

# 甘肃省森林区空气负离子分布特征研究

王顺利, 刘贤德, 金铭, 车宗玺, 赵维俊, 刘明龙

甘肃省祁连山水源涵养林研究院, 甘肃 张掖 734000

**摘要:** 选择了甘肃省 7 个代表性林区, 利用 ITC-201A 型智能便携式空气负离子测定仪对 14 种林分类型的空气负离子浓度进行了为期 2 年的测定与研究。结果显示: ①森林空气负离子浓度针叶树种均值为  $578 \text{ cm}^{-3}$ , 阔叶树种均值为  $471 \text{ cm}^{-3}$ ; 针叶混交林为  $722 \text{ cm}^{-3}$ , 针阔混交林为  $661 \text{ cm}^{-3}$ , 阔叶混交林为  $492 \text{ cm}^{-3}$ ; 不同植被类型均值表现为: 针叶混交林 > 针阔混交林 > 针叶树种 > 阔叶混交林 > 阔叶树种; ②各森林区空气负离子浓度铁杉为最大( $877 \text{ cm}^{-3}$ ), 冷杉为最小( $372 \text{ cm}^{-3}$ ), 14 种林分类型表现为: 铁杉(*Tsuga chinensis* (Franch.) Pritz.) > 针叶混交林(coniferous mixed forest) > 云杉(*Picea crassifolia* Kom.) > 针阔混交林(Mixed needle) > 华山松(*Pinus armandii* Franch.) > 落叶松(*Larix gmelinii* (Ruprecht) Kuzeneva) > 桦木(*Betula* sp.) > 杨树(*Populus* sp.) > 油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.) > 阔叶混交林(broadleaf mixed forest) > 栎类(*Quercus*) > 柏木(*Cupressus funebris* Endl.) > 椴树(*Tilia tuan* Szyszyl.) > 冷杉(*Abies fabri* (Mast.) Craib); ③空气负离子浓度与温度成负相关, 相关性方程为  $y = -57.457x + 1486.2 (R^2 = 0.9105)$ , 与空气相对湿度成正相关, 相关性方程为  $y = 9.3485x - 103.57 (R^2 = 0.6801)$ 。

**关键词:** 甘肃省; 森林; 空气负离子

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2010) 07-1563-06

自英国学者威尔逊 (Wilson) 与法国学者埃尔斯特 (Elster) 和格特尔 (Geitel) 证实空气负离子的存在, 人们对空气负离子的研究经历了近百年的发展、应用阶段。空气负离子具有降尘、抑菌、除菌、除臭等净化空气的功能, 被誉为“空气维生素和生长素”, 对人体健康十分有益。医学研究表明, 当空气负离子浓度达到  $700 \text{ cm}^{-3}$  以上时, 对人体具有保健作用; 当达到  $10\,000 \text{ cm}^{-3}$  以上时, 具有治疗效果<sup>[1-8]</sup>。人体内有好多好多的酶, 酶的活性增强了, 身体的活力也就增强了, 从而达到强身治病的功效。”正因为如此, 美国哈佛大学雅格劳教授将负离子称为“空气中的维他命”。随着生态旅游的兴起和人们保健意识的增强, 空气负离子的功能被愈来愈多的人所认识, 以林业和旅游行业为基础的森林生态旅游、森林浴等活动相继兴起, 有关空气负离子的研究也逐步展开<sup>[9-11]</sup>。森林环境中含有丰富的空气负离子, 充分开发和利用好空气负离子资源对丰富森林生态旅游内涵、促进生态保健旅游的发展、提高人们的健康水平有着重要的现实意义。

近年来国外对负离子的医疗保健作用做了大量研究, 已有许多临床应用的报道, 另外对空气离子测试方法, 一些参数的确定以及负离子与植物的相互影响方面的研究也较多<sup>[12-14]</sup>。我国对负离子的研究起步较晚, 由于空气负离子浓度受林分类型、海拔、空气温湿度、风速、气压等因素影响, 森林

