

海南島西南部生物化学地理*

唐永鑾 覃朝鋒 易紹楨 謝永泉

曾水泉 庄永年 吳三保

(地理系)

一 生物化学地理基本特点

海南島西南部(由昌江至黃流)气候炎热,年均温在 24°C 以上,日均温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温超过 9000° 。年雨量1000至1300毫米,80%集中夏半年(5—10月),冬半年(11—4月)异常干燥,蒸发量为雨量的2至4倍。全年蒸发量为雨量的1.5—2.3倍,水热系数为1.1—1.5,气候干热。因而物质风化淋溶远比海南島东南、东北为弱,不特碱土金属沒有大量淋失,仍含一定碱金属,代換性阳离子以 Ca^{++} 、 Mg^{++} 居优势,风化壳属铝铝化类型。

在上述水热条件下,原生植被应为干性热带落叶季雨林。由于长期人类活动,现状植被为砂生草原、热带稀树干草原,有刺灌丛和乔灌林。一般分布疏密。組成成分較单纯,結構简单。每年进入生物循环中的植物殘遺物远比海南島其他部分少,生物循环的规模也沒有那样大而复杂,限于近地面大气层、植物群落和土壤之間物质交換。常在好气条件下轉化,植物殘遺物迅速分解,土壤中累积腐殖质很少(0.3—1.6%),物质轉化的速度却相当迅速。

由于物质淋溶不强,海潮和海风又带来一定盐分。在参加生物循环的元素中,以Na、K、Ca、Mg等最为活跃,常构成中性和微碱性环境,有利于鋁硅酸盐次生粘土矿物的合成,所以土壤中主要粘土矿物为高岭土和伊利石。

由沿海至內陆,自然条件成有規律更替(图1),地势逐渐上升,由濱海砂堤→台地(8—15, 20—25, 30—50米)→丘陵→山間盆地→山地。因此,热量至海南島內部略有减少,雨量显著增加,由不足1000毫米增至1400毫米,水热系数由1.2增至1.7,輻射干燥指数由1.0—1.5下降为0.8,由半干旱型轉变为半湿润型(图2)。从而风化淋溶强度逐渐增加,碱金属、碱土金属含量逐渐减少,风化壳由中性铝铝化阶段进入硅铝化阶段,漸出現富铝化过程。土壤由濱海砂土和濱海沼泽化盐土更

替为紅褐土，至間山盆地为褐色磚紅壤性土。現狀植被由沙生草原和盐生草甸更替为次生热带稀树干草原、有刺灌丛灌木林和次生热带落叶季雨林。

生物化学地理过程自沿海至內陆相应有明显变化。

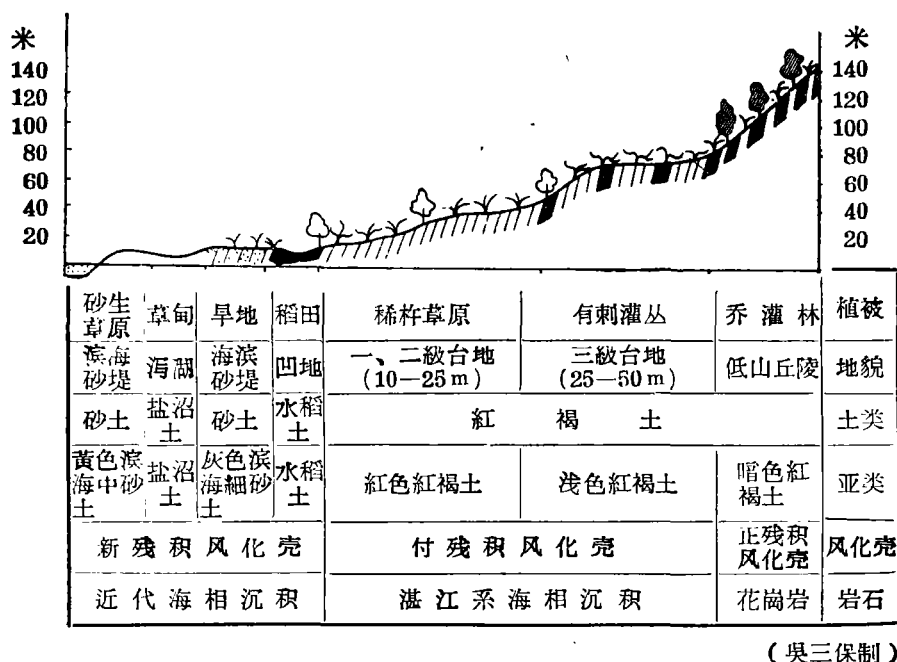


图1. 植被、地貌与土壤风化壳、岩石之間的关系示意图

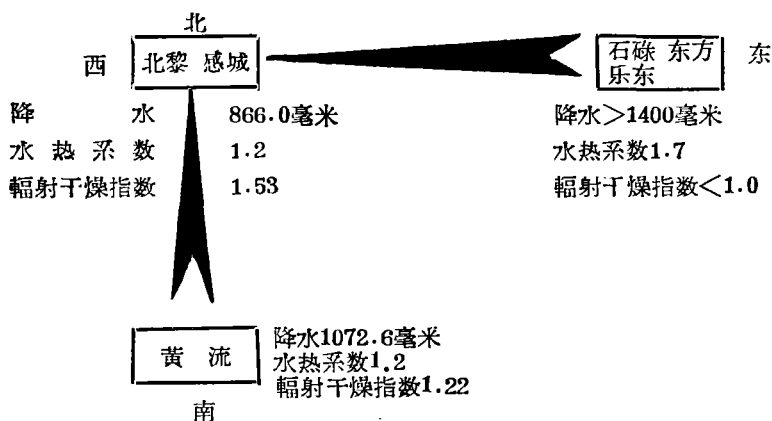


图2. 由沿海至內陆水分变化示意图

在土壤表层的主要組成元素中, Si, Na, Mg 自沿海至內陆减少, Fe, Al, Ca 却有增加的趋向 (图3), 此由于盐基淋溶作用, Fe 的热力聚集作用、Ca 的生物聚集作用均自沿海至內陆增强。富鋁化和脫硅作用至內陆逐渐明显。其中紅色紅褐土含 Fe 最多, 由于热力聚集最强, 暗色紅褐土含 Na 較高, 可能由于花崗岩 风化物中遺留长石較多所致, Mg 含量高, 由于含云母較多。

植物灰分含量一般自沿海至內陆减少。濱海砂生草原和盐生草甸的植物灰分含量一般为 8—10% 以上, 其中 15 种 22 个样品平均为 17.7%, 台地丘陵上热带稀树干草原, 有刺灌丛和灌木林的植物灰分含量, 一般为 1—4%, 平均 7—8%。在植物灰分元素中, 碱金属和碱土金属含量最高, 但自沿海至內陆减少, 此由于盐分来源逐渐减少, 盐基淋溶逐渐加强, Fe 的变化也有类似趋向, 却由于热力聚积作用, 趋于固定, 使它們轉为生物循环的数量减少。

若以群落优势种进行比較, 碱蓬 (*Suaeda australis*) 代表盐生草甸, 絲毛飘拂草 (*Fimbristylis sericea*) 代表砂生草原, 园叶刺針木 (*Flacourtia rukam*) 和木刺藤 (*Horrisonia perforata*) 代表有刺灌丛, 它們灰分元素組成 (图4) 能更細致反映盐基含量的差异, Na 的含量自沿海至內陆迅速减少, Ca, Mg 的含量略有增减。反映 Na 退出生物循环較快。Fe 的含量略有减少。

