

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 13 期 Vol.33 No.13 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 13 期 2013 年 7 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 强度干扰后退化森林生态系统中保留木的生态效应研究综述..... 缪宁,刘世荣,史作民,等 (3889)
- AM 真菌对重金属污染土壤生物修复的应用与机理..... 罗巧玉,王晓娟,林双双,等 (3898)

个体与基础生态

- 东灵山不同林型五角枫叶性状异速生长关系随发育阶段的变化..... 姚婧,李颖,魏丽萍,等 (3907)
- 不同温度下 CO₂ 浓度增高对坛紫菜生长和叶绿素荧光特性的影响..... 刘露,丁柳丽,陈伟洲,等 (3916)
- 基于 LULUCF 温室气体清单编制的浙江省杉木林生物量换算因子..... 朱汤军,沈楚楚,季碧勇,等 (3925)
- 土壤逐渐干旱对菖蒲生长及光合荧光特性的影响..... 王文林,万寅婧,刘波,等 (3933)
- 一株柠条内生解磷菌的分离鉴定及实时荧光定量 PCR 检测..... 张丽珍,冯利利,蒙秋霞,等 (3941)
- 一个年龄序列巨桉人工林植物和土壤生物多样性..... 张丹桔,张健,杨万勤,等 (3947)
- 不同饵料和饥饿对魁蚶幼虫生长和存活的影响..... 王庆志,张明,付成东,等 (3963)
- 禽畜养殖粪便中多重抗生素抗性细菌研究..... 祁诗月,任四伟,李雪玲,等 (3970)
- 链状亚历山大藻赤潮衰亡的生理调控..... 马金华,孟希,张淑,等 (3978)
- 基于环境流体动力学模型的浅水草藻型湖泊水质数值模拟..... 李兴,史洪森,张树礼,等 (3987)

种群、群落和生态系统

- 干旱半干旱地区围栏封育对甘草群落特征及其分布格局的影响..... 李学斌,陈林,李国旗,等 (3995)
- 宁夏六盘山三种针叶林初级净生产力年际变化及其气象因子响应..... 王云霓,熊伟,王彦辉,等 (4002)
- 半干旱黄土区成熟柠条林地土壤水分利用及平衡特征..... 莫保儒,蔡国军,杨磊,等 (4011)
- 模拟酸沉降对鼎湖山季风常绿阔叶林地表径流水化学特征的影响..... 丘清燕,陈小梅,梁国华,等 (4021)
- 基于改进 PSO 的洞庭湖水源涵养林空间优化模型..... 李建军,张会儒,刘帅,等 (4031)
- 外来植物火炬树水浸液对土壤微生物生态系统的化感作用..... 侯玉平,柳林,王信,等 (4041)
- 崇明东滩抛荒鱼塘的自然演替过程对水鸟群落的影响..... 杨晓婷,牛俊英,罗祖奎,等 (4050)
- 三峡水库蓄水初期鱼体汞含量及其水生食物链累积特征..... 余杨,王雨春,周怀东,等 (4059)
- 元江鲤种群遗传多样性..... 岳兴建,邹远超,王永明,等 (4068)

景观、区域和全球生态

- 中国西北干旱区气温时空变化特征..... 黄蕊,徐利岗,刘俊民 (4078)
- 集水区尺度下东北东部森林土壤呼吸的模拟..... 郭丽娟,国庆喜 (4090)
- 增氮对青藏高原东缘高寒草甸土壤甲烷吸收的早期影响..... 张裴雷,方华军,程淑兰,等 (4101)
- 基于生态系统服务的广西水生态足迹分析..... 张义,张合平 (4111)
- 深圳市景观生态安全格局源地综合识别..... 吴健生,张理卿,彭建,等 (4125)

庐山风景区碳源、碳汇的测度及均衡..... 周年兴,黄震方,梁艳艳 (4134)

气候变化对内蒙古中部草原优势牧草生长季的影响 李夏子,韩国栋,郭春燕 (4146)

民勤荒漠区典型草本植物马蔺的物候特征及其对气候变化的响应..... 韩福贵,徐先英,王理德,等 (4156)

血水草生物量及碳贮量分布格局..... 田大伦,闫文德,梁小翠,等 (4165)

5 种温带森林生态系统细根的时间动态及其影响因子 李向飞,王传宽,全先奎 (4172)

资源与产业生态

干旱胁迫下 AM 真菌对矿区土壤改良与玉米生长的影响..... 李少朋,毕银丽,陈咄圳,等 (4181)

城乡与社会生态

上海环城林带保健功能评价及其机制..... 张凯旋,张建华 (4189)

研究简报

北京山区侧柏林林内降雨的时滞效应 史 宇,余新晓,张佳音 (4199)

采伐剩余物管理措施对二代杉木人工林土壤全碳、全氮含量的长期效应
..... 胡振宏,何宗明,范少辉,等 (4205)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 326 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 35 * 2013-07



封面图说: 岳阳附近的水源涵养林及水系鸟瞰——水源涵养林对于调节径流,减缓水、旱灾害,合理开发利用水资源具有重要的生态意义。洞庭湖为我国第二大淡水湖,南纳湘、资、沅、澧四水,北由岳阳城陵矶注入长江,是长江上最重要的水量调节湖泊。因此,湖周的水源涵养林建设对于恢复洞庭湖调节长江中游地区洪水的功能,加强湖区生物多样性的保护是最为重要的举措之一。对现有防护林采取人为干扰的调控措施,改善林分空间结构,将有利于促进森林生态系统的正向演替,为最大程度恢复洞庭湖水源林生态功能和健康经营提供重要支撑。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201212121792

田大伦, 闫文德, 梁小翠, 刘铭. 血水草生物量及碳贮量分布格局. 生态学报, 2013, 33(13): 4165-4171.

