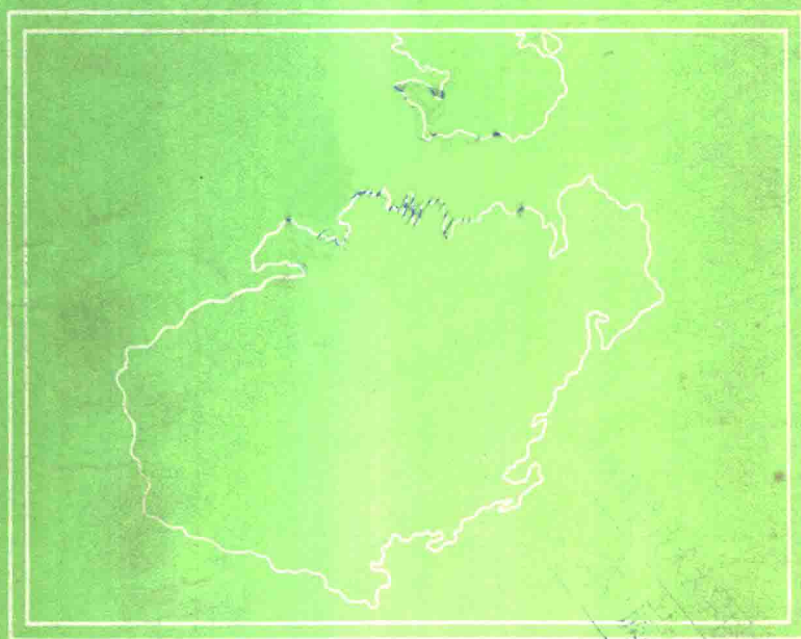


海南岛生态环境 质量分析与综合评价

董汉飞 曾水泉主编



中山大学出版社

海南岛生态环境 质量分析与综合评价

董汉飞 曾水泉主编

中山大学出版社

海南岛生态环境质量分析与综合评价

董汉飞 曾水泉主编

*

中山大学出版社出版

广东省新华书店发行

广东南海印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开 印张 8.25 字数 187千字

1985年12月第一版 1985年12月第一次印刷

印数1——1,000册

书号: 13339·3 定价: 2.50元

前 言

海南岛地处热带北缘，热量丰富，光能充足，雨量丰沛，是我国最大的一块热带地区，面积仅次于台湾，为我国第二大岛。它拥有极丰富的生物资源，是我国发展热带大农业最主要的生产基地，又是我国热带生物资源重要物种的基因库。它还有丰富的水资源和矿产资源，是一个自然条件得天独厚的宝岛。

解放后，我国十分重视海南岛的开发和建设工作，在发展以橡胶为主的热带作物方面，已取得显著的成就。但由于对季风热带岛屿的特点和脆弱一面认识不足，强调开发，对保护重视不够，致使天然林面积迅速减少。由此而引起一系列环境质量变化，已受到许多方面的关注。农业、林业和橡胶种植业是海南岛农业建设的三大支柱，但如何协调发展，还有很大争议。笔者带着这类问题参加了海南岛环境质量现状评价工作，并根据第一手调查分析材料写成了本文集。文集重点放在土壤和生态环境的综合评价，以及土壤和橡胶作物系统的养分平衡的探讨上，笔者希望在这两方面提供一些分析方法和论据，对海南岛的大农业建设有所帮助。如能达到此目的，笔者将深感荣幸。

笔 者

1984年7月

目 录

海南岛生态环境质量分析与综合评价	董汉飞 (1)
------------------	---------

- | | |
|------------------|------|
| 一、海南岛的生态条件 | (1) |
| 二、生态学评价的原则、方法和参数 | (2) |
| 三、海南岛环境质量的分析与评价 | (10) |

海南岛土壤环境质量现状评价与利用	曾水泉 (50)
------------------	----------

- | | |
|--------------------------|------|
| 一、概况 | (50) |
| 二、海南岛土壤环境与土壤资源特点 | (51) |
| 三、海南岛土壤环境质量评价的原则、标准和评定方法 | (62) |
| 四、海南岛土壤环境质量分级评价 | (67) |
| 五、海南岛土壤资源利用上存在的主要问题 | (70) |
| 六、海南岛土壤环境的保护与合理利用 | (73) |

海南岛土壤中营养元素的初步研究	曾水泉 吴健民 (78)
-----------------	--------------

- | | |
|--------------------------|-------|
| 一、统计方法简介 | (78) |
| 二、海南岛主要土类的养分含量特征 | (80) |
| 三、海南岛主要土类各值概览表和概率分布类型表 | (82) |
| 四、海南岛主要土类中营养元素之间的相关性及其成因 | (99) |
| 五、多因子方程的初探 | (103) |

