

柑橘纯林空气负离子水平的研究

张建国¹, 徐文俊^{1,2}, 崔会平¹, 张明如¹, 孙勤龙¹, 常明¹

(1. 浙江农林大学 旅游与健康学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300)

摘要:采用空气负离子测量仪,在柑橘采摘游时段内,对衢州大橘海森林公园内柑橘纯林绿地的空气负离子浓度进行了监测,并评价了柑橘纯林的空气负离子浓度及其与环境因子的关系。研究表明,柑橘纯林的空气负离子浓度总体水平处于 798~1 641 个·cm⁻³,均超过 700 个·cm⁻³,有益于人体健康,具有保健功能。一天中空气负离子浓度随时间的变化呈现出明显的规律性:波谷和波峰交替出现的单峰曲线,波谷出现在 12:00,波峰出现在 14:00。空气质量评价系数 *CI* 均值为 0.892,空气质量等级总体达到 B 级水平,即清洁程度。*CI* 在 08:00 最高,12:00 最低。柑橘纯林空气负离子浓度与气温呈负相关,与湿度呈正相关。

关键词:游憩环境;空气负离子;柑橘林

中图分类号:S759.5

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2012)03-0031-04

Aero-anion Levels in Citrus Plantations

ZHANG Jian-guo¹, XU Wen-jun^{1,2}, CUI Hui-ping¹, ZHANG Ming-ru¹, SUN Qin-long¹, CHANG Ming¹

(1. School of Tourism and Health, Zhejiang Agricultural & Forestry University, Lin'an, Zhejiang 311300, China;

2. School of Forestry and Biotechnology, Agricultural & Forestry University, Lin'an, Zhejiang 311300, China)

Abstract: An experiment was carried out to study the aero-anion levels in citrus plantations in Quzhou Juhai Forest Park. The relationship between aero-anion concentration and environmental factors was analyzed to provide scientific basis for the further development of the local tourism. The results showed that the aero-anion concentrations in citrus plantation were between 798~1 641 cm⁻³, higher than 700 cm⁻³, which was considered as a beneficial threshold for human healthy. A single peak curve was observed for the changes of aero-anion levels in daytime: lowest at 12:00, highest at 14:00. The average *CI* was 0.892, reached the level of B. The highest *CI* was at 08:00 am while 12:00 am was the lowest. The aero-anion concentration was negatively correlated with temperature and positively correlated with humidity.

Key words: recreation environment; aero-anion; citrus plantation

空气负离子有“空气维生素和生长素”之称,对人体健康具有重要调节作用,其浓度也被作为评价空气清洁程度重要指标之一,近年来得到较多的研究^[1-3]。研究表明,不同森林结构下空气负离子水平在一定时期内存在着明显的规律性变化^[4-6]。但目前的研究对象主要集中于森林环境与城市绿地环境,对果园环境的空气负离子水平的研究还很少涉

及,这与目前日益盛行的农业旅游与乡村游憩的发展状况极不适应^[7-9]。本研究以我国亚热带常见果园类型——柑橘(*Citrus reticulata*)园为研究对象,在果园游憩的主要时段(果实成熟前后),对其纯林空气负离子水平进行监测,评价其游憩质量状况,并分析其负离子的变化规律及其与气象因子之间的关系,为合理开展果园游憩活动和果园游憩环境管理

收稿日期:2011-04-12 修回日期:2011-12-31

基金项目:浙江科技厅面上项目(2008C32021);浙江省教育厅科研项目(Y201017625);浙江农林大学科研发展基金预研项目(2008FK49)。

作者简介:张建国,男,博士,副教授,硕士生导师,主要从事休闲农业规划、旅游景观设计与乡村旅游管理等教学与研究工作。E-mail: zhangjianguo2004@163.com

提供科学的理论依据。

1 研究地概况

衢州是浙江省最大的柑橘产地,有 1 400 多年的栽培历史,现有面积 3.31 万 hm^2 。衢州市的柑橘集中栽培在沿衢江两岸的丘陵和低山地,连片种植,形成壮观的“万亩橘海”柑橘产业带^[10]。主栽品种椪柑(*Citrus reticulata* Blanco cv. Ponkan)和胡柚(*C. paradisi* cv. Changshanhuoyou)一般于 11 月中、下旬开始采收,12 月中旬采摘完毕,其间日平均温度 15~19℃,橘园环境秋高气爽、温度适宜,十分有利于游客从事采摘等参与型旅游活动。

