

北京主要森林类型碳储量变化分析

孙 翀, 刘琪璟

(北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 利用全国森林资源清查资料中的北京市部分, 基于生物量转换因子法, 通过建立不同森林类型蓄积量与生物量间的回归方程, 估算出北京市不同时期森林的生物量和碳储量, 并对碳储量的变化进行了分析。结果表明: 北京市森林碳储量在 5 a 内由 796 万 t 增加到 852 万 t, 呈现增长的趋势, 各森林类型碳储量的变化与相应森林类型面积变化呈正相关关系。在全市森林总碳储量中, 栎类 *Quercus* spp., 阔叶类, 杨树 *Populus* spp. 在碳汇中起着重要的作用。树种年龄组成上的不合理很大程度上限制了北京的森林碳汇能力, 幼龄林与中龄林面积大但是碳储量较低, 成熟林碳储量所占比例较大, 不同植被类型以及不同龄组的森林碳密度呈现略微下降的趋势, 碳密度随着龄级的增长而增加, 其他林分要素在碳汇中发挥着较为重要的作用。表 4 参 20

关键词: 森林生态学; 生物量转换因子; 森林资源清查; 碳储量; 全球变化

中图分类号: S718.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2013)01-0069-07

Carbon storage changes for major forest types in Beijing

SUN Chong, LIU Qijing

(The Key Laboratory for Silviculture and Forest Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to clarify carbon storage changes for major forest types in Beijing, this research used the national forest inventory data surveyed by the State Forestry Administration of China to estimate biomass and carbon storage of forest ecosystems during a 5 year period for Beijing. Regression equations for timber volume of dominant tree species and biomass were established, and based on which the changes in carbon storage were assessed. Results indicated that forest carbon storage in Beijing rose from 7.96 million to 8.52 million tons within a 5 year period from 1998 to 2003 with changes in carbon storage of forest types and forest area being positively correlated. *Quercus*, *Populus* had a great effect on carbon storage. Improper composition of stand age limited the carbon sink capacity of Beijing. Young and middle-aged forests had a large area but only take over less than 30% of the total carbon storage, whereas nearly 50% for mature forests. Different vegetation types and carbon density of age structure showed a slight declining trend, while carbon density increased with the growth of the age structures, and other stand factors also play a important role in the carbon sink. [Ch, 4 tab. 20 ref.]

Key words: forest ecology; biomass expansion factor (BEF); forest inventory; carbon storage; global change

全球森林碳库大约储存了陆地地上碳储量的 80%和地下碳储量的 40%^[1-2]。近年来, 随着世界各国对温室效应问题日益关注, 世界范围内对于碳汇的研究也越来越深入。森林作为陆地生态系统的主体, 在维护区域生态环境和维持全球碳平衡中发挥着巨大的作用^[3]。森林碳储量是研究森林与大气间碳交换的基本参数^[4]。森林碳储量的估算, 通常利用森林生物量的样地调查资料并结合森林面积进行估算^[5-6]。

收稿日期: 2012-02-27; 修回日期: 2012-04-19

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201104006)

作者简介: 孙翀, 从事森林经理学研究。E-mail: herocampbell@163.com。通信作者: 刘琪璟, 教授, 博士生导师, 从事森林生态学、植被遥感和森林经理学等研究。E-mail: liuqijing@gmail.com

目前,德国、美国等发达国家对森林生态系统植物碳储量的估算研究有较大进展^[7]。中国从20世纪80年代初才开始研究森林生物量,采用的方法是对林分生物量的实测和推测。此后,中国学者利用国家林业局发表的多次全国森林资源清查资料,成功推测了中国森林植被的碳储量及其动态变化,但是对区域尺度森林碳储量的研究较少^[4],而且大部分研究只集中于对乔木层碳储量的计算,忽略了灌木林、经济林、散生木等对整个林分碳储量的贡献。北京市位于暖温带,之前对于该区域森林生态系统碳储量的研究有所报道^[8-9],但是对于计算方法介绍得不详细,对于林龄分类等不尽合理,缺少散生木、灌木林等部分的碳储量。本研究利用全国森林资源清查资料计算主要森林类型碳储量,进一步分析了北京市森林生态系统碳储量和碳密度的变化^[10],较之以往的研究增加了灌木林、经济林等部分的碳储量计算,同时增加了对比,使结果更加直观,对今后北京市森林植被碳汇功能评价、碳循环研究等方面提供理论依据,为提高该区域生态系统质量提供数据支持^[6]。