环境负离子研究成果有共识也有分歧, 因研究地域、对象和方法不同, 它们之间的关系目前尚不是十分确定, 其研究结果不尽相同<sup>[15-21]</sup>。随着测试手段的不断完善, 影响空气负离子研究的深入, 对空气负离子的研究取得一些进展, 但仍是一门新兴的学科, 在西北地区这方面的研究目前还是空白。本研究对甘肃省各主要林区空气负离子浓度进行了为期两年的实地调查监测, 分析了森林区空气负离子的变化规律及分布特征, 为森林资源的开发和利用、森林游憩发展、森林公园规划、森林环境保护与评价提供参考。

## 1 研究方法

### 1.1 试验地概况

研究地选择在甘肃省的白龙江、小陇山、子午岭、祁连山、莲花山、太子山、康南等七大林区, 共布设 45 个半定位观测点及 100 多个辅助观测点。试验地位于东经  $92^{\circ}13' - 108^{\circ}46'$ , 北纬  $32^{\circ}31' - 42^{\circ}57'$ , 地处黄土高原、青藏高原和蒙新高原的交汇地带, 分属黄河流域、长江流域及内陆河流域。海拔在  $550 \sim 5\,808 \text{ m}$  之间, 地形条件复杂, 气候多样, 由南至北具有北亚热带、暖温带、温带、寒温带等多种气候类型。除高山阴湿地区外, 省内大部分地区具有气候干燥, 气温年、日较差大, 大陆性强, 光照充足, 雨热同季, 水热条件由东南向西北递减等主要气候特征, 属大陆性气候。全年平均气

**基金项目:** 国家“十一五”科技支撑计划重大项目“林业生态建设关键技术与示范” (2006BAD03A0702/wb06); 国家林业局林业公益性行业科研专项“西北典型区域基于水分管理的森林植被承载力研究” (200904056)

**作者简介:** 王顺利 (1976 年生), 男, 工程师, 主要从事生态水文与森林服务功能方面研究。

**收稿日期:** 2010-05-13

温为-0.2~14.9℃,年平均气温的分布趋势大致自东南向西北,并随着地势的增高而逐渐降低;年降水量在35~900mm之间,境内以东、南部温湿多雨,中、北、西部干旱少雨。全省现有林业用地约1000万hm<sup>2</sup>,占全省国土总面积的21.82%,森林覆盖率为13.42%,远远低于全国20.36%的水平。

## 1.2 试验点的布设

测点的布局是从甘肃省主要森林区设点。选择在白龙江迭部林区、洛大林区,小陇山党川林区、麦草沟自然保护区,子午岭合水连家砭林区,祁连山西水林区,莲花山自然保护区,太子山自然保护区,以及康南清河林区等7大林区的14种林分类型,分别选择典型林分,根据优势树种布设临时样地60多个,进行空气负离子浓度的监测。主要植被类型有针叶混交林、阔叶混交林、针阔混交林、

冷杉、云杉、铁杉、柏木、落叶松、油松、华山松、栎类、杨树、桦木、椴树类等。

各观测点生境状况详见表1。

## 1.3 试验仪器

采用GPS进行海拔和测点位置的精确定位。利用ITC-201A型智能便携式空气负离子测定仪,在测点开展不同季节、不同林分类型空气负离子浓度测定。该仪器同时记录空气温度、相对湿度及时间等。

## 1.4 观测时间

从2008年7月—2009年8月,依据研究目的在各生境观测点选择数天,在多个测点进行同步定位观测,分别进行空气负离子及其相关因子的观测。测量时每个测点每次观测都取4个方向,每个方向观测读数3次,每次测定时间30min,取平均值作为该观测点的空气负离子数值进行分析。试验

表1 甘肃省森林区空气负离子浓度监测点生境状况

Table 1 Habitat conditions of negative air ion concentration monitoring sites in Gansu province forest area

