

文章编号: 1007-4619 (2000) 02-0131-05

植物单叶偏振反射特征研究

赵云升¹, 黄方¹, 金伦¹, 金锡锋², 周淑香²

(1. 东北师范大学地理系, 吉林 长春 130024; 2. 中国科学院长春光学精密机械研究所, 吉林 长春 130022)

摘 要 简明地阐述了植物单叶偏振反射特征以及影响植物单叶偏振反射的主要因素, 这对偏振光遥感的深入研究具有一定的理论和实践意义。

关键词: 自然光; 偏振光; 偏振反射

中图分类号: TP79/S5 **文献标识码:** A

1 引 言

光波是电磁波的一种, 而且是横波, 光具有偏振性。在自然界里, 到处布满了各种各样的天然反射起偏器, 例如, 光滑的植物叶片, 江、湖与海洋的水面, 冰雪、沙漠、云、雾、虹、霓、鱼鳞和皮革等等, 太阳光经过它们反射后均能产生偏振光^[1]。遥感的物理基础, 是物体的电磁辐射, 被动遥感系统中的主要辐射源是太阳, 因为不同的目标具有不同的吸收、反射、透过、散射和发射电磁波的能力。所以遥感技术才借此得以实现。

70年代以来, 遥感对地和大气观测主要采取垂直收集数据的方式, 利用目标的辐射强度推求目标的表面状态、温度、成分以及其他物理化学特性。获得的是地面目标的二维信息。遥感解释的主要依据是目标个体的光谱特征。并且假定目标为郎伯体, 这种假定和实际相差较大, 颇欠合理。随着遥感应用的深入研究, 传统的判读模式已不能满足实际的需要, 也就是说实际需要的不仅仅是地面目标的平面位置和大小, 而是更高层次的信息——目标的三维信息。因此, 到了70年代末, 美国科学家 G. Suits, N.S. Goel, A.H. Strahler 以及中国的李小文等人对目标的二向性反射做了分布函数(BRDF)的研究^[2,3], 以期实现目标空间结构的反演。

到了80年代末与90年代初, 对地面目标的二

向性反射研究进入了一个崭新的阶段。测量地物二向性反射数据的遥感系统也相继出现。美国、西欧以及前苏联等设计了能获得二向性反射数据的航空遥感系统 ASAS 与航天遥感 MODIS 以及多角度成像光谱仪 MISR 等。与此同时, 利用二向性反射实测数据的建模工作也正在卓有成效地进行。

无论是目标的光谱, 还是二向性反射, 在仔细研究它们的基础上, 均发现来自目标的辐射中还有另外一种丰富的潜在信息亟待研究与利用, 这就是偏振光给我们带来的遥感信息。偏振光是伴随目标的二向性反射而产生的。换言之, 目标的偏振反射与二向性反射是一对孪生姊妹。

2 偏振反射数据的获取

为了获得植物单叶偏振反射比数据, 利用中国科学院长春光学精密机械研究所高级工程师金锡锋等人研制的测量装置(已获得国家专利)^[4], 该装置主要部分见图1。按功能仪器由3部分组成。

2.1 光源系统

采用溴钨灯为照射光源, 加光学成像系统使之在被照射的植物单叶上获得直径 $\phi 10\text{mm}$ 的均匀光束。溴钨灯由直流稳压电源供电, 使光源照度稳定, 不受外界电源变化干扰。为了满足不同照射角度下的测试而设置了光源支架。可根据需要变换光源的

收稿日期: 1999-03-30; 修订日期: 1999-09-14

基金项目: 国家自然科学基金和中国科学院净月潭遥感试验站资助项目。批准号分别为: 4977105 与 988。

作者简介: 赵云升(1948-), 男, 副教授, 1975年毕业于东北师大数学系, 1976年起至今一直从事遥感与地图研究, 目前主要从事偏振光遥感研究。发表论文30余篇, 出版专著1部、教材两部, 参编专著多部。

