

台湾红壤及森林土壤中之氧化铁

张家铭 王明光

(台湾大学农业化学研究所)

摘 要

本文综合汇整近年来在台湾,应用高梯度磁场分离技术,配合一般化学分析,X-射线衍射法,磁测分析,电子显微镜观察与电子衍射鉴定,以及铁-57 穆斯堡尔谱学分析等方法,研究红壤与森林土壤中,氧化铁的分布及其结构性质之成果回顾;关于氧化铁之分布情形,其研究结果显示:台湾红壤中普遍存在有赤铁矿与针铁矿等氧化铁矿物,而在化育自大屯山更新世纪安山岩母质与澎湖列岛更新世纪玄武岩母质的红壤中,以及兰屿绿岛海边之银白色海砂,由于亦存在有磁铁矿与磁赤铁矿等强磁性矿物,致使其具有强磁感率。

在寿卡一带之红壤以及标高约 2000m 高山的森林土壤中,则发现含有纤铁矿,利用 X-射线衍射鉴定以及穆斯堡尔谱学分析,证实寿卡红壤经高梯度磁分离后之磁性粘粒部分,含有针铁矿、纤铁矿,晶性不良之赤铁矿,以及含铁绿泥石,其中含铁绿泥石构造中之二价铁,乃位于类似滑石之顺式配位座落中;而从电子显微镜观察高山灰化土中,与纤铁矿共存之针铁矿,发现其为表面平滑,透光度规则之条状晶体,以电子衍射鉴定证实此构形乃由针铁矿(100)面上俯瞰之结果。

关键词 红壤,灰壤化土,赤铁矿,针铁矿,纤铁矿,磁铁矿,磁赤铁矿,高梯度磁场分离技术,X-射线衍射法,测磁分析,穿透式电子显微镜观察,电子衍射鉴定,铁-57 穆斯堡尔谱学分析

一、台湾红壤及森林土壤的分布

台湾地处亚热带,且为一多山地区,红壤分布遍及于耕地土壤与丘陵台地,面积约占 295 500ha,而森林土壤则约占 1 200 000ha,亦占有相当高之比例;台湾红壤之分布,早期乃由 Shibuya 于 1922 年^[34],依据地质母岩的种类,区分为化育自砂岩、页岩,结晶性片岩,石英斑岩,变质岩,安山岩与玄武岩等母质之“赭土”;西元 1957 年,梁与陈氏则以美国土壤调查法将 Shibuya 所称之赭土,区分为红棕色红壤与黄棕色红壤两大类^[8],其中红棕色红壤,大部分发育自属于洪积层圆形状砾石,砂与粘土等沉积物母质的丘陵台地上,黄棕色红壤则多数发育自标高 1000m 以下之丘陵地区;今若以 1990 年美国土壤分类名词进行分类,则除桃园,中坜,内埔一带应属氧化土纲 (Oxisols),以及澎湖列岛应属淋溶土纲 (Alfisols) 之外,其余台湾各地之红壤,多可归类为极育土纲 (Ultisols);而位居高海拔地区之森林土壤,其气候冷凉湿润,大部分皆适宜灰壤化作用 (Spodolization) 的进行,然而由于其土体剖面中之洗入层(Bhs)多具高含量之粘粒,且在美国分类系统里,对于

灰壤土纲 (Spodosols) 之诊断标准, 至今仍颇多争议, 未能有确立之定论, 因此台湾之森林土壤, 目前仍多暂属其余类型之土纲, 但整体而言, 一般被通称为灰化土 (Podzols), 或灰壤化土 (Podzolic soils)。

关于台湾红壤之分布地区及其构成母岩^[4], 以从西部丘陵台地, 沿新竹洪积层, 台中, 彰化, 南至屏东平原, 以及东部纵谷的一小部分, 所分布之第四纪红土台地堆积的红壤占有最广大之面积; 大屯山及观音山麓红壤的母质则属更新世, 安山岩流层^[9], 恒春半岛属于第四纪生物性石灰岩; 台湾本岛外之绿岛及兰屿, 为中新世火山岩^[6], 金门岛之红土则由花岗片麻岩之残积物质所发育形成^[3,7,10], 而澎湖列岛是属更新世火山玄武岩母质; 另者, 台湾之森林土壤则多分布于中央山脉一带, 其组成母质多为砂岩、页岩或粘板岩所构成^[12,13]。