Tian D L, Yan W D, Liang X C, Liu M. Biomass and distribution pattern of carbon storage in *Eomecon chionantha* Hance. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(13): 4165-4171.

血水草生物量及碳贮量分布格局

田大伦^{1,2,3,*}, 闫文德^{1,2,3}, 梁小翠^{1,2,3}, 刘 铭⁴

(1. 中南林业科技大学, 长沙 410004; 2. 南方林业生态应用技术国家工程实验室, 长沙 410004;
3. 国家野外科学观测研究站, 会同 418307; 4. 湖南师范大学, 长沙 410081)

摘要: 采用样方收获法, 利用实测数据, 研究了湖南桃江血水草的生物量、碳含量、碳贮量及其分配特征。结果表明, 血水草生物量为 1744.70 kg/hm², 其中以地下根系生物量最高, 为 1278.63 kg/hm², 占血水草生物量的 73.9%, 且地下根系部分生物量与地上叶、茎部分生物量比值为 2.74。血水草各器官平均碳含量为 450.54 g/kg, 从高到低排序为叶>茎>根。土壤层有机碳含量为 6.63—38.50 g/kg, 各层次碳含量分布不均, 表层(0—15cm)土壤碳含量较高, 并随土壤深度的增加而逐渐下降。生态系统碳贮量为 101.19 t/hm², 碳库的分布格局为土壤层>植被层>枯落物层。植被层的碳贮量为 0.79 t/hm², 占整个生态系统总碳贮量的 0.78%; 在植被层中, 地下根系碳贮量为 0.57 t/hm², 占植被层总碳贮量的 72.2%, 是植被层的主要碳库。枯落物层碳贮量较少, 为 0.22 t/hm², 仅占整个生态系统的 0.22%, 它是维系植物体地上碳库与土壤碳库形成循环的主要通道。血水草生态系统中的碳贮量绝大部分集中在土壤中, 土壤层碳贮量可观, 为 100.18 t/hm², 占系统总碳贮量的 99.0%, 是血水草生态系统中的主要碳库。研究结果, 可为深入研究亚热带地区草本植物的生态功能提供参考。

关键词: 生物量; 碳含量; 碳贮量; 血水草; 湖南桃江

Biomass and distribution pattern of carbon storage in *Eomecon chionantha* Hance

TIAN Dalun^{1,2,3,*}, YAN Wende^{1,2,3}, LIANG Xiaocui^{1,2,3}, LIU Ming⁴

1 Central South University of Forestry & Technology, Changsha 410004, China

2 National Engineering Laboratory for Applied Technology of Forestry & Ecology in South China, Changsha 410004, China

3 National Field Station for Scientific Observation and Experiment, Huìtong 418307, China

4 Hunan Normal University, Changsha 410081, China

Abstract: Through sample plot harvesting and measured data, biomass, content, storage and spatial distribution of carbon in medicinal plants *Eomecon chionantha* Hance were investigated in Taojiang, Hunan province. Results showed the biomass of *Eomecon chionantha* Hance was 1744.70 kg/hm², and root biomass was 1278.63 kg/hm², which was highest and accounted for 73.9%. And the biomass ratio of underground (root) and aboveground (leaf and stem) was 2.74. The average carbon content was 450.54 g/kg for different organs of *Eomecon chionantha* Hance and decreased in the order leaf>stem>root. Carbon content ranged from 6.63 to 38.50 g/kg in the soils. Carbon content in 0—15cm depth was the highest, and it gradually decreased with the increase of soil depth. Carbon storage in ecosystem was 101.19 t/hm². Carbon stocks in the different components of the studied ecosystems were in an order as: soil >vegetation > litterfall. Carbon storage was 0.79 t/hm² in vegetation layer, which accounted for 0.78% in the whole ecosystem. In vegetation layer, carbon storage in underground root was 0.57 t/hm², which accounted for 72.2% and was the largest carbon pool in the vegetation layer. Carbon storage was 0.22 t/hm² in litter layer, which only accounted for 0.22% in the whole ecosystem. And litter layer

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201104009); 湖南省科技厅项目(2011NK3049); 湖南省教育厅项目(湘财教字[2010]70号); 长沙市科技局创新平台项目(K1003009-61)

收稿日期: 2012-12-12; 修订日期: 2013-04-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: csuftdl@126.com

was the main channel connecting plant aboveground and soil carbon pool. Most of carbon stored in soil in *Eomecon chionantha* Hance ecosystem, and soil carbon storage was 100.18 t/hm², which accounted for 99.0% in total carbon storage, and was the main carbon pool in *Eomecon chionantha* Hance ecosystem. The results will provide reference for further research on ecological functions of herbaceous plant in subtropical area.

