

HUNAN NONGYE DIZHI GAILUN

湖南农业地质概论

● 童潜明 张建新主编



湖南科学技术出版社

湖南农业地质概论

童潜明 张建新 杨慧敏 王世明 李荣清编著

湖南科学技术出版社

湘新登字004号

湖南农业地质概论

童清明 张建新主编

责任编辑：陈澄晖

*

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路8号)

湖南省新华书店经销

湖南省新华印刷二厂印刷

(印装质量问题请直接与本厂联系)

*

1994年11月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：6.75 字数：155,000

印数：1—1,000

ISBN7—5357—1589—3

S·251 定价：5.10元

地科157—72

前 言

本书是根据1990年地质矿产部、湖南省地矿局和湖南省农业区划委员会下达的科研项目，于1993年完成的“湖南农业地质研究”课题所取得的成果编著而成。

农业地质如果作为一个学科，具有介于农学与地学之间的边缘性质，其研究内容和工作方法，应是两者的紧密结合。但就地质方面而言，由于受知识的局限，对如何运用地质知识和积累的地质资料服务于农业则很生疏；同样，农业方面，长期以来，除了应用传统的农用矿产资源（钾、磷、硫）外，也不了解现代极其丰富的地质知识和地质资料对农业的用途。因此对两方面都是一种新的具有很大探索性的工作。但是如果要在农业地质方面做出成绩，使地质资料能拓宽服务于农业，那么在现阶段，地质部门的主动性是关键。这些年来，地质部门已经有不少科研、勘查单位开展了这项工作，也取得了不少成果，在农业生产的应用上也产生了效益。但总的说来，进展不尽如人意。究其原因，一是农业地质研究没有和农业部门紧密配合；再是农业地质研究的内容不一定符合农业生产的需要，成果的实用性不理想，等等。

考虑到以上情况，本项目在立项和研究过程中，首先就注意到了和农业部门的结合。例如，对本项目的立项征求意见时，湖南农业大学土壤学教授汤辛农先生就指出“湖南农业地质研究是农业的一项重要的基础研究课题，很有必要进行”。湖南省农业经济和农业区划研究所所长、研究员段正吾先生指出“这类地质资源用于农业开发的研究课题，是把地质学科的研究成果引伸到农业区划中来，属于边缘性交叉研究，这对于深化农业区划研究工作，更好地指导农业布局，实行农业区划科技兴农有实际意义，我们应该欢迎地质学科的科技工作者主动提出与农业区划有关的课题。”湖南农科院著名土壤学家肖泽宏研究员指出，在农业地质方面搞一些科研为农业服务，是一种很好的设想，很有意义。他认为：农业地质具有边缘科学性质，光靠哪一家不行。研究必须与农业部门配合协作；要把丰富的地质资料应用于农业，还要靠宣传，要引起领导部门的重视，要选择一些切实可行、能见成效的课题共同进行研究。为此，在我们的研究工作中，我们主动地向各级农业部门的专业技术人员学习和讨论问题，例如，当研究工作取得了一些阶段性成果后，认为有必要进行一些试验研究，便与湖南农业大学土壤教研室一起进行了改土试验，与劳改局溁澧农科所进行了棉花矿肥试验，与怀化地区农科所进行水稻矿物质微肥试验。由于农科部门的大力协作，使各项试验都取得了令人满意的效果。

在研究工作中充分注意到了以地质体类型为基础及其对作物产量、品质的影响和制约因素的调查研究。所谓地质体类型，作者是指“岩石、形成岩石的时代，衍化成土壤的一个综合体，它是成岩作用和成土作用的综合产物”。在研究工作中充分运用了已有的地质资料和土壤资料，对农科部门进行的作物与土壤条件的研究成果，大都进行实地调查，按农业地质研究要求对照采集了有关样品，然后综合分析。在研究工作中充分运用了现代化计算技术进行数据处理，为对农业生产提供咨询服务和后续研究需要，建立了农业地质数据库。由于农业

地质是一项新的研究工作，还有待于深化和完善，需要积累资料，因此对野外进行的调查研究、样品分析、景观照片、特征素描等原始资料分门别类建立了农业地质研究资料卡片。

根据研究需要所采集的岩石、土壤及作物样品，采样地布置于所选作物的传统产地或知名产地，为了对比，同时在该作物长势或品质优劣不同的邻域采取对比样。

岩石样的采取与加工按地质研究的要求进行，即尽可能多点采取未风化的新鲜岩石组合成一个样，用玛瑙球磨机研磨。而土壤样及作物样的采取则遵循农业研究的要求，分层分别采取自然土、耕作土及相应位置的作物。土壤样经风干过20目筛，即留用 $<1\text{mm}$ 者作各种分析。柑桔、稻米等连皮带壳风干或烘干、硝化处理。

所有岩石和土壤样送中南工业大学测试中心，用美国BALRD公司生产的PS—6真空型等离子光谱仪测试40个元素，并用X荧光分析仪分析 SiO_2 。土壤元素有效态、粒度、pH值测试及柑桔微量元素由湖南省农科院土壤肥料研究所分析测试。其土壤元素有效态之浸提液分别是：Zn、Cu、Mn：DTPA浸提；B：沸水浸提；Mo：草酸——草酸铵浸提；N：(1N) NaOH碱解； P_2O_5 ：(0.5M) NaHCO_3 浸提； K_2O 、Ca、Mg：(1N) NH_4Ac 浸提。

