上旬气温大幅回升,水稻长势较好,绿色功能叶片衰减缓慢,利于灌浆、成熟.1992 年全市平均产量为 8097 kg/hm²,属于平丰年产量水平.②1993 年,水稻植被指数变化曲线可以分为三段,第一段 5 月末至 6 月末植被指数均高于常年,说明水稻前期分蘖良好;第二段 7 月上旬至 8 月上旬,植被长势较常年有所下降,1993 年 7 月至 8 月上旬阴雨寡照,低于或等于 0.1 mm 的降雨日数为 20 天,比常年多两倍,7 月份日照较常年偏少 45 小时,平均每天少 1.5 小时,致使水稻生长较慢,生育期较常年偏晚 3~5 天;第三段 8 月中旬至作物收获期间,水稻遥感植被指数一直高于或接近常年,1993 年 8 月下旬至 9 月全市出现了高温少雨的晴好天气,水稻生长较好,这在一定程度上弥补了第二段低温寡照造成的不良影响,作物灌浆成熟较好,水稻本田整个生育期遥感植被指数无大的波动,1993 年的水稻全市平均产量为 8332 kg/hm²,粮食产量水平为丰收年.③1994 年,水稻本田期遥感植被指数低于常年,尤其是 8 月上旬左右其值较常年低 0.11,是这 4 年中最不好的年型.水稻植被指数前期低,表明营养生长不充分,早期低节位分蘖数少;中期 *NDVI* 特低,表示水稻生长不平衡;后期植被指数提早下降,说明水稻有早衰现象.资料表明,1994 年属于气候异常年,出现了高温、干旱、大风、作物病虫害等灾害.6 月份的连续特高温缩短了水稻营养生长期,9 月上旬的高温逼使部分水稻早熟;6 月末至 8 月中旬,接连降了 4 场暴雨,部分稻田遭洪灾.1994 年全市平均产量为 7079 kg/hm²,比 1993 年减产 15%.④1996 年,水稻植被指数变化不平稳,与常年比较波动较大.前期尽管大部分时段 *NDVI* 都低于常年,但与产量关系密切的水稻有效分蘖期(6 月中下旬)*NDVI* 却与常年接近,表明水稻有效分蘖数较多;中期 *NDVI* 较高,水稻生长较好,但有些徒长;后期 *NDVI* 下降速度较快,其值低于常年,1996 年 7 月中旬~9 月上旬气温持续偏低,北风日数稍多于常年,水稻发育进程受到一些影响,同时部分地块出现功能叶片

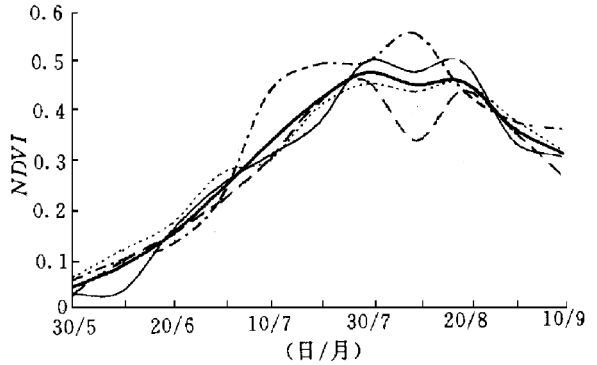


图 2 1992~1996 年水稻遥感 *NDVI* 变化

(— · — 1992, 1993, — — — 1994, — — — 1996, — 平均值)

早衰. 1996年全市水稻平均产量为 7920 kg/hm^2 , 略低于1992年, 属于平丰年产量水平.

3 结束语

上述分析表明: ①沈阳市水稻遥感植被指数与水稻叶龄、叶面积指数、分蘖数有着较好的相关关系, 特别是在水稻返青分蘖期两者变化趋势近乎一致. ②水稻本田期间遥感植被指数年变化趋势曲线为双峰型, 孕穗期达高峰, 灌浆乳熟期出现次高峰, 抽穗开花期为波谷. ③水稻遥感植被指数增长速度最快阶段是水稻有效分蘖终止期至分蘖盛期, 而下降速度最快阶段是水稻灌浆乳熟期, *NDVI* 升、降速度均较其它时期快3倍. ④利用NOAA/AVHRR遥感植被指数进行沈阳市水稻长势监测及年景的评价和估测是可行的, *NDVI* 的变化状况及其值的高低可较好地反应水稻实际生长状况.

参 考 文 献

- 1 林培. 农业遥感. 北京: 北京农业大学出版社, 1990. 87~90.
- 2 王长耀, 郑兴年, 崔伟宏, 等. 资源环境动态遥感与模型分析试验研究. 北京: 宇航出版社, 1993. 142~143.
- 3 贾贵重. 水稻高产综合配套技术. 沈阳: 沈阳出版社, 1993. 11~14.

MONITORING RICE GROWTH TRENDS USING NOAA/AVHRR DATA

Shi Yuhong Piao Ying Zhang Jing
(Shenyang Meteorological Bureau, Shenyang 110015)

Li Guochun
(Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161)

Abstract

NOAA/AVHRR data (1992—1996) combined with the observations of agronomic parameters of crop growth were used to analyse the patterns of normalized vegetation index (NDVI) for rice from transplanting to harvest in order to monitor the rice growth trends dynamically in Shenyang.

Key words: Vegetation index Rice growth trend NOAA/AVHRR data