

南亚热带常绿阔叶林及其森林演替序列的水分结构探讨***

周国逸^{1**} 黄志宏¹ 张倩媚¹ 闫俊华¹ 张德强¹ 王应平²

(1. 中国科学院华南植物研究所 广州 510650; 2. Division of Atmospheric Research, CSIRO, PMB1, Aspendale, Vic 3195, Australia)

摘要: 本文以南亚热带常绿阔叶林为基本, 同时探讨了热带南亚热带森林演替系列中 8 种生态系统类型的水分结构, 发现植被水分结构的恢复与土壤水分结构的恢复是不同步的, 50a 以上没有受扰动的土壤, 其土壤水分结构在时空上才趋于稳定; 植被水分结构的时空稳定性基本上与生态系统的演替状况一致; 为满足植被蒸腾的需要, 植被中水分的月更新次数随着群落向顶极系统的演替而逐渐减少。因此, 可以认为水分结构是生态系统结构的一部分, 生态系统对于水分变化反映的敏感性远远大于对养分变化的反映, 森林向顶极系统演替中, 水分结构也逐渐复杂化, 植被中的水分含量逐渐增加并趋于稳定, 生态系统中的水分环境逐渐趋于中生化, 水分结构可以作为生态系统健康的量度指标。

关键词: 水分结构; 生态系统健康; 南亚热带常绿阔叶林; 热带南亚热带; 森林演替系列

An Approach on Water Structure of Monsoon Evergreen Broad-leaved Forest and Other Forest Succession Series in Tropics and South Subtropics

ZHOU Guo-Yi¹ HUANG Zhi-Hong¹ ZHANG Qian-Mei¹
YAN Jun-Hua¹ ZHANG De-Qiang¹ WANG Ying-Ping²

(1. *South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China*; 2. *Division of Atmospheric Research, CSIRO, PMB1, Aspendale, Vic 3195, Australia*)

Abstract: Water structure of ecosystem, which was proposed by the corresponding author, is a new concept compared with so called spatial, time and nutritional structures. To identify the dynamics of ecosystematic water structures, eight ecosystems in succession series and regional climax-monsoon evergreen broadleaved forest have been taken into consideration. The results showed that the rehabilitations of vegetation and soil water structures were not synchronous, and the soil water structure would not reach the spatial-time stable state if soil profile perturbation has not ceased for at least 50 years. The spatial-time stability of water structure in vegetation coincided with ecosystematic succession state. And to provide transpiration, the water monthly turnover times in vegetation would be-

* 国家自然科学基金委海外青年学者合作研究基金 (39928007) 资助;

** 通讯联系人, gyzhou@scib.ac.cn。

come fewer with succession to regional climax. From the study, it can be concluded further that water structure is a part of the structure of an ecosystem, that the reflection of ecosystem to water environment is much more sensitive than that to nutrient dynamics, and that, with vegetation succession, the water structure becomes more complex. Also, during this process, the water content in vegetation increases and keeps stable gradually, and the water environment in ecosystem will become suavelly. The water structure of an ecosystem can be taken as an index of evaluating the ecosystem health.

Keywords: Water structure; Ecosystem health; Monsoon evergreen broadleaved forest; Tropics and subtropics; Forest succession series.

鼎湖山的南亚热带常绿阔叶林是南亚热带地带性森林植被,其自然和人工的演替类型很多,诸如鼎湖山的各种自然植被和鹤山的各种人工植被。针对这些植被类型的生态系统结构功能,包括热带北缘的小良各种人工植被在内,已有大量研究报道^[1-5],基本弄清楚了这些系统中各个过程的运转规律。但是,这些研究没有涉及地带性森林能够在鼎湖山存在的机制及抗干扰的强度也即其脆弱性等问题,更没有将它们综合考虑以探讨在这个演替系列中的水分结构变化。在热带北缘和南亚热带地区,水分一般占生态系统活体部分的40%~70%^[9-10],实际上是生态系统结构的一部分,水分结构概念由本文作者提出,最初出现在文献^[5,7]中。我们假定,随着生态系统的进展演替,在其空间结构和营养结构越来越复杂的同时,水分结构也将越来越复杂并趋向于稳定,而生境也逐渐中生化;反之亦然;然而,水分结构和营养结构至少在如下三点上有很大的不同,一是水分输入的时空变化远远大于养分输入的时空变化;二是水分在生态系统内的循环速度远远大于养分的循环速度;三是系统对于水分变化反映的敏感性远远大于对养分变化的反映,基于此,可以合理地认为,生态系统的水分结构是生态系统健康的一个重要量度指标。