位置。光源入射角的变化是 $0^{\circ}-70^{\circ}$ ，每 10° 为一照射点。光源支架可向下旋转 180° ，测试植物单叶透过光的偏振反射比。在溴钨灯光源的出口处装有可转动的偏振片。在具体测量时，把偏振片的透光轴方向规定为 0° 方向，而把其正交方向规定为 90° ，以后简称为 0° 偏振和 90° 偏振。

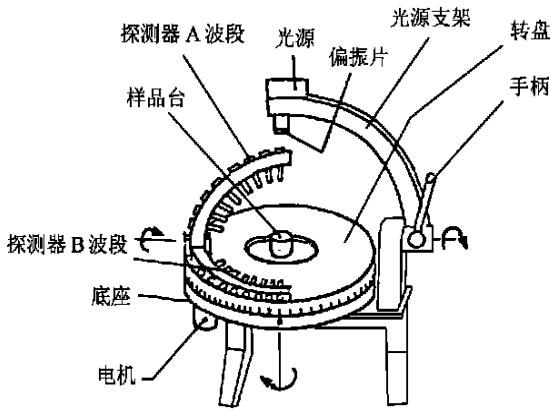


图 1 单叶偏振二向性反射光度计系统

Fig. 1 The photometer system for polarizing bidirectional reflectance detecting

2.2 偏振反射光度计系统

根据实际需要，该光度计设置有方位角 $0^{\circ}-350^{\circ}$ ，每 10° 角为一采集点，每点设有切换开关，进行数据自动采集。在转盘上设有 A、B 两个波段的探测架，A 波段为 $630-690\text{nm}$ ，B 波段为 $760-1100\text{nm}$ 。每个探测架上有 7 个探测头，从 $0^{\circ}-70^{\circ}$ ，每 10° 固定一个探测头，测试时，让其中任一波段的探测拱架绕被测物和白板各运行一周，就获得了探测角为 $0^{\circ}-70^{\circ}$ 、方位角 $0^{\circ}-350^{\circ}$ 半球内，角度间隔分别为 10° 位置上偏振反射比数据。

2.3 微机控制与处理系统

数据的快速采集与处理均由电子控制板与微机自动完成。数据可按表格形式输出、曲线形式输出等。并且还可以做各种统计分析。

3 植物单叶偏振反射特征分析

我们以光线的入射角、探测角、方位角以及不同的偏振角、植物单叶为主要因子进行分析研究测量结果^[5]。

3.1 反射比与植物种类的关系

自然界中的植物千差万别，而它们的叶子形状、

厚薄、光滑程度、水分含量等也各不一样。但是它们的反射比是否也不一样呢？下面以旱金莲、海桐和橡皮树单叶为例，比较它们的反射比。

被测样品旱金莲单叶近似圆形，半径约 5cm ，叶面光滑、中间凹下，灰绿色，叶脉清楚；海桐单叶为流线形，长 14cm ，最宽处约 7.5cm ，叶面光滑、明亮，绿色，沿主叶脉凹下；橡皮树单叶形状为长椭圆形，长轴为 14cm ，短轴为 7.5cm ，叶面深亮绿色，与海桐一样沿主叶脉凹下，横剖面呈钝角“V”形。

从图 2 中我们不难看出不同的植物单叶的偏振反射比值是不一样的。图 2 是在光线入射角为 50° ，探测角为 50° ，方位角为 $10^{\circ}-350^{\circ}$ ，偏振角为 0° ，在 B 波段时旱金莲、海桐、橡皮树单叶的反射比曲线。其共性为方位角 $150^{\circ}-220^{\circ}$ 之间曲线变化明显，在方位角 180° 处有峰值出现，而在其他方位角处，曲线变化均很平稳。因此，我们把目标方位角在 $140^{\circ}-220^{\circ}$ 范围内的偏振反射特性做为重点研究对象。

