

文章编号: 1674-7054(2018)01-0117-06

我国园林绿地的碳汇研究进展

童家靖¹, 黄伟², 黎秀琼¹, 田巍¹, 吴金山¹

(1. 海南大学 热带农林学院, 海南 儋州 571737; 2. 海南大学 档案馆, 海口 570228)

摘要: 随着“CO₂ 温室效应”的增加, 植物碳汇在减少其带来的危害中起至关重要的作用, 园林绿地碳汇就是其中的一个重要分支。笔者对园林绿地碳汇的概念、缘起与动因、功能与作用、研究现状和存在问题等方面进行概述, 旨在为我国园林绿地碳汇深入研究提供参考。

关键词: 城市园林绿地; 碳汇; 现状

中图分类号: S 731.2 文献标志码: A DOI: 10.15886/j.cnki.rds wxb.2018.01.015

近现代工业发展带来过量 CO₂ 排放导致全球气候变化, 这是当今国际社会普遍关注的全球性问题, 它不仅影响人类的生存环境, 还影响世界经济发展和社会进步, 甚至影响到人类未来的发展^[1]。瑞典科学家 Arrhenius 早在 1896 年就提出, CO₂ 的大量排放可能会导致全球气候变暖。20 世纪 80 年代末 90 年代初, 在各种国际会议上制定了如《联合国气候变化框架公约》《京都议定书》《马拉喀什协定》等条约, 着重强调了碳汇对全球气候变暖问题的限制作用, 取得了一定成果。如今, 世界各国政府和科学界对林业碳汇的关注日益加深, 联合开展了全球碳计划(GCP)和全球碳综合观测计划(IGCOT)等, 并在此过程中注重生物圈和陆地碳储量、碳循环和碳平衡等研究, 对碳汇的生产、计量、评价、交易、管理、监测、评估和预测等方面也展开研究^[2]。随着城镇化进程加速, 我国城市园林景观格局发生巨大变化, 园林绿地碳汇因此受到关注并成为一个新的研究热点。在构建低碳生态城市的目标下, 我国各领域学者对低碳城市的建设进行了大量研究。赵彩君^[3]等指出为了保证绿地碳汇的恒定, 需要对绿地进行合理管理, 避免碳的迅速释放。并且采用复层群落式种植, 以最大化单位面积植物的固碳量。叶有华^[4]等提出, 提升城市碳汇能力需从加强城市碳汇资源的保护、建设、品质提升以及启动碳汇服务交易试点建设等 4 个方面着手。俞浩萍^[5]指出, 发展屋顶花园、合理选择树种, 提高城市绿化率和园林植物的固碳释氧率, 可以达到增加城市碳汇的目的。同时, 我国各大省市也成立相应机构, 积极开展园林绿地碳汇的研究和开发工作。目前, 我国虽然在园林绿地碳汇的效益与能力、碳汇量的估算以及高效园林绿地构建等方面的研究取得了不错的进展, 但还存在量少质差、经济成本过高、环境管理缺失等问题, 这些不良现状亟须解决。因此, 笔者对我国园林绿地碳汇现状和存在的问题进行概述, 为以后碳汇深入研究提供参考。

1 园林绿地碳汇概念及作用

1.1 园林绿地碳汇概念 碳汇一般是指从空气中清除 CO₂ 的过程、活动和机制, 主要指载体(森林、土壤、岩石、湿地等)吸收并储存 CO₂ 的多少, 或是载体吸收并储存 CO₂ 的能力。在林业中主要指植物吸收大气中的 CO₂ 并将其固定在植被或森林土壤中, 从而减少其在大气中的浓度^[6]。简单地说, 当某生态系统