本文以南亚热带地带性植被为研究对象,试图探讨水分结构的稳定性和生境中生化作为考察生态系统脆弱性指标的合理性问题,以期使生态脆弱性进一步指标化和量化;在方法上,本文将把水热格局相近的热带北缘和南亚热带几种主要的退化和人工恢复的生态系统类型加以对比研究,涉及的研究对象有南亚热带的鹤山和热带北缘的小良的不同生态系统类型。

1 区域水热背景和研究对象概述

中国东南部的热带北缘与南亚热带介于北纬 $21^{\circ}\sim 23^{\circ}45'$ 之间;这里年降雨量1400~2000mm,有明显的干(4~9月)、湿(10~3月)季节之分,干季雨量占全年的15%~20%,湿季雨量占全年的79%~85%;年热量输入相对均匀,年平均气温 $21\sim 23^{\circ}\text{C}$,最热月平均气温 $28\sim 31^{\circ}\text{C}$,最冷月平均气温 $12\sim 17^{\circ}\text{C}$,全年无霜期340~365d。

地带性植被南亚热带为季风常绿阔叶林^[11-12],热带北缘为热带季雨林。

本文结果是从鼎湖山站、鹤山站及小良站的长期观测资料获得的,有关这3个站的基本情况在很多的研究中都有相应的报道^[1,~8,13~14],这里不再叙述。观测时间在1993—1999年之间,连续观测时间均在5a以上。下面就本文涉及到的植物群落状况分别简述如下:

鼎湖山站:南亚热带常绿阔叶林(以下简称阔叶林),是南亚热带典型的地带性植被,本文讨论的主体;混交林,是鼎湖山地区最接近南亚热带常绿阔叶林的一种群落;针叶林,是鼎湖山地区唯一的一种人工群落,处于进展演替状态,林冠层种类虽然是马尾松,但地被层已

完全被自然演替的地带性种类占据。这3个群落所处的地貌和海拔高度基本一致。

鹤山站:乡土树种人工林是1984年在退化草坡上人工栽种南亚热带地带性种类构建的群落,处于进展演替阶段;马占相思人工林是同期在相似的退化草坡上营造的纯林,目前地被层已被地带性的阳性种类占据;退化草坡是本地区在进行植被恢复以前的景观,作对照用。

小良站:裸地是本地区进行植被恢复以前的景观,这里水土流失严重,几乎寸草不生;桉树林是直接由裸地上人工造林而来的,冠层单一,并且由于人为地移走地被物,造成地表板结光滑,处于退化阶段;混交林是在最初为裸地,后经桉树林人工过渡而来的混交群落,处于进展演替阶段。

2 结果与分析

2.1 土壤水分蓄库

虽然具有同样的区域水热分配格局,但0~50cm土层水分含量仍然存在明显的差异,如图1所示,总体上,鼎湖山各种植被下该土层年均含水量为153.8mm,其中,阔叶林下为171.0mm,月份间的相对标准偏差 $\frac{\delta}{\bar{X}}$ (δ 为标准偏差; \bar{X} 为平均值)为0.09;混交

