

土壤航測制图的研究

I. 半干旱褐土区航空象片的土壤判讀*

戴昌达

(中国科学院土壤研究所)

早在本世紀三十年代,国外土壤調查制图已經开始应用航空象片^[1,2],但仅仅作为輔助資料。第二次世界大战后,航攝資料才得到广泛的运用,并且开展了航空象片土壤判讀的研究,在室内的象片分析方面,取得不少成果^[3],这样就大大压缩了野外工作量,进一步提高了調查制图的精度与速度。可是国外的的工作多半在自然植被保存較好、土壤受人为影响不大的荒漠草原、干草原及森林地区。不少土带尚缺乏土壤判讀資料^[4]。我国耕作历史悠久,土壤受人为活动的影响深刻,在这种情况下的航空象片土壤判讀問題还有待于探索。为了尽快地满足我国生产建設的实际需要,建立完整的土壤航測制图技术,我們认为必須同时考虑三个方面:第一,各土区航空象片土壤判讀的依据和方法;第二,不同比例尺、不同目的要求的航空象片轉繪成图的步驟和技术;第三,在不同地区、为了不同目的应用航空象片編制土壤图集的图幅內容及其在生产中的利用問題。紧紧抓住这三个环节开展研究,就有可能使航空象片有成效地、广泛地应用到土壤調查制图中去,为彻底摸清土地資源、合理进行土地利用规划、确定土壤改良措施等生产任务提供切实有用的資料和可靠的依据。为此,我們于1962年首先在半干旱褐土区选点着手进行航空象片土壤判讀的試驗研究。現就該項工作所取得的結果报导于后。

研究地区的航空象片是黑白全色片。1960年6月下旬摄影。摄影时加戴黄色滤光鏡。象片比例尺为1:15,000。工作中还使用了1:45,000的象片鑲輯复照图和1:25,000的象片略图复制品。

分析象片略图复制品确定,研究地区可概括为山丘和山前平原两大地貌类型。判讀单张象片得悉,前者包括石山、土丘和一个具寬谷口的山間盆地,后者則能分出山麓冲积扇和山麓緩斜平原。上述两大类地貌单元上所分布的土壤类型、性状、成土条件,以及在航空象片上判讀的方法和依据的标志均有較大差別。茲分別举例进行討論。

一、半干旱山丘区的土壤判讀

(一) 山地土壤主要判讀因子的掌握 山丘地区的特点是,高差大,大、中地貌发育明显。在航空象片上地貌要素反映得十分清楚,而土壤和地貌之間的相关性又很突出。所以判讀山丘地区的土壤时,地貌要素可作为主导标志。通过地貌判讀确定了地貌类型的差別,进而推断土壤类别。例如航空象片1清楚地表现出山丘地区的三种主要地貌单

* 席承藩先生指导。参加本項工作的尚有土壤研究所蔡茂德,地理研究所郑威、林恆章、施曼丽等同志;在开展工作中得到地理研究所的支援和幫助,特此志謝。

元的影象:石质山地、河滩和阶地。石质山地影象(1)的主要特征是色调深浅转换剧烈。向阳坡的照度较强,在象片上获得浅色调的影象;而阴坡及半阴坡受到的照度较弱,故在象片上就获得深色调的影象。色调转换的交接线或为山脊,或为沟底。一般说来,反映沟底的交接线常为弯曲的宽带;而反映山脊的交接线则呈弯曲的细线。并且随着山势陡峻程度的加剧,这条交接线的分界就显得格外明显而发生突然的波折,这在象片2(1)中表现得更为突出。河滩地的影象(2)完全不同于山坡地,它呈长条形的微斑点状图型。其中出现的黑色条带系摄影时期的水道。黑色条带狭窄而不连续,说明这条河流是间歇性河道,摄影时业已断流。石质山地和河滩之间,呈均匀的灰色调的影象(3)是阶地,已全部开垦利用。农地影象的特点是:形状有规则,轮廓边缘为暗色调的线条(地埂)所封闭。在立体镜下观察时,清楚地看出,阶地按高度分为两级,(3a)为低阶地,(3b)为高阶地。两级阶地的高差约5米。

从土壤分布和地形部位之间的相关规律可以断定:轮廓(1)是石质山地粗骨性土壤;轮廓(2)是发育程度极低的河滩冲积性土;轮廓(3a)系草甸土与地带性土壤之间的过渡类型;轮廓(3b)则分布地带性土壤。