收稿日期: 2017-10-09

修回日期: 2017-11-21

作者简介: 童家靖(1997-), 男, 海南大学热带农林学院 2015 级植物保护专业本科生. E-mail: pepostar@outlook.com

通信作者: 吴金山(1984-), 男, 讲师. 研究方向: 植物生理生化. E-mail: wujsh2007@163.com

碳的固定量大于碳的排放量时,则该系统称为大气中 CO_2 的汇,简称碳汇,反之,称为碳源^[7]。园林绿地碳汇是指在人类活动的影响下,城市园林绿地的绿色植物通过光合作用吸收大气中的 CO_2 并固定在植被与土壤中,从而减少大气中 CO_2 浓度的过程。园林绿地碳汇主要研究指标包括碳密度、碳储量和碳固定。其中,碳密度($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)不仅代表了较大面积林分质量,还反映了森林受干扰的程度。碳储量(Tg , $1 \text{ Tg} = 1\ 012 \text{ g}$)则反映了森林同大气碳交换的基本参数,表明特定时空下森林植被生物量种碳库大小。碳固定($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)则为森林植被通过生命活动在1年内所固定的碳量,反映了单位时间内森林植被的净固碳能力^[8]。

1.2 园林绿地作用

1.2.1 为城市提供碳汇能力 在城市园林绿地中,存在各种绿地类型、植被结构和植物种类,其中包括城市道路、建筑、水体以及地下和城市园林土壤。园林绿地范围内有多种类型的绿地以及丰富的动植物等生物资源。城市园林植物进行光合作用吸收大量 CO_2 用于碳汇,作为碳吸收源^[9]。城市园林绿地通过提高和保持绿量来增强其碳汇功能,改善城市生态环境质量。林姚宇^[10]等总结了C40成员低碳城市建设的5种低碳实践模式,指出城市绿地和各类生态要素的保护是强化区域碳汇的基础。美国学者David等^[11]对园林绿地植被的碳储量从国家、区域和州等不同尺度进行估算得出,由于园林绿地植被生长迅速、高大乔木较多,比非园林绿地植被增加碳汇效果更显著。美国学者Konijnendijk等研究^[12]发现,一个区域的固碳能力受该区域绿地和树木数量影响。一个拥有大量成年树木的社区固碳量可达 $17 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。但绿地面积少的社区固碳量还不到 $1 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。纽约市的树木每年可以吸收383亿 t CO_2 ^[13]。由此可知,园林绿地是城市的自然碳汇,是城市碳汇的重要组成部分。

1.2.2 产生一定程度的碳失汇 研究表明,园林生态系统除碳汇功能外,还有“碳失汇”的作用。1997年,瑞典气象学家博林和美国生态学家伍德维尔分别在美国《科学》周刊上撰文,指出全球森林尤其是热带林的破坏正导致陆地生态系统向大气净排放 CO_2 ,成为大气 CO_2 浓度升高的主要因素之一^[14]。“碳失汇”表现在以下两方面:一是在土地利用上,将大面积的原覆盖林转为小林或草坪,使土壤碳汇大量减少,加重了碳失汇。二是园林绿地在建设和养护管理过程中存在一定的能耗,也是碳失汇的一种形式。

1.2.3 融于“海绵城市”理念,解决城市“水问题” 城市园林绿地的涵水功能强大,在城市的水生态体系中占有重要地位。据研究,在佛罗里达的Dade县,10%的树冠覆盖能减少15%的暴雨雨水流量,每年每株树木可以节省暴雨水管理费0.18美元。巴西的一项研究表明,圣保罗市营造5 000 hm^2 水土保持林,10年可提供该市饮水的40%^[15]。城市园林绿地融合于海绵型城市构建有较早的实践案例,其中包括2000年的北京中关村生命科学园,其设计采用了人工湿地收集雨水和净化中水的绿地系统,被称为大地生命的细胞^[16]。一个城市的水资源情况与该城市的园林绿地发展密切相关,而随着城市水资源问题逐渐进入公众视野,以及建设海绵型城市的政策的推出,园林绿地的碳汇功能和其他生态功能将被进一步挖掘,逐步应用于“海绵城市”所要解决的中国城市突出的水问题及相关生态和环境问题。从微观上看“海绵城市”的理念和应用,最后必须要落实到具体的“海绵体”,其中就包括城市园林绿地存在的公园、小区等区域和局域集水单元的建立,在这一尺度对应的则是一系列的水生态基础设施建设技术的集成^[17]。从园林绿地这一方面推进海绵型城市的建设,将会有一定成效。

