

# 用 NOAA 气象卫星资料结合地面光谱 测定对运城盆地冬小麦长势进行 监测及产量估算的方法探讨\*

冯承绩 赵仲文 承继成 吕斯骅  
(山西省农业遥感应用研究所) (北京大学遥感技术应用研究所)  
侯常恭 吴容璋  
(国家气象局卫星气象中心)

1986年9月5日收稿

## 摘 要

根据 NOAA 气象卫星具有周期短、覆盖面积大、对绿色植被及水份温度反应比较灵敏等特点,作者利用 AVHRR 甚高分辨率辐射计资料,结合同时期地面样方光谱和有关生物物理指标观测,对山西省运城盆地冬小麦长势进行了监测,并利用中比例尺的 MSS 彩色合成图像,分区分类测算面积和估算产量。在产量估算精度上有了新的提高。

首先采用多时相陆地卫星像片,按相同的生产条件及生产水平进行分类划区,然后分区设立地面样方,并与气象卫星接收同时进行光谱及生物物理指标观测。资料分析结果表明:地面光谱计算指数与小麦产量有较好的直线相关;地面光谱与卫星光谱指数(NVI),以及卫星光谱指数与小麦产量均具有较好的相关关系。资料还证明了植冠红外温度与土壤水分即作物需水状况的相关性,以及气象卫星红外温度值与小麦产量的相关性。

利用上述遥感方法对冬小麦长势进行监测和估产,计算可靠,方法简便、快速,适宜于中小区域农业生产管理应用。

本项实验是山西省农业遥感应用研究所与北京大学国家遥感技术培训中心、国家气象局气象卫星中心协作,在运城地区及有关县农业区划委员会的配合下,于1985年对运城盆地的临猗、永济、运城、夏县四个县的255万亩麦田进行了监测和估产。

## 一、运城盆地冬小麦生产的基本特点

运城盆地位于山西省南部,东抵中条山,西南以黄河为界,主要为冲洪积平原和台地所组成。盆地中沿涑水河下游及东南山前断裂带土地较低洼易涝,其余大部分地区地下水埋深为10—50米,台地地下水埋深在100米以下,地下水源贫乏,水质不良,农业生产

\* 运城行署区划委员会及临猗、永济、运城、夏县农业区划办公室参加了这次试验中地面观测的组织领导工作。山西省农业遥感应用研究所影像室承担了卫星像片洗印工作,计算机室作了部分资料计算。山西省农业科学院作物研究所曾进行了试验前的光谱试测工作。在此一并致谢。

主要靠自然降雨、引黄灌溉和少数井灌溉(图 1)

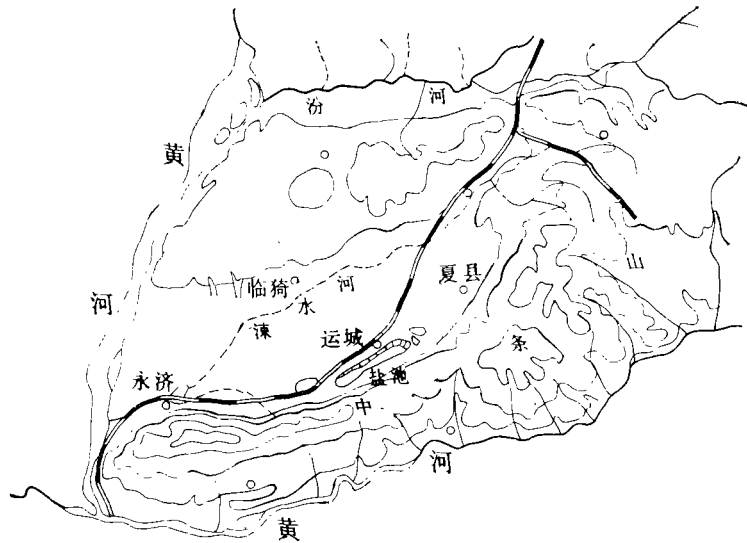


图 1 运城盆地试验区地形示意图

Fig. 1 The Sketch Map of Experimental Area in Yuncheng Basin

试验区包括全盆地的井灌、黄河灌溉和干旱台地三大类型。冬小麦种植面积 255 万余亩, 占试验区总耕地面积的 56%。本区由于土壤比较肥沃, 宜耕性好, 生产管理水平较高, 作物长势比较一致, 但由于干旱台地占有相当比重, 年际产量受雨量制约, 变化幅度较大。据运城等 4 个县近二十年统计资料分析, 试验区小麦单产平均年递增 5.5 公斤, 而年际间的产量变化率为 32.1%。

