

文章编号: 1000-5862(2020)04-0437-05

鄱阳湖南矶湿地6种优势植物群落 植被碳储量分布特征

汪琴胡佳冯哲张前前吴琴胡启武*

(江西师范大学地理与环境学院/鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室 江西南昌 330022)

摘要: 在春季生长期,在鄱阳湖南矶湿地典型区内沿水位梯度采集6种优势植物群落样品,进一步区分植物地上部分茎叶和地下根系,以及优势种和伴生种.通过测定群落不同组分的全碳含量和生物量分析了鄱阳湖湿地植被碳分配与碳储量特征.结果表明:植物地上部分全碳含量的波动范围为37.12%~47.30%,地下根系全碳含量的波动范围为24.32%~38.33%,地上部分大于地下根系.总碳储量在不同群落间的变化范围为229.29~581.37 gC·m⁻²,表现为灰化苔草群落最高,菰群落最低.不同群落物种的碳分配策略存在显著差异:灰化苔草和狗牙根地下根系碳分配远高于地上部分,藡草和芦苇则将更多的碳分配至地上部分,菰和南荻地上和地下碳分配较为均衡.碳储量在种间分配上主要集中于群落优势种.

关键词: 鄱阳湖; 湿地; 植物群落; 碳储量

中图分类号: Q 948.2 文献标志码: A DOI: 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2020.04.17

0 引言

由于温室气体排放而造成的气候变暖很可能带来严重后果,如冰川消退、海平面上升、荒漠化、生态系统功能改变等^[1-2].植物能够通过光合作用将大气中的CO₂固定为有机物质,其吸收的碳元素组成了地球上约50%的有机质^[3].如何提高陆地生态系统的固碳能力、增加碳储量,这对于减缓全球气候变化具有重要意义.湿地作为陆地生态系统的重要组成部分,通常生产力较高而有机质分解速率较低,具有巨大的碳库储存能力,是大气CO₂重要的汇^[4].湿地面积虽仅占地球陆地面积的4%~6%^[5],但其碳储量(300~600 Gt C)却占全球陆地生态系统碳储量的12%~24%^[6],在稳定全球气候变化中占有重要地位.湿地植被碳储量是湿地生态系统碳循环的组成要素之一,是评价湿地生态系统结构与功能的重要指标.尽管在湿地生态系统中,土壤储存了大部分的碳,但其来源主要是湿地植被通过凋落物、根系残体和分泌物等方式输入^[7-8].因此,准确量化湿地植被碳储量是评估湿地植被对大气CO₂的固定

能力和对土壤碳库贡献的基础,也是加强湿地生态系统科学管理和制定减排措施的前提.

迄今,国内外关于湿地碳储量的研究已取得较大进展,但从研究对象看多集中于湿地生态系统的土壤部分^[8-9],从湿地类型看则多集中于沼泽湿地^[10-11]、高原湿地^[12]、滨海河口湿地^[13-14]等,而关于湖泊湿地植被碳储量的研究仍相对较少.现有的湿地植被碳储量研究也多局限于植物群落的地上部分,缺乏在群落不同物种、植物不同器官间碳储量分配的信息,这极大限制了对湿地植被碳储量估算的精度^[15-16].鄱阳湖是中国最大淡水湖,由于其独特的自然地理条件以及与长江复杂的水情关系,形成了具有显著特色的湖泊湿地生态系统,发育有区系成分复杂、多样性丰富的湿地植物群落^[17-18].现有研究表明,鄱阳湖湿地固碳潜力巨大,是大气CO₂重要的汇,然而,这些研究主要局限于鄱阳湖苔草湿地植物群落^[19-21].基于此,本研究选取鄱阳湖南矶湿地6种优势植物群落,测定各群落物种及其各器官组分的生物量和碳储量,阐明碳在群落优势种与伴生种、地上部分与地下根系的分配格局,以期为进一步精确估算鄱阳湖湿地碳储量和指导湿地保护管理提供数据支持.

收稿日期: 2020-01-15

基金项目: 国家自然科学基金(31600371,31460129)资助项目.