1.2.4 平衡城市生态,美化城市环境 城市园林绿地植物通过光合作用和净化作用,对烟灰和粉尘进行阻挡、过滤和吸附。同时吸收环境中的 CO_2 ,释放氧气至大气,更新城市空气,使城市的碳氧平衡协调。研究表明,园林绿地植被通过蒸腾作用和遮荫能降低城市地面温度和空气温度,形成城市中较明显的“冷岛”效应^[18]。而由公园内部与外部温差形成的微风,能有效改变城市空气的流动,改善通风条件,降低风速,改变风向,并且可以使这种“冷岛效应”辐射到周边约100~400 m处^[19-20]。提高和保持园林绿地量,增强其碳汇功能,能够改善城市生态环境质量。

2 我国园林绿地碳汇相关理论研究进展

2.1 园林绿地碳汇能力研究 城市园林绿地中发挥碳汇效益的主要是绿色植物和土壤。赵荣欣^[21]等对南京城市碳储量的变化进行分析,发现自然碳库(主要包括土壤、森林、草地、水体和动物体等)约占城市总碳储量的88%,且基本保持稳定,从1996年至2009年保持在6 000万t左右。作为园林绿地碳汇的重要组成部分,绿色植物有很强的碳汇能力。王亚男等^[22]利用CI-301(CID, Inc, Vancouver, Washington)公司生产的便携式光合作用分析仪,分别对台湾黑板树冠层上部 and 下部叶片的光合作用速率、蒸腾速率、气孔导度及其相关因子进行了测定,1株黑板树每年可固定CO₂量为56.76 kg。李薇^[23]对北京奥林匹克森林公园规划方案的186个样点区域进行了碳储量研究发现,研究范围内的树木每年碳固定量是234.42万t,碳储量是1.15万t。

园林绿地植被中的不同植物不同树龄其碳汇能力也存在较大差异。一般而言,乔木碳汇能力最强,是主要的植被碳库。碳储量分布规律:阔叶林>针叶林>针阔混交林;中龄林>近熟林>幼龄林>成熟林>过熟林。碳密度分布规律:针叶林>针阔混交林>阔叶林;过龄林>成熟林>近龄林>中龄林>幼龄林^[24]。于超群^[25]等以济南市城区典型绿地为例,以计算样方植物碳储量为基础,对样方内主要树种的平均胸径、树高、冠幅等大小情况、园林植物的群落结构、景观结构和植物种类特性、种植密度等方面进行分析,得出以下结论:植物的平均胸径、树高对园林绿地固碳效益高低起主要作用,且随植物群落层次复杂化,固碳效益显著增高,复层植物群落>双层植物群落>单层植物群落;植物群落栽植密度能影响绿地碳汇效应的高低。园林绿地植物群落碳汇效益与群落密度呈正相关,高密度植物群落>中密度植物群落>低密度植物群落。

同时,土壤作为园林绿地植物生长的基础,以有机和无机的形式存储碳,形成一个巨大的碳库,对碳循环起到很重要的作用。如:在北京城区园林中,土壤碳储量是园林植被碳储量的3.2倍^[26];在徐州市城市绿地中,土壤碳储量占碳总储量的89.09%^[27]。在上海市城市绿地中0~60 cm土壤碳储量约为67万t^[14]。

2.2 园林绿地碳汇估算方法

2.2.1 样地清查法 样地清查法是指通过设立典型样地,对被测生态系统中的植被、枯枝落叶和土壤等碳库的碳储量进行调查,并通过连续测定得出特定时期内碳储量变化情况的推算方法^[28]。此方法受限较多,适用于小尺度研究,大尺度森林碳汇研究储存量问题的解决,必须借助模型法和遥感估测法等方法。

2.2.2 生长生物量模型法 生长生物量模型法利用生长生物量模型,模拟出各树种各年龄的单株材积和生物量,以国家森林资源清查面积和蓄积的数据为基础,计算各树种、各龄组单位面积蓄积量。基于模型得出单株材积,推算各龄组单位面积平均株数,再由模型得出单株生物量,结合清查面积求出各树种的生物量,由含碳率计算碳储量,最后利用二次清查间的碳储量变化计算植被碳汇^[29]。该方法将植株个体特征值扩大到林分特征值,把多成分的园林植物结构转化为简单的平均值,便于测量大面积园林绿地碳汇量,使城市园林绿地碳汇估算方法更加多样化。

