

文章编号:1001—7380(2024)03—0016—06

泰州市森林碳储量现状及碳汇能力分析

叶 军¹, 朱妍妍¹, 陈立勇¹, 张 露¹, 邢 玮^{2,3}, 何冬梅^{2,3*}

(1. 泰州市林业技术指导中心, 江苏 泰州 225300; 2. 江苏省林业科学研究院, 江苏 南京 211153;
3. 江苏盐城滨海湿地生态系统国家定位观测研究站, 江苏 盐城 224136)

摘要:基于泰州市森林资源监测数据,采用转换因子连续函数法计算泰州市辖区不同森林类型的碳储量,并分析泰州市森林资源碳汇能力。结果表明:泰州市辖区森林碳储量为492 366.50 t,其中乔木林碳储量为477 255.50 t,竹林碳储量为6 367.10 t,灌木林碳储量为8 743.91 t。4个辖区中,姜堰区森林碳储量、碳密度均最高,分别为205 631.75 t和42.60 t/hm²,海陵区森林碳储量、碳密度均最低。林分类型中以其他硬阔叶树类、樟树、杨树的碳储量最高,分别占乔木林碳储量的39.35%,18.00%,14.38%。乔木林中杨树碳密度最大,达62.40 t/hm²,其次是樟树碳密度为57.84 t/hm²。与2010年森林资源清查数据估算结果相比,泰州市辖区森林碳储量增加了53 242.65 t,森林碳密度增长了13.15 t/hm²;相对2010年,姜堰区森林面积减少了53%,但森林碳密度增加了2.10倍,增长幅度最大;而海陵区的森林碳密度增长缓慢。总之,泰州市森林资源在碳汇能力方面得到了显著提升,阔叶树种是森林碳储量的主要贡献者,在今后可从树种配置和林龄结构优化等方面进一步提升泰州市森林碳汇能力。

关键词:碳储量;碳密度;碳汇能力;森林;泰州市

中图分类号:S718.5;S718.56

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2024.03.004

Analysis of forest carbon storage and carbon sequestration capacity in Taizhou

Ye Jun¹, Zhu Yanyan¹, Chen Liyong¹, Zhang Lu¹, Xing Wei^{2,3}, He Dongmei^{2,3*}

(1. Taizhou Forestry Technology Guidance Center, Taizhou 225300, China; 2. Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153, China;
3. Yancheng Coastal Wetland Ecosystem National Research Station, Yancheng, 224136, China)

Abstract:Based on the annual monitoring data of forest resources in Taizhou, the carbon storage of different forest types in Taizhou was calculated by using the conversion factor continuous function method and the forest carbon sequestration capacity was analyzed. The results showed that the total forest carbon storage in Taizhou was 492 366.50 t, including 477 255.50 t in arbor forest, 6 367.10 t in bamboo forest and 8 743.91 t in shrub forest. Among the four districts, Jiangyan exhibited the highest levels of both forest carbon storage (205 631.75 t) and carbon density (42.60 t/hm²) while Hailing had the lowest values at 56 942.26 t for forest carbon storage and 21.54 t/hm² for carbon density. In different arbor forests, other hard broad-leaved species accounted for approximately 39.35% of total arbor forest carbon storage, followed by camphor tree (18%) and poplar (14.38%). The carbon density of poplar was the highest, which was 62.40 t/hm², followed by camphor tree with 57.84 t/hm². Compared with the estimation results of forest resource inventory data in 2010, the forest carbon storage increased by 53 242.65 t, and the forest carbon density also increased by 13.15 t/hm². Compared to 2010, Jiangyan District experienced a 53% decrease in forest area, yet witnessed a 210% increase in carbon density. The forest carbon density in Hailing District increased slowly. In general, the carbon sequestration capacity of forest resources in Taizhou City has been significantly enhanced, with broad-leaved species playing a predominant role in forest carbon storage. Future efforts could be focused on adjusting the composition of tree species and optimizing the structure of forest age to further im-

收稿日期:2024-03-17;修回日期:2024-04-07

基金项目:江苏省林业科技创新与推广项目“苏南丘陵岗地人工林高固碳复合生态系统新模式研究”(LYKJ[2022]05);江苏省林业局揭榜挂帅项目“江苏典型森林生态系统生物多样性和碳储量本底调查评估与生态价值核算”(LYKJ[2022]01)

作者简介:叶 军(1975-),男,江苏泰兴人,研究员级高级工程师。主要从事林业技术研究和推广工作。E-mail: 2317042991@qq.com

***通信作者:**何冬梅(1983-),女,四川泸州人,副研究员。主要从事林业碳汇研究工作。E-mail: 95550594@qq.com

prove the forests' carbon sequestration potential in Taizhou.