运城盆地属于暖温带季风气候, 平均年降雨量 550 毫米, 多集中在 7, 8, 9 月份, 约占全年降雨量的 50%。小麦生长期(10 月至翌年 5 月)是本地区的干旱少雨季节, 降雨量 210 毫米左右, 仅占全年降雨量的 37.5%。对于盆地小麦生产起决定性作用的主要是播前秋季降雨土壤蓄墒。根据灌溉试验站资料, 本区小麦生长期耗水总量为 180—250 立方米/亩, 其中天然降水占总需水量的 50—70%。根据三十五年的历史资料分析, 播种前 9 月或 9—10 月, 降水量分别超过 120 毫米或 150 毫米, 即超过平均雨量的 50%, 翌年小麦就有高产的保证; 如果此期雨量低于平均雨量, 次年小麦必然是减产趋势。其次是 3 月下旬至 4 月下旬(即小麦拔节孕穗阶段), 如果降雨量在 40 毫米以上, 即超过平均雨量的 30—40%, 即可满足生长后期的需水要求; 如冬前雨量较多, 而拔节孕穗期雨量偏少, 在旱作地区就有减产的趋势。本区日照充足, 热量丰富, 也是小麦生产的有利条件。从播种至越冬前, 气候温和降温慢, 有足够的冬前分蘖壮苗时间, 是本区小麦高产的基础; 但越冬返青以后, 3—4 月份气温回升较快, 由于器官建成时期短, 营养物质积累不足, 不利于促穗增粒。此次试验, 针对小麦与气候的相关特点, 根据生物气候因素和植物光谱指数、生物指标, 建立相关模式进行监测估产。

## 二、估产的原理和方法

常用的生物气候模式估产是趋势产量加气候产量。严格地说,它并不能真实反映各个时期的实际产量。目前,国内多采用地面观测和典型调查的方法进行产量估算,但因各地生产类型繁多,调查取样的代表性难以准确,而且工作量大,因此,不甚理想。

根据国内外大范围农业估产方法的优缺点,我们采用遥感手段代替田间常规调查方法。首先采用卫星影像目视解译对小麦产地分类划区,分区建立典型样点,并按生产类型建立地面样方,在作物生长关键时期进行田间光谱、植冠温度、土壤水分和生物量测定,并与同期的 NOAA 气象卫星数据建立相关模式计算产量。具体作法分述如下:

### (一) 分类划区

利用多时相 MSS 卫星像片进行目视解译,按照影像色调反映的不同生产条件及生产水平进行分类划区<sup>[1]</sup>,全试验区共划分为17个区,然后对各个类型区进行生产特点的规律性分析,提出不同类型区的产量模式和各项因数等级指数。

### (二) 建立地面样方和分区典型样点

根据试验区内大的生产类型,共建立了10个面积在3平方公里以上的地面观测样方。样方的土地成片,地面平坦,作物长势比较一致,样方间的距离不少于6公里,以便于与卫星图像数据进行对应分析。同时,分别对不同类型区,大致按10个村选择一个具有代表性的村,作为分区样点,全试验区按17个类型区,共选择了95个典型样点村。选择的标准是样点村多年平均产量与本区平均产量的差别小于5%。即该区样点村的实际(逐户统计实收面积和产量)产量平均数,可以认为是代表本区同年的实际产量,以此作为估计产量可靠性的验证依据。

### (三) 作物光谱和植冠温度的测定及结果分析

**1. 作物光谱** 作物的光谱特征,决定于叶内组织、黄色素、叶绿素和水分含量。在田间测试的光谱反射率,与作物的长势、密度、绿叶生物量和叶面积指数,以及作物的供水状况都有密切关系。因此,测定作物的光谱指标,实际是农作物生理生态的综合反映。

光谱测定使用的仪器为北京大学物理系制作的 RS-I 型四通道野外光谱仪。四个通道带为 0.5—0.6, 0.6—0.7, 0.7—0.8, 0.8—1.1 微米与 MSS 四个波段相一致。我们在 10 个地面样方进行光谱测定,每个样方选择有代表性的 7 个测点。每个测点横跨地畛大约在 150 米的测线上,每点测 5 次取其平均值。每隔 10 天测一次,选择少云的晴天,时间 10—14 点,仪器高度距植冠约 1.5 米。在测光谱的同时,调查了田间作物长势,并在小麦成熟收割期进行了取样测产。