2.2.3 遥感估算法 遥感估算法利用卫星遥感图像获得待测区域内各植被状态参数,再结合地面调查完成植被的空间分类和时间序列分析,之后再分析森林生态系统的碳积累量以及碳的时空和动态分布。遥感估算法不仅能够估算大尺度范围内植被动态(如叶面积数和碳储量),还能够估算植物碳库的变化^[28]。

2.2.4 微气象学法 微气象学法以小气候特征的仪器监测为主要基础,包括湍度相关法、湍度协方差法和驰豫涡旋积累法^[30]。微气象学法能对森林和大气的CO₂通量进行直接准确的计算,受观测下垫面植被和周边环境干扰较少。但是其应用的仪器价格较贵,且对下垫面要求较高,稳定性差,实际操作难度大,后期数据分析较为复杂。

2.3 高效园林绿地的构建

2.3.1 构建近自然森林生态系统 “近自然森林法”又名“宫胁法”最早起源于20世纪70年代,由日本著名植物生态学家宫胁昭(A. Miyawaki)提出。其理论基础是潜在植被理论和演替理论。选择当地乡土树种,应用容器育苗登“模拟自然”的技术和手法,通过人工营造和后期植物生长的完美结合,超常速、低造价地构建以地带性植被类型为目标的,群落结构完整、物种多样性丰富、生物量高、趋于稳定状态的植被生态系统^[9]。“宫胁法”主要特点就是生物量高(碳汇能力强),能很好应用于园林绿地碳汇的增加上,是城市森林生态构建、增加碳汇的重要手段之一。而模拟自然的复层式群落种植能够提高群落结构完整度,多种多年生草类混合种植的土壤中,碳和氮的储量比单一种类种植地的平均值高5~6倍,在加入暖季型草和豆类植物的情况下,还可使土壤的碳收集能力增加193%和522%^[31]。河南省中牟县雁鸣湖生态示范区在我国近自然森林生态系统的构建中得到了较好的应用,其通过对研究区已有生态系统进行改造,提高了群落的物种多样性,生境异质性和生态系统稳定性,提高了研究区的碳汇能力。在全球范围内,使用宫胁造林法的应用点已达上千个,在日本、马来西亚、泰国、智利、巴西和中国等国家均有分布,应用群落类型涵盖了热带雨林、常绿阔叶林、落叶阔叶林等,均取得了良好的效果^[32-33]。

2.3.2 绿色建筑的推广 低碳经济推动下产生的绿色建筑是指在全寿命期内,最大限度地节约资源(节能、节地、节水、节材)、保护环境、减少污染,为人们提供健康、适用和高效的使用空间,与自然和谐共生的建筑。绿色建筑的出现和推广,较为有效地解决了园林绿地碳汇量不足的问题,因此在市场经济中发展迅速。2016年2月初,国家发展改革委和住房城乡建设部两部委联合印发的《城市适应气候变化行动方案》指出,到2020年,我国将建设30个适应气候变化试点城市,典型城市适应气候变化治理水平大幅提高,绿色建筑推广比例达到50%。未来,随着“十三五”规划的稳步进展,生态文明建设与绿色可持续发展的理念将更加深入人心,绿色建筑也将拥有更广阔的发展前景。这意味着,绿色建筑等新兴产业将进入发展期。

3 我国园林绿地碳汇存在问题

我国在城市园林绿地方面的研究虽然取得了不错的成就,但仍然存在很多问题^[34-35]。第1,目前开展城市园林绿地系统的碳储存研究还较少,尤其未综合考虑植物碳固定与土壤有机质碳库的碳储量变化耦合产生的碳收支值。第2,城市园林树木结构相对于森林生态系统较为复杂,传统的方法难以获得生物量,并且相对频繁的人为干预,导致城市绿地土壤有机碳库碳储量难以形成系统的长期监测。第3,在发展城市园林绿地的同时,不合理的施用化肥农药等使土壤环境、水体质量均有下降趋势。第4,盲目追求建设所谓的“森林城市”,发展园林绿地经济成本高,尤其是后期养护管理的高成本低成活率对于建设低碳园林很不利,同时还破坏了城市所依托的自然环境和生态资源。最后,从宣传角度和公众对碳汇认知的方面来看,宣传力度不够,以至于很多人们对碳汇的认知程度较低。这些问题的存在很大程度上阻碍了我国园林绿化碳汇的研究发展。

