

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第37卷 第2期

Vol.37 No.2

2016

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

编者按	(403)
我国化学品的风险评价及风险管理	王铁宇,周云桥,李奇峰,吕永龙 (404)
土地利用回归模型在大气污染时空分异研究中的应用	吴健生,谢舞丹,李嘉诚 (413)
中国 2000 ~ 2010 年生态足迹变化特征及影响因素	黄宝荣,崔书红,李颖明 (420)
关中地区冬季 PM _{2.5} 中碳气溶胶的污染特征及来源解析	田鹏山,曹军骥,韩永明,张宁宁,张蓉,刘随心 (427)
利用 SPAMS 研究南宁市冬季单颗粒气溶胶化学成分	刘慧琳,宋红军,陈志明,黄炯丽,杨俊超,毛敬英,李宏姣,梁桂云,莫招育 (434)
南京夏季市区 VOCs 特征及 O ₃ 生成潜势的相关性分析	杨笑笑,汤莉莉,张运江,母应峰,王鸣,陈文泰,周宏仓,花艳,江蓉馨 (443)
北京城区气传花粉季节特征及与气象条件关系	孟龄,王效科,欧阳志云,任玉芬,王巧环 (452)
重庆市垃圾焚烧厂汞的分布特征与大气汞排放因子研究	段振亚,苏海涛,王凤阳,张磊,王书肖,余斌 (459)
三峡库区腹地大气微量金属干湿沉降特征	张六一,刘源,乔保清,付川,王欢博,黄怡民,杨复沫 (466)
长沙近地面水汽中稳定同位素的监测与分析	谢宇龙,章新平,姚天次,黄煌 (475)
青藏高原内陆典型冰川区“冰川-径流”汞传输过程	孙学军,王康,郭军明,康世昌,张国帅,黄杰,丛志远,张强弓 (482)
西藏湖泊沉积物重金属元素特征及生态风险评估	郭泌汐,刘勇勤,张凡,侯居峙,张宏波 (490)
坦噶尼喀湖东北部入湖河流沉积物重金属分布特征与生态风险评价	余成,陈爽,张路 (499)
近百年来新疆博斯腾湖多环芳烃的组成及变化特征	沈贝贝,吴敬禄,赵中华,曾海鳌,金苗 (507)
舟山青浜岛不同环境介质中 PAHs 的分布特征	郑煌,邢新丽,顾延生,桂福坤,祁士华,黄焕芳 (513)
模拟排水沟渠非点源溶质氮迁移实验研究	李强坤,宋常吉,胡亚伟,彭聪,马强,姜正曦,琚艺萌 (520)
中田河流域景观异质性对水体总氮浓度影响研究	王晶萍,李兆富,刘红玉,王刚,辛强 (527)
江西香溪流域干湿季交替下底泥氮释放机制及其对流域氮输出的贡献	韩宁,郝卓,徐亚娟,高扬,于贵瑞 (534)
巢湖水体氮磷营养盐时空分布特征	奚姗姗,周春财,刘桂建,吴蕾,王培华 (542)
合肥城郊典型农田溪流生态系统沉积物磷形态及释放风险分析	裴婷婷,李如忠,高苏蒂,罗月颖 (548)
桑沟湾表层沉积物性质及对磷的吸附特征	朱佳美,曹晓燕,刘素美,王丽莎,杨桂朋,葛成凤,路敏 (558)
苏州市古城区降雨径流颗粒物粒径分布及污染物赋存形态	李淮,吴玮,田永静,黄天寅 (565)
洪泽湖有毒和无毒微囊藻丰度及其与环境因子之间的相关分析	李大命,张彤晴,唐晟凯,段翠兰,杨俊虎,穆欢,刘小维 (573)
三峡库区消落带水体 CDOM 中电荷转移配合物对其紫外-可见吸收光谱的影响	江韬,梁俭,张慕雪,王定勇,魏世强,卢松 (580)
pH 对高锰酸钾氧化降解苯胺类化合物动力学的影响	王辉,孙波,关小红 (588)
EDTA 对 Pd/Fe 体系还原脱氯 2,4-D 的影响	周红艺,聂亚中,陈勇,雷双健 (595)
镍铝层状氧化物薄膜电极的制备及其除盐性能	王婷,朱春山,胡承志 (602)
微生物对砷的氧化还原竞争	杨婷婷,柏耀辉,梁金松,霍旻,王明星,袁林江 (609)
处理水产养殖污水潜流湿地中的厌氧氨氧化菌群特征	曾宪磊,刘兴国,吴宗凡,时旭,陆诗敏 (615)
污水回用中主要病原菌解析及其紫外消毒效应	景明,王磊 (622)
异养硝化-好氧反硝化菌 <i>Burkholderia</i> sp. YX02 强化连续流反应器中微生物群落结构解析	邵基伦,曹刚,李紫惠,黄郑郑,罗恺,莫测辉 (630)
基于新一代测序技术的 A ² O 与 BIOLAK 活性污泥宏基因组比较分析	田美,刘汉湖,申欣 (638)
1 株海洋异养硝化-好氧反硝化菌的分离鉴定及其脱氮特性	孙庆花,于德爽,张培玉,林学政,李津 (647)
纳米 Ni/Fe 用于去除染料生产废水二级生物处理出水中 AOX 和色度的研究	舒小铭,徐灿灿,刘锐,赵远,陈吕军 (655)
3BER-S 工艺用于再生水深度脱氮同步去除 PAEs 的可行性	徐鹏程,郝瑞霞,张娅,王冬月,钟丽燕,徐浩丹 (662)
合成时间对钛酸盐纳米材料的影响及其吸附水中铅的性能研究	范功端,陈丽茹,林茹晶,林茜,苏昭越,林修咏 (668)
芦苇秸秆生物炭对水中菲和 1,1-二氯乙烯的吸附特性	吴晴雯,孟梁,张志豪,罗启仕,杨洁 (680)
芦苇基和污泥基生物炭对水体中诺氟沙星的吸附性能	张涵瑜,王兆炜,高俊红,朱俊民,谢超然,谢晓芸 (689)
季节性温度升高对落干期消落带土壤氮矿化影响	林俊杰,张帅,刘丹,周斌,肖晓君,马慧燕,于志国 (697)
增温及秸秆施用对冬小麦田土壤呼吸和酶活性的影响	陈书涛,桑琳,张旭,胡正华 (703)
基于 GIS 的银川市不同功能区土壤重金属污染评价及分布特征	王幼奇,白一茹,王建军 (710)
不同产地硅藻土原位控制土壤镉污染差异效应与机制	朱健,王平,林艳,雷明婧,陈仰 (717)
紫色土对邻苯二甲酸二甲酯的淋溶吸持特征及影响因素	王强,宋娇艳,曾微,王法 (726)
几种修复措施对 Cd 淋失及土壤剖面运移影响	刘孝利,曾昭霞,铁柏清,陈求稳,魏祥东 (734)
河北邯郸钢铁冶炼区周边麦田土和小麦籽粒的多环芳烃含量及其组分谱特征	吴迪,汪宜龙,刘伟健,陈源琛,付晓芳,陶谢,刘文新 (740)
湿生环境中丛枝菌根 (AM) 对香蒲耐 Cd 胁迫的影响	罗鹏程,李航,王曙光 (750)
溴酸盐对水生生物的急性毒性效应	王执伟,刘冬梅,张文娟,崔福义 (756)
自组装哑铃状 Fe ₃ O ₄ 微/纳米材料对十溴联苯的热催化降解	黄鑫辰,宗刚,刘烨煌,芦会杰,李倩倩,李宾克,赵彦辉,苏贵金 (765)
盐度对准好氧矿化垃圾生物反应器渗滤液处理及 N ₂ O 产生的影响	李卫华,孙英杰,刘子梁,马强,杨强 (775)
污泥直接干化尾气中恶臭污染物质重要性评价:以指标权重评分法为例	丁文杰,陈文和,邓明佳,罗辉,李琳,刘俊新 (782)
《环境科学》征订启事 (557) 《环境科学》征稿简则 (594) 信息 (419,442,781)	