林分类型	地点	海拔/m	降雨量/mm	胸径/cm	树高/m	郁闭度
针叶混交林	小陇山党川林区	1570	650	19.1	8.1	0.80
华山松人工林	小陇山党川林区	1720	650	19.6	10.3	0.85
落叶松人工林	小陇山党川林区	1720	650	13.7	10.5	0.80
油松人工林	小陇山党川林区	1560	650	14.5	9.1	0.85
阔叶混交林	小陇山麦草沟自然保护区	1630	680	11.5	7.2	0.80
针阔混交林	小陇山麦草沟自然保护区	1520	680	11.3	6.8	0.70
油松天然林	白龙江迭部林区	2310	630	17.8	12.4	0.60
油松人工林	白龙江迭部林区	2250	630	11.1	7.1	0.80
白桦天然林	白龙江迭部林区	2790	630	16.2	9.5	0.65
白桦天然林	白龙江迭部林区	2700	630	7.2	5.2	0.50
冷杉天然林	白龙江迭部林区	3370	650	20.5	12.1	0.60
冷杉天然林	白龙江迭部林区	3200	650	27.1	14.2	0.60
针阔混交林	白龙江迭部林区	2635	630	8.7	5.2	0.70
针阔混交林	白龙江迭部林区	2580	630	8.2	5.1	0.75
针叶混交林	白龙江迭部林区	2465	630	7.3	5.2	0.75
针叶混交林	白龙江迭部林区	2510	630	24.1	9.4	0.65
针叶混交林	白龙江迭部林区	2500	630	15.9	8.6	0.75
落叶松人工林	白龙江迭部林区	2488	630	19.3	12.1	0.60
铁杉天然林	白龙江洛大林区	2105	650	21.4	10.1	0.55
辽东栎天然林	莲花山自然保护区	2070	572.8	21.5	8.3	0.50
阔叶混交林	莲花山自然保护区	2120	572.8	8.7	4.9	0.60
华山松天然纯林	莲花山自然保护区	2160	572.8	5.5	4.1	0.70
杨树	莲花山自然保护区	2130	572.8	8.1	8.9	0.75
祁连圆柏天然林	祁连山自然保护区	2870	430	15.9	6.2	0.70
青海云杉天然林	祁连山自然保护区	2880	430	18.1	13.2	0.70
针阔混交林	康南清河林区	1510	757	6.3	7.3	0.95
栎类	康南清河林区	1520	757	23.2	13.8	0.85
阔叶混交林	康南清河林区	1405	1400	12.1	10.6	0.80
阔叶混交林	康南清河林区	1415	1400	38.0	24.7	0.80
阔叶混交林	康南清河林区	1510	1400	21.1	13.5	0.75
油松人工林	康南清河林区	1490	1400	19.7	12.8	0.70
油松人工林	子午岭合水连家砭林区	1270	587.6	7.3	4.7	0.80
针阔混交林	子午岭合水连家砭林区	1290	587.6	8.9	7.6	0.75
针阔混交林	子午岭合水连家砭林区	1275	587.6	6.4	7.7	0.80
栎类	子午岭合水连家砭林区	1400	587.6	14.1	9.7	0.75
阔叶混交林	子午岭合水连家砭林区	1420	587.6	12.3	11.1	0.75
油松人工林	子午岭合水连家砭林区	1325	587.6	11.9	10.5	0.80
青海云杉天然林	太子山自然保护区	2540	660	57.2	27.8	0.70
油松人工林	太子山自然保护区	2500	660	19.3	10.5	0.75
针叶混交林	太子山自然保护区	2420	660	15.8	12.7	0.70
阔叶混交林	太子山自然保护区	2450	660	8.9	7.7	0.80
椴树	太子山自然保护区	2490	660	13.7	7.8	0.60

选择在天气状况良好，大气状态相对稳定，风速、风向变化不大的天气进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 甘肃省森林区空气负离子水平分布特征

空气负离子在大气中的分布实测表明是很不均匀的，水平方向上的分布有很大差异，时间上有明显的日、年变化。白龙江迭部林区空气负离子浓度分布范围在 102~929 cm<sup>-3</sup>之间，均值为 711 cm<sup>-3</sup>；小陇山党川林场麦草沟林区分布范围在 200~1 205 cm<sup>-3</sup>之间，均值为 751 cm<sup>-3</sup>；子午岭合水林区分布范围在 385~1 199 cm<sup>-3</sup>之间，均值为 575cm<sup>-3</sup>；祁连山西水林区分布范围在 291~930 cm<sup>-3</sup>之间，均值为 650 cm<sup>-3</sup>；莲花山自然保护区分布范围在 268~718 cm<sup>-3</sup>之间，均值为 458 cm<sup>-3</sup>；太子山自然保护区分布范围在 196~750 cm<sup>-3</sup>之间，均值为 484 cm<sup>-3</sup>；康南清水林区分布范围在 213~743 cm<sup>-3</sup>之间，均值为 657 cm<sup>-3</sup>。甘肃省森林区空气负离子浓度均值分布规律见图 1。