进一步分析象片可以发现,山地的自然植被属稀疏的草本灌木,复盖度一般均在50%以下。查阅气象资料及已有的植物和土壤资料得知,当地具半干旱暖温带大陆性季风气候的特征,原生植物为旱生森林,在这种生物气候条件下发育的地带性土壤系褐土类型。由此可进一步明确,(3a)属草甸褐土,(3b)则系褐土。

(二) 山地土壤的成土母质的判读 发育于不同母质的山地土壤,常常在航空象片上表现出截然不同的影象特点,因此极易区别。例如航空象片2明白地表明,此处山地土壤发育于三种不同的成土母质上[轮廓(1)、(2)、(3)代表三种母质类型]。轮廓(1)的色调转换剧烈,交接线极为明显,呈明暗相间的肋状图型。这表明此处山势陡峻,并且不少地方岩石裸露。露头在象片上呈色调较淡的、凸出的、不规则的粒状影象(1),这是抗蚀性较强的岩石构成的童山景象。由此亦可推测,这种山地除裸岩以外,所发育的土壤必为薄层粗骨土壤。从象片上还判读出,除局部凹坡和沟谷洼地(这种局部地形可能堆积较厚的土层)植有果树外,在广阔的山坡上仅长稀疏的草类。过少的植被和陡峻的坡度都加剧了水土流失的强度,使得光山秃岭的面貌更加突出。实地调查证明,这里是硅质灰岩山地,生长着稀疏、耐旱、耐瘠的荆条、翻白草、蒿属、胡枝子等草本和灌木。局部地方残存有土壤,呈褐棕色,质地为中壤—重壤,中性,无石灰反应,故定名为硅质灰岩发育的淋溶褐土性薄层土壤。

轮廓(2)具有迥然不同的图型。其形状近似面上涂有奶油、糖汁的酥蛋面包,有圆形(2a)、长条形(2b)两种,影象色调的转换都较和缓,表明此处山势不陡,构成山体的岩石(实地查明为粗晶花岗岩)抗蚀性低,易崩解风化,岩石露头减少,土层增厚。此种花岗岩山地所生长的植被,无论在数量上或种属类型上均较硅质灰岩山地显著增多,尤其是木本成分如櫟树、油松及酸枣等。故影象中微斑点增加。缓坡修筑成梯田处则大多栽培了果树,构成行列整齐的暗灰色粒状图型。

花岗岩上发育的土壤仍属淋溶褐土类型,但质地和土层厚度有变异。凡开垦成梯田土层增厚、含石櫟较少的土壤,定名为花岗岩发育的耕种砂砾质淋溶褐土。其它荒坡则发

育有具有一定厚度的褐土性粗骨土。

輪廓(3)是花崗岩山体中长期冲刷形成的大沟壑。曲折的白色条带系干涸的砾质沟底,黑色条带则是长了草灌的沟坡。在立体鏡下看到,沟壑下切很深,有几段已有基岩露出。沟旁殘留不連片的土状台地,在白色背景上散布着行列整齐的黑点。黑点系果树的影象;白色色調則表明这种殘留台地上的土壤极为干燥,有机质貧乏,含碳酸盐等淡色物质較多,且土壤表层的顏色近于黄色。因为有机质含量少而干燥的土壤,其光谱亮度和总亮度都較高,反映在象片上必得浅色調的影象^[6-8]。而根据加载深黄色滤光鏡 KC-18 的黑白全色航空軟片的光谱曲綫^[9],正是近于黄色的物体(波长为 565 毫微米)将在象片上获得色調最明亮的影象。实地观察后証实,殘存台地系由复盖在基岩上的富含碳酸盐的黄土状沉积物所組成。其質地为粉砂质輕壤土,渗透性能良好。在夏秋雨季強烈的淋溶作用下,碳酸盐已开始向下移动,故剖面的中上部仅見到假菌絲体的累积,而中下部泡沫反应有增强趋势。但由于母质中碳酸盐含量丰富,而且淋溶过程只发生在短暫的雨季,所以全剖面仍有石灰性,呈微碱性反应。这是研究地区广泛分布的土壤类型——褐土所具有的特征。

