西北林学院学报 2018,33(4):78-82
Journal of Northwest Forestry University

doi:10.3969/j.issn.1001-7461.2018.04.12

橡胶林与其他环境类型间负氧离子水平的比较研究

谢　江,张勇波,陈国云,周会平*

(云南省热带作物科学研究所,云南 景洪 666100)

摘　要:为评估橡胶林是否具有调节大气环境的功能,以西双版纳景洪市郊不同树龄(幼林、成林、老林)的橡胶林为主要监测对象,以同区域内另2种人工种植园(澳洲坚果园和茶园)及其他典型生境类型(沟谷雨林、森林公园和市区)为对照监测对象,研究橡胶林负氧离子分布变化规律,分析了各类型环境的负氧离子水平差异及其影响因素。结果表明:1)负氧离子水平一般呈现雨季和雾凉季高于旱季的季节变化特征;2)橡胶幼林和茶园的负氧离子浓度易受瞬时天气影响而出现极低值(500～600个/cm^3)或极高值(3 000～4 000个/cm^3),而橡胶成林、老林及澳洲坚果园的负氧离子浓度通常都较稳定地处于相对较高水平(2 000个/cm^3);3)由橡胶幼林到成林再到老林,产生和保持负氧离子的能力大致呈现先弱后强再有所减弱的趋势;4)橡胶林内负氧离子浓度与空气相对湿度显著正相关,而与温度的相关性不明显;5)不同环境类型间负氧离子浓度差异显著,尤其是在旱季,沟谷雨林远高于其他类型环境(>7 391个/cm^3),其次是森林公园内空中花园、橡胶成林及老林等植物多而人较少的地方(>1 500个/cm^3),另外胶幼林、市区的江边及花卉园等植物较多但人也较多的区域(>1 000个/cm^3),而市区广场等人较多且植物较少的环境是最低的,反映了植物分布多少和人流量大小对负氧离子水平的显著影响。可见,橡胶林具有产生和维持相对较高水平的空气负氧离子水平的能力,有利于调节区域小气候和空气质量。

关键词:负氧离子;橡胶林;人工林;沟谷雨林;森林公园

中图分类号:S794.102　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1001-7461(2018)04-0078-05

Comparison Study of Negative Oxygen Ion in Rubber Plantation and Other Types of Environments

XIE Jiang, ZHANG Yong-bo, CHEN Guo-yun, ZHOU Hui-ping*

(*Yunnan Institute of Tropical Crops, Jinghong, Yunnan* 666100, *China*)

Abstract: In order to understand the function of rubber plantation for regulating atmosphere, different ages of rubber plantations (young, adult and old) were selected as the study objects with macadamia plantation, tea plantation and other local environments (rainforest, rainforest, forest scenic and downtown area) in Jinghong of Xishuangbanna as the references. The distribution pattern of negative oxygen ion, difference between those environments and influence factors were studied. The results showed that 1) the negative oxygen ion concentration in rainy season was often higher than dry season. 2) In young rubber plantation and tea plantation, the negative oxygen ion concentration was easily affected by instantaneous weather and extremely changed with minimum value (500－600 /cm^3) or maximum value (3 000－4 000 /cm^3), while it was usually stable with relatively high values (about 2 000 /cm^3) in adult rubber plantation, old rubber plantation and macadamia plantation. 3) As for the young, adult and old rubber plantations, the capacity to produce and maintain negative oxygen ion approximately showed a trend of weak-strong-weak. 4) The neg-

收稿日期:2017-09-11　**修回日期**:2017-11-03
基金项目:云南省热带作物科技创新体系建设专项(RF2013-2016);云南省两类人才培养项目(2014HB095)。
作者简介:谢　江,男,助理研究员,硕士,研究方向:森林生态学。E-mail:412054732@qq.com
* **通信作者**:周会平,女,博士,研究方向:生理生态。E-mail:pingse77@163.com

ative oxygen ion concentration was significantly positively related to air relative humidity, but not correlated with temperature. 5) The negative oxygen ion levels were remarkable different among different environments on account of the impact of plant distribution and visitor flow, especially in dry season: the rainforest with numerous plants and less visitors was much higher than other environments (>7 391 /cm^3), secondly was the environment with plentiful plants but less visitors (e. g., garden in forest scenic, adult rubber plantation and old rubber plantation) (>1 500 /cm^3), thirdly is the environment with a few plants and a large number of visitors (e. g., young rubber plantation, Lancang riverside and Flower garden) (>1 000 /cm^3), and last was the environment with less plants but a large number of visitors (e. g. urban square) (<1 000 /cm^3). It was concluded that rubber plantation could produce and maintain a relatively high level of negative oxygen ion, and played important roles in adjusting regional microclimate and air quality.

