

6种植物群落夏季空气负离子动态及其与气象因子的关系

石彦军¹, 余树全¹, 郑庆林²

(1. 浙江林学院 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省临安市林业局 於潜林业分站, 浙江 临安 311311)

摘要: 对浙江省临安市6种植物群落距地面1.5 m处的空气负离子浓度进行了研究。结果表明: 不同群落模式的空气负离子浓度差异显著; 除草坪外, 各群落的负离子浓度显著高于相应的空地; 6种参试群落模式的空气负离子浓度相对值由高到低依次为马尾松 *Pinus massoniana* 群落, 无患子 *Sapindus mukorossi*-广玉兰 *Magnolia grandiflora* 混交群落, 雷竹 *Phyllostachys praecox* 群落, 杉木 *Cunninghamia lanceolata* 群落, 紫薇 *Lagerstroemia indica* 群落, 草坪; 就植物群落负离子昼间变化来看, 从7:00到19:00呈双峰状, 分别在9:00-10:00和15:00-16:00各出现1个峰值; 对空气负离子与其他气象因子的相关分析显示, 空气负离子与相对湿度极显著正相关 ($P<0.01$)、与气温显著负相关 ($P<0.05$)、与太阳辐射强度变化趋势相反。空气负离子浓度与户外紫外线强度呈显著正相关 ($P<0.05$)。图2表3参15

关键词: 森林生态学; 植物群落; 空气负离子; 气象因子; 生态效应

中图分类号: S718.5 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2010)02-0185-05

Aero-anion ecological efficacy in six types of plant communities

SHI Yan-jun¹, YU Shu-quan¹, ZHENG Qing-lin²

(1. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China;

2. Yuqian Forest Station, Forest Enterprise of Lin'an City, Lin'an 311311, Zhejiang, China)

Abstract: A comparison of 1.5 m above ground aero-anion and positive air ion concentration for six plant communities, *Pinus massoniana*, *Sapindus mukorossi*, *Magnolia grandiflora*, *Phyllostachys praecox*, *Cunninghamia lanceolata*, *Lagerstroemia indica*, and turf grass, was conducted using a correlation analysis with relative humidity, temperature, solar radiation intensity, and ultraviolet radiation intensity. Results showed that compared to a corresponding open space, the aero-anion effect was better in each plant community, and their individual aero-anion concentration was in the order of $P. massoniana > S. mukorossi$ and $M. grandiflora > P. praecox > C. lanceolata > L. indica >$ turf grass. According to the diurnal variation curve between 7:00 and 19:00, the aero-anion concentration tended to double peak from 9:00-10:00 and 15:00-16:00. A correlation analysis showed a significant ($P<0.01$) positive correlation ($r = 0.702$) between aero-anion concentration and relative humidity, a significant ($P<0.05$) negative correlation ($r = -0.637$) between aero-anion concentration and temperature, a negative correlation ($r = -0.191$) between aero-anion concentration and solar radiation intensity, and a significant ($P<0.05$) positive correlation ($r = 0.580$) between aero-anion concentration and ultraviolet radiation intensity (UVB). [Ch, 2 fig. 3 tab. 15 ref.]

Key words: forest ecology; plant communities; aero-anion concentration; climatic factors; ecological efficacy

空气负离子(aero-anion)被称为“空气维生素”^[1]。空气负离子具有很强的杀菌、降尘、清洁空气的

收稿日期: 2009-03-19; 修回日期: 2009-08-29

基金项目: 浙江省科学技术重点项目(2006C12060)

作者简介: 石彦军, 从事城市生态学等研究。E-mail: shiyanjun64911@gmail.com。通信作者: 余树全, 教授, 博士, 从事森林生态、城市生态和生态规划等研究。E-mail: yushq@zjfc.edu.cn

作用,在很多领域都有应用价值^[2]。空气负离子对人体健康也十分有益,许多国家已将其浓度水平列为空气清洁程度的评价指标^[3]。绿地能产生大量的空气负离子,一方面绿色植物通过光合作用释放氧气,氧气和水分子比氮气更有亲电性,能优先形成空气负离子,另一方面植物叶表面在短波紫外线的作下,发生光电效应,可以提高空气负离子水平^[4]。不同群落类型对空气负离子的影响有很大的差异^[2-3,5]。随着浙江城镇经济的发展,城镇化进程也逐步加快,但是城镇的生态绿地建设却相对滞后。笔者选择浙江省临安市小城镇周边常见的6种群落,测定它们的空气负离子浓度,以期对城镇人均生态林的建设提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