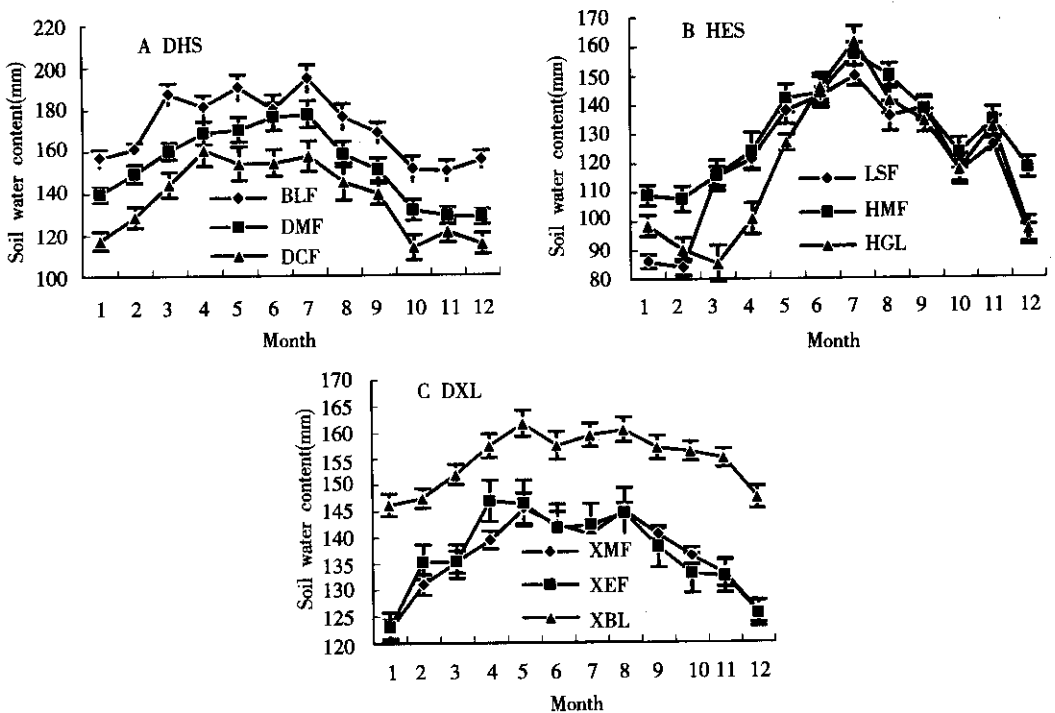


图1 3个地域主要植被类型下0~50cm表层土壤含水量

Fig. 1 The water content of the surface soil profile 0~50cm for different vegetation ecosystems of 3 areas

The abbreviations in the figure (same as these in other figures and tables) represent the followings: Bif: Dinghushan monsoon broad-leaved forest; DMF: Dinghushan mixed forest; DCF: Dinghushan coniferous forest; LSF: Heshan local species forest; HMF: Heshan *Acacia mangium* forest; HGL: Heshan degraded grass land; XMF: Xianliang mixed forest; XEF: Xiaoliang eucalyptus forest; XBL: Xiaoliang bare land.

林下为 153.1mm, 月份间的相对标准偏差为 0.11; 针叶林下为 137.8mm, 月份间的相对标准偏差为 0.12。鹤山各种植被下 0~50cm 土层年均含水量为 123.4mm, 其中, 乡土树种林下为 120.8mm, 月份间的相对标准偏差为 0.18; 马占相思林下为 130.3mm, 月份间的相对标准偏差为 0.12; 草坡植被下为 119.3, 月份间的相对标准偏差为 0.20。小良各种生态系统下 0~50cm 土层年均含水量为 142.8mm, 其中, 混交林下为 136.5mm, 月份间的相对标准偏差为 0.05; 桉树林下为 137.1mm, 月份间的相对标准偏差为 0.05; 裸地 0~50cm 土层年均含水量为 154.9mm, 月份间的相对标准偏差为 0.03。

土壤水分月份间的相对标准偏差以鹤山地区最大, 平均为 0.17, 鼎湖山地区为 0.11, 小良最小为 0.04。由于土壤水分是森林生态系统植被需水的主要来源, 鹤山这几种森林类型下的土壤水分年内月份变异性较大预示着植被在干季较其它地区有较大可能的水分匮乏, 鼎湖山地区次之, 小良地区最小。

统计检验的结果表明, 各个系统中 0~50cm 土层含水量基本上可以分为 3 类, 阔叶林系统内土层含水量最高, 其次为鼎湖山混交林和小良的光裸地, 其它 6 种系统的土壤水分含量最低。这个差异明显不是由地点间的不同或植被发育状况的不一致所引起, 而是决定于 0~50cm 土层受人为干扰后的时间长度, 南亚热带常绿阔叶林至今已有 400 多年的历史, 这期间, 土壤结构几乎未受人为影响^[13]; 小良裸地地表虽然每年都在被降水剥蚀, 但内部结构并未受到破坏; 而鼎湖山混交林已至少有 50a 的历史, 这段期间的土壤结构也没有受到人为影响。相反, 其它 6 种植被系统人工建立才 15a 左右, 土壤结构尚为完全恢复, 0~50cm 土层的水分含量还正处于恢复状态。

2.2 植被水分蓄库

2.2.1 凋落物层含水量

研究发现^[9,15], 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林凋落物现存量从 1983 年到 1999 年 17a 间有减小的趋势, 平均为 $8.845t/(hm^2 \cdot a)$, 凋落物中, 枝、叶和其它杂物分别占 21%、53% 和 26%。凋落物对水分的截持主要表现在两个方面, 首先是凋落物具有高的自然含水率, 其次是在降雨期间, 凋落物具有短时的截持水分的能力, 即具有高的持水能力, 但从水分结构的角度出发, 这里只考虑凋落物的自然含水率。根据实际测定的各个月份凋落物自然含水量, 得到图 2。

总体上鼎湖山植被群落下的凋落物含水量最高, 平均为 0.70mm, 其中, 阔叶林下为 1.24mm, 混交林为 0.63mm, 针叶林为 0.23mm, 月份间的相对标准偏差分别为 0.32, 0.43 和 0.52; 鹤山各种人工植被下的凋落物含水量平均为 0.31mm, 其中乡土树种林下为 0.25mm, 马占相思林下为 0.46mm, 退化草坡地凋落物含水量为 0.23mm, 月份间的相对标准偏差分别为 0.53, 0.64 和 0.63; 相应的小良两种植被下凋落物含水量平均为 0.42mm, 其中, 混交林下为 0.60mm, 桉树林下为 0.24mm, 月份间的相对标准偏差分别为 0.49 和 0.80。