通信作者: 胡启武(1979-),男,安徽池州人,教授,博士,博士生导师,主要从事湿地生物地球化学循环研究. E-mail: huqi-wu1979@gmail.com

1 研究方法

1.1 研究区概况

本研究样地设置于鄱阳湖南矶湿地(见图1)。该区位于北纬 $28^{\circ}52'05'' \sim 29^{\circ}06'50''$,东经 $116^{\circ}10'33'' \sim 116^{\circ}25'05''$,区内以洲滩和水域为主,每年地表淹没时间为 2~5 个月,多年平均气温为 18°C ,年均降水量为 $1\,450 \sim 1\,550\text{ mm}$ [20]。湖滨洲滩植被按高程划分主要为高滩地草甸植被带和低滩地湿、沼生植被带,土壤类型分别为草甸土和草甸沼泽土。湿地植被主要物种有狗牙根(*Cynodactylon*)、茼蒿(*Artemisia selengensis*)、牛鞭草(*Hemarthria altissima*)、芦苇(*Phragmites australis*)、南荻(*Triarrhena lutarioriparia*)、灰化苔草(*Carex cinerascens*)、鼠曲草(*Gnaphalium affine*)、藨草(*Phalaris arundinacea*)和菰(*Zizania latifolia*)等[20]。

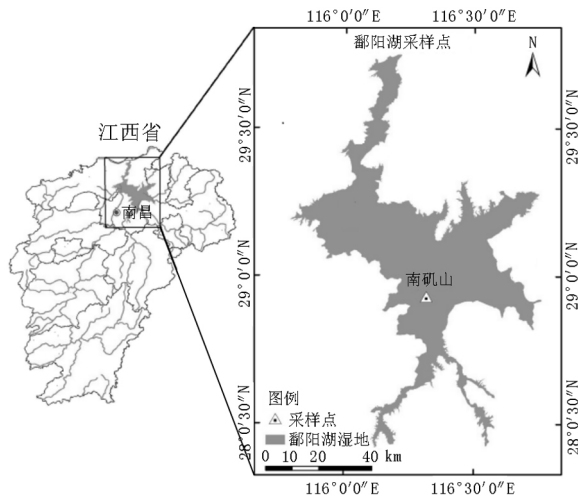


图1 研究区地理位置

1.2 样品采集与分析

于植物生长旺盛期(4月份)在鄱阳湖南矶湿地白沙湖-东湖附近洲滩沿高程布设样地,主要包括狗牙根($>16 \sim 18\text{ m}$)、芦苇($>14 \sim 16\text{ m}$)、南荻($>13 \sim 14\text{ m}$)、灰化苔草($>12 \sim 13\text{ m}$)、藨草($0 \sim 12\text{ m}$)和菰($0 \sim 12\text{ m}$)群落[22],各群落样地重复数为4个。利用 $50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ 样方框在样地中调查群落物种分布情况,并采集样方中的植物地上部分样品。此外,在样地中随机挖掘3个 $25\text{ cm} \times 25\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ 土块,以采集地下根系样品。所有样品编号后带回实验室进行处理。植物地上部分区分物种并分离茎和叶,地下根系从土块中分离出来后洗净、晾干。所有植物样品在 75°C 下烘干48 h后称质量(精确至 0.1 g) ,并进一步计算各植物器官生物量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)。所有烘干的植物的叶、茎和根系样品经粉碎机磨碎,过100目筛后用 EA3000 元素分析仪(意大利欧唯特)测定

其碳含量。

1.3 数据处理与分析

(i) 物种碳储量。根据物种叶、茎和根系生物量乘以相应器官组分的碳含量加权获得,计算公式为

$$C_{\text{物种}} = B_{\text{叶}} C_{\text{叶}} + B_{\text{茎}} C_{\text{茎}} + B_{\text{根}} C_{\text{根}},$$

其中 $C_{\text{物种}}$ 表示物种碳储量, $C_{\text{叶}}$ 、 $C_{\text{茎}}$ 、 $C_{\text{根}}$ 分别表示叶、茎、根系碳含量, $B_{\text{叶}}$ 、 $B_{\text{茎}}$ 、 $B_{\text{根}}$ 分别表示叶、茎、根系生物量。

(ii) 群落植被碳储量。它为群落所有物种碳储量的总和,即 $C_{\text{总}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$, 其中 $C_{\text{总}}$ 表示群落植被碳储量; C_k 表示群落中第 k 个物种碳储量($k = 1, 2, \dots, n$)。

