

# 我国西沙群岛的土壤 和鸟粪磷矿

中国科学院南京土壤研究所西沙群岛考察组 著

科学出版社

974

511

# 我国西沙群岛的土壤 和鸟粪磷矿

中国科学院南京土壤研究所

西沙群岛考察组 著

科学出版社

1977

## 内 容 简 介

西沙群岛是我国神圣的领土,是一群美丽富饶的宝岛。为了保卫西沙,建设西沙,中国科学院南京土壤研究所西沙群岛考察组在西沙自卫反击战后对西沙群岛的土壤、矿物、生物等方面进行了为期两个月的考察。本书就是这次考察成果的总结。书中较系统地介绍了西沙群岛的自然条件,较深入地阐述了土壤的形成过程,土壤的类型、分布、特性和利用改良等问题,对岛上鸟粪磷矿的质量和种类也作了较详细的报道。

本书可供农业、土壤、生物、地理工作者以及大专院校有关专业师生参考。

## 我国西沙群岛的土壤 和鸟粪磷矿

中国科学院南京土壤研究所  
西沙群岛考察组 著

\*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1977年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16  
1977年10月第一次印刷 印张:4 插页:4  
印数:0001—4,260 字数:96,000

统一书号:13031·608

本社书号:885·13—12

定价: 0.70 元

## 前 言

西沙群岛自古以来是我国神圣领土。在西沙自卫反击战以后,为了加速西沙群岛土壤和鸟粪磷矿资源的开发利用,根据中国科学院的决定,由中国科学院南京土壤所组成考察组,于1974年冬前往西沙群岛进行科学考察。先后考察了永兴岛、石岛、东岛、珊瑚岛、金银岛、琛航岛、广金岛、晋卿岛和赵述岛等九个岛屿,并途经甘泉、北岛、中岛和南岛附近。实际考察自11月至12月,为期两个月。在考察期间,得到了当地驻军和西、中、南沙群岛革委会和广大渔民的大力支持和热情帮助,在此谨表示深切谢意。

在考察期间,共采集了82个土壤标本,14个水样,14个植物标本,13个土壤微生物标本,1个整段剖面。室内分析和鉴定工作得到了所内外兄弟单位和组室的大力协助,进行了矿物、物理、化学、生物和盆栽试验。文中所列数据,除注明者外,主要由本所土壤地理分析室分析;插图均由本所绘图室清绘。因此,此项工作是各方面共同努力的结果。

参加西沙群岛野外考察的有龚子同、蒋柏藩、张绍德、吴志东和王振荣五同志。本书是在野外考察和实验室分析的基础上,由龚子同、吴志东同志执笔写成。限于水平,缺点错误之处必定不少,欢迎批评指正。

# 目 录

前 言	
一、优越的自然条件	1
(一) 气候特点	1
(二) 地质地形	3
(三) 水文状况	4
(四) 鸟类活动	5
(五) 植被类型	6
二、活跃的成土过程	8
(一) 生物积累和分解	8
(二) 盐渍和脱盐	10
(三) 磷素富集和淋溶	14
三、丰富的土壤资源	18
(一) 土壤分类	18
(二) 土壤分布	21
1. 一般岛屿分布	21
2. 特殊的岛屿分布	21
3. 硬盘层分布特点	24
(三) 土壤特性	24
1. 土壤颗粒	24
2. 粘土矿物	32
3. 化学性质	32
4. 土壤腐殖质	33
5. 土壤微生物	34
(四) 土壤类型	35
1. 硬盘磷质石灰土	35
2. (普通)磷质石灰土	37
3. 粗骨磷质石灰土	39
4. 潜育磷质石灰土	40
5. 耕种磷质石灰土	41
6. 幼年磷质石灰土	41
7. 盐渍磷质石灰土和滨海盐土	42
四、优质的鸟粪磷矿	43
(一) 质量评价	43
(二) 主要种类	45
(三) 贮量估算	46
五、巨大的生产潜力	47
(一) 利用现状	47

(二) 一些问题.....	47
(三) 培肥客土.....	50
英文摘要 (Summary) .....	57
英文目录 (Contents) .....	59
法文目录 (Table des matières) .....	60
俄文目录 (Содержание).....	61

西沙群岛位于海南岛东南,约居北纬 $15^{\circ}46'$ — $17^{\circ}08'$ 及东经 $111^{\circ}11'$ — $112^{\circ}54'$ 之间的海面上。北起北礁和赵述岛,南至中建岛和先驱滩,西至金银岛,东至东岛(和五岛),由三十多个岛屿、沙洲、礁滩组成。整个群岛大体上分为东西两群。东北侧为宣德群岛,由赵述、北岛、中岛、南岛、永兴、石岛和东岛等岛屿和一些沙洲、礁滩组成。西南部为永乐群岛,由甘泉、珊瑚、金银、琛航、广金、晋卿、中建岛和盘石屿等岛屿及一些礁滩组成。

西沙群岛,如同东沙群岛、中沙群岛和南沙群岛一样,历来是我国的神圣领土。我国劳动人民,特别是海南岛渔民,世代代在西沙群岛及其附近海域从事渔业生产。早在两千多年前的汉代,我国在海南岛设置珠崖、儋耳郡时,西沙群岛就已列入我国版图。

明代王佐的《琼台外纪》中说:“(万)洲东长沙石塘,环海之地,每遇铁颶挟潮,漫屋渰田”,可见在十五、六世纪我国海南岛渔民,早就以南沙,西沙为渔业生产基地,克服不利的自然条件,在岛上改土、造田从事农业生产了。

进入二十世纪后,开发西沙群岛的工作进一步开展起来。1907年,当时我国政府曾派官员到西沙群岛勘察,计划开发;1918年中山大学曾组织“粤省西沙考察团”前往调查;1928年我国地质工作者专门调查了西沙群岛的鸟粪<sup>[1]</sup>;在三十年代,对那里的考察也没有停止过<sup>[2]</sup>;抗战胜利后,我国土壤工作者在调查南沙群岛土壤<sup>[3]</sup>的同时,再次调查了西沙群岛的地质、土壤和鸟粪磷矿<sup>[4-6]</sup>。解放后,又有新的考察和报道<sup>[11,12]</sup>。

西沙群岛无论从历史、地理上都是中国的领土,历来就是我国科学工作者进行勘察和研究的地方,我国人民对这些岛屿拥有无可争辩的主权。

## 一、优越的自然条件

### (一) 气候特点

西沙群岛为热带海洋性气候。雨量丰富,热量充足,终年皆夏<sup>1)</sup>,无四季可分。年平均气温为 $26.5^{\circ}\text{C}$ (1958—1974年17年平均)。全年气温波动不大,1月份最低,平均气温为 $22.9^{\circ}\text{C}$ ,6月份最高,平均气温为 $28.9^{\circ}\text{C}$ ,年平均温差仅为 $6^{\circ}\text{C}$ (见图2)。年平均降水量为1497.2毫米,年平均蒸发量为2495.9毫米,年平均相对湿度为81%。就降水量和蒸发量各月分布情况而言,全年大致可划分为干湿两季(见图3)。自12月份开始至次年5月,为干季,月降水量在13.4—69.9毫米之间,而月蒸发量在181.0—254.3毫米之间;湿季从6月份开始,至11月为止,月降水量在171.1—262.0毫米之间;月蒸发量在184.0—217.0

1) 参照《中国气候区划(初稿)》所划分的“候平均气温级别和命名”:  $22^{\circ}\text{C}$ 以上的气温为夏季。

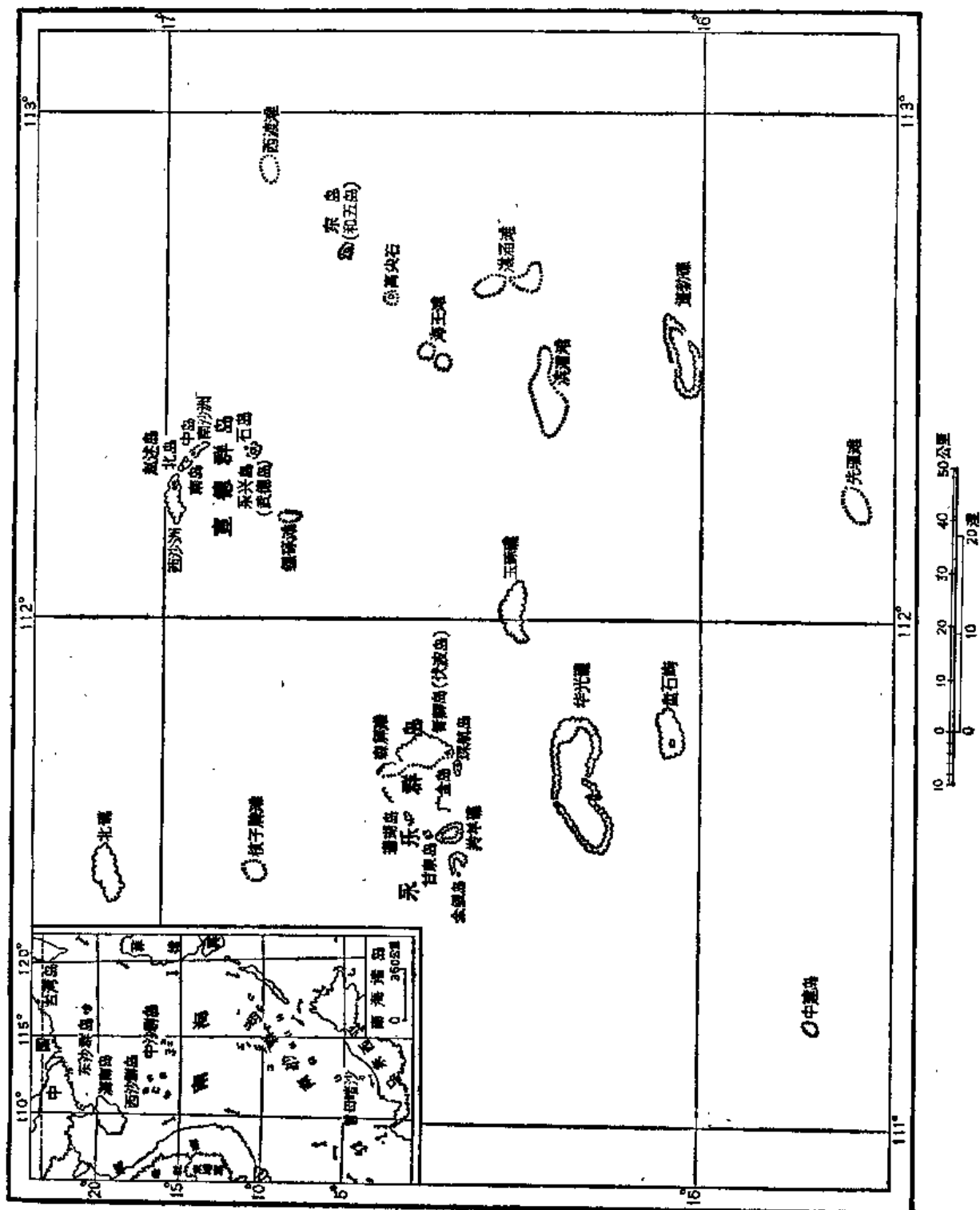


图1 西沙群岛



毫米之间。干湿季的形成,在很大程度上与季候风有关系。干季多为东北信风,湿季则常吹西南风。在东北信风盛行季节,多强风。风力在八级以上的强风日数多集中在 11、12 和 1 月这三个月中,据永兴岛气象站的记录,11 月份强风日数可高达 16 天(1964、1966 年),平均每两天便有一天是八级以上的强风。在西南信风期间,除了在 7—10 月四个月内经常遭受台风袭击外,其余时间,风力均较弱,是渔业生产的旺季。

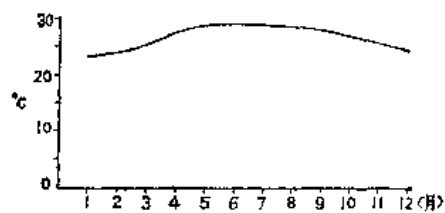


图2 各月平均气温(17年)

西沙群岛雾日极少,从 1958 年至 1970 年的十三年中,只出现了三个雾日。因此,全年平均日照时数较长,可达 2901.0 小时,适于各种植物的生长发育。

## (二) 地质地形

西沙群岛是分布于南海大陆斜坡上的一群珊瑚岛礁。大部分岛屿的形成,都受到地壳升降运动的影响。就某岛地层情况而言,可以分为两个地质时期:一为地壳沉降运动时期。在该岛地表以下 1000 余米处,有一层相当于老第三纪的红色风化壳,厚度为 28

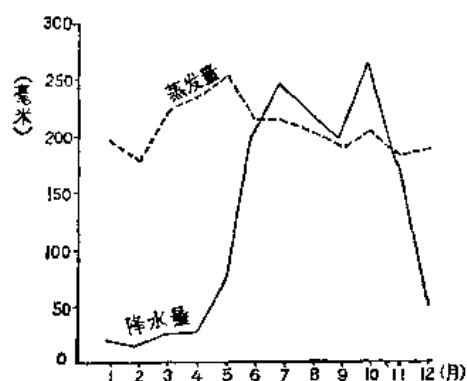


图3 各月平均降水量、蒸发量(10年)

米。在该层风化壳以下,为变晶质花岗片麻岩。而在该层以上,则为堆积深厚的珊瑚、贝壳碎屑灰岩。由此可见,约在老第三纪以前,西沙群岛附近海区可能为一陆地,以后随着地壳运动而逐渐下沉,其沉降速度,可视为与珊瑚水螅体生长速度相接近。二为地壳上升运动时期。这一时期开始于第四纪以后。从石岛和东岛北海岸出露的基岩情况来看,海蚀作用十分强烈,发育有大量的海蚀崖和浪蚀洞(见照片 1、2),特别是在远离高潮面达 12 米的石岛上部,仍然可见残留的海蚀崖和浪蚀洞。此外,西沙群岛的其他各岛,也都脱离海浪作

用,高出高潮线。足见地壳在经历了漫长的沉降时期以后,又经历了一个上升运动时期。根据贵阳地化所的分析<sup>[7]</sup>;石岛上部距海面 12 米处珊瑚灰岩的年龄为  $14130 \pm 450$  年,以此推断,这一上升运动,开始于最近一万年左右。而近期在永乐群岛的森屏滩上新出露的两个砂岛(已命名为金沙岛和全富岛)证明,这种地壳上升运动,目前仍在进行中。

岛上的岩石,主要是第四纪的珊瑚、贝壳碎屑灰岩(见照片 3)和近期海浪作用堆积起来的珊瑚、贝壳碎屑砂。仅在东岛的北海岸发现有珊瑚贝壳砾岩出露(图 4)。就其岩性而言,不论是前者还是后者,均由于成岩时间甚短而岩性疏松、多孔;又因岩石的主要成分为碳酸盐类,故溶蚀作用十分强烈,露头风化较快(见照片 25),是西沙群岛土壤主要的成土母质。

在西沙群岛,只有石岛和东岛因受微区地质构造不同的影响,地壳抬升较快,呈显著的侵蚀地形。其余各岛均为圆形或椭圆形。岛的四周,环绕有在海浪作用下珊瑚贝壳细砂堆积而成的沙堤,厚度为 4—22 米,宽度在 50—100 米之间。岛屿中间为一盆地,相对

高差为 2—5 米。个别岛屿尚残留有封闭式泻湖(见照片 4、5)。这些砂岛之所以能够在浩瀚的南海中长期存在而不被海浪所破坏,与它们都有一个庞大的水下礁盘分不开。晋

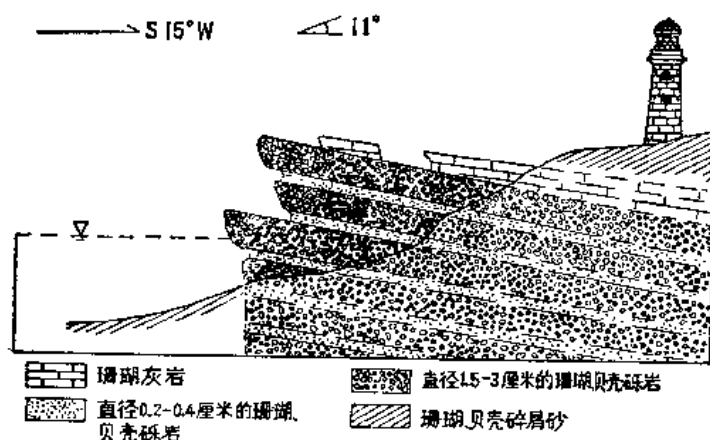


图 4 东岛旧灯塔附近珊瑚、贝壳砾岩产状示意图

卿岛的礁盘长达 12 公里以上,金银岛的礁盘为 5 公里(图 5)。由于有较大的礁盘,且礁盘平均水深在平潮时约 0.5—1.5 米,因此,极大地减弱了海浪的侵蚀作用。一般来说,礁

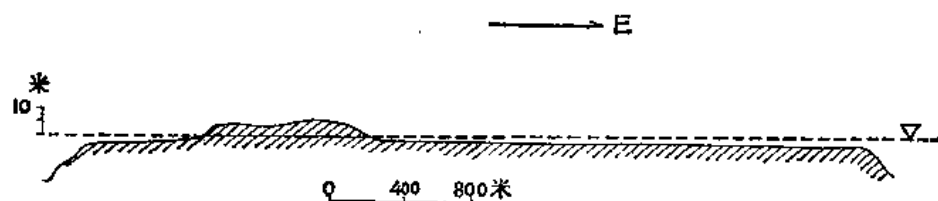


图 5 金银岛庞大的礁盘

盘线离岛岸边越远,则海浪搬运、堆积的物质越细,反之,则搬运的物质较粗。琛航岛东部的巨砾垒,就是由于礁盘较小,加之海浪在强台风的推动下,搬运、堆积而成的。

西沙群岛各岛屿的面积都较小,海拔均较低。其中最大的永兴岛,面积仅 1.85 平方公里,石岛最高,海拔也只在 10—15.9 米。各岛的面积及高程,见表 1 所列。

表 1 西沙群岛各岛面积和高程

岛名	面积(平方公里)	高程(米)	岛名	面积(平方公里)	高程(米)
宣德群岛			永乐群岛		
赵述岛	约 0.07	约 5.0	珊瑚岛	约 0.52	2.5—5.1
北岛	约 0.15		甘泉岛	约 0.49	2.5—8.3
中岛	约 0.05		金银岛	0.64	2.5—7.4
南岛	约 0.06		广金岛	约 0.07	2.5—4.8
石岛	0.08	10—15.9	琛航岛	约 0.43	2.5—4.6
永兴岛	1.85	4—6.3	晋卿岛	约 0.36	2.5—6.4
东岛	1.66	10—15.6	中建岛	约 0.85	约 3.0
高尖石		5—6	盘石屿	约 0.12	

### (三) 水文状况

由于珊瑚礁岛具有特殊的成岩物质,又位于大海的环抱中,面积小,海拔低,因此,西

沙群岛有其特殊的水文状况。

(1) 地表水。由于岛屿岩性结构松散,孔裂隙发育,渗透性强,因此,各岛除在湿季有少数低洼地有季节性间歇积水现象外,无地表径流形成。天然地表水主要以泻湖形式存在。这种泻湖在东岛和琛航岛均有分布,都属封闭式。随着成湖时间的加长,泻湖水质有逐步淡化的趋势。东岛的泻湖形成时间较久,与海水已不相通,湖水主要靠大气降水补给,因此,矿化度较低。琛航岛的泻湖,是由于近期强台风作用下,由巨砾垒围成的,下部仍与海水相通,因此,水质矿化度较高。

此外,在永兴岛还有人工挖掘的池塘。这是西沙军民开发海岛的成果。在那里,正在试养淡水鱼类和发展灌溉业。

(2) 地下水。大致可以分为深部咸水和浅部淡水两层。在海平面以下,由于含水层主要为珊瑚贝壳碎屑砂和珊瑚礁灰岩,多孔,松散,使所含地下水与海水相沟通,形成深部咸水层。在该水层的上部,托着一层地下淡水体。淡水体来源主要依靠大气降水补给,它与海水交换的机会较少,多分布于各岛的分水堤内侧,因此被称为浅层淡水(图6)。由于

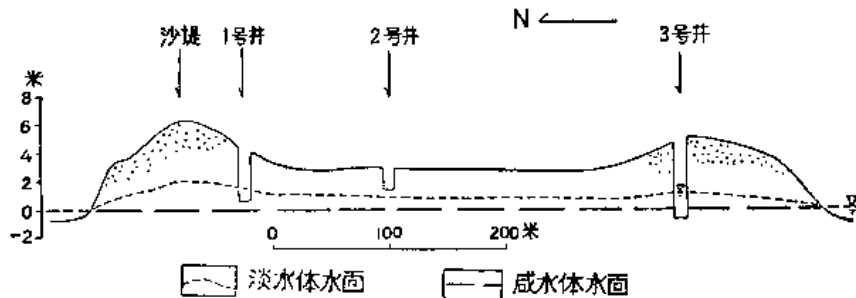


图6 甘泉岛水文状况断面图(海南地质队资料)

岛屿植被茂盛,沙堤发育,故水量比较丰富。据海南地质队资料,岛屿民井抽水结果表明:其单位流量一般在2—8升/秒;最大流量为20升/秒。水位埋深一般为1.5—3.5米,最大埋深为4.06米。由于该淡水体位于深部咸水之上,而深部咸水又与海水相通,因此,淡水体也有随潮汐而涨落的动态变化。

因为各岛成陆时间不同,生物积累、脱盐和脱钙程度也不一致,因此,各岛淡水体矿化度很不相同。有些岛屿的淡水体水量丰富,水质较好,当地军民反映,可用来磨豆腐。其水色清亮透明,无嗅无味,矿化度 $<1$ 克/升。而另一些岛屿,则或多或少带有一些颜色和具有较高的矿化度,但经适当的净化处理后,均可作生活用水。就蔬菜栽培而言,亦有充足的水源以资灌溉,其中的硝酸盐更可作为植物氮素的来源。

#### (四) 鸟类活动

西沙群岛的鸟类,据初步调查<sup>1)</sup>,有红脚鲣鸟、褐鲣鸟、军舰鸟、苍鹭、岩鹭、白鹭、草鹭、夜鹭、池鹭、白头鹤、红隼、绿翅鸭、琵嘴鸭、白胸苦恶鸟、暗绿绣眼鸟、普通翠鸟、灰斑鸠、金

1) 由中国科学院北京动物研究所西沙群岛考察组提供。

鸪、金眶鸪、环颈鸪、金咀沙鸪、林鸪、矶鸪、翻石鸪、丘鸪、三趾鸪、灰鸪、大杓鸪、鹤鸪、普通燕鸥、黑枕燕鸥、乌燕鸥、大风头燕鸥、白顶黑燕鸥、四声杜鹃、普通夜鹰、灰喉针尾燕、家燕、树燕、红喉鹀、田鹀、白鹀、灰鹀、红尾伯劳、红点鹀、栗胸矶鹀、燕矶鹀、白腹鹀、黑喉石鹀、短翅树莺、褐柳莺、斑鹀、黄眉柳莺、松雀鹀、黄眉鹀、红褐鹀、山斑鸠、北红尾鹀、蓝翡翠、红角鸮、普通朱雀等六十余种。其中又以红脚鲣鸟数量最多。此类鲣鸟，外形似鸭，白腹、红脚。据渔民介绍，过去西沙群岛此种鸟类极多，成千上万栖息岛上。目前东岛尚有此种白腹的红脚鲣鸟与褐鲣鸟共居于麻疯桐林内。登高远眺，宛如一片棉田。在中建岛等岛屿上，3、4月间还有一些其他鸟类短期在此繁殖。

鲣鸟以食鱼为主。在其栖息之树下，有时可以见到长尺许的鱼类残骸掉落地上。树下有大量鸟粪堆积，久而久之，形成鸟粪层，对土壤形成及性质，有独特的影响。

### (五) 植 被 类 型<sup>[8]</sup>

西沙群岛之植被，有其自身的特殊性。它不同于达尔文当年到过的基林岛等印度洋上的珊瑚岛。由于它距海南岛较近，加上我国劳动人民长期在岛上活动，因此植被类型多，植物种类丰富。据初步统计，约有植物 200 余种，为达尔文当年到过的珊瑚礁岛上的植物种类的十倍（见达尔文《一个自然科学家在贝格尔舰上的环球旅行记》，1839 年）。特别是由于长期的人为活动，在西沙群岛属于人工引种、栽培的植物达 50 余种。主要建群植物<sup>1)</sup>，乔木有白避霜花（*Pisonia grandis*，俗名麻疯桐）、海岸桐（*Guettarde Speciosa*）、海棠果（*Calophyllum inophyllum*）等，灌木有银毛柴（*Messerschmidia argentes*）、草海桐（*Scaevola sericea*，俗称羊角树）、海巴戟（*Morinda citrifolia*）、水芫花（*Pemphis acidula*）、南蛇簕（*Caesalpinia minax*）、许树（*Clerodendron inerme*）和槟榔（*Suriana maritima*）等，草本植物有锥穗纯叶草（*Stenotaphrum Subulatum*）、盐地鼠尾草（*Sporobolus virginicus*）、西沙刺蒴麻（*Triumfetta*）、厚藤（*Ipomoea pes-caprae*）、西沙黄细心（*Boerhavia erecta*）、土牛膝（*Achyranthes aspera*）、假败酱（*Stachytarpheta gamaiconsis*）、纤毛画眉草（*Eragrostis ciliata*）、赛葵（*Malvastrum coromandelianum*）、落地菊（*Tridax procumbens*）、蒺藜草（*Tribulus terrestris*）、决明豆（*Casia tora*）、海刀豆（*Canavalia maritima*）和海马齿苋（*Sesuvium portulacastrum*）等。此外还发现有少量蕨类植物分布，如福建莲座蕨（*Angioperis fokicasis*）等。根据植物组成和分布特点，大致可以分成下面五个群落。

(1) 以麻疯桐或海岸桐为主要建群种的群落。在永兴岛和东岛，主要以麻疯桐林为主（见照片 26、27），而在金银岛，虽然也有小片的麻疯桐林，但主要林相由海岸桐构成，还有海棠果林的分布（见照片 6、7）。麻疯桐林一般高度在 8—10 米之间，生长茂密，郁闭度大，林中潮湿，有深厚的枯落物积累。一般多为单层林。在台风和东北强风的影响下，麻疯桐、海岸桐和海棠果等都有秃顶现象，并进而造成局部林相稀疏，促进下层灌木和草本的生长。在永兴岛，下层灌木多为草海桐、海巴戟和银毛柴。而在永乐群岛，则主要为草海桐。草本多为锥穗纯叶草，尤以东岛为典型（见照片 8）。

麻疯桐木质疏松，易折，但根基很大（见照片 28），且生命力强，粗大的树枝折断以后，

1) 主要建群植物均请广东省植物研究所协助鉴定。

仍能附着在地上重新生长,因此,虽然西沙群岛强风频繁,而麻疯桐林仍能茂盛地生长。照片 29 所示,是 1974 年 12 月 1 日,27 号台风在永兴岛过境后半个月的情况,虽然秃枝满目,但麻疯桐已开始复苏,下部枝叶一片葱绿,长势十分旺盛。在东北信风的影响下,麻疯桐的林冠也有所改变,迎风面林冠很矮,而背风面则逐渐增高,形成一个  $15-20^{\circ}$  的坡面(见照片 9)。

(2) 以草海桐为主要建群种的群落。草海桐在整个西沙群岛分布最广,构成灌木林,一般高度在 3—4 米(照片 30)。在永兴岛和东岛,多与海巴戟、银毛柴等杂生,分布在岛周砂堤上。而在永乐群岛各岛屿上,则很少见到有海巴戟、银毛柴的分布,仅由草海桐单一树种构成岛上的主要林相(除金银岛外)。其高度也较低,在 1.5—3.0 米之间。林内或伴生有藤本的长管牵牛(见照片 31),但很少发现禾本科草类生长。灌木林郁闭度较大,较湿润,也有较厚的枯落物积累。

