

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

中国生态学会2011年学术年会专辑



第31卷 第19期 Vol.31 No.19 2011

中国生态学会
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 31 卷 第 19 期 2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

卷首语	本刊编辑部 (I)
我国生态学研究及其对社会发展的贡献	李文华 (5421)
生态学的现任务——要在混乱和创新中前进	蒋有绪 (5429)
发展的生态观:弹性思维.....	彭少麟 (5433)
中国森林土壤碳储量与土壤碳过程研究进展	刘世荣,王 晖,栾军伟 (5437)
区域尺度陆地生态系统碳收支及其循环过程研究进展.....	于贵瑞,方华军,伏玉玲,等 (5449)
流域尺度上的景观格局与河流水质关系研究进展	刘丽娟,李小玉,何兴元 (5460)
中国珍稀濒危孑遗植物珙桐种群的保护.....	陈 艳,苏智先 (5466)
水资源投入产出方法研究进展.....	肖 强,胡 聃,郭 振,等 (5475)
我国害鼠不育控制研究进展.....	刘汉武,王荣欣,张凤琴,等 (5484)
基于 NDVI 的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的响应研究	李辉霞,刘国华,傅伯杰 (5495)
毛乌素沙地克隆植物对风蚀坑的修复.....	叶学华,董 鸣 (5505)
近 50 年黄土高原地区降水时空变化特征.....	王麒翔,范晓辉,王孟本 (5512)
森林资源可持续状况评价方法.....	崔国发,邢韶华,姬文元,等 (5524)
黄土丘陵区景观格局对水土流失过程的影响——景观水平与多尺度比较.....	王计平,杨 磊,卫 伟,等 (5531)
未来 10 年黄土高原气候变化对农业和生态环境的影响	俄有浩,施 茜,马玉平,等 (5542)
山东近海生态资本价值评估——近海生物资源现存量价值.....	杜国英,陈 尚,夏 涛,等 (5553)
山东近海生态资本价值评估——供给服务价值.....	王 敏,陈 尚,夏 涛,等 (5561)
特大冰冻灾害后大明山常绿阔叶林结构及物种多样性动态.....	朱宏光,李燕群,温远光,等 (5571)
低磷和干旱胁迫对大豆植株干物质积累及磷效率的影响	乔振江,蔡昆争,骆世明 (5578)
中国环保模范城市生态效率评价.....	尹 科,王如松,姚 亮,等 (5588)
污染足迹及其在区域水污染压力评估中的应用——以太湖流域上游湖州市为例.....	焦雯璐,闵庆文,成升魁,等 (5599)
近二十年来上海不同城市空间尺度绿地的生态效益.....	凌焕然,王 伟,樊正球,等 (5607)
城市社区尺度的生态交通评价指标.....	戴 欣,周传斌,王如松,等 (5616)
城市生态用地的空间结构及其生态系统服务动态演变——以常州市为例	李 锋,叶亚平,宋博文,等 (5623)
中国居民消费隐含的碳排放量变化的驱动因素	姚 亮,刘晶茹,王如松 (5632)
煤矿固废资源化利用的生态效率与碳减排——以淮北市为例	张海涛,王如松,胡 聃,等 (5638)
城市遮阴环境变化对大叶黄杨光合过程的影响.....	于盈盈,胡 聃,郭二辉,等 (5646)
广东永汉传统农村的聚落生态观	姜雪婷,严力蛟,后德仟 (5654)
长江三峡库区昆虫丰富度的海拔梯度格局——气候、土地覆盖及采样效应的影响	刘 晔,沈泽昊 (5663)
东南太平洋智利竹筴鱼资源和渔场的时空变化	化成君,张 衡,樊 伟 (5676)
豚草入侵对中小型土壤动物群落结构特征的影响.....	谢俊芳,全国明,章家恩,等 (5682)

我国烟粉虱早春发生与秋季消退·····	陈春丽, 鄧军锐, 戈 峰, 等 (5691)
变叶海棠及其伴生植物峨眉小檗的水分利用策略 ·····	徐 庆, 王海英, 刘世荣 (5702)
杉木人工林不同深度土壤 CO ₂ 通量·····	王 超, 黄群斌, 杨智杰, 等 (5711)
不同浓度下四种除草剂对福寿螺和坑螺的生态毒理效应·····	赵 兰, 骆世明, 黎华寿, 等 (5720)
短期寒潮天气对福州市绿地土壤呼吸及组分的影响·····	李熙波, 曾文静, 李金全, 等 (5728)
黄土丘陵沟壑区景观格局对流域侵蚀产沙过程的影响——斑块类型水平·····	王计平, 杨 磊, 卫 伟, 等 (5739)
气候变化对物种分布影响模拟中的不确定性组分分割与制图——以油松为例·····	张 雷, 刘世荣, 孙鹏森, 等 (5749)
北亚热带马尾松年轮宽度与 NDVI 的关系 ·····	王瑞丽, 程瑞梅, 肖文发, 等 (5762)
物种组成对高寒草甸植被冠层降雨截留容量的影响·····	余开亮, 陈 宁, 余四胜, 等 (5771)
若尔盖湿地退化过程中土壤水源涵养功能 ·····	熊远清, 吴鹏飞, 张洪芝, 等 (5780)
桂西北喀斯特峰丛洼地不同植被演替阶段的土壤脲酶活性·····	刘淑娟, 张 伟, 王克林, 等 (5789)
利用混合模型分析地域对国内马尾松生物量的影响 ·····	符利勇, 曾伟生, 唐守正 (5797)
火烧对黔中喀斯特山地马尾松林土壤理化性质的影响·····	张 喜, 朱 军, 崔迎春, 等 (5809)
不同培育时间侧柏种基盘苗根系生长和分布·····	杨喜田, 董娜琳, 闫东锋, 等 (5818)
Cd ²⁺ 与 CTAB 复合污染对枫香幼苗生长与生理生化特征的影响 ·····	章 芹, 薛建辉, 刘成刚 (5824)
3 种入侵植物叶片挥发物对早稻幼苗根的影响 ·····	张凤娟, 徐兴友, 郭艾英, 等 (5832)
米槠-木荷林优势种群的年龄结构及其更新策略 ·····	宋 坤, 孙 文, 达良俊 (5839)
褐菖鲉肝 CYP 1A 作为生物标志物监测厦门海域石油污染状况 ·····	张玉生, 郑榕辉, 陈清福 (5851)
基于输入-输出流分析的生态网络 φ 模式能流、ρ 模式能流测度方法 ·····	李中才, 席旭东, 高 勤, 等 (5860)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 444 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 50 * 2011-10



封面图说: 胡杨是我国西北干旱沙漠地区原生的极其难得的高大乔木, 树高 15—30 米, 能忍受荒漠中的干旱环境, 对盐碱有极强的忍耐力。为适应干旱气候一树多态叶, 因此胡杨又称“异叶杨”。它对于稳定荒漠河流地带的生态平衡, 防风固沙, 调节绿洲气候和形成肥沃的森林土壤具有十分重要的作用。秋天的胡杨林一片金光灿烂。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

王瑞丽,程瑞梅,肖文发,封晓辉,刘泽彬,王晓荣.北亚热带马尾松年轮宽度与 NDVI 的关系.生态学报,2011,31(19):5762-5770.