柑桔品质分析由湖南省园艺所完成。岩石和土壤的稀土元素(分量)及作物之元素，由地质矿产部宜昌地矿所测试，土壤的粘土矿物成分由湖南省地矿局矿产测试利用研究所作X—衍射分析完成。各项分析均有标样及密码样进行质量监控，其精密度、准确度及检出限均符合有关规定要求。

本研究注意到了研究成果应与生产实践相结合，因而对被研究的作物在农业区划、宜种性选择、土壤改良、施肥和新品种培育等方面都提出了建议；同时也注意到了研究成果的分析，对农业地质一些带有基础理论性的问题进行了探讨；还特别对地质资料的再开发用于农业生产提出了具体意见。

本书由童潜明、张建新、杨慧敏、王世明、李荣清编著。张建新执笔编写第一章、第三章的第三节和附件II，童潜明执笔编写第二章、第三章的第一、二节和附件I、前言及结语。最终由童潜明统编定稿。

在研究过程中，得到了张同钦、蔡翠青、郑俊夫、王万川、颜学毛、罗槐林、董俊琦、岳振华、孙树高、朱德其、钱恒、栗志康、周兆生等专家的指导、帮助和支持。在本书的修改定稿时，得到了国内外知名农学和地学专家陈国达、陈毓川、方克定、仇水旺、董和金、田际榕、韩雄刚、段正吾和周年发诸位先生的指教。陈国达先生还为本书作序。谨此一并致以最诚挚的感谢。

编者

1994年4月

目 录

第一章 成土母岩与土壤	(1)
第一节 成土母岩	(1)
一、湖南成土母岩特征概述	(1)
二、成土母岩的元素组成	(2)
三、成土母岩的物理性状	(3)
第二节 母岩对土壤的影响	(4)
一、母岩元素组成与土壤元素组成的关系	(4)
二、母岩及土壤的元素含量与土壤元素有效态含量的关系	(6)
第三节 土壤的稀土元素与成土母质	(16)
一、土壤的稀土元素含量和分布模式	(16)
二、影响湖南土壤稀土含量和分布模式的主要因素	(18)
三、土壤稀土元素在农业地质研究中的意义	(20)
四、土壤稀土元素在农业地质研究中的方法	(21)
第二章 某些优势作物和名优特产的地质体类型	(22)
第一节 柑桔、柚	(22)
一、柑桔、柚及其与地质体关系的研究概况	(22)
二、柑桔、柚种植区的地质体类型	(23)
三、地质体类型对柑桔、柚生产的影响	(26)
四、柑桔、柚宜种性地质体类型评述	(36)
五、发展柑桔、柚生产的建议	(37)
第二节 茶叶	(39)
一、茶叶及其与地质体类型关系的研究概况	(39)
二、茶树生长的地质体类型	(39)
三、地质体类型对茶叶生产的影响	(41)
四、茶树的地质体类型宜种性评述	(43)
五、对发展茶叶生产的建议	(43)
第三节 烟草	(45)
一、烟草及其与地质体关系的研究概况	(45)
二、湖南种植烟草的地质体类型	(46)
三、影响烟草质量的主要地质因素	(49)
四、烟草的地质体类型宜种性评述	(50)
五、对发展烟草生产的建议	(50)
第四节 香米	(51)
一、香米种植区的自然环境	(52)
二、香米田周围基岩元素含量特征	(53)
三、香米田土壤元素含量特征	(53)

四、“出水”及其微量元素特征	(54)
五、对香米开发意见	(54)
第五节 经济林和用材林	(55)
一、油桐	(55)
二、乌柏	(55)
三、油茶林	(56)
四、杉、松、竹、柏	(57)
第六节 其他	(59)
一、枣	(59)
二、邵东黄花菜	(60)
三、新田三味辣椒	(60)
四、发展生产建议	(61)
第三章 农业地质研究中的几个问题	(62)
第一节 湖南土壤元素的亏损与积累	(62)
一、土壤元素的有效态含量和某些作物元素含量的标准	(62)
二、作物对土壤元素吸收引起的元素亏损	(63)
三、人为活动引起土壤元素的积累	(64)
第二节 关于土壤分类	(67)
一、土壤形成因素理论简述	(67)
二、地质学在土壤学中的作用	(68)
三、土壤分类意见	(73)
第三节 地质资料用于农业生产的再开发	(76)
一、水系沉积物元素含量与土壤元素含量(全量和有效态含量)的对应关系	(76)
二、土壤元素有效态含量的统计推算	(79)
结论	(85)
附件I 农业地质试验研究	(88)
一、矿物质肥料试验研究	(88)
二、改土试验研究	(89)
附件II 湖南省地质研究所地质应用程序使用系统——农业地质数据库的使用说明	(93)
一、运行环境及安装	(93)
二、运行操作	(94)
参考文献	(98)

第一章 成土母岩与土壤

作为农业物质基础的土壤，它是由岩石衍生而来，岩石的矿物成分和化学组成不仅记录了其自身的地质地球化学演化历史，而且还影响和决定了土壤的许多重要性质及意义。因此进行农业生态研究就必然需要围绕岩石、即成土母岩来开展研究。

第一节 成土母岩

一、湖南成土母岩特征概述

湖南的岩石，通常所称三大岩类（沉积岩、岩浆岩和变质岩）均有分布，不同时代形成的沉积岩及浅变质的沉积变质岩约占全省面积的91.7%，其余为各类岩浆岩。沉积地层层序比较完整。由于湖南地跨古生代杨子和华南两个海域的交界处，因此横向变化较大，岩石类型繁多，加之岩浆岩类型也多，从而构成了湖南成土母岩众多的特点。