海南岛橡胶作物生态系统的养分平衡和产量预测	董汉飞 赵文广 (106)
-----------------------	---------------

- | | |
|-----------------------------------|-------|
| 一、橡胶作物生态系统生物量、生长量和枯枝落叶量数学模式的确定和应用 | (106) |
| 二、橡胶作物生态系统的养分平衡 | (110) |
| 三、海南岛橡胶作物生态系统产胶量的预测 | (115) |
| 四、海南岛橡胶作物生态系统的养分平衡与合理施肥 | (116) |

海南岛生态环境质量分析与综合评价*

董 汉 飞

一、海南岛的生态条件

海南岛原与雷州半岛相连,从中生代花岗岩开始大量侵入后逐渐隆起,几经断裂褶皱和岩浆活动,造成复杂的山地。在第三纪末至第四纪初,由于琼雷之间发生断陷,形成琼州海峡,使海南岛与大陆分离,成为岛屿。从新第三世纪地层的孢粉组合分析中,发现有热带、亚热带、温带、寒带等植物的孢粉,反映当时地形的垂直变化大,中部山区冬季可能有积雪^[1]。早更新世末期地壳上升,沿海构成了 Q_1 的阶地(湛江组的沉积),至此海南岛的轮廓已基本构成^[1]。今日的海南岛,状似椭圆,长轴作东北—西南方向伸展,四周低平,中部以五指山(1867.1米)、鹦哥岭(1811.6米)为核心,高高隆起,四周逐级下降,组成山地、丘陵、台地、平原等环形层状梯级结构。500米以上的山地占全岛面积的25.4%,100—500米的丘陵占13.3%,100米以下的台地、阶地、平原占61.3%。山地、丘陵、台地多由花岗岩类的岩石及古老的变质岩系和白垩纪至第三纪的红层组成;沿海地带除琼北为大片玄武岩台地及星散的火山丘外,其余为第四纪的松散堆积平原。与地貌条件相适应,海南岛的气候、土壤、生物状况均作环状分布。但因所处的地理位置不同,气候、土壤、生物等亦有许多特殊的地方。

海南岛位处北回归线之南,属典型的热带季风气候区,一年中接受太阳辐射的能量大,约110—140千卡/厘米²。日照时间亦较长,年平均日照时数大部分地区在2000小时以上。本岛热量丰富,气温较高,年平均气温大部分地区在23℃以上。一年中月平均气温高于20℃的月份,南部地区全年皆是,其余地区也有9个月,一年中日平均气温,全岛多在10℃以上,高于10℃的年积温,大部分地区在8300℃以上。按喜温作物对热量的要求,如一造水稻只要2100—3100℃积温便可满足生长发育需要,那么本岛年可三熟^[1]。

海南岛雨量充沛,但时空分配极不均匀,雨量多集中于夏秋,且东部多西部少,并有随地势升高而增多的趋势。年雨量大部分地区在1500—2000毫米之间,琼海、万宁、琼中一带高达2000—2500毫米。五指山东南坡为东南季风的迎风面,成为华南主要暴雨中心之一,琼中最大年雨量可达5525.5毫米。全岛最少雨的地区是西部沿海一带,年雨量约1000毫米,东部

* 先后参加过本文部分工作的还有曾水泉、覃朝锋、莫大伦、邓华、廖金凤、罗毓珍、曾燕祥、邓尚桐、孙贤国、郎好善、谢永泉、梁冰、胡玉佳、李先凯、王湘南、李贞、李新苗、王泽深、陈启蒙等同志。

最少雨的年份,仅有275毫米。一年中月雨量多于150毫米的月份,西部及西南部沿海一带,只有2个月(8—9月),北部临高4个月(6—9月),南部陵水、保亭、三亚市及乐东内部有5个月(6—10月),琼中、万宁达7—8个月,其余地区为6个月(5—10月)。相反,月雨量少于30毫米的月份,南部及西南部长达3—5个月,东部及中部各月雨量均在30毫米以上。因此,一年中干湿季明显,且东西地区差异极大。海南岛的雨量,台风雨约占30—35%。夏秋台风活动频繁,台风暴雨易成洪涝,但台风少的年份,又会出现干旱。风害和雨水失调,是本岛生态条件的严重缺点。当寒潮入侵时,还会出现冻害。

海南岛的生物和土壤状况,主要取决于海南岛的地貌和气候特点。若将海南岛的水热状况结合考虑,并用干燥度(K)表示各地的气候特点和干湿状况,则海南岛的东部和中部年干燥度小于1.0,为湿润区;西部、南部沿海年干燥度大于1.5,为半干旱区,其余地区年干燥度在1.0—1.5之间,为半湿润区^[1]。

$$K = \frac{0.21 \sum t \geq 10^{\circ}\text{C}}{R}$$

式中: R—年雨量(毫米)

植被是综合反映气候特征的最好标志,若将本岛的原生植被与年干燥度分区相比,不难分出:湿润的热带雨林、沟谷雨林和山地雨林区,半湿润的热带季雨林区,半干旱的热带旱生矮林区。此外,潮湿的滨海地带发育着海岸林和热带海岸泥滩特有的红树林。以上四者,是海南岛最基本的植被类型,亦是最基本的植被分区,可通称为类型区。