C. J. Tucker 和 B. N. Holben 等人的研究表明<sup>[2-7]</sup>,绿色植物在红波段(0.6—0.7 微

米)和近红外波段(0.8—1.1 微米)及有关的组合光谱反射率指数  $ND\left(\frac{IR}{R} \text{ 或 } \frac{(IR-R)}{(IR+R)}\right)$ ,

与植物生物量及产量密切相关。根据以上 10 个样方测定, 光谱反射率在 4 月底(即小麦抽穗期)达到峰值期, 我们用 4 月 20 日、4 月 30 日、5 月 10 日前后三次测定的光谱, 用第 II、IV 波段反射率比值  $\frac{IV - II}{IV + II}$  计算绿度(D), 并用直线相关方程计算绿度与小麦产量的

相关性, 可得如下回归方程(图 2):

$$y = 0.162 + 0.001 D$$

冬小麦抽穗期是植株生长最旺盛、积累光合物质最丰富的时期, 其光谱反射率也达到峰值, 用此时的光谱指数来衡量作物的长势和产量, 是有充分根据的。

**2. 植冠温度** 作物植冠温度, 是指作物植株表层的叶面温度。作物叶面在日光照射下, 吸收热量进行光合作用, 而植物光合作用所用的光能是极少的(一般不到 4%), 大量的辐射能量是通过叶面蒸腾蒸发消耗来调节叶面温度。所以随着光辐射量的增加, 叶面温度不是象气温一样相应地增加。因此, 植冠红外辐射温度变化与叶面的蒸腾强度密切相关; 而作物的蒸腾强度与作物的供水和作物的长势是直接相关的。在田间观测植冠红外温度时, 作物的覆盖程度不同, 植冠的观测温度值也包含了非覆盖地面的温度和不同层间温度的干扰成分, 所以, 植冠温度实际是作物生长条件的一种生态反应。然而地面温度变化, 也是随土壤的湿度和地面覆盖而异。干旱土壤蒸发量小, 土壤温度上升快; 潮湿的土壤由于比热大, 则温度变化慢; 覆盖差的地面, 受太阳直射, 温度上升也快, 因此地面的温度变化趋势与不同供水状况的植冠温度变化是一致的, 但前者的变化范围大, 故在土壤较干旱的情况下, 田间测得的植冠红外温度值比实际的植冠温度高, 因而更缩小了植冠红外温度与环境温度比值的差异。层间温度的变化, 请参阅文献[8], 这里就不作分析了。现仅就测得的小麦植冠红外温度和地表温度来研究作物的长势和水分状况的相关性。

测试植冠红外温度采用的是中国科学院上海技术物理研究所生产的 HD-400 型红外测温仪。观测方法是仪器镜头朝向被测目标的向阳面, 与太阳照射约成  $30^\circ$  角, 距离 2 米左右, 观测时间与测定光谱时间完全相同, 观测项目包括植冠辐射温度和没有植被覆盖的地面辐射温度, 采用阿斯曼通风式干湿球温度计记载环境温度, 同时测定 1 米土层的土壤含水率。

现将植冠温度与地表温度、环境温度进行比较, 在夏日中午, 裸露地面的温度一般高于气温, 地温随气温的升高而增加, 变化幅度与土壤湿度有关。植冠温度, 在中午以前接近或稍高于气温, 12 点以后, 植冠温度逐步随气温的升高而增加, 但升高的幅度远不及气温上升的幅度大, 即气温越高, 二者的差值越大, 说明叶面的水分蒸腾蒸发不断消耗热量,

