

天目山空气负离子浓度变化及其与环境因子的关系

章志攀¹, 俞益武¹, 张明如¹, 杜晴洲², 陈建新², 毛凤成³

(1. 浙江林学院 旅游与健康学院, 浙江 临安 311300; 2. 天目山国家级自然保护区 管理局, 浙江 临安 311300;
3. 浙江省淳安县千岛湖林场, 浙江 淳安 311700)

摘要: 为研究天目山国家级自然保护区空气负离子浓度变化特征及其与环境因子的关系, 以天目山为研究对象, 利用空气离子测量仪、微电脑激光粉尘仪和温湿度记录仪, 对空气负离子、可吸入颗粒物、相对湿度和气温等环境因子进行了测量, 并对空气负离子与可吸入颗粒物、相对湿度和气温进行了相关分析。结果表明: 天目山空气负离子浓度有明显的日变化 (8:00 - 17:00) 和年变化特征; 不同植物群落空气负离子浓度大小依次为: 柳杉 *Cryptomeria fortunei* (1 331 个·cm⁻³) > 紫楠 *Phoebe sheareri* (1 223 个·cm⁻³) > 银杏 *Ginkgo biloba* (960 个·cm⁻³) > 毛竹 *Phyllostachys pubescens* (701 个·cm⁻³); 空气负离子与可吸入颗粒物之间呈极显著负相关 ($r = -0.812, P < 0.01$), 与相对湿度呈极显著正相关 ($r = 0.820, P < 0.01$), 与气温呈显著负相关 ($r = -0.676, P < 0.05$), 瀑布、溪流等动态水体能明显增加空气负离子浓度。图 4 表 2 参 23

关键词: 环境学; 空气负离子; 环境因子; 天目山

中图分类号: S718.56; X820.2 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2008)04-0481-05

Negative air ion concentration and environmental factors for Mount Tianmu of Zhejiang Province

ZHANG Zhi-pan¹, YU Yi-wu¹, ZHANG Ming-ru¹, DU Qing-zhou², CHEN Jian-xin², MAO Feng-cheng³

(1. School of Tourism and Health, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Management Office, National Nature Reserve of Mount Tianmu, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. Qiandachu Forest Farm of Chun'an County, Chun'an 311700, Zhejiang, China)

Abstract: To research characteristics of changes in negative air ion concentration and their relationships with environmental factors in the Mount Tianmu Nature Reserve, measurements were made with an air ion measuring instrument, a microcomputer laser dust collecting instrument, and a temperature-humidity recorder. Then, diurnal variations (08:00- 17:00) and annual variations were tested with a correlation analysis between negative air ions and 1) particle matter with aerodynamic diameter < 10 μm , 2) relative humidity, and 3) air temperature. Results showed that negative air ion concentration for selected plant communities was in the following order: *Cryptomeria fortunei* (1 331 particle·cm⁻³) > *Phoebe sheareri* (1 223 particle·cm⁻³) > *Ginkgo biloba* (960 particle·cm⁻³) > *Phyllostachys pubescens* (701 particle·cm⁻³). Diurnal variations of negative air ion concentration was significantly and negatively correlated with PM₁₀ ($r = -0.812, P < 0.01$), significantly and positively correlated with relative humidity ($r = 0.820, P < 0.01$), and significantly and negatively correlated with air temperature ($r = -0.676, P < 0.05$). Therefore, dynamic water movement, such as from waterfalls and streams, could increase the negative air ion concentration. [Ch, 4 fig. 2 tab. 23 ref.]

