

珠江三角洲快速城市化对区域植被固碳放氧能力的影响研究^{*}

陈玉娟¹, 管东生¹, PEARTM R

(1. 中山大学环境科学系, 广东 广州 510275;

2 香港大学地理系, 香港)

摘要: 随着珠江三角洲快速的城市化, 土地利用也发生相应的变化, 其中耕地明显减少, 而居民点及工矿用地迅速增加。林地、牧草地和未利用地也有不同程度的减少, 交通用地、园地和水域则有不同程度的增加。由于大量的生态用地被开发利用, 1990—2000 年期间珠江三角洲的耕地、疏林及灌木林和牧草地分别减少了 304578、77093 和 604 hm², 相当于其 1990 年面积的 28.78%、30.15% 和 38.57%。生态系统对碳氧的调节能力下降了 8.68%, 固定 CO₂ 和释放 O₂ 的量分别减少 4 000 137 和 2 909 200 t/a。一些变化最为迅速的城市如东莞市, 其居民点及工矿用地和交通用地 10 年间分别增加 1.12 倍和 1.4 倍, 植被面积则下降 25.35%, 生物量和净生产量分别减少 1 213 961 和 471 419 t/a, 植被的固碳放氧能力下降 26.76%。广州城市的研究表明, 由郊区变为城区, 植被固碳放氧能力将下降 2/3。

关键词: 土地利用变化; 生态影响; 城市化; 珠江三角洲

中图分类号: X171.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2006) 01-0098-05

城市化是土地利用变化的一个重要原因。由于土地利用及土地覆盖变化对生态环境的影响越来越明显, 近年来受到越来越多的关注。Houghton 等^[1]研究由于土地利用方式改变对地球生态系统碳循环的影响, Cal^[2]研究了土地利用变化对我国东部土壤碳贮存的影响。在珠江三角洲, 土地利用的变化则主要集中在耕地面积变化方面^[3-4]。总的来说, 以往对土地利用的研究, 通常较多考虑其面积的数量变化, 很少考虑土地利用变化后由于生态系统的更替对区域生态环境的影响, 尤其对于一些城市化、工业化进程较快的典型地区, 其土地利用变化后由于区域植被生物量、净生产量的变化对区域生态环境影响程度 (包括固碳放氧能力及生态系统服务功能的变化) 的定量研究, 至今仍较为贫乏。本文选择城市化程度较高的珠江三角洲, 研究快速城市化的土地利用变化及其对区域植被生物量、净生产量和固碳放氧能力的影响。

1 珠江三角洲自然和社会经济基本情况

珠江三角洲包括广州、深圳、珠海、东莞、中山、江门、佛山以及惠州市的惠城区、惠阳、惠东、博罗, 肇庆市的端州区和鼎湖区、高要、四

会, 土地面积 4.17 万 km²。它位于北纬 21°31′~23°10′、东经 112°45′~113°50′之间, 地处广东省中南部, 濒临南海, 是我国亚热带最大的冲积平原。珠江三角洲属亚热带海洋季风气候, 雨量充沛, 热量充足, 雨热同季。地带性土壤主要为发育于砂岩、页岩和花岗岩母质上的赤红壤和红壤。

根据第 5 次人口普查统计, 珠江三角洲人口为 4 078.06 万, 分别占全国和广东省的 3.23% 和 47.19%, 人口密度 978 人/km², 是广东省人口密度 (481 人/km²) 的 2 倍^[1]。2000 年珠江三角洲城镇人口为 2 919.62 万人, 占全区总人口的 71.59%。珠江三角洲现有 28 个城市 (包括县级市中心城区)、434 个建制镇, 城镇间平均距离小于 10 km。因此, 珠江三角洲是我国典型的城市化区域。

2 研究方法

2.1 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^[5-6], 下木草本层生物量根据广州流溪河水库林区的研究结果^[7], 按 10 t/km² 推算。林分的净生产量与林分

* 收稿日期: 2005-03-04

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目 (021740); “985 工程”GIS 与遥感的地学应用科技创新平台基金资助项目 (105203200400006)

