

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

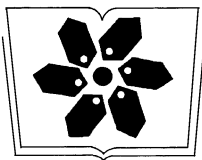
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第21期 Vol.32 No.21 **2012**

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 32 卷 第 21 期

2012 年 11 月 (半月刊)

目次

白洋淀富营养化湖泊湿地厌氧氨氧化菌的分布及对氮循环的影响.....	王衫允,祝贵兵,曲冬梅,等 (6591)
造纸废水灌溉对滨海退化盐碱湿地土壤酶活性的响应.....	夏孟婧,苗颖,陆兆华,等 (6599)
图们江下游湿地生态系统健康评价.....	朱卫红,郭艳丽,孙鹏,等 (6609)
适应白洋淀湿地健康评价的 IBI 方法.....	陈展,林波,尚鹤,等 (6619)
基于 MODIS 的洞庭湖湿地面积对水文的响应.....	梁婕,蔡青,郭生练,等 (6628)
崇明东滩湿地不同潮汐带入侵植物互花米草根际细菌的多样性.....	章振亚,丁陈利,肖明 (6636)
中国东部亚热带地区树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化的谐波分析.....	赵兴云,李宝惠,王建,等 (6647)
甘肃臭草型退化草地优势种群空间格局及其关联性.....	高福元,赵成章 (6661)
川西亚高山/高山森林土壤氧化还原酶活性及其对季节性冻融的响应.....	谭波,吴福忠,杨万勤,等 (6670)
模拟分类经营对小兴安岭林区森林生物量的影响.....	邓华卫,布仁仓,刘晓梅,等 (6679)
苹果三维树冠的净光合速率分布模拟.....	高照全,赵晨霞,张显川,等 (6688)
拟茎点霉 B3 与有机肥配施对连作草莓生长的影响.....	郝玉敏,戴传超,戴志东,等 (6695)
落叶松林土壤可溶性碳、氮和官能团特征的时空变化及与土壤理化性质的关系.....	苏冬雪,王文杰,邱岭,等 (6705)
人工固沙区与流沙区准噶尔无叶豆种群数量特征与空间格局对比研究.....	张永宽,陶冶,刘会良,等 (6715)
山地河流浅滩深潭生境大型底栖动物群落比较研究——以重庆开县东河为例.....	王强,袁兴中,刘红 (6726)
荣成俚岛人工鱼礁区游泳动物群落特征及其与主要环境因子的关系.....	吴忠鑫,张磊,张秀梅,等 (6737)
北黄海秋、冬季浮游动物多样性及年间变化.....	杨青,王真良,樊景凤,等 (6747)
鄂尔多斯市土地利用生态安全格局构建.....	蒙古军,朱利凯,杨倩,等 (6755)
村落文化林与非文化林多尺度物种多样性加性分配.....	高虹,陈圣宾,欧阳志云 (6767)
不同生计方式农户的环境感知——以甘南高原为例.....	赵雪雁 (6776)
两种预测模型在地下水动态中的比较与应用.....	张霞,李占斌,张振文,等 (6788)
四川黄龙沟少花鹤顶兰繁殖成功特征.....	黄宝强,寇勇,安德军 (6795)
硝化抑制剂对蔬菜土硝化和反硝化细菌的影响.....	杨扬,孟德龙,秦红灵,等 (6803)
新疆两典型微咸水湖水体免培养古菌多样性.....	邓丽娟,娄恺,曾军,等 (6811)
白洋淀异养鞭毛虫群落特征及其与环境因子的相关性.....	赵玉娟,李凤超,张强,等 (6819)
双酚 A 对萼花臂尾轮虫毒性及生活史的影响.....	陆正和,赵宝坤,杨家新 (6828)
孵化温度对双斑锦蛇初生幼体行为和呼吸代谢的影响.....	曹梦洁,祝思,蔡若茹,等 (6836)
黄玛草蛉捕食米蛾卵的功能反应与数值反应.....	李水泉,黄寿山,韩诗畴,等 (6842)
互惠-寄生耦合系统的稳定性.....	高磊,杨燕,贺军州,等 (6848)
超微七味白术散对肠道微生物及酶活性的影响.....	谭周进,吴海,刘富林,等 (6856)
专论与综述	
氮沉降对森林生态系统碳吸存的影响.....	陈浩,莫江明,张炜,等 (6864)
全球 CO_2 水平升高对浮游植物生理和生态影响的研究进展.....	赵旭辉,孔繁翔,谢薇薇,等 (6880)
跨界自然保护区——实现生物多样性保护的新手段.....	石龙宇,李杜,陈蕾,等 (6892)
研究简报	
会同和朱亭 11 年生杉木林能量积累与分配.....	康文星,熊振湘,何介南,等 (6901)
退化草地阿尔泰针茅生殖株丛与非生殖株丛的空间格局.....	任珩,赵成章,高福元,等 (6909)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 326 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 35 * 2012-11



封面图说: 白洋淀是华北地区最大的淡水湖泊湿地。淀区内沟壕纵横交织错落,村庄、苇地、园田星罗棋布,在水文、水化学、生物地球化学循环以及生物多样性等方面,具有非常复杂的异质性。随着上游城镇污废水、农田径流进入水域,淀区富营养化日益加剧。复杂的水环境特点、高度的景观异质性和良好的生物多样性,使得该地区成为探索规模性厌氧氨氧化反应的良好研究地点(详见本期第 6591—6598 页)。

彩图提供: 王为东博士 中国科学院生态环境研究中心 E-mail: wdwangh@yahoo.com

DOI: 10.5846/stxb201110081464

康文星,熊振湘,何介南,李进. 会同和朱亭 11 年生杉木林能量积累与分配. 生态学报, 2012, 32(21): 6901-6908.

Kang W X, Xiong Z X, He J N, Li J. The energy storage and its distribution in 11-year-old chinese fir plantations in Huitong and Zhuting. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(21): 6901-6908.