相对于生态系统其它组成成分, 地表凋落物层的含水量很小, 作为水分蓄库的意义并不大, 但对生态系统水分结构的评价却有重要意义, 在一定的程度上, 是反映生态系统水热状况的一个指标。凋落物含水量及其季节动态受众多因素的控制, 直接受控于自然含水率和凋落物量两个方面。凋落物自然含水率除受物种影响以外, 主要综合反映了林内各种小气候特征, 因为凋落物直接接受到各种界面的不同水分过程; 凋落物量虽然主要受控于

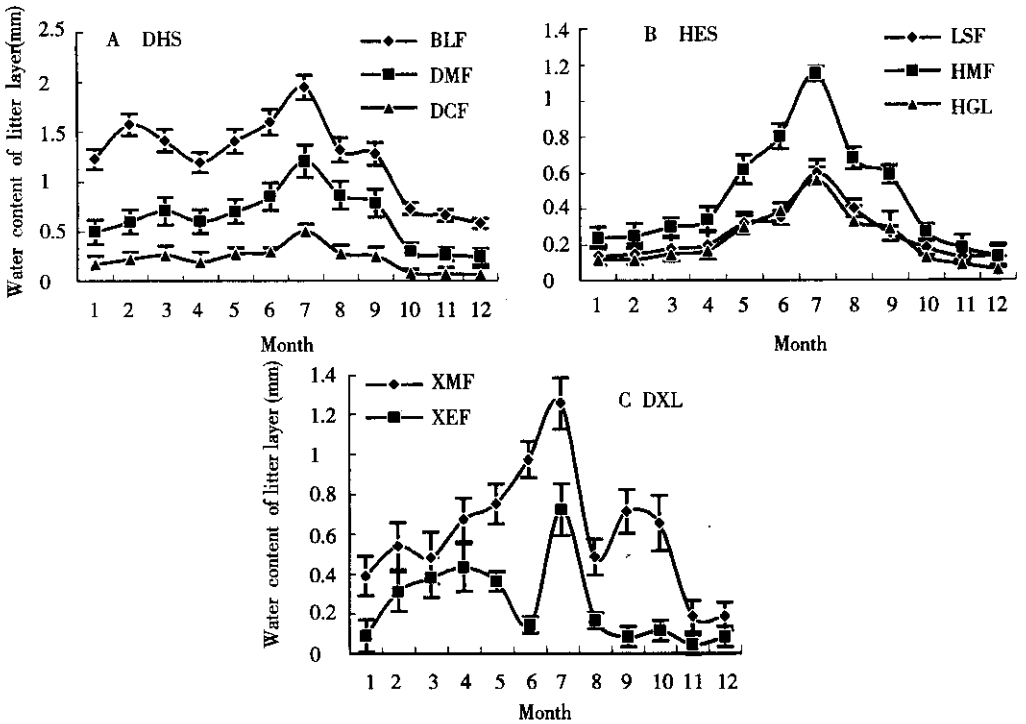


图2 3个地域主要植被类型下地表凋落物层含水量

Fig.2 The water contents of litter layer for different vegetation ecosystems of 3 areas

群落类型和植物种类，但整个系统所受到的水热压力状况对凋落物量也有明显的影响^[16]。

2.2.2 植被含水量

表1给出了不同地点主要植物群落3个层次的月含水量。年均含水量普遍为冠层>根部>活地被层，这与本区域内植物群落的生物量分布及含水率有关；月份间相对标准偏差 $\frac{\delta}{\bar{X}}$ 为冠层<根部<活地被层。空间上，含水率随部位、地上层次和器官的不同有占鲜重2%~15%的差异，时间上，含水率的变化主要决定于气候和群落的发育状况；月份间相对标准偏差 $\frac{\delta}{\bar{X}}$ 主要决定了群落的发育状况，发育好的群落，这个值较小，说明群落含水量较少地受到外部环境的影响；相反，这个值较大，说明气候的干湿状况对群落的影响较大。

将表1中冠层、地被层和根部各部分年平均水分含量相加，并以含水量为权重取各自月份间的相对标准偏差 $\frac{\delta}{\bar{X}}$ 的加权平均值，得到如下结果：鼎湖山阔叶林、混交林、针叶林植被总蓄水分别为29.7mm，21.4mm和8.0mm，相应的 $\frac{\delta}{\bar{X}}$ 分别为0.057，0.098和0.23；鹤山乡土树种林、马占相思林、退化草坡植被总蓄水量分别为11.1mm，13.7mm和1.4mm， $\frac{\delta}{\bar{X}}$ 分别为0.14，0.22和0.44；电白小良的混交林和桉树林植被总蓄水量则分别为13.0mm和4.5mm， $\frac{\delta}{\bar{X}}$ 分别为0.15和0.26。

