

# ETM+多光谱遥感影像彩色合成最佳波段选择研究

## ——以顺德区土地遥感图制作为例

宋海生<sup>1,2</sup>,徐瑞松<sup>1</sup>,马跃良<sup>1</sup>,李高飞<sup>1</sup>

(1.中国科学院广州地球化学研究所,广东 广州 510640;2.中国科学院大学,北京 100049)

**摘要:**随着计算机和遥感技术的不断发展,遥感图像解译方法也不断发展,但目视判读仍然是遥感图像解译中最重要的方法。如何从ETM+多光谱影像中选出3个最佳波段并彩色合成成为遥感图像处理是一个重要的研究课题。首先分析了ETM+多光谱影像的波段特征及常见的波段组合;然后综合运用单波段的亮度差、均值、标准差、信息熵等统计特征方法,波段间相关系数矩阵方法,最佳指数法,联合熵法,典型地物光谱特征曲线法相结合分析顺德区ETM+多光谱影像,并从中选出最佳波段组合;最后反复测试了6种赋色方案,最终的试验结果表明:对于顺德区这种典型的珠江三角洲河口平原地区的土地,利用遥感制图,ETM+遥感影像的543(RGB)波段组合为最佳目视解译波段组合。

**关键词:**遥感;多光谱;波段组合;最佳波段选择;顺德

中图分类号:P237

文献标识码:A

文章编号:1004-874X(2013)15-0196-04

## Research on the optimal bands selection for color composite: A case study on shunde land use mapping with ETM+multispectral remote sensing image

SONG Hai-sheng<sup>1,2</sup>, XU Rui-song<sup>1</sup>, MA Yue-liang<sup>1</sup>, LI Gao-fei<sup>1</sup>

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** With the continuous progress of computer and remote sensing technology, the methods of imagery interpretation are also developing, but visual interpretation is still an important means. How to choose three optimal bands to composite colorful image is a meaningful research topic. In this paper, we analyzed the band features of ETM+ multispectral imagery and common band combination firstly, then we applied various methods to analyze ETM+ imagery of Shunde district, such as statistical characteristic of single band, correlation coefficient matrix between bands, optimum index factor, joint entropy, characteristics spectral curve for typical objects. Finally six assignment schemes of color channel were tested repeatedly. Experimental results showed that bands combination of band 5(Red), band 4(Green), band 3(Blue) is the best for ETM+ multispectral imagery in Shunde district where is a typical Pearl River Delta river plain area.

**Key words:** remote sensing; multispectral; bands combination; optimal bands selection; Shunde

伴随着空间技术、数字图像处理技术、计算机技术的发展,遥感技术也迅速发展。多光谱、高光谱乃至超光谱技术的出现是新世纪遥感技术关注的重点和发展的前沿。同一地区不同空间分辨率、不同时相、不同传感器形成的遥感数据影像金字塔中的数据也越来越多。利用遥感数据进行地物信息的提取与土地利用的分类是遥感的最主要的应用,然而过多的影像同时参与地物信息的提取与分类,不但会降低计算机的运行速度、增加运算时间,而且冗余的数据反而会影响地物的提取,降低分类精度。因此如何从遥感数据中快速、准确选择出最佳波段,以便有效进行图像的解译是遥感图像处理的关键问题之一。

ETM+多光谱遥感数据具有中等尺度的空间分辨率,数据也容易获取,在土地利用和土地变化中应用最为普遍。目前目视判读在遥感图像解译中仍有重要作用,ETM+单波段图像为灰度图,不利于目视解译。根据彩色图像合成原理,如果在3个通道上安置3个波段图像,然后分别赋予红、绿、蓝色,叠合在一起就可以得到彩色图像,层次

收稿日期:2013-04-08

基金项目:国家自然科学基金(41072247);广东省自然科学基金(9151064004000004)

作者简介:宋海生(1975-),男,在读博士生,E-mail:songhs@ustc.edu

清晰、色彩鲜明的彩色图像有利于目视解译。本研究以广东省佛山市顺德区的土地利用研究中的遥感制图为例,探讨ETM+多光谱遥感数据彩色合成的最佳波段选择方法。

### 1 研究区概况

本研究试验区位于广东省佛山市顺德区。顺德是由江河冲积而形成的河口三角洲平原,地势西北略高,海拔约2 m,东南稍低,海拔0.7 m,分布着一些零散的小山丘。境内河流纵横,水网交织,主要河道有16条,总长756 km。该区地处北回归线以南,属亚热带季风性湿润气候,日照时间长,雨量充沛,年总降雨量为1 639 mm。常年温暖湿润,年平均气温21.9℃。夏季自4月中旬至10月下旬,长达半年多。