数据统计分析及制图利用 SPSS 20.0 和 Excel 2010 软件进行,不同群落之间的差异采用单因素方差方法进行分析,显著性水平 α 设定为 0.05。

2 结果与分析

2.1 群落植被全碳含量

南矶湿地生长旺盛期(4月份)主要群落物种全碳含量表现为地上部分碳含量大于地下根系碳含量,不同物种之间根茎叶碳含量在统计学意义上存在显著差异($F = 14.089$, $P < 0.05$)。狗牙根叶碳含量为 47.30%,茎碳含量为 44.93%,均明显大于其根碳含量(30.37%);芦苇叶碳含量为 42.17%,茎碳含量为 40.60%,亦大于其根碳含量(33.79%);南荻叶碳含量为 44.13%,茎碳含量为 43.77%,而根碳含量为 33.32%,明显小于其茎、叶碳含量。此外,在这些主要物种中,地上部分碳含量的变化范围为 37.12%~47.30%,狗牙根是地上部分碳含量最高的物种;地下根系碳含量的变化范围是 24.32%~38.33%,茼蒿是地下根系碳含量最高的物种(38.33%),藨草的根碳含量次之(38.15%),鼠曲草的地下根系碳含量最低,仅为 24.32%(见图2)。

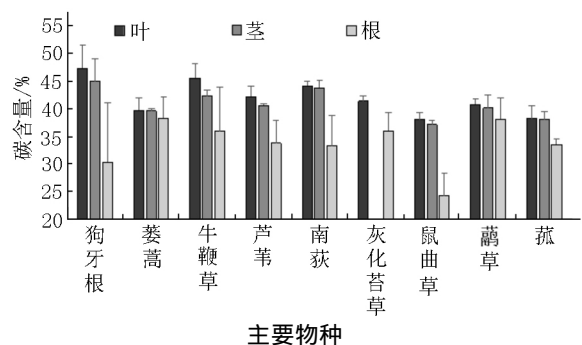


图2 南矶湿地不同物种根茎叶全碳含量分布特征

2.2 群落植被生物量

6种优势群落之间存在着显著的生物量差异 ($F=10.589$, $P<0.01$), 其中以灰化苔草生物量最高, 达到了 $1\,815.21\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. 其他群落生物量大小依次为藨草群落>南荻群落>芦苇群落>狗牙根群落>菰群落(见图3). 灰化苔草群落在6种群落中物种结构最为单一, 狗牙根、芦苇以及藨草群落伴生种较多. 尽管在6种优势群落中物种数量有差异, 但它们都表现出建群种生物量远高于伴生种(见图3).

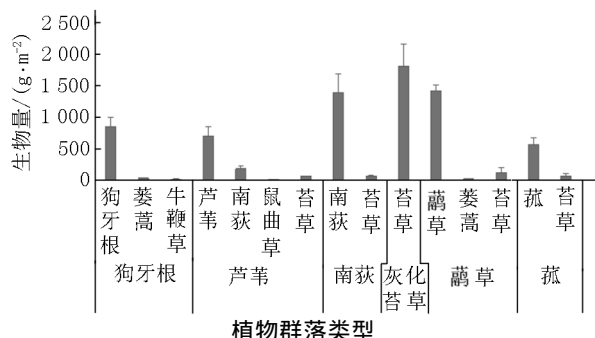


图3 不同群落生物量的种间分布格局

2.3 群落植被碳储量

6种优势植物群落之间的总碳储量差异显著 ($F=15.095$, $P<0.05$). 灰化苔草作为鄱阳湖分布最为广泛的湿生植物群落, 其碳储量最高, 达到了 $581.37\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$. 藨草和南荻属于大型挺水植物, 生物量较大, 碳储量亦处于较高水平, 分别达到了 $542.29\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $417.54\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$. 狗牙根群落碳储量则明显偏低 ($333.66\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$). 芦苇群落和菰群落在4月份时尚未达到生物量的峰值, 碳储量分别为 $300.89\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $229.29\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$. 其中4月份菰群落碳储量小于灰化苔草群落的1/2(见图4).

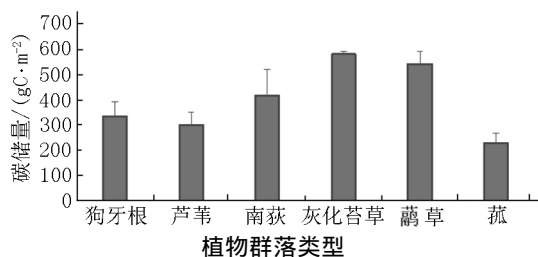


图4 不同群落碳储量分布格局

2.4 碳储量分配

2.4.1 种间分配 狗牙根群落总碳储量中建群种占87.6%, 主要伴生种藨草和牛鞭草碳储量分别为 14.08 和 $27.22\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$. 2者合计仅占群落总碳储量的12.4%. 南荻群落总碳储量为 $417.54\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$, 建群种南荻占93%, 伴生种仅占7%. 灰化苔草是6种群落中唯一的单一物种群落, 占比100%;

