

# 香港草地、芒萁、灌木群落的 C 素动态

管东生

(中山大学环境科学系, 广州 510275)

**摘要:**通过对香港草地、芒萁、灌木群落植物生物量和净生产量的研究, 探讨这些植物群落的 C 素动态。结果表明: 草地、芒萁、灌木群落植物的 C 贮量分别为 377, 871 和 1448 g/m<sup>2</sup>; 土壤的 C 贮量大于植物。植物的年固碳量为 332, 489 和 469 g/m<sup>2</sup>·a; 碳同化净增量为 87, 246, 185 g/m<sup>2</sup>·a。刈割实验也表明人类干扰活动会严重降低植被的 C 固定量。

**关键词:**草地; 芒萁; 灌木群落; C 素动态; 香港

## Dynamics of carbon in the grassland, fernland and shrubland of Hong Kong

GUAN Dong-Sheng (Department of Environmental Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** Carbon dynamics of the grass, fern and shrub communities in Hong Kong were studied based on the estimation of their biomass and net primary production (NPP). The results showed that carbon storage of plants in the grassland, fernland and shrubland were 377, 871 and 1448 g/m<sup>2</sup> respectively. The carbon storage of soil was larger than that of plants in the three communities. The carbon amounts assimilated for NPP and net accumulative biomass were 332, 489, 469 g/m<sup>2</sup>·a and 87, 246, 185 g/m<sup>2</sup>·a respectively. The results indicated that human disturbance, such as cutting, would decrease carbon amount assimilated by vegetation.

**Key words:** carbon dynamics; grassland; fernland; shrubland; Hong Kong

文章编号: 1000-0933(2001)03-0440-06 中图分类号: Q148 文献标识码: A

地球大气 CO<sub>2</sub> 的上升引起的温室效应及其带来的一系列生态环境变化已成为生态学和环境科学研究的热点问题。由于植被是大气 CO<sub>2</sub> 的重要吸收和贮存库, 其对地球碳平衡的作用受到国内外研究者的关注<sup>[1,2]</sup>。目前, 对我国热带、亚热带森林 C 循环的研究已受到重视<sup>[3~5]</sup>。但对森林破坏后的次生草地和灌丛的 C 素动态则未见报道。亚热带次生灌丛和灌草丛面积约占我国亚热带地区总面积的 1/3 左右<sup>[6]</sup>, 在香港, 草地和灌木林约占其总面积的 48.3%。因此, 草地和灌木林的碳素动态对区域碳平衡有重要作用。

### 1 研究地概况

研究区域位于北纬 22°25'30"~22°26'30"和东经 114°06'30"~114°07'30"之间的香港新界观音山(灌木林)和林村郊野公园(草地和芒萁群落), 样地海拔高度约 120~290 m, 坡度在 35°~45°之间。基岩为火山岩和火成岩, 土壤为赤红壤, 表土 pH 值 4.38~4.66, 总氮 0.120%~0.238%, 总磷 0.048%~0.202%, 交换性钾 30~69 ug/g。草地、芒萁、灌木群落的表土碳含量和容重分别为 1.46%, 1.52%, 2.70% 和 1.32, 1.30, 1.33g/cm<sup>3</sup>。香港地处季风气候区, 年平均温度 22.8℃, 年平均湿度 78%, 年平均降雨量 2214 mm, 干湿季明显, 降雨主要集中于 4~9 月份。

研究的灌木群落桃金娘 (*Rhodomyrtus tomentosa*) 是唯一的优势种, 其他伴随种有野牡丹 (*Melastoma*

基金项目: 美国洛克斐勒兄弟基金和香港研究资助局资助项目

收稿日期: 1999-07-31; 修订日期: 2000-02-23

作者简介: 管东生 (1957-) 男, 汉, 江苏涟水人, 博士, 副教授。主要从事生态系统和区域生态研究。

*candidum*)、山芝麻(*Helicteres angustifolia*)等。芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)群落的优势种也只有芒萁,伴随种有盐肤木(*Rhus chinensis*)、山芝麻、桃金娘、菝葜(*Smilax china*)等。禾草草地的优势种有鸭嘴草(*Ischaemum* spp.)、野古草(*Arundinella setosa*)和金茅(*Eulalia speciosa*),伴随种有扭鞘香茅(*Cymbopogon tortilis*)、山芝麻、桃金娘和海金沙(*Lygodium dichotomum*)等。