在植被和土壤間物质循环中, 碱金属的活动强度自沿海至內陆, 逐渐减弱, Na 表现特別明显, Na 的生物吸收累积系数 (表2) 由濱海至內陆减少。

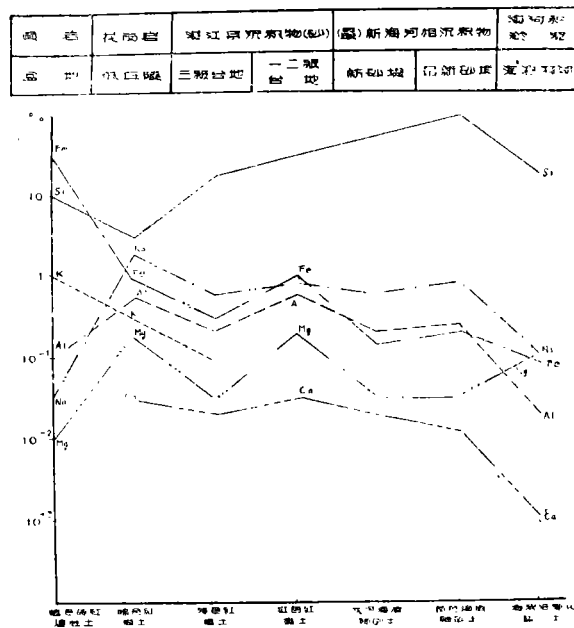
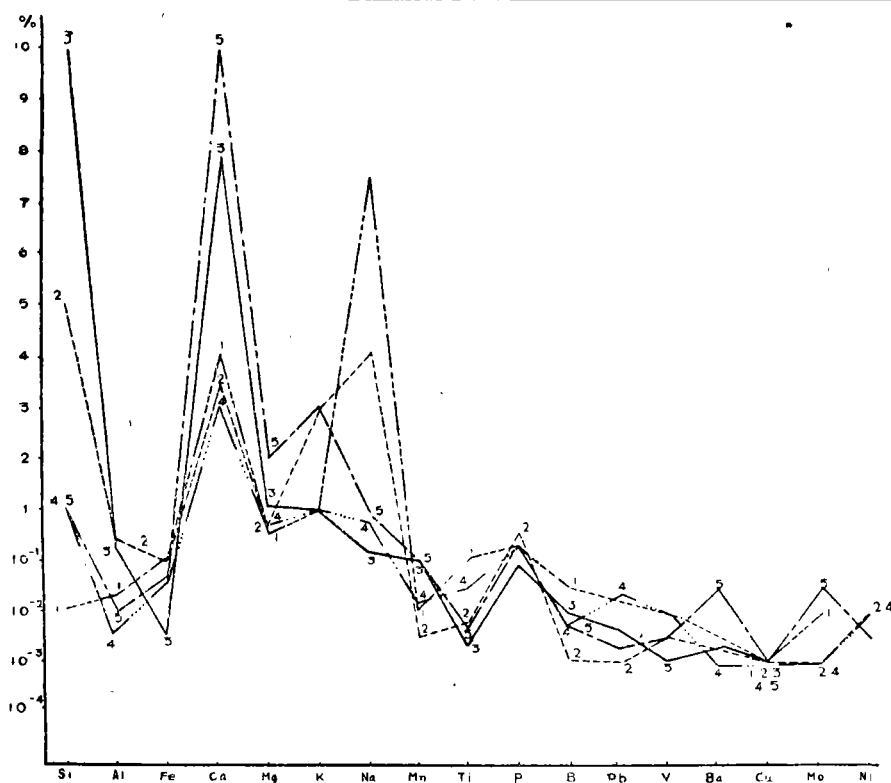


图3. 主要化学元素在不同土壤含量变化曲线图 (据光谱半定量分析)

表1. 海南島西南部自沿海至內陆不同植物群落的植物灰分含量及其組成(光譜半定量分析)

植 物 群 落	采集地 (灰分含 量%)	大 量 元 素 %	微 量 元 素 %
盐生草甸 (碱蓬)	八 所 港 口 (38.5)	Na > Ca > K > Mg·P·Ti·Fe 5—10 3—5 1 10 ⁻¹ —5·10 ⁻¹ > B·Al > Si·Mn·Mo·V 3·10 ⁻² —5·10 ⁻² 10 ⁻²	Sr > Cu 5·10 ⁻³ 3·10 ⁻³
砂生草原 (混合成分)	鶯歌海 (8.2)	Ca > Na·K > Si·Mg > Al 5 1—5 1 5·10 ⁻¹ —1 > Fe·P > Cu·B·Mn 10 ⁻¹ 10 ⁻² —5·10 ⁻²	V > Ti、Pb > Ba 10 ⁻³ —10 ⁻² 3·10 ⁻³ <10 ⁻³
稀树干 草 原	八 所 (19.0)	Na·K > Mg·Mn > Ca·Ti 1—5 5·10 ⁻¹ —1 10 ⁻¹ —5·10 ⁻¹ > Si·Fe > Al·B·Cu·Ni 5·10 ⁻² 10 ⁻² —5·10 ⁻²	V > Pb > Ba 10 ⁻³ —10 ⁻² 3·10 ⁻³ <10 ⁻³
有刺灌丛	黄流蠅 蝗水庫 (8.4)	Na、K、Ca > Mg、P、Ti 1—5 10 ⁻¹ > Al、B、Cu、Mn 10 ⁻²	Si、V > Pb > Fe 5·10 ⁻³ 3·10 ⁻³ <10 ⁻³
灌木林	黄 流 岭 头 (7.5)	Ca、Na、K > P、Mg、Ti 1—3 10 ⁻¹ > B > Si、Cu、Pb·Al·Mn 10 ⁻¹ —5·10 ⁻² 10 ⁻²	V > Fe 10 ⁻³ —5·10 ⁻² 10 ⁻³ —10 ⁻²



1.碱蓬 2.絲毛飘拂草 3.扭黄茅 4.木刺藤 5.圆叶刺针木

图4. 海南島西南部地区几种代表性植物矿物組成

表2. 海南島西南部生物吸收积累序列

地点	植被和土壤	植物群丛灰分元素含量% / 土壤表层元素含量%
东方盆地	落叶季雨林 褐色砖红壤性土	Ca > Na > Mg > B > Mn > Si, Fe > Cu, V, Al 2.7 × 10 ³ 1.4 × 10 ² 7.5 × 10 30 10 10 ⁻¹ 10 ⁻²
黄流金鸡岭岭头等	灌木林和有刺灌丛 暗色红褐土	Ca, B, Cu > Mg, K > Na, Ti, Mn > Al > Fe, Si 30-50 10-30 1-10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³
热水居便	有刺灌丛 浅色红褐土	Na > Ca > Mg, Mn > Ti, Fe > Al > Si 2.5 × 10 ² 1.3 × 10 ² 2 10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³
北黎	稀树干草原 红色红褐土	Ca > Mg > Al, Cu > Na > Mn > Ti > Si > Fe 10 ³ 10-10 ² 10 5 1-10 1-10 ⁻¹ 10 ⁻¹ 10 ⁻¹ -10 ⁻²
黄流	砂生草原 灰色滨海细砂土	Ca > Mg, Na > Cu, B, Mn > Fe, V > Si, Al, Ti 10 ² 5-50 10 10 ⁻¹ -1 10 ⁻¹
北黎四更	砂生草原 黄色滨海中砂土	Ca > Mg, Na > Cu > B, Mn, Al > Ti, V > Fe > Si 10 ² 1-10 ² 10 1-10 1 10 ⁻¹ -1 10 ⁻² -10 ⁻¹