会同和朱亭 11 年生杉木林能量积累与分配

康文星^{1,2,3}, 熊振湘¹, 何介南^{1,*}, 李 进¹

(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)

摘要:利用我国杉木中心产区会同和杉木扩大栽培区朱亭测定的杉木林生物量和干物质热值资料的基础上,对会同和朱亭 11 年生杉木人工林能量积累和分配规律进行研究。结果表明:杉木人工林群落林分能量现存量与立地和气候条件关系密切,朱亭 11 年生杉木人工林群落林分能量现存量 (9294×10^8 — 10894×10^8 J/hm²) 显著低于会同 (12406×10^8 — 14733×10^8 J/hm²); 同龄林分中,现存能量的数值在一定的林分密度范围内,随密度增加而减少。随密度增加而减少的能量现存量,主要是减少了树干的能量现存量,而枝、叶的能量现存量则保持一定稳定状态;能量在林分各组分分配比大小依次是干>根>叶>枝,林分各组分能量的分配比大小也与立地和气候条件有关,树干中能量分配比会同 (56.8%—61.2%) 大于朱亭 (47.0%—53.5%), 枝叶中能量分配比朱亭 (28.3%—34.2%) 大于会同 (22.2%—25.9%); 林分能量现存量的空间分布与林分功能作用层面及对水分和养分交换作用密切相关,林分的地表平面和林冠 2/3 高度处分配的能量最多。

关键词:杉木人工林; 热值; 生物量; 能量现存量

The energy storage and its distribution in 11-year-old chinese fir plantations in Huitong and Zhuting

KANG Wenxing^{1,2,3}, XIONG Zhengxiang¹, HE Jienan^{1,*}, LI Jin¹

1 Central South University of Forestry and 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 & Experiment in Huitong Hunan. Huitong 418307, China

Abstract: The energy storage and distribution were studied in the 11-year-old Chinese fir plantations in Huitong, the central production area and Zhuting, the expanded cultivation area based on the biomass and thermal value of dry matter. The result showed that the amount of existing energy in Chinese fir plantation of Huitong area (12406×10^8 — 14733×10^8 J/hm²) was significantly higher than that in Zhuting (9294×10^8 — 10894×10^8 J/hm²), suggesting the stand condition and climate play a critical role on the energy accumulation in Chinese fir plantations. Besides, the amount of existing energy in both Chinese fir plantation areas decreased with increasing density in a certain range of stand density, mainly due to the reduced existing energy of the trunk capacity, whereas the amount of existing energy of branches and leaves maintains at a stable state. The allocation of the energy to the different components of the tree was different, ranked with decreasing order: stem, roots, leaves, and branches. The energy distribution ratio in Huitong is different from that in Zhuting, e.g. the for both plantations, for energy allocated into stem was 56.8%—61.2% in Huitong plantation, which was higher than that of 47.0%—53.5% in Zhuting, while in leaves, the allocation ratio is much lower in Huitong (22.2%—25.9%) than that in Zhuting (28.3%—34.2%). For the spatial distribution of the amount of existing energy at the stand level, most of

基金项目:国家重点野外台站资助项目(2000-076); 国家林业局重点科研资助项目(2001-07)

收稿日期:2011-10-08; 修订日期:2012-03-13

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

existing energy was distributed at the soil surface and 2/3 height of the canopy above the ground, where was regarded the most important places for the exchange of substances and energy including water, light, gas and heat in the surrounding environment in forest. Results indicated that: (1) where there is the most urgency in supply of water and nutrients, there is the largest gathering of energy flows at the ecosystem level, and (2) for the 11a stand, there were some factors not suited to the growth of Chinese fir plantation in Zhuting area, in terms of micrometeorologic factors and stand conditions compared with Huitong area, the central area of China fir plantation.

Key Words: chinese fir plantation; thermal value; biomass; energy storage

以往森林生态系统生产力的研究,多以干物质质量作为指标,这对深入了解生态系统的功能、生态效益有一定的局限性。用能量研究植物群落生产力,能反映出该群落对自然资源(特别是太阳能)的利用情况^[1-2],从能量的角度认识群落特性,更能反映群落功能特征^[3-5]。

我国较早从能量的角度探讨群落特性是林光辉^[6]等和尹毅^[7]等,他们将干物质测定和热值测定结合起来,系统地研究了红树林的功能特征。其后一些学者对马尾松^[8-10] (*Pinus massoniana* Lamb)、东南滨海主要树种^[11]、马占相思 (*Acacia mangium*)^[12]、暖温带阔叶林^[13]、湿地松^[14] (*Pinus elliottii*)、落叶松林^[15] (*Larix gmelini*)等群落进行能量积累与分布的研究^[16-17],此外,一些学者探讨了优势树种或优势群落的热值和能值生产动态,还有学者分析了群落能量与养分特征^[18-19]。

多年来,冯宗炜^[20]等对杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb) Hook) 的地理分布、种源、生理学特性、生产力等进行了较深的研究,肖文发等^[21]也对杉木人工林的能量利用、分配及生物生产力的特征和规律进行综合分析。然而,从不同地区杉木人工林的能量和分配来分析不同地域杉木人工林的群落特征鲜见报道。本文利用我国杉木中心产区会同和杉木扩大栽培区朱亭的测定资料,分析 11 年生杉木人工林现存能量及其在各组分中分配的规律,揭示两地杉木人工林结构、功能和生产力的同异,为杉木扩大栽培区及低产林改造提供科学根据。

1 研究地概况

湖南会同是我国著名的杉木中心产区,109°45′—110°07′E, 22°41′—22°53′N, 属中亚热带气候。年均气温 16.8℃, 年降水量 1000—1500 mm, 相对湿度 80% 以上。海拔 300—500 m, 相对高度 150 m 以下, 属于丘陵山地。

湖南朱亭是杉木扩大栽培区, 位于湘中盆地, 136°11′—136°21′E, 27°23′—27°32′N。海拔高度 70—200 m, 相对高度 100 m 以下, 地形开阔, 属于丘陵区。该区也属于中亚热带气候, 年均气温 17.5℃, 年降水量 1200—1500 mm, 相对湿度 76% 左右。

两个地区虽同属亚热带温湿气候区, 年平均气象因子无明显差异, 但季节的逐月变化则迥然不同。会同林区气候特点是: 夏无酷热, 冬无严寒, 气候温和, 降水分布均匀且空气湿度大, 这些条件均有利于杉木生产。朱亭则相反, 夏季酷热, 冬季严寒, 尤其是 7—9 月的高温干旱季节对杉木生长极为不利。

