

用气象卫星遥感资料对冬小麦苗情 定量分类研究^①

赵 红

(山东省气象中心, 济南 250031)

提 要

在对 1989~1999 年的气象卫星遥感资料和同期 24 个站点的小麦苗情地面观测资料相关分析的基础上,建立了山东省冬小麦苗情定量分类监测模式。在建立模式时,为了消除由于地理位置引起的发育期差异,全省划分为 5 个生态区。该模式经 2000 年实际应用,效果良好。

关键词: 卫星遥感 苗情 定量分类

引 言

冬小麦是山东省的主要夏粮作物,每年种植面积大约 $400 \times 10^4 \text{ hm}^2$,产量约占全年粮食总产的 51% 左右,在山东省农业生产中占有举足轻重的地位,因而各级政府迫切要求及时掌握各地小麦生长状况,以便正确进行农业生产决策,夺取小麦丰收。卫星遥感具有时效快、客观、监测范围大等优点,利用卫星遥感方法获取全省小麦绿度植被指数,并根据植被指数进一步研究各地小麦苗类分布,为各级政府提供能客观反映小麦生长实际状况的遥感服务产品,具有十分重要的意义。

在冬小麦实际生产中,为了便于宏观上的管理,常常根据冬小麦的长势不同而将其划分为一、二、三类苗,并估算出各苗类的面积及其所占比例,生产管理部门便可了解当前各地小麦生产状况。但在常规情况下,信息时效慢,抽样调查有误差;且不能确切知道不同苗类的具体分布情况。而采用本文提出的方法,可利用卫星遥感资料计算出每一个像元点的苗情状况,进而确定该像元点所属苗类,并在计算机屏幕显示或打印输出,使得

全省苗类分布一目了然。这对于使用部门来说,更具有实际意义。

1 冬小麦苗情遥感分类基本原理及方法

1.1 地物光谱特征

太阳光辐射到地表,地面上各种物体对太阳辐射中不同波段的光有强弱不同的反射和吸收。如:绿色植被的反射光谱特征与裸地、水体等完全不一样,就同一种植被而言,因其发育时段、长势的不同也有差异。

农作物在进行光合作用的过程中,太阳辐射是主要的能源之一。作物产量的高低与作物把太阳能转化为生物化学能的效率有关。作物对太阳光可以吸收、反射和透射,作物的光合作用主要是吸收可见光部分,而作物对太阳可见光的吸收率又与群体密度、叶绿素含量等有关,实际情况相当复杂,一般来说,在相同吸收率的条件下,叶面积指数越大,作物冠层所截获的太阳能越多,光和作用就越强。而作物对太阳光近红外波段反射强烈,仅有极少部分透射到作物下层,到达地面。总之,作物的长势、颜色等,将直接影响着作物对太阳光的吸收和反射,作物的这种光谱特性,就是卫星遥感监测作物长势的生

^① 本研究由山东省气象局“九五”重点项目资助

物理学理论依据。

1.2 卫星通道及遥感植被指数的选择

在 NOAA-14 极轨气象卫星上,甚高分辨辐射仪拥有 5 个通道,其中第一通道(ch1)的波长为 $0.58 \sim 0.68 \mu\text{m}$,在可见光波段范围内($0.4 \sim 0.7 \mu\text{m}$);第二通道(ch2)的波长为 $0.725 \sim 1.10 \mu\text{m}$,在近红外光波段范围内($0.7 \sim 1.3 \mu\text{m}$)。而冬小麦主要对可见光波段和近红外波段反应敏感,冬小麦对可见光的吸收率随植被覆盖度的增加而增加,同时,对近红外光的反射率随之急剧上升。但在利用卫星遥感监测小麦苗情过程中,仅用单波段反射率来判别冬小麦长势,误差较大,原因是卫星所接收到的反射光受到大气透明度等其他因素的影响,使得单通道的资料不能准确地反映小麦不同长势之间的差异。因此,我们引用了遥感植被指数的概念。所谓的遥感植被指数,就是通过多通道的光谱信息,经线性和非线性组合而组成的对植被有一定指示意义的各种数据。目前,最常用的有归一化植被指数(NDVI)和比值植被指数(RVI),其中比值植被指数具有消除背景地物信息,突出冬小麦长势的特点^[1]。因此,我们选用比值植被指数 RVI 来监测作物长势。