顺德境内除少数山丘外,绝大部分为冲积土壤,富含各种有机物质,适宜农作物生长,耕地类型可分为:基塘区:分布最广,地势低洼,耕作层厚,粉砂居多,土质疏松,酸性较大。当地农民利用低洼地深挖成塘,把挖出来的泥土堆高成基,塘里养鱼,基上种桑,桑叶摘来养蚕,养蚕的副产品又拿去饲鱼,基上和塘边还可以种薯、豆、麦、粟、瓜菜、蕉、油料作物、果树等;沙围田区:东北和东南部分布较多,是冲积沙田,土层深厚、土质肥沃、水分充足,适宜种植

双季水稻,间有种植甘蔗;低丘陵谷底区:零星散布,总数不多,土壤干燥,硬砂较多,养分低,水分不足。山脚和山坑地可种双季水稻,山坡地适宜种植旱作物,如番薯、木薯、花生、豆类等。

顺德是一个经济发达的地区和外贸出口基地,2012年GDP总值2338.8亿元。改革开放以来,顺德充分发挥政策、地缘和人文优势,逐步由一个传统的农业县发展成为新兴的工业城市。已建成了以高新技术为依托,以家用电器、机械制造、电子电讯、塑料制品、建材家具、纺织服装、化工涂料、畜牧饲料等轻工制造业为支柱,门类齐全、具有相当规模的现代工业体系。因此,顺德区的土地利用和土地变化在整个珠江三角洲中最具有典型的代表性。

## 2 ETM+遥感数据的特点及常见波段彩色合成组合

1999年4月15日美国航空航天局发射了Landsat-7卫星,该卫星上携带的成像设备是增强型专题绘图仪(Enhanced Thematic Mapper Plus)传感器。星上设绝对定标,提高了对地观测分辨率和定位质量,调整了辐射测量精度、范围和灵敏度,通过增益减少了强反射体造成的高亮度饱和效应。该设备比Landsat-4和Landsat-5所采用的TM传感器多增加了一个15m分辨率的全色波段Band8,其中:Band1为蓝光波段,波长0.45~0.52 $\mu\text{m}$ ,空间分辨率为30m,该波段位于水体衰减系数最小的部位,对水体的穿透力最大,用于判别水深,研究浅海水下地形、水体浑浊度等;Band2为绿光波段,波长0.52~0.60 $\mu\text{m}$ ,空间分辨率为30m,该波段位于绿色植物的反射峰附近,对健康茂盛植物反射敏感,可以识别植物类别和评价植物生产力,对水体具有一定的穿透力,可反映水下地形、沙洲、沿岸沙坝等特征;Band3为红光波段,波长0.63~0.69 $\mu\text{m}$ ,空间分辨率为30m,该波段位于叶绿素的主要吸收带,可用于区分植物类型、覆盖度、判断植物生长状况等,此外该波段对裸露地表、植被、岩性、地层、构造、地貌、水文等可提供丰富的植物信息;Band4为近红外波段,波长0.76~0.90 $\mu\text{m}$ ,空间分辨率为30m,该波段位于植物的高反射区,反映了大量的植物信息,多用于植物的识别、分类,同时它也位于水体的强吸收区,用于勾绘水体边界,识别与水有关的地质构造、地貌等;Band5为中红外波段,波长1.55~1.75 $\mu\text{m}$ ,空间分辨率为30m,该波段位于两个水体吸收带之间,对植物和土壤水分含量敏感,从而提高了区分作物的能力,此外,在该波段上雪比云的反射率低,两者易于区分;Band6为热红外波段,波长10.5~12.5 $\mu\text{m}$ ,该波段对地物热量辐射敏感,根据辐射热差异可用于作物与森林区分、水体、岩石等地表特征识别,其空间分辨率比以往TM影像提高了1倍,达到了60m;Band7为中红外波段,波长2.08~2.35 $\mu\text{m}$ ,空间分辨率为30m,该波段对岩石、特定矿物反应敏感,用于区分主要岩石类型、岩石水热蚀变,探测与交代岩石有关的粘土矿物等;Band8为全色波段,波长0.52~0.90 $\mu\text{m}$ ,为ETM+新增波段,它覆盖的光谱范围较广,空间分辨率为15m,多用于影像融合,增强空间分辨率。