Key words: Carbon storage; Carbon density; Carbon sequestration capacity; Forest; Taizhou City

为积极应对全球变暖的重大挑战,我国提出了碳排放力争 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和的“双碳”目标。为此,除了节能减排外,充分发挥生态系统的碳汇能力,是实现碳中和远景目标的重要途径^[1-2]。森林是陆地生态系统中最大的固碳主体,碳储量约 650 Gt,贡献了约 80%的固碳量^[3-5]。森林固碳主要是通过植被的光合作用吸收大气中的二氧化碳,对降低大气二氧化碳浓度,减缓全球气候变暖,具有重要的作用^[6-7]。因此,森林碳储量的微小变化会导致大气 CO₂浓度的显著波动,进而显著影响全球变暖^[8]。

森林碳储量是林业碳汇计量监测体系的关键一环,是评价森林碳汇能力的重要依据。如何对森林生态系统碳储量进行精确估算已成为全球气候变化研究领域的热点问题^[9]。近年来,基于国家森林资源清查数据,开展了大量不同尺度不同区域的森林碳储量研究,但是大部分研究主要关注的是全国和省域尺度^[10-16],而基于市、县等小区域尺度开展的森林碳储量研究相对较缺乏。本研究以泰州市森林生态系统为对象,利用森林资源年度调查数据,估算森林生态系统碳储量及其分布情况,对掌握泰州全市碳储量现状,为科学评价泰州市林业碳汇能力,以及提出固碳增汇措施提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

1.1.1 研究区自然概况 泰州地处江苏中部,位于北纬 32°01′57″—33°10′59″,东经 119°38′24″—120°32′20″。南部濒临长江,北部与盐城毗邻,东临南通,西接扬州,是苏中入江达海 5 条航道的交汇点。全市总面积 5 793 km²,其中市区面积 428 km²。现辖靖江、泰兴、兴化 3 个县级市,海陵、高港、姜堰 3 区和泰州医药高新区。

泰州市属北亚热带湿润气候区,受季风环流的影响,具有明显的季风性特征。四季分明,夏季高温多雨,冬季温和少雨,具有无霜期长,热量充裕,降水丰沛,雨热同期等特点。泰州市境内以平原为主,全市除靖江有一独立山丘外,其余均为江淮两大水系冲积平原。地势呈中间高、两端低走向。

1.1.2 研究区森林资源概况 泰州市土地肥沃,水系发达,动植物资源丰富。自然植被类型为北亚热带落叶针阔混交林,截止到 2022 年底,泰州市辖区(高港区、海陵区、高新区、姜堰区)有森林面积 13 872.81 hm²。其中,乔木林(含果树)面积 12 725.46 hm²,占森林总面积的 91.73%;竹林面积 205.85 hm²,占森林总面积的 1.48%;灌木林面积 941.50 hm²,占森林总面积的 6.79%。泰州市森林资源均由人工林组成,无天然林,主要优势树种包括杨树、柳树、马尾松、杉木、水杉、池杉、银杏等。

1.2 研究方法

1.2.1 数据收集 采用泰州市森林资源定期调查数据、泰州市森林资源二类调查数据、泰州市森林资源图斑监测数据以及第八次森林资源清查成果报告^[17]等。本次研究主要对泰州市高港区、海陵区、高新区、姜堰区 4 个辖区的森林资源碳储量进行估算和分析。

1.2.2 乔木林碳密度估算 主要采用转换因子连续函数法^[18-19],对泰州市辖区森林生物量进行估算。根据 Fang 等^[18]的研究成果,每类森林类型的生物量转换因子 $F_{BE} = a + b/V$;转换为生物量与蓄积量的简单线性关系,表达式为:

$$B = aV + b$$

式中, B 为不同林分类型单位面积的生物量,单位 t/hm²; V 为单位面积的蓄积量,单位 m³/hm²; a , b 为生物量和蓄积量转换参数。将各林分类型的单位面积蓄积量代入表达式中,则求出单位面积生物量(不同树种组采用的转换因子参数见表 1)。生物量乘以对应森林类型乔木含碳率即为各森林类型的乔木层碳密度。