4 展望

全球变暖加剧,发展碳汇是大势所趋,从近年碳汇发展历程可以看出,园林绿地碳汇将是未来碳汇发展的主流。目前我国园林绿地碳汇正在起步阶段,同发达国家相比仍有较大差距,需借鉴国际经验来提高我国园林绿地碳汇水平。与此同时,需要培养更多专业素质人才;政府需要加强监督引导工作,加大园林绿地碳汇项目的资金投入,敦促相关部门紧密协调合作;扩大碳汇市场,以及创建新型碳汇市场;完善园林绿地碳汇交易制度方面的法律法规,做到有法可依;统一碳排放交易单位和定价,维护碳汇市场秩序,确保碳市场平稳运行。

同时,应该统一碳汇测量方法进一步与国际接轨,完善碳汇测量的精确度,在保证精确度的情况下降

低测量成本。加强国际碳汇项目推广合作,推动全球碳汇市场发展。信息技术和 3S 技术[遥感(Remote Sensing)、地理信息系统(Geographical Information System)、全球定位系统(Global Position System)]的发展和不断完善,未来也可以将这些新技术运用到园林绿地碳汇的发展中,以形成系统、准确的探测、计量碳汇的体系。在大数据和互联网+时代的冲击下,园林绿地碳汇发展会越来越快,由园林产业发展出大量新型产业会越来越多。自动化程度更高,资源利用率、土地产出率、劳动生产率更高。改善生态环境的同时还可以带动我国经济的快速发展。

参考文献:

- [1] 吴庆标,王效科,段晓男,等.中国森林生态植被固碳现状和潜力[J].生态学报,2008,28(2):517-524.
- [2] 施维林,钟宇鸣,程思娴.城市植被碳汇研究方法及其进展[J].苏州科技学院学报(自然科学版),2013,30(1):59-64.
- [3] 赵彩君.城市绿地系统对于低碳城市的作用[J].中国园林,2010,26(6):23-25.
- [4] 叶有华.高度城市化地区碳汇资源基本特征及其提升策略[J].环境科学研究,2012,25(2):243-244.
- [5] 俞浩萍.合理建设园林绿地增加城市碳汇[J].大众文艺,2010(14):43-44.
- [6] 李姝,喻阳华,袁志敏,等.碳汇研究综述[J].安徽农业科学,2015,43(34):136-139.
- [7] 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 science, 2007, 50(7): 1341 - 1350.
- [8] 周健,肖荣波,庄长伟,等.城市森林碳汇及其核算方法研究进展[J].生态学杂志,2013,32(12):3368-3377.
- [9] 卢训令.城市近自然森林生态系统构建与低碳城市建设[C]//科技部、山东省人民政府、中国可持续发展研究会.中国可持续发展论坛2010年专刊(一).出版地不详:科技部、山东省人民政府、中国可持续发展研究会,2010:4.
- [10] 杨阳,赵红红.低碳园林相关理论研究的现状与思考[J].风景园林,2015(2):112-116.
- [11] Nowak D J, Crane D E. 2002 Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA [J]. Environmental Pollution, 116: 381 - 389.
- [12] Konijnendijk C C, Nilsson K, Randrup T B, et al. Urban Forests and Trees [M]. New York: Springer-Verlag, 2005.
- [13] EPA (Environmental Protection Agency). Inventory of US Greenhouse Gas Emissions and Sinks [EB/OL]. http://epa.gov/sown-ar.com/climate_change/emissions/downloads/08_CR.
- [14] 张文海.二氧化碳的失汇[J].北方环境,2011,23(3):52-53.
- [15] 钱能志.遵义市城区城市森林结构与生态功能研究[D].南京:南京林业大学,2005.
- [16] 俞孔坚,张东,李向华,等.生命细胞、景观格局与创新网络——中关村生命科学园规划[J].城市规划,2001,25(5):76-80.
- [17] 俞孔坚,李迪华,袁弘,等.“海绵城市”理论与实践[J].城市规划,2015,39(6):26-34.
- [18] Spronken-smith R A, Oke T R. The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates [J]. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19(11): 2085 - 2104.
- [19] Shashua-Bar L, Hoffman M E. The Green CTi-C model for predicting the air temperature in small urban wooded sites [J]. Building and Environment, 2002(37): 1279 - 1288.
- [20] Tyrväinen L, Pauleit S, Seeland K, Vries S D. Benefits and uses of urban forests and trees [M/OL]. [2010-03-20]. <http://www.ncsu.edu/biosucceed/biomass/pdf/trees-biosucceed.pdf>.
- [21] 赵荣欣.城市生态经济系统碳循环及其土地调控机制研究——南京市为例[D].南京:南京大学,2011:79-80.
- [22] 王亚男,刘秀卿,萧英伦.行道树黑板树二氧化碳固定效益之研究[J].中华林学季刊,2005,38(3):279-290.
- [23] 王迪生.关于城市园林绿地碳汇问题的初步探讨[C]//北京园林学会.2008北京奥运园林绿化的理论与实践.北京:北京园林学会,2009:540-543.
- [24] 司志国.徐州市城市绿地土壤碳储量及质量评价[D].南京:南京林业大学,2013.
- [25] 于超群.基于低碳理念的园林植物景观设计研究——以济南市城区典型绿地为例[J].山东林业科技,2016,226(5):10-15.
- [26] 李薇. CITYgreen 软件在城市绿地生态效益评价中的应用——以奥林匹克森林公园规划方案为例[D].北京:北京林业大学,2007.