志留纪以前及部分志留纪形成的沉积岩大都有不同程度的变质，碎屑岩变质为砂质板岩、板岩，主要分布于湘西、湘东北地区，其次在湘中和湘南也有成片出露，寒武系的中上统及奥陶系在湘西北部为碳酸盐岩，往湘南变为浅变质的碎屑岩类。志留系在永顺至石门一带未变质，为页岩，而在湘中一带则变质为板页岩。泥盆系广泛分布于湘南、湘中地区，其下统为碎屑岩，中、上统在南部为碳酸盐岩，往北泥砂质增加，逐渐过渡到碎屑岩，其规律恰与寒武、奥陶系相反。在新田至桂阳一带及洞口至邵东一带泥盆系中上统为含泥质较高的灰岩——泥灰岩。石炭系亦广泛分布于湘西北以南的广大地区，岩性的变化规律与泥盆系类似，南部以较纯的碳酸盐岩为主，往北泥质增加。二迭系在湘西北区主要为碳酸盐岩，向南变为以含煤的砂、页岩为主。三迭系下统在湘中、湘西北区主要为碳酸盐岩。顺便指出，在三迭系下统形成以后（即大约2亿年前的中三迭世以后），由于地壳运动，沧桑巨变，湖南结束了长期以海相沉积为主的历史，从此只在陆地上的一些构造盆地中接受上三迭统——侏罗系泥砂质沉积。三迭系中统在湘西北大片出露碎屑岩，上三迭统——侏罗之碎屑岩零星分布于全省。三迭系中统、白垩系及第三系下统的砂泥质岩石由于形成于炎热干燥的气候条件下而呈紫红色，称为“红层”，主要分布于慈利——桑植、长沙——平江、沅陵——麻阳、衡阳、醴陵——攸县、茶陵——永兴等地而构成省内几个较大的红色盆地，其次在省内各地还有一些规模甚小的“红盆”。第四系更新统主要由三个冰期的冰川泥砾和四个间冰期的河湖冲淤积砂、粘土等组成，由于间冰期的气候湿热、风化淋溶作用致使其多呈红色，因而称为“第四纪（系）”

红土”。其冰川沉积多位于湘、资、沅、澧四大河流的河原山地间或山前地带；河湖沉积位于沿河两岸及滨湖平原的边缘地带。第四系全新统，即近代（冰后期）河流冲积物和湖积物分布于四水及其支流两岸的河漫滩及冲积平原上。

湖南的岩浆岩出露面积占全省面积的 8.3%，其中 99% 为花岗岩类，多分布于南东部地区，尤其是湘粤、湘赣、湘桂边界，均为出露面积大于 100 平方公里的大岩基，其它地区则以较小的岩体为主（约有 150 个），其中湘西北地区极为罕见。

二、成土母岩的元素组成

表 1—1—1 为本课题所采取 88 个母岩样品的统计值，以其平均值作为背景值，它反映了母岩对土壤营养元素的供给强度，若以元素在地壳中的平均含量（克拉克值）为标准，则湖南岩石除一些主要组成元素及 S、As 外，所列微量元素都比较贫乏。按地球化学理论，单一地球化学过程形成的产物中的元素概率分布是正态的，多阶段（或多过程）则为偏态。从表 1—1—1 列出的计算结果看，除 S、Al、Ti 等少数几个元素为正态或对数正态分布外，多数元素为偏态，因而为多因素影响所致。

按照出露的主要岩石类型及其对农业影响作用的大小不同，将湖南的成土母岩分为八个主要类型。各类岩石的元素组成详列于表 1—1—2。由表可见，与省内岩石元素背景值比较，

表 1—1—1

湖南省岩石化学元素统计参数表

元 素 (氧化物)	数据处理	平 均 值 (元素: 10^{-6} , 氧化物: 10^{-2})	变异系数 (10^{-2})	偏态系数	峰凸系数	分布检验	克拉克值 (据维诺克拉 多夫等)
Zn	数据先作对数变换再统计	42	55	-3.1	12.8	对数负偏	83
Cu		19	39	-0.86	8.9	对数负偏	47
Mn		206	26	-0.75	2.7	对数负偏	1000
B		4.3	129	-0.84	2.6	对数负偏	12
Mo		0.45	-216	-0.93	3.0	对数负偏	1.1
S		405	26	0.37	3.6	对数正偏	470
Co		6.6	49	-2.3	12.1	对数负偏	18
Ni		15	44	-1.0	5.3	对数负偏	58
V		30	37	-1.1	4.2	对数负偏	90
As		2.3	144	0.98	3.5	对数正偏	1.7
Fe ₂ O ₃ *	原始数据直接统计	3.50	93	3.3	21.5	正 偏	6.64
K ₂ O		1.88	108	2.7	14.4	正 偏	1.90
CaO		13.01	140	1.2	3.1	正 偏	8.80
MgO		1.18	131	2.8	10.8	正 偏	5.20
SiO ₂		55.75	52	-0.56	2.2	负 偏	55.20
Na ₂ O		0.32	122	2.5	11.4	正 偏	2.90
TiO ₂		0.28	77	0.45	2.1	正态分布	1.60
Al ₂ O ₃		8.61	76	0.36	2.1	正态分布	15.30
P**		374	54	0.49	2.5	正态分布	930