Fe、Ti、Al、Si 也有一定数量轉入生物循环，惟随着 Fe 的热力聚积、脫砷和富鋁化过程加强，Fe、Ti、Al 的生物吸收累积系数自沿海至內陆减少。在古砂堤和第一、二級台地上，由于禾本科草本植物居于优势，促使 Si 大量轉入生物循环，至第三級台地和丘陵，Si 的作用渐减。Cu 的生物吸收累积系数特高，可能和紅褐土含銅較高有关。

由于水热状况和植被自沿海至內陆更替，进入生物循环的植物殘遺物逐渐增加，礦物質化作用略有減弱，腐殖質化作用有所增强，土壤腐殖質含量至內陆明显增多（图 5）。生物循环的规模和强度自沿海至內陆扩大。

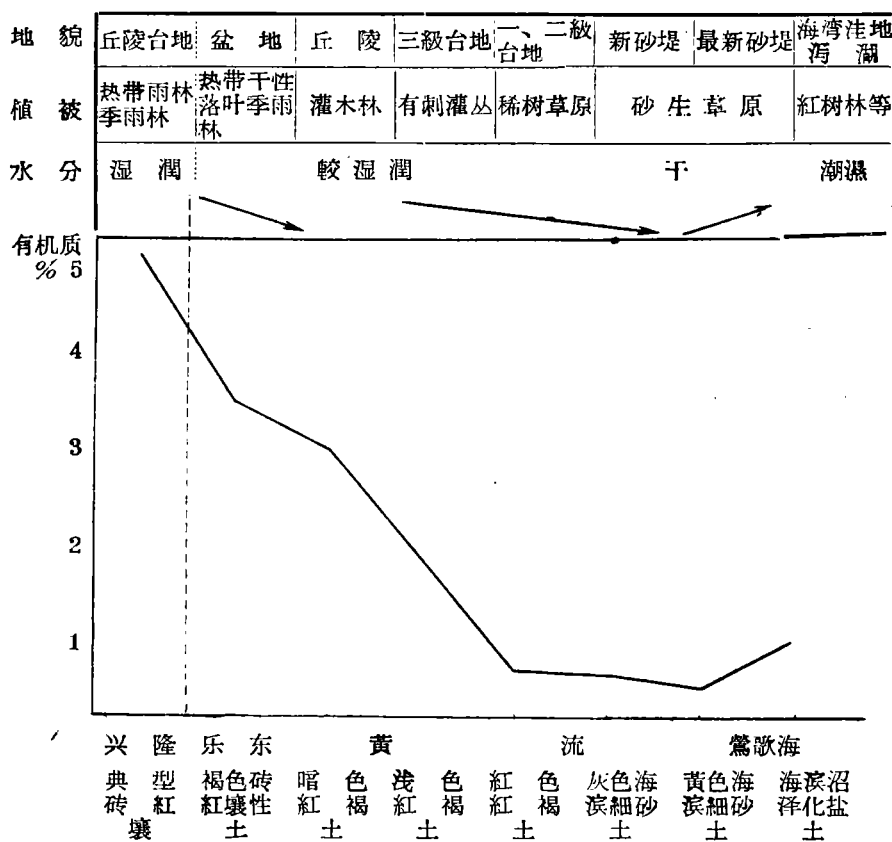


图5. 海南島西南部土壤有机质的变化规律与环境关系及与同緯度島东土壤有机质比較曲綫。

二 台地丘陵限区組

海南島西南部台地、丘陵限区組包括三个限区类型，各有不同生物化学地理特点。

1、乔灌木暗色紅褐土限区

本限区分布在丘陵地区，多由花崗岩构成。由于环境較湿润，风化淋溶較强烈，形成酸性硅鋁风化壳。其上发育暗色紅褐土。现状植被为次生热带落叶季雨林和灌木林，郁闭度大于85%，乔木有木棉（*Gossampinus malabarica*）、楫（*Albizia* spp）、酸豆（*Tamarindus indica*）、厚皮树（*Lannea grandis*）、鸡占（*Terminalia hainanensis*）、烏墨（*Syzygium Cumini*）等，林下灌木有大沙叶、洒餅勒（*Atalantia buxifolia*）等。

