

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

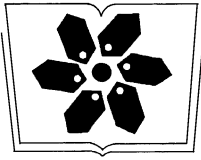
## Acta Ecologica Sinica



第32卷 第5期 Vol.32 No.5 **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 5 期      2012 年 3 月 (半月刊)

## 目 次

淀山湖富营养化过程的统计学特征 .....	程 曦, 李小平, 陈小华 (1355)
拟水狼蛛对食物中镉的吸收和排泄及生物学响应 .....	张征田, 张光铎, 张虎成, 等 (1363)
接种后共培养时间对丛枝菌根喜树幼苗喜树碱含量的影响 .....	于 洋, 于 涛, 王 洋, 等 (1370)
沙尘暴发生日数与空气湿度和植物物候的关系——以民勤荒漠区为例 .....	常兆丰, 王耀琳, 韩福贵, 等 (1378)
西藏牦牛 mtDNA D-loop 区的遗传多样性及其遗传分化 .....	张成福, 徐利娟, 姬秋梅, 等 (1387)
红松阔叶混交林林隙土壤水分分布格局的地统计学分析 .....	李 猛, 段文标, 陈立新, 等 (1396)
黄土丘陵区子午岭不同植物群落下土壤氮素及相关酶活性的特征 .....	邢肖毅, 黄懿梅, 黄海波, 等 (1403)
毛竹高速生长期土壤碳氮动态及其微生物特性 .....	王雪芹, 张奇春, 姚槐应 (1412)
长期 N 添加对典型草原几个物种叶片性状的影响 .....	黄菊莹, 余海龙, 袁志友, 等 (1419)
接种 AMF 对菌根植物和非菌根植物竞争的影响 .....	张宇亭, 王文华, 申 鸿, 等 (1428)
福州大叶榕隐头果内的小蜂群落结构与多样性 .....	吴文珊, 陈友铃, 蔡美满, 等 (1436)
不同生境朝鲜淫羊藿生长与光合特征 .....	张永刚, 韩 梅, 韩忠明, 等 (1442)
基于日均温度的华山松径向生长敏感温度研究 .....	封晓辉, 程瑞梅, 肖文发, 等 (1450)
长江三峡库区蝶类群落的等级多样性指数 .....	马 琦, 李爱民, 邓合黎 (1458)
甜瓜幼苗叶片光合变化特性 .....	韩瑞锋, 李建明, 胡晓辉, 等 (1471)
双季稻田种植不同冬季作物对甲烷和氧化亚氮排放的影响 .....	唐海明, 肖小平, 帅细强, 等 (1481)
古尔班通古特沙漠西部地下水位和水质变化对植被的影响 .....	曾晓玲, 刘 彤, 张卫宾, 等 (1490)
流溪河水库颗粒有机物及浮游动物碳、氮稳定同位素特征 .....	宁加佳, 刘 辉, 古滨河, 等 (1502)
采用本土蔬菜种子替代水藓评价污泥有机腐熟度 .....	刘颂颂, 许田芬, 吴启堂, 等 (1510)
人为营养物质输入对汉丰湖不同营养级生物的影响——稳定 C、N 同位素分析 .....	李 斌, 王志坚, 金 丽, 等 (1519)
流沙湾海草床海域浮游植物的时空分布及其影响因素 .....	张才学, 陈慧妍, 孙省利, 等 (1527)
福寿螺的过冷却研究 .....	赵本良, 章家恩, 罗明珠, 等 (1538)
水稻生育期对褐飞虱和白背飞虱卵巢发育及起飞行为的影响 .....	陈 宇, 傅 强, 赖凤香, 等 (1546)
绿盲蝽越冬卵的耐寒能力 .....	卓德干, 李照会, 门兴元, 等 (1553)
陆桥岛屿环境下社鼠种群数量的估算方法 .....	张 旭, 鲍毅新, 刘 军, 等 (1562)
北京市居民食物消费碳足迹 .....	吴 燕, 王效科, 逯 非 (1570)
社会经济系统磷物质流分析——以安徽省含山县为例 .....	傅银银, 袁增伟, 武慧君, 等 (1578)
内陆河流域试验拍卖水权定价影响因素——以黑河流域甘州区为例 .....	邓晓红, 徐中民 (1587)
<b>专论与综述</b>	
台风对森林的影响 .....	刘 斌, 潘 澜, 薛 立 (1596)
海洋酸化对珊瑚礁生态系统的影响研究进展 .....	张成龙, 黄 晖, 黄良民, 等 (1606)
三种外来入侵斑潜蝇种间竞争研究进展 .....	相君成, 雷仲仁, 王海鸿, 等 (1616)
沉积物生源要素对水体生态环境变化的指示意义 .....	于 宇, 宋金明, 李学刚, 等 (1623)
异化 Fe(III) 还原微生物研究进展 .....	黎慧娟, 彭静静 (1633)
<b>问题讨论</b>	
锡林郭勒盟生态脆弱性 .....	徐广才, 康慕谊, Marc Metzger, 等 (1643)
<b>研究简报</b>	
哥斯达黎加外海夏季表层浮游动物种类组成及分布 .....	刘必林, 陈新军, 贾 涛, 等 (1654)



**封面图说:** 气候变暖下的北极冰盖——自从 1978 年人类对北极冰盖进行遥感监测以来, 北极冰正以平均每年 8.5% 的速度持续缩小, 每年 1500 亿吨的速度在融化。这使科学家相信, 冰盖缩小的根本原因是全球变暖。北极的冰盖消失, 让更大面积的深色海水暴露出来, 使海水吸收更多太阳热辐射反过来又加剧冰盖融化。由于北极冰的加速融化, 北冰洋的通航已经成为 21 世纪初全球最重要的自然地理事件和生态事件。从这张航片可以看到北极冰缘正在消融、开裂崩塌的现状。

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

DOI: 10.5846/stxb201101100041

常兆丰, 王耀琳, 韩福贵, 仲生年. 沙尘暴发生日数与空气湿度和植物物候的关系——以民勤荒漠区为例. 生态学报, 2012, 32(5): 1378-1386.

Chang Z F, Wang Y L, Han F G, Zhong S N. Relationship between frequency of sandstorms and air humidity as well as plant phenology: a case study from the Minqin desert area. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(5): 1378-1386.

