

应用 NOAA-AVHRR 对江苏省作物 进行监测的可行性研究

王 延 颐

J.-P. Malingreau

(江苏省农业科学院南京农业遥感分中心)

(美国国家航宇局)

1988年12月10日收稿

摘 要

对江苏省7个样本区连续3年的 GVI (全球植被指数 Global Vegetation Index 的缩写)与作物生长及产量的关系进行的研究表明,在江苏省作物组成和天气条件都很复杂的地区可利用 NOAA-AVHRR 资料对作物的生长季节、生育期、长势及产量趋势进行宏观监测。

NOAA 卫星每天白天可经过天顶一次,运行周期比 Landsat 和 SPOT 卫星短得多(后者分别为 16 天及 26 天)。80 年代以来,人们发现可以利用 NOAA-AVHRR 的 1, 2 通道对地面植被状况进行监测,从而引起了农业遥感界的极大兴趣。

江苏省气候潮湿,多为多云天气,地面作物品种的布局和种植制度非常复杂,这就形成了卫星对地面作物长势和产量监测的难点。为了探索 NOAA 卫星资料应用于江苏省的可能性,江苏省农业科学院南京农业遥感分中心与美国国家航宇局 (NASA) 在 1987 年合作利用 NOAA-AVHRR 对江苏省稻、麦长势及产量进行了宏观监测的可行性研究。

一、资料来源及工作步骤

1. 资料

在江苏省自南向北选择 7 个样本县,各县稻、麦田面积(单季)在 353.30—679.93km² 之间,本试验采用 15km GVI 资料,每个像元为 224.98km², 因此对样本像元区位置的选择有以下要求:像元边界都落在有关县内;能代表全县水稻长势与产量的成片稻、麦田区。样本像元的位置见表 1。

NASA 提供了自 1982 年 4 月 12 日至 1985 年 1 月 5 日 7 个样本像元的 15km GVI AVHRR 资料,其像元的空间组成见图 1。为了消除云及大气状况的影响,将卫星 GVI 像元的地面 7 个样本区配准后,分别选出每 7 天及每 3 周的最大植被指数。植被指数采用规一化植被指数 (NDVI)。所有选择与计算都由 NASA 的哥达德空间中心 (GSFC) 的 Ramtek 系统进行。江苏省提供了该 7 个样本区的稻、麦长势、产量及天气、灾害等资料。

2. 步骤

表 1 江苏省 NOAA 监测样本区位置
Table 1 The Position of NOAA Monitoring Sample in Jiangsu Province

样本区	1	2	3	4	5	6	7
北纬	31°27'	31°28'	31°32'	32°10'	32°44'	33°34'	34°36'
东经	120°55'	119°58'	120°24'	119°32'	119°40'	119°54'	118°50'
所在县	昆山	宜兴	无锡	丹阳	高邮	建湖	东海

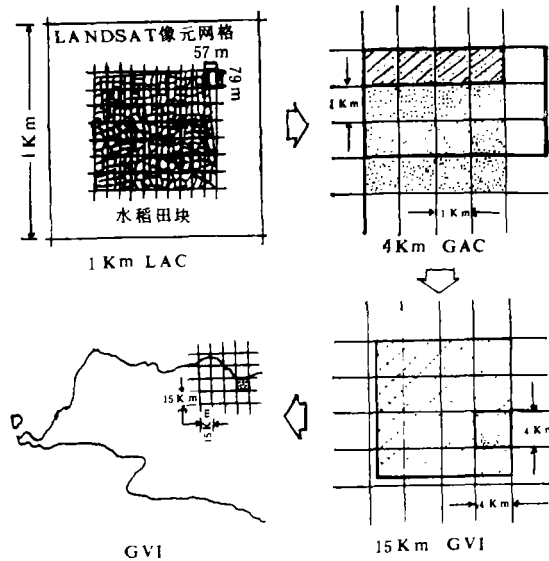


图 1 不同 AVHRR 像元型式的空间关系

Fig. 1 Spatial Relationships between Pixels in Different AVHRR Formats

LAC 为局地范围像元; GAC 为全球范围像元; GVI 为全球植被指数像元。4km GAC 像元系在 3 行 5 LAC 像元 (15 像元) 中选出 4 个 LAC 像元代表其平均值; 15km GVI 系在 15×15km 范围内选出 1 个 GAC 作为其代表值

