

青藏高原东缘湿地生态系统生物量差异

吕铭志^{1,2} 周泽江³ 盛连喜^{1,2*} 张立^{4*}

(1. 东北师范大学, 吉林 长春 130024;

2. 国家环境保护湿地生态系统与植被恢复重点实验室, 吉林 长春 130024;

3. 四川大学水资源学院, 四川 成都 610010;

4. Everglades Wetland Research Park, Florida Gulf Coast University, Naples FL 34112, USA)

摘要: 青藏高原东缘拥有大量的湿地,是我国重要河流的发源地。这一地区湿地的变化会影响我国内陆地区的生态环境。研究地点选取青藏高原东缘的3处典型湿地:若尔盖高原湿地,九寨沟湿地及虹口自然保护区湿地。本文通过对这一地区生物量变化的观测,研究结果发现通过比较,在地上生物量方面进行对比可以发现甘海子和其他3组都与有相关性,且相关性明显($P < 0.01$)。而其他3组相互之间具有显著差异。在地下生物量方面若尔盖地区的数据和其他3个地区具有显著相关性($P < 0.05$)。高海拔地区的生物量要比低海拔地区的生物量要高。甘海子和九寨沟的距离极为接近,但甘海子的地上生物量却是九寨沟湿地的2倍($F = 9.05, P < 0.01$)。而甘海子和九寨沟的地下生物量没有显著性差异。在固碳效果方面甘海子湿地 > 若尔盖湿地 > 九寨沟湿地 > 虹口保护区。湿地类型是影响生物量变化的主要因素,其次是人类活动。

关键词: 生物量; 土壤条件; 人为干扰

中图分类号: S718.55

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2013)06-0022-05

Differences in the Biomass of Ecological System of Wetlands in the Eastern Margin of the Qinghai-Tibet Plateau

LÜ Ming-zhi^{1,2} ZHOU Ze-jiang³ SHENG Lian-xi^{1,2*} ZHANG Li^{4*}

(1. Northeast China Normal University, Changchun 130024, China;

2. National Key Laboratory for Protection of Wetland Ecosystem and Vegetation Restoration, Changchun 130024, China;

3. Sichuan University, Chengdu 610010, China;

4. Everglades Wetland Research Park, Florida Gulf Coast University, Naples FL 34112, USA)

Abstract: The eastern margin of the Qinghai-Tibetan Plateau boasts plenty of wetlands, and also is the source area of major rivers in China. And therefore the changes of the wetlands in this region will largely influence the inland ecological environment. The study sites were selected in the eastern Tibetan Plateau and they were: Rouergai wetland, Jiuzhaigou Nature Reserve wetland and Hongkou Nature Reserve wetland. Investigations were made on the aboveground biomass of wetland plant communities in the study sites and the results indicated that there was a significant correlation ($p < 0.01$) between the study sites; and the underground biomass in Rouergai wetland had a significant correlation ($p < 0.05$) among other sites. The biomass at higher altitudes was larger than that at lower altitudes. There was a significant higher above-ground biomass ($F = 9.05, P < 0.01$) in Ganhaizi wetland than that in Jiuzhaigou wetland, and their distance was close; while there was no significant correlation in underground biomass among three sites. In terms of carbon sequestration, the order was Ganhaizi Wetland > Rouergai Wetland > Jiuzhaigou

收稿日期: 2013-09-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071203)资助。

作者简介: 吕铭志,男,博士生,研究方向: 湿地生态系统。

通讯作者: 盛连喜,教授。E-mail: shenglx@nenu.edu.cn 及张立 lzhang@fgcu.edu

Wetland > Hongkou wetland. The main factor impacting the biomass change should be the types of wetlands and then followed by human activities.