注：* 包括 FeO，下同；

** 为剔除高值后的统计结果，不剔除则 $\bar{X} = 603 \times 10^{-6}$

碳酸盐岩相对富含Ca、Mg及B等，而Al、K、Na、Fe、P、Zn、Cu、Mo、Co、V等较贫乏；碎屑岩富含Si、Fe，缺Ca；泥灰岩元素较丰富，Ca、Mn、B、Co等较高；红层岩石富含Zn、Mn、S等；变质岩富含Cu、Mo、S、Ni、V等；第四系红土富含Si、Fe，贫Ca、Mg、Mn、Cu、Ni；花岗岩富含K、Al、Na，贫Ca、Mg、S、Co、Ni等。

表1—1—2

湖南省不同成土母岩元素(氧化物)平均含量*

成土母岩(质)	Zn	Cu	Mn	Fe ₂ O ₃	B	Mo	S	P	K ₂ O
1.泥灰岩	84.269	23.375 -	537.112 -	3.837 -	16.277 +	1.164	279.798 -	382.606 -	1.301 -
2.红层	112.409 +	25.027 -	663.596 -	3.286 -	8.328 -	0.945	1381.823 +	353.072 -	1.588
3.碎屑岩	83.353	25.684 -	368.630 -	6.098	14.936 +	1.164	539.326	441.610 -	1.664
4.碳酸盐岩	45.413 -	8.009 -	210.377 -	0.659 -	19.566 +	0.085 +	419.878	87.578 -	-0.709 -
5.第四系红土	71.324	16.351 -	191.720 -	5.306	10.804	1.024	317.141	262.180 -	1.650
6.花岗岩	219.390 +	41.895	402.500 -	2.860 -	9.225 -	1.195	193.850	264.00 -	8.905 +
7.变质岩	80.550	82.868 +	258.949 -	3.380 -	7.614 -	1.789 +	3197.884	1350.477 +	2.549 +

	Co	Ni	V	As	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	TiO ₂	n
1	10.155 +	14.052	32.241 -	21.720 +	23.893 +	0.798 -	34.846	11.257	0.353	0.325	11
2	3.379	14.698	36.368	6.021	16.421 +	1.942 +	46.572	8.647	0.569	0.344	19
3	9.429	29.895	58.634	7.604	0.444 -	0.834	76.055	9.380	0.292	0.335	11
4	1.600	14.497	19.627	1.033	25.373 +	1.492	44.235	0.778 -	0.062	0.031	13
5	6.656	9.686	70.279	4.567	0.616 -	0.543 -	75.131	10.200	0.103	0.303	7
6	3.315	0.010	95.970	1.525 -	0.730 -	0.590 -	60.360	19.840	1.365 +	0.240	2
7	7.627	27.428 +	184.520	3.077	9.176	0.918 -	63.173	9.789	0.254	0.300	25

*含量单位：元素10⁻⁶；氧化物10⁻²。n样品数。冲积物未列于表中

三、成土母岩的物理性状

影响岩石物理性状的因素主要有岩石的矿物成分、结构构造等。湖南主要成土母岩(质)的物理性状如下：

1.碳酸盐岩

包括石灰岩和白云岩及其过渡类型，主要矿物成分为方解石(CaCO₃)和白云石(MgCO₃)，常有少量的粘土矿物及石英。呈层状、巨厚层状，结构致密，抗物理风化能力强，抗化学风化能力弱，由其衍生的土壤常为粘性较强的土壤。

2.碎屑岩和紫红色碎屑岩(红层岩石)

按碎屑及胶结物的含量比例及其颗粒大小，可分为砾岩、砂岩及粉砂岩，碎屑矿物主要为石英、长石、云母及少量重矿物、或者碎屑是各类岩石的碎块，如碳酸盐岩碎块、花岗

岩碎块等,胶结物主要为高岭石、水云母、蒙脱石、绿泥石等粘土矿物。岩石呈层状,结构或致密亦或疏松,多易物理风化,尤其是湘南红层岩石的物理风化较强,化学风化相对较弱,易形成含岩屑或砂性较强的土壤。

3. 泥灰岩

指介于碳酸盐岩与粘土岩之间的各种过渡类型,矿物成分为碳酸盐矿物(方解石、白云石)、粘土矿物及石英等。呈层状或厚层状,结构致密者以化学风化为主,形成的土壤粘性较重,如洞口一带;薄层状结构疏松者易物理风化,如新田至桂阳一带,形成粗骨土。

4. 花岗岩

以含石英、长石、黑云母为主的块状岩石。矿物呈结晶粒状,岩石坚硬,抗风化力较强。但长石和黑云母相对于石英较易分解,故岩石多发生粒状崩解,形成含砂较多的沙性土。

5. 变质岩

湖南的变质岩主要为板岩和千枚岩,均为泥砂质岩石在一定的温压条件下变质而成,矿物成分与原岩无很大差异,主要矿物为石英、绢云母、绿泥石及隐晶质的粘土矿物,岩石多较软,易风化,(但石英板岩较硬),多形成含岩屑较多的土壤。

6. 第四纪(系)红土、现代冲积物

由流水、冰川等地质营力搬运堆积而成。矿物成分复杂,以石英、粘土矿物为主,由于形成时间不长,结构疏松,可直接经生物改造而成为土壤。

第二节 母岩对土壤的影响

一、母岩元素组成与土壤元素组成的关系

1. 土壤元素背景值

土壤是在母岩的风化产物——母质的基础上经成土作用发育形成的,尽管它的物理性质和化学组成(常量元素含量)不同于母质和母岩,但又继承了母岩的许多特征,尤其是土壤的微量元素含量,颗粒组成及质地类型无不与母岩密切相关。

