

辽宁省 NOAA/AVHRR 作物植被指数 与降雨量关系的初步分析

张玉书 关德新 吉书琴 (沈阳区域气象中心研究所 110015)

1 引言

卫星遥感技术的发展为全面监测植被生长状况提供了重要手段, NOAA/AVHRR 是应用最广泛的遥感资料来源之一, 它以植被指数(VI)表示植被生长状况。植被指数大小反映了植被条件的优劣, 它在植被遥感方面受到广泛的应用^[1-3], 由于气象条件不同, 不同地区、不同年份的作物生长状况都有差别, 特别是气象条件异常时造成灾害, 会严重破坏作物的生长发育, 这时可以通过 VI 的大小监测作物的受害程度。

在目前生产力水平条件下, 大气降水仍是农作物生长发育的主要水分来源, 特别是旱作农业的水分几乎完全依赖大气降水, 所以它在农业生产中起着十分重要的作用, 本文以降雨量为水分指标来研究水分供应与农作物 VI 值的关系。

文中遥感资料是由中国气象局卫星气象中心提供的带有经纬度网络的字符型数据资料, 星下点分辨率 1.1 公里。

2 辽宁省农作物种植区分布特征与样区的选择

辽宁省按地理特点分为三大区域: 东、西部分别为山地和丘陵, 中部为辽河平原, 东部耕地面积比例很小, 西部丘陵地区耕地比例大些, 但分布很零散。由于 NOAA/AVHRR 资料分辨率较低, 为使样区有较大面积, 采样时避开这两个区域, 而选在中部平原, 这里是耕地集中区。另外, 辽东半岛沿海地区耕地也较集中, 亦作为采样区, 这些地区是种植以玉米, 高粱为主的杂粮群落种植区, 其中平原中部的沈阳周围、下游的营口市北部以及鸭绿江口附近的丹东和东沟

地区是水稻的集中种植区。

遥感资料样本以各市、县气象台站为中心, 参照辽宁省植被类型图^[4], 选择离台站较近的耕地, 除去城镇及其他非耕地面积, 每个样区的面积不少于 60 个字符(每个字符面积为 1.1×1.1 平方公里), 然后取全部字符 VI 值的平均值作为该样区的 VI 值。

3 采样年份的降雨特征

为了使水分条件有较强的代表性, 本文选择了降雨特点不同的 1986 年和 1989 年, 部分站点两年 4~9 月降雨量及其与多年平均值(1961~1989 年)的比较见表 1。表 1 中 R_{86} 、 R_{89} 分别为 1986、1989 年的 4~9 月的降雨量, \bar{R} 为同期的多年平均值。从表 1 可以看到, 绝大多数地区 1986 年降雨充沛而 1989 年严重缺乏。1989 年全省降水几乎全部低于多年平均值, 有些站点的降雨量不足多年平均的一半。这样的降雨量远不能满足农作物生长发育的要求, 以玉米为例, 根据文献[5], 玉米生长期适宜降水要大于 500 毫米, R. H. Shaw 的研究^[6]指出, 使玉米高产的生长期降雨量要达到 600 毫米以上, 其他作物如水稻、大豆需水量更大。对照表 1 可以看出, 1986 年降水能较充分地满足作物需水, 而 1989 年则水份亏缺量很大, 这样形成了全省范围的严重干旱。由于这两年降水差异大, 能代表不同等级的降水条件, 用这两年的资料进行分析, 可以在遥感资料较难获得的条件下以较少的资料取得代表性较强的规律。

4 植被指数与降雨量的关系

4.1 初夏

初夏作物出苗不久或还未出苗, 农田中绿色叶面积很小, 卫星传感器接收的接近土壤的

表1 1986、1989年4~9月降雨量与多年平均值的比较

mm

| 项目 | 普兰店 | 阜新 | 庄河 | 铁岭 | 新民 | 锦州 | 熊岳 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| \bar{R} | 546.7 | 441.2 | 693.4 | 579.8 | 516.2 | 510.1 | 558.8 |
| R_{86} | 495.4 | 513.7 | 672.3 | 908.0 | 770.4 | 540.2 | 699.6 |
| $R_{86}/\bar{R}(\%)$ | 90.6 | 116.3 | 96.9 | 156.6 | 149.2 | 105.9 | 125.2 |
| R_{89} | 275.6 | 422.4 | 522.8 | 448.1 | 328.1 | 305.3 | 361.4 |
| $R_{89}/\bar{R}(\%)$ | 50.4 | 95.7 | 75.4 | 77.3 | 63.6 | 59.9 | 64.7 |