## 2 研究方法

### 2.1 生物量测定

群落植物生物量测定采用收获法。在研究的两年期间,灌木群落的生物量测定包括①利用随机层次法每月收获桃金娘 10 株茎的地上部物质;②随机选择 8 个 1 m×1 m 样方,分别收获其地上部、地下部和死地被物层物质;③每年选择草本植物生物量最大的季节(9 月底),分别随机收获 8 个 1 m×1 m 样方中草本植物地上部物质;④利用随机设置的 10 个 32 cm×32 cm 的凋落物收集器,每隔半个月(雨季)或每个月(旱季)定期回收所有的凋落物。草地和芒萁群落的生物量测定包括:①每月底齐地面刈割 5 个随机选定的 1 m×1 m 样方,同时收集死地被物层物质,样地将不重复收割;②分别于 1989 年 1 月和 9 月以及 1990 年 3 月地上部生物量收获后挖掘地下部物质。

收获的样品按种类、器官分开,于 105℃ 烘干称重。

### 2.2 年间生物量净增量及第一性生产量的估算

利用收获法测定植物群落第一性净生产量的基本关系式为:

$$P_n = \Delta B + L + G$$

式中, $\Delta B$  为 1a 内生物量的增量; $L$  为 1a 内植物死亡、脱落及分解损失; $G$  为 1a 内被草食动物啃食损失量,详细的估算方法已有另文描述<sup>[7~9]</sup>。

年间群落植物生物量净增量根据研究的 2a 间植物各组分的净增量之和获得。

### 2.3 刈割实验

在草地和芒萁群落随机选择 8 个样方组,每组包括 3 个小样方,每个小样方进行不同间隔的刈割处理,即每月、每 4 个月、每年刈割 1 次。每个小样方为 1.0 m×1.0 m,并有 0.25 m 宽的边。

### 2.4 植物和土壤 C 含量测定

植物分析样品于 70℃ 烘干,土壤样品则置于室内风干,然后磨碎。植物和土壤的 C 含量测定采用  $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$  容量法。

## 3 结果与讨论

### 3.1 群落植物的生物量及 C 贮量

草地、芒萁和灌木群落的植物生物量和 C 贮量分别为 848,1837,2961 g/m<sup>2</sup> 和 377,871,1448 g/m<sup>2</sup>(表 1)。灌木林的优势种桃金娘和草地的禾草植物地上部生物量和 C 贮量略大于地下部分。但芒萁有发达的地下茎,其地下部生物量和 C 贮量大约是地上部的 2 倍。由于香港的草地和芒萁群落经常遭受火灾,其木本植物地上部生物量通常只能累积 2~3a<sup>[10]</sup>,所以草地和芒萁群落木本植物的地上部生物量和 C 贮量远小于地下部分。

据报道,鼎湖山和黑石顶南亚热带常绿阔叶林植物的生物量分别为 38066 g/m<sup>2</sup> 和 35798 g/m<sup>2</sup><sup>[11,12]</sup>。海南岛热带山地雨林植物的生物量和 C 贮量分别为 42905 g/m<sup>2</sup> 和 23714 g/m<sup>2</sup>,浙江 35 a 林龄的青冈常绿阔叶林植物的生物量和 C 贮量分别为 11127 g/m<sup>2</sup> 和 6694 g/m<sup>2</sup>。森林的生物量和 C 贮量相当于草地、芒萁和灌木群落的几倍至几十倍。

