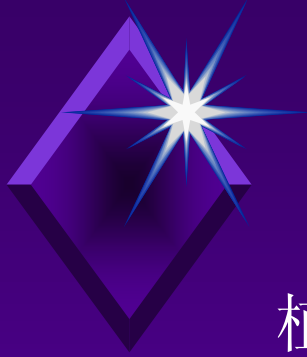


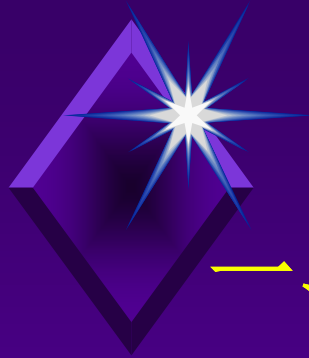


# 植被遥感调查

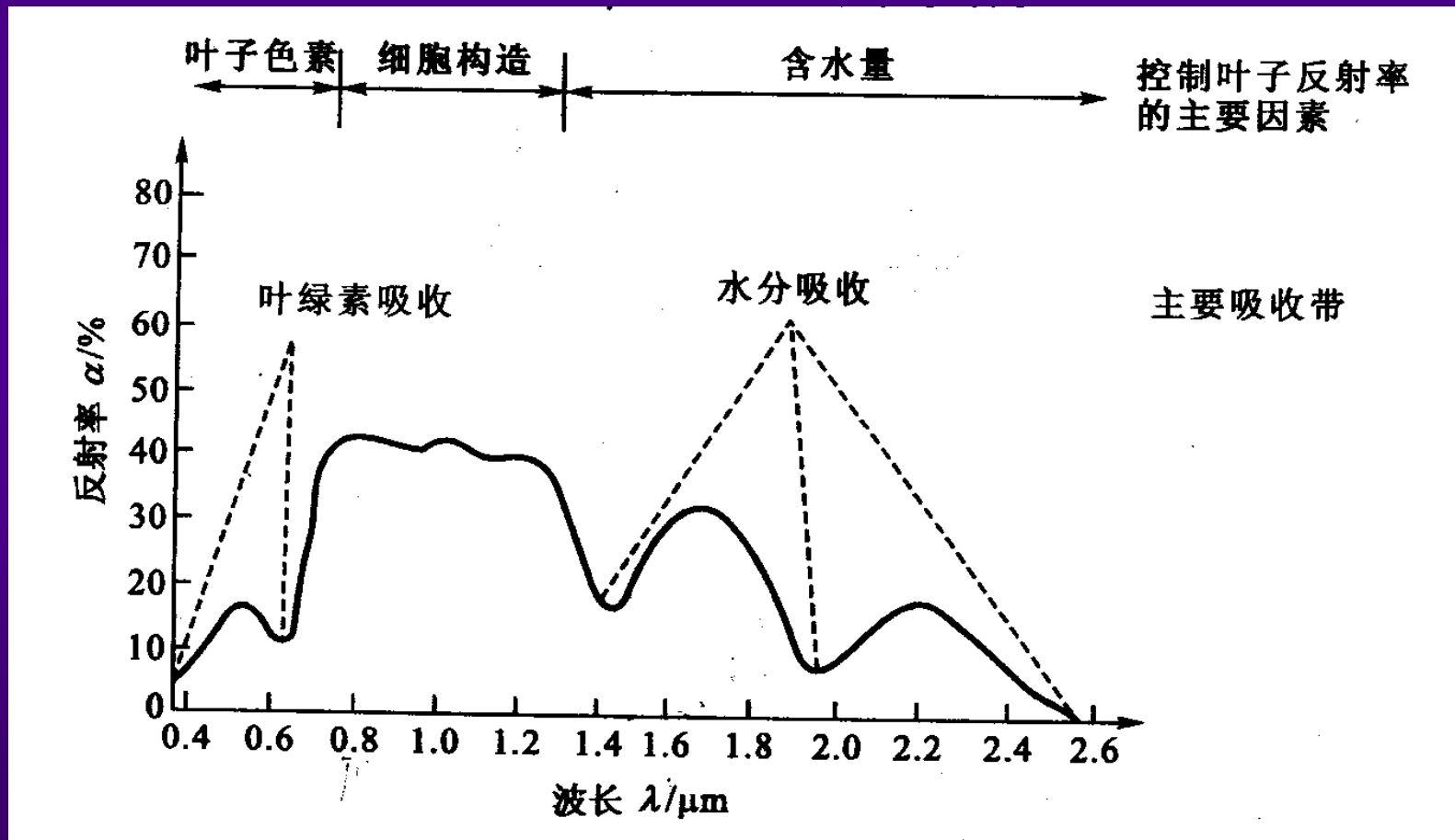


植被遥感是遥感的重要应用领域。植被是环境的重要组成部分因子，也是反映区域生态环境的最好标志之一，同时也是土壤水文等要素的解译标志。个别植物还是找矿的指示植物。

植被解译的目的是在遥感影像上有效地确定植被的分布、类型、长势等信息，以及对植被量作估算，因而，它可以为环境监测、生物多样性保护、农业、林业等有关部门提供信息服务。



# 一、植物的光谱特征





- 1、在可见光的 $0.55\mu\text{m}$ 附近有一个反射率为 $10\%\sim 20\%$ 的小反射峰，在 $0.45\mu\text{m}$ 和 $0.65\mu\text{m}$ 附近有两个明显的吸收谷。
- 2、在 $0.7\sim 0.8\mu\text{m}$ 是一个陡坡，反射率急剧增高，在近红外波段 $0.8\sim 1.3\mu\text{m}$ 之间形成一个高的，反射率可达 $40\%$ 或更大的反射峰。
- 3、在 $1.45\mu\text{m}$ ， $1.95\mu\text{m}$ 和 $2.6\sim 2.7\mu\text{m}$ 处有三个吸收谷。