1.2.3 灌木林和竹林碳密度估算 本研究中,灌木林和竹林碳密度估算采用参数法。灌木林生物量的计算根据方精云等^[20]研究结果,我国秦岭淮河以南的灌木林平均生物量为 19.76 t/hm²,则泰州市辖区灌木林生物量可以此为参数进行估算。竹林生物量的估算参考李玉敏等^[21]分析结果,我国竹林平均生物量为 65.81 t/hm²,泰州市辖区竹林生物量计算可以此为推算依据。灌木林和竹林平均含碳率采用参考值 0.47。灌木林或竹林的生物量乘以含碳率即为灌木林或竹林的碳密度。

表 1 乔木林蓄积量与生物量转换式			
乔木林	a	b	转换式
马尾松	0.503 4	20.547	$B=0.503\ 4V+20.547$
其他松	0.529 2	25.087	$B=0.529\ 2V+25.087$
杉木	0.465 2	19.141	$B=0.465\ 2V+19.141$
水杉等杉类	0.349 1	39.816	$B=0.349\ 1V+39.816$
柏木类	0.889 3	7.396 5	$B=0.889\ 3V+7.3965$
针叶混交林	0.529 2	25.087	$B=0.529\ 2V+25.087$
阔叶混交林	0.978 8	5.376 4	$B=0.978\ 8V+5.3764$
针、阔混交林	0.813 6	18.466	$B=0.813\ 6V+18.466$
栎类	1.145 3	8.547 3	$B=1.145\ 3V+8.5473$
樟树、枫香树等硬阔树种	0.929 2	6.494	$B=0.929\ 2V+6.494$
杨树、柳树等软阔树种	0.496 9	26.973	$B=0.496\ 9V+26.973$
刺槐	1.178 3	2.558 5	$B=1.178\ 3V+2.558\ 5$
银杏等果树	0.496 9	26.973	$B=0.496\ 9V+26.973$

1.2.4 森林碳储量估算 本研究中森林碳储量包括乔木林、竹林及灌木林碳储量,故泰州市辖区森林碳储量估算表达式^[23]为

$$C' = \sum_{i=1}^n D'_i \times S'_i$$

式中, C' 为森林生态系统碳储量,单位 t; D'_i 为第 i 类型林分有机碳密度,单位 t/hm^2 ; S'_i 为第 i 类型林分面积,单位 hm^2 。

1.2.5 数据分析 采用 excel 处理数据,并应用 SPSS 20.0 进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 泰州市森林碳储量现状

泰州市森林资源丰富,森林碳储量大,估算得出泰州市辖区森林碳储量为 492 366.50 t,其中乔木林碳储量 477 255.50 t,占森林总碳储量的 96.93%;竹林碳储量为 6 367.10 t,占森林总碳储量的 1.29%;灌木林碳储量为 8 743.91 t,占森林总碳储量的 1.78%。泰州市辖区森林的平均碳密度为 $36.72\ \text{t}/\text{hm}^2$,其中乔木林平均碳密度为 $37.50\ \text{t}/$

hm^2 ,高于总的森林平均碳密度值,表明乔木林是泰州市森林碳储量的主要贡献者。

2.2 泰州市不同辖区森林碳储量分布

本次研究区域主要包括泰州市高港区、高新区、海陵区和姜堰区共 4 个辖区。姜堰区森林碳储量最高,为 205 631.76 t,其中乔木林碳储量占 96.03%,竹林和灌木林碳储量分别占 1.69% 和 2.28%;其次为高港区,森林碳储量为 158 884.38 t,其中乔木林碳储量占 97.24%,竹林和灌木林碳储量分别占 1.51% 和 1.25%;高新区和海陵区碳储量相对较低,分别为 70 908.12、56 942.26 t,均以乔木林碳储量占比最大,在 97% 以上,具体见表 2。

从碳密度(见图 1)看,姜堰区森林平均碳密度最高,为 $42.60\ \text{t}/\text{hm}^2$,其中姜堰区乔木林碳密度为 $46.91\ \text{t}/\text{hm}^2$;其次,高新区和高港区森林平均碳密度以及乔木林碳密度均相差不大,其中森林平均碳密度分别为 37.03 、 $36.74\ \text{t}/\text{hm}^2$,乔木林碳密度分别为 37.07 、 $37.53\ \text{t}/\text{hm}^2$;海陵区森林平均碳密度和乔木林碳密度都较低,其中海陵区森林平均碳密度仅为姜堰区森林碳密度的 50.57%,而其乔木林碳密度仅为 $22.27\ \text{t}/\text{hm}^2$ 。