Key words: Biomass, Soil conditions, Human disturbance

引言

湿地是位于陆生生态系统和水生生态系统之间的过渡性地带,湿地具有很多的生态功能,其中一项就是参与自然环境过程中的碳循环过程。与其它陆地生态系统相比,湿地的生物生产量较高,净初级生产量(NPP)平均约为 $1\ 000\ \text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,最高可达 $2\ 000\ \text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上,仅次于热带雨林^[1]。

青藏高原是世界上平均海拔最高的高原,高原上湿地面积约 $13\ \text{万}\ \text{km}^2$,是东亚和东南亚地区很多条河流的发源地^[2]。因此青藏高原在全球变化研究中常被作为先兆区或预警区。青藏高原湿地类型多样而独特,以沼泽湿地、湖泊湿地和河流湿地为主。高原湿地的独特性,形成了与同纬度地区不一样的独特的气候特征,并影响着周边的区域。高原湿地独特的特性,塑造了独特的生境特征。植物的生长过程也和其他地区有明显的差异性。有研究发现青藏高原的湖泊湿地在固碳速率方面要大于东北地区的湖泊湿地固碳速率^[3]。同时还有研究发现,青藏高原地区的湿地以沼泽湿地、湖泊湿地、河流湿地为主。在沼泽湿地中沼泽湿地的类型较为丰富,所占比重较大。其中草丛湿地总面积达 $4.8 \times 10^4\ \text{km}^2$,划分为长江源、黄河源和若尔盖高原三大草丛湿地区^[4]。有研究发现,中国1951年~2001年年平均地面气温升高 1.1°C ,增温速率为 $0.22^\circ\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$,比全球或半球同期平均增温速率明显大^[5],青藏高原地区增温最明显,近40年来西藏高原年平均气温以 $0.26^\circ\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 的增长率上升,明显高于全国和全球气温的增长率^[6]。

湿地生态过程初级生产力的研究,是指通过以湿地生物过程、化学过程和物理过程为主线,探明其形成机制,以更好地认知湿地生态系统的功能。现在主要借鉴农田、森林、草地生态系统的研究的较为成熟的方法。但由于湿地生态系统的水陆过渡的季节变化的独特性,现在在一些问题还存在一些争议^[7]。而现在估算湿地植物生产力的方法主要包括:植被的连续收割、根据植物密度、高度估算、根据光合作用速度估算这些方法。

湿地生态系统生物量是由植物地上生物量和地下生物量共同组成。通常意义上我们将植物某一时间单位面积或体积栖息地内所含一个或一个以上生物种,或所含一个生物群落中所有生物种的总个数或总干重定义为生物量。通过生物量的定期测算我们可以测算这一地区植物生产力的变化情况,进而可以估算这一地区的净初级生产量(NPP)的变化情况。NPP是净初级生产力本质上反映的是植物对自然环境资源的利用能力,是生物地球化学碳循环的关键环节。在一些时候可以近似将NPP等同于植物的生物量。生态学中的生态系统净生产力(NEP)或者净生物群系生产力(NBP)是与气象学的焐度相关技术直接测定的净生态系统碳交换通量(NEE)或者净生物群系碳交换量(NBE)相对应的。生态系统固碳速率(CSR)则主要是指生态系统净固碳速率(CSR_N),即单位时间内单位土地面积上的植被和土壤从大气中吸收并被储存的碳或 CO_2 的物质质量^[8]。在理想状态下可以认为NPP可以近似等于植物吸收 CO_2 的物质质量。

植物的光合作用是植物利用光能将二氧化碳、水或是硫化氢转化为碳水化合物的过程。光合作用可分为产氧光合作用(oxygenic photosynthesis)和不产氧光合作用(anoxigenic photosynthesis)。无论是哪一种光合作用过程都可以产生氧气并且固定数量一定的 CO_2 。通过已有的研究可以发现影响光合作用的因素是光合速率,而光合速率受到很多因素的影响,其中之一便是植物生长速率。所以NPP从一定程度上面可以影响植物通过光合作用固定的二氧化碳量的多少。