常绿阔叶林植物生物量的地上/地下的平均比率为 4.28,热带林为 6.09<sup>[13]</sup>。海南岛热带山地雨林植物的生物量和 C 贮量地上/地下比率分别为 12.50 和 12.83<sup>[3]</sup>,浙江 35 a 林龄的青冈常绿阔叶林植物 C 贮量地上/地下比率为 2.93<sup>[4]</sup>。香港草地、芒萁和灌木群落的植物生物量和 C 贮量的地上/地下比率分别为 0.78,0.44,1.10 和 0.75,0.43,1.07。可见,草本植物群落的生物量和 C 贮量的地上/地下比率比木本植物群落低,而在木本植物群落中,灌木林又低于乔木森林。另一方面,这一结果也说明,对于草本和灌木群落来说,地下部植物的 C 贮量有较大的重要性。

表 1 草地、芒萁和灌木群落的植物生物量和 C 贮量的分配

Table 1 Distribution of biomass and carbon storage of plants in the grassland, fernland and shrubland

植被 Vegetation	组分 Composition	地上部 Aboveground		地下部 Belowground		合计 Total	
		生物量 Biomass (g/m <sup>2</sup> )	碳贮量 C storage (g/m <sup>2</sup> )	生物量 Biomass (g/m <sup>2</sup> )	碳贮量 C storage (g/m <sup>2</sup> )	生物量 Biomass (g/m <sup>2</sup> )	碳贮量 C storage (g/m <sup>2</sup> )
灌木群落	桃金娘 <i>R. tomentosa</i>	1327	642	1158	577	2485	1219
	其他木本植物 Other woody plants	201	97	235	116	436	213
Shrubland	草本植物 Herbs	25	10	15	6	40	16
	合计 Total	1553	749	1408	699	2961	1448
芒萁群落	芒萁 <i>D. dichotoma</i>	464	217	928	440	1392	657
	其他草本植物 Other herbs	18	8	17	7	35	15
Fernland	木本植物 Woody plants	78	37	332	162	410	199
	合计 Total	560	262	1277	609	1837	871
禾草草地	禾草植物 Grasses	316	136	250	107	566	243
	其他草本植物 Other herbs	10	4	21	9	31	13
Grassland	木本植物 Woody plants	47	22	204	99	251	121
	合计 Total	373	162	475	215	848	377

## 3.2 土壤-植物系统各组分的干物质和 C 贮量

土壤-植物系统各组分的干物质和 C 贮量序列为土壤 > 植物 > 死地被物 > 立枯体 (禾草草地为立枯体 > 死地被物) (表 2)。草地、芒萁和灌木群落植物的 C 贮量分别相当于立枯体和死地被物的 5.3、18.9、16.8 倍和 12.6、14.7、5.9 倍,但只相当于土壤(0~10 cm)C 贮量的 19.6%、42.1%和 40.3%。可见,土壤是 C 的一个极重要的贮存库。立枯体和死地被物的 C 贮量虽然远小于土壤和植物的 C 贮量,但他们是土壤和植物系统 C 循环的联结库,对生态系统的 C 循环有重要作用。

表 2 草地、芒萁、灌木群落各组分干物质和 C 贮量

Table 2 Dry matter and carbon storage of various components in the grassland, fernland and shrubland

植被 Vegetation	组分 Composition	干物质 Dry matter (g/m <sup>2</sup> )	C 贮量 C storage (g/m <sup>2</sup> )	折合成 CO <sub>2</sub> 量 Convert CO <sub>2</sub> (g/m <sup>2</sup> )
灌木群落 Shrubland	植物 Vegetation	2961	1448	5306
	立枯体 Standing dead	175	86	315
	死地被物 Litter	511	246	901
	土壤 Soil(0~10 cm)	6191	3591	13157
	土壤(根层)Soil(root layer) <sup>1)</sup>	26894	15600	57158
芒萁群落 Fernland	植物 Vegetation	1837	871	3191
	立枯体 Standing dead	98	46	168
	死地被物 Litter	126	59	216
	土壤 Soil(0~10 cm)	3564	2067	7573
	土壤(根层)Soil(root layer) <sup>1)</sup>	8354	4846	17756
禾草草地 Grassland	植物 Vegetation	848	377	1381
	立枯体 Standing dead	151	71	260
	死地被物 Litter	65	30	110
	土壤 Soil(0~10 cm)	3322	1927	7060
	土壤(根层)Soil(root layer) <sup>1)</sup>	11540	6694	24527

1) 草地、芒萁、灌木群落土壤根层深度分别为 45 cm、35 cm 和 60 cm。1) The depths of root layers were 45cm, 35cm and 60cm for grassland, fernland and shrubland respectively.

