

利用彩色红外航空像片判读 盐碱、风沙和积涝土壤 (以天然-文岩渠流域为例)

刘兴文 韩江

(中国科学院南京土壤研究所)

1985年11月13日收到

一、天然-文岩渠流域土壤概况及所用制图单元

天然-文岩渠流域位于河南省新乡市东面,面积约3400平方公里。主要土壤类型有:典型潮土、褐土化潮土、新积土、盐化潮土、碱化潮土、沼泽化潮土、沼泽土、风沙土及面积不大的盐土和碱土。除前三种土壤没有明显的障碍性因素外,其它几种土壤都具有盐害、碱害、风沙、瘠薄或淹涝等障碍性因素而不利于农业生产的进一步发展。为了查清这些土壤的分布范围和面积,给制订“天然-文岩渠流域综合治理总体方案”提供有关自然

表1 《天然-文岩渠流域盐碱、风沙、积涝土壤分布图》制图单元

Table 1. Mapping Units of "Soil Map of Alkali-saline Soil, Aeolian Sandy and Waterlogged Soil in Tianran-Wenyan Qu Basin"

第一级单元	第二级单元	分级依据	代号	包括土壤
盐化土壤	强盐化土壤	土表*含盐量>2%,盐斑密度>40%	s ₁	强盐化潮土、盐土
	中盐化土壤	土表*含盐量1-2%,盐斑密度10-40%	s ₂	中盐化潮土
	弱盐化土壤	土表*含盐量0.3-1%,盐斑密度<10%	s ₃	弱盐化潮土
碱化土壤	强碱化土壤	土壤碱化度>20%,碱斑面积>40%	a ₁	强碱化潮土、碱土
	中碱化土壤	土壤碱化度为10-20%,碱斑面积为10-40%	a ₂	中碱化潮土
	弱碱化土壤	土壤碱化度<10%,碱斑面积<10%	a ₃	弱碱化潮土
风沙土	流动半流动风沙土	丘状,土壤含沙量>90%,植被覆盖度<30%	c ₁	流动半流动风沙土
	固定风沙土	丘状,土壤含沙量>90%,植被覆盖度>30%	c ₂	固定风沙土
	平地风沙土	地形平坦,土壤含沙量>80%	c ₃	平地风沙土
积涝土壤	常年积涝土壤	常年积水	d ₁	沼泽土、水坑
	季节积涝土壤	一年中多雨季积水,少雨季节不积水	d ₂	沼泽化潮土、河滩新积土、盐化潮土
	易涝土壤	短期积水使农作物受涝减产	d ₃	潮土、盐化潮土、河滩新积土

* 即0-2厘米土层厚度。

资源的各种可靠资料,分别于1983年9月和1984年3月进行了两次航空摄影,获得了1:3万和1:5万的彩色红外像片,并据此绘制了1:10万的《天然-文岩渠流域盐碱、风沙、积涝土壤分布图》(1983—1984)。为了满足制订上述总体方案的需要,还拟定了表1所列的制图单元。

二、天然-文岩渠流域的土壤光谱及其与彩色红外航空像片色调变化的关系

虽然天然-文岩渠流域的土壤类型不很复杂,但由于异土同谱和同土异谱现象的存在,特别是由于植被覆盖度不同所引起的光谱变化,使各种土壤的光谱更趋复杂。为了解解能否在彩色红外像片上判读出盐碱、风沙、积涝土壤,我们在航空摄影时,对该流域的几种主要土壤的反射光谱进行了野外准同步测量(即在航空摄影的前一天、当天及后一天的10—16时测量的)。所用仪器为国产101W野外光谱仪。各种土壤重复测定8—12次,用其平均值代表各种土壤的光谱反射率。所得结果见图1。