表 1 不同地点及演替阶段植被地上、地下部分含水量

Table 1 Water contents of both above and underground parts of vegetation ecosystems in the three areas (mm)

地点	植被类型	位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean	δ/\bar{X}
Locations	Vegetation types	Position														
鼎湖山 Dinghushan	BLF	Canopy	22.0±1.0	22.4±0.09	23.1±1.1	23.6±1.2	24.1±1.1	24.2±1.1	23.8±1.0	23.3±1.2	22.7±1.1	22.1±1.0	21.6±1.0	21.2±0.9	23.0	0.04
		Understory	0.36±0.08	0.39±0.07	0.43±0.07	0.46±0.06	0.46±0.07	0.44±0.07	0.41±0.06	0.38±0.05	0.35±0.04	0.32±0.04	0.31±0.03	0.32±0.03	0.40	0.13
		Root	5.6±0.2	5.8±0.3	6.3±0.3	6.7±0.4	7.1±0.5	7.2±0.4	7.3±0.5	6.9±0.5	6.1±0.5	5.6±0.5	5.4±0.3	5.5±0.3	6.3	0.11
	DMF	Canopy	14.7±1.0	15.3±1.1	16.1±1.0	16.7±1.2	17.0±1.1	17.4±1.1	17.3±1.0	16.1±1.1	15.5±1.1	14.3±1.0	14.0±1.0	13.9±0.9	15.7	0.08
		Understory	0.17±0.03	0.19±0.02	0.23±0.04	0.26±0.05	0.26±0.04	0.26±0.03	0.24±0.04	0.20±0.03	0.18±0.02	0.14±0.02	0.13±0.02	0.14±0.03	0.2	0.24
		Root	4.7±0.2	5.1±0.2	5.6±0.3	6.1±0.4	6.4±0.5	6.7±0.6	6.8±0.7	6.0±0.7	5.3±0.6	4.6±10.5	4.4±0.5	4.4±0.4	5.5	0.15
DCF	Canopy	3.8±0.4	4.3±0.3	5.1±0.5	5.9±0.6	5.8±0.6	5.9±0.5	6.0±0.6	5.1±0.4	4.8±0.4	3.6±0.3	3.7±0.4	3.5±0.3	4.8	0.20	
	Understory	0.63±0.1	0.80±0.1	1.1±0.1	1.3±0.1	1.3±0.2	1.3±0.1	1.2±0.2	0.93±0.1	0.8±0.1	0.51±0.07	0.51±0.08	0.50±0.08	0.9	0.34	
	Root	1.7±0.1	1.9±0.1	2.4±0.2	2.9±0.3	3.0±0.3	3.1±0.3	3.2±0.2	2.6±0.1	2.2±0.2	1.5±0.1	1.6±0.1	1.5±0.1	2.3	0.27	
鹤山 Heshan	LSF	Canopy	6.7±0.4	6.8±0.3	8.0±0.4	8.3±0.4	9.0±0.5	9.3±0.6	9.5±0.6	8.7±0.5	8.6±0.6	7.6±0.6	7.8±0.6	6.8±0.5	8.1	0.12
		Understory	0.21±0.06	0.23±0.06	0.31±0.05	0.36±0.06	0.40±0.05	0.41±0.04	0.40±0.05	0.32±0.02	0.30±0.03	0.23±0.03	0.23±0.02	0.20±0.02	0.3	0.25
		Root	2.1±0.3	2.2±0.2	2.7±0.3	3.0±0.2	3.2±0.3	3.4±0.3	3.5±0.4	3.0±0.3	2.8±0.3	2.2±0.3	2.3±0.3	2.1±0.2	2.7	0.18
HMF	Canopy	6.9±0.8	7.4±0.9	8.7±0.9	10.0±0.8	11.6±1.0	11.2±1.0	11.4±1.1	10.1±1.0	8.6±0.9	6.9±0.7	7.4±0.9	6.7±0.8	8.9	0.20	
	Understory	0.42±0.1	0.48±0.1	0.60±0.09	0.73±0.1	0.85±0.1	0.85±0.2	0.87±0.1	0.68±0.1	0.56±0.09	0.39±0.06	0.41±0.08	0.37±0.07	0.6	0.31	
	Root	3.0±0.6	3.2±0.5	3.8±0.6	4.4±0.6	5.3±0.6	5.6±0.5	6.2±0.6	5.2±0.6	4.2±0.4	3.2±0.2	3.4±0.3	3.0±0.3	4.2	0.25	
HGL	Canopy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	
	Understory	0.57±0.1	0.66±0.1	0.82±0.2	1.2±0.3	1.5±0.4	1.7±0.4	1.8±0.3	1.2±0.3	0.95±0.2	0.55±0.1	0.61±0.1	0.44±0.1	1.0	0.45	
	Root	0.24±0.05	0.24±0.04	0.29±0.03	0.42±0.04	0.54±0.05	0.64±0.06	0.73±0.07	0.52±0.06	0.42±0.05	0.25±0.03	0.30±0.04	0.21±0.02	0.4	0.42	
小良 Xiaoliang	XMF	Canopy	6.6±1.0	7.4±0.9	8.0±0.9	8.6±1.0	9.1±1.0	9.1±0.9	8.9±0.8	8.6±0.8	8.0±0.9	7.2±0.7	6.8±0.6	6.4±0.6	7.9	0.12
		Understory	0.52±0.1	0.65±0.1	0.78±0.08	0.91±0.1	0.97±0.1	0.94±0.09	0.87±0.08	0.74±0.08	0.63±0.07	0.49±0.06	0.45±0.05	0.44±0.05	0.7	0.27
		Root	3.4±0.1	3.9±0.2	4.4±0.3	5.0±0.5	5.4±0.6	5.5±0.5	5.5±0.6	5.0±0.5	4.3±0.4	3.6±0.4	3.4±0.3	3.2±0.3	4.4	0.19
XEF	Canopy	Canopy	2.5±0.9	3.1±0.7	3.6±0.8	4.6±0.9	4.5±0.8	4.4±0.8	4.5±0.7	3.9±0.7	3.5±0.8	2.5±0.7	2.6±0.7	2.3±0.6	3.5	0.24
		Understory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/
		Root	0.65±0.2	0.81±0.2	1.0±0.1	1.3±0.2	1.4±0.2	1.4±0.1	1.4±0.2	1.2±0.1	0.95±0.1	0.62±0.08	0.66±0.07	0.59±0.07	1.0	0.32