| 项目 | 辽阳 | 北镇 | 沈阳 | 东港 | 瓦房店 | 盘山 | 义县 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| \bar{R} | 621.3 | 547.2 | 588.1 | 739.9 | 538.1 | 552.1 | 477.9 |
| R_{86} | 917.0 | 670.1 | 894.1 | 704.8 | 670.9 | 791.3 | 492.1 |
| $R_{86}/\bar{R}(\%)$ | 147.6 | 122.5 | 152.0 | 95.3 | 124.7 | 143.3 | 103.0 |
| R_{89} | 345.9 | 284.8 | 419.1 | 440.8 | 184.4 | 297.5 | 303.7 |
| $R_{89}/\bar{R}(\%)$ | 55.7 | 52.0 | 71.3 | 59.6 | 34.3 | 53.9 | 63.6 |

信息,降雨量与植被指数的关系并不密切。

(NVI) 与 RVI 有共同特点,不再赘述。

4.2 夏季

夏季正是作物生长旺盛时期,绿叶遮蔽农田,此时的植被指数值反映了农作物生长状况。由于生长旺盛,作物需水量大,在此期间缺水对作物的生长发育产生较严重的影响,表2列出了几个站点1986年8月14日和1989年8月14日降雨量(6月初至该日)与 RVI 值。由表2可知,1986年降雨量明显多于1989年同期降雨量,而1989年的 RVI 值普遍小于1986年同期值,两年的降雨量和 RVI 值差异都十分明显。根据气象资料,1989年没有其他重大自然灾害,所以可以肯定,1989年较低的植被指数是由干旱造成的。

把所有样点的降雨量和 RVI 值进行分析,二者的关系如图2所示,是由1986年和1989年两年资料绘制出的,由于部分采样区被云覆盖,所以两年的样本数不相同。图2中横坐标为4月

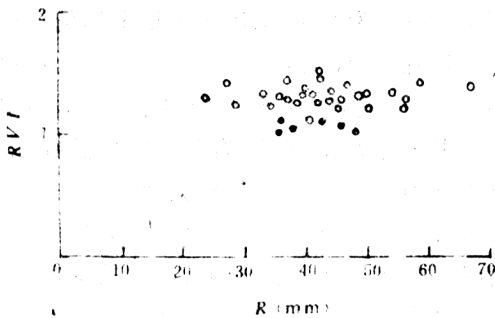


图1 初夏作物植被指数与降雨量关系

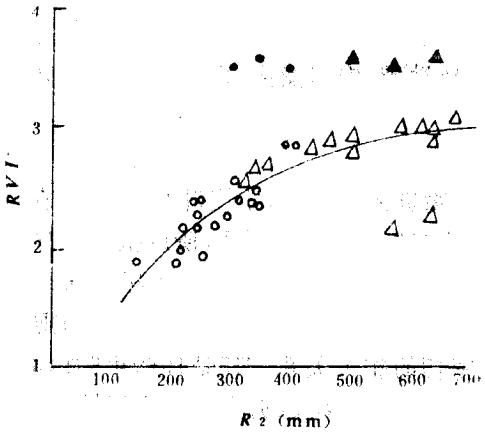
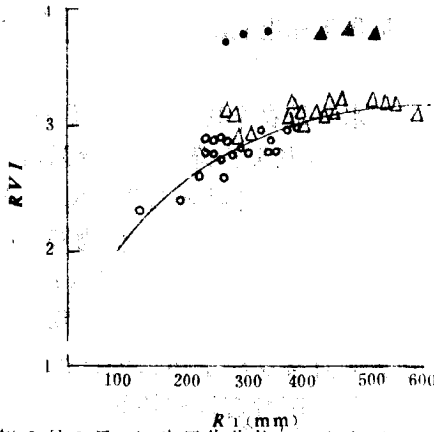
○为旱作物,●为水稻