作者简介: 陈玉娟 (1966 年生), 女, 博士, 高级工程师; 通讯联系人: 管东生; E-mail: eesgd@zsu.edu.cn

生物量、林分状况及林龄有关。通常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^[5]和管东生^[8]建立的方程进行净生产量计算。

2.2 疏林、灌木林、经济林的生物量和净生产量估算

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 t/(hm² · a)，净生产量为 10.89 t/(hm² · a)。经济林的平均生物量为 23.7 t/hm²，净生产量为 9.2 t/(hm² · a)。

2.3 牧草地生物量和净生产量的估算

根据作者的研究^[9]，该区域的禾草草地生物量为 10 t/hm²，净生产量为 7.6 t/(hm² · a)。

2.4 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：Y=（1-经济产量含水率）×经济产量/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。

2.5 植物的碳含量

植物的碳含量按植物生物量的 45% 计算^[10]。

2.6 资料来源

土地利用、森林材积和农作物产量资料主要在 2002 年国家环保局组织的中东部地区生态环境现状调查时收集，提供资料的主要有广东省国土厅，各市国土局、农业局和环保局。

3 结果与讨论

3.1 珠江三角洲快速城市化引起的土地利用变化动态

珠江三角洲作为我国东南部城市化发展最快的地区之一，其土地利用的动态变化极其显著。从 1990 年到 2000 年，由于城市化的发展，珠江三角洲的耕地面积减少了 304 578 hm²；林地面积减少了 4 213 hm²；牧草地减少了 604 hm²；而居民点及

工矿用地和交通用地分别增加了 224 919 hm² 和 29 548 hm²；园地和水域分别增加了 9 309 和 85 375 hm²；未利用土地减少了 29 262 hm²。这些变化表明珠江三角洲的城市化水平和土地利用开发程度发展较快，高附加值农业和水产养殖业有所提高。而人口增长和人民生活水平的提高，城市化的发展以及农业结构调整是该地区土地利用变化的主要动因。

3.2 快速城市化对区域植被固碳放氧能力的影响

由于珠江三角洲快速的城市化，大量的耕地、疏林及灌木林地和牧草地被开发利用。从 1990 年到 2000 年，耕地、疏林及灌木林地和牧草地分别减少 304 578、77 093 和 604 hm²，相当于其 1990 年面积的 28.78%、30.15% 和 38.57%。整个区域的植被（包括耕地、园地、森林、疏林及灌木林地和牧草地）面积也减少 8.00%（206 845 hm²）。虽然同期森林和园地分别增加 16.15%（16 612 hm²）和 3.88%（9 309 hm²），整个区域的生物量也提高了 11.05%（8 166 904 t），但净生产量仍然下降 2 424 303 t/a。由于城市化带来的土地利用变化，珠江三角洲区域生态系统对碳氧平衡的能力下降了 8.68%，固定 CO₂ 和释放 O₂ 的量分别减少 4 000 137 和 2 909 200 t/a（表 1、2）。

3.3 快速城市化典型区域土地利用变化对植被固碳放氧能力的影响

东莞市是珠江三角洲发展最迅速的典型区域之一。从 1990 年到 2000 年，10 年间其居民点及工矿用地和交通用地增加了 28 682 hm² 和 4 286 hm²，比 1990 年分别增加了 1.12 倍和 1.40 倍，而未利用土地则减少了 81.62%（3 002 hm²）。同一时期，其植被面积下降 25.35%（42 077 hm²），其中耕地、园地、森林、疏林及灌木林地和牧草地分别减少 21 370、13 214、6 979、473 和 41 hm²，比原有面积分别降低 38.11%、23.54%、14.04%、12.03% 和 31.54%。生物量和净生产量分别减少 1 213 961 t