2.3 系统的平均总储水量

根据上述结果,系统的总储水量分别如下:

鼎湖山:阔叶林 201.9mm,混交林 175.1mm,针叶林 146.0mm;

鹤山:乡土树种林 132.2mm,马占相思林 144.5mm,退化草坡 120.9mm;

小良:混交林 150.1mm,桉树林 141.8mm,裸地 154.9mm。

由于土壤储水量较小,鹤山几种人工森林生态系统的总储水量很小,这可能是由于鹤山人工林构建的时间很短,土壤储水能力尚未得到恢复所致。

2.3 蒸散潜力与植被水分蓄库

蒸散潜力是某一作用面在水分供应充足情况下的蒸散,反映了此作用面的热量供应状况,如果蒸散潜力和实际蒸散之间长期存在较大的差异,则森林是不可能存在的;从系统的干湿状况来衡量,实际蒸散与蒸散潜力之比在 0.8 以上时^[5],可称为湿润。

植被水分蓄库是植被能供给蒸腾作用、消耗蒸散潜力热量的直接水分,在高蒸散潜力下,植被所贮存的水分必须多次更换才能满足蒸腾作用的需要,否则,将出现缺水而死亡,表 2 给出了各种植被地上部分贮水量和蒸散潜力的对照值。

表 2 的结果表明,如果按蒸散潜力所要求的水分供应量并根据湿润地区实际蒸散至少占蒸散潜力的 80% 计算,则鼎湖山亚热带常绿阔叶林植被中月水分循环次数平均至少为 2.8 次,湿季(4~9 月)月水分循环次数为 3.7 次,干季(10~3 月)为 1.9 次;鼎湖山混交林分别为 5.2 次,5.2 次和 5.2 次;鹤山马占相思林分别为 7.4 次,8.2 次和 6.2 次;小良混交林分别为 8.2 次,9.6 次和 6.2 次;鹤山乡土林则分别为 8.9 次,9.8 次和 7.6 次;鼎湖山针叶林分别为 13.8 次,13.0 次和 15.0 次;小良桉树林分别为 19.9 次,21.7 次和 17.3 次,而鹤山的退化草坡则分别为 78.7 次,72.0 次和 94.0 次;小良裸地没有植被蓄水量,不予考虑。这之中,鼎湖山针叶林和鹤山退化草坡出现干季比湿季所需的水分循环次数还多的情况,说明这两种植被干季确实受到了水分匮乏的压力。

3 讨论

3.1 植被发育状况与水分结构的季节稳定性

与生态系统其它结构不同,水分结构稳定性较差,对外界环境反映很敏感,但这也确立了指标在判别生态系统健康方面的作用。

上面的结果指出,植被含水量的月份间相对标准偏差 $\frac{\delta}{\bar{X}}$ 按从小到大的顺序为:鼎湖山亚热带常绿阔叶林<鼎湖山混交林<鹤山乡土树种林<小良混交林<鹤山马占相思林<鼎湖山针叶林<小良桉树林<鹤山退化草坡,即,越接近地带性顶极群落的植被生态系统,其植被的总含水量随季节的变化越小,基本上与这些植被生态系统在演替系列中的状态相近。

