

重庆地区土壤微量元素分布类型*

尹启后 陈 年

王 岗

(西南师范大学)

(重庆市环境保护局)

根据对重庆地区土壤中微量元素含量的研究认为,微量元素概率分布类型在全土和单一的土类、土属中是有明显差异的,同一元素可以为不同的分布型,微量元素概率分布型可因各成土因素的变化而改变,但主要受成土母岩的岩石类型,岩相岩性特征所控制。本文拟就这一问题提出我们粗浅的认识。

一、样品的采集与测定方法

重庆地区(永川地区除外)面积9553平方公里,主要土壤有4个土类,11个土属。它们是:(1)紫色土类(土属有暗紫泥、灰棕紫泥、棕紫泥、红棕紫泥和红紫泥), (2)黄壤类(土属有冷砂黄泥、矿子黄泥、卵石黄泥), (3)黄棕壤类(土属仅有黄棕土), (4)冲积土类(土属有灰棕潮土、紫色潮土)。其中紫色土类占全区土壤面积的70%以上,灰棕紫泥土属是紫色土类中最重要的土属。由于土壤类型明显受岩性控制,并沿地质构造呈条带状重复分布,因此采样以土属为基础,采用分层随机取样,共采土壤样35个剖面,78个层次。

样品由重庆市环境科研监测所测定,测定的微量元素为铜、铅、锌、铬、镍、钴、锰、硼、砷、汞共十种。砷用二乙基二硫代氨基钾酸银比色法测定,汞用冷原子吸收法测定,其余八种元素用氩氧气氛控制发射光谱法测定。

二、微量元素概率分布类型的确定

为了准确地确定土壤中微量元素的概率分布类型,采用了柯尔莫哥洛夫-斯米尔洛夫检验、维斯捷利乌斯检验、夏皮洛-威尔克W检验、皮尔逊 X^2 检验和偏度峰度检验5种方法进行综合判定。在用此5种方法检验时,通常将显著性水平 α 取0.05,但由于检验中犯第一类错误的概率 α 与犯第二类错误的概率 β 呈反变的关系,为减小 β ,提高置信水平,我们取 α 为0.10。

经上述5种方法的综合判定,重庆地区土壤中,砷、汞、锰、铬服从对数正态分布;铅、锌服从正态分布;镍、硼、铜、钴为偏态分布。紫色土中,砷、硼、锰、锌、铬服从对数正态分布;汞、铅服从正态分布,镍、铜钴为偏态分布。紫色土类灰棕紫泥土属中,砷、汞、铅、镍、硼、铜、锰、锌、铬均服从正态分布,仅钴介于正态分布和对数正态分布二者之间。其各微量元素5种检验判定的信度和结果详见表1。