北京城区气传花粉季节特征及与气象条件关系

孟龄, 王效科*, 欧阳志云, 任玉芬, 王巧环

(中国科学院生态环境研究中心北京城市生态系统研究站, 北京 100085)

摘要: 研究北京城区气传花粉季节特征及其与气象条件关系, 为本地区防治花粉症及建设合理城市绿地提供有效资料. 研究应用 Burkard 采样器于 2011 年 12 月 31 日至 2012 年 12 月 31 日对北京城区气传花粉含量进行监测, 并对花粉含量及气象因素进行统计学分析. 结果表明, 2012 年北京城区的花粉季节起始时间为 3 月 17 日 ~ 11 月 10 日, 持续 238 d, 占全年天数的 65%; 全年花粉含量月分布呈现两个高峰, 第一个高峰为 3 ~ 5 月, 主要花粉为木犀科、杨属、柳属等树木花粉, 占全年花粉总量的 53%; 第二个高峰为 8 ~ 10 月, 主要花粉为菊科、藜科及苋科等莠草花粉, 占全年花粉总量的 26%; 2012 年度北京城区最具代表性的气传花粉来自于 菊科、木犀科及杨柳科, 比重之和为 40%. 结果还表明, 秋季气传花粉以致敏性较强的莠草花粉为主, 所以北京花粉症的高发季节主要集中在秋季. 北京城区气传花粉含量受气象因素影响较明显, 影响最明显的是风速、温度、湿度及降水等气象要素. 研究表明, 在 0 ~ 15℃ 的温度区间内, 花粉含量随温度的升高而升高; 当温度大于 15℃, 即在 18 ~ 30℃ 的范围内时, 花粉含量随温度的升高而降低. 北京城区 2012 年春秋季的平均温度为 17℃, 且这两个季节的花粉量占全年的 79%, 因此春秋季的温度是北京最适宜花粉的散播; 根据研究数据分析, 当相对湿度在 20% ~ 50% 或大于 70% 的时候, 气传花粉含量随相对湿度的增大而减小, 而相对湿度在 50% ~ 60% 时, 气传花粉含量随相对湿度的增大而增加; 研究还表明风速在 1 ~ 3 m·s⁻¹ 时, 易于花粉粒飘散, 气传花粉含量较大, 但风速超过 3 m·s⁻¹ 时或持续时间较长时, 空气中花粉含量值反而较小; 雨水会影响花粉的产量和释放, 易致空中飘散花粉粒减少. 通过研究已经探明了北京城区气传花粉的种类及飘散规律, 以及花粉含量和气象条件之间的关系, 为进行气传花粉预报提供了参考.

关键词: 气传花粉; 种类构成; 气象因素; 花粉监测; 花粉含量

中图分类号: X513 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2016)02-0452-07 DOI: 10.13227/j.hjxx.2016.02.007

Seasonal Dynamics of Airborne Pollens and Its Relationship with Meteorological Factors in Beijing Urban Area

MENG Ling, WANG Xiao-ke*, OUYANG Zhi-yun, REN Yu-fen, WANG Qiao-huan

(Beijing Urban Ecosystem Research Station, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

Abstract: The seasonal dynamics of airborne pollens and their relationship with meteorological conditions, which are considered to be important factors for appropriate construction of urban green system and reliable prevention of tropic pollinosis, were investigated in Beijing urban area. The airborne pollens were monitored from December 31st 2011 to December 31st 2012 by Burkard volumetric trap, and the data were analyzed. The results revealed that: ① In 2012 the pollen dispersion period lasted 238 days from March 17th to November 18th, accounting for 65% of the year. There were two peaks of pollen amount in air, which occurred from March to May and from August to October, respectively. In the spring peak, tree pollens such as Oleaceae, Populus and Salix pollens were the dominant, accounting for 53% of the total annual pollens, while in the autumn period, weed pollens such as Compositae, Chenopodiaceae and Amaranthaceae pollens made up about 40% of the annual total value; ② The highly allergenic weeds pollens dominated in autumn, which caused a high incidence of tropic pollinosis; ③ The airborne pollen amount of Beijing urban area was significantly affected by meteorological condition like the wind speed, temperature, humidity, precipitation and so on; ④ When temperature ranged from 0℃ to 15℃, the pollen amount showed positive relation with temperature; while in the temperature range of 18℃ to 30℃, it showed negative relation; ⑤ The average temperature of spring and autumn season in 2012 was 17℃, and 79% of airborne pollens were detected in these two seasons. This temperature condition was conducive to the pollen dispersion.; ⑥ The pollen amount showed negative relation with relative moisture between 20% and 50% and larger than 70%, while in the moisture range of 50% to 60%, it showed positive relation; ⑦ The wind speed smaller than 3 m·s⁻¹ was good to pollen distribution, when it was larger than 4 m·s⁻¹ or the wind lasted for a long time, the pollen amount in the air would decrease; ⑧ The pollen release was decreased by the rain. The above results can be helpful to forecast the pollen amount in the air.

Key words: air spread pollen; species composition; meteorological factors; pollen monitoring; pollen amount

收稿日期: 2015-06-23; 修订日期: 2015-09-21

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(41030744, 71533005)

作者简介: 孟龄(1981 ~), 女, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向为生态环境监测、仪器分析, E-mail: lingmeng@rcees.ac.cn

* 通讯联系人, E-mail: wangxk@rcees.ac.cn

随着人们对生活质量要求的不断提高,城市绿化成为改善城市气候与人们居住环境的重要举措.然而,植物具有净化环境、改善局地气候条件功能的同时,部分植物所产生的花粉具有致敏性,能使人发生花粉症过敏反应^[1],从而危害人体健康,这引起了国内外医学界的关注^[2~4].近年来,花粉过敏症的发病率和患病率呈逐年升高趋势,有研究显示花粉过敏症具有常年多发性、明显的地区性和季节性^[5].自1974年美国Stanley等^[6]提出了“致敏花粉是重要的空气污染物之一”的观点之后,国内外学者对此进行了相关研究^[7~9].据美国国立卫生研究院变态反应研究报告,中国的花粉过敏症发病率为0.5%~1%,而高发区达到5.0%^[9].北京属暖温带半湿润气候区,具有丰富的植物资源的同时,也使花粉致敏植物的种类非常多样.因此,调查北京城市气传花粉的季节飘散规律,从而找出有效的防治措施,既提高人们居住环境质量,又维护居民健康,是迫切需要解决的科学问题与社会问题.