Key Words: biomass; carbon content; carbon storage; *Eomecon chionantha* Hance; Taojiang in Hunan

气候变化作为全球变化的主要表现之一,已经成为不容置疑的事实^[1-3]。全球环境问题已倍受国际社会的关注。草地是陆地植被中重要的植被类型,是世界上分布最广的植被类型之一,草地生态系统是陆地生态系统重要的组成部分,它覆盖了几近 20% 的陆地面积,碳贮量约占陆地生物区总碳贮量的 25%,在区域气候变化及全球碳循环中扮演着重要的角色^[4-5]。

我国现有不同类型草地面积约 4 亿 hm²,约占我国土地总面积的 40% 以上,是我国陆地最大的生态系统^[6],尽管森林植被的碳固定能力和碳密度远高于草地和农田^[1],但我国草地面积约为我国耕地面积的 4 倍,森林面积的 3.6 倍^[7-9]。而且在我国占据着特殊的生态地理位置(大部分位于生态脆弱带上)^[10],对气候和环境变化反应十分敏感,因此研究草地生态系统碳循环在气候变化中的生态价值和贡献,对于正确评估我国整个陆地生态系统的碳源汇具有重要的意义^[5-6]。

但是我国集中而成片的草地生态系统,大多数分布在高寒和温带地区,因此有关草地生态系统碳循环研究,均集中于高寒和温带地区的草地生态系统^[4-10]。而在我国的热带、亚热带地区,草本植物种类多样,资源丰富,相关草地生态系统或草本植物生态系统的碳循环研究尚未见报道,仅多见于森林林下的草本植物碳含量及贮量的研究报道。因此本研究,选择了在亚热带地区分布广、资源多,株体较大,具备开发利用价值的我国特有植物血水草(*Eomecon chionantha* Hance)^[11]为研究对象,研究了血水草的碳贮量,拟抛砖引玉而引起广大科技工作者,对亚热带地区多种草本植物的碳汇(源)功能的重视,以期对亚热带地区的植被系统碳循环过程在气候变化中产生的影响作出评价。

血水草(*Eomecon chionantha* Hance)系罂粟科(Papaveraceae)白屈菜族(Chelidonium)血水草属(*Eomecon*)多年生宿根性草本植物,广泛分布于我国长江流域、湖南、湖北、华南、华东、西南云贵川,西北秦岭等地区林下、灌丛下、山谷或溪边、路旁阴湿肥沃地,成片生长,具有净化美化环境和水土保持等功能作用。相关血水草生态系统功能研究报道极少^[12-13]。本研究在对湖南桃江县血水草生物量调查和碳元素测定的基础上,研究了血水草生态系统生物量分配特征,碳含量及碳贮量分布格局,为我国亚热带地区草本植物碳循环的研究和保护、管理提供科学依据。

1 试验区概况

研究地设于湖南桃江县城郊的飞牛村,地处雪峰山余脉向洞庭湖过渡的交接地带,111°13′—112°19′E, 28°13′—28°41′N,以山地和丘陵为主。该地区属中亚热带大陆性季风湿润区,年平均气温 16—17℃,年日照时数 1579.6h,全年无霜期 262 d。年均降雨量 1400—2000mm,年均相对湿度 82%。母岩以板页岩为主,土壤由板页岩风化而成,为山地红壤,土层较薄。地带性植被为中亚热带常绿阔叶林。原生植被已经破坏。现有植被以楠竹(*Phyllostachys pubescens*)为主,以及少量樟树(*C. camphora* (L.) Presl)、栲树(*C. fargesif* Franch.)。草本植物以血水草(*Eomecon chionantha* Hance)占优势,其次有鱼腥草(*Houttuynia cordata* Thunb.)、车前(*Plantago asiatica* L.)、三白草(*Saururus chinensis* (Lour.) Baill.)。

2 研究方法

2.1 生物量测定

血水草为多年生宿根性草本植物,高 30—60cm,花期 4—5 月,果期 5—7 月^[11],随着地上部分的茎叶萎蔫凋落,因此,在夏季生长旺盛期 6 月底可测得整个植株的生物量。虽然地下部分根系大部分仍然存活而继续

生长。但随着叶茎部分光合作用积累的有机物质减弱,影响了根部生长,并于秋末冬初 11 月进入了休眠状态,此时测定的地下部分生物量,与生长旺盛期的测定值是不相同的。由于花果量极少,生物量所占比重也很小,故本研究没有进行花果生物量测定。

依据血水草的生物学特性,本研究于 2010 年 6 月和 11 月在试验区的山谷地段随机设置 4m×4m 的样地 4 个(平行试验),将样地内生长的血水草全挖出,并分别叶、茎、根称鲜重后^[14-16],各抽取样本 1.0 kg,冲洗干净,置鼓风干燥箱内,用 80℃ 烘至恒重,计算各器官含水率,依此推算出各器官的干物质量(11 月由于血水草地上部分凋落,只测得根系生物量)。

2.2 土壤和植物样品的采集

在 6 月和 11 月测定生物量的同时,因测定生物量的样地,土体原状已被破坏,所以在样方旁边另设置 4 个采样点,每个采样点垂直方向上首先分出腐殖层,然后从腐殖层以下算起,由于血水草的根系横走,扎根不深,按照 0—15cm、15—30cm、30—45cm 三层采样,可以满足碳贮量的计算,每层采样 1.0 kg,一次采土样 12 个,两次共采 24 个,带回实验室去除杂物和石砾,风干过筛备用。

在各样地测定生物量的同时,6 月份采集血水草叶、茎、根样品 2.0kg 各 4 个,11 月仅采集根系 4 个,共 16 个,带回实验室用自来水及去离子水冲洗干净,105℃ 杀青 3min,于 80℃ 烘至恒重,粉碎过筛备用。