二、台湾红壤及森林土壤中氧化铁之研究

土壤中之氧化铁铝胶体, 由于边缘正负电荷不平衡, 表面带有净电荷, 且其颗粒细小, 比表面积大, 因而致使其表面特性极为活跃, 因此, 其在对于土壤物理化学性质之影响上, 常扮演着相当重要的角色, 包括: 土壤肥力, 土壤通透性, 磷素之固定与溶质之移动等, 尤其是土壤中的氧化铁, 更是土壤主要的着色剂与胶结物质, 其除了影响土壤理化性质之外, 并对土壤剖面之生成化育, 具有着极重要的意义^[5]; 然而, 在过去研究氧化铁构造性质的方法, 多数仅以 X-射线衍射法 (XRD) 为主要之工具, 但 XRD 法仅限于适用在结晶性良好的矿物组成分析, 且其会因基质效应 (Matrix effect) 的干扰, 使得 XRD 法难以鉴定复杂混合物中, 微量成分之结构状态; 因此当欲以 XRD 法鉴定分析存在于土壤中之氧化铁矿物时, 常会由于受此限制, 致使进行土壤中氧化铁之研究倍感困扰, 下文中, 将一一介绍近年来在台湾关于此一方面之研究发展, 并着重于强调“高梯度磁场分离技术”应用于土壤氧化铁研究上之优异性能, 汇整其研究成果, 提出一综合性之论述。

(一) 研究材料与方法

(1) 材料 共 28 个台湾红壤土样及阿里山、小雪山等数个高山森林土壤剖面样本, 由全省及外岛各地取样, 按图收集采样以供研究, 土样采集地点如图 1 所示。

(2) 高梯度磁场分离技术^[11] 高梯度磁场分离法 (HGMS) 为一利用外加磁场, 物理性分离磁性物质之技术, 兹将其仪器设计与基本原理叙述如下(图 2): 高梯度磁场分离机是以电磁铁与磁滤铁镍合金丝为其主要构成元件, 其中, 电磁铁乃由电流操作箱控制一组磁质圆盘所组成, 磁质圆盘间相距约 2cm, 其间夹以磁滤塑胶管, 内装有含铁 60—50%, 含镍 40—50% 之铁镍合金丝; 进行高梯度磁分离时, 必须先调整电流为 30A, 此时磁场强度约 $9000 \times 10^{-4} T$, 外加磁场作用于磁滤管中之铁镍合金丝, 将

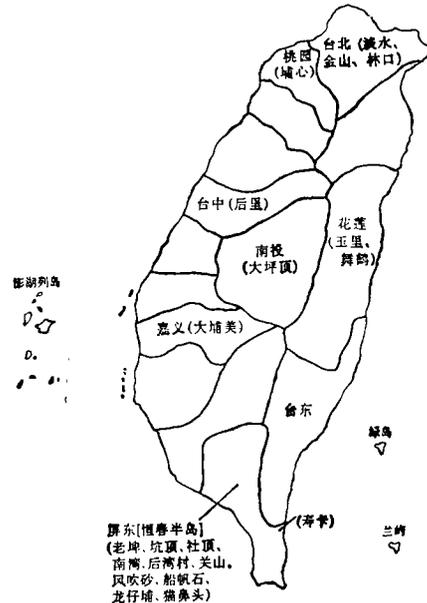


图 1 土样采集地点概图
Fig. 1 Location of soil samples in Taiwan

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice to ensure transparency and accountability. This section also outlines the consequences of failing to maintain proper records, including potential legal and financial repercussions.

2. The second part of the document provides a detailed overview of the accounting process. It covers the steps from identifying transactions to recording them in the general ledger. This section includes a discussion on the importance of double-entry bookkeeping and how it helps in balancing the books and identifying errors.

3. The third part of the document focuses on the preparation of financial statements. It explains how to calculate key financial ratios and metrics, such as the profit margin and return on investment. This section also discusses the importance of comparing these metrics over time and against industry benchmarks to assess performance.

4. The fourth part of the document discusses the role of technology in modern accounting. It highlights the benefits of using accounting software to streamline processes, reduce errors, and improve data security. This section also touches on the importance of staying updated with the latest technological advancements in the field.