上述分布明显呈现出空气负离子浓度均值莲花山自然保护区与太子山自然保护区林区较小，分别为 458 cm<sup>-3</sup>和 484 cm<sup>-3</sup>；小陇山林区和白龙江林区较大，分别为 751 cm<sup>-3</sup>和 711 cm<sup>-3</sup>。甘肃省森林区空气负离子分布表现为小陇山>白龙江>康南>祁连山>子午岭>太子山>莲花山。这主要是由于小陇山、白龙江监测区森林覆盖率明显高于太子山与莲

花山，而且森林环境中溪流多，空气清洁度高，其空气负离子的存量较多，故小陇山、白龙江林区空气负离子浓度明显大于其他林区。前人研究结果表明，当森林覆盖率达到 35%~60%时，空气负离子浓度较高，而当森林覆盖率低于 7%时，空气负离子浓度仅为前者的 40%~50%<sup>[8]</sup>。

### 2.2 甘肃省主要林分类型空气负离子分布特征

自 2008 年 7 月至 2009 年 8 月，我们多次在不同季节对甘肃省森林区的各种林分类型和自然保护区的空气负离子浓度进行测定。测定结果表明，就空气负离子平均浓度而言，针叶树种的空气负离子浓度要高于阔叶树种，混交林空气负离子浓度高于针叶、阔叶树种，详见图 2。据监测数据统计结果，针叶树种均值为 578 cm<sup>-3</sup>，阔叶树种均值为 471 cm<sup>-3</sup>，针叶混交林为 722 cm<sup>-3</sup>，针阔混交林为 661 cm<sup>-3</sup>，阔叶混交林为 492 cm<sup>-3</sup>。不同植被类型森林空气负离子浓度表现为针叶混交林>针阔混交林>针叶树种>阔叶混交林>阔叶树种。森林区主要林分类型表现为铁杉>针叶混交林>云杉>针阔混交林>华山松>落叶松>桦木>杨树>油松>阔叶混交林>栎类>柏木>椴树>冷杉。

上述结论是经大量实测数据得到的平均结果，实际上空气负离子浓度的情况是很复杂的，与森林的林分类型、郁闭度、林龄、长势、结构等也有一定的关系，需具体情况具体分析。空气负离子

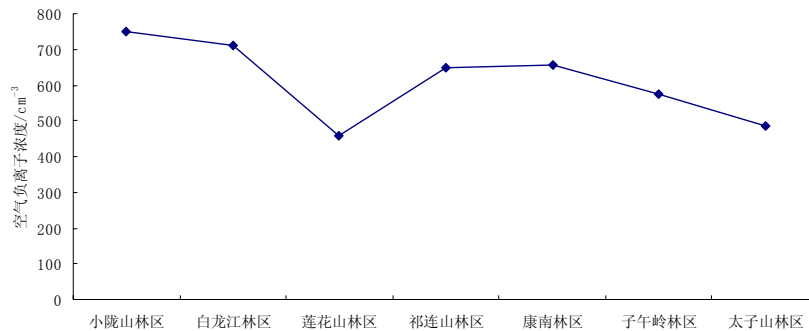


图 1 甘肃省森林区空气负离子平均浓度分布规律

Fig.1 distribution of negative air ion average concentration in Gansu province forest area