## 二、影响植物光谱的因素

### 1、叶子的组织构造

植物叶子中含有多种色素，如叶青素、叶红素、叶绿素等。在可见光范围内，其反射峰值落在相应的波长范围内。

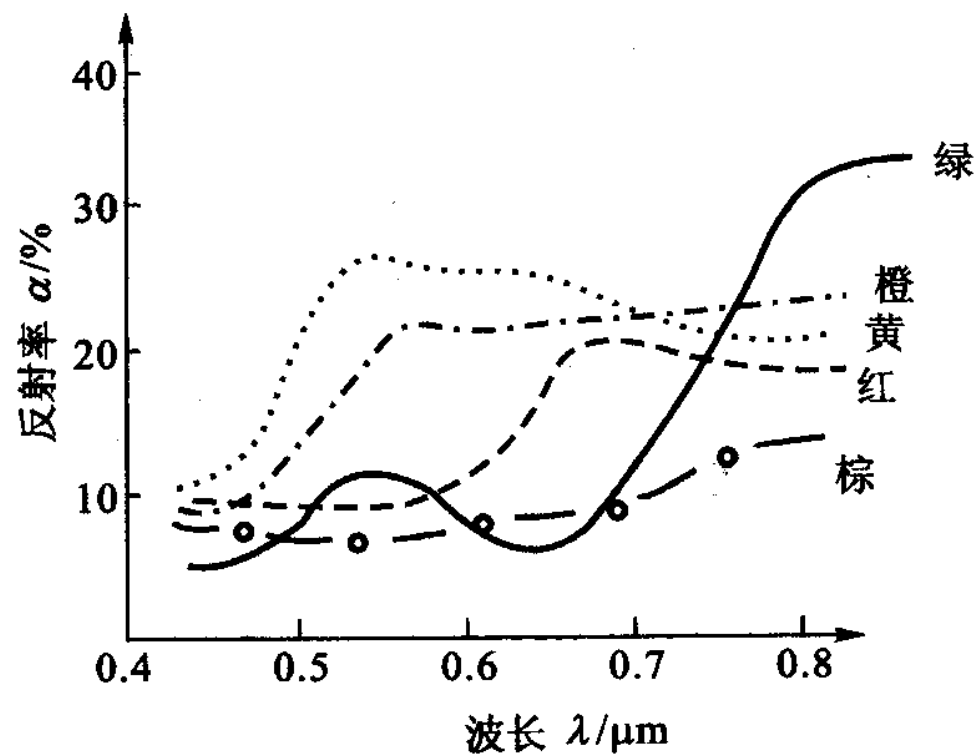
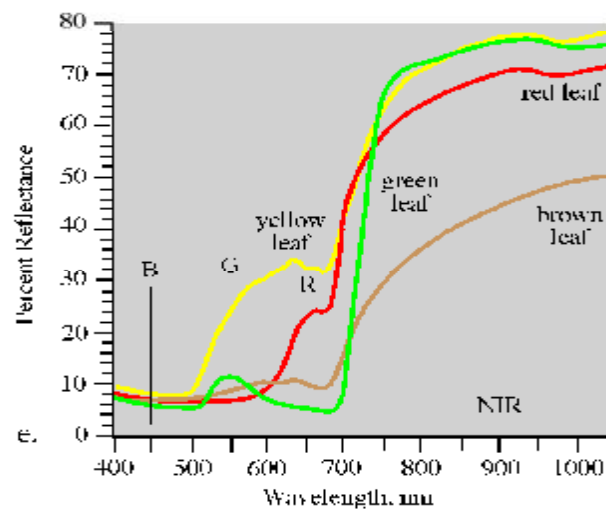
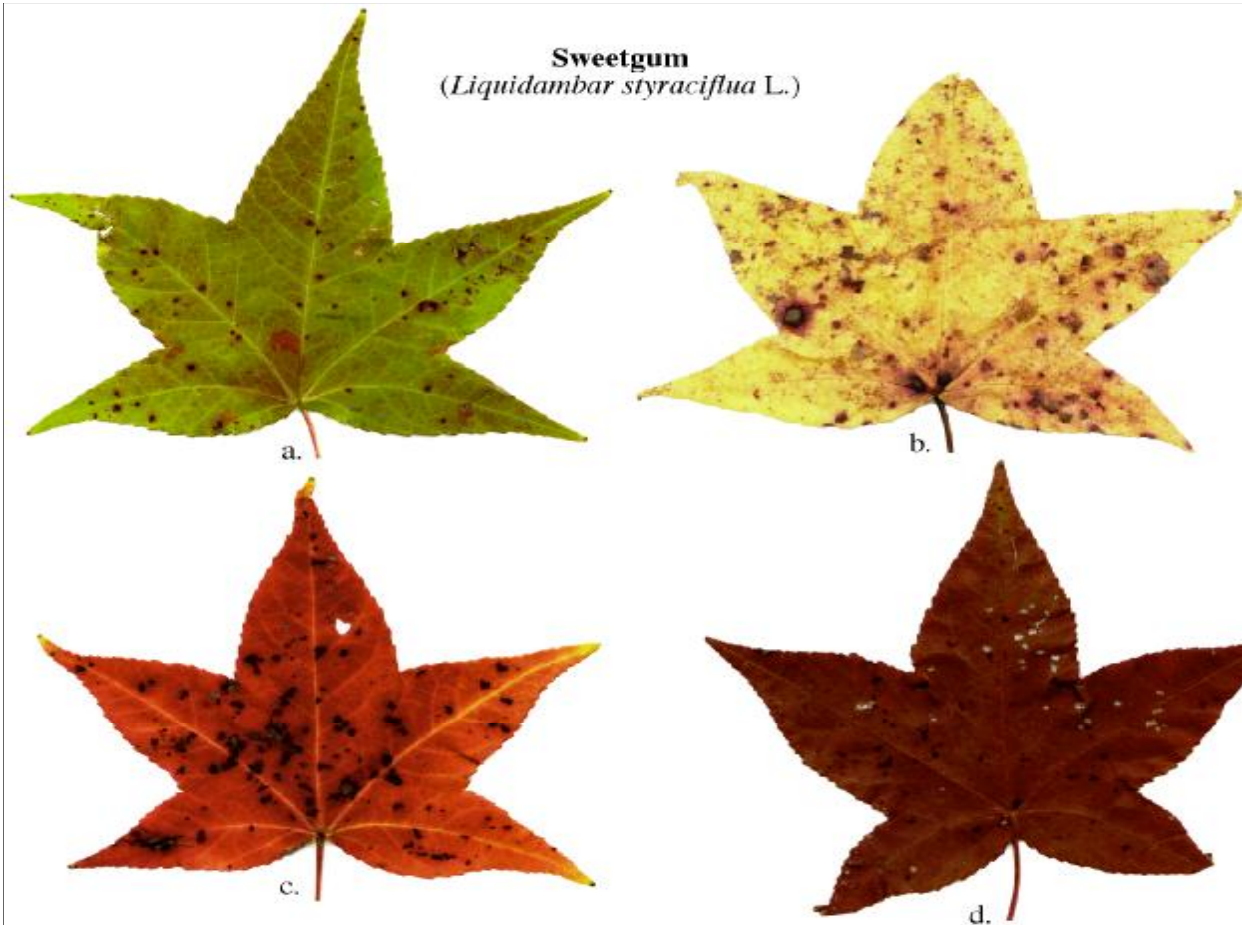


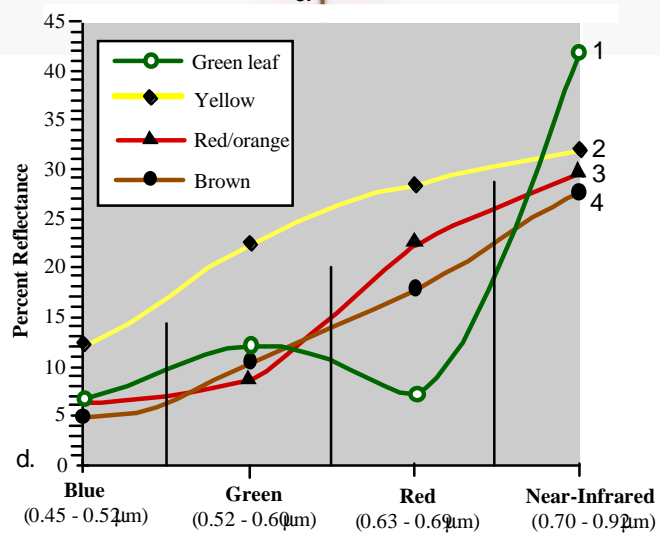
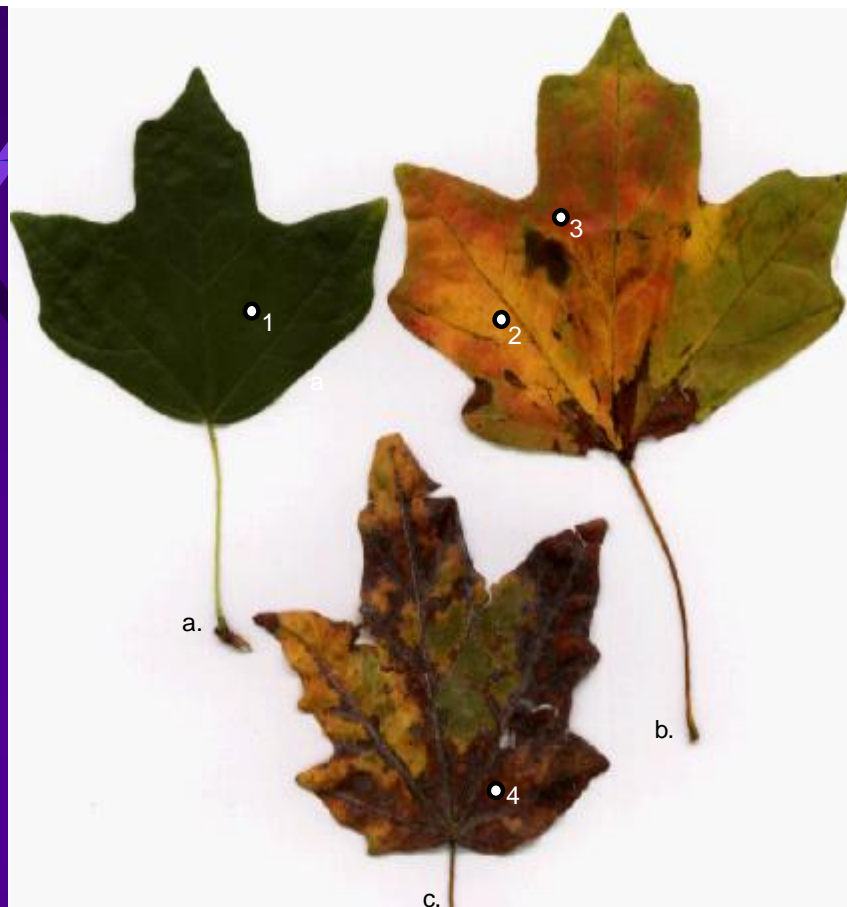
图 7.18 不同颜色叶子的反射光谱