## 沙尘暴发生日数与空气湿度和植物物候的关系 ——以民勤荒漠区为例

常兆丰<sup>1,2,3</sup>, 王耀琳<sup>1,2,3,\*</sup>, 韩福贵<sup>1,2,3</sup>, 仲生年<sup>1,2,3</sup>

(1. 甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外观测研究站, 民勤 733300; 2. 甘肃省荒漠化防治重点实验室, 兰州 730070;  
3. 甘肃省治沙研究所, 兰州 730070)

**摘要:**民勤荒漠区沙尘暴发生日数在波动中表现为减少趋势。为了研究探索沙尘暴减少的原因,运用 1956 年以来的沙尘暴观测资料、1961 年以来的气象资料和 1974 年以来的植物物候观测资料,用标准差计算沙尘暴的月变差,用相关系数计算空气湿度等气候要素和植物物候与沙尘暴发生日数之间的相关关系。结果表明,沙尘暴日数的减少与空气相对湿度的增大密切相关,与春季植物物候的提前和秋季植物物候的推迟之间存在一定的相关关系。植物物候变化与沙尘暴发生日数变化的关系有待深入研究。

**关键词:**沙尘暴;空气湿度;植物物候;民勤荒漠区

## Relationship between frequency of sandstorms and air humidity as well as plant phenology: a case study from the Minqin desert area

CHANG Zhaofeng<sup>1,2,3</sup>, WANG Yaolin<sup>1,2,3,\*</sup>, HAN Fugui<sup>1,2,3</sup>, ZHONG Shengnian<sup>1,2,3</sup>

1 Minqin National Station for Desert Steppe Ecosystem Studies, Minqin 733300, China

2 Gansu Key Laboratory of Desertification Combating, Lanzhou 730070, China

3 Gansu Desert Control Research Institute, Lanzhou 730070, China

**Abstract:** The frequency of sandstorms has showed a decreasing trend with fluctuations in the Minqin desert area. In order to explore the reason for that, based on observations of sandstorms since 1956, and measured data of plant phenology since 1974, monthly variation of sandstorms was calculated with standard deviations while correlation between the frequency of sandstorms and climatic elements such as air humidity as well as plant phenology was computed with correlation coefficients. Results show that reduction in frequency of sandstorms is highly correlated with an increase in air humidity and has a certain relationship with advancing and postponing of plant phenology in spring and autumn respectively. The conclusions of this kind have not been reported so far at home and abroad. In particular, the relationship between the frequency of sandstorms and changes in plant phenology is a new finding, which needs to be verified by research in other regions.

**Key Words:** sandstorm; air humidity; plant phenology; Minqin desert area

在全球范围内,沙尘暴主要发生在北非、西南亚、中亚、中蒙、美国西南部及澳大利亚等干旱荒漠化地区。有些地区沙尘暴出现频率和强度增加<sup>[1]</sup>,在墨西哥 3 月份出现沙尘暴的频率最高<sup>[2]</sup>。美国在 20 世纪 30 年

基金项目:国家 973 资助项目(2011CB411912);甘肃省科学基金项目(1010RJZA133)

收稿日期:2011-01-10; 修订日期:2011-11-15

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: czf123@sina.com

代,由于严重的旱灾和土地利用不当,在大平原的广大地区发生“黑风暴”<sup>[3-5]</sup>,近期也时有发生,而1999年报道的这一地区的沙尘暴发生总日数(40d)比以前的(60d)有所减少<sup>[6]</sup>。但国外的报道沙尘暴多为增加趋势,日本1992—2002年沙尘暴为增加趋势,韩国1996—2002年也是增加趋势<sup>[7]</sup>。

20世纪30年代美国南部大平原沙尘暴的起因有3个因素,即狂风、干旱和植被破坏<sup>[8]</sup>。有人分析东亚地区沙尘暴增加的原因时指出,沙尘暴和扬沙分布的南界出现的强度和频次与东亚冬季风的强度关系极为密切,气候的厄尔尼诺年和反厄尔尼诺年的交替出现是东亚季风强度周期性变化的表现,冬春干冷的气候组合是沙尘暴高发的有利条件<sup>[7]</sup>。

中国是世界上沙尘暴发生较多的国家之一。与国外的报道相反,这些年来中国的沙尘暴表现为减少趋势<sup>[9-10]</sup>。周自江等<sup>[11]</sup>认为近47a来,除青海、内蒙古和新疆的小部分地区的沙尘暴呈增长趋势外,我国北方大部分地区的沙尘暴在减少。但国内对于沙尘暴的研究主要集中在时空分布特征<sup>[12-13]</sup>、成因<sup>[9, 14-15]</sup>、动力学关系<sup>[16-17]</sup>、遥感监测与数值模拟<sup>[18-19]</sup>以及强沙尘暴形成的地理因素<sup>[15]</sup>和地形影响<sup>[20]</sup>等领域。虽然也有植被与沙尘暴形成关系的研究<sup>[21-22]</sup>,但关于沙尘暴减少原因的研究较少,有关沙尘暴与植物物候关系的研究则更是少见。

沙尘暴的发生固然与大气环流有关,但发生在什么地方,必然与当地的气候、环境因子之间存在必然联系。甘肃民勤是沙尘暴的多发区。自1956年以来,民勤沙尘暴发生表现为递减趋势,这一事实与其他文献<sup>[23]</sup>报道的全球沙尘暴增多的情况正好相反,而与中国国内的报道<sup>[9-11]</sup>相一致。本文以民勤荒漠为例,对沙尘暴发生频率变化与空气湿度和植物物候的关系进行分析。

## 1 研究区概况

民勤荒漠区位于我国西北甘肃河西走廊东北部石羊河下游,腾格里沙漠西部边缘,西北面为巴丹吉林沙漠,西南及南面为祁连山,地理位置在 $101^{\circ}48'—104^{\circ}13'E, 38^{\circ}05'—39^{\circ}27'N$ 。境内沙漠、戈壁、盐碱滩地和低山残丘占土地面积的94.2%,绿洲占5.8%。年平均日照时数2731.5 h,平均气温 $7.8^{\circ}C$ ,降水量116.4 mm,蒸发量2383.7 mm,干燥度5.85,平均风速 $2.4 m/s$ ,年平均 $\geq 17 m/s$ 的大风日数27.4 d,属于典型的干旱荒漠气候,生态环境正在迅速退化。

观测区民勤沙生植物园( $102^{\circ}59'E, 38^{\circ}34'N$ ),位于民勤西沙窝,平均海拔1378 m。当地在汉代以前曾有广阔的水域,汉代以来出现沙漠化,生态环境逐渐退化,现为连绵起伏的沙丘,地下水水深22—23 m,天然分布的植物以沙旱生的灌木、小灌木和草本植物为主,一般盖度在15%以下,乔木均为人工种植。

## 2 材料与方法

### 2.1 研究材料

1956—2009年民勤荒漠区(民勤治沙综合试验站)沙尘暴观测资料;1974—2009年民勤荒漠区36种植物的植物物候观测资料(民勤沙生植物园,距离民勤治沙综合试验站约1 km)和民勤治沙综合试验站的地面气象观测资料。沙尘暴观测和气象观测参照国家气象局《地面气象观测规范》进行观测;物候观测按照《中国物候观测方法》进行观测,观测指标有芽初膨大、芽开放期、展叶始期、展叶盛期、蕾或序现、开花始期、开花盛期、开花末期、果实成熟、落果始期、落果末期、叶初变色、叶全变色、始落叶期和落叶末期共15个。