图1显示了1989年6月10日的比值植被指数(RVI)与降雨量(R)的关系,从图1中可以看出,不论降雨量大小,旱田的 RVI 值一般在1.0~1.5变化,水田的 RVI 值比旱田略低。此时正是泡田插秧期,田中灌满水,秧苗矮小,所以水田的 RVI 值低些,标准化的差值植被指数

表2 1986、1989年8月14日降雨量、 RVI 值比较

mm

| 项目 | 年 | 熊岳 | 盖州 | 黑山 | 北镇 | 义县 | 新民 | 锦州 | 海城 |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 降雨量 | 1986 | 380.7 | 408.2 | 421.9 | 437.1 | 281.2 | 576.9 | 417.2 | 618.2 |
| | 1989 | 291.1 | 211.2 | 216.3 | 175.6 | 211.0 | 231.5 | 203.7 | 279.6 |
| RVI | 1986 | 2.8 | 2.9 | 2.9 | 2.8 | 2.6 | 2.8 | 2.8 | 2.9 |
| | 1989 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 2.3 | 2.5 |



(a) 1986年8月3日: △为旱作作物, ▲为水稻
1989年7月27日: ○为旱作作物, ●为水稻

(b) 1986年8月24日: △为旱作作物, ▲为水稻
1989年8月14日: ○为旱作作物, ●为水稻

图2 夏季作物植被指数与降雨量关系

至采样日的降雨量, 纵坐标为采样日的 RVI 值, 其中图 2a 是由 1989 年 7 月 2 日和 1986 年 8 月 3 日的资料绘制的, 并有 6 个水稻数据, 由于这两次资料日期较接近, 作物的生育进程也接近, 可以忽略两次生育时期的差异。通过分析, 旱作物的植被指数与降雨量 R_1 (4 月至该日) 的关系符合双曲线函数规律 (NVI 图略):

$$RVI = \frac{R_1}{0.2751R_1 + 20.6905}$$

$$NVI = \frac{R_1}{2.6240R_1 + 126.3408}$$

相关系数分别为 0.8105、0.7346。

图 2b 是 1986 年 8 月 14 日和 1989 年 8 月 14 日两次资料绘制的, 亦有 6 个水稻数据, 除了图 2b 中右下方两个样点外, 旱田的植被指数与降雨量 R_2 (4 月至该日) 的关系亦符合双曲线函数规律 (NVI 图略):

$$RVI = \frac{R_2}{0.2588R_2 + 45.7631}$$

$$NVI = \frac{R_2}{2.4776R_2 + 258.9321}$$

相关系数分别为 0.8517、0.81410

归纳以上结果, 夏季的植被指数与降雨量的关系可用一般形式表示为

$$VI = \frac{R}{aR + b} \quad (a, b > 0)$$

VI 对 R 求微分

$$\frac{dVI}{dR} = \frac{b}{(aR + b)^2} > 0$$

可见植被指数随降雨量的增加而单调上升, 说明辽宁地区降雨量是农作物生长发育的重要限制因子。从上式还可以看出, dVI/dR 随 R 的减小而增大, 说明 R 越小对作物生长的破坏越严重, 随 R 的增大, 曲线逐渐趋向平缓, 即降雨量较大时, 雨量再增加时对作物的促进作用变得不明显。由图 2 及以上分析可以初步认为: 4 月至 7 月底的适宜降雨量要大于 350 毫米, 4 月至 8 月中旬的降水量要大于 400 毫米, 这样才能较好地满足作物需水, 此期间降水少于 250 毫米会严重破坏作物。

当然降水也不是越多越好, 降水过多会造成洪涝或内涝反而不利于作物的生长, 且常伴有连阴雨天, 造成低温冷害。但对辽宁省大部分地区来说, 这种情况出现机率很小。

由图 2 还可以看出, 水田的植被指数比旱田的高, 而且基本上不随降雨量大小而变化, 这是因为它有人工灌溉的保证。另外, 水稻是密植作物, 绿色叶面积较大, 所以其植被指数明显高于旱田。