* 本文系根据重庆市土壤中微量元素背景值研究课题资料写成。参加该项工作的还有牟树森、覃长华、梁晓斌、赵家祥等人。

重庆地区土壤中微量元素概率分布类型检验表

表 1

土壤类型	微量元素	剖面数	柯尔莫哥洛夫-斯米尔诺夫检验		维赫捷利乌斯检验		皮尔逊 χ^2 检验		偏度峰度检验				夏皮洛-威尔克W检验		微量元素概率分布类型的判定	
			正态 α	对数正态 α	正态 α	对数正态 α	正态 α	对数正态 α	正态 α	对数正态 α	正态 α	对数正态 α	正态 α	对数正态 α		
土 被	As	35	0.05-0.1	>0.2	0.05-0.1	0.3-0.4	0.05-0.1	0.25-0.5	<0.02	>0.1	>0.1	>0.1	>0.1	<0.05	0.5-0.9	对数正态
	Hg	35	>0.2	>0.2	0.75-0.9	0.2-0.3	0.75-0.9	0.25-0.5	0.02-0.1	>0.1	>0.1	>0.1	>0.1	0.1-0.5	0.1-0.5	对数正态
	Pb	35	>0.2	0.05-0.1	0.5-0.75	<0.05	0.5-0.75	0.25-0.5	>0.1	0.02-0.1	0.02-0.1	>0.1	>0.1	0.1-0.5	<0.05	正态
	Ni	35	>0.2	<0.05	0.05-0.1	<0.05	0.05-0.1	<0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.05	<0.05	偏态
	B	35	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	>0.1	>0.1	>0.1	>0.1	<0.05	0.5-0.9	偏态
	Cu	35	<0.05	0.1-0.15	<0.05	0.05-0.1	<0.05	<0.05	<0.02	>0.1	>0.1	0.02-0.1	0.02-0.1	<0.05	0.05-0.1	偏态
	Mn	35	0.05-0.1	>0.2	0.05-0.1	0.2-0.3	0.05-0.1	0.5-0.75	<0.02	>0.1	>0.1	>0.1	>0.1	<0.05	0.1-0.5	对数正态
	Zn	34	0.05-0.1	<0.05	0.05-0.1	<0.05	0.05-0.1	<0.05	>0.1	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.5-0.9	<0.05	正态
	Cr	35	<0.05	>0.2	0.1-0.25	0.2-0.3	0.1-0.25	0.25-0.5	<0.02	0.02-0.1	>0.1	>0.1	>0.1	<0.05	0.5-0.9	对数正态
	Co	35	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.02	0.02-0.1	<0.02	<0.02	0.02-0.1	0.1-0.5	<0.05	偏态
紫 色 土 类	As	23	>0.2	>0.2	0.05-0.1	0.3-0.4	0.1-0.25	0.25-0.5	>0.1	>0.1	>0.1	>0.1	0.02-0.1	0.1-0.5	0.1-0.5	对数正态
	Hg	22	>0.2	>0.2	0.2-0.3	0.2-0.3	0.5-0.75	0.1-0.25	>0.1	>0.1	>0.1	>0.1	>0.1	0.5	0.1-0.5	正态
	Pb	23	>0.2	>0.2	0.4-0.5	0.2-0.3	0.25-0.5	0.1-0.25	>0.1	>0.1	>0.1	>0.1	>0.1	0.5-0.9	0.1-0.5	正态
	Ni	23	0.05-0.1	<0.05	0.05-0.1	<0.05	0.1-0.25	<0.05	<0.02	<0.02	0.02-0.1	>0.1	>0.1	<0.05	<0.05	偏态
	B	23	0.1-0.15	>0.2	0.1-0.2	0.1-0.2	0.1-0.25	0.1-0.25	0.02-0.1	>0.1	>0.1	>0.1	0.02-0.1	0.1-0.5	0.1-0.5	对数正态
	Cu	23	<0.05	0.05-0.1	<0.05	0.05-0.1	<0.05	<0.05	<0.02	<0.02	>0.1	>0.1	0.02-0.1	<0.05	0.05-0.1	偏态
	Mn	23	>0.2	>0.2	0.2-0.3	0.4-0.5	0.1-0.25	0.25-0.5	<0.02	0.02-0.1	>0.1	>0.1	>0.1	0.05-0.1	0.5-0.9	对数正态
	Zn	23	>0.2	0.15-0.2	0.1-0.2	0.2-0.3	<0.05	<0.05	>0.1	>0.1	>0.1	>0.1	>0.1	0.1-0.5	0.1-0.5	对数正态
	Cr	23	0.1-0.15	>0.2	0.3-0.4	0.3-0.4	0.05-0.1	0.1-0.25	<0.02	<0.02	>0.1	>0.1	>0.1	<0.05	0.5-0.9	对数正态
	Co	23	<0.05	0.15-0.1	<0.05	0.1-0.2	<0.05	0.05-0.1	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.02-0.1	<0.05	<0.05	偏态
灰 棕 紫 泥 土 属	As	11	>0.2	>0.2	0.3-0.4	0.3-0.4	0.1-0.25	0.1-0.25	>0.1	<0.02	>0.1	>0.1	<0.02	0.1-0.5	0.1-0.5	正态
	Hg	10	>0.2	0.1-0.15	>0.05	0.2-0.3	0.5-0.75	0.05-0.1	>0.1	0.02-0.1	>0.1	>0.1	>0.1	0.5-0.9	0.1-0.5	正态
	Pb	11	>0.2	>0.2	0.3-0.4	0.3-0.4	0.5-0.75	0.25-0.5	>0.1	0.02-0.1	0.02-0.1	>0.1	>0.1	0.5-0.9	0.1-0.5	正态
	Ni	11	>0.2	0.1-0.15	0.4-0.5	0.2-0.3	0.25-0.5	0.25-0.5	>0.1	0.02-0.1	<0.02	>0.1	>0.1	0.1-0.5	<0.05	正态
	B	11	0.05-0.1	0.05-0.1	0.1-0.2	0.1-0.2	0.25-0.5	0.25-0.5	>0.1	>0.1	0.02-0.1	>0.1	>0.1	0.1-0.5	0.1-0.5	正态
	Cu	11	>0.2	0.1-0.15	0.3-0.4	0.1-0.2	0.1-0.25	0.1-0.25	>0.1	>0.1	<0.02	>0.1	>0.1	0.1-0.5	<0.05	正态
	Mn	11	>0.2	>0.2	>0.5	0.3-0.4	0.25-0.5	0.1-0.25	>0.1	0.02-0.1	<0.02	>0.1	>0.1	>0.95	0.1-0.5	正态
	Zn	11	>0.2	>0.2	>0.5	0.4-0.5	0.25-0.5	0.05-0.1	>0.1	0.02-0.1	>0.1	>0.1	>0.1	0.5-0.9	0.5-0.9	正态
	Cr	11	>0.2	0.05-0.1	0.2-0.3	0.1-0.2	<0.05	0.05-0.1	>0.1	<0.02	<0.02	<0.02	0.02-0.1	0.5-0.9	0.1-0.5	正态
	Co	11	>0.2	>0.2	0.4-0.5	0.4-0.5	0.25-0.5	0.25-0.5	0.02-0.1	>0.1	>0.1	>0.1	>0.1	0.1-0.5	0.5-0.9	正态或对数正态