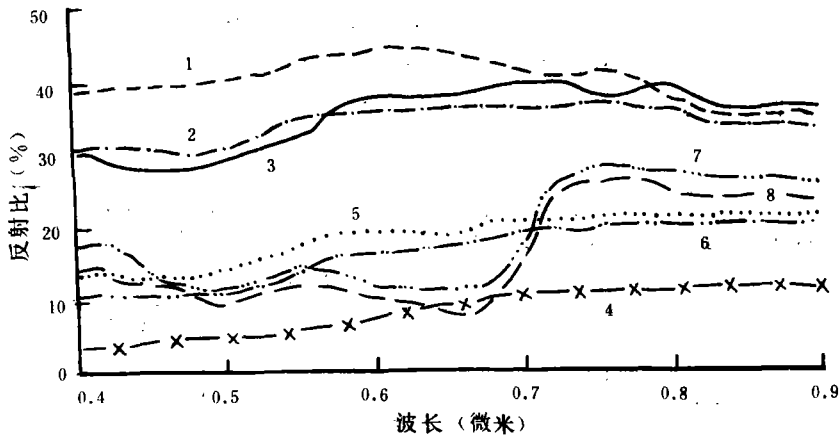


图1 天然-文岩渠流域主要土壤的反射光谱

Fig. 1 Reflectance Curve of Main Soils of Tianran-Wenyan Qu Basin

1. 盐化潮土, 2. 碱化潮土, 3. 流动半流动风沙土, 4. 潮土(水份饱和), 5. 干、裸潮土, 6. 润、裸潮土, 7. 小麦覆盖的干潮土, 8. 小麦覆盖的湿潮土

图1中的曲线1至4是欲判读的几种土壤的反射光谱曲线,曲线5至8是其它背景土壤的反射光谱曲线。从这些曲线的位置和图形上可以看出,盐化潮土、碱化潮土、风沙土及积涝土壤与其它背景土壤有明显差别;碱化潮土和风沙土的光谱曲线的位置和形状都很接近,说明这两种土壤在彩色红外像片上的影像色调无明显差别。

虽然我们没同步测定沼泽土和水体的反射光谱,但由于停滞水在0.7—0.9微米波长范围内的光谱反射率比土壤要低^[1],所以,它们在彩色红外像片上的影像色调,不仅不会和盐化土壤、碱化土壤、风沙土相混淆,而且还和其它背景地物的影像色调有明显差别。

为了进一步分析欲判土壤在彩色红外像片上所成影像的色调差别,我们采用 CMT

型分光光度计测定了航摄底片上一些典型影像的红、绿、蓝光的光密度。根据光密度定义： $D = \log I_0 - \log I_\lambda$ (D 为光密度, I_0 为入射光强度, 设值为 1, I_λ 为透射光强度), 可算出各典型影像的透射分色光的相对光强。在测定光密度时, 我们将片基一面朝向光源, 呈色药膜一面朝向光电管, 所以透过片基后的透射光, 即为测定呈色药膜光密度的入射光强度 I_0 。通过测定片基的红、绿、蓝光的光密度, 便可得到入射光强度 I_0 中红、绿、蓝光的相对光强。它们之间的比例即为红、绿、蓝光组合成不同明度的“中性光”的比例。在我们的工作中红、绿、蓝光的比例为 1.02:1.00:0.78。将这一比例, 做为通过各影像的分色光叠加成“中性光”的比例标准, 就可以算出各典型影像分色透射光叠加后的光色变化。例如, 点号 17 的分色透射光叠加后的光色变化, 可计算如下: 由于红、绿、蓝分色透射光分别为 0.166、0.036 和 0.045。其中绿光光强最小。按合成“中性光”的比例标准, 分别需要 0.037(即 0.036×1.02) 的红光和 0.027(即 0.045×0.78) 的蓝光与它相匹配, 才能叠加成“中性光”。所以红、绿、蓝分色透射光中, 必定有 0.037 的红光、0.036 的绿光和 0.027 的蓝

表 2 盐渍、风沙、涝洼土壤在彩色红外负片上的光密度及计算出的颜色

Table 2. Light Density and Calculating colour on Negative colour infrared Film of Tianran-Wenyan Qu Basin