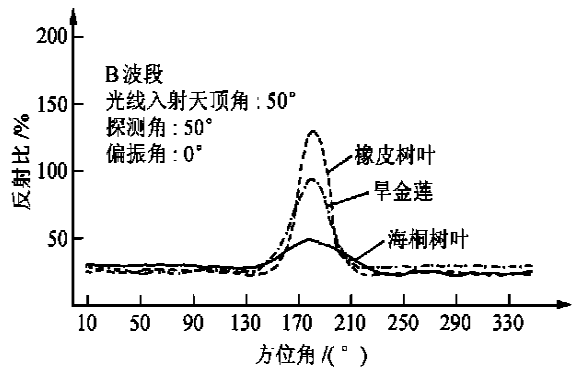


图 2 B 波段不同植物单叶的偏振反射

Fig. 2 The polarizing reflectance of three species of plant at B band

3.2 反射比与光线入射天顶角的关系

图 3 和图 4 分别是旱金莲单叶在 A 波段和 B 波段光线入射天顶角分别为 30° 、 40° 、 50° 、 60° ，探测角为 60° 时、偏振角为 0° 和 90° 以及没有偏振状态下的反射比曲线。从图 3 和图 4 中可以看出，在探测角相同、光线入射天顶角不同的条件下，随着入射天顶角的增大，偏振反射也随之增大，并且偏振角为 0° ，方位角为 180° 处(迎光方向)其比值为最大；而在 90° 偏振时虽然也存在峰值，但比值明显变小。二向性反射比的峰值基本上是 0° 与 90° 偏振反射比峰值的算术平均值。

图 5 和图 6 分别是旱金莲单叶在 A 波段和 B 波

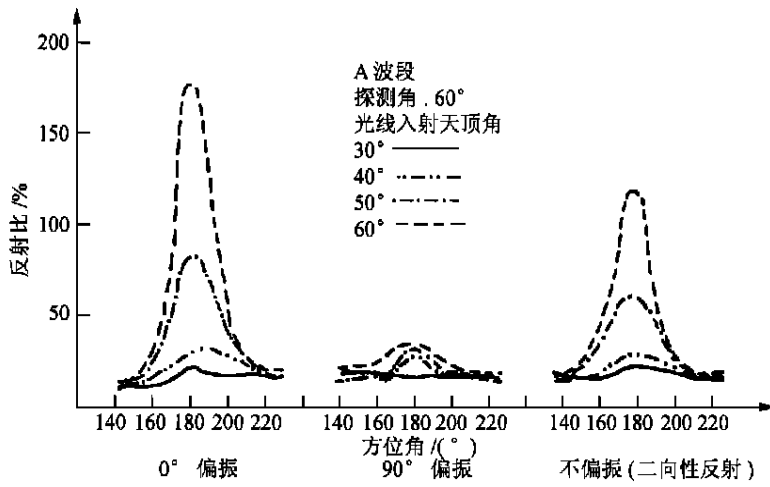


图 3 A 波段不同光线入射天顶角对旱金莲单叶反射的影响

Fig. 3 Effect of different incidence light zenith angles on the reflectance of tropaeolum simple leaves at A band