三、 讨 论

(一)影响土壤中微量元素含量与组成的主要因素 由于土壤中的微量元素主要来源于母岩,在不同岩石类型,不同地质时代,不同岩相和岩性的母岩中,微量元素的组成和含量是不相同的,因而在其形成的相应土壤中,微量元素的组成特征也就不同。重庆地区4个土类,11个土属与不同地质时代、不同岩性的成土母岩关系极为密切,土属与相应母岩(地层组)的分布基本一致。在这些母岩中,如飞仙关组(T_{1f})浅海相钙质泥岩含铬、镍、钴、锰、铜、锌高,相应的土属暗紫泥中这些元素含量也高;须家河组($T_{3s,i}$)湖沉三角洲相砂岩(夹页岩)中铅、铬、镍、钴、锰、铜、锌含量很低。相应土属冷砂黄泥中这些元素含量也低。经研究,对其大多数微量元素(铜、铅、锌、钴、镍、铬、砷,锰)来说,在母岩和土壤中相关关系较为明显,相关系数为0.411—0.742($n=25$)。而北碚地区更详细的研究表明,母岩和土壤中微量元素的相关系数更大($r=0.62-0.973$, $n=20$)。这表明,岩相岩性是影响土壤中微量元素组成与含量的最主要因素。

其次,地貌条件对土壤中微量元素的含量也有一定的影响。由于地貌演化阶段和地貌部位不同,即使母岩相同,其它成土因素大体一致,土壤中微量元素含量也会有一定的差异。例如发育于须家河组上的冷砂黄泥,在低山顶上部者,由于土壤是在风化程度较深的残积物上形成,某些微量元素(如锰、硼、铅等)含量就比发育在风化程度较差的山坡坡积物上的土壤要稍高一些。

此外,气候条件,植物与微量元素的表生地球化学特性都会对土壤中微量元素的组成有一定的影响。

(二)土壤中微量元素呈现不同分布类型原因的讨论 对于土壤中微量元素概率分布类型的研究,A.C.Oertel^[1]根据澳大利亚昆士兰118个表土样的资料得出微量元素主要呈 Γ 分布,若月利之等^[2]根据日本115个水稻土样品资料却得出微量元素主要呈对数正态分布的结论。唐涌六^[3]根据南京地区51个土壤样品的资料得出了与若月利之等相同的结论。值得指出的是,对数正态分布和 Γ 分布的密度曲线都是正偏的,形状差别较小。根据对重庆地区土壤中微量元素概率分布类型的研究,我们认为,没有一种单一的概率分布型能适合于土壤中的各种微量元素。由于微量元素的含量在不同岩相岩性的母岩中,其分布特征是不同的,因此微量元素的概率分布类型在其相应的土壤类型中也不可能都相同。由于不同岩性岩相的母岩中微量元素会有不同的概率分布型,全岩中微量元素含量的分布,必定是不同概率分布型的迭加,因此全土中微量元素概率分布型必定十分复杂,区域差异明显。而同一岩性岩相母岩上发育的土属间,由于微量元素的赋存状态不同也可以造成其概率分布类型的不同。我们认为,研究各土类、土属中微量元素的概率分布类型,是了解成土过程中元素的某些演化规律和赋存状态所必需的。