表 1 珠江三角洲地区 10 a 来土地利用变化的幅度

Tab 1 Land use change of the Pearl River Delta for 10 Years

土地利用类型	1990 年土地利用现状	2000 年土地利用现状	10 年间的土地利用变化
耕地	1 058 367	753 789	—304 578
园地	240 120	249 429	9 309
林地	1 777 068	1 772 855	—4 213
牧草地	1 566	962	—604
居民点及工矿用地	313 740	538 659	224 919
交通用地	35 943	65 491	29 548
水域	543 930	629 305	85 375
未利用土地	187 702	158 440	—29 262
总面积	4158 436	4168 930	

表 2 珠江三角洲土地利用变化对区域植被生物量、净生产量和固碳放氧量的影响

Tab 2 The impact of land use change on biomass, net primary production (NPP), carbon fixed and oxygen production of vegetation in the Pearl River Delta

土地利用类型	时间	面积	生物量	净生产量	CO ₂ 固定量	O ₂ 释放量
		hm ²	t		(t · a ⁻¹)	
耕地	1990	1 058 367	7 122 810	12 372 310	20 414 497	14 846 957
	2000	753 789	5 073 000	8 811 793	14 539 590	10 574 283
	变化	− 304 578	− 2 049 810	− 3 560 517	− 5 874 907	− 4 272 674
园地	1990	240 120	5 690 844	2 209 104	3 645 055	2 650 958
	2000	249 429	5 911 467	2 294 747	3 786 367	2 753 731
	变化	9 309	220 623	85 643	141 312	102 773
森林	1990	1 028 153	56 038 744	10 542 488	17 395 263	12 651 144
	2000	1 194 274	67 564 233	12 437 192	20 521 553	14 924 817
	变化	166 121	11 525 489	1 894 704	3 126 290	2 273 673
疏林、灌木林	1990	255 714	5 052 909	2 784 725	4 594 838	3 341 712
	2000	178 621	3 529 551	1 945 183	3 209 581	2 334 249
	变化	− 77 093	− 1 523 358	− 839 542	− 1 385 257	− 1 007 463
牧草地	1990	1 566	15 660	11 902	19 638	14 282
	2000	962	9 620	7 311	12 063	8 773
	变化	− 604	− 6 040	− 4 591	− 7 575	− 5 509
合计	1990	2 583 920	73 920 967	27 920 529	46 069 291	33 505 053
	2000	2 377 075	82 087 871	25 496 226	42 069 154	30 595 853
	变化	− 206 845	8 166 904	− 2 424 303	− 4 000 137	− 2 909 200

和 471 419 t/a。五种不同土地利用类型的植被生物量和净生产量都明显下降，其中耕地的生物量和净生产量分别减少 143 820 和 249 815 t/a，园地减少 313 172 和 121 569 t/a，森林减少 747 213 和 94 573 t/a，疏林及灌木林减少 9 346 和 5 150 t/a，牧草地减少 410 和 312 t/a。从而使得区域植被固定 CO₂ 和释放 O₂ 的量分别减少 777 849 和 565 709 t/a，比原来的固碳放氧能力下降 26.76%（表 3-4）。

表 3 东莞市居民点及工矿用地、交通用地、水域、未利用土地的变化
Tab 3 Change of residential & industrial land, transport infrastructure, water bodies and unused land in Dongguan City

项 目	居民点及 工矿用地	交通用地	水域	未利用土地
1990年	25 670	3 067	45 789	3 678
2000年	54 352	7 353	50 234	676
变化	28 682	4 286	4 445	− 3 002

3.4 由郊区转为城区引起的植被生物量、净生产量和固碳放氧量的变化

根据对广州老八区（东山区、越秀区、荔湾区、白云区、海珠区、天河区、黄埔区和芳村区）的调查^[7]，建成区的面积为 23913 hm²，其植被面积为 5763 hm²，占建成区面积的 24.10%。建成区的生物量和净生产量分别是 392 495 和 64 948 t/a。按整个建成区计算，其单位面积生物量和净生产量分别是 16.41 t/hm² 和 2.72 t · hm⁻² · a⁻¹。郊区的面积为 120 447 hm²，其植被面积为 90 596 hm²，占郊区面积的 75.22%。郊区的生物量和净生产量分别是 2482 655 和 993 174 t/a。按整个郊区计算，其单位面积生物量和净生产量分别是 20.61 t/hm² 和 8.24 t · hm⁻² · a⁻¹，是建成区的 1.26 倍和 3.03 倍。因为生态系统的功能在很大程度上决定于植被的生物量和净生产量，由于郊区变为城区植被的生物量和净生产量会明显减少，因而这种土地利用方式的变化会降低生态系统的功能。就广州市的情况来说，由郊区变为城区，其固碳放氧能力将降低 2/3。