植被含水量受生物量和含水率的控制,但本文没有测定各个月份的生物量,因为各个月份的植被生物量变化很小,难以测出,只是按月测定了含水率的大小,如上的结果实际上就说明了越接近地带性顶极的植被生态系统,外界水分供应变化对植被含水率的影响就越小,系统内部环境特点越明显、越稳定。

表2 不同地点及演替阶段地上部分含水量与蒸散潜力对比

Table 2 Comparison of potential evapotranspiration and water content of overground parts for the vegetation ecosystems of 3 areas

地点 Locations	植被类型 Vegetation types	Contents	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Average	$\delta\sqrt{X}$
鼎湖山	BLF	A	22.4	22.8	23.5	24.1	24.6	24.6	24.2	23.7	23.1	22.4	21.9	21.5	23.2	0.04
Dinghushan	DMF	B	39.2	32.0	42	68	109	105	143	122	114	89	73	41	81.4	0.44
		A	14.9	15.5	16.3	17.0	17.3	17.7	17.5	16.3	15.7	14.4	14.1	14.0	15.9	0.08
	DCF	B	89.9	82.3	74.6	79	100.9	98.7	127.2	128.3	127.6	131.6	106.4	97.6	103.7	0.19
		A	4.4	5.1	6.2	7.2	7.1	7.2	7.2	6.0	5.6	4.1	4.2	4.0	5.7	0.22
鹤山	LSF	B	77.9	74.6	70.2	77.9	100.9	99.8	128.3	127.2	119.6	120.6	95.4	85.6	98.2	0.21
		A	6.9	7.0	8.3	8.7	9.4	9.7	9.9	9.0	8.9	7.8	8.0	7.0	8.4	0.12
Heshan	HMF	B	61.4	43	70	74.9	122.9	98.3	124.8	131.5	132.7	104.4	79.9	68.8	92.7	0.32
		A	7.3	7.9	9.3	10.7	12.5	12.1	12.3	10.8	9.2	7.3	7.8	7.1	9.5	0.21
	HGL	B	48.5	39.5	52.4	70.4	108.2	123.2	145.5	127.0	115.0	93.1	69.1	55.4	87.3	0.39
		A	0.57	0.66	0.82	1.2	1.5	1.7	1.8	1.2	0.95	0.55	0.61	0.44	1	0.45
小良	XMF	B	73.0	52.3	81.0	108.1	153.9	93.8	125.8	130.0	139.8	105.5	61.2	55.9	98.4	0.33
		A	7.1	8.1	8.8	9.5	10.1	10.0	9.8	9.3	8.6	7.7	7.3	6.8	8.6	0.13
Xiaoliang	XEF	B	48.6	39.4	52.1	70.3	108.2	123.3	145.3	127.1	114.8	93.2	69.1	55.5	87.2	0.39
		A	2.5	3.1	3.6	4.6	4.5	4.4	4.5	3.9	3.5	2.5	2.6	2.3	3.5	0.24
	XBL	B	48.7	39.0	51.9	70.4	107.6	122.6	144.8	127.3	11.54	93.2	70.6	55.8	87.3	0.39
		A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/
		B	99.3	74.9	94.8	107.8	159.6	178.3	208.6	183.3	170.9	147.4	124.3	113.8	138.6	0.29

A Water content in overground parts; B Potential evapotranspiration

考虑凋落物自然含水量的月份间相对标准偏差 $\frac{\delta}{\bar{X}}$ ，按从小到大的顺序则为：鼎湖山南亚热带常绿阔叶林<鼎湖山混交林<小良混交林<鼎湖山针叶林<鹤山乡土树种林<鹤山退化草坡<鹤山马占相思林<小良桉树林。凋落物自然含水量决定于凋落物现存量和含水率，是一个综合指标。凋落物量的稳定本身也是群落稳定的一个标志^[15~16]，同时，群落内小气候环境特别是水分环境也对凋落物量造成影响，稳定的小气候环境往往形成稳定的凋落物量^[16]；而凋落物含水率则直接反映了群落内包括大气在内的小气候环境。

鼎湖山、鹤山、小良3地年内大气降水月份间相对标准偏差 $\frac{\delta}{\bar{X}}$ 分别为0.67, 0.72和0.70，它们均远远大于相应地点植被含水量的同一个指标值，除小良桉树林外，也大于其它植被类型凋落物含水量的月份间相对标准偏差，对于植物活体来说，这个结果是可以理解的，而对于没有生命现象的凋落物，则从一个侧面反映出除小良桉树林外的植被系统内小气候环境年变化较外界小。