据报道,广州从化流溪水库林区 29 年生常绿阔叶林的死地被物层干物质和土壤 C 贮量为  $415 \text{ g/m}^2$  和  $9122 \text{ g/m}^2$  [14]。尖峰岭热带森林和浙江建德青冈林死地被物的 C 贮量为  $298 \text{ g/m}^2$  和  $470 \text{ g/m}^2$ , 土壤的碳贮量为  $10260 \text{ g/m}^2$  和  $25257 \text{ g/m}^2$  [4,5]。森林死地被物的 C 贮量明显高于草地、芒萁、灌木群落,但森林和灌木林土壤的 C 贮量差异则不明显。这一结果说明,人类干扰活动对植物和死地被物 C 贮量的影响比土壤大。另外,也有可能是由于本文研究的灌木群落的土壤 C 含量偏高,使本研究与其他森林土壤 C 贮量的差异变小。

### 3.3 植物的年固碳量及 $\text{CO}_2$ 同化净增量

草地、芒萁、灌木群落的净第一性生产量及年固碳量分别为  $763, 1043, 1010 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  和  $332, 489, 469 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  (表 3)。优势种群禾草植物、芒萁和桃金娘分布占各群落净第一性生产量和年固碳量的 88.8%, 89.0%, 81.2% 和 88.0%, 89.2%, 81.2%。地上部净生产量和年固碳量分别相当于地下部的 2.4, 1.6, 3.3 倍和 2.4, 1.6, 3.2 倍。

草地、芒萁、灌木群落的生物量净增量分别为  $198, 519, 374 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ , 碳同化净增量为  $87, 246, 185 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ , 折合成  $\text{CO}_2$  量为  $319, 901, 678 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ 。

据报道,鼎湖山和黑石顶南亚热带常绿阔叶林的第一性生产量为  $2326 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  和  $2961 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ , 植物生物量净增量为  $950 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  和  $1068 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  [11,12]。尖峰岭热带雨林第一性生产量和年固碳量为  $1630 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  和  $862 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ , 生物量净增量及碳同化净增量为  $692 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$  和  $382 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$ 。草地、芒萁、灌木群落年固碳量和碳同化净增量远小于森林群落,尤其是禾草草地,本文研究的禾草植物地上部大部分当年枯死,几乎没有生物量的增量,所以禾草草地碳同化净增量只相当于尖峰岭热带山地雨林的 22.8%。

表 3 草地、芒萁、灌木群落的净第一性生产量及碳固定量

Table 3 Net primary production (NPP) and its carbon amounts in the grassland, fernland and shrubland

植被 Vegetation	组分 Composition	地上部 Aboveground		地下部 Belowground		合计 Total	
		净生产量 NPP ( $\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$ )	碳固定量 Fixed C amount ( $\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$ )	净生产量 NPP ( $\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$ )	碳固定量 Fixed C amount ( $\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$ )	净生产量 NPP ( $\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$ )	碳固定量 Fixed C amount ( $\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$ )
灌木群落 Shrubland	桃金娘 <i>R. Tomentosa</i>	645	296	175	85	820	381
	其他木本植物 Other woody plants	78	35	35	17	113	52
	草本植物 Herbs	53	26	24	10	77	36
	合计 Total	776	357	234	112	1010	469
芒萁群落 Fernland	芒萁 <i>D. dichotoma</i>	558	261	370	175	928	436
	其他草本植物 Other herbs	16	7	9	4	25	11
	木本植物 Woody plants	72	33	18	9	90	42
	合计 Total	646	301	397	188	1043	489
禾草草地 Grassland	禾草植物 Grasses	470	203	208	89	678	292
	其他草本植物	12	5	8	4	20	9
	木本植物	57	27	8	4	65	31
	合计 Total	539	235	224	97	763	332