1 研究方法

运用生物量转换因子法将各个树种(包括优势树种、经济林、灌木林)相关数据代入计算公式,推算林分生物量以及碳储量,同时进一步对碳密度进行估算^[11]。

1.1 森林生物量计算

在目前研究中,常用的估算森林生物量的方法是通过实测,建立树木胸径(D)或者胸径平方与树高的乘积(D^2H)与树木生物量(包括树干、树枝、树叶跟树根)之间的相对生长方程,进一步推算森林生物量及碳储量^[12]。但是这种方法在应用中具有很大的局限性,只适用于个别地区的少量树种,无法广泛适用于森林生物量的估算。本研究采用生物量转换因子法,利用林分生物量与木材蓄积的比值,乘以该森林类型的总蓄积量,最终得到北京市森林总的生物量^[13]。

1.1.1 乔木林生物量计算 在之前的研究中,Fang等^[14]用倒数方程来表示森林生物量(B)与林分蓄积之间的关系: $B=aV+b$ 。其中: a 、 b 为参数, B 为林分生物量, V 表示林分蓄积。本研究利用样地数据进行了验证,得出林分平均生物量与平均蓄积量之间存在线性相关的关系。因此,本研究中乔木采用上面方程,通过蓄积量计算出生物量。在森林资源清查数据中包括水、胡、黄(此为一类,分别指水曲柳*Fraxinus mandshurica*,胡桃楸*Juglans mandshurica*,黄檗*Phellodendron amurense*,硬阔类,软阔类,椴树类等4类树种。本研究在估计北京市森林生物量时将这4类林分统一用阔叶类表示,柏木用已建立侧柏的生物量转换因子估计(BEF估计)^[8]。依据1996年方精云等^[15]通过大样本研究,建立起的优势树种计算参数(表1)。

表1 北京市主要森林类型生物量与蓄积量回归方程参数^[16-18]

Table 1 Parameters of regression equation between biomass and volume for main tree species

森林类型	a	b	样本数/个	相关系数
侧柏 <i>Platycladus orientalis</i>	0.612 9	46.145 1	19	0.98
落叶松 <i>Larix gmelinii</i>	0.967 1	5.759 8	13	0.99
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	0.755 4	5.092 8	90	0.98
栎类 <i>Quercus</i> spp.	1.328 8	-3.899 9	6	1.00
桦木 <i>Betula</i> spp.	0.964 4	0.848 5	6	0.98
阔叶类	1.035 7	8.059 1	21	0.91
杨树 <i>Populus</i> spp.	0.475 4	30.603 4	16	0.93
针阔混交林	0.801 9	12.279 9	9	0.99
阔叶混交林	0.625 5	91.001 3	19	0.93

1.1.2 灌木林生物量计算 由于在北京森林资源调查资料中只有灌木林的面积,需要通过计算完成对灌木林生物量的估算。依据公式:灌木总生物量=单位面积灌木生物量×面积^[17]。这里用到的灌木林生物量采用中国秦岭淮河以北的灌木林平均生物量值 13.14 t·hm⁻²。

1.1.3 经济林生物量计算 经济林生物量计算采用公式:经济林生物量=单位面积平均生物量×面积。在

本研究区内单位面积平均生物量采用中国经济林的平均生物量 $23.7 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ [15]。

1.1.4 散生木、枯倒木、四旁树生物量计算 由于之前对于北京市生物量的研究几乎没有对于散生木、枯倒木、四旁树这几类的研究，但是伴随着林业用地面积的增加，这几部分林地对于碳汇也起着不可忽视的作用。按照植被生长情况，把散生木和枯倒木的生物量采用针阔混交林的方程计算，四旁树的生物量采用阔叶混交林的方程计算。在清查数据中，只有散生木、枯立木和四旁树的蓄积，没有面积的信息，需要推算出理论面积。经过计算，第5次林分单位面积蓄积量为 $33.21 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ，第6次为 $35.87 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。根据各林分单位面积蓄积量的平均值代入方程分别算出上述树木的理论面积，然后代入对应的生物量扩展方程推算出各地市散生木、四旁树及枯倒木的总生物量^[6]。公式如下： $B_1 = aV_1 + bS_1$ 。其中： B_1 为散生木、枯立木或四旁树的总生物量， V_1 为对应总蓄积量， S_1 为其理论面积， a 和 b 为系数。