大橘海森林公园位于衢州市柯城区石梁镇,距衢州市区 5 km,总面积为 1 878.50 hm^2 。公园内具有丰富的山、水、林、桔自然生态景观资源,柑橘遍布其中,每当收获之时,翠叶之下硕果累累,蔚为壮观。除了大面积的柑橘园外,还有常绿阔叶林、马尾松针叶林、针阔叶混交林等植被类型,森林覆盖率达 90%。

大橘海森林公园地处衢州市。该市属亚热带季风气候区,常年平均气温在 16.3~17.3℃,1 月平均气温 4.5~5.3℃,极端最低气温 -11.4℃,7 月平均气温 27.6~29.2℃,极端最高气温 41.8℃。无霜期 251~261 d。年日照总时数沿江平原地区在 1 900 h 以上,山区不足 1 600 h,太阳年辐射量 4 566.2 MJ。每年 3—6 月为多雨期,多年平均年降水量为 1 843 mm。

2 研究方法

2.1 测点选取

测定地点选择在大橘海森林公园之中的坎底村,该村为桔海休闲度假游基地之一。具体测定样地位于游客观光采摘游线路上,距村落 5 min 步行路程。是一片单一的平均 2.5 m 高常绿柑橘树群落,树下无杂草。

2.2 测定方法

2010 年 10—12 月(每月 1 d),选晴朗微风日,在白天旅游活动的黄金时段(08:00~16:00),每隔 2 h 监测 1 次。

采用 ITC-201A 型大气离子测量仪(日本)现场测定空气负、正离子浓度。在同一测点检测相互垂直的 4 个方向,在每个方向待仪器显示的数值稳定后取 5 个峰值读数,分析时取均值。样地选择由林缘至林中呈三角形分布的 3 个观测点进行观测,3 个测点的平均值为该样地实际监测值。采样高度为距离地表 1.5 m。并采用 TES-1362 数字式温湿度

测量仪同步测定温度、相对湿度指标。

2.3 评价方法

以空气负离子浓度为基本观测指数,采用单极系数(q)、空气质量评价指数(CI)和森林空气离子评价指数(FCI)来作为空气质量的评价指标^[8,11]。公式为: $q=n^+/n^-$, $CI=n^-/(1\ 000\times q)$, $p=n^-/(n^-+n^+)$, $FCI=(n^-/1\ 000)\times p$ 。其中: n^+ 为空气正离子数, n^- 为空气负离子数, p 为空气负离子系数,本研究采用国内外较为公认的 q 和 CI 2 种方法进行评价。

单极系数 q 越小,表示负离子浓度比正离子浓度高得越多,对人体健康越有益^[12]。目前国内外一般采用安培提出的空气质量分级标准,按照空气质量评价指数可以将空气质量划分为 5 个等级(表 1)。

表 1 空气质量分级标准

Table 1 Grading standards of air quality

清洁度	CI	等级
最清洁	>1.00	A
清洁	$1.00\sim0.70$	B
中等清洁	$0.69\sim0.50$	C
容许	$0.49\sim0.30$	D
临界值	<0.29	E

3 结果与分析

3.1 柑橘纯林空气负离子总体水平

3.1.1 空气负离子浓度总体水平 由表 2 可知,柑橘纯林空气负离子浓度的总体水平处于 798~1 641 个 $\cdot\text{cm}^{-3}$,均超过 700 个 $\cdot\text{cm}^{-3}$ 。医学研究证明,空气负离子浓度达到 700 个 $\cdot\text{cm}^{-3}$ 以上时,有益于人体健康,具有保健功能;浓度达到 10 000 个 $\cdot\text{cm}^{-3}$ 以上时,可以防治疾病。可见柑橘纯林的空气负离子浓度均超过了具有保健功能的负离子浓度标准,已达到维护人体健康基本需求水平,非常有益于游客的身心健康,可以开发建设森林游憩保健园或森林浴。空气负离子浓度是评价空气质量的一个重要指标^[12-13]。柑橘纯林 1 d 内空气负离子浓度等级均达到 B 级水平,即空气质量为清洁程度。按照石强等提出的森林空气离子评价指数分级标准,表明柑橘纯林空气负离子浓度已达保健浓度,说明空气质量好,对游客的健康非常有利。