2.3 泰州市辖区不同林分碳储量分布

从不同林分碳储量分布来看,硬阔叶树、樟树、杨树、阔叶混交林以及其他软阔叶树种是泰州市辖区森林碳储量的主要贡献者(见表 3)。其中,硬阔叶树种碳储量最高,为 187 780.99 t,占乔木林碳储量的 39.35%;其次是樟树的碳储量较高,为 85 927.04 t,占总的乔木林碳储量的 18.00%;第三是杨树,其碳储量为 68 624.96 t,占总的乔木林碳储量的 14.38%;另外,阔叶混交林以及其他软阔叶树种的碳储量也较大,分别为 53 225.07、35 882.08 t,分别占总乔木林碳储量的 11.15% 和 7.52%。

表 2 泰州市各辖区森林碳储量及占比							
辖区	森林碳储量 /t	乔木林		竹林		灌木林	
		碳储量/t	占比/%	碳储量/t	占比/%	碳储量/t	占比/%
高港区	158 884.38	154 500.46	97.24	2 395.03	1.51	1 988.89	1.25
高新区	70 908.12	70 003.96	98.72	270.67	0.38	633.49	0.89
海陵区	56 942.26	55 286.19	97.09	231.33	0.41	1 424.74	2.50
姜堰区	205 631.76	197 464.89	96.03	3 470.08	1.69	4 696.79	2.28

不同林分类型碳密度差异较大(见图 2),乔木林碳密度最大的是杨树林,达 $62.40\ \text{t}/\text{hm}^2$;其次是樟树林,碳密度为 $57.84\ \text{t}/\text{hm}^2$;刺槐的碳密度也较

高,为 $50.81\ \text{t}/\text{hm}^2$ 。林分碳密度在 $40\text{—}50\ \text{t}/\text{hm}^2$ 的森林类型包括其他松类、水杉、其他杉类和银杏林;林分碳密度在 $30\text{—}40\ \text{t}/\text{hm}^2$ 的森林类型包括针叶树

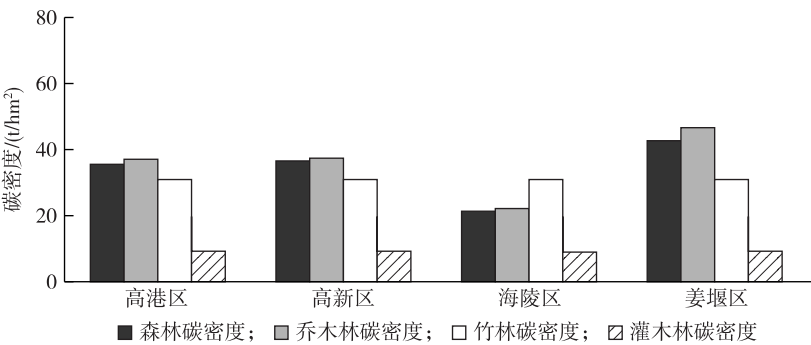


图 1 泰州市辖区森林碳密度

混交、阔叶树混交、针阔叶树混交及其他硬阔叶树和柳树林。桂花林的碳密度较低,仅为 7.04 t/hm²。

2.4 泰州市森林碳汇能力评价

基于全国第八次(2010 年)森林资源清查数据,估算出泰州市森林碳储量为 439 123.85 t,其中乔木林碳储量为 406 770.29 t,竹林碳储量为 9 737.25 t,灌木林碳储量为 22 616.31 t。可见目前泰州市辖区森林碳储量相对 2010 年有大幅提升,森林固碳量平均每年增长 4 436.89 t。根据第八次森林资源清查数据,泰州市辖区森林平均碳密度为 22.34 t/hm²,其中乔木林碳密度为 22.15 t/hm²,远远低于目前泰州市辖区森林碳密度和乔木林碳密度。

