

判读标志,相互补充,相互验证,切忌仅仅根据一、二个标志就轻率地下结论;(2)裸露土壤除了直接判读表土影像外,也应力求判读出与土壤密切有关的各种地理景观要素。这样才能更深刻了解土壤形成条件,对土壤性状、肥力水平和改良利用方向做出较正确、深刻的分析;(3)室内判读中一般会出现一些把握不大甚至很难判读的情况(特别是新手或在新区),应带着象片去实地进行补充调查和校核采样。这样,把航片的室内判读与野外判读结合起来,直接判读与间接判读结合起来,各种判读标志都充分利用起来,相互补充,相互验证,才可能较顺利地完 成土壤判读任务。在实践中,我们初步摸索到贯彻上述综合判读原则解决某些疑难轮廓判读的两种具体方法,暂称之为逻辑筛证

法和逻辑检验法。所谓逻辑检验法,就是根据上述判读原理、原则和方法,初步断定疑难轮廓的某种可能性,然后运用各种判读标志相互补充和验证,如果都能解释,没有矛盾,说明初步判读的可能性就是正确的结论。所谓逻辑筛证法,就是罗列出某些疑难轮廓的所有可能性,然后用逻辑检验法逐一排除掉其它各种可能性,最后剩下一种即是正确的结论。

参 考 文 献

- [1] SPSE, Handbook of photography Science and Engineering, Ed. by Woodlief Thomas, Jr. New York, Wiley, 1973.
- [2] 戴昌达等,土壤学报, 12: 442—449, 1964.

土 壤 磁 学

俞劲炎 童永忠 唐家演 陈通权

(浙 江 农 业 大 学)

近年来,在土壤科学的领域中出现了一个新的分支——土壤磁学。它应用现代磁学理论、方法和技术手段研究土壤,阐明土壤磁学性质在成土过程中变化的规律,探讨土壤磁学改良和土壤——植物磁学诊断的技术。

磁学向地学和生物学的渗透,取得了不少成果,并且为土壤磁学提供着日益丰富的资料。例如,古地磁法研究地球自转、地壳板块移动(大陆漂移与海底扩张)、地震、考古和陨石,磁法探矿和磁法选矿等,充实了关于地层、岩石和矿物的磁学性质及其变迁的知识;而磁学在遗传学和生理学理论研究中的应用,在植物育种和栽培试验中采用磁处理等,则提供了磁场对植物和土壤微生物影响的资料。

由于土壤磁学是正在形成与发展的学科,它的研究范围及在理论研究和实践应用方面的意义,待进一步明确。就现有材料可归纳为:(1)土壤中各种成份(尤其是矿物)的磁学性质;(2)土壤各级粒组(砂粒、粉粒和粘粒等)的磁学性质;(3)土壤磁学性质的影响因素和变化规律;(4)土壤磁学性质与其它性质和肥力特征的关系;(5)土壤磁处理、磁处理水灌溉等对土壤、微生物和植物根系的影响;(6)土壤—植物的磁学状况及其诊断和调节等。下面,就几个问题作一简要介绍。

一、矿物的磁学性质

物质的磁学性质,有磁化率、磁导率、饱和磁化强度、剩余磁化强度、矫顽力等。在岩石磁学和土壤磁学研究中,以磁化率为最常用,它的测定方法较简便,而且可在野外现场测定。在地学各部门中常测定自然剩磁和矫顽力等,也已引用到土壤学的研究中来。

土壤的磁学性质,是由各种组成份(尤其是矿物)的磁学性质来的。如土壤磁化率的数值,几乎是其全部成分的磁化率的代数和。要了解土壤组成的磁学性质,这要从物质的磁性起源谈起。

物质的磁性来源于电子运动。电子绕原子核作轨道运动和自旋,都有磁效应而产生磁矩。只是,许多原子中的电子自旋是成对的,一个正向旋转,另一个反向旋转,因而其磁矩恰巧抵消。在这类原子中,实际上只有电子轨道运动的磁矩才可能显示出来,但一个物体内无数电子运动产生的磁矩方向不一,相互抵消。如果把它们放到一个外加磁场中,所有原子的电子轨道运动磁矩趋向整齐地排列,而与外磁场的方向相反,好象是在反抗后者的作用,这类物质就是反磁质。如果物质的分子和原子中有几个未成对自旋的电子,它们的磁矩方向与外磁场相同,而且在数值上比反方向的电子轨道运动磁矩更大,这种物质叫做顺磁质。