(三) 山区河滩地和阶地土壤的判讀 航空象片 3 清楚地反映了河滩地和阶地的各种土壤类型。象片中部的河床(呈灰、白色調相間的流紋状图型)分成左右两叉,其間夹着两个形成时期显然不同的沙洲(1a 和 1b)。1a 全部为农地,呈較均匀的灰色。表明这个沙洲的沉积物质較細而均一,形成历史較早,早已全部耕垦利用。1b 部分开成农地,农地的排列紊乱,其間尚有荒蕪的土地,生长着草本植物,它在象片上呈暗灰色調,并散布着由砾石反映出来的浅色斑点,这些都意味着該沙洲表面很不平整,沉积物质多砾石,人为改造作用尚不強烈,属于近期形成的沙洲。实地調查証明,新、老沙洲发育的土壤类型均系冲积-草甸土性土壤。但两者的质地和土壤发育程度都有很大差别。老沙洲(1a)发育細砂质耕种冲积-草甸土性土壤,耕层厚 20 厘米,呈油灰色,开始有团聚体形成。新沙洲(1b)則含較多的粗砂和砾石,耕层的顏色变化不大,結構体也不明显。虽經耕种,但剖面形态仍属砂砾质冲积-草甸土性土壤,其肥力状况显然較老沙洲的土壤为差。

輪廓(2)是經常摆动的干河床,其中浅色綫条为近代河槽砂石滩。滨河槽分布着未經开垦的、成土过程經常为冲积物质所中斷的层状冲积-生草土。

輪廓(3)是高河漫滩,已全部垦为农地。除地埂綫条以外,看不出影象色調有明显的变化,說明此处土壤条件单纯。从实地勘查所掌握的土壤分布規律得知,此系砾质砂壤冲积-草甸土。

阶地土壤的影象(4)完全不象砂砾质河滩地(2)那样紊乱,具有較均匀的灰色色調。和河滩地之間有黑色粗綫隔开,黑色粗綫系陡坎的反映。用立体量測技术量出西岸陡坎的高差約 2 米,东岸陡坎的高差約 3 米。对象片进行立体观察时还清楚地看出,东、西岸的阶地皆分成兩級。每級阶地的表面基本平坦而略有傾斜。已全部开为农地。高阶地种植果树,間旱作;低阶地以單純的旱作为主。耕地影象的色調除决定于土壤顏色、水分条件、腐殖质含量、土壤机械組成等因子以外,很大程度上还取决于利用情况和作物种类。在阶地上可以看到几块色調特別明亮的地块,这是收割后的麦地,因为黄色的麦稈殘茬和尚未耕翻的平滑地表反光很強。但总的来看,阶地土壤在象片上的影象皆为均匀的灰色,

远没有黄土状母质发育的褐土影象那样浅淡,因而可以判断:高、低阶地上的成土母质都不是黄土状物质,其土壤的水分状况和腐殖质含量也都比山沟中残留台地上发育的褐土为高,但较河漫滩的草甸性土壤低。故可肯定低阶地上分布着褐土和草甸土之间的过渡性土壤——草甸褐土。而高阶地的土壤,从地形、利用状况(种植大量果树)来推断,地下水位不会高,应该发育褐土,但它不同于山沟中残存台地上的褐土,系非黄土状母质发育,剖面上部也无石灰反应。

(四) 土壤侵蚀状况的判读 山麓坡地土壤常遭受侵蚀。侵蚀过程的强度、形状及其空间分布,采用航空摄影都可得到清晰而客观的全面的记录。在象片 4 中我们看到了:被密集的树枝状侵蚀沟所割切的强度沟蚀地区(1);侵蚀沟较少的弱度沟蚀地区(2);基本上未发生土壤侵蚀的地区(3)。轮廓(4)的侵蚀沟虽也很少,但和周围的土壤影象比较起来,色调显得较浅而模糊。这表明富含有机质的表土已被冲刷,心土出露。无疑这是强度面蚀的地区。这样我们根据影象特点就能够确切地勾划出四种侵蚀状况不同的地区。

如果要对土壤侵蚀现象做进一步的研究,则可以采用精密的立体量测设备和技术,测出侵蚀沟的长度、宽度、深度等数据,从而获得侵蚀状况的数量概念。采用定期摄影,分析比较不同时期拍摄的象片,还能对侵蚀过程进行动态的研究。

(五) 山坡地利用状况的判读 在航空象片上常常能极其清晰地反映出山坡地的各种利用方式:阴坡、半阴坡的坡腰和坡麓,水分状况稍好,聚积的土层较厚,植物生长条件颇佳,一般都已开成梯田,种植旱作,梯田埂上栽培了果树(见象片 4);而阳坡则因光照强、温度高、土壤水分容易丧失,故植被稀疏,促使土壤受到强烈侵蚀,造成冲沟密布,石块嶙峋的景象(见象片 1),显然,这种坡地目前已丧失农用价值,只供放牧。