3.1.2 空气质量等级总体评价 由表 2 可知,柑橘纯林的空气质量等级在 08:00 最高,达到 A 级(最清洁)。可能的原因是此时空气中的相对湿度较大,使得空气中的污染物被水分子所吸附,有利于空气负离子浓度增加,从而增加了空气洁净程度^[11,14]。空气质量等级在 10:00 和 14:00 都达到 B 级(清

洁)。12:00 和 16:00, 空气质量等级分别为 D 级(容许)、C 级(中等清洁)。绿色植物在光合作用下形成的光电效应, 会使空气电离而产生负离子^[11]。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; 中午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。空气负离子浓度增加, 有利于污染物的扩散、分解和吸收, 因而空气质量好^[8]。因此, 柑橘纯林 10:00 和 14:00 的空气质量等级要高于 12:00 和 16:00。除了与植物光合作用有关之外, 12:00 和 16:00 前后, 游客人流量和橘农拉运柑橘的三轮摩托车来往增多, 加之当地居民燃料燃烧增加, 导致空气中污染物增加, 从而使得空气负离子浓度降低。

表 2 2010 年 10—12 月的空气离子监测结果

Table 2 Monitoring results of anions in Juhai Forest Park from Oct. to Dec. 2010

时间	n^- /(个·cm ⁻³)	n^+ /(个·cm ⁻³)	q	CI	等级
08:00	1 641	1 521	0.93	1.77	A
10:00	1 133	1 463	1.29	0.88	B
12:00	832	1 482	1.78	0.47	D
14:00	1 098	1 436	1.31	0.84	B
16:00	798	1 288	1.61	0.50	C
均值	1 100	1 438	1.38	0.89	B

空气负离子浓度越高, 空气越清洁, 人们就感觉越舒服^[15]。研究结果表明, 柑橘纯林的平均空气清洁度指数 CI 为 0.892, 达到 B 级水平, 即为清洁程度。说明在柑橘采摘游时段内, 柑橘纯林的空气质量较好, 游客体验观光采摘游乐趣的同时又能够呼吸富含空气负离子的清新空气。

3.2 柑橘纯林空气负离子水平的日变化特征

3.2.1 空气负离子浓度水平日变化特征 根据所测数据, 绘制空气负离子浓度日变化图(图 1), 柑橘纯林内空气负离子浓度在测定时间内随时间的变化呈现出明显的规律性: 波谷和波峰交替出现的单峰曲线。波谷出现在 12:00, 波峰出现在 14:00。1 天中负离子浓度在 08:00 处于最高水平, 14:00 处于较高水平, 相对来说, 12:00 和 16:00 则处于较低水平。但由于该研究只是对游憩活动时段(08:00~16:00)内的监测, 因此不能完全断定 08:00 就是柑橘纯林空气负离子浓度最高的时段。

3.2.2 空气质量等级日变化特征 由表 2 可知, 衢州大橘海森林公园柑橘纯林的空气清洁度指数在 08:00 时为 1.77, 达到 A 级水平(即最清洁); 10:00 时空气清洁度指数为 0.88, 达到 B 级水平(即清洁); 空气清洁度指数 12:00 时最低, 为 0.47, 仅为

D 级水平(即容许); 在 14:00 时 CI 为 0.84, 又达到 B 级水平; 16:00 时 CI 有所降低, 为 0.50, 达到 C 级水平(即中等清洁)。游憩活动时段(8:00~16:00)内, 平均空气清洁度指数 CI 为 0.89, 达到 B 级水平, 即为清洁程度, 并表现为随时间变化先逐渐递减再递增后又递减的变化特征。