6 月由于试验区除了优势种血水草外,还有亚优势种鱼腥草(*Houttuynia cordata* Thunb.),在距血水草样地 200 m 处,选取与血水草生境条件基本一致的山谷地段,设置了喜阴湿生态环境生长的同为多年生草本植物鱼腥草生长的样地,采用与血水草相同的研究方法,测定了生物量(因体积小,没有分器官),并采集植物与土壤样品 16 个(土壤 12 个、植物 4 个)以示对照。

2.3 碳含量测定方法及碳贮量的计算

植物及土壤样品中有机碳含量均采用重铬酸钾-水合加热法测定。土壤容重用环刀法测定。

植物碳贮量用单位面积生物量与碳含量的乘积估算;土壤碳贮量用土壤层厚度、土壤容重和各土层碳含量的乘积估算。

植物及土壤层的平均含碳量均为加权平均值。即:植物碳含量加权平均值为植物各器官碳含量与生物量所占比重乘积之和求得。土壤层碳含量加权平均值为土壤各层碳含量与土重所占比重乘积之和求得。

使用 EXCEL 软件对血水草、鱼腥草生物量和碳含量及土壤碳含量的数据进行统计整理分析;用 SPSS13.0 软件对血水草不同器官生物量和碳含量及土壤不同层次碳含量进行差异显著性检验。

3 结果与分析

3.1 不同生长期血水草生物量特征

从表 1 可以看出,血水草生物量为 1744.70 kg/hm²,其中根系生物量最高,显著高于叶和茎($P<0.05$),但叶和茎的生物量间差异并不显著($P>0.05$)。且不同季节生长的血水草根系生物量间,经方差分析结果表明,11 月根系生物量显著高于 6 月根系 1.7 倍($P<0.05$)。若将血水草生物量与对照(鱼腥草)相比,则血水草生

表 1 血水草的生物量

Table 1 Biomass of *Eomecon chionantha* Hance

月份 Month	植物名 Name of plant	器官 Organ	生物量 Biomass/(kg/hm ²)			备注 Note
			平均值 Average	标准差 S D	变异系数 C V%	
6	血水草 <i>Eomecon chionantha</i> Hance	叶	264.58a	61.86	23.38	
		茎	201.49a	58.78	29.17	
		根	1278.63b	282.72	22.11	
		合计	1744.70A	403.12	23.11	
6	鱼腥草 <i>Houttuynia cordata</i> Thunb.	全株	19.86B	0.96	4.83	对照
11	血水草 <i>Eomecon chionantha</i> Hance	根	2138.58	125.62	5.87	

同列相同小写字母表示差异不显著($P>0.05$),不相同小写字母表示差异显著($P<0.05$);同列不相同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)

物量极显著高于对照 ($P<0.01$), 相当于对照的 88 倍。从表 1 还可以看出, 血水草地上部分生物量只占总生物量的 26.7%, 而地下部分生物量却占总生物量的 73.3%, 这是由其生物学特性所决定的。

3.2 血水草的碳含量

由表 2 可知, 血水草不同器官中的碳含量不同, 在茎、叶及根的碳含量之间, 存在着显著差异 ($P<0.05$), 表现出叶 (507.51 g/kg) > 根 (446.76 g/kg) > 茎 (425.63 g/kg) ($P<0.05$), 且平均含量 450.54 g/kg 显著高于对照 287.35 g/kg ($P<0.05$)。但不同生长季节根系的碳含量间, 差异并不显著 ($P>0.05$)。

表 2 血水草碳含量*

Table 2 Carbon content of *Eomecon chionantha* Hance

采样月份 Sampling month	植物名 Name of plant	器官 Organ	碳含量 Carbon content/(g/kg)		变异系数 Variation coefficients/%
			平均值 Mean value	标准差 Standard error	
6	血水草 <i>Eomecon chionantha</i> Hance	茎	425.63a	2.72	1.28
		叶	507.51b	5.17	2.04
		根	446.76c	4.21	1.88
		加权平均值	453.53A		
6	鱼腥草 <i>Houttuynia cordata</i> Thunb. (对照 Control)		287.35B	1.27	0.89
11	血水草 <i>Eomecon chionantha</i> Hance	根	437.92	6.60	3.02

* 同列不相同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$); 同列不相同大写字母表示差异显著 ($P<0.05$)

3.3 土壤层碳含量

表 3 表明, 6 月和 11 月血水草土壤层碳含量在垂直空间分布上不均匀, 均表现出随着土层深度的增加而逐渐减少的一致规律, 即各土层间碳含量差异显著 ($P<0.05$), 为 0—15cm > 15—30cm > 30—45cm ($P<0.05$)。与对照地相比, 血水草土壤层碳含量与对照地存在不一致规律, 对照地 6 月土壤层碳含量为 0—15cm 与 30—45cm 间差异显著 ($P<0.05$), 0—15cm 与 15—30cm 间差异不显著 ($P>0.05$), 而 11 月份则各土层间碳含量差异不显著 ($P>0.05$)。

表 3 中还可以表明, 血水草土壤层碳含量在不同季节 (6 月和 11 月) 的平均含量, 经方差分析结果表明, 差异不显著 ($P>0.05$), 而对照地则差异极显著 ($P<0.01$)。但同一季节内, 6 月血水草土壤层碳含量与对照地差异显著 ($P<0.05$), 而 11 月则差异不显著 ($P>0.05$)。