Wang R L, Cheng R M, Xiao W F, Feng X H, Liu Z B, Wang X R. Relationship between masson pine tree-ring width and NDVI in North Subtropical Region. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(19): 5762-5770.

北亚热带马尾松年轮宽度与 NDVI 的关系

王瑞丽¹,程瑞梅^{1,*},肖文发¹,封晓辉¹,刘泽彬¹,王晓荣^{1,2}

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所国家林业局森林生态环境重点实验室,北京 1000091;

2. 湖北省林业科学研究院,武汉 430079)

摘要:北亚热带地处暖温带向亚热带的过渡地区,对环境变化较为敏感。因此,研究北亚热带马尾松年轮宽度与森林 NDVI 的关系对于揭示陆地生态系统对全球气候变化的响应具有重要意义。以马尾松自然分布北界的南郑县和河南省鸡公山自然保护区为研究地点,利用北亚热带马尾松年轮宽度指数和 1982—2006 年逐月 NOAA/AVHRR 的归一化植被指数(NDVI)数据及气候数据,在分析年轮宽度及 NDVI 与气候因子关系的基础上,重点讨论了北亚热带马尾松径向生长与 NDVI 之间的关系。结果表明:北亚热带 NDVI 受水热条件的共同控制,其中与月均温相关性较强,且以正相关为主,与月降水量和干旱度指数多负相关;马尾松的径向生长与上一生长季的温度呈正相关,降水和干旱度指数为负相关,当年生长季内的温度和降水以促进作用为主,而与干旱度指数的关系在两地区内相反;南郑县和鸡公山地区年轮宽度与 NDVI 年值之间关系均不显著($P>0.05$)。单月来讲,南郑县 3、4、12 月 NDVI 值与年表显著相关,鸡公山地区 9 月份的 NDVI 值与差值年表 RES 相关性最大;南郑县树木生长受温度影响最大,而鸡公山地区受温度和降水的综合作用。因此,在北亚热带地区,长时间序列的年轮宽度数据并不能很好反应 NDVI 的长期变化,利用树轮宽度指数来重建北亚热带地区 NDVI 需要进一步研究。

关键词:北亚热带;年轮宽度指数;NDVI;马尾松

Relationship between masson pine tree-ring width and NDVI in North Subtropical Region

WANG Ruili¹, CHENG Ruimei^{1,*}, XIAO Wenfa¹, FENG Xiaohui¹, LIU Zebin¹, WANG Xiaorong^{1,2}

1 Key Laboratory of Forest Ecology and Environment, the State Forestry Administration; Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

2 Hubei Forestry Academy, Wuhan 430079, China

Abstract: North Subtropical Area of China, located in the transition from warm temperate zone to the subtropical, is more sensitive to environmental changes. Therefore, study on the relationship between masson pine (*Pinus Massoniana*) tree-ring width data and NDVI in north subtropical region where masson pine growth is more sensitive to changes of climatic factors, is of much importance to reveal how the terrestrial ecosystems respond to global climate change.

As the northern boundary of masson pine natural distribution, Nanzheng county of Shanxi Province and Jigongshan National Nature Reserve of Henan Province were selected. Using masson pine tree-ring width indices, monthly normalized difference vegetation index (NDVI) and climatic data from 1982 to 2006, the relationships between tree-ring width indices, NDVI, and climatic data, including monthly mean temperature, precipitation and the Palmer Drought Severity Index (PDSI) were analyzed firstly. Then, the relationship between tree-ring width indices and NDVI of forest was explored. The results showed that North Subtropical vegetation index NDVI was influenced by the hydrothermal conditions, and monthly NDVI was mainly positive to monthly mean temperature, negatively related to monthly mean precipitation and PDSI. In

基金项目:国家林业局林业公益专项资助(200804001);中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所专项资金(CAFRIFEEP201006)

收稿日期:2011-06-17; **修订日期:**2011-07-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chengrm@caf.ac.cn

addition, the correlation coefficient between NDVI and temperature was larger than other factors. Masson pine radial growth was positive to temperature of last growing season, while negative to precipitation and PDSI. Temperature and precipitation during the growing season of the same year promoted the pine radial growth, the influences of PDSI on Nanzheng county and Jigongshan were opposite. In northern subtropical region, the relationship between masson pine tree-ring width and forest NDVI was not significant ($P > 0.05$). However, NDVI of Nanzheng County in March, August and December were significantly associated with two chronologies, NDVI of Jigongshan region in September associated with the RES chronology with the biggest correlation coefficient. Through analyzing synthetically, we figure out that the tree growth of Nanzheng county was mainly affected by temperature, that of Jigongshan was influenced by the interaction of temperature and precipitation. In conclusion, we imply that long time series of ring width data does not reflect well the long-term vegetation changes in the northern subtropical region, and it is unreasonable to model and reconstruct the long-term vegetation changes and productivity using tree radial growth. Therefore, the further study is still required to reconstruct regional NDVI using tree-ring width chronologies in the North Subtropical Region.

Key Words: north subtropical Region; tree ring width indices; forest NDVI; masson pine

树木年轮是树木生长历史的记录载体^[1], 树轮数据具有分辨率高、样本分布广泛、时间序列长、定年准确、环境变化指示意义明确且可定量等优势, 是研究树木生长外部环境的重要手段, 在过去全球变化研究中发挥着重要作用^[2]。归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)能准确地反映植被的覆盖度、生长状况、绿色叶片生物量、叶面积指数及光合作用^[3], 已经成为森林生长动态监测、净初级生产力估算的重要数据源^[4-5]。由于 NDVI 的时间序列较短, 在研究植被的长期变化上无法满足要求, 已有不少研究者试图通过建立树轮指数与植被 NDVI 的关系, 来弥补 NDVI 数据在植被长期变化研究中的不足。目前, 树轮指数和植被指数之间关系的研究多集中在中高纬度地区。Berner 等^[6]发现俄罗斯和加拿大高纬度地区 1982 年—2008 年夏季森林 NDVI 值与树木年轮宽度正相关; Malmström 等^[7]在美国阿拉斯加的研究结果表明纸皮桦(*Betula papyrifera*)和白云杉(*Picea glauca*)树木年轮宽度与利用 NDVI 估算得到 NPP 之间有显著的正相关($r=0.86$); 在北美和欧亚大陆中高纬地区^[8-9]、美国中部大平原^[10]、俄罗斯西北部泰加林^[11]等, 均发现树木年轮宽度与植被 NDVI 有较强的相关性。国内就树轮指数和植被指数之间关系的研究还较少, 大多数学者是将二者独立展开研究。何吉成等分别于 2005 年、2006 年研究了德令哈及漠河地区树轮宽度与 NDVI 的相关性^[12-13], 得出生长季植被 NDVI 与树轮指数密切相关; 王文志等^[14]发现祁连山地区 NDVI 变化与宽度年表的第一主成分相关性较高, 并利用祁连山树轮宽度指数进行了区域 NDVI 的重建。