草海桐灌丛的抗风能力较强,其群体受强风危害的影响较小。但单株植物往往在强风影响下发生变态。照片 10 是一株孤立于石岛东侧坡地上的银毛柴。由于受常风的影响,整个单株仅高 1.53 米,东北方向的树冠几乎没有,而背风方向的树冠,从主干向西北呈旗型,可延伸达 4.89 米。

(3) 草本植物群落。这一群落,主要分布在海滨沙滩和林相受到破坏的地方。前者以厚藤、盐地鼠尾草、蒺藜草、西沙刺蒴麻等为主。而后者则以锥穗纯叶草、纤毛画眉草、西沙黄细心、圆叶黄花棣(*Sida parvifolia*)、假败酱、磨盘草(*Abutilon indicum*)等为主。

这些植物大部分都有耐旱、固沙的特点。有些植物以长藤匍伏于地,纵横交错,处处生根,有很大的固沙能力(如厚藤等,见照片 11、12);有些有很深的根系,在表土以下 85 厘米仍可见其根系(如盐地鼠尾草等,见照片 13);还有些植物则具有肉质的茎叶(如西沙刺蒴麻等,见照片 14),可以在体内贮存较多的水分。

(4) 水生植物群落。主要分布于泻湖四周的间歇积水地带。其优势种为海马齿苋。同时伴生有少许耐湿、耐盐的草本植物。海马齿苋为红茎肉质水草,地表覆盖度很大,即使在干季泻湖水位下降时,仍能使土壤处于饱和水状态。因此在海马齿苋衰亡时,主要进行着嫌气分解,枯落物颜色呈铁灰色。

此外,在季节性间歇积水的低洼地区,还有一些湿性植物分布,如牛鞭草属的几种植物。

(5) 栽培植物群落。以群体分布的栽培植物,主要是椰子和蔬菜类。在永兴岛栽培有大片的椰林,林下开垦为蔬菜地。据当地军民反映,蔬菜栽培在永兴岛已有很长的历史。在东岛亦有成片的椰林分布(见照片 34、40)。椰林高度多在 8—10 米左右,生长茂盛,盛产椰子,其味清凉甘美且微咸,为消暑止渴佳品。在永乐群岛无成片椰林,椰子多以单株分布于屋边井旁。蔬菜的种类亦甚丰富,有瓜果类、叶菜类等。(见照片 42)

在珊瑚岛上,还可见成片的金边龙舌兰(剑麻)生长(见照片 15),亦是人工栽培的植被之一,长势甚好,台风过境时,几乎不受影响,是较好的护堤植物。

除了成群分布的栽培植物以外,在各岛上还零星栽培有山枇杷(*Terminalia catappa*, 或名杭仁树)、笔杆榕(*Ficus wightiana*)、近心叶破布木、木菠萝、木瓜、甘蔗、蓖麻、玉米等。

## 二、活跃的成土过程

西沙群岛的土壤,不论从土壤形成条件、土壤特性以及利用现状来看都是多种多样的。但所有这些土壤之间都不是孤立的,而是相互联系的。他们不仅有各自的个性,也有贯穿于其间的共性。在详细阐述各土壤类型之前,我们先谈一下西沙群岛土壤形成的特点。

### (一) 生物积累和分解

西沙群岛土壤的形成,实际上是生物作用形成土壤的一个大实验室。首先,成土母质就是生物本身的骨架。除了有超基性的橄辉岩<sup>1)</sup>出露的高尖石岛外,其余各岛均为珊瑚贝壳灰岩、珊瑚贝壳砾岩以及尚未胶结的生物骨骼碎屑。因此,西沙群岛土壤不同于一般在火成岩、变质岩、沉积岩和沉积物上发育的土壤,而是在生物岩或生物骨骼碎屑上直接发育的土壤。

西沙群岛土壤形成和其他土壤另一个不同的地方是有鸟粪的参加,并在很大程度上影响着土壤形成过程。岛上植被类型的丰富已如前述,在鸟类和枯枝落叶的影响下,土壤有机质积累过程往往超过分解过程。土壤表层有机质含量一般在 8—10% 之间,某些土壤上的植被郁闭度较大、鸟类活动频繁,土壤表层的有机质含量可达 17—30%,个别的甚至高达 57.0%;而在林相遭到破坏,或植被覆盖较差的土壤上,有机质含量不足 5%。有机质在剖面中的分布状况,

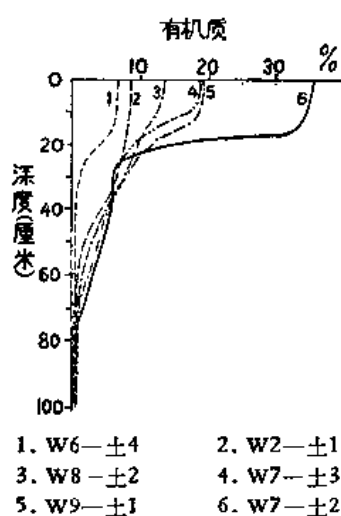


图7 西沙群岛土壤中有机质的分布状况

如图7所示,随剖面的深度增加而急剧减少。土壤表层氮素含量一般在 0.4—0.6%,高的可达 3.85%,其在土壤剖面中的分布特点,与有机质基本一致。C/N 比值一般较窄,在 8—9 之间。这显然是与鸟粪中含有较高的氮素密切相关。

西沙群岛的植被以其特殊的组成对土壤发生影响。我国热带酸性土上植物灰分含量较低,其化学组成中以  $\text{SiO}_2$  为主,可达 1—2%,铁铝的含量也是比较高的。而西沙群岛植被的灰分含量特别高,一般都在 10—20% 之间。其化学组成中,以  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  为主。海马齿苋灰分含量达 27.74%,其组成以  $\text{Na}_2\text{O}$  为主,达 7.81%。作为西沙群岛植被建群优势种的麻疯桐也是如此,尤其是麻疯桐叶,灰分高达 30.48%, $\text{Na}_2\text{O}$  的含量也在 5—7% 之间(表2)。虽然,灌木和一般草本植物吸收  $\text{CaO}$  的量居于首位,但对  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$  的吸收也甚多。从表3中可见,植物水提取液中仍含有不少的  $\text{Cl}^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ ,且以  $\text{Cl}^-$  为主。麻疯桐和海马齿苋中  $\text{Cl}^-$  的含量可高达 3% 以上。所以,总的来说,西沙群岛的植被与我国沿海地区的盐生植物很相类

1) 承华东地质研究所郑健同志鉴定为铁染绿泥石化角砾玻基橄辉岩。

似<sup>[9]</sup>。所不同的是除含盐量略低外,主要是含有较多的磷和较少的硅、铁和铝。

植物并不是土壤组分的简单反映。上述植物的组成特点是植物选择吸收的结果。从表4所列植物的吸收系数来看,西沙群岛植物吸收  $K_2O$ 、 $Na_2O$ 、 $MgO$  的能力特别强。

表2 西沙群岛植物化学组成的特点\*(占干物质%)

群落	地点	植物名称	灰分	N	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
乔木	永兴岛	麻疯桐叶	25.91	1.78	0.056	0.013	0.002	5.15	4.35	2.19	5.07	0.81
	永兴岛	麻疯桐叶	30.48	1.45	0.113	0.009	—	5.74	4.00	2.17	7.75	0.83
	永兴岛	麻疯桐枝	11.26	0.96	0.030	0.005	—	1.74	0.79	3.22	1.31	1.25
灌木	永兴岛	椴 树	7.80	1.19	0.037	0.008	0.001	1.26	1.28	1.05	1.23	1.50
	永兴岛	海 巴 戟	20.06	1.80	—	0.005	—	6.33	1.59	2.47	1.01	1.48
	东 岛	水 芫 花	16.02	0.71	—	0.011	0.001	5.78	1.67	0.68	1.15	1.14
草本	永兴岛	西沙刺蒴麻	13.42	1.18	0.040	0.007	—	2.45	1.89	1.28	2.59	1.56
	永兴岛	厚 藤	14.69	1.53	0.172	0.004	—	2.44	1.42	4.15	1.03	1.89
	永兴岛	葵 藜 草	19.72	1.24	0.057	0.014	0.002	4.88	1.78	4.78	0.44	1.29
	东 岛	纤毛圆眉草	17.04	0.54	0.593	0.013	0.002	7.05	0.71	0.61	0.98	0.75
	东 岛	锥穗纯叶草	9.90	1.65	0.099	0.072	—	1.25	0.96	1.00	3.77	1.23
	金银岛	西沙黄细心	11.92	1.44	0.009	0.005	0.004	2.02	1.21	2.83	0.72	2.05
咸水草	东 岛	海马齿苋	27.74	0.87	0.046	0.013	—	3.38	2.82	2.53	7.81	2.11
西双版纳21种植物鲜叶平均含量(%)			—	1.90	2.67	0.26	0.31	1.60	1.42	0.48	0.10	0.22

\* 除西双版纳21种植物外,表内数据由本所土壤地理研究室分析室分析。以下凡属分析室分析的数据,不再加注。

表3 西沙群岛某些植物的水提液组成

植物种类	采集地点	pH(水提)	Cl <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
			毫克当量/ 100克干物质	%	毫克当量/ 100克干物质	%
草海桐枯落物	赵 述 岛	7.48	5.24	0.186	1.54	0.074
草海桐枯落物	珊 瑚 岛	6.15	12.59	0.447	5.33	0.256
海岸桐枯落物	金 银 岛	5.80	17.54	0.623	2.32	0.111
麻疯桐枯落物	永 兴 岛	9.35	10.05	0.357	1.54	0.074
麻疯桐枯落物	东 岛	6.18	45.65	1.621	11.58	0.556
麻疯桐枯叶	永 兴 岛	9.26	66.61	2.365	—	—
麻疯桐黄叶	永 兴 岛	8.58	95.73	3.398	3.24	0.156
麻疯桐枝干	永 兴 岛	5.84	53.94	1.915	3.63	0.174
西沙刺蒴麻	永 兴 岛	6.95	31.16	1.106	1.39	0.067
厚 藤	永 兴 岛	6.23	37.56	1.333	7.57	0.363
葵 藜 草	永 兴 岛	8.32	42.66	1.514	20.30	0.974
纤毛圆眉草	东 岛	6.94	19.15	0.680	7.95	0.382
锥穗纯叶草	东 岛	7.72	22.20	0.785	5.02	0.241
西沙黄细心	金 银 岛	6.86	32.25	1.145	—	—
椴 树	永 兴 岛	5.64	51.98	1.845	8.80	0.422
海 巴 戟	永 兴 岛	8.55	36.25	1.287	1.70	0.082
水 芫 花	东 岛	5.84	50.81	1.804	22.77	1.093
海 马 齿 苋	东 岛	8.77	90.85	3.225	5.02	0.241

表4 西沙群岛植物的生物积累特点  
(土壤占灼烧土%) (植物占灰分总量%)

植被群落	标本数	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
麻 疯 桐	3	0.29	0.041	0.002	18.05	12.33	14.73	18.88	5.65
土壤(A层)	4	0.55	0.081	0.015	68.08	1.34	0.055	0.39	26.11
生物吸收系数*		0.53	0.51	0.13	0.27	9.20	267.82	48.41	0.22
元素吸收顺序 K <sub>2</sub> O   > Na <sub>2</sub> O   > MgO   > SiO <sub>2</sub> > Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > CaO > P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> > Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>									
灌 木	3	0.15	0.066	0.008	27.93	11.59	10.03	9.30	11.24
土壤(A层)	4	0.50	0.099	0.010	63.10	0.87	0.033	0.36	31.27
生物吸收系数		0.30	0.67	0.80	0.44	13.32	303.94	25.83	0.36
元素吸收顺序 K <sub>2</sub> O   > Na <sub>2</sub> O   > MgO   > Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > CaO > P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> > SiO <sub>2</sub>									
草 本	6	1.06	0.166	0.010	21.76	9.47	16.57	13.06	10.84
土壤(A层)	2	0.26	0.095	0.002	64.77	1.10	0.075	0.41	30.41
生物吸收系数		4.08	1.75	5.00	0.34	8.61	220.93	31.85	0.36
元素吸收顺序 K <sub>2</sub> O   > Na <sub>2</sub> O   > MgO   > Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > SiO <sub>2</sub> > Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   > P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> > CaO									

\* 生物吸收系数 =  $\frac{\text{某元素占植物灰分含量}\%}{\text{某元素占土壤表层灼烧重的}\%}$

吸收 K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、MgO、CaO 的系数分别为  $n \times 100$ 、 $n \times 10$ 、 $n$  和  $n \times 10^{-1}$ 。不论麻疯桐、灌木或草本植物,其总趋势都是一样的。这就显示了植物对土壤的能动作用。

每年数以吨计的残落物归还到土壤,给土壤带来大量有机物质、N素以及K、Na、Ca、Mg等盐类。所以,在成土过程中,除给土壤带来大量盐分外,也对土壤的盐渍过程发生不可忽视的影响。

## (二) 盐渍和脱盐

在浩瀚的南海中,西沙群岛星散其上,每一个小岛都被无边的海水所环抱。海浪成年累月、日以继夜地拍击着堤岸,海潮浸润着土壤。飞溅的浪花给海上空气中增加了盐分,强劲的海风又把它们吹送至远方。相反,一次又一次的降水冲洗着土壤的盐分,净化着含盐的空气。茂盛的植物群落也参加了岛上盐分的循环。分析起来,至少有下列这些因子影响着土壤的盐渍过程。

(1) 海水。西沙群岛海域海水的组成和渤海、黄海、东海一样,以 NaCl 为主。矿化度在 30—35 克/升之间,年变化不大(见图 8)。仅在雨量最丰的 10 月,海水的矿化度稍低一些,月最高和月最低含盐量之差,也以该月为最大,其余各月则差异甚小。虽然盐分循环是复杂的,但岛上一切盐分的最终来源,都离不开海水。

(2) 地下水。土壤的盐渍化和地下水的状况是不可分割的。盐渍土都伴随着含盐的地下水。滨海的地下水都受海水补给,其组成与海水一样,为 NaCl 水。矿化度也较高。所不同的是此种地下水,受鸟类活动的影响,含有一定量的 NO<sub>3</sub> (表 5)。在这种地下水的影响下,进行着土壤的盐渍过程。



表5 西沙群岛地下水化学成分

水样 编号	采集 地点	水样 名称	矿化度 (克/升)	耗氧量 (毫克/升)	pH (水液)	SiO <sub>2</sub> (毫克/升)	FeO (毫克/升)	阴离子 (毫克当量/升)							阳离子 (毫克当量/升)			
								Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
W6-水1	石岛	井水	2.28	1.58	8.4	1.96	痕量	27.83 0.988	3.77 0.181	0.50 0.015	4.88 0.298	0.0017	0.45 0.028	0.001	4.95 0.099	6.65 0.081	0.75 0.029	24.36 0.560
-水3	永兴岛	井水	0.64	6.35	8.4	0.95	—	2.28 0.081	0.78 0.037	0.31 0.009	3.70 0.266	0.0021	1.11 0.069	0.005	4.22 0.084	1.34 0.016	0.33 0.013	2.52 0.058
-水4	永兴岛	井水	0.74	10.08	8.5	—	—	3.68 0.131	0.82 0.040	0.69 0.021	4.70 0.287	0.0023	0.76 0.047	—	4.32 0.086	1.80 0.022	0.57 0.022	3.77 0.087
W7-水3	东岛	井水	1.68	13.44	8.4	1.05	—	11.77 0.418	1.50 0.072	0.36 0.011	7.21 0.440	0.0066	3.62 0.224	0.001	7.23 0.145	3.35 0.041	1.26 0.049	12.00 0.276
W8-水1	珊瑚岛	井水	2.51	6.64	8.3	—	—	29.65 1.053	5.25 0.252	0.40 0.012	4.87 0.297	—	0.59 0.037	—	5.64 0.113	6.42 0.078	0.83 0.032	27.74 0.638
-水2	珊瑚岛	井水	1.91	6.18	7.7	—	—	21.01 0.746	2.74 0.132	—	6.45 0.393	0.0007	0.01 0.001	0.001	5.99 0.120	4.13 0.050	1.29 0.050	18.07 0.416
W9-水1	金银岛	井水	1.09	3.84	8.2	0.66	—	9.24 0.328	0.94 0.045	0.21 0.006	4.92 0.300	0.0003	1.28 0.079	0.001	6.51 0.130	2.18 0.027	0.47 0.018	6.97 0.160
-水2	金银岛	井水	1.29	6.03	8.6	0.67	—	13.36 0.474	1.63 0.078	1.24 0.037	3.75 0.229	0.0006	0.65 0.041	—	6.91 0.138	2.68 0.033	0.57 0.022	10.19 0.234
-水3	金银岛	井水	1.54	10.50	8.5	1.70	—	14.41 0.512	1.87 0.090	0.88 0.026	5.50 0.336	0.0011	1.33 0.082	—	5.21 0.104	3.13 0.038	0.92 0.036	13.81 0.318
W12-水1	琛航岛	井水	5.00	22.64	7.9	—	—	65.74 2.334	6.85 0.329	—	8.17 0.498	0.0012	0.57 0.035	—	9.42 0.188	11.43 0.139	2.07 0.081	60.65 1.395

(3) 降雨。由于海水和海风的影响,岛上的降雨都含有一定量的盐分。我们所采集的是台风雨的降水,降水矿化度为 0.15 克/升,比珠江三角洲河口白藤降水要高出一倍以上(表 6),相当于东北各河流的矿化度。然而,这些河流以重碳酸钙为主,而西沙群岛的雨水与海水一样,以 NaCl 为主,不过比海水稀释了 200 多倍,比河口海水稀释了 70 多倍罢了。西沙群岛年降水量为 1500 毫米,以此含盐量计算,每年每亩土地由降雨带来 306 斤以 NaCl 为主的盐分。

(4) 植物。岛上植物以强大的根系从根系分布范围内和较深的土层内将一些盐分吸收至植物体内,主要是构成植物的枝叶。待这些枝叶凋落后,又回到了土表。已如前述,西沙群岛

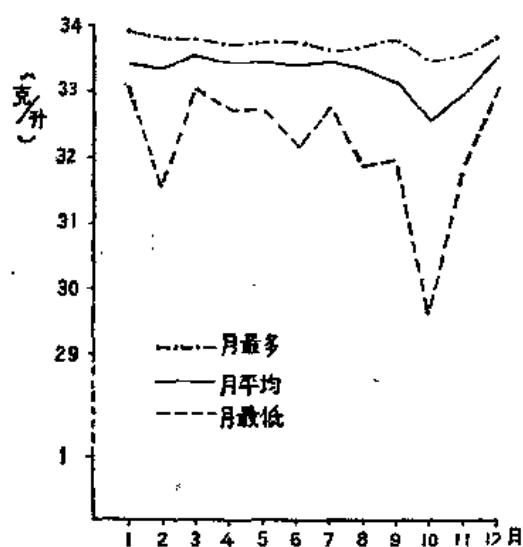


图 8 西沙群岛永兴岛 1972 年各月海水含盐量

表 6 西沙群岛雨水和海水组成的比较

水样编号		W6-水 2		W6-水 5	粤水-8
采集地点		西沙永兴岛	广东中山白藤	西沙永兴岛	湛江湾
水样种类		台风雨	降雨	海水	河口海水
矿化度 (克/升)		0.15	0.066	35.89	11.44
pH		7.6		8.0	7.4
SiO <sub>2</sub> (毫克/升)		0.53	—	0.96	6.80
阴离子 (毫克当量/升) (克/升)	Cl <sup>-</sup>	$\frac{1.47}{0.052}$	$\frac{0.66}{0.024}$	$\frac{566.06}{20.10}$	$\frac{180.70}{6.407}$
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$\frac{0.16}{0.008}$	$\frac{0.21}{0.010}$	$\frac{49.22}{2.36}$	$\frac{17.28}{0.829}$
	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	—	—	$\frac{0.17}{0.005}$	—
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$\frac{0.67}{0.041}$	$\frac{0.18}{0.011}$	$\frac{2.07}{0.126}$	$\frac{0.945}{0.057}$
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$\frac{0.06}{0.004}$	—	$\frac{0.03}{0.002}$	—
阳离子 (毫克当量/升) (克/升)	Ca <sup>++</sup>	$\frac{0.59}{0.012}$	$\frac{0.35}{0.007}$	$\frac{18.53}{0.371}$	$\frac{7.487}{0.150}$
	Mg <sup>++</sup>	$\frac{0.50}{0.006}$	$\frac{0.20}{0.002}$	$\frac{103.43}{1.262}$	$\frac{37.20}{0.452}$
	K <sup>+</sup>	$\frac{0.05}{0.002}$	$\frac{0.50}{0.012}$	$\frac{11.83}{0.463}$	$\frac{150.0}{3.45}$
	Na <sup>+</sup>	$\frac{1.20}{0.028}$		$\frac{487.10}{11.20}$	

的植被是一种盐生植被,通过植物的生命活动,将盐分富集于表层。

西沙群岛的土壤就是在上述诸因素的作用下进行着积盐和脱盐过程。盐分在土壤中积累的特点是表层积盐。盐渍土如此,非盐渍土亦类似(表7)。

表 7 西沙群岛主要土壤的可溶盐含量

剖面号	采样深度 (厘米)	阴 离 子 ( $\frac{\text{毫克当量/100克土}}{\%}$ )						阳 离 子 ( $\frac{\text{毫克当量/100克土}}{\%}$ )				计 算 全 盐 (%)
		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	
W6-土 2	2—10	$\frac{0.41}{0.015}$	$\frac{0.17}{0.008}$	$\frac{0.09}{0.003}$	$\frac{0.61}{0.037}$	$\frac{0.03}{0.003}$	$\frac{0.24}{0.015}$	$\frac{0.58}{0.012}$	$\frac{0.41}{0.005}$	$\frac{0.16}{0.006}$	$\frac{0.57}{0.013}$	0.117
	10—30	$\frac{0.19}{0.007}$	$\frac{0.10}{0.005}$	$\frac{0.03}{0.001}$	$\frac{0.51}{0.031}$	$\frac{0.02}{0.002}$	$\frac{0.08}{0.005}$	$\frac{0.37}{0.007}$	$\frac{0.28}{0.003}$	$\frac{0.06}{0.002}$	$\frac{0.30}{0.007}$	0.070
	30—42	$\frac{0.07}{0.002}$	$\frac{0.04}{0.002}$	—	$\frac{0.29}{0.018}$	$\frac{0.01}{0.001}$	$\frac{0.02}{0.001}$	$\frac{0.13}{0.003}$	$\frac{0.12}{0.001}$	$\frac{0.04}{0.002}$	$\frac{0.15}{0.003}$	0.033
	42—62	$\frac{0.05}{0.002}$	痕 迹	—	$\frac{0.27}{0.016}$	$\frac{0.03}{0.003}$	$\frac{0.02}{0.001}$	$\frac{0.15}{0.003}$	$\frac{0.09}{0.001}$	痕 迹	$\frac{0.10}{0.002}$	0.028
	95—110	$\frac{0.04}{0.001}$	$\frac{0.02}{0.001}$	$\frac{0.03}{0.001}$	$\frac{0.26}{0.016}$	痕 迹	$\frac{0.03}{0.002}$	$\frac{0.16}{0.003}$	$\frac{0.07}{0.001}$	痕 迹	$\frac{0.11}{0.003}$	0.028
W8-土 2	2—10	$\frac{0.42}{0.015}$	$\frac{0.05}{0.002}$	$\frac{0.03}{0.001}$	$\frac{0.44}{0.027}$	$\frac{0.02}{0.002}$	$\frac{0.36}{0.022}$	$\frac{0.54}{0.011}$	$\frac{0.30}{0.004}$	$\frac{0.15}{0.006}$	$\frac{0.53}{0.012}$	0.102
	10—26	$\frac{0.41}{0.015}$	$\frac{0.07}{0.003}$	$\frac{0.08}{0.002}$	$\frac{0.61}{0.037}$	$\frac{0.03}{0.003}$	$\frac{0.42}{0.026}$	$\frac{0.37}{0.007}$	$\frac{0.10}{0.001}$	$\frac{0.13}{0.005}$	$\frac{1.25}{0.029}$	0.128
	26—50	$\frac{0.66}{0.023}$	$\frac{0.25}{0.012}$	$\frac{0.03}{0.001}$	$\frac{0.46}{0.028}$	痕 迹	$\frac{0.36}{0.022}$	$\frac{0.58}{0.012}$	$\frac{0.24}{0.003}$	$\frac{0.10}{0.004}$	$\frac{0.85}{0.020}$	0.125
	50—70	$\frac{0.13}{0.005}$	$\frac{0.11}{0.005}$	$\frac{0.04}{0.001}$	$\frac{0.44}{0.027}$	痕 迹	$\frac{0.01}{0.001}$	$\frac{0.29}{0.006}$	$\frac{0.10}{0.001}$	$\frac{0.02}{0.001}$	$\frac{0.32}{0.007}$	0.054
	90—100	$\frac{0.15}{0.005}$	$\frac{0.11}{0.005}$	$\frac{0.04}{0.001}$	$\frac{0.33}{0.020}$	痕 迹	$\frac{0.01}{0.001}$	$\frac{0.26}{0.005}$	$\frac{0.10}{0.001}$	$\frac{0.02}{0.001}$	$\frac{0.25}{0.006}$	0.047

海水、地下水、土壤、植物和降水之间构成了一个不可分割的体系。由海水至含盐地下水(相应地为盐渍土),而后至淡化地下水(相应地为非盐渍土),其盐分含量不断减少;盐分组成由含镁显著的氯化钠水变为重碳酸钙水(表8)。由于母质的影响,使这一过程与我国滨海盐渍过程特点不太相似。同时,随着脱盐过程的发展,植物生长的繁茂,水中的 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量不断增加,由海水中  $n$ ppm 增至含盐地下水中的  $n \times 10$ ppm,而淡化地下水中的 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量则为  $n \times 10 - n \times 100$ ppm。但是,不管地下水状况如何,植被始终保持以 NaCl 为主要组成的特点。以 NaCl 为主的雨水本身,雄辩地说明了海水对这个体系的强大的作用。

表 8 西沙群岛海水、地下水、土壤、植物和雨水的盐分组成

含 量 (毫克)	离 子	阴 离 子 ( $\frac{\text{阴离子}}{\text{阴离子总量}} \times 100$ )	阳 离 子 ( $\frac{\text{阳离子}}{\text{阳离子总量}} \times 100$ )
雨	水	Cl <sup>-</sup> > HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> > CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup> > Ca <sup>++</sup> > Mg <sup>++</sup> > K <sup>+</sup>
植	物	Cl <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> > HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup> > Mg <sup>++</sup> > Ca <sup>++</sup> > K <sup>+</sup>
非盐渍土和相应的淡水		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > Cl <sup>-</sup> > NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> > CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>++</sup> > Na <sup>+</sup> > Mg <sup>++</sup> > K <sup>+</sup>
盐渍土和相应的咸水		Cl <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> > HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup> > Mg <sup>++</sup> > Ca <sup>++</sup> > K <sup>+</sup>
海	水	Cl <sup>-</sup> > SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> > HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> > NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup> > Mg <sup>++</sup> > Ca <sup>++</sup> > K <sup>+</sup>

假如我们把矿化度为 1—2 克/升的水称为弱矿化水, 2—5 克/升为矿化水, 5—10 克/升为中矿化水, 10—30 克/升为强矿化水的话。从图 9 可见, 西沙群岛大部分地下水