研究地点位于浙江省临安市浙江林学院东湖校区内及学校周围,环境条件比较相似。选择浙江省典型常见的雷竹 *Phyllostachys praecox* 群落、杉木 *Cunninghamia lanceolata* 群落、马尾松 *Pinus massoniana* 群落、无患子 *Sapindus mukorossi*-广玉兰 *Magnolia grandiflora* 混交群落、紫薇 *Lagerstroemia indica* 群落和马尼拉群落 *Zoysia matrella*(草坪)作为研究对象,分别测定群落内和群落外各项指标。

1.2 测定内容与方法

用 ITC-201A 型空气负离子测定仪(测定离子浓度误差 $\leq \pm 10\%$, 离子迁移率误差 $\leq \pm 10\%$)测定负离子值。该仪器的离子浓度测量范围为 $10 \sim 1.99 \times 10^6$ 个 $\cdot \text{cm}^{-3}$ 。采用 TES-1362 数字式温湿度测量仪测定气温和相对湿度;采用 SUM-5284 型光量子计测定光量子通量,采用 Apogee 紫外线辐射计测定紫外线强度。

于 2008 年 7 月,选择晴朗无风的 18 日、19 日、21 日 3 d,对空气正、负离子浓度,气温,相对湿度,光量子强度和紫外线强度进行同步测定。从 7:00 - 19:00 间隔 1 h 测定 1 组数据。

观测时在各个群落内选择 4 个观测点,各个观测点取东南西北 4 个方向距离地面 1.5 m 处分别瞬间读数,各个方向读数 15 个,取 4 个方向的平均值为此观测点的观测值,取 4 个观测点的平均值为该群落正、负离子最后观测值。为了定量研究群落对空气质量的改善作用,在各个测定群落附近选择一块空旷地同时测量作为对照,各个群落测定 3 d,取平均值。

空气质量评价以空气负离子浓度为基本观测指数,以单极系数和空气离子评价系数作为空气质量的评价指标^[6]。 $q = n^+ / n^-$, $I_c = n^- / 1\,000 \times q$ 。其中: q 为单极系数, n^+ 为空气正离子浓度, n^- 为空气负离子浓度, I_c 为空气质量评价指数;1 000 为满足人体生物学效应最低需求的空气负离子浓度。按照空气质量评价指数可以将空气质量划分为 5 个等级: $I_c \geq 1.00$,最清洁(A 级); $0.70 \leq I_c < 1.00$,一般清洁(B 级); $0.50 \leq I_c < 0.69$,中等清洁(C 级); $0.30 \leq I_c < 0.49$,允许(D 级); $I_c = 0.29$ 时为临界值,E 级。

2 结果与分析

2.1 不同群落模式对夏季日均负离子浓度的影响

如图 1-I 和表 2,除草坪外,不同群落微环境空气中日均负离子浓度均显著高于其相应的空地对照,雷竹林比对照高 24.5%,杉木林比对照高 17.9%,马尾松林比对照高 59.3%,其中无患子-广玉兰

表 1 植物群落模式特征

Table 1 Characteristic of plant communities

编号	群落名称	群落类型	群落特征		
			郁闭度/%	优势种平均高度/m	优势种平均胸径/cm
S1	雷竹群落	竹林	95	8 ~ 10	10
S2	杉木群落	针叶林	90	7 ~ 9	10 ~ 15
S3	马尾松群落	针叶林	85	9 ~ 11	15 ~ 20
S4	无患子-广玉兰群落	阔叶林	90	10 ~ 12	20 ~ 22
S5	紫薇群落	灌木林	50	3	7 ~ 9
S6	马尼拉群落	草坪			

混合群落比对照高 29.2%，紫薇灌木林比对照高 5.5%。但就空气负离子浓度的绝对值(测量值)而言，从高到低依次为：无患子-广玉兰的阔叶混合群落>雷竹林>杉木林>马尾松林>紫薇灌木林>草坪。

对于空气质量评价系数 I_c ，绝对值变化趋势与负离子浓度变化是基本一致的。从图 1-II 和表 2 可以看出，除草坪外，各个群落的日均 I_c 显著高于相应的对照。这可能是由于紫外线的作用可以使植物叶片发生光电效应^[5]，增加空气负离子的浓度，而空旷地主要以水泥、沥青等硬质铺装为主，阻隔了来自于土壤电离源且空旷地缺少绿色植物，也使得空气负离子浓度降低，空气清洁度也降低^[7]；各个群落模式内的日均 I_c 标准误差也显著小于相应的空地对照，这说明植物群落内部空气质量在不同时段变化幅度较空旷地要小，植物群落在一定程度上可以使空气质量保持相对的稳定状态。

