

合肥市不同生态功能区空气负离子浓度分布特征及其与气象因子的关系*

韦朝领** 王敬涛 蒋跃林 张庆国

(安徽农业大学资源与环境学院, 合肥 230036)

【摘要】 空气负离子浓度与空气环境质量密切相关. 以合肥市为研究对象, 按照4个生态功能区(公园游览区、生活居住区、商业交通繁华区和工业区), 同步进行了空气负离子浓度、主要气象要素(光照强度、气温、空气相对湿度等)观测. 不同功能区空气负离子浓度的日变化特点是: 公园游览区和生活居住区日变化呈单峰形式, 工业区呈双峰形式, 而商业交通繁华区则比较复杂; 极值出现的时间也有差异; 4个功能区空气负离子浓度日变化的波动性从大到小依次为商业交通繁华区 > 工业区 > 生活居住区 > 公园游览区. 4个功能区空气负离子浓度年变化趋势基本一致, 夏季最高, 冬季最低. 公园游览区、生活居住区、商业交通繁华区和工业区空气负离子浓度年平均值分别是 819、340、149 和 126 个·cm⁻³. 影响合肥市空气负离子浓度的最主要气象因子是空气相对湿度, 其次是光照强度, 最小为气温. 空气负离子浓度与空气相对湿度呈指数递增关系.

关键词 城市生态功能区 空气负离子 气象因子 分布特征

文章编号 1001-9332(2006)11-2158-05 **中图分类号** X131.1 **文献标识码** A

Air negative charge ion concentration and its relationships with meteorological factors in different ecological functional zones of Hefei City. WEI Chaoling, WANG Jingtao, JIANG Yuelin, ZHANG Qingguo (College of Resources and Environment, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2006, 17(11): 2158-2162.

Air negative charge ion concentration (ANCIC) has a close relationship with air quality. The observations on the ANCIC, sunlight intensity, air temperature, and air relative humidity in different ecological functional zones of Hefei City from 2003 to 2004 showed that the diurnal change pattern of ANCIC was of single peak in sightseeing and habitation zones, dual peak in industrial zone, and complicated in commercial zone. Different ecological functional zones had different appearance time of their daily ANCIC extremum. The diurnal fluctuation of ANCIC was in the order of commercial zone > industrial zone > habitation zone and sightseeing zone. The annual change pattern of ANCIC in these zones was similar, being the highest in summer and lowest in winter, and the mean annual ANCIC was 819, 340, 149 and 126 ions·cm⁻³, respectively. The most important meteorological factor affecting the ANCIC in Hefei City was air relative humidity, followed by sunlight intensity and air temperature. There was an exponential relationship between ANCIC and air relative humidity.

Key words Urban eco-functional zone, Air negative charge ion, Meteorological factor, Distribution characteristics.

1 引言

空气负离子具有广泛的生理生化效应和功能, 与人类生活密切相关; 被誉为“空气维生素和生长素”. 研究表明, 空气离子对人体健康有益, 如负离子能起到镇静、催眠、镇咳、止痒、增进食欲、快速恢复疲劳和降低血压等作用^[3,4,6,7,12]. 在环境卫生学上, 空气负离子不仅具有去除空气中的尘埃、净化空气的作用, 而且具有杀灭病毒和细菌的作用^[7,12]. 随着生活水平的不断提高, 人们对环境质量越来越关心, 特别是工业化、城市化的发展, 城市环境中的空气负离子浓度备受城市居民的重视. 空气负离子含量已成为城市生态与空气环境质量评价的主要参考

指数之一, 可为城乡建设规划、城市林业规划和环境保护提供科学依据, 并作为衡量一个地区空气清洁、新鲜和卫生程度的主要指标.

目前, 空气负离子浓度研究主要集中于旅游景点、森林或特定植被上空气负离子浓度的测定和描述^[8,11,13,15], 而城市空气负离子浓度的研究尚处于起步阶段. 此外, 由于研究环境的特异性和复杂性, 影响空气负离子浓度的环境因子复杂, 很难得出统一的结论. 就森林来说, 在同一类型森林中, 树龄、郁闭度、树高为影响空气负离子浓度的主导因子^[2,19].