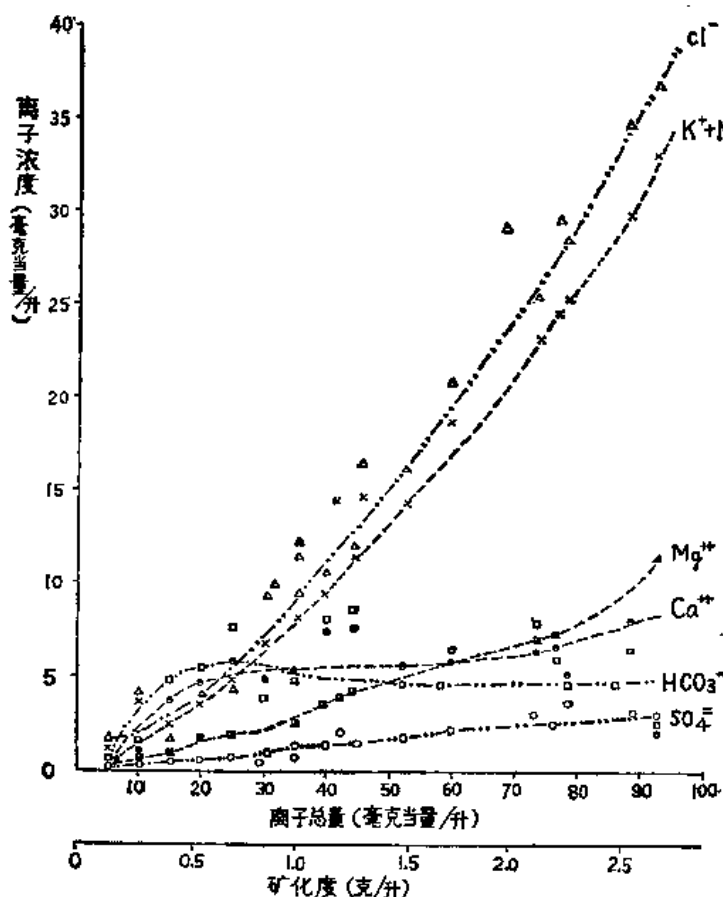


图 9 西沙群岛地下水浓度及盐分组成的关系

为弱矿化水。矿化度在 1.0—1.5 克/升以下。在西沙群岛高温多雨的条件下, 土壤质地疏松, 地下水矿化度一般也不高, 在积盐和脱盐的矛盾斗争中, 土壤含盐量大部分  $\leq 0.1\%$ , 因此, 可以认为, 除滨海地区外, 西沙群岛土壤在总体上来看, 是处于脱盐过程中。

### (三) 磷素富集和淋溶

频繁的鸟类活动, 使地表有大量的鸟粪堆积。在高温多雨的情况下, 鸟粪迅速分解, 释放出大量的磷酸盐, 随着枯枝落叶腐解过程中产生的腐殖酸一起向土壤下层淋溶, 并与

土壤中钙相结合, 形成了“鸟粪磷矿”。这是一种氟磷灰石还是其他形态结合的磷灰石呢? 表 9 列出了土壤中氟的含量, 一般都在 0.2% 以下, 据此可以认为这不是氟磷灰石。根据 X 光衍射线的材料 (图 10), 可以得知这部分磷酸盐主要是以羟磷灰石形态存在, 而包被于暗色部分之内的浅色

表 9 西沙群岛土壤中氟的含量

剖面号	采样深度	F (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %
W7-±2	15—25 厘米	0.20	27.90
	25—40	0.20	16.03
	40—55	0.19	10.29
	55—76	0.12	1.80

部分则为霏石(文石)之类的矿物<sup>1)</sup>。这显然是受珊瑚贝壳等成土母质的影响。但X光衍射不能提供此类磷灰石的进一步情况。为此,我们又进行了土壤薄片的微形态观察<sup>2)</sup>,在偏光显微镜下,从其所呈的形态、色泽和光性判断,这是一种似晶质的胶状磷灰石,或

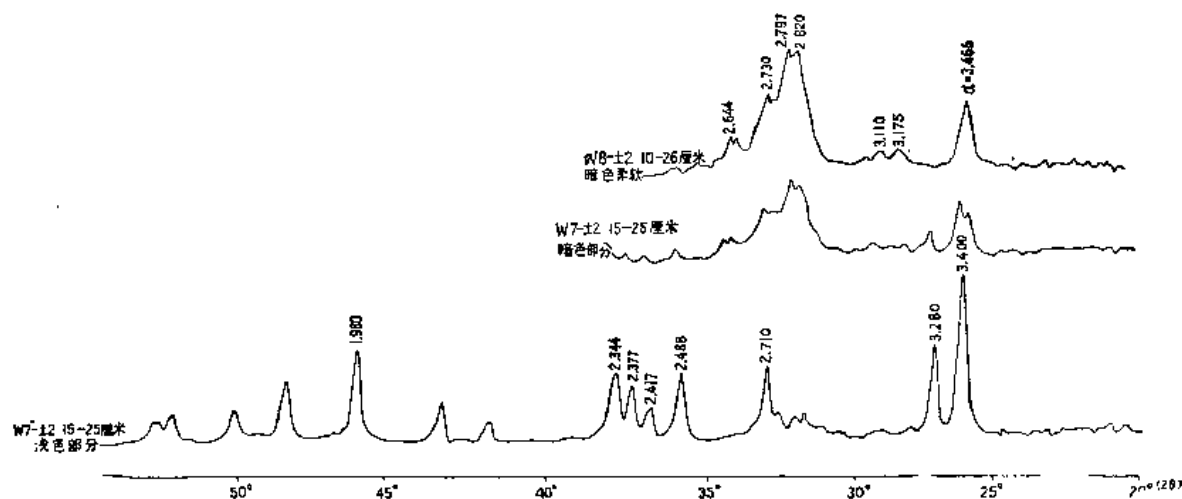


图10 西沙群岛鸟粪磷矿的X射线衍射图

称为胶磷矿。在成土过程中,大部分珊瑚、贝壳碎屑逐步被胶磷矿所浸染、包被、部分交代以至完全交代。从照片33、35、36、37、38、39中可见,胶磷矿开始与有机质混合或结合在一起,继而包被于碎屑表面,碎屑表面淀积的胶磷矿由表面向内逐渐交代珊瑚、贝壳碎屑中的碳酸盐,但仍保持珊瑚、贝壳或有孔虫的原形,它们在单偏光镜下呈黄棕色,在正交偏光镜下,已不见碳酸盐的干涉色,而全部消光,表明珊瑚、贝壳碎屑或有孔虫已被胶磷矿全部交代。

在上述过程的作用下,使土壤磷素在剖面中大量积聚,虽然磷的移动性很小,但鸟粪磷矿的溶解度比磷灰石大,在长期的成土过程中也发生淋溶、淀积,引起剖面的分异。就大量标本的平均含量来看,表层(A)含 $P_2O_5$ 28.10—29.97% (占灼烧土重),淀积层(Bp)含28.52%,即使在母质层(C)内,也含有0.51%。从整个剖面的分布来看,地表下15—25厘米处含磷量最高,可明显看出一个磷素的积聚层。向下,随着深度的增加而含磷量逐渐递减。磷酸盐在不同土壤中的含量和状态的不同,正好向我们显示了一个磷在西沙群岛土壤中的积聚过程。如图11所示,海南岛砖红壤性土中,磷的含量是很低的,看不出剖面分异,而在西沙群岛的土壤中,随着土壤形成的时间不同而出现不同的情况:幼年的含磷量比较低,普通的含磷量就大为增加,至发展到硬盘状的,便在土壤中出现明显的磷淀积层,剖面分异也越来越明显,淋溶过程也有加强。除了磷的生物积聚以外,碳酸盐的淋溶,也会造成磷的相对积聚。目前所见到的各种剖面,即是磷的积聚与淋溶两个过程矛盾统一的表现。

我国热带、亚热带土壤中磷的含量,一般不足0.1%,相比之下,西沙群岛土壤的含磷量,要高出5—300倍。由此可见,鸟类活动在西沙群岛的土壤形成过程中,具有特殊的地位。

1) 由本所土壤物理化学研究室同志测定。

2) 由本所土壤地理研究室土壤微形态实验室曹升康、费振文同志检定,由崔荣浩同志摄影。

为了比较成土过程中物质积累的特点,我们以表土层与母质作比较。由表 10 可见,在成土过程中,  $P_2O_5$ 、 $MnO$ 、 $Fe_2O_3$  等均有积聚。  $CaO$ 、 $MgO$  相对减少。在淀积层中,

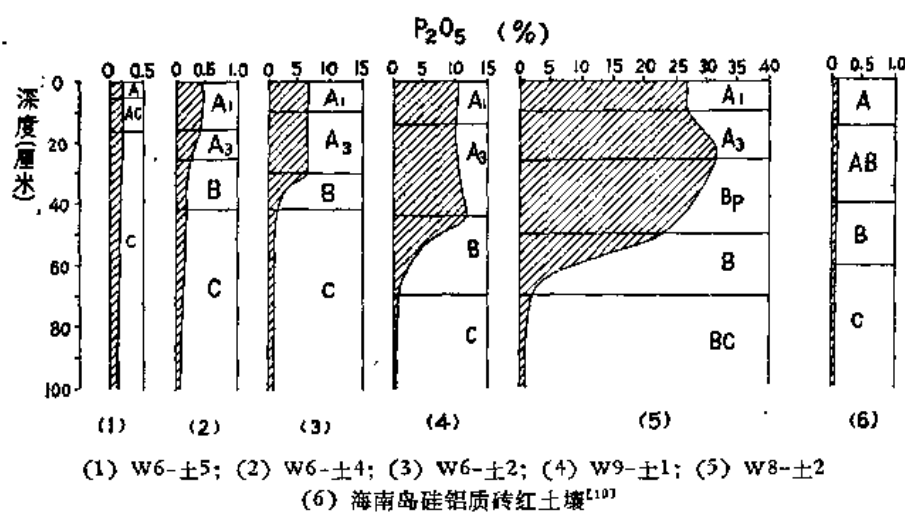


图 11 磷在西沙群岛土壤中的积聚过程

其趋势大体相同。A 层、Bp 层在成土过程中磷的含量,分别比 C 层增加了 57.92 和 55.92 倍。

表 10 西沙群岛土壤的成土富集系数

发生层	样品数	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl	MnO
A <sub>1</sub> (%)	5	0.48	0.097	0.011	66.40	1.18	0.052	0.42	28.10	0.89	0.31	0.0110
A <sub>3</sub> (%)	5	0.45	0.084	0.010	64.45	1.02	0.047	0.34	29.97	0.70	0.26	0.0063
Bp(%)	5	0.25	0.045	0.006	66.71	0.85	0.045	0.35	28.52	0.60	0.22	0.0044
B(%)	2	0.25	0.025	0.006	83.38	2.24	0.042	0.39	9.58	0.65	0.14	0.0011
BC(%)	7	0.11	0.008	0.006	89.92	2.54	0.053	0.41	2.66	0.65	0.10	0.0002
C(%)	2	0.11	0.006	—	91.00	3.47	0.026	0.29	0.51	0.71	0.14	0.0002
成土富集系数 (A/C)		4.27	15.28	—	0.72	0.32	1.92	1.31	57.92	1.13	2.07	43.50
元素富集顺序	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> > MnO > Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > SiO <sub>2</sub> > Cl > K <sub>2</sub> O > Na <sub>2</sub> O > SO <sub>3</sub> > CaO > MgO											
淀积层成土富集系数(Bp/C)		2.27	7.50	—	0.73	0.24	1.73	1.21	55.92	0.85	1.57	22.00
元素富集顺序	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> > MnO > Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > SiO <sub>2</sub> > K <sub>2</sub> O > Cl > Na <sub>2</sub> O > SO <sub>3</sub> > CaO > MgO											

土壤的高磷特性,明显地反映在植物的化学组成上。一般热带植物含磷只有 0.2% 左右,而西沙群岛植物一般含磷都在 1.0% 以上(图 12)。一般来说,其含量次序为:海马齿(咸水草) > 草本植物 > 灌木 > 麻疯桐枝 > 麻疯桐叶。

其中特别应该提出的是海马齿和西沙黄细心,其含磷量分别达到 2.11% 和 2.05%。为一般热带植物的 10 倍以上。

土壤的特性除了影响植物的生长以外,也影响着浅层地下水。如图 13 所示,西沙群岛地下水中  $P_2O_5$  的最低含量为 0.20 毫克/升,最高为 4.90 毫克/升。有趣的是天然降水中亦含有 0.02 毫克/升的  $P_2O_5$ , 不知是否也受到岛上生物圈上空尘埃的影响。

如以西沙群岛土壤中大量存在的钙 ( $CaO$ ) 和磷 ( $P_2O_5$ ) 二个元素的比例来看磷的积聚的话,那么一般来说,磷的积聚次序为: 土壤 (A 层 > B 层) > 植物 > 水 (地下水 > 雨

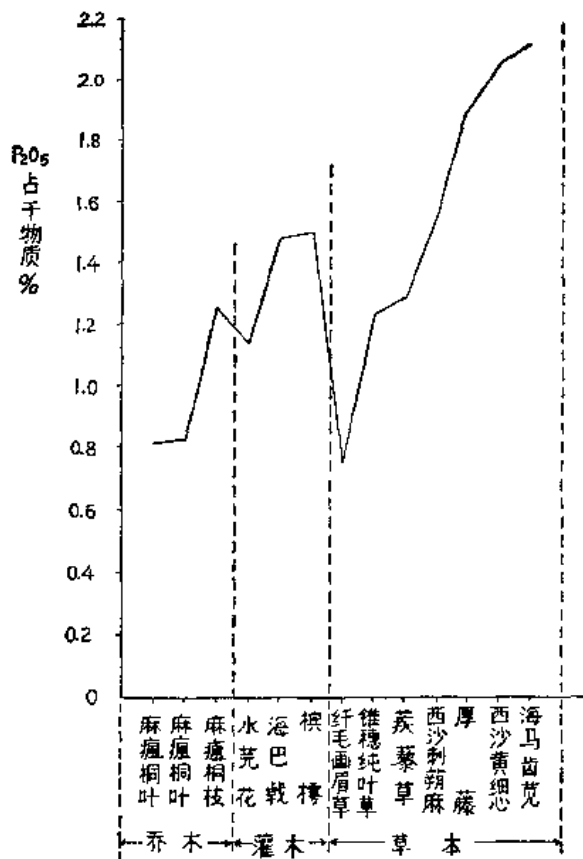


图 12 西沙群岛植物含磷量比较

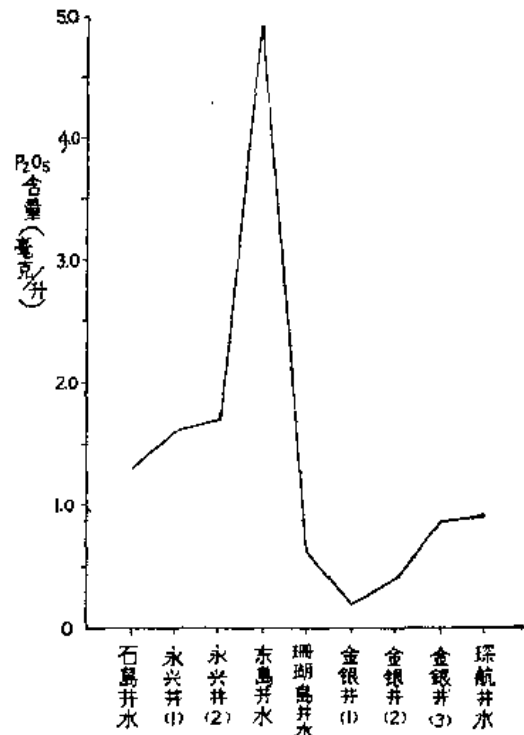


图 13 西沙群岛地下水中磷的含量

水)。

地壳中元素磷(P)占0.12%(重量克拉克值),在元素中占第十三位。而在西沙群岛土壤中磷在所有元素中仅次于钙而占据第二位。西沙群岛土壤中的磷,像盐渍土地区的盐分,红壤地区的铁铝一样,在整个生物圈中起着突出的作用,并给土壤中其他元素,给其上生长的植物和流经其中的地下水以深刻影响。假如把某一元素的过多或缺乏作为一个生物地球化学区域特征是有一定道理的话,那么,西沙群岛应是一个高磷的生物地球化学环境而有别于其他区域。

在西沙群岛及整个南海诸岛的高磷生物地球化学区域里,磷的循环可以用一个简单的示意图来表示。在图14中可以看到,海洋是磷的巨大容器。在广阔的海洋上空,大气圈里的磷是很有限的。磷溶于水但不挥发,所以不能由于蒸发而扬入空中,因此它只有从生物-岩石圈到水圈,跟着水圈走。然而,海洋中的磷由鱼类和水生动物所富集,再通过食鱼鸟类把这些磷素连同其粪便和鸟类尸体进入土壤,使生物圈中的磷大大富集起来。上部的弯箭头表明磷从海洋进入生物圈,底部的弯箭头表示磷由于降水从生物圈-岩石圈被淋溶到水圈。与此相反的鸟粪磷矿的形成阻碍了这一过程的进行,这是一个用箭头表示的相反过程,植物吸收磷也是如此。而生物的腐解和磷细菌的作用则加速了磷从生物-岩石圈进入水圈。虽然磷并不挥发,但在海岛上空,由于岛上含磷的尘埃,甚至包括飞溅的浪花,把少量的磷送到空中,而后又随降水回到岛上或海中。此外,施肥和鸟粪磷矿的开采是两个相反作用。总之,在这一循环过程中,海鸟活动起着关键的作用。如果海鸟活动

继续下去,这一过程能使磷素不断积累,相反,这一过程将使整个体系中的磷素减少下去。

在上述诸成土过程的影响下,凡没有经历脱盐阶段的,为滨海盐渍土,凡经了脱盐阶

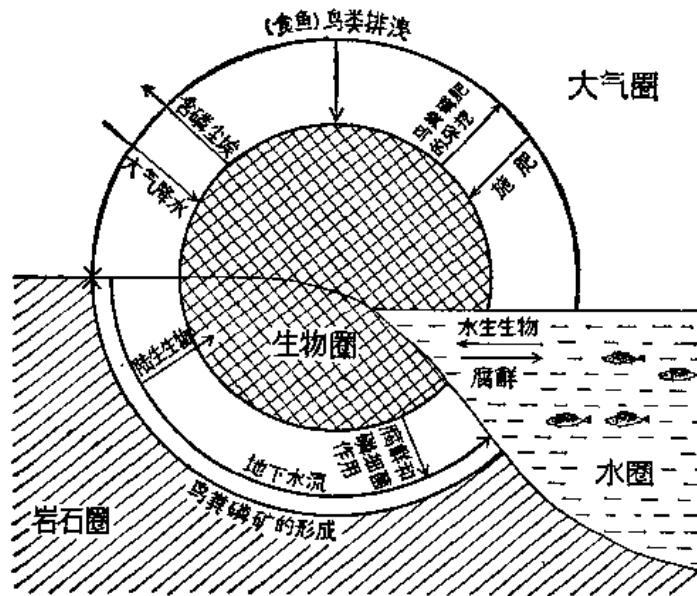


图 14 西沙群岛磷素的循环

段、有明显生物积累和磷素富集时,便形成各种含磷高的石灰性土壤。

### 三、丰富的土壤资源

#### (一) 土壤分类

西沙群岛的土壤,在热带生物气候条件下,经过脱盐阶段,在生物积累、磷素富集的作用下,可由原来的养分缺乏、化学组成单纯(95%以上为碳酸盐类)、含盐量高的不毛之地,逐步地进化为目前的有机质、氮、磷等养分丰富,结构较好,能生长多种植物的肥沃的土壤。对于这种土壤,我国土壤工作者曾作过多次研究。早在二十年代,就有人对西沙群岛的鸟粪进行过考察。此后,又有多人赴西沙群岛或对西沙群岛土壤作过研究工作。由于认识上的不同,在土壤命名上,也各不相同。有的称为“黑色石灰土”<sup>[4]</sup>,有的称作“热带磷黑土”,有的称为“石灰质腐殖土”<sup>[11]</sup>。

所研究的土壤含石灰30—50%,而有机质含量一般不超过10%,因此这种土壤不是有机质土,而是一种石灰性土壤。凡石灰性土壤可大别为两类:一类是发育于温带、暖温带干旱、半干旱条件下的地带性土壤,如灰钙土、栗钙土、棕钙土和黑钙土等,土壤中的石灰主要处于积累阶段;另一类是非地带性土壤,由于母质含有石灰,所以虽地处热带、亚热带高温多雨的条件下,由于土壤内动力的作用,阻碍了土壤形成过程的进一步发展,如红色石灰土、黑色石灰土等,土壤形成处于脱石灰阶段。西沙群岛的土壤,不是地带性土壤,而是非地带性土壤,所以在命名上,不应以“△钙土”命名,而应以“石灰土”命名似乎比较恰当。

但这是一种特殊的石灰土。红色石灰土是在石灰土中呈现某些富铝特征,土体呈红



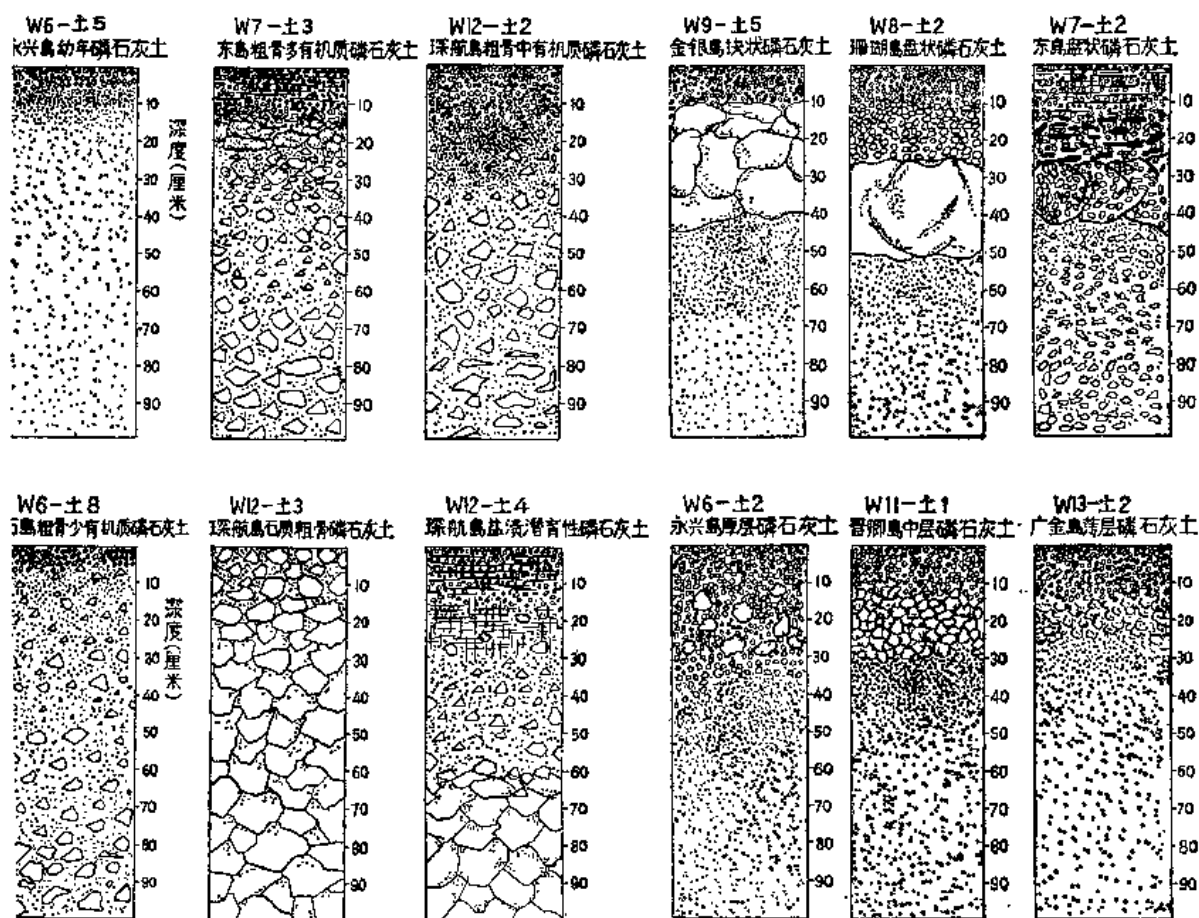


图 15 磷质石灰土剖面示意图

色;黑色石灰土有机质含量比较高,具有强石灰反应,发育比较幼年。另一种紫色土,实际上是紫色石灰土。所研究的土壤既不呈红色,也不呈黑色,更不呈紫色,而呈暗棕色。然而,最主要的是不论哪一种石灰土的含磷量都在 0.1% 左右。而所研究的石灰土,含磷量特别高,据此我们称其为“磷质石灰土”。为了简化起见,在土类前加形容词时,可简称为“磷石灰土”。

因此,仅从磷的含量来看,不难将磷质石灰土和一般石灰土区别开来。此外,尚有许多证据进一步将黑色石灰土与磷质石灰土加以区别:(1)黑色石灰土形成于石灰岩母质上,后者形成于珊瑚灰岩母质上;(2)黑色石灰土形成于低平地区或石隆之中,后者形成于南海诸岛的平坦地形条件下;(3)黑色石灰土发育于灌木和草本植被下,后者的典型植被为麻疯桐,重要物质来源于鸟粪;(4)黑色石灰土不经脱盐过程,后者都从脱盐开始;(5)黑色石灰土都为粘性土壤,后者为砂性土;(6)黑色石灰土通透性不良,后者通透性良好;(7)黑色石灰土没有 Bp 层,后者发育良好的土壤有 Bp 层;(8)黑色石灰土 pH7.5 左右,后者的 pH8 以上。

磷质石灰土一般可分为枯枝落叶层(A<sub>0</sub>)、暗棕色有机质层(A<sub>1</sub>)、棕色有机质亚层(A<sub>2</sub>)、浅棕色淀积层(B)、潜育层(G)、母质层(C)等。由于受鸟粪和枯枝落叶腐解的影响,在腐殖酸和珊瑚砂的胶结作用下,使土壤表层呈良好的 0.1—0.7 毫米团粒状结构。在某些土壤中,在 A 层以下形成一坚硬层次,当地称为“鸟粪化石”。在土壤薄片检查中,可以看

出,这一坚硬层次的成分,主要是以胶结物形态存在的胶磷矿(见照片 16),其次是组成为碳酸盐分泌物、微晶方解石和霏石等的珊瑚贝壳碎屑。它与主要以微晶方解石为胶结物的珊瑚灰岩有明显的不同(见照片 32)。因此,我们称它为磷质硬盘层,用符号 Bp 来表示。

根据生物积累,特别是磷的富集过程的特点,我们把磷质石灰土作为一个独立的土类划分出来。由于成土条件不同,根据附加过程,磷质石灰土可以划分成硬盘、普通、粗骨、幼年、潜育、耕种和盐渍七个亚类。

每一亚类都有一定的剖面结构。硬盘磷质石灰土剖面结构为  $A_0-A_1-A_2-Bp-BC-C$ ; 普通磷质石灰土为  $A_0-A_1-A_2-B-C$ ; 粗骨磷质石灰土为  $A-AC-C$ ; 幼年磷质石灰土为  $A-C$ ; 潜育磷质石灰土为  $A-G-C$ ; 耕种磷质石灰土为  $A_p-B-C$ 。另外,在盐渍过程影响下,有盐渍磷质石灰土。图 15 是各亚类的土壤剖面示意图。

根据发育程度划分土种。硬盘磷质石灰土中分为松块状、紧块状、砂盘状和砾盘状四种。块状的大小不一,自数厘米至 30 厘米以上;盘状的几乎连成一片,十分坚硬,甚至需用钢钎、锤子才能砸开,其厚度在 20 厘米以上,个别的可向下伸展达 80 厘米以上(照片 17)。(普通)磷质石灰土包括两种情况,一是原有的硬盘层已被开采,一是土壤尚未发育成硬盘。其  $A_1$  层厚达 20 厘米以上者称为厚层;20 厘米以下者为中层或薄层,其中又以  $A_1 + A_2$  大于 30 厘米者为中层;  $A_1 + A_2$  小于 30 厘米者为薄层。由于珊瑚灰岩和粗大的珊瑚碎块分布位置较高,形成粗骨磷质石灰土,根据有机质含量多少,划分多有机质( $>10\%$ )、中有机质( $5-10\%$ )、少有机质( $<5\%$ )和石质的(珊瑚灰岩裸露或巨砾堆积在地表的)四个土种。潜育磷质石灰土、幼年、耕种和盐渍磷质石灰土未进一步划分土种(表 11)。