(1) 作出江苏省 7 个样本区的 NDVI 随时间变化的曲线

$$NDVI = (IR - R) / (IR + R)$$

式中, IR 代表卫星通道 2 接收的近红外反射值, R 代表卫星通道 1 接收的红光反射值。当植被长势好时 IR 反射率高、R 吸收多而反射少, 因此, NDVI 越高, 说明植被长势越好。

(2) 对不同作物、不同季节的 NDVI 变化曲线进行分析。

(3) 比较不同样本区的最大或最小 NDVI 及生长季长度。

(4) 求出选定时间内 NDVI 的积分值(每个样本区、每种作物), 计算公式如下:

$$NDVI_{days} = \int_{t_1}^{t_2} NDVI = \sum_{i=1}^n [(NDVI - 0.05) * n_i]$$

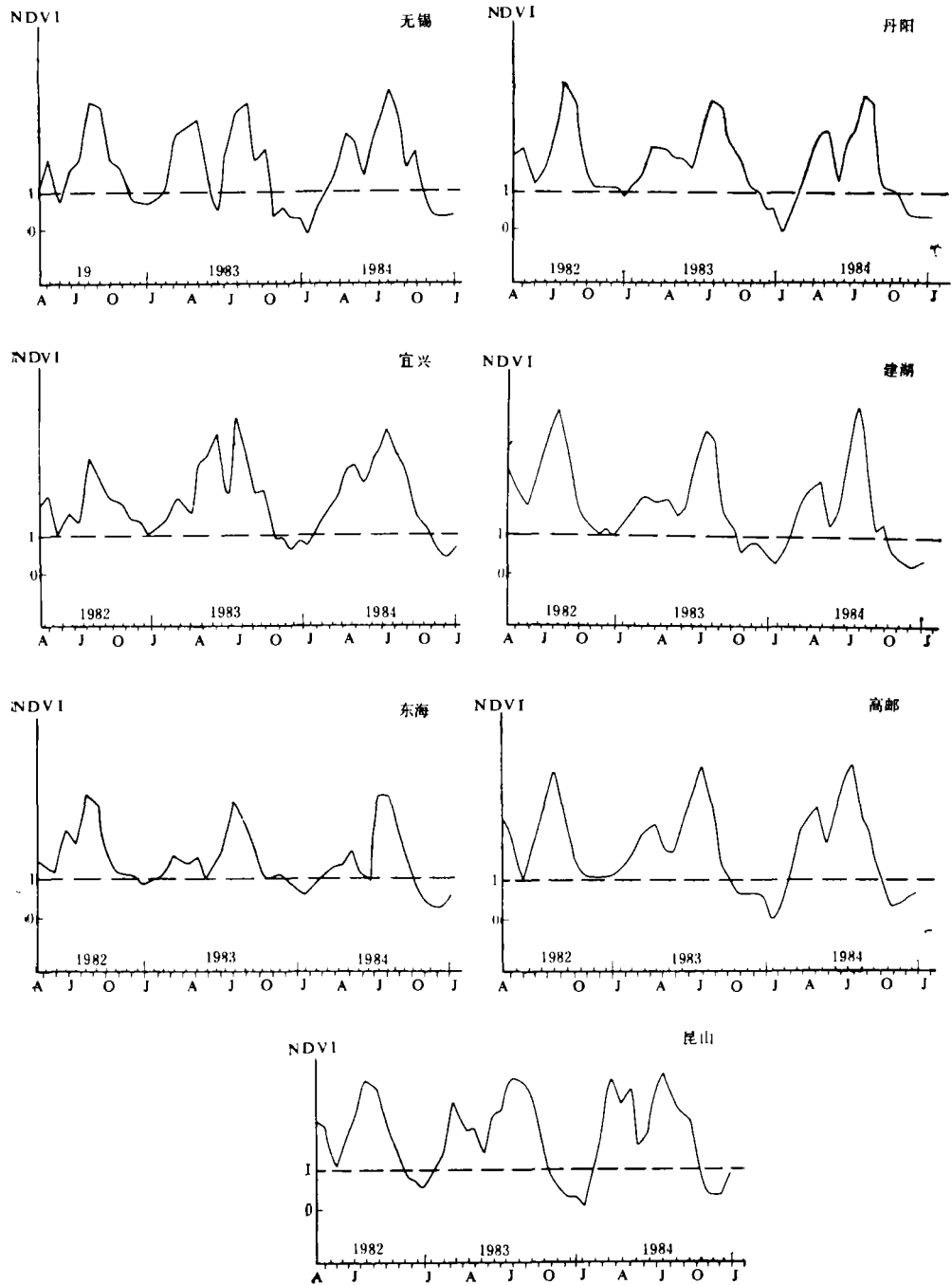


图 2 江苏省各样本区 1982—1984 年 NDVI 曲线序列

Fig. 2 The 1982—1984 NDVI Curve Series of Seperate Sampling in Jiangsu Province

其中： $n_1 = 3$ 周的天数， $n =$ 全生长季的 3 周数， $t_1 =$ 生长季始日， $t_2 =$ 生长季终日。

临界值 0.05 称为“基线值”。“基线值”得自小麦冬闲阶段。1982—1983, 1983—1984

及 1984—1985 年冬季所有样本点 NDVI 的平均值为 0.044, 因此以 0.05 作“基线值”, 在该值以上应认为作物开始生长。

图 2 为各区的 NDVI 曲线。NDVI 值打印以每 2—3 周为间隔, 将该期间最大 NDVI 值打印在中间的日子里, 图下标为相应的月份。

二、结 果

1. NDVI 的周年变化

从江苏省自南到北的 7 个样本区的每条 NDVI 周年变化曲线(图 2), 都能看到每年春、夏出现两个高峰及春夏之间、冬季出现两个低谷, 所有曲线都表现为每年两熟的有规律的交替, 这和江苏省夏熟作物以三麦为主、秋熟作物以水稻为主的稻、麦两熟种植制度完全吻合。但春夏交替时最低的 NDVI, 一般均远高于基线, 说明在麦、稻交替时, 除地面有水稻秧田外, 还存在一定面积的其它作物。

2. NDVI 曲线与生长季节

NDVI 曲线体现的稻、麦两熟的有规律交替, 说明可用 NOAA 卫星来监测作物生长的季节和生长的高峰期。

表 2 及表 3 分别为根据卫星监测获得的夏熟作物(小麦为主)的返青期、生长高峰期及收获期和秋熟作物(以水稻为主)的栽插期、生长高峰期及收获期。

下面根据图 2 和表 2—3 按夏熟作物和秋熟作物来加以分析。

(1) 夏熟作物

表 2 根据 NDVI 曲线获得的小麦生育期
Table 2 Wheat Growing Stage Derived from NDVI Curve