# 不同生长状态 橡树叶子的反 射特性

**Sweetgum**  
(*Liquidambar styraciflua* L.)



# 不同橡树叶子的反射特性



Jensen, 2000



## 2、叶子的组织构造

绿色植物的叶子是由上表皮、叶绿素颗粒组成的栅栏组织和多孔薄壁细胞组织（海绵组织）构成。

叶绿色对紫外线和紫色光的吸收率极高，对蓝色光和红色光也强吸收，以进行光合作用。对绿色光部分则部分吸收，部分反射，所以叶子呈绿色，并形成在 $0.55\mu\text{m}$ 附近的一个小反射峰值，而在 $0.33\sim 0.45\mu\text{m}$  及 $0.65\mu\text{m}$  附近有两个吸收谷。

叶子的多孔薄壁细胞组织（海绵组织）对 $0.8\sim 1.3\mu\text{m}$ 的近红外光强烈地反射，形成光谱曲线上的最高峰区。



### 3 叶子的含水量

叶子在  $1.45\mu\text{m}$ ， $1.95\mu\text{m}$ 和  $2.6\sim 2.7\mu\text{m}$ 处各有一个吸收谷，这主要有由叶子的细胞液、细胞膜及吸收水分所形成。

植物叶子含水量的增加，将使整个光谱反射率降低，反射光谱曲线的波状形态变得更为明显，特别是在近红外波段，几个谷更为突出。

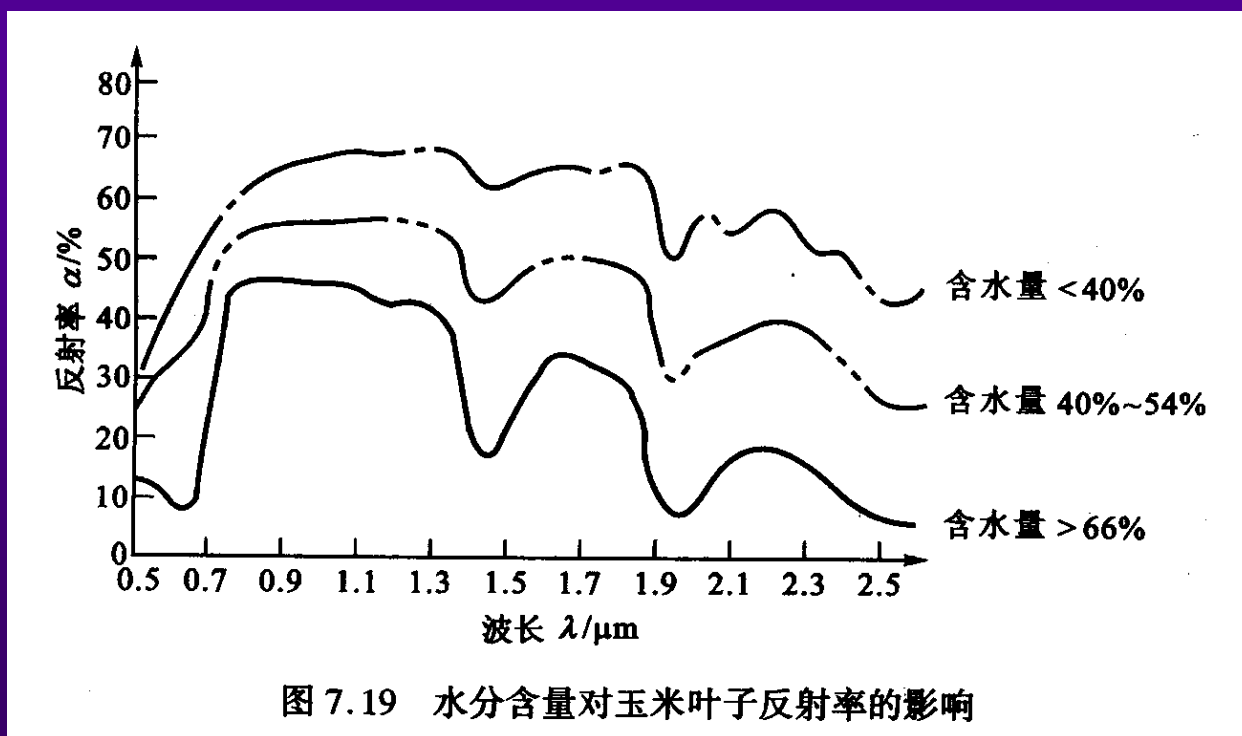
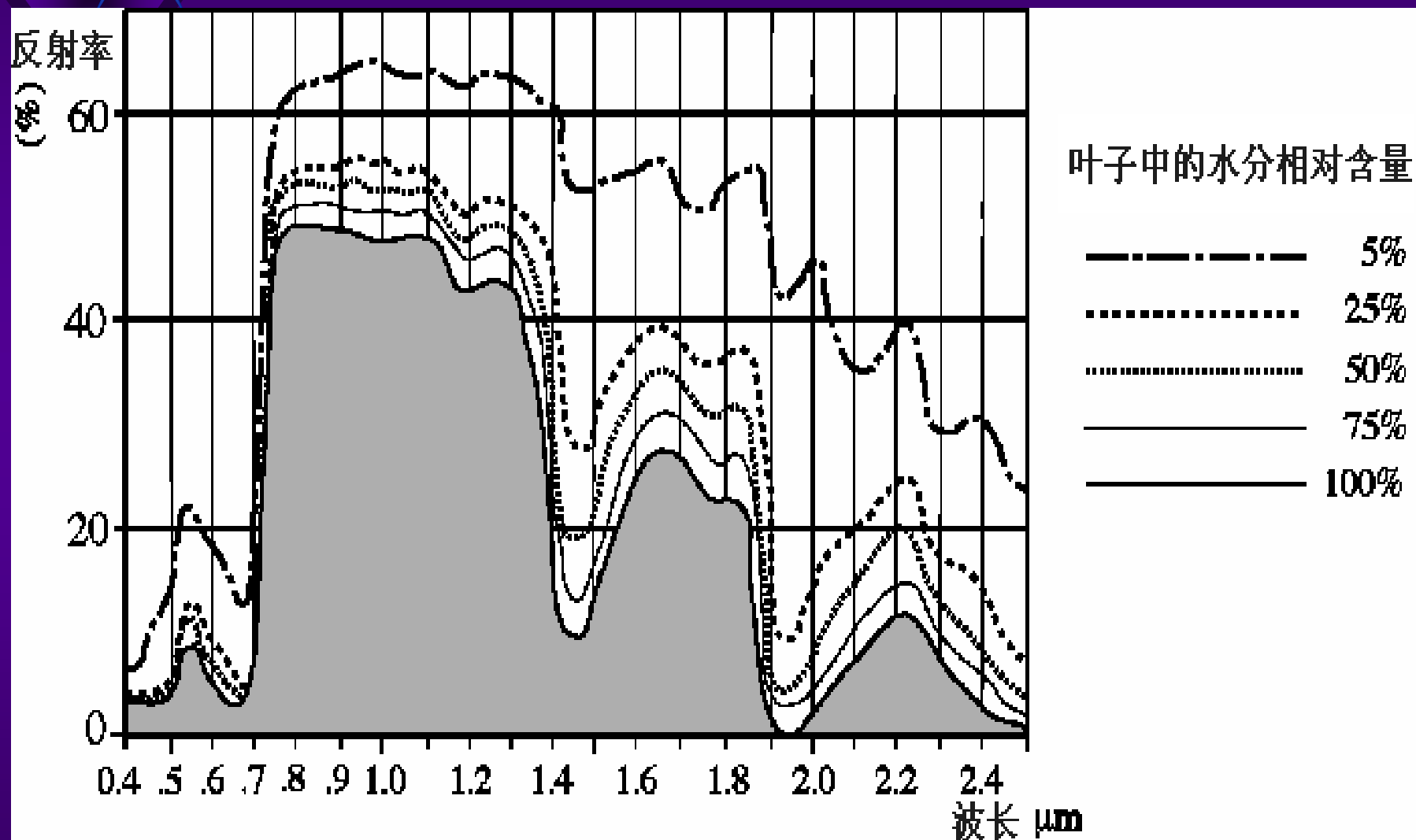