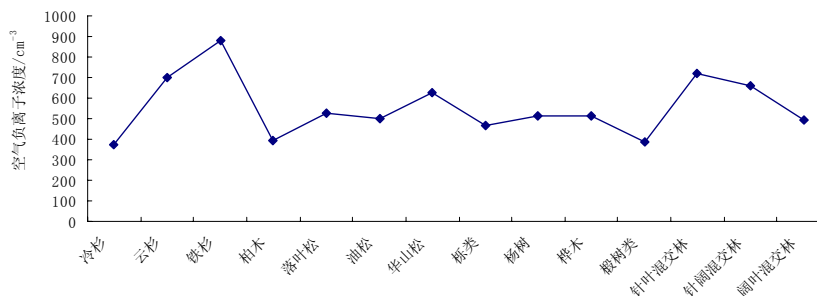


图 2 甘肃省主要林分类型空气负离子分布情况

Fig.2 negative air ions distribution of main forest types in Gansu province

的寿命是很短的,一般只有几十秒至数分钟。在森林、海滨、瀑布周围,空气负离子的寿命会稍长些,但也只有20 min左右<sup>[8-11]</sup>。本研究显示针叶树种空气负离子浓度大于阔叶树种,前人也有类似研究结论<sup>[1]</sup>。可能是由于所测针叶树种林龄大、平均树高大于阔叶树种,森林空间结构不同,下垫面差异大,影响空气负离子的存在时间。在森林分布区,一般认为,疏林内的空气负离子浓度大于密林,生长旺盛的成熟林增加空气负离子的作用要好于幼龄林和过熟林<sup>[16-18]</sup>。

## 2.3 空气负离子浓度随环境因子变化的特征

### 2.3.1 空气负离子与海拔的变化特征

对空气负离子浓度与海拔进行相关性分析,发现,在不同海拔段内,空气负离子与海拔呈现出一定的相关性。负离子与海拔在1260 m至3370 m之间呈现出一定负相关(见图3)。经统计回归分析得到,空气负离子和海拔的回归关系为: $y = -7.578x^2 + 1.821x + 656.17$  ( $R^2 = 0.8068$ ),式中: $y$ 为负离子浓度( $\text{cm}^{-3}$ ), $x$ 为海拔高度(m)。

对方程进行显著性检验,该回归方程回归性显著( $P < 0.05$ ),表明空气负离子浓度与海拔较好地符合了以上函数关系式,故可用此式来推算不同海拔高度的负离子浓度值。