海南岛以地质地貌为基础,在生物与气候条件的共同作用下,形成了不同类型的土壤,围绕着中高周低的地形,大致作若干同心圆分布或环状分布。全岛最外一环为近代滨海堆积阶地,一般为滨海砂土。进入一环为代表性的地带性土壤——砖红壤,主要分布于阶地、台地和350米以下的丘陵。西南部沿海一带,在特殊的干热气候条件下,砖红壤被红褐土所代替。在比较宽广的河成阶地、三角洲小平原、小盆地和沿海部分阶地、台地,主要为耕作土壤——水稻土。中部山地,土壤的垂直带谱明显,砖红壤以上依次为赤红壤、黄壤等。赤红壤大致分布于海拔350—800米之间,而800米以上,多为黄壤。但各山地略有不同,如尖峰岭和五指山的西南坡,约在900—1000米以上,才出现黄壤;而在吊罗山的东南坡,800米以上即为黄壤带,这反映了生物气候条件的非地带性差异。

二、生态学评价的原则、方法和参数

现代生态学的趋向,逐渐集中于生态系统的物质和能量的积累和转化规律的探讨。特别是20年来关于生态系统的结构和功能、物流与能流的研究,进展很快。绿色植物的生产力是物流和能流的基础,它是生物与环境之间相互联系最本质的标志。从生态学观点来看,人类与整个生物界的联系是从整个生物界与周围环境的联系开始的,流失一寸土地,消失一个物种,是意味着人类活动范围的缩小。人类的生存发展与整个生物界的繁荣昌盛、绚丽多彩是一致的。但生物界不是按照人类需要来发展的,人类只有利用生物界,改造生物界,同时亦服从生物界的发展规律,才能发展自己。

海南岛地处热带,光热充足,雨量充沛,植物生长迅速,生物贮存量大,物种繁多,是

我国得天独厚的基因库。但海南岛又是风害严重，雨量时空分配不均，旱涝兼扰的农作物产量不稳定区。解放以来，海南岛在发展以橡胶为主的热带作物方面，取得了很大的成绩。但天然林迅速减少，农、林、牧、副、渔比例失调，又是不足的一面。如何建立合理的大农业结构，使人工生态系统与自然生态系统协调起来，以便充分发挥本岛的优势，克服劣势，这是海南今后发展的关键，也是衡量海南岛环境质量变化的最好标准。因此，我们提出四条原则及其有关参数，作为评价海南岛环境质量的主要依据。

(一) 生物最大生产力原则

环境质量变化的一个重要标志是生物生产力的变化。生物生产力是指生物在单位面积和单位时间所产生的有机物质的数量，亦即生产的速度，以吨/公顷·年或吨/亩·年表示。目前，全面地测量生物的生产力，还有很多困难，我们以测定绿色植物的生长量来代表生物的生产力。

绿色植物的生产量，是指植物体在一定期间内所增加的贮存量。若将同一期间内植物的枯死脱落损失量及被食草动物吃掉的损失量与生长量相加，则得此期间的净生产量。若将同一期间植物呼吸作用所消耗的物质与净生产量相加，则得此期间的总生产量。即总生产量是指绿色植物在一定期间内通过光合作用所产生的有机物质的总量。它们之间的关系，可用下式表达：

$$P_k = P_n + R$$

$$P_n = B_k + L + G$$

式中： P_k ——总生产量

P_n ——净生产量

R ——呼吸作用消耗量

B_k ——生产量

L ——枯枝落叶损失量

G ——被动物吃掉的损失量

一般所称的生产量是指净生产量。生产量与生长量常以年作为计算单位，故生产量与年生产量，或生长量与年生长量，往往作为同义语使用。单位面积的植物生产量，则是植物的生产力。绿色植物的生产力是生物生产力的基础，而其生长量是生物生产力的主要标志。海南岛植物生长迅速，但不同地区，不同类型，生长量差别很大，这主要是受人类活动和耕作措施的影响，而土壤条件和局部的气候差异，也起一定的作用。根据我们调查的材料，目前海南岛主要植被的生长量，优势变幅在0.053—0.53吨/亩·年之间。我们将它划分为五级，作为评价生长量的级别标准（表1）。但由于生长量的变化极不稳定，受人类活动的影响往往大于受环境的影响，故在进行环境质量评价时，我们选用标定生长系数的概念，即生长量与标定生物量的比值。关于生长量与生物量的测定，以及标定生物量，将在下节讨论。