(三)重庆地区土壤(总体)、紫色土类和灰棕紫泥土属中微量元素的概率分布类型

1、重庆地区土壤的成土母岩岩相岩性复杂,微量元素在各类岩石中的含量差异很大,在成土过程中,由于区内各地的地貌条件不同,植物与小气候也有所差别,因而各种微量元素在土壤中的含量具不均一性、复杂性,概率分布呈多种类型;绝大多数为正偏分布,其中半数服从对数正态分布,只有极少数元素服从正态分布。

2、重庆地区紫色土类是本区最主要的土壤类型,成土母岩主要为侏罗系,白垩系内陆河

湖相砂泥岩，次为三迭系飞仙关组浅海相粘土岩，岩相岩性较为复杂。这类土壤主要分布在立陵地区和部份低山区，地貌、植被、小气候条件有所差异，土壤中微量元素的含量仍是不均一的，变化也较为复杂。因此紫色土类中微量元素仍呈多态分布：偏态分布、对数正态分布和正态分布。其中锰、铬、砷、铅、镍、铜、钴的概率分布型与全土中相同，汞、硼、锌的概率分布型与土壤总体中不同。

对比紫色土类和重庆全区土壤的成土因素，前者比后者简单得多，理应微量元素分布型前者要比后者单一，但上述检验结果却不能得出这一结论。为此，我们降低信度进行检验，定偏度峰度检验的显著性水平为0.02，其余4种检验的显著性水平均定为0.05。其检验结果为：重庆地区土壤中砷、汞、铜、锰、铬服从对数正态分布，铅、镍、锌服从正态分布，硼、钴为偏态分布，仍为多种分布型。而紫色土中则为：砷、硼、铜、锰、锌、铬、钴服从对数正态分布，汞、铅、镍服从正态分布，比土壤总体中的分布型单一。

3、灰棕紫泥是紫色土类中分布最广的土属，其成土母岩为中侏罗统沙溪庙组河湖相砂泥岩，岩相单一，岩性一致，微量元素在岩石中呈分散状态分布，含量均一。这类土壤在区内分布于向斜立陵区，其地貌部位、植被、小气候条件相同，因此土壤中各微量元素的含量也是比较均一的，故其微量元素都服从正态分布。
(下转第74页)

(上接封3)

到下，由于同系统外进行物质和能量交换的不同产生的系统内部的不平衡：靠近表面的土壤接受光、热、水、气及生物作用的条件较好，具有较高的物理、化学反应速度，因此不同深度的土壤之间，呈现出非平衡的稳定态。耗散结构也就是系统在一定条件经自组织作用，形成的有序结构。这个“序”就构成系统的基本轮廓或主体。研究不同对象这一“序”的异同，也就是研究土壤本质的异同，因而是土壤分类所要解决的根本问题。

随着科学技术的不断发展，不断提出一些新的理论和方法。从力图解决电子计算机的人工智能开始，美国的查德提出了模糊集理论^[7]，我国邓聚龙提出了灰色系统理论，普利高津提出了耗散结构理论。这些理论以现有科学为基础，创立出新学科，开拓出新领域。这些理论的一个共同点是，它们都包括有丰富的哲学思想，它们的基本原理和一些方法，能为其它学科所利用。从以上讨论中可以看到，土壤分类也应该利用这些新理论、新学科的研究成果。以具有耗散结构的灰色系统为立足点，就可能绕过土壤学复杂、特殊论，使土壤分类研究走上其它类似学科共同前进的道路。

最后以普利高津讲过的话来作本文的结束，他说：当代科学的迅速发展，一方面是人对于物理世界认识在广度和深度上量的扩大；另一方面是由于研究越来越复杂的对象引起科学观念研究方法的质的变化，这后一方面可能更为重要。恐怕土壤学的发展也是这样。