1.2 森林碳储量计算

将森林生物量乘以转换系数，可以得出森林的碳储量。使用联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)缺省的含碳系数 0.5 ^[9]。本研究所估算的碳储量包括乔木、灌木、经济林、散生木等的碳储量，不含草本层、枯枝落叶层以及土壤层等其他组分的碳储量。

2 结果与分析

2.1 北京市不同林分类型面积、碳储量、碳密度空间分布及其动态

2.1.1 面积变化分析 根据北京市第5次和第6次森林资源清查数据建立表2。通过表2可以看出：第6次清查与第5次清查相比，在5a内森林总面积增加了2.79万 hm^2 ，增长率为13.51%，平均每年林地面积增长2.70%。除了落叶松林面积有所减少以外，其他林分面积均有不同水平的增加。

2.1.2 碳储量与碳密度变化分析 根据第5次和第6次森林资源清查数据，北京市森林碳储量在5a内由345.86万t增加到413.76万t，共增加67.90万t，年均增加13.58万 $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$ ，年增长率3.93%。其中落叶松增长率最大，达到36.34%，侧柏林增长率最小，为9.23%，其他林分类型碳储量均有不同程度的增加。各个林分内碳密度以桦木类最大，侧柏最小。通过表2分析碳密度的动态变化可知，第6次清查

表2 不同时期北京市主要林分类型的碳储量和碳密度

Table 2 Carbon storage and its density of major forest types in Beijing at different periods

清查期	主要林分类型	面积/ ($\times 10^4 \text{ hm}^2$)	面积 增长率/%	蓄积量/ ($\times 10^4 \text{ m}^3$)	生物量/ ($\times 10^4 \text{ t}$)	碳储量/ ($\times 10^4 \text{ t}$)	碳储量 增长率/%	碳密度/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)
第5次	侧柏	2.64		10.21	52.40	26.20		9.92
	落叶松	0.53		14.13	19.42	9.71		18.33
	油松	3.56		104.05	83.69	41.85		11.75
	栎类	5.19		185.49	242.58	121.29		23.37
	桦木	0.69		39.56	39.00	19.50		28.26
	阔叶类	4.36		103.41	115.16	57.58		13.21
	杨树	3.68		228.97	139.46	69.73		18.95
	合计	20.65		685.82	691.72	345.86		16.75
第6次	侧柏	3.27	23.90	18.10	57.24	28.62	9.23	8.75
	落叶松	0.46	-13.21	21.43	26.48	13.24	36.34	28.79
	油松	3.71	4.21	127.77	101.61	50.81	21.41	13.69
	栎类	5.57	7.32	228.18	299.31	149.65	23.38	26.87
	桦木	0.72	4.35	46.41	45.61	22.80	16.94	31.67
	阔叶类	4.96	13.76	123.18	135.64	67.82	17.78	13.67
	杨树	4.75	29.08	275.63	161.64	80.82	15.91	17.01
	合计	23.44	13.51	840.70	827.52	413.76	19.63	17.65

北京市平均碳密度为 $17.65 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，远远低于全国平均水平的 $38.05 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。与第5次清查相比，平均碳密度仅增加了 0.98%。北京市平均碳密度较小主要跟北京市内新增森林多为幼龄人工林，生物量偏低有关。

2.2 北京市不同龄组林分碳储量动态变化

2.2.1 面积变化情况 第6次清查与第5次清查各龄级乔木面积变化见表3。除了中龄林面积有所减少外，其他各个龄组的面积均有所增加。其中近熟林、成熟林面积增加幅度很大。各龄级乔木占林分总面积的比例变化：幼龄林、中龄林所占比例有所减少，近熟林所占比例增加最多，达到 7.60%。

表3 不同时期北京市不同龄组林分的碳储量和碳密度

Table 3 Carbon storage and its density of major forest types by age group in Beijing at different periods