纬 度	31°27'N	31°28'N	31°32'N	32°10'N	32°44'N	33°34'N	34°36'N
样本区	1	2	3	4	5	6	7
返青期	冬后 NDVI 升至基线时期						
1983 年	1 月 20 日	无	2 月 10 日	1 月 15 日	无	1 月 5 日	1 月 15 日
1984 年	2 月 15 日	2 月 1 日	3 月 5 日	3 月 1 日	3 月 1 日	2 月 25 日	2 月 20 日
生长高峰期	春季 NDVI 高峰期*						
1983 年	5 月 1 日	5 月 3 日	5 月 5 日	5 月 10 日	不明显	5 月 5 日	5 月 5 日
1984 年	5 月 7 日	5 月 11 日	5 月 5 日	5 月 11 日	5 月 11 日	5 月 11 日	5 月 11 日
成熟收获期	春夏 NDVI 转折期						
1983 年	5 月 26 日	—	6 月 16 日	6 月 16 日	5 月 26 日	5 月 26 日	5 月 26 日
1984 年	6 月 1 日	6 月 1 日	6 月 1 日	6 月 1 日	6 月 1 日	6 月 1 日	6 月 12 日

* 夏熟作物 NDVI 在春季有三个高峰期, 将 4 月下旬至 5 月份出现的高峰期作为小麦生长高峰期。

表 3 根据 NDVI 曲线获得的水稻生育期
Table 3 Rice Growing Stage Derived from NDVI Curve

纬 度	31°27'N	31°28'N	31°32'N	32°10'N	32°10'N	33°34'N	34°36'N
样 本 区	1	2	3	4	5	6	7
栽插期(开始)	NDVI 春夏转折期往后推 10 天						
1982 年	6 月10日	6 月10日	6 月10日	6 月10日	6 月10日	6 月10日	6 月10日
1983 年	6 月5日	—	—	—	6 月5日	6 月5日	6 月5日
1984 年	6 月11日	6 月11日	6 月11日	6 月11日	6 月11日	6 月11日	6 月12日
生长高峰期	夏季 NDVI 高峰期						
1982 年	8 月11日	8 月11日	8 月11日	8 月11日	8 月11日	8 月11日	8 月11日
1983 年	8 月1日	8 月1日	8 月1日	8 月1日	8 月1日	8 月1日	8 月1日
1984 年	8 月3日	8 月3日	8 月3日	8 月3日	8 月3日	8 月3日	8 月3日
成熟收获期	秋季 NDVI 降至基线时期						
1982 年	11月1日	11月1日	10月27日	10月21日	10月15日	10月15日	10月15日
1983 年	10月27日	10月27日	10月27日	10月25日	10月10日	10月10日	10月10日
1984 年	10月25日	10月25日	10月25日	10月20日	10月10日	10月10日	10月10日