标定生长系数是环境质量生态学评价的一个分指数，以 P_a 表示：

$$P_a = \frac{B_k}{B_m}$$

式中: B_g ——生长量

B_m ——标定生物量

Pa 值增大, 则环境质量的变化越来越好。

表1 海南岛各级植被的生长量及其标定生长系数

级 别	生长量 (吨/亩·年)	标 定 生 长 系 数
I	≥ 0.530	≥ 0.020
II	0.530—0.400	0.020—0.015
III	0.400—0.260	0.015—0.010
IV	0.260—0.130	0.010—0.005
Va	0.130—0.053	0.005—0.002
Vb	< 0.053	< 0.002

(二) 生物最大保证率原则

生物量是指一定地段面积内某个时期生存着的活有机体的数量。它又称现存量, 是用来表示“量”的概念, 而与生长量或生产量用来表示“生产速度”的概念不同。在海南岛, 只有最大的生物量, 才能保证最大的生长量。

在一切植被类型中, 热带雨林的生物量最大, 它改造环境的能力亦最强。海南岛是热带山地雨林和季雨林占优势的地区, 它们的作用如何, 是衡量海南岛环境质量变化的主要标志。因此, 我们用最大的注意力去确定它们的生物量和生长量。同时为了便于与其他植被类型作对比, 我们亦同样注意测定其他植被的生物量和生长量。

生物量的测定, 采用样地调查收割法。样地面积, 森林选用1000米², 疏林及灌木林选用500米², 草本群落或森林的草本层选用100米²。样地选择以花费最少劳动力和获得最大精确度为原则。样地确定后, 依次测定全部立木的高度、胸高直径等项目, 草本及灌木层, 测定各种类成分的高度、盖度、频度等, 然后分别按不同植被类型确定其生物量。

关于天然林的生物量, 我们根据《海南岛阔叶混交林二元立木材积表》(中国农林科学院编)⁽²⁾中的经验公式及实测数据加以修订, 得出下式, 然后求算之。

$$B_{mf} = 0.00003896 D^2 H$$

式中: B_{mf} ——天然林的生物量(吨·干重); D ——胸高直径(厘米); H ——树木的高度(米)。

由于橡胶是作物, 植株分布均匀, 枝叶繁茂, 含水量也较多, 上式经过修订后变为下式, 应用于求算橡胶的生物量。

$$B_{mr} = 0.00001779 D^2 H$$

草本层生物量的测定略比木本层简便些, 但往往由于种类分布的不均匀性和生物质积累

的季节性而影响精确度，故取样时要特别注意物候期。我们取样在11月，尽量选择生物量最大的地段进行割样称重。草本层的样地调查，除了记录植物的高度、盖度、频度、物候期外，我们还确立了丰满度的概念。丰满度与多度不同，它是指某种植物在生存期间内所占的地位及其饱和程度，以植物的相对高度(%)、盖度(%)、频度(%)三者的连乘积表示。在一定的空间内，某种植物的丰满度越大，则其生物量也越大，其所占的地位也越重要。丰满度与生物量的关系可用下式来表达：

$$B_{mz} = \frac{B_{mz}}{F_z} \sum_{i=1}^N F_i$$

式中： B_{mz} ——草本层的生物量(吨/公顷·干重)； B_{mz} ——草本层的最大生物量(吨/公顷·干重)； F_z 代表最大丰满度(ppm)， B_{mz} 和 F_z 由取样地段求得； F_i ——某种植物的丰满度； N ——草木层的物种数。

关于木本层生长量的测定，一般采用立木解析法或围径增粗测定法，我们运用热带森林研究所及我们的解析木资料导出下列相对生长式，然后求算其生长量。

$$\log B_x = -4.9894 + 0.6253 \log D^2 H$$

$$\text{即： } B_x = 0.000010246 (D^2 H)^{0.6253}$$

式中： B_x ——生长量(吨)， D ——胸高直径(厘米)， H ——树木的高度(米)。

天然的热带雨林和季雨林，多为异龄林，用生长量(B_x)除生物量(B_m)，可求得森林的平均年龄(T)。

橡胶林均为同龄林，并且林龄(定植时间)易于确定，用林龄(T)除生物量(B_m)，便可得出平均生长量(B_x)。

一般的草本层植物，越冬时地上部分枯萎，而成活部分，全是当年生长出来的，这样便可把草本植物地上部分的最大现存量作为生长量。对于一年生草本植物，其生长量等于生物量，一年两造作物的生长量等于生物量的两倍。

海南岛热带性雨林的生长量大，生物量亦大；而草本植被的生长量大，但生物量不大。因而森林植被对环境的改造作用远大于草本植被。可是人类往往由于某种生产需要，如发展粮食作物，培养牧草等，常将森林植被改为草本植被或作物群落，以获得更大的生长量。整个植物界的发展，先由草本到木本，后由木本到草本。高等的草本植物比木本植物能更好地利用土壤的表层环境。人类生活必须的食物，主要亦是草本植物。从这点出发，人类的生存发展与整个生物界的生存发展是一致的，没有必要去怀疑它。但是必须知道，没有木本植被(森林)的历史功绩，不可能出现今天的草本植被，若没有森林植被及赖以森林植被而生存的众多动物的支持，它本身是十分脆弱的。整个生物界是一个统一的整体，在某种意义上，森林对人类的效益，间接的比直接的多得多，长远的比目前的多得多，这完全决定于它具有的巨大生物量。