两个地区立地条件也存在较大差异。会同土壤母岩以震旦纪板溪系变质页岩为主, 风化程度甚深, 土层厚度 80 cm 以上, 为中有有机质厚层黄壤。土壤有机质含量平均为 4.562%, N、P、K 含量积累在林木分别为 0.182%、0.054% 和 1.365%。朱亭土壤母岩为变质板页岩, 风化程度较深, 土层厚度 50 cm 左右, 为有机质中层红壤。土壤有机质含量平均为 3.274%, N、P、K 含量依次是 0.116%、0.032% 和 1.029%。朱亭的立地条件和土壤肥力水平都低于会同。

研究的林分, 两地均为 1997 年在杉木林皆伐后第 2 年营造的杉木林, 到 2009 年会同林分平均高度 9.5 m, 平均胸径 9.1 cm, 郁闭度 9, 叶面积指数 8.1; 朱亭林分平均高度 7.7 m, 平均胸径 7.4 cm, 林分完全郁闭, 叶面积指数 8.9。

2 研究方法

2.1 生物量现存量

在会同和朱亭林区 11 年生不同密度的杉木林内设立了 8 块固定样地(会同和朱亭各 4 块)。每块样地面积 667 m²,样地内的林木按克拉大特法分级进行每木调查(测定胸径、树高、冠幅)。生物量调查根据林木各生长级的平均测树因子,每级林木各选标准木 1 株,共伐标准木 40 株。标准木除记载常规的调查因子外,用分层截取法(1 m 区分)在现场测其枝(当年枝、1 年枝、2 年枝、老枝)、叶(当年叶、1 年叶、2 年叶、老叶)、干和根(根头、大根(根径≥1 cm)、粗根(0.2 cm≤根径<1 cm)、细根(根径<0.2 cm))等各组分的鲜重。再分别在各个组分中抽取样品,置于干燥箱内,在 80℃ 下烘干至恒重,求出各组分的干物质量,利用相对生长法建立回归方程,会同杉木相对生长方程如下:

$$\text{Log}W_c = 3.04085\log D - 2.24523 \quad (r = 0.98 \quad S_{y-x} = 0.0368 \quad S_y = 0.0045)$$

$$W_s = 0.02649(D^2H)^{0.762671} \quad (r = 0.98 \quad S_{y-x} = 0.0286 \quad S_y = 0.0044)$$

$$W_B = 0.00604(D^2H)^{0.34625} \quad (r = 0.91 \quad S_{y-x} = 0.0718 \quad S_y = 0.0093)$$

$$W_R = 0.03262(D^2H)^{0.7096} \quad (r = 0.99 \quad S_{y-x} = 0.0029 \quad S_y = 0.0015)$$

朱亭杉木相对生长方程如下:

$$\text{Log}W_c = 2.04157\log D - 1.51748 \quad (r = 0.92 \quad S_{y-x} = 0.0392 \quad S_y = 0.0086)$$

$$W_s = 0.02947(D^2H)^{0.8864} \quad (r = 0.98 \quad S_{y-x} = 0.0257 \quad S_y = 0.0063)$$

$$W_B = 0.02099(D^2H)^{0.7258} \quad (r = 0.92 \quad S_{y-x} = 0.0506 \quad S_y = 0.0115)$$

$$W_R = 0.05604(D^2H)^{0.8452} \quad (r = 0.92 \quad S_{y-x} = 0.0649 \quad S_y = 0.0136)$$

式中, W_c 、 W_s 、 W_B 、 W_R 分别是杉木叶、干、枝、根的干物质重; D 为杉木胸径; H 为杉木树高。通过检验估算林分的生物量。

林下植被(灌木与草本)与凋落物现存量,每个样地分别按 x 取样法设 5 个 2 m×2 m 的小样方,先收集样方内凋落物测定其凋落物量,由于林冠完全郁闭样方内灌木与草本非常少,因此灌木与草本没有分开调查,而是将它们一起(分地上部分和地下根系)全部收获测定其生物量。

2.2 热值测定

将林木划分成树干(包括树皮,以下相同)、当年枝、1 年枝、2 年枝、老枝、当年叶、1 年叶、2 年叶、老叶、根头、大根、粗根、细根,另外,还有凋落物、活地被物地上部分和地下部分根系等共 16 个组分。在各组分中抽取样品,以 80℃ 烘干至恒重。利用杨福囤^[22]提供的方法,采用国产 GR-3500 型氧弹式热量计测出各样品的干重热值。用去干灰化法测定样品的灰分含量,然后根据样品的灰分含量和样品的测定热值求出样品的去灰分热值即干重热值(表 1)。利用 SPSS 统计软件计算各组分干重热值的平均值和标准差,采用 Student-Newman-Keuls 多项比较法检查差异显著性。

2.3 林分各组分能量现存量的估算

利用已测的各组分样本生物量数据,加权平均后根据相对生长法建立回归方程估算林分各组分生物量。然后用各组分加权平均的去灰分热值乘上其加权平均后生物量得出各组分的能量现存量(表 2)。

3 结果与分析

3.1 各组分热值

从表 1 看出,朱亭和会同杉木相同的器官组织其热值不相同,同一地区杉木同一器官组织随着它的生长阶段不同,其热值也不一样。如枝和叶,1 年生、2 年生或多年生,其热值有差别,根系随根径大小不同热值不同。说明某种植物组织热值不仅随立地和气候条件不同而变,而且也随它的生长阶段不同而发生变化。

3.2 杉木林群落能量现存量

从表 2 看出,朱亭和会同 11 年生杉木人工林群落能量现存量中,积累在杉木中的能量占林分能量现存总

量的 92.8%—94.8%。杉木林 11 年生时,林分完全郁闭,自然整枝强烈,已有大量凋落物产生,因此两地林分凋落物层能量占群落总能量的 4% 以上。也是由于林分完全郁闭,影响了林下植被生存环境,两地林下植被层能量不到群落总能量的 1%。由此表明,两地 11 年生杉木人工林群落能量现存量有 90% 以上积累在乔木层林木体内。

表 1 杉木林各组分的燃烧值

Table 1 Calorie value of components of Chinese Fir Plantation(J/g)