青藏高原平均海拔 $4\ 000\ \text{m}$ 以上,日照时数比同纬度地区多一倍左右。但由于青藏高原的高海拔却在极大程度上限制了植物种群的分布。

1 研究地点和方法

1.1 研究地点

研究地点选取在青藏高原东缘的3处典型湿地:若尔盖高原湿地,九寨沟湿地及虹口自然保护区

湿地(图1及表1)。a) 若尔盖湿地: 是国际重点湿地, 其地理坐标为北纬 $33^{\circ}25' \sim 24^{\circ}80'$, 东经 $102^{\circ}29' \sim 102^{\circ}59'$ 之间, 平均海拔为 $3\ 400\text{ m} \sim 3\ 600\text{ m}$ 。若尔盖湿地是我国三大湿地之一。总面积 $16\ 670.6\text{ hm}^2$, 素有“黄河蓄水池”之称。若尔盖湿地是世界濒危野生动物黑颈鹤、白尾海雕等的主要栖息地, 是全球生物多样性保护最关键的地区之一, 也是全球气候影响的敏感区。主要植物群落为乌拉苔草 (*Carex meyeriana*), 木里苔草 (*Carex muliensis*), 花葶驴蹄草 (*Caltha scaposa*), 无脉苔草 (*Carex ennervis*)。b) 九寨沟湿地: 是世界遗产, 其地理坐标在东经 $103^{\circ}46'14'' \sim 104^{\circ}3'4''$, 北纬 $32^{\circ}54'13'' \sim 33^{\circ}16'13''$ 之间。它的海拔梯度为 $1\ 996\text{ m} \sim 4\ 780\text{ m}$, 垂直高差 $2\ 771\text{ m}$ 。土壤垂直带结构完整。各带的代表性土壤类型依次为: 山地褐色土、黄土、山地棕土、山地暗棕壤土、亚高山草甸土、高山草甸土、高山寒漠土及流石滩等。湿地类型多样, 有河流湿地、湖泊湿地, 高山湿地、灌丛湿地等类型。这两处研究地点均在青藏高原的东缘上, 同样都是著名的旅游地点, 但由于地形差异这两处地点的湿地类型、水文条件、植被

分布都有很大的差异。c) 龙溪-虹口自然保护区湿地, 其地理位置是东经 $103^{\circ}32' \sim 103^{\circ}43'$, 北纬 $31^{\circ}04' \sim 31^{\circ}22'$, 海拔梯度为 $1\ 500\text{ m} \sim 4\ 582\text{ m}$, 地处岷江上游西岸, 属岷江上游水源防护带, 总面积为 3.1 万 hm^2 。土壤垂直带分布显著: 为山地黄壤 ($1\ 300\text{ m} \sim 1\ 900\text{ m}$) - 山地棕壤 ($2\ 000\text{ m} \sim 2\ 400\text{ m}$) - 山地灰棕壤和山地灰化土 ($2\ 300\text{ m} \sim 3\ 600\text{ m}$) - 高山灌丛草甸土 ($3\ 600\text{ m} \sim 4\ 500\text{ m}$)。

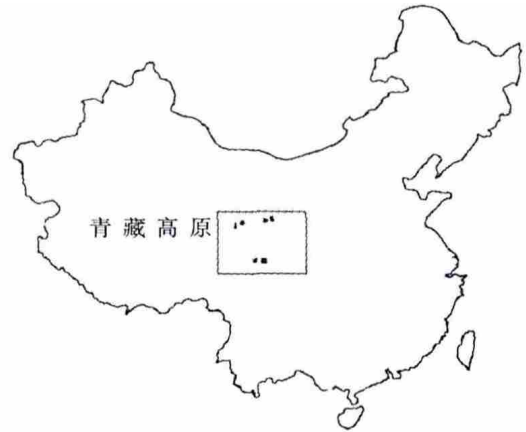


图1 研究地点: 青藏高原东缘的若尔盖高原湿地(I), 九寨沟湿地(II)及虹口自然保护区湿地(III)