### 2.2 数据分析方法

2009年相对于1974年,物候持续日数延长计正值,物候持续日数缩短以负值计。

以标准差计算沙尘暴月发生频率的幅度,公式如下:

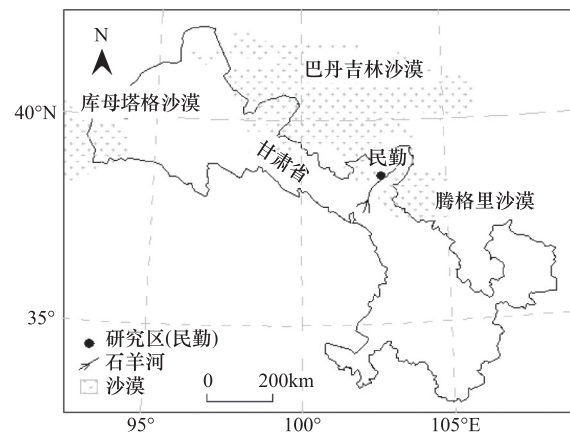


图1 研究区位置

Fig.1 Location of study area

$$s_j = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_{ij} - \bar{x}_j)^2} \quad (1)$$

式中,  $S_j$  为第  $j$  列的标准差,  $x_{ij}$  为第  $j$  列的样本,  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $N$  为样本数,  $\bar{x}_j$  为第  $j$  列的平均值。

对于沙尘暴变化与气候要素以及植物物候变化的关系用相关系数表示, 相关系数公式:

$$r_{jl} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{il} - \bar{x}_l)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \sum_{i=1}^m (x_{il} - \bar{x}_l)^2}} \quad (2)$$

式中,  $r_{jl}$  是第  $j$  列和第  $l$  列的相关系数,  $x_{ij}$  为第  $i$  行第  $j$  列原始数据,  $\bar{x}_j$  为第  $j$  列平均值,  $m$  为观测数据个数。

物候日数以 Julian days 日计, 物候期的提前日数以其变化的趋势线斜率计算, 即:

$$d_{ij} = s_{ij} y_{ij} \quad (3)$$

式中,  $d_{ij}$  为第  $i$  植物第  $j$  物候的变化日数,  $s_{ij}$  为第  $i$  植物第  $j$  物候的变化斜率,  $y_{ij}$  为第  $i$  植物第  $j$  物候的观测年数,  $i = 1, 2, \dots, 36; j = 1, 2, \dots, 15$ 。数据分析运用 SPSS13.0 完成。

### 3 结果与分析

#### 3.1 沙尘暴减少趋势

民勤荒漠区是中国西北地区沙尘暴多发区之一。从 1956 年以来总的趋势是减少的(图 2a), 递减速率为  $-0.67\text{d/a}$ 。在此期间明显存在 3 种分布趋势, 即 1956—1970 年为减少趋势(平均  $34.3\text{d/a}$ , 递减速率为  $-1.83\text{d/a}$ ); 1971—1987 年发生频次最高(平均  $38.1\text{d/a}$ , 递减速率为  $-0.14\text{d/a}$ ); 1988—2009 年以来明显减少(平均  $12.1\text{d/a}$ , 递减速率为  $-0.25\text{d/a}$ ), 且分布相对较为平稳。

沙尘暴在一年当中以 4 月份为高峰期, 向前和向后逐渐减少, 其强度和分布季节的多年变化没有表现出明显的规律性。每年的 4 月份是沙尘暴分布的第 1 个峰值, 11 月份是第 2 个峰值。统计 1988—2009 年沙尘暴在各月份的分布并用(1)式计算其标准差(图 2), 其中以 4 月份最多(平均  $2.85\text{d}$ ), 其次是 3 月份(平均  $2.45\text{d}$ )和 5 月份(平均  $2.00\text{d}$ ), 9 月份最少(平均  $0.33\text{d}$ )。由图 3 还可以看出, 3 月份沙尘暴分布频率的变差(标准差)最大, 其次是 11 月份, 再次是 12 月份、4 月份和 5 月份, 1 月份的变差最小。

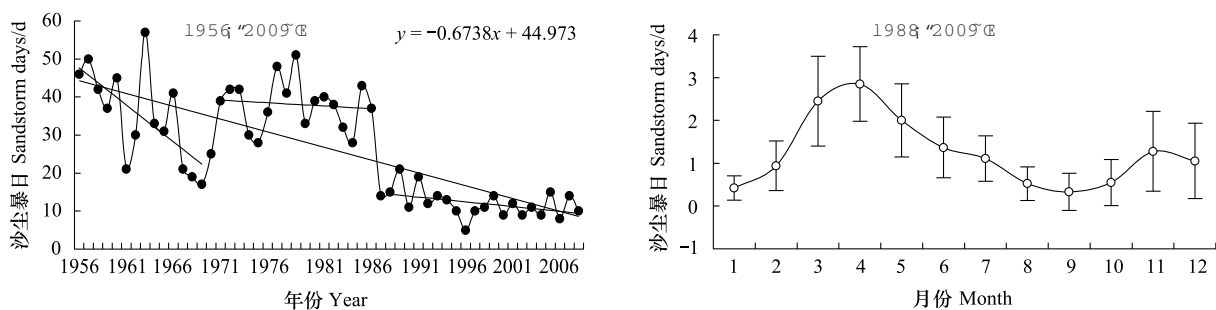


图 2 民勤县沙尘暴的年分布和月分布

Fig. 2 The distribution of sandstorm in years and months in Minqin

#### 3.2 沙尘暴减少与气候因子的关系

民勤荒漠区从 1961 年以来空气相对湿度呈明显增加趋势(图 3), 增加速率为  $0.19\%/a$ 。用(2)式计算年沙尘暴日数变化与年平均空气相对湿度、年平均干燥度、年平均压温比(气压与温度的比值)、年平均风速等气象要素变化的相关系数, 并用做相关系数显著性检验。计算得 1961—2009 年沙尘暴日数与空气相对湿度在  $\alpha = 0.01$  的水平上负相关, 即随着空气湿度增大, 沙尘暴日数减少。

进一步对用(2)式计算 1998—2009 年 136d 沙尘暴在各月的分布日数和对应月份空气相对湿度(图 3)的

相关系数,结果只有 3 月份和 11 月份沙尘暴日数与对应月份空气相对湿度分别在  $\alpha=0.05$  和  $\alpha=0.01$  的水平上负相关显著,其他各月均不显著,原因是沙尘暴月份布的多年变差很大(图 2),亦即沙尘暴分布与空气相对湿度只有在年际水平上负相关显著。