表 3 血水草土壤碳含量*

Table 3 Soil Carbon content in *Eomecon chionantha* Hance

月份 Month	土层 Soil layer/cm	碳含量 Soil carbon content/(g/kg)	
		血水草 <i>Eomecon chionantha</i> Hance soils	对照地 Control land
6 月 June	0—15	38.50(0.91) a	13.86(5.27) a
	15—30	16.65(1.52) b	8.67(3.51) ab
	30—45	6.63(1.03) c	4.42(1.64) b
	加权平均值 Weighted means	19.36	8.84
11 月 November	0—15	39.35(0.53) a	17.68(2.32) a
	15—30	18.42(0.41) b	14.38(5.27) a
	30—45	9.91(0.61) c	13.15(6.10) a
	加权平均值 Weighted means	21.67	15.05

* 括号内数据为标准差; 同列相同字母表示差异不显著 ($P>0.05$), 不相同字母表示差异显著 ($P<0.05$)

3.4 血水草的碳贮量

由表 4 可以看出, 血水草碳贮量为 791.28 kg/hm², 其中根系的碳贮量最高, 为 571.24 kg/hm², 占血水草碳贮量的 72.19%, 其次为叶 134.28 kg/hm², 占 16.97%, 以茎最低为 85.76 kg/hm², 仅占 10.84%。将血水草

碳贮量与对照相比,则两者竟相差 139 倍。可见,植物体碳贮量,除因植物种类不同外,还与植物体生物量的高低而紧密相关^[16]。

从表 4 还可以看出,血水草根系碳贮量,随着生长季节的变化而变化,夏季(6 月)为生长最旺盛期,根系的碳贮量为 571.24 kg/hm²,秋末冬初(11 月)为休眠态,根系的碳贮量为 936.53 kg/hm²,两者相差 1.6 倍。

表 4 血水草碳贮量*
Table 4 Carbon storage of *Eomecon chionantha* Hance

月份 Month	器官 Organ	血水草 <i>Eomecon chionantha</i> Hance		对照 Control	
		生物量/(kg/hm ²) Biomass	碳贮量/(kg/hm ²) Carbon Storage	生物量/(kg/hm ²) Biomass	碳贮量/(kg/hm ²) Carbon Storage
6	叶 Leaf	264.58	134.28(16.97)	19.86	5.71
	茎 Stem	201.49	85.76(10.84)		
	根 Root	1278.63	571.24(72.19)		
	合计 Total	1744.70	791.28(100.0)		
11	根 Root	2138.58	936.53		

* 括号内数据为血水草各器官碳贮量占总贮量的百分数

3.5 土壤层碳贮量

从表 5 可以看出,血水草土壤碳贮量 6 月为 100.18 t/hm²,11 月为 116.56 t/hm²,与对照地 46.30 t/hm²、82.40 t/hm² 相比,血水草土壤 6 月碳贮量比对照高 57.78%,11 月比对照高 29.31%。再从表 5 还可以看出,血水草和对照土壤碳贮量随着土层的加深而下降,由 0—15cm 至 15—30cm 土层,血水草土壤 6 月下降了 49.91%、11 月下降了 49.33%,对照地 6 月下降 39.62%、11 月下降 17.28%。而由 0—45cm 土层,血水草 6 月下降 78.35%、11 月下降 69.51%,对照地则 6 月下降 65.02%、11 月下降 23.76%。表明血水草土壤层碳贮量随着土层的增加而下降的幅度大于对照地。

表 5 血水草土壤碳贮量
Table 5 Carbon storage in *Eomecon chionantha* Hance soil

月份 Month	层次 Layer/cm	密度 Density	碳贮量 Carbon Storage	对照 Control land	
		/(g/cm ³)	/(t/hm ²)	密度 Density /(g/cm ³)	碳贮量 Carbon Storage /(t/hm ²)
6	0—15	1.01(0.08)	58.33	1.14(0.05)	23.70
	15—30	1.17(0.07)	29.22	1.10(0.13)	14.31
	30—45	1.27(0.06)	12.63	1.25(0.06)	8.29
	合计 Total		100.18		46.30
11	0—15	1.09(0.03)	64.34	1.20(0.12)	31.82
	15—30	1.18(0.08)	32.60	1.22(0.13)	26.32
	30—45	1.32(0.07)	19.62	1.23(0.11)	24.26
	合计 Total		116.56		82.40

* 括号内数据为标准差

3.6 血水草生态系统碳贮量空间分布格局

由表 6 可知,血水草生态系统中的碳贮量为 100.97 t/hm²,并表现为土壤层>植物层>枯落物层。其中植物层碳贮量为 0.79 t/hm²,仅占生态系统碳贮量的 0.78%,枯落物层为 0.22 t/hm²,占 0.22%,而土壤层碳贮量为 100.18 t/hm²,竟占据了整个生态系统碳贮量的 99.00%。表明血水草生态系统的碳贮量主要取决于土壤层的碳贮量。

4 结论

研究表明,血水草生物量为 1744.70 kg/hm²,且根系生物量(1278.63 kg/hm²)>叶(264.58 kg/hm²)>茎

(201.49 kg/hm²)。可为深入研究血水草的生态功能和碳汇功能提供基础。

表 6 血水草生态系统碳贮量空间分布
Table 6 Spatial Distribution of Carbon Storage in *Eomecon chionantha* Hance ecosystem