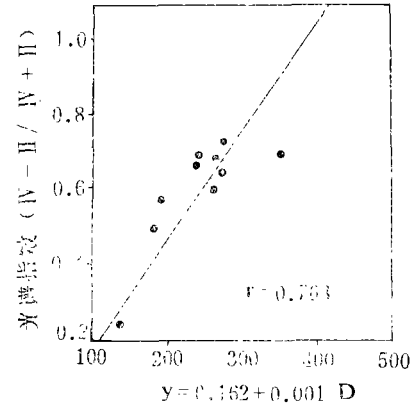


图 2 光谱指数与小麦产量的相关关系

Fig. 2 Relationship of Vegetation Index and Wheat Yield

即对植物起调节温度的作用。叶面蒸腾蒸发的强度与植被的供水状况有关,如果供水不足,迫使叶面气孔关闭,则蒸腾减弱,叶面温度相应增高。根据这一原理,我们用观测到的

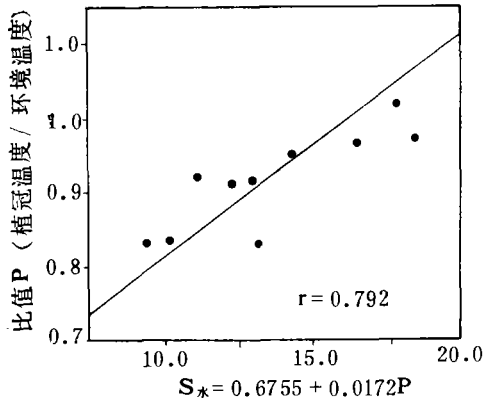


图 3 小麦植被温度与环境温度的比值与土壤水分的相关关系

Fig. 3 Relationship of Temperature Ratio between Wheat Canopy and Environmental to Soil Water Content

的植冠温度与地温的比值、植冠温度与气温的比值,同土壤水分进行了相关分析,发现,植冠温度与气温的比值,与土壤水分即作物供水情况有关。此外,还与空气湿度有关,空气湿度大,蒸发减弱。在这种情况下,即使土壤供水不足,作物并不明显反映出水分亏损现象,所以我们选用了大气湿度显著下降之后的 12—14 时来测定植冠温度,它与环境气温的比值,和土壤含水率有明显相关关系,可得相关方程如下(图 3):

$$S_* = 0.6755 + 0.0172P$$

$$S_* = 0-100 \text{ 公分的土壤含水率}$$

$$P = \text{植冠红外温度/环境气温之比值。}$$

根据运城盆地的气候特点,4月中旬至5月上旬,是小麦最干旱的时期,这时的降雨和土壤水分状况,对小麦产量关系极大。此时观测植冠温度即可反映作物的水分供需状况,即在夏日的中午植冠红外辐射温度在  $28^{\circ}\text{C}$  以下,植冠温度与环境温度的比值在 0.9 以上,则反映作物供水正常;植冠温度在  $28^{\circ}\text{C}$  以上,植冠温度与环境温度的比值在 0.8—0.85 与 0.85 以上则反映作物受旱或严重受旱。用测定植冠红外温度来判断作物是否缺水的方法,比用常规方法测定土壤水分要简便迅速得多。因为在野外测红外温度,很难做到各测点同时进行,我们利用气象卫星同期观测的红外温度值,实际是作物在不同的生态环境下反映的温度等级差,将它与对应的地面样方小麦产量进行相关分析,表现有较好的负相关,相关系数为  $-0.7207$ 。这说明在较好的供水条件下,作物覆盖较好,其植冠温度相对较低,这与前述理论是一致的。所以我们将卫星图像上的  $\text{CH}_4$  红外温度值也列入到产量模式中作为计算产量的参数。

**3. 生物指标** 反映小麦长势和产量的生物指标,主要包括单位面积的分蘖数、成穗数、平均穗粒数、千粒重以及叶面指数、覆盖率、总干物质重等。它是小麦生产各种条件因素的集中体现。然而对大面积的小麦进行监测和估产,要取得这些指标的准确数据,是不容易做到的。我们在生态遥感估产的基础上,只摄取了几个关键生物指标,以此作为光谱和气象卫星数据相关计算的依据。如越冬前和抽穗期的覆盖度及总干物质重,成熟期的亩穗数、穗粒数和千粒重。这些数据只需要在我们设计的几个类型样方中取得就行了,因为这些样方的选择是定型的,而且是同卫星数字图像的地理座标相对应的。生物指标不仅可以作为卫星数据相关计算的重要依据,而且可弥补模式中其它因素在计算中的不足和误差。

### 四、气象卫星 (NOAA) 磁带数据的应用计算

由于国家气象卫星中心的协作, 我们可及时取得监测所需要的卫星磁带数据。卫星上安装的甚高分辨率辐射计 AVHRR 共有五个接收通道, 其中 CH<sub>1</sub>, CH<sub>2</sub> 与陆地卫星 MSS<sub>5</sub> (0.60—0.70 微米), MSS<sub>7</sub> (0.80~1.10 微米) 的光谱波段及计算的光谱植被指数是很相近的。据 T. L. Barnett, D. R. Thompson 和 H. W. Yafes, J. D. Tarpley 等人<sup>[9-11]</sup>试验, 对冬小麦产量及其它农作物的监测均有较好的效果。