表 3 典型林分碳储量及占比

林分类型	碳储量/t	占比/%
硬阔叶树	187 780.99	39.35
樟树	85 927.04	18.00
杨树	68 624.96	14.38
阔叶树混交林	53 225.07	11.15
其他软阔叶树	35 882.08	7.52
其他杉类	8 425.80	1.77
柳树	8 002.58	1.68
针阔叶树混交林	7 263.72	1.52
水杉	5 581.63	1.17
银杏	4 962.77	1.04

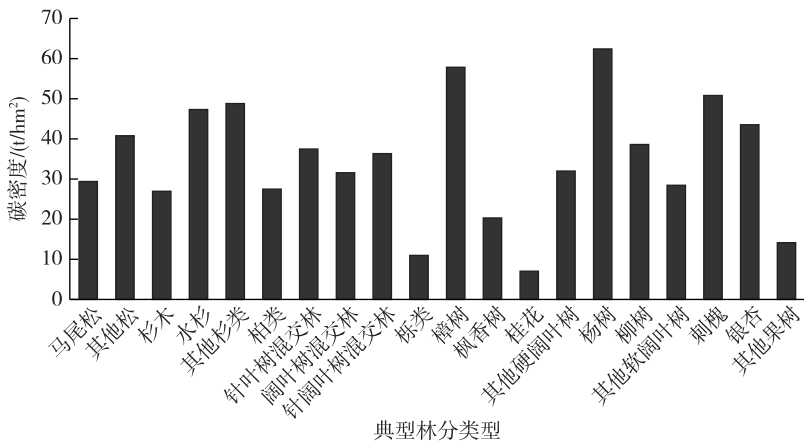


图 2 典型林分碳密度

从不同辖区看(见表 4),目前泰州市 4 个辖区中海陵区和高新区的森林碳储量相对 2010 年有提高,而高港区和姜堰区森林碳储量相对 2010 年则略有减少。高新区和海陵区总的森林碳储量和乔木林碳储量均增加较多,其中森林碳储量分别比 2010 年增加了 0.70,3.28 倍,乔木林碳储量则分别增加了 1.64,

0.56 倍。根据碳密度结果比较,目前 4 个辖区的森林碳密度和乔木林碳密度相对于 2010 年均有较大提高,其中姜堰区提高幅度较大,森林碳密度和乔木林碳密度分别提高了 1.10,1.32 倍。海陵区森林碳储量、碳密度等提高幅度虽然低于其他 3 个辖区,但相对 2010 年,其森林碳储量也增加了 53%。

表 4 泰州市辖区森林碳储量与碳密度变化 (2010—2022)

辖区	年份	森林碳 储量/t	森林碳密度 /(t/hm ²)	乔木林碳 储量/t	乔木林碳密度 /(t/hm ²)
海陵区	2010 年	37 160. 20	20. 51	35 431. 00	20. 55
	2022 年	56 942. 26	21. 54	55 286. 19	22. 27
高港区	2010 年	160 063. 41	25. 86	155 319. 03	25. 48
	2022 年	158 884. 38	35. 63	154 500. 46	37. 07
高新区	2010 年	33 569. 94	24. 41	26 478. 91	22. 74
	2022 年	70 908. 12	36. 51	70 003. 96	37. 53
姜堰区	2010 年	208 330. 29	20. 27	189 541. 35	20. 21
	2022 年	205 631. 75	42. 60	197 464. 89	46. 91

3 讨论

3.1 泰州市森林碳储量现状

泰州市辖区森林碳储量为 492 366. 503 8 t,其中乔木林碳储量占总森林碳储量的 96. 93%,这与徐钊等^[6]、杨加猛等^[24]的研究结果相当。徐钊等^[6]对江苏省森林植被碳储量分布及变化特征进行了研究,结果得出泰州全市 2015 年森林碳储量为 717 600 t,其中乔木林碳储量 647 400 t,占森林碳储量的 90. 22%;杨加猛等^[24]利用第七次和第八次森林资源清查数据估算出泰州市 2010 年森林碳储量为 1 859 800 t,乔木林碳储量 17 991 600 t,占森林碳储量的 96%,表明一直以来泰州市乔木林碳储量都是森林碳储量的最大贡献者。