2 资料的来源及处理

2.1 资料收集

遥感资料主要来自于本单位接收的 1989~1999 年的 NOAA 卫星资料,并经国家卫星气象中心补充因接收设备机械故障等原因造成的资料缺失,资料非常完整。

地面观测资料来自于山东省农气基本观测站的小麦遥感地面观测资料(1989~1999 年)。观测点设置主要原则是:观测地点的代表性和连续性。即:观测地段能代表当地大田的实际情况,每年观测地段保持不变,并且给出观测点的精确地理位置。观测项目、方法、时间按农业气象观测规范进行。

2.2 遥感资料与地面观测点的地理匹配

由于卫星轨道每天都在偏移,而轨道报一般是 3 天更新一次,导致所接收的卫星资料存在地理偏差。如果不进行地理校正就直

接使用这些资料,就会造成卫星资料解译的失误。因此,在卫星资料定量处理后,还需进行地理校正。其方法是事先制作一张有明显地物标志的地理底图(最明显的地物标志是水体),使用地理校正程序,可以把该底图和卫星资料调入计算机,在屏幕上使两者相互叠加,采用人机交互的方法,移动卫星资料,使得卫星图像上的水体与地理底图上的水体相吻合,退出程序,计算机可自动记下卫星资料的地理偏差值。地理校正后,卫星数据具有精确的地理位置信息,可以准确地与地面观测信息进行地理匹配。但为了尽可能消除大气状况、卫星探测仪器灵敏度等因素的影响,可以采用多日最大植被指数的方法,进行植被指数叠加处理,获得计算日的 RVI 绿度值文件。

2.3 遥感资料与地面观测资料的时相匹配

由于卫星过境的时间不固定,所以卫星资料的日期也不固定,另外由于天气的原因也会使得某一过程或某一旬没有资料,这样在建立模式时就有困难,为了解决这一问题,我们采用资料订正的方法。根据接收到的卫星资料的时间,把资料订正到计算日。具体订正方法如下:以泰安市为例,根据该市多年的遥感资料的平均值,绘出了冬小麦绿度值随时间变化的曲线,如图 1 所示,从图中可看出,冬小麦由出苗到停止生长、返青期、拔节期间 RVI 随时间变化,可近似为线性变化,在抽穗前,冬小麦的 RVI 达到最大,在抽穗后逐渐下降。由于 NOAA/ AVHRR 资料受卫星轨道、天气等因素影响往往是间断不连续的,因而卫星遥感资料与地面监测资料难

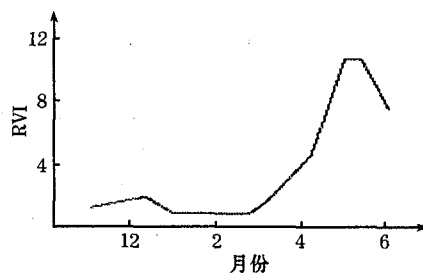


图 1 冬小麦 RVI 随时间变化的曲线

以匹配,为了取得资料时相的一致,我们根据比值植被指数在冬小麦各发育时段内近似于线性的特点,用插值法算出与地面观测资料时相匹配的 RVI 值。

各监测点 RVI 值补差公式:

$$DG = (G_2 - G_1)/(T_2 - T_1) \quad (1)$$

$$\Delta G = DG * (T_{\text{计算日}} - T_2) \quad (2)$$

$$G_{\text{计算日}} = G_2 + \Delta G \quad (3)$$

式中的 DG 为某发育阶段内 T_1 到 T_2 时段每日绿度值的增量, G_2 、 G_1 分别是 T_2 、 T_1 日期的 RVI 值。 ΔG 为 $T_{\text{计算日}}$ 到 T_2 时段内绿度值的增量; $T_{\text{计算日}}$ 为冬小麦某一发育期的日期。 $G_{\text{计算日}}$ 为订正后的某一发育期的 RVI 的值。