表1—2—1为本课题在省内各地采取的99个不同类型土壤样品的统计值。将其平均值作为土壤的背景值,与其他部门提出的土壤背景值比较,可以发现两者非常接近。与世界土壤平均值比较,则湖南土壤的Mn、P、S、Ni、Ca、Mg、Si等较贫乏。

与湖南岩石背景值(表1—1—1)比较,上述土壤缺乏的元素多为成土母岩缺乏的元素。说明在通常的情况下,母岩元素的缺乏,可导致土壤元素的缺乏。

以上是就整个土壤而言,而不同母岩发育形成的土壤又存在很大的差异。

2. 不同母岩土壤的元素组成

由前述八类成土母岩,可分为相应的八个土壤类型。各类土壤的元素含量(全量)平均值(算术平均)列于表1—2—2中。与湖南土壤背景值比较,泥灰岩土壤的B、Mo、Ca、Mg、Na含量较高,未见明显缺乏元素;红层土壤富含Mg、Co,贫P等,碎屑岩土壤富含B,未见明显缺乏元素;变质岩土壤富含Mn、Fe、Mo、P、K、Co、Ni、V,缺Ca;碳酸盐岩土壤富含Zn、Mn、Mo、Ni、V、As、Ti,而缺K、Na;第四系红土土壤富含Zn、Cu,缺K、Ca、Co、Ni、V、Na;冲积土壤富含P、Na,缺Zn、Mn、Fe、B、Mo、S、Co、Ca(但洞庭湖区

冲积土，即潮土 Fe、Mn 含量高)；花岗岩土壤富含 Al、Mg、Mo、K、S、As，贫 Zn、Cu、Mn、P、Ca、Si、Co 等。其丰缺趋势大体与母岩一致。

表1—2—1 湖南省土壤常量元素氧化物和微量元素统计参数及对比

数据处理	元素及氧化物	平均值 (元素: 10^{-6} 氧化物: 10^{-2})	变异系数 (10^{-2})	偏态系数	峰凸系数	分布检验	湖南土壤 背景值*	世界土壤 平均值**
数据取对数再作统计	Zn	90	14.2	-0.30	7.07	对数负偏	90	90
	Cu	28	19.1	1.13	10.08	对数正偏	25	30
	Mn	476	14.1	-0.24	3.60	对数正态	380	100
	B	46	22.9	-0.034	3.64	对数正态	80	20
	K ₂ O	1.92	60.2	0.003	3.0	对数正态	1.78	1.7
	S	211	5.7	-0.98	5.2	对数负偏		700
	Co	15	19	-0.24	6.4	对数负偏	13	8
	Ni	28	22.3	-1.17	5.4	对数负偏	30	50
	V	117	8.5	-0.40	4.6	对数负偏	103	90
	As	25	8.3	-0.082	2.36	对数正态	14	6
	Mo	1.74	59.1	-0.64	3.15	对数负偏	1.2	1.2
数据直接统计	Mo	1.83	30.1	0.055	2.15	正态	1.2	1.2
	Fe ₂ O ₃	5.84	36.7	0.986	6.17	正偏	5.39	5.7
	CaO	0.88	284	4.8	28.0	正偏		2.1
	MgO	0.94	63	1.6	5.4	正偏	0.51	0.83
	SiO ₂	61.16	14	0.65	4.7	正偏		70.57
	TiO ₂	0.68	35	0.21	2.6	正态	0.83	0.84
	Al ₂ O ₃	14.27	28	0.26	2.5	正态	14.81	13.41
	Na ₂ O	0.25	77	1.85	6.9	正偏	0.14	0.67
	P	361	40	1.38	5.2	正偏		800

* 据湖南省环境监测中心，湖南省土壤背景值研究，1990

** 据 H·J·M 鲍恩，元素的环境化学，科学出版社，1986

3. 影响土壤元素组成的主要因素

(1) 从上述可知，土壤的母岩类型是影响土壤元素组成的一个重要因素。由于同类岩石所处的地质地球化学条件不同，致使同类母岩有不同的土壤元素组成。以“红层”区为例，表1—2—3和表1—2—4分别为湖南省不同地质地球化学区红层盆地之岩石和土壤的元素含量平均值。湘西区，地处雪峰古陆，形成红层的物质多来源于较古老的变质岩，岩石微量元素非常丰富，除 B 较缺乏外，表中所列元素几乎均大于或等于全省红层岩石之平均值，土壤中这些元素亦多较丰富，并且亦缺 B。湘南的红层成岩物质主要来源于时代相对较新的碎屑岩和碳酸盐岩地层，因而岩石较缺乏 Cr、Ni、Co、V、Cu、Mo、S、Y、La、Fe 等，土壤亦大体如此。另外由于湘南广泛分布的铅锌多金属矿化的影响，红层岩石相对含 Pb、Zn 较高，衍生的土壤亦富含 Pb、Zn。湘中区，由于地处锑的成矿区及 Mn 矿较普遍，因此无论是红层区的岩石还是土壤，Sb、Mn 等元素均较丰富。

(2) 对全省不同样地类型的 55 对岩石和土壤样作相关统计，发现土壤与岩石元素含量多呈显著正相关，如 K 的相关系数为 0.53，Mg 为 0.43，Ca 为 0.32，P 为 0.29，大于相关系数临