山坡地的梯田在象片上无例外地都构成一种特有的同心弧图型(见象片 2),由同心弧的大小、宽窄变化,即可得知梯田宽度、长度,从而量算出梯田的面积,确定坡度的大小。故应用航空象片对摸清山区土地资源具有特别重要的意义。

二、半干旱平原地区的土壤判读

平原地区土壤的判读方法和山丘地区相比,有很大差异。平原区地势虽然也有变化,但地面基本平坦,大、中地貌都不发育。且土地几乎已全部耕垦利用,自然植被消失,地面常为栽培植物所遮盖。因此,在立体镜下观察航空象片,不容易直接看到地面的起伏变化。这样,平原地区的地貌要素就不能作为判读土壤的主导标志,也就不能从地貌判读来着手推断土壤类型,而必须考虑其它的判读方法和途径。

(一) 通过土地利用方式判读耕种土壤类型 在象片 5 上可看到几种形状极为特殊的影象:轮廓(1)表现为暗灰-黑色的格状图型,这是稻田的影象。因为摄影时正处在水稻生长期,田里经常泡水,水面吸收光线强,故在象片上得到近于黑色的影象。而格状则是该地区水稻田块特有的形状。轮廓(2)呈暗灰色的栅栏状图型,都分布于居民点附近。这是菜畦所反映出来的形状,而菜园的位置总是和居民点相联系的。因此没有疑问,轮廓(2)是菜园土所构成的影象。旱地的影象轮廓(3)不构成固定的形状,但周围为具有角度的暗色线条(地埂)所封闭,内部则为许多相互平行的细线条所分割。这些细线条是作物行向的反映。

这样,根据象片上识别的土地类型和利用方式,就能确切地勾划出三组完全不同的耕种土壤:水稻土、菜园土和旱作土壤。

(二) 根据色调变化判读旱作土壤的水分状况和类型 在象片6上分析旱作土壤的影象时,可以发现旱作土壤影象的色调不一,彼此有明显的差异,据此可以进一步区分旱作土壤的各种类型。轮廓(1)(象片右侧)的色调最深,近于黑色。轮廓(2)(象片左侧)的色调稍浅,呈深灰色。轮廓(3)的色调显然比(1)、(2)都浅些[中上方的(3)正处于原象片中部,因受晒象机光照不够均匀的影响故色调稍暗]。轮廓(4)一眼看去,色调似乎很复杂。但除去其中散布的住宅建筑(5)、菜园(6)、苗圃(7)等等,基本色调则是灰色,和前述三个轮廓相比色调最浅。这四种色调深浅不同的轮廓反映了由于微地形起伏,引起水分重新分配而造成的土壤变化:轮廓(1)的色调最深,说明土壤最潮湿。联系到它的形状(狭条状),可以断定系平原上的槽状洼地,水分易积聚于此,排泄不畅,故地下水位必然很高。在这种水分状况下发育强度潜育的草甸土,从影象的大小等特征推断该地种植的作物系耐涝性很强的高粱。摄影时(6月下旬)高粱冠幅的最大直径约达0.3—0.4米。根据航空象片理论可判读的最小地物公式计算^[10],在1:15,000象片上可判读地物的最小限值为0.45米,而人眼的分解力无例外都低于现有的航空软片。用肉眼观察而不借助于放大镜,在上述比例尺的象片上理论可判读的最小地物降低到1.5米。因此在1:15,000象片上的高粱影象的主要特点是:用肉眼看不出来,而使用了放大镜却能隐约察觉它的行向,但不能清晰分辨它的单株。轮廓(1)正是这样,故断定系高粱。轮廓(2)和(3)的土壤也较潮湿,但比轮廓(1)要干燥些。经实地查明:由于水分条件的差别,轮廓(2)发育微度潜育草甸土,轮廓(3)分布草甸土,轮廓(4)则是草甸褐土。

(三) 泛滥平原土壤质地的判读 象片7清楚地表现了河流泛滥的痕迹。早期的河曲(1)虽已全部耕垦,但河床摆动的踪影却仍然历历在目。由于河流多次改道,沉积物粗细不一,造成轮廓(1)的土壤质地剖面变化多端,不同深度夹有砂砾层。轮廓(2)自西北向东南成条带伸展。其深浅色调转换的边界模糊不清,说明此处地面不甚平整,微地形的起伏产生错综复杂的阴影;同时还由于地面不平,造成土壤水分状况不均,作物出苗不齐,长势有差异。这些都是砂土地常有的现象。再联系到轮廓(2)所处的位置,可以推测:河流曾经决口,挟带砂砾的洪流自此流过,形成一条砂道;水退后砂道受风力剥蚀,砂粒在附近聚积成砂丘(3);砂道表面遂被雕刻成凹凸不平的地面;耕耘后地面仍然受到风蚀作用,因此仍然保持着不平整的状态。实地调查证实,此处确有被蚀平的砂道存在,砂道上发育的土壤为厚层砂质草甸土,种植花生和芝麻。