马尾松(*Pinus massoniana*)是我国特产的乡土树种, 也是我国松树中分布最广、资源最多、生境差异较大的树种, 在我国林业生产中一直占有重要地位。亚热带北界是暖温带与北亚热带的交界, 其北界位置随着冷暖期的交替而向南北推移, 是气候变化的敏感区域^[15]。在亚热带地区马尾松是为数不多的进行了树木年轮学研究的树种之一^[16-17], 但马尾松树轮指数与 NDVI 的关系未见报道。本研究选取马尾松地理分布的北缘南郑县和鸡公山自然保护区, 采用 1982—2006 年马尾松年轮宽度指数与森林逐月 NDVI 数据及气候数据, 讨论了马尾松年轮宽度与 NDVI 二者之间的关系, 旨在为研究亚热带森林植被指数与树木年轮的关系奠定基础。

1 研究区概况与数据

1.1 研究区概况

本研究区分别为北亚热带的陕西省南郑县和河南省鸡公山自然保护区, 样地位置及概况见图 1。

陕西省南郑县位于汉中盆地, 平均海拔 550 m 以上, 该地区地处秦岭和巴山山脉中间, 是北亚热带向暖温带过渡的边缘地带, 全年气候温暖湿润, 夏无酷暑, 冬无严寒, 四季分明^[18]; 年均降水量为 907.7 mm, 温度年变化较大, 1 月温度最低, 累年平均为 2.3℃, 7 月温度最高, 累年平均为 25.2℃。该地区地带性土壤为黄棕壤, 马尾松大量分布在海拔 1000 m 以下的低山丘陵区, 接近北亚热带地区垂直分布的上限。该地区在建国后

营造了大面积的次生林,人为干扰较少,林下灌木主要有油茶 (*Camellia oleifera*)、檫木 (*Loropetalum chinense*) 和白栎 (*Quercus fabri*) 等^[17]。采样点选择在红寺湖景区 (32.45°N, 106.25°E), 平均海拔 630 m, 林分内平均树高 19.08 m, 平均胸径为 29.48 cm, 样地郁闭度为 0.9。

鸡公山国家级自然保护区 (114.01°—114.06°E, 31.46°—31.52°N) 位于河南信阳, 是我国南北的天然分界线。该地区属于北亚热带季风气候, 年均温度 15.2°C, 1 月均温 2°C, 7 月均温 27.5°C, 无霜期 220d。年均降雨 1118.7mm, 大部分集中在 5—9 月。该区植被类型属于亚热带常绿、落叶混交林, 由于人类活动原始植被保存很少, 人工林和次生林占主要地位, 有大面积的马尾松人工林, 林下有少量檫木 (*Loropetalum chinense*)、油桐 (*Vernicia fordii*)、麻栎 (*Quercus acutissima*)、栓皮栎 (*Quercus variabilis*) 等灌木和少量的草本植物。马尾松老龄林 (林龄大 30a) 主要分布在保护区的下坡, 栽植于 20 世纪 60 年代初期, 作为树芯取样点。林分内平均海拔 210m, 平均树高 21.59 m, 平均胸径为 27.32 cm, 郁闭度为 0.8^[16]。

1.2 研究数据与处理方法

1.2.1 NDVI 数据

本研究所使用的卫星数据为 GIMMS 数据集的 NOAA/ AVHRR NDVI 数字影像, 来自地球系统科学数据共享平台^[19], 空间分辨率 8 km×8km, 时间段为 1982 年 1 月至 2006 年 12 月。对全部 NDVI 数据进行辐射校正和几何粗校正, 再对每日、每轨图像进行几何精校正、除坏线、除云等处理, 然后进行 NDVI 计算及合成, 最后对结果影像两两比较, 选出 NDVI 最大值作为 NDVI 值。本数据集为每 15 d 合成的最大化 NDVI 数据, 分辨率为 1°。利用最大值合成方法 (maximum value composition, MVC) 将半月 NDVI 数据生成月 NDVI, 该方法可进一步消除云、大气、太阳高度角的部分干扰。将一年 12 个月的 NDVI 取平均值 (NDVI_a) 表示年内植被的平均生长状况, 年 NDVI 最大值 (NDVI_{max}) 则反映了当年地表植被生长的最好状况^[20]。一般认为 NDVI 值超过 0.1 表示有植被覆盖, NDVI 值越大则植被覆盖率越高。

1.2.1 树轮数据及气候数据

封晓辉等^[17]利用生长锥于 2009 年 10 月分别在南郑县和鸡公山国家级自然保护区内钻取马尾松人工林树芯, 经过干燥、固定和打磨后, 利用 LINTAB 年轮分析系统测量年轮的宽度, 将得到的年轮宽度序列用 COFECHA 软件交叉定年, ARSTAN 去趋势得到年轮宽度指数序列, 即年表。由于自回归年表 (ARS) 和标准年表 (STD) 的相关性为 0.988, 所以只选择标准年表 (STD) 和差值年表 (RES) 进行分析。采样方法、样芯处理及年轮宽度指数序列的建立封晓辉等^[17]文中有详细介绍。

所用气候数据来自国家气象局汉中气象站 (33.04°N, 107.02°E) 和信阳气象站 (32.08°N, 114.03°E) 的气候数据, 包括平均温度、降水量、光照时间等月值资料和年值资料。帕尔默干旱度指数 (Palmer Drought Severity Index, PDSI) 是代表土壤干旱程度的指数, 不仅考虑到某一时段的降水等土壤水分的吸收, 还综合了空气温度、空气湿度、地表蒸发、径流等因子, 客观全面地反应了土壤的水分可用性, 是目前使用最广泛的干旱

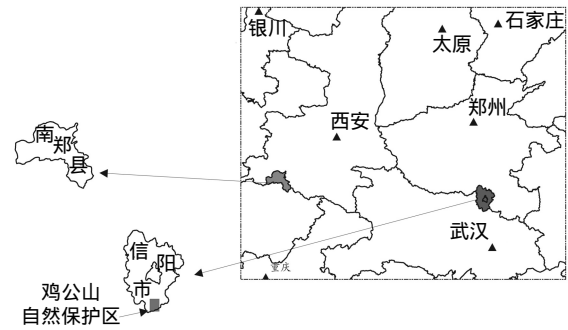


图 1 研究区位置

Fig. 1 Location of study area

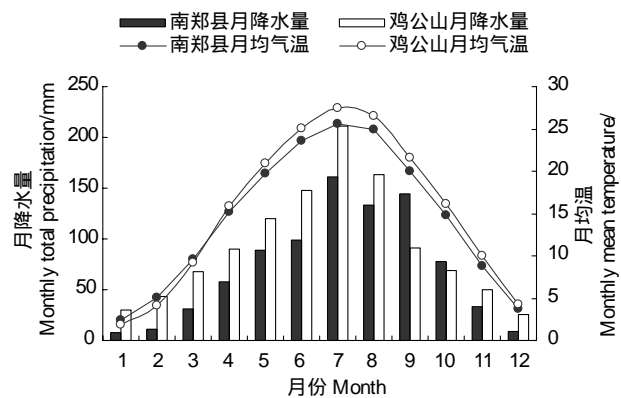


图 2 南郑县和鸡公山地区月平均气温与降水量的变化

Fig. 2 Monthly mean temperature and precipitation of Nanzheng county and Jigongshan