* 国家自然科学基金项目(70271062)和安徽省自然科学基金资助项目(03045203).

** 通讯联系人. E-mail: weichl@ahau.edu.cn

2006-02-23 收稿, 2006-08-30 接受.

虽然目前已初步明确空气负离子浓度与温度呈显著负相关,与空气相对湿度呈正相关^[5,18,21],但是在相关气象因子中,对其影响的主次关系并不十分清楚。为此,本研究拟以合肥市为研究对象,按照不同功能区,同步进行空气负离子浓度和相关气象因子的观测,比较分析其在不同功能区的变化特征,探讨不同气象因子(光照强度、温度、相对湿度等)对空气负离子浓度的影响,从而为综合地评价城市大气生态环境状况提供客观依据,并为优化生态环境和城市规划提供参考。

2 研究地区与研究方法

2.1 观测点的选择

将合肥的大蜀山森林公园、琥珀山庄、四牌楼、合钢公司(图1)分别作为公园游览区、居民居住生活区、商业交通繁华区、工业区的代表区域。每个区选择3~4个观测点,同一区内的观测点下垫面基本相同,即大蜀山森林公园下垫面为森林,主要树种为马尾松(*Pinus massoniana*)、黑松(*Pinus thunbergii*)、麻栎(*Quercus acutissima*)和枫香(*Liquidambar formosana*),其附近有董铺水库和大蜀山;琥珀山庄下垫面为草坪,附近有琥珀潭和环城河;四牌楼下垫面为水泥地,周围主要是高楼大厦,人口密度较大,来往车辆繁多;合钢公司下垫面也为水泥地,周围主要是厂房。

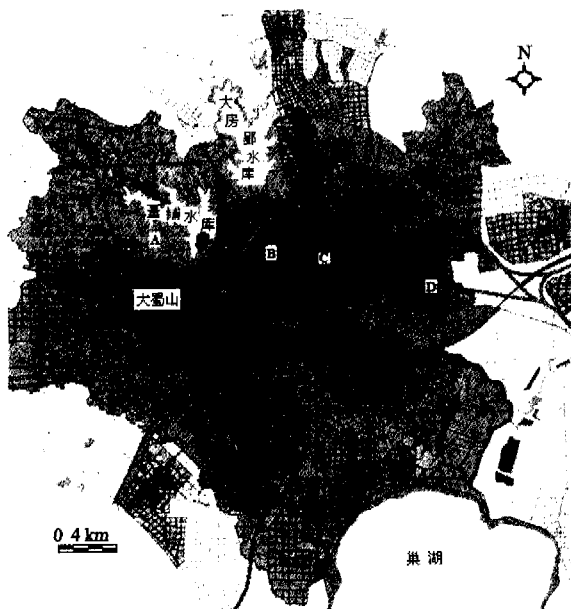


图1 合肥市4个功能区观测点分布示意图

Fig. 1 Distribution of four measuring points in different functional zones in Hefei City.

A: 大蜀山森林公园 Dashushan Forest Park; B: 琥珀山庄 Hupo Villa; C: 四牌楼 Sipailou; D: 合钢公司 Heifei Steel Limited Company.