点号	地物	光密度			透光光强			叠加光强				叠加光色	洗印片颜色
		R	G	B	R	G	B	W	R	G	B		
	片基	0.20	0.21	0.31	0.631	0.617	0.487	1	0	0	0	“中性”	黑色
17	碱化潮土	0.78	1.44	1.35	0.166	0.036	0.045	0.06	0.129	0	0.017	深红带品	淡青色
20	碱化潮土	0.77	1.46	1.35	0.170	0.035	0.045	0.06	0.134	0	0.019	深红带品	淡青色
22	碱化潮土	0.86	1.58	1.44	0.138	0.026	0.036	0.04	0.112	0	0.017	深红带品	淡青色
12	盐化潮土	0.98	1.84	1.67	0.105	0.015	0.021	0.02	0.090	0	0.010	暗红带品	白带极淡青
15	盐化潮土	0.99	1.74	1.62	0.102	0.018	0.024	0.03	0.083	0	0.013	暗红带品	白带极淡青
16	盐化潮土	1.08	1.88	1.70	0.083	0.013	0.020	0.02	0.069	0	0.010	暗红带品	白带极淡青
4	风沙土	0.88	1.61	1.43	0.132	0.024	0.037	0.04	0.108	0	0.020	深品红	白带极淡绿
5	风沙土	0.91	1.70	1.46	0.123	0.020	0.035	0.03	0.103	0	0.020	深品红	白带极淡绿
6	风沙土	0.90	1.69	1.48	0.126	0.020	0.033	0.03	0.106	0	0.018	深品红	白带极淡绿
自-7	潮土(润)	0.82	1.45	1.26	0.151	0.035	0.055	0.06	0.115	0	0.030	深红带品	淡青绿
自-19	潮土(润)	0.70	1.72	1.19	0.200	0.054	0.065	0.09	0.145	0	0.025	深红带品	淡青绿
自-4	潮土(润)	0.98	1.71	1.41	0.105	0.019	0.039	0.03	0.086	0	0.025	红带品	极淡青绿
自-14	潮土(湿)	0.58	1.08	1.00	0.263	0.083	0.100	0.13	0.178	0	0.038	暗红	青
自-10	潮土(湿)	0.54	0.90	0.86	0.288	0.126	0.138	0.20	0.160	0	0.045	暗红	青
自-16	潮土(湿)	0.56	1.14	1.02	0.275	0.072	0.096	0.12	0.202	0	0.025	暗红	青
1	小麦地	0.42	0.33	0.55	0.380	0.468	0.282	0.60	0	0.078	0.008	亮青绿	红
2	小麦地	0.50	0.46	0.64	0.316	0.346	0.229	0.50	0	0.036	0.002	淡青绿	淡红
25	小麦地	0.40	0.28	0.51	0.380	0.468	0.282	0.60	0	0.078	0.008	亮青绿	红

光叠加成了“中性光”。只剩下 0.129 的红光和 0.017 的蓝光形成了品红色的光。又因为形成“中性光”的红、绿、蓝光的相对光强之总和为 0.100, 仅占入射光中红、绿、蓝光相对光强总和的 0.06 倍, 所以形成的品红色的饱和度很高, 故为深品红色。其叠加步骤可用下式简单地来表示:

分色透射光 光 色	相对光强	叠加形成中性光所 需的分色光光强	叠加后分 色光光色	形成的中性 光和剩下的 分色光光强	叠加后 的光色
R	0.166	— 0.036 × 1.02	W	0.06	} 深品红色
G	0.036	— 0.036 × 1.00	R	0.129	
B	0.045	— 0.036 × 0.78	G	0.00	
			B	0.017	

根据彩色像片的互补成色显影原理, 便可推断出各典型影像在洗印片上的色调变化。计算及推断结果如表 2 所示。

此外, 为了研究盐化程度的强弱与影像密度的关系, 我们还将盐化土壤的表层(0—2 厘米)盐分含量分别和红、绿、蓝透射光密度进行直线回归。其结果表明, 红光密度和土壤表层含盐量的相关系数, 已达到极显著水准。回归方程为:

$$y = 19.71x - 17.5 \quad (N = 10, r = 0.84)$$

绿、蓝光光密度和土壤表层含盐量的相关系数, 都没有达到显著标准。

当目视判读难以确定盐化程度的强弱时, 我们常利用上述直线方程和欲判影像的红光透射密度, 来计算所对应土壤的盐分含量。

前述影像透射光叠加的计算方法, 所利用的三原色光合成中性光的比例, 虽不符合 1931CIE-RGB 系统所规定的匹配白光的三原色比例^[2], 但用它来推断不同土壤影像色调的半定量标志还是可取的。

三、盐碱、风沙、积涝土壤的判读

1. 盐化土壤的判读

在彩色红外像片上, 盐化土壤最容易判读。由于盐化土壤在波长 0.5—0.8 微米范围内的光谱反射率比其它土壤高, 所以它在洗印片上的色调最淡, 呈现近白色或极淡青色, 很容易与其它土壤区分开来。在有的彩色红外像片上, 由于暗室洗印条件的变化, 有些盐斑的影像色调也会和干燥的、表面平整的裸土(如晒场、未耕翻的农闲地)相混淆。但如果注意它们之间的影像形状和分布部位, 是不难区分的。盐化土壤多分布在较低洼的地段, 影像多成不规则的斑块状和条带状; 晒场、未耕翻的农闲地则分布在村庄周围及地势较高的地方, 其影像形状多成规则的方块状或矩形。

