

文章编号:1001-7380(2016)06-0024-05

## 南京城郊森林空气负离子动态变化研究

王磊<sup>1,2</sup>, 万欣<sup>1</sup>, 黄利斌<sup>1</sup>, 江浩<sup>1</sup>

(1.江苏省林业科学研究院,江苏 南京 211153;2.宿迁市农科院,江苏 宿迁 223800)

**摘要:**利用 HQWAS-200PRO 空气负离子监测系统,于 2015 年 6 月—2016 年 5 月监测了南京南郊江苏省林业科学研究院内麻栎+枫香树+马尾松林分内空气负离子的浓度,结果表明:林内空气负离子浓度的日变化总体上呈现白天高、晚上低的变化趋势,但随天气不同呈现一定的差异。全年不同天气的负离子日平均浓度大小依次为雨天(6 586个/cm<sup>3</sup>)>晴天(2 365 个/cm<sup>3</sup>)>雾霾天(1 353 个/cm<sup>3</sup>)>阴天(1 122 个/cm<sup>3</sup>)。1 a 中不同季节空气负离子浓度大小依次为夏季(6-8 月)>秋季(9-11 月)>春季(3-5 月)>冬季(12-2 月),其中夏季 6 月负离子浓度最高,平均达 5 432 个/cm<sup>3</sup>,冬季 1 月的负离子浓度最低,仅 1 421 个/cm<sup>3</sup>。林内全年空气负离子浓度平均值为 2 398 个/cm<sup>3</sup>。相关性分析结果显示,空气负离子浓度与空气 PM<sub>2.5</sub> 含量呈负相关,与风速呈一定的正相关关系,与相对湿度呈正相关,但与温度的相关性不大。

**关键词:**空气负离子;季节;天气;相关性;南京

**中图分类号:**X831.03 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2016.06.006

## Dynamic study on the negative air ions of urban outskirts' forest in Nanjing

WANG Lei<sup>1,2</sup>, WAN Xin<sup>1</sup>, HUANG li-bin<sup>1</sup>, JIANG Hao<sup>1</sup>

(1.Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153, China;

2. Suqian Academy of Agricultural Sciences, Suqian 223800, China)

**Abstract:**The dynamics of negative air ions within the forest that included *Quercus acutissima*, *Liquidambar formosana* and *Pinus massoniana* were studied in Jiangsu Academy of forestry, using the monitoring system of negative air ions(HQWAS-200PRO)from June, 2015 to May, 2016. The results showed that the diurnal variation of negative air ions was high in the daytime and low at night, but there might be different when the weather changed. The number of negative air ions in different weather was different, i. g., 6 586/cm<sup>3</sup> in rainy day, 2 365/cm<sup>3</sup> in sunshine, 1 353/cm<sup>3</sup> in haze weather, and 1 122/cm<sup>3</sup> in cloudy day. The number of negative air ions in different season was showed as different. The number from high to low was arranged as in summer, in autumn, in spring and in winter in order, among which that in summer was largest(5 432 /cm<sup>3</sup>), in winter was lowest(1 421/cm<sup>3</sup>). The average number of negative air ions in a year was 3 398 /cm<sup>3</sup>. Correlation analysis results showed that the negative correlation were found between the negative air ions number and PM<sub>2.5</sub>, and the negative air ions number had a positive correlation with wind speed and the relative humidity, but the correlation between the temperature and the negative air ions number was not significant.

**Key words:**Negative air ions;Season;Weather;Correlation; Nanjing

随着科技进步和人们环保意识的提高,空气负离子的研究越来越引起人们的广泛关注。大量研究表明,空气负离子具有杀菌、降尘、清洁空气、提高免疫力、调节机能平衡的功效,被誉为“空气维生

素和生长素”,已成为评价城市空气质量的一个重要指标<sup>[1]</sup>。

我国对空气负离子的研究始于 1978 年,经历了 20 世纪 80 年代初和 90 年代初 2 个负离子的研

收稿日期:2016-11-15;修回日期:2016-11-30

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划“环境友好型城镇景观林构建技术研究示范”(2015BAD07B06);江苏省林业三新工程项目“城市森林消减 PM<sub>2.5</sub> 作用效果研究”(LYSX[2014]01)