2.2 观测时间

自2003~2004年,每年在各月份中旬分别选择晴朗天气进行观测,春(3~5月)、夏(6~8月)、秋(9~11月)、冬

(12~次年2月)每个季节观测天数不少于3 d。观测时,从8:00~18:00,每2 h观测1次。

2.3 观测项目与方法

空气负离子浓度(个·cm⁻³)用福建连腾电子公司生产的DLY-3型空气离子测量仪测定。仪器使用前经过校正,每个测点每次观测都按照东、南、西、北4个方向,每个方向读数3次,共12个读数,取其平均值。

空气温度和相对湿度用天津气象仪器厂生产的DHM-2型通风干湿表测定。观测时,待湿球温度显示稳定时(在通风2~4 min后)开始读数(先干球,后湿球),读数重复3次,第2次与第1次间隔30 s左右,第3次紧接第2次读出。

照度用北京师范大学光电仪器厂生产的ST-85型自动量程照度计测定。使用时要正确安放接收器的位置,每隔5~10 s读数1次,每次读数时按下读数保持键,断开保持键后照度计继续采样测试,连续读取5个数据。风向、风速用DEM-6型三杯轻便风向风速表测定。以上所有项目观测都同步进行。

2.4 数据统计与分析

用SPSS 11.0和DPS 6.5数据处理系统(data processing system),进行空气负离子浓度的日变异系数、灰色关联度等统计分析。

3 结果与分析

3.1 不同功能区空气负离子浓度日变化特征

在不同季节选择晴天进行空气负离子浓度日变化观测结果表明,合肥市不同功能区空气负离子日变化特征差异较大(图2)。具体表现在:从空气负离子浓度变化趋势上看,公园游览区和生活居住区日变化呈明显的单峰形式,工业区呈双峰形式,而商业交通繁华区则比较复杂;从极值出现的时间上来看,公园游览区、商业交通繁华区和生活居住区的春季最大值出现在上午8:00~10:00,而生活居住区的夏、秋、冬季则出现在14:00;就最小值而言,除了商业交通繁华区出现在14:00~16:00,其它几个功能区出现在18:00。

由图2可以看出,不同功能区空气负离子浓度的极值大小各不相同。公园游览区春、夏、秋、冬4个季节日变化的最大值和最小值都最大,接下来依次是生活居住区和商业交通繁华区,工业区最小。春、夏、秋、冬公园游览区空气负离子浓度的最大值分别是1 251、1 589、1 386和917个·cm⁻³,最小值分别是723、930、708和472个·cm⁻³,依次是工业区的8.4、11.1、7.6、5.1、16.1、18.6、10.4、8.7倍。由图2还可以看出,合肥市4个功能区空气负离子浓度日变化的波动性较大,为了能够直接反映这些日变化的波动性大小和差异,在这里用日变化的变异系数