在彩色红外像片上判读盐化程度的强弱也比在黑白航片上容易得多。在一返盐地段中, 尽管土壤表层的含盐量变化很大, 可由 0.2% 升高到 3—5%, 但只要地面出现白色盐霜, 彩色红外像片上就会呈现不规则的白色斑状影像。随该地段盐化程度的加重, 盐斑影像的分布密度亦随之加大, 其颜色也越趋发白。因此, 根据盐斑分布密度和盐斑影像色调的变化, 即可判读出不同返盐地段土壤盐化程度的强弱。

2. 碱化土壤的判读

在彩色红外像片上,碱化土壤的影像形状与盐化土壤相似,但其色调不如盐化土壤白,而和风沙土接近。因此,经验不足的判读人员容易将碱化土壤和风沙土中的平地风沙土混淆起来。平地风沙土所处地势都较高,影像成片,不破碎,其大小也比碱化土壤的影像大得多。据此不难将它们区别开来。

判读盐化、碱化土壤的最佳摄影时间是春灌以前,此时是黄淮海平原返盐返碱最强烈的时期,摄影获得的盐化、碱化土壤信息也最多。但由于黄淮海平原上的不少碱化土壤,春季都伴随有一定的返盐过程,因此,仅用这一时相的彩色红外像片,难以完全将盐化及碱化土壤区分开来。通过判读9月份彩色红外像片发现,黄淮海平原在9月份返盐现象不明显,从而突出了土壤碱化过程的特点,所以9月份航空像片上多呈现碱斑影像而缺少盐斑影像。我们将3月份和9月份的彩色红外像片进行了对比判读,达到了区分盐化土壤和碱化土壤的目的。

3. 风沙土的判读

风沙土在彩色红外像片上的色调随摄影时间和植被覆盖度的不同而不同。在9月份的彩色红外像片上,流动、半流动风沙土呈极淡黄色,固定风沙土呈红色或红棕色。通过立体观察可以看到这两种风沙土都具有沙丘、沙垄状地貌。在9月份彩色红外像片上,由于平沙地上还有农作物,所以难以和其它背景土壤区别开来。在3月份的彩色红外像片上,流动、半流动风沙土呈极淡黄或极淡青色,固定风沙土呈青色。由于平沙地无灌溉条件,多为冬闲地,所以在3月份彩色红外像片上平地风沙土多呈极淡黄色而有别于其它背景土壤,加之平沙地的农田基本建设差,多无固定地埂,有的平沙地上即使有地埂,也不如背景土壤上的地埂影像整齐、光滑。据此,在3月份的彩色红外像片上,不难将平地风沙土判读出来。

4. 积涝土壤的判读

积涝土壤是指一年中出现常年积水、季节积水或短期积水而使作物受涝减产的洼地土壤。由于判读积涝土壤的标志是土壤积水和受淹程度,因此,积涝土壤判读的实质就是确定有无积水及其维持时间的长短。由于被水分饱和的土壤和地面的滞积水体在可见光至近红外波段范围内的光谱反射率比其它土壤都低,因而它们在彩色红外像片上分别呈现蓝绿色和蓝色。在9月份彩色红外像片上,常年积涝地和季节积涝地的影像色调和水库、水塘的影像色调相似,但后者的影像形状规则、边缘光滑,还常附有某些人工建筑物如堤坝、水渠、闸门等,因此,不难将它们区分开来。

仅利用一个时期的彩色红外像片难以判读地面积水时间的长短,即难以区分常年积涝土壤与季节积涝土壤。为此,我们将多雨季节即9月份的彩色红外像片和少雨季节即3月份的彩色红外像片进行对比判读,取得了区分常年积涝土壤与季节积涝土壤的良好效果。即在两个时相的彩色红外像片上都呈积水影像的地段为常年积涝地;在9月份彩色红外像片上呈积水影像,而在3月份彩色红外像片上没有呈现积水影像的地段为季节积涝土壤。

四、判读精度

片,绘制了天然-文岩河流域各种盐碱、风沙、积涝土壤的分布图,并求出了它们的面积。

为了评定在彩色红外像片上判读盐化土壤、碱化土壤、风沙土和积涝土壤的精度,我们对所编制的 1:5 万《天然-文岩河流域盐碱、风沙、积涝土壤分布图》进行了野外精度检查。精度检查是用“典型地段选线、随机等距观察法”进行的。其结果如表 3。