作者简介:王磊(1980-),男,江苏宜兴人,副研究员,博士。从事城市森林生态系统研究。E-mail:691069685@qq.com。

究发展高潮<sup>[2]</sup>。近年来,我国关于空气负离子方面的研究,主要侧重在人为干扰环境和自然环境中空气负离子浓度水平、空气负离子在医疗保健中的作用及其机理、空气负离子资源的开发利用等<sup>[3-4]</sup>。在森林空气负离子方面,国内外学者也做了大量的研究,如森林空气负离子的时空变化特征<sup>[5-6]</sup>、不同树种或同一树种组成的森林空气负离子浓度的变化规律<sup>[7-10]</sup>、小气候因子对负离子的影响<sup>[11-15]</sup>、森林负离子评价标准和分级标准的研究<sup>[16-17]</sup>等。到目前为止,有关南京市城市森林空气负离子浓度的动态变化特征及其与其他环境因素响应研究的报道尚不多见。针对上述研究内容,本研究依托江苏省林业科学研究院建立的森林健康环境监测系统,就该区森林空气负离子浓度的时空变化规律及其与PM 2.5浓度和气象因素的相关性进行分析总结,以期为今后城市森林空气负离子的研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 监测点概况

本研究的监测地点位于江苏省南京市南郊的江苏省林业科学研究院,占地面积约80 hm<sup>2</sup>。院内森林覆盖率极高,青山环绕,鸟语花香,环境怡人。本研究监测点位置在院内麻栎+枫香树+马尾松混交林内。

### 1.2 数据来源

监测指标分别为空气负离子浓度、PM 2.5浓度、温度、相对湿度、风速。监测数据均来源于城市森林环境空气质量监测平台及空气负离子监测系统(HQWAS-200PRO)。监测仪器主要包括负离子仪器采集器MK50、三维超声风速温度仪CSAT3、红外气体分析仪LI-7500,以及相匹配的数据采集系统和预处理软件等。该监测系统可进行24 h实时监测。

### 1.3 数据处理方法

选取2015年6月—2016年5月1 a内的负离子浓度、PM 2.5浓度、温度、相对湿度、风速的实时监测数据,利用excel软件进行总体特征描述。相关性分析采用Spss11.0软件计算<sup>[18]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 空气负离子浓度的日变化

有研究显示,空气负离子浓度每时每刻都在不

停变化,在不同天气条件下由于空气物理特性(如产生空气负离子的紫外线、宇宙射线、放射性物质等)不同,空气中的负离子浓度变化规律也不尽相同<sup>[13]</sup>。故本研究结合当地气象记录和负离子浓度监测数据,将2015年6月—2016年5月1 a内的数据按天气情况进行分类,按晴天、阴天、雨天、雾天进行平均值处理后进行比较分析,如图1所示。

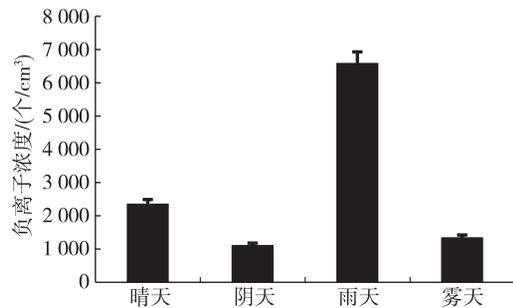


图1 不同天气条件下空气负离子日平均浓度比较

由图1可知,空气负离子浓度日平均值按天气情况比较大小依次为:雨天最高,为6586个/cm<sup>3</sup>,其次是晴天(2365个/cm<sup>3</sup>)、雾天(1353个/cm<sup>3</sup>),阴天最低,为1122个/cm<sup>3</sup>。雨天的空气负离子浓度明显高于其他天气,主要是因为雨天常伴有雷暴,极易产生负氧离子,造成瞬间浓度急剧上升。雨过天晴,空气负氧离子浓度明显高于晴天干燥时,原因是雨后空气湿度大,空气中粉尘少,植物光合作用强烈。晴天的空气负离子含量明显高于阴天,原因是晴天太阳光强烈,丰富的紫外线有助于空气负离子的产生,同时植物的光合作用也比较强烈<sup>[19]</sup>。雾天对空气负离子也有显著影响。雾越大,空气负离子浓度越低,原因是空气中的小离子以雾的凝结核为中心聚集成大离子而沉降<sup>[20]</sup>。