海南岛原生植被的生物量是比较均一的。但现存植被的生物量变幅比较大，从60吨/亩至0.01吨/亩之间的群落均有分布。优势变幅在30吨/亩至0.06吨/亩之间，这相当于全球各类型植被生物量的变幅范围。换言之，地球上各类植被所具有的平均生物量，都可能在

海南岛现存的植被中找到具体的例子。据此，我们参照地球上各类生态系统中植物生物量的平均状况（Whittaker和Likens）^[3]，将生物量分为五级，用罗马数字标号；同时依据各级的实际需要再分出亚级，用拉丁字母注脚标号（表2）；并确定最高一级生物量的下限作为海南岛的标定生物量（相当于对照点的生物量）。其余各级生物量与标定生物量的比值，称为标定相对生物量。我们将它作为环境质量生态学评价的另一个分指数，以 P_b 表示。

$$P_b = \frac{B_m}{B_{m_0}}$$

式中： B_m ——生物量； B_{m_0} ——标定生物量。

P_b 值越大，则环境质量越好。

表2 海南岛各级植被的生物量及其标定相对生物量

级 别	生物量 (吨/亩)	标定相对生物量
I	≥ 26.66	≥ 1.00
II	26.66—20.00	1.00—0.75
III	20.00—13.33	0.75—0.50
IV	13.33—6.66	0.50—0.25
Va	6.66—2.66	0.25—0.10
Vb	≤ 2.66	≤ 0.10

（三）生物最大利用率原则

从生物与环境对立统一的进化观点看：生物种类成分的多样性及群落的稳定性是一致的，而群落的稳定性与种类成分之间互相利用环境的合理性也是一致的。热带雨林具有复杂的种类成分、稳定的发展历史、合理地利用优越的环境条件和具有巨大的生物量，四者是一致的。换言之，环境条件越好，生物种类成分越多；而生物种类成分越多，越能充分利用环境。所以生物种类成分的多样性是生物充分利用环境的最好标志，亦是反映环境质量好坏的很好标志。我们把它称为生物最大利用率原则。在具体运用时，以群落的单位面积内的物种数为标准，称为物种量（物种数/公顷或物种数/亩）。而物种量与标定物种量的比值，称为标定相对物种量。这是环境质量生态学评价的又一个指数，以 P_s 表示。

$$P_s = \frac{B_s}{B_{s_0}}$$

式中： B_s ——物种量（种数/亩）； B_{s_0} ——标定物种量（种数/亩）。

P_s 越大，则环境的质量越好。

目前，由于海南岛各地的物种量还难以全面确定，我们这次只根据维管束植物的物种量进行分级和评价。海南岛现有维管束植物约有4000种，但不同植被类型的物种量差别很大。

山地雨林的物种量最大，超过100种；滨海沙滩及某些单优作物群落的物种量最少，只有几种至十几种。现按各类植被中维管束植物的物种量大小分为五级，作为生态学评价的具体指标（表3）。

表3 海南岛各级植被的物种量及其标定相对物种量

级 别	物 种 量 (种/亩)	标 定 相 对 物 种 量
I	≥ 100	≥ 1.00
II	100—75	1.00—0.75
III	75—50	0.75—0.50
IV	50—25	0.50—0.25
Va	25—10	0.25—0.10
Vb	10	≤ 0.10

生长量、生物量、物种量是环境质量生态学评价的三个重要生物学参数。它们的综合在很大程度上反映不生态环境质量的变化。此外，与这三者密切相关的是土壤中有机质和天然水的贮量，它们直接来自生物量（前者）或影响生物量、生长量和物种量，因此亦是环境质量评价的重要土壤参数。我们根据海南岛各类土壤发生层的平均厚度（96厘米）和各类植被主要根系分布的平均深度（约100厘米），而确定土层厚度100厘米作为计算土壤有机质贮量和土壤中自然水贮量的范围。计算结果表明：海南岛各类土壤有机质贮量的优势变幅约在6.66—16.66吨/亩之间；而土壤中自然水贮量约在66.6—266.6吨/亩之间。分别将它们划为五级（表4），并各取其最高一级的下限作为标定有机质贮量和标定自然水贮量。然后取有机质标定相对贮量和自然水标定相对贮量作为环境质量生态学评价的土壤分指数，分别以 P_m 、 P_w 表示。

$$P_m = \frac{S_m}{S_{m0}} \quad P_w = \frac{S_w}{S_{w0}}$$

式中： S_m ——土壤有机质贮量（吨/亩）； S_{m0} ——标定土壤有机质贮量（吨/亩）； S_w ——土壤中自然水贮量（吨/亩）； S_{w0} ——标定自然水贮量。