清查期	龄级	面积/ ($\times 10^4 \text{ hm}^2$)	面积 增长率/%	蓄积量/ ($\times 10^4 \text{ m}^3$)	生物量/ (10^4 t)	碳储量/ ($\times 10^4 \text{ t}$)	碳储量 增长率/%	碳密度/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)
第5次	幼龄林	12.42		225.39	204.17	102.09		8.22
	中龄林	6.49		330.43	292.56	146.28		22.54
	近熟林	0.89		64.17	57.32	28.66		32.20
	成熟林	0.53		46.59	43.50	21.75		41.04
	过熟林	0.32		19.24	17.29	8.65		27.02
	合计	20.65		685.82	721.58	360.79		17.47
第6次	幼龄林	13.43	8.13	228.12	201.84	100.92	-1.14	7.51
	中龄林	5.79	-10.79	293.44	242.42	121.21	-17.14	20.93
	近熟林	2.79	213.48	171.23	154.21	77.11	169.03	27.64
	成熟林	1.10	107.55	117.03	106.73	53.37	145.36	48.51
	过熟林	0.33	3.13	30.88	31.58	15.79	82.65	47.85
	合计	23.44	13.51	840.70	736.79	368.40	2.11	15.72

2.2.2 碳储量与碳密度变化分析 森林碳储量与林分的年龄组成关系非常密切，森林龄级的变化很大程度上影响着森林的碳动态变化^[19]。北京市第5次和第6次乔木林各龄组的碳储量与平均碳密度情况见表4。由表4可得，第6次清查与第5次清查相比，幼龄林与中龄林的碳储量有所减少，中龄林减少幅度达到 17.14%。而近熟林、成熟林、过熟林的碳储量明显增加。与其所占的面积相比，近熟林、成熟林及过熟林等的碳储量要高于中龄林、幼龄林。这是由于中龄林、幼龄林的碳密度远低于成熟林的碳密度。全国森林碳储量主要分布在成熟林中，虽然面积仅占森林总面积的 19% ~ 33%，但其碳储量却占整个森林碳储量的 40% ~ 60%。通过比较发现，中龄林、幼龄林所占面积过大是导致北京市森林碳储量偏低的一个重要因素。

2.3 不同植被类型碳汇量的空间变化

第6次清查结束后，整个北京市森林植被(包括林分、经济林、灌木)的总碳储量为 852.40 万 t，森林植被碳密度为 $13.45 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ (表4)。第6次与第5次的结果比较，整个北京市的碳储量总量有所增加，但增加幅度不大。

3 讨论与结论

本研究运用生物量转换因子法(BEF法)，通过分析北京市森林资源调查数据，选择尽可能多的林分要素来估算北京市不同植被类型的碳储量。结果显示：北京市的森林植被碳储量、碳密度均显著增加，但是森林质量相对来说还处于一个比较低的水平，需要通过改善森林结构，提高人工林经营管理水平等方式进行改善。

3.1 北京市碳储量总体呈现增长趋势

本研究发现：截至第6次森林资源调查，北京市森林植被总的碳储量为 852.40 万 t。其中林分碳储

表 4 不同时期北京市各植被类型的碳储量和碳密度

Table 4 Carbon storage and its density of different forest types in Beijing

清查期	植被类型	面积/($\times 10^4$ hm ²)	碳储量/($\times 10^4$ t)	碳储量/%	碳密度/(t·hm ⁻²)
第 5 次	林分	20.65	345.86	43.43	16.75
	经济林	13.09	155.12	19.48	11.85
	灌木	24.04	157.94	19.84	6.57
	散生木、四旁树和枯倒木	13.26	137.36	17.25	10.36
	合计或均值	57.78	796.28		13.78
第 6 次	林分	23.44	413.76	48.54	17.65
	经济林	14.36	170.17	22.63	11.85
	灌木	25.57	167.99	19.71	6.57
	散生木、四旁树和枯倒木	9.77	100.48	11.79	10.28
	合计或均值	63.37	852.40		13.45

说明：表中散生木、四旁树和枯倒木的面积为理论值，不计入总面积。

量为 413.76 万 t，林分平均碳密度为 17.65 t·hm⁻²，就林分碳储量与第 5 次结果相比，在 5 a 间累积固碳 67.90 万 t，碳汇作用比较显著。各森林类型碳储量的变化与相应森林类型面积变化呈正相关关系。但是可以清楚地看到，北京市平均碳密度值还远远低于全国的平均水平，在碳汇方面的任务仍然非常艰巨。

3.2 林分结构和年龄分布不合理

通过比较可以发现：树种年龄组成上的不合理很大程度上限制了北京的碳汇能力。在北京市主要森林类型中，森林年龄结构较为年轻，而且幼龄林、中龄林的碳密度远低于成熟林。伴随着幼龄林、中龄林的进一步发展和成熟，中龄林、成熟林比例将不断增大，碳储量和碳密度会相应增加。另一方面，从总体上来看，北京市碳密度值呈减少的趋势，分析原因，可能是由于人工林等碳密度较小的林木生物量增加比例大于碳密度高的林木比例。因此，在今后北京市的造林过程中，急需加强对现有森林的抚育和管理，在构建人工林混交林过程中，改善林分结构，提高人工林经营管理水平，进而增强森林植被碳汇功能，提高碳汇能力。