表 3 海南島西南部暗色紅褐土与灌木林灰分元素組成
及其含量%〔黃流岭头〕

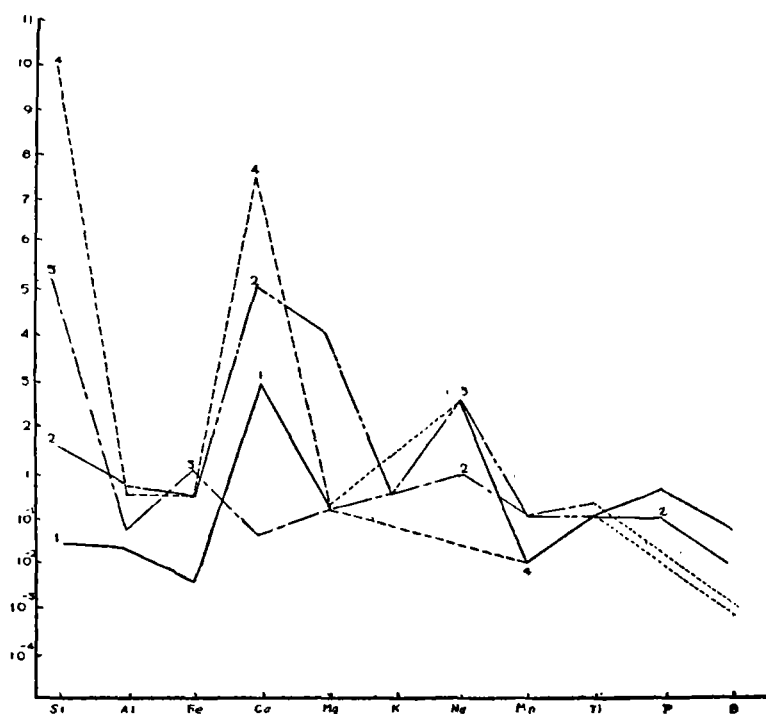
（分析者：謝永泉、覃朝鋒）

土壤上 混合植 物成分	灰分 7.45%	Na、K > Ca > P > Mg > Ti > B > Si > Cu 1—5 3.0 5.10 ⁻¹ 10 ⁻¹ — 5.10 ⁻¹ 10 ⁻¹ 10 ⁻¹ — 5.10 ⁻² 3.10 ⁻² — 5.10 ⁻² 10 ⁻² — 5.10 ⁻² > Pb、Al > Mn > Fe > V 3.10 ⁻² 10 ⁻² 10 ⁻³ — 10 ⁻² 10 ⁻²
枯枝落 叶层 (半分解 状态)	灰分 14.48%	Ca > Mg > Si > Na > Al > K > Fe > Mn 5.0 3—5 1—3 1.0 5.10 ⁻¹ 10 ⁻¹ — —1.0 1.0 5.10 ⁻¹ 10 ⁻¹ — 5.10 ⁻¹ > Ti、P > B > Cu > Ni、V > Pb > Ba 10—10 ⁻² 10 ⁻² 10 ⁻² — 5.10 ⁻² 10 ⁻³ —10 ⁻² 3.10 ⁻³ < 10 ⁻³
土层	0—10 厘米	Si > Na > Fe > Al > K > Mg > Mn > V 5.0 1—5 1 5.10 ⁻¹ 10 ⁻¹ — —1.0 1.0 10 ⁻¹ — 3.10 ⁻¹ 10 ⁻¹ 10 ⁻³ — 10 ⁻² > Ni > Ba > Cu 10 ⁻³ < 10 ⁻³ 10 ⁻⁴ —10 ⁻³
	0—20 厘米	Si > Ca > Fe > Al、Mg > Ti > Na > Mn > 10 5—10 10 ⁻¹ — 1.0 5.10 ⁻¹ 10 ⁻¹ 5.10 ⁻² 10 ⁻² > V > B > Cu 5.10 ⁻³ 10 ⁻³ 10 ⁻⁴
植物群丛灰 分元素含量		Ca、Cu、B > K > Na、Mg、Ti、V > Mn > Al > Si 3.0—10 ⁻² 1—50 1 10 ⁻¹ 10 ⁻¹ — 10 ⁻² 10 ⁻²
土壤表层元素含量		> Fe 10 ⁻² —10 ⁻³

植物群丛灰分元素含量	K, P > B > Na > Cu, V > Ca > Mn, Ti > Mg, Fe						
枯枝落叶灰分元素含量	1-50	1-10	1-5	1	10 ⁻¹ -1	10 ⁻¹	10 ⁻¹ -3·10 ⁻²
土壤表层元素含量	> Si						
	10 ⁻² -5·10 ⁻²						
枯枝落叶灰分元素含量	Ca > Cu > Mg > B > Al, Ti, Mn, V > Fe, Si						
土壤表层元素含量	50-10 ²	10-10 ²	50	10	1		10 ⁻¹

本限区植物灰分含量(11个样品7种灌木、乔木平均)为4.4%，其組成元素以K、Na、Ca含量最多，其次为P、Mg、Ti等。它們强烈从土壤吸收这些元素，对Cu、B也有明显吸收(表3)。当枯枝落叶进入地表后，K、P、B、Na有較明显迁移，Ca、Mg、Fe、Mn、Si等含量相对增大。土壤中发生Ca、Mg生物累积(表3)(图6)，因此，土壤吸收复合体中始終以Ca⁺⁺、Mg⁺⁺居优势，在生物循环中处于重要位置。Cu、B也有生物累积。Al、Si和Fe、Mn、Ti等有少量轉入生物循环，其中Ti比較突出，在灰分中几与P相近。

N素等生物累积作用已較明显，土壤腐殖质含量达1.5—2.8%，C/N比值为10—11。



1—灌木林混合成分； 2—枯枝落叶； 3、4—暗色紅褐土(0—10, 10—20厘米)

图6 海南島西南部黃流岭头植物、土壤元素組成关系曲线

2、有刺灌叢淺色紅褐土限区

本限区包括第三級台地。现状植被为有刺灌丛。常見木刺藤+园叶刺針木+酒餅勒+白花声-珍珠茅+飞机草群丛和园叶刺針木+木刺藤+魯花+沙基克来当-毒刺木群丛以及鸡占+园叶刺針木+沙基克来当+长勒木+酒餅勒群丛。植物群丛混合成分的灰分含量約为8.3%(黃流螞蝗水庫),以Na、K、Ca含量最多,Mg、P、Ti次之(表4)。不同植物灰分有一定差异,如木刺藤(*Horrisonia perforata*)为4.8%,长勒木(*Gymnosporia diversifolia*)不过3%。植物不同器官也有較大差异,如螞蝗水庫长勒木果叶灰分量为4.4%,其灰分元素組成:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Fe} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na, P, Si} > \text{Al, Mn} > \\ 5 & 1 & 10^{-1}-1 & 3 \cdot 10^{-2}-10^{-1} & 10^{-2} & & \\ > \text{B, Ti, Ni} > \text{Pb, Ba, V} > \text{Cu} & & & & & \\ 3 \cdot 10^{-3}-10^{-2} & & & 10^{-3} & & 10^{-4} & \end{array}$$

其中Fe的含量最多,与叶綠素和果皮的色素形成有关。刺的灰分含量为1.5%,其灰分元素組成以K最高:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{K} > \text{Fe} > \text{Ca} > \text{Mg, Na} > \text{P, Mn, Ti} > \text{Al, V} \\ \geq 10 & 5 & 1 & 5 \cdot 10^{-1} & 10^{-1} & 10^{-2} & \\ > \text{B, Si, W} > \text{Sn, Cu, Mo} & & & & & \\ 10^{-3}-10^{-2} & & & 10^{-3} & & & \end{array}$$

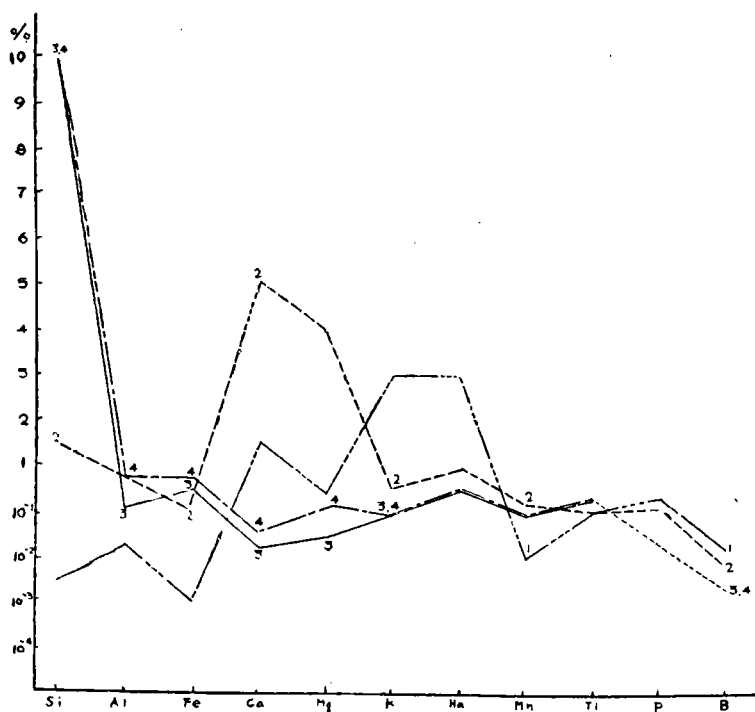
和暗色紅褐土上灌木林比較,灰分量較大,其中Na、K、Ca含量較高,B、Si含量較少,常退居微量元素之列。某些植物Fe的含量特高。

表4 海南島西南部黃流螞蝗水庫淺色紅褐土和有刺灌丛灰分的光譜半定量分析
(分析者:謝永泉、覃朝鋒)

