

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第23期 Vol.31 No.23 **2011**

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 31 卷 第 23 期

2011 年 12 月 (半月刊)

目 次

不同海拔高度高寒草甸光能利用效率的遥感模拟·····	付 刚,周宇庭,沈振西,等 (6989)
天山雪岭云杉大气花粉含量对气温变化的响应·····	潘燕芳,阎 顺,穆桂金,等 (6999)
春季季风转换期间孟加拉湾的初级生产力·····	刘华雪,柯志新,宋星宇,等 (7007)
降水量对川西北高寒草甸牦牛粪分解速率的影响 ·····	吴新卫,李国勇,孙书存 (7013)
基于 SOFM 网络对黄土高原森林生态系统的养分循环分类研究·····	陈 凯,刘增文,李 俊,等 (7022)
不同油松种源光合和荧光参数对水分胁迫的响应特征 ·····	王 琰,陈建文,狄晓艳 (7031)
盐生境下硅对坪用高羊茅生物学特性的影响 ·····	刘慧霞,郭兴华,郭正刚 (7039)
高温胁迫对不同种源希蒙得木叶片生理特性的影响·····	黄激激,张念念,胡庭兴,等 (7047)
黄土高原水土保持林对土壤水分的影响 ·····	张建军,李慧敏,徐佳佳 (7056)
青杨雌雄群体沿海拔梯度的分布特征·····	王志峰,胥 晓,李霄峰,等 (7067)
大亚湾西北部春季大型底栖动物群落特征·····	杜飞雁,林 钦,贾晓平,等 (7075)
湛江港湾浮游桡足类群落结构的季节变化和影响因素·····	张才学,龚玉艳,王学锋,等 (7086)
台湾海峡鲈鱼种群遗传结构·····	张丽艳,苏永全,王航俊,等 (7097)
洱海入湖河流苴河下游氮磷季节性变化特征及主要影响因素·····	于 超,储金宇,白晓华,等 (7104)
转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺种群动态及次级生产力·····	熊 晶,谢志才,蒋小明,等 (7112)
河口湿地植物活体-枯落物-土壤的碳氮磷生态化学计量特征 ·····	王维奇,徐玲琳,曾从盛,等 (7119)
EDTA 对铅锌尾矿改良土壤上玉米生长及铅锌累积特征的影响 ·····	王红新,胡 锋,许信旺,等 (7125)
不同包膜控释尿素对农田土壤氮挥发的影响·····	卢艳艳,宋付朋 (7133)
垄作栽培对高产田夏玉米光合特性及产量的影响·····	马 丽,李潮海,付 景,等 (7141)
DCE 不同施用时间对小麦生长期 N_2O 排放的影响 ·····	纪 洋,余 佳,马 静,等 (7151)
氮肥、钙肥和盐处理在冬小麦融冻胁迫适应中的生理调控作用 ·····	刘建芳,周瑞莲,赵 梅,等 (7161)
东北有机及常规大豆对环境影响的生命周期评价 ·····	罗 燕,乔玉辉,吴文良 (7170)
土壤施硒对烤烟生理指标的影响·····	许自成,邵惠芳,孙曙光,等 (7179)
不同种植方式对花生田间小气候效应和产量的影响·····	宋 伟,赵长星,王月福,等 (7188)
西花蓟马的快速冷驯化及其生态学代价·····	李鸿波,史 亮,王建军,等 (7196)
温度对麦长管蚜体色变化的影响·····	邓明明,高欢欢,李 丹,等 (7203)
不同番茄材料对 B 型烟粉虱个体发育和繁殖能力的影响 ·····	高建昌,郭广君,国艳梅,等 (7211)
基于生态系统受扰动程度评价的白洋淀生态需水研究·····	陈 贺,杨 盈,于世伟,等 (7218)
两种典型养鸡模式的能值分析 ·····	胡秋红,张力小,王长波 (7227)
四种十八碳脂肪酸抑藻时-效关系分析的数学模型设计 ·····	何宗祥,张庭廷 (7235)
流沙湾海草床重金属富集特征·····	许战州,朱艾嘉,蔡伟叙,等 (7244)
基于 QuickBird 的城市建筑景观格局梯度分析 ·····	张培峰,胡远满,熊在平,等 (7251)
景观空间异质性及城市化关联——以江苏省沿江地区为例·····	车前进,曹有挥,于 露,等 (7261)
基于 CVM 的太湖湿地生态功能恢复居民支付能力与支付意愿相关研究·····	于文金,谢 剑,邹欣庆 (7271)
专论与综述	
北冰洋海域微食物环研究进展·····	何剑锋,崔世开,张 芳,等 (7279)
城市绿地的生态环境效应研究进展·····	苏泳娴,黄光庆,陈修治,等 (7287)
城市地表灰尘中重金属的来源、暴露特征及其环境效应 ·····	方凤满,林跃胜,王海东,等 (7301)
研究简报	
三峡库区杉木马尾松混交林土壤 C、N 空间特征 ·····	林英华,汪来发,田晓堃,等 (7311)
广州小斑螟发生与环境因子的关系·····	刘文爱,范航清 (7320)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 336 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 39 * 2011-12



封面图说:黄河的宁夏段属于中国的半荒漠地区,这里气候干燥、降水极少(250mm 以下)、植被缺乏、物理风化强烈、风力作用强劲、其蒸发量超过降水量数十倍。人们从黄河中提水引水灌溉土地,就近形成了荒漠中的绿洲。有水就有生命,有水就有绿色。这种独特的条件形成了人与沙较量的生态关系——不是人逼沙退就是沙逼人退。

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

潘燕芳, 阎顺, 穆桂金, 孔昭宸, 倪健, 杨振京. 天山雪岭云杉大气花粉含量对气温变化的响应. 生态学报, 2011, 31(23): 6999-7006.

Pan Y F, Yan S, Mu G J, Kong Z C, Ni J, Yang Z J. Changes in the concentrations of airborne *Picea schrenkiana* pollen in response to temperature changes in the Tianshan Mountain area. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(23): 6999-7006.