波段321(RGB)组合:该组合均是可见光波段,合成结果接近自然色彩。对浅水透视效果好,可用于监测水体的浊度、含沙量、水体沉淀物质形成的絮状物、水底地形。通常深水深蓝色,浅水浅蓝色;水体悬浮物显絮状;健康植被呈绿色;土壤呈棕色或褐色。可用于水库、河口及海岸带研究,但对水陆分界的划分不合适。波段453(RGB)组合:该组合对内陆湖泊及河流分辨清楚,植被类型及长势可由棕、绿、橙、黄等色调分别,能区分土壤含水量(水分越多越暗)。常用于土壤湿度和植被状况的分析,也用于水陆边界的确定。波段742(RGB)组合:该组合中植被呈绿色,城市呈品红色或紫色,草地呈淡绿色,森林呈深绿色(针叶林色调比阔叶林暗)。能区分土壤和植被的含水量。适用于水陆边界划分、土壤植被边界划分,土壤和植被湿度内容分析,但不适于植被分类。波段432(RGB)组合:标准假彩色。此种组合中植被呈红色调,深(亮)红色为阔叶林,浅红色为草地等生物量较小的植被,密集的城市地区为青灰色。是植被分类、土地利用和湿地分析的最常用的波段组合。波段543(RGB)组合:用于城镇和农村土地利用的区分;水陆边界的确定。

## 3 最佳波段选择方法原理

通常选择最佳波段的原则有4点:(1)从信息论角度出发,波段组合信息量最大;(2)从数理统计角度出发,所选择波段间相关性要小;(3)从光谱学角度出发,波段组合对研究地物类型光谱响应差异最大;(4)从分类角度出发,所需判别的地物类别在所选择的波段组合上可分性最强。因此,那些信息含量多、相关性小、地物光谱差异大、可分性好的波段组合就是最佳组合。据此,可以认为相关性强的波段组合在一起不会是最佳组合。

### 3.1 波段及波段间信息统计特征

统计特征反映了遥感影像所包含的信息。亮度差反映灰度值的变化程度,其大小等于灰度的最大值减去灰度最小值;灰度均值反映了图像平均亮度;灰度的标准差反映了图像包含的信息量,标准差越大说明图像的反差大,信息量越丰富, $k$ 波段的标准差 $S_k$ ,其计算公式为:

$$S_k = \frac{1}{MN} \sqrt{\sum_m \sum_n (DN_{ij} - DN_0)^2} \quad (1)$$

式中, $MN$ 代表图像矩阵大小为 $M \times N$ , $DN_0$ 为该 $k$ 波段整幅图像的平均灰度值, $DN_{ij}$ 代表该波段图像矩阵 $i$ 行 $j$ 列的像元点的灰度值。

两个波段 $i$ 和 $j$ 的相关系数反映了两个波段的相关程度,其大小取决于它们的协方差 $cov(i,j)$ 和它们的标准差 $S_i$ 和 $S_j$ ,其计算公式为:

$$R_{ij} = \frac{cov(i,j)}{S_i S_j} \quad (2)$$

### 3.2 最佳指数

由于图像各波段的标准差反映的是该波段各像元灰度值与平均值总的离散程度,这在一定程度上反映了各波段的信息量,标准差越大,该波段所包含的信息量也就越大。波段间的相关系数则反映了两个波段间的信息重

叠度,如果两个波段间的相关系数越大,则说明它们的信息重叠度高,可将这两个通道合二为一或者只取其中一个波段;而如果两个波段间的相关系数越小,表明各波段的图像数据独立性越高,信息冗余度越小,故美国 Chavez 等于 1994 年提出最佳指数 OIF 的计算方法,即

$$OIF = \sum_{i=1}^3 S_i \sqrt{\sum_{j=1}^3 |R_{ij}|} \quad (3)$$

式中,  $S_i$  为第  $i$  波段的标准差,  $R_{ij}$  表示  $i$  和  $j$  两个波段间的相关系数。通过相关系数矩阵可以求出任意 3 波段组合的图像的对应 OIF, OIF 越大则相应组合图像的信息量越大。