藨草占群落总碳储量的83.7%. 2种伴生种碳储量占比分别为13.4%和2.9%. 芦苇群落中各物种碳储量依次为芦苇 ($142.67\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) > 南荻 ($75.2\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) > 苔草 ($70.68\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) > 鼠曲草 ($12.34\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$). 其中最少的鼠曲草仅占群落总碳储量的4.1%. 菰群落的碳储量最低 ($201.47\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$), 占总碳储量的87.9%, 其伴生种的碳储量为 $27.82\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$, 占比12.1%(见图5).

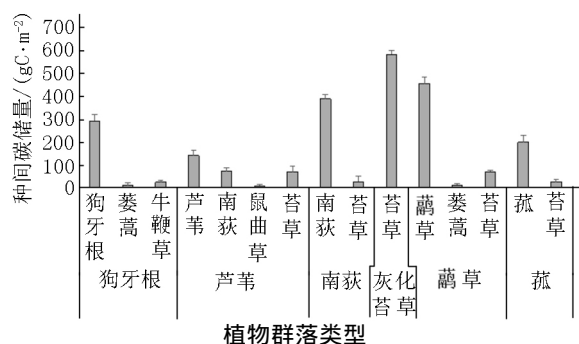


图5 不同植物群落碳储量种间分配格局

2.4.2 碳储量在不同器官间的分配 方差分析表明碳储量在不同植物器官间的分配差异显著 ($F=3.67$, $P<0.05$). 狗牙根根系碳储量较大 ($198.97\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$), 贡献了总碳储量的59.1%; 地上茎为 $93.75\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$; 叶碳储量在不同器官中最低, 仅为 $40.94\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$; 茎和叶合计占群落总碳储量的40.1%(见图6和图7). 南荻群落根、茎和叶碳储量分别为 202.35 、 118.10 和 $97.09\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$, 其中地下根系碳储量占群落总碳储量的48.5%, 地上部分占51.5%. 灰化苔草群落和菰群落地下根系碳储量占总碳储量比例大, 分别达到78.7%和69.1%, 而叶的碳储量比例较低. 芦苇群落的碳储量分配关系是茎 ($140.10\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) > 根 ($95.09\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) > 叶 ($65.70\text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$), 3者所占比例分别为46.6%、31.6%和21.8%. 藨草群落与芦苇群落类似, 茎所占碳储量比例达到了59.8%, 根和叶合计占41.2%(见图6和图7).

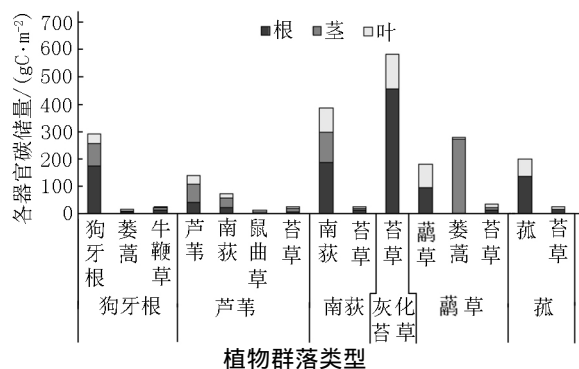


图6 南矶湿地优势植物群落生长季不同器官碳储量特征

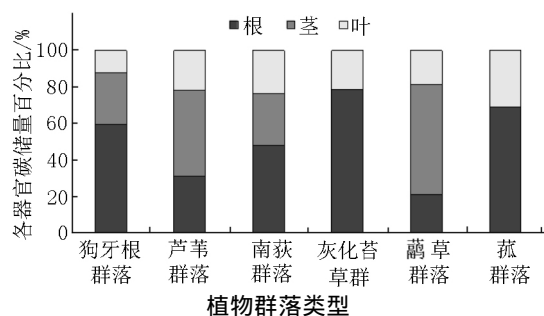


图7 南矶湿地优势植物群落各器官碳储量比例

3 讨论

通过分析发现,本研究中6种植物群落在器官碳储量分配上存有显著差异,如狗牙根群落和灰化苔草群落将更多的碳分配至地下根系。芦苇群落和藴草群落则将更多的碳分配至地上部分的茎和叶。南荻群落和菰群落地上部分和地下根系的碳分配则较为均衡。这种现象主要与鄱阳湖的水文条件密切相关,这反映了植物群落为维持生命活动而做出适应环境的策略,即将资源分配给最需要的器官^[23-24]。Yang Yan等^[25]研究了植物生物量在不同水分、温度条件下的分配机制,发现植物总生物量会受到温度或水分因素的胁迫影响,呈现下降趋势。王九峦等^[26]研究发现植物群落地上和地下生物量比例主要受温度和水分影响,植物对生物量的分配、资源的利用和获取也会随着外部环境的变化而发生改变。这与本文的研究结果相符。