表 2 测定位置和群落类型的二元方差分析

Table 2 Two-way ANOVA of site and communities

变量名称	测定位置(群落内外)		群落类型	
	F	P	F	P
负离子浓度	26.236(1,144)	0.000	17.319(5,144)	0.000
负离子评价指数	16.901(1,144)	0.000	10.500(5,144)	0.000

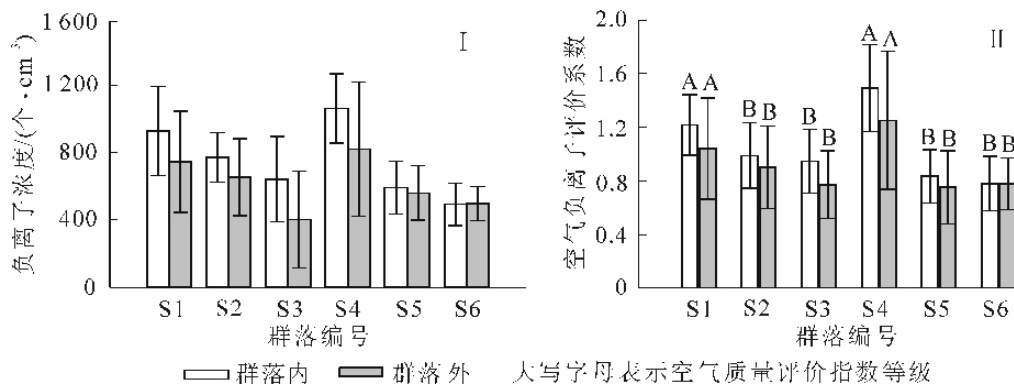


图 1 不同群落负离子浓度(I)和负离子评价系数(II)

Figure 1 Aero-anion (I) and I_c (II) in different structures of communities

2.2 不同群落模式夏季负离子浓度昼间变化

从图 2 来看，空气负离子昼间变化曲线呈双峰状。不同的群落模式出现峰值的具体时间有所不同，但总体来看分别在 9:00 - 10:00 和 15:00 - 16:00 各出现 1 个峰值。从第 1 个峰值出现早晚来看，雷竹群落、杉木群落、无患子-广玉兰混交群落和紫薇群落出现在 9:00 左右，马尾松林和草坪出现在 10:00 左右。从第 2 个峰值出现早晚来看，基本上都出现在 16:00 左右。从峰值的大小来看，雷竹群落和无患子-广玉兰混交群落明显高于其他群落，草坪最低。

2.3 负离子与气象因子相关分析

根据不同群落模式空气负离子浓度及气象因子观测数据，利用 SPSS 统计分析软件进行了空气负离子浓度和气象因子的相关性分析(表 3)。结果表明，空气负离子浓度与空气相对湿度呈极显著正相关 ($P < 0.01$)，因为空气负离子的主要存在形式是 $O_2 \cdot (H_2O)_n$ ， $OH \cdot (H_2O)_n$ 与 $CO_3 \cdot (H_2O)_2$ ，可以看出空气负离子的存在依赖于水分，因此空气相对湿度必然会对空气负离子的浓度有很大的影响^[8]。与气温呈显著负相关 ($P < 0.05$)，这些结果与以往的研究结果一致^[9]，随着气温的升高，相对湿度逐渐降低，致使空气负离子浓度降低，反之亦然。另外还