Key words: environics; negative air ions; environmental factors; Mount Tianmu

收稿日期: 2007-08-29; 修回日期: 2007-10-29

基金项目: 浙江省科学技术攻关项目(2003C33057); 浙江林学院科学研究发展基金资助项目(2005FK12)

作者简介: 章志攀, 助理实验师, 硕士研究生, 从事旅游环境和旅游规划研究。E-mail: zpz@zjfc.edu.cn. 通信作者: 俞益武, 教授, 从事生态环境和旅游规划研究。E-mail: fishhead@zjfc.edu.cn

空气负离子具有明显的医疗保健作用,被誉为“空气维生素和生长素”^[1-3]。医学研究表明,空气负离子能镇静自律神经,增强机体抵抗力,降低血压,杀灭细菌,净化空气,消除疲劳,美颜及延寿等^[1,4-10];当空气负离子浓度达到 $700\text{个}\cdot\text{cm}^3$ 以上时,对人体具有保健作用,当达到 $1.0\text{万个}\cdot\text{cm}^3$ 以上时,具有医疗效果^[3,7]。空气负离子已成为评价环境空气清洁程度的重要指标^[7],可为旅游规划、林业规划和城乡建设规划提供科学依据。19世纪末以来,国内外学者对空气负离子进行了大量研究^[4-6,8-14],而对自然保护区空气负离子浓度变化及其与环境因子关系的相关研究尚处于起步阶段。天目山是华东地区著名的自然保护区和生态旅游区,研究天目山空气负离子浓度变化规律及其与环境因子的关系,能为自然保护区规划建设、生态旅游区开发以及环境保护与管理提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究地区概况

天目山国家级自然保护区位于浙江省西北部,地理坐标为 $30^{\circ}18'30''\sim 30^{\circ}24'55''\text{N}$, $119^{\circ}24'47''\sim 119^{\circ}28'27''\text{E}$ 。面积 $4\,284\text{hm}^2$,主峰仙人顶海拔 $1\,506\text{m}$ 。天目山气候具有中亚热带向北亚热带过渡的特征,受海洋暖湿气流影响,形成了季风强盛,四季分明,气候温和,雨水充沛,光照适宜且复杂多变的森林生态气候。天目山年平均气温为 $8.8\sim 14.8$,年平均相对湿度 $76\%\sim 81\%$,年降水量 $1\,390\sim 1\,870\text{mm}$,年太阳辐射 $3\,270\sim 4\,460\text{MJ}\cdot\text{m}^2$ 。天目山保存着大面积季相完整、古老高大的天然林,植物资源丰富,有高等植物 $2\,160$ 种。其中,柳杉 *Cryptomeria fortunei*, 银杏 *Ginkgo biloba*, 紫楠 *Phoebe shearerii* 和毛竹 *Phyllostachys pubescens* 等是天目山主要特色植物群落^[15,16]。

1.2 研究方法

1.2.1 观测地点 空气负离子浓度观测地点选择在具有天目山特色的植物群落环境中,具体为一里亭柳杉群落、一里亭紫楠群落、五世同堂银杏群落和留椿屋毛竹群落。此外,还选择了五里亭伏虎瀑和一里亭溪流测点。测点附近主要树种有柳杉,银杏,紫楠,毛竹,天目铁木 *Ostrya rehderiana*, 天目木姜子 *Litsea auriculata*, 金钱松 *Pseudolarix kaepferi*, 青钱柳 *Cyclocarya paliurus*, 香果树 *Emmenopteris henryi*, 交让木 *Daphniphyllum macropodum*, 细叶青冈 *Cyclobalanopsis gracilis* 等。

1.2.2 观测时间 2005年9月至2006年8月,分成秋季(9-11月),冬季(12-2月),春季(3-5月)、夏季(6-8月),每个季节选择3个晴天进行观测,每天从8:00-17:00每隔1h观测1次。

1.2.3 观测项目与方法 空气负离子浓度采用福建省漳州市东南电子技术研究所研制的DLY-5G型空气离子测量仪进行测量。该仪器符合国家标准《GB/T 18809-2002 空气离子测量仪通用规范》的相关技术性能指标。仪器使用前经过校正,每个测点每次同步观测,按圆周5等分确定5个方向,每个方向读数5次,共25个读数,取平均值进行分析。

可吸入颗粒物浓度采用北京市新技术应用研究所研制的LD-3C(H)型微电脑激光粉尘仪进行测量。气温和相对湿度采用日本T&D公司生产的TR-72U型温湿度记录仪进行测量。