表1—2—2

湖南省不同类型土壤元素(氧化物)平均含量*

土壤类型	Zn	Cu	Mn	Fe ₂ O ₃	B	Mo	S	P	K ₂ O
1.泥灰岩土壤	108.937	41.606	615.646	6.618	162.446	2.076	238.519	368.591	2.160
2.红层土壤	100.272	35.455	608.339	5.161	47.409	1.764	209.501	299.567	2.334
3.碎屑岩土壤	69.126	28.801	515.263	6.031	93.580	1.680	192.106	331.452	2.043
4.变质岩土壤	105.788	38.351	1334.693	7.189	49.674	2.033	203.190	414.677	3.238
5.碳酸盐岩土壤	137.240	37.190	911.966	6.935	69.246	2.145	228.888	370.538	1.487
6.第四系红土土壤	134.173	80.904	396.064	4.987	57.797	1.527	237.712	377.524	1.484
7.冲积土壤	86.211	31.170	415.230	3.707	16.477	1.354	191.610	412.426	2.057
8.花岗岩土壤	79.315	26.680	392.655	5.410	63.410	2.520	303.995	325.770	3.810

	Co	Ni	V	As	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	TiO ₂	样数
1	16.569	29.928	135.980	27.079	3.556	1.225	52.710	17.867	0.442	0.692	10
2	21.425	37.119	125.802	25.087	1.915	1.468	59.579	13.701	0.327	0.594	20
3	14.370	26.791	127.083	23.283	0.314	0.944	62.186	13.257	0.219	0.702	9
4	21.852 +	41.549 +	136.677	26.488	0.091	0.878	61.989	15.439	0.279	0.632	12
5	18.367	53.105	167.838	29.261	0.255	0.753	61.706	15.479	0.145	0.910	19
6	11.054	17.933	91.390	24.458	0.131	0.511	64.469	11.964	0.124	0.591	20
7	12.553	24.904	89.541	18.613	0.203	0.751	67.203	11.180	0.450	0.559	7
8	12.910	22.205	100.090	32.215	0.230	1.165	50.070	21.940	0.220	0.770	2

* 含量单位: 元素10⁻⁶, 氧化物10⁻²

界值0.22。并且在由岩石衍化为土壤过程中,在湖南的生物气候条件下,大多数元素,如Mn、Fe、Zn、Cu、Ni等发生相对富集;而一些元素如Si及酸性介质中的Ca等,则发生次生贫化。但由于受不同的酸碱条件、不同的成土时间及不同的地形地貌条件等的影响,这种贫化、富集的幅度是不同的。

因此,影响土壤元素组成的因素主要有三:一是母岩的岩石类型;二是母岩的地球化学特征(主要指微量元素含量特征);三是土壤的环境条件。

二、母岩及土壤的元素含量与土壤元素有效态含量的关系

1. 不同母岩土壤的元素有效态含量

表1—2—5为不同母岩土壤的元素有效态含量,与土壤元素有效态含量分级标准(见表3—1—1)比较,泥灰岩土壤的元素有效态除Ca外,都不是很丰富,而B、Mo有效态含量低,P缺乏;红层土壤Ca、Mg丰富,Fe、B、N、P缺乏;碎屑岩土壤Fe丰富,P缺乏,B较低,变

表1—2—3

湖南省不同地区红层盆地岩石元素平均值*

地区 \ 元素	S	Zn	Ce	Bi	Ga	Be	Zr	Ba	W	Sn
湘南	363.403	159.685	1.938	0.007	1.858	0.940	26.642	146.462	0.247	0.268
湘北	199.977	108.033	15.800	0.057	3.593	1.493	53.817	914.227	0.357	0.550
湘西	2623.548	104.153	35.291	0.318	3.706	2.028	94.128	343.032	1.012	0.954
湘中	196.383	78.520	0.010	0.010	0.520	1.577	17.873	453.497	0.170	0.353
全省	1381.823	112.409	19.621	0.163	2.796	1.643	61.515	409.279	0.615	0.651

地区 \ 元素	Ni	Co	V	Cu	Y	Hg	In	Ag	Cd	Se
湘南	1.735	5.857	41.095	18.450	9.330	7.000	0.142	328.750	298.750	45.500
湘北	24.497	9.820	60.793	25.463	11.877	10.167	1.993	204.837	24.437	38.100
湘西	19.896	10.194	22.521	27.836	14.090	14.944	1.243	564.341	999.990	200.489
湘中	6.593	4.853	47.183	24.937	14.023	7.167	0.010	11.667	8.337	26.667
全省	14.698	8.379	36.368	25.027	12.728	11.289	0.935	370.715	541.749	14.774

地区 \ 元素	Mo	Nd	Ta	B	Cr	Nb	La	Sc	As	Sb
湘南	0.283	3.488	0.055	3.398	27.017	6.945	15.450	2.443	2.482	0.360
湘北	0.623	8.777	0.363	18.373	73.687	4.207	20.017	9.690	1.300	0.537
湘西	1.531	8.026	0.259	2.909	58.968	3.190	33.161	6.822	10.756	0.448
湘中	0.390	0.010	0.047	14.450	54.973	13.020	17.293	3.320	1.257	0.473
全省	0.945	5.923	0.199	8.328	53.935	5.693	24.852	5.800	6.021	0.447

地区 \ 元素	Pb	P	MgO	CaO	Mn	Na ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	SiO ₂
湘南	59.510	196.785	3.715	23.715	588.568	0.580	0.197	1.618	5.063	0.857	33.620
湘北	5.630	251.613	0.870	10.670	551.433	0.310	0.237	4.193	9.790	1.893	55.013
湘西	46.369	490.922	1.719	12.259	769.640	0.768	0.502	3.698	10.457	1.884	51.867
湘中	5.150	249.333	1.320	24.933	557.667	0.220	0.170	3.370	6.857	1.370	39.517
全省	36.195	353.072	1.942	16.421	663.596	0.569	0.344	3.286	8.647	1.588	46.572