在进行气传花粉调查等方面,国内外做了大量的工作.意大利的D'Amato等^[10]确定了墙草属是地中海那不勒斯地区的主要气传花粉.Galán等^[11]确定了藜科与苋科在西班牙科尔多瓦城全年均有飘散,最高含量在夏季.Kosisky等^[12]报道了美国华盛顿哥伦比亚区橡树花粉为优势树木气传花粉的调查结果.此外,瑞典的Ferreiro等^[13]、日本的Kishikawa^[14]和Narita等^[15]在气传花粉调查方面也做了大量的工作.在国内,郑卓^[16]确定了广州地区优势花粉的主要来自一些栽培植物和行道树,气传花粉主要飘散季节为春秋两季.杨炯等^[17]通过对武昌地区气传花粉的调查,发现13种此地区优势花粉,确定了悬铃木属为春季主要致敏花粉,蒿属、豚草属、葎草属为此地区夏秋季主要致敏花粉.此外,国内研究者针对禹城^[18]、武汉^[19]、桃源^[20]、鲁南^[21]、湖北^[22]、北京^[23]、西安^[24]、成都^[25]、昆明^[26]、呼和浩特^[27]等不同地区的气传花粉也开展了一系列相关研究工作.

影响空气中花粉含量的因素可分为地理性因素、气候性因素、植被因素及人为性因素四大类^[5].对同一地区而言,气象条件变化万千,而其它因素相对稳定,因而气象条件是影响某一地区气传花粉浓度大小的主要因素.本研究分析了气传花粉含量变化及其与气象条件的关系,对于宏观系统地探讨城市生态系统中花粉致敏植物的构成和来

源,以及改善城市空气质量,建设合理绿化环境,提高人民的健康水平都具有重要的现实意义,也是从源头上防治花粉症的关键.

1 材料与方法

1.1 样品采集点和气象资料收集

本研究使用英国Burkard七天孢子容量测定收集器进行样品收集.花粉收集器自2012年被置于中国科学院生态环境研究中心北京城市生态系统研究站顶楼,周围较开阔,无高大建筑物及树木阻挡,有长期的电源供应,采样器固定在水平位置,进气孔的位置高出屋顶围栏75 cm以上,进气孔与房顶上较高建筑夹角小于20°.监测站点所在单位场院四周均是居民小区,距离城市主干道均不足500 m,属于典型的城市区域.

监测站点有自动气象观测站,为本研究提供所需的气象数据.

1.2 气传花粉种类鉴定

采样周期设定为7 d,1个采样周期结束后,将采样聚酯带取下平均剪成7份,每份为1 d的采样样品,经过染色、制片,在光学显微镜高倍镜($\times 400$)下进行花粉的计数,并根据文献^[28]进行气传花粉种类的鉴定.

1.3 花粉含量计算方法

根据仪器说明书设定要求,Burkard采样器以 $10\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ 的速度抽吸空气,24 h内共采样的空气体积为: $10\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}\times 60\text{ min}\cdot\text{h}^{-1}\times 24\text{ h}=14\,400\text{ L}=14.4\text{ m}^3$,24 h采样期间内的花粉含量为:

$$P = \frac{N(\text{粒})}{10\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}\times 60\text{ min}\cdot\text{h}^{-1}\times 24\text{ h}} = \frac{N(\text{粒})}{14.4\text{ m}^3}$$

式中, N 代表24 h内所采集到的花粉总数; P 为花粉含量($\text{粒}\cdot\text{m}^{-3}$).

1.4 花粉季节计算方法

花粉季节是指气传花粉植物的主要传粉周期,此段时间内出现了全年花粉总量的95%.当自然年初的花粉量占全年总量的2.5%时开始计时,截止于花粉量达到全年总量97.5%的时候^[29].

2 结果与分析

2.1 北京城区气传花粉浓度季节变化规律

2.1.1 气传花粉浓度年内比重分析

本次北京城区气传花粉调查是从2011年12月31日至2012年12月31日,共制片366张,采集到花粉72 858粒,分属于37个科,其中浓度达到2%及

以上的有:菊科(15%)、木犀科(13%)、杨柳科(12%)、悬铃木科(8%)、银杏科(7%)、桑科(6%)、松科(4%)、大戟科(3%)、卫矛科(3%)、苋科(3%)、桦木科(3%)、柏科(2%)、怪柳科(2%)、玄参科(2%)、藜科(2%)、豆科(2%)。因此,2012年度北京城区最具代表性的气传花粉来自于菊科、木犀科及杨柳科,比重之和为40%。

2.1.2 气传花粉年平均含量变化趋势

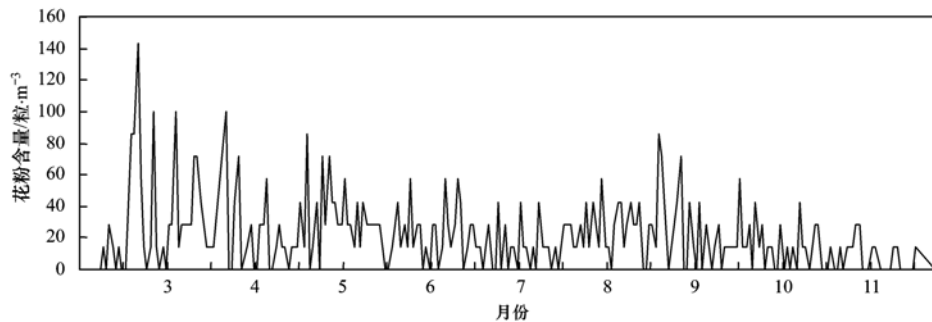


图1 2012年北京北部城区年平均花粉含量

Fig. 1 Annual average pollen amount of Beijing urban area in 2012

这样的双峰式变化趋势与北京城区花粉致敏植物的花期主要集中在春季和秋季有关。第一个气传花粉浓度的峰值出现在4月中旬,此时收集到的花粉比重占到全年的30%(图2)。第二个花粉高峰期出现在8~9月,这段时间内收集到的花粉比重占全年的21%(图2)。

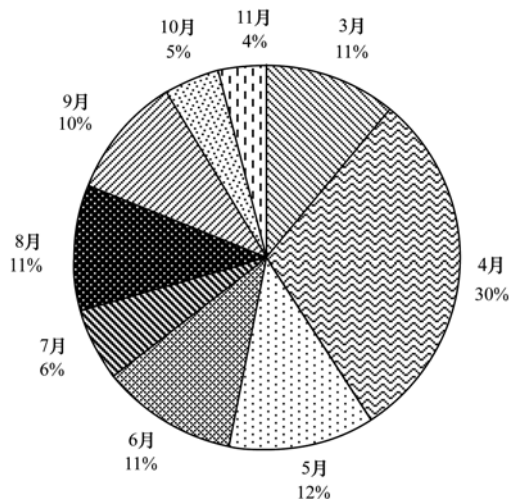


图2 月花粉含量百分比

Fig. 2 Percentage of monthly pollen amount

2.1.3 气传花粉含量天内动态分析

2012年北京城区气传致敏花粉含量在1d内呈现两个峰值(图3),第一次小高峰是378粒·m⁻³,出现在凌晨02:00左右,最大值为823粒·m⁻³,出现在14:00前后;1d中的最小值是120粒·m⁻³,出现