表 11 西沙群岛土壤分类表

土 类	亚 类	土 种	土 壤 图 图 例
磷 质 石 灰 土	硬盘磷质石灰土	砾质盘状磷质石灰土	I <sub>1</sub>
		砂质盘状磷质石灰土	I <sub>2</sub>
		紧块状磷质石灰土	I <sub>3</sub>
		松块状磷质石灰土	I <sub>4</sub>
	(普通)磷质石灰土	厚层磷质石灰土	II <sub>1</sub>
		中层磷质石灰土	II <sub>2</sub>
		薄层磷质石灰土	II <sub>3</sub>
	粗骨磷质石灰土	多有机质粗骨磷质石灰土	III <sub>1</sub>
		中有机质粗骨磷质石灰土	III <sub>2</sub>
		少有机质粗骨磷质石灰土	III <sub>3</sub>
		石质粗骨磷质石灰土	III <sub>4</sub>
	潜育磷质石灰土	潜育磷质石灰土	IV
	耕种磷质石灰土	耕种磷质石灰土	V
	盐渍磷质石灰土	盐渍磷质石灰土	VI
	幼年磷质石灰土	幼年磷质石灰土	VII
滨 海 盐 土	滨海盐土	滨海盐土	VIII <sub>1</sub>
	滨海沼泽盐土	滨海沼泽盐土	VIII <sub>2</sub>

西沙群岛除了以磷质石灰土为主外,在岛周沙滩上,还分布有滨海盐土。由于地处高潮线附近,经常受海浪作用,目前植被较少,尚处在盐渍阶段。因分布面积甚小,未作详细研究。

## (二) 土 壤 分 布

南海诸岛土壤分布受海水、礁盘、母质、地形和植被等因素的影响。

### 1. 一般岛屿分布

西沙群岛几乎均为珊瑚小岛(据目前调查,仅高尖石为橄辉岩出露的小岛),发育于大小不同的礁盘上,一出礁盘,水深一落千丈,有的地方深可达千米,最深的地方为 5567 米。

西沙群岛的各个岛屿一般均为沙堤所环抱,故自礁盘而上,即为不同厚度的沙堤。其外缘为受海水浸渍的滨海盐土,内侧为幼年磷质石灰土。越过沙堤,地形相对低平,一般为不同厚度的磷质石灰土。

植被越是密茂,土壤的腐殖质层越厚。一般乔木林(麻疯桐、海棠果、永乐群岛的海岸桐等)相下发育为厚层磷质石灰土;灌木林(草海桐、海巴戟、银毛柴等)相下多为中层磷质石灰土;草本植物下为薄层磷质石灰土。但由于植被的破坏,现有植被往往不能充分反映这种相关性,而要视具体剖面而定。如图 16、17 所示,金银岛和珊瑚岛上,由于遭受帝国主义对鸟粪磷矿资源的掠夺,林相遭到破坏,硬盘磷质石灰土上,现生长着次生灌木林和草本植被。

在珊瑚灰岩出露比较高的地方,出现粗骨磷质石灰土(图 18)。在泻湖的边缘有潜育磷质石灰土的分布。在一定条件下,岛屿的中间,可见有硬盘层的磷质石灰土。

这是西沙群岛土壤分布的一般情况。

### 2. 特殊的岛屿分布

有些珊瑚岛共生在同一礁盘上。如北岛、中岛、南岛位于同一礁盘上。森屏滩上除晋卿岛外,尚有最新出露的全富、金沙两岛。永兴岛和石岛,以及琛航岛和广金岛也都在同一礁盘上。其母质来源有相似性。在成陆时间相近的情况下,相邻岛屿上的土壤分布,也相接近,如北岛、中岛、南岛的土壤分布特点基本一致;琛航岛与广金岛的相邻部分,土壤类型也基本相同(见图 19)。

礁盘的大小直接影响着岛屿上沙堤的形成和幼年磷质石灰土的质地状况。如东岛礁盘比较小,约 200—500 米,沙堤上多粗大的珊瑚碎块;而金银岛的礁盘往东延伸 3000—3500 米,所以沙堤上多细碎的砂体。琛航岛和晋卿岛亦可作为明显对比。琛航岛的礁盘主要往西伸展,岛的西端沙堤其砂体细碎,砂层较厚,发育为(普通)磷质石灰土。相反,东侧礁盘较小,局部仅 100 米左右,盘外海水较深,且为迎风面,所以在东端发育为巨砾垒,无沙堤可言。其上的土壤为石质粗骨磷质石灰土;而位于其对面的晋卿岛,因为处于庞大的森屏滩的西南端,所以在其东北方向,同样的迎风面上形成四道沙堤,且砂粒比较细碎。

此外,微域地质构造对土壤分布也有密切关系。在地壳抬升比较快的情况下,常有珊

N 45° W

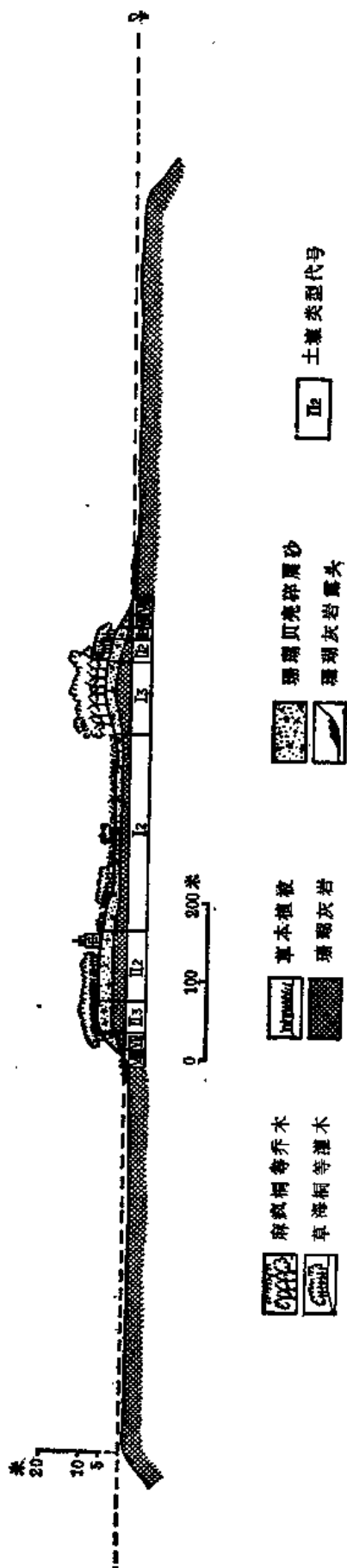


图 16 金银岛三层大楼至西北海岸地形、植被、土壤及母质断面图

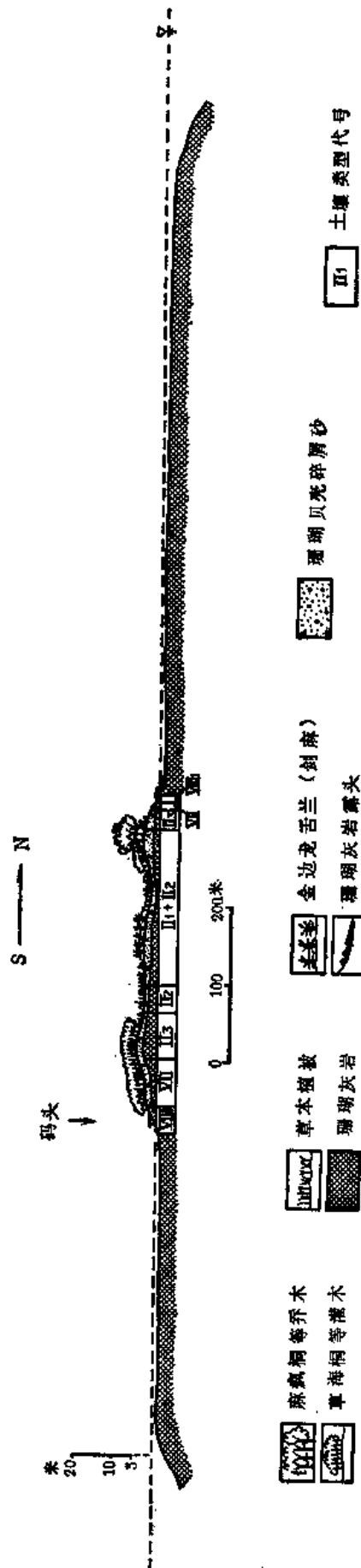


图 17 珊瑚岛码头至北海岸地形、植被、土壤及母质断面图

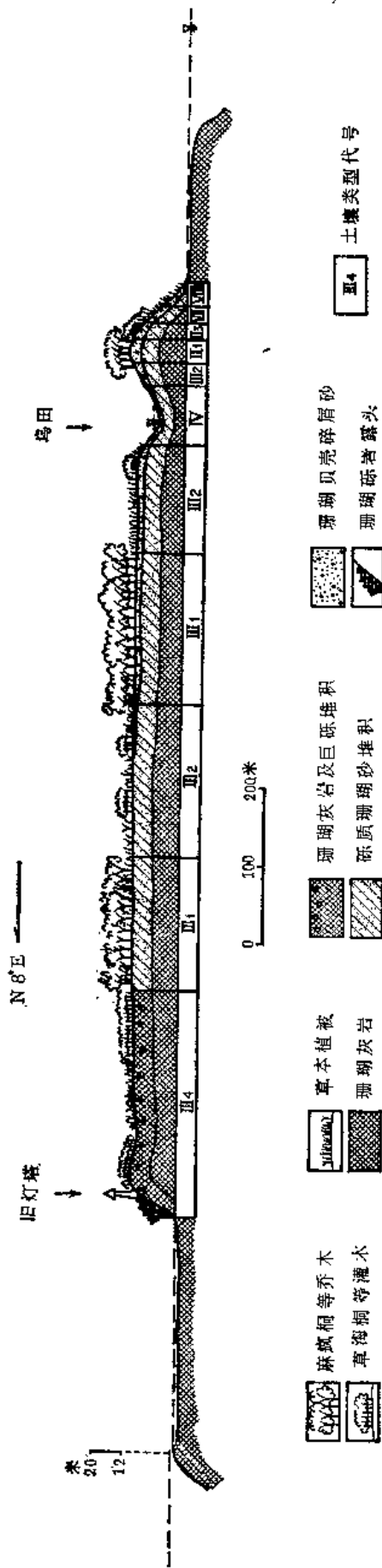


图 18 东岛旧灯塔至乌田地形、植被、土壤及母质断面图

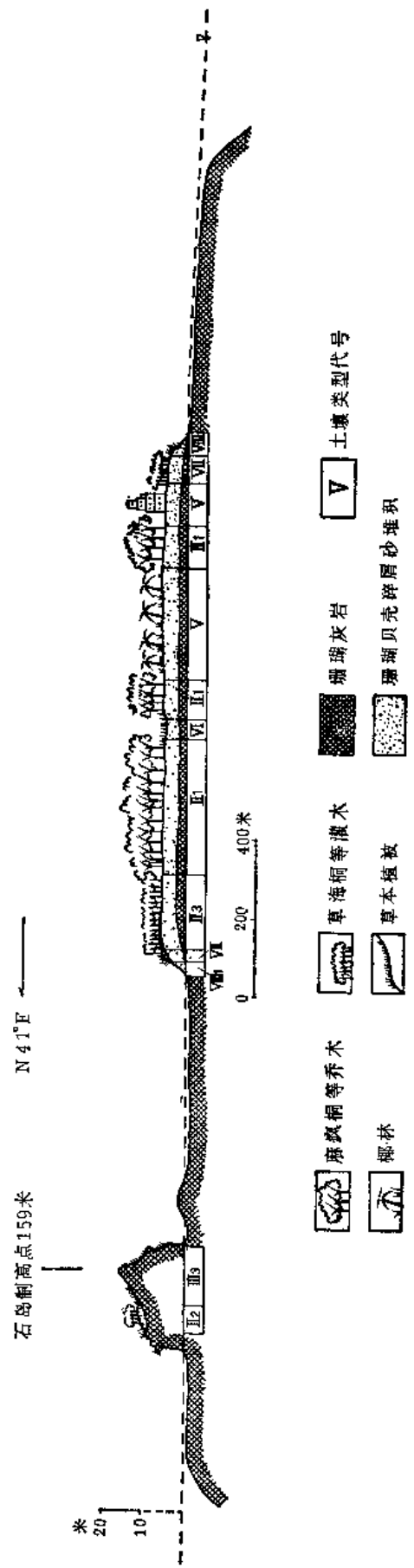


图 20 永兴岛革委会大楼至石岛制高点地形、植被、土壤及母质断面图

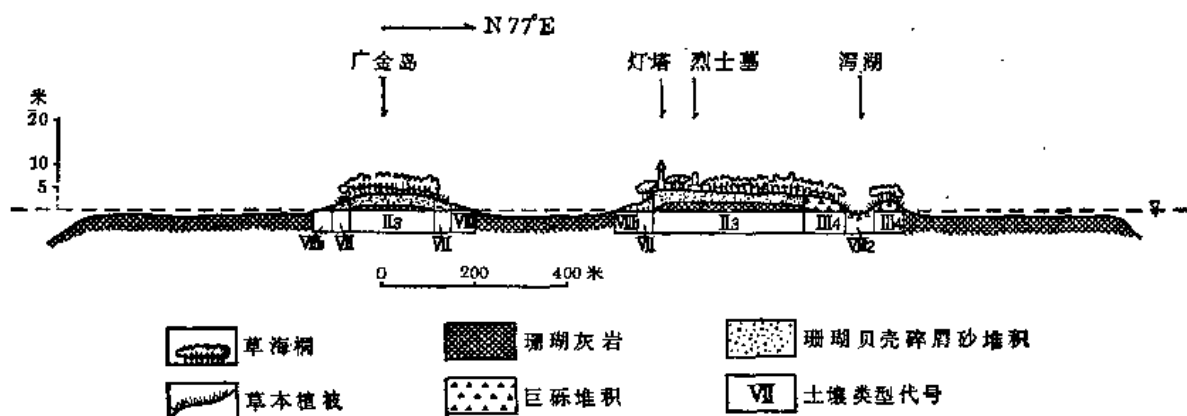


图 19 广金岛至琛航岛的地形、植被、土壤及母质断面图

瑚灰岩露出。在滨海则形成侵蚀地形,如东岛的北部和石岛,均有大量的海蚀崖分布,其上的土壤主要是石质粗骨磷质石灰土(图 20)。

### 3. 硬盘层分布特点

硬盘层的形成,是与地形条件密切有关的。广金岛面积较小,形若沙丘台地,没有环岛沙堤,琛航岛向东北倾斜,两岛都未构成一碟形盆地,所以无硬盘磷质石灰土分布。赵述岛虽未形成盆地,但岛基有略向南倾斜的(倾角  $5^{\circ}$  左右)较为致密的珊瑚灰岩,埋藏于土层下 1—1.5 米处(局部出露地表,岩面比较光滑),因此也有松块状硬盘形成。

金银岛为一典型的碟形盆地。该岛西南方沙堤高 7 米,硬盘磷质石灰土集中分布于岛中部海拔在 5 米以下的盆地中心。晋卿岛北部为沙堤上发育的幼年磷质石灰土,中部偏南端为一碟形盆地,也就在那里形成了硬盘磷质石灰土。

虽然目前永兴岛已无硬盘磷质石灰土分布。但根据记载<sup>[4]</sup>,过去此种土壤也分布于盆地的中心。此外,珊瑚岛、东岛虽然硬盘已被采掘,但目前残留的硬盘磷质石灰土也都见于盆地中的低平的地方。

显然,盆地中心低平的地形条件是与较高的地下水位和迟缓的渗漏联系在一起的。

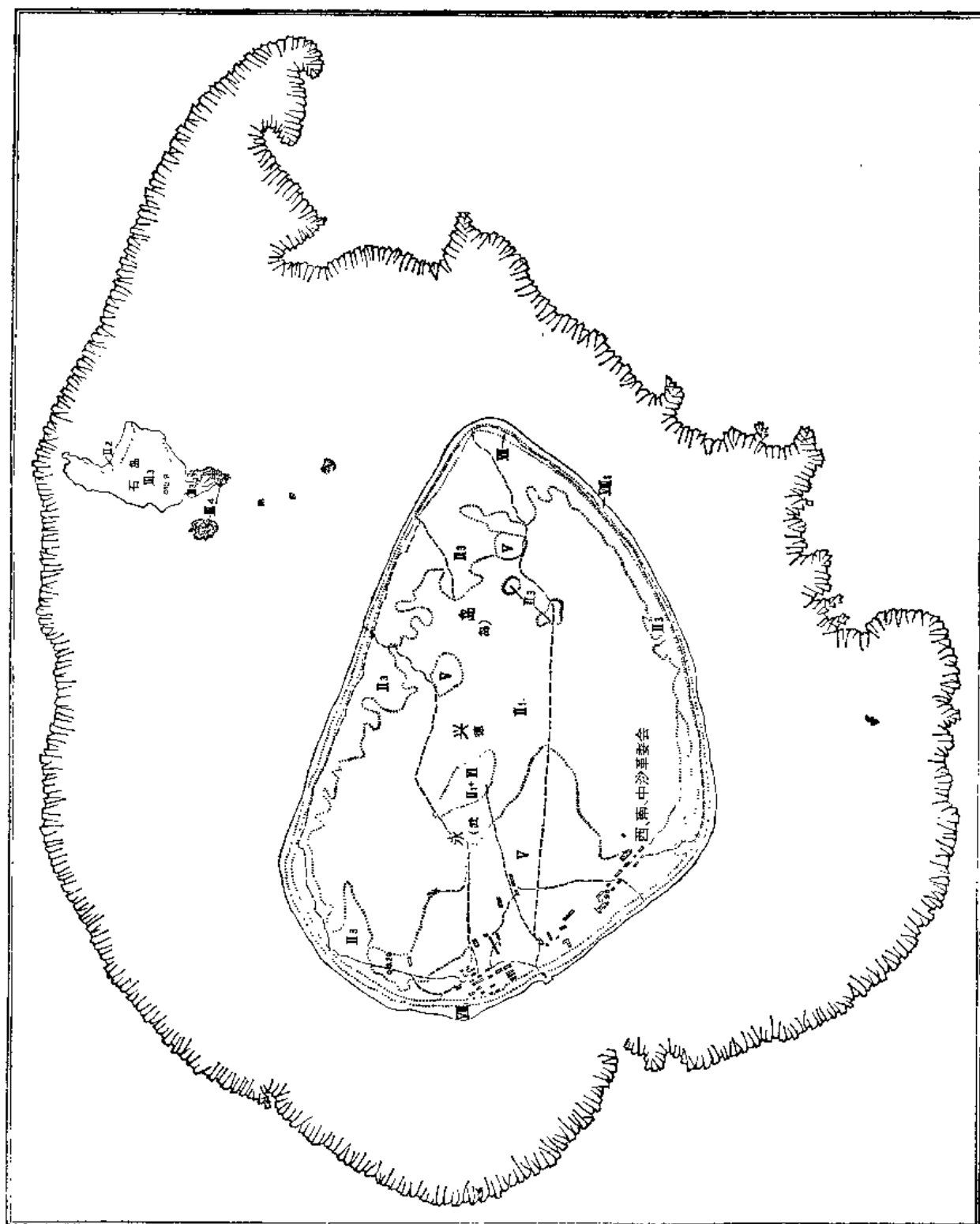
由此可知,硬盘层的形成,既要有鸟粪及其栖息的密茂的树林,以提供有机物质和磷素的物质来源,同时也必须有一定的地形条件。各岛的土壤分布图见图 21 至图 29。

## (三) 土壤特性

在叙述土壤类型之前,先谈一下土壤的一般性质,以便对西沙群岛土壤特性有一个总的了解。

### 1. 土壤颗粒

热带土壤的质地一般是比较粘重的,而西沙群岛的土壤由于其幼年性而质地很粗,且大部分集中于中砂和细砂两级中(表 12)。粘粒含量很低,只有百分之几,有的样品甚至不含粘粒,个别样品粘粒含量稍高,是与其所处的低洼的地理位置有关。在质地分类上,岛上土壤大部分为砂壤土、紧砂土和松砂土。“西沙”这一名称,不仅有深刻的政治涵义,