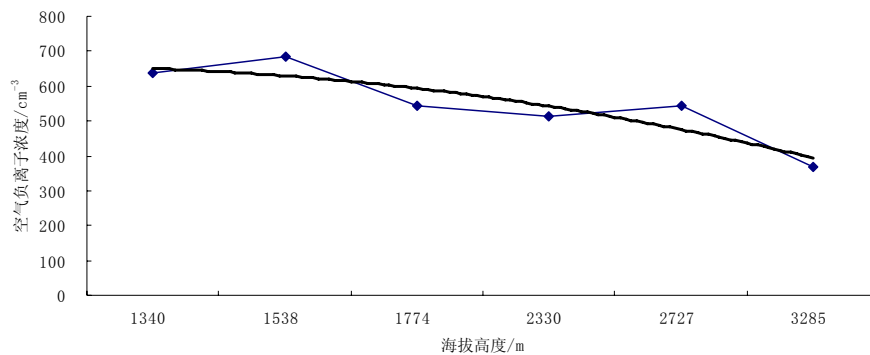


图3 空气负离子浓度空间梯度变化曲线

Fig.3 spatial gradient changes curve of negative air ion concentration

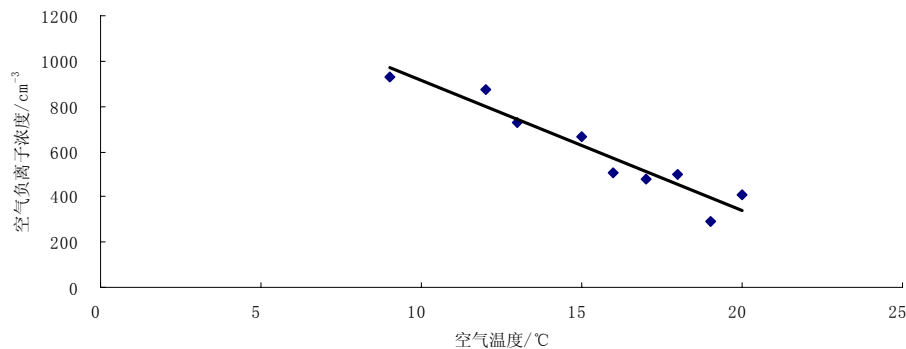


图4 空气负离子浓度与空气温度的关系

Fig.4 relationship of negative air ion concentration and air temperature

### 2.3.2 空气负离子浓度与空气温度的变化特征

对负离子浓度与温度进行相关性分析,发现负离子与温度在5 °C至20 °C之间呈现一定负相关(见图4),相关性方程为 $y = -57.457x + 1486.2$  ( $R^2 = 0.9105$ ),式中: $y$ 为负离子浓度( $\text{cm}^{-3}$ ), $x$ 为温度(°C)。对方程进行显著性检验,该线性回归方程回归性显著( $P < 0.01$ ),表明空气负离子浓度与空气温度呈现出极显著的负相关。

温度大于20 °C时相关性不显著。这可能由于空气负离子测定仪温度过高,按照所采用仪器操作规范进行操作时,影响了仪器测量的准确性,加之林区所测温度大多小于20 °C,大于20 °C测点很少,故回归性不显著。

### 2.3.3 空气负离子浓度与空气相对湿度的变化特征

对负离子浓度与空气相对湿度进行相关性分析,发现负离子与湿度呈现一定正相关(见图5),相关性方程为 $y = 9.3485x - 103.57$  ( $R^2 = 0.6801$ )式中: $y$ 为负离子浓度( $\text{cm}^{-3}$ ), $x$ 为相对湿度(%).对方程进行显著性检验,该线性回归方程回归性显著( $P < 0.05$ ),表明空气负离子浓度与空气湿度呈现出显著的正相关。

许多研究认为,空气负离子与空气温度呈显著负相关,与空气湿度呈显著正相关,即空气负

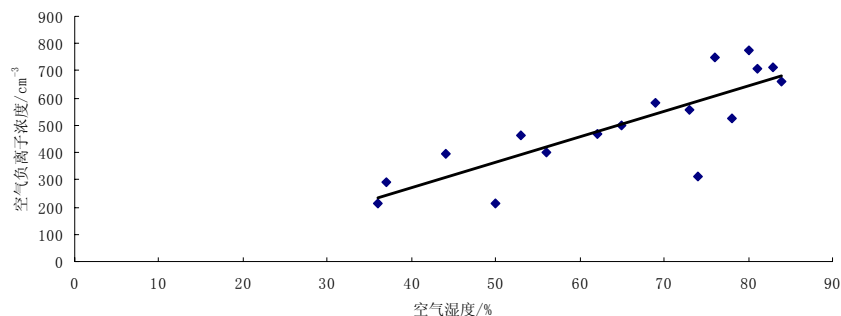


图5 空气负离子浓度与空气相对湿度的关系

Fig.5 relationship of negative air ion concentration and air relative humidity

离子浓度随温度升高而降低，随空气湿度升高而增加<sup>[1,20-21]</sup>。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。

### 3 结论与讨论

甘肃省森林区空气负离子浓度分布特征显示出，不同植被类型森林空气负离子浓度表现为针叶混交林>针阔混交林>针叶树种>阔叶混交林>阔叶树种；森林区主要林分类型表现为铁杉>针叶混交林>云杉>针阔混交林>华山松>落叶松>桦木>杨树>油松>阔叶混交林>栎类>柏木>椴树>冷杉。目前，国内外研究不同植被类型对空气负离子的影响也未达成共识，吴楚材<sup>[1]</sup>等测定结果认为针叶树空气负离子浓度高于阔叶树负离子浓度与本文研究结果一致。但是在研究相同林分类型空气离子浓度在空间上的分布规律时，受条件限制，观测不能完全同步，为使各测点数据具有可比性，对同一类型的观测日观测的同一时刻所得数据进行平行，只能采用平均值，消除时间与气象条件的影响而带来的差异；不同林分类型对空气离子浓度在空间分布上的影响机理还不大清楚，应进一步加强对此方面的研究。