### 3.3 熵和联合熵

熵是图像的一种特征的统计形式,反映了图像中平均信息量的多少。熵表示图像中灰度分布的聚集特征所包含的信息量。令  $P_i$  表示单波段图像中灰度值为  $i$  的像素的概率,则定义一幅 8 比特表示的单波段灰度图像  $X$  的熵为:

$$H(X) = - \sum_{i=0}^{255} P_i \log(P_i) \quad (4)$$

3 个波段组合的图像的联合熵为:

$$H(X_1, X_2, X_3) = - \sum_{i_1, i_2, i_3=0}^{255} P_{i_1, i_2, i_3} \log(P_{i_1, i_2, i_3}) \quad (5)$$

式(4)和(5)中的  $\log$  函数均是以 2 为底的对数函数,式(5)中  $P_{i_1, i_2, i_3}$  表示图像  $X_1$  波段中像素灰度值为  $i_1$ ,  $X_2$  波段中同名像素灰度值为  $i_2$  与  $X_3$  波段中同名像素灰度值为  $i_3$  的联合概率。通常,  $H(X)$  和  $H(X_1, X_2, X_3)$  越大,图像所含信息量越丰富。

### 3.4 典型地物波谱特征分析

遥感数据是地物对电磁波反射信息及地物自身辐射信息的综合,本质上记录了地物总的辐射量即通常所说的 DN 值。各地物由于其内部结构、组成方式及物理化学性质不同,因而光谱特性在一般情况下也存在差异。基于这种原因,可以从遥感影像上选择出主要地物并绘制出其在各个波段上的光谱(DN 值)曲线,并分析曲线的变化趋势来选择波段可以达到事半功倍的效果。通常 DN 值重叠较多的波段不宜被选择,差异较大的波段才是理想的候选波段。

## 4 结果与分析

### 4.1 数据

覆盖顺德区的 ETM+遥感影像数据的卫星轨道号为 122/44, 本研究中所采用的数据获取时间为 2003 年 1 月 10 日。

### 4.2 试验结果

由于 Band6 为热红外波段,分辨率相对较低,一般不用于土地覆盖信息的分类,而是主要用于探测地热; Band8 为全色波段,主要用于增强空间分辨率。这两个波段基本上不参与彩色合成,故本研究中先剔除这两个波段。用美国 Exelis Visual Information Solutions 公司的遥感图像处理平台 ENVI 4.8 (The Environment for Visualizing

Images)可以容易地得到遥感影像剩余 6 个波段的统计值如最小值、最大值、均值、标准差。编制程序在 Matlab 2012b 下运行可以得到各波段的亮度差和信息熵,如表 1 所示。任意两波段之间的相关系数也可以由 ENVI 4.8 得到,如表 2 所示。

表 1 顺德区 ETM+遥感数据单波段统计特征

特征	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
最小值	72	50	43	25	9	1
最大值	189	181	216	161	255	255
亮度差	117	131	173	136	246	254
均值	83.7076	65.5231	61.7043	52.6070	44.9525	35.3174
标准差	6.6823	7.0719	10.5505	12.7562	19.5502	17.9052
信息熵	4.2463	4.4581	5.0910	5.6614	6.1813	5.9274

表 2 顺德区 ETM+遥感数据波段间相关系数

波段	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
Band 1	1					
Band 2	0.9323	1				
Band 3	0.9021	0.9548	1			
Band 4	0.5369	0.5256	0.5889	1		
Band 5	0.7213	0.6826	0.7636	0.8837	1	
Band 7	0.8134	0.7581	0.8251	0.7685	0.9630	1

由数学上组合公式可知,6 个波段中取出 3 波段组合的方法一共有 20 种,根据表 1 和表 2 编制 Matlab 程序计算出这 20 种 3 波段组合的 OIF 以及联合熵,结果如表 3 所示。