此外,6种湿地植物群落碳储量之间存在显著差异,其中灰化苔草群落、南荻群落和藴草碳储量较大。Liu Yuhong等^[27]揭示了不同种类的湿地植物在不同的生长发育过程中,其生物量和固碳功能会随着环境变化而出现内部差异。在春季4月份时鄱阳湖湿地的水分、温度等因子更适宜灰化苔草群落、南荻和藴草群落的生长需求,使其能够较快地获取生长发育资源,累积生物量,从而碳储量也随之不断增长。对于鄱阳湖湿地植物群落固碳能力而言,在一定程度上受水位的高动态变化影响。周云凯等^[21]研究了鄱阳湖苔草湿地,发现苔草春季平均固碳能力是 $(579.46 \pm 294.19) \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2}$,比秋季平均固碳能力 $((629.65 \pm 155.85) \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2})$ 略低,而在本文中灰化苔草群落碳储量为 $581.37 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2}$,与文献^[21]的研究结果一致,并且其固碳能力明显高于中国陆地和全球植被平均固碳能力(分别为490和 $410 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2}$)^[28-29]。这表明鄱阳湖湿地苔草固碳能力较强,其碳储量不容忽视,应得到重视与保护。

4 结论

1) 南矶湿地6种优势植物群落生长季(4月份)总生物量大小排序为灰化苔草群落>藴草群落>南荻群落>芦苇群落>狗牙根群落>菰群落;灰化苔草在6种群落中生物量、碳储量均最高;

2) 除芦苇和藴草外,其他群落的优势种贡献了群落碳储量的主要部分;

3) 碳储量在不同器官间的分配因群落而异,南荻和菰地上部分和地下根系碳分配较为均衡,芦苇和藴草碳储量则主要分配至地上部分,狗牙根和灰化苔草主要将碳分配至地下根系。

5 参考文献

- [1] Parry M L, Canziani O F, Palutikof J P, et al. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 朴世龙, 方精云, 黄耀. 中国陆地生态系统碳收支 [J]. 中国基础科学, 2010, 12(2): 20-22.
- [3] 孙晓芳, 岳天祥, 范泽孟, 等. 全球植被碳储量的时空格局动态 [J]. 资源科学, 2013, 35(4): 782-791.
- [4] Gorham E. Northern peatlands: role in the carbon-cycle and probable responses to climatic warming [J]. Ecological Applications, 1991, 1(2): 182-195.
- [5] Mitra S, Wassmann R, Vlek P L G. An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock [J]. Current Science, 2005, 88(1): 25-35.
- [6] 刘子刚. 湿地生态系统碳储存和温室气体排放研究 [J]. 地理科学, 2004, 24(5): 634-639.
- [7] Yang Renmin. Interacting effects of plant invasion, climate and soils on soil organic carbon storage in coastal wetlands [J]. Journal of Geophysical Research, 2019, 124(8): 2554-2564.
- [8] 刘亚男, 郝敏, 张希丽, 等. 中国湿地碳储量分布特征及其影响因素 [J]. 应用生态学报, 2019, 30(7): 2481-2489.
- [9] Zhang Tianyu, Chen Huaipu, Cao Haobing, et al. Combined influence of sedimentation and vegetation on the soil carbon stocks of a coastal wetland in the Changjiang estuary [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2017, 35(4): 833-843.
- [10] Dargie G C, Lewis S L, Lawson I T, et al. Age, extent and carbon storage of the central Congo Basin peatland complex [J]. Nature, 2017, 542(7639): 86-90.
- [11] 王伯炜, 牟长城, 王彪. 长白山原始针叶林沼泽湿地生态系统碳储量 [J]. 生态学报, 2019, 39(9): 3344-3354.