項 目	灰分元素組成生物吸收、迁移、累积系列						
植物群丛混合成分 (灰分8.38%)	Na, K, Ca > Mg, P > Ti > Al, B, Cu, Mn > Si, Fe, V, Pb						
	1-5	3·10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³		
枯枝落叶层 (灰分 19.02%)	Ca > Mg > Si, K > Na, Al > P, Mn, Fe, Ti > B, Cu > V						
	5·0	3-5	1-3	10 ⁻¹ -1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻² -10 ⁻³
淺色紅褐土 3-27厘米	Si > Na > Fe, Al, Mn, Ti > Mg > Ca > B > Cu						
	>10	10 ⁻¹ -1	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻³ -10 ⁻⁴
35-45厘米	Si > Na, Fe, Al > K, Mg, Mn, Ti > Ca > V > B > Cu						
	>10	10 ⁻¹ -1	10 ⁻¹	10 ⁻¹ - 10 ⁻²	10 ⁻² - 10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³ -10 ⁻⁴

淺色紅褐土 45 厘米以下	Si > Na, Fe, Al > K, Mg, Mn, Ti > Ca > V > B > Cu ≥ 10 $10^{-1}-1$ 10^{-1} $10^{-1}-10^{-2}$ $10^{-2}-10^{-3}$ 10^{-3} $10^{-3}-10^{-4}$
植物群從灰 分元素含量	Ca > Cu > B > Na, Mg > Ti > Al, Mn > Fe > Si 10^2- $10-10^2$ 10 1-10 1 10^{-1} 10^{-2} 10^{-4} $5 \cdot 10^2$
土壤表层元素含量	
植物群從灰 分元素含量	Na > K, P, B > Ti, Cu > Ca > Mn > Al, Mg > Fe 1-50 1-5 1 $10^{-1}-1$ 10^{-1} $10^{-1}-10^{-2}$ 10^{-2}
枯枝落叶灰 分元素含量	> Si $10^{-3}-10^{-4}$
枯枝落叶灰 分元素含量	Ca > Cu, Mg > K, B > Al > Na, Fe, Ti, Mn > Si 5-10 ² 10-10 ² 10 1-10 1 3·10 ⁻¹
土壤表层元素含量	

每年进入生物循环的植物殘遺物远比前一限区少, 并且在好气条件下进行轉化, 物質循环却較迅速, 地面枯枝落叶很少, 土壤腐殖質含量很低(1.6%)。



1. 有刺灌丛混合成分 2. 枯枝落叶层 3, 4 淺色紅褐土 (3-27, 35-45 cm)

图7 海南島西南部黃流螞蝗水庫植物枯枝落叶、土壤之矿物元素組成

在生物循环中, 仍以 Ca、Na、K、Mg 等較活跃。Ca、Mg、和 K、Cu、B 生物累积作用十分明显 (表 4、图 7), 土壤盐基饱和度很高 (90%), 溶液反应接近中性 (PH6.6), 有利于粘土化过程进行。矿物組成为中性硅铝化类型。

3、热带稀树干草原——紅色紅褐土限区

本限区包括濱海第一級和第二級台地。由湛江系組成, 其土风化物处于中性硅铝化阶段。土壤为紅色紅褐土。现状植被为热带稀树干草原和撩荒草原。常見扭黄茅—华三芒—蜈蚣草—松叶耳草—轉轉草群丛 (Heteropogon Contortus—Aristida chinensis + Eremochloa Ciliaris—Oldenlandia pinifolia + Fimbristylis Associtio); 扭黄茅—密穗画眉草 (Eragrostis cylindrica) + 茅根 (Perotis indica) —轉轉草群丛, 华三芒—茅根+轉轉草群丛。分布非常稀疏, 盖度不到30%。进入生物循环的植物殘遺物很少。由于气候干热, 土壤自然含水量不过 3%, 心土12%, 物質常在小气条件轉化, 土壤腐殖质累积很少, 不过1.0—1.5%。

由于植被的更替。灰分元素在生物循环中作用和前两限区有較大不同。禾本科草本植物成为群落中主要組成成分, Si 在生物循环中起着主要作用, 它在生物体内起着各种机械作用, 增强韌性, 提高抗病能力, 也可能帮助磷的轉化, 代替磷部分功能。Ca、Mg等退居第二位。例如扭黄茅、蜈蚣草、华三芒灰分組成可以看出, Si 的含量达3—10% (表 5)。

表5. 海南島西南部扭黄茅、蜈蚣草、华三芒的灰分光谱半定量分析
(分析者: 謝永泉、覃朝鋒)

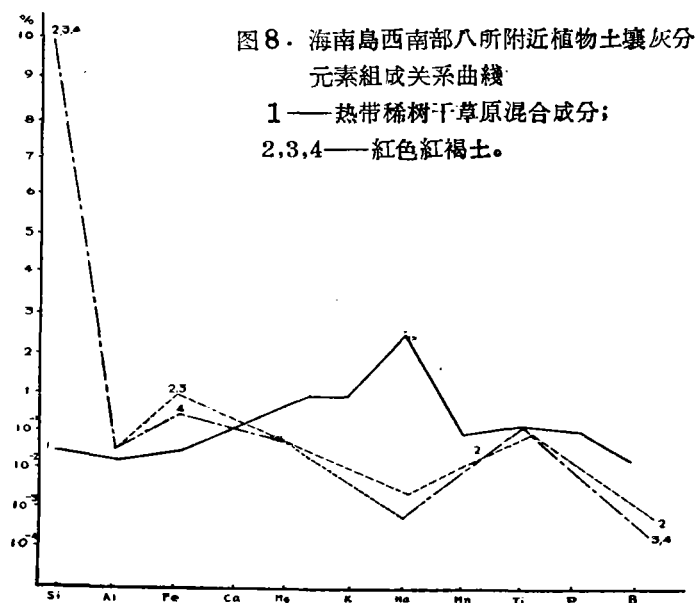
植 物	炭分%	灰 分 元 素 組 成
扭黄茅	5.3	$Si \geq Ca > K, Mg > Al, Na, P, Mn > B$ $\geq 10 \quad 5-10 \quad 1 \quad 10^{-1}-5 \cdot 10^{-1} \quad 10^{-2}$ $> Fe, pb > Ti, Ba, V, Cu$ $10^{-2}-10^{-3} \quad 10^{-3}$
蜈蚣草	10.3	$Si > Fe > Ca > K, Na > Mg > P, Ti$ $3 \quad 1-5 \quad 1-3 \quad 1 \quad 5 \cdot 10^{-1}-1 \quad 10^{-1}$ $> Mn, B, V > Cu, Mo, Ni$ $10^{-2} \quad 10^{-3}$
华三芒	9.5	$Si > Ca > Mg, Na > Al, Ti > P > V, Fe, Mn$ $\geq 10 \quad 10^{-1}-1 \quad 3 \cdot 10^{-1} \quad 10^{-1} \quad 10^{-2}-10^{-1} \quad 10^{-2}$ $> B, Sr > Ba, Cu$ $10^{-2}-10^{-3} \quad 10^{-3}$

由茅根、黄細心、紆毛飘拂草、沙地粘头婆、东方金发草混合分析, Si 仍属大量元素之列, 突出表现和前两限区不同 (表 6、图 8)。

表6 海南島西南部八所東7.5公里十字路旁熱帶稀樹干草原和紅色紅褐土
灰分元素的光譜半定量分析(%) (分析者: 謝永泉、覃朝鋒)