Key words: negative oxygen ion; rubber; plantation; rainforest; forest scenic

橡胶树(*Hevea brasiliensis*)为大戟科高大乔木,原产于南美洲亚马逊河流域热带雨林中,喜高温高湿、土地平整、土壤肥沃的环境[1]。在我国,橡胶树只能种植于海南、云南、广东及广西等省份的热带地区[2],其中云南省西双版纳是最主要的种植基地之一。现今,以橡胶树为单一优势树种的橡胶林已是西双版纳地区最主要的人工林类型,其与季节雨林、次生林共同组成该区域的主要森林植被类型。大规模发展的橡胶种植业对当地区域社会经济的发展发挥了重要作用,但大面积单一种植的橡胶林对于区域生态环境的影响也引起了公众的大量关注[3-4]。

调节区域气候环境和空气质量是森林具有的一个重要功能。森林不仅会通过叶片的光合作用进行固碳释氧和通过林冠吸收污染物及调节气温,还可通过光电效应产生空气负离子调节空气质量。空气负离子是指带负电荷的氧离子,也被称为"负氧离子"[5-6],其含量多少可直接影响人的舒适程度和健康状况,是反映空气质量和大气环境状况的重要指标。空气中的负氧离子有改善大脑功能、促进人体新陈代谢、提高免疫力、调节机体平衡及消除人体疲劳等作用,同时还能抑制细菌、病毒生长和去除空气中的烟雾、粉尘,起到降尘抑菌、净化空气的作用,所以被称为"长生素"、"空气中的维生素"[5-8]。世界卫生组织规定:清新空气中负离子含量不应低于 1 000 个/cm^3[5,9]。近年来许多研究已表明,当负氧离子浓度达到 700 个/cm^3 以上时有益于人体健康,达到 10 000 个/cm^3 以上则可以治病[10]。

空气负离子的来源有物理性产生和生物性产生 2 种,其中前者水分子裂解为主要方式,后者植物光合作用中的光电效应是主要来源[8,10-13]。因此,下垫面类型、森林覆盖率、天气状况、微粒吸附、温度湿度等自然地理条件变化,都会影响空气负离子的浓度[14]。目前,我国关于空气负氧离子方面的研究已开展了一些,主要侧重于人为干扰环境和自然环境中空气负氧离子的浓度水平、空气负氧离子在医疗保健中的作用及其机理、空气负氧离子资源的开发利用等[15]。

本研究以西双版纳景洪市郊不同树龄(幼林、成林、老林)的橡胶林为主要监测对象,以同区域内另两种人工林(澳洲坚果园和茶园)及其他典型生境类型(沟谷雨林、森林公园和市区)为对照监测对象,研究橡胶林负氧离子分布变化规律,分析各类型环境的负氧离子水平差异及其影响因素。研究结果可表明橡胶林在调节气候方面的功能,为综合评价橡胶林生态系统服务功能提供基础依据。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

景洪市位于云南南部,西双版纳傣族自治州中部。地处我国西南边陲、云南省的最南端,地跨 100°25′－101°31′E,21°27′－22°36′N。属北热带和南亚热带湿润季风气候,长夏无冬,干湿季分明(2－4 月为旱季,5－10 月为雨季,11－翌年 1 月为雾凉季),基本无霜。年平均气温18.6～21.9℃,年平均降水量 1 200～1 700 mm,年平均相对湿度在 80%～86%。最高海拔 2 196.8 m,最低海拔 485 m[16]。

1.2　研究方法

以西双版纳景洪郊区不同树龄的橡胶人工林(2011 种植的幼林 YR、2005 年的成林 AR、1985 年老林 OR)样地为主要研究对象,并选择同区域分布面积较大的另 2 种人工种植园(澳洲坚果园 AM 和茶园 AT)及其他典型生境类型(沟谷雨林、森林公园和市区休闲区等处)为对照监测点,进行负氧离子测定研究。