天山雪岭云杉大气花粉含量对气温变化的响应

潘燕芳^{1,2}, 阎顺¹, 穆桂金^{1,*}, 孔昭宸³, 倪健³, 杨振京^{3,4}

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 中国科学院植物研究所植被数量生态重点实验室, 北京 100093; 4. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 正定 050803)

摘要:对中国东天山天池自 2001 年 7 月至 2006 年 7 月连续 5 a 收集的雪岭云杉大气花粉含量进行统计分析, 结果表明: 1) 一年四季大气中都有雪岭云杉花粉, 但花粉数量变化比较大, 超过全年 90% 的大气花粉集中在 5、6 月份的花粉高峰期, 之后花粉浓度逐渐下降, 至翌年 1 月份浓度降至最低, 2 月开始花粉浓度有升高的趋势; 2) 5 a 平均花粉浓度是 42.66 粒/m³, 最高年是 2005 年, 花粉浓度可达 99.54 粒/m³, 最低年 2003 年, 仅为 2.13 粒/m³; 3) 雪岭云杉大气花粉高峰期出现在 5 月 22 至 6 月 2 日, 高峰日出现在 5 月 28 至 6 月 6 日, 结束日是在 6 月 18 至 6 月 25 日, 平均持续时间为 27 d。观测时段雪岭云杉大气花粉高峰期出现日、高峰日逐年提前, 2006 年出现日期比 2002 年提前了 7 d, 高峰日提前 9 d, 结束日期滞后, 2006 年比 2002 年滞后 6 d, 花粉高峰期持续时间逐年延长, 2006 年比 2002 年延长了 12 d。分析显示, 影响雪岭云杉大气花粉高峰期变化的主要因素是春季气温的升高; 4) 粗略估算每年新疆的雪岭云杉林带内由大气中降落到表土的花粉量达 61 kg/hm², 新疆现有雪岭云杉 52.84×10⁴ hm², 全年由大气降落到林带内表土的花粉多达 3223 t, 一部分降落到戈壁、荒漠以及沙漠等一些极端气候区的花粉为一些先锋种植物提供必要的营养物质, 具有重要的生态意义。

关键词: 雪岭云杉; 花粉浓度; 大气花粉高峰期; 中国天山

Changes in the concentrations of airborne *Picea schrenkiana* pollen in response to temperature changes in the Tianshan Mountain area

PAN Yanfang^{1,2}, YAN Shun¹, MU Guijin^{1,*}, KONG Zhaochen³, NI Jian³, YANG Zhenjing^{3,4}

1 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

4 Institutes of Hydrologic and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Zhengding 050803, China

Abstract: During the last three decades, the climate has notably changed from warm-dry to warm-wet in most parts of Xinjiang. The climate scenario currently foreseen predicts a warmer and wetter climate across northwest China leading up to the year 2050. This predicted future increase in temperature and precipitation will probably affect both the flowering of plants and airborne pollen dispersal. In this study, airborne *Picea schrenkiana* (spruce) pollen grains were collected at the Tianchi Meteorological Station at 1980 m above sea level on the northern slope of the eastern Tianshan Mountains from July 2001 to July 2006. Our data show spruce pollen grains exist in the lower atmosphere year-round, with an annual average of 42.66 grains/m³, ranging from 2.13 to 99.54 grains/m³ in 2003 and 2005, respectively. More than 90% of the spruce pollen grains were collected in May and June. The pollen concentration decreased gradually thereafter, reaching its lowest level in January, and then increased slowly starting in February. The increase in spruce pollen was probably related to the prevalence of windy weather in spring. Our observations also indicated spruce pollen concentration in the lower atmosphere

基金项目: 国家“973”课题资助(2009CB825102); 国家自然科学基金重点资助项目(C90102009)

收稿日期: 2010-10-11; 修订日期: 2011-04-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gjmu@ms.xjb.ac.cn

reached its peak season from May 22 to June 2. The daily maximum occurred from May 28 to June 6 and ended on June 18—25 with an average duration of 27 days. During this five-year study, the pollen peak season started earlier and ended later each year. For example, it was 6 days earlier in 2006 than in 2002, with a daily maximum occurring 9 days earlier. In contrast, the pollen peak season ended 6 days later, ultimately lasting 12 days longer in 2006. A positive correlation between spruce pollen season and both temperature and wind speed was observed; the trend of spruce pollen season had a significant correlation with the changes in spring temperatures. The results show the maximum temperatures in April and May are the major parameters influencing the onset and duration of the spruce pollen season in the Tianshan Mountain area. Based on our observations, annual deposition of spruce pollen grains is around 61 kg/ha in the forest. As such, this study provided insight into the seasonal variations in the pollen concentration of *Picea schrenkiana* in the lower atmosphere. The observed shifts in the pollen seasons provide useful information for people concerned with pollen allergies. In particular, data collected in this study can be used in the future to establish a better predictive model for this tree's influence on the pollen and allergy season.

Key Words: *Picea schrenkiana*; pollen concentration; pollen season; meteorological parameters; Tianshan

过去 100 a 里,全球气候经历了以变暖为主要特征的显著变化。已有观测资料表明,全球平均气温在 100 a 内上升了 $(0.6 \pm 0.2)^\circ\text{C}$,并预测到 2100 年全球平均气温上升 $1.4\text{—}5.8^\circ\text{C}$ ^[1]。大量的证据表明,随着全球气候的变化,特别是气温的变化,由气候驱动的植物生长期动态变化将导致物种间生产和竞争的改变以及物种之间相互作用的变化,最终影响到生态系统的组织和结构,生物多样性也将响应这种变化^[2-4]。

生态系统对气候变暖的动态响应在北半球高纬度和高海拔地区及干旱区的表现更为明显^[5-6]。新疆处在亚欧大陆腹地,远离海洋,湿润的水汽很难到达,气候极端干旱,水资源短缺,生态环境脆弱。在全球变暖及日益增强的人类活动驱动下,20 世纪 80 年代以来,该地气候、地表覆被及生态出现显著变化。一方面,该地区特别是北疆的温度和降水明显增加^[7],另一方面,该区生态系统受到严重干扰。该区对全球气候变化的响应及新疆未来气候是否向暖湿发展已引起了广泛的关注,如何预测当前全球变暖和人为驱动下的土地覆被变化对该区植物和生态系统可能带来的影响和后果是亟待解决的问题。

研究发现植物对温度变化极为敏感^[8],而大气花粉是反映植物对气候变化响应的敏感的指标^[9-10]。气候变化对空气花粉的影响包括花粉数量、花粉高峰期、花粉的散布等方面^[11]。对西班牙比戈松科花粉的研究发现,影响大气中松树花粉浓度最主要的因素是温度^[12];1982—2001 年意大利中部松树的大气花粉传粉出现日期提前 $18\text{ d}(0.9\text{ d/a})$,持续时间缩短 $10\text{ d}(0.6\text{ d/a})$ 与 3 月份的平均气温有很强的相关性^[13];对澳大利亚松属的花粉的研究发现,松属大气花粉高峰期出现日期与月平均最低温度有关,花粉期延长与该时段最高气温有直接关系^[14]。特别是,大量研究提出强有力的证据表明,植物春季和夏季花期提前^[4,15-17]、北半球花粉高峰期出现日期提前与气温升高有密切的关系^[18-20]。