利用 HGMS 技术将土壤粘粒悬浮液分成磁性及非磁性部分后, 土壤磁性粘粒中之游离氧化铁含量高达总游离氧化铁含量的 70% 以上, 且从 XRD 谱图中亦能发现, 磁分离前, 属于氧化铁范围之衍射峰讯号微弱, 相当难以辨识, 而在磁分离过后, 确实呈现出增强其衍射峰讯号之现象, 证实 HGMS 技术的确有浓缩土壤中之氧化铁, 使其易于鉴定之效用; 以下所述, 即为以 HGMS 技术浓缩土壤氧化铁之后, 由 XRD 法所分析得知的台湾各地红壤及森林土壤中, 氧化铁的分布状况^[1,2] (下列所示之地名请参考图 1)。

在桃园、埔心、大埔美、玉里、老埤、南湾等地之红壤, 只含有赤铁矿 (Hematite, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), 在后湾村、关山、猫鼻头与金门岛等地仅含针铁矿 (Goethite, $\alpha\text{-FeOOH}$), 而在淡水、金山、林口、后里、大坪顶、舞鹤、风吹砂、坑顶、社顶、船帆石、龙仔埔、兰屿及绿岛等地之红壤, 则同时存在有赤铁矿与针铁矿, 此为一般红壤中普遍常见的两类铁氧化物; 值得注意的是, 在屏东县与台东县交界处, 属于低海拔丘陵地区的寿卡一带之红壤, 其磁性粘粒部分, 以不同加温及化学处理后, 由 XRD 法鉴定得知, 更发现有纤铁矿 (Lepidocrocite, $\gamma\text{-FeOOH}$) 与赤铁矿, 针铁矿共存之现象, 且具有含铁绿泥石; 此磁性粘粒亦以室温铁-57 穆斯堡尔谱学方法进行分析, 其谱图如图 3 所示, 图 3(a), (b), (c), (d) 分别是以穆斯堡尔谱分析未经任何处理, 加温 240°C, 加温 450°C, 与经由 Dithionite-Citrate-Bicarbonate (DCB) 法^[29] 化学处理后的寿卡磁性粘粒所呈现之谱图, 其经劳伦兹曲线 (Lorentzian curve) 回归

并制图后显示: 图 3(a), (b) 中皆含两组六重分裂峰 (Sextet) 及两组二重分裂峰 (Doublet), 若将六重分裂峰标示为成分 (1), (2), 二重分裂峰标示为成分 (3), (4), 则由各成分之穆斯堡尔参数可得知: 成分 (1) 之有效磁场强度 (Effective magnetic field strength, H_{eff}) 约为 482~487 kOe, 显示其乃由晶性不良或受铝取代之赤铁矿所贡献^[14,26], 成分 (2) 之 H_{eff} 则约为 421~424 kOe, 然其仍因谱峰较不对称, 故此成分可能由颗粒更细微之赤