P_m 与 P_w 的变化是密切相关的，肥沃的土壤，有机质贮量丰富，土壤结构良好，天然水的贮量亦充足。这对植物的生长和发育是十分有利的，但不能过量，如海滨红树林带的泥炭沼泽土，持水量和有机质都有过量之嫌。因此，在运用 P_m 与 P_w 两个土壤指数进行环境质量评价时，应结合具体的土壤条件选择适用的范围，否则会得出相反的结论。

上述的生长量、生物量、物种量、土壤有机质贮量及土壤中自然水贮量，都是我们在进行环境质量评价时的主要参数。从这些参数分别导出来的标定生长系数、标定相对生物量、标定相对物种量、标定土壤有机质相对贮量、标定土壤自然水相对贮量，均是环境质量评价的重要分指数。它们的综合（等权相加）便是环境质量评价的综合指数，以 P 表示。

表4 海南岛各级土壤有机质贮量、自然水贮量及其标定相对贮量

级 别	有机质贮量 (吨/亩)	有机质标定相对贮量	自然水贮量 (吨/亩)	自然水标定相对贮量
I	≥ 16.66	≥ 1.00	≥ 266.6	≥ 1.00
II	16.66—13.33	1.00—0.80	266.6—200.0	1.00—0.75
III	13.33—10.00	0.80—0.60	200.0—133.3	0.75—0.50
IV	10.00—6.66	0.60—0.40	133.3—66.6	0.50—0.25
Va	6.66—4.66	0.40—0.28	66.6—26.6	0.25—0.10
Vb	< 4.66	< 0.28	< 26.6	< 0.10

$$P = \sum P_i = P_a + P_b + P_s + P_m + P_w$$

$$= \frac{B_a}{B_{m0}} + \frac{B_m}{B_{m0}} + \frac{B_s}{B_{s0}} + \frac{S_m}{S_{m0}} + \frac{S_w}{S_{w0}}$$

只要参数选择得当, 上式可增至N项, 即

$$P = \sum_{i=1}^N P_i = P_a + P_b + P_s + P_m + P_w + \dots + P_n$$

$$= \frac{B_a}{B_{m0}} + \frac{B_m}{B_{m0}} + \frac{B_s}{B_{s0}} + \frac{S_m}{S_{m0}} + \frac{S_w}{S_{w0}} + \dots + \frac{M_n}{M_{n0}}$$

(四) 非生物因子生态可塑性互补取值原则

在选择非生物参数时, 要特别注意参数之间的联系。因为指数加权是一种表达环境质量的形式, 而参数之间的联系, 才是环境质量综合的本质。因此, 我们在进行分指数分级排序时, 主要依据生态因子可塑性互补取值的原则: 凡是分指数排序与环境质量排序一致的, 取正值; 而分指数排序与环境质量排序相反的, 则取负值。这样, 上述的环境质量评价综合指数P, 应表达为:

$$P = \sum_{i=1}^N P_i - \sum_{j=1}^U Q_j$$

式中: P_i 代表分指数; Q_j 代表互补分指数; N, U 分别代表各参数的项数。一般 $N > U$, P 才是正值。

运用上述综合指数进行环境质量评价, 既可分区评价, 亦可分类或分级评价, 并可根据不同的评价目的而选择不同的参数。例如, 在进行环境质量回顾综合评价时, 首先应选用生长量、生物量、物种量三个最活跃的生物学参数。其次如土壤有机质贮量、土壤自然水贮量等, 与前三者密切相关, 并是土壤的活跃因素, 亦应同时列为回顾评价的主要参数。但往往由于后二者历史资料难得, 而限于现状评价时使用。在进行环境质量现状综合评价时, 要特

别注意生物因子与非生物因子的综合作用，但参数也不宜过多。按现有资料和评价要求，我们选择了12个主要参数和3个互补参数，作为这次海南岛环境质量评价的综合指数。并与生物指数、生物—土壤综合指数分别应用。被选定的12个主要参数及其标定量为：生长量0.53吨/亩·年，生物量26.66吨/亩，物种量100种/亩；土壤有机质贮量16.66吨/亩；土壤自然水贮量266.6吨/亩；年平均大气降水量2000毫米，大气降水日数160天；地表径流深度1000毫米/年，地表径流系数0.60；太阳辐射能140千卡/厘米²·年；日照时数2600时/年；活动积温（≥10℃）9000℃/年。被选定的3个互补参数及其标定量为：水面蒸发量2200毫米/年；年干燥度2.0；地表海拔高度800米。由上述这些参数及按其标定量所导出来的相对量，然后按级别取值之和，则为评价的综合指数（表5）。