2 结果与分析

2.1 不同植物群落空气负离子浓度昼间变化特征

天目山不同植物群落空气负离子浓度昼间变化(8:00-17:00)见图1。柳杉和紫楠群落空气负离子浓度昼间变化为双峰曲线,银杏和毛竹群落为单峰曲线。柳杉、银杏、紫楠和毛竹群落四季空气负离子浓度昼间变化最大值均出现在9:00-10:00,最小值均在12:00-14:00。柳杉和紫楠群落仅夏季空气负离子浓度昼间变化波动较大,其他季节波动较小,而银杏和毛竹群落四季昼间变化波动均较大。

植物光合作用是森林环境中空气负离子产生的重要源泉^[17]。早晨植物光合作用较弱,因此,空气负离子浓度较低。随着太阳辐射不断增强,植物光合作用也逐渐加强,因而产生大量空气负离子,至9:00-10:00达到峰值;中午前后,由于气温升高和相对湿度降低,从而出现植物光合“午休”现象,导致空气负离子浓度降低,因此,在12:00-14:00处于低谷^[18,19]。人类活动产生的颗粒物、二氧化硫和氮氧化物等空气污染物对空气负离子浓度影响较大,因此,在有人类活动时,空气负离子

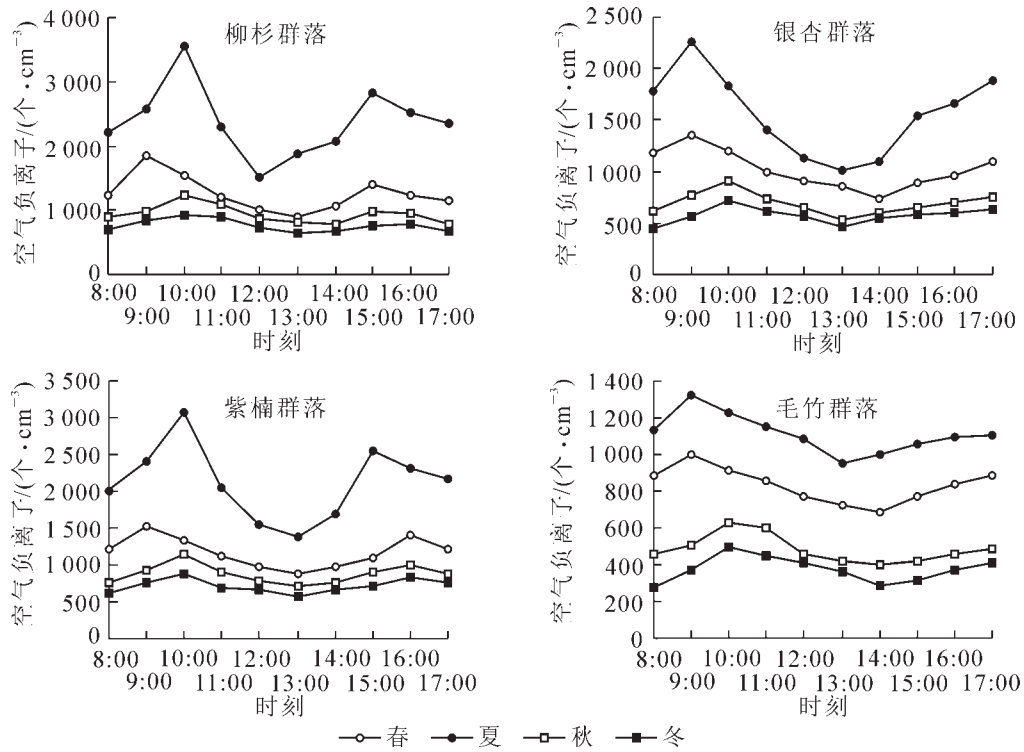


图 1 天目山不同植物群落空气负离子浓度日间变化

Figure 1 Diurnal variations of negative air ion concentration in different plant communities in Mount Tianmu

浓度日变化规律较复杂。天目山柳杉和紫楠群落夏季空气负离子浓度日变化波动较大, 可能与夏季植物光合速率和环境因子日变化波动较大有关。银杏和毛竹群落四季日变化波动均较大, 是由于银杏和毛竹群落结构较简单, 灌木层植物种类较少, 并且银杏和毛竹群落环境受人类活动影响较大。