铁、钴、镍等原子也有未成对自旋的电子，而且由几百万个原子组成一个磁畴，磁畴内所有未成对电子自旋的磁矩方向一致，好象一个微小的磁体，但不同磁畴的磁矩方向是混乱的，把这样的物质放到外磁场中，所有磁畴的磁矩方向重新排列，趋向于相互平行，与外磁场方向一致起来，因而显示出极强的磁性。这种物质叫做铁磁质。由于磁畴结构，铁磁质具有剩磁和矫顽力等。当铁磁质的温度超过某一温度，由于分子热运动加剧而使磁畴结构破坏，就变为顺磁质了。这一温度叫做该种铁磁质的居里点。居里点是鉴定矿物的依据之一。

由此可见，世界上所有物资，均可分为反磁质、顺磁质和铁磁质三类。在土壤中，大部分物质是反磁质或顺磁质，而铁磁质的含量很少（1%左右）。不过，决定土壤磁学性质的关键成分，正是后者。

(一) 物质磁性的指标——磁化率

我们为了衡量岩石、矿物或土壤的磁性，通常是以磁化率为指标。

在外磁场中，物质受感应而磁化，产生磁化强度（即单位容积的磁矩），而这两者呈一定的比例关系。

$$K = \frac{I}{H}$$

这里， K ——容积磁化率， I ——磁化强度， H ——外磁场强度。

有时，我们引用比磁化率（也叫质量磁化率）的概念。比磁化率的符号是希腊字母 χ 。

$$\chi = \frac{K}{\rho}$$

这里， ρ ——物质密度。

物质的磁化强度 I 是随磁场强度的增强或减弱而变化的（可用磁化曲线表示）。反磁质和顺磁质的 I 值总是与 H 值变化相对应，磁化率 K 和 χ 是常数。铁磁质则不然， I 值的变化总是落后于 H 值的变化（滞后现象），磁化率是变化的。只有在弱磁场范围内， K 值和 χ 值才接近于常数（叫做起始磁化率）。因此，要选择弱磁场（如 0.5~0.7 奥斯特）来进行土壤磁化率的测定。

在电磁系单位制（CGSM 或 emu 制）中，容积磁化率 K 的单位是 CGSM/厘米³（即 emu/厘米³），比磁化率 χ 是用 CGSM/克（即 emu/克）。

各类物质的 χ 值大致有如下的数量级：反磁质为 10^{-7} （负值），顺磁质为 10^{-8} ~ 10^{-5} （正值），铁磁质为

10^{-4} ~ 10^{-1} emu/克（正值）。

(二) 土壤矿物的磁化率

土壤中的矿物绝大部分是反磁质或顺磁质，它们的比磁化率数值（以 10^{-6} emu/克计）如下：

反磁质矿物——高岭石（-1.50），水（-0.72），石英（-0.46），正长石和方解石（-0.38），硬石膏（-0.36），刚玉（-0.34）。

顺磁质矿物——凹凸棒石（1.61），蒙脱石（2.11），斑脱土（4.60），蛭石（12.60），蠕绿泥石（12.45），绿高岭石（68.70）；白云石（0.9），白云母（1~12），黑云母（12~52），闪石（13~55），辉石（3~75），绿帘石（20~25）；硫铁矿（8.3），赤铁矿（20~25），纤铁矿和针铁矿（10~42），褐铁矿（52），菱铁矿（93）。

土壤有机物质都属于反磁质，只有含某些游离功能团的是顺磁质。

土壤中的铁磁性矿物只有少数几种，它们的磁化率往往比顺磁性矿物大千倍左右。如以 10^{-3} emu/克计，磁铁矿为 30~100，磁赤铁矿为 1.5~800，磁黄铁矿 0.3~1000。

岩石、母质的矿物组成和磁学性质，对土壤有很大的影响。各类岩石的容积磁化率 K (emu/厘米³) 大致如下：喷出岩 10^{-4} ~ 10^{-2} ，侵入岩 10^{-4} ~ 5×10^{-3} ，变质岩 10^{-5} ~ 3×10^{-4} ，沉积岩 $< 10^{-5}$ 。酸性岩石中铁磁性矿物含量少，磁化率小；基性岩石中铁磁性矿物含量多，磁化率大。