雪岭云杉(*Picea. schrenkiana* Fisch. et Mey)是松科植物云杉属的一种,在我国主要分布在新疆的天山地区,是新疆山地森林中分布最广的树种。在中部天山林区内分布海拔 1500—2700 m 之间,对天山的水源涵养,水土保持和林区生态系统的形成与维护,起着主导作用^[21]。本文对连续 5 a(2001—2006 年)在东天山天池收集雪岭云杉大气花粉并进行了统计和分析,以期通过对雪岭云杉大气花粉含量、花粉高峰期变化以及对气候变化的响应的研究确定雪岭云杉响应气候变化的类型和机制,为进一步研究预测气候变化对该地区植物和生态系统的影响提供一定的理论参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究地区概况

研究区位于中国西北部新疆维吾尔自治区天池自然保护区($88^\circ00'\text{—}88^\circ20'\text{E}$, $43^\circ45'\text{—}43^\circ59'\text{N}$)雪岭云杉林中。根据采样点所在地天池气象站($88^\circ07'\text{E}$, $43^\circ53'\text{N}$,海拔 1980 m)观测资料,年均气温 $0\text{—}3^\circ\text{C}$,最热月

均温 15—19℃,最冷月均温 -10—-15℃,年降水量约 500 mm,,其中冬季降雪占 20%—30%。全年无霜期 88.6 d,年相对湿度 56%—64%。

雪岭云杉,常绿乔木,是天山地区的主要建群树种。雪岭云杉喜欢生长在气候湿润的中山带阴坡、半坡及山中河谷,主要分布在天山北坡,在中部天山主要分布于海拔 1500—2700 m 之间。在低海拔地区,伴随雪岭云杉出现的还有少量阔叶树种如天山花楸(*Sorbus tianshanica*)、山柳(*Salix xerophila*),另外还有桦树,如疣枝桦(*Betula pendula*)、天山桦(*B. tianshanica* Rupr.)和小叶桦(*B. microphylla*)等。

1.2 实验材料与实验设计

采样点设在海拔 1980 m,距离天山天池约 200 m 西北方向的天山天池气象站观测场内,处在雪岭云杉林中,该区风向多为西和北西。从 2001 年 7 月至 2006 年 7 月跨 6 个年度,连续完整地收集了 5 a 的大气花粉。大气花粉的收集采用风标式花粉收集器^[22],距地面 2 m 设置了一套风标式花粉收集器收集大气中的花粉,在风标的前方装有 2 个与风标垂直的滤网,风标随风向转动,滤网则始终处于迎风位置。滤网由 6 层浸透硅油的纱布组成,可使空气通过,而空气中携带的花粉等颗粒则被吸附在滤网上。滤网面积 20 cm × 20 cm,2 块滤网的其中 1 块 5—10 月每周更换 1 次,11 月至翌年 4 月,每 2 周更换 1 次,1 周年可收集 38 个空气花粉样品,5 a 总共收集了 187 个。另一块滤网可按研究程度的不同自行安排更换周期。

1.3 实验室处理

实验室处理的具体方法是:1)取滤网 1/2 进行处理,另 1/2 保留以备检验,将 1/2 滤网放入烧杯中,加 50 mL 浓硫酸浸泡 4 h,至滤网完全分解;2)用蒸馏水洗至中性,将沉淀物倒入塑料烧杯中,加 20 mL HF。放置通风橱中过夜,再水洗至中性;3)加 20% HCl 100 mL,煮沸 5 min,水洗至中性;4)加 10% NaOH 150 mL,煮沸 5 min,水洗至中性;5)混合液处理,离心、水洗、加定量甘油,以备镜鉴。

1.4 数据的统计与分析

花粉的定量鉴定采用容积法。基本方法如下:1)精确测量每个样品的总体积;2)定量抽取样品进行镜鉴;3)镜鉴的基本粒数为 250—350 粒;4)每张玻片镜鉴的基本行数为 2—3 行;5)镜鉴的基本玻片 2—3 片。

计算每个滤网所收集花粉总数的公式为:

$$Q = \frac{S}{N} \times N_0 \times 10d \times 2$$

式中, Q 为花粉总数; S 为镜鉴统计的花粉数; N 为镜鉴总行数; N_0 为镜鉴总行数/玻片; d 为制样甘油滴数。

花粉浓度计算公式为:

$$C = \frac{Q}{W \times S_0}$$

式中, C 为花粉浓度(粒/ m^3); Q 是每个滤网收集的花粉数; W 是滤网收集期内的风程; S_0 是纱网面积。

2 结果分析

2.1 雪岭云杉大气花粉数量的变化

图 1 显示的是 2002—2006 年天池大气中雪岭云杉的月花粉浓度。首先,天池大气中全年都有雪岭云杉花粉,但变化比较大,5 月和 6 月花粉浓度明显比其它月份都高,90% 以上的大气花粉集中出现在这两月,月花粉浓度最高出现在 6 月份,5 月份次之,其它月份的花粉与 5、6 月份相比则很少;大气花粉高峰期出现得比较突然,出现得前一周花粉并没有明显的增多,高峰期出现后花粉浓度急剧上升,是出现前一周的几十倍,甚至上百倍,但花粉高峰期结束后,雪岭云杉花粉浓度并没

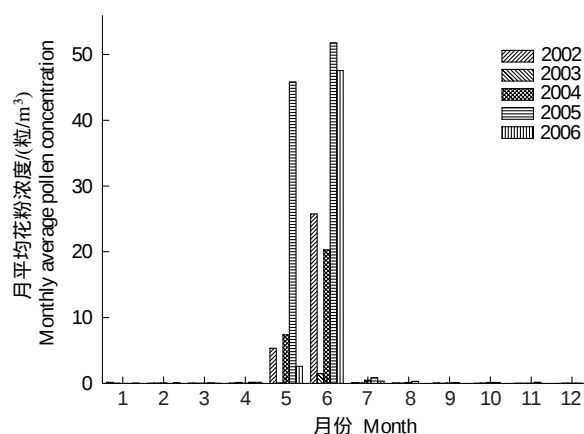


图 1 2002—2006 年天池各月雪岭云杉大气花粉浓度

Fig. 1 Monthly concentrations of *Picea* pollen in Tianchi 2002—2006

有急剧的下降,而是逐渐的减少。

通过分析发现夏季雪岭云杉大气花粉浓度最高,春季次之,冬季花粉浓度则最低。从 2002—2006 年每月花粉浓度的变化图上可以看出,在大气花粉高峰期过后的 7—12 月花粉浓度呈逐渐下降的趋势,至 12 月或翌年 1 月花粉浓度降到最低,翌年 2 月至花粉高峰期出现前花粉浓度呈逐渐上升的趋势,作者认为前者与随着大气花粉高峰期的结束,大量的花粉降落在表土,漂浮在大气中的花粉逐渐减少关系密切,后者与春季的冰雪融化和多风有关。