### 3.4 刈割对草地、芒萁群落碳素动态的影响

刈割会降低植物的干物质生产量和碳固定量,刈割频率越高,干物质生产量和碳固定量降低越多(表 5)。与年刈割相比,草地每月刈割和 4 个月刈割的干物质生产量分别降低 58.8%和 2.9%,碳固定量降低 59.6%和 4.2%。芒萁群落每月刈割和 4 个月刈割的干物质生产量分别降低 67.7%和 10.0%,碳固定量降低 68.5%和 11.9%。即使在刈割停止后,其干物质生产量和碳固定量也不能马上恢复到刈割前的水平,尤其是高频率的刈割如每月刈割,在刈割停止 1a 后其干物质生产量和碳固定量还达不到年刈割的一半。可见刈割对植物群落的固 C 作用有严重影响。这种影响不但表现在植物 C 固定量的降低,还表现在土壤 C 贮量的降低,每月刈割使得土壤长期处于裸露状态,造成严重的土壤侵蚀。另外,没有植被覆盖的土壤在太阳高温照射下,有机物分解也会加速。因此,在连续 2 年每月刈割实验后,草地和芒萁群落表土 C 贮量分别降低 25.3%和 31.3%。

表 4 草地、芒萁、灌木群落的植物生物量净增量及碳固定量

Table 4 Net accumulation of biomass and carbon of plants in the grassland, fernland and shrubland

植被 Vegetation	生物量净增量 Net biomass accumulation (g/m <sup>2</sup> ·a)	碳同化净增量 Net C accumulation (g/m <sup>2</sup> ·a)	折合成 CO <sub>2</sub> 量 Convert CO <sub>2</sub> (g/m <sup>2</sup> ·a)
灌木群落 Shrubland	374	185	678
芒萁群落 Fernland	519	246	901
禾草群落 Grassland	198	87	319

表 5 刈割对草地和芒萁群落植物干物质生产量和碳固定量的影响

Table 5 The effects of cutting on dry matter production and its carbon amounts of plants in the grassland and fernland

植被 Vegetation	刈割频率 Cutting frequency	刈割期间 Cutting period <sup>1)</sup>			刈割停止 1 年后 One year after cutting		
		干物质生产量 NPP (g/m <sup>2</sup> ·a)	碳固定量 Fixed C amount (g/m <sup>2</sup> ·a)	折合成 CO <sub>2</sub> 量 Convert CO <sub>2</sub> (g/m <sup>2</sup> ·a)	干物质生产量 NPP (g/m <sup>2</sup> ·a)	碳固定量 Fixed C amount (g/m <sup>2</sup> ·a)	折合成 CO <sub>2</sub> 量 Convert CO <sub>2</sub> (g/m <sup>2</sup> ·a)
芒萁群落 Fernland	每月刈割 Monthly	161	74	271	159	74	271
	4 个月刈割 Four monthly	448	207	758	364	171	626
Fernland	年刈割 Yearly	498	235	861	405	191	700
禾草群落 Grassland	每月刈割 Monthly	157	67	245	148	63	231
	4 个月刈割 Four monthly	370	159	582	338	147	539
Grassland	年刈割 Yearly	381	166	608	377	164	601

1) 两年的平均值 Mean for two years

## 4 结语

草地、芒萁、灌木群落是华南由于人类干扰活动形成的重要植被类型。本研究结果表明,草地、芒萁、灌木群落的植物生物量、净第一性生产量和生物量净增量及与其相关的植物 C 贮量,年固 C 量和 C 同化净增量远低于地带性的森林植被,死地被物及其贮量也存在同样的状况。说明人类干扰活动会降低植被在地球 C 平衡中的作用。尤其是华南广大农村,草地、芒萁、灌木植物被用作薪炭燃料,植物群落的演替受阻,植被固 C 能力难于达到较高水平。在香港,频繁的山火也使大部分植被停留于草地、芒萁、灌木群落阶段,这是一个不利于全球 C 平衡的环境问题。