二、土壤磁化率的影响因素

由于反磁质和顺磁质的磁化率数值很小，所以土壤磁化率数值大小与铁磁性矿物的关系最为密切。土壤中各种理化和生物因素，凡是影响土壤中含铁矿物形态的变化的（尤其是顺磁性和铁磁性矿物的互相转化），都可能改变土壤磁化率的数值。

(一) 铁磁性矿物的种类和数量

磁铁矿（包括钛磁铁矿），磁赤铁矿（包括钛磁赤铁矿）是土壤中常见的二类铁磁性矿物。在有的土壤中，偶而还有磁黄铁矿。

磁铁矿是较抗风化的原生矿物，存在于砂粒和粉粒中；而土壤形成过程中产生的次生磁铁矿，则在粘粒组中。磁赤铁矿多是次生的，也往往存在于粘粒组中，或以胶膜状包在土粒表面。磁赤铁矿的形成途径有几种，如磁铁矿的氧化，纤铁矿的脱水，高温灼烧（放火烧荒），土壤氧化还原条件的交替等。鉴于几千年来自然的和人为的火烧土壤有相当大的面积，高温灼烧可能是磁赤铁矿形成的重要途径。

在砂质土和粉质土中,土壤磁化率与磁铁矿含量几乎成直线正相关。在粘质土中,由于磁赤铁矿的存在,加上其它含铁矿物小颗粒表现出“超顺磁性”,使磁化率增大,关系较为复杂。

(二)土壤机械组成

在岩石风化和土壤形成过程中,磁学性质呈有规律的变化,反映在不同粒组(粗细土粒)的磁化率数值上,甚为明显。

强磁性岩石和母质在形成土壤的过程中,磁化率是降低的。在这种土壤中,粗土粒仍保持较大的磁化率,而细粒部分的磁化率较小。因为在颗粒破碎过程中释放出来的磁铁矿,转变为针铁矿等(顺磁质)。例如,在一种红壤中,全土磁化率(10^{-6} emu/克,下同)是420,而其中粗粉粒部分(0.05~0.01毫米)保持在1270,粘粒组的X值则只有238。

由弱磁性岩石和母质发育来的土壤,则有相反的趋势,即在成土过程中磁化率增大,特别是次生铁磁性矿物积聚的粘粒,有最大的X值。这种情况,在肥力水平高的自然土壤(如黑钙土的A层)中最为明显。它的全土磁化率为52,其中粗粉粒部分只23,而粘粒的X值增至86。在黑钙土的粘粒中,除了次生的磁铁矿、磁赤铁矿外,还有处于超顺磁态的针铁矿。

(三)土壤氧化还原状况和其它因素

土壤中含铁矿物的溶解、移动与淀积,顺磁性矿物与铁磁性矿物的相互转化,是在一定的条件下进行的。其中,氧化—还原条件的适当交替,是一个前提。

对于同一母质来源的土壤来说,潜育性土壤的磁化率,要比自生型土壤小得多。泥炭土的X值 <10 (10^{-6} emu/克)。一种灰化黄壤A₁层的X值为180,而剖面中部的潜育化层X值降至20(10^{-6} emu/克),比母质层还小。

在寒带和温带的地带性土壤中,如以A层和C层的X值之比(叫做 K_M 系数)来说明土壤形成过程中磁化率的变化,则发现 K_M 与土壤胡敏酸C含量的变化是一致的。这启示我们,土壤腐殖质(尤其是胡敏酸)可能是铁磁性矿物形成的接触剂。由于胡敏酸在土壤表层的积累,是在短时间的还原条件与长时期的氧化条件交替下较为适宜,这也是顺磁性矿物转化为铁磁性矿物的有利环境。

室内试验和野外调查发现,高温灼烧(放火烧荒)使土壤磁化率增加几倍至几十倍,尤其是腐殖质层。除了热力学条件外,灼烧有机质造成的氧化—还原环境,也可能有利于铁磁性矿物的形成。

三、土壤磁学性质的地带性分布和剖面中分布

在冰沼土、生草灰化土、灰色森林土、黑钙土和栗钙土的系列中,土壤磁化率与土壤腐殖质(尤其是胡敏酸)含量和肥力水平的相关性,甚为明显。黑钙土的自然肥力最高,磁化率数值也最大。当然,这些土壤的母质均属于弱磁性的,而土壤中的铁磁性矿物是土壤形成过程中的次生产物。