砂道东北面有片较均匀的灰色影象(4)。这表示该处土壤条件单一。地块中作物行向清楚,植株依稀可辨,说明种植的作物冠幅较大(根据计算最大直径达到1米以上);再参照当地农业资料,肯定种植的作物系玉米。因为夏季在该地区的大田中,不可能再有别的作物其植株有这么大,能形成这样明显的影象。

地面调查得悉,作物种类对土壤质地条件的选择甚为严格。凡砂质、砂壤质土壤一般均栽培花生、芝麻、红薯。而玉米则多种于壤质土壤上。由此,根据作物类型的判读常常可以相当正确地推断土壤质地。

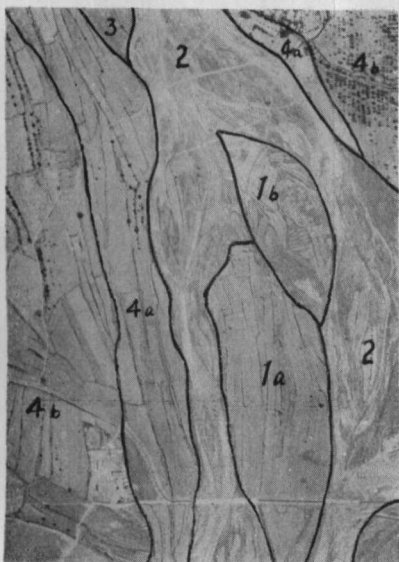
(四) 河曲土壤类型的判读 象片8提供了河曲土壤复杂分布的概貌。轮廓(1)和



象片 1 (1:15,000)



象片 2 (1:15,000)



象片 3 (1:15,000)



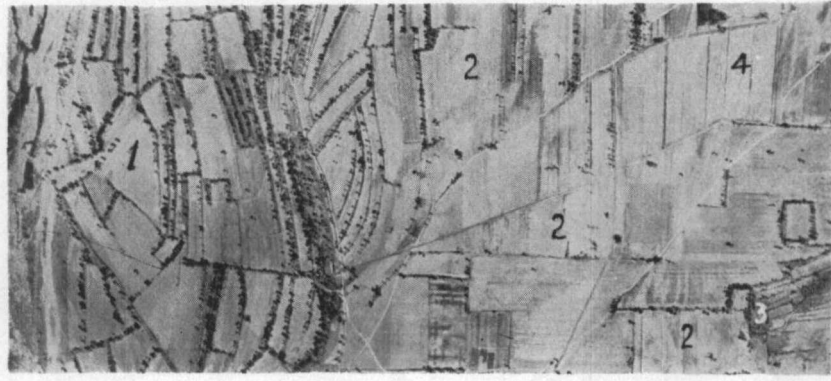
象片 4 (1:15,000)



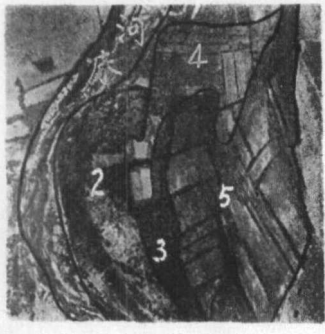
象片 5 (1:15,000)



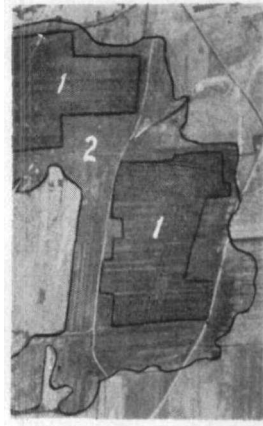
象片 6 (1:15,000)



象片 7 (1:15,000)



象片 8 (1:15,000)



象片 9 (1:15,000)