表1 研究地点自然条件

研究地点	气候特点	湿地类型	主要植被
若尔盖高原湿地	年平均气温为 $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$; 年平均相对湿度为 58% ; 年降水量为 647.6 mm ; 年日照时数为 $2\ 657.0\text{ h}$	泥炭沼泽 沼泽化草甸	芦苇-甜茅群落 (<i>Phragmites australis</i>) 肥壮苔草群落 (<i>Carex secbirostris</i>) 毛果苔草-睡菜群落 (<i>arex lasiocarpa</i> - <i>Menyanthes trifoliata</i>) 毛苔草-狸藻群落 (<i>Carex lasiocarpa</i> - <i>Utricularia vulgaris</i>) 木里苔草 (<i>Carex muliensis</i>) - 狸藻群落 (<i>Utricularia vulgaris</i>) 木里苔草-一条叶垂头菊 (<i>Cremanthodium liheare</i>) 群落 华吞拉苔草-一眼子菜 (<i>Potamogeton distinctus</i>) 群落 龙须眼子菜 (<i>Potamogeton pectinatus</i>) 群落和藏嵩草 (<i>Kobresia tibetica</i>) - 驴蹄草
九寨沟保护区	年平均气温为 $7.3\text{ }^{\circ}\text{C}$; 年降水量为 $700\text{ mm} \sim 800\text{ mm}$; 年日照时数为 $1\ 800.0\text{ h}$	湖泊湿地 潜育沼泽	芦苇、香蒲、蘆草、李氏禾 (<i>Leersia hexandra</i> Swartz)、簇生真杆藻类 如长篨藻 (<i>Ceratophyllum demersum</i>)
龙溪-虹口自然保护区湿地	平均气温在 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右年降水量为 $1\ 600\text{ cm} \sim 1\ 900\text{ cm}$, 平均湿度在 80% 以上; 平均日照总数小于 900 h	季节湿地, 沼泽 草甸	芦苇、香蒲、鱼腥草 (<i>Houttuyniae cordata</i>) 等

1.2 研究方法

本研究通过 2011 年至 2012 年 8 月~9 月份植物生长最茂盛时间, 在野外试验场地建立 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的样方。收集所有地面上所生长的植物, 进行称重, 然后取其中一部分作为子样品。对子样品进行称重, 并包好带回实验室进行试验。然后利用泥炭取样器 (取样器内径 6.5 cm)。在样方范围内取 15 cm 深土壤样本 3 个, 分别装好并称重。

在实验室内将土壤样品进行清洗, 挑选植物活

体根滤干水分然后进行称重。将挑选出来的植物根系和植物样本分别放入烘箱, $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温将样品水分烘干后称重。

1.3 数据处理

研究采用单因素方差分析的方法进行数据处理, 利用 SPSS21 做为数据处理软件。在分析中便于数据的处理将数据按照采样的海拔高度进行了排序, 龙溪-虹口 (Hk)、九寨沟 (Jz)、甘海子 (Ghz)、若尔盖 (Rou)。

2 结果与讨论

2.1 生物量变化动态

本研究通过在 2011 年和 2012 年两年的时间对青藏高原东缘 3 个实验点进行野外实验,采集植物样本进行生物量测量(表 2)。从总体上看所有地点的地上生物量数据($n = 22, F = 9.05, P < 0.001$)和地下生物量数据($n = 22, F = 6.058, P < 0.005$)都具有这一地区的代表性。

表 2 生物量随海拔分布统计表

取样地点	植物生物量($g \cdot m^{-2}$)		海拔高度(m)
	地上生物量	地下生物量	
Hk1	294.34	962.22	812
Hk2	482.47	460.81	
Hk3	266.89	466.90	
Jz1	327.45	2467.34	2186 - 3064
Jz2	934.47	2853.90	
Jz3	441.25	1108.34	
Jz4	527.05	1627.78	
Jz5	501.75	2500.56	
Jz6	1015.45	1002.64	
Jz7	273.73	N/A	
Ghz1	3332.8	N/A	2655
Ghz2	3335	3394.48	
Ghz3	1177.11	N/A	
Ghz4	2995.53	N/A	
Ghz5	1026.16	N/A	
Ghz6	1507.57	736.88	
Ghz7	1098.75	2841.82	
Ruo1	883.06	11315.22	3437
Ruo2	600.76	6280.82	
Ruo3	476.29	N/A	
Ruo4	801.08	19124.63	
Ruo5	685.37	4252.85	
Ruo6	395.86	8733.06	

通过比较,在地上生物量方面进行对比可以发现甘海子(Ghz)和其他 3 组都与有相关性,且相关性明显($P < 0.01$)。而其他 3 组相互之间具有显著差异性。在地下生物量方面若尔盖地区(Ruo)的数据和其他 3 个地区具有显著相关性($P < 0.05$)。