在 1－12 月份,每月中旬选择天气情况稳定的

一天到 3 个树龄橡胶林、澳洲坚果园和茶园定点测定负氧离子浓度。测量时间为 9:00－11:00，每分钟测量记录 1 次，连续测量记录 100 个以上数据的平均值代表各地一般情况下的负氧离子浓度水平。另外，对沟谷雨林、森林公园和景洪市区主要的休闲区也分别在旱季(4 月)和雨季(8 月)选择天气情况稳定的天气进行 1 次负氧离子测量。

本研究使用日本 KEC-900 正负离子测试仪，测试范围为 10～1.99×10^6 个/cm^3，精度为 10 个/cm^3。

使用 SPSS19.0 和 SigmaPlot11.0 软件进行数据统计分析及绘图。

2 结果与分析

2.1 负氧离子浓度分布和变化特征

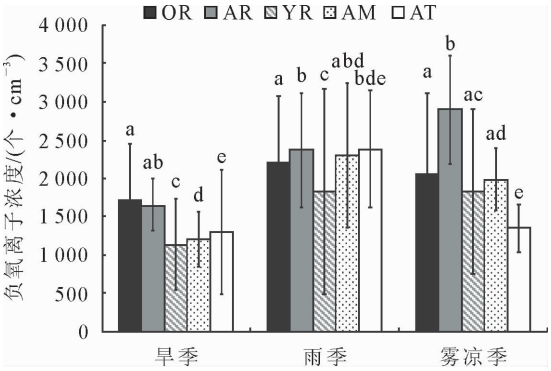
对 3 个橡胶人工林和 2 个其他人工种植园的全年监测发现，橡胶幼林、澳洲坚果园、茶园的负氧离子浓度整体上呈现雨季高于雾凉季和旱季，橡胶成林、老林的负氧离子浓度整体上呈现雾凉季和雨季高于旱季。橡胶幼林和茶园的负氧离子浓度易受瞬时天气影响变化幅度较大(极低值 500～600 个/cm^3，极高值 3 000～4 000 个/cm^3)，而橡胶成林与老林、澳洲坚果园及茶园的负氧离子浓度通常都处于相对较高水平(一般 2 000 个/cm^3)，属于较高水平。

在同一季节，各人工林地之间的负氧离子浓度水平存在显著差异(图 1)。旱季时，橡胶成林和老林的负氧离子浓度明显高于橡胶幼林、澳洲坚果园和茶园；橡胶幼林略低于澳洲坚果园和茶园。雨季时，负氧离子浓度表现为橡胶成林高于老林高于幼林，澳洲坚果园和茶园均高于橡胶幼林。雾凉季时，橡胶成林负氧离子浓度最高，高于老林和幼林，茶园最低。

不同林龄的橡胶林之间的负氧离子水平也有较大差异。橡胶幼林负氧离子浓度，在 3 个季节均为最弱，明显低于其他人工林地；而橡胶成林和老林的负氧离子浓度往往都高于其他林地，尤其是在旱季和雾凉季时尤为明显；橡胶老林负氧离子浓度有时(雨季和雾凉季)也要低于成林。

2.2 负氧离子与温度、湿度的相关关系

对橡胶幼林、成林、老林、澳洲坚果园及茶园进行的负氧离子浓度变化与空气温湿度的相关性分析表明，负氧离子浓度与空气相对湿度之间的皮尔逊相关系数为 0.455($P<0.01$)，为显著正相关；而负氧离子浓度与温度之间无显著相关关系(表 1)。



注：OR，老胶林；AR，橡胶成林；YR，橡胶幼林；AM，澳洲坚果林；AT，茶园(显著性水平 $P<0.05$)。

图 1 5 个人工种植园的负氧离子浓度季节性变化

Fig. 1 Seasonal changes of negative oxygen ion in five plantations

表 1 负氧离子浓度与空气温度及相对湿度的相关性

Table 1 The correlation of negative air ion concentration with the temperature and relative humidity