3 冬小麦生态区的划分及监测时段

3.1 冬小麦生态区的划分

山东省的冬小麦种植面积大,分布广,但各地的气候、土壤及产量水平差异较大,尤其是小麦发育期相差很大,最大相差近 20 天。因此要对全省冬小麦划分生态区,生态区的划分原则是:在遥感分层的基础上,考虑其生育期和现有的行政区划,根据冬小麦生长发育阶段的光、温、水条件,应用聚类分析的方法,将全省划分为 5 个生态监测区,具体分别是:1 区:威海、烟台;2 区:青岛、潍坊;3 区:临沂、日照、枣庄、泰安、莱芜;4 区:济宁、菏泽、泰安部分县市;5 区:济南、聊城、德州、滨州、东营、淄博北部。

3.2 冬小麦苗类监测时段的划分

山东省冬小麦一般 9 月下旬至 10 月中旬出苗,次年 6 月上旬至中旬收获,全生育期约需 230~270 天。在小麦整个生育期间,气候条件、地理位置等对小麦生长状况及生育期均有较明显的影响。农业部门通常把小麦全生育期化分为主要的几个时段,即:越冬期(一般在 11 月下旬至 12 月上旬开始)、返青期(一般在 2 月下旬至 3 月上旬为普遍期)、拔节期(一般在 3 月下旬至 4 月上旬为普遍期)、抽穗期和收获期^[2]。对苗情的分类主要是在前三个时段进行。越冬前掌握苗情分类,可以加强越冬管理,争取壮苗越冬,为来

年成穗创高产打下基础。返青期、拔节期苗情可以为春季麦田管理提供依据,以促进小麦穗多、粒数多、壮秆等。在本项工作中,也主要是对冬小麦的越冬前、返青期和拔节期进行遥感苗情定量监测分类。

4 冬小麦苗情分类的农学标准

在冬小麦苗情评判当中,农业部门常按一定的标准将本地区的小麦苗情划分为一、二、三类苗。其主要的根据是亩总茎数、单株分蘖数和单株次生根,但不同的地区有不同的标准。这在某种意义上存在区域上的不可比性,我们在进行遥感监测分类的时候,不能把 17 个市地按各自的标准进行逐一分类,否则,无法进行冬小麦苗类的定量评价。不过,通过调查发现,在同一生态区的分类标准是基本相同的。因此,本着只要发育期相同,在同一生态区的苗类标准应相同的原则,按照所划分的各小麦生态区进行统计分析,确定了各生态区不同发育期的苗情分类标准。

5 利用遥感资料建立苗情分类模式

5.1 确定苗情分类因子

各地苗情分类主要考虑亩总茎数、单株分蘖数、次生根等,我们根据地面观测资料分析发现,亩总茎数与单株分蘖数和次生根呈正相关。主要原因是随着小麦精播技术的推广,各地区小麦的播种量基本上是一致的,在假定其出苗率相同的情况下,每亩基本苗应当是相似的。那么,各发育期亩总茎数的差异主要是因为单株分蘖的不同而引起的,单株分蘖与次生根也呈正相关。通过对实测资料进行统计分析,可以建立如下的相关方程均通过 0.01 信度检验):

$$Y_1 = 52.9221 + 5.5365X_1 \quad (1)$$

$$s = 6.30 \quad r = 0.9073$$

$$F = 176.95 \quad n = 40$$

$$Y_2 = 0.6394 + 0.5736X_2 \quad (2)$$

$$s = 1.56 \quad r = 0.7732$$

$$F = 56.50 \quad n = 40$$

式中的 Y_1 是亩总茎数, X_1 为单株分蘖。 Y_2 是单株分蘖, X_2 为次生根数。

因此,我们主要用亩总茎数进行苗类划分。

5.2 建立苗情分类模式

在建立苗情分类模式时,要提取与地面观测点相对应的卫星资料,提取时以地面观测点的位置为中心,上下左右取 9 个像元点的 RVI 值进行平均,作为该观测点的遥感数据。

对地面观测资料与遥感监测的 RVI 分

表 1 1 区不同发育期的苗类计算模式

方程	R	F	S	N
越冬期 $Y = 31.6565 + 13.9345x$	0.9132	85.4148	8.9099	19
返青期 $Y = 37.6280 + 14.9501x$	0.8673	63.7660	8.1698	23
拔节期 $Y = 56.4260 + 1.9490x^2$	0.8564	66.0029	8.8378	26