- [12] 夏敏,王行,刘振亚,等.四川若尔盖高原3种湿地生态系统的碳储量及碳汇价值[J].福建农林大学学报:自然科学版,2020,49(3):392-398.
- [13] 许振,左平,王俊杰,等.6个时期盐城滨海湿地植物碳储量变化[J].湿地科学,2014,12(6):709-713.
- [14] Doughty C L, Langley J A, Walker W S, et al. Mangrove range expansion rapidly increases coastal wetland carbon storage[J]. Estuaries and Coasts, 2016, 39(2):385-396.
- [15] 于泉洲,张祖陆,吕建树,等.1987—2008年南四湖湿地植被碳储量时空变化特征[J].生态环境学报,2012,21(9):1527-1532.
- [16] 王建步,张杰,马毅,等.基于GF-1 WFV的黄河口湿地植被碳储量估算研究[J].海洋科学进展,2019,37(1):75-83.
- [17] 刘信中,叶居正.江西湿地[M].北京:中国林业出版社,2000.
- [18] 谭志强,张奇,李云良,等.鄱阳湖湿地典型植物群落沿高程分布特征[J].湿地科学,2016,14(4):506-515.
- [19] 胡启武,幸瑞新,朱丽丽,等.鄱阳湖苔草湿地非淹水期CO₂释放特征[J].应用生态学报,2011,22(6):1431-1436.
- [20] 吴琴,尧波,朱丽丽,等.鄱阳湖典型苔草湿地生物量季节变化及固碳功能评价[J].长江流域资源与环境,2012,21(2):215-219.
- [21] 周云凯,白秀玲,宁立新.鄱阳湖湿地灰化苔草固碳能力及固碳量研究[J].生态环境学报,2017,26(12):2030-2035.
- [22] 张全军,于秀波,胡斌华.鄱阳湖南矶湿地植物群落分布特征研究[J].资源科学,2013,35(1):42-49.
- [23] McCarthy M C, Enquist B J. Consistency between an allometric approach and optimal partitioning theory in global patterns of plant biomass allocation[J]. Functional Ecology, 2007, 21(4):713-720.
- [24] Johnson N C, Rowland D L, Corkidi L, et al. Plant winners and losers during grassland N-eutrophication differ in biomass allocation and mycorrhizas[J]. Ecology, 2008, 89(10):2868-2878.
- [25] Yang Yan, Wang Genxu, Yang Liudong, et al. Effects of drought and warming on biomass, nutrient allocation and oxidative stress in *Abies fabri* in Eastern Tibetan Plateau[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2013, 32(2):298-306.
- [26] 王九恋,马玉寿,陈立同.青藏高原3种优势植物生物量分配的变化规律[J].广西植物,2017,37(6):768-775.
- [27] Liu Yuhong, Wang Lixin, Liu Huamin, et al. Comparison of carbon sequestration ability and effect of elevation in fenced wetland plant communities of the Xilin River floodplains: a model case study[J]. River Research and Applications, 2015, 31(7):858-866.
- [28] 李银鹏,季劲钧.全球陆地生态系统与大气之间碳交换的模拟研究[J].地理学报,2001,56(4):379-389.
- [29] 何浩,潘耀忠,朱文泉,等.中国陆地生态系统服务价值测量[J].应用生态学报,2005,16(6):1122-1127.

The Characteristics of Carbon Storage in Six Dominant Plant Communities in Nanji Wetland, Poyang Lake

WANG Qin, HU Jia, FENG Zhe, ZHANG Qianqian, WU Qin, HU Qiwu*

(College of Geography and Environment, Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research of Ministry of Education, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China)

Abstract: During the peak growing period of April, the above-ground plant parts and belowground roots are sampled in six dominant communities in Poyang Lake Nanji Wetland National Nature Reserve. Subsequently, the different species of the six communities, as well as root, stem and leaf components of each species are separated. The biomass and carbon content are measured, and then the distribution patterns of carbon storage of the plant communities are discussed. The results show that the carbon content of above ground parts varies from 37.12% to 47.30%, and the range is from 24.32% to 38.33% for the belowground roots. The Maximum of total carbon storage is *Carex cinerascens*, while the minimum is *Zizania latifolia* (Griseb.). The distribution of carbon storage in each organ differ among the six dominant plant communities. For *Cynodon dactylon* (Linn.) Pers and *Carex cinerascens*, more carbon are allocated to belowground roots. However for *Phragmites australis* and *Phalaris arundinacea*, more carbon are allocated to aboveground plant parts. Whereas the distribution of carbon in *Triarrhena lutarioriparia* and *Zizania latifolia* (Griseb.) are relatively uniform. In addition, the dominated plant species mainly contribute the carbon storage in various communities.

Key words: Poyang Lake; wetland; plant community; carbon storage

(责任编辑:曾剑锋)