地点 Site	树干 Bark	当年枝 Current twig	1 年枝 1-year twig	2 年枝 2-year twig	多年枝 Perennial twig	当年叶 Current needle	1 年叶 1-year needle	2 年叶 2-year needle
朱亭	18996	18753	19709	18983	19114	19356	19319	20108
会同	18720	18427	18351	18429	18852	18834	19083	19953
地点 Site	多年叶 Perennial needle	根头 Root tip	大根 1 cm ≤ root diameter	粗根 0.2 cm ≤ root diameter < 1 cm	细根 0.2 cm ≥ root diameter	凋落物 Litter	活地被物 Undergrowth	活地被物根 Undergrowth root
朱亭	20367	18549	18396	18685	19116	20051	19338	18824
会同	199928	18314	18129	18338	18821	19657	19195	18585

同龄林分中,会同林分能量现存量比朱亭多 2752×10^8 — 4327×10^8 J/hm², 差别非常显著。作为树木组合的森林群落,林分能量的固定,除受树种的限制外,同时还受群落气候环境、立地条件、林分密度和营林措施方面差异的影响。朱亭造林的杉木苗是会同运载过来的,种源相同;在营林上,朱亭比会同采取更为集约的经营方式;按理朱亭的杉木生长应比会同好,然而,朱亭杉木人工林群落能量现存量显著低于会同。这里虽然有林分密度效应的原因,林分密度过大能限制林分生产力的提高和光能的吸收和固定。但仔细分析表 2 不难看出,朱亭和会同密度相同的林分,会同杉木人工林群落能量现存量仍比朱亭多 1254×10^8 — 3164×10^8 J/hm²。因此有理由认为,朱亭和会同同龄林分中能量现存量的差异主要是由气候环境和立地条件不同产生的。在自然区划上朱亭和会同虽均属于亚热带湿润气候区,但从两地气候特点看出,彼此之间微气候条件仍存在较大差异;会同的土层厚度比朱亭深,朱亭土壤有机质、N、P、K 含量均低于会同。朱亭和会同气候环境、立地条件的差异导致了两地杉木林分生产力的差异,进一步影响两地林分的能量固定和积累。

3.3 能量现存量与林分密度的关系

从表 2 还看出,无论是朱亭还是会同,林分能量现存量随林分密度增加而递减。林分密度增大,林分郁闭度也增大。充分郁闭林冠层下部的枝叶因缺乏足够的光资源发生自然整枝。林冠层下部光资源不足,影响林冠层下的植被生长。这种生产结构限制了生产力的提高,也限制光能的吸收和固定。此外,Odum^[23]认为,一般天然林的叶面积指数为 4 时,其净光合作用最大,超过 4 以后,由于过多的枝叶呼吸,消耗净光合生产而不再增加。会同和朱亭杉木人工林,随着林分的密度增大,叶面积指数也增加(会同 2100 株/hm²,叶面积指数 7.2,3000 株/hm²,叶面积指数 8.9;朱亭 2700 株/hm²,叶面积指数 7.8,3600 株/hm²,叶面积指数 9.3)。林分密度增大,林分郁闭度也增大,林冠层枝叶增加,过多的枝叶呼吸消耗是林分能量现存量随密度增加而降低的主要原因之一。

从表 3 看出,林分随密度增加而减少的能量现存量,主要是树干的能量积累量减少了。会同杉木林由密度 2100 株/hm² 增大到 3300 株/hm² 时,树干积累的能量现存量减少了 1838×10^8 J/hm²,占去了林分随密度增加而减少能量现存量的 79%。朱亭林分由密度 2700 株/hm² 密度增大到 3600 株/hm²,树干的能量积累量减少 1893×10^8 J/hm²,比林分随密度增加减少能量现存量 1600×10^8 J/hm² 还多 293×10^8 J/hm²。由此可见,在同一立地条件下,当林分完全郁闭后,密度对林木干材能量积累的影响是十分显著的。

3.4 各组织器官中的能量分配

会同杉木林分乔木层能量现存量在各组分的分配上,树干所占的比例最大为 56.8%—61.2%,根次之,20.4%—22.1%,然后是叶,10.2%—11.9%,最少是枝,7.8%—9.2%。朱亭杉木林分乔木层现存能量在各

表 2 11 年生杉木人工林积累的能量
Table 2 The stand storing energy of 11-year -old Chinese Fir Plantation

地点 Site	林木 Forest tree			凋落物 Litter			灌木和草本 Shrub and herbaceous						总计 Sum
	密度 /(株/hm ²)	生物量 Biomass /(t/hm ²)	能量 Energy/ (10 ⁸ J/hm ²)	生物量 Biomass /(t/hm ²)	能量 Energy/ (10 ⁸ J/hm ²)	植被 Undergrowth			根 Root				
						生物量 Biomass /(t/hm ²)	能量 Energy (10 ⁸ J/hm ²)	生物量 Biomass /(t/hm ²)	能量 Energy (10 ⁸ J/hm ²)	生物量 Biomass /(t/hm ²)	能量 Energy (10 ⁸ J/hm ²)		
会同	2100	78.15	13960	3.35	659	0.33	76	0.20	38	82.03	14733		
	2400	76.14	13638	3.10	610	0.26	49	0.22	34	79.72	14331		
	2700	75.24	13442	2.74	538	0.24	46	0.17	32	78.39	14058		
	3000	64.90	11633	4.78	692	0.28	52	0.15	29	70.11	12406		
平均 Mean 朱亭	2550	73.61	13168	3.49	624	0.28	56	0.19	33	77.56	13882		
	2700	54.21	10259	2.88	577	0.18	36	0.10	22	57.37	10894		
	3000	49.78	9430	3.01	604	0.17	30	0.08	18	53.04	10082		
	3300	47.37	8972	3.55	712	0.18	36	0.10	11	51.20	9731		
平均 Mean	3600	44.40	8409	4.24	850	0.14	27	0.07	8	48.85	9294		
	3150	48.94	9267	3.42	686	0.17	32	0.09	15	52.61	10000		

表 3 11 年生杉木林各组分积累的能量分配比
Table 3 The distribution ratio of solar energy storage of different components of 11-year-old Chinese Fir Plantation