項 目	灰分元素含量%和生物吸收累積系列
熱帶稀樹干草原混合成分 (灰分19%)*	$\text{Na} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Ca, Ti, P} > \text{Mn, Fe}$ $1-5 \quad 1.0 \quad 10^{-1}-1 \quad 10^{-1}-5 \cdot 10^{-1} \quad 10^{-1}-10^{-2}$ $> \text{Si, Al, B, Cu} > \text{V}$ $10^{-2}-5 \cdot 10^{-2} \quad 10^{-2}-10^{-3}$
紅色紅褐土 0—16厘米	$\text{Si} > \text{Fe} > \text{Ti} > \text{Mg, Al} > \text{Mn, Na}$ $> 10 \quad 1 \quad 10^{-1} \quad 5 \cdot 10^{-2}-10^{-1} \quad 10^{-2}$ $> \text{B, V} > \text{Cu}$ $10^{-3} \quad 10^{-4}$
25—30厘米	$\text{Si} > \text{Fe} > \text{Ti} > \text{Mg, Al} > \text{Mn} > \text{Na}$ $> 10 \quad 1 \quad 10^{-1} \quad 5 \cdot 10^{-2}-10^{-1} \quad 10^{-2} \quad 10^{-2}-10^{-3}$ $> \text{B, V} > \text{Cu}$ $10^{-3} \quad 10^{-4}$
40—45厘米	$\text{Si} > \text{Fe} > \text{Ti} > \text{Mg, Al} > \text{Mn} > \text{B, V} > \text{Cu}$ $> 10 \quad 10^{-1}-1 \quad 10^{-1} \quad 5 \cdot 10^{-2}-10^{-1} \quad 10^{-2} \quad 10^{-3} \quad 10^{-4}$
植物灰分元素含量% 土壤表層元素含量%	$\text{Na, Cu, Mg} > \text{B} > \text{Mn, V} > \text{Ti} > \text{Al}$ $10^2-5 \cdot 10^2 \quad 10-50 \quad 1-10 \quad 1-5 \quad 10^{-1}$ $> \text{Fe} > \text{Si}$ $10^{-1}-10^{-2} \quad 10^{-3}-5 \cdot 10^{-3}$

*植物混合成分: 茅根、黃細心、纖毛飄拂草、沙地粘頭葵、東方金髮草。



由于距海較近，海风带来一定盐分，Na 在生物循环中起着較大的作用，土壤有較明显 Na 生物累积。但在雨季中，Na 又迅速淋失，故土壤中含 Na 仍然不多。Ca、Mg、K 生物累积較前两限区为弱，Cu、B 累积仍較明显。因此表层盐基饱和度較低，約60%，但自表层往下迅速增大，40厘米以下底土中，高达90%。

三 滨海砂堤限区組

本限区組包括滨海新老砂堤。由昌江一直至黄流。海拔 10—27 米，寬300—1000米，个别地区寬达3—4公里（如鶯歌海北丹村和四更）。由近代海相沉积砂組成。按照其形成先后和固定情况，常分流动、半固定和固定沙荒（图 9）。

流动沙荒分布在沙堤前沿，由粗砂組成，常随风移动。其上植被异常稀疏，盖度不过5%。主要为厚藤+白背荆+鬘刺+蔓萵苣群丛（*Ipomoea pes-caprae*+*Vitex trifolia*+*Spinifex littoreus*+*Laetuca repens* Associatio）。由于經常受海潮海风影响，同时蒸发强烈，盐分上升，Na 在生物循环中起着突出作用，其次为鈣、鎂、鉀。如厚藤灰分中含 Na 达10%，白背荆果叶灰分中为1%（表 7）。

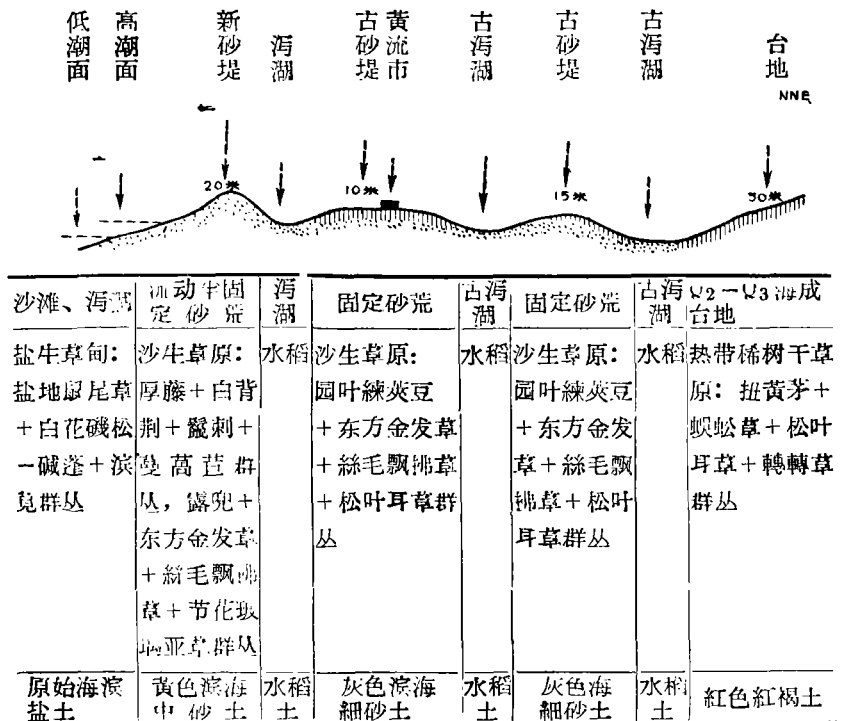


图9. 海南島西南部黄流市附近綜合自然地理剖面图。

表7. 海南島西南部滨海厚藤白背刺灰分的光譜半定量分析

(分析者: 謝永泉、覃朝鋒)

植 物	采集地	灰分%	灰 分 元 素 組 成%
厚 藤	四 更	7.3	$\text{Na} > \text{K} > \text{Ca} > \text{P} > \text{Mg, Ti} > \text{Si}$ $10 \quad 5-10 \quad 3 \quad 5 \cdot 10^{-1} \quad 10^{-1} \quad 10^{-1}-10^{-2}$ $> \text{B, Al, Mn} > \text{Fe, Cu} > \text{MO}$ $10^{-2} \quad 10^{-2}-10^{-3} \quad 10^{-3}$
白背刺	黃 流	6.9	$\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na, K} > \text{Si} > \text{P, Ti, Fe}$ $3 \quad 1-3 \quad 1 \quad 10^{-1}-1 \quad 10^{-1}$ $> \text{Al, B, Mn} > \text{Cu, MO}$ $10^{-2} \quad 10^{-3}$