通过对比可以发现,高海拔地区的生物量要比低海拔地区的生物量要高。具体表现为高海拔地区的若尔盖(Ruo)湿地与低海拔地区虹口(Hk)湿地生物量具有相关性($P = 0.529$),在数量对比上约为两倍。甘海子(Ghz)和九寨沟(Jz)的距离极为接近,但地上生物量甘海子的却是九寨沟湿地的两倍($F = 9.05, P < 0.01$)。甘海子(Ghz)和九寨沟(Jz)的地下生物量没有显著性差异,具体因素可能与人为活动有关。甘海子湿地中主要植物群落为蘆草和

香蒲,通过表 2 可以发现蘆草的生物量要大于香蒲的生物量。这可能和蘆草生物活性比香蒲要高有关。特别对比若尔盖湿地和九寨沟蘆草和芦苇群落(图 2)发现若尔盖湿地蘆草生物量约为九寨沟湿地的两倍,而芦苇生物量数量没有显著性差异,具体因素可能与湿地土壤与湿地类型有关。

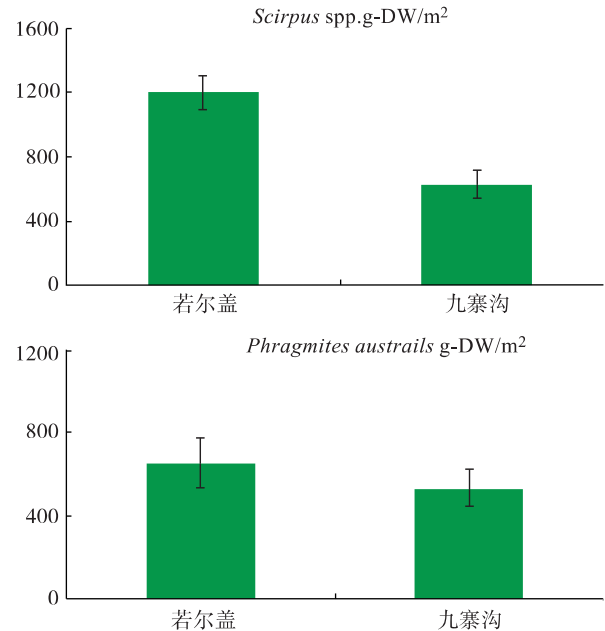


图 2 若尔盖湿地和九寨沟蘆草和芦苇群落地上生物量

2.2 土壤条件与生物量变化的特征

湿地中的土壤为植物体提供了生长的位置和营养物质。有研究还指出湿地土壤是重要的碳库^[9]。通过大量的研究可以发现,不同的土壤类型会对植物的类型产生影响,进而决定湿地的类型。在野外试验过程中发现,在若尔盖湿地和甘海子湿地的土壤条件较好,都是较为单一的泥炭土和尚未分解的根系以及现有的植物根系。而在虹口保护区发现该地区的土壤有一定的人为干扰,土壤中的水分被周围农田占用较多。在九寨沟保护区发现,本区的土壤条件受人为干扰较大。主要表现在湿地周边有较厚的混凝土层,周边的土壤大量被硬化,并且修建了一定的排水渠。

不同的土壤条件会对氮磷的多少产生影响,有研究发现,外源氮输入能提高沼泽湿地典型草甸植被小叶章(*Calamagrostis angustifolia*)的株高、叶面积及植株数,并显著增加碳累积量^[10]。本研究中九寨沟的人为干扰最大,其次为虹口保护区。这两处湿地由于土壤条件变化较大,所以氮磷的储存较少,这两处湿地的生物量较少。土壤条件的差异是甘海子湿地和九寨沟湿地这两处湿地生物量有明显不同