沙尘暴的多年分布和季节分布均与空气相对湿度之间存在显著负相关关系。由此可见,除了其他原因之外,空气相对湿度的增加是重要原因之一,有学者在新疆的研究报道也支持这一结论<sup>[24]</sup>。

随着空气相对湿度的增大,气压增大,风速减小。空气湿度增大和气压增大会使得近地面空气的粘滞性增大,空气湿度增大还会使得沙面的粘滞性增大,因而,暖湿气候是导致当地沙尘暴减少的一个重要原因(图 3)。

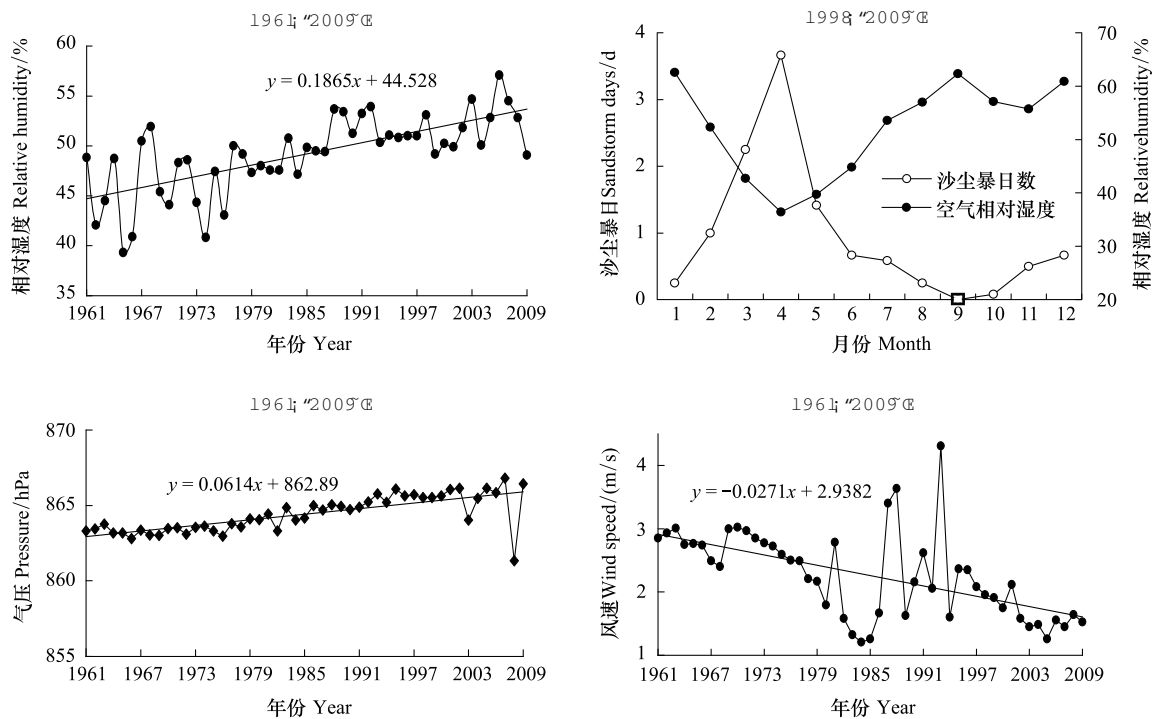


图 3 主要气候因子变化

Fig. 3 Changes of the main climatic factors

表 1 1961—2009 年沙尘暴日数与气象要素的相关系数

Table 1 Correlation coefficient between sandstorm days and meteorological elements from 1961 to 2009

	年相对湿度 Annual relative humidity /%	年降水量 Annual Precipitation /mm	年干燥度 Annual aridity /%	年平均气温 Annual mean temperature /°C	年极端最高气温 Annual extreme maximum temperature /°C	年平均气压 Annual mean pressure/hPa	年压温比 The ratio of pressure and temperature /(hPa/°C)	年平均风速 Annual average wind speed /(m/s)
相关系数 Correlation coefficient	-0.635**	-0.135	0.035	-0.173	-0.046	-0.147	0.160	0.256

\*\* 为在 0.01 水平上正相关显著

### 3.3 沙尘暴减少与植被盖度变化的关系

目前,当地的荒漠植被在随降水量的波动中退化,天然植被面积减小,盖度降低。全县境内 70.6% 的白刺包盖度 < 40%, 其中 22.4% 的盖度又 < 10%, 柽柳沙包面积减小,胡杨林已消失(表 2)。工人梭梭林和人工

沙枣林 (*Elaeagnus angustifolia*) 自 20 世纪 70 年代后期以来大面积生长不良甚至衰败、死亡<sup>[25]</sup>, 因而植被盖度变化不可能是沙尘暴减少的原因。

### 3.4 沙尘暴减少与物候变化的关系

沙尘暴是由于大于起沙风速的风吹干燥裸露的沙面所致, 植被具有降低风速和固定并阻止流沙的作用, 沙尘暴的发生与当地地表的植被覆盖状况有密切关系<sup>[25]</sup>。虽然当地每年都有一定的在农田边缘造林的任务, 但由于生态环境退化, 植被退化和稀疏化, 总的植被盖度有减无增<sup>[25]</sup>。

表 2 1981 年和 2002 年民勤县人工林和天然灌丛面积表

Table 2 Area of artificial and natural forests in 1981 and 2002

年份 Year	天然林面积 Natural forests area/hm <sup>2</sup>					
	白刺沙包 Dunes covered by of <i>Nitraria</i> spp			柽柳沙包 Dunes covered by <i>Tamarix</i> spp.	毛条 <i>Caragana</i> <i>korshinskii</i>	胡杨 <i>Populus</i> <i>euphratica</i>
	盖度 Coverage ≥ 0.4%	盖度 Coverage < 0.3%	盖度 Coverage < 0.1%			
1981	23379	36377	12662	5238	12592	372.6
2002	19560	32000	14860	5011	12592	0

温度是影响物候变化最重要的因子。随着全球变暖, 春季植物物候提前<sup>[26]</sup>。据研究, 自 1974 年以来, 甘肃民勤荒漠区气温抬升幅度高于全国水平和全球水平, 尤其 2、3 月气温抬升最为明显, 春季物候期提前幅度明显大于国内外其它文献报道<sup>[27-30]</sup>。

由表 3 可见, 沙尘暴发生频率与植物的春季物候期(芽初膨大、芽开放期、蕾或序现、展叶盛期、展叶始期、开花始期、开花盛期、开花末期等)之间存在不同程度的正相关关系, 即春季物候提前, 沙尘暴减少; 与秋季物候(叶初变色、叶全变色、始落叶期、落叶末期)之间存在负相关关系, 即秋季物候推迟, 沙尘暴减少(表 4)。