图 7.19 水分含量对玉米叶子反射率的影响

## 水分含量对植被反射率的影响（以木兰为例）



Jensen, 2000

#### 4、植物覆盖度

植物覆盖程度越大，光谱特征形态受背景下垫面影响愈小。

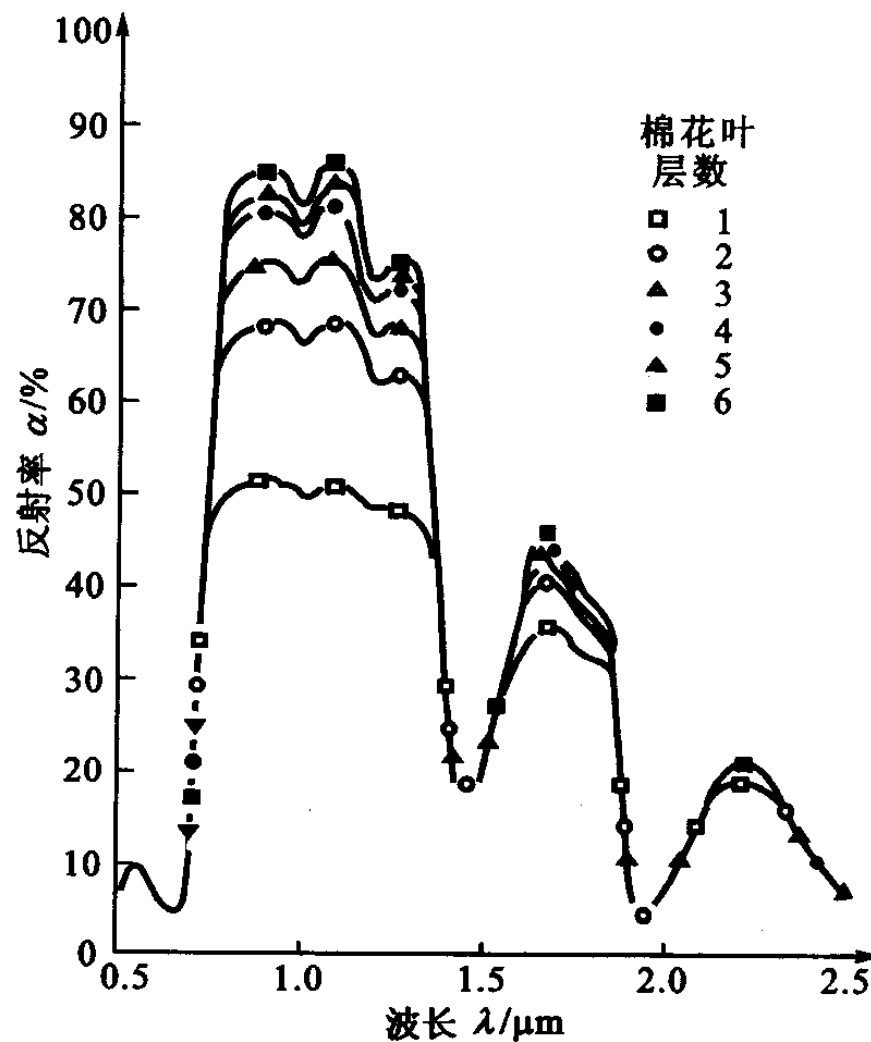
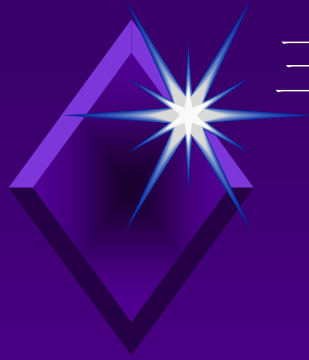


图 7.20 棉花叶子 1~6 层叠置的光谱曲线



### 三、主要植被类型的影像特征

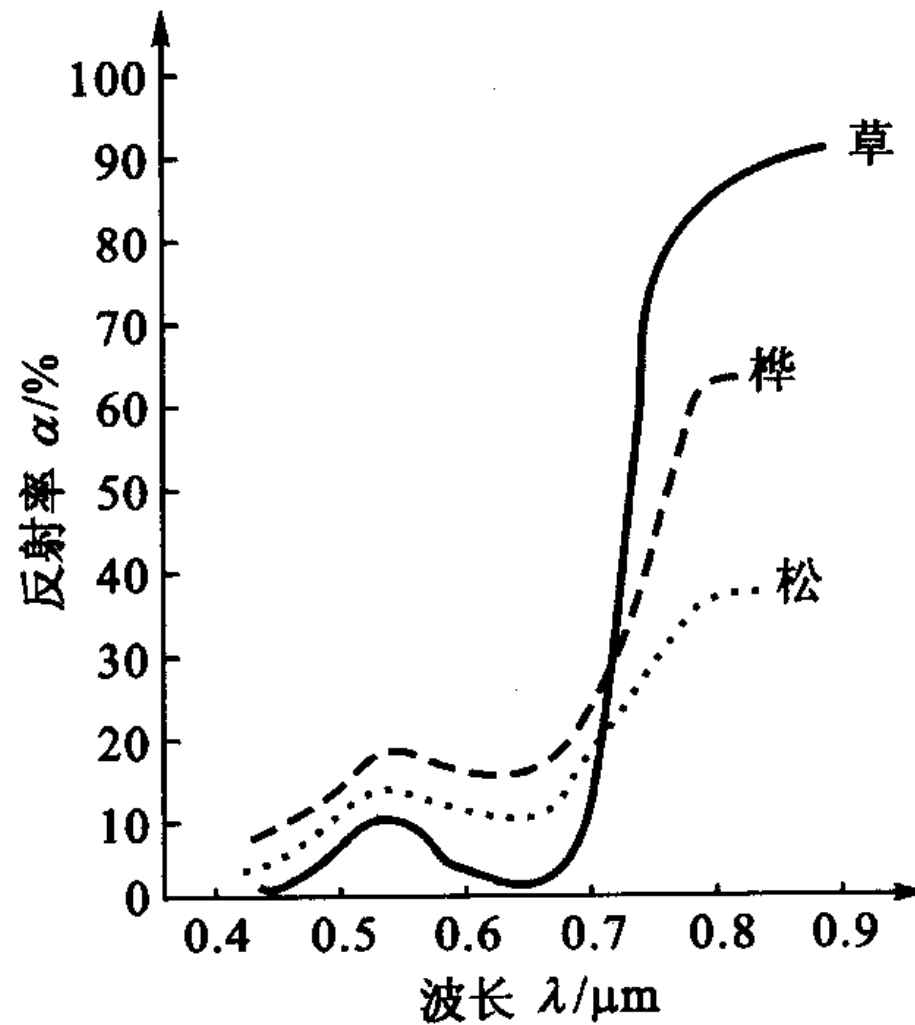


图 7.21 不同植物光谱反射曲线比较



## 1、针叶林（云杉林、松树林）

在比例尺为1:10000~1:15000的像片上，针叶林一般是深灰色颗粒状图型，随比例尺进一步小，表现为暗色调均匀的细粒状影纹。在比例尺大于1:10000的像片上，可以判读其树冠形态、特征，多数针叶林的树呈圆锥形或椭圆形。

## 2、阔叶林（山杨、白桦）

其影像色调比针叶林浅，一般呈灰色和浅灰色颗粒状或粗圆粒状图型，在秋季像片上，不同树种的树冠颜色有较大差异，因而形成色调混杂的影像，山杨多呈白色，白桦呈浅灰色，树冠呈倒卵形。



### 3、针阔叶混交林

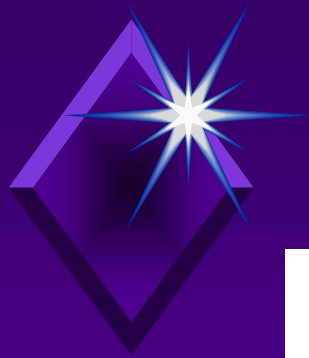
兼具上述两者的特征，针叶林呈深灰色的细颗粒状，而阔叶林呈浅灰色，颗粒较粗，两者交错混生，有的林斑以针叶林为主，阔叶林为副，有的则反之。

