

# 珠江三角洲植被对区域碳氧平衡的作用<sup>\*</sup>

彭江颖

(广东环境保护职业技术学院, 广东 广州510655)

**摘 要:** 珠江三角洲植被的净生产量为  $3.855 \times 10^7 \text{ t/a}$ , 碳净固定量为  $1.822 \times 10^7 \text{ t}$ , 氧气释放总量为  $4.860 \times 10^7 \text{ t/a}$ 。而该区域的碳释放总量高达  $3.600 \times 10^7 \text{ t/a}$ , 是该区植被固碳能力的 2.0 倍, 其中 66.05% 的碳来源于燃料燃烧。该区的耗氧总量达  $1.635 \times 10^8 \text{ t}$ , 是该区植被氧气释放量的 3.4 倍。这表明珠江三角洲是华南地区的重要碳源。研究结果表明, 珠江三角洲植被的生物量和净生产量较低, 如能加强植被的保护, 提高植被的生物量和净生产量, 则区域植被对碳氧平衡的作用会大大提高。

**关键词:** 珠江三角洲; 植被; 生物量; 净生产量; 碳氧平衡

**中图分类号:** X171.1    **文献标识码:** A    **文章编号:** 0529-6579 (2003) 05-0105-04

地球的碳循环是当今全球变化的热点研究问题。关于植被对碳循环作用的研究已有不少报道<sup>[1-3]</sup>, Lugo 和 Brown 研究热带森林在碳循环中的作用, 方精云等<sup>[4]</sup>对中国陆地生态系统的植物生物量和生产量也进行了研究, 并在此基础上估算中国陆地生态系统的碳循环<sup>[5,9]</sup>。但目前对于一些人类活动强度较大的典型区域的碳循环中植被所起的作用则研究较少。

珠江三角洲是广东省以至我国经济最发达的地区。该区域包括 14 个市县: 广州、深圳、珠海、佛山、江门、东莞、中山、惠州市区、惠阳县、博罗县、肇庆市区、高要市和四会市, 总面积为  $41\ 698 \text{ km}^2$ , 1998 年人口约为 2 238 万人, 国内生产总值达 5 833 亿元, 约占广东省的 75%。该区城市化的水平远高于全国平均水平, 其发展具有高经济密度和高能耗密度的特征。近十多年来, 珠江三角洲的环境问题受到越来越多的关注, 但对于珠江三角洲区域植被环境功能的研究仍较为贫乏。本文通过对该地区植被的生物量和净生产量进行研究, 并在此基础上探讨该区植被在维持区域大气碳氧平衡中的作用。

## 1 研究方法

本文所称植被除包括林业部门所统计的林分、经济林、竹林、疏林地、灌木林、苗圃及四旁树占地外, 还包括了农业部门所统计的农田播种面积。

### 1.1 林分生物量和净生产量的估算

林分乔木层生物量利用树木材积推算<sup>[4]</sup>, 其下木草本层的生物量根据目前的研究结果取值为  $10 \text{ t km}^{-2}$ <sup>[7]</sup>。林分的净生产量与林分生物量、林分状况及林龄有关。一般情况下, 林分的生产状况可由林分的生物量体现。本文利用林分生物量的资料以及方精云等人建立的各种森林群落生产力与生物量关系的方程式来估算森林的净生产量<sup>[4]</sup>。其中阔叶林的方程式则是根据广东鼎湖山、黑石顶、鹤山、小良以及云南等地的资料建立<sup>[1]</sup>。

### 1.2 疏林、灌木林、经济林的生物量和净生产量的估算

根据文献 [5] 的资料, 本区的疏林、灌木林的平均生物量为  $19.76 \text{ t km}^{-2}$ , 净生产量为  $10.89 \text{ t km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。经济林的平均生物量为  $23.7 \text{ t km}^{-2}$ , 净生产量为  $9.2 \text{ t km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