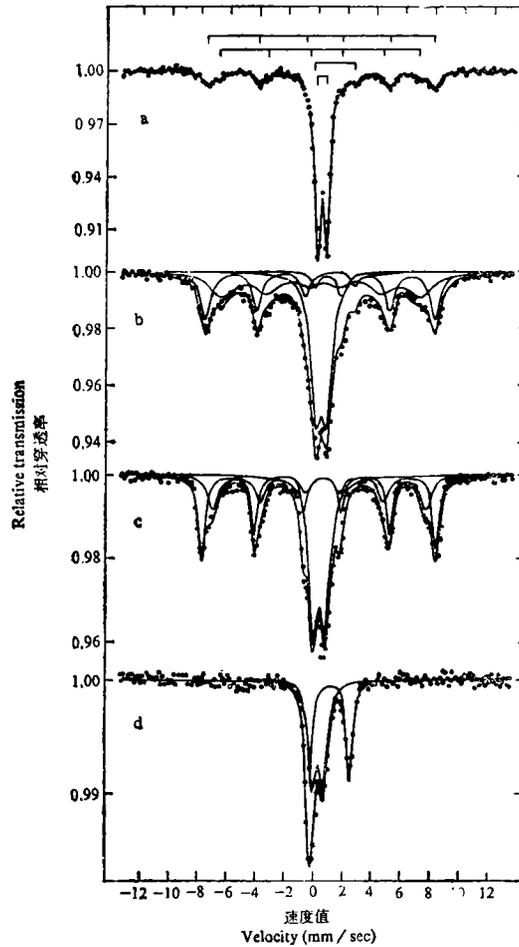


图 3 寿卡磁性粘粒部分之穆斯堡尔谱图 (a) 未经处理之粘粒 (b) 加热 240°C (c) 加热 450°C (d) 去除游离氧化铁后之粘粒

Fig. 3 Mössbauer spectra of the Shou-Ka magnetic clay fractions. (a) untreated clay, (b) heated at 240°C; (c) heated at 450°C and (d) clay after free iron oxides are removed

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes the need for transparency and accountability in financial reporting.

2. The second part of the document outlines the various methods and techniques used to collect and analyze data. It includes a detailed description of the experimental procedures and the statistical tools employed.

3. The third part of the document presents the results of the study, showing the trends and patterns observed in the data. It includes several tables and graphs to illustrate the findings.

4. The fourth part of the document discusses the implications of the results and the potential applications of the findings. It also addresses the limitations of the study and suggests areas for future research.

5. The final part of the document provides a conclusion and summarizes the key points of the study. It also includes a list of references and a list of figures.

6. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes the need for transparency and accountability in financial reporting.

7. The second part of the document outlines the various methods and techniques used to collect and analyze data. It includes a detailed description of the experimental procedures and the statistical tools employed.

8. The third part of the document presents the results of the study, showing the trends and patterns observed in the data. It includes several tables and graphs to illustrate the findings.

9. The fourth part of the document discusses the implications of the results and the potential applications of the findings. It also addresses the limitations of the study and suggests areas for future research.

10. The final part of the document provides a conclusion and summarizes the key points of the study. It also includes a list of references and a list of figures.

贡献,其构造中的 Fe^{2+} 之 $Q. S. \sim 2.76 \text{mm/sec}$, 得知此 Fe^{2+} 乃位于类似滑石 (Talc-like) 之顺式配位座落 (Cis-site, M2 site) 中^[11]; 由于当氧化铁颗粒细微或结晶性极差时, 会因超顺磁现象的发生, 致使谱图形状凹陷 (collapse) 或仅呈现二重分裂峰, 而无法计算其有效磁场强度^[20], 且与粘土矿物构造中之 Fe 混杂难辨, 此时必须降低待测接受体周围环境之温度, 才能使样品产生磁性有序, 在谱图上再度形成六重分裂峰, 这也就是何以穆斯堡尔分析经常需要将样品置于低温的保持系统中进行测定的主要原因之一; 本研究室曾以低温 (77°K) 穆斯堡尔分析, 侦测出台湾东部的绿脱石 (Nontronite) 及绿磷石 (Celadonite) 样品中, 含有微量晶性不良的赤铁矿, 此为利用 XRD 法鉴定时, 无法得知之结果^[6]。

而从古依磁秤法所测得之土壤磁感率, 显示出化育自大屯山更新世纪安山岩母质与澎湖列岛更新世纪玄武岩母质的红壤, 以及兰屿、绿岛海边之银白色海砂, 均具有较强之磁感率 ($12-23 \times 10^{-6} \text{emu/g}$), 其余各地之红壤则仅属弱磁性质 ($1.4-4.7 \times 10^{-6} \text{emu/g}$), 由 XRD 法鉴定此强磁性土壤, 则发现其除了含有赤铁矿与针铁矿之外, 尚有磁铁矿 (Magnetite, $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) 及磁赤铁矿 (Maghemite, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) 之存在, 因其磁性极强, 故以手执磁铁棒即能予以初步分离, 而从化学分析测定由手执磁铁棒所分离出之磁性部分的 Fe^{2+} 含量则可获知: 大屯山红壤的磁性部分与澎湖列岛相比, 由于含有较高量之 Fe^{2+} , 因而得以判断大屯山红壤应含有较多磁铁矿, 而澎湖列岛则含较多之磁赤铁矿^[38]。