组分 Component	生物量/ (kg/hm ²) Biomass	碳贮量/ (t/hm ²) Carbon Storage	碳贮量百分比/% Percentage of carbon storage
植物层 vegetation layer			
叶 Leaf	264.58	0.13	
茎 Stem	201.49	0.09	
根 Root	1278.63	0.57	
合计 Total	1744.70	0.79	0.78
枯落物层 litter layer			
叶 Leaf	264.58	0.13	
茎 Stem	201.49	0.09	
合计 Total	466.07	0.22	0.22
土壤层 Soil layer/cm			
0—15		58.33	
15—30		29.22	
30—45		12.63	
合计 Total		100.18	99.00
总计 Total		101.19	100.00

血水草体内碳含量,因组织器官不同而不同。表现为叶>根>茎,变化范围为 425.63—507.51 g/kg,平均含量为 453.53 g/kg。这是依据生物量中直接测定的含量而得的含碳率,它是研究草本植物碳储量与碳通量的关键因子,是精确估算区域尺度草本植物碳储量的基础数据。

血水草生长的土壤,有机碳含量随着土层的加深而下降,存在表层集聚现象,土层 0—15cm 碳含量为土层 15—30cm 碳含量的 2.3 倍,为 30—45cm 土层的 5.8 倍。说明草本植物土壤碳含量与森林土壤碳含量随着土层的加深的变化存在一致的规律,即土壤碳含量随着土层的增加而下降^[17, 18]。

在血水草生态系统中,植物、枯落物、土壤构成了系统的三大碳库。植物层碳贮量为 0.79 t/hm²,其中地下根系部分碳贮量为 0.57 t/hm²,占据了植物层总碳贮量的 72.2%。在冬季,血水草的地上部分茎叶全部枯死凋落,则植物层的碳全部贮存于地下根系中。这是由血水草生物量的分布格局决定了地下根系是植物层的主要碳库。

枯落物碳库是联系植物碳库和土壤碳库的重要中间环节。血水草的枯落物层主要是当年生长当年凋落的叶和枯死的茎,其生物量低,碳贮量较少,为 0.22 t/hm²,仅占生态系统中总碳贮量的 0.22%。但它是维护植物体地上碳库与土壤碳库形成循环的主要通道之一^[19]。

血水草土壤碳贮量为 100.18 t/hm²,占系统总碳贮量的 99.0%,说明植被土壤是碳的一个极重要的贮存库。因而应加强土壤与植被的保护,找出合理的管理对策,对土壤碳循环的研究具有重要意义。

本文仅研究了血水草生态系统的碳贮量,局限于植物、枯落物及土壤碳贮量相对独立的研究。而从整体和系统的角度来研究碳元素的循环和平衡并未涉及,今后应加强对于碳元素在各个贮存库间的定量迁移、转化关系,物理、化学和生物过程等进行整个系统的综合研究,有利于对我国亚热带地区草本植物生态系统碳源汇功能的综合评估。

References:

[1] Feng R F, Yang W Q, Zhang J. Artificial forest management for global change mitigation. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(11): 3870-3877.
[2] Oreskes N. The scientific consensus on climate change. *Science*, 2004, 306: 1686.
[3] IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change). *Climate Change 2001: the Scientific Basis is the Most Comprehensive and up to date Scientific*

- Assessment of Past, present and future climate. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 369-410.
- [4] Geng Y B, Dong Y S, Qi Y C. Review about the Carbon Cycle Researches in Grassland Ecosystem. *Progress in Geography*, 2004, 23(3): 74-81.
- [5] Zhong H P, Fan J W, Yu G R, Han B. The research progress of carbon storage in grassland ecosystem. *Pratacultural Science*, 2005, 22(1): 4-11.
- [6] Qi Y C, Dong Y S, Geng Y B, Yang X H, Geng H L. The Progress in the Carbon Cycle Researches in Grassland Ecosystem in China. *Progress in Geography*, 2003, 22(4): 342-352.
- [7] Li B, Yong S P, Li Y, Liu Y J. *Grassland in China*. Beijing: Science Press, 1990.
- [8] Chen Z Z, Wang S P. *Typical grassland ecosystem in China*. Beijing: Science Press, 2000.
- [9] Xu Z. Go Forward the 21st Century's Chinese Grassland Resources. *Grassland of China*, 1998, (5): 1-8.
- [10] Zhang X S. Eco-economic Functions of the Grassland and Its Patterns. *Science and Technology Review*, 2000, (8): 3-5.
- [11] Zhang S S, Su Q Y, Liu H Q. Anatomical studies on Chinese endemic plant *Eomecon chionantha* Hance. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 1989, 9(4): 241-251.
- [12] Liu M, Tian D L. A review of the plant of *Eomecon chionantha* Hance: its chemistry, anatomy, and pharmacological effects. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1525-1534.
- [13] Liu M, Tian D L, Fang X, Liang X C. Characteristics of Chemical-element Contents in the Growing Soils Of *Eomecon chionantha* Hance a Medicinal Plant. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2009, 29(3): 34-38.
- [14] Zhu Z C, Jia D L. Preliminary study on the biomass of *Artemisia gmelinii* community in the loess plateau at north Shanxi province. *Acta Ecologica Sinica*, 1993, 13(3): 243-251.
- [15] Mohammad Anwar, Yang Y H, Guo Z D, Fang J Y. Carbon contents and its vertical distribution in alpine grasslands in bayinbulak, middle stretch of the Tianshan mountains of Xinjiang. *Acta Phytocologica Sinica*, 2006, 30(4): 545-552.
- [16] Ma N, Shangguan T L, Zhang Q H, Zhang Z. A study on the biomass of *Oxytropis coerulescens*-*Carex dispalata* meadow and *Bothriochloa ischaemum* hassock in Wutai mountain. *Acta Prataculturae Sinica*, 2010, 19(3): 47-55.
- [17] Kang B, Liu S R, Zhang G J, Chang J G, Wen Y G, Ma J M, Hao W F. Carbon accumulation and distribution in *Pinus massoniana* and *Cunninghamia lanceolata* mixed forest ecosystem in Daqingshan, Guangxi of China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(5): 1320-1329.
- [18] Wu T, Peng C H, Tian D L, Yan W D. Spatial distribution of carbon storage in a 13-year-old *Pinus massoniana* forest ecosystem in Changsha City, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(13): 4034-4042.
- [19] Fan Y J, Hou X Y, Shi H X, Shi S L. Effect of carbon cycling in grassland ecosystems on climate warming. *Acta Prataculturae Sinica*, 2012, 21(3): 294-302.