指标^[21]。PDSI 数值越高表明水分供应越充足,反之越低则表明某一时间越干旱。本研究中 PDSI 是由美国国家气候中心 Dai 提供的 2.5 个经纬度的格点数据^[22],选择与研究区最近的点(分别为 33.75°N,105.25°E 和 31.25°N,113.75°E)的干旱度指数进行气候分析。

为了在时间上和 NDVI 数据统一,本研究仅采用了 1982—2006 年间的年表数据和气候数据进行分析。利用 Pearson 相关系数来表征 NDVI 和年轮宽度之间及二者与气候因子的相互关系。

2 研究结果与分析

2.1 NDVI 月值与气候因子的关系

对 1982—2006 年间 12 个月份 NDVI 与气候资料(包括月均气温、月降水量和干旱度指数)统计分析可知(图 3),南郑县和鸡公山地区各月 NDVI 与气候因素的相关性差异较大,但 NDVI 值与月均温相关性较强,且以正相关为主,与月降水量和干旱度指数多负相关。其中,南郑县内 1 月、4 月平均气温与当月 NDVI 值极显著正相关($P<0.01$),1 月、8 月气温对鸡公山地区 NDVI 影响显著($P<0.05$);1 月和 8 月份降水分别对南郑县和鸡公山 NDVI 影响较大;南郑县 4 月、8 月和 9 月的干旱度指数与当月 NDVI 值关系密切,其中与 4 月份干旱度指数极显著负相关($P<0.01$),8 月、9 月为显著正相关($P<0.05$)。鸡公山地区干旱度指数对 NDVI 值影响较小。

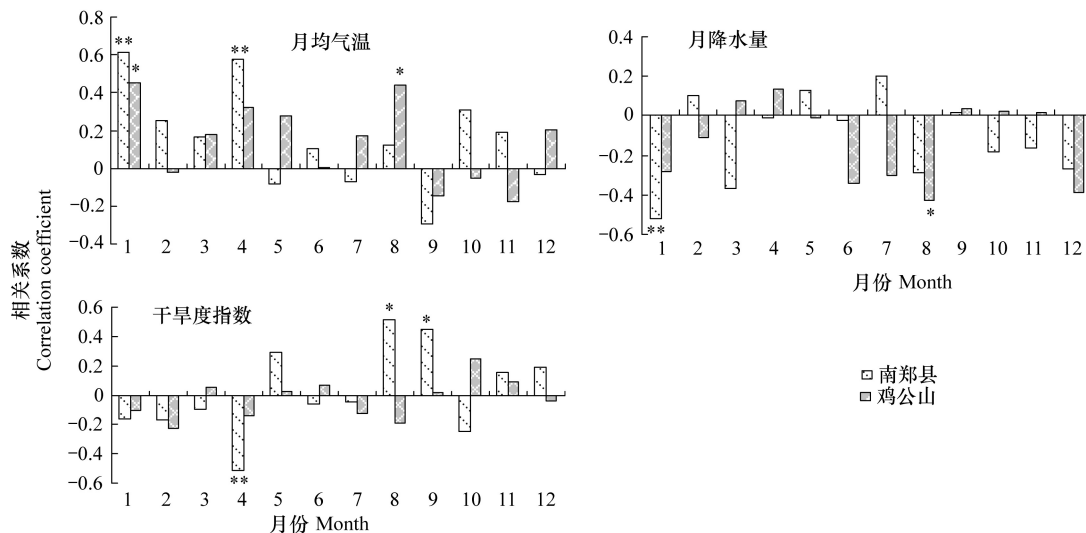


图 3 1982—2006 年内逐月 NDVI 与气候因子的相关系数

Fig. 3 Correlation coefficients between monthly NDVI and climatic factors from 1982 to 2006

*, $P<0.05$; **, $P<0.01$

上年 12 月至当年 2 月马尾松顶芽发育完成,直径生长停止,地上部分停止生长^[23],此时温度越高有利于生长季的延长,而大量的降水不利于芽萌发。因此,初春温度与 NDVI 的变化呈正相关,而降水多为抑制作用。在 4 月份,随着温度升高,树木生长加快,而雨季还未到来,土壤水分的供给往往不足。因此,4 月份 NDVI 与月均温正相关,与干旱度指数负相关。6—8 月份出现明显的高温多雨季节,土壤水分处于饱和状态,树木实际可利用的水分不对,抑制了植物生长。此时温度对植被生长受温度影响不明显,主要与降水呈负相关,与干旱度指数呈正相关。

2.2 年轮宽度与气候因子的相关性分析

本研究中,由于 RES 年表比 STD 年表的各种统计特征要好^[17],因此用 RES 年表代表马尾松径向生长。树木的生长不仅受到当年生长季节的气候条件限制,也受到上一年的气候条件的影响,通常对上一生长季的气候条件也进行分析。因此,本研究采用上年 6 月到当年 12 月的气候资料进行分析。在南郑县和鸡公山两个地方,马尾松的径向生长与上年和当年各月的平均温度的关系相反。在南郑县,各月的平均气温与生长多

为正相关,其中上年的6、7月,当年的1月、8月、9月与生长显著正相关。但是鸡公山各月的平均温度与生长负相关较多,其中5月的平均温度与生长显著正相关,其它各月的相关系数不显著;上年的月降水量与两个地区马尾松的径向生长多为负相关,而当年的月降水量对两个地区的影响存在差异。南郑县上年的6月、当年的5月和8月对马尾松径向生长的影响达到显著水平。其中,上年6月和当年8月为抑制作用,而当年的5月为促进作用。鸡公山地区的生长受到降水的影响较大,其中上年的8月和当年的10月为显著的抑制作用而当年的1月、3月、5月和7月为正相关。汉中的干旱度指数与生长全部为负相关,其中上年6月到当年1月相关系数较高。而在鸡公山上一年6月到当年的2月为负相关3月到12月为正相关。

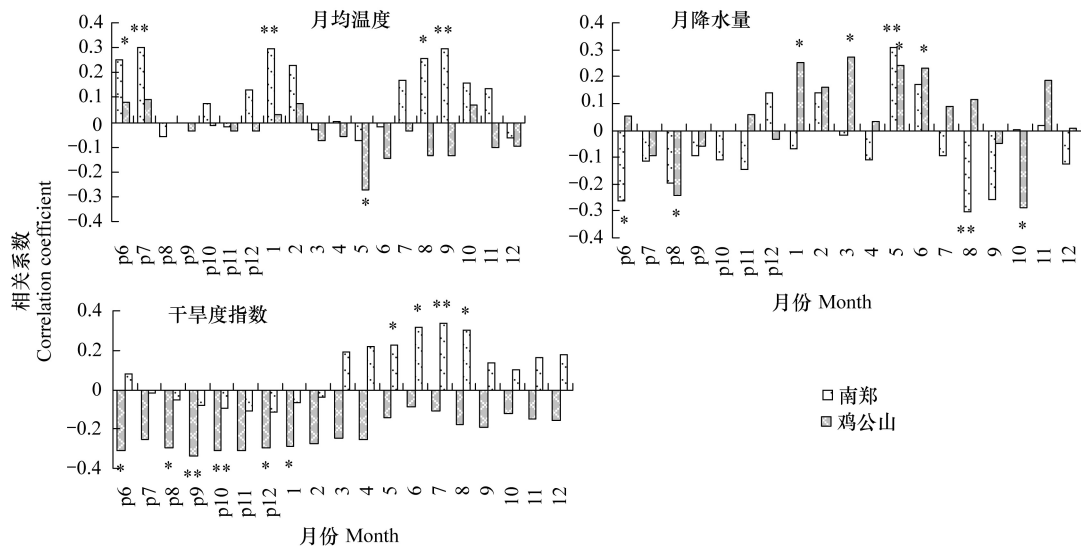


图4 RES年表与环境因素的相关分析

Fig. 4 Correlation coefficients between the residual chronologies and environmental factors