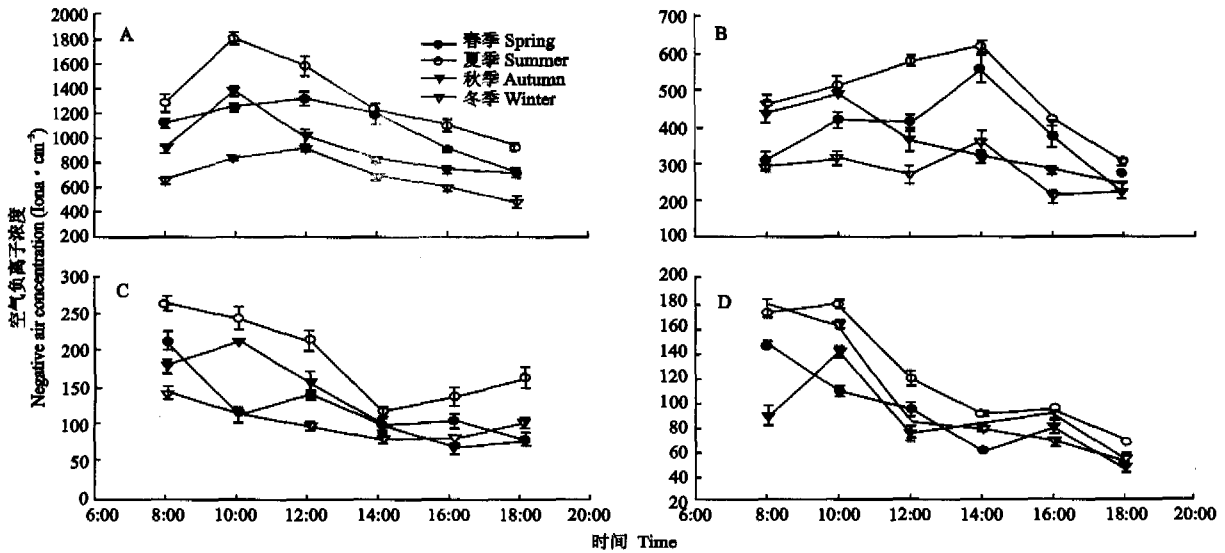


图2 合肥市不同功能区空气负离子浓度的日变化 (n=36).

Fig. 2 Diurnal variations of negative air ion concentration in different functional zones in Hefei.

A: 公园游览区 Sight-seeing zone; B: 生活居住区 Living-inhabit zone; C: 商业交通繁华区 Boomy commerce zone; D: 工业区 Industrial zone. 下同 The same below.

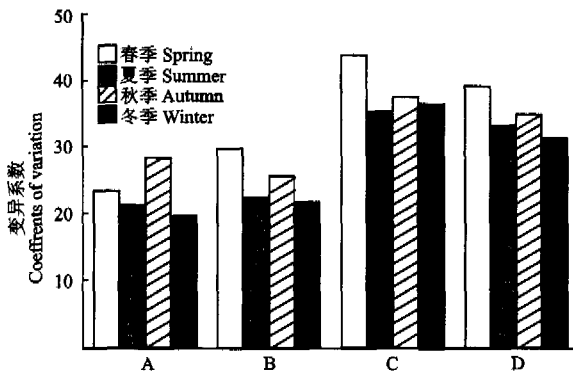


图3 合肥市不同功能区空气负离子浓度日变化的变异系数

Fig. 3 Coefficients of variation of diurnal variations of negative air ion concentration in different functional zones in Hefei.

来衡量. 从图3可以看出, 4个功能区的春、夏、秋、冬4个季节各自的变异系数从大到小依次是: 商业交通繁华区 > 工业区 > 生活居住区 > 公园游览区; 而对同一功能区的不同季节的空气负离子浓度日变化变异系数来说, 除了公园游览区秋季最大, 其它3个功能区都是春季最大, 而4个功能区的变异系数最小值皆出现在冬季.

3.2 不同功能区空气负离子浓度的年变化特征

四季的划分是按照气候资料统计方法来进行的, 即以3~5月为春季, 6~8月为夏季, 9~11月为秋季, 12~2月为冬季. 统计计算的结果见图4. 由图4可以看出, 合肥市公园游览区、生活居住区、商业交通繁华区和工业区空气负离子浓度年变化规律基本相同, 都是夏季最高, 其平均值分别为1229、485、183和147个·cm⁻³; 冬季最小, 分别为592、207、114和95个·cm⁻³; 春、秋季次之, 但是春季比秋季

高. 4个功能区的空气负离子浓度年变化大小顺序依次是: 公园游览区 > 生活居住区 > 商业交通繁华区 > 工业区, 分别为637、278、69和52个·cm⁻³.

以4个季节空气负离子浓度的平均值来代表各个功能区空气负离子浓度的年平均值, 结果发现4个功能区的年平均值从大到小的顺序也是: 公园游览区 > 生活居住区 > 商业交通繁华区 > 工业区, 分别为819、340、149和126个·cm⁻³.

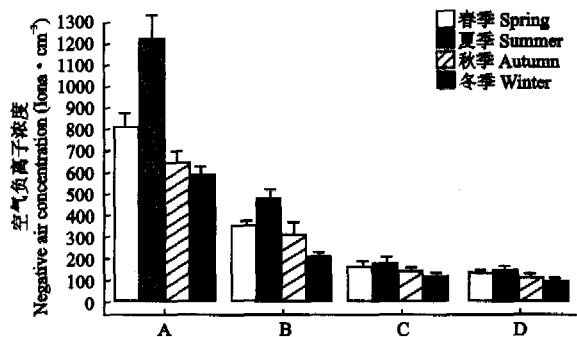


图4 合肥市不同功能区空气负离子浓度的年变化

Fig. 4 Annual variations of negative air ion concentration in different functional zones in Hefei (n=60).