根据气传花粉含量监测结果,2012年度北京城区花粉季节从3月17日起始,至11月10日截止,持续238d,占全年天数的65%。在花粉季中大气花粉的含量变化呈现双峰式,即在春季(3~5月)和秋季(8~10月)出现了两个峰值。在3月19日北京城区花粉含量到达第一个峰值,日平均含量最高达到143粒·m⁻³;第二个小高峰出现在9月1日,日平均含量最高为86粒·m⁻³(图1)。

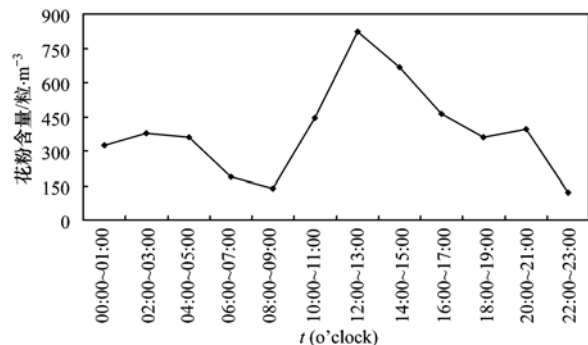


图3 2012年花粉含量在一天内每两小时的变化趋势

Fig. 3 Variation of pollen amount measured every two hours in one day in 2012

在22:00左右。

2.2 气象条件对北京城区气传花粉含量的影响

2.2.1 气传花粉与空气温度、湿度的关系

从2012年度北京城区气传花粉含量与温度的相关变化趋势来看,在0~15℃温度区间内,花粉含量随温度的升高而升高;当温度大于15℃,即在18~30℃的范围内时,花粉含量随温度的升高而降低(图4)。

根据北京城区2012年的数据分析,当相对湿度在20%~50%或大于70%的时候,气传花粉含量随相对湿度的增大而减小,而相对湿度在50%~60%时,气传花粉含量随相对湿度的增大而增加(图5)。

2.2.2 气传花粉与风速的关系

通过对2012年气传花粉含量与风速的相关变

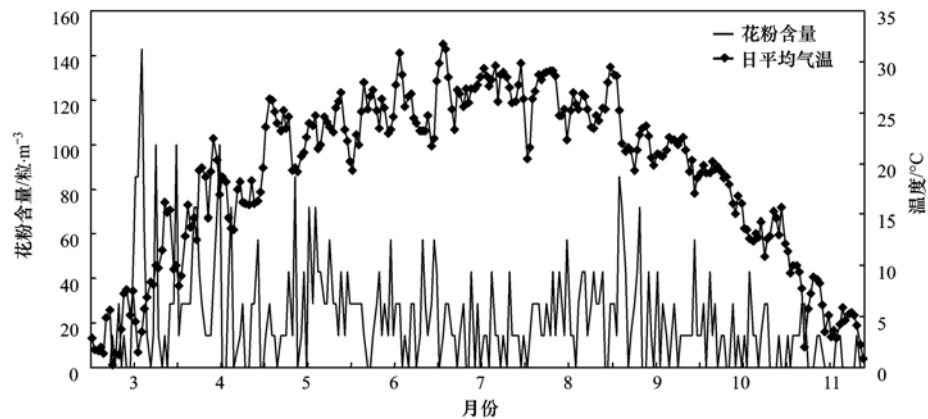


图4 气传花粉含量与温度的相关变化

Fig. 4 Correlated variation between airborne pollens and temperature

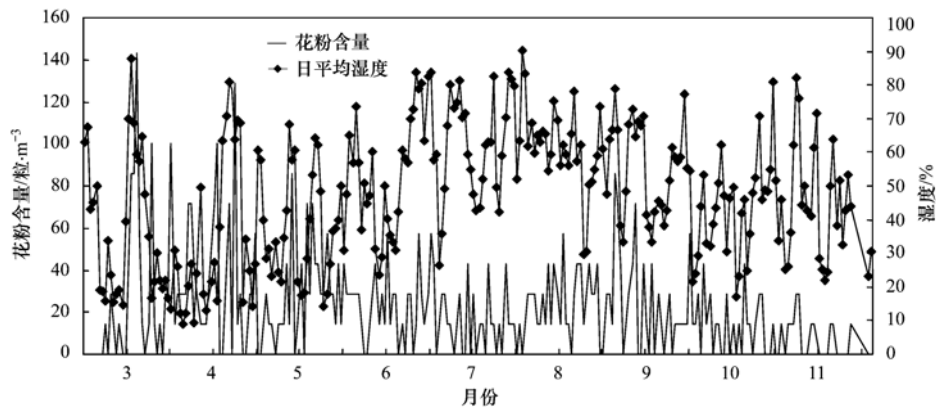


图5 气传花粉含量与湿度的相关变化

Fig. 5 Correlated variation between airborne pollens and humidity

化的研究表明(图6),风速对花粉含量也具有一定的影响.当风速小于 $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,花粉飘散受限制气传花粉含量小;风速在 $1\sim 3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,气流加速,有利于花粉远扬,气传花粉含量较大.但风速过大(超过 $4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时)或持续时间过久,花粉不易黏附到采样载玻片上,加上花粉的飘散,空气中花粉含量值反而较小.

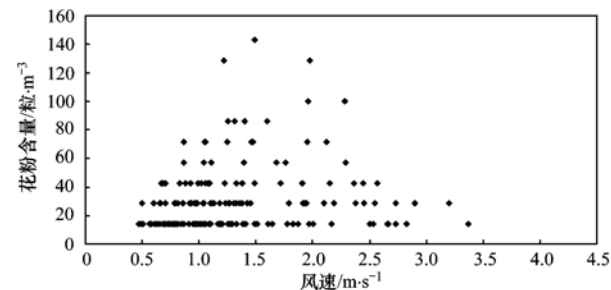


图6 气传花粉含量与风速的相关变化

Fig. 6 Correlated variation between airborne pollens and wind velocity

2.2.3 气传花粉与降雨量的关系

降水也会影响空气中花粉的含量.降水发生时

或者降水发生后,空气中花粉含量一般都会出现下降,如2012年7月7~12日,北京产生连续性降水,结果导致7月13日空气中花粉含量几乎为零.类似的情况较多(图7).雨天或者雨后空气中花粉含量下降,一方面雨水也会冲洗掉空气中的花粉,造成空气中花粉含量下降;另一方面,降水往往会导致气温下降,影响植物开花的时间,同时使得空气湿度增加,花粉在潮湿的空气中,很容易吸收水分,造成自身重量增加,花粉的传播距离受到影响.这与其他研究结果相似^[16,30,31].