*单位: Hg、Ag、Cd、Se, 10⁻⁹, 氧化物: 10⁻², 其他: 10⁻⁶

表1—2—4

湖南省不同地区红层盆地土壤元素平均值*

地区 \ 元素	S	Zn	Ce	Bi	Ga	Be	Zr	Ba	W	Sn
湘南	258.565	119.380	20.105	0.532	4.845	2.367	181.788	281.413	3.615	4.370
湘北	178.503	153.247	32.963	0.327	0.360	2.503	147.917	457.267	3.203	3.777
湘西	192.353	75.589	34.895	9.132	9.077	1.766	180.674	383.936	4.863	4.118
湘中	232.240	104.097	27.020	0.450	2.987	3.340	219.120	368.123	3.813	5.130
全省	209.501	100.272	30.466	4.789	6.010	2.233	181.750	372.059	4.207	4.269

地区 \ 元素	Ni	Co	V	Cu	Y	Hg	In	Ag	Cd	Se
湘南	31.462	14.418	119.192	34.877	25.435	0.328	0.967	0.520	0.405	0.788
湘北	43.373	48.720	86.707	29.843	62.067	0.117	0.010	0.517	0.183	0.503
湘西	39.506	17.715	144.002	36.898	28.921	0.132	3.840	1.156	0.557	0.957
湘中	30.447	15.837	113.047	37.027	34.957	0.140	1.383	0.637	0.283	0.617
全省	37.119	21.425	125.802	35.455	34.101	0.170	2.322	0.855	0.429	0.804

地区 \ 元素	Mo	Nd	Ta	B	Cr	Nb	La	Sc	As	Sb
湘南	1.690	0.457	0.555	102.855	75.210	14.682	25.920	9.488	25.610	1.905
湘北	1.737	73.977	0.063	63.333	50.227	2.230	87.330	7.570	26.357	2.150
湘西	1.711	23.381	0.951	18.932	62.085	10.410	32.014	9.413	20.735	1.563
湘中	2.063	7.937	0.123	52.480	68.117	15.567	45.683	12.903	37.627	2.550
全省	1.764	24.069	0.615	47.409	63.836	10.811	41.143	9.675	25.087	1.367

地区 \ 元素	Pb	P	MgO	CaO	Mn	Na ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	SiO ₂
湘南	46.270	323.285	1.485	5.758	462.832	0.440	0.640	5.700	14.252	2.168	51.022
湘北	25.613	278.667	0.883	0.253	712.667	0.207	0.407	4.220	13.733	2.433	62.647
湘西	35.890	311.420	1.746	1.390	607.846	0.366	0.631	4.766	13.015	2.467	61.670
湘中	33.763	249.333	1.103	0.207	699.667	0.167	0.597	6.700	15.220	2.013	60.953
全省	36.105	299.567	1.468	1.915	608.339	0.327	0.594	5.161	13.701	2.334	59.579

*单位: 氧化物, 10^{-2} ; 元素, 10^{-6}

表1—2—5

湖南省不同类型土壤元素有效态含量平均值

土壤类型	Zn	Cu	Mn	Fe	B	Mo	N	P	Ca	Mg	K ₂ O	n
泥灰岩土壤	0.867	0.935	9.919	6.635	0.167	0.078	87.573	1.791	35.681	0.360	129.245	11
红层土壤	0.704	0.576	9.644	3.641	0.169	0.266	41.564	2.115	25.157	1.040	121.364	22
碎屑岩土壤	0.675	0.811	11.586	10.611	0.238	0.204	84.290	4.287	7.051	0.746	139.330	10
变质岩土壤	0.963	3.266	24.714	23.051	0.181	0.492	60.943	15.115	1.908	0.655	96.521	14
碳酸盐岩土壤	0.768	0.584	19.724	7.372	0.199	0.470	69.813	4.605	5.235	1.039	176.270	23
第四系红土土壤	1.115	1.073	25.730	52.329	0.179	0.211	91.592	7.219	1.954	0.413	105.329	24
冲积土壤	1.338	1.580	17.878	39.068	0.511	0.362	77.692	24.241	7.786	1.398	120.142	12
花岗岩土壤	0.828	0.976	18.172	39.869	0.276	0.326	125.500	4.306	2.988	0.484	168.660	5

备注：单位：Ca和Mg：毫克当量/100克土，其他：10⁻⁶，n：样品数

质岩土壤Cu、Mn、Fe、Mo、P丰富，B、P、N缺乏；碳酸盐岩土壤Mo、Mn、Mg、K丰富，B、P、N缺乏；第四系红土土壤Zn、Cu、Fe、Mn丰富，B、Ca、Mg缺乏；冲积土土壤Zn、Cu、Fe、Mo、N、P、Mg丰富，N缺乏；花岗岩土壤Mn、Fe、Mo、N、K丰富，P、Mg缺乏。