参 考 文 献

- [1] 钱学森等：系统思想和系统工程，系统工程普及讲座汇编，中国科协普及部编印，1—6页，1980。
- [2] 顾基发：系统工程的一些基本概念、观点和方法步骤，系统工程普及讲座汇编，中国科协普及部编印，7—13页，1980。
- [3] 邓聚龙著：灰色控制系统，1—7页，华中工学院出版社，1985。
- [4] 陈绵云：灰色系统及其研究方向，灰色系统与农业论文集，7—14页，太原，1984。
- [5] 杨荫华等编：灰色概念的度量与运算，模糊数学，2期，1985。
- [6] 湛显华等编：普利高津与耗散结构理论，陕西科学技术出版社，21—110页，1984。
- [7] 汪培庄：模糊集合论及其应用，上海科学技术出版社，1—17页，1983。

时扰动土壤，具有积极效果。

含水40%和50%时扰动土壤后，土体糊烂，装盆时土块易粘结。苗期土块尚软，可容少量根系发展，返青以后由于土体强烈收缩，孔隙很细，根系生长便明显差于不扰动和30%扰动的二个处理。据观测，该二处理在盆栽盆露天放置期间，遇雨积水难排，加棚档雨期间，又是上部土体干硬，裂缝大，下部土体烂湿，水气极不协调；它们的根系多分布于土块裂隙间，难以伸入土块内部，与土壤的接触面积很小，土壤中已矿化的有效养分也难被充分利用，这就明显影响小麦吸肥，各种养分的吸收量仅为前两个处理的38—65%。这种高含水量时的扰动，由于粘粒间水膜较厚，结合松弛，很易破坏土壤的良好结构，造成严重不利于作物生长的环境。

含水25%时，土体偏干，锄削扰动不能形成细碎的土团，土块较硬，缺少淤泥。装盆后土层内孔洞较多较大，难以沉实，靠毛细作用增墒亦较困难，这就很不利于根系伸展与活动，返青期前根量最少，其后也仅比50%扰动处理略多。可见当土壤已呈旱象时按常规方法耕作，不易造成利于作物生长的土层。

含水35%可能是略超过供试土壤适耕与否的临界水分，处理土壤时已出现部分烂湿土团，使作物前、中期根系的伸展与吸肥受到一定影响。但在试验条件下，较好的土壤结构可能尚未受到严重破坏，当土体经冬春干湿冻融变化和根系生长影响后，土壤环境趋向好的方向发展，从而使作物在后期能较多地利用积累在土壤中的有效养分促进生长，取得较好结果。不过，这种好的转化在实践上是难于掌握和预料的。

四、结 语

太湖地区重壤质地稻茬田的耕作措施必须注意土壤水分。从本地区气候和田间土壤含水量来看，免耕法种麦有较广泛的应用价值。为了防止土壤物理性状恶化、水气不相协调、供肥能力减弱、作物产量下降，必需避免在土壤含水量较高(如 $>35\%$)时的烂耕烂种。在这种情况下，机耕作业困难，采用板茬撒播开沟取泥覆土，即“稻板麦”的免耕措施是合理的。当土壤水分处于适耕与否的临界水平或略高时，耕层下部土壤仍是水分偏多，不宜扰动，表层土则较易整碎，故仍以免耕为妥。在这种情况下，应用适当的条播机，可一次完成灭茬浅松土(约3厘米)、条播、覆土等作业，整地播种质量均有保证，工效很高，有利掌握季节，效果较好。当含水量十分适宜，如全耕层平均为30%左右时，应用常规耕作并能保证作业质量时，可获较好效果。在这种情况下，免耕与常规耕作何者更有利于增产，尚可在实践中探索。太湖地区秋播期间严重干旱的土壤一般很少出现，对少量漏水田块，应注意调墒保墒，视具体情况确定耕作方法。

(上接第89页)

参 考 文 献

- [1] Oertel. A. C., *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 33, 821-831, 833-839, 1969.
- [2] 若月利之、松尾嘉郎、久马一刚，土壤中诸元素の天然賦存量(第1报)，日本土壤肥科学杂志，第49卷，第6号，507—513, 1978.
- [3] 唐涌六，南京地区土壤中重金属浓度的概率分布，环境中若干元素的自然背景值及其研究方法，科学出版社，1982.