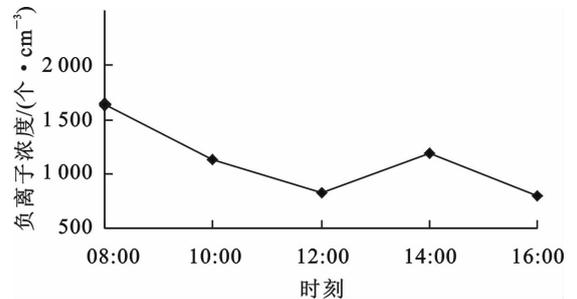


图 1 空气负离子浓度的日变化

Fig. 1 Changes of air-anion in daytime

3.3 柑橘纯林空气负离子浓度与温度、湿度之间的关系

3.3.1 负离子浓度与温度的关系 柑橘纯林样地观测点 2010 年 10—12 月负离子浓度的平均值与温度的相关关系如图 2 所示, 通过负离子浓度与气温的曲线拟合, 发现两者之间存在显著的负相关关系, 回归方程为 $y = -123.46x + 3577$ (相关系数 $r = -0.961$, $p < 0.05$), 其中 y 为空气负离子浓度, x 为温度。空气负离子浓度与气温呈显著负相关, 即负离子浓度随着气温的升高而降低。

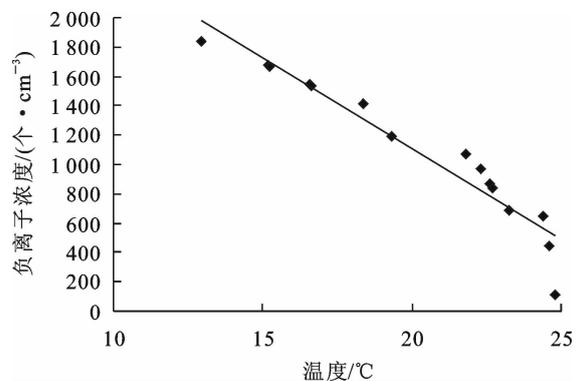


图 2 空气负离子与温度的关系

Fig. 2 Relationship between anion levels and temperatures

3.3.2 负离子浓度与相对湿度的关系 柑橘纯林样地观测点 2010 年 10—12 月负离子浓度的平均值与相对湿度的相关关系如图 3 所示, 通过负离子浓度与相对湿度的曲线拟合, 发现两者之间存在显著的正相关关系, 回归方程为 $y = 25.807x - 616.71$ (相关系数 $r = 0.964$, $p < 0.01$), 其中 y 为空气负离子浓度, x 为相对湿度。空气负离子浓度与相对湿度呈显著正相关, 即负离子浓度随着相对湿度的升高而增加。