3 讨论

3.1 北京城区气传花粉季节特征

(1) 气传花粉的种类与比重与其所在城市的植被分布有直接关系,如柏科和杨柳科是东营的绿化树种,也是气传花粉中的优势种类^[32];松科植物是吉林市城市绿地的重要组成,因此松科的花粉比重最大^[33];武汉市街道和庭院的骨干树种是悬铃木,因此悬铃木花粉在武汉的气传花粉中比重最大^[34];

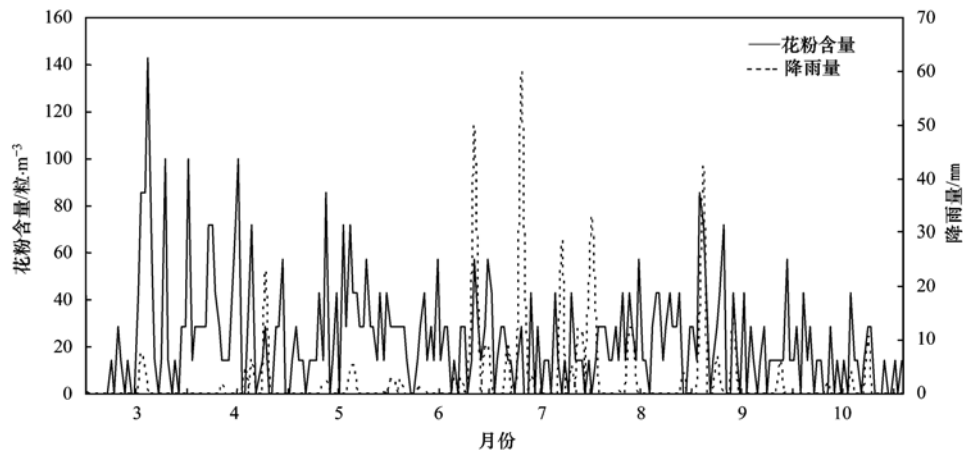


图7 气传花粉含量与降雨量的相关变化

Fig. 7 Correlated variation between airborne pollens and Rainfall

伴随北京城市道路中木犀科洋白蜡,杨柳科加杨、毛白杨以及垂柳等大量花粉致敏植物的栽种,使得大气中树木花粉的比重进一步提高。

(2) 本次研究所发现的北京城区的花粉含量年变化趋势与文献[29,31,35,36]的研究结果一致。此外,北京城区的花粉含量年变化与国内大部分城市类似,如吉林^[33]、东营^[32]、上海^[37,38]、武汉^[34]、成都^[25,39]以及深圳^[40]等地的花粉皆集中出现于春季和秋季,并且春季的树木花粉量远大于秋季的草本花粉量。但本研究中花粉浓度春季大于秋季,这与孟龄等^[41]在2011年度同一地点的研究结果相反,两个年度的研究仪器均放置在同一地点,因此地理性因素是固定的,植被因素和人为因素的变化也相对稳定,那么导致两个年度在同一地点研究结果不一致的原因可能是由于两个年度的气象条件不同所造成的;北京城区气传花粉含量天内变化与大多数城市的趋势相似,这可能与城市中每天的大气环流格局大体一致有关。在清晨时花粉囊还未开裂,大气花粉含量较低;日出后地面温度升高,花粉粒被释出并随受热的空气上升,大气花粉含量逐渐增加;下午及傍晚地面温度下降,空气受对流运动的影响下降,散入高空的花粉粒也随之沉降,因而检测的花粉含量达到一天中的峰值^[39]。

3.2 气传花粉与气象条件关系

(1) 北京城区气传花粉含量受气象条件影响明显,影响最直接的是风速、温度、湿度及降水等气象要素。温度是花粉发育及传播最为敏感的指标之一,因为植物授粉期时适宜的温度有利于花粉生长,传粉时良好的温度条件则对于花粉囊的顺利开裂至关重要^[39]。此外,高温所引起的气流对流,也会促

进花粉传播^[42]。北京城区2012年春秋两季的平均温度为17℃,且这两个季节的花粉量占全年的79%,因此春秋两季的温度是北京最适宜花粉的散播,张姝丽等人在2003年的研究也证实了这一点^[43]。

(2) 相对湿度通常同大气花粉浓度呈负相关,因为较高的湿度会抑制花粉囊的开裂及花粉的传播^[44]。例如,北京秋季的花粉含量就与相对湿度表现出显著的负相关关系^[43,44];在湖北荆州市,夏季气传花粉含量随相对湿度增加而逐渐变低^[45]。但如果湿度过高,花粉浓度反而会有所升高。例如在西班牙的Murcia,就发现如果夜间的相对湿度不超过60%,与第二天白天的花粉含量呈负相关,但如果晚上的相对湿度超过80%的话,第二天清晨的花粉含量会上升。过高湿度时花粉含量增加的原因可能是在高湿环境下,花粉颗粒较易通过其凹凸不平的表面黏合,这样花粉采样器会捕捉到更多的花粉,因而监测到的花粉含量就有所升高^[45]。

(3) 花粉在大气中飘散的理想条件是一种稳定的风速并且没有加速,而且有些植物花粉需经风的振荡来释放,否则它们重叠的物理结构将包住花粉粒^[46];一般认为,雨水会影响花粉的产量和释放,易致空中飘散花粉粒减少,本研究与北京^[35]、南昌^[47]、武汉^[34]、斯洛伐克 Bratislava^[48]、西班牙 Toledo^[49]、意大利 Alassio^[50]等研究结果相似。

4 结论

(1) 北京城区全年空气中皆有花粉飘散,但是每月逐日花粉含量的数目和种类不尽相同。2012年度北京城区最具代表性的气传花粉来自于菊科、木犀科及杨柳科;全年花粉含量季节分布呈双峰型,

春季为主要花粉季节, 秋季为次要花粉季节。春季花粉含量高峰非常明显, 4 月更是高达全年最高, 此时大气花粉以致敏性较弱的树木花粉为主, 包括松属、云杉属、圆柏属、杨属和柳属等; 秋季花粉含量有波动, 这一时期以杂草花粉为主大气花粉的主要组成是强致敏性的草本植物花粉, 如蒿属、葎草属、地肤属和藜属等。夏季虽然花团锦簇, 但多为艳丽的虫媒花开, 故为花粉淡季。伴随气传花粉数量的季节性变化, 花粉症的发病也具有了鲜明的季节性特征。由于秋季的气传花粉致敏性强, 所以北京花粉症的高发季节主要集中在秋季; 气传花粉含量在一天内的变化很大, 2012 年度北京城区气传花粉含量在一天内呈现两个峰值, 分别是在凌晨 02:00 和 14:00 前后; 一天中的最小值出现在 22:00 左右。