此外,本研究将空气负离子浓度24 h内的变化按照晴天、阴天、雨天、雾天分别进行数据分析,得出了不同天气状况下负离子浓度的日变化特征,如图2所示。晴天状态下,空气负离子浓度在9:00和19:00较高,在19:00达到最高为2745个/cm<sup>3</sup>,凌晨1:00处于最低,为1498个/cm<sup>3</sup>,日波动幅度为1247个/cm<sup>3</sup>,日平均浓度值为2365个/cm<sup>3</sup>。阴天状态下,空气负离子浓度值在9:00达到最高值,为1443个/cm<sup>3</sup>,在1:00—4:00处于较低值,在3:00达到最低值,为732个/cm<sup>3</sup>,日波动幅度为711个/cm<sup>3</sup>,日平均浓度值为1122个/cm<sup>3</sup>。雨天状态下,

空气负离子浓度在 8:00 至 12:00 时间段内处于明显的高值,最高值出现于 12:00 为 1 1432 个/cm<sup>3</sup>,最低值出现于 1:00 为 2 832 个/cm<sup>3</sup>,日波动幅度较其他天气状况最大,为 8 600 个/cm<sup>3</sup>,日间平均值为

6 586 个/cm<sup>3</sup>。雾天状态下,空气负离子浓度值从 7:00 到 21:00 是呈下降趋势,由 1 543 个/cm<sup>3</sup> 降至 801 个/cm<sup>3</sup>,日间波动幅度为 742 个/cm<sup>3</sup>,日间平均值为 1 353 个/cm<sup>3</sup>。

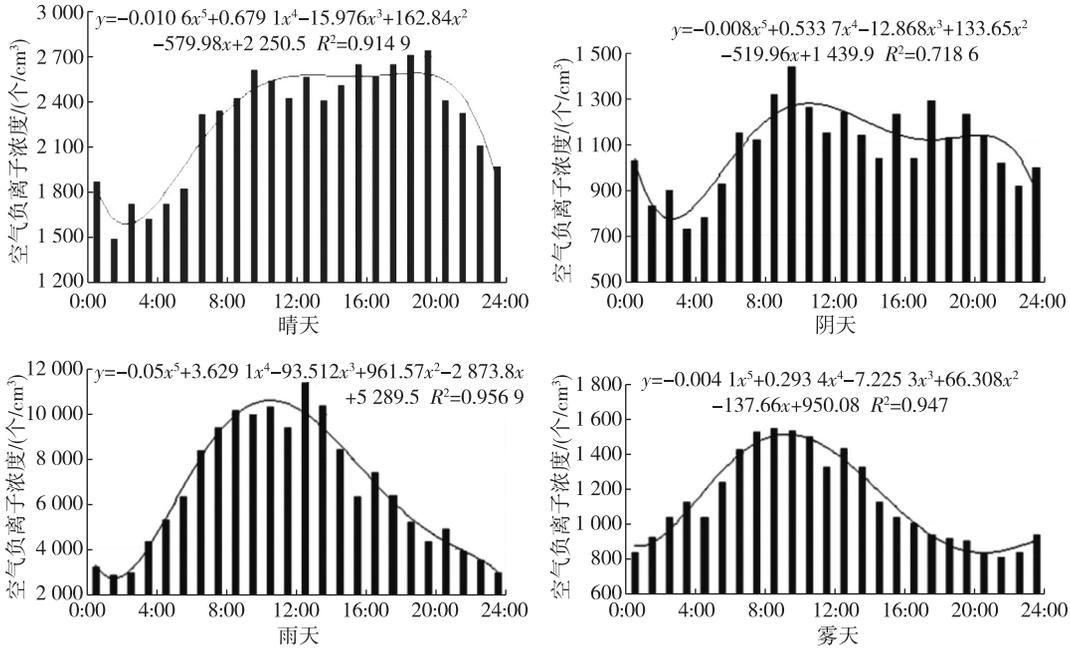


图 2 不同天气状况下空气负离子浓度的日变化特征(24 h)

### 2.2 空气负离子浓度的月变化

本研究将 2015 年 6 月—2016 年 5 月 1 a 内每月的空气负离子浓度进行平均值处理,得出 1 a 内空气负离子浓度的月变化趋势,如图 3 所示。根据气候学上的分类,南京 3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—11 月为秋季,12 月—翌年 2 月为冬季。空气负离子浓度由于受林分结构、林分群落、风力和人为活动等因素的影响,而存在季节性差异。