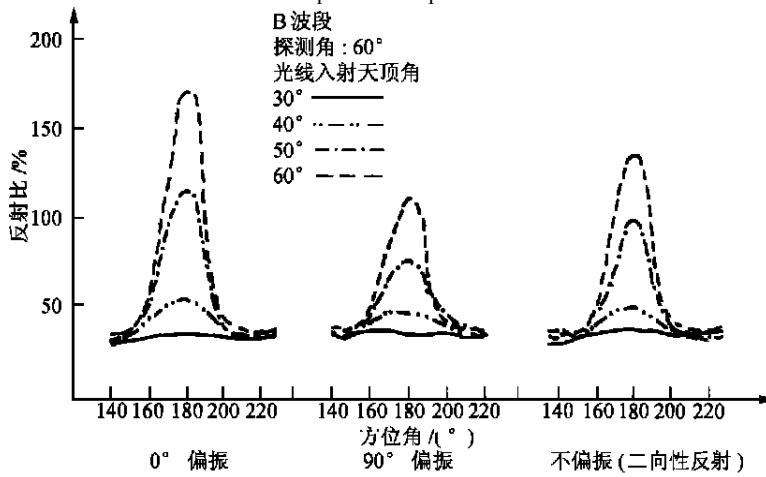


图 4 B 波段不同光线入射天顶角对旱金莲单叶反射的影响

Fig. 4 Effect of different incidence light zenith angles on the reflectance of tropaeolum simple leaves at B band

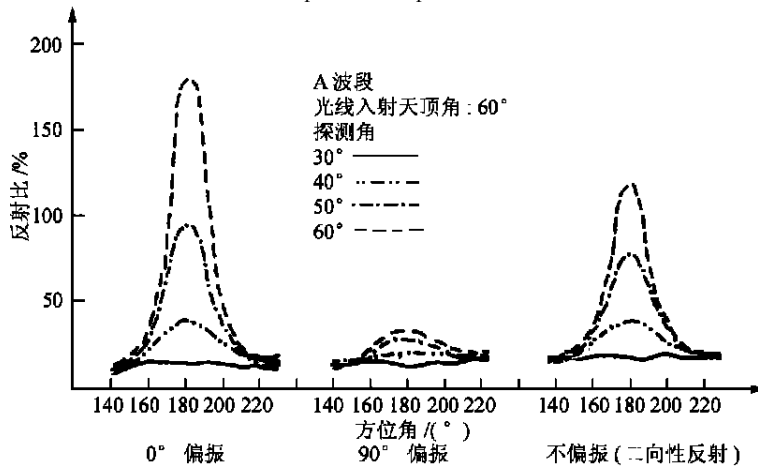


图 5 A 波段不同探测角对旱金莲单叶反射的影响

Fig. 5 Effect of variant viewing angles on the reflectance of tropaeolum simple leaves at A band

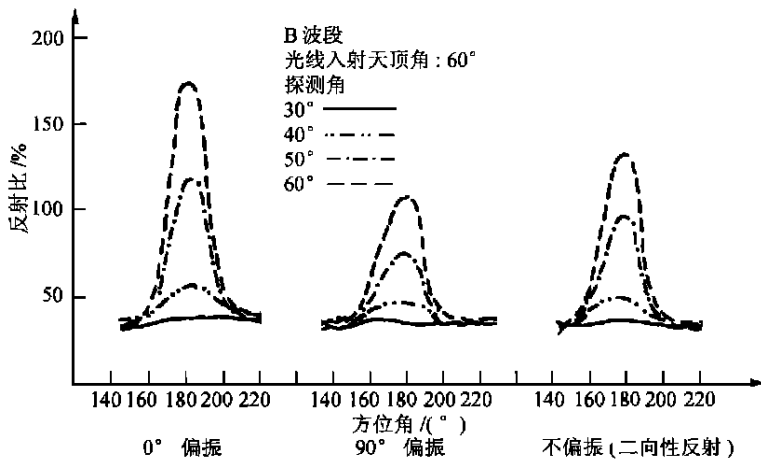


图 6 B 波段不同探测角对旱金莲单叶反射的影响

Fig. 6 Effect of variant viewing angles on the reflectance of tropaeolum simple leaves at B band

段光线入射天顶角为 60° ，探测角分别为 30° 、 40° 、 50° 、 60° 时，偏振角为 0° 和 90° 以及没有偏振状态下的反射比曲线。从图 5 和图 6 中可知，在光线入射角一定的条件下，旱金莲单叶的偏振反射比随着探测天顶角的增大而增大，最大值在方位角 180° 处，同样 0° 偏振为最大值，而 90° 偏振则峰值明显锐减。二向性反射比的峰值变化规律同 3.2。