### 1.3 竹林生物量和净生产量的估算

竹林单株生物量按  $22.5 \text{ kg/株}$ <sup>[5]</sup> 计算。据流溪河毛竹林的研究<sup>[8]</sup>, 竹林下木草本层的生物量为  $5 \text{ t km}^{-2}$ , 本文采用该值作为竹林乔木层平均生物量的补充。毛竹是本区域竹林的主要种类, 毛竹的砍伐年龄一般为 5 a<sup>[8]</sup>, 故竹林的净生产量用生物量除以 5 获得。

### 1.4 农作物生物量的计算

根据文献 [5], 农作物生物量可由经济产量及经济系数推算, 其计算公式为:

\* 收稿日期: 2003-06-05

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目 (021740); 广东省环保局科技研究开发资助项目 (2001-18)

作者简介: 彭江颖 (1968 年生), 女, 讲师; E-mail: gracepeng1968@21cn.com.

$$Y = (1 - \text{经济产量含水率}) \times \frac{\text{经济产量}}{\text{经济系数}}$$

农作物的净生产量根据生物量乘以复种指数估算。

1.5 植物和土壤的碳含量分析

植物和土壤样品的含碳量分析采用  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{H}_2\text{SO}_4$  容量法。

1.6 碳释放量和耗氧量的估算

碳释放量的估算公式如下<sup>[9]</sup>：

(1) 燃煤的碳释放量( $\text{t/a}$ ) = 耗煤量  $\times 0.982 \times 0.73257$

(2) 燃油的碳释放量( $\text{t/a}$ ) = 耗油量  $\times 0.982 \times 0.73257 \times 0.813$

(3) 燃气的碳释放量( $\text{t/a}$ ) = 耗气量  $\times 0.982 \times 0.73257 \times 0.561$

其中, 0.982 为有效氧化系数, 0.732 57 是标准煤的含碳量, 0.813 和 0.561 分别是在获得相同热能的情况下, 石油和天然气释放的  $\text{CO}_2$  与燃煤释放的  $\text{CO}_2$  之比。

(4) 人口呼吸释放的碳量( $\text{t/a}$ ) = 人口总数(人)  $\times 0.079(\text{t/a})$ , 其中, 0.079 是每人每年呼吸的碳释放量。

(5) 土壤呼吸的碳释放量( $\text{t/a}$ ) = 每种植被的面积  $\times$  相应植被的土壤平均呼吸速率

森林的土壤平均呼吸率为  $6.47 \text{ t/(hm}^2 \cdot \text{a)}$ ; 疏林和灌木林是  $5.67 \text{ t/(hm}^2 \cdot \text{a)}$ ; 耕地是  $5.44 \text{ t/(hm}^2 \cdot \text{a)}$ <sup>[9]</sup>。

耗氧量的计算公式如下<sup>[8]</sup>：

(1) 燃煤的耗氧量( $\text{t/a}$ ) = 耗煤量( $\text{t/a}$ )  $\times 32/12$

(2) 燃油的耗氧量( $\text{t/a}$ ) = 耗油量( $\text{t/a}$ )  $\times 24/7$

(3) 燃气的耗氧量( $\text{t/a}$ ) = 耗气量( $\text{t/a}$ )  $\times 160/44$

(4) 人口呼吸的耗氧量( $\text{t/a}$ ) = 人口总数(人)  $\times 0.292$

(5) 土壤呼吸的耗氧量( $\text{t/a}$ ) = 土壤呼吸的碳释放量( $\text{t/a}$ )  $\times 2.667$

2 结果与分析

2.1 珠江三角洲植被组成概况

珠江三角洲共有林业用地  $2\,814\,500 \text{ hm}^2$ , 其中有林地面积为  $2\,700\,567 \text{ hm}^2$ , 占林业用地面积的 96%; 无林地面积为  $113\,933 \text{ hm}^2$ , 占林业用地的 4.0%。森林是区域植被的主体, 林分面积为  $2\,127\,618 \text{ hm}^2$ , 占林业用地面积的 75.6%。其它植被类型包括经济林、竹林、疏林灌木、苗圃和农田, 其中农田的播种面积达  $1\,089\,418 \text{ hm}^2/\text{a}$ , 且一年多造, 其生产力不容忽视。林业用地的利用状况见表 1。珠江三角洲地区的林分以幼龄林(33.2%)和中龄林(39.9%)