表 3 顺德区 ETM+遥感数据波段组合的最佳指数及联合熵

波段组合	相关系数和	标准差和	OIF	OIF 顺序	联合熵	联合熵顺序
123	2.7892	24.3047	8.7139	20	13.7954	20
124	1.9948	26.5104	13.2898	18	14.3658	19
125	2.3362	33.3044	14.2558	15	14.8857	17
127	2.5038	31.6594	12.6445	19	14.6318	18
134	2.0279	29.989	14.7882	13	14.9987	16
135	2.387	36.783	15.4097	12	15.5186	12
137	2.5406	35.138	13.8306	17	15.2647	14
145	2.1419	38.9887	18.2029	8	16.089	8
147	2.1188	37.3437	17.6249	10	15.8351	10
157	2.4977	44.1377	17.6713	9	16.355	6
234	2.0693	30.3786	14.6806	14	15.2105	15
235	2.401	37.1726	15.4821	11	15.7304	11
237	2.538	35.5276	13.9983	16	15.4765	13
245	2.0919	39.3783	18.8242	4	16.3008	7
247	2.0522	37.7333	18.3868	7	16.0469	9
257	2.4037	44.5273	18.5245	6	16.5668	5
345	2.2362	42.8569	19.1651	2	16.9337	3
347	2.1825	41.2119	18.8829	3	16.6798	4
357	2.5517	48.0059	18.8133	5	17.1997	2
457	2.6152	50.2116	19.1999	1	17.7701	1

从表 1 可以看出,佛山市顺德区 ETM+遥感影像各波段标准差从大到小排列顺序依次是 Band5 > Band7 > Band4 > Band3 > Band2 > Band1, 信息熵大小顺序也是如此,表明该研究区 ETM+影像的第 5 波段信息量最大,第 7 波段次之,第 4 波段再次之,第 1 波段信息量最小。波段的亮

度差是第7波段最大,第5波段稍小,也说明这两波段有最丰富的光谱信息。从表2可以看出,3个可见光波段之间的相关系数均超过0.9,说明Band1、Band2、Band3之间高度相关,波段之间存在着较大的信息冗余;近红外第4波段和其他任何波段之间的相关系数都比较小,其中,有最大相关系数的是Band4和Band5之间,为0.8837,但是小于0.9,表明第4波段相对独立;第5波段和其他波段之间相关系数也比较小,但是它和第7波段之间却有最大的相关性;和第5波段一样,第7波段也和其他波段之间相关性较小,说明第5波段和第7波段光谱信息相似度非常高,存在很大的信息冗余。鉴于此,从中红外波段Band5和Band7中选择一个波段,从可见光波段Band1、Band2和Band3中选择一个波段,再和近红外波段Band4组合应该是一个比较合适的波段组合。满足此要求的有6种组合,分别是145、147、245、247、345、347。根据波段组合的最佳指数和联合熵(表3),我们可以得到这6种组合的最佳指数大小顺序为345>347>245>247>145>147,联合熵大小顺序与最佳指数顺序只是第4位和第5位略微不同,其顺序为345>347>245>145>247>147。取排位的前3名,因此最佳波段的可选方案为345、347、245。

由于地物多样性,物质内部结构的复杂性以及大气衰减等影响,使得不同的地物在ETM+影像上在光谱反射和辐射特征存在差异,进而影响到不同地物的光谱特征曲线。为此,本研究采用GPS仪在野外定位实际调查以及和同时期研究区土地利用图比对,对影像上的农田、林草地、水体、裸地、居民点、交通用地等6类典型地类采样,每一类地物分别取30个不同位置的采样点,并尽量保证采样点在研究区内均匀分布,对每一个采样点得到6个波段的灰度值;然后对每一类地物的30个不同点的相同波段的灰度值取平均;最后用EXCEL绘制典型地物影像光谱曲线,结果如图1所示。从图1可以看出,典型地物在5和7波段光谱差异大,可分性最好,在1和2波段可分性最差。裸地和交通用地相对于其他地物在所有的波段的光谱差异都大,因此很容易区分,水体在第4、第5、第7波段都很容易与其他地物区分,林草地在第3、第5、第7波段和其他地物光谱差异大,也很容易区分。