进一步按不同生活型植物进行统计, 乔木的春季物候期(即芽初膨大期、芽开放期、展叶始期、展叶盛期和花蕾花序出现)提前与沙尘暴减少正相关显著的植物种数约占 50%; 而灌木的春季物候期提前与沙尘暴减少正相关显著的植物种数 < 50%; 草本植物物候变化与沙尘暴减少显著相关的植物种更少。秋季物候(叶初变色、叶全变色、始落叶期、落叶末期)推迟的植物种数年也是乔木多于灌木。在同一生活型植物中, 秋季物候推迟与沙尘暴减少成负相关的植物种数少于春季物候提前与沙尘暴减少正相关的植物种数(表 5)。

## 4 结论与讨论

(1) 从 1956 年以来当地沙尘暴发生日数表现为减少趋势, 这一事实与国外的文献报道相反, 但国内亦有支持这一结论的文献报道。沙尘暴的发生与大气系统有关, 但发生在什么地方, 与当地的环境状况之间存在必然的联系。国外和青海、内蒙古和新疆地区的沙尘暴发生频率增加, 而处于这三省区包围中的民勤地区的沙尘暴发生频率减少, 进一步表明沙尘暴的发生和发展局部地区的环境状况紧密相关。

(2) 从 1974 年以来, 当地春季植物物候提前与沙尘暴减少之间存在正相关关系, 秋季物候期推迟与沙尘暴减少之间存在负相关关系, 即春季植物物候提前与沙尘暴减少, 秋季物候期推迟与沙尘暴减少。国内外从未有过有关植物物候与沙尘暴发生关系的报道, 这一研究结果是本文的主要创新点之一。

(3) 从 1961 年以来当地的空气相对湿度表现为增大趋势。沙尘暴的减少趋势与空气相对湿度趋势之间存在显著负相关关系, 即随着空气湿度增大, 沙尘暴分布日数减少, 国内也有支持这一研究结论的报道。

(4) 不论空气湿度的增大和春季植物物候期提前以及秋季物候期推迟对抑制沙尘暴的发生有多大的作用, 然而本文的观测资料显示的结果是这样, 尤其植物物候变化对沙尘暴发生频率的影响是一个新的科学问题。空气湿度增加则其粘滞性增大, 因而具有降低风速和抑制沙尘暴的作用。植物早发芽、早展叶和迟落叶肯定对沙尘暴的发生有抑制作用, 从理论上讲这无疑合乎逻辑的, 但这种影响能不能显现出来, 显现的程度如何, 有待其他地区的研究验证。

表 3 1974—2009 年 36 种植物与年沙尘暴日数相关的物候  
Table 3 Correlation coefficients between phenology of 36 species plants and annual sandstorm days in 1974 to 2009

植物 Plants	芽初膨大 Beginning of expanding buds	芽开放期 Buds opening period	展叶始期 The beginning extending leaves period	展叶盛期 The beginning flourishing leaves period	花蕾序现 Buds and inflorescence appearing	开花始期 Flowering period	开花盛期 Flowering stage	开花末期 Late flowering	果实成熟 Fruit maturity	落果始期 The beginning fruit dropping period	落果末期 The end of fruit dropping	叶初变色 The beginning period of discoloration	叶全变色 The period of the whole leaf discoloration	落叶始期 The beginning period of fallening	落叶末期 The end period of fallening
新疆杨 <i>Populus alba</i> var. <i>pyramidalis</i>	**	**	**	*	**	**	**	*							
二白杨 <i>Populus gansuensis</i>	**	**	*		**	**	*			*				**	
胡杨 <i>Populus euphratica</i>	*	*	*		*	*	*		**	*		**	**	**	
旱柳 <i>Salix matsudana</i>	*	*	*	*	**	*	*			*		*	*	*	
馒头柳 <i>S. matsudana</i> var. <i>matsudana</i>				*	*	*	*			*		*	*	*	
西沙柳 <i>Salix psammophila</i>	**	**	**	*	*	**	**	**	**	*		*	*	*	
杏 <i>Prunus armeniaca</i>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*		*	*	*	
白榆 <i>Ulmus pumila</i>	**	*	**	**	*	**	**	*	**	*		*	*	*	
国槐 <i>Sophora japonica</i>				**											
刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i>	*				*	**	**					*	*	*	
紫穗槐 <i>Amorpha fruticosa</i>	*				*	**	**					*	*	*	
荒漠锦鸡儿 <i>Caragana roboronshkyi</i>	*	*	*	*	*	**	*		*	*		*	*	*	
柠条锦鸡儿 <i>Caragana korshinskii</i>	**	*	*	*	*	**	*		*	*		*	*	*	
中间锦鸡儿 <i>Caragana intermedia</i>	*	*	*	*	*	**	*		*	*		*	*	*	
花棒 <i>Hedysarum scoparium</i>					**	*	*			*		*	*	*	
紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i>					*	*	*			*		*	*	*	
桑树 <i>Morus alba</i>	**				*	*	*	*	*	*		*	*	*	
枣 <i>Ziziphus jujuba</i>	**		**		*	*	*		*	*		*	*	*	
沙枣 <i>Elaeagnus angustifolia</i>	**	*	**		*	*	*		*	*		*	*	*	
小叶白蜡 <i>Fraxinus bungeana</i>	*	*	**	*	*	*	*		*	*		*	*	*	
连翘 <i>Forsythia suspense</i>	**				*	*	*	*	*	*		*	*	*	
紫丁香 <i>Syringa oblata</i>				*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	
白丁香 <i>Syringa oblata</i> var. <i>alba</i>			*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	
火炬树 <i>Rhus typhina</i>	**		**	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	
文冠果 <i>Xanthoxerus sorbifolia</i>	**		**	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	
多枝怪柳 <i>Tamarix ramosissima</i>				*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	
长穗怪柳 <i>Tamarix elongata</i>				*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	
短穗怪柳 <i>Tamarix laxa</i>				*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	
黑果枸杞 <i>Lycium ruthenicum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	
唐白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>			*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	



续表

植物 Plants	芽初膨大 Beginning of expanding buds	芽开放期 Buds opening period	展叶始期 The beginning extending leaves period	展叶盛期 The beginning flourishing leaves period	花蕾序现 Buds and inflorescence appearing	开花始期 Flowering period	开花盛期 Flowering flourishing stage	开花末期 Late flowering	果实成熟 Fruit maturity	落果始期 The beginning fruit dropping period	落果末期 The end of fruit dropping	叶初变色 The beginning period of discoloration	叶全变色 The period of whole leaf discoloration	落叶始期 The beginning period of falling	落叶末期 The end period of falling
沙蒿 <i>Artemisia arenaria</i>			**	*					*					*	
油蒿 <i>Artemisia ordosica</i>															
梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>			*		*									**	**
牡丹 <i>Paeonia suffruticosa</i>															
芍药 <i>Paeonia lactiflora</i>															
芦苇 <i>Phragmites communis</i>										*					