另外, 在台湾标高约 2000m 之高山, 如: 阿里山, 小雪山, 塔曼山, 拉拉山等地区的灰化土中, 亦发现含有纤铁矿^[12,13], 然与属于丘陵地区之寿卡红壤不同的是, 其乃仅与针铁矿共存, 而未有赤铁矿之存在, 利用穿透式电子显微镜观察此共存之针铁矿, 发现其为表面平滑, 透光度规则之条状 (Lath-shape) 晶体 (图 4), 以电子衍射鉴定证实此构形乃是由晶体之 (100) 面上俯瞰之结果, 针铁矿于一定程度之老化过程后, 本身可在晶体 (100) 面上共用氧原子, 堆垒形成 K 型, X 型或星型之双晶 (Twins)^[37], 然此灰化土中之针铁矿, 仅见条状一种形态, 显示其仍在发育初期, 而未达成熟阶段^[12]。

三、台湾红壤及森林土壤中氧化铁的化育发生机理

台湾耕地及丘陵台地土壤, 由于位居亚热带, 气温高, 干湿交替明显之地区, 脱水及淋溶作用旺盛, 诸多条件均有利于进行土壤红棕化作用, 而适宜红壤之化育与生成; 当雨季来临时, 水份湿润土壤环境, 土壤溶液中之铁离子, 因发生水解沉淀反应, 而得以在粘土矿物表面或独立地生成晶性铁氧化物^[30], 如: 针铁矿或赤铁矿, 与非晶性铁氧化物, 如: 水成铁矿 (Ferrihydrite) 及无定形水合氧化铁胶体 (Colloidal hydrous iron oxides), 且因水解反应时伴随产生的 H^+ 离子, 及雨季时强烈之淋溶作用, 致使红壤之酸碱值皆有偏低之趋势; 而在干季时, 由于气候干热, 土壤中非晶性氧化铁, 会因脱水作用, 转变成结晶性的赤铁矿^[9]; 关于赤铁矿及针铁矿之生成机理相当复杂, 举凡: 酸碱值, Fe^{3+} 浓度^[24], 温度^[35], 水解速率^[17], 有机酸种类及含量^[15,25] 等因子, 皆为影响其生成物种, 形态与相对稳定性之重要因素^[18,23,27,28]。

存在于大屯山及兰屿绿岛海滩大量之磁铁矿, 乃属源自火成岩母质之原生矿物, 而澎

湖列岛拟红壤中所含较多之磁赤铁矿,则可能为 Fe^{2+} 与有机酸结合后,在中碱性环境中所生成^[32],或由于澎湖列岛干旱,强风之化育环境,磁铁矿受氧化及风化后之产物。

除此之外,台湾高山灰化土及寿卡红壤中所存在之纤铁矿,乃发生于粘重,透氧性差的粘粒聚积层中,在标高约 2000 m 之森林土壤,由于海拔高,温度低,雨季时期长,表层有机质含量多等因素,使 Fe 易于从表土被淋洗而下,而在洗入层中,沉淀聚积形成纤铁矿与针铁矿,此为土壤还原氧化循环之产物^[33],至于寿卡红壤,则由于其为化育在低海拔丘陵地区,气温较高,使得在干季脱水作用进行时,得以生成赤铁矿,且又因土层粘粒含量高达 53.9%,而致使其能发生纤铁矿,针铁矿与赤铁矿共存之现象。

四、结 语

土壤氧化铁不仅与土壤中许多物理化学特性直接相关,且其结构状态之变化,亦常影响土壤剖面发育的解释,若能彻底明了铁氧化物之组成,构造与性质,则有助于理解土壤理化特性及其剖面发生机理;台湾红壤与森林土壤遍及全省各地,关于其土壤中氧化铁之研究,直至高梯度磁场分离技术引进后,才陆续地被完整建立,配合 X-射线衍射法,穆斯堡尔分析,磁性测量,与电子显微镜观察及电子衍射鉴定等方法之应用,得以充分掌握台湾红壤与森林土壤中,铁氧化物的分布状况及其详细性质之讯息;而未来的研究发展趋势,一方面着重在研究高山森林土壤中,氧化铁移动聚积之现象,另一方面则偏向于探讨存在有碳酸钙的中碱性拟红壤系统里,氧化铁之生成化育机理与其对于作物营养的有效性之研究。