地点 Site	密度 /(株/hm ²)	林木 Forest tree			树干 Trunk			枝叶 Twig			叶 Needle			根 Root		
		生物量 Biomass /(t/hm ²)	能量 Energy /(10 ⁸ J/hm ²)	能量/ Energy/ (10 ⁸ J/hm ²)	生物量 Biomass /(t/hm ²)	能量 Energy /(10 ⁸ J/hm ²)	能量/ Energy/ (10 ⁸ J/hm ²)	生物量 Biomass /(t/hm ²)	能量 Energy /(10 ⁸ J/hm ²)	能量/ Energy/ (10 ⁸ J/hm ²)	生物量 Biomass /(t/hm ²)	能量 Energy /(10 ⁸ J/hm ²)	能量/ Energy/ (10 ⁸ J/hm ²)	生物量 Biomass /(t/hm ²)	能量 Energy /(10 ⁸ J/hm ²)	能量/ Energy/ (10 ⁸ J/hm ²)
会同	2100	78.15	13960		45.17/57.8	7887/56.5	6.81/8.7	1354/9.7	7.97/10.2	1745/12.5	18.20/23.3	2974/21.3		17.89/23.5	2932/21.5	
	2400	76.14	13638		43.33/56.9	7596/55.7	6.93/9.1	1350/9.9	7.99/10.5	1759/12.9	17.89/23.5	2932/21.5		17.97/23.8	2930/21.8	
	2700	75.24	13442		42.21/56.1	7365/54.8	7.14/9.5	1371/10.2	7.98/10.6	1774/13.2	17.97/23.8	2930/21.8		15.70/24.2	2571/22.1	
朱亭	3000	64.90	11633		35.57/54.8	6049/52.0	6.36/9.8	1303/11.2	7.27/11.2	1710/14.7	15.70/24.2	2571/22.1		12.02/22.2	2215/21.6	
	2700	54.21	10259		27.33/50.4	5109/49.8	5.91/10.9	1211/11.8	9.11/16.8	1723/16.8	12.02/22.2	2215/21.6		11.15/22.4	2084/22.1	
	3000	49.78	9430		23.49/47.2	4413/46.8	6.37/12.8	1226/13.0	8.77/17.6	1707/18.1	11.15/22.4	2084/22.1		10.95/23.1	2019/22.5	
朱亭	3300	47.37	8972		21.46/45.3	4037/45.0	6.39/13.5	1220/13.6	8.57/18.1	1696/18.9	10.95/23.1	2019/22.5		10.35/23.3	1917/22.8	
	3600	44.40	8409		19.40/43.7	3617/43.0	6.26/14.1	1202/14.3	8.39/18.9	1673/19.9	10.35/23.3	1917/22.8				

器官组织分配上,呈现出与会同林分相同的规律。杉木林现存能量在干、根、枝、叶各器官分配的规律与东北落叶松林群落^[15]、东南滨海沙地主要造林树种^[11]、相思林^[13]与湿地松林群落^[14]、银鹊树(*Tapiscia sinensis*)群落^[24]东灵山暖温带落叶阔叶林群落^[12]、马尾松林分^[8-10]研究的结果相同。这是因为植物固定的能量一部分在其能量代谢过程中被消耗掉,余下的能量则不断积累于树干、根、枝和叶中,由于枝叶不断地凋落,限制了能量在这个器官中积累,因而所占比例较少。而根虽有枯损,但随粗根的生长,积累也就增加了。树干仅仅只有树皮的脱落,损失量较少,随着干的生长,能量积累增加,所占比例最大。

从表 3 发现,林分枝叶的能量现存量似乎不受密度影响而发生大的变化。不同密度林分积累于叶中的能量朱亭和会同分别在 $(1710-1745) \times 10^8 \text{ J/hm}^2$ 和 $(1673-1704) \times 10^8 \text{ J/hm}^2$ 范围内,树枝中的能量分别稳定在 $(1303-1371) \times 10^8 \text{ J/hm}^2$ 和 $(1200-1226) \times 10^8 \text{ J/hm}^2$ 周围,枝叶能量积累量随林分密度变化的变动幅度比林分能量现存总量随林分密度变化的幅度小。

林分现存能量在树干、枝、叶各器官组织分配中,朱亭和会同两地林分存在较大差异。朱亭林分中树干能量现存量占林木总能量现存量的比例平均比会同低 8.6 个百分点。树干中积累的能量多少,实际表示干材生物量的产量大小。人们常把干材生物量占林木总生物量的百分率称为经济系数,从这点上分析,扩大栽培区朱亭 11 年生杉木人工林净光合生产的经济系数比中心产区会同低。能量在枝叶的分配上,朱亭的能量分配 $(28.3\%-34.2\%)$ 比会同 $(22.2\%-25.9\%)$ 多,尤其是叶,会同叶中能量分配比平均只有朱亭 72.7%。这意味着相对于会同来说,朱亭杉木人工林出现只长枝叶不长干材的现象。

树木是由树干、枝条、叶片和树根等主要器官组成的有机体,它们彼此之间保持着相互联系和制约的关系,树木各组分的组合特征是树木各组分之间与环境之间长期互相作用、互相适应长期进化的一种表现形式。朱亭和会同林分现存能量在各器官组织分配中存在差异,是树木各组分之间与环境之间长期互相作用、互相适应的结果。

3.5 能量的空间分布

根据杉木每 1 m 区分的生物量分布和林木各组分的测定热值,可推出杉木林分现存能量的垂直空间分布。从表 4 看出,杉木人工林平均积累的能量在地上和地下的分配中,地下部分的能量会同和朱亭分别占总能的 21.7% 和 22.3%,地上部分的能量分别占总能的 78.3% 和 77.7%。本文研究的结果无论是地下部分的能量分配比还是能量在土壤深度分布上,比东北落叶松林群落^[15]、相思林^[13]和湿地松林群落^[14]及马尾松^[8-10]研究的结果少。产生的原因,可能是杉木是浅根系树种,其它的研究是深根系树种的缘故。

地上部分的能量垂直分布中,会同林分中 0—4 m,朱亭 0—3 m 高内,能量随高度增加而逐渐减少,这与树干由下而上从粗到细相吻合,这部分能量与树干的生物量的关系极大。从林冠层下部开始随冠层高度升高,能量积累量逐渐增加,到达林冠层中上部后,能量积累量随冠层高度增加逐渐减少。林冠层能量的空间分布特征与林冠层枝叶生物产量的空间分布关系甚为密切,也就是说林冠层能量的空间分布由林冠层枝叶生物产量的空间分布所控制。