2.3 年轮宽度与NDVI的关系

通过分析南郑县和鸡公山地区1982—2006年年轮宽度、NDVI年值及气候因子的相关性(表1),发现两地区年轮宽度与NDVI年值之间关系均未达到显著水平($P>0.05$)。南郑县内STD年表与年均温显著正相关,而与年均降水量和干旱度指数呈显著负相关,RES年表与气候因素相关性不明显;NDVI_{max}与年均温呈极显著负相关($P<0.01$)。鸡公山内各因素之间相关性均不显著水平($P>0.05$)。NDVI_{max}反映了当年地表植被生长的最好状况,在本研究区内NDVI_{max}多出现在6—8月,此时为高温多雨季节,过高的温度使林木代谢加快、蒸腾加强,反而限制了树木生长。差值年表比常规的标准化年表含更多的气候要素变化信息,并更能代表树木总体的变化^[24]。本研究中,南郑县内RES年表与NDVI_{max}呈负相关,与年均温和降水正相关,而与干旱度指数负相关;鸡公山地区RES年表与NDVI_{max}呈正相关,与年均温负相关,而与降水和干旱度指数正相关,但都未达到显著水平($P>0.05$)。南郑县马尾松径向生长受温度影响最大,而鸡公山地区与干旱度指数相关性最大,即受温度和降水的综合作用。

进一步分析年轮宽度与NDVI月值的相关性(图5),可以发现南郑县和鸡公山地区STD、RE年表与NDVI月值以正相关为主。就单月NDVI而言,5—8月NDVI与2种年表的相关性较低,均未达到显著水平($P>0.05$),南郑县4月NDVI值与STD表现为显著相关($r=0.427, P<0.05$),3月份和12月份NDVI值与RES也具有较高相关性($r=0.429, 0.418, P<0.05$);鸡公山地区9月份NDVI值与2种年表的相关性均达到了显著水平,其中与RES相关性最大($r=0.511, P<0.01$)。

3 讨论

在北方针叶林为主要植被类型的中高纬度地区, Berner等^[6]发现俄罗斯和加拿大北部1982—2008年间夏季(6—8月)森林NDVI值与树木年轮宽度指数正相关;在俄罗斯西北部也得到了同样的结论^[11]。而德

表 1 年轮宽度、NDVI 年值及气候因子的相关性分析

地点 Site	STD	RES	NDVI _{max}	NDVI _a	AT	AP	APDSI	
南郑县	STD	1						
	RES	0.730 **	1					
	NDVI _{max}	-0.193	-0.188	1				
	NDVI _a	0.075	0.281	0.437	1			
	AT	0.609 **	0.379	-0.535 **	-0.12	1		
	AP	-0.433 *	0.039	0.029	0.129	-0.438 *	1	
	APDSI	-0.557 **	-0.167	0.183	0.263	-0.765 **	0.500 *	1
	鸡公山	STD	1					
RES	0.924 **	1						
NDVI _{max}	0.208	0.213	1					
NDVI _a	0.17	0.225	0.465 **	1				
AT	-0.198	-0.202	-0.302	0.212	1			
AP	0.1	0.229	-0.045	0.014	-0.285	1		
APDSI	0.365	0.396	0.211	0.08	-0.267	0.585 **	1	

表中 AT、AP、APDSI 分别表示年均温、年均降水量和年均 PDSI

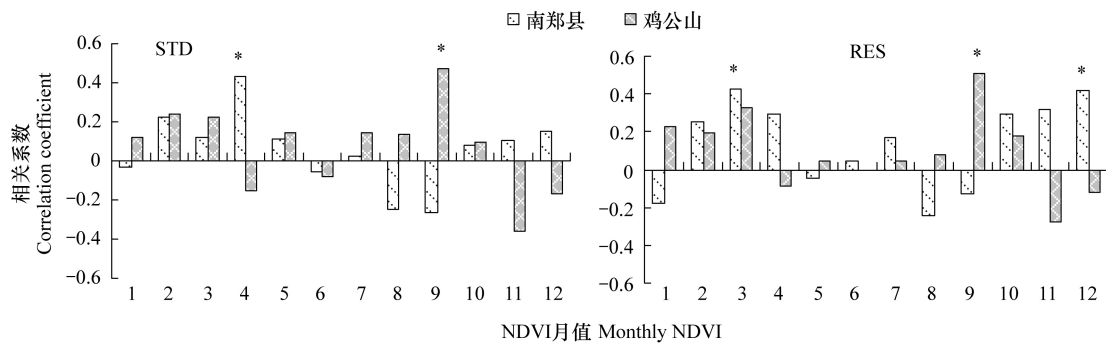


图 5 年轮宽度与 NDVI 月值的相关性

Fig. 5 Correlation coefficients between tree-ring width indices and monthly NDVI

令哈地区树轮宽度指数与草地 8 月份的 NDVI 相关性最强,此时 8 月份 NDVI 达到了一年中的最大值^[13]。本研究中,6—8 月 NDVI 与 2 种年表的相关性较低,且年轮宽度与 NDVI 年值之间关系也未达到显著水平($P > 0.05$)。造成这种差异的原因,可能为:(1)研究区域所在的纬度不一样,树轮指数与植被 NDVI 的关系受气候影响较大,而气候的差异与纬度的高低有直接关系^[25]; (2)北亚热带地处暖温带向亚热带的过渡地区,地带性植被类型属于常绿、落叶混交林,研究区内有大面积的马尾松人工林。不同生活型的树种生长发育节律不同,对气候的响应差别较大,所以在讨论马尾松的年轮宽度指数与区域内植被 NDVI 值的关系,会受到其他阔叶树种生长的干扰^[6]; (3)当植被覆盖度大于 80% 时,其 NDVI 值增加延缓而呈饱和状态,随着夏季森林郁闭度的增大,NDVI 对植被监测灵敏度将会下降^[3],进而造成误差。

NDVI 是植物叶面由红光和近红外两个波段反射所合成的指数,主要反映植物叶片的绿色,树轮宽度表示的是树木径向生长,其生长速度主要取决于光合作用与呼吸作用所产生的净积累量^[6]。王文志等^[14]发现祁连山地区树轮宽度 RES 年表与 NDVI 之间具有较高的统计相关性,两者对于限制因子的响应存在一致性。何吉成等^[13]总结认为只要树木生长和其它植被生长受制于相同的气候因素,在没有受到其它非气候因子(如火灾、虫害等)干扰影响时,来自局地尺度上的树轮指数可以揭示与其处于相同生长气候条件下的大范围植被的 NDVI 变化。本研究中,南郑县 3、4、12 月 NDVI 值与年表显著相关,鸡公山地区 9 月份的 NDVI 值与 RES 年表相关性最大。分析 NDVI 月值及年轮宽度指数与气候因素的相关性,可以发现南郑县 4 月份 NDVI