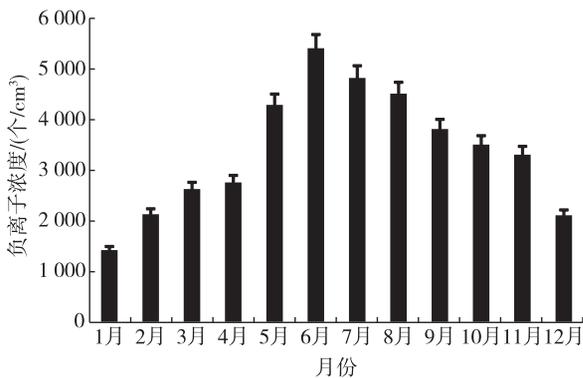


图 3 空气负离子浓度的月变化特征

由图 3 可知,1 a 当中,空气负离子浓度在夏季

(6—8 月)最高,其次是秋季(9—11 月)、春季(3—5 月),冬季(12 月—翌年 2 月)最低。分析其原因,南京地区在夏季的雨天天数较多,尤其在 6, 7 月,空气相对清洁、湿度大,此外森林植物生长较为茂盛,代谢功能强、太阳紫外线照射也较强烈,所以空气负离子浓度较其他季节最大。在冬季空气负离子浓度最低,尤其是 1 月,空气负离子浓度平均值达到 1 421 个/cm<sup>3</sup>,主要由于冬季植物光合作用微弱,空气污染相对严重,风沙大,雾多。

### 2.3 空气负离子浓度的年变化特征

本研究将 2015 年 6 月—2016 年 5 月 1 a 内每月每周一的空气负离子浓度进行平均值处理,分析空气负离子浓度的年变化趋势,结果如图 4 所示。空气负离子浓度的年变化趋势呈倒“U”型,在年初负离子浓度较低,逐渐升高,6—7 月达到顶峰后开始降低。数据统计结果显示,林内全年空气负离子浓度平均值为 2 398 个/cm<sup>3</sup>。按照《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T1721-2008)的标准,空气负离子浓度 > 1 000 个/cm<sup>3</sup> 具有生态服务价值<sup>[16]</sup>,因此,该地区的森林环境具有较为显著的生态效益。