2.2 不同植物群落空气负离子浓度年变化特征

按照气候资料统计上的规定, 以 3 - 5 月为春季, 6 - 8 月为夏季, 9 - 11 月为秋季, 12 - 2 月为冬季进行统计, 天目山不同植物群落空气负离子浓度年变化见表 1。

从表 1 可以看出, 天目山柳杉、银杏、紫楠和毛竹群落空气负离子浓度年变化均为夏季最高, 其平均值分别为 2 377, 1 560, 2 117 和 1 114 个·cm⁻³; 冬季最低, 其平均值分别为 759, 572, 717 和 376 个·cm⁻³; 春、秋季次之, 但春季大于秋季。不同植物群落空气负离子年平均浓度从大到小的顺序为: 柳杉 > 紫楠 > 银杏 > 毛竹, 其值分别为 1 331, 1 223, 960 和 701 个·cm⁻³。

夏季植物净光合速率最高, 因此空气负离子浓度最高; 冬季植物净光合速率最低, 且能源消耗量较大, 空气污染物排放量较多, 故空气负离子浓度最低^[17, 20, 21]。柳杉群落空气负离子浓度高于紫楠、银杏和毛竹的主要原因是针叶树种的叶尖具有尖端放电的功能, 使空气发生电离, 增加空气负离子浓度^[7]。

2.3 空气负离子与环境因子的关系

为研究空气负离子与可吸入颗粒物、相对湿度和气温等环境因子的关系, 我们于 2006 年 6 - 8 月(每月 3 d), 对天目山一里亭柳杉群落空气负离子、可吸入颗粒物、相对湿度和气温日变化进行了测定, 取平均值进行分析。结果见表 2。

表 1 天目山不同植物群落空气负离子浓度年变化
Table 1 Annual variations of negative air ion concentration in different plant communities in Mount Tianmu

植物群落	空气负离子浓度/(个·cm ⁻³)				全年
	春	夏	秋	冬	
柳杉	1 251	2 377	939	759	1 331
银杏	1 017	1 560	692	572	960
紫楠	1 178	2 117	878	717	1 223
毛竹	832	1 114	482	376	701

2.3.1 空气负离子与可吸入颗粒物 空气负离子与可吸入颗粒物的相互关系见图2。由图2可知,空气负离子与可吸入颗粒物之间呈极显著负相关,其回归方程为: $y = -43\,481x_1 + 3\,651.4$ ($r = -0.812, P < 0.01$),其中 y 表示空气负离子浓度, x_1 表示可吸入颗粒物浓度。可吸入颗粒物浓度增加时,空气负离子更容易吸附在可吸入颗粒物上,变成重离子而沉降消失。并且空气负离子更容易与空气正离子相互碰撞,发生电荷中和形成中性分子,从而导致空气负离子浓度降低^[1]。

2.3.2 空气负离子与相对湿度 空气负离子与相对湿度的相互关系见图3。由图3可知,空气负离子与相对湿度呈极显著正相关,其回归方程为: $y = 131.9x_2 - 9\,731.2$ ($r = 0.820, P < 0.01$),其中 y 表示空气负离子浓度, x_2 表示相对湿度。

根据大地测量学和地理物理学国际联盟大气联合委员会的理论,空气负离子的主要存在形式是 $O_2^-(H_2O)_n$, $OH^-(H_2O)_n$ 和 $CO_3^{2-}(H_2O)_2$ 。由此可以推测,相对湿度对空气负离子浓度影响较大^[7,22]。以上对空气负离子与相对湿度的相关分析结果,支持了这一推测。

表2 柳杉群落空气负离子、可吸入颗粒物、相对湿度和气温日变化

Table 2 Diurnal variations of negative air ion, PM₁₀, relative humidity and air temperature in Cryptomeria fortunei community