值与月均气温为显著正相关,与干旱度指数呈显著负相关,而年表与4月份的气候因子的关系和之相同。在南郑县3、12月及鸡公山地区9月份,均可以得出树木年轮生长和其植被生长对相同的气候因素响应一致的结论。Kaufmann等^[25]发现北半球中高纬度地区树木年轮指数与4—10月内NDVI均具有一定的相关性,但在6月和7月份二者相关性最大^[8],认为造成这一结果的原因可能为高纬度地区北方针叶林为主要植被,树木年轮指数与NDVI之间的关系与物候有关,6月份可能为该地区针叶林生长的起始期,对气候因素的变化较敏感^[25]。而本文中的研究区域为北亚热带地区,纬度较低,森林植被的生长发育时期较早。2月份是马尾松的休眠结束期或萌动开始期,3月份是抽穗开始期(即高生长开始),4月中旬至6月中旬是快速生长期,6月上旬至8月针叶生长加快,同化器官不断扩大,直径生长加快,植被达到一年中最茂盛的时期。9月顶芽发育加快,针叶转入缓慢生长,11月上旬针叶脱落,12月份马尾松休眠开始^[23,26]。因此,3月和4月的气候条件影响马尾松高生长的开始期,12月的气候影响马尾松休眠的开始期。此时,树木径向生长和植被的生长对温度和降水等气候因素变化较敏感,有可能提高两者之间的相关性。

在北亚热带地区马尾松的生长主要受到温度过低和水分不足的限制,各地的马尾松生长受到环境条件的表现不同。同时马尾松一年中的生长期较长,受到的影响因子较复杂,水热条件的不同时空格局也导致了马尾松对生长限制因子响应的差异。南郑县地处马尾松地理分布的西北边缘,对水热条件较敏感。另外,南郑县地处盆地,土壤较厚,持水能力较强,温度为NDVI的主要制约因子,其中1月份NDVI值与月均气温相关性最强($r=0.615, P<0.01$)。而信阳马尾松林土壤较薄,持水能力较弱,土壤水分供应的不足导致马尾松的生长受到温度和降水的综合作用。

尽管遥感图像为植被监测提供了丰富的、真实性较强的信息,但也存在明显的局限性,这也导致了树木径向生长与NDVI的关系趋于复杂化。在混交林或生态过渡带内,遥感技术往往对不同生活型、不同物种的树木不进行区分^[11,27],只能得到单一植被指数,忽略了不同物种生长节律的差异;景观格局的异质性、林分密度、年龄结构等差异都导致了混交林植被指数难以精确反映树木径向生长;另外,光和产物在叶、枝之间的分配比例随着气候条件、养分可利用性及林分年龄等的变化而改变,碳分配在一年内的变动使得NDVI与树木径向生长的关系变得更为复杂^[6,10,28]。

4 结论

本文利用1982—2006年的逐月NDVI数字影像,分析了南郑县和鸡公山地区NDVI月变化和年变化,同时结合年轮宽度指数和气象数据,探讨了北亚热带地区马尾松径向生长和植被生长的影响因素,重点讨论了马尾松年轮宽度和NDVI的关系。

(1)北亚热带NDVI受水热条件的共同控制,其中与月均温相关性较强,且以正相关为主,与月降水量和干旱度指数多负相关。

(2)马尾松的径向生长与上一生长季的温度呈正相关,降水和干旱度指数为负相关,当年生长季内的温度和降水以促进作用为主,而与干旱度指数的关系在两个地区内相反。

(3)两地区年轮宽度与NDVI年值之间关系均不显著($P>0.05$)。单月来讲,南郑县3、4、12月NDVI值与年表显著相关,鸡公山地区9月份的NDVI值与RES年表相关性最大。

(4)南郑县树木生长受温度影响最大,而鸡公山地区受温度和降水的综合作用。

本研究尝试分析北亚热带地区马尾松树木年轮宽度与NDVI之间的关系,发现二者相关性不显著,究其原因可能是马尾松的径向生长与植被生长在生长季内对气候因素的响应不一致。因此,得出结论在北亚热带地区,长时间序列的年轮宽度数据并不能很好反应遥感NDVI的变化,利用树轮宽度指数来重建北亚热带地区NDVI需要进一步研究。本文只选取了北亚热带2个区域,对树木的生长的影响因素只选择了温度、降水和干旱度指数等气候因子,而一些异常变化如大气CO₂浓度升高、旱灾、火灾、森林病虫害、火山喷发、地震和冰川运动以及人为环境污染等都会影响树木生长。进一步的研究应加强对树木年轮数据和植被指数之间进行大尺度、多因素、长期和短期的综合研究。

致谢:本文在利用 ArcGIS 提取 NDVI 数据中得到了中国林科院资源信息研究所硕士研究生王志波的大力帮助,特此感谢。

References:

- [1] Smith K T. An organismal view of dendrochronology. *Dendrochronologia*, 2008, 26(3): 185-193.
- [2] Esper J, Cook E R, Schweingruber F H. Low-frequency signals in long tree-ring chronologies for reconstructing past temperature variability. *Science*, 2002, 295(5563): 2250-2253.
- [3] Zhao Y S, et al. The Principle and Method of Analysis of Remote Sensing Application. Beijing: Science Press, 2003: 374-377.
- [4] Yu Z, Sun P S, Liu S R. Phenological change of main vegetation types along a North-South Transect of Eastern China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2010, 34(3): 316-329.
- [5] Li Y, Liao S D, Chi G B, Liao Q F. NPP distribution related to the terrains along the North-South Transect of Eastern China. *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49(7): 679-685.
- [6] Berner L T, Beck P S A, Bunn A G, Lloyd A H, Goetz S J. High-latitude tree growth and satellite vegetation indices: correlations and trends in Russia and Canada (1982—2008). *Journal of Geophysical Research*, 2011, 116: G01015, doi:10.1029/2010JG001475.
- [7] Malmström C M, Thompson M V, Juday G P, Los S O, Randerson J T, Field C B. Interannual variation in global-scale net primary production: testing model estimates. *Global Biogeochemical Cycles*, 1997, 11(3): 367-392.
- [8] Kaufmann R K, D'Arrigo R D, Laskowski C, Myneni R B, Zhou L, Davi N K. The effect of growing season and summer greenness on northern forests. *Geophysical Research Letters*, 2004, 31: L09205, doi: 10.1029/2004GL019608.
- [9] D'Arrigo R D, Malmstrom C M, Jacoby G C, Los S O, Bunker D E. Correlation between maximum latewood density of annual tree rings and NDVI based estimates of forest productivity. *Journal of Remote Sensing*, 2000, 21(11): 2329-2336.
- [10] Wang J, Rich P M, Price K P, Kettle W D. Relations between NDVI and tree productivity in the central Great Plains. *International Journal of Remote Sensing*, 2004, 25(16): 3127-3138.
- [11] Lopatin E, Kolström T, Spiecker H. Determination of forest growth trends in Komi Republic (northwestern Russia): combination of tree-ring analysis and remote sensing data. *Boreal Environment Research*, 2006, 11(5): 341-353.
- [12] He J C, Wang L L, Shao X M. The relationships between mongolian scotch pine tree ring indices and normalized difference vegetation index in Mohe, China. *Quaternary Sciences*, 2005, 25(2): 252-257.
- [13] He J C, Shao X M. Relationships between tree-ring width index and NDVI of grassland in Delingha. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(9): 1083-1090.
- [14] Wang W Z, Liu X H, Chen T, An W L, Xu G B. Reconstruction of regional NDVI using tree-ring width chronologies in the Qilian Mountains, northwestern China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2010, 34(9): 1033-1044.
- [15] Miao Q L, Ding Y Y, Wang Y. Impact of climate warming on the northern boundary of sub-tropical zone of China. *Geographical Research*, 2009, 28(3): 634-642.
- [16] Cheng R M, Feng X H, Xiao W F, Wang R L, Wang X R, Du H T. Response of net productivity of masson pine plantation to climate change in North Subtropical Region. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(8): 2086-2095.
- [17] Feng X H, Cheng R M, Xiao W F, Wang R L, Wang X R, Gao B Q. Effects of air temperature in growth season on Masson pine (*Pinus massoniana*) radial growth in north subtropical region of China. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(4): 650-655.
- [18] Wu Z M, Yu H Z, Cao H G. The natural conditions and agriculture in Hanzhong basin. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 1996, 26(4): 349-354.
- [19] Data-sharing Network of Earth System Science. The GIMMS NDVI Data Sub-set of China (1981—2003). [2009-12-20]. <http://www.geodata.cn/Portal/? isCookieChecked=true>.
- [20] Li X B, Chen Y H, Zhang Y X, Fan Y D, Zhou T, Xie F. Impact of climate change on desert steppe in northern China. *Advance in Earth Sciences*, 2002, 17(2): 254-261.
- [21] Su M F, Wang H J. Relationship and its instability of ENSO-Chinese variations in droughts and wet spells. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 2007, 50(1): 145-152.
- [22] Dai A G, Trenberth K E, Qian T T. A global dataset of Palmer Drought Severity Index for 1870—2002: relationship with soil moisture and effects of surface warming. *Journal of Hydrometeorology*, 2004, 5(6): 1117-1130.
- [23] Zhou Z X. Masson Pine in China. Beijing: China Forestry Press, 2001: 56-72.
- [24] Shao X M, Wu X D. Tree-ring chronologies for *Pinus armandi Franch* from Huashan, China. *Acta Geographica Sinica*, 1994, 49(2): 174-181.

- [25] Kaufmann R K, D'Arrigo R D, Paletta L F, Tian H Q, Jolly W M, Myneni R B. Identifying climatic controls on ring width: the timing of correlations between tree rings and NDVI. *Earth Interactions*, 2008, 12(14): 1-14.
- [26] Xia B, Lan T, He S A. Nonlinear response function of growth of *Pinus massoniana* to climate. *Acta Phytocologica Sinica*, 1996, 20(1): 51-56.
- [27] Montesano P M, Nelson R, Sun G, Margolis H, Kerber A, Ranson K J. MODIS tree cover validation for the circumpolar taiga-tundra transition zone. *Remote Sensing of Environment*, 2009, 113(10): 2130-2141.
- [28] Zheng S X, Shangguan Z P. Study on relationship between tree-ring and climatic change. *Scientia Silvae Sinicae*, 2006, 42(6): 100-107.

参考文献:

- [3] 赵英时,等. 遥感应用分析原理与方法. 北京: 科学出版社, 2003: 374-377.
- [4] 余振, 孙鹏森, 刘世荣. 中国东部南北样带主要植被类型物候期的变化. *植物生态学报*, 2010, 34(3): 316-329.
- [5] 李岩, 廖圣东, 迟国彬, 廖其芳. 基于 DEM 的中国东部南北样带森林、农田净初级生产力时空分布特征. *科学通报*, 2004, 49(7): 679-685.
- [12] 何吉成, 王丽丽, 邵雪梅. 漠河樟子松树轮指数与标准化植被指数的关系研究. *第四纪研究*, 2005, 25(2): 252-257.
- [13] 何吉成, 邵雪梅. 德令哈地区树轮宽度指数与草地植被指数的关系. *科学通报*, 2006, 51(9): 1083-1090.
- [14] 王文志, 刘晓宏, 陈拓, 安文玲, 徐国保. 基于祁连山树轮宽度指数的区域 NDVI 重建. *植物生态学报*, 2010, 34(9): 1033-1044.
- [15] 缪启龙, 丁园圆, 王勇. 气候变暖对中国亚热带北界位置的影响. *地理研究*, 2009, 28(3): 634-642.
- [16] 程瑞梅, 封晓辉, 肖文发, 王瑞丽, 王晓荣, 杜化堂. 北亚热带马尾松净生产力对气候变化的响应. *生态学报*, 2011, 31(8): 2086-2095.
- [17] 封晓辉, 程瑞梅, 肖文发, 王瑞丽, 王晓荣, 高宝庆. 北亚热带生长期温度对马尾松径向生长的影响. *生态学杂志*, 2011, 30(4): 650-655.
- [18] 武佐民, 余汉章, 曹厚光. 汉中盆地的自然条件与农业. *西北大学学报(自然科学版)*, 1996, 26(4): 349-354.
- [19] 地球系统科学数据共享平台. 中国 GIMMS NDVI 数据子集 (1981—2003). [2009-12-20]. <http://www.geodata.cn/Portal/?isCookieChecked=true>.
- [20] 李晓兵, 陈云浩, 张云霞, 范一大, 周涛, 谢锋. 气候变化对中国北方荒漠草原植被的影响. *地球科学进展*, 2002, 17(2): 254-261.
- [23] 周政贤. 中国马尾松. 北京: 中国林业出版社, 2001: 56-72.
- [24] 邵雪梅, 吴祥定. 华山树木年轮年表的建立. *地理学报*, 1994, 49(2): 174-181.
- [26] 夏冰, 兰涛, 贺善安. 马尾松直径生长与气候的非线性响应函数. *植物生态学报*, 1996, 20(1): 51-56.
- [28] 郑淑霞, 上官周平. 树木年轮与气候变化关系研究. *林业科学*, 2006, 42(6): 100-107.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 19 October, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Ecology research and its effects on social development in China	LI Wenhua (5421)
The current mission of ecology-advancing under the situation of chaos and innovation	JIANG Youxu (5429)
Resilience thinking: development of ecological concept	PENG Shaolin (5433)
A review of research progress and future prospective of forest soil carbon stock and soil carbon process in China	LIU Shirong, WANG Hui, LUAN Junwei (5437)
Research on carbon budget and carbon cycle of terrestrial ecosystems in regional scale: a review	YU Guirui, FANG Huajun, FU Yuling, et al (5449)
Advances in the studying of the relationship between landscape pattern and river water quality at the watershed scale	LIU Lijuan, LI Xiaoyu, HE Xingyuan (5460)
Research on the protection of <i>Davidia involucrata</i> populations, a rare and endangered plant endemic to China	CHEN Yan, SU Zhixian (5466)
Progress on water resources input-output analysis	XIAO Qiang, HU Dan, GUO Zhen, et al (5475)
Research advances of contraception control of rodent pest in China	LIU Hanwu, WANG Rongxin, ZHANG Fengqin, et al (5484)
Response of vegetation to climate change and human activity based on NDVI in the Three-River Headwaters region	LI Huixia, LIU Guohua, FU Bojie (5495)
Remediation of blowout pits by clonal plants in Mu Us Sandland	YE Xuehua, DONG Ming (5505)
Precipitation trends during 1961—2010 in the Loess Plateau region of China	WANG Qixiang, FAN Xiaohui, WANG Mengben (5512)
An evaluation method for forest resources sustainability	CUI Guofa, XING Shaohua, JI Wenyuan, et al (5524)
Effects of landscape patterns on soil and water loss in the hilly area of loess plateau in China: landscape-level and comparison at multiscale	WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5531)
The impacts of future climatic change on agricultures and eco-environment of Loess Plateau in next decade	E Youhao, SHI Qian, MA Yuping, et al (5542)
Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: standing stock value of biological resources	DU Guoying, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5553)
Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: provisioning service value	WANG Min, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5561)
The dynamics of the structure and plant species diversity of evergreen broadleaved forests in Damingshan National Nature Reserve after a severe ice storm damage in 2008, China	ZHU Hongguang, LI Yanqun, WEN Yuanguang, et al (5571)
Interactive effects of low phosphorus and drought stress on dry matter accumulation and phosphorus efficiency of soybean plants	QIAO Zhenjiang, CAI Kunzheng, LUO Shiming (5578)
The eco-efficiency evaluation of the model city for environmental protection in China	YIN Ke, WANG Rusong, YAO Liang, et al (5588)
Pollution footprint and its application in regional water pollution pressure assessment: a case study of Huzhou City in the upstream of Taihu Lake Watershed	JIAO Wenjun, MIN Qingwen, CHENG Shengkui, et al (5599)
Ecological effect of green space of Shanghai in different spatial scales in past 20 years	LING Huanran, WANG Wei, FAN Zhengqiu, et al (5607)
Assessing indicators of eco-mobility in the scale of urban communities	DAI Xin, ZHOU Chuanbin, WANG Rusong, et al (5616)
Spatial structure of urban ecological land and its dynamic development of ecosystem services: a case study in Changzhou City, China	LI Feng, YE Yaping, SONG Bowen, et al (5623)
The carbon emissions embodied in Chinese household consumption by the driving factors	YAO Liang, LIU Jingru, WANG Rusong (5632)
The research on eco-efficiency and carbon reduction of recycling coal mining solid wastes: a case study of Huaibei City, China	ZHANG Haitao, WANG Rusong, HU Dan, et al (5638)
Effects of urban shading on photosynthesis of <i>Euonymus japonicas</i>	YU Yingying, HU Dan, GUO Erhui, et al (5646)