3.3 影响空气负离子浓度的气象因子分析

以年平均空气负离子浓度为母序列, 以年平均照度、气温和空气相对湿度分别为参比序列, 求算它们各自与空气负离子浓度的灰色关联系数(表1). 根据灰色关联度分析原理, 若某一参比序列与母序列的关联系数越大, 说明母序列与该参比序列的关系越密切, 也就是说母序列受该参比序列的影响越大. 由表1可知, 合肥市4个功能区空气负离子浓度受空气相对湿度影响最大, 其次为光照强度, 影响最

表1 合肥市不同功能区空气负离子浓度和主要气象因子的灰色关联度分析

Table 1 Gray relation analysis between negative air ion concentration and main meteorological factors in different functional zones in Hefei

功能区 Functional zones	气象要素 Meteorology factors		
	空气相对湿度 Air relative humidity	气温 Air temperature	光照强度 Light intensity
公园游览区 Sight-seeing zone	0.7919	0.4995	0.6083
生活居住区 Living-inhabit zone	0.8403	0.5981	0.6041
商业交通繁华区 Boomy commerce zone	0.8126	0.5587	0.6612
工业区 Industrial zone	0.7398	0.6485	0.7270

小的是气温。

由上述可知,影响空气负离子浓度大小的最主要气象因子是空气相对湿度.为此作者于2004年4~5月在大蜀山森林公园进行了多地点、多次观测,以研究空气负离子浓度与空气相对湿度间的关系(图5).从图5可以看出,当空气相对湿度为40%~84%时,空气负离子浓度随空气相对湿度呈指数递增,可用下式表示:

$$y = 25.398e^{0.0506x} \quad (r=0.9972, P < 0.001)$$

式中, y 代表空气负离子浓度, x 代表空气相对湿度.

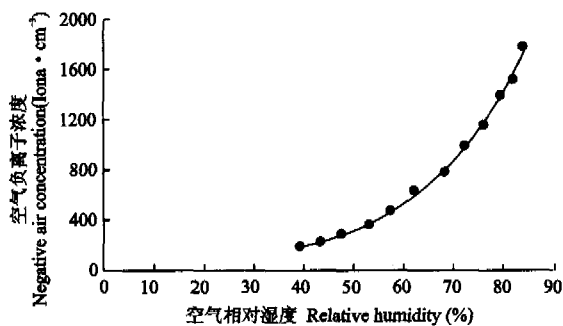


图5 空气负离子浓度与空气相对湿度的相互关系

Fig. 5 Relationship between negative air ion concentration and air relative humidity.

4 讨 论

产生空气负离子的方式有两种,即物理性产生方式和生物性产生方式.其中,水分子裂解是前者的重要渠道之一;土壤、动物和植物产生负离子并交换到空气中,如植物光合作用过程中光电效应产生的空气负离子是后者产生的主要途径^[7,9].因此,空气负离子浓度因植被类型和森林覆盖率、大气流动、异性电荷中和、微粒吸附、自然地理条件变化等,都会影响空气负离子的浓度.例如,北京地区从市中心向郊区空气负离子浓度逐渐增大,有林区空气负离子

浓度明显高于无林区^[13].本研究也发现有类似的规律(图4).合肥市不同生态功能区不同季节的空气负离子浓度都是公园游览区最大,生活居住区次之,商业交通繁华区和工业区最小,4个功能区年平均空气负离子浓度大小也呈相同趋势.从地理位置来看,它们自西向东分别位于合肥市的蜀山区最西部、一环路和环城公园之间、市中心和东市区,对应的绿化覆盖率依次是:>90%、30%~50%和<30%^[11].从图2可以看出,不同功能区空气负离子浓度日变化波动程度并不相同,其中人流和车流量比较小的风景游览区最小;而与之相反,人口比较密集、车流量较大的商业交通繁华区波动最大,所以人类活动对空气负离子浓度日变化波动影响较大,这与邵海荣等的观测结果基本一致^[13].