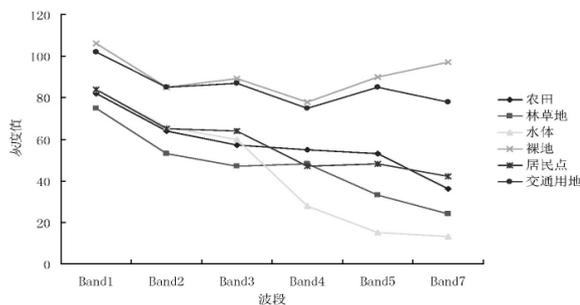


图1 顺德区典型地物 ETM+影像光谱特征曲线

通常,ETM+遥感影像的第7波段在探测森林火灾、岩矿蚀变带及土壤粘土矿物类型等方面有特殊作用,用于探测高温辐射源,基本上不用于植被提取。综合顺德区

ETM+影像单波段统计特征、任意两波段间相关系数、OIF、联合熵以及典型地物光谱特征曲线,最终我们确定345波段组合为最佳波段组合,其赋色方案有6种,经过用ENVI 4.8反复试验,给波段5赋予红色,波段4赋予绿色,波段3赋予蓝色后,图像色彩鲜明、层次清晰,各种地物可分性好,目视效果好,该赋色方案为最佳方案,如图2(封三)所示。其中,深蓝色的为水体,褐色的为居民点,墨绿色的为农田,浅绿色的为林草地,浅黄色的为交通用地,亮白色的为裸地。

## 5 结论

本研究针对珠江三角洲腹地中心的佛山市顺德区ETM+遥感影像的最佳波段选择彩色合成方法,结合单波段统计特征、波段间相关系数矩阵、最佳指数法、联合熵法、典型地物光谱曲线来寻找目视解译的最佳波段组合及彩色合成,试验结果得出如下结论:

(1)单独使用任何一种方法的最优结果所得到的组合都并非最佳组合,只有结合多种方法,详细分析才能得到最佳的波段组合。如457组合OIF和联合熵均最大,但Band5和Band7相关系数太大,波段冗余信息太多,因此457并非最佳波段组合。

(2)ETM+影像各波段的信息熵大小顺序和标准差的大小顺序是一致的,说明它们都是表征波段信息量大小的度量,只是标准差的变化幅度要大些。

(3)除了文中所涉及的基于信息量考虑的最佳波段组合方法外,还可以采用基于类间、类内可分性准则等来选择最佳波段组合,如:均值间的标准距离、离散度、B-距离、波段指数等。

(4)选择最佳波段组合时要针对遥感研究对象进行,不同的研究对象会有不同的最佳波段组合。而且不同传感器、不同分辨率的遥感影像,即使研究对象相同,其最佳波段组合也不尽相同。

## 参考文献:

- [1] 刘建平,赵英时.高光谱遥感数据解译的最佳波段选择方法研究[J].中国科学院研究生院学报,1999,16(2):153-161.
- [2] 姜小光,王长耀,王成.成像光谱数据的光谱信息特点及最佳波段选择—以北京顺义区为例[J].干旱区地理,2000,23(3):214-220.
- [3] 李谢辉,郑奕.基于最优波段组合的土地利用/覆盖遥感信息提取研究[J].安徽农业科学,2009,37(14):6696-6699.
- [4] 官凤英,范少辉,邓旺华,等.基于ETM+影像竹林信息提取的最佳波段组合研究[J].竹子研究汇刊,2009,28(3):10-13.
- [5] 李石华,王金亮,陈姚,等.多光谱遥感数据最佳波段选择方法试验研究[J].云南地理环境研究,2005,17(6):29-33.
- [6] 田振清,周越.信息熵基本性质的研究[J].内蒙古师范大学学报自然科学版(汉文版),2002,31(4):347-351.
- [7] 樊旭艳,付春龙,石继海,等.基于主成分分析的遥感图像模拟真彩色融合法[J].测绘科学技术学报,2006,23(4):287-290.
- [8] 张俊峰,沈明霞,何瑞银,等.农作物面积遥感调查中选择波段的选择研究[J].浙江农业科学,2007(1):7-9.
- [9] 朱秀芳,贾斌,潘耀忠,等.不同特征信息对TM尺度冬小麦面积测量精度影响研究[J].农业工程学报,2007,23(9):122-131.
- [10] 赵英时.遥感应用分析原理与方法[M].北京:科学出版社,2003.
- [11] 邓书斌.ENVI遥感图像处理[M].北京:科学出版社,2010.