(2) 北京城区气传花粉含量受气象要素影响明显。在 $0 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 的温度区间内, 花粉含量与温度呈正相关; 当温度大于 15°C , 即在 $18 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 的范围内时, 花粉含量与温度呈负相关; 湿度降低有利于花粉粒的干燥, 从而使花粉粒容易释放, 增加其在空气中的飘散, 根据北京城区 2012 年的数据分析, 当相对湿度在 20% ~ 50% 或大于 70% 的时候, 气传花粉含量随相对湿度的增大而减小, 而相对湿度在 50% ~ 60% 时, 气传花粉含量随相对湿度的增大而增加; 本研究结果还表明风速在 $1 \sim 3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时, 易于花粉远扬, 气传花粉含量较大。但风速超过 $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时或持续时间过久, 空气中花粉含量值反而较小; 同时还表明气传花粉含量随雨水增加而减小。

(3) 经过前期工作, 已经探明了北京城区气传花粉的种类及飘散规律, 以及花粉含量和气象条件之间的关系, 大气中花粉飘散的多少主要依赖于自身的生长规律以及地理环境和花粉源的位置等自然条件, 也与气象因素密切相关。此项研究为进行花粉含量预报提供了参考, 但在花粉的致敏性及有效的防范措施、致敏性花粉扩散影响范围等方面仍要作进一步的研究。

参考文献:

- [1] Gilbert G E. Volumetric and gravity slide tests for air-borne ragweed and oak pollens at Columbus, Ohio [J]. The Ohio Journal of Science, 1950, **50**(2): 60-70.
- [2] Kirmaz C, Yuksel H, Bayrak P, *et al.* Symptoms of the olive pollen allergy: Do they really occur only in the pollination season? [J]. Journal of Investigational Allergology & Clinical Immunology, 2005, **15**(2): 140-145.
- [3] 冯明礼, 贾元宏, 李英春, 等. 气传致敏花粉与哮喘病发病关系及花粉变应原免疫治疗效果的研究[J]. 现代康复, 1999, **3**(12): 1470-1471.
- [4] 顾瑞全. 临床变态反应疾病[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1993. 46-49.
- [5] 中国气传致敏花粉调查领导小组. 中国气传致敏花粉调查[M]. 北京: 北京出版社, 1991. 35-147.
- [6] Stanley R G, Linskens H F. Pollen biochemistry management [M]. New York: Springer-Verlag, 1974.
- [7] Smith W H. Air pollution and forests; Interactions between air contaminants and forest ecosystems [M]. New York: Springer-Verlag, 1981. 41-42.
- [8] 廖凤林. 城市园林绿化中的花粉污染[J]. 城市环境与城市生态, 1991, **4**(2): 21-25.
- [9] 张军, 徐新, 张增信, 等. 南京市空气中花粉特征及其与气象条件关系[J]. 气象与环境学报, 2009, **25**(5): 67-71.
- [10] D'Amato G, Lobefalo G. Allergenic pollens in the Southern Mediterranean area [J]. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 1989, **83**(1): 116-122.
- [11] Galán C, Infante F, Ruiz de Clavijo, *et al.* Allergy to pollen grains from Amaranthaceae and Chenopodiaceae in Cordoba, Spain. Annual and daily variation of pollen concentration [J]. Annals of Allergy, 1989, **63**(5): 435-438.
- [12] Kosisky S E, Carpenter G B. Predominant tree aeroallergens of the Washington, DC area; a six year survey (1989-1994) [J]. Annals of Allergy, Asthma & Immunology, 1997, **78**(4): 381-392.
- [13] Ferreira M, Dopazo A, Aira M F. Incidence of pollinosis in the city of a Coruña; correlation with aerobiological data [J]. Journal of Investigational Allergology & Clinical Immunology, 2002, **12**(2): 124-129.
- [14] Kishikawa R. Pollinosis and airborne pollen in Fukuoka City [J]. Allergy, 1990, **39**(8): 684-695.
- [15] Narita S, Shirasaki H, Yamaya H, *et al.* The pollen survey and dynamic statistics of patients with allergic rhinitis in Hakodate [J]. Allergy, 2001, **50**(5): 473-480.
- [16] 郑卓. 中山大学校园内空气中孢子花粉散布的初步调查 [J]. 生态科学, 1994, **6**(2): 11-17.
- [17] 杨炯, 胡苏萍, 钟立厚, 等. 武昌地区空气中主要致敏花粉调查[J]. 湖北医科大学学报, 1998, **19**(1): 38-39.
- [18] 黄赐璇, Cour P. 我国东部花粉雨初探[J]. 地理研究, 2001, **20**(1): 24-30.
- [19] 刘光辉, 黄选兆, 李洪, 等. 武汉城区花粉症患者主要致敏花粉的研究[J]. 临床耳鼻咽喉科杂志, 1998, **12**(5): 226-227.
- [20] 黄赐璇, 陈志清, 马瑞. 空气中致敏花粉的定量研究[J]. 地理科学进展, 1999, **18**(3): 263-266.
- [21] 苏爱莲, 杜振彩. 鲁南地区大气花粉及其致病性探讨[J]. 临沂医学专科学校学报, 2002, **24**(1): 17-19.
- [22] 熊汉忠, 高国胜, 皮亚平, 等. 湖北省鄂州市城区气传花粉调查研究[J]. 华中医学杂志, 2006, **30**(4): 283-285.
- [23] 欧阳志云, 辛嘉楠, 郑华, 等. 北京城区花粉致敏植物种类、分布及物候特征[J]. 应用生态学报, 2007, **18**(9): 1953-