1982—1983 年度为暖冬年, 1983—1984 年度为冷冬年, 两个年度夏熟作物的返青期要相差 25—35 天。从气象资料实况看, 全省 1983 年 11 月中旬的大雪及 1983 年 12 月下旬至 1984 年 2 月中旬的连续低温, 夏熟作物的返青期大部在 1984 年 2 月 15 日至 3 月 5 日之间; 而 1982 年 12 月下旬气温已回升至 4.2℃ 以上(南京), 夏熟作物在 1983 年 1 月 5 日至 2 月 10 日间开始返青, 加上 1983 年 2 月上、中旬的异常高温(南京平均气温分别为 11.4℃ 和 15.9℃, 比常年高 9℃ 至 12℃), 从而造成夏熟作物提前徒长, 这在 NDVI 曲线上亦能反映出来; 分析 1982 及 1983 年夏熟作物最高 NDVI 值可看出, 从 3 月至 5 月存在三个不同程度的高峰期: 3 月份的高峰期可认为是油菜生长的高峰期, 4 月份为绿肥生长高峰期, 5 月份为小麦生长高峰期。但由于 1982—1983 年属暖冬年, 最大高峰期偏前(小麦、绿肥提前旺长); 1983—1984 年度的冷冬年, 油菜、绿肥的生长高峰期不明显, 5 月份的小麦高峰期则表现明显; 如以 NDVI 在 5 月底、6 月初出现的低谷作为以小麦为主的夏熟作物成熟期, 虽比实际要早些(可能因水稻秧田及其它作物造成总光谱反射低值提早), 但仍能看出 1982—1983 年度夏熟作物的成熟期要比 1983—1984 年度早 7 天左右; 而在 1983—1984 年度夏熟作物的成熟期在全省南北都很一致(6 月 1 日左右)。

(2) 秋熟作物

如将 NDVI 在春夏间的低谷作为夏熟作物成熟期, 则水稻大面积栽插始期约在此后 10 天左右。可以看出, 全省不同样本区, 1982 与 1984 年很接近, 1983 年则明显提前。

秋熟作物的 NDVI 只有一个高峰, 这是水稻为主的光谱反映。从图 2 还可看出, 自南到北秋熟作物生长高峰期非常一致, 但不同年份有差异: 1982 年较迟(8 月 11 日), 1983

及 1984 年较早(分别为 8 月 1 日至 8 月 3 日)。

如果把 NDVI 曲线回到基线作为水稻收割期,则江苏省南部为大面积单季晚粳,收割期在 10 月 25 日至 11 月初;中部及北部为大面积中稻及杂交稻,收割期在 10 月 10—15 日之间。不同年份秋熟作物收割期略有差异,1982 年较 1983 年及 1984 年早 3—7 天。

3. 最大 NDVI 和 Σ NDVI 与产量的关系

表 4 最大 NDVI (N) 与小麦产量 (Y) 的关系 (单位: kg/mu)

Table 4 The Relationship between Max. NDVI and Wheat Yield

样本区	1		2		3		4		5		6		7	
	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
1983年	0.22	153	0.29	214.5	0.28	262	0.18	231	0.25	278.5	0.21	313.5	0.16	233
1984年	0.33	232.5	0.27	198.5	0.24	269.5	0.26	240.5	0.30	325	0.26	337.5	0.19	261.5
相关性	+		+		-		+		+		+		+	

表 5 最大 NDVI (N) 与水稻产量 (Y) 的关系 (单位: kg/mu)