表 1 2002—2006 年天池大气中雪岭云杉年花粉浓度统计表

Table 1 Annual concentrations of *Picea* pollen in Tianchi 2002—2006

年份 Year	2002	2003	2004	2005	2006 *	平均 Average
花粉数 Pollen grains/(粒/m ³)	31.76	2.13	28.71	99.54	51.15	42.66

* 2006 年花粉收集器收集了 1—7 月的花粉,通过对 2002—2005 年雪岭云杉花粉的统计与分析发现,1—7 月的花粉占年花粉总数的 97.28%

表 1 显示雪岭云杉大气花粉数量的年变化也比较大,相差几倍,甚至几十倍。2003 年花粉数与其它几年相比则很少,仅为 2.13 粒/m³,作者认为与当年春季气温整体偏低,且 4 月份出现倒春寒有直接的关系,低温可以延迟雪岭云杉开花受精时间,造成授粉受精不良,且在开花期低温可以抑制花药散粉,因此,春季低温是导致 2003 收集的大气中的雪岭云杉花粉数量较少的主要原因。2005 年收集的雪岭云杉花粉明显的高于其它几年,约是 2002 年的 3 倍、2003 年的 50 倍、2004 年的 3 倍多,2005 年春季及全年气温整体偏高是影响花粉数量的一个重要因素。另外研究发现,雪岭云杉具有周期性的结实现象,通常每隔 4—5 a 出现一个种子丰年^[23]。2005 年花粉浓度明显高于其它几年,与此有很大的关系,即雪岭云杉花粉也存在每隔 4—5 a 也出现一个花粉丰年。

2.2 雪岭云杉大气花粉高峰期的变化

表 2 与图 2 显示的是雪岭云杉大气花粉高峰期的起始时间的变化。大气花粉高峰期出现日期从 2002 年的 5 月 29 日到 2006 年的 5 月 22 日,呈逐年提前的趋势,2006 年比 2002 年雪岭云杉大气花粉高峰期出现日期提前了 6 d。高峰日一般是在花粉高峰期出现一周后,2002 年高峰日出现在 6 月 6 日,2006 年是 5 月 28 日,高峰日提前了 9 d。高峰期结束日期从 2002 年的 6 月 19 日到 2006 年的 6 月 25 日,结束日期呈逐年推后的趋势,5 a 推迟了 6 d。由于雪岭云杉大气花粉高峰期出现日逐年提前,而结束日则呈推后的趋势,大气花粉高峰期持续时间呈逐年延长趋势,2002 年为 21 d、2004 年 24 d、2005 年 30 d、2006 年 33 d。持续时间由 2002 年的 21 d 延长到 2006 年的 33 d,延长了 12 d。需要特别指出的是从图 2 显示出,2003 年雪岭云杉花粉高峰期出现日期、高峰日以及结束日期比其它几年都推后了几天,出现日期比 2002 年推后 4 d、高峰日推后 3 d、结束日则推后 11 d。

表 2 2002—2006 年天池雪岭云杉大气花粉高峰期变化

Table 2 Statistics of the *Picea* pollen season in Tianchi, 2002—2006

年份 Year	出现日 Start date	高峰日 Peak date	结束日 End date	持续时间 Duration/d
2002	5 月 29 日	6 月 6 日	6 月 19 日	21
2003	6 月 2 日	6 月 9 日	6 月 30 日	28
2004	5 月 25 日	6 月 1 日	6 月 18 日	24
2005	5 月 23 日	5 月 29 日	6 月 23 日	30
2006	5 月 22 日	5 月 28 日	6 月 25 日	33

统计花粉时,累积花粉数量达到 5% 处花粉数突然升高,95% 处花粉数突然降低,因此以累积花粉数量达花粉总数的 5% 为花粉高峰期的出现日、累积花粉数达花粉总数的 95% 作为花粉高峰期结束日^[24]

3 讨论

季节不同,植物的花期也不尽相同。大气花粉在全年的分布除受植物生长、开花规律的影响,与气象因素

有密切关系,尤其是受气温和风速、风向的影响^[4,25]。气象因子的变化直接影响着植物盛花期和大气花粉高峰期,下面就气温、风速和风向等气象条件与研究区雪岭云杉大气花粉含量变化情况进行分析。

3.1 雪岭云杉大气花粉含量及高峰期的变化与气温的关系

图2显示从2002至2006年雪岭云杉大气花粉高峰期出现日、高峰日逐年提前的趋势,高峰期结束日期有滞后的趋势,高峰期持续时间呈逐年延长的趋势。对天池2002—2006年3、4、5月份日均气温和日最高气温的分析发现(图3,图4),春季温度回升的幅度呈逐年增强的趋势。2004年4月份日最高气温波动较大,甚至出现下降的趋势,2005和2006年4月份的日最高气温相对平稳的回升,但是2006年的回升幅度较大。2004、2005和2006年5月中旬雪岭云杉展叶期至开花期的积温分别是56.5℃、75℃和89.5℃,呈逐年升高的趋势。对2004—2006年5月下旬雪岭云杉大气花粉高峰期出现时段的日均气温的分析发现,2004年气温波动较大,气温偏低,而2005年和2006年气温较高,气温的回升较平稳。

中纬度地区植物春季物候开始日期与其物候事件的前期温度具有显著的相关性^[15,26]。就北京而言,已有研究显示,其春季物候的关键影响因素是春季气温,温度越高,物候期越早。同时,春季物候现象与年平均气温有很高的相关性^[27-29]。张福春对北京木本植物物候的研究发现,影响北京春季树木物候的关键因子是温度,影响的关键时期是春季,春季树木开花期与春季气温相关系数很高,与其它季节气温的相关性不强^[28]。温秀卿等人对云杉物候期的研究发现,云杉的芽开放时期与萌芽前20—30 d内的平均气温呈负相关,萌芽期的早迟取决于这段时间气温的高低,冬末春初,气温回升快,萌芽提早,反之则推迟;云杉芽的开放至展叶期天数与此期的积温呈极显著的相关;云杉展叶至成熟期的天数与此时期的积温无关^[30]。