### 4、灌丛

多呈密集细粒状结构，色调浅灰，因其覆盖度比森林低，又植株的阴影，故多呈均匀的浅类或灰色色调。

### 5、草本植被

主要根据影像色调和生态环境判读草本植物被，其色调一般为均匀的灰白和浅灰色。按生态条件的不同，可分为草原、草甸、沼泽三大类草本类型。水分条件好的草原，植被茂密，色调较深一些，而荒漠化草原植被较稀疏，表土裸露或盐渍化，色调浅，或呈花斑状图型。草甸群落色调较暗且均匀，多分布在水分较丰富的沟漠滩及低地地带。沼泽群落分布在水多的封闭洼地或湖泊地区，形成暗色云块或“墨水迹”状图型。



## 四、污染植物反射光谱特征分析

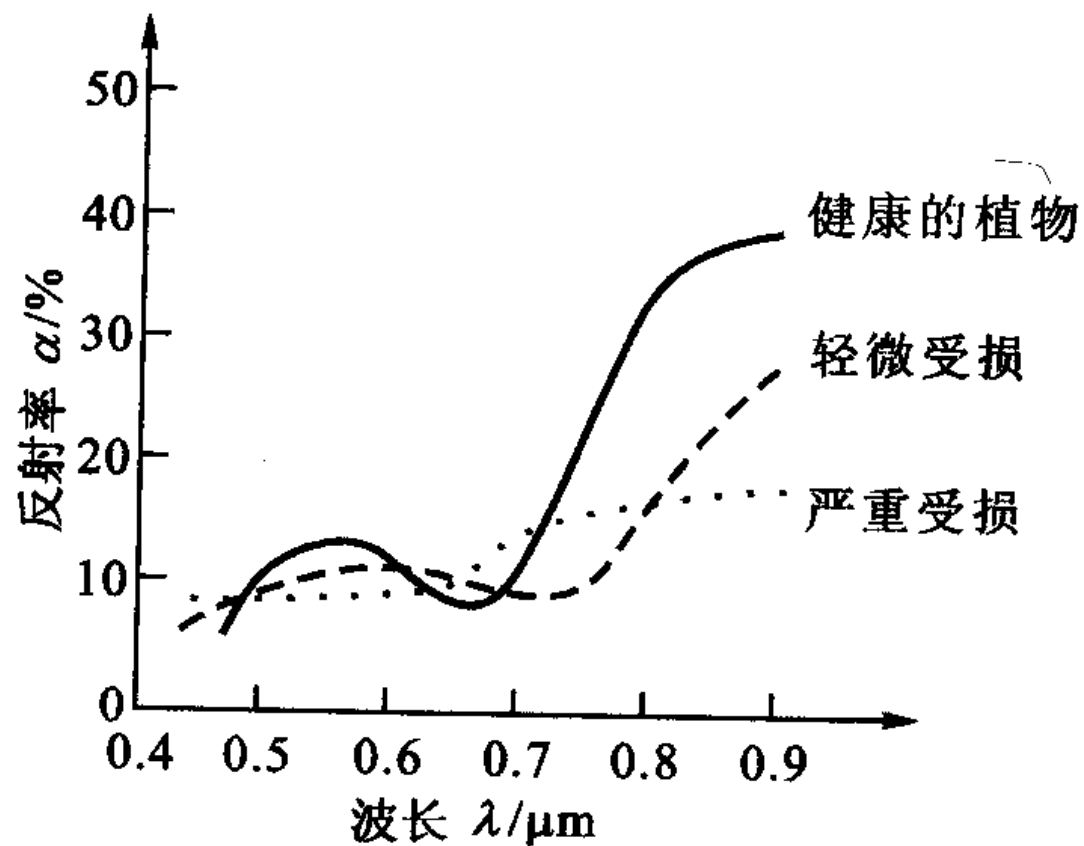


图 7.24 植物遭受不同程度损害的反射光谱曲线



植物在生长过程中受到某种物质污染后，内部结构、叶绿素和水分含量就会发生不同程度的变化，其反射光谱特性也随之变化，污染越严重变化越大。

正常植物在 $0.5\sim 0.6\mu\text{m}$ 间有一个叶绿素反射峰，在 $0.6\sim 0.7\mu\text{m}$ 间有一个吸收谷，在 $0.7\mu\text{m}$ 后反射率剧增达以上，出现“陡坡效应”。而污染叶的曲线不同于正常叶，尤其在近红外波段，显著地低于正常叶的光谱曲线。受氯化氢污染的叶片，光谱反射率在 $0.5\sim 0.6\mu\text{m}$ 波段，低于正常叶，在 $0.6\sim 0.7\mu\text{m}$ 波段高于正常叶；而受二氧化硫粉尘污染的叶片，光谱反射率在 $0.5\sim 0.7\mu\text{m}$ 都高于正常叶。

污染程度不同的植物，其反射光谱特性也不相同。污染程度越深，反射曲线越低，尤其在红外波段，下降更明显，反映植物病害程度加深。





## 五、污染植物的判读标志与危害程度分类

### 1、判读标志

#### (1) 颜色

受污染的植物在彩红外像片上显示的红色纯度下降，出现暗红、黑红、浅红、棕青等色。

#### (2) 形态

树木影像的大小，是指树冠大小的反映。相同的树种的同龄树木，树冠影像自污染源向远离污染源方向逐渐增大。

#### (3) 综合标志

树木受污染危害致死造成的残缺现象，以树群空间展布的图式呈现出来，不同于未受污染的树群形态。

上述标志要互相补充，互相印证，综合应用，以此圈定出大气污染生态场的范围。



## 2. 分类尺度

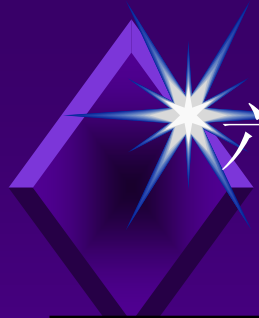
**I类：**危害极严重区，树林叶片郁闭度极小，叶片干枯萎缩，树木接近死亡，树冠小，树林残缺现象严惩，影像呈暗棕青、棕红色稀小的星点状，近红外光谱反射值在 $\rho < 30\%$ 。

**II类：**危害严重区，树木叶片郁闭度很小，叶片枯萎，有坏死斑现象，树冠较小，树木残缺较严惩，影像呈棕3青、棕红、粉红色星点状，近红外光谱反射值 $\rho = 30 \sim 40\%$ 。

**III类：**危害中度区，叶片郁度一般，叶征有病害，叶子发黄，树冠中等，树木无残缺现象，影像呈暗红、棕红、粉红色星点状，近红外光谱反射值 $\rho = 40 \sim 50\%$ 。

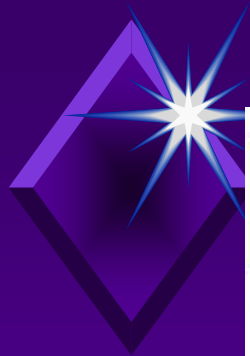
**IV类：**危害低程度区，植被发育较好，树叶有病害但不明显，树冠较大，影像呈稍发暗的红色及粉红色星点状，近红外光谱射值 $\rho = 50 \sim 60\%$ 。