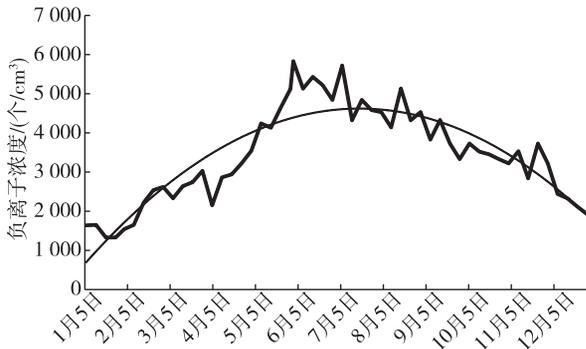


图 4 空气负离子浓度的年变化规律

为进一步了解空气负离子动态变化的内在原因,本研究将大气 PM 2.5 及各气象指标的实时同步监测数据与负离子浓度进行相关分析。讨论如下。

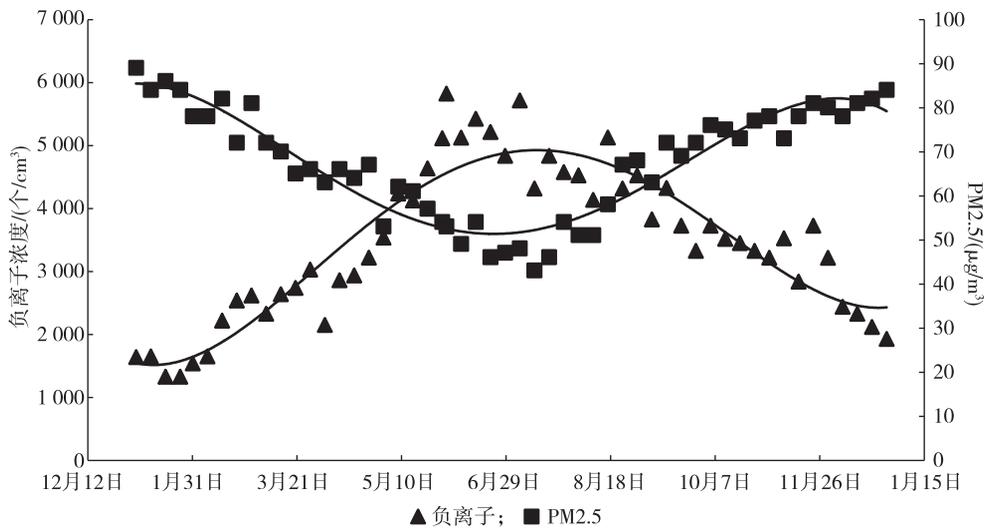


图 5 PM 2.5 与空气负离子的年动态变化

2.4.2 风速与空气负离子的关系 数据分析显示,风速与空气负离子浓度的相关系数为 0.632,呈正相关关系。由于空气的持续流动,增多了空气中各种气态分子彼此之间的摩擦,从而加速了正负电离,同时风也增加了离子的迁移速率<sup>[13]</sup>。由图 6 可知,随着风速的升高,空气中负离子浓度逐渐增多;随着风速的降低,空气中负离子浓度也逐渐减少,2 者呈现出一定的正相关关系。因此空气中各种气态分子间的摩擦可以有效地增加空气中负离子的浓度。

2.4.3 相对湿度与空气负离子的关系 数据分析显示,相对湿度与空气负离子浓度的相关系数达 0.894,呈显著正相关。由图 7 可知,当湿度增加比

### 2.4 空气负离子浓度与环境因子的关系分析

2.4.1 PM 2.5 与空气负离子的关系 数据分析显示,PM 2.5 浓度与空气负离子浓度的相关系数达 -0.813,呈显著负相关关系。一年四季中,空气 PM 2.5 浓度在春季最高,平均值为 92.82  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,秋冬季次之,夏季最低,平均值为 51.21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。空气负离子浓度与 PM 2.5 含量呈负相关(见图 5),此消彼长。有研究发现,PM 2.5 等微尘本身是带正电荷的,彼此排斥,加之本身粒径细小,所以能长久悬浮在空中<sup>[21]</sup>,而负离子是带有多余负电荷的强还原离子,它能主动与空气中的 PM 2.5 结合,改变 PM 2.5 等悬浮颗粒的物理属性,使其中一部分带负电荷,这样 PM 2.5 就会因表面电荷的不同而相互吸引发生粘附,最终沉降到地面,从而达到清除的目的。

较明显时,负离子浓度也随之增加;当湿度降低较明显时,负离子浓度也随之下落,总体上呈正相关趋势。这是由于相对湿度高会减少空气小离子浓度,增加空气大离子浓度,从而增加空气负离子浓度<sup>[15]</sup>。

2.4.4 温度对空气负离子的影响 数据分析显示,温度与负离子的相关性不大。当温度变化比较明显时,空气负离子浓度的变化却各不相同。根据以往的研究发现,空气负离子浓度和温度关系的观点难以统一<sup>[6-7,11,15]</sup>。目前由于研究地点和观测时间的局限,空气负离子浓度与气温变化的关系不明确,2 者之间的内在规律研究仍处于初步阶段,有待进一步加强。