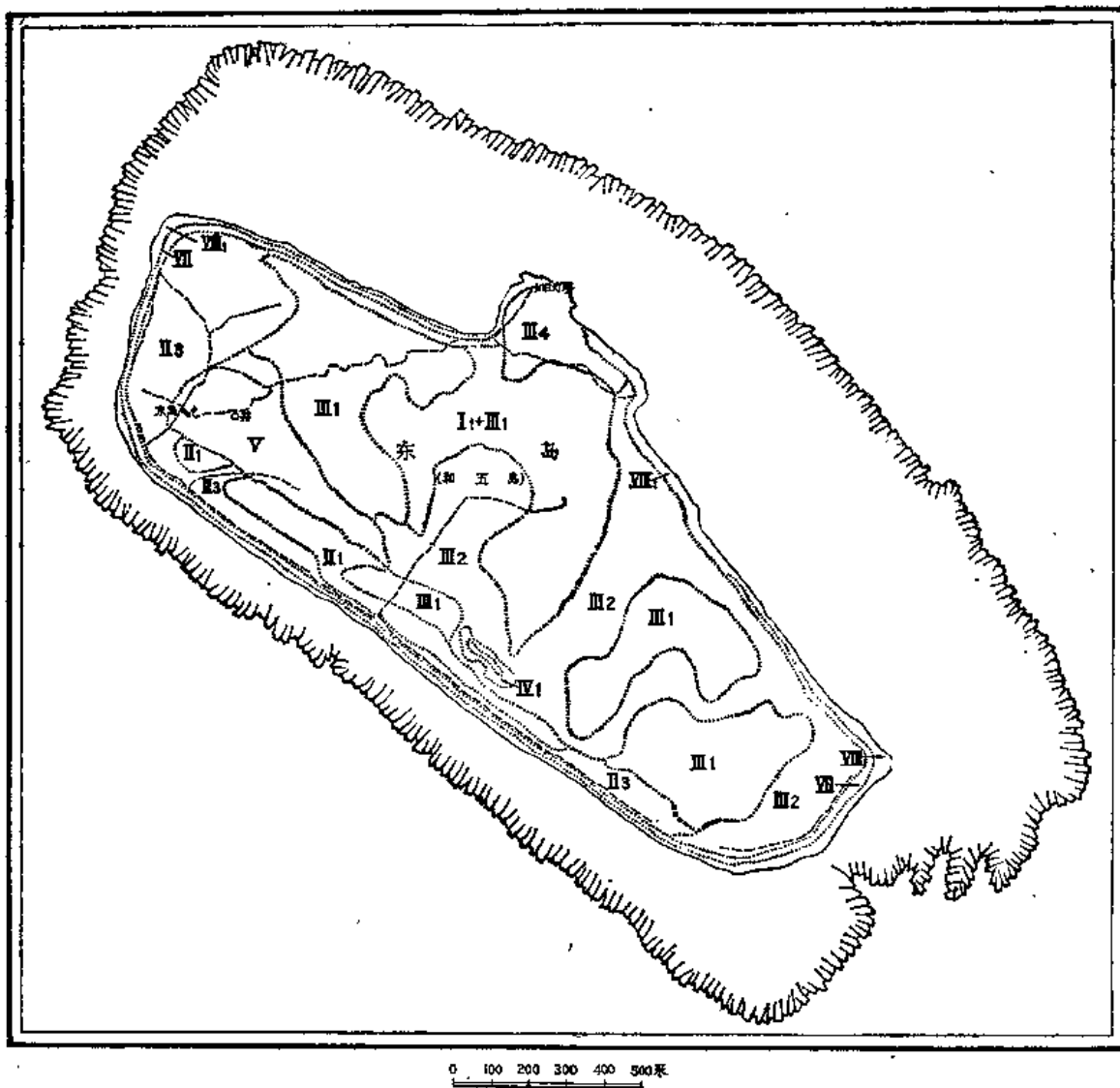


图 22 东岛土壤分布图



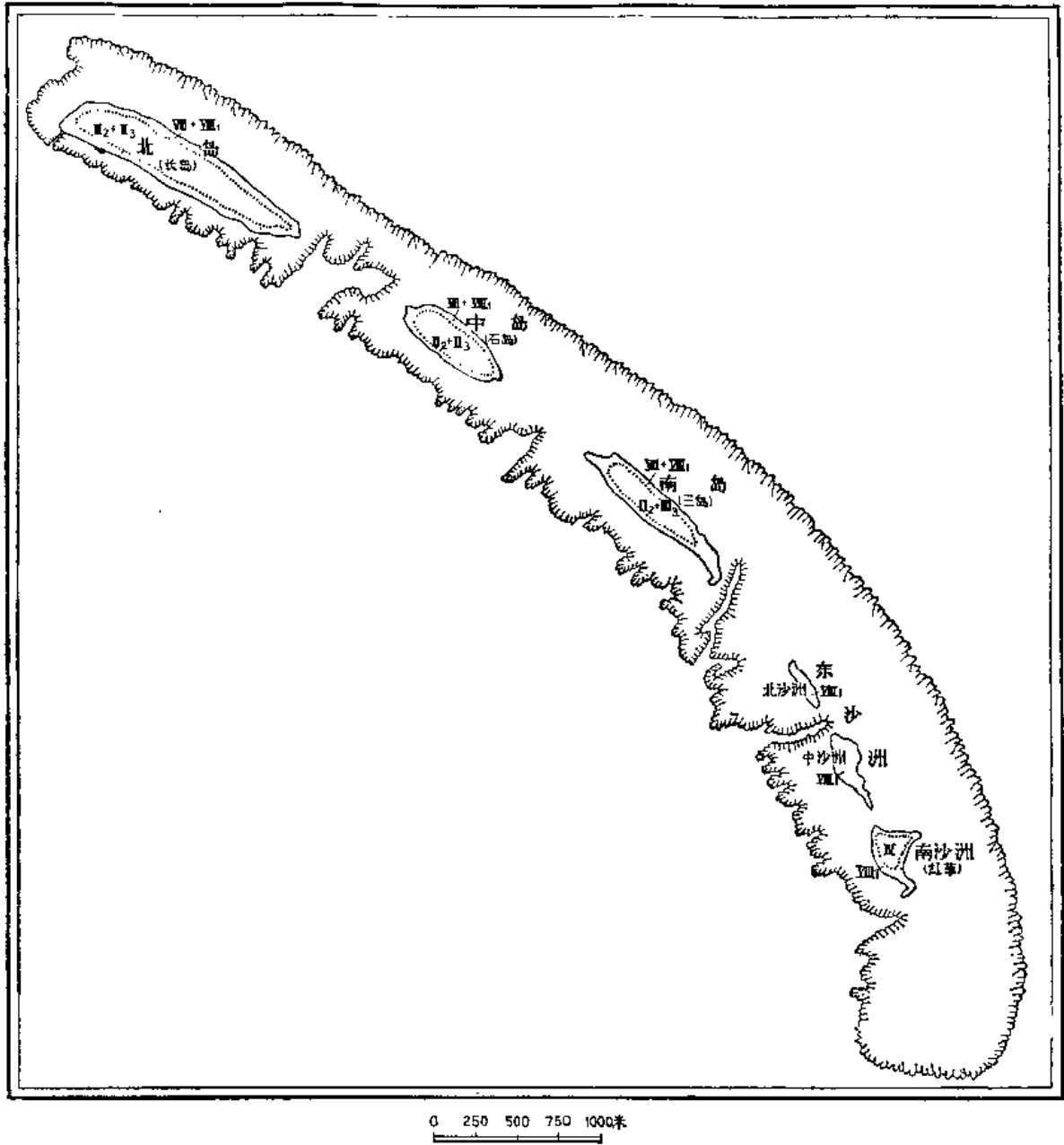


图 23 北岛土壤分布图

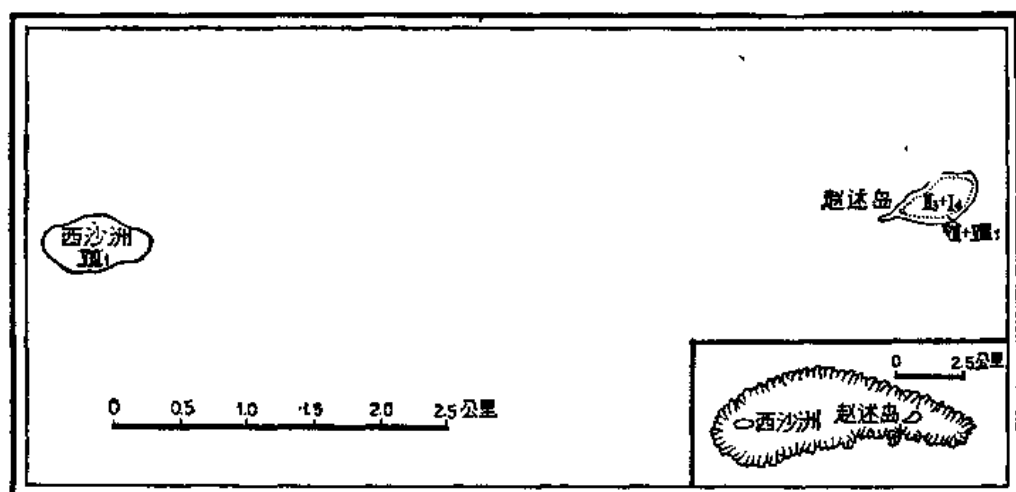


图 24 西沙洲土壤分布图

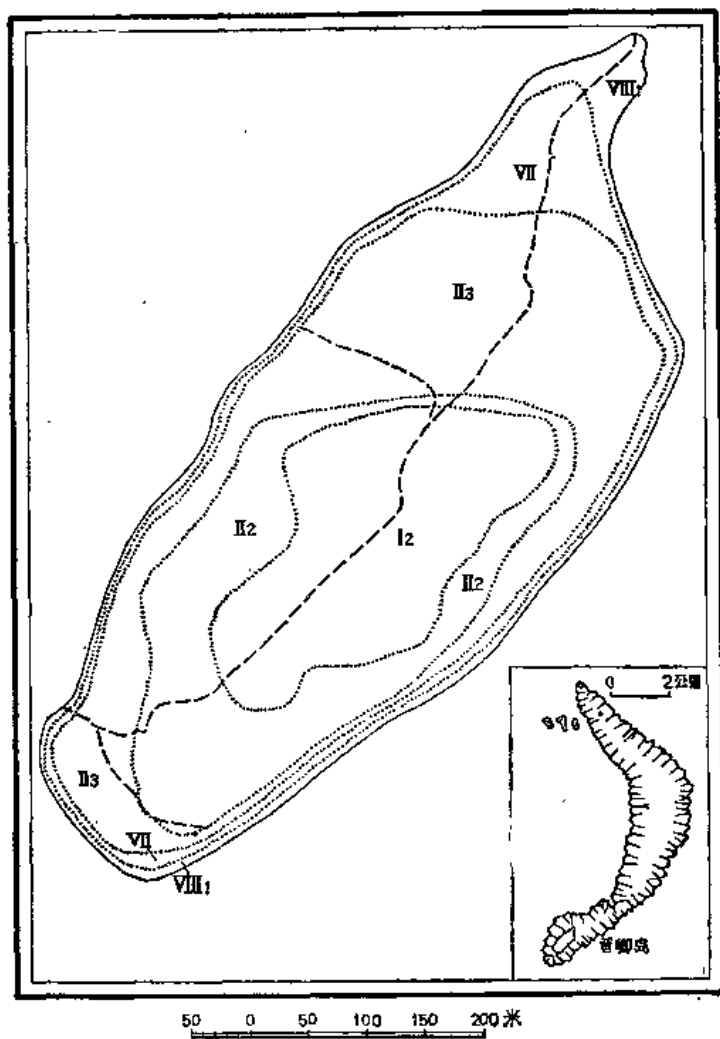


图 25 普卿岛土壤分布图

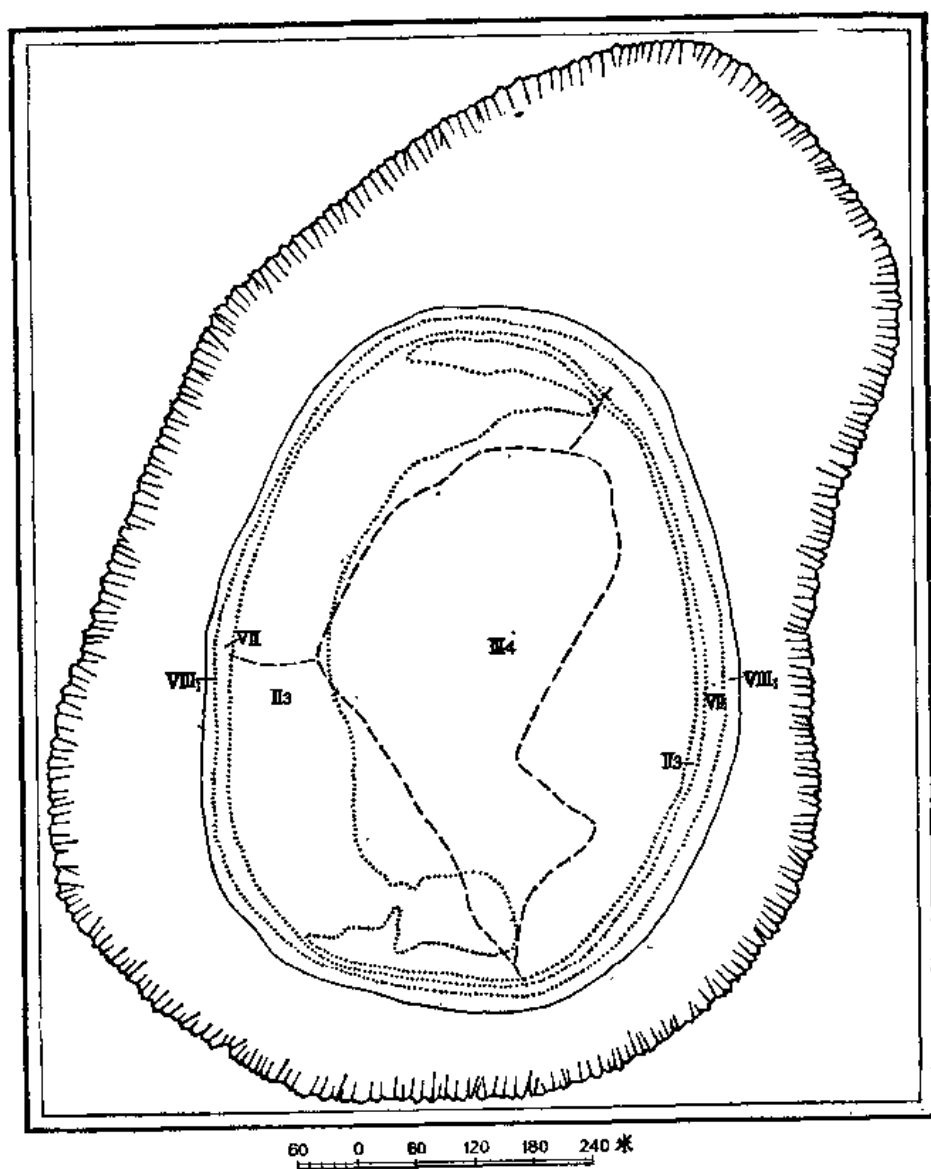


图 26 甘泉岛土壤分布图

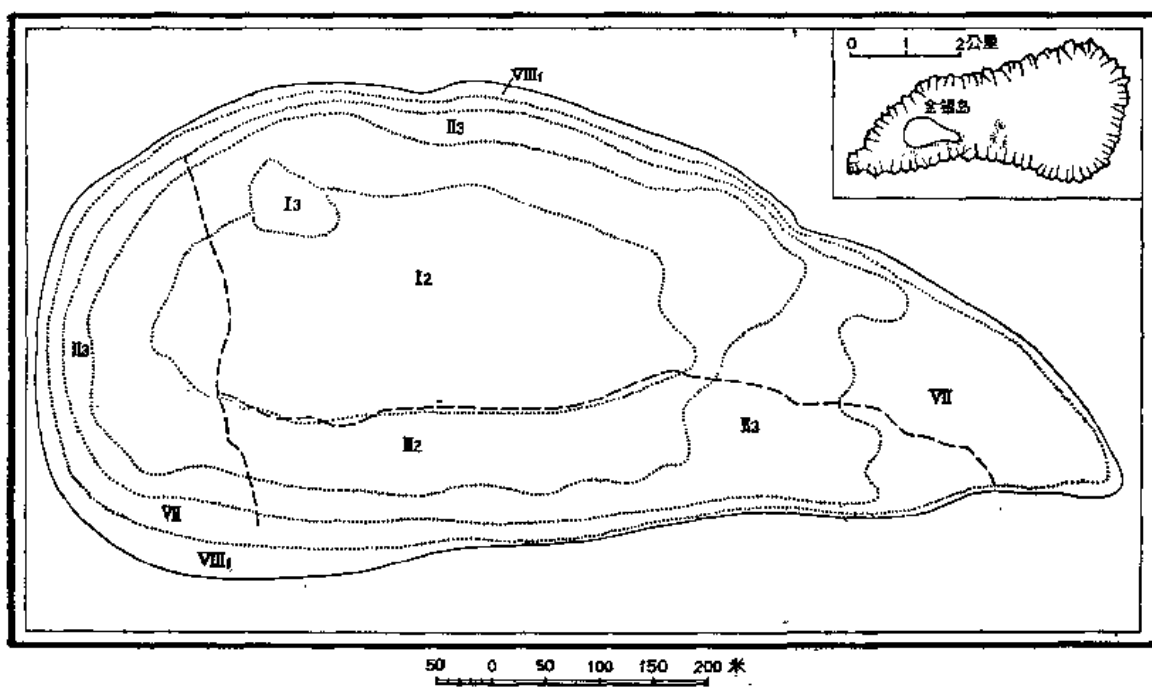


图 27 金银岛土壤分布图

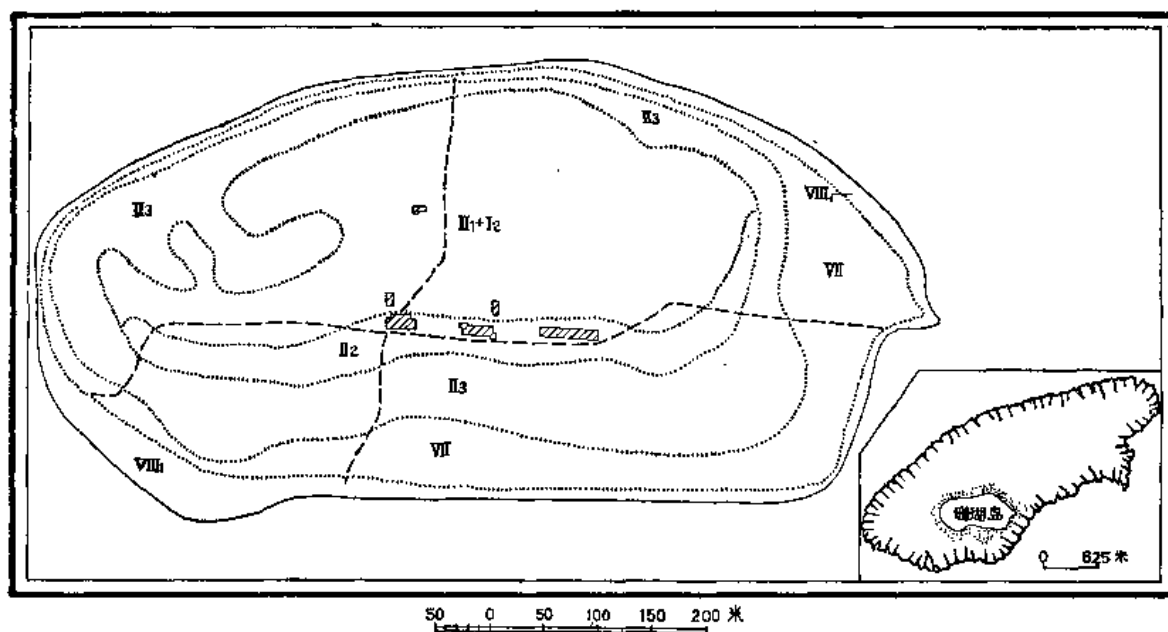


图 28 珊瑚岛土壤分布图

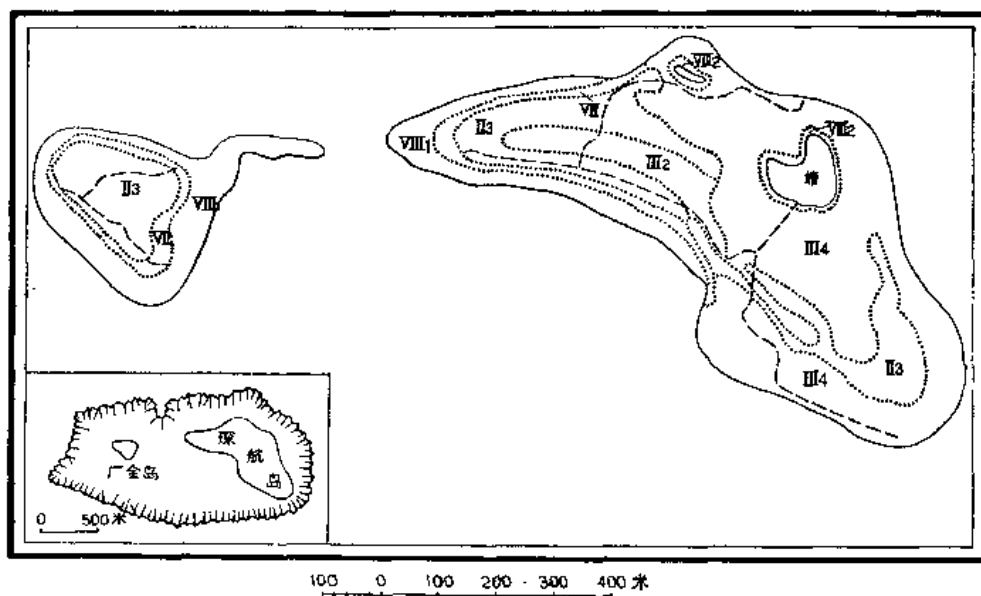


图 29 琛航岛土壤分布图

表 12 西沙群岛土壤的机械组成

剖面号	土壤名称	采样深度 (厘米)	各级颗粒含量 (%)							质地名称
			1—0.25 毫米	0.25— 0.05毫米	0.05— 0.01毫米	0.01— 0.005毫米	0.005— 0.001毫米	粘粒< 0.001毫米	物理性粘粒 <0.01毫米	
W2-土1	松块状 磷质 石灰土	2—14	69.9	8.5	9.5	4.6	6.2	1.3	12.1	砂壤土
		14—24	36.1	19.6	23.4	6.6	11.6	2.7	20.9	轻壤土
		24—36	59.0	18.2	11.6	3.9	5.5	1.8	11.2	砂壤土
		36—52	86.9	7.3	2.0	1.6	0.8	1.4	3.8	松砂土
		95—110	91.8	6.3	0.1	0.5	0.5	0.8	1.8	松砂土
W7-土2	砾质 块状 磷质 石灰土	0—15	24.4	19.2	36.9	7.1	7.7	4.7	19.5	砂壤土
		15—25	49.4	7.9	27.2	2.4	9.5	3.6	15.5	砂壤土
		25—40	68.8	10.2	2.3	8.9	6.0	3.8	18.7	砂壤土
		40—55	70.4	8.1	8.0	2.3	8.0	3.2	13.5	砂壤土
		55—76	81.8	11.9	1.6	0	2.1	2.6	4.7	松砂土
		76—100	74.1	21.5	1.1	0.2	3.1	0	3.3	松砂土
W8-土2	砂质 块状 磷质 石灰土	2—10	21.2	33.3	30.3	5.6	4.3	5.3	15.2	砂壤土
		10—26	32.3	19.2	22.5	7.7	12.8	5.5	26.0	轻壤土
		26—50	68.6	16.9	7.1	1.8	4.6	1.0	7.4	紧砂土
		50—70	91.9	4.7	1.1	0.3	0.8	1.2	2.3	松砂土
		90—100	94.0	4.0	0.2	0.2	0.2	1.4	1.8	松砂土
W9-土5	紧块状 磷质 石灰土	0—8	51.8	15.6	18.6	4.6	5.2	4.2	14.0	砂壤土
		8—18	52.2	14.8	12.7	6.8	8.3	5.2	20.3	轻壤土
		18—32	56.4	8.6	17.2	3.1	10.6	4.1	17.8	砂壤土
		32—45	73.9	10.0	5.3	1.8	7.4	1.6	10.8	砂壤土
		45—90	93.2	5.4	0.6	0	0.4	0.4	0.8	松砂土
W12-土4	滨海 沼泽 盐土	0—5	33.9	20.7	23.1	1.7	8.0	12.6	22.3	轻壤土
		15—30	51.0	37.6	4.6	1.1	3.5	2.2	6.8	紧砂土
		30—40	36.9	48.9	7.8	0.9	2.4	3.1	6.4	紧砂土

也有土壤学的科学依据。

这些“砂”因其自身的特点而显然有别于石英砂。西沙群岛土壤的比重在 2.80 左右, 类似于方解石(比重 2.60—2.80)和霏石(比重 2.95)一类碳酸盐矿物。均为珊瑚、贝壳等热带海生生物的骨骼及外壳在海浪冲击下风化而成, 故我们称其为“珊瑚砂”或叫作“珊瑚贝壳碎屑砂”。一般来说, 这些碎屑大部分尚未风化, 磨圆度亦很小; 有的已经开始风化, 碎屑的原有形状已模糊不清。在风化和成土过程中, 形成了一些新的矿物, 如方解石和霏石(见照片 18)等, 此外还有极少量的含铁矿物析出(见照片 19)。

## 2. 粘土矿物

一般热带土壤都是以高度风化为其特点的, 粘土矿物以三水铝矿和高岭石为主。而西沙群岛的土壤粘土矿物, 不仅数量少, 而且风化程度很低。从电子显微镜照片可见, 其主要组成以云母、水云母为主, 有时还可见到硅藻(见照片 20、21)<sup>1)</sup>。X 光射线测定也证明以水云母为主(图 30)。

## 3. 化学性质

珊瑚灰岩和由此风化而来的珊瑚、贝壳碎屑砂母质的主要成分为碳酸盐类, 其碳酸钙含量可达 95% 以上。海南岛群众多以珊瑚骨骼作为原料来烧制石灰。即使在土壤表层, 受腐殖酸及雨水的淋溶, 碳酸钙大量向下层移动, 但其含量仍在 30—50% 以上。图 31 为碳

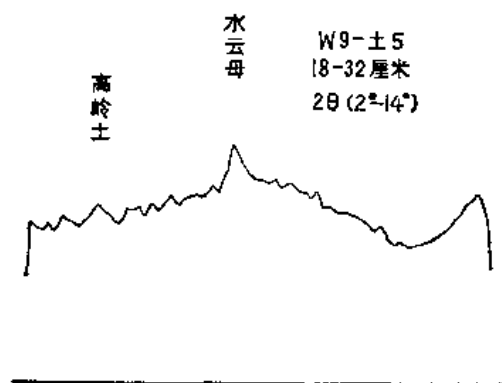


图 30 西沙群岛土壤中的粘土矿物  
X 射线衍射图

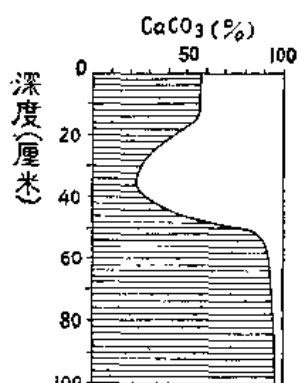


图 31 西沙群岛土壤中 CaCO<sub>3</sub>  
在剖面里的分布

酸钙在土壤剖面中的分布情况。由于成土母质的影响, 使土壤全剖面呈石灰反应, pH8.5 左右。

在剖面中, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的淀积层, 其 CaCO<sub>3</sub> 含量特别低。一方面是由于磷的积聚, 使碳酸盐的百分含量相对减少; 另一方面, 磷酸盐对珊瑚贝壳碎屑的交代作用, 也是使碳酸盐含量降低的原因之一。

在成土过程中, 磷、有机质和氮的大量积聚, 使土壤具有较高的肥力。钾的含量虽低, 但其有效性较高, 速效钾的平均含量(22 个标本平均)为 16.58 毫克/100 克土。

土壤的代换性能良好。由于土壤中粘土矿物含量甚微, 因此, 土壤代换量在很大程度上取决于有机质的含量(图 32)。土壤代换量( $y$ )对有机质含量( $x$ )的回归直线方程和

1) 电子显微镜照片由本所电子显微镜实验室拍摄和检定。

土壤有机质含量对代换量的回归直线方程,已列入图中。二者的相关系数  $\gamma = 0.917$ ,而且  $0.917 > \gamma_{0.05}$ , 则土壤代换量同土壤有机质含量之间的相关在概率 0.05 的显著性水准上是可以接受的。至于土壤代换量是否与土壤中大量存在的胶磷矿有关呢? 计算结果土壤代换量同土壤全磷含量之间的相关系数为 0.281,表明代换量略有随全磷含量增加而增加的趋势。但是,  $0.281 < \gamma_{0.05}$ , 因此,就统计学意义上来说,尚不能肯定二者相关。

表 13 是西沙群岛主要土壤的某些化学性质。

#### 4. 土壤腐殖质

用 0.1N HCl 脱钙以后的西沙群岛土壤的腐殖质,从光密度来看(图 33),似乎与砖红壤、红壤大体相同,或略为偏高。但就其腐殖质的组成来看,各个岛上不同剖面中的情况又有所区别。就表 14 所列,剖面 W2-土1 和 W7-土2 的腐殖质组成,与热带、亚热带石灰性土壤和钙层土有某些类似之处;而 W9-土2 和 W12-土4 的残渣含量很高,非常特殊。对于它们的形成和特性,尚待进一步研究。

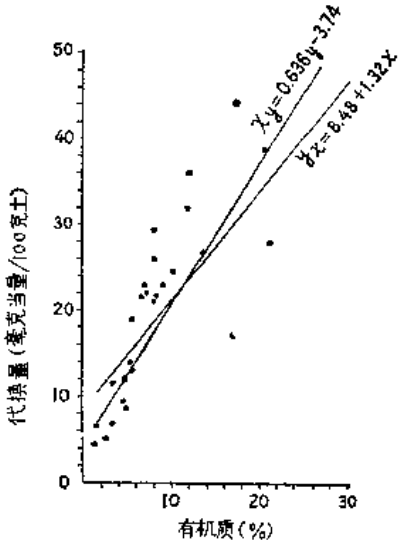


图 32 有机质与代换量的关系

表 13 西沙群岛主要土壤的某些化学性质

剖面号	采样深度(厘米)	pH(水提)	有机质(%)	N(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O(%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	代换量(毫克当量/100克土)
西沙群岛赵述岛信号台 N53°E50 米								
W2-土1	2—14	8.5	8.36	0.521	12.06	0.016	55.75	21.80
	14—24	8.2	7.01	0.531	23.91	0.016	32.78	22.89
	24—36	8.4	5.29	0.461	21.50	0.018	20.85	13.96
	36—52	9.2	1.34	0.117	2.44	0.023	88.29	2.61
	95—110	9.9	0.36	0.016	0.15	0.014	93.27	0.29
西沙群岛珊瑚岛三层大楼 N30°W 约 300 米								
W8-土2	2—10	8.2	12.50	0.778	26.87	0.030	22.19	36.07
	10—26	8.6	8.41	0.638	31.16	0.034	15.41	29.24
	26—50	8.4	3.95	0.330	22.70	0.030	41.15	9.86
	50—70	9.4	0.89	0.055	2.21	0.020	91.88	1.73
	90—100	9.5	0.47	0.035	1.12	0.020	89.48	0.52

表 14 西沙群岛土壤中腐殖质的组成\*

剖面号	采样深度(厘米)	交替酸液	残渣	胡敏酸 H.A			富里酸 F.A			H.A/F.A	土壤全碳** (%)
				1	2	3	1	2	3		
W2-土1	2—14	3.54	67.45	0	15.18	0	0	13.07	0.76	1.10	2.54
W7-土2	2—15	0.76	41.95	0	27.86	5.98	0	12.80	10.65	1.44	19.26
W9-土2	0—10	1.15	75.87	0	11.45	0	0	11.00	0.53	0.99	8.62
W12-土4	0—5	1.39	88.87	0	痕量	0	0	8.35	1.39	—	13.20

\* 由本所土壤生物化学研究组测定。  
\*\* 为去掉植物残根后测定的土壤全碳。

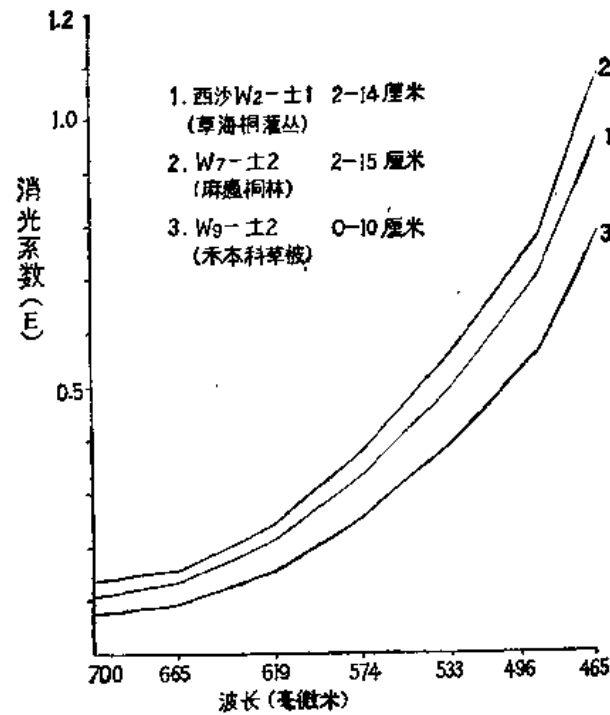


图 33 西沙群岛土壤腐殖质的光密度

### 5. 土壤微生物<sup>1)</sup>

西沙群岛土壤微生物活动是十分旺盛的 (表 15)。从微生物的总量来看,也是比较高的,细菌、放线菌和真菌的数量都不低。值得注意的是,在这种富含有机质的石灰性土壤上,除东岛新鲜鸟粪上发育的土壤(W7-微 2、W7-微 4)外,放线菌的数量都特别高,有的

表 15 西沙群岛土壤微生物的数量

分析号	剖面号	细菌总数 (万/1克干土)	芽孢杆菌 (万/1克干土)	放线菌 (万/1克干土)	真菌 (万/1克干土)
1	W6-微 2	1033	35	879	16
2	-微 3	2456	6	898	6
3	W7-微 2	2091	13	11	2
4	-微 4	26	1	53	20
5	W8-微 2	1347	89	1486	7
6	W9-微 1	1070	184	756	12
7	-微 2	897	130	1558	16
8	-微 5	1145	88	250	5
9	W12-微 2	705	130	338	4
10	-微 4	1106	30	—	14
11	-微 5	4574	252	1680	18
12	W13-微 3	496	17	518	14
13	W11-微 2	2388	95	2388	13
14	W2-微 1	2300	19	525	2
15	-微 2	1085	16	231	2