**0类：**健康区，大气质量较好，植被发育茂盛，影像为鲜红色星点状，近红外光谱反射值 $\rho > 60\%$ 。

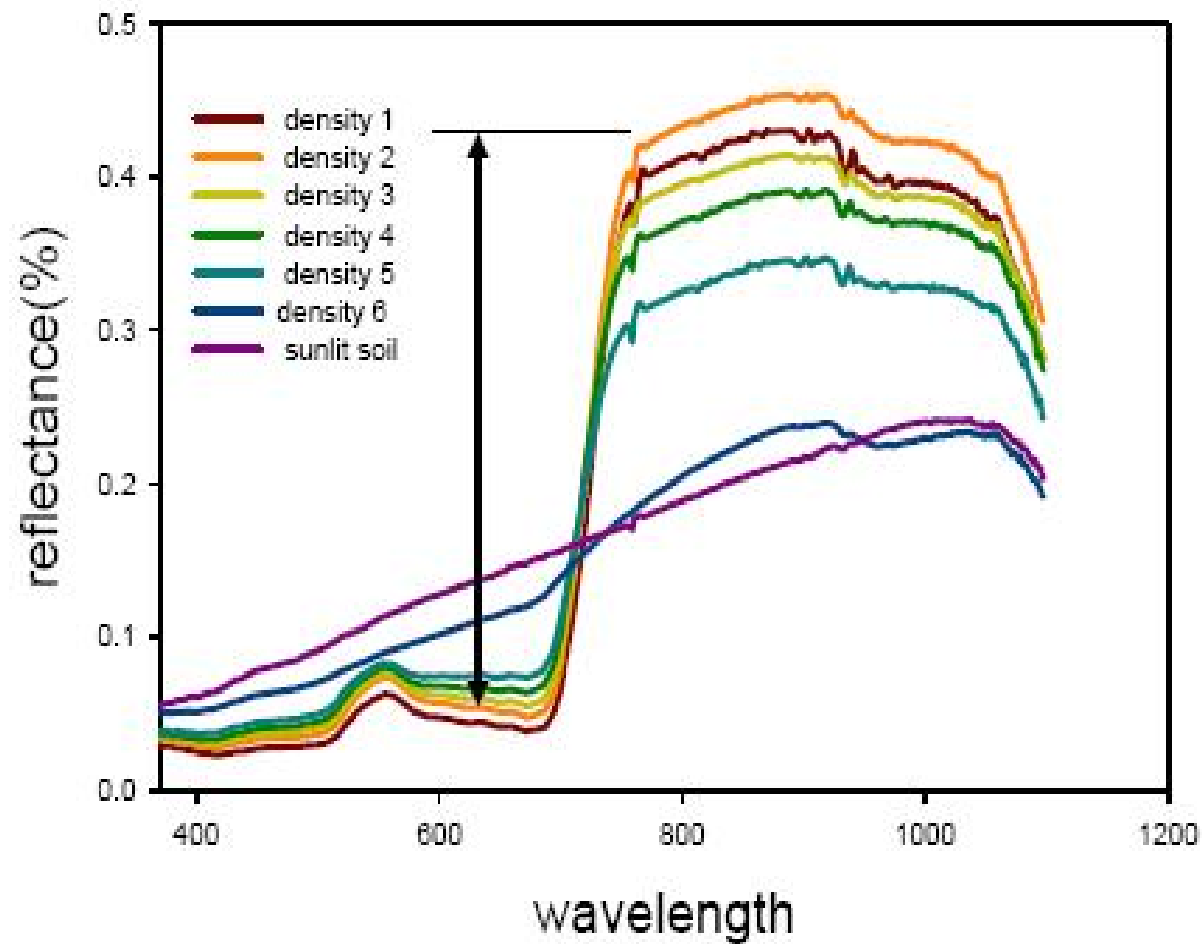


## 六、利用植被指数监测作物长势水平

- u 植被指数已广泛用来定性和定量评价植被覆盖及其生长活力。由于植被光谱表现为植被、土壤亮度、环境影响、阴影、土壤颜色和湿度复杂混合反应，而且受大气空间一时相变化的影响，因此植被指数没有一个普遍的值，其研究经常表明不同的结果。**20**多年来，已研究发展了**40**多个植被指数。
- u 红光和红外波段的不同组合统被称为植被指数。
- u 植被指数的定量测量可表明植被活力，而且植被指数比单波段用来探测生物量有更好的灵敏性。植被指数有助于增强遥感影像的解译力，并已作为一种遥感手段广泛应用于土地利用覆盖探测、植被覆盖密度评价、作物识别和作物预报等方面，并在专题制图方面增强了分类能力。



## Estimating the size of the absorption well





## 简单比值植被指数 (Ratio Vegetation Index)

第一个植被指数:

$$RVI = \frac{R_{ir}}{R_r}$$

叶绿素在红波段的吸收谷  
健康植被在近红外的反射高台区  
(Cohen, 1991) .

RVI 对大气影响敏感, 而且当植被覆盖不够浓密时 (小于50%), 它的分辨能力也很弱, 只有在植被覆盖浓密的情况下效果最好。



## 标准差植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index)

标准差植被指数 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI):

$$NDVI = \frac{NIR - red}{NIR + red}$$

对绿色植被表现敏感，主要用途：

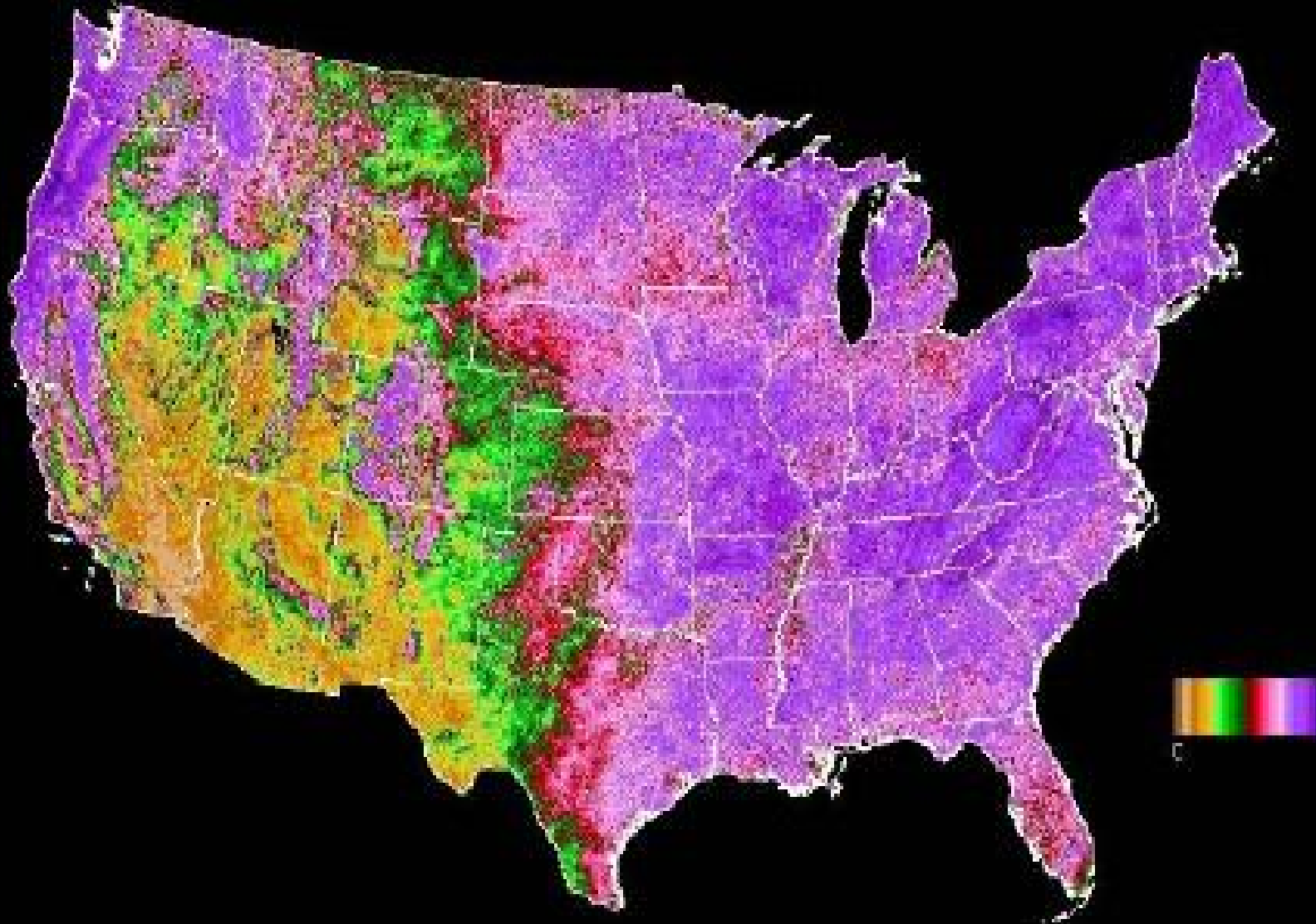
- 1) 可以进行不同植被类型初级生产量的估计 (e.g. Lenney et al., 1996);
- 2) 识别不同的生态区 (Ramsey et al., 1995);
- 3) 监测地球表面植被的物候类型，常被用来进行区域和全球的植被状态研究；
- 4) 评价生长期和变干期的长短 (Huete and Liu, 1994).