- [27] 张艳丽, 费世民, 李智勇, 等. 成都市沙河主要绿化树种固碳释氧和降温增湿效益[J]. 生态学报, 2013, 33(12): 3878-3887.
- [28] 郭靖, 卢明艳, 张东亚, 等. 样地清查法在森林碳汇估算中的应用进展[J]. 防护林科技, 2016(7): 102-103.
- [29] 华伟平. 基于生长生物量模型法的福建森林碳汇估算研究[J]. 西南林业大学学报, 2014, 34(6): 36-37.
- [30] 杨海军, 邵全琴, 陈卓奇, 等. 森林碳蓄积量估算方法及其应用分析[J]. 地球信息科学, 2007(04): 5-12.
- [31] Fornara D A, Tilman D. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation[J]. Journal of Ecology, 2008(96): 314-322.
- [32] 严玲璋, 郑林森, 陈伟峰. 也谈“园林自然化”——以“宫胁昭法”建造生态绿地[J]. 园林, 2009(4): 46-48.
- [33] 王仁卿, 藤原一绘, 尤海梅. 森林植被恢复的理论和实践: 用乡土树种重建当地森林——宫胁森林重建法的介绍[J]. 植被生态学报(增刊), 2002(S1): 133-139.
- [34] 谢军飞, 李薇. 借鉴森林生态系统的园林绿地碳汇研究进展[J]. 园林科技, 2014(2): 14-22.
- [35] 郭汉全. 节约型园林绿地规划设计研究[D]. 济南: 山东农业大学, 2008.

Researches on Carbon Sequestration in Urban Green Spaces in China

TONG Jiajing¹, HUANG Wei², LI Xiuqiong¹, TIAN Wei¹, WU Jinshan¹

(1. College of Tropical Agriculture, Hainan University, Danzhou, Hainan 571737, China;

2. Hainan University Archives, Haikou, Hainan 570228, China)

Abstract: With the increase of “CO₂ greenhouse effect”, plant carbon sequestration plays a crucial role in reducing the harm it brings. Carbon sequestration in urban green spaces is one of the important branches of the plant carbon sequestration. The concept, origin, motivation, function, function, current researches and existing problems of carbon sequestration in the urban green spaces were reviewed in an attempt to provide reference for further research on carbon sequestration in the urban green spaces in China.

Keywords: urban green space; carbon sequestration; status quo

(责任编辑: 钟云芳)