通过分析认为,天山雪岭云杉林内4月份日最高气温回升的快慢及5月中下旬气温是否平稳升高是影响雪岭云杉大气花粉高峰期变化的最关键因素(图3,图4)。

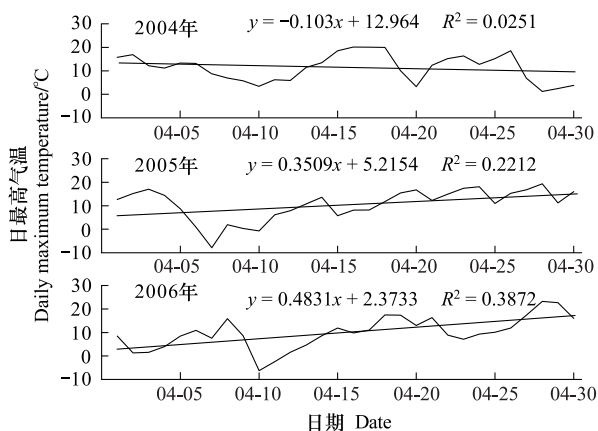


图3 2004—2006年4月份天池日最高气温变化图

Fig. 3 The daily maximum temperature in April from 2004 to 2006 in Tianchi

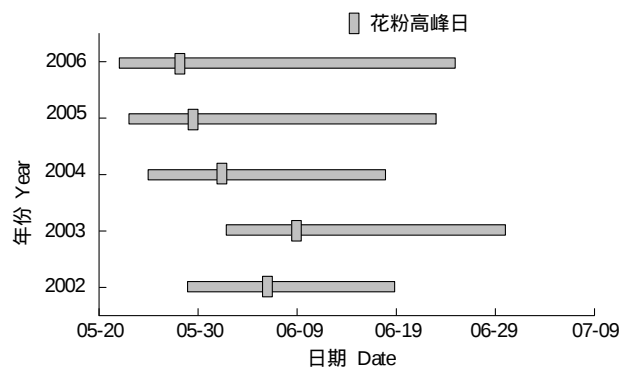


图2 2002—2006雪岭云杉大气花粉高峰期起始日期动态变化图
Fig. 2 The starting dates and dynamics of the *Picea* pollen seasons 2002—2006

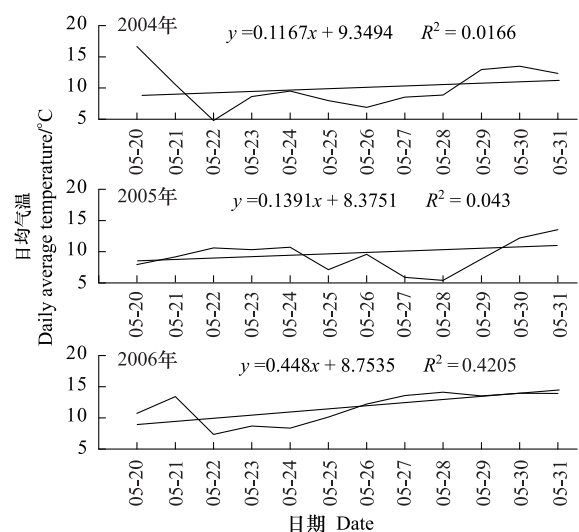


图4 2004—2006年5月下旬天池日平均气温变化图

Fig. 4 The daily average temperature in late May from 2004 to 2006 in Tianchi

3.2 雪岭云杉大气花粉含量及高峰期的变化与风速、风向及其他气象因子的关系

风速和风向对大气花粉的分布有很大影响,风大有利于植物传粉。对天山中段雪岭云杉林区 2004—2006 年连续 3 a 的气象观测资料进行分析后发现,研究区风向多为西和北西,天池林间日平均风速 0.036—1.95 m/s,日最大风速 0.17—3.36 m/s。图 5 是天池林间月平均风速和月最大风速变化图,从图中可以看出,各月的平均风速波动不大。2004 年 5 月的平均风速最大,但与之对应的雪岭云杉大气花粉含量并不是最高(图 1)。相反,2006 年 5 月和 6 月的风速较低,而大气花粉含量则最高。冬季的平均风速和最大日风速都较低,而春季的相对较高,波动较大,与之对应的大气花粉含量在冬季的 12 月和 1 月降至最低,而从 2 月开始至花粉高峰期出现前花粉含量则呈逐渐上升趋势。

吉春容等研究发现,天山中段雪岭云杉林内风速小,日变化不明显,静风的频率最大,冬、春林内平均风速风别为 0.2、0.3 m/s^[31]。在雪岭云杉花粉传粉时期的 5 月中旬至 6 月大气花粉含量及高峰期的变化受风速和风向影响较小。在高峰期结束后,雪岭云杉大气花粉含量受风速的影响较大。

此外,花期如遇多雨或过于干旱天气,授粉和座果均受到不利影响^[32]。天池的降水主要集中在夏季 5、6、7 月份,正是雪岭云杉等当地植物的盛花期。但是由于降水的时空分布不均,降水多少对植物最合适,降水与雪岭云杉大气花粉含量及高峰期的关系,这需要多年的观测和研究。

3.3 雪岭云杉花粉的生态价值

雪岭云杉能生产大量花粉,表 1 显示出在天池大气花粉收集器每年收集大量的雪岭云杉的花粉。5 a 平均

花粉浓度为 42.66 粒/m³,最高的是 2005 年,浓度可达 99.54 粒/m³。根据 Erdtman 1969 年所公布云杉(*Picea abies*)花粉重量为 72.8×10⁻⁹g^[33],如果按面积计算,粗略估算天山雪岭云杉平均每年每公顷降落到林带内的花粉量达 61 kg,新疆现有雪岭云杉 52.84×10⁴ hm²,其全年降落到林地内的花粉应为 3223 t。何业华等对 10 年生马尾松林的调查发现,平均每年每公顷的产量达 755.7 kg, Erdtman 所估计的云杉对 *Fagus* 的相对产量指数是 13.4,而松属(*Pinus sylvestris*)则为 15.8^[33],因而,云杉的花粉产量是一个庞大的数字。