# 非洲菊‘大臣’花托离体培养的研究（内文50~52页）图版

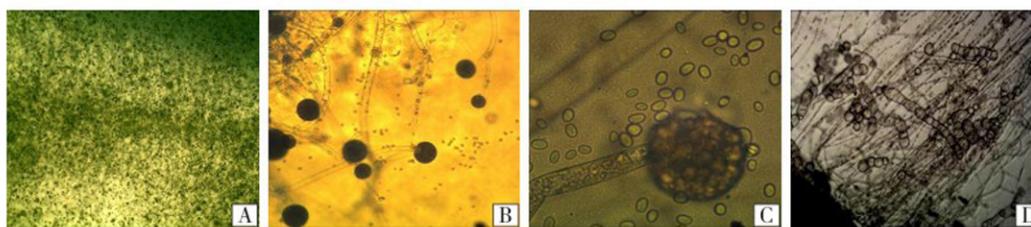


A: MS+6-BA 1.0mg/L+IAA 0.1mg/L;  
B: MS+KT 5.0mg/L+IAA 0.5mg/L  
图1 非洲菊不同培养基继代增殖情况

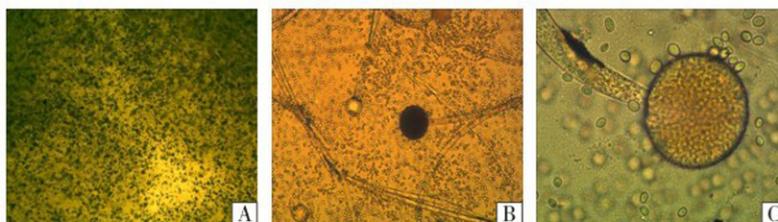


A: MS+IAA 0.2mg/L; B: MS+IBA 0.1mg/L;  
C: MS+NAA 0.02mg/L; D: MS+NAA 0.2mg/L  
图2 非洲菊生根不同生根培养基的生根情况

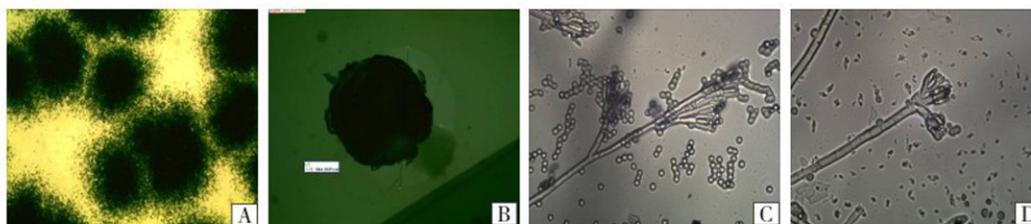
# 丁鱕体内3株可疑致病真菌的分离鉴定与生物学特性初步研究 （内文142~144页）图版



A: 菌落形态; B: 孢子囊梗分支及顶生孢子囊 (100×); C: 孢子囊及孢囊孢子 (400×); D: 结合孢子 (400×)  
图3 DGQ1的形态特征



A: 菌落形态; B: 孢子囊梗分支及囊轴 (100×); C: 孢子囊及孢囊孢子 (400×)  
图4 DGQ2的形态特征



A: 菌落形态, B: 抑菌照片; C: 帚状枝及分生孢子链; D: 分生孢子梗及瓶梗  
图5 DGQ3的形态特征

# ETM+多光谱遥感影像彩色合成 最佳波段选择研究 （内文196~199页）图版

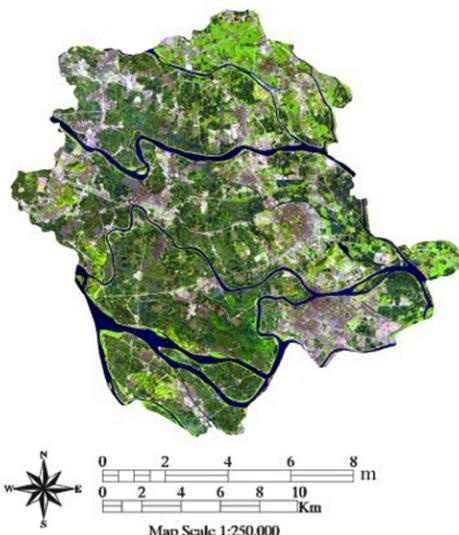


图2 顺德区ETM+影像543波段组合彩色合成效果