参考文献:

- [1] 冯瑞芳, 杨万勤, 张健. 人工林经营与全球变化减缓. *生态学报*, 2006, 26(11): 3870-3877.
- [4] 耿元波, 董云社, 齐玉春. 草地生态系统碳循环研究评述. *地理科学进展*, 2004, 23(3): 74-81.
- [5] 钟华平, 樊江文, 于贵瑞, 韩彬. 草地生态系统碳蓄积的研究进展. *草业科学*, 2005, 22(1): 4-11.
- [6] 齐玉春, 董云社, 耿元波, 杨小红, 耿会立. 我国草地生态系统碳循环研究进展. *地理科学进展*, 2003, 22(4): 342-352.
- [7] 李博, 雍世鹏, 李瑶, 刘永江. 中国的草原. 北京: 科学出版社, 1990.
- [8] 陈佐忠, 汪诗平. 中国典型草原生态系统. 北京: 科学出版社, 2000.
- [9] 徐柱. 面向 21 世纪的中国草地资源. *中国草地*, 1998, (5): 1-8.
- [10] 张新时. 草地的生态经济功能及其范式. *科技导报*, 2000, (8): 3-5.
- [11] 张遂申, 苏乾元, 刘宏顺. 中国特有植物血水草属的解剖学研究. *西北植物学报*, 1989, 9(4): 241-251.
- [12] 刘铭, 田大伦. 血水草生态解剖学特征及其药理功能研究进展. *生态学报*, 2009, 29(3): 1525-1534.
- [13] 刘铭, 田大伦, 方晰, 梁小翠. 药用植物血水草生长的土壤化学元素含量特征. *中南林业科技大学学报*, 2009, 29(3): 34-38.
- [14] 朱志诚, 贾东林. 陕北黄土高原铁杆蒿群落生物量初步研究. *生态学报*, 1993, 13(3): 243-251.
- [15] 安尼瓦尔·买买提, 杨元合, 郭兆迪, 方精云. 新疆天山中段巴音布鲁克高山草地碳含量及其垂直分布. *植物生态学报*, 2006, 30(4): 545-552.
- [16] 马妮, 上官铁梁, 张秋华, 张佐. 五台山蓝花棘豆——苔草草甸和白羊草草丛二类群落生物量研究. *草业学报*, 2010, 19(3): 47-55.
- [17] 康冰, 刘世荣, 张广军, 常建国, 温远光, 马姜明, 郝文芳. 广西大青山亚热带马尾松、杉木混交林生态系统碳素积累和分配特征. *生态学报*, 2006, 26(5): 1320-1329.
- [18] 巫涛, 彭重华, 田大伦, 闫文德. 长沙市区马尾松人工林生态系统碳储量及其空间分布. *生态学报*, 2012, 32(13): 4034-4042.
- [19] 范月君, 侯向阳, 石红霄, 师尚礼. 气候变暖对草地生态系统碳循环的影响. *草业学报*, 2012, 21(3): 294-302.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 13 Jul. ,2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- A review of ecological effects of remnant trees in degraded forest ecosystems after severe disturbances MIAO Ning, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (3889)
- Mechanism and application of bioremediation to heavy metal polluted soil using arbuscular mycorrhizal fungi LUO Qiaoyu, WANG Xiaojuan, LIN Shuangshuang, et al (3898)