实际上，上述有效态并不能完全刻画土壤中元素对植物的有效性，有时甚至发生矛盾，这是因为影响元素有效性的因素有许多，其中之一是其他离子的存在。由于离子之间的相互作用，降低了离子的有效性。如果把土壤胶体看成一个弱电解质，而把平衡后土壤溶液中存在的离子看成是由这个电解质解离所产生的，其有效浓度即活度。根据有效态测试时所用提取液的性质，可知其主要状态，从而计算土壤的离子强度（I）和元素的活度（a）。离子强度大的土壤，元素的活度小，即元素的有效性低；反之有效性则高。不同母岩土壤的离子强度平均值、活度及活度系数列于表1—2—6中，其中不同离子强度下不同价态离子的活度系数由查表求得。活度系数可看成是离子与胶体之间结合强弱的指标，活度系数愈高，离子与胶体结合得愈弱，元素的有效性愈大。由表1—2—6可见，泥灰岩土壤和红层土壤由于离子强度高（主要由Ca²⁺引起），引起活度系数小，从而使多数元素的有效性低；变质岩土壤及第四系土壤的离子强度小，离子的活度大，元素的有效性高；其他土壤多数离子的活度处于中等水平。因此，对于离子强度大的泥灰岩土壤和红层土壤，某些元素含量（全量）并不缺乏，但对植株的有效性可能较低，这时不宜施加该元素，而应以降低土壤的离子强度为主，如施酸性肥料以降低Ca²⁺含量，适当多浇水，冲淡土壤溶液中的浓度等。

2. 岩石元素含量与土壤有效态含量的关系

岩石所含元素的多寡亦对土壤中元素的有效态有影响。一般而论，岩石中某元素含量高，其衍生的土壤中该元素的有效态亦高。但由于表生地球化学因素的影响，可能使这种关系复杂化。表1—2—7为本项目所采部分母岩样及相应土壤样相关分析结果。由表可知，土壤中Mg、Ca、Zn等元素的有效态含量与其在母岩中的含量呈显著正相关，表中其他元素的土壤有效态含量与其在母岩中的含量并无显著的相关关系，实际上土壤元素有效态含量与母岩元素含量的关系是间接的，其媒介便是土壤元素全量。

表1-2-6

湖南省不同类型土壤的离子强度(I)、活度(a)及活度系数(f)近似值表*

土壤类型		Zn ²⁺		Cu ²⁺		Mn ²⁺		Fe ²⁺		(BO ₃) ³⁻		(MoO ₄) ²⁻	
		a	f	a	f	a	f	a	f	a	f	a	f
泥灰岩土壤		0.265	0.20	0.294	0.20	2.610	0.20	2.376	0.20	0.046	0.03	0.016	0.20
红层土壤		0.298	0.24	0.217	0.24	4.212	0.24	1.565	0.24	0.063	0.04	0.066	0.24
碎屑岩土壤		0.372	0.36	0.459	0.36	7.600	0.36	6.840	0.36	0.198	0.09	0.077	0.36
变质岩土壤		0.737	0.50	2.570	0.50	22.50	0.50	20.04	0.50	0.335	0.20	0.256	0.50
碳酸盐岩土壤		0.458	0.39	0.358	0.39	13.66	0.39	5.143	0.39	0.167	0.10	0.191	0.39
第四系红土土壤		0.853	0.50	0.845	0.50	23.42	0.50	46.69	0.50	0.338	0.20	0.110	0.50
冲积土壤		0.818	0.40	0.994	0.40	13.02	0.40	28.00	0.40	0.615	0.13	0.151	0.40
花岗岩土壤		0.544	0.43	0.660	0.43	14.22	0.43	30.72	0.43	0.383	0.15	0.146	0.43
标准	缺乏	0.418	0.55	0.167	0.55	5.013	0.55	4.873	0.55	0.531	0.23	0.055	0.55
	丰富	0.658	0.43	0.677	0.43	11.74	0.43	7.70	0.43	1.39	0.15	0.135	0.43

土壤类型		NH ₄ ⁺		H ₂ PO ₄ ⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		K ⁺		I
		a	f	a	f	a	f	a	f	a	f	
泥灰岩土壤		412.8	0.66	3.816	0.66	3568	0.20	36.00	0.20	181	0.66	0.372
红层土壤		207.8	0.70	4.780	0.70	3019	0.24	124.8	0.24	180	0.70	0.205
碎屑岩土壤		457.6	0.76	10.52	0.76	1267	0.36	134.3	0.36	195	0.76	0.090
变质岩土壤		370.0	0.85	41.48	0.85	477	0.50	163.8	0.50	174	0.85	0.036
碳酸盐岩土壤		389	0.78	11.60	0.78	1021	0.39	203	0.39	292	0.78	0.076
第四系红土土壤		556	0.85	19.83	0.85	489	0.50	103.3	0.50	190	0.85	0.036
冲积土壤		444	0.80	62.60	0.80	1557	0.40	280	0.40	208	0.80	0.061
花岗岩土壤		726	0.81	11.26	0.81	642	0.43	104	0.43	290	0.81	0.050
标准	缺乏	491	0.86	13.72	0.86	550	0.55	137	0.55	146	0.86	0.03
	丰富	1157	0.81	26.13	0.81	2156	0.43	215	0.43	275	0.81	0.06

* 由于缺乏Si⁴⁺的数据等, 故为近似值; 丰缺标准由有效态标准计算而来; 活度的单位: mol/l; 其他无量纲。

表1-2-7

湖南省土壤部分元素有效态含量与其母岩元素含量的相关分析表

元 素	Zn	Cu	Mn	Fe	B	Mo	P	Ca	Mg	K
相关系数	0.257	0.109	-0.206	0.015	-0.111	-0.155	-0.140	0.377	0.639	0.006

n = 55 α = 0.10 临界值 $\gamma_{0.10} = 0.224$