植物的花粉具有各种各样的生物活性物质如维生素、抗生素、氨基酸、微量元素、生长激素,且有丰富的细胞素,极易被微生物和其它生物所吸收^[34]。由于云杉花粉具有大的双气囊和很强的“飞行”能力,有一部分花粉可以传播到云杉林周围以及其他更远的地方(按雪岭云杉花粉产量 100 kg/(hm²·a)计算,新疆每年有 2148 t 雪岭云杉花粉降落到林外其它地方)。对陆地不同自然带的表层土样的研究发现,在各植被带的表土中都有云杉花粉出现^[35-36],即使在最贫瘠的戈壁土、风沙土中都含有有云杉、黎科、麻黄等一些植物的花粉,长时间的集聚这些花粉可能是生物结皮、荒漠、沙漠等一些极端气候区先锋种植物营养物质的必要来源,具有重要的生态价值。

4 结论

(1)在天池一年四季大气中都含有雪岭云杉花粉,花粉浓度季节变化比较大,夏季最多、春季次之、秋季很少、冬季则最少。90% 以上的大气花粉集中在 5、6 月份的花粉高峰期,高峰期过后花粉浓度逐渐下降,到 12 月或 1 月降至最低,2 月开始至花粉高峰期前雪岭云杉花粉浓度呈逐渐上升趋势。

(2)空气花粉收集器每年收集大量的雪岭云杉花粉,但花粉浓度年变化比较大,最高年可达 99.54 粒/m³,最低年仅为 2.13 粒/m³,相差几十倍。

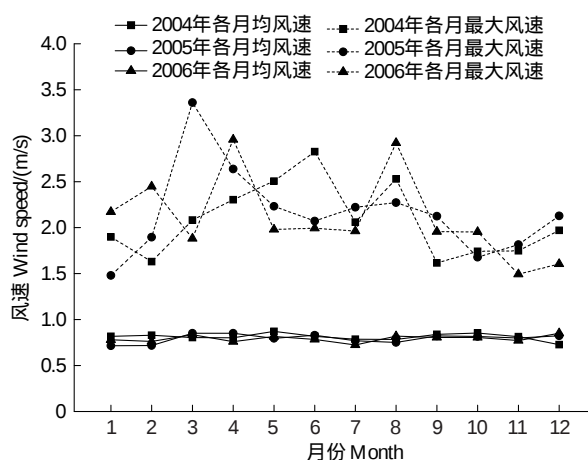


图 5 2004—2006 年天池各月月均风速与月最大风速图

Fig. 5 The monthly average and maximum wind speed from 2004 to 2006 in Tianchi

(3)天山雪岭云杉大气花粉高峰期出现在5月下旬至6月下旬,花粉高峰期出现日期是在5月22日至6月2日,峰值一般出现在花粉高峰期出现的一周后,结束日是在6月18日至6月25日,花粉高峰期平均持续27 d。

(4)自2001年至2006年,雪岭云杉大气花粉高峰期出现日、高峰日有逐年提前的趋势,5 a出现日期提前了7 d、高峰日提前9 d。结束日期有滞后的趋势,2006年比2002年滞后6 d。持续时间有逐年延长的趋势,2006年比2002年延长了12 d。相关分析表明,影响雪岭云杉花粉高峰期出现日、高峰日逐年提前,结束日滞后,持续时间延长的主要因素是春季温度的升高。

(5)雪岭云杉每年生产巨量的花粉,粗略估算天山的雪岭云杉平均每年每公顷由大气中降落到林带表土的花粉量达61 kg,新疆现有雪岭云杉 $52.84 \times 10^4 \text{ hm}^2$,其全年由大气降落到林带土壤表面的花粉量多达3223 t,且气流搬运的巨大可能使得花粉可以广泛传播到云杉林周围以及更远的地方,一部分降落到戈壁、荒漠以及沙漠等一些极端气候区的花粉为一些先锋种植物提供必要的营养物质,具有重要的生态意义。

References:

- [1] IPCC. Climate change 2007: synthesis report//Team C W, Pachauri R K, Reisinger A, eds. Contribution of Working Groups II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2007: 04.
- [2] Sparks T H, Carey P D. The responses of species to climate over two centuries; an analysis of the Marsham phenological record, 1736—1947. *Journal of Ecology*, 1995, 83(2): 321-329.
- [3] Fitter A H, Fitter R S R. Rapid changes in flowering time in British plants. *Science*, 2002, 296(5573): 1689-1691.
- [4] Walther G R, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee T J C, Fromentin J M, Hoegh-Guldberg O, Bairlein F. Ecological Responses to Resent Climate Changes. *Nature*, 2002, 416(6879): 389-395.
- [5] Tucker C J, Slayback D A, Pinzon J E, Los S O, Myneni R B, Taylor M C. Higher northern latitude normalized difference vegetation index and growing season trends from 1982 to 1999. *International Journal of Biometeorology*, 2001, 45(4): 184-190.
- [6] Lenoir J, Gégout J C, Marquet P A, De Ruffray P, Brisse H. A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science*, 2008, 320(5884): 1768-1771.
- [7] Shi Y F, Shen Y P, Hu R J. Preliminary study on signal, impact and foreground of climate shift from warm-dry to warm-humid in Northwest China. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2002, 24(3): 220-226.
- [8] Cell Press. How plants “feel” the temperature rise. *ScienceDaily*, 2010-01-10 [2010-07-20]. <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/01/100107132543.htm>.
- [9] Newnham R M. Monitoring biogeographical response to climate change: the potential role of aeropalynology. *Aerobiologia*, 1999, 15(2): 87-94.
- [10] Schneiter D, Bernard B, Defila C, Gehrig R, Clot B. Influence du changement climatique sur la phénologie des plantes et la présence de pollens dans l'air en Suisse. *Allergie et Immunologie*, 2002, 34(4): 113-116.
- [11] Beggs P J. Impacts of climate change on aeroallergens: past and future. *Clinical and Experimental Allergy*, 2004, 34(10): 1507-1513.
- [12] Jato M V, Rodríguez F J, Seijo M C. *Pinus* pollen in the atmosphere of Vigo and its relationship to meteorological factors. *International Journal of Biometeorology*, 2000, 43(4): 147-153.
- [13] Frenguelli G, Tedeschini E, Veronesi F, Bricchi E. Airborne pine (*Pinus* spp.) pollen in the atmosphere of perugia (Central Italy): behaviour of pollination in the two last decades. *Aerobiologia*, 2002, 18(3/4): 223-228.
- [14] Green B J, Yli-Panula E, Dettmann M, Rutherford S, Simpson R. Airborne *Pinus* pollen in the atmosphere of Brisbane, Australia and relationships with meteorological parameters. *Aerobiologia*, 2003, 19(1): 47-55.
- [15] Menzel A, Estrella N. Plant phenological changes//Walther G R, Burga C A, Edwards P J, eds. “Fingerprints” of Climate Change-Adapted Behaviour and Shifting Species Ranges. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2001: 123-137.
- [16] Root T L, Price J T, Hall K R, Schneider S H, Rosenzweig C, Pounds J A. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 2003, 421(6918): 57-60.
- [17] Traidl-Hoffmann C, Kasche A, Menzel A, Jakoba T, Thiela M, Ringa J, Behrendt H. Impact of pollen on human health: more than allergen carriers?. *International Archives of Allergy and Immunology*, 2003, 131(1): 1-13.
- [18] Frei T. The effects of climate change in Switzerland 1969—1996 on airborne pollen quantities from hazel, birch and grass. *Grana*, 1998, 37(3): 172-179.