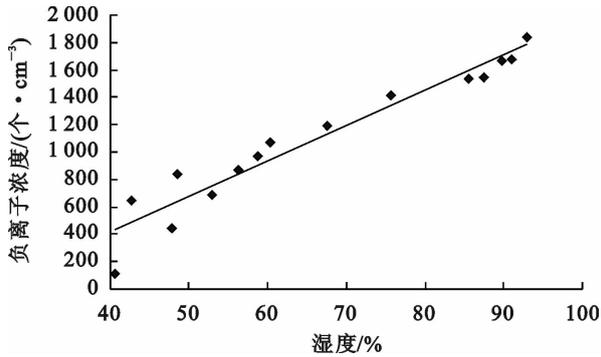


图3 空气负离子与湿度的关系

Fig. 3 Relationship between anion levels and humidity

4 结论与讨论

对衢州大橘海森林公园内柑橘纯林内空气负离子浓度的研究表明:(1)柑橘纯林的空气负离子浓度总体水平处于 798~1 641 个· cm^{-3} ,均超过 700 个· cm^{-3} ,有益于人体健康,具有保健功能。(2)柑橘纯林一天中空气清洁度指数 CI 的均值为 0.892,达到 B 级水平,即为清洁程度。说明在柑橘采摘游时段内,柑橘纯林的空气质量较好。(3)柑橘纯林的空气负离子浓度在一天中随时间的变化呈现出明显的规律性:波谷和波峰交替出现的单峰曲线。波谷出现在 12:00,波峰出现在 14:00。一天中负离子浓度在 08:00 处于最高水平,16:00 则是最低水平。(4)空气质量等级日变化表现为随时间变化先逐渐递减再递增尔后又递减的变化特征。空气清洁度指数在 08:00 时最高,为 1.77,达到 A 级水平(即最清洁);12:00 时最低,为 0.47,仅为 D 级水平(即容许)。(5)柑橘纯林空气负离子浓度与气温呈负相关,即负离子浓度随着气温的升高而降低;与相对湿度呈正相关,即负离子浓度随着相对湿度的升高而增加。

柑橘纯林的空气负离子浓度和新鲜空气构成了优越的果园旅游环境。因此,建议运用生态学原理,选择空气负离子大于 1 000 个· cm^{-3} 的区域,开发建设天然空气负离子呼吸区、森林浴、游憩保健园和康健步道等生态保健旅游产品。鼓励城市居民在适当的时间(如周末或节假日)到柑橘果园去呼吸清新空气,进行户外运动,享受生活,体验森林游、休闲农业观光游、采摘游,达到强身健体,消除疲劳,增强工作活力的目的。

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.
ZHANG Z P, YU Y W, MENG M H, *et al.* Progresses of aeroanion in tourism environments[J]. Journal of Zhejiang For-

estry Colleg,2006,23(1):103-108. (in Chinese)

[2] 石强,舒惠芳,钟林生,等. 森林游憩区空气负离子评价研究[J]. 林业科学,2004,40(1):36-40.
SHI Q, SHU H F, ZHONG L S, *et al.* Research on evaluation of the aeroanion in forestry recreational areas[J]. Scientia Silvae Sinicae,2004,40(1):36-40. (in Chinese)

[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):24-30.
SHAO H R, HE Q T. Forest and air anion[J]. World Forestry Research,2000,13(5):24-30. (in Chinese)

[4] 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.
WU J Y, CHENG Z H, LONG Y Z, *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. (in Chinese)

[5] 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 H J. Effects of Structure of Urban Forestry on Aero-anion Concentration[J]. Journal of Nanjing Forestry University(Natural Sciences Edition),2004,28(5):96-98. (in Chinese)

[6] 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.
WANG H J, MENG Q F. Preliminary study on aero-anion concentration in urban green spaces[J]. Journal of Beihua University: Natural Science,2005,6(3):264-268. (in Chinese)

[7] 张明如,俞益武,赵明水,等. 天目山国家级自然保护区柳杉群落空气负离子浓度日变化特征[J]. 浙江林学院学报,2009,26(5):701-707.
ZHANG M R, YU Y W, ZHAO M S, *et al.* Diurnal changes in the negative ion concentration of the air for two *Cryptomeria fortunei* communities of National Nature Reserve of Mount Tianmu [J]. Journal of Zhejiang Forestry Colleg,2009,26(5):701-707. (in Chinese)

[8] 石彦军,余树全,郑庆林. 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[J]. 浙江林学院学报,2010,27(2):185-189.
SHI Y J, YU S Q, ZHENG Q L. Aero-anion ecological efficacy in six types of plant communities[J]. Journal of Zhejiang Forestry Colleg,2010,27(2):185-189. (in Chinese)

[9] 潘辉,李永莉,黄石德,等. 棕榈科植物群落空气负离子密度影响因素[J]. 东北林业大学学报,2010,38(3):69-71.
PAN H, LI Y L, HUANG S D, *et al.* Influencing factors of air negative ions in Palmae plant communities[J]. Journal of Northeast Forestry University,2010,38(3):69-70,81. (in Chinese)

[10] 张建国,俞益武,蔡碧凡,等. 基于 SWOT 分析的衢州柑橘产业带旅游开发研究[J]. 西北林学院学报,2007,22(6):190-195.
ZHANG J G, YU Y W, CAI B F, *et al.* SWOT analysis on tourism development of the orange industry belt in Quzhou [J]. Journal of Northwest Forestry University,2007,22(6):190-195. (in Chinese)