为主, 近龄林为 18.1%, 成龄林和过龄林仅占 5.3%和 3.5%。

表 1 珠江三角洲林业用地概况<sup>1)</sup>

Tab 1 The survey of forestry lands in the Pearl River Delta

| 有林地   |                       |          | 无林地   |                       |          |
|-------|-----------------------|----------|-------|-----------------------|----------|
| 项目    | 面积<br>hm <sup>2</sup> | 百分比<br>% | 项目    | 面积<br>hm <sup>2</sup> | 百分比<br>% |
| 林分    | 2127618               | 75.6     | 宜林荒山地 | 24637                 | 0.9      |
| 经济林   | 212284                | 7.5      | 采伐迹地  | 43341                 | 1.5      |
| 竹林    | 122140                | 4.3      | 火烧迹地  | 3654                  | 0.1      |
| 疏林地   | 23698                 | 0.8      | 宜林沙荒  | 160                   | /        |
| 灌木林地  | 123019                | 4.4      | 林中空地  | 986                   | /        |
| 未成林   | 91372                 | 3.3      | 封育荒山  | 6963                  | 0.3      |
| 苗圃    | 436                   | /        | 未利用地  | 34192                 | 1.2      |
| 四旁树占地 | 95407                 | /        | 无林地合计 | 113933                | 4.0      |

1) 四旁树面积不占林业用地面积

2.2 珠江三角洲地区植被的生物量和净生产量

珠江三角洲林分的生物量为  $88\,778\,241 \text{ t}$ , 占区域生物量的 76.7%; 净生产量为  $20\,741\,357 \text{ t/a}$ , 占区域净生产量的 53.8%, 其平均净生产量为  $9.75 \text{ t/(hm}^2 \cdot \text{a)}$ , 见表 2。表 2 表明林分在区域植被中起主导作用。但另一方面, 由于该区域的林分以幼龄林和中龄林为主, 林分的生物量累积的时间较短, 其平均生物量仅为  $40.73 \text{ t/hm}^2$ , 与中国森林平均生物量  $89.09 \text{ t/hm}^2$ <sup>[4]</sup> 相比, 还未达到其 50%。农作物占总净生产量的 30.8%, 平均净生产量达  $10.9 \text{ t/(hm}^2 \cdot \text{a)}$ , 高于全国平均水平  $6.5 \text{ t/(hm}^2 \cdot \text{a)}$ , 这是由于该地区气候温暖, 一年多造的原因。

表 2 珠江三角洲地区各种植被类型  
总生物量和净生产量表

Tab 2 The amount of biomass and net primary production of various vegetation in the Pearl River Delta

| 植被类型  | 面积<br>hm <sup>2</sup> | 平均生物量 <sup>1)</sup> | 生物量<br>t  | 平均净生产量 <sup>2)</sup> | 净生产量<br>( $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$ ) |
|-------|-----------------------|---------------------|-----------|----------------------|--------------------------------------------|
| 林分合计  | 2127618               | 41.73               | 88778241  | 9.75                 | 20741357                                   |
| 疏林灌木林 | 146717                | 19.70               | 2899118   | 10.89                | 1597743                                    |
| 竹林    | 122140                | 41.00               | 5007133   | 8.20                 | 1001427                                    |
| 经济林   | 212284                | 23.70               | 5031133   | 9.20                 | 1953014                                    |
| 四旁散生树 | 148792                | 46.03               | 6848802   | 9.30                 | 1383188                                    |
| 农作物   | 1089418               | 6.54                | 7123454   | 10.90                | 11872422                                   |
| 合计    | 3846968               | 30.07               | 115689221 | 10.02                | 38549151                                   |

1) 平均生物量的单位为  $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;