6 利用卫星遥感资料对冬小麦苗情进行分类

6.1 形成苗类分布图

针对冬小麦的不同发育期,先将实时的 RVI 值订正到要计算的 actual 发育日期,利用所建立的模式,对所有像元点进行计算,再对应各区的小麦苗情分类标准,确定该像元属于那一类苗,当全部计算完后,形成文件存入计算机。

利用我们自己编写的图像显示程序,调入苗情分布图和行政区划文件后,可在计算机屏幕上显示出各地的苗类分布状况,也可以用激光彩色打印机输出(图略)。

6.2 统计各类苗的面积比例

对政府部门只提供苗类分布图,还不能满足他们的需要,必须提供各地不同苗类的面积比例,决策部门才能掌握更全面的信息,为此,我们分县计算了各类苗的面积和比例。当程序调入苗情分类文件和行政区划文件后,可自动判别该像元点属于哪一个县,并按苗类自动累计面积,结束后形成文件存盘,也可随时打印。分县计算的苗类面积比例见表 2。

6.3 模式效果检验

为了检验模式计算效果,我们对 1999 年 2 个发育期的苗情进行回代计算,并对 2000 年的苗情进行实际分类,其结果令人满意。

析表明,冬小麦亩总茎数与遥感监测的 RVI 值有良好的线性关系,因而,可采用线性模式来建立绿度值与小麦亩总茎数的关系。在建立模式前,首先对地面观测资料和提取的遥感监测 RVI 值进行综合分析,如遥感监测的 RVI 受其他因素的干扰或者是地面观测资料有误差时,要进行删除,不参与建模。表 1 为 1 区(其它生态区略)不同发育期的苗类计算模式(所有模式均通过 0.01 的信度检验)。

表 3 为 2 年的计算结果与山东省农业厅的统计结果。

表 2 泰安市 1999 年返青期遥感监测不同苗类比例

苗类	一类苗/%	二类苗/%	三类苗/%
泰安	49.5	28.0	22.5
宁阳	67.0	19.6	13.4
肥城	54.5	28.2	17.3
东平	64.6	22.1	13.3
新泰	30.8	31.7	45.5

表 3 卫星遥感监测苗类和统计苗类及误差(%)

	返青期			拔节期			
	计算	统计	误差	计算	统计	误差	
1999 年	一类苗	45.6	48.0	2.4	49.5	53.0	3.5
	二类苗	34.3	36.0	1.7	35.8	34.0	1.8
	三类苗	20.1	16.0	3.9	14.7	13.0	1.7
2000 年	一类苗	44.3	50.0	5.7	50.4	54.0	3.6
	二类苗	33.3	37.0	3.7	33.8	35.0	1.2
	三类苗	22.4	13.0	9.4	15.8	11.0	4.8

7 结语

卫星遥感方法对苗情进行分类监测,是一种省时、省力、比较客观的方法,如果能在地理信息系统的支持下,效果会更好,因此,我们今后将在 3S 系统(RS、GIS、GPS)的开发应用方面加大力度,以期有关部门提供更好的服务产品。

另外,气象卫星 NOAA 系列有时间分辨率高的优点,但其空间分辨率较低,限制了苗类动态监测精度,特别是对混合像元,会有明

显误差。但如采用拥有 30 多个通道的中分辨率的 MODIS(其中与 NOAA 类似的可见光和近红外通道为 250 米)资料,将会显著改善冬小麦苗情定量分类的精度。

参考文献

- 1 遥感概论编写组. 遥感概论. 北京: 高等教育出版社. 1985. 155~156.
- 2 山东省农业厅. 山东小麦. 北京: 农业出版社. 1990. 54~55.

A Study of Quantitative Classification for Winter Wheat Growing Condition by Utilizing Satellite Remote Sensing Data in Shandong Province

Zhao Hong

(Shandong Meteorological Center, Jinan 250031)

Abstract

Based on the correlation analysis of the remote sensing data of NOAA/AVHRR from 1989 to 1999 and the surface observations of wheat growing conditions at the twenty-four stations in the same period, a model of quantitative classification for winter wheat growing condition in Shandong Province is developed. To eliminate the effects of different geographical locations on different development stages, the whole Shandong province is divided into five ecotypes in order to establish the model individually. The model was successfully applied in the winter wheat condition classification in the year of 2000.

Key Words: remote sensing winter wheat growing condition quantitative classification