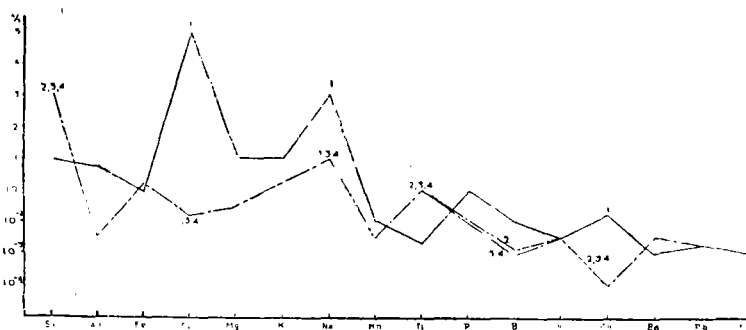
半固定砂荒為較老砂堤,砂丘漸趨固定。現狀植被為露兜樹+東方金發草+海濱莎+絲毛飄拂草+芎花玻璃亞草群叢(*Pandanus tectorius*+*Chrysopogon orientalis*+*Remirea maritima*+*Fimbristylis Sericea*+*Borreria articularis* Associatio), 蓋度約30%。進入生物循環的物質遠比流動砂荒多,且多為地上綠色部分(地上綠色部分為地下部分的7倍,流動砂荒植物地上部分僅及地下根系1/2),Ca、Mg、K在生物循環中漸居主導地位,Na次之。此外由於大量禾本科和莎草科草本植物參預,Si大量轉入生物循環。Fe、Al、Ti、Mn等元素在生物體中也有一定含量,例如東方金發草中,Si、Ca、K、Na均占2%,Mg占1%,Fe、Al、Ti和B、P一樣,均占 $10^{-1}\%$ 、Mn占 $10^{-2}\%$,海濱莎、絲毛飄拂草有類似組成(表8)。

表8. 滨海砂堤植物灰分光譜半定量分析(%) (分析者: 謝永泉、覃朝鋒)

植 物	采集地	灰分量%	灰 分 元 素 組 成
海濱莎	鶯歌海	8.98	$\text{Si} > \text{Ca, K} > \text{Mg, Na, Fe} > \text{Al, P} > \text{Mn} > \text{B}$ $\text{Zn} \quad 1-3 \quad 10^{-1}-1 \quad 10^{-1} \quad 10^{-1}-10^{-2} \quad 10^{-2}$ $> \text{Cu, Ti, Zn}$ $10^{-2}-10^{-3}$
露兜樹	鶯歌海	6.8	$\text{Mg} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Ti} > \text{Na, Si, P} > \text{B, V} > \text{Al, Fe, Mn}$ $3 \quad 1 \quad 10^{-1}-1 \quad 10^{-1} \quad 10^{-1}-10^{-2} \quad 10^{-2} \quad 10^{-2}-10^{-3}$ Cu, Mo 10^{-3}
松葉耳草	同 上	11.9	$\text{Si, Ca} > \text{K, Fe} > \text{Na, Mg} > \text{Al, P, Mn, Ti} > \text{B, V, Zn}$ $5 \quad 1 \quad 10^{-1}-1 \quad 10^{-1} \quad 10^{-2}$ $\text{Cu, Pb, Ba, Mo, Co}$ 10^{-3}

絲毛飄拂草	鶯歌海	4.7	Na、>Ca>Si、K>Fe、Mg>P、MnTi>Al、B、Mo、Zn 5 3—5 3 10 ⁻¹ —1 10 ⁻¹ 10 ⁻² >Cu、W、Sr 10 ⁻³
東方金發草	黃 流	3.6	Si、Ca、Na、K> Mg > Al、Fe、P、Ti>B、Mn、V Sr> 3 5·10 ⁻¹ —1 10 ⁻¹ 10 ⁻² Cu、Mo、AS 10 ⁻³
白花紫丹	黃 流	14.4	Ca>Si > Na>Mg、P、Mn>Al、Fe、B、Ti>V、Cu 10 1—3 1 10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³
仙人掌	北 黎	10.0	Ca>Na、K、Mg>P、Fe、Al>Si、Mn>B、Ti、Ba> Cu >10 1—5 10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³ —10 ⁻² 10 ⁻³

群丛混合成分的灰分分析(表9)亦表明 Si、Ca、Mg、Na、K 起着主要作用。从生物吸收累积系列来看(表9、图10), Ca、Mg、Na、Cu 发生最强烈累积, B、Mn、Al 也有较强烈累积。在植物残遗物转化中, 土壤累积了少量有机质(0.3—1.6%); 同时由于砂粒粉碎作用, 毛管孔隙度增加, 提高了保水能力, 从而提高了土壤肥力, 使原始型滨海粗砂土转变为黄色滨海中砂土, 为进一步扩大生物循环创造了条件。

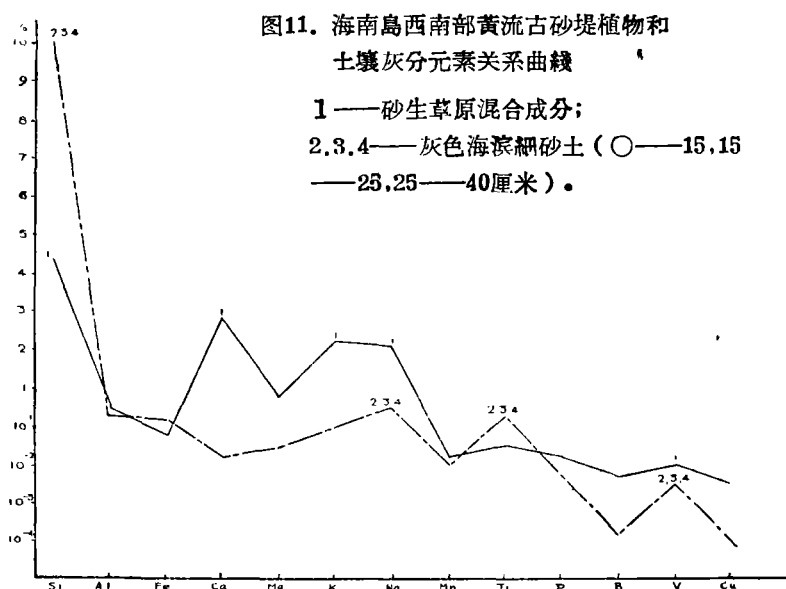


1——砂生草原混合成分;

2,3,4——黄色滨海中砂土(0—1.5, 5—15, 35—4厘米)

图10. 海南島西南部鶯歌海新砂堤植物和土壤灰分元素曲綫。

固定砂荒一般为古砂堤, 现状植被以园叶蒴荚豆+东方金发草+絲毛飄拂草—松叶耳草群丛为主。盖度在50%以上, 仍以Si、Ca、K、Na在生物循环中起着显著作用(表9、图11)。由于豆科植物进入, 固氮微生物的作用, 加速大气—土壤—植物之間氮素循环, 为土壤肥力提高和结构改善起着很大作用。



在砂堤之間和前沿低洼积水的地方，經常受海水浸淹，形成盐沼地，現狀植被以盐地鼠尾草+濱藜+碱蓬群丛 (*Sporobolus hancei* + *Sesuvium portulacastrum* + *Suaeda australis* Associatio) 为主。由于积水和土质含盐重， Na^+ 、 Mg^{++} 、 Cl^- 、 SO_4^{--} 和 Fe^{++} 、 Mn^{++} 等均相当活跃，物质生物循环和砂堤迥异。 Na 在生物循环中起着突出作用，其次为鈣、鉀。 Si 在生物循环中失去了重要位置。摄取 Fe 的数量增多 (表10、图12)。

表10. 海南島西南部海滨泻湖中植物灰分光譜半定量分析 (分析者: 謝永泉、覃朝鋒)