1) 本节中土壤微生物均由本所土壤微生物研究室分离和鉴定。



(W8-微 2、W9-微 2、W13-微 3) 甚至超过了细菌的数量。由于土壤中富含鸟粪, 因此属于氨化微生物生理群的巨大芽孢杆菌、蜡质芽孢杆菌和枯草芽孢杆菌的数量甚多, 三者合起来, 平均占芽孢杆菌总量的 60%, 某些土壤中可高达 90% 左右 (见表 16)。在这种高磷的土壤上, 虽然以磷酸三钙为磷源, 分离了六株不同类型的溶磷细菌, 但并没有发现它们有很大的溶磷能力。在泻湖旁的土壤中, 芽孢杆菌以强快芽孢杆菌占优势, 占芽孢杆菌总数的 73.4%, 真菌中以翅孢壳属最多, 占真菌总数的 81.1% (见表 17), 这与大陆各地的土壤一样, 反映了潜育作用对土壤微生物的影响。

表 16 西沙群岛土壤中各种芽孢细菌的百分含量(%)

分析号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
各种芽孢菌															
巨大 <i>Bacillus megatherium</i>	28.2	31.3	47.9	16.9	10.9	20.6	11.2	11.5	9.5	7.3	22.1	11.2	21.0	66.8	34.7
蜡质 <i>Bacillus cereus</i>	11.7	26.1	7.4	3.4	57.6	37.2	21.6	59.1	73.6	4.2	13.7	67.6	25.7	20.8	28.1
霉状 <i>Bacillus mycoides</i>	1.7	—	—	—	3.1	2.5	—	0.9	0.5	1.0	—	—	7.9	—	—
枯草-肠系 <i>Bacillus Subtilismesentencus</i>	15.4	8.0	6.9	—	1.6	1.0	10.0	5.5	0.5	5.8	3.7	2.6	—	1.9	—
强快 <i>Bacillus firmus</i>	—	2.8	—	—	—	—	0.8	8.5	3.6	73.4	—	—	—	—	—
矮小 <i>Bacillus pumilus</i>	21.3	2.8	0.7	—	3.1	26.9	0.8	3.9	0.9	1.7	5.4	1.7	—	1.0	—
球状 <i>Bacillus sphaericus</i>	11.4	18.5	20.4	—	16.5	6.3	2.0	9.1	3.6	4.2	31.4	11.7	44.1	5.2	26.8
其 他	10.3	10.5	16.7	79.6	7.2	5.4	3.7	1.5	7.7	2.1	23.8	4.0	1.3	3.6	10.3

表 17 西沙群岛土壤中各属真菌的百分含量(%)

分析号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
各属真菌															
曲霉 <i>Aspergillus</i>	54.4	2.3	65.5	0.9	14.0	45.7	57.4	53.5	19.5	18.9	11.7	72.3	46.3	13.8	+
青霉 <i>Penicillius</i>	10.5	7.2	3.5	94.4	42.0	47.8	12.9	9.3	—	—	—	25.6	2.4	34.4	+
帚霉 <i>Scopulariopsis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	51.4	—	—	—	—
<i>Hormodendrum</i>	+	2.3	+	—	—	1.1	—	—	—	—	—	—	2.4	—	—
头孢霉 <i>Cephalosporium</i>	—	—	24.2	—	—	—	—	—	—	—	5.8	—	—	—	—
镰刀菌 <i>Fusarium</i>	3.6	43.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31.0	33.3
克银汉霉 <i>Cunninghamella</i>	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	—	—	—	—
毛霉 <i>Mucor</i>	1.8	—	—	—	4.0	+	3.7	—	—	—	+	2.1	—	—	—
翅孢壳属 <i>Emericellopsis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	81.1	—	—	—	—	—
木霉 <i>Trichoderma</i>	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
无孢子类群	29.8	10.5	3.5	1.8	32.0	5.2	25.9	37.2	16.6	—	—	—	39.0	13.8	—
其 他	—	4.1	3.3	2.5	8.0	0.2	0.1	—	63.9	—	31.1	—	9.9	7.0	66.7

#### (四) 土壤类型

##### 1. 硬盘磷质石灰土

成片分布于金银岛、晋卿岛和赵述岛。在珊瑚岛和东岛目前尚有零星分布。永兴岛、石岛、东岛、珊瑚岛和甘泉岛的硬盘层均已被采掘。琛航岛、广金岛等未见分布。

目前其上生长着各种植被, 有乔木、灌木和草本植被。东岛见于麻疯桐林下, 金银岛

见于海岸桐林和次生草被下,珊瑚岛、晋卿岛和赵述岛都发育在草海桐灌丛下(见照片22)。

硬盘磷质石灰土的剖面形态中,有一特殊的磷质硬盘层。硬盘层可分为块状硬盘层和盘状硬盘层。块状硬盘层一般位置较高,在地表下10厘米左右即可出现。盘状的则埋藏较深,一般在25厘米以下才出现。硬盘层由于被胶结物质不同,可分为砂质盘状硬盘层和砾质盘状硬盘层两种。前者见于珊瑚岛和金银岛,后者主要见于东岛。块状的由于其胶结程度不同,可以分为紧块状和松块状磷质石灰土两种。松块状磷质石灰土主要见于赵述岛。

硬盘磷质石灰土的剖面形态,以东岛麻疯桐林下的砾质盘状磷质石灰土为例,描述如下。

采样地点:东岛旧灯塔 N15°W 约800米。

植 被:麻疯桐林,林下灌木有草海桐、海岸桐,地表覆以禾本科的锥穗纯叶草,有白色新鲜鸟粪。

母 质:珊瑚灰岩粗砾堆积。

剖面形态: A<sub>0</sub> 0—2 厘米 为未腐解和半腐解的枯枝落叶及鸟粪。

A<sub>1</sub> 2—15 厘米 暗棕色砂壤质层片状结构的有机质层,有大量黑色疏松胶结的鸟粪块。

A<sub>2</sub> 15—25 厘米 暗棕色砂壤质粒状结构的腐殖质层,有直径5—8厘米的黑色松胶结的鸟粪块。

B<sub>p</sub> 25—40 厘米 暗棕色砾质硬盘层,胶结紧密,硬盘碰开后,内部以鲜棕色为主。

B 40—55 厘米 棕色砂砾质碎屑状结构,在珊瑚、贝壳碎块表面有大量棕色胶磷矿淀积。

BC<sub>1</sub> 55—76 厘米 浅棕色粗骨碎屑状结构,逐渐向母质过渡。

BC<sub>2</sub> 76—100 厘米 灰白色珊瑚、贝壳碎块母质,仍可见浅棕色胶磷矿淀积于碎块表面。

化学分析结果表明,土壤在茂密的植被和鸟粪的影响下,表层土壤可以呈中性,甚至酸性反应,土壤酸度可达 pH5.1,碳酸盐类大部甚至全部淋至下层。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 在剖面中上部大量淀积,并与珊瑚贝壳碎屑胶结成硬盘。从表18几个硬盘磷质石灰土的化学分析结果来看, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含量最高的,都不在硬盘层,而是在硬盘层上部。这可能是在硬盘形成以后,土壤通透性能改变,在一定程度上硬盘阻碍了磷素及腐殖酸的继续向下淋溶。金银岛 W9-土2号剖面中出现两个 B<sub>p</sub> 层,可能就是上述原因的结果。

表19是硬盘磷质石灰土的全量化学组成。由于珊瑚灰岩的化学成分较为单一,因此在土壤剖面中,一般土壤的大量元素硅、铁、铝等在磷质石灰土中成了“微量元素”,特别是铝的含量,已无法用百分含量来表示,只能用每百克土的毫克数来表示。但土壤中氯的含量却较高,这可能与丰富的磷酸盐类矿物(胶磷矿)的存在有密切的关系。此外,硫的含量也较高,表层一般均超过0.5%,但其在剖面中的变化不大,看来主要与母质有关。

总的说来,硬盘磷质石灰土的肥力较高,其上能够生长各种类型的植被。开垦以后,保肥供肥能力较强,有利于作物的生长。但硬盘层位置较高,影响植物根系的发育。所以,当作为蔬菜基地,栽培蔬菜或种植果木时,一般将硬盘挖去,以便作物根系的伸展。

表 18 硬盘磷质石灰土的某些化学性质

剖面号	发生层	采样深度 (厘米)	pH (水提)	有机质 (%)	N(%)	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O(%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	代 换 量 (毫克当量/100克土)
西沙群岛东岛旧灯塔 N15°W 约 800 米										
W7-土2	A <sub>1</sub>	2—15	5.1	33.6	2.47	7.89	23.84	0.052	—	37.60
	A <sub>3</sub>	15—25	7.5	6.81	0.517	7.64	27.90	0.040	37.42	21.72
	Bp	25—40	8.1	5.63	0.496	6.61	16.03	0.021	58.76	20.46
	B	40—55	8.4	3.37	0.276	7.08	10.29	0.023	65.54	11.56
	BC <sub>1</sub>	55—76	8.9	0.63	0.059	6.19	1.80	0.035	92.55	1.23
	BC <sub>2</sub>	76—100	9.3	0.36	0.036	5.80	1.14	0.029	96.82	0.54
西沙群岛金银岛三层大楼 N28°W 约 150 米										
W9-土2	A	0—10	8.3	20.7	1.32	9.10	20.18	0.06	25.55	39.35
	Bp <sub>1</sub>	10—20	8.6	2.07	0.128	9.38	19.58	0.03	52.39	5.68
	Bp <sub>2</sub>	20—40	8.9	1.01	0.054	10.85	7.48	0.02	77.37	2.64
	BC	40—65	9.5	0.47	0.033	8.26	0.82	0.03	81.89	0.68
	C	90—100	9.3	0.26	0.019	7.94	0.44	0.03	90.68	0.68
西沙群岛晋卿岛信号台 N55°E 100 米										
W11-土2	A	0—12	8.1	10.3	0.625	9.56	21.51	0.04	40.35	24.37
	Bp	12—35	8.7	1.68	0.105	9.28	10.60	0.02	67.76	6.22
	BC <sub>1</sub>	42—60	9.2	0.71	0.061	6.75	2.47	0.02	86.30	1.79
	BC <sub>2</sub>	60—100	9.3	0.53	0.035	8.78	1.16	0.03	93.80	1.37

## 2. (普通)磷质石灰土

各岛均有分布,是分布面积最广的一个亚类。

分布地形比较平坦,目前其上生长各种植被,但以麻疯桐和草海桐为最主要。由于地形条件的不同(或者部位较高,或者接近盆地中部),以及植被类型的差异,在土壤形态上,表现出A层的厚度亦各不相同。在地形比较高爽、地下水位较低的情况下,土壤中的淋溶作用比较强烈,棕色腐殖酸可淋溶至地表下70—80厘米处。在植被茂盛,枯枝落叶层厚的情况下,土壤含水量大,淋溶也较强烈,有机质含量较高,多形成厚层磷质石灰土。

就各岛情况来看,厚层磷质石灰土主要分布于永兴岛、珊瑚岛;中层磷质石灰土主要分布于金银岛、晋卿岛;薄层磷质石灰土则多见于琛航岛和广金岛。

(普通)磷质石灰土的理化性质,基本上与硬盘磷质石灰土相类似(见表20)。表中永兴岛的W6-土2号剖面,就是硬盘磷质石灰土在采掘以后演变而来的,在剖面中可以发现残留的块状胶结物。从化学性质上来看,pH值增高,有机质和磷的含量减少。

在剖面形态上,(普通)磷质石灰土除了没有Bp层以外,在相当于Bp层上部相应部位上,也没有一层含磷量特别高的层次(某些剖面中已开始出现磷的淀积层,但不甚明显)。

但是,如果从速效性养分的含量来看,硬盘磷质石灰土与(普通)磷质石灰土在表层的含量较为近似。图34是这类养分在表层中含量的比较。从11个硬盘磷质石灰土表层和11个(普通)磷质石灰土表层含量的平均值中,可以得出如下的印象,即:在两个亚类的土壤表层中,除了速效磷的差异较大外,氨态氮、硝态氮和速效钾的含量都十分接近,它们在农业利用上,就供肥能力来说,两者是一致的。实际上(普通)磷质石灰土在利用时,比

表 19 硬盘磷质石灰土的全量化学组成 (占风干土%/占灼烧土%)

剖面号	发生层	采土深度 (厘米)	烧失量 (%)	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (毫克/ 100克土)	CaO	MgO	MnO (毫克/ 100克土)	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>
W2-±1	A <sub>0</sub>	0—2	—	0.069 0.19	0.031 0.087	12.27 34.0	15.08 42.38	4.69 13.18	—	0.187 0.526	0.75 2.10	4.14 11.64	—	—
	A <sub>1</sub>	2—14	35.97	0.34 0.53	0.047 0.073	1.00 1.60	48.44 75.57	0.50 0.78	3.50 5.50	0.016 0.025	0.25 0.39	12.06 18.81	0.53 0.83	0.23 0.36
	A <sub>3</sub>	14—24	24.13	0.40 0.53	0.060 0.079	—	47.53 62.65	0.52 0.69	3.68 4.90	0.016 0.021	0.18 0.24	23.91 31.51	0.50 0.66	0.29 0.38
	B <sub>p</sub>	24—36	25.61	0.33 0.44	0.030 0.040	—	48.45 65.13	0.56 0.75	1.70 2.30	0.018 0.024	0.17 0.23	21.50 28.90	0.49 0.66	0.30 0.40
	BC	36—52	42.47	0.15 0.26	0.010 0.017	—	50.85 88.39	1.24 2.16	0.13 0.20	0.023 0.040	0.25 0.43	2.44 4.24	0.40 0.70	0.13 0.23
	C	95—110	44.48	0.05 0.09	0.004 0.007	—	50.95 91.77	1.67 3.01	0.13 0.20	0.014 0.025	0.15 0.27	0.15 0.27	0.41 0.74	0.08 0.14
W7-±2	A <sub>0</sub>	0—2	—	0.011 0.04	0.009 0.036	—	10.57 42.86	1.15 4.66	—	0.884 3.584	1.59 6.44	6.87 27.86	—	—
	A <sub>1</sub>	2—15	46.17	0.23 0.43	0.070 0.130	10.4 19.1	27.83 51.70	0.44 0.82	8.63 16.0	0.052 0.097	0.34 0.63	23.84 44.29	0.57 1.06	0.22 0.41
	A <sub>3</sub>	15—25	24.64	0.33 0.44	0.052 0.069	16.8 22.0	43.84 58.17	0.38 0.50	3.63 4.80	0.040 0.053	0.26 0.35	27.90 37.02	0.60 0.80	0.16 0.21
	B <sub>p</sub>	25—40	32.75	0.21 0.31	0.031 0.055	12.7 19.0	48.36 71.91	0.45 0.67	1.63 2.40	0.021 0.031	0.18 0.27	16.03 23.84	0.37 0.55	0.09 0.13
	B	40—55	36.49	0.16 0.25	0.023 0.036	12.4 19.0	49.86 78.51	0.68 1.07	1.20 1.90	0.023 0.036	0.21 0.33	10.29 16.20	0.46 0.72	0.09 0.14
	BC <sub>1</sub>	55—76	42.97	0.05 0.09	0.006 0.011	6.6 12.0	51.35 90.04	1.30 2.28	—	0.035 0.061	0.25 0.44	1.80 3.16	0.29 0.51	0.02 0.04
	BC <sub>2</sub>	76—100	43.55	0.04 0.07	0.005 0.009	8.7 15.0	51.07 90.46	1.56 2.76	—	0.029 0.051	0.18 0.32	1.14 2.02	0.40 0.71	0.04 0.07
W8-±2	A <sub>0</sub>	0—2	—	0.012 0.12	0.007 0.068	—	2.61 25.51	1.95 19.06	—	0.348 3.401	0.869 8.49	2.43 23.75	—	—
	A <sub>1</sub>	2—10	26.10	0.33 0.45	0.088 0.119	14.20 19.0	43.09 58.31	0.80 1.08	8.93 12.1	0.030 0.041	0.28 0.38	26.87 36.36	0.50 0.68	0.19 0.26
	A <sub>3</sub>	10—26	18.84	0.37 0.46	0.102 0.126	15.31 19.0	45.33 55.85	0.74 0.91	7.75 9.5	0.034 0.042	0.33 0.41	31.16 38.39	0.51 0.63	0.21 0.26
	B <sub>p</sub>	26—50	23.74	0.19 0.25	0.022 0.029	8.38 11.0	50.16 65.77	0.97 1.27	2.80 3.6	0.030 0.039	0.31 0.41	22.70 29.78	0.37 0.49	0.12 0.16
	BC <sub>1</sub>	50—70	42.74	0.09 0.18	0.004 0.007	7.00 12.0	51.37 89.71	1.27 2.22	—	0.046 0.080	0.30 0.52	2.21 3.86	0.36 0.63	0.06 0.10
	BC <sub>2</sub>	90—100	43.42	0.04 0.07	0.003 0.005	4.07 7.0	51.15 90.40	1.50 2.65	—	0.024 0.042	0.19 0.34	1.12 1.98	0.34 0.60	0.04 0.07
W9-±5*	A <sub>0</sub>	0—2	—	0.136 1.37	0.014 0.139	—	3.64 36.15	0.89 8.83	—	0.373 3.704	0.98 9.69	1.52 15.09	—	—
	A <sub>1</sub>	2—8	32.54	0.20 0.30	0.066 0.098	2.35 3.0	43.92 65.11	0.83 1.23	12.18 18.1	0.044 0.065	0.27 0.40	19.90 29.50	0.65 0.96	0.12 0.18
	A <sub>3</sub>	8—18	26.04	0.16 0.22	0.068 0.092	1.15 1.4	47.65 64.43	0.71 0.96	7.80 10.5	0.063 0.085	0.30 0.41	23.16 31.31	0.49 0.66	0.16 0.22
	B <sub>p1</sub>	18—32	25.71	0.15 0.20	0.064 0.086	0.61 1.0	48.24 64.93	0.52 0.70	8.00 10.7	0.042 0.057	0.25 0.34	22.81 30.70	0.50 0.67	0.18 0.24
	B <sub>p2</sub>	32—45	22.39	0.05 0.06	0.012 0.015	—	51.03 65.75	0.67 0.86	2.28 2.9	0.059 0.076	0.37 0.48	22.79 29.36	0.47 0.61	0.13 0.17
	BC	45—90	43.11	—	0.003 0.005	—	51.25 90.09	1.30 2.29	—	0.042 0.074	0.32 0.56	1.38 2.43	0.48 0.84	0.04 0.07

\* W9-±5 采自西沙群岛金银岛西北部海岸桐林下。

表 20 (普通)磷质石灰土的某些化学性质

剖面号	发生层	采样深度 (厘米)	pH (水提)	有机质 (%)	N(%)	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O(%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	代 换 量 (毫克当量/100克土)
永兴岛信号台 N55° E300 米麻疯桐林下										
W6-土2	A <sub>1</sub>	2—10	8.8	8.73	0.600	8.44	6.49	0.018	68.95	20.96
	A <sub>3</sub>	10—30	9.2	4.66	0.326	8.29	6.83	0.021	74.71	12.60
	B	30—42	9.7	1.04	0.065	9.28	1.67	0.027	93.52	2.76
	C	95—110	10.0	0.30	0.018	9.67	0.43	0.015	97.42	0.48
金银岛东北部麻疯桐林下										
W9-土1	A <sub>1</sub>	2—14	8.3	17.6	1.17	8.73	10.01	0.03	44.61	43.99
	A <sub>3</sub>	14—44	8.6	4.62	0.304	8.82	12.07	0.03	62.93	10.99
	BC	44—70	9.7	0.39	0.022	10.28	0.47	0.02	88.41	0.54
永兴岛革委会大楼 S76° E300 米草海桐灌丛下										
W6-土4	A <sub>1</sub>	2—15	9.0	5.75	0.297	11.23	0.46	0.037	90.07	13.65
	A <sub>3</sub>	15—25	9.3	1.43	0.080	10.37	0.25	0.032	92.47	3.39
	B	25—42	9.4	0.53	0.034	8.53	0.20	0.043	91.78	0.61
	C	95—110	9.3	0.35	0.019	10.68	0.05	0.019	93.47	0.48

硬盘磷质石灰土优越,它没有影响作物生长的硬盘需要除去。永兴岛的蔬菜基地,主要分布在(普通)磷质石灰土范围内。当然,由于薄层磷质石灰土A层较薄,灰白色的珊瑚贝壳碎屑砂母质在剖面中出现部位较高,作物生长受到影响,栽培蔬菜后有缺肥的征状。因此在利用上必须配以相应的改良和管理措施。

### 3. 粗骨磷质石灰土

主要分布于东岛、甘泉岛、琛航岛和石岛。植被以麻疯桐和草海桐为主。在林相遭到破坏时,以禾本科的锥穗纯叶草为次生植被。局部珊瑚灰岩出露地表或近期因台风影响造成的巨砾垒上,则无植被生长。

这一亚类土壤的共同特点是土层浅薄,一般在20厘米以下即为粗大的珊瑚灰岩碎块或较大的珊瑚贝壳残体。即使在20厘米以上的土层内,亦多石砾。

粗骨磷质石灰土因其上植被类型的不同,土壤有机质含量的差异十分悬殊,土壤肥力特性也有不同,因此可以根据有机质的多少,划分为三个土种(见表21)。至于石质粗骨磷质石灰土,是由于自地表开始即为巨砾堆积,植被往往生长在石缝中。就其各岛分布情况而言,东岛有大面积的多有机质粗骨磷质石灰土分布,且往往与砾质盘状磷质石灰土构成复区;中有机质粗骨磷质石灰土以琛航岛为

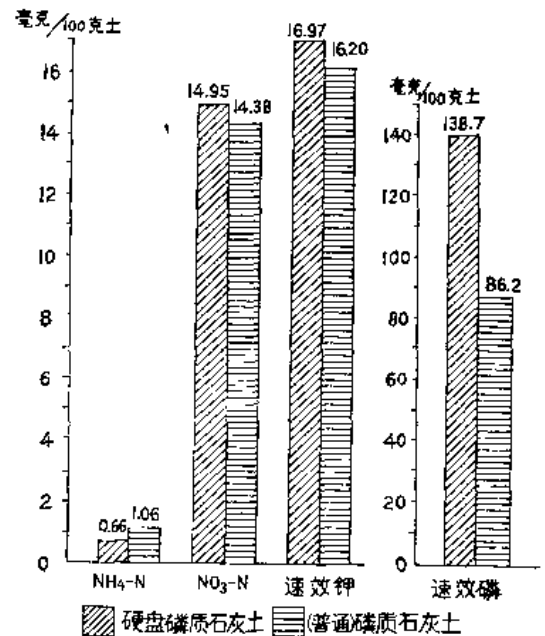


图 34 速效性养分含量对比  
(11个标本表层平均值)

主;少有机质粗骨磷质石灰土在石岛比较多见;而甘泉岛中部和琛航岛东部,主要是石质粗骨磷质石灰土。

表 21 粗骨磷质石灰土各土种化学性质比较

剖面号	发生层	采样深度 (厘米)	pH (水提)	有机质 (%)	N(%)	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O(%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	代 换 量 (毫克当量/100克土)
东岛麻疯桐林下的多有机质粗骨磷质石灰土										
W7-±3	A <sub>1</sub>	2—10	7.9	17.81	1.32	7.83	17.81	0.054	43.03	17.12
	A <sub>3</sub>	10—23	8.0	7.61	0.606	7.28	33.72	0.038	17.55	22.03
琛航岛草海桐灌丛下的中有机质粗骨磷质石灰土										
W12-±2	A <sub>1</sub>	0—18	8.5	9.02	0.612	8.55	10.38	0.03	64.04	23.15
	A <sub>3</sub>	18—30	8.3	2.93	0.238	7.14	7.21	0.04	76.30	7.83
	AC	30—50	9.6	0.62	0.041	8.77	0.85	0.03	91.92	1.33
	C	50—90	9.7	0.53	0.037	8.31	0.54	0.02	95.23	1.16
石岛禾本科草被下的少有机质粗骨磷质石灰土										
W6-±8	A	0—16	8.6	3.30	0.186	10.29	10.27	0.032	76.75	7.00
	AC	16—35	9.3	0.54	0.040	7.83	0.61	0.027	94.00	0.75

一般来说,这种土壤,开垦利用比较困难。宜保持和恢复自然植被,以增加用材和利于防风、抗风。

#### 4. 潜育磷质石灰土

主要分布于东岛的“乌田”(即泻湖)边缘。主要植被为水生耐盐的海马齿苋,伴生有少量的莎草科植物。

土壤颜色较浅,呈灰黄色或带灰白色。表土中有大量半分解的植物残体,有硫化氢的臭味。G层有锈纹锈斑。土壤质地一般较(普通)磷质石灰土为粘,但土层浅薄,一般只有20—30厘米,在此以下,即为白色珊瑚贝壳碎屑砂和珊瑚灰岩碎块堆积,同时有水渗出。土壤有机质含量较高,而磷的含量不及其他磷质石灰土高(见表22)。从全量化学组成(表23)来看,除了SO<sub>3</sub>的含量略高外,与其他磷质石灰土基本相似。

此种土壤面积甚小,且常受水淹,一般不宜首先利用。

表 22 东岛泻湖旁潜育磷质石灰土的化学性质

剖面号	发生层	采样深度 (厘米)	pH (水提)	有机质 (%)	N(%)	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O(%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	代 换 量 (毫克当量/100克土)
W7-±5	A	0—20	9.1	5.22	0.295	10.26	4.36	0.039	86.43	8.78

表 23 东岛泻湖旁潜育磷质石灰土的化学全量组成 (占风干土%)  
(占灼烧土%)

剖 面 号	采样深度(厘米)	烧失量(%)	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
W7-±5	0—20	43.09	0.45	痕迹	0.015	46.74	2.28	0.035	0.29	0.73	0.08	4.36
			0.79		0.027	82.13	4.01	0.062	0.51	1.28	0.14	7.66

## 5. 耕种磷质石灰土

耕种磷质石灰土一般是在硬盘磷质石灰土和(普通)磷质石灰土基础上发展起来的。

开垦以后,有的生长着茂密的椰林,如永兴岛和东岛,都有成片的椰林分布。而大部分岛屿上都开垦种植蔬菜,其中又以永兴岛和金银岛等岛屿分布较多。从椰林生长的情况来看,人为耕垦已有很长的历史了。

耕种以后,土壤剖面中原有的枯枝落叶层消失,腐殖质层经过施肥和耕作,也引起了一系列的变化,形成了耕作层。如果进行客土改良,则土壤性质将引起更大的变化。

表 24 所列,为永兴岛蔬菜地耕作层的部分化学性质。由于开垦以后,蔬菜对地表的覆盖度较小,因此土壤有机质分解速度加快,虽然大量施入人粪尿等有机肥料,土壤表层有机质的含量还是比未开垦时稍低,相应的全氮含量也偏低。而磷、钾的变化尚不明显。

表 24 耕种磷质石灰土表层的化学性质

剖面号	发生层	采样深度 (厘米)	pH (水提)	有机质 (%)	N(%)	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O(%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	代 换 量 (毫克当量/100克土)
W6-±3	Ap	0—20	9.1	4.03	0.267	8.76	8.99	0.034	68.97	11.04

总之,在高温多雨、微生物活动强烈的条件下,一方面表现为土壤中速效性养分含量较高,在满足作物生长所需的营养元素上较为有利,但另一方面,土壤养分也容易分解淋失,因此,在开垦以后必须加强管理,注意提高土壤肥力,做到养地和用地相结合。

## 6. 幼年磷质石灰土

分布于各岛的周围,成一带状环抱海岛。其上一般生长草本植物,也有一部分为草海桐灌丛所覆盖。

此种土壤的有机质含量很低,有机质层浅薄,向下很快过渡到珊瑚贝壳碎屑砂母质。现以永兴岛 W6-±5 号剖面为例,记载如下。

采样地点: 永兴岛革委会大楼 S37°E 约 450 米,距海平面 24.7 米。

植 被: 以盐地鼠尾草为主的禾本科草类。

母 质: 珊瑚贝壳碎屑砂。

剖面形态: A 0—5 厘米 浅灰色砂质碎屑状结构,有大量植物根。

AC 5—16 厘米 略呈灰色的砂质碎屑状过渡层,有大量植物根系分布。

C 16—110 厘米 珊瑚贝壳碎屑砂母质。由于沉积时期的不同,砂体有粗有细,相间状层状分布于剖面内,在 85 厘米以下,仍可见活的根系。

分析结果证明,这种土壤不仅有有机质含量甚低,且磷酸盐的含量也不高。但其全磷量已在我国热带土壤平均含量之上,相当于珠江三角洲的肥沃的水稻土<sup>[43]</sup>。剖面中碳酸钙