图 2b 中右下方两个样点数据与其他数据有较大差别, 它们分别对应于台安、盘锦两个站点。这里的降雨量很充沛, 但植被指数值却很

小,这是由于这两个站点位于辽河三角洲几条河流的交汇处,1986年雨量较大,下游河水上涨,造成两地洪涝,农田受淹,而导致较小的植被指数。

4.3 秋季

秋季作物进入成熟期,下层叶片开始干枯变黄,绿色叶面积明显小于夏季,所以植被指数也变小。受旱较重的作物由于前期干旱的累积作用干枯得更快,因此植被指数的大小与降雨量也有很密切的相关关系。图3是1989年9月13日植被指数与降雨量 R_3 (4月至该日降雨量)的关系图,二者符合线性关系(NVI图略):

$$RVI = 1.0075 + 0.0022R_3,$$

$$NVI = 0.1223 + 0.0003R_3,$$

相关系数分别为0.8564和0.8124。另外,水田的植被指数亦高于旱田。

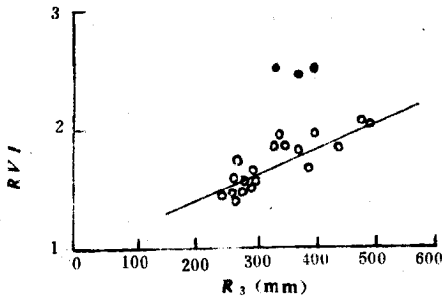


图3 秋季作物植被指数与降雨量关系

○为旱作作物;●为水稻

通过以上分析说明,作物的植被指数与降雨量有较明显的相关关系,从植被指数的大小可以反映出作物的受旱程度。但从上述分析还可以看到,植被指数与降雨量的关系并不十分密切,回归方程的相关系数在0.86以下,这主要归结于以下几种原因:

①水分不是影响作物生育的唯一因子,作物还要受温度、光照等气候因子影响,还与栽培管理水平、土壤条件等多因素相关,作物的种类、品种对植被指数大小也有一定影响。

②降雨对作物的作用程度也有差异。首先,降雨空间分布是不均一的,用单站代表较大面积的降雨量有可能产生误差;另外,作物对降雨的利用与降雨强度、降雨频率有关,还与地形、

地势及土壤特性等因素有关,所以统一用降水总量作指标也能出现偏差。

5 结论与讨论

水分是农作物生长发育需要的重要因子之一,作物生长期内降水不足会阻碍、破坏作物的生长发育,这可以通过 NOAA/AVHRR 的植被指数大小反映出来。在作物矮小的初夏,卫星资料主要反映土壤信息,所以植被指数难以反映作物水分供应状况。夏季作物覆盖农田,植被指数则直接反映了作物生长状况,此时的植被指数与降雨量有较密切的相关关系,经分析二者符合双曲函数关系,植被指数随降雨量增加而升高。在早秋二者也有较明显的正相关关系,这种关系反映了作物对生长季降雨量的依赖性,也说明了遥感监测作物干旱的可行性。

需要指出的是,作物生长发育是受多种因素(包括自然因素和人为因素)影响、制约的,本文分析的只是其他因素较适宜的情况,由于资料所限,本文的分析只是初步的,尚需在掌握大量资料的基础上做进一步深入的研究。另外,NOAA/AVHRR 资料的分辨率较低(1.1公里),只适用于较大面积作物的监测。

6 参考文献

- 1 Van Dijk A, et al. Comparison of vegetation indices derived from NOAA/AVHRR data for Sahelian crop assessments. *Agric. For. Meteorol.*, 1989, 46: 23~40.
- 2 王延颐等. 应用 NOAA/AVHRR 对江苏省作物进行监测的可行性研究. *环境遥感*, 1990(5):3.
- 3 肖淑招等. 应用气象卫星资料组建大白菜产量预报模式. *中国农业气象*, 1989(1).
- 4 董厚德等. 辽宁省植被类型图. 沈阳: 辽宁大学出版社, 1985.
- 5 北京农业大学. 农业气象学. 北京: 科学出版社, 1984.
- 6 Shaw RH. Water use and requirement of maize, *Agrometeorology of the maize (corn) crop*. WMO, 1977(481).