泰州市辖区森林平均碳密度为 35. 49 t/hm²,乔木林平均碳密度为 37. 50 t/hm²,略高于森林平均碳密度。Fang 等^[18]基于森林资源清查和 BEF 方法研究了 20 世纪 80 年代初至 21 世纪初中国森林碳储量的大小和变化,研究结果表明,中国森林平均碳密度由 36. 9 t/hm²增加到 41. 0 t/hm²;周玉荣等^[10]通过资料收集,估算出我国森林平均碳密度为 57. 07 t/hm²,赵敏等^[11]根据森林资源清查数据估算得出,我国森林碳密度为 41. 32 t/hm²。徐钊等^[6]和杨加猛等^[24]研究得出江苏省森林碳密度分别为 25. 45、25. 78 t/hm²。本研究中泰州市辖区目前的森林资源碳密度以及乔木林碳密度略低于全国森林和乔木林碳密度,但是比江苏全省的森林碳密度和乔木林碳密度高 30%左右。泰州市以及江苏全省森林碳储量和碳密度相对低于全国平均值,一方面由于江苏为林业小省,森林面积相对较小;另一方面是由于在乔木林各龄组中,幼、中龄林无论在面积还是蓄积上都占有较大的比重,因此导致泰州

市以及江苏全省森林碳储量均偏低^[24-25]。

3.2 泰州市森林碳储量区域分布特征

森林碳储量大小主要受森林面积和碳密度共同影响,不同树种林分生态系统碳密度有一定差异,产生这种差异的原因主要是林分林龄结构和树种特性等影响了树种固碳量^[25]。本研究主要对泰州市 4 个辖区的森林碳储量进行了估算,结果表明,姜堰区森林碳储量和碳密度都显著高于其他 3 个区。其原因,一方面是由于姜堰区土地面积较大,是其他 3 个区的 2. 79—7. 39 倍,则其森林面积相对较大,尤其是高新区的 2 倍以上;另一方面则是由于姜堰区森林组成中,杨树、樟树、其他软阔叶树面积和蓄积所占比例均高于其他区,尤其是姜堰区杨树面积是高港区和高新区的 10 倍以上,杨树蓄积是其他 3 个区的 5—14 倍。海陵区的森林碳储量相对较低,主要是由于海陵区森林碳密度和乔木林碳密度均远低于其他 3 个区。海陵区树种组成结构,其他硬阔叶类树种所占比例较大,杨树和其他软阔叶类树种所占比较小,硬阔叶类树种的碳密度 (31. 98 t/hm²) 显著低于杨树 (50. 81 t/hm²) 和其他软阔叶类树种碳密度 (62. 4 t/hm²)。因此,在今后的森林管理中,可适当增加杨树及其他软阔叶树种所占比例,增加森林碳密度。

3.3 泰州市不同林分碳储量区域分布特征

从不同林分碳储量分布来看,樟树、其他硬阔叶树、杨树、阔叶树混交以及其他软阔叶树种对泰州市森林碳储量的贡献比例较大,约占总的森林碳储量的 90%以上,表明阔叶树种是目前泰州市森林碳储量的主要贡献者,这与仲启钺等^[26]的研究结果一致。因此,今后泰州市的森林资源管理,应着重考虑阔叶林在森林资源中所占的比例,适当增加阔叶林的种植面积和占比,同时对阔叶树种采取固碳增汇的森林抚育措施。在不同阔叶树种中,樟树的碳储量在森林碳储量中的比例最大,其次杨树碳储量对森林碳储量的贡献也较大。在江浙沪地区,樟树、杨树都是主要的阔叶树种,种植面积相对较大,且碳密度樟树 (57. 84 t/hm²) 和杨树 (62. 40 t/hm²) 也较高,这与仲启钺等^[26]和王美霞等^[27]的研究结果一致。因此,可根据不同树种的碳密度现状,适当调整森林资源中树种组成以及林龄结构,提升树种以及森林碳密度^[28]。通过实施科学的森林经营管理措施,将会有效实现泰州市森林碳储量的稳步增长。