在各种土壤的剖面中,磁化率分布有一定规律:A层(腐殖质层)最大,潜育层最小;其余土层则与粘粒和铁化合物的淋溶、淀积,特别是与铁化合物在不同的氧化还原条件的形态转化有密切关系。而且,凡是土壤剖面中层次分化显明的,各层的磁化率数值的差异就大,凡是层次分化不明显的,各层磁化率值很接近。

在风化和成土过程进行十分强烈的湿润热带和亚热带,强磁性岩石(玄武岩、安山岩和某些砾岩)和母质(如某些网纹红土)的磁化率很大,而所形成的砖红壤和红壤的磁化率迅速降低,但绝对数值仍较别的土壤为大(200至400左右, 10^{-6} emu/克),而按层次和按粒组的分异明显。但由片岩、石灰岩发育的山地草甸土,磁化率小(10至20, 10^{-6} emu/克),层次间差异也较小。

有人发现,土壤的自然剩余磁化强度 I_n 和感应磁化强度 I_i 与土壤形成过程有关,而两者的比值 $Q = \frac{I_n}{I_i} = \frac{I_n}{0.5K}$ 在土壤剖面中的分布情况、它的极大值所在的土层位置等,可以反映出土壤类型的特点。这里的数值0.5,是指现代地球磁场的强度(奥斯特),K是土壤容积磁化率。

例如,在黑钙土的剖面中, I_n 值和K值的变化是一致的(两者均以 10^{-6} emu/厘米³为单位),A层最大(I_n 为24~32,K为40~48),向下依次递减,C层最小(分别为15和22)。因而两者的比值Q在剖面中很稳定,多为1.4~1.6(仅最表层5厘米的Q值为1.0)。在生草灰化土的剖面中则不同。它的A₁层的 I_n 值小(4.0~4.1),灰化层(A₂层)下部的 I_n 值特别大(50),B层又降低(30~15),而K值则由A₁层的4渐增至B层的8,变化不大,因而剖面中Q值的差异十分明显,A₂层下部为极大值,高达14以上,而A₁层的Q值只有2。

在不同磁场强度下得到的土壤磁化曲线、剩磁和矫顽力等数据,可作为铁磁性矿物的鉴定依据。根据这些数据,发现在黑钙土和栗钙土的A层有硬磁性矿物——磁赤铁矿,而在其余土层中则是软磁性矿物——磁铁矿。生草灰化土的磁赤铁矿以胶膜形态包在土粒外面。

四、土壤磁学的展望

土壤磁学的出现,为土壤学研究工作提供了一种新手段——磁学性质的测定。现有资料说明,各项磁学性质的资料可以反映土壤中鉄化合物的种类、含量及其剖面中和各粒组中变化的规律,从而提供土壤形成过程和人工培肥熟化过程中肥力演变的信息,因而可用于有关的理论研究和实际工作中。

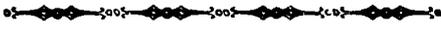
例如,有人利用在野外速测土壤的容积磁化率,来划分土种界线,进行土壤调查和制图。

由于土壤磁学性质和土壤组成密切相关,将来能否用测定磁学性质(如磁化率)的指标,来取代某些繁

琐的物理、化学分析方法,能否将其作为土壤肥力的一项综合指标,尚待研究。

目前,关于磁场、电流和磁处理水灌溉对土壤影响的试验已有了不少资料。有的试验表明,通过上述处理可以改善土壤物理性质,(结构性、透水性)和养分状况(增加有效养分),加速盐碱土脱盐,促进土壤固氮菌和硝化细菌的活动等。而土壤磁学性质的变化,可作为确定经济有效的最佳方案的指标之一。

可以设想,在土壤磁学—生物磁学配合研究的基础上,有可能搞清植物体内生理过程与磁学状况的关系,进行土壤—植株的磁学诊断,进而制订出适当的土壤管理和植物栽培措施。



《土壤通报》征求订户启事

近来各地仍有不少读者来信询问《土壤通报》出版日期,有的读者反映当地邮政局(所)还未收订本刊。经我们了解,沈阳市邮局已通知全国各地邮政局(所)办理收订。本刊代号为8—15,欢迎广大读者到当地邮局(所)订阅。

本刊为双月刊,双月出版,16开本,每期定价0.35元,全年2.10元,不限额。本刊1、2两期尚有余额,凡未及予订的读者,可直接向本刊编委会函购(通讯处:沈阳东陵沈阳农学院土壤通报编委会)。

《土壤通报》编辑委员会