2) 平均净生产量的单位为  $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$

2.3 植被的碳净固定量和氧释放量

植物的碳贮量和碳净固定量分别由植被生物量和净生产量乘以其含碳量获得。各类植物样品含碳

量均为实验分析数据<sup>[1]</sup>。氧释放量则根据方程  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2$  估算。该地区植被的碳贮量为  $5.987 \times 10^8 \text{ t}$ ，碳净固定量为  $1.822 \times 10^7 \text{ t}$ ，氧气总释放量为  $4.860 \times 10^7 \text{ t}$ 。植被的平均碳净固定量为  $4.73 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ，平均释氧量为  $12.63 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ，见表 3。

表 3 珠江三角洲各类型植被固碳释氧量表

Tah 3 The amount of fixed carbon and emitted oxygen of various vegetation in the Pearl River Delta

| 植被类型  | 碳贮量<br>t | 平均碳贮量<br>( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ) | 碳净固定量<br>( $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$ ) | 平均碳净固定量<br>( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ) | 氧释放量<br>( $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$ ) | 平均氧释放量<br>( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ) |
|-------|----------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 林分合计  | 45021438 | 21.16                                                            | 10141003                                    | 4.77                                                               | 27042674                                   | 12.70                                                             |
| 疏林灌木林 | 951015   | 6.48                                                             | 652210                                      | 4.45                                                               | 1739227                                    | 11.84                                                             |
| 竹林    | 2642431  | 21.63                                                            | 507928                                      | 4.16                                                               | 1354474                                    | 11.08                                                             |
| 经济林   | 2442112  | 11.50                                                            | 907370                                      | 4.27                                                               | 2419653                                    | 11.39                                                             |
| 四旁散生树 | 68911    | 23.31                                                            | 672094                                      | 4.52                                                               | 1792251                                    | 12.03                                                             |
| 农作物   | 3205554  | 2.94                                                             | 5342590                                     | 4.90                                                               | 14246907                                   | 11.20                                                             |
| 合计    | 57731471 | 15.00                                                            | 18223195                                    | 4.73                                                               | 48595187                                   | 12.63                                                             |

2.4 植被对碳氧平衡的作用

燃料燃烧是珠江三角洲最大的碳释放源，共占区域碳释放量的 66.05%，耗氧量的 78.82%，土壤呼吸是第 2 位的碳释放源，共占区域碳释放源的 28.49%，耗氧量的 16.74%，人口呼吸分别占区域碳释放量和耗氧量的 5.44%和 4.44%，见表 4。

表 4 珠江三角洲人口、燃料消耗及土壤呼吸释碳总量、耗氧量

Tah 4 The amount of emitted carbon and oxygen consumption of population fuel burning and soil breath

| 项目   | 人口或燃料<br>消耗量/万 t | 碳释放量/<br>万 t | 耗氧量/<br>万 t | 释碳百分<br>比/% |
|------|------------------|--------------|-------------|-------------|
| 燃料燃烧 | 3466.25          | 2378.63      | 12886.22    | 66.05       |
| 人口呼吸 | 2483.41          | 196.19       | 725.2       | 5.44        |
| 土壤呼吸 | /                | 1025.92      | 2736.13     | 28.49       |
| 合计   |                  | 3600.74      | 16347.5     | 99.98       |

结果表明，珠江三角洲地区植被的碳净固定量为  $1.822 \times 10^7 \text{ t/a}$ ，该区域的碳释放总量达  $3.600 \times 10^7 \text{ t/a}$ ，也就是说该区域碳源的释放量是植被固碳量的 2.0 倍；珠江三角洲地区植被的氧气释放总量为  $4.860 \times 10^7 \text{ t/a}$ ，耗氧总量为  $1.635 \times 10^8 \text{ t/a}$ ，即该区域氧气的消耗量是氧气释放量的 3.4 倍。珠江三角洲地区植被的固碳释氧能力与区域  $\text{CO}_2$  的释放水平是极不平衡的，这表明该地区是广东省乃至整个华南地区的重要碳释放源。