从表 4 还看出,能量的空间分布中有两个部位的能量是最多的,一个位于地表平面至 1 m 高内(包括了凋落物和活地被物地上部分)。另一个,会同林分位于 5—6 m,朱亭的位于 4—5 m,这恰好是两地林分冠层的 2/3 高度处。

表 4 杉木人工林积累能量的空间分布

Table 4 Space distribution of solar energy storage in Chinese Fir Plantation (10^8 J/hm^2)

地点 Site	地下 Under ground	地上高度 Ground height /m										
		0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11
会同	2852	2162	1227	1066	1014	1159	1391	1214	1048	673	176	
朱亭	2059	1525	865	651	1080	1271	1193	850	508			

4 结论与讨论

朱亭和会同杉木同一器官组织的热值不相同,同一地区不同生长阶段的枝叶器官组织热值不一样。这可能是在不同气候环境和立地条件下或不同生长阶段,同一器官组织组成成分有所差异(如纤维素、灰分含量不同)。同一器官组织成分不同,其燃烧热值不一样。这也说明了若以林分生物量和干重热值推算一个林分积累的太阳能时,应用该林分各组分的干重热值测定数据,如果借用他人资料,可能会产生偏差。

营林上,尽管朱亭比会同采取更为集约的经营方式,然而同龄杉木林分中,无论是林分能量现存量还是树干能量现存量,杉木扩大栽培区朱亭显著低于杉木中心产区会同。这表明虽然朱亭和会同都处在亚热带湿润气候区,但是朱亭的立地条件、微气候条件仍存在某些不适应杉木生长的因素,出现了杉木只长枝叶不长干材的现象。找出朱亭限制杉木生长的因子,采取什么样的措施来缓解这些因子对杉木生长的限制作用,这是广大的杉木栽培区营林上迫切需要解决的问题。

当林分完全郁闭后,同龄林分现存能量的数值在一定的林分密度范围内,随密度增加而减少。随密度增加而减少的能量现存量,主要是减少了树干的能量现存量,而枝、叶的能量现存量则保持一定稳定状态。这是怎样的机制造成的,有待于进一步探讨。要使林分净光合生产力达到高效,必须有一个由枝叶组成的合理的冠层空间结构。选择合理的造林密度或进行适度间伐,改善林分的空间结构,把它调整到对光合作用最佳枝叶空间分布组合,是提高林分光能利用率的一个重要途径。

会同和朱亭林分各组分能量分配比中,朱亭林分枝叶的能量分配比例高于会同,干材的能量分配比例低于会同。这种立地条件较差的林分枝叶中能量高分配和干材能量的低分配,是群落各组分之间及与环境之间长期互相作用、互相适应,在长期进化演替过程中形成的结果。造成这种能量分配比差异的内在机理目前还不十分明了。无论是从生物产量还是木材的经济效益角度出发,弄清这种能量分配比差异的内在机理,应是今后着重研究的重点。

林分能量的垂直空间分布中,地表平面和林冠 2/3 高度处分布的能量最多,这两个层次恰好是林分与周围环境进行水、光、气和热等物质交换的重要场所,表明一个系统内,凡是对养分和水分供求最激烈的地方,也是能量流向和聚集最多的地方。

References:

- [1] Gupta S K. Energy structure of standing crop in certain grasslands at Gyanpur. *Tropical Ecology*, 1972, 13: 147-155.
- [2] Jordan C F. Productivity of a tropical forest and its relation to a world pattern of energy storage. *Journal of Ecology*, 1971, 59(1): 127-142.
- [3] Lin Y M, Lin P, Li Z J, Yang Z W, Liu C D, He J Y. Study on energy of *Castanopsis Eyrei* community in Wuyi Mountains. *Acta Botanica Sinica*, 1996, 38(12): 898-994.
- [4] Lin P, Lin Y M, Li Z J, Yang Z W, Liu C D, He J Y. Study on energy of *Pinus taiwanensis* community in Wuyi Mountains. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(4): 504-508.
- [5] Zhang Q H, Ye G F, Lin Y M. Studies on energy of *Casuarina equisetifolia* plantation on degraded coastal sand. *Scientia Silvae Sinicae*, 2006, 42(8): 1-7.
- [6] Lin G H, Lin P. Studies on energy in two mangrove communities, *Bruguiera Sexangula* and *Kandeliac candel*, in China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 1988, 12(1): 31-39.
- [7] Yin Y, Lin P. Study on the energy of *Rhizophora stylosa* mangrove forest in Guangxi, China. *Journal of Xiamen University: Natural Science*, 1993, 32(1): 100-103.
- [8] Hu X S, Song X S, Hong W, Wu C Z. Energy storage and distribution in *Pinus Massoniana* plantations at different ages. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2008, 28(3): 208-211.
- [9] Fang Y T, Mo J M, Li D J, Cao Y S. Dynamics of energy distribution and its production of a *Pinus Massoniana* community in Dinghushan biosphere reserve. *Guihaia*, 2005, 25(1): 26-32.
- [10] Xie J S, Lin R Y, Huang R Z, Chen Y X, Yang Y S. Study on energy pattern of recovering the *P. massoniana* and Shrubs Mixed Forest on the serious degradation red soil. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, 37(S1): 131-136.
- [11] Zhang Q H, Ye G F, Lin Y M. Study on biomass and energy of main species plantation on the coast sandy in the South East of China. *Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition*, 2007, 31(3): 143-146.
- [12] Sang W G, Su H X, Chen L Z. Coupling biomass and energy in warm temperate deciduous broad-leaved oak (*Quercus Liaotungensis*) forest