表5 海南岛生态环境质量综合评价指数及其分级

级 别	标 定 相 对 生 长 系 数 ①	标 定 相 对 生 物 量 ②	标 定 相 对 物 种 量 ③	标 定 土 壤 有 机 质 相 对 贮 量 ④	标 定 土 壤 自 然 水 相 对 贮 量 ⑤	标 定 相 对 大 气 降 水 量 ⑥
I	≥0.020	≥1.00	≥1.00	≥1.00	≥1.00	≥1.00
II	0.020—0.015	1.00—0.75	1.00—0.75	1.00—0.80	1.00—0.75	1.00—0.75
III	0.015—0.010	0.75—0.50	0.75—0.50	0.80—0.60	0.75—0.50	0.75—0.50
IV	0.010—0.005	0.50—0.25	0.50—0.25	0.60—0.40	0.50—0.25	0.50—0.25
Va	0.005—0.002	0.25—0.10	0.25—0.10	0.40—0.28	0.25—0.10	0.25—0.10
Vb	<0.002	<0.10	<0.10	<0.28	<0.10	<0.10

续表5

	标 定 相 对 降 水 日 数 ⑦	标 定 相 对 地 表 径 流 深 度 ⑧	标 定 相 对 地 表 径 流 系 数 ⑨	标 定 相 对 太 阳 辐 射 能 ⑩	标 定 相 对 日 照 时 数 ⑪	标 定 相 对 活 动 积 温 ⑫
	≥1.00	≥1.00	≥1.00	≥1.00	≥1.00	≥1.00
	1.00—0.75	1.00—0.75	1.00—0.75	1.00—0.75	1.00—0.75	1.00—0.75
	0.75—0.50	0.75—0.50	0.75—0.50	0.75—0.50	0.75—0.50	0.75—0.50
	0.50—0.25	0.50—0.25	0.50—0.25	0.50—0.25	0.50—0.25	0.50—0.25
	0.25—0.10	0.25—0.10	0.25—0.10	0.25—0.10	0.25—0.10	0.25—0.10
	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10

续表 5

标定相对物理蒸发量 ⑬	标定相对年干燥度 ⑭	标定相对地表海拔高度 ⑮	生物质量指数 ①+②+③	生物土壤质量综合指数 ①+②+③+④+⑤	生态环境质量综合指数 (①+②+...+⑫) - (⑬+⑭+⑮)
≥1.00	≥1.00	≥1.00	≥2.020	≥4.020	≥8.020
1.00—0.75	1.00—0.75	1.00—0.63	2.020—1.515	4.020—3.065	8.020—6.185
0.75—0.50	0.75—0.50	0.63—0.31	1.515—1.010	3.065—2.110	6.185—4.300
0.50—0.25	0.50—0.25	0.31—0.13	1.010—0.505	2.110—1.155	4.300—2.275
0.25—0.10	0.25—0.10	0.13—0.06	0.505—0.202	1.155—0.582	2.275—1.022
<0.10	<0.10	<0.06	<0.202	<0.582	<1.022

三、海南岛环境质量的分析与评价

什么叫环境？环境质量如何去衡量？上节已提出了一些原则和方法，亦选定了一些参数和指标。但当具体进行环境质量评价时，不仅必须明确一些基本概念，还要明确我们对环境质量进行评价的目的。从生态学观点来看，环境是指生物（包括人类）赖以生存和发展的所有因素和条件的综合（总称）^{〔4〕〔5〕}。所以，环境质量的好坏是对生物而言的，对生物的生存和发展有利的环境，称为良好环境；反之，称为恶劣环境。由良好环境变为恶劣环境的过程，则称环境恶化。这里既没有涉及矿产资源和动力资源问题，亦没有涉及人力资源问题。但当人们开发和利用这些资源时，若对环境产生影响，则必须将它们列入我们的评价范围。国务院环境保护领导小组办公室这次下达给我们的科研任务，是对海南岛的环境质量进行评价，而不是对海南岛的自然资源进行评价。基于这种目的和需要，我们分别选择了三级参数：生物参数、生物土壤参数、环境综合参数，作为衡量海南岛环境质量变化及环境分级的标准。另外还有一些参数，如水土流失量、河流含沙量等，亦是十分重要的，由于目前手头资料不足，暂未选用。此外，土壤中及植物体中的主要元素、微量元素及某些污染物质（666，DDT等）的含量，均有重要的参考价值。但这些因素（次要参数）都是随着上述主要参数的变化而变化的，一般只结合起来运用，必要时才进行个别评价。

人类活动是影响环境质量变化的最重要因素，但我们是环境质量进行评价，而不是对人类活动进行评价，因此，人只能作为一种活动因素参与其中，而不列作评价的主要参数。总之，环境质量评价是对环境进行评价，实质上是对生物和环境之间互相联系而构成的物质系统——生态系统进行评价，而不是对人类生态系统进行评价，更不是对人类社会生态系统进行评价。后二者的内容和范围还要深广得多。

物质和能量的积累和转化是生态系统的核心，而绿色植物的光合作用及由此而贮存起来的生物量，又是这个核心的基础。生长量反映了积累过程的速度，物种量表示积累过程的多样性。我们用绿色植物的生物量、生长量和物种量作为衡量生态系统的重要指标，不仅在实