3 结果与讨论

植被生产力的估算是本研究的关键问题。用材积推算生物量虽然是一个可行的方法，但此方法只能推算乔木的生物量，而忽视了下木草本层的生物

量。在珠江三角洲地区，林分的平均生物量低，主要以幼龄林及中龄林为主，林分的郁闭度低，为下木草本层的生长提供了有利的条件，下木草本层将占有较大的生物量比例，本文参考了广州流溪河林区的研究结果<sup>[8]</sup>，对珠江三角洲地区林分的材积源生物量进行了修正。但由于区域林分类型多样，故下木草本层的生物量有待更多的调查研究。南亚热带森林在优势树种的组成方面带有较强的区域特征，某些优势树种仍缺少估算方程式，今后应对此进行深入研究。

珠江三角洲地区是华南地区一个重要的碳源，每年向大气中排放的碳总量为  $3.600 \times 10^7 \text{ t/a}$ 。根据预测，珠江三角洲地区的能源消耗年均递增率将为 3.64%，假定该区域能源结构不变，则碳释放的年均递增量将达到  $1.310 \times 10^6 \text{ t/a}$ 。目前，珠江三角洲的林分多为幼龄林和中龄林，森林的生物量和净生产量较低，不利于发挥良好的生态作用。应该加强自然保护，争取近期（2010 年）将生物量提高到  $60 \text{ t}/\text{hm}^2$ ，中期（2020 年）和远期（2030 年）提高到  $80 \text{ t}/\text{hm}^2$  和  $100 \text{ t}/\text{hm}^2$ 。净生产量分别提高到  $13 \sim 16 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ，则可大大提高珠江三角洲植被的生态效益。

致谢：感谢管东生教授对本文提出修改意见。

参考文献:

[1] 管东生. 广州市森林生态系统的特征及其对碳氧平衡作用的研究 // 中国地理学会自然地理专业委员会编. 全球变化区域影响研究[C]. 北京, 人民教育出版社, 2000: 453—460.  
[2] LUGO A E, BROWN S. Tropical forest as sinks of atmospheric carbon[J]. Forest Ecology and Management, 1992,

54; 239—255.

[ 3 ] BROWN S, HALL C A S. Tropical forest: their pass, present, and potential future role in the terrestrial carbon budge[ J] . Water, Air, and Soil Pollution, 1993, 70: 71—94.

[ 4 ] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄, 等. 我国森林植被的生物量和净生产量 [ J] . 生态学报, 1996, 16( 5) : 497—508.

[ 5 ] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄, 等. 中国陆地生态系统碳库 // 王如松, 等. 现代生态学的热点问题研究( 上册) [ M] . 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 240—250.

[ 6 ] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄, 等. 中国陆地生态系统的碳循环及其全球意义 // 王如松, 等. 现代生态学的热点问题研究( 上册) [ M] . 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 251—265.

[ 7 ] 管东生. 流溪河水库林区森林生态系统研究 // 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) [ C] . 北京: 科学出版社, 1989: 123—134.

[ 8 ] 中野尊正, 沼田真, 半谷高久, 等. 城市生态学[ M] . 孟德政, 刘德新, 译. 北京: 科学出版社, 1986: 134—137.

**Roles of Vegetation on Balance of Carbon and  
Oxygen in the Pearl River Delta**

*PENG Jiang ying*

(Guangdong Professional Technical College of Environmental Protection, Guangzhou 510655, China)

**Abstract:** The net primary production (NPP) of vegetation in the Pearl River Delta was  $3.855\times 10^7$  t/a. The amounts of fixed carbon and made oxygen by vegetation were respectively  $1.822\times 10^7$  t/a and  $4.860\times 10^7$  t/a. However, the annual emission of carbon had reached  $3.600\times 10^7$  t/a in the region, which means 2.0 times as much as the amount of fixed carbon by vegetation. 66.05% of the carbon came from fuel burning. The oxygen consumption had reached  $1.635\times 10^8$  t/a, 3.4 times as much as the amount of oxygen produced by vegetation. The research showed that the total biomass and NPP of vegetation were low in Pearl River Delta. If the vegetation could be conserved and its biomass and NPP could be increased, its roles on balance of carbon and oxygen could be improved in the Pearl River Delta.

**Key words:** the Pearl River Delta; vegetation; biomass; net primary production (NPP); balance of carbon and oxygen