时刻	可吸入颗粒物/ (mg·m ⁻³)	气温/ °C	相对 湿度/%	空气负离子 浓度/(个·cm ⁻³)
8:00	0.029	23.5	91	2 221
9:00	0.021	23.8	93	2 563
10:00	0.014	24.0	96	3 543
11:00	0.022	25.2	91	2 280
12:00	0.035	26.4	88	1 879
13:00	0.049	26.8	86	1 522
14:00	0.029	25.8	89	2 065
15:00	0.021	24.1	93	2 838
16:00	0.035	23.8	95	2 507
17:00	0.038	23.5	96	2 356

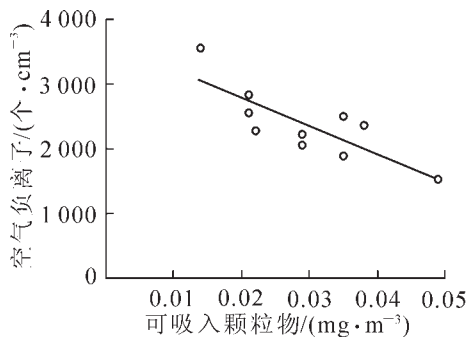


图2 空气负离子与可吸入颗粒物的相互关系

Figure 2 Relationship between negative air ion and PM₁₀

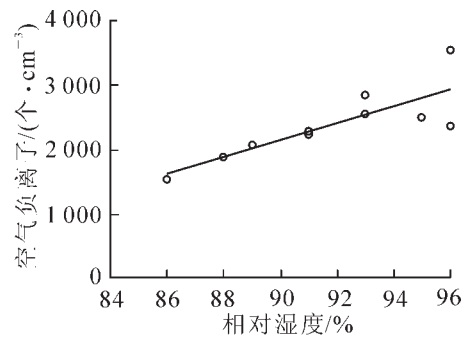


图3 空气负离子与相对湿度的相互关系

Figure 3 Relationship between negative air ion and relative humidity

2.3.3 空气负离子与气温 空气负离子与气温的关系见图4。由图4知,空气负离子与气温呈显著负相关,回归方程为 $y = -297.58x_3 + 9\,724.7$ ($r = -0.676, P < 0.05$),其中 y 为空气负离子浓度, x_3 为气温。随着气温升高,相对湿度逐渐降低。而根据以上结果,空气负离子与相对湿度呈极显著正相关。因此,空气负离子浓度随着气温升高而降低。

2.3.4 空气负离子与水体 2006年7月23日,对天目山伏虎瀑进行空气负离子浓度测定,测定结果为13.2万个·cm⁻³。2006年8月25日,天目山一里亭旁溪流测定结果为5.7万个·cm⁻³。瀑布、溪流等动态水体能明显增加空气负离子浓度,原因是水在跌落、喷溅和冲击时,水滴因高速运动而断裂,

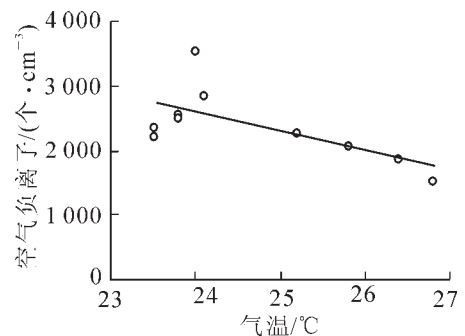


图4 空气负离子与气温的相互关系

Figure 4 Relationship between negative air ion and air temperature

水分子被截断后带正电荷, 周围空气分子带负电荷; 并且由于水的跌落、喷溅和冲击对空气中的气溶胶起到了淋洗作用, 增加了空气清洁度和湿度, 从而增加了空气负离子浓度。这种效应就是水的 Lenard 效应, 又称为喷筒电效应。水的流速越大, Lenard 效应越强^[23]。

3 结论

天目山空气负离子浓度有明显的日变化和年变化特征。柳杉和紫楠群落空气负离子浓度日变化表现为双峰曲线, 银杏和毛竹群落为单峰曲线。空气负离子浓度最大值出现在 9:00 - 10:00, 最小值出现在 12:00 - 14:00。从季节上看, 空气负离子浓度的排序为夏季 > 春季 > 秋季 > 冬季。