植 物	采集地	灰分%	灰 分 元 素 組 成 %
白骨壤	八所港門	10-12	$\text{Na} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg}, \text{P}, \text{Si} > \text{Fe}, \text{B}, \text{Ti} > \text{Mn}, \text{Al}$ $> 10 \quad 5-10 \quad 5 \quad 10^{-1}-1 \quad 10^{-2}-10^{-1} \quad 5 \cdot 10^{-2}$ $> \text{V}, \text{Cu} > \text{Mo}$ $10^{-3}-10^{-2} \quad 10^{-3}$
碱蓬	同 上	38.5	$\text{Na} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg}, \text{P}, \text{Fe}, \text{Ti} > \text{B}, \text{Al}, \text{Si}, \text{Mn}, \text{Mo}, \text{V}$ $5-10 \quad 3-5 \quad 1 \quad 10^{-1}-5 \cdot 10^{-1} \quad 10^{-2}$ $> \text{Sr}, \text{Cu}$ 10^{-3}
节 藜	同 上	31.2	$\text{Na} > \text{Ca}, \text{K} > \text{Mg}, \text{Si}, \text{P}, \text{Al}, \text{Ti}, \text{Fe} > \text{Mn}, \text{V}$ $> 10 \quad 1-5 \quad 10^{-1}-1 \quad 10^{-2}-10^{-1}$ $> \text{B}, \text{Mo}, > \text{Cu}$ $10^{-3} \quad 10^{-4}$

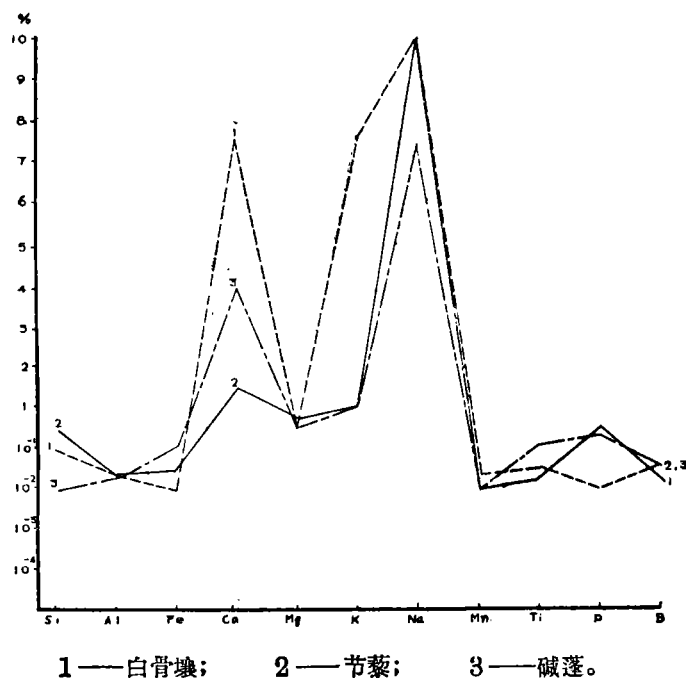


图12. 海南島西南部地区八所港門植物灰分元素組成

(光谱分析: 謝永泉、覃朝鋒、庄永年繪圖庄永年)

由于物质在嫌气条件下轉化, 土壤有机质累积特別强烈, 往往出现泥炭化过程。部分物质暂时退出生物循环, 生物循环速度延緩。

四 小 結

海南島西南部气候干热, 物质淋溶不强, 不单碱土金属沒有强烈淋失, 而且在土壤和风化壳中含有一定碱金属, 形成中性、微酸性硅铝化类型。同时海潮和海风还不断带来盐分。昌化江属于

$\text{HCO}_3^- - \text{SiO}_2 - \text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{SO}_4^{--}$ 和 $\text{HCO}_3^- - \text{SiO}_2 - \text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Ca}^{++}$ 水化学相。潜水一般属于 $\text{HCO}_3^- - \text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$ 和 $\text{SiO}_2 - \text{HCO}_3^- - \text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$ 水化学相。海滨为 $\text{Mg}^{++} - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{++}$ 和 $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{HCO}_3^-$ 水化学相。因而 Ca、Mg、Na、K 多量轉入生物循环, 形成植物灰分中主要組成元素。并在土壤中发生明显生物累积, Cu、B 累积也很明显。

由于植被稀疏, 结构简单, 进入生物循环物质数量和规模远比海南島其他部分小。但常在好气条件下轉化, 循环的速度較迅速。

自沿海至內陆由于自然条件呈有規律更替, 生物化学地理过程也有明显变化。轉入生物循环中的物质数量和規模逐漸增大, 漸趋复杂。Na 和 Si 在生物循环中所

起作用自沿海至內陆漸減, Ca、Mg、生物累积却增強; N 素轉入生物循环中数量逐漸增大, 土壤腐殖质累积量加多, 促使物质生物循环終年不断进行, 土壤肥力显著提高。

从这些特点看来, 本区矿物质养料相当丰富, 水分和有机质不足。发展生产, 首在解决水源和增添有机肥料。由于自沿海至內陆自然条件和生物化学地理过程有所差异, 利用时, 必须因地制宜。濱海首在解除 Na^+ 的危害和防风; 台地、丘陵在于解决灌溉水源和增施有机肥料, 加速生物循环。

• 文中图系由徐均祥、李瑩珊同志繪, 特此致謝。

Биогеохимический Ландшафт юго-запада хайнаня

Тан Юнь-луань, Чэн Чао-фын, И Шiao-цын, Се Юнь-цюань,
Цынь Шуй-цюань, Чжуан Юнь-нянь, У Сань-бао.

Юго-запад Хайнаня отличается жарким и засушливым климатом. как выветривание и выщелачивание, так и биогеохимические процессы проявляются сравнительно слабо. образуется скарлатанная кора выветривания, но в которой всегда содержатся определенное количество Са. Mg. K. Na. в обмене веществами между почвой и растительностью энергично проявляется основание. процесс биологического накопления Са. Mg. встречается в почве.

От побережья до внутренней части хайнаня, в природных условиях и процессе происходят закономерные изменения. Выветривание и выщелачивание и биогеохимические процессы постоянно нарастают.

В данных частях хайнаня можно выделить 2 типа био-геохимического урочища.

1. Тип урочища террасы и холма.
2. Тип урочища литоральной дюны.

Характерной чертой типа урочища террасы и холма являются Са. Mg., которые биогеохимическом процессе занимают значительное место. В типе урочища литоральной дюны Na всегда занимает первое место.

表9 海南島西南部流沙地植物和土壤灰分元素組成% (光譜分析) (分析者: 謝永泉、覃錦祥)

土 壤	采 集 地	采样深度 (厘米)	有机 质%	全氮 %	pH 值	灰 分 元 素 含 量 (光 谱 半 定 量 分 析) %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
						Si	Al	Fe	Ca	Mg	K	Na	B	P	Mn	Ti	V	Cu	Ni	Pa	Pb	Mo	植物主要组成成分																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
黄色海滨 中砂土	黄泥滩 海南沙堤 上	(砂荒草原) 0—1.5 4—15 35—45	1.62 0.32 0.36	0.51 6.2 6.2 6.2		0.1-0	5-10 ⁻¹	10 ⁻¹	0.5-0	0.1-0	0.1-0	1-5	0.10 ⁻²	0.10 ⁻¹	10 ⁻²	3-10 ⁻³	10 ⁻³ —10 ⁻²	10 ⁻² —5-10 ⁻¹	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	