- 1958.
- [24] 卢家美, 孙秀珍, 刘昀, 等. 西安市气传花粉调查[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2010, **31**(4): 472-480.
- [25] 刘艳, 路永红, 周培媚, 等. 成都市城区大气气传花粉调查[J]. 山西医药杂志, 2014, **43**(8): 864-867.
- [26] 赵筱扬, 余咏梅, 邱吉蔚, 等. 昆明市区气传花粉监测[J]. 中华临床免疫和变态反应杂志, 2015, **9**(2): 81-84.
- [27] 武静, 宋岚, 刘淑梅. 呼和浩特市气传致敏花粉调查与花粉症临床资料分析[J]. 职业与健康, 2013, **29**(3): 266-269.
- [28] 乔秉善, 叶世泰, 王良录, 等. 中国气传花粉和植物彩色图谱[M]. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2005.
- [29] 辛嘉楠. 北京城区花粉致敏植物分布及花粉浓度动态研究[D]. 北京: 中国科学院生态环境研究中心, 2008. 21.
- [30] 叶世泰, 张金谈, 乔秉善, 等. 中国气传和致敏花粉[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 1-3.
- [31] 何海娟, 张德山, 乔秉善. 北京城区空气中花粉含量与气象要素的关系初探[J]. 中华微生物学和免疫学杂志, 2001, **21**(4): 31-33.
- [32] 王占华, 尹玉琴, 高雯, 等. 东营地区空气中致敏花粉与花粉症的调查[J]. 中国预防医学杂志, 1989, **23**(6): 355-357.
- [33] 马玉文, 刘国庆, 孟凡毅, 等. 吉林市气传花粉与变态反应疾病关系的调查研究[J]. 吉林医学院学报, 1996, **16**(4): 70-71.
- [34] 申雯竹, 刘晓明, 陈桂兰. 武汉市中心城区气传花粉的近期调查研究[J]. 湖北中医学院学报, 2005, **7**(3): 54-55.
- [35] 杜睿. 北京及周边地区大气边界层中花粉气溶胶的观测[J]. 中国环境科学, 2007, **27**(4): 477-481.
- [36] 李攀, 何海娟, 孙国强, 等. 北京市区与过敏相关的气传花粉[J]. 基础医学与临床, 2015, **35**(6): 734-738.
- [37] 蒋辉, 王开发, 张玉兰. 上海地区行道树花粉及其对环境的影响[J]. 上海环境科学, 1991, **10**(3): 36-38.
- [38] 黄建花, 王幼芳, 沈春琳, 等. 上海地区气传花粉的监测[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2013, (2): 56-62.
- [39] 刘艳, 孙磊, 路永红, 等. 成都市城区气传花粉飘散与气象要素的相关性研究[J]. 实用医院临床杂志, 2014, **11**(4): 235-238.
- [40] 张昕昕, 肖小军, 付爱香, 等. 深圳市春秋季节气传花粉调查研究[J]. 南昌大学学报(医学版), 2013, **53**(3): 64-67.
- [41] 孟龄, 王效科, 欧阳志云, 等. 北京城区气传花粉季节分布特征[J]. 生态学报, 2013, **33**(8): 2381-2387.
- [42] Norris-Hill J, Emberlin J. Diurnal variation of pollen concentration in the air of north-central London [J]. Grana, 1991, **30**(1): 229-234.
- [43] 张姝丽, 张德山, 何海娟. 北京城区花粉数量天气条件分析[J]. 气象科技, 2003, **31**(6): 406-408.
- [44] 叶世泰, 张金谈, 乔秉善, 等. 中国气传和致敏花粉[M]. 北京: 科学出版社, 1988. 1-5.
- [45] 郭清芝, 丁小珍, 汪春英. 湖北省荆州市城区气传花粉调查研究[J]. 长江大学学报(自科版), 2005, **2**(6): 189-190.
- [46] Giner M M, García J S C, Sellés J G. Aerobiology of *Artemisia* airborne pollen in Murcia (SE Spain) and its relationship with weather variables: annual and intradiurnal variations for three different species. Wind vectors as a tool in determining pollen origin [J]. International Journal of Biometeorology, 1999, **43**(2): 51-63.
- [47] 谢水祥, 马廉兰, 刘志刚, 等. 气传致敏花粉飘散与气象七要素的相关性[J]. 中国临床康复, 2006, **10**(12): 56-58.
- [48] Bartková-Ščevková J. The influence of temperature, relative humidity and rainfall on the occurrence of pollen allergens (*Betula*, *Poaceae*, *Ambrosia artemisiifolia*) in the atmosphere of Bratislava (Slovakia) [J]. International Journal of Biometeorology, 2003, **48**(1): 1-5.
- [49] García-Mozo H, Pérez-Badía R, Fernández-González F, et al. Airborne pollen sampling in Toledo, Central Spain [J]. Aerobiologia, 2006, **22**(1): 55-66.
- [50] Crimi P, Macrina G, Folli C, et al. Correlation between meteorological conditions and *Parietaria* pollen concentration in Alassio, north-west Italy [J]. International Journal of Biometeorology, 2004, **49**(1): 13-17.