参 考 文 献

1. 王明光、洪崑煌、林金枝、林毓雯,1988: 台湾砖红土壤的研究。土壤肥料通讯, 19: 319—322。
2. 王明光、林金枝、洪崑煌、杨斐玉、郑伯昆,1989: 台湾红壤中的氧化铁分布及其铁-57 梅恩堡分析。中国农化会志, 27(2): 139—144。
3. 市村毅,1941: 金门岛地质概要。台湾地学记事, 7: 2—3。
4. 何春芬,1975: 台湾地质概论。中华民国经济部, 153 页。
5. 徐拔和,1986: 土壤化学选论。科学出版社, 179 页。
6. 陈贤德、张仲民、陈尊贤,1986: 兰屿之土壤。中华民国农学团体 75 年联合会特刊,学会论文代表作, 139—167 页。
7. 陈培源,1965: 福建省金门岛第四纪地层之粘土与粘土矿物。台湾矿业: 17: 2—3。
8. 梁钜荣、陈振铎,1957: 台湾之土壤。中华农学会报, 20: 1—26。
9. 张仲民,1975: 大屯山区玄武岩与集块岩育成土壤之粘土矿物及相关化学性质研究。中国农化会志, 13: 46—57。
10. 张仲民,1975: 金门岛之红土。中华农学会报, 92(2): 112—126。
11. 张家铭、王明光、洪崑煌、郑伯昆, 1992: 铁-57 梅恩堡光谱的基本原理及其在土壤科学上之应用。科学农业, 40(3—4): 211—218。
12. 蒋先觉、王明光、洪富文、王丽斐、胡弘道,1990: 小雪山及阿里山森林土壤中 铁之聚积与分布。中国农化会志, 23(1): 49—58。
13. 刘镇宗、陈尊贤,1991: 台湾塔曼山区森林土壤中之纤铁矿与针铁矿。中国农化会志, 29(4): 484—491。
14. Belozerskiy G.N., M.I. Kazakov, E.I. Gagarina and A. A. Khantulev, 1978: Use of Mössbauer spectroscopy for studying the forms of iron in forest soils, Soviet Soil Science, 534—545, Translated from: Pochvovedeniye, No. 9: 35—45.
15. Chang C.M. and M.K. Wang, 1990: Influence of acetate, oxalate and citrate anions on crystallization of iron oxides, J. of the Chinese Agricultural Chemical Society, 28(4): 356—363.
16. Chang C.M., M.K. Wang, Y.C. Pan, P.K. Tseng and P.Y. Chen, 1993: Refinement of nontronite,