- ecosystem. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(S1): 88-92.
- [13] Lin Y B, Ren H, Peng S L. The standing crop energy and energy flow of *Acacia mangium* plantation at Heshan, China. *Ecologic Science*, 2000, 19(6): 1-6.
- [14] Cao H L, Ren H, Peng S L. The community structure and energy characteristics of *Pinus Elliottii* Artificial Forest in Heshan. *Guihaia*, 1998, 18(1): 24-28.
- [15] Liu S R, Cai T J, Chai Y X, Ding B Y. Energy accumulation, distribution, fixation and transformation in man-made larch forest communities. *Chinese Journal of Ecology*, 1990, 9(6): 7-10.
- [16] Zhang Y N, Zhang Q C, Qi Q G, Li J H. Caloric values and total standing crop of energy of five dominant species in broad-leaved Korean Pine Forest in Changbai Mountains. *Journal of Northeast Forestry University*, 2010, 38(4): 3-6.
- [17] Li P P, Lu J, Wu Y Y, Fu W G. Dynamics of caloric value and energy production of dominant plant community in Binjiang wetland, Zhenjiang. *Journal of Zhejiang University: Agriculture and Life Sciences*, 2008, 34(2): 221-229.
- [18] Han F Y, Zhou Q Y, Chen S X, Chen W P, Li T H, Wu Z H, Jian M. Study on biomass and energy of two different-aged *Eucalyptus* stands. *Forest Research*, 2010, 23(5): 690-696.
- [19] Zhou Q Y, Chen S X, Han F Y, Chen W P, Wu Z H. Biomass and energy allocation in *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus tereticornis* plantations at different stand ages. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(1): 16-22.
- [20] Feng Z W, Chen C Y, Zhang J W, Zhao J L, Wang K P, Zeng S Y. The biological productivity on Chinese fir stands at different zone. *Acta Phytocologica Sinica*, 1984, 8(2): 93-100.
- [21] Xiao W F, Nie D P, Zhang J C. Study on biomass and energy use efficiency of the stands of *Cunninghamia Lanceolata* in China. *Forest Research*, 1999, 12(3): 137-243.
- [22] Yang F T. The plant calorific value and its measuring method. *Chinese Journal of Grassland*, 1982, 12(2): 63-65.
- [23] Odum E P. *Fundamentals of Ecology*. 3rd ed. Toronto: W. B. Saunders Co., 1971: 50-50.
- [24] Tao J C, Zang S X, Yang Z B. The allocation of the biomass and energy in *tapiscia sinensis*. *Acta Phytocologica Sinica*, 1990, 14(4): 319-327.

参考文献:

- [3] 林益明, 林鹏, 李振基, 杨志伟, 刘初钿, 何建源. 福建武夷山甜槠群落能量的研究. *植物学报*, 1996, 38(12): 989-994.
- [4] 林鹏, 林益明, 李振基, 杨志伟, 刘初钿, 何建源. 武夷山黄山松群落能量的研究. *生态学报*, 1999, 19(4): 504-508.
- [5] 张清海, 叶功富, 林益明. 海岸退化沙地木麻黄人工林能量的研究. *林业科学*, 2006, 42(8): 1-7.
- [6] 林光辉, 林鹏. 海莲、秋茄两种红树群落能量的研究. *植物生态学报*, 1988, 12(1): 31-39.
- [7] 尹毅, 林鹏. 广西红海榄红树群落的能量研究. *厦门大学学报: 自然科学版*, 1993, 32(1): 100-103.
- [8] 胡喜生, 宋辛森, 洪伟, 吴承祯. 不同年龄马尾松林能量及空间分布特征. *福建林学院学报*, 2008, 28(3): 208-211.
- [9] 方运霆, 莫江明, 李德军, 曹裕松. 鼎湖山马尾松群落能量分配及其生产的动态. *广西植物*, 2005, 25(1): 26-32.
- [10] 谢锦升, 林瑞余, 黄荣珍, 陈银秀, 杨玉盛. 严重退化红壤上恢复的马尾松-灌木混交林群落能量格局的研究. *林业科学*, 2001, 37(S1): 131-136.
- [11] 张清海, 叶功富, 林益明. 东南滨海沙地主要造林树种的生物量与能量. *南京林业大学学报: 自然科学版*, 2007, 31(3): 143-146.
- [12] 桑卫国, 苏宏新, 陈灵芝. 东灵山暖温带落叶阔叶林生物量和能量密度研究. *植物生态学报*, 2002, 26(sep): 88-92.
- [13] 林永标, 任海, 彭少麟. 鹤山马占相思人工林的能量现存量及能量流动. *生态科学*, 2000, 19(6): 1-6.
- [14] 曹洪麟, 任海, 彭少麟. 鹤山湿地松人工林的群落结构与能量特征. *广西植物*, 1998, 18(1): 24-28.
- [15] 刘世荣, 蔡体久, 柴一新, 丁宝永. 落叶松人工林群落能量积累、分配、固定和转化的研究. *生态学杂志*, 1990, 9(6): 7-10.
- [16] 张英楠, 张启昌, 其其格, 李晶华. 长白山阔叶红松林 5 种优势树种的热值和能量现存量. *东北林业大学学报*, 2010, 38(4): 3-6.
- [17] 李萍萍, 陆军, 吴沿友, 付为国. 镇江滨江湿地优势植物种群的热值及其能量生产动态. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 2008, 34(2): 221-229.
- [18] 韩斐扬, 周群英, 陈少雄, 陈文平, 李天会, 吴志华, 简明. 2 种桉树不同林龄生物量与能量的研究. *林业科学研究*, 2010, 23(5): 690-696.
- [19] 周群英, 陈少雄, 韩斐扬, 陈文平, 吴志华. 不同林龄尾细桉人工林的生物量和能量分配. *应用生态学报*, 2010, 21(1): 16-22.
- [20] 冯宗炜, 陈楚莹, 张家武, 赵吉录, 王开平, 曾士余. 不同自然地带杉木林的生物生产力. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1984, 8(2): 93-100.
- [21] 肖文发, 聂道平, 张家诚. 我国杉木林生物量与能量利用率的研究. *林业科学研究*, 1999, 12(3): 137-243.
- [22] 杨福国. 植物热值及其测定方法. *中国草地学报*, 1982, 12(2): 63-65.
- [24] 陶金川, 宗世贤, 杨志斌. 银鹊树群落生物量和能量的分配. *植物生态学报*, 1990, 14(4): 319-327.