3.3 其他林分要素对森林碳储量的重要影响

与其他对于北京市森林植被碳储量的研究相比，本研究在计算中增加了经济林、灌木林、散生木、四旁树、枯立木等林分要素，同时在研究中增加了对连续 2 期调查的对比，更加直观地反映出每个林分组成部分碳储量的变化情况。结果显示：虽然本研究中估算的北京森林植被总碳储量与其他报道有较大差异(由于选择的森林类型不同，与樊登星^[9]计算出的碳储量相比结果偏小)，但是区域分布差异与赵敏等^[13]的研究结论一致。通过研究发现这些在以往研究中忽略的部分在碳汇中发挥着较为重要的作用。

4 研究的不足及注意事项

由于缺少相关调查数据，而且很少有人对北京地区草本层、枯枝落叶层以及土壤层的碳储量进行过详细的研究^[20]，因此，本研究中缺少上述相关类型的碳储量。除此之外，由于没有专门适用于北京地区的相关参数，本研究的估算，尤其对经济林、灌木林、散生木等方面的估算采用的是全国范围内的平均系数，所得到的结果是相对粗放的，存在很大的不确定性。为减少不确定性，提供相对可靠的北京地区碳储量的数据，在以后的调查中应该注意以下问题：增加对草本层、枯枝落叶层以及土壤层等其他类型数据的获取；建立适用于北京地区的经济林、灌木林等的相关系数。

参考文献：

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* [C]. Hayama: IPCC/OECD/IEA/IGES, 2000.
- [2] DIXON R, BROWN K S, HOUGHTON T A, *et al.* Carbon pools and flux of global forest ecosystems [J]. *Science*,