表 25 幼年磷质石灰土的基本化学性状

剖面号	发生层	采样深度 (厘米)	pH (水提)	有机质 (%)	N(%)	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O(%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	代 换 量 (毫克当量/100克土)
W6-±5	A	0—5	9.4	0.43	0.031	8.05	0.13	0.029	94.21	0.50
	AC	5—16	9.5	0.32	0.025	7.42	0.14	0.022	95.06	0.38
	C	85—110	9.7	0.35	0.024	8.46	0.09	0.034	94.35	0.43

含量在上下之间也无差异,代换性能甚差(表 25)。又因其分布的位置都在滨海,因此一般不宜开垦,应保持和恢复自然植被,建立岛周防护林带,以利于防风和保护岛上的其他树木和蔬菜生长。

## 7. 盐渍磷质石灰土和滨海盐土

盐渍磷质石灰土和滨海盐土主要分布于岛周滨海地区,一般在高潮线和低潮线之间。一旦脱离海水影响,即可脱盐。在岛屿中间局部低洼的地方也有盐渍磷质石灰土的零星分布。在干旱季节可以看到一些盐斑,局部地表还有盐结皮。

滨海盐土还可分为两个土种:滨海盐土和滨海沼泽盐土。后者主要分布于咸水湖边缘的间歇积水地带,如琛航岛泻湖四周即是。这种土壤上生长着耐盐的海马齿苋,土壤长期处于滞水状态,在剖面中可见明显的 G 层,土壤有机质含量甚高(表 26),主要在嫌气状态下分解。从全量化学组成来看(表 27),土壤表层 K、Na、S、Cl 等元素有明显的富集。

表 26 琛航岛泻湖畔滨海沼泽盐土的化学性质

剖面号	发生层	采样深度(厘米)	pH(水提)	有机质(%)	N(%)	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O(%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	代换量(毫克当量/100克土)
W12-土4	A	0—5	8.4	21.9	1.24	10.24	0.26	0.20	74.67	29.65
	G	15—30	8.8	3.29	0.189	10.10	0.16	0.07	94.03	6.98
	C	30—40	9.2	0.98	0.057	9.97	0.11	0.04	91.16	0.82

表 27 琛航岛滨海沼泽盐土的全量化学组成 (占风干土%)  
(占灼烧土%)

剖面号	采样深度(厘米)	烧失量(%)	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
W12-土4	0—5	56.10	0.29	0.028	—	33.98	1.17	0.427	1.68	2.14	2.28	0.26
			0.67	0.064	—	77.94	2.68	0.979	3.85	4.91	5.23	0.60
	15—30	45.40	0.12	0.008	0.004	48.54	1.54	0.072	0.45	0.95	0.57	0.16
			0.22	0.015	0.008	88.90	2.82	0.132	0.82	1.74	1.04	0.29
	30—40	44.55	0.10	0.006	0.004	50.42	1.53	0.061	0.30	0.58	0.27	0.11
			0.18	0.011	0.007	90.93	2.76	0.110	0.54	1.05	0.49	0.20

表 28 所列,为不同水质影响下土壤可溶盐含量的对比。东岛 W7-土5 和琛航岛 W12-土4 两个剖面,虽然都分布在泻湖周围,但其可溶盐含量及其组成却有明显的差异,绝然分异为两个不同的类型,其原因可能与湖水水质有关。随着成湖时间的延长,脱离海水影响,湖水逐步淡化,滨海沼泽盐土也将经历脱盐阶段而向潜育磷质石灰土转化。

此外,在西沙群岛的高尖石岛上,在不同的成土条件影响下,进行着另外一种成土过程。

高尖石位于宣德群岛的东岛之西南方,距东岛约 7.5 浬。为西沙群岛中唯一有基岩出露的岛屿。岛屿面积甚小,平均海拔为 5—6 米,岛体由橄辉岩组成,岛外水下无珊瑚礁坪,因此岛周水深浪大,海蚀作用极其强烈,据西沙军民反映,海上四级风以上,海浪即可飞越岛面<sup>1)</sup>。在这种生物气候条件下,成土过程尚处于十分年轻的阶段。表 29 列出了这

1) 引自广东省海南地质队资料。



表 28 不同水质影响下土壤可溶盐含量对比 ( $\frac{\text{毫克当量/100克土}}{\%}$  或  $\frac{\text{毫克当量/升}}{\text{克/升}}$ )

剖面号	采样深度 (厘米)	阴 离 子					阳 离 子				全盐(%) 或 矿化度(克/升)
		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	
W7-±5	0—20	$\frac{0.71}{0.025}$	$\frac{0.28}{0.013}$	$\frac{0.08}{0.002}$	$\frac{0.53}{0.033}$	$\frac{0.15}{0.009}$	$\frac{0.61}{0.012}$	$\frac{0.34}{0.004}$	$\frac{0.05}{0.002}$	$\frac{0.74}{0.017}$	0.117
东岛泻湖	湖水*	$\frac{36.87}{1.307}$	$\frac{4.19}{0.201}$	$\frac{2.32}{0.070}$	$\frac{3.70}{0.226}$	—	$\frac{3.60}{0.072}$	$\frac{10.51}{0.128}$	$\frac{32.95}{0.864}$		2.756
W12-±4	0—5	$\frac{56.47}{2.005}$	$\frac{9.46}{0.454}$	$\frac{0.15}{0.005}$	$\frac{1.33}{0.081}$	$\frac{0.66}{0.041}$	$\frac{5.00}{0.100}$	$\frac{10.45}{0.127}$	$\frac{1.56}{0.061}$	$\frac{50.00}{1.150}$	4.024
	15—30	$\frac{15.44}{0.584}$	$\frac{2.12}{0.102}$	$\frac{0.04}{0.001}$	$\frac{0.41}{0.025}$	$\frac{0.92}{0.057}$	$\frac{1.43}{0.029}$	$\frac{3.17}{0.039}$	$\frac{0.43}{0.017}$	$\frac{13.79}{0.317}$	1.171
	30—40	$\frac{8.05}{0.286}$	$\frac{0.91}{0.044}$	$\frac{0.04}{0.001}$	$\frac{0.34}{0.021}$	$\frac{0.02}{0.001}$	$\frac{0.78}{0.016}$	$\frac{1.21}{0.015}$	$\frac{0.21}{0.008}$	$\frac{6.77}{0.156}$	0.348
琛航岛泻湖	湖水*	$\frac{297.48}{10.545}$	$\frac{10.59}{0.508}$	—	$\frac{7.60}{0.464}$	—	$\frac{12.14}{0.243}$	$\frac{64.99}{0.790}$	$\frac{238.54}{6.264}$		18.575

\* 为广东省海南地质队资料。

表 29 高尖石半风化体的化学全量组成

标本名称	烧失量 (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	MnO (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)
高尖石岩石半风化体	9.95	33.18	26.77	11.52	11.52	9.65	13.28	2.09	0.18	1.44	2.57	1.64
橄辉岩平均含量	3.74	40.24	23.31	15.80	6.01	6.78	24.42	1.11	0.16	0.80	0.80	0.23

种岩石半风化体的化学全量组成成分。

从化学全量组成的对比中可以看出,高尖石岛上的岩石半风化体中 SiO<sub>2</sub> 的含量较低, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O 的含量有所增加,是否也与海洋和鸟类活动有关,尚待进一步研究。其上发育的土壤为石质砖红壤性土,目前尚无法进行农业利用。

## 四、优质的鸟粪磷矿

分布在西沙群岛的,在鸟粪影响下形成的磷质石灰土,因其本身富含养分,尤其含有丰富的磷素,从肥料学的角度来看,亦可谓之鸟粪磷肥或鸟粪磷矿。

### (一) 质量评价

鸟粪磷肥是西沙群岛丰富的自然资源之一(见照片 23、41)。主要是由食鱼海鸟的粪便和尸体,以及剩余的食物混合堆积而形成的。除了含有丰富的有机质和氮素养分外,还含有十分丰富的磷质,其全磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)含量自 10% 至 30% 不等,是一种有价值的天然肥料。为了进一步评价鸟粪磷矿的品质,我们做了物理和化学方面的分析。在物理性质上,我们分析了比重和容量,进行了显微镜下微形态的观察等。在化学分析方面,我们分析了全磷、无机磷、有机磷、1N NH<sub>4</sub>Cl 溶性磷、铁铝磷酸盐、闭蓄态铁铝磷酸盐、中性柠檬酸铵

溶性的钙磷酸盐和  $0.5N H_2SO_4$  溶性的钙磷酸盐等。表 30 和 31 分别记录了鸟粪磷肥的部分物理性质和磷的分级含量。

表 30 鸟粪磷矿的某些物理性质

田间号码	采样地点	采样深度(厘米)	容重(克/厘米 <sup>3</sup> )	比重(克/厘米 <sup>3</sup> )	孔隙度(%)
W2-±1	赵述岛	24—36	1.45	2.82	48.58
W6-±2	永兴岛	10—30	1.51	2.77	45.49
-±6	石岛	块状磷矿	0.96	2.78	65.47
W7-±2	东岛	25—40	1.17	2.71	56.83
-±3	东岛	10—35	0.82	2.72	70.22
W8-±2	珊瑚岛	26—50	1.10	2.82	60.99
W9-±2	金银岛	10—20	1.03	2.86	63.95
	金银岛	20—40	1.40	2.84	50.70
W9-±5	金银岛	32—45	1.22	2.88	57.64
W11-±2	晋卿岛	12—35	1.31	2.84	53.87

表 31 西沙群岛土壤中磷的分级\*

分级磷		采样地点		赵述岛				东岛				东岛新鲜鸟粪
		采样深度(厘米)		2—14	14—24	24—36		0—15	15—25	25—40	76—100	2—15
吸附态磷 ( $1.0N NH_4Cl$ 提取)	$P_2O_5\%$			0.048	0.016	0.034		0.844	0.102	0.090	0.022	0.410
	占全磷%			0.38	0.07	0.11		3.25	0.48	0.68	2.24	4.08
磷酸铁铝 ( $0.1N NaOH$ 提取)	$P_2O_5\%$			0.024	0.030	0.018		0.773	0.017	0.027	痕迹	0.682
	占全磷%			0.19	0.13	0.06		2.96	0.08	0.21	—	6.79
闭蓄态磷	$P_2O_5\%$			0.067	0.114	1.23		2.80	痕迹	痕迹	痕迹	1.21
	占全磷%			0.53	0.48	4.01		10.74	—	—	—	12.04
中性柠檬酸铵提取的磷	$P_2O_5\%$			4.67	8.55	12.41		13.78	10.57	5.60	0.54	5.69
	占全磷%			37.09	35.88	40.48		52.84	49.74	42.46	55.10	56.62
$0.5N H_2SO_4$ 提取的溶 性磷酸钙盐	$P_2O_5\%$			6.93	14.01	16.32		6.38	9.57	6.65	0.33	1.89
	占全磷%			55.04	58.79	53.23		24.46	45.04	50.42	33.67	18.81
分级磷总量	$P_2O_5\%$			11.74	22.72	30.01		24.58	20.26	12.37	0.89	9.88
	占全磷%			93.25	95.34	97.88		94.25	95.34	93.78	91.02	98.34
全磷( $P_2O_5$ )%				12.59	23.83	30.66		26.08	21.25	13.19	0.98	10.05

\* 表内分析结果由我所土壤农业化学研究室同志测定。

物理分析表明,由于珊瑚砂的主要成分为碳酸盐,因此其比重较大,但由于胶结十分松散,孔隙度大,因此其容重甚小。即使是盘状胶结的磷矿,其情况也大致相同。

表 31 的分析结果说明,在东岛和赵述岛两个典型剖面中,绝大部分的磷酸盐是呈无机态存在的。用  $0.2N H_2SO_4$  提取的无机磷量几与全磷量接近,有机磷极少。在无机磷中,铁、铝状态的磷酸盐,包括闭蓄态磷酸铁铝的含量是很低的,这可能与成土母质和过程有关。磷酸盐以钙形态结合的占绝对优势,除 pH 较低的新鲜鸟粪层外,其余层次中,钙磷酸盐都占分级磷总量的 95—99%。

但是,以钙形态结合的磷酸盐中,仍有多种化学组成和存在状态,其有效性显然会有差异。我们在原来无机磷分级系统中,在铁铝磷酸盐分离以后,0.5N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 提取总的钙磷酸盐以前,先用中性柠檬酸铵提取了一次。结果证明,在东岛的新鲜鸟粪中,这部分磷量占分级磷总量的 57%,在东岛的另一个剖面中,尽管全磷量极端悬殊,由 26% 下降到 0.98%,pH 值由 5.1 变化至 9.3,但这部分磷仍占分级磷总量的 45—60%。可能由于鸟粪磷肥的堆积时间不同,赵述岛的鸟粪磷肥中这一级磷的含量相对比例有所下降,但也还有 40% 左右(占分级磷总量)。

中性柠檬酸铵提取的方法,是石油化工部测定沉淀磷肥中有效磷的标准方法(HG1-792-75)。这种提取剂对磷酸二钙、羟磷灰石都能全部溶解。根据图 10X 射线衍射分析结果,鸟粪磷矿的化学组成主要是以羟磷灰石的形态存在,这与化学分析结果还是吻合的。此外,还有一部分是活性更大的磷酸盐,这部分磷酸盐能溶于 1N NH<sub>4</sub>Cl 提取液。在一般情况下,土壤和沉积磷矿中这一级的含量极微,按现有常规分析方法的灵敏度测定比较困难,所以往往都是略而不计的。而在西沙群岛的鸟粪磷肥中,尤其是在新鲜鸟粪层中,含量高达 0.84%,相当于 8400ppm,即使在母质中也达到 220ppm。这个数值是相当大的。一般认为,1N NH<sub>4</sub>Cl 溶性磷包括有水溶性磷,代换性磷和破键结合态磷。根据前述的矿物鉴定和磷素化学形态组成的测定,都说明鸟粪磷肥不仅总磷量比较高,而且其有效性也特别高。是一种高效优质的磷肥。

## (二) 主要种类

从肥料学的意义上来看,磷质石灰土的不同层次即为不同状态的鸟粪磷肥。

(1) 腐泥状鸟粪。相当于 A<sub>0</sub> 层,为比较新鲜的鸟粪,其中杂以海鸟的食物、尸体和腐叶。大都隆起于麻疯桐林下,因根系之穿插及有机物质的腐解,干时成很松的碎屑。

(2) 粒状鸟粪。相当于 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub> 层,广泛分布于麻疯桐、海岸桐以及一部分草海桐之下,为暗棕色粒状结构。

(3) 块状鸟粪。相当于块状磷质石灰土中的 B<sub>p</sub> 层。位于 A 层之下,呈黄棕色,为较松的块体,自数厘米至 10—20 厘米不等。

(4) 盘状鸟粪。相当于盘状磷质石灰土中之 B<sub>p</sub> 层,呈棕黄色,混有白色珊瑚、贝壳碎屑,但胶结较紧,成盘状,挖掘时常需用钢钎、大锤方能凑效(照片 17)。

(5) 碎屑状鸟粪。相当于磷质石灰土中之 BC 层,珊瑚、贝壳及有孔虫碎屑表面微受胶磷矿之浸染,含磷量很低,无经济价值。

在东岛由于尚有大量鲣鸟,在其所栖息之麻疯桐下可以采到新鲜的鸟粪(W7-土4)。湿时呈黑色如泥炭,水分含量很高,有机质、氮、水解氮、全钾、速效钾、速效磷以及代换量都是最高的(表 32)。而后随着风化和成土过程的发展,鸟粪磷肥中的上述这些养分及含水量均相应减少。由于鸟粪的脱水、矿化和与珊瑚、贝壳、有孔虫残体碎屑的胶结作用,鸟粪磷肥可能由腐泥状而粒状,由粒状而块状,甚至形成盘状。其中 pH 值、CaCO<sub>3</sub> 相应增高,磷的含量也相对增加。不论粒状或块状之鸟粪磷矿均为良好之天然肥料。粒状之鸟粪肥筛出其中粗骨部分即为高品位之磷矿,可以直接施用。

表 32 西沙群岛鸟粪磷矿的化学性质

鸟粪状态	剖面号	采样深度 (厘米)	pH (水提)	CaCO <sub>3</sub> (%)	有机质 (%)	全 N (%)	全 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	全 K <sub>2</sub> O (%)	毫克/100克土					代换量 (毫克当量/100克土)	C/N
									水解 -N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	速效 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	速效 K <sub>2</sub> O**		
腐泥状 新鲜鸟粪	W7-±4	2—15	4.6	无	57.0	3.85	9.61	0.120	236.5	89.7	3.84	185.0	62.1	89.44	8.59
粒 状	W2-±1	2—14	8.5	55.75	8.36	0.521	12.06	0.016	25.8	1.44	0.11	38.0	11.5	21.80	9.31
粒 状	W6-±2	2—10	8.8	68.95	8.73	0.600	6.49	0.018	31.4	3.25	0.59	66.0	19.6	20.96	8.44
粒 状	W7-±2	2—15	5.1	无	33.6	2.47	23.84	0.052	210.4	112.7	7.24	690.6	52.6	37.60	7.89
粒 状	W7-±3	2—10	7.9	43.03	17.8	1.32	17.81	0.054	74.6	18.0	1.85	110.0	26.2	17.12	7.83
粒 状	W8-±2	2—10	8.2	22.19	12.5	0.778	26.87	0.030	34.3	4.80	0.64	73.0	20.6	36.07	9.32
粒 状	W9-±2	0—10	8.3	25.55	20.7	1.32	20.18	0.06	67.2	7.49	1.13	120.0	23.6	39.35	9.10
粒 状	W9-±5	0—8	8.2	36.69	12.0	0.689	19.90	0.05	34.1	5.35	0.49	70.0	20.5	31.91	10.10
粒 状	W11-±2	0—12	8.1	40.35	10.3	0.625	21.51	0.04	25.4	2.90	0.54	52.0	12.2	24.37	9.56
松块状	W2-±1	24—36	8.4	20.85	5.29	0.461	21.50	0.018	—	—	—	64.0	—	13.96	6.66
松块状	W9-±5	18—32	8.5	41.44	6.07	0.416	22.81	0.03	—	—	—	68.6	—	19.45	8.46
紧块状	W9-±5	32—45	8.5	44.50	2.76	0.184	8.47	0.03	—	—	—	90.0	—	9.78	8.70
紧块状	W11-±2	12—35	8.7	67.60	1.68	0.105	10.60	0.02	2.59	0.44	0.14	97.0	1.9	6.22	9.28
砂质盘状	W9-±2	10—20	8.6	52.39	2.07	0.128	19.58	0.03	3.99	0.62	0.33	94.0	2.9	5.68	9.38
砂质盘状	W9-±2	20—40	8.9	77.37	1.01	0.054	7.48	0.02	—	—	—	78.6	—	2.64	10.85
砂质盘状	W8-±2	26—50	8.4	41.15	3.95	0.330	22.70	0.03	—	—	—	111.0	—	9.86	6.94
砾质盘状	W7-±2	25—40	8.1	58.76	5.65	0.496	16.03	0.02	—	—	—	72.0	—	20.46	6.61

\* 以0.5M NaHCO<sub>3</sub> 提取。\*\* 以1N NH<sub>4</sub>AC 提取。

### (三) 贮量估算

西沙群岛的鸟粪磷矿, 1928年朱庭祐估算<sup>[1]</sup>, 永兴岛鸟粪肥所占面积为1,291,600米<sup>2</sup>, 平均厚度为0.25米, 全岛共约223,550吨。1947年陆发熹估计<sup>[4]</sup>, 永兴岛松散者约60,000吨, 硬块状者40,000吨。

解放前我国长期受帝国主义的侵略, 西沙群岛的主要岛屿, 如永兴岛、石岛、东岛、珊瑚岛、甘泉岛、琛航岛、金银岛等曾先后被日、法帝国主义占领。岛上鸟粪磷肥资源曾被大肆掠夺。据估计, 日寇在永兴岛劫走的鸟粪磷肥就占该岛总贮量的一半以上。根据记载, 在第二次世界大战前, 日寇在永兴、石岛、甘泉岛等共运走鸟粪磷肥20余万吨。

解放后, 特别是大跃进年代(1957—1959年), 为了适应农业生产发展的需要, 海南岛组织鸟粪公司专营开发。估计前后开采约50—60万吨。

根据我们调查, 目前只有在金银、晋卿和赵述三岛保存比较完整的鸟粪磷肥, 其余均只有零星分布。按这三个岛上鸟粪磷肥分布的范围和厚度, 以平均容重1.20克/厘米<sup>3</sup>计算, 估计约有26万吨, 其中粒状的15万吨左右, 块状和盘状的共11万吨。如果把各岛零星分布的鸟粪磷肥也作一估计, 则可能还有10余万吨。由此看来, 西沙群岛鸟粪磷肥在历史上的最高贮量, 应该在百万吨以上。

从现在鸟粪磷肥的贮量和分布来看, 为了保卫西沙, 建设西沙, 保证驻岛军民的蔬菜

供应,我们认为,除必要的,少量运往外地外,以就地使用为宜。

## 五、巨大的生产潜力

### (一) 利用现状

美丽富饶的西沙群岛,不论在陆上,还是在水下,都具有丰富的资源。我国劳动人民很早就为开发和利用这些宝岛的自然资源作出了贡献。他们出海捕鱼捞参,上岸耕垦种植,处处留下了“人定胜天”,人类改造自然的历史业绩,把我国的西沙群岛点缀得更加美丽,建设得更加富饶。就植物资源而言,西沙群岛就比类似的其他珊瑚岛屿更加丰富多采。解放以来,为了建设西沙,保卫西沙,岛上的军民又以战天斗地的精神,成功地种植了几十种蔬菜、瓜果(见照片 42),有的海岛(如金银岛),已做到自给有余;还有的海岛(如永兴岛)也已做到基本自给。目前广大军民正在岛上为发展蔬菜生产,建立稳产高产的“大寨田”而努力奋斗。

西沙群岛地处热带,从气候条件来看,高温多雨,日照充足,除 6—9 月气温较高外,其余各月均甚有利于植物生长。从土壤条件来看,西沙群岛的土壤是肥沃的,富含氮、磷、有机质等,土壤疏松易于耕作,通透性也好,且有取之不尽的鸟粪磷肥作肥料,也是植物生长的有利条件。

我们考察所经各岛,见到的主要蔬菜为:

菜类:白菜,菜苔菜(油菜),包心小白菜,黄叶白菜,芥菜,苋菜,芹菜,茄子,辣椒,西红柿,萝卜,蒜等;

瓜类:南瓜,西瓜,冬瓜,葫芦瓜等。

### (二) 一些问题

然而,事物都是一分为二的,都是在矛盾的斗争中发展和前进的。有利的热带海洋性气候,却带来了不利的台风和含盐的水汽;富含磷质肥料的土壤则带来了其他营养元素在植物生长过程中的生理性缺乏。因此,要进一步发展蔬菜生产,必须发扬有利条件,克服不利因素,化消极为积极。据当地军民反映,有三害一弊需要克服。

这三害是:

(1) 风灾。西沙群岛常受台风影响,我们考察期间正遇上 27 号台风过境,风力十二级左右,加上台风来时伴随着暴雨,大面积的菜地又都分布于岛中部盆地内,因此,风吹水淹,损失甚大。

(2) 虫害。蔬菜虫害较为严重,除了青虫危害外,还有地下害虫的活动。

(3) 盐害。据当地军民反映,海风中常带有盐分,因此菜叶容易发黄、变黑。

一弊即是土壤问题,由于土壤问题而引起的蔬菜失绿症。

在克服上述三种灾害的过程中,当地军民积累了经验。他们保护沿海的防风林,利用野生植物的枝叶覆盖蔬菜来抵御风灾;喷用农药以防治虫害,金银岛军民又以每晨浇

少量水于叶面洗去夜间海风带来的盐分,以减轻盐害。在改良利用土壤方面,当地军民也积累了丰富的经验。如通过实践他们认识到蔬菜地土层深厚的,表土层(A)厚的蔬菜长得比较好,而表层薄,底土为白砂(C)的蔬菜生长不好;也积累了在这种石灰性土壤上合理施肥的经验,如施用有机肥效果好,用草木灰盖种或垫底,蔬菜种子或不发芽,或在苗期即行枯死。同时他们也很了解客土的优越性。这些都是海岛发展蔬菜生产的宝贵经验。

然而,为了使西沙群岛的蔬菜(包括其他植物)长得更好,我们还必须研究解决植物失绿症的问题。

植物发生失绿症状的以永兴岛为较多,东岛、珊瑚岛、琛航岛等次之。失绿的一般症状为:叶脉呈绿色,而叶脉间失绿呈黄色。有的叶尖连成一片,有的整个叶子除叶脉外都呈黄色,甚至叶片上发生褐色斑点,也有整个叶片除叶脉为绿色外,均呈红棕色的。单子叶植物叶脉为平行脉,所以失绿现象也呈条状,相间十分明显(见照片43、44、45)。双子叶植物叶脉间的失绿情况比较多样,反映出失绿程度的不同。有时在同一株植物上,一部分看来比较正常,而另一部分有明显的失绿。

失绿现象比较常见的植物为:

乔木:近心叶破布木,笔杆榕,杭仁树,海岸桐;

表 33 西沙群岛土壤中某些微量元素的含量\* (ppm)

地 点	剖 面 号	采样深度(厘米)	B	Fe	Mn	Cu
赵述岛灌丛下	W2-±1	2—14	2	330	78	26
		14—24	1	420	66	15
		24—36	1	210	27	65
永兴岛麻疯桐林下	W6-±2	2—10	4	260	72	18
		10—30	3	230	45	10
		30—42	2	100	16	5
东岛麻疯桐林下	W7-±2	2—15	<1	490	170	135
		15—25	1	360	31	30
		25—40	2	260	24	28
东岛泻湖旁	W7-±5	0—20	3	痕 量	20	6
珊瑚岛灌丛下	W8-±2	2—10	2	620	72	65
		10—26	1	710	57	67
		26—50	1	150	15	13
金银岛海岸桐林下	W9-±5	0—8	3	460	160	34
		8—18	2	480	100	37
		18—32	2	450	78	41
琛航岛泻湖旁	W12-±4	0—5	110	200	19	9
		15—30	5	60	10	4
		30—40	5	40	14	5
西沙群岛土壤平均含量			8	307	57	32
世界正常土壤平均含量 <sup>[14]</sup>			10	38000	850	20

\* 表中结果除 Fe 外,均由沈阳林业土壤研究所作光谱分析。

灌木：海巴戟，银毛柴，草海桐(有油点)，海棠果等；

草本：飞机草，蒺藜草，西沙刺蒴麻，厚藤，长管牵牛，锥穗纯叶草，落地菊，圆叶黄花稔，土牛膝，海刀豆，西沙黄细心，假败酱等；

栽培植物：蓖麻，木瓜，木菠萝，甘蔗，玉米，香蕉，南瓜，葫芦瓜，山芋，四季豆，辣椒，萝卜，甘蓝，白菜，芥菜，油菜等。

此外，椰子叶的外缘常见发黄，在东岛尤为明显。

我们认为，西沙群岛植物的失绿症状，或许可以从当地土壤高磷和高碳酸盐的特点中找到线索。

表 34 西沙群岛土壤中的锶、锌、铜及有效态锌和铜 (ppm)