CONTENTS

Widespread of anaerobic ammonia oxidation bacteria in an eutrophic freshwater lake wetland and its impact on nitrogen cycle	WANG Shanyun, ZHU Guibing, QU Dongmei, et al (6591)
Responses of soil enzyme activities of degraded coastal saline wetlands to irrigation with treated paper mill effluent	XIA Mengjing, MIAO Ying, LU Zhaoxia, et al (6599)
Wetland ecosystem health assessment of the Tumen River downstream	ZHU Weihong, GUO Yanli, SUN Peng, et al (6609)
An index of biological integrity: developing the methodology for assessing the health of the Baiyangdian wetland	CHEN Zhan, LIN Bo, SHANG He, et al (6619)
MODIS-based analysis of wetland area responses to hydrological processes in the Dongting Lake	LIANG Jie, CAI Qing, GUO Shenglian, et al (6628)
The diversity of invasive plant <i>Spartina Alterniflora</i> rhizosphere bacteria in a tidal salt marshes at Chongming Dongtan in the Yangtze River estuary	ZHANG Zhengya, DING Chengli, XIAO Ming (6636)
Analyzing the azimuth distribution of tree ring $\delta^{13}\text{C}$ in subtropical regions of eastern China using the harmonic analysis	ZHAO Xingyun, LI Baohui, WANG Jian, et al (6647)
In the process of grassland degradation the spatial pattern and spatial association of dominant species	GAO Fuyuan, ZHAO Chengzhang (6661)
Activities of soil oxidoreductase and their response to seasonal freeze-thaw in the subalpine/alpine forests of western Sichuan	TAN Bo, WU Fuzhong, YANG Wanqin, et al (6670)
Simulating the effects of forestry classified management on forest biomass in Xiao Xing'an Mountains	DENG Huawei, BU Rencang, LIU Xiaomei, et al (6679)
The simulation of three-dimensional canopy net photosynthetic rate of apple tree	GAO Zhaoquan, ZHAO Chenxia, ZHANG Xianchuan, et al (6688)
The effect of <i>Phomopsis</i> B3 and organic fertilizer used together during continuous cropping of strawberry (<i>Fragaria ananassa</i> Duch) ...	HAO Yumin, DAI Chuanchao, DAI Zhidong, et al (6695)
Temporal and spatial variations of DOC, DON and their function group characteristics in larch plantations and possible relations with other physical-chemical properties	SU Dongxue, WANG Wenjie, QIU Ling, et al (6705)
Comparisons of quantitative characteristics and spatial distribution patterns of <i>Eremosparton songoricum</i> populations in an artificial sand fixed area and a natural bare sand area in the Gurbantunggut Desert, Northwestern China	ZHANG Yongkuan, TAO Ye, LIU Huiliang, et al (6715)
Comparison study on macroinvertebrate assemblage of riffles and pools: a case study of Dong River in Kaixian County of Chongqing, China	WANG Qiang, YUAN Xingzhong, LIU Hong (6726)
Nekton community structure and its relationship with main environmental variables in Lidao artificial reef zones of Rongcheng	WU Zhongxin, ZHANG Lei, ZHANG Xiumei, et al (6737)
Zooplankton diversity and its variation in the Northern Yellow Sea in the autumn and winter of 1959, 1982 and 2009	YANG Qing, WANG Zhenliang, FAN Jingfeng, et al (6747)
Building ecological security pattern based on land use: a case study of Ordos, Northern China	MENG Jijun, ZHU Likai, YANG Qianet al (6755)
Additive partition of species diversity across multiple spatial scales in community culturally protected forests and non-culturally protected forests	GAO Hong, CHEN Shengbin, OUYANG Zhiyun (6767)
Environmental perception of farmers of different livelihood strategies: a case of Gannan Plateau	ZHAO Xueyan (6776)
Application and comparison of two prediction models for groundwater dynamics	ZHANG Xia, LI Zhanbin, ZHANG Zhenwen, et al (6788)
Pollination success of <i>Phaius delavayi</i> in Huanglong Valley, Sichuan	HUANG Baoqiang, KOU Yong, AN Dejun (6795)
Mechanism of nitrification inhibitor on nitrogen-transformation bacteria in vegetable soil	YANG Yang, MENG Denglong, QIN Hongling, et al (6803)
Archaea diversity in water of two typical brackish lakes in Xinjiang	DENG Lijuan, LOU Kai, ZENG Jun, et al (6811)
Abundance and biomass of heterotrophic flagellates in Baiyangdian Lake, as well as their relationship with environmental factors	ZHAO Yujuan, LI Fengchao, ZHANG Qiang, et al (6819)
Effects of bisphenol A on the toxicity and life history of the rotifer <i>Brachionus calyciflorus</i>	LU Zhenghe, ZHAO Baokun, YANG Jiaxin (6828)
Effect of incubation temperature on behavior and metabolism in the Chinese cornsnake, <i>Elaphe bimaculata</i>	CAO Mengjie, ZHU Si, CAI Ruoru, et al (6836)
Functional and numerical responses of <i>Mallada besalis</i> feeding on <i>Coreyra cephalonica</i> eggs	LI Shuiquan, HUANG Shoushan, HAN Shichou, et al (6842)
Stability analysis of mutualistic-parasitic coupled system	GAO Lei, YANG Yan, HE Junzhou, et al (6848)
Effect of ultra-micro powder qiweibaishuan on the intestinal microbiota and enzyme activities in mice	TAN Zhoujin, WU Hai, LIU Fulin, et al (6856)
Review and Monograph	
The effects of nitrogen deposition on forest carbon sequestration: a review	CHEN Hao, MO Jiangming, ZHANG Wei, et al (6864)
Effect of enhanced CO ₂ level on the physiology and ecology of phytoplankton	ZHAO Xuhui, KONG Fanxiang, XIE Weiwei, et al (6880)
Transboundary protected areas as a means to biodiversity conservation	SHI Longyu, LI Du, CHEN Lei, et al (6892)
Scientific Note	
The energy storage and its distribution in 11-year-old chinese fir plantations in Huitong and Zhuting	KANG Wenxing, XIONG Zhengxiang, HE Jienan, et al (6901)
Spatial pattern of sexual plants and vegetative plants of <i>Stipa krylovii</i> population in alpine degraded grassland	REN Heng, ZHAO Chengzhang, GAO Fuyuan, et al (6909)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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

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 32 卷 第 21 期 (2012 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 21 (November, 2012)

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	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
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:1000717	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 70.00 元