- 1994, **263**: 185 – 190.
- [3] 肖复明. 中国森林生态系统碳平衡研究[J]. 世界林业研究, 2006, **19** (1): 53 – 57.
XIAO Fuming. Progress of research on carbon fixation and storage of forest ecosystems in China [J]. *World For Res*, 2006, **19** (1): 53 – 57.
- [4] 焦燕, 胡海清. 黑龙江省森林植被碳储量及其动态变化[J]. 应用生态学报, 2005, **16** (12): 2248 – 2252.
JIAO Yan, HU Haiqing. Carbon storage and its dynamics of forest vegetations in Heilongjiang Province [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2005, **16** (12): 2248 – 2252.
- [5] 李海奎, 雷渊才, 曾伟生. 基于森林清查资料的中国森林植被碳储量[J]. 林业科学, 2011, **47** (7): 7 – 12.
LI Haikui, LEI Yuancai, ZENG Weisheng. Forest carbon storage in China estimated using forestry inventory data [J]. *Sci Silv Sin*, 2011, **47** (7): 7 – 12.
- [6] 李鑫, 欧阳勋志, 刘琪璟. 江西省 2001–2005 年森林植被碳储量及区域分布特征[J]. 自然资源学报, 2011, **26** (4): 655 – 665.
LI Xin, OUYANG Xunzhi, LIU Qijing. Carbon storage of forest vegetation and its geographical pattern in China's Jiangxi Province during 2001–2005 [J]. *J Nat Resour*, 2011, **26** (4): 655 – 665.
- [7] 王效科, 冯宗炜, 欧阳志云. 中国森林生态系统的植物碳储量和碳密度研究[J]. 应用生态学报, 2001, **12** (1): 13 – 16.
WANG Xiaoke, FENG Zongwei, OUYANG Zhiyun. Vegetation carbon storage and density of forest ecosystems in China [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2001, **12** (1): 13 – 16.
- [8] 王光华, 刘琪璟, 刘文慧, 等. 北京主要森林类型碳储量[J]. 北京林业大学学报, 2011, **33** (增刊 1): 84 – 89.
WANG Guanghua, LIU Qijing, LIU wenhui, *et al.* Carbon storage of major forest types in Beijing [J]. *J Beijing For Univ*, 2011, **33** (supp 1): 84 – 89.
- [9] 樊登星, 余新晓, 岳永杰, 等. 北京市森林碳储量及其动态变化[J]. 北京林业大学学报, 2008, **30** (增刊 2): 117 – 120.
FAN Dengxing, YU Xinxiao, YUE Yongjie, *et al.* Forest carbon storage and its dynamics in Beijing [J]. *J Beijing For Univ*, 2008, **30** (supp 2): 117 – 120.
- [10] 黄从德, 张健, 杨万勤, 等. 四川省森林植被碳储量的时空变化[J]. 应用生态学报, 2007, **18** (12): 2687 – 2692.
HUANG Congde, ZHANG Jian, YANG Wanqin, *et al.* Spatiotemporal variation of carbon storage in forest vegetation in Sichuan Province [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2007, **18** (12): 2687 – 2692.
- [11] 方精云, 郭兆迪, 朴世龙, 等. 1981–2000 年中国陆地植被碳汇的估算[J]. 中国科学: D 辑, 2007, **37** (6): 804 – 812.
FANG Jingyun, GUO Zhaodi, PIAO Shilong, *et al.* Forest carbon storage about Chinese terrestrial vegetation estimated during 1981–2000 [J]. *Sci China Ser D*, 2007, **37** (6): 804 – 812.
- [12] 光增云. 河南省森林碳储量及动态变化研究[J]. 林业资源管理, 2006 (4): 56 – 61.
GUANG Zengyun. Study on forest biomass carbon storage in Henan Province [J]. *Areal Res Develop*, 2006 (4): 56 – 61.
- [13] 赵敏, 周广胜. 中国森林生态系统的植物碳储量及其影响因子分析[J]. 应用生态学报, 2004, **24** (1): 50 – 54.
ZHAO Min, ZHOU Guangsheng. Carbon storage of forest vegetation and its relationship with climatic factors [J]. *Sci Geogr Sin*, 2004, **24** (1): 50 – 54.
- [14] 方精云. 中国森林生物量的估算: 对 Fang 等 Science 一文的若干说明 [J]. 植物生态学报, 2002, **26** (2): 243 – 249.
FANG Jingyun. Estimating biomass carbon of China's forests: supplementary notes on report published in Science (291: 2320–2322) by Fang, *et al.* (2001) [J]. *Acta Phytoecol Sin*, 2002, **26** (2): 243 – 249.
- [15] 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.
FANG Jingyun, LIU Guohua, XU Songling. Biomass and net production of forest vegetation in China [J]. *Acta Ecol Sin*, 1996, **16** (5): 49 – 508.
- [16] FANG Jingyun, WANG G G, LIU Guohua, *et al.* Forest biomass of China: an estimate based on the biomass-volume relationship [J]. *Ecol Appl*, 1998, **8** (4): 1984 – 1991.

- [17] 刘国华, 傅伯杰, 方精云. 中国森林碳动态及其全球碳平衡的贡献[J]. 生态学报, 2000, **20** (5): 734 – 739.
LIU Guohua, FU Bojie, FANG Jingyun. Carbon dynamics of Chinese forests and its contribution to global carbon balance [J]. *Acta Ecol Sin*, 2000, **20** (5): 734 – 739.
- [18] FANG Jingyun, CHEN Anping, PENG Changhui, *et al.* Changes in forests biomass carbons storage in China between 1949 and 1998 [J]. *Science*, 2001, **292**: 2320 – 2322.
- [19] 周玉荣, 于振良, 赵士洞. 我国主要森林生态系统碳储量和碳平衡[J]. 植物生态学报, 2000, **24** (5): 518 – 522.
ZHOU Yurong, YU Zhenliang, ZHAO Shidong. Carbon storage and budget of major Chinese forest types [J]. *Acta Phytoecol Sin*, 2000, **24** (5): 518 – 522.
- [20] 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.
FANG Jingyun, CHEN Anping. Dynamic forest biomass carbon pools in China and their significance [J]. *Acta Bot Sin*, 2001, **43** (9): 967 – 973.

《浙江农林大学学报》获教育部 第4届中国高校优秀科技期刊奖

受教育部科技司委托, 由中国高校科技期刊研究会承办的“第4届中国高校精品·优秀·特色科技期刊奖”评比结果已经揭晓。此次评比历时6个月, 经期刊审读、专家评定、网上公示等阶段, 共评出精品科技期刊60种, 优秀科技期刊120种, 特色科技期刊30种。《浙江农林大学学报》荣获优秀科技期刊奖。