3.4 泰州市森林碳汇能力评价

基于第八次森林资源清查数据^[17]比较发现,近年来泰州市森林碳储量稳步增长,碳汇能力有较大的提升。虽然,泰州市森林面积相对2010年减少了5 782.69 hm²,但是由于森林碳密度从2010年的22.34 t/hm²大幅度提升到了目前的36.72 t/hm²,森林碳储量也从2010年的439 123.85 t,增长到目前的492 366.51 t,森林固碳量平均每年增长4 095.59 t。表明,在土地资源极有限的情况下,泰州市通过科学的经营管理措施,森林资源在碳汇能力方面得到了显著提升,这有利于增强泰州城市森林在对应区气候变化中的作用。从不同区域看,目前泰州市森林面积减少主要是由于姜堰区森林面积的大幅度减少,姜堰区目前的森林面积仅占2010年的47%,但是姜堰区森林碳密度增加了2.10倍,是4个辖区中碳密度增长幅度最大,且碳密度最高的区域,因此其森林碳储量仅略低于2010年,表明姜堰区森林碳汇能力相对2010年有较大提高。目前,海陵区的森林碳密度仅略高于2010年森林碳密度,显著低于其他几个区,主要是由于海陵区面积占比较大的硬阔叶树种碳密度较低,在今后可调整该区的树种组成,适当增加软阔叶树种,同时采取科学的措施提升硬阔叶树种的碳密度,从而增加森林碳储量^[26]。

4 结论

(1)泰州市辖区森林碳储量为492 366.503 8 t,其中乔木林碳储量477 255.50 t,竹林碳储量为6 367.098 143 t,灌木林碳储量为8 743.908 384 t。泰州市辖区森林平均碳密度为35.49 t/hm²,其中乔木林平均碳密度为37.50 t/hm²,可见乔木林碳储量是森林碳储量的最大贡献者。

(2)泰州市4个辖区中,姜堰区森林碳储量、碳密度均最高,分别为205 631.75 t、42.60 t/hm²;海陵区森林碳储量、碳密度均最低,分别为56 942.26 t、21.54 t/hm²。

(3)不同林分类型中硬阔叶树种碳储量最高,为187 780.99 t,占森林碳储量的39.35%;其次,樟树的碳储量85 927.04 t,占总的森林碳储量的18.00%;第三是杨树,碳储量为68 624.96 t,占总的森林碳储量的14.38%。乔木林中杨树碳密度最大,达62.40 t/hm²;其次,樟树碳密度为57.84 t/hm²;其他软阔叶树种的碳密度也较高,为50.81 t/hm²。

阔叶树种是目前泰州市森林碳储量的主要贡献者,在不同阔叶树种中,樟树和杨树的碳储量对森林碳储量的贡献较大。

(4)基于第八次森林资源清查数据,估算出泰州市森林碳储量森林固碳量平均每年增长4 095.59 t,森林碳密度共增长了13.15 t/hm²。相对而言,目前姜堰区森林面积减少了53%,但森林碳密度增加了2.10倍,在4个辖区中碳密度增长幅度最大;海陵区的森林碳密度增长缓慢,显著低于其他几个区。泰州市森林资源在碳汇能力方面得到了显著提升,对江苏实现“双碳目标”具有积极的推动作用。在今后可调整树种组成和林龄结构,提升森林的碳汇能力,从而增加森林碳储量。

参考文献:

- [1] 付玉杰,田 地,侯正阳,等.全球森林碳汇功能评估研究进展[J].北京林业大学学报,2022,44(10):1-10.
- [2] 黄凯旋.“双碳”背景下森林碳汇功能及展望[J].辽宁林业科技,2024(1):51-54.
- [3] 李海奎.碳中和愿景下森林碳汇评估方法和固碳潜力预估研究进展[J].中国地质调查,2021,8(4):79-86.
- [4] INKYIN K, SU Y W. An overview of interrelationship between climate change and forests[J]. Forest Science and Technology, 2015,11(1):11-18.
- [5] CAO J J, ZHANG X F, DEO R, et al. Influence of stand type and stand age on soil carbon storage in China's arid and semi-arid regions[J]. Land Use Policy, 2018(78):258-265.
- [6] 徐 钊,曹国华,李思刚,等.江苏省森林植被碳储量分布结构及变化特征[J].西北林学院学报,2019,34(2):69-75.
- [7] ZHAO J F, MA J Y, HOU M T, et al. Spatial-temporal variations of carbon storage of the global forest ecosystem under future climate change[J]. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2020,25(4):603-624.
- [8] BANERJEE S K, BANERJEE S. Interrelationship between forests and climate change: A review[J]. Indian Journal of Forestry, 2020(3):43.
- [9] 吕 浩,彭春良,吴惠俐,等.森林生态系统不同碳库碳储量估算方法综述[J].湖南林业科技,2022,49(6):90-98.
- [10] 周玉荣,于振良,赵士洞.我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡[J].植物生态学报,2000,24(5):518-522.
- [11] 赵 敏,周广胜.中国森林生态系统的植物碳贮量及其影响因子分析[J].地理科学,2004,24(1):50-54.
- [12] 曾伟生.云南省森林生物量与生产力研究[J].中南林业调查规划,2005,24(4):1-3,13.
- [13] FANG J Y, CHEN A P, PENG C H. Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998[J]. Science, 2001,292:2320-2323.