\*, \*\*, \*\*\* 分别是在 0.05 和 0.01 水平上正相关显著; \*, \*\*, \*\*\* 分别是在 0.05 和 0.01 水平上负相关显著

表 4 1974—2009 年 36 种植物与年沙尘暴日数显著相关的物候统计

相关显示水平 Significant correlation	Table 4 Significance of correlation between phenology and sandstorm frequency															
	芽初膨大 Beginning of expanding buds	芽开放期 Buds opening period	展叶始期 The beginning extending leaves period	展叶盛期 The beginning flourishing leaves period	花蕾序现 Buds and inflorescence appearing	开花始期 Flowering period	开花盛期 Flowering flourishing stage	开花末期 Late flowering	果实成熟 Fruit maturity	落果始期 The beginning fruit dropping period	落果末期 The end of fruit dropping	叶初变色 The beginning period of discoloration	叶全变色 The period of whole leaf discoloration	落叶始期 The beginning period of falling	落叶末期 The end period of falling	
$\alpha = 0.01$	10	5	6	5	5	9	6	3	2	1	1	2, 6*	4*	2, 3*	3, 2*	
$\alpha = 0.05$	5	6	5	5	9	2	2	3	3	4	1, 1*	6*	1, 5*	1, 5*	1, 4*	
合计 Total	15	11	11	10	14	11	8	6	5	5	2	14	10	11	10	

\* 表示负相关的样本个数,如“\*”表示有 5 个样本负相关

表 5 1974—2009 年不同生活型植物与年沙尘暴日数显著相关的物候统计

生活型 Ecotype	Table 5 Plant species in related between phenology of plants in different life and annual sandstorm days from 1974 to 2009															
	芽初膨大 Beginning of expanding buds	芽开放期 Buds opening period	展叶始期 The beginning extending leaves period	展叶盛期 The beginning flourishing leaves period	花蕾序现 Buds and inflorescence appearing	开花始期 Flowering period	开花盛期 Flowering flourishing stage	开花末期 Late flowering	果实成熟 Fruit maturity	落果始期 The beginning fruit dropping period	落果末期 The end of fruit dropping	叶初变色 The beginning period of discoloration	叶全变色 The period of whole leaf discoloration	落叶始期 The beginning period of falling	落叶末期 The end period of falling	
16 种乔木 16 species of arbors	8	8	7	6	9	6	5	3	3	1, 1*	0	2, 7*	3, 3*	2, 4*	2, 3*	
17 种灌木 17 species of shrubs	7	3	4	4	5	5	3	3	2	3	1	5*	4*	1, 4*	2, 3*	
3 种草本 3 species of herbs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1*	0	0	0	0	

\* 表示负相关的样本个数

**References:**

- [ 1 ] Ding Y H. Global climate change. *World Environment*, 2002, (6): 9-12.
- [ 2 ] Jauregui E. The dust storms of Mexico City. *International Journal of Climatology*, 1989, 9(2): 169-180.
- [ 3 ] Howarth W. "The Okies; Beyond the Dust Bowl". *National Geographic*, 1984; 166-166.
- [ 4 ] Bonnifield M P. *The Dust Bowl: Men, Dirt, and Depression*. Albuquerque: University of New Mexico Press, 1979.
- [ 5 ] Lee J A, Gill T E, Mulligan K R. The 1930s Dust Bowl: the relative roles of people and the physical environment. *Geological Society of America Abstracts and Programs*, 1999, 31(1): A11-A15.
- [ 6 ] Gill T E, Westphal D L, Stephens G, Peterson R E. Integrated assessment of regional dust transport from west Texas and New Mexico, spring 1999. Preprints of the 11th Joint Conference on Applications of Air Pollution Meteorology with the Air and Waste Management Association. Boston: American Meteorological Society, 2000; 370-375.
- [ 7 ] Qiao Z H. The analysis on the cause of formation of the sand-dust storm in Eastern Asia. *Jilin Normal University Journal: Natural Science Edition*, 2008, 29(2): 54-56.
- [ 8 ] Gao G R. On the causes for the Dust Bowl in the 1930's. *World History*, 2004, (1): 73-86.
- [ 9 ] Zhang L, Ren G Y. Change in dust storm frequency and the climatic controls in northern China. *Acta Meteorologica Sinica*, 2003, 61(6): 744-750.
- [ 10 ] Li Y H, Zhang S Y. Review of the research on the relationship between sand-dust storm and arid in China. *Advances in Earth Science*, 2007, 22(11): 1169-1176.
- [ 11 ] Zhou Z J, Wang X W, Niu R Y. Climate characteristics of sandstorm in China in recent 47 years. *Journal of Applied Meteorological Science*, 2002, 13(2): 193-200.
- [ 12 ] Qiu X F, Zeng Y, Miao Q L. Temporal-spatial distribution as well as tracks and source areas of sand-dust storms in China. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(3): 316-322.
- [ 13 ] Li Y H, Zang C J, Gao X J. Temporal and spatial characteristics of gale weather over Northwest China. *Journal of Desert Research*, 2004, 24(6): 715-723.
- [ 14 ] Zhang Z Y, Yang B. Dust storm events and their relation to climate changes in northern China during the past 2000 years. *Quaternary Sciences*, 2006, 26(6): 905-914.
- [ 15 ] Yang X R, Wang J S, He Y C, Deng J L, Ren Y L, Yang W Y. Analysis on cause of strong sandstorm occurring in middle Gansu province. *Journal of Desert Research*, 2008, 28(3): 567-571.
- [ 16 ] Ye D Z, Chou J F, Liu J Y, Zhang Z X, Wang Y M, Zhou Z J, Ju H B, Huang Q. Causes of sand-stormy weather in northern China and control measures. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(5): 513-521.
- [ 17 ] Li Y Y, Zhang Q, Li Y H, Sun A Z, Shang B Y, Chen L Q. Dynamic relationships between the horizontal helicity and the sandstorm. *Chinese Journal of Geophysics*, 2008, 51(3): 692-703.
- [ 18 ] Zhang J, Guo N. Study on monitoring sand storm intensity in spring by using NOAA-14 satellite data. *Remote Sensing Technology and Application*, 2002, 17(6): 289-292.
- [ 19 ] Guo N, Qing J Z. Spectrum characteristic analysis of dust storm and dust identified using NOAA satellites data. *Plateau Meteorology*, 2004, 23(5): 643-647.
- [ 20 ] Shen J G, Jiang X G, Sun Z B. The influence of topography on dust storm and numerical simulation. *Plateau Meteorology*, 2007, 26(5): 1013-1022.
- [ 21 ] Chen Z G, Zhou J H. NDVI and the conditions of generating sandstorm. *Ecology and Environmental Sciences*, 2010, 19(4): 870-876.
- [ 22 ] Gu W, Cai X P, Xie F, Li Z J, Wu X H. Study on relationship between vegetation cover and distribution of days of sandstorm—taking central and western Inner Mongolia for example. *Advance in Earth Sciences*, 2002, 17(2): 273-277.
- [ 23 ] Houghton J T, Ding Y H, Griggs D J, Noguera M, van der Linden P J, Dai X, Maskell K, Johnson C A. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001; 15-108.
- [ 24 ] Hu R J, Fan Z L, Wang Y J, Yang Q, Huang Y Y. Assessment about the impact of climate change on environment in Xinjiang since recent 50 years. *Arid Land Geography*, 2001, 24(2): 97-103.
- [ 25 ] Chang Z F, Zhao M. *Study on Desert Ecology in Minqin*. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 2006.
- [ 26 ] Wang L X, Chen H L, Li Q, Yu W D. Research advances in plant phenology and climate. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(2): 447-454.
- [ 27 ] Chang Z F, Qiu G Y, Zhao M, Yang Z H, Han F G, Zhong S N, Li A D, Liu S J. Responses of plant phenology to climate warming in Minqin