表 4 东莞市土地利用变化对植被生物量、净生产量和固碳放氧量的影响

Tab 4 The impact of land use change on biomass NPP carbon fixed and oxygen production of vegetation in Dongguan City

土地利用类型	年份及变化	面积	生物量	净生产量	CO ₂ 固定量	O ₂ 释放量
		hm ²	t		t a ⁻¹	
耕地	1990	56 070	377 351	644 548	1 081 516	786 559
	2000	34 700	233 531	405 643	669 317	486 778
	变化	- 21 370	- 143 820	- 249 815	- 412 199	- 299 781
园地	1990	56 133	1 330 352	516 424	852 107	619 716
	2000	42 919	1 017 180	394 855	651 517	473 832
	变化	- 13 214	- 313 172	- 121 569	- 200 590	- 145 884
森林	1990	49 702	3 130 729	545 728	900 459	654 882
	2000	42 723	2 383 516	451 155	744 412	541 393
	变化	- 6 979	- 747 213	- 94 573	- 156 407	- 113 489
疏林、灌木林	1990	3 931	77 676	42 808	70 634	51 370
	2000	3 458	68 330	37 658	62 136	45 190
	变化	- 473	- 9 346	- 5 150	- 8 498	- 6 180
牧草地	1990	130	1 300	988	1 630	1 186
	2000	89	890	676	1 115	811
	变化	- 41	- 410	- 312	- 515	- 375
合计	1990	165 966	4 917 408	1 761 406	2 906 346	2 113 713
	2000	123 889	3 703 447	1 289 987	2 128 497	1 548 004
	变化	- 42 077	- 1 213 961	- 471 419	- 777 849	- 565 709
	下降 / (%)	25. 35	24. 69	26. 76	26. 76	26. 76

4 结 语

土地利用 覆被变化是全球变化的热点研究问题，我国东部城市化快速发展区域是土地利用变化的典型区域。本文对珠江三角洲的研究表明，土地利用变化对区域生态系统功能的影响不可忽视。在我国东部城市化快速发展区域应该重视区域的生态保护和生态建设，避免区域生态系统功能下降，确保区域的生态安全。

参考文献:

[1] HOUGHTON R A , BOONE R D , FRUCI J R , et al . The flux of carbon from terrestrial ecosystem to the atmosphere in 1980 due to changes in land use geographic distribution of the global flux . *Tellus* , 1987 , 39B : 122—129 .

[2] CAIZ C . Effect of land use on organic carbon storage in soil in eastern China [J] . *Water , Air , and Soil Pollution* , 1996 , 91 : 383—393 .

[3] 黄宁生, 朱照宇, 乔玉楼, 等. 珠江三角洲城市化进程中耕地面积的变化特征分析 [J] . *热带地理* , 1998 : 18

(4) : 296—301 .

[4] 王玉亮, 杨士弘. 可持续发展的珠江三角洲土地资源研究 [J] . *热带地理* , 1997 , 17 (3) : 233—237 .

[5] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 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 .

[6] 方精云, 陈安平. 中国森林植被碳库的动态变化及其意义 [J] . *植物学报* , 2001 , 43 (9) : 967—973 .

[7] 管东生. 流溪河水库林区森林生态系统养分的研究 [J] / / 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 .

[8] GUAN D S , CHEN Y J . Roles of urban vegetation on balance of carbon and oxygen in Guangzhou , China [J] . *Journal of Environmental Sciences* , 2003 , 15 (2) : 155—159 .