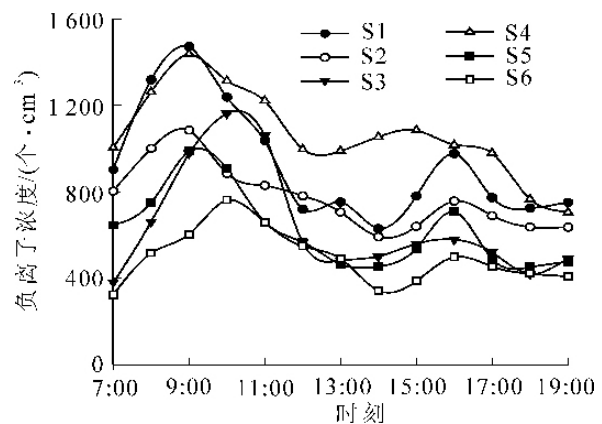


图 2 空气负离子昼间变化曲线

Figure 2 Diurnal change of aero-anion

发现空气负离子浓度与紫外线强度呈显著正相关的关系($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

无患子-广玉兰混交群落日均负离子浓度和日均空气质量系数均显著高于其他群落,雷竹群落次之。从已有的研究结果来看,有阔叶混交群落和竹子群落负离子浓度较高的报道^[5,10]。由于阔叶群落叶面积指数较大,生物量较高,郁闭度较大,群落和外部的空气交流也闭塞很多,植物通过光合作用、气体交换等方式能够产生较高浓度、较高质量的空气负离子^[6,11]。草坪和紫薇木群落空气负离子浓度最低,这可能是由于紫薇群落和草坪比较低矮,通透性比较好,和群落外部的空气交流比较容易。从群落内部和各自对照来看,植物群落内部显著高于外部空地对照,这更能比较客观、定量地反映出植物群落对空气质量的改善作用,但是草坪内外差别并不明显,对照甚至略高于群落内部,这可能是由于测点距地面 1.5 m 的距离,草坪下垫面产生的负离子效应上传高度有限的原因,也有草坪群落和外部气流交流频繁的原因,而且在测定中仪器的误差、测定时间的短暂间隔以及测定过程中不可避免的风的影响,都可能致使草坪不明显的作用削弱甚至低于对照。

就负离子昼间变化曲线(7:00-19:00)来看,双峰状的曲线很好地反映了植物群落改善空气质量的规律。光合作用是植物生存的根本,光合作用也是植物负离子产生的重要源泉^[11]。清晨,植物光合作用较弱,空气负离子较少;随着太阳辐射的不断增强,植物的光合作用也逐渐加强,加之紫外线对植物叶片的光电效应^[5],空气负离子浓度在 9:00-10:00 达到 1 个峰值;12:00 左右,尤其是在 14:00 的时候,太阳辐射达到最强,这时气温升高,植物光合作用也出现“午休”现象,再加上空气湿度的降低,使得空气负离子浓度降至最低;14:00 过后,随着太阳辐射的减弱,植物光合作用逐渐加强,空气相对湿度也逐渐变大,到 16:00 左右时空气负离子浓度达到第 2 个峰值;然后太阳辐射继续减弱直至为 0,空气负离子浓度也继续减弱。

空气负离子效应与其他气象因子相关性的研究已有很多^[9,12-13]。空气负离子与相对湿度显著正相关、与气温呈负相关,这一点学界已有一定的共识^[5,7-9,12-14]。在本研究中发现,虽然空气负离子与太阳辐射强度的相关性并不显著,但是呈相反的变化趋势,这主要还是太阳辐射增强使温度升高,进而使相对湿度降低的原因。有关风速对空气负离子的影响,不同的学者有不同的研究结果。邵海荣等^[14]研究结果显示空气负离子与风速呈负相关,陈佳瀛等^[15]的研究则发现空气负离子与下垫面风速相关性不显著,本研究选择了晴朗无风的夏季进行,将风速的影响降到了最低。另外,本研究结果还发现空气负离子浓度与紫外线强度显著正相关,这可能是由于紫外线可以使植物叶片表面发生光电效应^[4],从而增加空气负离子的浓度。

以往的试验研究都是多种植物群落模式只有 1 个空地作为对照,往往由于群落间海拔、生境的不同,导致样地之间的小气候有很大差别,因此,并不能很好地反映出不同植物群落改善空气质量效果的差异。本研究在每一个植物群落就近选择空地最为对照,能更科学合理地反映出植物群落对环境的生态效应。本研究只是对定量研究植物群落的生态效应做了初步的探索,很多问题还有待深入研究。本研究的不足之处是没有引进叶面积指数和可吸入颗粒物含量这 2 个和负离子效应有重要关系的因子。

参考文献:

- [1] 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.