表 6 刈割前后草地和芒萁群落土壤(0~10 cm)的碳贮量变化

Table 6 Carbon storage of top soil (0~10 cm) before and after cutting in the grassland and fernland

植被 Vegetation	刈割前 Before cutting		每月刈割实验后 After monthly cutting		4 个月刈割实验后 After four monthly cutting	
	碳贮量 C storage	折合成 CO <sub>2</sub> 量 Convert CO <sub>2</sub>	碳贮量 C storage	折合成 CO <sub>2</sub> 量 Convert CO <sub>2</sub>	碳贮量 C storage	折合成 CO <sub>2</sub> 量 Convert CO <sub>2</sub>
	(g/m <sup>2</sup> )	(g/m <sup>2</sup> )	(g/m <sup>2</sup> )	(g/m <sup>2</sup> )	(g/m <sup>2</sup> )	(g/m <sup>2</sup> )
芒萁群落 Fernland	2067	7573	1420	5203	1777	6511
禾草草地 Grassland	1927	7076	1440	5276	1766	6471

## 参考文献

- [1] Sampson R N, Brown S, Cole C V, *et al.* Workshop summary statement: terrestrial biospheric carbon fluxe——quantification of sinks and sources of CO<sub>2</sub>. *Water, Air and Soil Pollution*, 1993, **70**(1): 3~15.
- [2] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 中国陆地生态系统的碳循环及其全球意义. 见: 王如松, 方精云, 高林, 等主编. 现代生态学的热点问题研究, 上册. 北京: 中国科学技术出版社, 1996. 240~250.
- [3] 李意德, 吴仲民, 曾庆波, 等. 尖峰岭热带山地雨林生态系统碳平衡的初步研究. *生态学报*, 1998, **18**(4): 371~378.
- [4] 李铭红, 于明坚, 陈启常, 等. 青冈常绿阔叶林的碳素动态. *生态学报*, 1996, **16**(6): 645~651.
- [5] 吴仲民, 曾庆波, 李意德, 等. 尖峰岭热带森林土壤 C 贮量和 CO<sub>2</sub> 排放量的初步研究. *植物生态学报*, 1997, **21**(5): 416~423.
- [6] 金小华, 宋永昌, 左文江. 皖南黟县次生灌草丛生物量的研究. *生态学报*, 1990, **10**(4): 328~332.
- [7] 管东生. 香港桃金娘灌木群落植物生物量和净第一性生产量. *植物生态学报*, 1998, **22**(4): 356~363.
- [8] Guan Dongsheng. Study on phytomass and primary productivity of *Dicranopteris linearis* fernland in Hong Kong. *Asian Geographer*, 1995, **14**(1): 45~57.
- [9] 管东生. 香港鸭嘴草、野古草、金茅群落的生物量和第一性生产力. *生态学杂志*, 1997, **16**(6): 22~26.
- [10] 管东生. 火对香港草地和芒萁群落的影响. *地理研究*, 1996, **15**(3): 90~96.
- [11] 彭少麟, 张祝平. 鼎湖山地带性植被生物量、生产力和光能利用效率. *中国科学(B 辑)*, 1994, **24**(5): 497~502.
- [12] 陈章和, 张宏达, 王伯荪, 等. 广东黑石顶常绿阔叶林生物量及其分配的研究. *植物生态学报*, 1993, **17**(4): 289~298.
- [13] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量. *生态学报*, 1996, **16**(5): 497~508.
- [14] 管东生. 流溪水库林区森林生态系统养分的研究. 见: 中国科学院鼎湖山森林生态系统定位研究站编. 热带亚热带森林生态系统研究(5). 北京: 科学出版社, 1989. 123~134.