[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 [J] . *生态学杂志* , 1997 , 16 (6) : 22—26 .

[10] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 中国陆地生态系统碳库 [J] / / 王如松, 方精云, 高林, 等编. *现代生态学热点问题研究 (上册)* . 北京: 中国科学技术出版社, 1996 : 251—277 .

Impacts of Rapid Urbanization on Carbon Fixing and Oxygen Production of Vegetation in the Pearl River Delta

CHEN Yu-juan¹, GUAN Dong-sheng², PEARTM R²

(1. Department of Environmental Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;

2. Department of Geography, University of Hong Kong, Hong Kong, China)

Abstract: The Pearl River Delta which has an area of $4.17 \times 10^4 \text{ km}^2$ and a population of 4078.06×10^4 is a typical urbanizing area in China. There are 28 cities and 434 towns and the mean distance between the towns is less than 10 km. The Pearl River Delta has been the most rapidly urbanizing area in China and the world for the last 20 years. Urbanization is an important factor for land use change which has an impact on the eco-environment due to vegetation destruction etc. However, very few studies focus on the impact of land use change on the eco-environment by estimating the loss of biomass and net primary production (NPP) of vegetation due to rapid urbanization. The loss of NPP has implications for carbon fixing and oxygen production. The tree biomass of forest was estimated from tree trunk volume. The biomass of undergrowth in forests was estimated based upon a case study of the Liuxihe forests of Guangzhou. The NPP of forest is related to biomass, condition and age of forest. Therefore, the NPP of forest was estimated by formulae relating NPP and biomass. The biomass and NPP of shrubland, sparse woodland, orchard and pasture were estimated by their mean values for the region. The biomass of a given crop was calculated by economic production and a relative economic coefficient. The NPP of all crops was estimated from biomass times multiple crop indices. Carbon content is calculated from biomass using a factor of 0.45. Land use has been changed with rapid urbanization in the Pearl River Delta. The area of cultivated land has decreased and the area of residential and industrial land has increased. Woodland, pasture and unused land has also decreased and area of transport infrastructure, orchard and water bodies increased. The area of cultivated land, sparse woodland & shrubland and pasture decreased by 304 578 hm^2 , 77 093 hm^2 and 604 hm^2 respectively from 1990 to 2000 because large amounts of ecological land were used for urban expansion in the Pearl River Delta. The lost areas of cultivated land, sparse woodland & shrubland and pasture in 10 the Year period were equal to 28.78%, 30.15% and 38.57% respectively of those in 1990. The regional vegetation area was decreased by 8.00%. The ability for a balance of carbon and oxygen for the ecosystem of the Pearl River Delta was decreased by 8.68%. The amount of CO_2 fixed and O_2 production decreased by 4 000 137 t/a and 2 909 200 t/a respectively. Dongguan was one of the most rapidly urbanizing cities. Its area of residential & industrial land and transport infrastructure increased by 1.12 times and 1.4 times respectively in 10 years. Vegetation area in Dongguan was decreased by 25.35%, of which cultivated land, orchard, forest, sparse woodland and shrubland and pasture decreased by 21 370 hm^2 , 13 214 hm^2 , 6 979 hm^2 , 473 hm^2 and 41 hm^2 respectively. The biomass and NPP of Dongguan decreased by 121 396 t and 471 419 t/a respectively. The biomass and NPP of various vegetation types declined. The biomass and NPP of cultivated land, orchard, forest, sparse woodland and shrubland and pasture decreased by 143 820, 313 172, 747 213, 9 346, 410 and 249 815 t/a, 121 569, 94 573, 5 150, 312 t/a respectively. Carbon fixing and oxygen production of vegetation were decreased by 26.76%. It was shown that the ability of vegetation to fix carbon and produce oxygen would be reduced by 2/3 if the suburban area had been changed to an urban area according to a case study in urban Guangzhou. The study indicates that the impacts of land use change on the eco-environment cannot be neglected or ignored.

Key words: land use change; ecological impact; urbanization; the Pearl River Delta