(2)均系河床旁的自然体。(2)已植树造林,而(1)完全荒蕪。由于靠近河床,連年泛濫堆积,沉积物質較粗且沉积量甚大。两者均发育砂砾质层状冲积-生草土。輪廓(3)系河曲洼地,易积水,地下水水位高,发育成草甸沼泽土。上述两种土壤之間則出現过渡性土壤:微度潛育草甸土(4)和強度潛育草甸土(5)。这两种土壤均已开垦利用,地块輪廓十分清楚。

(五) 稻田水分旁渗現象的分析 象片 9 清楚地反映出稻田水分的旁渗現象。象片中部的黑色格状图型(1)系水稻田。稻田中的水分显然发生了旁側渗透,使得周围的土壤湿度显著增高,因而影象色調加深,呈暗灰色(2)。这样,我們根据航空象片的分析就可以了解到,种植水稻以后对周围土壤的影响,以及影响波及的范围。順便指出:稻田水分大量旁渗,会妨碍邻地不耐涝作物的正常生长,甚至导致土壤盐渍化。因此,半干旱平原地区发展水稻,必須全面规划,不宜零星散布。

結 語

半干旱褐土地区是我国主要农业区之一,耕种历史悠久,土壤受人为活动的影响深刻,即使山区,自然植被也常遭受破坏。因此,以自然植被做主导标志判讀土壤的方法失去现实意义。通过上述十个判讀实例的討論,使我們确信,在这种情况下,依据地貌、母岩等景观要素的分析,常常能够成功地进行山区土壤的判讀。而在平原的农业区,則以利用方

式、作物种类为标志, 并根据土壤和其它地理要素之間相互关系的規律性, 以及表土反映在象片上的各种影象特点如色調、形状、图型等等, 可以判讀出許多有价值的土壤資料。

参 考 文 献

- [1] Cobb, W. B.: In Amer. Assoc. Soil Survey Workers. Bull. IV, 1, 1923.
- [2] Levenhaupt, A. I.: Essay in the use of aero-photo-plate for soil survy. Почвоведение, №4, 116—122, 1930.
- [3] 戴昌达: 土壤学中应用航测資料的概况和展望。土壤通报, 6 期, 56—59 頁, 1962。
- [4] Ливеровский, Ю. А.: Использование аэрометодов в почвоведении. Почвоведение, № 6, 1—10, 1957.
- [5] 中国科学院土壤及水土保持研究所: 华北平原的土壤。科学出版社, 1960。
- [6] Андроников, В. Л.: О спектральной отражательной способности некоторых почв лесостепи. Изв. АН СССР, Серия географии, №3, 93—97, 1958.
- [7] Симакова, М. С.: Использование аэрофотосъемки при картировании почвенного покрова. В Кн. "Почвенная Съемка".第六章 (146—169 頁), 1959。
- [8] Толчельников, Ю. С.: Природные факторы, влияющие на тон изображения почв распаханых массивов на аэроснимках. Тр. Лаб. Аэрометодов. IX, 101—124, 1960;
- [9] 武汉測繪学院航空摄影測量教研組: 航空摄影測量学, 下册, 中国工业出版社, 1963。
- [10] В. В. 德莫霍夫斯基(刘世一等譯): 在戶外摄影中滤光鏡的应用。上海人民美术出版社, 1953。

ИЗУЧЕНИЕ ПОЧВЕННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПО АЭРОМЕТОДАМ

1. ДЕШИФРИРОВАНИЕ КОРИЧНЕВЫХ ПОЧВ ПОЛУ ЗАСУШЛИВОЙ ОБЛАСТИ ПО АЭРОМАТЕРИАЛАМ

Дай Чан-да

(Почвенный институт АН Китая)

(Резюме)

В начале настоящей работы указаны задачи изучения почвенного картографирования по аэрометодам: 1) разработка методики дешифрирования почв по аэрофотоснимкам; 2) разработка техники и организации почвенного картографирования по различным масштабным аэрофотоснимкам для разной цели; 3) определение содержания карт, составляемых с применением материалов аэрофотосъемки, и их использование в производстве в разных зонах и областях. В статье освещены некоторые результаты дешифрирования коричневых почв полузасушливой сельскохозяйственной области Китая по аэрофотоснимкам и иллюстрируются девять панхроматических снимков в масштабе 1:7000.

Приведенные аэрофотоснимки показывают, что дешифрирование окультуренных коричневых почв ведется не только по прямым признакам, как по тону, форме и размеру почвенных контуров, но и по косвенным признакам. Основываясь на взаимосвязи между почвами и отдельными компонентами ландшафта, возможно установить границы почвенных контуров и их содержание путем дешифрирования рельефа, породы и способа использования земель.