气象卫星是在大约 850 公里的高空接收地物光谱的, 这样电磁波会受到大气空间各种因素的干扰, 特别是各种云雾分布的影响, 这些因素会导致接受资料的误差。我们在订正地面样方的对应数据时, 特别注意了地面及卫星数据可对应性审查, 确定是否有图像错位或云雾影响, 利用卫星影像图和纠正后的分色数字图及同比例尺的地形图, 进行对照检查, 即可看出(图版 I 中图 4, 图 5)。至于大气影响订正, 我们正在进行试验中, 有待进一步解决。

还应指出, 气象卫星中心提供的单公里数字图, 比例尺是不规格的, 经向和纬向的比例不一致, 经纬度的标志也不够准确。我们是根据明显地物的地理座标定位, 利用 1:25 万标准地形图通过计算机纠正, 打印出同比例尺的分色数字图(见图版 I 中图 5)。

根据前面所述地面样方观测计算的植物光谱指数——绿度值  $D_s$ , 与 5 月 24 日卫星观测计算的数字图相对应的标准化植被指数  $NVI \left( \frac{CH_2 - CH_1}{CH_2 + CH_1} \right)$ , 进行对比分析, 具有较好的直线相关关系, 相关系数为 0.8054, 可得如下相关方程(图 6):

$$D_s = 0.1164 + 0.252D_G$$

其中:

$D_s$  = 气象卫星标准化植被指数

$D_G$  = 地面样方观测的植物光谱指数

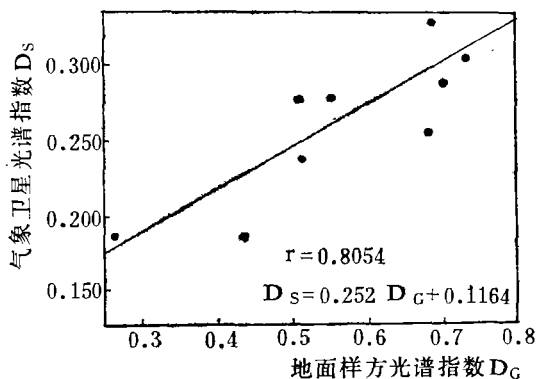


图 6 NOAA 卫星光谱指数与地面样方光谱指数的相关  
Fig.6 Relationship of Vegetation Index of Ground Sample Regions and NOAA AVHRR NVI

同样,利用地面样方在小麦成熟收割期田间取样,实测的产量数据,与同上述卫星相对应的的光谱指数  $D_s$  及  $CH_4$  计算的红外温度值进行相关计算,相关系数达到 0.935,并得如下相关方程:

$$Y = 232.009 + 49.3045D_s - 6.6878T$$

其中:  $y$  = 小麦亩产量(公斤/亩),  $D_s$  = 气象卫星绿度值,  $T$  = 气象卫星红外温度值。

根据以上相关方程,利用卫星数字图,就可加权统计回归计算出各个类型分区的单位面积产量。

由于气象卫星的空间分辨率比较低,我们在试验设计和计算方法上,作了相应考虑,

表 1 不同类型分区小麦产量测算结果

Table 1 The Result of Wheat yields in Different Classified Area

县名	分区代号	生产类型	单产(公斤/亩)			面积(亩)	总产(吨)
			测 算	调 查	差率%		
临 猗	I <sub>1-4</sub>	平原黄河灌区	252.9	251.7	0.5	248164.2	62760.7
	I <sub>3-1</sub>	平原井灌区	214.2	238.3	-10.1	242281.1	51896.6
	I <sub>6-6</sub>	坡地井灌区	218.4	209.3	3.4	184225.3	40234.8
	I <sub>6-1</sub>	台地旱作区	177.6	183.7	-3.3	449557.2	79841.4
	合计		208.8	202.3	3.1	1124227.8	234733.5
永 济	I <sub>2-1</sub>	台地黄河灌区	209.0	250.7	-16.6	114704.9	23973.3
	I <sub>6-6</sub>	沿河黄灌区	183.9	216.4	8.1	234252.9	54791.8
	I <sub>4-3</sub>	平原井灌区	196.2	217.4	9.8	162415.4	31865.9
	I <sub>3-3</sub>	山前灌溉区	234.6	213.4	10.1	15418.8	4474.5
	合计		218.5	226.1	3.5	520792.0	115105.5
运 城	I <sub>1-4</sub>	平原黄河灌区	273.2	251.7	8.5	28653.8	7828.2
	I <sub>5-1</sub>	平原盐化区	186.8	201.9	-7.5	86674.1	16186.4
	I <sub>6-1</sub>	台地旱作区	185.7	175.0	6.1	99205.7	18247.7
	I <sub>3-1</sub>	平原井灌区	196.3	228.9	-14.2	304135.3	59701.6
	I <sub>6-3</sub>	缓岗半干旱区	192.4	216.5	-11.2	73159.8	14072.3
合计		196.4	214.5	9.2	592125.7	116261.3	
夏 县	I <sub>6-3</sub>	山前灌溉区	280.3	268.5	4.4	101217.3	28366.1
	I <sub>3-1</sub>	平原井灌区	232.6	195.7	18.9	48894.1	11372.8
	I <sub>6-7</sub>	倾斜平原区	250.0	223.2	10.7	70470.5	15852.3
	I <sub>6-4</sub>	台地旱作区	196.5	191.7	2.5	94101.6	19486.3
合计		238.6	242.4	1.6	314683.5	75077.5	