天目山不同植物群落空气负离子浓度的排序依次为柳杉 > 紫楠 > 银杏 > 毛竹, 其年均值分别为 1 331, 1 223, 960 和 701 个·cm⁻³。空气负离子与可吸入颗粒物之间呈极显著负相关, 与相对湿度呈极显著正相关, 与气温呈显著负相关, 瀑布、溪流等动态水体能明显增加空气负离子浓度。

致谢: 得到天目山国家级自然保护区管理局的大力支持, 并得到孟明浩、蔡碧凡、章雪莲、张波、孟生富、陈鑫碧等的协助, 谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 林金明, 宋冠群, 赵利霞, 等. 环境、健康与负氧离子[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [2] 吴楚材, 郑群明, 钟林生. 森林游憩区空气负离子水平的研究[J]. 林业科学, 2001, 37(5): 75 - 81.
- [3] 邵海荣, 贺庆棠. 森林与空气负离子[J]. 世界林业研究, 2000, 13(5): 19 - 23.
- [4] RYUSHI T, KITA I, SAKURAI T, et al. The effect of exposure to negative air ions on the recovery of physiological responses after moderate endurance exercise [J]. Int J Biometeorol, 1998, 41: 132 - 136.
- [5] KRUEGER A P. Air ions and physiological function [J]. J Gen Physiol, 1962, 45: 233 - 241.
- [6] PHILLIPS G, HARRIS G J, JONES M W. Effect of air ions on bacterial aerosols [J]. Int J Biometeor, 1964, 8(1): 27 - 37.
- [7] 章志攀, 俞益武, 孟明浩, 等. 旅游环境中空气负离子的研究进展[J]. 浙江林学院学报, 2006, 23(1): 103 - 108.
- [8] 粟娟, 谢德兴, 廖少波, 等. 珠海市板樟山森林公园休闲保健型森林营建的研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14(5): 496 - 502.
- [9] 赵瑞祥. 空气负离子疗法在疗养医学中的应用[J]. 中国疗养医学, 2002, 11(2): 5 - 7.
- [10] 林忠宁. 空气负离子在卫生保健中的作用[J]. 生态科学, 1999, 18(2): 87 - 90.
- [11] 王洪俊, 孟庆繁. 城市绿地中空气负离子水平的初步研究[J]. 北华大学学报: 自然科学版, 2005, 6(3): 264 - 268.
- [12] 王洪俊. 城市森林结构对空气负离子水平的影响[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2004, 28(5): 96 - 98.
- [13] 郭圣茂, 杜天真, 赖胜男, 等. 城市绿地对空气负离子的影响 [J]. 河北师范大学学报: 自然科学版, 2006, 30(4): 478 - 482.
- [14] 陈佳瀛, 宋永昌, 陶康华, 等. 上海城市绿地空气负离子研究[J]. 生态环境, 2006, 15(5): 1 024 - 1 028.
- [15] 天目山自然保护区管理局. 天目山自然保护区自然资源综合考察报告[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1992.
- [16] 楼涛, 赵明水, 杨淑贞, 等. 天目山国家级自然保护区古树名木资源[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(3): 269 - 274.
- [17] 吴甫成, 姚成胜, 郭建平, 等. 岳麓山空气负离子及空气质量变化研究[J]. 环境科学学报, 2006, 26(10): 1 737 - 1 744.
- [18] 潘瑞焱. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [19] 李萍萍, 陈歆, 付为国, 等. 北固山湿地芦苇光合作用及其与环境的关系[J]. 江苏大学学报: 自然科学版, 2005, 26(4): 336 - 339.
- [20] 林金科. 茶树光合作用的年变化[J]. 福建农业大学学报, 1999, 28(1): 38 - 42.
- [21] 王红霞. 核桃田间条件下光合特性的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2003.
- [22] 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): 2 158 - 2 162.
- [23] 邵海荣, 贺庆棠, 阎海平, 等. 北京地区空气负离子浓度时空变化特征的研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(3): 35 - 39.