系统内环境向中生化方向发展是生态系统进展演替的标志之一，因此，也是生态系统健康的一个重要标志。

3.2 土壤水分月份差异的生态学机理

土壤水分量的月际间相对标准偏差 $\frac{\delta}{\bar{X}}$ 与根据植被含水量变化所判断的生态系统演替状况将有很大的差异，说明就水分结构而言，植物群落与土壤的发育状况是不同步的，本文结果表明，要恢复到鼎湖山混交林的土壤水分含量水平，土壤结构应保持至少50年不受扰动，余作岳和彭少麟^[14]在研究热带亚热带退化生态系统的植被恢复时发现土壤肥力的恢复落后于群落物种多样性恢复100a，落后于生物量恢复40a，这个结果可作为参考。

4 结论

4.1 越接近地带性顶极群落的植被生态系统，其植被的总含水量随季节的变化越小，水分环境中生化程度越大，基本上与这些植被生态系统在演替系列中的状态相近，说明生态系统的水分结构能较好地反映出本系统的演替状况，可以较好地作为生态系统健康评价的指标。

4.2 系统水分结构对环境的反应敏感，植被部分水分贮量对于越接近地带性顶极群落的植被生态系统，其月更新次数越少，这个结果有利于寻找生态系统健康评价的量化指标。

4.3 植被水分结构的恢复与土壤水分结构的恢复是不同步的，土壤水分年均值的大小主要决定于土壤结构是否受到破坏，土壤结构50a以上没有受扰动系统的土壤含水量明显高于其它系统；土壤水分量月际间相对标准偏差以鹤山地区最大，鼎湖山地区次之，小良最小，说明鹤山地区这3种植被在干季受到的水分供应压力较其它地区的植被大。

参 考 文 献

- [1] Kong Guohui, Huang Zhongliang, Zhang Qianmei, et al, Type, Structure, Dynamics and Management of the Lower Subtropical Evergreen Broad-leaved Forest in the Dinghushan. Biosphere Reserve of China. *Tropics*. 1997, 6 (4): 335~350

- [2] Peng Shaolin and Zhang Zhuping. Biomass, productivity and energy use efficiency of climax vegetation on Dinghu Mountains, Guangdong, China. *Science in China* (Series B), 1995, 38 (1): 67~73
- [3] Peng Shaolin and Wang Bosun. Forest Succession at Dinghushan, Guangdong, China. *Chinese J. Bot.* 1995, 7 (1): 75~80
- [4] Ehleringer J R, Lin Zhifang, Field C B, et al. Leaf carbon isotope ratios of plants from a subtropical monsoon forest. *Oecologia*, 1987, 72: 109~114
- [5] 周国逸. 生态系统水热原理及其应用. 北京, 气象出版社, 1997, 10~31
- [6] 周国逸, 彭少麟, 余作岳等. 退化生态系统恢复中水热限制因子作用—广东沿海台地水热条件的生态后果—生命科学研究进展. 中国科协第二届青年学术会议论文集, 北京, 中国科学技术出版社, 1995, 596~601
- [7] 周国逸. 水热分配不均地区退化生态系统水热联合作用研究的意义. 资源生态环境网络研究动态, 1996, 7 (1): 26~30
- [8] 申卫军, 彭少麟, 周国逸等. 鹤山丘陵草坡的水文特征及水量平衡. 植物生态学报, 2000, 24 (2): 162~168
- [9] 韦彩妙, 孔国辉, 黄忠良等. 鼎湖山季风常绿阔叶林植物蓄水作用的研究. 热带亚热带森林生态系统研究, 1998, 8: 156~162
- [10] 张文其, 彭少麟, 任海等. 马占相思林的生物量和能量分配. 生态学报, 1995, 15 (增刊 A): 44~48
- [11] 贺庆棠. 气象学. 北京, 中国林业出版, 1988, 144~145
- [12] 祝廷成, 钟章成, 李建东. 植物生态学. 北京, 高级教育出版社, 1988, 242~244, 257~261, 268~269
- [13] 沈承德, 刘东生, 彭少麟等. 鼎湖山自然保护区森林土壤 ^{14}C 测定及 ^{14}C 示踪初步研究. 科学通报, 1998, 43 (16): 1775~1780
- [14] 余作岳, 彭少麟. 热带亚热带退化生态系统的植被恢复及其效应. 生态学报, 1995, 15 (增刊 A): 1~17
- [15] 翁轰, 李志安, 屠梦照等. 鼎湖山森林凋落物量及营养元素含量研究. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17 (4): 299~304
- [16] 屠梦照. 鼎湖山亚热带常绿阔叶林凋落物量. 热带亚热带森林生态系统研究, 1984, 2: 18~23