注: 1. 测算单产即用气象卫星数据计算。

2. 调查单产是用典型样点村调查实产。

因而获得了较好的效果。对 255 万余亩麦田划分的 17 个类型区,利用气象卫星数据计算的单位面积产量,与地面典型样点村调查的实产比较,精度可达到 81.1—99.5%,各县平均单产精度可达到 90.8—96.9% (表 1)。这是利用气象卫星在较小范围内进行农业监测和估产的一次有益尝试。

## 五、用 1:10 万卫星像片及成数抽样计算小麦面积

选用小麦生长季节中适当时期的陆地卫星像片, 经过假彩色合成, 放大成 1:10 万的影像图, 与相同比例尺的地形图结合, 在聚脂薄膜蒙片上, 按 0.5 厘米网格刺点, 然后蒙在卫星像片上, 在透图台灯光下目视判读麦田点数, 分成统计计算面积。

由于未能得到当年的陆地卫星像片, 我们选择 1978 年 5 月 1 日的卫星像片进行了方法性的试验。5 月份运城盆地的冬小麦已达到抽穗期, 棉花播种仅 1 个月, 还处于幼苗期, 春播玉米也处于苗期而且在本地种植面积很少, 越冬蔬菜基本结束, 还有少量的苜蓿和油菜生长较好, 而油菜多为地埂和零星小地块种植, 面积很小。因此, 在 5 月 1 日的卫星像片上, 耕地的绿色植被主要是冬小麦和苜蓿, 影像显示为不同深浅的红色, 除此之外, 就是裸露的土地和居民建筑, 均反映出不同深浅的蓝色, 两者色彩差异明显, 很容易判别。

为了保证卫星像片判读的准确性, 在判读人员进行多次判读锻炼, 熟悉不同地类影像判读标志的基础上, 选择不同类型而判读难度又较大的分区, 变换网格位置, 重复三次判读, 其结果误差均在 3% 以内, 说明判读的准确度是可信的。

关于成数抽样精度问题, 因为我们需要分区计算面积和产量, 有的分区面积较小, 但

表 2 卫星像片抽样统计的小麦面积精度

Table 2 Calculat Accuracy of Sample of Wheat Area in Landsat Image

县名	分区代号	小麦面积(亩)	成数	统计精度(%)
临 猗	I <sub>1-4</sub>	178218	0.5346	96.9
	I <sub>3-1</sub>	206718	0.5578	97.4
	I <sub>6-6</sub>	151500	0.5379	96.7
	I <sub>6-1</sub>	376125	0.5084	95.7
	合计	912501	0.5515	98.1
永 济	I <sub>1-2</sub>	89343	0.5622	95.6
	I <sub>2-1</sub>	122156	0.6369	96.6
	I <sub>6-3</sub>	109687	0.5198	96.2
	I <sub>4-3</sub>	112781	0.4034	95.8
	I <sub>3-3</sub>	39187	0.4008	92.7
	合计	570934	0.4724	98.0
运 城	I <sub>1-4</sub>	31031	0.5262	92.6
	I <sub>2-1</sub>	95812	0.2183	94.6
	I <sub>6-1</sub>	92906	0.4339	95.3
	I <sub>3-1</sub>	323625	0.5855	95.7
	I <sub>6-3</sub>	84843	0.4845	95.3
	合计	628217	0.3760	97.4
夏 县	I <sub>6-3</sub>	101344	0.5135	95.8
	I <sub>3-1</sub>	50344	0.3891	93.4
	I <sub>6-7</sub>	69843	0.3609	94.3
	I <sub>6-4</sub>	97500	0.4853	95.6
	合计	319031	0.4424	97.5