空气温度、相对湿度是与空气负离子密切相关的两个主要因素，对于空气负离子与空气温度、相对湿度关系的研究结果不尽相同，吴楚材、张翔、吴际友等<sup>[1,20-21]</sup>研究发现，空气负离子与空气温度呈负相关，与相对湿度呈正相关关系。本次试验范围广，监测站点多，采集数据量大，并对空气负离子浓度与空气温度、相对湿度进行了同步观测，更能详细反映环境内空气负离子与空气温度、相对湿度的关系。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。虽然本研究表明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，与前人的研究结果相同，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。空气负离子与气象因子之间的关系还有待深入研究。

**致谢：**本研究过程中，得到白龙江林业管理局车克均研究员、曹秀文正高级工程师、小陇山林业实验局袁士云正高级工程师、莲花山自然保护区刘秀生副局长、太子山自然保护区刘文斌所长、子午岭合水林业局连家砭林场段剑青场长，陇南市康南林业总场王树权场长等专家的指导和大力协助，在此表示感谢！

### 参考文献：

- [1] 吴楚材, 郑群明, 钟林生, 等. 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, et al. The research of air anions levels in forest esplanade[J]. Forestry Science, 2001, 37(5): 75-81.
- [2] 石强, 钟林生, 吴楚材. 森林环境中空气负离子浓度分级标准[J]. 中国环境科学, 2002, 22(4): 320-323.  
SHI Qiang, ZHONG Linsheng, WU Chucai. Grades standard of aeroanion concentration in forest surroundings[J]. China Environmental Science, 2002, 22(4): 320-323.
- [3] 韦朝领, 王敬涛, 蒋跃林. 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 Chaoling, WANG Jingtao, JIANG Yuelin, et al. Air neative 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.
- [4] 钟林生, 吴楚材, 肖笃宁. 森林旅游资源评价中的空气负离子研究[J]. 生态学杂志, 1998, 17(6): 56-60.  
ZHONG Linshen, WU Chucai, XIAO Duning. Aeroanion researches in evaluation of forest recreation resources[J]. Chinese Journal of Ecology, 1998, 17(6): 56-60.
- [5] 陈佳瀛, 宋永昌, 陶康华. 上海城市绿地空气负离子研究[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]. Ecology and Environment, 2006, 15(5): 1024-1028.
- [6] 毛辉青. 不同功能区空气负离子的监测分析[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(1): 10-13.

- 1996, 18(3): 37.  
MAO Huiqing. The monitoring and analysis of air anions in different functional area[J]. Environmental pollution and prevention, 1996, 18(3): 37.
- [7] 倪军, 徐琼, 石登荣, 等. 城市绿地空气负离子相关研究: 以上海公园为例[J]. 中国城市林业, 2004, (3): 30-33.  
NI Jun, XU Qiong, SHI Dengrong, et al. The correlative study of air anions in city greenbelt: A case of the parks in Shanghai[J]. Chinese Urban Forestry, 2004, (3): 30-33.
- [8] 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 Forestry Research, 2000, 13(5): 19-23.
- [9] 贺性鹏, 李安伯. 空气离子对生物体酶的影响[J]. 国外医学地理分册, 1991, 12(2): 57-60.  
HE Xingpeng, LI Anbo. The affect of air ions on organism enzyme[J]. Foreign Medicine Geography, 1991, 12(2): 57-60.
- [10] 李志民, 李安伯. 大自然中的空气离子[J]. 大自然探索, 1988(4): 39-45.  
LI Zhiming, LI Anbo. Air ions in nature[J]. Nature Research, 1988(4): 39-45.
- [11] 康志遥. 空气离子的生物效应与生理机制[J]. 自然杂志, 1982, 5(1): 843-845.  
KANG Zhiyao. The bio-effect and physiological mechanism of air ions[J]. Science Journal, 1982, 5(1): 843-845.
- [12] STEPHEN M K. A public healthy approach to evaluating the significance of air ion[D]. The Master's Degree Paper of The University of Texas Healthy Science Center, 1997.
- [13] Korubue I H. The clinical effect of aero-ionization[J]. Medical Biometrology, 1990, (5): 12-14.
- [14] Karen A. The influence of electro aerosol inhalation on the disease of the respiratory tract and the lungs[R]. Amsterdam: Proceedings of the Seventh International conference, 1975.
- [15] 邵海荣, 贺庆棠. 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): 36-39.  
SHAO Hairong, HE Qingtang. Spatio temporal changes of negative air ion concentrations in Beijing[J]. Journal of Beijing forestry university, 2005, 27(3): 36-39.
- [16] 李少宁, 王燕, 张玉平. 北京典型园林植物区空气负离子分布特征研究[J]. 北京林业大学学报, 2010, 32(1): 131-135.  
LI Shaoning, WANG Yan, ZHANG Yuping. Distribution characteristics of negative air ions in typical garden areas of Beijing[J]. Journal of Beijing forestry university, 2010, 32(1): 131-135.
- [17] 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.  
WANG Hongjun. Effects of structure of urban forestry on aero anion concentration[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2004, 28(5): 96-98.
- [18] 郑文俊, 王金叶, 李海铭. 森林游憩区不同植被类型的空气负离子浓度水平的初步研究[J]. 福建林业科技, 2009, 36(2): 98-100.  
ZHENG Wenjun, WANG Jinye, LI Hai-ming. Preliminary Study on Aero-Anion Concentration of Different Vegetation Types in Forestry Recreational Areas[J]. Fujian Forestry Science and Technology, 2009, 36(2): 98-100.
- [19] 刘云国, 吕健, 张合平, 等. 大型人造园林中的空气负离子分布规律[J]. 中南林业学院学报, 2003, 23(1): 89-92.  
LIU Yunguo, LU Jian, ZHANG Heping, et al. Distribution law of air an ions in a large artificial garden[J]. Journal of Central South Forestry University, 2003, 23(1): 89-92.
- [20] 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 Jiyu, CHENG Zhenghong, LONG Yingzhong, et al. The variation of aero-anion concentration on landscape forest[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2003, 27(4): 78-80.
- [21] 张翔. 浅析相关因子对空气负离子水平的影响[J]. 湖南环境生物职业技术学院学报, 2004, 10(4): 346-351.  
ZHANG Xiang. On the related factors influences on air negative ions[J]. Journal of Hunan Environment-Biological Polytechnic, 2004, 10(4): 346-351.