相关性	空气温度	空气相对湿度
Pearson 相关性	0.150	0.455**
显著性(双侧)	0.273	0.000
N	60	60

注：** 表示置信度为 0.01 时，相关性是显著的。

2.3 橡胶林与其他典型环境类型间负氧离子水平比较

对橡胶林与同区域其他环境类型进行了旱季和雨季负氧离子浓度的比较分析，结果表明，在旱季，沟谷雨林的负氧离子浓度最高，可达 7 000 个/cm^3 以上，而其他类型环境中均<2 000 个/cm^3；橡胶老林、成林及森林公园内的空中花园景点等植物多而人较少的区域，负氧离子浓度可达>1 500 个/cm^3；在植物较多但人也较多的区域，如橡胶幼林、市区内的江边、花卉园、森林公园入口处及公园内爱伲山寨和白塔等景区，负氧离子浓度>1 000个/cm^3；而在市区孔雀湖、龙舟广场、文化广场等人较多植物较少的区域，负氧离子浓度往往<1 000 个/cm^3。在雨季，沟谷雨林和森林公园内的负氧离子浓度均>5 000个/cm^3，明显高于橡胶林和市区($P<0.05$)；橡胶林和市区各休闲场所之间的负氧离子浓度差异不显著($P>0.05$)，普遍>2 000 个/cm^3(图 2)。

3 结论与讨论

橡胶林是西双版纳地区最主要的人工林生态系统，是除热带季雨林和次生林之外的最主要的森林类型，对本区域的气候环境有着至关重要的影响。研究橡胶林产生和维持负氧离子的能力是了解橡胶林调节区域气候和空气质量功能的关键一环。本研

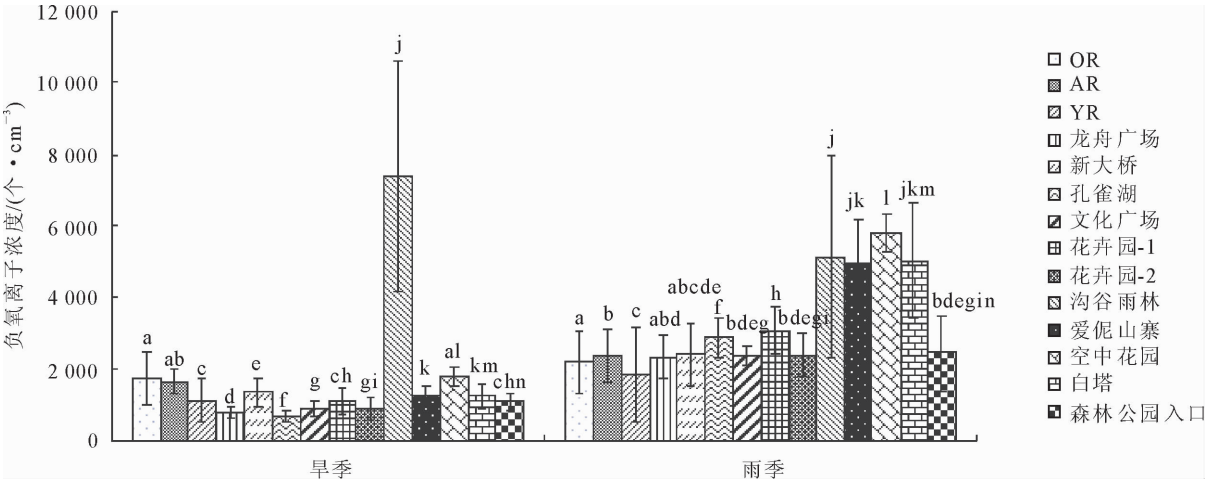


图 2　橡胶林与沟谷雨林、森林公园及市区的负氧离子浓度差异比较(显著性水平 $P<0.05$)

Fig. 2　Comparison of negative oxygen ion among rubber plantation, rainforest, forest scenic and downtown area (Significance level at $P<0.05$)

究通过对不同树龄橡胶林内负氧离子浓度的连续监测,探明了橡胶林负氧离子浓度分布变化规律,大致表现为:1)从季节变化特征来看,大多数研究点在雨季和雾凉季的负离子浓度普遍较高且多次出现极高值,而在旱季负离子浓度普遍处于中等或较低水平,整体上呈雨季和雾凉季的负氧离子浓度高于旱季的趋势;2)从林龄来看,由橡胶幼林到成林再到老林,其产生和保持负氧离子的能力大致呈现先弱后强再有所减弱的趋势。