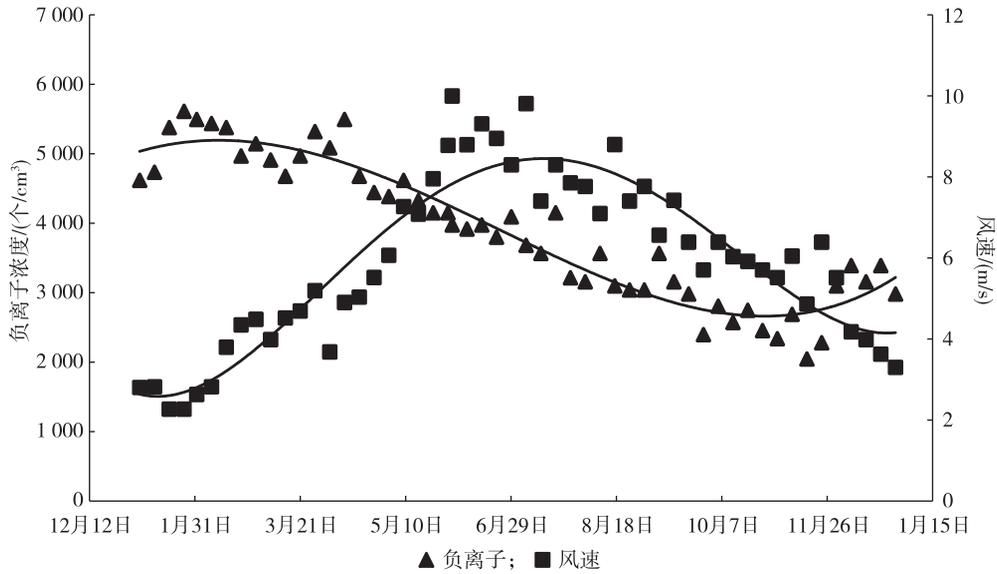


图6 风速与空气负离子的年动态变化

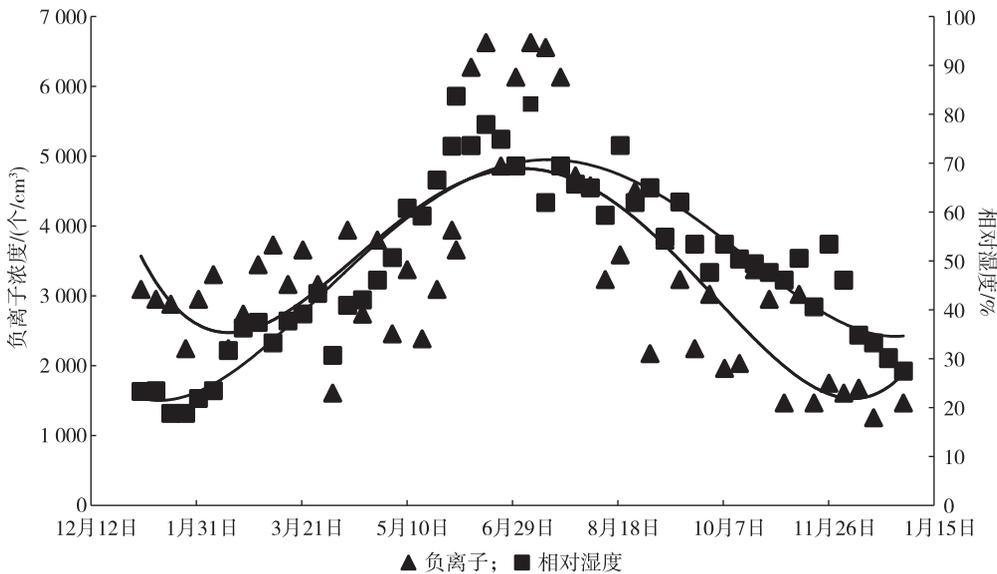


图7 相对湿度与空气负离子的年动态变化

### 3 结 论

综上所述,本研究的森林内空气负离子浓度的日变化总体上呈现白天高、晚上低的变化趋势,但随天气不同呈现一定的差异。全年不同天气的负离子日平均浓度大小依次为雨天>晴天>雾霾天>阴天。1 a中6月负离子浓度最高,平均达 $5\,432$ 个/ $\text{cm}^3$ ,冬季1月的负离子浓度最低,仅 $1\,421$ 个/ $\text{cm}^3$ 。全年空气负离子浓度平均值为 $2\,398$ 个/ $\text{cm}^3$ 。相关性分析结果显示,空气负离子浓度与空气PM 2.5含量呈负相关,与风速和相对湿度呈正相关,但与温度的相关性

不大。

此外,笔者认为在今后的负离子研究中应注意以下几方面:首先,应对不同的森林群落空气负离子浓度进行长期同步的定位监测,有望更准确地确定不同环境因子对负离子产生的贡献程度,以寻求不同城市森林群落影响空气负离子的主要环境因子;其次,应深入研究在城市森林如何利用空气负离子资源的保健功效;最后,森林空气负离子产生的内在机理以及影响因子较复杂,涉及面比较广泛,在今后的研究中需要多学科的交叉合作。

(下转第55页)