土 号	采 样 深 度 (厘米)	Sr	Zn	有 效 锌	有 效 铜
W2-±1	A <sub>0</sub>	1600	220	—	—
W7-±2	A <sub>0</sub>	400	120	—	—
W8-±2	A <sub>0</sub>	300	70	—	—
W9-±5	A <sub>0</sub>	100	40	—	—
W2-±1	2—14	3500	590	4.4	2.20
	14—24	2900	510	4.4	2.40
	24—36	2900	270	3.1	1.28
	36—52	4900	120	—	—
	95—110	4900	70	—	—
W6-±2	2—10	3900	220	3.5	0.57
	10—30	4300	220	3.3	0.38
	30—42	4700	50	1.0	0.51
W7-±2	2—15	800	760	4.1	2.84
	15—25	3200	250	3.0	0.82
	25—40	4200	160	2.2	0.88
W7-±5	0—20	4300	110	3.3	1.55
W8-±2	2—10	2400	700	2.5	2.78
	10—26	2200	740	4.5	3.28
	26—50	3900	160	1.8	1.24
	50—70	5000	70	—	—
	90—100	5300	20	—	—
W9-±5	0—8	3600	430	4.2	1.76
	8—18	3700	480	4.1	1.76
	18—32	3600	530	4.4	—
	32—45	4600	190	—	2.14
W12-±4	0—5	4500	60	4.0	—
	15—30	5900	40	2.2	0.68
	30—40	5700	70	1.0	0.68

测定方法：Sr 和 Zn 用原子吸收光谱测定；有效锌用 0.005M DTPA + 0.05M CaCl<sub>2</sub> + 0.1M 三乙醇胺提取；有效铜用 0.02M EDTA + 0.5% NH<sub>4</sub>Cl 提取。

测 定 者：有效锌和有效铜由梁伟和杨学义测定。

在磷质石灰土中碳酸钙占 50—90%，所以不少元素，即使从绝对量上来看，也是很少的。一般热带土壤中所富有的硅、铁、铝分别只有  $n \cdot 10^{-1}\%$ 、 $n \cdot 10^{-2}\%$  和  $n \cdot 10^{-3}\%$ 。就微量元素而言，除锶的含量较高外，锰低于世界土壤平均含量 5—85 倍，硼低 2—10 倍（见表 33、34）。

众所周知，某些营养元素的有效性是与一定的 pH 条件有关的。磷质石灰土 pH 一般在 8.5—9.5 之间，在这样的条件下，大大降低了铁、锰、铜、锌、钴、镍等元素的有效性。上面已经指出，一些元素的含量本来就不高，加上有效性降低，因此植物不可能对这些元素不感到缺乏。如表 34 所示，西沙群岛土壤有效铜的含量较低。假如以 0—1.0ppm 和 1.1—1.9ppm 分别作为严重缺铜和轻度缺铜的临界值，那么，金银岛、东岛土壤都轻度缺铜，而永兴岛土壤则严重缺铜。

铁、锰对于磷的固定作用，是热带、亚热带土壤中常见的。而在西沙群岛的条件下，由于磷的含量特高，反过来可能引起对铁、锰等元素的固定。很多研究工作已经证明，土壤含磷比较高或施用磷肥过多的土壤会引起磷对锌的拮抗，因此在西沙群岛的高磷土壤上缺锌是值得注意的。但有效锌的测定结果（表 34）并不低，显然，这是因为其中包括了一部分有机态锌，所以，这并不意味着植物一定可以直接吸收利用。

总之，我们认为西沙群岛植物的失绿症是与铁、锰、铜、锌、钴、镍等过渡元素的缺乏有密切关系的。而且可能不是缺乏其中一个元素，而是好几种元素。

### （三）培肥客土

根据西沙群岛的具体条件，为了防治蔬菜的失绿症，我们建议采取下列措施：

（1）熟化土壤。A 层深厚，C 层下伏较深的土壤肥力高；A 层薄，C 层出现位置较高的，肥力较低。因此对那些薄层土壤（A—C 剖面）应多施有机肥料，如人粪尿、猪厩肥以及当地取之不尽的野生绿肥等，增加土壤有机质，提高土壤肥力。

（2）施用微量元素肥料。在熟化土壤的同时，我们认为如果在蔬菜叶面喷施适量的铜、锌、锰肥有可能使蔬菜健康生长，可用硫酸锌、硫酸铜和硫酸锰溶液，在蔬菜生长期间喷施一、二次。此外，如果增施铁肥（可用柠檬酸铁或三氯化铁喷施）也可能使蔬菜增产。

（3）客土改良。西沙群岛的土壤都是珊瑚、贝壳细砂发育而成的，质地比较砂，粘粒含量很低，因此，虽然土壤通透性很好，但保水保肥能力较低；同时土壤 pH 较高，又缺乏某些微量元素。根据这样的特点，我国劳动人民早就开始在海岛上开展了改土造田的工作，解放以后，驻岛军民又曾把一部分海南岛的土壤运来改良海岛土壤。此项改土工作，虽面积不大，但已见到了可喜的结果。

海南岛的土壤是多种多样的，有花岗岩上发育的，也有玄武岩上发育的。我们认为，选择海南岛北部（临高、澄迈、琼山、甚至徐闻的）发育在玄武岩上的砖红壤为好。从表 35 中可见，此种土壤为重粘土，pH5.0 左右，富含铁、锰、铜、锌、钴、镍等微量元素。加入海岛菜地以后，既可改变土壤质地，提高保水保肥的能力，又可以调节土壤酸度，提供蔬菜生长所需的微量元素。根据初步的盆栽试验（表 36），可以得出如下印象：单纯用西沙土壤栽种蔬菜后，缺苗现象比较严重，经两次补苗后，仍不能全苗，长势也较缓慢。而单纯用砖红壤（海南岛徐闻）栽培的蔬菜，虽无缺苗现象，但由于缺氮和有机质含量较低，因此长



表 35 砖红壤的某些理化性质\*

标 本 号	采样深度(厘米)	pH(水提)	各 级 颗 粒 含 量 %				质地名称
			粗 砂 (1—3毫米)	砂 粒 (1—0.01毫米)	粉 砂 (0.01—0.001毫米)	粘 粒 ( $<0.001$ 毫米)	
27758	0—30	5.01	—	12.55	24.35	63.10	重 粘 土
59	30—50	5.00	—	7.50	14.50	78.0	重 粘 土
60	58—80	5.17	—	5.60	15.50	78.90	重 粘 土
61	80→	5.00	—	5.50	17.0	77.50	重 粘 土

\* 标本采自海南澄迈福山。

表 36 西沙群岛土壤改土前后盆栽幼苗试验死苗情况

土壤种类 死 苗 情 况	改 土 前 的 西 沙 土 壤		以1:1的砖红壤混合后的 西沙土壤	砖 红 壤
	含磷量高的	含磷量低的		
死 苗 数 (株)	23	6	5	1
死 苗 率 (%)	19.2	5.0	4.2	0.8

注：盆栽幼苗试验均为 100 克土加 300 克石英砂，混合土则以高磷土壤和砖红壤各 50 克。

势亦不好。然而以一份西沙土壤和一份上述砖红壤混合后，蔬菜长势甚好，也无缺苗现象（见照片 24）。

军民合力绘新画，海岛盛开大寨花。在毛主席的革命路线指引下，西沙群岛丰富的土壤资源和高品位的鸟粪磷矿必将得到充分的利用，蔬菜生产的潜力将进一步发挥出来，祖国的美丽宝岛之一——西沙群岛，也必将建设得更加美丽富饶，更加雄伟壮观。

## 摘 要

西沙群岛是我国神圣的领土。那里有丰富的土壤资源，优质的鸟粪磷矿和巨大的生产潜力。为了建设西沙，保卫西沙，我们在西沙自卫反击战后进行了为期两月的考察，并在此基础上进行了土壤、矿物、理化、生物等方面的研究。

西沙群岛土壤的一大特点是富磷，磷的来源主要是鸟粪，有机磷分解以后形成胶磷矿在土壤中积累起来，土壤表层含磷量可达 10—30% 之间，形成西沙群岛所特有的磷质石灰土。由于磷素在土壤中的富集和淋溶强度不同，形成了硬盘磷质石灰土等七个亚类十五个土种，为 200 多种植物的生长提供了良好的土壤条件。

从肥料学角度而言，磷质石灰土本身即为良好的鸟粪磷肥。其特点不仅是含磷量高，有效性超过钙镁磷肥，且富含有机质和氮，是一种高品位的磷肥资源。解放前屡遭帝国主义的掠夺和破坏，解放后在党的领导下进行了合理的开采。就目前贮量来推算，西沙群岛鸟粪磷矿在历史上的最高贮量不下 100 万吨。

但由于土壤砂性，富含磷素和石灰（碳酸钙含量在 50—95%），因此某些植物生长所需的元素如铁、锰、铜、锌等含量少，有效性低，使植物易患失绿病，严重的甚至在苗期死亡。根据土壤的化学性质和群众经验，提出了以酸性、粘质的富含铜、锌、铁、锰等元素的海南岛砖红壤换土的建议。以便使西沙群岛的植物，首先是蔬菜长得更好，使西沙群岛建

设得更加美丽富饶。

### 参 考 文 献

- [1] 朱庭祜: 1928, 西沙群岛鸟粪,《两广地质调查所年报》, 1 卷。
- [2] 马廷英: 1936, 造礁珊瑚与中国沿海珊瑚礁的成长率,《地质论评》, 1 卷 3 期。
- [3] 席连之: 1947, 南沙群岛土壤纪要,《土壤季刊》, 6 卷 3 期。
- [4] 陆发熹: 1947, 广东西沙群岛之土壤及鸟粪磷矿,《土壤季刊》, 6 卷 3 期。
- [5] 穆恩之: 1948, 西沙群岛永兴岛与石岛地质述略,《地质论评》, 13 卷(合订本)。
- [6] 王本葵等: 1947, 西沙群岛磷矿,《地质论评》, 12 卷 5 期。
- [7] 中国科学院贵阳地球化学研究所  $C^{14}$  实验室: 1974, 天然放射性碳年代测定报告之二,《地球化学》, 第一期。
- [8] 张宏达: 1974, 西沙群岛的植被,《植物学报》, 16 卷 3 期。
- [9] 林厚董等: 1957, 酸性土、钙质土和盐渍土指示植物的化学成分,《土壤学报》, 5 卷 3 期。
- [10] 何金海等: 1958, 海南岛土壤调查报告,《土壤专报》, 第 31 号。
- [11] 广东植物研究所考察组: 1975, 西沙群岛自然环境条件和主要土壤类型,《土壤》, 第 2 期。
- [12] 中国科学院南京土壤所考察组: 1976, 南海诸岛土壤和鸟粪磷矿,《土壤》, 第 3 期。
- [13] 龚子同、陈志诚: 1964, 珠江三角洲之土壤,《土壤专刊》, 36 号。
- [14] A. П. Виноградов: 1957, Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Издательство Академии наук СССР.



照片1 石岛北岸发育典型的海蚀地形



照片2 东岛北岸受到强烈冲刷的珊瑚礁岩



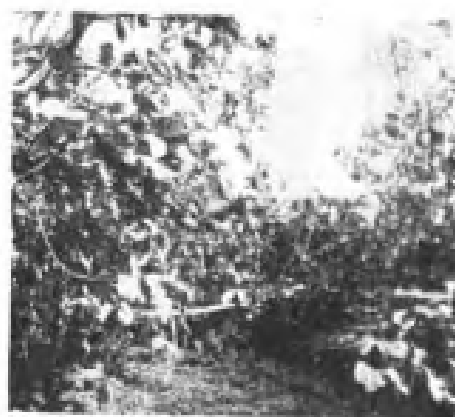
照片3 赵团岛出露的珊瑚贝壳碎屑灰岩



照片4 东岛的“乌田”



照片5 翠航岛西部的咸水湖



照片6 金梨岛的海岸树林



照片7 西沙群岛的海棠果林



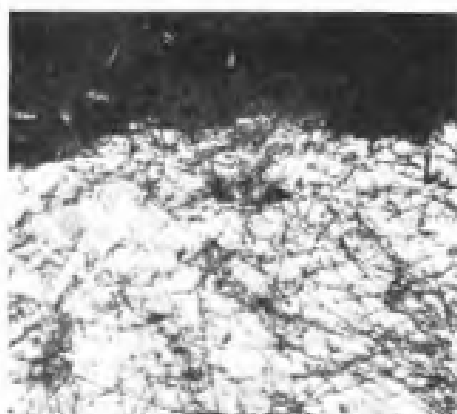
照片8 东岛的麻皮树和林下的惟地叶草



照片9 麻皮树在东北信风影响下林冠的变化情况



照片10 石岛迎风坡上蕨形生长着的银毛柴



照片11 西沙群岛的惟地植物，其固沙能力甚强



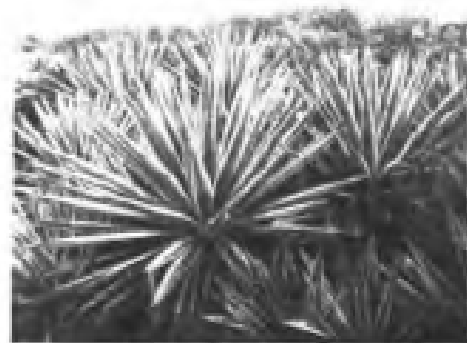
照片12 厚藤——西沙又一种固沙植物



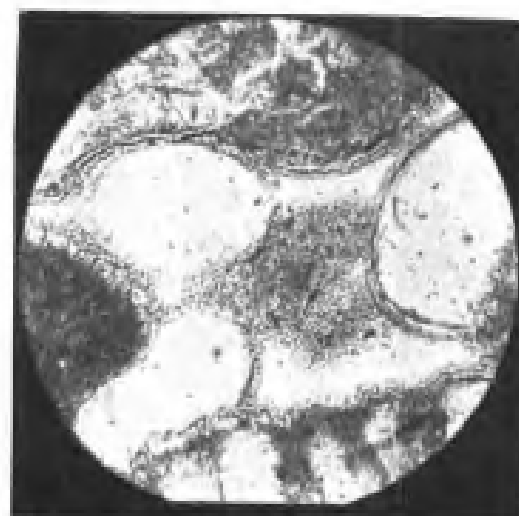
照片 13 耐旱耐盐的盐地银蓬草，  
其下发育的是幼年碱质石灰土



照片 14 西沙刺棘麻的生长情况



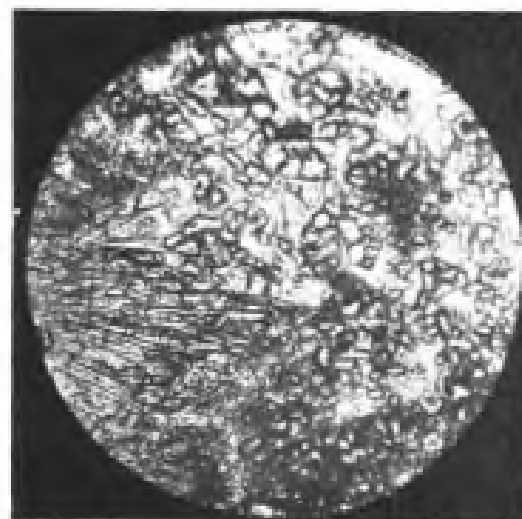
照片 15 珊瑚岛上生长的金边龙舌兰(剑麻)



照片 16 珊瑚,贝壳碎屑之间,由铁  
磷矿进行胶结。×152 单偏光



照片 17 普卿岛上碱质石灰土中磷  
胶硬盘的产状



照片 18 土壤在风化和成土过程中析出的微  
晶方解石和霏石。×152 单偏光



照片 19 较磷矿富集过程中析出了含铁的矿物  
(图中球状物)。×152 单偏光



照片 20 西沙群岛土壤中的粘土矿物  
——云母和伊利。×10,000



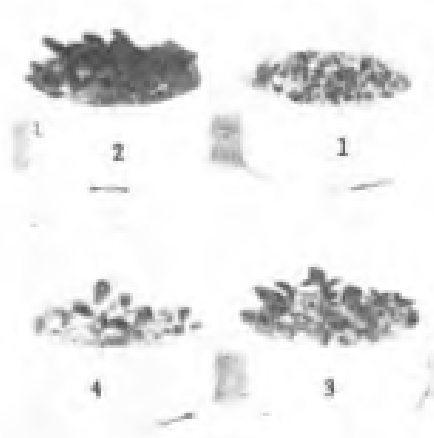
照片 21 绿帘和云母。×10,000



照片 22 金银岛硬盘磷质石灰土剖面



照片 23 永兴岛的凤尾蕨肥叶



照片 24 1—在海南岛砖红壤上生长的蔬菜；  
2—在海南岛砖红壤一份混合西沙群岛磷  
质石灰土一份的土壤上生长的蔬菜；  
3, 4—在西沙群岛磷质石灰土上生长的蔬菜



照片 25 石岛东部受雨水溶蚀的  
岩石露头



照片 26 永兴岛茂盛的麻疯树林  
(白蒺藜花)



照片 27 东岛的麻疯树林, 在  
林冠上栖息着白腹蜂鸟



照片 28 永兴岛上高大粗壮的麻  
疯树树



照片 29 台风袭击后半个月, 麻  
疯树迅速复苏的情况



照片 30 茂密的羊角树(草海桐)  
灌丛



照片 41 永兴岛的长管牵牛花



照片 42 珊瑚、  
贝壳碎屑之间  
由碳酸盐类矿  
物胶结。×17，  
正交偏光



照片 43 由胶结矿胶结  
和包被的珊瑚、贝壳碎  
屑。×17，单偏光



照片 44 永兴  
岛上美丽的椰  
林公路



照片 45 珊瑚骨骼逐渐地被  
胶结矿由表及里地交代的情  
况。×17，单偏光





照片 36, 37 西沙群岛磷质石灰土中的微形态特征。照片中深色部分为与有机质相结合的胶磷矿。×17, 单偏光



照片 38 被胶磷矿交代的珊瑚骨骼。×60, 单偏光



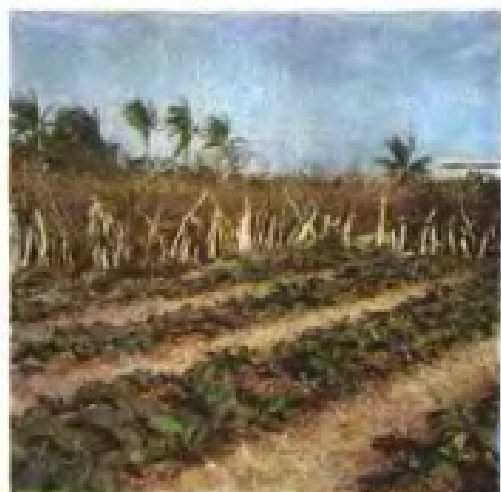
照片 39 被胶磷矿交代的有孔虫。×17, 单偏光



照片 40 东岛茂密的椰林，前景  
为麻纹桐和羊角树



照片 41 永兴岛的鸟粪圈肥堆



照片 42 永兴岛上的菜园地



照片 43 正常(左)和失绿的芭  
麻及木瓜叶



照片 44 正常和失绿的树叶，  
中间为健叶  
上：近心叶破布木；下：榄仁树



照片 45 正常(左)和失绿的甘蔗叶

# SOILS AND GUANOS OF HSI-SHA ISLANDS

## SOIL EXPEDITION OF THE INSTITUTE OF SOIL SCIENCE, ACADEMIA SINICA

(Summary)

The Hsi-Sha Islands are a part of the sacred territory of China. These Islands have excellent guano-phosphate and abundant productive potential. For reconstructing and safeguarding these Islands after the war against the foreign aggressors, the soils of these Islands have been surveyed and the mineralogical, physical, chemical, biological properties of soils were investigated.

The main characteristics of the soils on these Islands are its rich in phosphorus, which is mostly come from bird-guano. After the decomposition of organic phosphate, the gelatinous phosphate is formed and accumulated in soil. A large amount of phosphorus (from 10—30 percent) is contained in the top soil, thus the phospho-calcic soil—the typical soil of Hsi-Sha Islands is formed. The soils of these Islands are divided into seven subgroups and fifteen species according to the accumulation and eluviation of phosphorus in the soil. It was found that about 200 species of plants

**Soil Classification of Hsi-Sha Islands**

Group	Subgroup	Species
Phospho-calcic soil	Hardpan phospho-calcic soil	Gravelly hardpan phospho-calcic soil Sandy hardpan phospho-calcic soil Light cloddy phospho-calcic soil Compact cloddy phospho-calcic soil
	Normal phospho-calcic soil	Normal phospho-calcic soil with deep organic horizon Normal phospho-calcic soil with middle organic horizon Normal phospho-calcic soil with thin organic horizon
	Fragmental phospho-calcic soil	Fragmental phospho-calcic soil with high organic matter content Fragmental phospho-calcic soil with middle organic matter content Fragmental phospho-calcic soil with low organic matter content Rocky fragmental phospho-calcic soil
	Gleyed phospho-calcic soil	Gleyed phospho-calcic soil
	Cultivated phospho-calcic soil	Cultivated phospho-calcic soil
	Young phospho-calcic soil	Young phospho-calcic soil
	Salinized phospho-calcic soil	Salinized phospho-calcic soil
Coastal solonchak	Coastal solonchak	Coastal solonchak
	Coastal boggy solonchak	Coastal boggy solonchak

had been grown up on this soil vigorously.

From the viewpoint of fertilizer, the phospho-calcic soil is in itself a good fertilizer as guano-phosphate. The phospho-calcic soils contain a large amount of phosphorus which is more available than calcium maganesium phosphate, and they are rich in organic matter and nitrogen as well; therefore, they are considered as the high grade of phosphatic fertilizer resources. However, these phosphatic fertilizers were plundered by the imperialists before liberation, and now are exploited resonably by Chinese peoples under the leadership of the Communist Party of China. It is estimated that the total reserves of these fertilizers are more than one million tons.

Because the soil is sandy and rich in phosphorus and lime (calcium carbonate ranging from 50 to 95 percent), some trace elements such as Fe, Mn, Cu, Zn and others are insufficient and less available for some plants, which are susceptible to the deficiency diseases of nutrition, especially in the growth period of crops. According to the chemical properties of the soil and the agricultural experiences of the local peoples, it has been recommended that the soil would be improved by mixing it with the lateritic soils of Hainan Island, which are acid, clayey and rich in trace elements as mentioned above.

Contents of Phosphates in Soils of Hsi-Sha Islands

Location Depth (cm)		Chao-Shu Island			East Island				East Island (new guano)
		2—14	14—24	24—36	0—15	15—25	25—40	76—100	2—15
Absorbed phosphate (1.0 N $\text{NH}_4\text{Cl}$ )	( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) %	0.048	0.016	0.034	0.844	0.102	0.090	0.022	0.410
	in T. P %	0.38	0.07	0.11	3.25	0.48	0.68	2.24	4.08
Iron and aluminum phosphates (0.1 N $\text{NaOH}$ )	( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) %	0.024	0.030	0.018	0.773	0.017	0.027	Tr	0.682
	in T. P %	0.19	0.13	0.06	2.96	0.08	0.21	—	6.79
Occluded phosphate	( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) %	0.067	0.114	1.23	2.80	Tr	Tr	Tr	1.21
	in T. P %	0.53	0.48	4.01	10.74	—	—	—	12.04
Ammonium citrate extractable phosphate	( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) %	4.67	8.55	12.41	13.78	10.57	5.60	0.54	5.69
	in T. P %	37.09	35.88	40.48	52.84	49.74	42.46	55.10	56.62
0.5 N $\text{H}_2\text{SO}_4$ extractable calcium phosphate	( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) %	6.93	14.01	16.32	6.38	9.57	6.65	0.33	1.89
	in T. P %	55.04	58.79	53.23	24.46	45.04	50.42	33.67	18.81
Sum	( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) %	11.74	22.72	30.01	24.58	20.26	12.37	0.89	9.88
	in T. P %	93.25	95.34	97.88	94.25	95.34	93.78	91.02	98.34
Total phosphorus (T. P)	( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) %	12.59	23.83	30.66	26.08	21.25	13.19	0.98	10.05

## Contents

- I. The Natural Conditions
  - (A) Climate
  - (B) Geology and topography
  - (C) Hydrologic regime
  - (D) Activities of birds
  - (E) Vegetation types
- II. The Processes of Soil Formation
  - (A) Biological accumulation and decomposition
  - (B) Salinization and desalinization
  - (C) Phosphorus accumulation and leaching
- III. The Soil Resources
  - (A) Soil classification
  - (B) Soil distribution
    - a. General distribution
    - b. Special distribution
    - c. Characteristics of distribution of hardpan
  - (C) The Soil properties
    - a. Texture
    - b. Clay minerals
    - c. Chemical characteristics
    - d. Humus
    - e. Microorganisms
  - (D) Soil types
    - a. Hardpan phospho-calcic soils
    - b. Normal phospho-calcic soils
    - c. Fragmental phospho-calcic soils
    - d. Gleyed phospho-calcic soils
    - e. Cultivated phospho-calcic soils
    - f. Young phospho-calcic soils
    - g. Salinized phospho-calcic soils and coastal solonchak
- IV. The Guano-Phosphate
  - (A) Evaluation of its quality
  - (B) Major types
  - (C) Assessment of its reserve
- V. The Productive Potentialities
  - (A) Present-day land utilization
  - (B) Some problems
  - (C) Fertilization and amelioration of soils

## TABLE DES MATIÈRES

- I. Des Excellentes Conditions Naturelles
  - 1. Caractéristiques de clima
  - 2. Topografie et géologie
  - 3. Hydrologie
  - 4. Activité des oiseaux
  - 5. Types de végétation
- II. Pédogenèses Actives
  - 1. Accumulation et décomposition des vivants
  - 2. Salinization et de-salinisation
  - 3. Accumulation et lessivage de phosphore
- III. Ressource des divers sols
  - 1. Types de sol
  - 2. Distribution de sol
    - a) Distribution des îles générales
    - b) Distribution des îles spéciales
    - c) Caractéristiques de distribution des cuirasses (hardpan)
  - 3. Propriétés des sols
    - a) Texture
    - b) Argiles
    - c) Caractéristiques chimiques
    - d) Humus
    - e) Micro-organisme
  - 4. Types de sol
    - a) Sol phospho-calcaire et cuirassé
    - b) Sol phospho-calcaire
    - c) Sol phospho-calcaire et caillouteux
    - d) Sol phospho-calcaire et gleylisé
    - e) Sol phospho-calcaire et cultivé
    - f) Sol phospho-calcaire et faiblement évolué
    - g) Sol phospho-calcaire et salin, sol salin et cotier
- IV. Guano de Bonne Qualité
  - 1. Qualification
  - 2. Variétés principales
  - 3. Quantité
- V. Enorme Potentialité de Production
  - 1. Utilisation présente
  - 2. Problèmes
  - 3. Fertilization et amélioration de terre avec des sols transportés

## Содержание

- I. Условия почвообразования
  1. Климат
  2. Геология и рельеф
  3. Гидрологический режим
  4. Поведение птиц
  5. Растительность
- II. Процессы почвообразования
  1. Биологические аккумуляция и разложение
  2. Засоление и расоление
  3. Аккумуляция и выщелачивание фосфатов
- III. Характеристики почвы
  1. Классификация почв
  2. Распространение почв
    - а. Общая закономерность распространения
    - б. Особая закономерность распространения
    - в. Распространение орштейнов
  3. Свойства почвы
    - а. Механический состав
    - б. Глинистые минералы
    - в. Химические свойства
    - г. Гумусы
    - д. Микроорганизмы
  4. Типы почв
    - а. Орштейновые фосфато-известковые почвы
    - б. Обыкновенные фосфато-известковые почвы
    - в. Скелетные фосфато-известковые почвы
    - г. Глеевые фосфато-известковые почвы
    - д. Культурные фосфато-известковые почвы
    - е. Прimitивные фосфато-известковые почвы
    - ё. Засолённые фосфато-известковые почвы и приморские солончаки
- IV. Гуано-фосфорит
  1. Оценка качества
  2. Виды
  3. Приблизительный расчёт количества
- V. Потенциальная продуктивность земельных ресурсов
  1. Использование земельных ресурсов
  2. Некоторые вопросы
  3. Окультуривание и мелиорация почв