表3 1985年4县小麦遥感监测结果对比  
Table 3 The Comparison of Result between Estimated wheat yield and Actual yield in Four Counties in 1985

县名	对比项目	1984年			1985年			以1985年统计数为100之比(%)		
		面积(亩)	亩产(斤)	总产(斤)	面积(亩)	亩产(斤)	总产(斤)	面积	亩产	总产
临 猗	统 计	862469	238.4	205612610	919031	213.0	195794800	100	100	100
	公里网监测	1098000	222.0	243746812	1149000	207.3	238681770	125	97.5	121.9
永 济	遥感监测				1124227	235.8	234733502	122.3	98	119.9
	统 计	428876	254.5	109135000	451000	237.1	106650000	100	100	100
济 运	公里网监测	604500	221.9	134123438	627000	213.3	134024325	139	90	108.5
	遥感监测				526792	218.5	115105515	116.8	92.2	93.2
城 夏	统 计	480884	275.9	132648240	563200	210.0	121375000	100	100	100
	公里网监测	759000	194.3	147451610	799500	177.0	141471525	141.9	82.3	116.6
夏 县	遥感监测				592125	196.4	116261330	105.1	91.3	95.8
	统 计	236640	282.6	66871545	2951457	219.9	64868850	100	100	100
县	公里网监测	511215	221.4	113144693	574080	198.1	110291216	—	—	—
	遥感监测				314683	238.6	75077514	106.6	108.5	115.7

注:夏县遥感监测和统计不包括山区,公里网监测为全县数字。

要求抽样精度在 95% 以上,采取增加刺点密度即 0.25 厘米刺一个点。用样点法公式按不同类型区的样点,分别计算总体最小成数和面积,并按以下公式计算各分区的小麦面积和计算精度  $S_{pi}$ ,结果见表 2。

$$S_{pi} = 1 - \frac{T}{p_i} \sqrt{\frac{P_i(1 - P_i)}{N - 1}}$$

其中:

$$P_i = \frac{n_i}{K_i}$$

应指出,这次计算小麦面积是用的 1978 年的卫星像片,并扣除当年苜蓿面积,用同年的统计面积计算差率,而后用近几年各县单公里网监测面积推算 1985 年的小麦面积,因没有当年的卫星像片,借用过去的卫星像片,作测算方法的探讨。测算结果,四个县的小麦面积比该年统计数字,分别增加 6.6—22.3%,与四个县该年用地面公里网监测的面积比较相差 12.9%(表 3),我们认为数字还是比较切合实际的。

## 结 语

(1) 农业生产管理和产量预测,是各级领导部门十分关注的问题。我们应用国内提供的气象卫星资料结合地面遥感测试数据,对大面积的农业生产动态进行监测和产量测算,及时为生产管理部门提供可靠信息,研究适于地方应用的以县级为基础的、简便易行的方法,具有广泛的实用意义。

(2) NOAA 气象卫星具有周期短、覆盖度大的特点,用于农业生产动态监测,有利于时空资料的选择和应用。因为卫星资料具有较高的可比性,通过与数字图像相对应的地面样方实测资料,计算大面积的数据,因而计算的方法和数据可靠。不同于常规典型调查计算中存在难以估计的代表性误差,而且时间快,费用少。虽然气象卫星不及陆地卫星的地面分辨率高,在资料应用中,根据其宏观性质的特点,密切配合地面相应的可靠观测资料,也能达到较好的应用效果。

(3) 本次试验,我们仅就监测方法作了初步探讨,有待今后在生产应用中,逐步积累具有规律性的资料,进一步提高监测精度,减少地面观测的工作量。

## 参 考 文 献

- [1] Feng Chengji, Li Wenke, Cheng Jicheng Li Q., "An Inquiry into Methods of Estimating yields of Wheat and Autumn Crops in The Plain Regien With Lindsat Images Visual Interpretation", Proceedings of The Third ASIAN Conference on Remote Sensing A-7 1982.
- [2] Compton J. Tucker, "A Spectral Method for Determining the Percentage of Green Herbage Material in Clipped Samples" Remote Sensing of Environment Vol. 9, 1980.
- [3] Compton J. Tucker, J. H. Elgin and J. E. Momurtrey, Relationship of Crop radiance to alfalfa agronomic Values", Int. J. Remote Sensing, Vol. 1, 1980.
- [4] Compton J. Tucker, Brent N. Holben, "Relationship of Spectral Data to Grain yield Variation", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 46, 1980.
- [5] Compton J. Tucker, Brent N. Holben, "Remot Sensing of Total Dry-Matter Accumulation in Winter Wheat", Remote Sensing of Environment, Vol. 11, 1981.