CONTENTS

Editor's comment	(403)
Risk Assessment and Risk Management of Chemicals in China	WANG Tie-yu, ZHOU Yun-qiao, LI Qi-feng, <i>et al.</i> (404)
Application of Land-use Regression Models in Spatial-temporal Differentiation of Air Pollution	WU Jian-sheng, XIE Wu-dan, LI Jia-cheng (413)
Ecological Footprint Evolution Characteristics and Its Influencing Factors in China from 2000 to 2010	HUANG Bao-rong, CUI Shu-hong, LI Ying-ming (420)
Pollution Characteristics and Sources of Carbonaceous Aerosol in PM _{2.5} During Winter in Guanzhong Area	TIAN Peng-shan, CAO Jun-ji, HAN Yong-ming, <i>et al.</i> (427)
Chemical Composition of the Single Particle Aerosol in Winter in Nanning Using SPAMS	LIU Hui-lin, SONG Hong-jun, CHEN Zhi-ming, <i>et al.</i> (434)
Correlation Analysis Between Characteristics of VOCs and Ozone Formation Potential in Summer in Nanjing Urban District	YANG Xiao-xiao, TANG Li-li, ZHANG Yun-jiang, <i>et al.</i> (443)
Seasonal Dynamics of Airborne Pollens and Its Relationship with Meteorological Factors in Beijing Urban Area	MENG Ling, WANG Xiao-ke, OUYANG Zhi-yun, <i>et al.</i> (452)
Mercury Distribution Characteristics and Atmospheric Mercury Emission Factors of Typical Waste Incineration Plants in Chongqing	DUAN Zhen-ya, SU Hai-tao, WANG Feng-yang, <i>et al.</i> (459)
Characteristics of Atmospheric Dry and Wet Deposition of Trace Metals in the Hinterland of the Three Gorges Reservoir, China	ZHANG Liu-yi, LIU Yuan, QIAO Bao-qing, <i>et al.</i> (466)
Monitoring and Analysis of Stable Isotopes of the Near Surface Water Vapor in Changsha	XIE Yu-long, ZHANG Xin-ping, YAO Tian-ci, <i>et al.</i> (475)
Mercury Transport from Glacier to Runoff in Typical Inland Glacial Area in the Tibetan Plateau	SUN Xue-jun, WANG Kang, GUO Jun-ming, <i>et al.</i> (482)
Characteristics and Risk Assessment of Heavy Metals in Core Sediments from Lakes of Tibet	GUO Bi-xi, LIU Yong-qin, ZHANG Fan, <i>et al.</i> (490)
Distribution and Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Sediments of Inflow Rivers to Northeastern Lake Tanganyika	YU Cheng, CHEN Shuang, ZHANG Lu (499)
Over One Hundred Year Sediment Record of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Lake Bosten, Xinjiang	SHEN Bei-bei, WU Jing-lu, ZHAO Zhong-hua, <i>et al.</i> (507)
Distribution Characteristics of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Different Environmental Media from Qinghai Island, Zhoushan, China	ZHENG Huang, XING Xin-li, GU Yan-sheng, <i>et al.</i> (513)
Transformation of Non-point Source Soluble Nitrogen in Simulated Drainage Ditch	LI Qiang-kun, SONG Chang-ji, HU Ya-wei, <i>et al.</i> (520)
Influence of Landscape Heterogeneity on Total Nitrogen Concentration in Zhongtian River Watershed	WANG Jing-ping, LI Zhao-fu, LIU Hong-yu, <i>et al.</i> (527)
Nitrogen Release from Sediment Under Dry and Rainy Season Alternation and Its Contribution to N Export from Xiangxi Watershed in Jiangxi Province	HAN Ning, HAO Zhuo, XU Ya-juan, <i>et al.</i> (534)
Spatial and Temporal Distributions of Nitrogen and Phosphate in the Chaohu Lake	XI Shan-shan, ZHOU Chun-cai, LIU Gui-jian, <i>et al.</i> (542)
Phosphorus Fractions and Release Risk in Surface Sediments of an Agricultural Headwater Stream System in Hefei Suburban, China	PEI Ting-ting, LI Ru-zhong, GAO Su-di, <i>et al.</i> (548)
Surface Property and Sorption Characteristics of Phosphorus onto Surface Sediments in Sanggou Bay	ZHU Jia-mei, CAO Xiao-yan, LIU Su-mei, <i>et al.</i> (558)
Particle Size Distribution and Pollutant Speciation Analyses of Stormwater Runoff in the Ancient Town of Suzhou	LI Huai, WU Wei, TIAN Yong-jing, <i>et al.</i> (565)
Abundance of Toxic and Non-toxic <i>Microcystis</i> sp. in Lake Hongze and Its Correlation with Environmental Factors	LI Da-ming, ZHANG Tong-qing, TANG Sheng-kai, <i>et al.</i> (573)
Effect of Charge-Transfer Complex on Ultraviolet-Visible (UV-Vis) Absorption Property of Chromophoric Dissolved Organic Matter (CDOM) in Waters of Typical Water-Level Fluctuation Zones of the Three Gorges Reservoir Areas	JIANG Tao, LIANG Jian, ZHANG Mu-xue, <i>et al.</i> (580)
Influence of pH on Kinetics of Anilines Oxidation by Permanganate	WANG Hui, SUN Bo, GUAN Xiao-hong (588)
Effects of EDTA on the Reductive Dechlorination of 2,4-D by Pd/Fe	ZHOU Hong-yi, NIE Ya-zhong, CHEN Yong, <i>et al.</i> (595)
Preparation of NiAl-MMO Films Electrode and Its Capacitive Deionization Property	WANG Ting, ZHU Chun-shan, HU Cheng-zhi (602)
Competitive Microbial Oxidation and Reduction of Arsenic	YANG Ting-ting, BAI Yao-hui, LIANG Jin-song, <i>et al.</i> (609)
Community Characteristics of ANAMMOX Bacteria in Subsurface Flow Constructed Wetland(SSFCW) for Processing of Aquaculture Waster Water	ZENG Xian-lei, LIU Xing-guo, WU Zong-fan, <i>et al.</i> (615)
Analysis of Pathogenic Bacteria in Reclaimed Water and Impact of UV Disinfection on the Removal of Pathogenic Bacteria	JING Ming, WANG Lei (622)
Analysis of the Microbial Community Structure in Continuous Flow Reactor Enhanced by Heterotrophic Nitrification and Aerobic Denitrification Bacterium <i>Burkholderia</i> sp. YX02	SHAO Ji-lun, CAO Gang, LI Zi-hui, <i>et al.</i> (630)
Comparative Metagenomics of BIOLAK and A ² O Activated Sludge Based on Next-generation Sequencing Technology	TIAN Mei, LIU Han-hu, SHEN Xin (638)
Identification and Nitrogen Removal Characteristics of a Heterotrophic Nitrification-Aerobic Denitrification Strain Isolated from Marine Environment	SUN Qing-hua, YU De-shuang, ZHANG Pei-yu, <i>et al.</i> (647)
Removal of AOX and Chroma in Biologically Treated Effluent of Chemical Dyestuff Wastewater with Nanoscale Ni/Fe	SHU Xiao-ming, XU Can-can, LIU Rui, <i>et al.</i> (655)
Feasibility of 3BER-S Process for the Deep Denitrification in Synch with the Removal of PAEs from Reclaimed Water	XU Peng-cheng, HAO Rui-xia, ZHANG Ya, <i>et al.</i> (662)
Influence of Reaction Time on Titanate Nanomaterials and Its Adsorption Capability for Lead in Aqueous Solutions	FAN Gong-duan, CHEN Li-ru, LIN Ru-jing, <i>et al.</i> (668)
Sorption Characteristics of Phenanthrene and 1,1-Dichloroethene onto Reed Straw Biochar in Aquatic Solutions	WU Qing-wen, MENG Liang, ZHANG Zhi-hao, <i>et al.</i> (680)
Adsorption Characteristics of Norfloxacin by Biochars Derived from Reed Straw and Municipal Sludge	ZHANG Han-yu, WANG Zhao-wei, GAO Jun-hong, <i>et al.</i> (689)
Effect of Seasonal Temperature Increasing on Nitrogen Mineralization in Soil of the Water Level Fluctuating Zone of Three Gorge Tributary During the Dry Period	LIN Jun-jie, ZHANG Shuai, LIU Dan, <i>et al.</i> (697)
Effects of Warming and Straw Application on Soil Respiration and Enzyme Activity in a Winter Wheat Cropland	CHEN Shu-tao, SANG Lin, ZHANG Xu, <i>et al.</i> (703)
Distribution of Urban Soil Heavy Metal and Pollution Evaluation in Different Functional Zones of Yinchuan City	WANG You-qi, BAI Yi-ru, WANG Jian-yu (710)
Differential Effect and Mechanism of <i>in situ</i> Immobilization of Cadmium Contamination in Soil Using Diatomite Produced from Different Areas	ZHU Jian, WANG Ping, LIN Yan, <i>et al.</i> (717)
Characteristics of Adsorption Leaching and Influencing Factors of Dimethyl Phthalate in Purple Soil	WANG Qiang, SONG Jiao-yan, ZENG Wei, <i>et al.</i> (726)
Cd Runoff Load and Soil Profile Movement After Implementation of Some Typical Contaminated Agricultural Soil Remediation Strategies	LIU Xiao-li, ZENG Zhao-xia, TIE Bai-qing, <i>et al.</i> (734)
Concentrations and Component Profiles PAHs in Surface Soils and Wheat Grains from the Cornfields Close to the Steel Smelting Industry in Handan, Hebei Province	WU Di, WANG Yi-long, LIU Wei-jian, <i>et al.</i> (740)
Effect of Arbuscular Mycorrhiza (AM) on Tolerance of Cattail to Cd Stress in Aquatic Environment	LUO Peng-cheng, LI Hang, WANG Shu-guang (750)
Acute Toxic Effects of Bromate on Aquatic Organisms	WANG Zhi-wei, LIU Dong-mei, ZHANG Wen-juan, <i>et al.</i> (756)
Development of Self-assembled Dumbbell-like Fe ₃ O ₄ Micro/nanomaterial for Application in Thermocatalytic Degradation of Polybrominated Biphenyls	HUANG Xin-chen, ZONG Gang, LIU Ye-xuan, <i>et al.</i> (765)
Impact of Salinity on Leachate Treatment and N ₂ O Releases from Semi-aerobic Aged-refuse Bioreactor	LI Wei-hua, SUN Ying-jie, LIU Zi-liang, <i>et al.</i> (775)
Evaluating the Significance of Odor Gas Released During the Directly Drying Process of Sludge: Based on the Multi-index Integrated Assessment Method	DING Wen-jie, CHEN Wen-he, DENG Ming-jia, <i>et al.</i> (782)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 刘 毅 汤鸿霄 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2016年2月15日 第37卷 第2期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 37 No. 2 Feb. 15, 2016

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 120.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行