的主要因素。

2.3 生物量与固碳之间的变化关系

通常可以利用生物量来计算这一地区湿地的固碳效果^[11],这种方法就是通过估算植物生物量然后结合光合作用公式进行计算。在计算植物体干物质质量时,需要通过公式(1)来进行。

$$W_c = NPP \times A \text{ (公式 1)}$$

式中, W_c 为湿地植物地上干物质质量(g),NPP为湿地植物单位面积地上生物量($g \cdot m^{-2}$),A为区域面积(m^2)。根据二氧化碳的分子式和原子量,可转换为碳吸收量^[12,13]。通过公式1可以发现在免疫一定的情况下,植物的地上生物量会对干物质质量产生决定影响。所以在本研究中初步可以得出在固碳效果方面甘海子湿地>若尔盖湿地>九寨沟湿地>虹口保护区。

周旺明等人发现在三江平原沼泽湿地生长季不同植被群落生物量与排放累积量呈现强的线性相关,本研究的结果与其有着很大的相似性^[14]。同时,人为活动对于湿地在湿地碳循环过程中会有影响^[15,16],这一点与本研究中在野外试验中所遇见的问题是一样。

3 研究结论

青藏高原东缘的湿地在生态功能方面发挥着重要的作用,但是这一地区近年来受到人为干扰较大。通过本研究初步可以得出结论如下:

(1) 青藏高原东缘的3处典型湿地:若尔盖高原湿地,九寨沟湿地及虹口自然保护区湿地植物生物量之间具有显著差异性;

(2) 高海拔地区的生物量要比低海拔地区的生物量要高;

(3) 在固碳效果方面甘海子湿地>若尔盖湿地>九寨沟湿地>虹口保护区;

(4) 人为活动对于湿地在湿地碳循环过程中会

有影响。

参考文献:

- [1] 白军红,欧阳华,徐惠风,等.青藏高原湿地研究进展[J].地理科学进展,2004,(4):1~9.
- [2] J Marc Foggin. 促进三江源地区生物多样性保护和社区发展——生物多样性保护计划研讨会会议记录及会中达成的优先项目行动纲要[M].2005.
- [3] 段晓男,王效科,遯非,等.中国湿地生态系统固碳现状和潜力[J].生态学报,2008,28(2):465~9.
- [4] 白军红,欧阳华,徐惠风,等.青藏高原湿地研究进展[J].地理科学进展,2004,(4):1~9.
- [5] 任国玉,郭军,徐铭志,等.近50年中国地面气候变化基本特征[J].气象学报,2005,63(6):942~56.
- [6] 杜军.西藏高原近40年的气温变化[J].地理学报,2001,(6):682~90.
- [7] 何池全,赵魁义,余国营,等.湿地生态过程研究进展[J].地球科学进展,2000,15(2):7.
- [8] 于贵瑞,王秋凤,刘迎春,等.区域尺度陆地生态系统固碳速率和增汇潜力概念框架及其定量认证科学基础[J].地理科学进展,2011,30(7):17.
- [9] 胡启武,吴琴,刘影,等.湿地碳循环研究综述[J].生态环境学报,2009,(6):2381~6.
- [10] 刘德燕,宋长春,黄靖宇.沼泽湿地植物光合特性及固“碳”潜势对外源氮输入响应[J].环境科学学报,2008,(2):305~12.
- [11] 宋洪涛,崔丽娟,栾军伟,等.湿地固碳功能与潜力[J].世界林业研究,2011,24(6):6~12.
- [12] 梅雪英,张修峰.长江口湿地海三棱藨草(*Scirpus mariqueter*)的储碳、固碳功能研究——以崇明东滩为例[J].农业环境科学学报,2007,(1):360~3.
- [13] 刘晓辉,吕宪国.三江平原湿地生态系统固碳功能及其价值评估[J].湿地科学,2008,(2):212~7.
- [14] 周旺明,王金达,刘景双.自然沼泽湿地生物量与 CH_4 、 N_2O 排放量关系初步研究[J].中国科学院研究生院学报,2006,(6):736~43.
- [15] ZHAO H, TONG D Q, LIN Q, et al. Effect of fires on soil organic carbon pool and mineralization in a Northeastern China wetland[J]. Geoderma, 2012, 189 - 190(0): 532~9.
- [16] 吕铭志,盛连喜,张立.中国典型湿地生态系统碳汇功能比较[J].湿地科学,2013,(11):110~120.