Table 5 The Relationship between Max. NDVI and Rice Yield

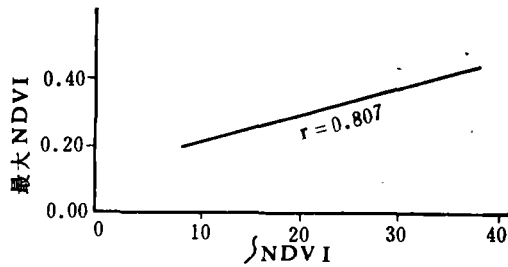
样本区	1		2		3		4		5		6		7	
	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
1982年	0.35	347.5	0.31	429.5	0.34	386.5	0.39	440	0.38	414.5	0.45	426	0.33	409.5
1983年	0.35	333.5	0.42	462	0.34	433	0.34	530	0.39	449	0.44	482.5	0.34	487
1984年	0.37	440.5	0.39	520.5	0.37	479.5	0.36	551.5	0.40	464	0.47	517.5	0.35	500.5
相关系数	+0.99		+0.58		+0.87		-0.83		+0.98		+0.55		+0.93	

从表 4 和表 5 可以看出,在 7 个样本区中,除第 3 区(无锡)外,最大 NDVI 与小麦单产呈正相关;除第 4 区(丹阳)外,最大 NDVI 与水稻单产呈正相关(相关系数在 +0.55 至 +0.99 之间)。说明可以利用小麦(或水稻)的最大 NDVI 来预报小麦(或水稻)单产的增减趋势。在积累了足够多年份的资料后,有可能作出单产增减的定量预报。

值得注意的是,将各样本区之间小麦(或水稻)的最大 NDVI 与小麦(或水稻)单产求相关,则相关系数极小(小麦 +0.09, 水稻 +0.14)。说明各区 $15 \times 15\text{km}^2$ 像元内作物及地物反映的近红外和红波段光谱反射差异很大,因此很难在全省获得一个统一的 NDVI 预报单产的模式,应考虑在地面有足够多样区时进行分层并建立各分层的单产预报模式。

夏熟(或秋熟)作物最大 NDVI 与 \int NDVI 之间存在较好的相关关系 ($r = 0.807$)

(图 3),因此亦可用 \int NDVI 间接估计夏、秋两熟作物总生长状况及产量。由于 \int NDVI 是夏熟作物(三麦、油菜、绿肥)或秋熟作物(水稻及其它旱作物)所含作物的综合光谱反映,因此不能用来直接估计某单种作物的生长状况及产量。

图 3 最大 NDVI 与 \int NDVI 的关系Fig. 3 The Relationship between Max. NDVI and \int NDVI

4. 关于噪音

在 7 个样本区的 NDVI 变化曲线序列中, 还可看到如第 2 区的 1983 年 5 月份、第 1 区的 1984 年 2—3 月份及第 7 区的 7 月份出现的不能解释的曲线变化(图 2), 这些现象统称噪音, 其原因可能是天气条件或地物出现异常, 也可能是卫星接收和计算时发生了某些问题, 应尽可能找到产生噪音的原因, 以使噪音的影响达到最小。

三、结论与展望

(1) 利用 NOAA-AVHRR 可对江苏省作物组成和天气条件都很复杂的地区的作物生长季节、生育期、长势状况及产量进行宏观监测, 这是 Landsat 和 SPOT 无法比拟。

(2) 建议国家气象局卫星气象中心提供 4 和 15km 的一周或三周对固定地面样区的最大 NDVI 资料, 并构成各省以至全国的网络系统。同时加强对地面固定样区的作物、地物构成和作物长势(叶面积、干重、叶色、地面光谱)及产量构成的同步观测, 在积累多年资料后, 不仅能对南方复杂的稻、麦两熟以至双、三熟地区进行定性监测, 而且可分区建立模式进行定量预报。

(3) NOAA 卫星虽然运行周期短, 但其分辨率要比 Landsat 及 SPOT 低得多(NOAA 为 1.1km, Landsat-TM 为 30m, SPOT 为 20m), 因此对作物面积及长势与产量的监测, 应采取多阶遥感及多途径的方法, 如监测作物面积主要利用 TM, SPOT 资料, 监测作物长势及产量主要利用 NOAA 资料并配合气象模式的方法等。

THE POSSIBILITY FOR USING NOAA-AVHRR TO MONITOR THE CROPS CONDITION IN JIANGSU PROVINCE

Wang Yanyi

J.-P. Malingreau

(Nanjing Agricultural Remote Sensing Subcenter, Jiangsu Academy of Agr. Sciences) (NASA, U. S. A)

Abstract

The research on the relationship between 3 years GVI and Crop growth and yield in 7 Sampling points in Jiangsu province show that using NOAA-AVHRR to monitor the Crops season, growing stage, growth and the trend of yield in both the crops composition and weather condition complex region in Jiangsu province is feasible.