desert area. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5195-5206.

- [28] Chang Z F, Han F G, Zhong S N. Phenological characteristics in Minqin desert area and their relationships with air temperature. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(5): 820-826.
- [29] Chang Z F, Han F G, Zhong S N. Changes in duration days and accumulated temperature of 16 plant species phenology in Minqin desert area. *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(2): 193-200.
- [30] Chang Z F, Han F G, Zhong S N. Relationships between phenology of 18 tree species and air temperature change in the Minqin desert area of China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2009, 33(2): 311-319.

#### 参考文献:

- [7] 乔志和. 东亚地区沙尘暴形成原因的初步分析. *吉林师范大学学报: 自然科学版*, 2008, 29(2): 54-56.
- [8] 高国荣. 20世纪30年代美国南部大平原沙尘暴起因初探. *世界历史*, 2004, (1): 73-86.
- [9] 张莉, 任国玉. 中国北方沙尘暴频数演化及其气候成因分析. *气象学报*, 2003, 61(6): 744-750.
- [10] 李耀辉, 张书余. 我国沙尘暴特征及其与干旱关系的研究进展. *地球科学进展*, 2007, 22(11): 1169-1176.
- [11] 周自江, 王锡稳, 牛若芸. 近47年中国沙尘暴气候特征研究. *应用气象学报*, 2002, 13(2): 193-200.
- [12] 邱新法, 曾燕, 缪启龙. 我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径. *地理学报*, 2001, 56(3): 316-322.
- [13] 李耀辉, 张存杰, 高学杰. 西北地区大风日数的时空分布特征. *中国沙漠*, 2004, 24(6): 715-723.
- [14] 张自银, 杨保. 中国北方过去2000年沙尘事件与气候变化. *第四纪研究*, 2006, 26(6): 905-914.
- [15] 杨先荣, 王劲松, 何玉春, 邓吉录, 任余龙, 杨文月. 甘肃中部强沙尘暴成因分析. *中国沙漠*, 2008, 28(3): 567-571.
- [16] 叶笃正, 丑纪范, 刘纪远, 张增祥, 王一谋, 周自江, 鞠洪波, 黄笠. 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策. *地理学报*, 2000, 55(5): 513-521.
- [17] 李岩瑛, 张强, 李耀辉, 孙爱芝, 尚宝玉, 陈龙泉. 水平螺旋度与沙尘暴的动力学关系研究. *地球物理学报*, 2008, 51(3): 692-703.
- [18] 张杰, 郭锐. 春季沙尘暴强度的NOAA-14气象卫星监测研究. *遥感技术与应用*, 2002, 17(6): 289-292.
- [19] 郭锐, 倾继祖. NOAA卫星沙尘暴光谱特征分析及信息提取研究. *高原气象*, 2004, 23(5): 643-647.
- [20] 沈建国, 姜学恭, 孙照渤. 地形对沙尘暴的影响及敏感试验研究. *高原气象*, 2007, 26(5): 1013-1022.
- [21] 陈志刚, 周坚华. 植被覆盖度与沙尘暴形成条件分析. *生态环境学报*, 2010, 19(4): 870-876.
- [22] 顾卫, 蔡雪鹏, 谢锋, 李彰俊, 吴学宏. 植被覆盖与沙尘暴日数分布关系的探讨——以内蒙古中西部地区为例. *地球科学进展*, 2002, 17(2): 273-277.
- [24] 胡汝骥, 樊自立, 王亚俊, 杨青, 黄玉英. 近50a新疆气候变化对环境的影响评估. *干旱区地理*, 2001, 24(2): 97-103.
- [25] 常兆丰, 赵明. 民勤荒漠生态研究. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2006.
- [26] 王连喜, 陈怀亮, 李琪, 余卫东. 植物物候与气候研究进展. *生态学报*, 2010, 30(2): 447-454.
- [27] 常兆丰, 邱国玉, 赵明, 杨自辉, 韩富贵, 仲生年, 李爱德, 刘淑娟. 民勤荒漠区植物物候对气候变暖的响应. *生态学报*, 2009, 29(10): 5195-5206.
- [28] 常兆丰, 韩福贵, 仲生年. 民勤荒漠区植物物候型特征及其与气温的关系. *生态学杂志*, 2009, 28(5): 820-826.
- [29] 常兆丰, 韩福贵, 仲生年. 民勤荒漠区16种植物物候持续日数及其积温变化. *生态学杂志*, 2010, 29(2): 193-200.
- [30] 常兆丰, 韩福贵, 仲生年. 甘肃民勤荒漠区18种乔木物候与气温变化的关系. *植物生态学报*, 2009, 33(2): 311-319.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 5 March, 2012 (Semimonthly)