境、土壤条件和油用牡丹产业开发的特点,因地制宜,合理布局,全面统筹。各级政府要打破行政壁垒,在油用牡丹产业的原料供给、生产销售等环节加强合作,形成产业体系。

#### 4.2 加强科研,做好科技服务工作

科技是第一生产力,需尽快建立一批由专家和技术人员组成的科技支撑团队,开展适应性广、高结实率、高出油率的油用牡丹良种选育,开展种苗繁育技术和高效栽培技术研究,完善牡丹籽油提取工艺,探索精深加工技术等。并通过开展多种形式的技术培训和技术服务,使科研成果、科技创新真正让农民掌握并运用到生产实践中。将科技转化为农民增收、经济发展的动力,不断促进油用牡丹产业的发展。

#### 4.3 加强基地建设,培植龙头企业

油用牡丹产业的发展少不了企业的参与,吸引企业投资,大力培育和扶持龙头企业,集中资金和技术,在区位条件合适,发展基础好的地方建立油用牡丹示范基地。逐步形成以企业为龙头,科技为依托指导,基地+农户为种植基础的模式,不断提高产业集中度,尽快形成从种植到加工的油用牡丹产业链,将这个产业做大做强。

#### 4.4 加大政策支持和资金投入

提高油用牡丹的市场地位,各级政府不仅要给予政策上的支持,如油用牡丹种质资源保护、优良品种选育、良种繁育基地等项目的建设需要重点扶持,税务部门要在政策范围内适当减免油用牡丹业企业所得税等;还要给予发展资金上的大力援助。如将油用牡丹栽培,纳入国家粮油补贴和育林补贴<sup>[6]</sup>,统筹使用农业综合开发资金、财政扶贫资金农业专项等加大对油用牡丹产业的投入。

#### 参考文献:

- [1] 周德华,张美仙.牡丹高产栽培技术[J].现代农业,2004(3):31.
- [2] 陈慧玲,戴均华,杨彦伶,等.湖北油用牡丹产业发展优势与思考[J].湖北林业科技,2013(6):49-52.
- [3] 谭晓风,马履一,李芳东,等.我国木本粮油产业发展战略研究[J].经济林研究,2012(1):1-5.
- [4] 袁雪鸽,闫宪义.油用牡丹的周年管理技术[J].农业与技术,2014(7):119.
- [5] 张涛,高天姝,白瑞英,等.油用牡丹利用与研究进展[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2015(2):143-149.
- [6] 姚方,吴国新,张新权,等.洛阳牡丹产业快速发展研究[J].中国园艺文摘,2011,27(9):57-59.
- [11] 叶彩华,王晓云,郭文利.空气中负离子浓度与气象条件关系初探[J].气象科技,2000(4):51-52.
- [12] 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):1024-1028.
- [13] 王衍.城市空气离子浓度的时空变化特征及其与环境因子的相关关系[D].上海:上海师范大学,2006.
- [14] 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.
- [15] 王薇.空气负离子浓度分布特征及其与环境因子的关系[J].生态环境学报,2014,23(6):979-984.
- [16] 吴楚材,钟林生,石强.森林环境中空气负离子浓度分级标准[J].中国环境科学,2000,22(4):35-36.
- [17] 森林旅游资产评估课题组.森林旅游资源资产分类等级的研究[J].林业工作研究,2002,22(4):320-323.
- [18] 陶澍.应用数理统计方法[M].北京:中国环境科学出版社,1994.
- [19] 王淑娟,王芳,郭俊刚.森林空气负离子及其主要影响因子的研究进展[J].内蒙古农业大学学报,2008,29(1):243-247.
- [20] 尹俊光.上海市公园空气负离子浓度的时空格局及其影响因素[D].上海:上海师范大学,2010.
- [21] 王磊,黄利斌,万欣,等.城市森林对空气颗粒物(尤其PM<sub>2.5</sub>)调控作用研究进展[J].南京林业大学学报(自然科学版),2016,40(5):148-154.

(上接第28页)

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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(自然科学版),2005,27(3):35-39.
- [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] 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.
- [5] 郭益力,张静,鲁小珍,等.南京不同绿地类型空气负离子浓度[J].安徽农业科学,2013,41(7):3077-3078,3083.
- [6] 冯鹏飞,于新文,张旭,等.北京地区不同植被类型空气负离子浓度及其影响因素分析[J].生态环境学报,2015,24(5):818-824.
- [7] 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.
- [8] 吴际友,程政红,龙应忠,等.园林树种林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.
- [9] 金梅.合肥市不同生态环境空气离子时空分布及其影响因素的研究[D].合肥:安徽农业大学,2005.
- [10] 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.