- celadonite and sepiolite Mössbauer spectra at 77K temperature, *J. of the Geological Society of China*, 36(2): 129—142.
17. Chang C.M., P.K. Tseng and M.K. Wang, 1992: The role of phosphorus on the formation of hematite, *J. of the Chinese Agricultural Chemistry Society*, 30(4):496—506.
 18. Chukrov F.V., B.B. Zuyagia, L.P. Ermilov and A.I. Gorshkov, 1973: New data on iron oxides in the weathering zones, *Proc. Int. Clay conf., Madrid, I.*: 397—404.
 19. Fischer W.R. and U. Schwertmann, 1977: The formation of hematite from amorphous iron(III) hydroxides, *Clays and Clay Minerals*, 23: 33—37.
 20. Gangas N.H., 1973: Mössbauer studies of small particles of iron oxides in soils, *Clays and Clay Minerals*, 21:151—160.
 21. Goodman B.A. and C. Bain, 1979: Mössbauer spectra of chlorites and their decomposition products, *Proc. Inter. Clay Conf.*, 65—75.
 22. Goodman B.A., 1980: Mössbauer spectroscopy: 1—92 In "Advanced Chemical Methods and Clay Minerals Research", Edited by J. W. Stucki and W.L. Banwart, *Nato Advanced Study Institute Series*, p477.
 23. Hsu P.H. and G. Marion, 1985: The solubility product of goethite, *Soil Sci.*, 140:341—351.
 24. Hsu P.H. and M.K. Wang, 1980: Crystallization of goethite and hematite at 70°C, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:143—149.
 25. Kodama H. and M. Schnitzer, 1977: Effect of fulvic acid on the crystallization of Fe(III) oxides, *Geoderma*, 19: 279—291.
 26. Kunding W., H. Boemmel, G. Konstabaris and R.H. Lindquist, 1965: Some properties of supported small hematite particles determined with phys Mossbauer effect, *Phys. Rev.*, 142: 327—333.
 27. Langmuir D., 1969: the Gibb free energy for substances in the system Fe-O₂-H₂O-CO₂ at 25°C, *U.S. Geological survey prof. paper*, 650B: B180—184.
 28. Lindsay W.L., P.L.G. Vlek and S.H. Chien, 1989: Phosphate minerals, p1089—1130. chap. 22, in "Minerals in soil environments", Edited by Joe B. Dixon and S.B. Weed, published by *Soil Sci. Soc. of Am.*, Madison, Wisconsin, p1244.
 29. Mehra O.P. and M.L. Jackson, 1960: Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with some bicarbonate, *Proc. 7th Natl. Conf on Clays and Clays Minerals*, 317—327.
 30. Schellmann W., 1959: Experimentelle untersuchungen uber sedimentare bildung von goethite and hematite, *Chem. Erde*, 20: 104—435.
 31. Schultz D.G. and J.B. Dixon, 1979: High gradient magnetic minerals from soil clays, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43:739—799.
 32. Schwertmann U., W.R. Fischer and Papendorf, 1968: The influence of organic compounds on the formation iron oxides, *Trans. 9th Intern. Cong. Soil Sci.*, Voll. 645—655.
 33. Schwertmann U. and R.M. Taylor, 1989: Iron Oxides, In "Minerals in Soil Environments", Edited by J.B. Dixon and S.B. Weed, Chap. 8, Published by *Soil Sci. Soc. of Am.*, Madison, Wisconsin, U.S.A., p378—438.
 34. Shibuya K., 1922: The laterite soils of Formosa island, *Soil Sci.*, 13:425—431.
 35. Wang M.K. and P. H. Hsu, 1980: Effect of temperature and iron(III) oxyhydroxides and oxides, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:1089—1095.
 36. Wang M.K., V. Greenhut and P.H. Hsu, 1981: Electron microscopic study of hematite growth habits, *Soil Sci.*, 132:182—187.
 37. Wang M.K., 1987: Goethite twin arrangement and a goethite and hematite crystal intergrowth orientation model, *J. of the Chinese Agricultural Chemistry Society*, 25: 432—437.
 38. Wang M.K., K.H. Houg, K.K. Lim, Y.W. Lin, F.Y. Yang and P.K. Tseng, 1988: Maghemite in Ta-Tun and Peng-Hu red soils, *J. of the Chinese Agricultural Chemical Society*, 26: 256—263.

IRON OXIDES DISTRIBUTED IN RED AND FOREST SOILS OF TAIWAN

Chia M. Chang and Ming K. Wang

(Institute of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taiwan)

Summary

This paper summarizes the distribution of iron oxides in red and forest soils of Taiwan, using the high gradient magnetic separation (HGMS) technique. Soil iron oxides were measured by the methods including wet chemistry, X-ray diffraction (XRD), magnetic measurement, transmission electron microscope (TEM) and electron diffraction, Fe-57 Mössbauer analysis, etc. Acidic red soils developed from andesitic rocks of Ta-Tun, and Lu-Tau, Lau-Hsu and Peng-Hu calcareous red soils developed from basaltic rocks showed high magnetic susceptibility and contained ferrimagnetic minerals of magnetite or maghemite. Goethite and/or hematite could be identified in the most red soils.

The clays accumulated in B horizons of the Shou-Ka soils and podzols occurring on high mountains were found to contain lepidocrocite. Magnetic clay fractions of Shou-Ka soils characterized by XRD and Fe-57 Mössbauer analysis showed that Shou-Ka soils contained goethite, lepidocrocite, poor crystalline hematite and iron-rich chlorite. Structural Fe^{2+} in iron-rich chlorite was located at talc-like cis-OH (M2) sites. The observations of TEM and electron diffraction of forest soils showed that goethite was lath-shape and indexed as (100) plane.

Key words Red soils, Podzolic soils, Hematite, Goethite, Lepidocrocite, Magnetite, Maghemite, High gradient magnetic separation (HGMS), X-ray diffraction (XRD), Magnetic measurement, Transmission electron microscope (TEM), Electron diffraction, Fe-57 Mössbauer analysis