空气负离子产生过程是:空气分子或原子被电离时,释放出一个电子,该电子附着在周围的分子或原子上,结合一定的水分子形成空气负离子,失去电子的形成正离子.根据大地测量学和地理物理学国际联盟大气联合委员会采用的理论,空气负离子存在的主要形式是 $O_2^-(H_2O)_n$ 、 $OH^-(H_2O)_n$ 和 $CO_2^-(H_2O)_n$.据此可以推测,空气湿度对空气负离子浓度的影响最大,而本文通过空气负离子浓度和主要气象因子的灰色关联度分析得出,空气相对湿度对其影响最大,正好支持了这种推测.针对上海市的研究也发现了类似规律,即与空气负离子浓度密切相关的空气质量评价指数与树木覆盖率呈指数递增关系^[10].研究发现,影响空气负离子浓度的主要气象因子有日平均风速、每日太阳直接辐射总量和空气相对湿度^[14,20].空气负离子和空气相对湿度呈正比关系^[5,17,18],而其和温度的关系目前观点难以统一^[5,17].目前由于研究者使用的观测仪器型号、研究地点和观测方法难以统一,空气负离子浓度和气象因子间的内在规律研究仍处于初步阶段,有待进一步加强.

空气离子寿命是短暂的,在林区、海滨等地寿命稍长,大约几分钟,而在人口密集的闹市区更短,仅几秒钟.城市中心由于人口密集,废气、尘埃、烃类、各种微粒组成的气溶胶等污染物质含量较高;空气中的小离子附加到污染物上,则小离子浓度迅速降低,负离子浓度相应减少.城市绿地能明显增加空气负离子浓度^[16].研究发现,合肥市空气负离子浓度大小与空气相对湿度关系密切.因此,在城市中心商业交通繁华区和工厂区要扩大绿地面积,适当增加喷泉数量,以减少空气污染,提高空气质量,为市民

提供良好的生活环境。

就合肥市而言,商业交通繁华区和工业区空气负离子浓度比较低,一年中夏季最高,冬季最低。因此,对这些地区进行绿化时,要增加常绿植物,从而进一步改善冬季的空气质量。

5 结 论

合肥市不同功能区空气负离子浓度的日变化特点不同。公园游览区和生活居住区日变化呈单峰形式,工业区呈双峰形式,而商业交通繁华区则比较复杂。合肥市4个功能区空气负离子浓度年平均值和日变化的波动性大小顺序为商业交通繁华区>工业区>生活居住区>公园游览区;而年变化趋势基本一致,表现为夏季最高,冬季最低。空气相对湿度是影响合肥市空气负离子浓度的最主要气象因子。

致谢 空气负离子浓度与主要气象要素的观测得到农学院99级的黄光辉、许承锋、张俊和00级的吕国蓉、刁卫平、李劲、刘玉芬、田兴中等同学的大力协助,在此表示感谢!