## Distribution characteristics of negative air ions in forest region of Gansu

WANG Shunli, LIU Xiande, JIN Ming, CHE Zongxi, ZHAO Weijun, LIU Minglong

Academy of Water Resources Conservation Forests in Qilian Mountain of Gansu Province, Zhangye, Gansu, 734000, China

**Abstracts:** This paper selected 7 representative forest regions in Gansu province, and negative air ions concentration of 14 forest types was measured and researched using ITC-201A intelligent portable air ions Tester in two years. The results showed that: ① Mean of negative air ions concentration of coniferous forest was  $578 \text{ cm}^{-3}$ , broadleaf forest is  $471 \text{ cm}^{-3}$ , coniferous mixed forest was  $722 \text{ cm}^{-3}$ , mixed needle forest was  $661 \text{ cm}^{-3}$ , broad-leaved forest was  $492 \text{ cm}^{-3}$ , means of negative air ions concentration of different vegetation types showed: coniferous mixed forest > mixed needle forest > coniferous species > broadleaf mixed forest > broad-leaved species, ② Among forest regions, mean of negative air ions concentration of *Tsuga chinensis* (Franch.) Pritz was maximum ( $877 \text{ cm}^{-3}$ ), *Abies fabri* (Mast.) Craib was minimum ( $372 \text{ cm}^{-3}$ ), 14 forest types showed: *Tsuga chinensis* (Franch.) Pritz > coniferous mixed forest > *Picea crassifolia* Kom. > Mixed needle > *Pinus armandii* Franch. > *Larix gmelinii* (Ruprecht) Kuzeneva > *Betula* > *Populus* > *Pinus tabulaeformis* Carr. > broadleaf mixed forest > *Quercus* > *Cupressus funebris* Endl. > *Tilia tuan* Szyszyl. > *Abies fabri* (Mast.) Craib, ③ Negative correlation was showed between negative air ions concentration and temperature, correlation equation:  $y = -57.457x + 1486.2 (R^2 = 0.9105)$ , and positive correlation was showed between negative air ions concentration and air relative humidity, correlation equation:  $y = 9.3485x - 103.57 (R^2 = 0.6801)$ .

**Key Words:** Gansu province; forest; negative air ions