## CONTENTS

- Statistical characteristics of eutrophication process in Dianshan Lake ..... CHENG Xi, LI Xiaoping, CHEN Xiaohua (1355)
- Cadmium assimilation and elimination and biological response in *Pirata subpiraticus* (Araneae: Lycosidae) fed on Cadmium diets .....  
..... ZHANG Zhengtian, ZHANG Guangduo, ZHANG Hucheng, et al (1363)
- Effect of co-cultivation time on camptothecin content in *Camptotheca acuminata* seedlings after inoculation with arbuscular  
mycorrhizal fungi ..... YU Yang, YU Tao, WANG Yang, et al (1370)
- Relationship between frequency of sandstorms and air humidity as well as plant phenology: a case study from the Minqin desert  
area ..... CHANG Zhaofeng, WANG Yaolin, HAN Fugui, et al (1378)
- Genetic diversity and evolution relationship on mtDNA D-loop in Tibetan yaks .....  
..... ZHANG Chengfu, XU Lijuan, JI Qiumei, et al (1387)
- Geostatistical analysis on spatiotemporal distribution pattern of soil water content of forest gap in *Pinus koraiensis* dominated  
broadleaved mixed forest ..... LI Meng, DUAN Wenbiao, CHEN Lixin, et al (1396)
- Soil nitrogen and enzymes involved in nitrogen metabolism under different vegetation in Ziwuling mountain in the Loess Plateau,  
China ..... XING Xiaoyi, HUANG Yimei, HUANG Haibo, et al (1403)
- Soil carbon, nitrogen and microbiological characteristics during bamboo high-speed growth .....  
..... WANG Xueqin, ZHANG Qichun, YAO Huaiying (1412)
- Effects of long-term increased soil N on leaf traits of several species in typical Inner Mongolian grassland .....  
..... HUANG Juying, YU Hailong, YUAN Zhiyou, et al (1419)
- Influence of arbuscular mycorrhizal associations on the interspecific competition between mycorrhizal and non-mycorrhizal plants .....  
..... ZHANG Yuting, WANG Wenhua, SHEN Hong, et al (1428)
- Structure and biodiversity of fig wasp community inside syconia of *Ficus virens* Ait. var. *sublanceolata* (Miq.) Corner in Fuzhou ...  
..... WU Wenshan, CHEN Youling, CAI Meiman, et al (1436)
- Growth and photosynthetic characteristics of *Epimedium koreanum* Nakai in different habitats .....  
..... ZHANG Yonggang, HAN Mei, HAN Zhongming, et al (1442)
- The critical temperature to Huashan Pine (*Pinus armandi*) radial growth based on the daily mean temperature .....  
..... FENG Xiaohui, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (1450)
- The analysis of grade diversity indices of butterfly community in the Three Gorges Reservoir Area of Yangtze River .....  
..... MA Qi, LI Aimin, DENG Heli (1458)
- Research on dynamic characteristics of photosynthesis in muskmelon seedling leaves .....  
..... HAN Ruifeng, LI Jianming, HU Xiaohui, et al (1471)
- Effects of different winter covering crops cultivation on methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emission fluxes from double-  
cropping paddy field ..... TANG Haiming, XIAO Xiaoping, SHUAI Xiqiang, et al (1481)
- Variations in groundwater levels and quality and their effects on vegetation in the western Grubantonggut Desert .....  
..... ZENG Xiaoling, LIU Tong, ZHANG Weibin, et al (1490)
- Carbon and nitrogen stable isotope characteristics of particulate organic matter and zooplankton in Liuxihe Reservoir .....  
..... NING Jiajia, LIU Hui, GU Binhe, et al (1502)
- Selection of vegetable seeds native in China instead of the cress seed for evaluating the maturity of biosolids .....  
..... LIU Songsong, XU Tianfen, WU Qitang, et al (1510)
- Effects of anthropogenic nutrient input on organisms from different trophic levels in Hanfeng Lake: evidence from stable carbon  
and nitrogen isotope analysis ..... LI Bin, WANG Zhijian, JIN Li, et al (1519)
- Temporal and spatial distribution of phytoplankton in Liusha Bay ..... ZHANG Caixue, CHEN Huiyan, SUN Xingli, et al (1527)
- Study on the supercooling of golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) .....  
..... ZHAO Benliang, ZHANG Jia'en, LUO Mingzhu, et al (1538)
- The effects of rice growth stages on the ovarian development and take-off of *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* .....  
..... CHEN Yu, FU Qiang, LAI Fengxiang, et al (1546)
- Cold tolerance of the overwintering egg of *Apolygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera: Miridae) .....  
..... ZHUO Degan, LI Zhaohui, MEN Xingyuan, et al (1553)
- A suggestion on the estimation method of population sizes of *Niviventer confucianus* in Land-bridge island .....  
..... ZHANG Xu, BAO Yixin, LIU Jun, et al (1562)
- The carbon footprint of food consumption in Beijing ..... WU Yan, WANG Xiaoke, LU Fei (1570)
- Anthropogenic phosphorus flow analysis of Hanshan County in Anhui Province .....  
..... FU Yinyin, YUAN Zengwei, WU Huijun, et al (1578)
- A laboratory study of auctions for water rights transactions in inland river basin: a case study of irrigation areas of Heihe river  
basin ..... DENG Xiaohong, XU Zhongmin (1587)
- Review and Monograph**
- A review of the effect of typhoon on forests ..... LIU Bin, PAN Lan, XUE Li (1596)
- Research progress on the effects of ocean acidification on coral reef ecosystems .....  
..... ZHANG Chenglong, HUANG Hui, HUANG Liangmin, et al (1606)
- Interspecific competition among three invasive *Liriomyza* species .....  
..... XIANG Juncheng, LEI Zhongren, WANG Haihong, et al (1616)
- Indicative significance of biogenic elements to eco-environmental changes in waters .....  
..... YU Yu, SONG Jinming, LI Xuegang, et al (1623)
- Recent advances in studies on dissimilatory Fe(III)-reducing microorganisms .....  
..... LI Huijuan, PENG Jingjing (1633)
- Discussion**
- Ecological vulnerability research for Xilingol League, Northern China ..... XU Guangcai, KANG Muye, Marc Metzger, et al (1643)
- Scientific Note**
- Spatial distribution and species composition of zooplanktons in the eastern tropical Pacific Ocean off Costa Rica .....  
..... LIU Bilin, CHEN Xinjun, JIA Tao, et al (1654)

# 《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,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,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 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 5 期 (2012 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 5 2012

<b>编 辑</b>	《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	<b>Edited by</b>	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
<b>主 编</b>	冯宗炜	<b>Editor-in-chief</b>	FENG Zong-Wei
<b>主 管</b>	中国科学技术协会	<b>Supervised by</b>	China Association for Science and Technology
<b>主 办</b>	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	<b>Sponsored by</b>	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
<b>出 版</b>	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	<b>Published by</b>	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
<b>印 刷</b>	北京北林印刷厂	<b>Printed by</b>	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
<b>发 行</b>	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071 电话:(010)64034563 E-mail: journal@espg.net	<b>Distributed by</b>	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@espg.net
<b>订 购</b>	全国各地邮局	<b>Domestic</b>	All Local Post Offices in China
<b>国外发行</b>	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	<b>Foreign</b>	China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
<b>广告经营 许 可 证</b>	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