- [ 6 ] National Aeronautics Lyndon B. Johnson Space Center, "AGRISTARS Research Report", p. 21—24, 1982
- [ 7 ] J. L. Hatfield, "Remot Sensing Estimators of Potential and Actual Crop Yield", *Remote sensing of Environment*, Vol. 13, 1983.
- [ 8 ] 董振国, 农田作物层温度初步研究, *生态学报*, 4(2), 1984。
- [ 9 ] 林培、夏景新、卢志光, 遥感影像的目视解译和它的量化研究在农业资源调查中的应用, 遥感和规划、管理和决策中的应用与发展论文集, 测绘出版社, 1985年。
- [10] T. L. Barnett and D. R. Thompson, "Large-Area Relation of Landsat MSS and NOAA-6 AVHRR Spectral Data To Wheat yields", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 13, 1983.
- [11] H. W. Yates, J. D. Tarpley, "The Role of Meteorological Satellites in Agricultural Remote Sensing", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 14, 1984.

## An Inquiry into Method of Monitoring Growth Vigour of Winter Wheat and Estimating it Yield Using NOAA AVHRR, Landsat MSS and Spectral Data

Feng Chengji    Zhao Zhengwen

*(Institute of Agriculture Remote Sensing Application, Shanxi Province)*

Cheng Jicheng    Lü Sihua

*(Technical Training Department of National Remote Sensing Center of China)*

Lin Changgong    Wu Ronzhang

*(Meteorological Satellite Center of National Meteorological Bureau)*

### Abstract

The method of monitoring growth vigour of winter wheat and estimating its yield using NOAA AVHRR, Landsat MSS, and spectral data has a good result Yunchen region, south part of Shanxi province.

According to agricultural productive level and conditions several regions are divided and sample areas are also selected in these regions using multi-temporal Landsat MSS, NOAA AVHRR, and spectral data. The results of these data analysis show that there are close relationships in following aspects: between spectral index— $IR/Red$  or  $(IR - Red)/(IR + Red)$  of NOAA AVHRR, Landsat MSS and yield of winter wheat, between image density and yield of winter wheat, between temperature of vegetation canopy and soil moisture, between image density of NOAA AVHRR Channel 4(thermal) and yield of winter wheat.

冯承绩等：用NOAA气象卫星资料结合地面光谱测定对运城盆地冬小麦长势进行监测  
及产量估算的方法探讨 图版 I

Feng Chengji et al.: An Inquiry into Method of Monitoring  
Growth Vigour of Winter Wheat and Estimating its Yield Using  
NOAA AVHRR, Landsat MSS and Spectral Data Plate I



图4 运城盆地气象卫星影像图 (CH1, 2, 4 合成)

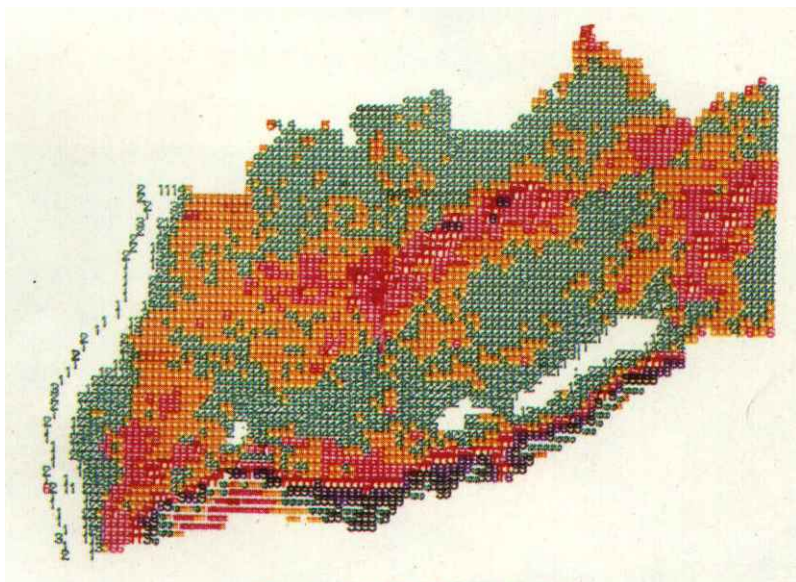


图5 气象卫星绿度值分色图