参考文献

- Bai L-B (白林波), Wu W-Y (吴文友), Wu Z-M (吴泽民), et al. 2001. The application of RS and GIS in green inventory in Hefei City. *J Northwest For Univ* (西北林学院学报), 16(1): 59~63 (in Chinese)
- Fan Y-M (范亚民), He P (何平), Li J-L (李建龙), et al. 2005. Effect evaluation of air negative ions under different vegetation arrangements in Nanning City. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 24(8): 883~886
- Krueger AP. 1962. Air ions and physiological function. *J Gen Physiol*, 45(4): 233~241
- Krueger AP. 1985. The biological effects of air ions. *Int J Biometeor*, 29(3): 205~206
- Li S-G (厉曙光), Zhang Y-F (张亚锋), Li L (李莉), et al. 2002. Investigation on interaction between climate factors and air negative ions surrounded by fountain. *J Tongji Univ* (同济大学学报), 30(3): 353~355 (in Chinese)
- Li Z-N (李忠宁). 1999. Negative air ions and hygiene. *Ecol Sci* (生态科学), 18(2): 87~90
- Marin V, Moretti G, Rassa M. 1989. Effects of ionization of the air on some bacterial strains. *Ann Ig*, 1(6): 1491~1500
- Meng J-J (蒙晋佳), Zhang Y (张燕). 2004. The distribution of air anion concentration above ground at some scenic sites in Guangxi. *Res Environ Sci* (环境科学研究), 17(3): 25~27 (in Chinese)
- Niu S-R (钮式如). 1984. Air negative ions and health. *Environ Health* (环境与健康), (1): 38~40 (in Chinese)
- Ni J, Qiong XU, Shu DR, et al. 2004. Research on relation between air anions and environment in Shanghai city. *Chin For Sci Technol*, 3(3): 81~86
- Ni J (倪军), Xu Q (徐琼), Shi D-R (石登荣), et al. 2004. The correlative study on air anions in city greenbelt; As a case of the parks in Shanghai. *J Chin Urban For* (中国城市林业), 2(3): 30~33
- Ryushi T, Kita I, Sakurai T, et al. 1998. The effect of exposure to negative air ions on the recovery of physiological responses after moderate endurance exercise. *Int J Biometeorol*, 41(3): 132~136
- Shao H-R (邵海荣), He Q-T (贺庆棠), Yan H-P (阎海平), et al. 2005. Spatio-temporal changes of negative air ion concentrations in Beijing. *J Beijing For Univ* (北京林业大学学报), 27(3): 35~39 (in Chinese)
- Shi Q (石强), Shu H-F (舒惠芳). 2004. Research on evaluation of the air anion in forest recreational areas. *Sci Silvae Sin* (林业科学), 40(1): 36~40 (in Chinese)
- Wang H-J (王洪俊), Meng Q-F (孟庆繁). 2005. Preliminary study on aero-anion concentration in urban green spaces. *J Beihua Univ* (北华大学学报), 6(3): 264~267 (in Chinese)
- Wang H-J (王洪俊), Wang L (王力), Meng Q-F (孟庆繁). 2004. Effect of structure of urban green space on aero-anion concentration. *J Chin Urban For* (中国城市林业), 2(2): 49~52
- Wang J-H (王继海), Ji Z-J (冀志江), Sui T-B (隋同波), et al. 2004. Influence of temperature and humidity on negative ion concentration. *Res Environ Sci* (环境科学研究), 17(2): 68~70 (in Chinese)
- Wu C-C (吴楚材), Zheng Q-M (郑群明), Zhong L-S (钟林生). 2001. A study of the aero-anion concentration in forest recreation area. *Sci Silvae Sin* (林业科学), 37(5): 76~81 (in Chinese)
- Wu C-C (吴楚材), Zhong L-S (钟林生), Liu X-M (刘晓明), et al. 1998. The influence of stand factors on aero-anion concentration in Masson's pine pure forest. *J Cent South For Univ* (中南林学院学报), 18(1): 70~73 (in Chinese)
- Ye C-H (叶彩华), Wang X-Y (王晓云), Guo W-L (郭文利). 2000. The relationship between air negative ions and meteorology factors. *Meteorol Sci Tech* (气象科技), (4): 51~52 (in Chinese)
- Zhong L-S (钟林生), Wu C-C (吴楚材), Xiao D-N (肖笃宁). 1998. Aero-anion research in evaluation of forest recreation resources. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 17(6): 86~91 (in Chinese)

作者简介 韦朝领,男,1968年生,博士,副教授。主要从事环境生态、分子生态学和茶树生理与生物技术研究,已发表研究论文16篇。Tel: 0551-2823795-3401; E-mail: weichl@ahau.edu.cn

责任编辑 梁仁禄