有研究表明,负氧离子浓度水平往往与天气条件有密切关系[5,14]。负离子主要通过水分子裂解产生,空气中的负氧离子主要以 $O^{-2}(H_2O)n$ 形式相对稳定存在[17],当湿度增大时,空气中的水分子增多,O^{-2}结合水分子的机会就增大,负氧离子浓度也随之增大,同时空气中的水滴对大气中可吸入悬浮颗粒等具有清洁作用,减少了空气中凝结核的数量,使得空气负离子的生成速率远大于其消亡速率[18]。当温度较高、太阳辐射较为强烈时,空气中的污染物在强烈紫外线的作用下会发生一系列光化学反应,加剧污染,污染物在扩散过程中吸附大量的空气负氧离子,导致空气中负氧离子浓度降低[14]。而本研究中进行的相关性分析发现,橡胶林负氧离子浓度的变化与空气相对湿度显著相关,而与空气温度之间无显著相关性。分析认为,这可能和西双版纳的空气较为洁净有关。西双版纳地区空气洁净,污染物较少,有利于负氧离子的积累。另外,负氧离子浓度与温度和相对湿度的相关性不同研究报道的结论也不尽相同,这可能是由于影响空气负氧离子的因素多种多样,包括温度、湿度、风速、气压、太阳辐射等自然因素以及污染物质排放、人流量等人为因素。

通过与同区域另外人工种植园(澳洲坚果园和茶园)以及其他类型环境(沟谷雨林、森林公园及市区等)的比较,确定了橡胶林在调节区域气候环境和空气质量方面的作用大小。总的看来,植物分布的多少和人流量的大小对负氧离子的浓度有显著影响。沟谷雨林作为最优的生态系统类型,其对区域气候的调节作用在干旱少雨的季节尤为明显和重要;橡胶林产生和维持负氧离子水平的能力虽然远不如沟谷雨林,但相较于其他类型环境,尤其是成林阶段以后是处于中等偏上水平的。

综上所述,橡胶林是具有产生和维持相对较高水平的空气负氧离子水平的能力的,能够对区域气候和空气质量能起到一定调节作用。研究结果为科学评估橡胶林生态系统的服务功能提供了基础依据。

参考文献:

[1] 宋青海,张一平. 西双版纳地区人工橡胶林生物量、固碳现状及潜力[J]. 生态学杂志,2010,29(10):1887-1891.
SONG Q H, ZHANG Y P. The biomass and carbon sink the status and potential of rubber plantations in Xishuangbanna [J]. Chinese Journal of Ecology, 2010, 29(10): 1887-1891. (in Chinese)

[2] 李建华,王春燕,蒋菊生,等. 天然橡胶树的综和开发利用现状、问题及对策分析[J]. 热带农业科学,2013,33(6):71.
LI J H, WANG C Y, JIANG J S, *et al*. Current situation, problems and countermeasures of comprehensive development and utilization of *Hevea brasiliensis*[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2013, 33(6): 71. (in Chinese)

[3] 李国华,田耀华,倪书邦,等. 橡胶树生理生态学研究进展[J]. 生态环境学报,2009,18(3):1146-1154.
LI G H, TIAN Y H, NI S B, *et al*. Advances in physioecology of rubber tree (*Hevea brasiliensis*)[J]. Ecology and Environ-

mental Sciences,2009,18(3):1146-1154. (in Chinese)

[4] 董明锋. 西双版纳天然橡胶产业发展现状及应对策略[J]. 广东农工商职业技术学院学报,2008,24(1):1-4.
DONG M F. On the development of natural rubber industry of Xishuangbanna[J]. Journal of Guangdong AIB Polytechnic College,2008,24(1):1-4. (in Chinese)

[5] 李宏伟,麻旭东,夏雪莲,等. 包头市区冬春季负氧离子浓度变化与气象要素关系初探[J]. 内蒙古农业科技,2012(4):78-79.
LI H W,MA X D,XIA X L,*et al*. Fluctuate of negative oxygen ion concentration and its influence of meteorological elements in winter and spring of Baotou[J]. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology,2012(4):78-79. (in Chinese)

[6] 黄世成,徐春阳,周嘉陵. 城市和森林空气负离子浓度与气象环境关系的通径分析[J]. 气象,2012,83(11):1417-1422.
HUANG S C,XU C Y,ZHOU J L. Path analysis on negative air ion concentration and the meteorological environment in urban and forest zones[J]. Meteorological Monthly, 2012, 83(11):1417-1422. (in Chinese)