表 3 负离子与气象因子相关分析矩阵

Table 3 Correlativity of aero-anion with other environmental factors

	负离子	正离子	空气温度	空气湿度	光照强度	紫外线强度
负离子	1					
正离子	0.5	1				
空气温度	-0.637*	-0.364	1			
空气湿度	0.702**	0.342	-0.975**	1		
光照强度	-0.191	0.090	0.642*	-0.625*	1	
紫外线强度	0.580*	0.166	0.542	-0.526	0.982**	1

说明: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

- ZHANG Zhipan, YU Yiwu, MENG Minghao, *et al.* Progresses of aeroanion in tourism environments [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2006, **23** (1): 103 – 108.
- [2] 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.
- [3] 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.
WU Chucai, ZHENG Qunming, ZHONG Linsheng. A study of the aero-anion concentration in forest recreation area [J]. *Sci Silv Sin*, 2001, **37** (5): 75 – 81.
- [4] 章志攀, 俞益武, 张明如, 等. 天目山空气负离子浓度变化及其与环境因子的关系 [J]. 浙江林学院学报, 2008, **25** (4): 481 – 485.
ZHANG Zhipan, YU Yiwu, ZHANG Mingru, *et al.* Negative air ion concentration and environmental factors for Mount Tianmu of Zhejiang Province [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2008, **25** (4): 481 – 485.
- [5] 秦俊, 王丽勉, 高凯, 等. 植物群落对空气负离子浓度影响的研究 [J]. 华中农业大学学报, 2008, **27**(2): 303 – 308.
QIN Jun, WANG Limian, GAO Kai, *et al.* Improvement of negative air ions concentration by plant communities [J]. *J Huazhong Agric Univ*, 2008, **27** (2): 303 – 308.
- [6] 吴际友, 程政红, 龙应忠, 等. 园林树种林分中空气负离子水平的变化 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2003, **27** (4): 78 – 80.
WU Jiyou, CHENG Zhenghong, LONG Yingzhong, *et al.* The variation of aero-anion concentration on landscape forest [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2003, **27** (4): 78 – 80.
- [7] 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.
SHAO Hairong, HE Qingtang, YAN Haiping, *et al.* Spatio-temporal changes of negative air ion concentrations in Beijing [J]. *J Beijing For Univ*, 2005, **27** (3): 35 – 39.
- [8] 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): 3158 – 3162.
WEI Chaoling, WANG Jingtao, JIANG Yuelin, *et al.* Air negative charge ion concentration and its relationships with meteorological factors in different ecological functional zones of Hefei City [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2006, **17** (11): 3158 – 3162.
- [9] 蒋文伟, 张振峥, 赵丽娟, 等. 不同类型森林绿地空气负离子生态效应 [J]. 中国城市林业, 2008, **6** (4): 49 – 51, 57.
JIANG Wenwei, ZHANG Zhenzheng, ZHAO Lijuan, *et al.* The research on aero-anion ecological efficacy in different types of urban forest green space [J]. *J Chin Urban For*, 2008, **6** (4): 49 – 51, 57.
- [10] 苏树全. 不同林分类型对空气质量的影响研究 [J]. 中南林业调查规划, 2002, **21** (4): 47 – 48.
SU Shuquan. Study on different stand type's influence to air quality [J]. *Central South For Inventory Plan*, 2002, **21** (4): 47 – 48.
- [11] 邵海荣, 杜建军, 单宏臣, 等. 用空气负离子浓度对北京地区空气清洁度进行初步评价 [J]. 北京林业大学学报, 2005, **27** (4): 56 – 59.
SHAO Hairong, DU Jianjun, SHAN Hongchen, *et al.* Assessment of air cleanness degree in Beijing using negative air ion concentration as an index [J]. *J Beijing For Univ*, 2005, **27** (4): 56 – 59.
- [12] 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 Xiongwei, LI Chunyou, GE Jingru, *et al.* Progress of aero-anion in forest environment [J]. *J Northwest For Univ*, 2007, **22** (2): 57 – 61.
- [13] 秦耀民, 刘康, 王永军. 西安城市绿地生态功能研究 [J]. 生态学杂志, 2006, **25** (2): 135 – 139.
QING Yaoming, LIU Kang, WANG Yongjun. Ecological functions of green land system in Xi'an [J]. *Chin J Ecol*, 2006, **25** (2): 135 – 139.
- [14] 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.
SHAO Hairong, HE Qingtang. Forest and air anion [J]. *World For Res*, 2000, **13** (5): 19 – 23.
- [15] 陈佳瀛, 宋永昌, 陶康华, 等. 上海城市绿地负离子研究 [J]. 生态环境, 2006, **15** (5): 1024 – 1028.
CHEN Jiaying, SONG Yongchang, TAO Kanghua, *et al.* Study on the air anions of the urban greenery patches in Shanghai [J]. *Ecol Environ*, 2006, **15** (5): 1024 – 1028.