Ecological view of traditional rural settlements; a case study in Yonghan of Guangdong Province	JIANG Xueting, YAN Lijiao, HOU Deqian (5654)
The altitudinal pattern of insect species richness in the Three Gorge Reservoir Region of the Yangtze River; effects of land cover, climate and sampling effort	LIU Ye, SHEN Zehao (5663)
Spatial-temporal patterns of fishing grounds and resource of Chilean jack mackerel (<i>Trachurus murphyi</i>) in the Southeast Pacific Ocean	HUA Chengjun, ZHANG Heng, FAN Wei (5676)
Impacts of <i>Ambrosia artemisiifolia</i> invasion on community structure of soil meso- and micro- fauna	XIE Junfang, QUAN Guoming, ZHANG Jiaen, et al (5682)
Appearance in spring and disappearance in autumn of <i>Bemisia tabaci</i> in China	CHEN Chunli, ZHI Junrui, GE Feng, et al (5691)
Water use strategies of <i>Malus toringoides</i> and its accompanying plant species <i>Berberis aemulans</i>	XU Qing, WANG Haiying, LIU Shirong (5702)
Analysis of vertical profiles of soil CO ₂ efflux in Chinese fir plantation	WANG Chao, HUANG Qunbin, YANG Zhijie, et al (5711)
Eco-toxicological effects of four herbicides on typical aquatic snail <i>Pomacea canaliculata</i> and <i>Crown conchs</i>	ZHAO Lan, LUO Shiming, LI Huashou, et al (5720)
Effects of short-term cold-air outbreak on soil respiration and its components of subtropical urban green spaces	LI Xibo, ZENG Wenjing, LI Jinquan, et al (5728)
Effects of landscape pattern on watershed soil erosion and sediment delivery in hilly and gully region of the Loess Plateau of China; patch class-level	WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5739)
Partitioning and mapping the sources of variations in the ensemble forecasting of species distribution under climate change; a case study of <i>Pinus tabulaeformis</i>	ZHANG Lei, LIU Shirong, SUN Pengsen, et al (5749)
Relationship between masson pine tree-ring width and NDVI in North Subtropical Region	WANG Ruili, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (5762)
Effects of species composition on canopy rainfall storage capacity in an alpine meadow, China	YU Kailiang, CHEN Ning, YU Sisheng, et al (5771)
Dynamics of soil water conservation during the degradation process of the Zoigê Alpine Wetland	XIONG Yuanqing, WU Pengfei, ZHANG Hongzhi, et al (5780)
Soil urease activity during different vegetation successions in karst peak-cluster depression area of northwest Guangxi, China	LIU Shujuan, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (5789)
Analysis the effect of region impacting on the biomass of domestic Masson pine using mixed model	FU Liyong, ZENG Weisheng, TANG Shouzheng (5797)
Influence of fire on a <i>Pinus massoniana</i> soil in a karst mountain area at the center of Guizhou Province, China	ZHANG Xi, ZHU Jun, CUI Yingchun, et al (5809)
The growth and distribution of <i>Platyclusus orientalis</i> Seed-base seedling root in different culture periods	YANG Xitian, DONG Nalin, YAN Dongfeng, et al (5818)
Effects of complex pollution of CTAB and Cd ²⁺ on the growth of Chinese sweetgum seedlings	ZHANG Qin, XUE Jianhui, LIU Chenggang (5824)
The influence of volatiles of three invasive plants on the roots of upland rice seedlings	ZHANG Fengjuan, XU Xingyou, GUO Aiyong, et al (5832)
Age structure and regeneration strategy of the dominant species in a <i>Castanopsis carlesii-Schima superba</i> forest	SONG Kun, SUN Wen, DA Liangjun (5839)
A study on application of hepatic microsomal CYP1A biomarkers from <i>Sebastiscus marmoratus</i> to monitoring oil pollution in Xiamen waters	ZHANG Yusheng, ZHENG Ronghui, CHEN Qingfu (5851)
The method of measuring energy flow ϕ and ρ in ecological networks by input-output flow analysis	LI Zhongcai, XI Xudong, GAO Qin, et al (5860)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 19 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 19 2011

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

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学会
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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
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@espg.net

订 购 全国各地邮局
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

广告经营
许 可 证 京海工商广字第 8013 号

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

Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@espg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



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