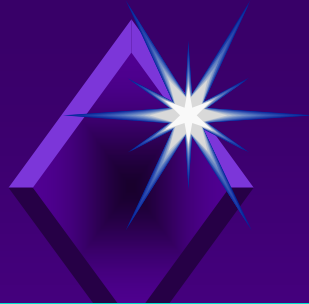
对低密度植被覆盖，NDVI 对于观测和照明几何非常敏感。

但在农作物生长的初始季节，将过高估计植被覆盖的百分比；在农作物生长的结束季节，将产生估计低值。

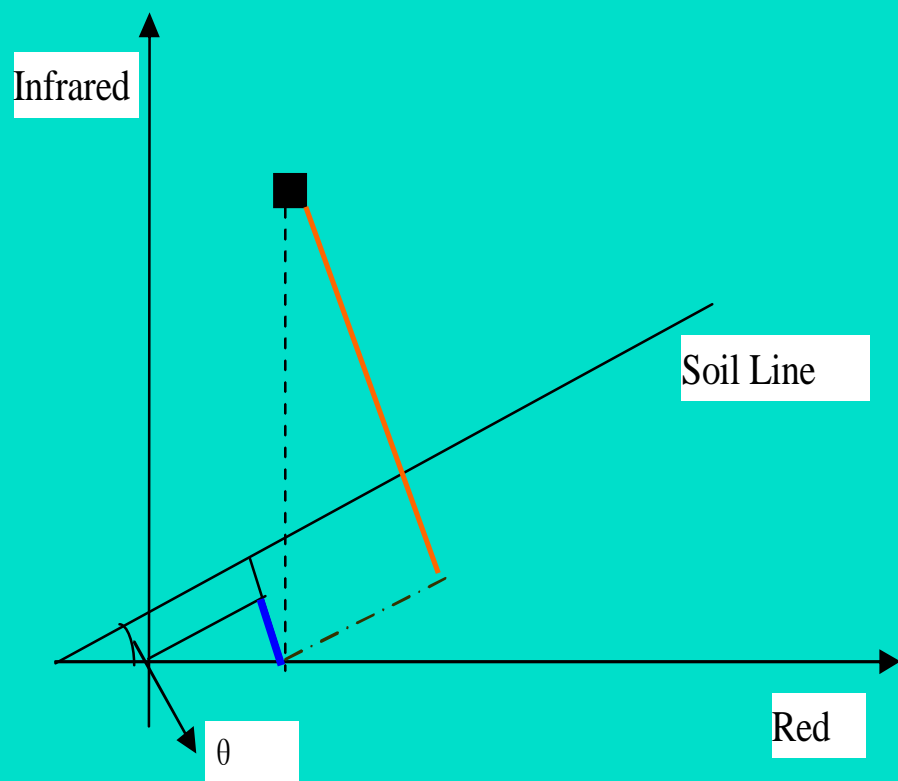
# MODIS NDVI

June 9 -25, 2000





## 垂直植被指数 Particular Vegetation Index



$$PVI = R_{ir} \cos J - R_r \sin J$$

$J$  为土壤线与坐标轴之间的夹角

实验表明，对每一种土壤而言，其红色波段与近红外波段的垂直视反射率因子值随土壤含水量及表面粗糙度的变化近似满足线性关系，并称它为土壤线。

如果忽略掉土壤线与轴的截距，并设A点为任一植被——土壤系统的实测与值在--坐标中的位置，则PVI值就代表A点到土壤线间的垂直距离。





## 红外指数

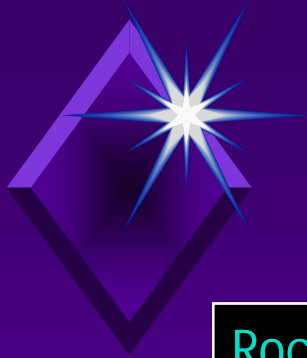
### 红外指数 Infrared Index (II)

综合考虑了植被在近红外和中红外对于植被生物量比较敏感，水分的影响 (Hardisky et al., 1983; 1986):

$$II = \frac{NIR_{TM4} - MIR_{TM5}}{NIR_{TM4} + MIR_{TM5}}$$

Healthy, mono-specific stands of tidal wetland such as *Spartina* often exhibit much lower reflectance in the visible (blue, green, and red) wavelengths than typical terrestrial vegetation due to the saturated tidal flat understory. In effect, the moist soil absorbs almost all energy incident to it. This is why wetland often appear surprisingly dark on traditional infrared color composites.

Jensen, 2000



## 湿度强化指数

Rock et al (1999提出) 湿度强化指数Moisture Stress Index (MSI):

$$MSI = \frac{MidIR_{TM5}}{NIR_{TM4}}$$

利用近红外波段和中红外波段定义

TM4:0.76-0.90,生物量和作物的长势测定;

TM5:1.55-1.75,土壤水分和地质应用,水陆边界等。

Jensen, 2000

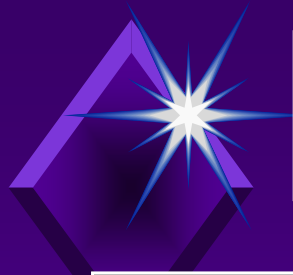


## 土壤调整的植被指数 (Soil Adjusted Vegetation Index)

在NDVI的基础上引入了土壤调整因子,  $L$ , 以便最大限度地降低背景在土壤-植被相互作用中的一次影响 (Huete et al., 1994):

$$SAVI = \frac{(1 + L)(NIR - red)}{NIR + red + L}$$

$L$  的值一般可取 0.5, 对不同的土壤都比较适合, 可以降低土壤亮度的变化。 (Huete and Liu, 1994).



## 土壤和大气调整的植被指数 Soil and Atmospherically Resistant Vegetation Index (SARVI)

Huete and Liu (1994)提出：在SAVI的基础上那个引入蓝波段来排除大气的影响。

$$SARVI = \frac{NIR - REDBLUE}{NIR + REDBLUE}$$

其中，

$$REDBLUE = RED - g(BLUE - RED)$$

在使用之前需要对蓝波段、红波段、和近红外波段进行分子散射和臭氧吸收的纠正。



# 增强植被指数

## Enhanced Vegetation Index (EVI)

针对 MODIS 数据提出的增强植被指数：

$$EVI = G * \frac{NIR - RED}{NIR + C_1 RED - C_2 BLUE + L}$$

EVI 是对 NDVI 引入了土壤的调整因子,  $L$ , 和另外两个因子,  $C_1$  和  $C_2$ , 用来使用兰波段对红波段进行大气中气溶胶的散射影响.

$C_1$ : 红光波段的大气纠正因子;

$C_2$ : 蓝光波段的大气纠正因子;