(下转第57页)

工作提供资金支持和捐赠物资装备。积极探索森林防火工作市场化运行,结合诸暨实际,在体制机制上大胆探索创新,为森林防火建设发展注入新动力。

参考文献:

- [1] 国家林业和草原局.全国森林和草原火灾风险普查技术指导和培训会议在京召开[J].中国减灾, 2021(15):32.
- [2] 孙一博,贺梦莹,陈爱桃.基于态势分析法的吉林江源国家森林公园旅游资源分析及对策探讨[J].林业勘查设计, 2022, 51(5):48-51.
- [3] 浙江全面推行林长制[J].浙江林业科技, 2021, 41(5):79.
- [4] 王耀,贾刚,王小昆.嫩江市森林防火规划探讨[J].林业勘查设计 2023, 48(1):125-126.
- [5] 李彪,周逸斐.未来中国极端暖事件将增加,极端冷事件将减少[N].每日经济新闻, 2023-03-10(002).
- [6] 文娟,陈萌,张伟,等.浅析广西森林防火分区原则与治理措施[J].广西林业科学, 2013, 42(1):101-103.
- [7] 赵丽宏,牛立成,魏何坤,等.视频监控系统在尚志国有林区森林防火中的应用[J].林业科技情报, 2022, 54(3):49-53.
- [8] 牛海斌.新形势下我国森林防火科技工作的现状及防护措施[J].黑龙江科技信息, 2014(28):251.
- [9] 孙健平.威海市X景区森林火灾风险管理研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2018.
- [10] 卢渊,王广宇,程子岳,等.新形势下森林草原防灭火基础设施建设现状与展望[J].林草资源研究, 2023(6):1-7.
- [11] 薛刚.成都市森林防火工作的问题及对策研究[D].成都:四川师范大学, 2022.
- (上接第21页)
- [14] 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(1):13-16.
- [15] 曾伟生,陈新云,蒲莹,等.基于国家森林资源清查数据的不同生物量和碳储量估计方法的对比分析[J].林业科学研究, 2018, 31(1):66-71.
- [16] 沈楚楚.浙江省主要树种(组)生物量转换因子研究[D].杭州:浙江农林大学, 2013.
- [17] 江苏省林业局.江苏省第八次森林资源清查成果报告[R].南京:江苏省林业局, 2011.
- [18] FANG J Y, GUO Z D, PIAO S L, et al. Terrestrial vegetation carbon sinks in China, 1981-2000[J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 2007, 50(9):1341-1350.
- [19] 刘国华,傅伯杰,方精云.中国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献[J].生态学报, 2000, 20(5):733-740.
- [20] 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.
- [21] 李玉敏,冯鹏飞.基于第九次全国森林资源清查的中国竹资源分析[J].世界竹藤通讯, 2019, 17(6):45-47.
- [22] 国家林业局调查规划设计院.全国林业碳汇计量与监测技术指南[S].北京:国家林业局, 2011.
- [23] 雷海清,孙高球,郑得利.温州市森林生态系统碳储量研究[J].南京林业大学学报(自然科学版), 2022, 46(5):20-26.
- [24] 杨加猛,杜丽永,蔡志坚,等.江苏省森林碳储量的区域分布研究[J].中南林业科技大学学报, 2014, 34(7):84-89.
- [25] 林虹,马旭,何再华,等.江苏省森林生态系统碳汇现状研究[J].林业资源管理, 2014(1):89-97.
- [26] 仲启铖,傅煜,张桂莲.上海市乔木林生物量估算及动态分析[J].浙江农林大学学报, 2019, 36(3):524-532.
- [27] 王美霞,刘玲,吕文利.上海乔木林分碳储量比较分析研究[J].环境科学与管理, 2013, 38(5):174-177.
- [28] 温小荣,蒋丽秀,刘磊,等.江苏省森林生物量与生产力估算及空间分布格局分析[J].西北林学院学报, 2014, 29(1):36-40.