- [19] Emberlin J, Detandt M, Gehrig R, Jaeger S, Nolard N, Rantio-Lehtimäki A. Responses in the start of betula (birch) pollen seasons to recent changes in spring temperatures across Europe. *International Journal of Biometeorology*, 2002, 46(4): 159-170.
- [20] Rasmussen A. The effects of climate change on the birch pollen season in Denmark. *Aerobiologia*, 2002, 18(3/4): 253-265.
- [21] Editorial Committee for Forests of Xinjiang. *Forest of Xinjiang*. Urumqi: Xinjiang People Press, Beijing: China Forestry Press, 1989: 123-124.
- [22] Cour P. Nouvelles technique de détection des flux et des retombées polliniques: études retombées polliniques: étude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol. *Pollen et Spores*, 1974, 16: 103-141.
- [23] Tang G C. *Picea schrenkiana* var. *tianschanica* in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 1989, (5): 32-33.
- [24] Jato V, Rodríguez-Rajo F, Alcázar P, De Nuntis P, Galán C, Mandrioli P. May the definition of pollen season influence aerobiological results? *Aerobiologia*, 2006, 22(1): 13-25.
- [25] Crimi P, Macrina G, Folli C, Bertoluzzo L, Brichetto L, Caviglia I, Fiorina A. Correlation between meteorological conditions and Parietaria pollen concentration in Alassio, north-west Italy. *International Journal of Biometeorology*, 2004, 49(1): 13-17.
- [26] Price M V, Waser N M. Effects of experimental warming on plant reproductive phenology in a subalpine meadow. *Ecology*, 1998, 79(4): 1261-1271.
- [27] Chen X Q, Zhang F C. Spring phenological change in Beijing in the last 50 Years and its response to the climatic changes. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2001, 22(1): 1-5.
- [28] Zhang F C. Statistic analysis on the phenophase of trees in spring of Beijing. *Geographical Research*, 1983, 2(2): 55-64.
- [29] Zhang F C. Effects of global warming on plant phenological events in China. *Acta Geographica Sinica*, 1995, 50(5): 402-410.
- [30] Wen X Q, Gao Y G, Wang Y G, Sun P F, Zhang J X. Research on the Response of the Growing Periods of Larch, Spruce, and Red Pine to the Meteorological Condition in Xingan. *Heilongjiang Meteorology*, 2005, (4): 34-36.
- [31] Ji C R, Shang H M, Fan Z A, Zou C, Li X J, Yuan Y J. Microclimatic characteristics of *picea schrenkiana* during winter and spring in Mid-Tianshan Mountain. *Desert and Oasis Meteorology*, 2010, 4(3): 1-5.
- [32] Fruit Institute of Agricultural of China. *Fruit Cultivation of China*. Beijing: Agriculture Press, 1960.
- [33] Erdtman G. *Handbook of Palynology-An Introduction to the Study of Pollen Grains and Spores*. Munksgaard: Copenhagen, 1969.
- [34] Wroński B A, Fedorov P B, Liu X P. The new studying and utilization of lake sediments. *Progress in Geography*, 1988, (2): 32-34.
- [35] Yan S, Kong Z C, Yang Z J, Zhang Y, Ni J. Seeking relationship between vegetation and *picea* pollen in surface soils of Xinjiang, northwestern China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 2017-2023.
- [36] Li W Y. On dispersal efficiency of *picea* pollen. *Acta Botanica Sinica*, 1991, 33(10): 792-800.

参考文献:

- [7] 施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨. *冰川冻土*, 2002, 24(3): 220-226.
- [21] 《新疆森林》编辑委员会. *新疆森林*. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 北京: 中国林业出版社, 1989: 123-124.
- [23] 唐光楚. 新疆的天山杉. *新疆农业科学*, 1989, (5): 32-33.
- [27] 陈效述, 张福春. 近 50 年北京春季物候的变化及其对气候变化的响应. *中国农业气象*, 2001, 22(1): 1-5.
- [28] 张福春. 北京春季的树木物候与气象因子的统计学分析. *地理研究*, 1983, 2(2): 55-64.
- [29] 张福春. 气候变化对中国木本植物物候的可能影响. *地理学报*, 1995, 50(5): 402-410.
- [30] 温秀卿, 高永刚, 范子昂, 邹陈, 李新建, 袁玉江. 兴安落叶松、云杉、红松林木物候期对气象条件响应研究. *黑龙江气象*, 2005, (4): 34-36.
- [31] 吉春容, 尚华明, 范子昂, 邹陈, 李新建, 袁玉江. 天山中段雪岭云杉森林冬春季小气候变化特征分析. *沙漠与绿洲气象*, 2010, 4(3): 1-5.
- [32] 中国农业科学院果树研究所. *中国果树栽培学*. 北京: 农业出版社, 1960.
- [34] 弗龙斯基 B A, 费多罗瓦 P B, 刘西平. 湖泊沉积物研究和利用的新见解. *地理科学进展*, 1988, (2): 32-34.
- [35] 阎顺, 孔昭宸, 杨振京, 张芸, 倪健. 新疆表土中云杉花粉与植被的关系. *生态学报*, 2004, 24(9): 2017-2023.
- [36] 李文漪. 云杉花粉散播效率问题. *植物学报*, 1991, 33(10): 792-800.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 23 December, 2011 (Semimonthly)
CONTENTS