Autecology & Fundamentals

- Changes of allometric relationships among leaf traits in different ontogenetic stages of *Acer mono* from different types of forests in Donglingshan of Beijing YAO Jing, LI Ying, WEI Liping, et al (3907)
- The combined effects of increasing CO₂ concentrations and different temperatures on the growth and chlorophyll fluorescence in *Porphyra haitanensis* (Bangiales, Rhodophyta) LIU Lu, DING Liuli, CHEN Weizhou, et al (3916)
- Research on biomass expansion factor of chinese fir forest in Zhejiang Province based on LULUCF greenhouse gas Inventory ZHU Tangjun, SHEN Chuchu, JI Biyong, et al (3925)
- Influence of soil gradual drought stress on *Acorus calamus* growth and photosynthetic fluorescence characteristics WANG Wenlin, WAN Yinjing, LIU Bo, et al (3933)
- Isolation, identification, real-time PCR investigation of an endophytic phosphate-solubilizing bacteria from *Caragana korshinskii* Kom. roots ZHANG Lizhen, FENG Lili, MENG Qixia, et al (3941)
- Plant's and soil organism's diversity across a range of *Eucalyptus grandis* plantation ages ZHANG Danju, ZHANG Jian, YANG Wanqin, et al (3947)
- Effects of diet and starvation on growth and survival of *Scapharca broughtonii* larvae WANG Qingzhi, ZHANG Ming, FU Chengdong, et al (3963)
- Multidrug-resistant bacteria in livestock feces QI Shiyue, REN Siwei, LI Xueling, et al (3970)
- Physiological regulation related to the decline of *Alexandrium catenella* MA Jinhua, MENG Xi, ZHANG Shu, et al (3978)
- Numerical simulation of water quality based on environmental fluid dynamics code for grass-algae lake in Inner Mongolia LI Xing, SHI Hongsen, ZHANG Shuli, et al (3987)

Population, Community and Ecosystem

- Influence of enclosure on *Glycyrrhiza uralensis* community and distribution pattern in arid and semi-arid areas LI Xuebin, CHEN Lin, LI Guoqi, et al (3995)
- The interannual variation of net primary productivity of three coniferous forests in Liupan Mountains of Ningxia and its responses to climatic factors WANG Yunni, XIONG Wei, WANG Yanhui, et al (4002)
- Soil water use and balance characteristics in mature forest land profile of *Caragana korshinskii* in Semiarid Loess Area MO Baoru, CAI Guojun, YANG Lei, LU Juan, et al (4011)
- Effect of simulated acid deposition on chemistry of surface runoff in monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan QIU Qingyan, CHEN Xiaomei, LIANG Guohua, et al (4021)
- A space optimization model of water resource conservation forest in Dongting Lake based on improved PSO LI Jianjun, ZHANG Huiru, LIU Shuai, et al (4031)
- Allelopathic effects of aqueous extract of exotic plant *Rhus typhina* L. on soil micro-ecosystem HOU Yuping, LIU Lin, WANG Xin, et al (4041)
- The impact of natural succession process on waterbird community in a abandoned fishpond at Chongming Dongtan, China YANG Xiaoting, NIU Junying, LUO Zukui, et al (4050)
- Mercury contents in fish and its biomagnification in the food web in Three Gorges Reservoir after 175m impoundment YU Yang, WANG Yuchun, ZHOU Huaidong, et al (4059)

- Microsatellite analysis on genetic diversity of common carp, *Cyprinus carpio*, populations in Yuan River
 YUE Xingjian, ZOU Yuanchao, WANG Yongming, et al (4068)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Research on spatio-temporal change of temperature in the Northwest Arid Area HUANG Rui, XU Ligang, LIU Junmin (4078)
- Simulation of soil respiration in forests at the catchment scale in the eastern part of northeast China
 GUO Lijuan, GUO Qingxi (4090)
- The early effects of nitrogen addition on CH₄ uptake in an alpine meadow soil on the Eastern Qinghai-Tibetan Plateau
 ZHANG Peilei, FANG Huajun, CHENG Shulan, et al (4101)
- Analysis of water ecological footprint in Guangxi based on ecosystem services ZHANG Yi, ZHANG Heping (4111)
- The integrated recognition of the source area of the urban ecological security pattern in Shenzhen
 WU Jiansheng, ZHANG Liqing, PENG Jianet al (4125)
- Carbon sources and storage sinks in scenic tourist areas: a Mount Lushan case study
 ZHOU Nianxing, HUANG Zhenfang, LIANG Yanyan (4134)
- Impacts of climate change on dominant pasture growing season in Central Inner Mongolia
 LI Xiazi, HAN Guodong, GUO Chunyan (4146)
- Phenological Characteristics of Typical Herbaceous Plants (*Lris lacteal*) and Its Response to Climate Change in Minqin Desert
 HAN Fugui, XU Xianying, WANG Lide, et al (4156)
- Biomass and distribution pattern of carbon storage in *Eomecon chionantha* Hance
 TIAN Dalun, YAN Wende, LIANG Xiaocui, et al (4165)
- Temporal dynamics and influencing factors of fine roots in five Chinese temperate forest ecosystems
 LI Xiangfei, WANG Chuankuan, QUAN Xiankui (4172)

Resource and Industrial Ecology

- Effects of AMF on soil improvement and maize growth in mining area under drought stress
 LI Shaopeng, BI Yinli, CHEN Peizhen, et al (4181)

Urban, Rural and Social Ecology

- Health function evaluation and exploring its mechanisms in the Shanghai Green Belt, China
 ZHANG Kaixuan, ZHANG Jianhua (4189)

Research Notes

- Time lag effects of rainfall inside a *Platycladus Orientalis* plantation forest in the Beijing Mountain Area, China
 SHI Yu, YU Xinxiao, ZHANG Jiayin (4199)
- Long-term effects of harvest residue management on soil total carbon and nitrogen concentrations of a replanted Chinese fir
 plantation HU Zhenhong, HE Zongming, FAN Shaohui, et al (4205)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 彭少麟

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 13 期 (2013 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 13 (July, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元