践上正确可行，而且在理论上也有重要意义。

(一) 海南岛自然生态系统与人工生态系统的今昔

植被是生态系统的主要组成部分，亦是生态系统的物质和能量积聚的基础。生态系统的变化，很大程度上取决于植被的变化。

海南岛的原生植被大部分已被破坏，现状植被在人类活动的影响下，处于不同的发展阶段。目前，天然植被、半天然植被和短期作物群落交错并存，很难用单纯的植被分类系统或植被区划系统把它们概括起来，只得用生态群落演替序列作为最高一级的类型单位。这样，海南岛的现存植被可概括为下述六个演替序列。除人工植被序列外，每个演替序列中的生物量最高的群落是它们各自的相对稳定的群落，或称中心群落：

I、热带山地雨林序列

- 1、山地常绿阔叶林和山顶矮林
- 2、山地雨林和沟谷雨林
- 3、山地常绿季雨林
- 4、山地针叶林
- 5、山地常绿稀树灌丛
- 6、山地草甸

II、热带季雨林序列

- 1、热带常绿季雨林
- 2、热带混交季雨林
- 3、热带常绿稀树灌丛
- 4、稀树灌丛草甸
- 5、灌丛草甸
- 6、草甸
- 7、湿生草甸

III、热带旱生矮林序列

- 1、热带旱生矮林
- 2、热带稀树灌丛草原
- 3、热带稀树草原
- 4、热带灌丛草原
- 5、草原

IV、海岸红树林序列

- 1、海岸半红树林
- 2、海岸红树林
- 3、滨海草滩
- 4、滨海沙滩

V、陆地水域生态系统序列

VI、人工植被序列

- 1、人工林(用材林、防护林、水源林、风景林)
- 2、经济林(橡胶林、油棕林、椰子林、果树林)
- 3、竹林
- 4、草本热作群落
- 5、坡地作物群落
- 6、水田作物群落
- 7、水泽作物群落
- 8、聚落植被(居民点与道路网)

在上述植被序列(或称生态系统序列)中,除了陆地水域生态系统序列没有取样分析外,其余各类共选了49个样地,进行调查和取样分析。样地包括:天然林19个,人工林3个,橡胶林16个,草本群落7个,粮食作物群落4个。以天然林和橡胶林为主,它们分别代表自然生态系统和人工生态系统的概貌,但其他群落也均有一定的代表性。调查分析和计算结果,分别列于表6和表7。

从样地调查结果看来,海南岛各类植被的生物量差别很大,从0.13吨/亩到69.7吨/亩均有出现。但这还不是极端纪录,根据1954年的调查材料,吊罗山区的湿润热带雨林,上层巨树高达45—50米,树干粗大,一般胸径50—60厘米,最大可达180厘米^[1]。象这样的样地,我们这次没有找到,估计它的生物量远远超过69.7吨/亩。原生植被被破坏后,次生植被处于不同的发育阶段。人工植被和短期作物群落大量增加,生物量高低悬殊,参差不齐。如果恢复其原生植被的面貌,则各类植被生物量的变幅,必然会大大缩小。

海南岛属热带季风气候区,热带季雨林是其代表性植被。本岛植被综合地反映了地貌和气候的特点,西部出现热带旱生矮林;中部山区为热带山地雨林和沟谷雨林;周围的丘陵、台地、阶地、平原多为热带季雨林;沿海近代堆积物上,发育着各种先锋群落、海岸林和海岸红树林。海南岛目前仍然发育良好的三类矮林:旱生矮林、山顶矮林、乔木型红树林,这是海南岛森林植被向灌木林植被演化的三种过渡类型。它们均发育于目前陆生植被生境的下限。因此有理由认为,海南岛过去全被森林植被所覆盖,其森林下限类型为现存的矮林。

现存的三类矮林,一般高度5—10米,最高可达15米;生物量2.66—5.33吨/亩,最大可达6.66吨/亩。在三类矮林中,乔木型红树林面积最小,生物量亦最低,目前仅以残存片段作为“群落标本”而列入红树林区。山顶矮林一般分布在1300米以上的山脊或陡坡上,保存较好,但面积不大,一般作为山地常绿林的上限。唯独旱生矮林,随着局部气候和土壤条件的恶化,有逐渐向热带季雨林区扩展的趋势,保持着原生矮林的特征,可单独成为一个植被区。因此海南岛的原生森林植被与现存的天然植被一样,可分为四个区(图1):

1、**热带山地雨林和沟谷雨林区**。分布于中部山地,面积约为2,108万亩,约占全岛面积的41.5%;生物质总量约为57,623万吨,约占全岛生物质总量的53.0%。

2、**热带季雨林区**。分布在岛周围的丘陵、台地、阶地、平原(西部除外)上,面积约为2,207万亩,约占全岛面积的43.4%,生物质总量约为47,077万吨,约占全岛生物质总量