Satellite-based modelling light use efficiency of alpine meadow along an altitudinal gradient	FU Gang, ZHOU Yuting, SHEN Zhenxi, et al (6989)
Changes in the concentrations of airborne <i>Picea schrenkiana</i> pollen in response to temperature changes in the Tianshan Mountain area	PAN Yanfang, YAN Shun, MU Guijin, et al (6999)
Primary production in the Bay of Bengal during spring intermonsoon period	LIU Huaxue, KE Zhixin, SONG Xingyu, et al (7007)
Effect of rainfall regimes on the decomposition rate of yak dung in an alpine meadow of northwest Sichuan Province, China	WU Xinwei, LI Guoyong, SUN Shucun (7013)
SOFM-based nutrient cycling classification of forest ecosystems in the Loess Plateau	CHEN Kai, LIU Zengwen, LI Jun, et al (7022)
Characterization of the responses of photosynthetic and chlorophyll fluorescence parameters to water stress in seedlings of six provenances of Chinese Pine (<i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.)	WANG Yan, CHEN Jianwen, et al (7031)
Effect of silicon supply on Tall Fescue (<i>Festuca arundinacea</i>) growth under the salinization conditions	LIU Huixia, GUO Xinghua, GUO Zhenggang (7039)
Effects of high-temperature stress on physiological characteristics of leaves of <i>Simmondsia Chinensis</i> seedlings from different provenances	HUANG Weiwei, ZHANG Niannian, HU Tingxing, et al (7047)
Soil moisture dynamics of water and soil conservation forest on the Loess Plateau	ZHANG Jianjun, LI Huimin, XU Jiajia (7056)
The distribution of male and female <i>Populus cathayana</i> populations along an altitudinal gradient	WANG Zhifeng, XU Xiao, LI Xiaofeng, et al (7067)
Analysis on the characteristics of macrobenthic community in the North-west Daya Bay of South China Bay in spring	DU Feiyan, LIN Qin, JIA Xiaoping, et al (7075)
The effects of season and environmental factors on community structure of planktonic copepods in Zhanjiang Bay, China	ZHANG Caixue, GONG Yuyan, WANG Xuefeng, et al (7086)
Population genetic structure of <i>Pneumatophorus japonicus</i> in the Taiwan Strait	ZHANG Liyan, SU Yongquan, WANG Hangjun, et al (7097)
Seasonal variation of nitrogen and phosphorus in Miju River and Lake Erhai and influencing factors	YU Chao, CHU Jinyu, BAI Xiaohua, et al (7104)
Population dynamics and production of <i>Bellamyia aeruginosa</i> (Reeve) (Mollusca: Viviparidae) in artificial lake for transgenic fish, Wuhan	XIONG Jing, XIE Zhicai, JIANG Xiaoming, et al (7112)
Carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometric ratios among live plant-litter-soil systems in estuarine wetland	WANG Weiqi, XU Linglin, ZENG Congsheng, et al (7119)
Effects of EDTA on growth and lead-zinc accumulation in maize seedlings grown in amendment substrates containing lead-zinc tailings and soil	WANG Hongxin, HU Feng, XU Xinwang, et al (7125)
Effects of different coated controlled-release urea on soil ammonia volatilization in farmland	LU Yanyan, SONG Fupeng (7133)
Effects of ridge planting on the photosynthetic characteristics and yield of summer maize in high-yield field	MA Li, LI Chaohai, FU Jing, et al (7141)
Effect of timing of DCD application on nitrous oxide emission during wheat growing period	JI Yang, YU Jia, MA Jing, et al (7151)
The role of the fertilizing with nitrogen, calcium and sodium chloride in winter wheat leaves adaptation to freezing-thaw stress	LIU Jianfang, ZHOU Ruilian, ZHAO Mei, et al (7161)
Environment impact assessment of organic and conventional soybean production with LCA method in China Northeast Plain	LUO Yan, QIAO Yuhui, WU Wenliang (7170)
Effects of selenium added to soil on physiological indexes in flue-cured tobacco	XU Zicheng, SHAO Huifang, SUN Shuguang, et al (7179)
Influence of different planting patterns on field microclimate effect and yield of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	SONG Wei, ZHAO Changxing, WANG Yuefu, et al (7188)
Rapid cold hardening of Western flower thrips, <i>Frankliniella occidentalis</i> , and its ecological cost	LI Hongbo, SHI Liang, WANG Jianjun, et al (7196)

- Effects of temperature on body color in *Sitobion avenae* (F.) DENG Mingming, GAO Huanhuan, LI Dan, et al (7203)
- Development and reproduction of *Bemisia tabaci* biotype B on wild and cultivated tomato accessions
..... GAO Jianchang, GUO Guangjun, GUO Yanmei, et al (7211)
- Study on ecological water demand based on assessment of ecosystem disturbance degree in the Baiyangdian Wetland
..... CHEN He, YANG Ying, YU Shiwei, et al (7218)
- Emergy-based analysis of two chicken farming systems: a perspective of organic production model in China
..... HU Qiuhong, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (7227)
- Mathematical model design of time-effect relationship analysis about the inhibition of four eighteen-carbon fatty acids on toxic
Microcystis aeruginosa HE Zongxiang, ZHANG Tingting (7235)
- Enrichment of heavy metals in the seagrass bed of Liusha Bay XU Zhanzhou, ZHU Aijia, CAI Weixu, et al (7244)
- A gradient analysis of urban architecture landscape pattern based on QuickBird imagery
..... ZHANG Peifeng, HU Yuanman, XIONG Zaiping, et al (7251)
- Landscape spatial heterogeneity is associated with urbanization: an example from Yangtze River in Jiangsu Province
..... CHE Qianjin, CAO Youhui, YU Lu, et al (7261)
- CVM for Taihu Lake based on ecological functions of wetlands restoration, and ability to pay and willingness to pay studies
..... YU Wenjin, XIE Jian, ZOU Xinqing (7271)
- Review and Monograph**
- Progress in research on the marine microbial loop in the Arctic Ocean HE Jianfeng, CUI Shikai, ZHANG Fang, et al (7279)
- Research progress in the eco-environmental effects of urban green spaces
..... SU Yongxian, HUANG Guangqing, CHEN Xiuzhi, et al (7287)
- Source, exposure characteristics and its environmental effect of heavy metals in urban surface dust
..... FANG Fengman, LIN Yuesheng, WANG Haidong, et al (7301)
- Scientific Note**
- Spatial structures of soilcarbon and nitrogen of China fir and Masson pine mixed forest in the Three Gorger Reservoir Areas
..... LIN Yinghua, WANG Laifa, TIAN Xiaokun, et al (7311)
- The relationship between *Oligochroa cantonella* Caradja and environmental factors LIU Wenai, FAN Hangqing (7320)

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 23 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 23 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	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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.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