3.4 反射比与方位角的关系

从图 3 和图 5 中可以看出旱金莲的单叶偏振反射比值，无论是探测角固定，光线入射角天顶角变化，还是光线入射天顶角固定，探测角变化，均在 140° — 220° 之间反射比变化明显，其峰值均在方位角 180° 处出现，其他方位角处的偏振反射比值较小，且变化不明显，曲线趋于平稳。并且这两种曲线相同。

4 结 果

综上所述，我们得出以下结论：

- (1) 不同的植物具有不同的偏振反射特征。
- (2) 植物单叶的反射比值随光线入射角与探测角的增大而增大。
- (3) 不同的植物的单叶在不同的波段、不同光线入射天顶角、不同探测角的条件下，它们的偏振反射比存在共性，即在 0° 偏振时反射比出现最大峰值。而在 90° 偏振时反射比出现最小峰值，其位置均为方位角 180° 处。

(4) 当光线入射天顶角固定，而探测天顶角的变化分别为 30° 、 40° 、 50° 、 60° 时，或者探测天顶角固定，而光线入射天顶角的变化分别为 30° 、 40° 、 50° 、 60° 时，它们的偏振反射比曲线是一样的。

以上结论虽然是以旱金莲与海桐单叶等为例归纳整理出来的植物单叶偏振反射特性，但对其他植物来说均具有共性规律和普遍意义。

参考文献 (References)

- [1] Zhang Zhixiang. The Polarization of Light [M]. Beijing: Higher Education Publishing House, 1985. [张之翔. 光的偏振[M]. 北京: 高等教育出版社, 1985.]
- [2] Goel, N. S. Models of vegetation canopy reflectance and their use in estimation of biophysical parameters from reflectance data [J]. *Remote Sensing Review*. 1988, 4, 1—212.
- [3] Li Xiaowen, Strahler, A. H. Geometric optical modeling of a coniferous forest canopy [J]. *IEEE Trans. Geosoc. Remote Sensing*. 1985, 23, 207—221.
- [4] Changchun Institute of Fine Mechanics & Optics, Chinese Academy of Sciences. Patentee; Jin Xinfeng, Qiao Delin, Zhou Dexiang. Patent No. 96239489.0, Patent Data: March 4, 1998. [中国科学院长春光学精密机械研究所. 专利权人: 金锡峰, 乔德林, 周素香. 专利号: 96239489.0, 专利授权公告日: 1998 年 3 月 4 日.]
- [5] Jin Xifeng et al. Measurements of bidirectional reflectance of typical crops [A]. The Annual Report of Changchun Jinyuetan Remote Sensing Test Site of Chinese Academy of Sciences (1993—1994) [C]. Jilin: Jilin People Publishing House. 1994. 28—37. [金锡峰等. 典型农作物二向反射比测量与研究 [A]. 中国科学院长春净月潭遥感实验站年报 (1993—1994) [C]. 吉林人民出版社, 1994. 28—37.]

Study on Polarizing Reflectance Characteristics of Plant Simple Leaf

ZHAO Yun-sheng¹, HUANG Fang¹, JIN Lun¹, JIN Xi-feng², ZHOU Shu-xiang²

(1. Dept. of Geography, Northeast Normal University, Changchun, 130024, China;

2. Changchun Institute of Fine Mechanics & Optics, Chinese Academy of Sciences, Changchun, 130022, China)

Abstract: This paper briefly discusses the polarizing reflectance characteristics of the simple leaves of several plants. We use the self-made photometer with A band (630—690nm) and B band (760—1100nm) to measure the polarizing reflectance at various viewing angles, incidence angles and azimuth angles. According to the analysis, the reflectance characteristics are related to both plant species sun incidence angle and sensor's viewing geometry. In short, the corresponding study on polarizing reflectance not only help to plant recognition but also provide the theoretical basis for further researches on the remote sensing of polarized light.

Key words: natural light; polarized light; polarizing reflectance