$L$ : 冠层背景纠正因子

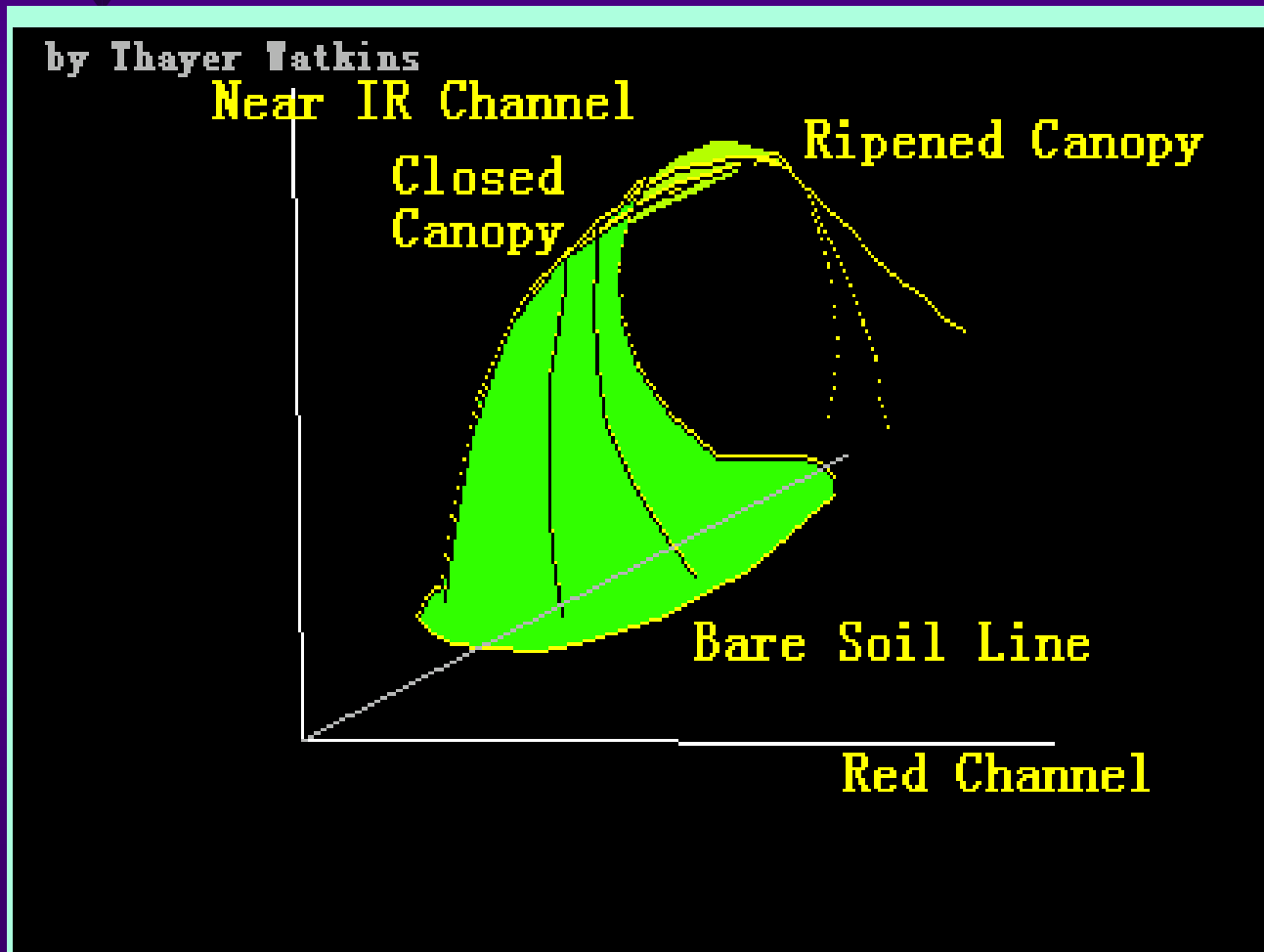
$G$ : 增益因子。

根据经验, 参数,  $C_1 = 6.0$ ,  $C_2 = 7.5$ , 和  $L = 1.0$ ,  $G = 2.5$  在高覆盖度时提高了敏感性 (Huete and Justice, 1999).

<http://tbrs.arizona.edu/project/modis/evi.php>



## 穗帽变换——绿度植被指数 GVI (greenness vegetation Index)



$$OUT = INPUT \cdot R$$



## 穗帽变换——绿度植被指数 GVI (greenness vegetation Index)

### 穗帽变换 (Tasseled Cap)

- 特殊的线性变换；
- 与主成分变换的区别是，变换以后还有残余的相关，并将滚滚普特征和自然景观属性联系起来。
- 第一特征为亮度，反应总体辐射率的综合效果，并仅仅与影响总体反射率的物理过程有关；
- 第二特征为绿度，可见光植被吸收和近红外植被反射的综合响应；
- 第三特征为湿度，是可见光、近红外的反射能量总和与两个中红外波段反射量的差值，反应水分条件，特别是土壤的湿度状态。

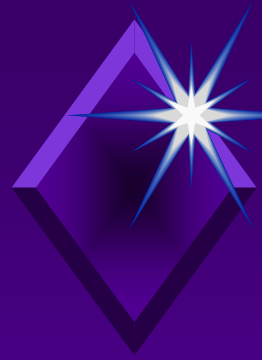


# TM穗帽变换的参数矩阵

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
亮度	0.3037	0.2793	0.4743	0.5585	0.5082	0.1863
绿度	-0.2848	-0.2435	-0.5436	0.7243	0.0840	-0.1800
湿度	0.1509	0.1973	0.3279	0.3406	-0.7112	-0.4572
第四	-0.8242	0.0849	0.4392	-0.0580	0.2012	-0.2768
第五	-0.3280	0.0549	0.1075	0.1855	-0.4357	0.8085
第六	0.1084	-0.9022	0.4120	0.0573	-0.0251	0.0238

Index	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
Brightness	0.3561	0.3972	0.3904	0.6966	0.2286	0.1596
Greenness	-0.3344	-0.3544	-0.4556	0.6966	-0.0242	-0.2630
Wetness	0.2626	0.2141	0.0926	0.0656	-0.7629	-0.5388
Fourth	0.0805	-0.0498	0.1950	-0.1327	0.5752	-0.7775
Fifth	-0.7252	-0.0202	0.6683	0.0631	-0.1494	-0.0274
Sixth	0.4000	-0.8172	0.3832	0.0602	-0.1095	0.0985





# MSS和IKONOS

MSS

WEIGHTS FOR TASSELED CAP TRANSFORMATION OF LANDSAT MSS DATA				
Component	Channel 1	Channel 2	Channel 3	Channel 4
Brightness	0.433	0.632	0.586	0.264
Greenness	-0.290	-0.562	0.600	0.491
Yellowness	-0.829	0.522	-0.039	0.194
"Non-such"	0.223	0.012	-0.543	0.810

IKONOS

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} 0.326 & -0.311 & -0.612 & -0.650 \\ 0.509 & -0.356 & -0.312 & 0.719 \\ 0.560 & -0.325 & 0.722 & -0.243 \\ 0.567 & 0.819 & -0.081 & -0.031 \end{pmatrix}$$

When to derive your own KT coefficients?

<http://www.pcigeomatics.com/discuss-archive/msg00277.html>



# IKONOS 举例



Figure 2a,b: Figure 2a shows a true color IKONOS image of Thornton CO. Figure 2b shows the first three Tasseled Cap bands of the same image.

# **IKONOS** 举例

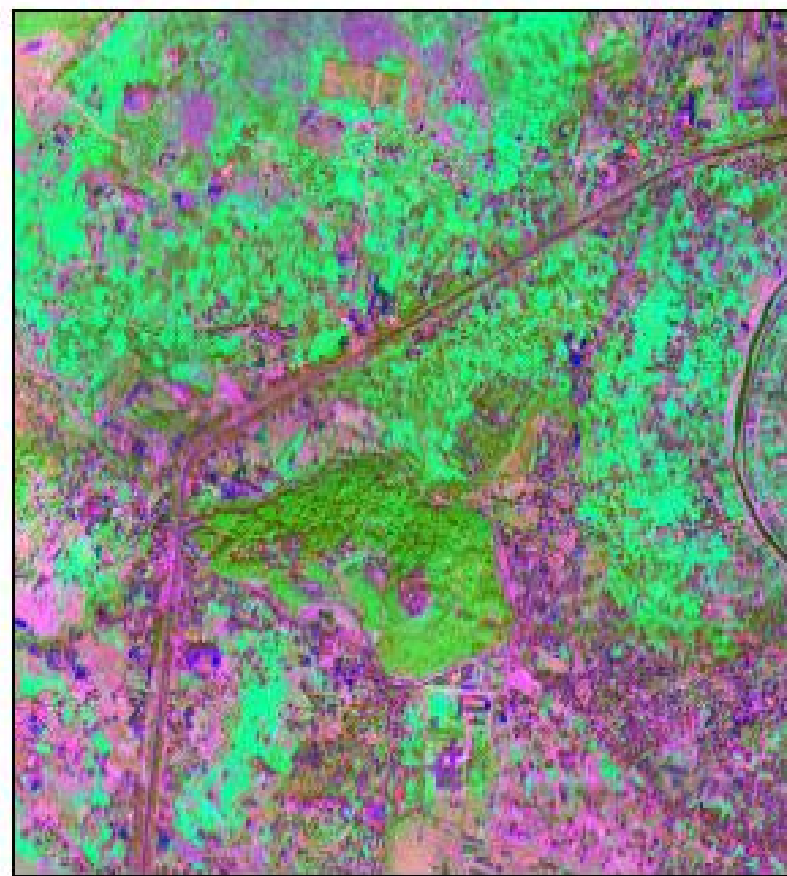


Figure 3a,b: Figure 3a shows a true color IKONOS image of Kathmandu, Nepal. Figure 3b shows the first three Tasseled Cap bands of the same image.