表 3 《天然-文岩河流域盐碱、风沙、积涝土壤分布图》精度检查结果
Table 3. Accuracy Check Results of "Soil Map of Alkali-saline Soil, Aeolian Sand and Waterlogged Soil in Tianran-Wenyan Qu Basin"

被检验点的制图类型	图面和实地相一致的点数	图面和实地不一致的点数	制图精度(%)
重碱化土壤	2	0	100.0
中碱化土壤	9	1	90.0
轻碱化土壤	17	1	94.4
重盐化土壤	8	1	88.9
中盐化土壤	30	2	93.8
轻盐化土壤	60	15	80.0
流动、半流动风沙土	6	0	100.0
固定风沙土	14	0	100.0
平地风沙土	8	1	88.9
常年积涝土壤	5	0	100.0
季节积涝土壤	15	0	100.0
易涝土壤	0	0	—
非盐碱、风沙、积涝土壤	35	0	100.0
总 数	209	21	90.9

从表 3 可以看出,流动半流动风沙土、固定风沙土、常年积涝土壤、季节积涝土壤的判读精度都很高。这些土壤容易被判读的原因是它们的判读标志明显,不易受人为因素影响。

盐化、碱化土壤的判读精度较低,仅为 84% 左右。通过实地检查发现,虽然盐化、碱化土壤的判读标志很明显,但容易受灌水、中耕等人为活动影响。盐化、碱化土壤被灌水、中耕后,地面盐霜、碱皮消失,彩色红外像片上呈现不出盐化、碱化土壤的影像。为了进一步查清这一原因对判读精度的影响并修正所制图件,我们详细地复查了封丘县境内的盐、碱土区的灌水地块图像所对应的土壤,其结果是:在 286 块盐化、碱化土壤图斑中,漏掉了 48 块,占 17.1%。这说明,如果航摄时春灌已经开始,在利用所得彩色红外像片进行盐化、碱化土壤制图时,必须辅以较多的野外补充调查,否则,会使制图精度受较大影响。

在 20 个流动半流动风沙土和固定风沙土检查点中,没有出现错误判读,而在 8 个平地风沙土检查点中,出现 1 个错误判读点。这说明沙丘、沙岗地貌在风沙土判读中起着重要作用。由于平地风沙土所处的地貌类型和潮土一样,加上某些潮土的质地较砂、农田基本建设较差以及冬季休闲,因此,它们在 3 月份的彩色红外像片上的影像便和平地风沙土很

相似,因而容易造成判读错误。

五、结 论

彩色红外像片所提供的土壤信息比黑白片丰富得多。在彩色红外像片上不仅能判读出盐碱化土壤、风沙土和积涝土壤,而且还能利用不同时相的彩色红外像片将盐化土壤、碱化土壤、常年积涝土壤和季节积涝土壤区分开来。此外,根据盐斑的分布密度和它们在透明片上的影像光密度的高低,还可以半定量地判读出不同地段的土壤盐化程度。

在天然-文岩渠流域,判读精度可达90%左右。除了平地风沙土和某些潮土的影像相似外,影响判读精度的因素,主要是春灌后盐化土壤在彩色红外像片上呈现不出盐斑影像。

参 考 文 献

- [1] 戴昌达等译(B. E. Hoyer 等著),遥感技术在土壤和水资源研究中的应用,科学出版社,第172页,1981年。
[2] 荆其诚等,色度学,科学出版社,第74页,1979年。

Interpretation of Salinized Soil, Alkalinized Soil, Aeolian Sandy Soil and Waterlogging Soil on the Color Infrared Photograph

Liu Xingwen Han Jiang

(Nanjing Institute of Soil Science, Academia Sinica)

Abstract

The present paper discussed the interpretation of the salinized soil, alkalinized soil, aeolian sandy soil and waterlogged soil on the color near-infrared photos of Huang-huai-hai plain. The analysis of the spectral differences between these kinds of soil and their background soil indicates a reliability of interpreting them on the color nearinfrared photos. Because the close relation between the density differences of these soil images on the color near-infrared films and the change of colors of the photos, not only salinized and alkalinized soil, aeolian sandy soil and waterlogged soil can be distinguished, but also the soils of different degree of salinization and solonization can be interpreted. Using color near-infrared photos., not only salinized soil and alkalinized soil, but ever-flooding soil, seasonal-flooding soil and easy-flooding soil can be distinguished by simultaneous interpreting them on the color near-infrared photos

taken in spring and autumn. The results show the interpretation accuracy of aeolian sandy soil being the most high, waterlogged soil second, and salinized and alkalized soil low. Total accuracy can reach 90%.