[7] 韦朝领,王敬涛,蒋跃林,等. 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[J]. 应用生态学报,2006,17(11):2158-2162.
WEI C L,WANG J T,JIANG Y L,*et al*. Air negative charge ion concentration and its relationships with meteorological factors in different ecological functional zones of Hefei city[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2006,17(11):2158-2162. (in Chinese)

[8] 蒙晋佳,张燕. 广西部分景点地面上空气负离子浓度的分布规律[J]. 环境科学研究,2004,17(3):25-27.
MENG J J,ZHANG Y. The distribution of air anion concentration above ground at some scenic sites in Guangxi[J]. Research of Environmental Sciences,2004,17(3):25-27. (in Chinese)

[9] 李年麒,苏印泉,张楠阳,等. 黄土高原腹地千阳不同林分空气负离子分布规律研究[J]. 西北林学院学报,2010,25(5):24-28.
LI N Q,SU Y Q,ZHANG N Y,*et al*. Distribution pattern of air anion in different stands in Loess Plateau[J]. Journal of Northwest Forestry University,2010,25(5):24-28. (in Chinese)

[10] 吴楚材,吴章文. 森林旅游及其在我国的发展前景[J]. 中南林学院学报,1998(3):96-100.
WU C C,WU Z W. Developing prospect of forest recreation in China[J]. Journal of Central South Forestry University,1998(3):96-100. (in Chinese)

[11] 赵雄伟,李春友,葛静茹,等. 森林环境中空气负离子研究进展[J]. 西北林学院学报,2007,22(2):57-61.
ZHAO X W,LI C Y,GE J R,*et al*. Progress of aero-anion in forest environment[J]. Journal of Northwest Forestry University,2007,22(2):57-61. (in Chinese)

[12] 陈雷,孙冰,谭广文,等. 广州城市绿地植物群落空气负离子特征研究[J]. 西北林学院学报,2015,30(1):227-232.
CHEN L,SUN B,TAN G W,*et al*. Characteristics of negative air ions in different plant communities of urban green space, Guangzhou[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2015,30(1):227-232. (in Chinese)

[13] 李青山,刘军,狄有波,等. 北戴河空气负离子浓度测定与负离子评价标准[J]. 中国环境管理干部学院学报,2008,18(4):1-4.
LI Q S,LIU J,DI Y B,*et al*. Observing air anion concentration in Beidaihe and anion's evaluation standard[J]. Journal of EMCC,2008,18(4):1-4. (in Chinese)

[14] 袁相洋,孙迎雪,田媛,等. 北京市不同功能区空气负氧离子及影响因素研究[J]. 环境科学与技术,2014,37(6):97-102.
YUAN X Y,SUN Y X,TIAN Y,*et al*. Experimental research of air negative oxygen ion and their affecting factors in different ecological functional areas of Beijing[J]. Environmental Science & Technology,2014,37(6):97-102. (in Chinese)

[15] 曾曙才,苏志尧,陈北光. 我国森林空气负离子研究进展[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2006,30(5):107-111.
ZENG S C,SU Z Y,CHEN B G. Review on forest negative air ions in China[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition,2006,30(5):107-111. (in Chinese)

[16] 段晓梅,刘伟. 西双版纳景洪市城市植物多样性保护规划研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(17):9333-9335.
DUAN X M,LIU W. Conservation planning of plant diversity in Jinghong city of Xishuangbanna[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2010,38(17):9333-9335. (in Chinese)

[17] 梁英辉,穆丹,戚继忠. 城市绿地空气负离子的研究进展[J]. 安徽农学通报,2009,15(16):66-68.
LIANG Y H,MU D,QI J Z. Review on urban green space of air negative ions[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2009,15(16):66-68. (in Chinese)

[18] 刘和俊,夏尚光,丁增发,等. 九华山风景区空气负离子水平分析与评价[J]. 中国城市林业,2012,10(5):14-17.
LIU H J,XIA S G,DING Z F,*et al*. Analysis and evaluation on aero-anion concentration in Jiuhua Mountain[J]. Journal of Chinese Urban Forestry,2012,10(5):14-17. (in Chinese)