

常态下仙人掌科植物负离子释放量 与其刺尖数量的相关性研究

丁旭玲¹, 张万超¹, 黄龙飞¹, 郑金贵², 吴仁焯², 邓传远^{1*}

(1 福建农林大学园林学院, 福州 350002; 2 福建农林大学农产品品质研究所, 福州 350002)

摘要: 通过对常态下仙人掌科(Cactaceae)植物释放负离子的研究, 以期筛选出可产生较高浓度负离子的仙人掌科植物, 为具生态效应的室内美化植物选择提供理论基础。常态下在密闭玻璃箱内(800 mm×800 mm×800 mm)测定和比较了6种(含种下分类单位及品种)仙人掌科植物产生的负离子浓度并通过逐步去刺试验研究了艳球球(*Mammillaria spinosissima* 'Pico')刺的数量与负离子产生浓度的关系。结果表明, 所有供试植物在自然状态下都能产生负离子, 但产生负离子浓度均较低, 且不同植物间产生负离子浓度有极显著性差异。以配对 *t* 检验结果来看, 供试植物负离子产生浓度受空气中负离子浓度值影响显著。在逐步去刺试验中, 艳球球负离子产生浓度与刺的数量呈显著正相关。

关键词: 负离子; 仙人掌科植物; 常态

中图分类号: S682.33

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2015)02-0263-05

Correlation between the spine number and the release of negative air ions by cactaceous in the natural state

DING Xuling¹, ZHANG Wanchao¹, HUANG Longfei¹, ZHENG Jingui², WU Renye², DENG Chuanyuan¹

(1. College of Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002;

2. Agricultural Product Quality Institute, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002)

Abstract: In order to screen out ideal ecological and decorative indoor plants, the negative air ions (NAI) levels produced by 6 different cactaceous (including the taxa below species level and cultivars) were determined in a fabricated organic glass enclosure (800 mm×800 mm×800 mm) in the natural state. The relationship between the NAI level produced by *Mammillaria spinosissima* 'Pico' and the number of spines was studied by gradually removing spines. The results showed that under the natural condition, all examined plants were able to generate a low level of NAI with a significant difference in different species. The paired *t*-test indicated that the NAI level was correlated with the background value in the air. On the other hand, a significantly positive correlation between the NAI level produced by *Mammillaria spinosissima* 'Pico' and its spine number was found in the gradually removing spine experiment.

Key words: negative air ions (NAI); cactaceous plants; natural state

室内污染加剧, 严重危害人体健康。绿色植物不仅可以吸收有害气体、滞留粉尘, 净化室内空气, 还可以释放负离子^[1-2]。空气负离子(negative air ion, 简称NAI)被誉为“空气维生素”, 对人体有保健和辅助治疗作用, 还具有降尘杀菌、清除有害气体的作用^[3-5]。以往关于植物释放负离子研究主要集中在绿

地或植物群落等空间空气负离子的变化规律^[6-10]、影响因子^[11-12]及生态效益评价^[13-16], 对作为室内美化和装饰用的盆栽植物负离子释放量及生态效应研究较少。有限的研究表明, 不同盆栽植物释放负离子量差异大且受到多种环境因子影响^[1-2, 17-19]; 自然状态下植物释放负离子与叶片尖端放电有关^[20-21]。

收稿日期: 2014-11-26

基金项目: 国家科技支撑计划(2013BAD01B05)和福建省自然科学基金(2012J05045)共同资助。

作者简介: 丁旭玲, 硕士研究生。E-mail: 452074212@qq.com

* 通信作者: 邓传远, 副教授。E-mail: 417570601@qq.com

仙人掌科(Cactaceae)植物种质资源丰富,抗辐射能力强,常广泛应用作室内摆设,同时其营养器官变态为刺^[22],且常具棱、角、瘤突,小窠螺旋状散生,因此具有较好的曲率半径,具尖端放电效应,可能是负离子来源之一^[20-21]。本研究以仙人掌科部分植物为研究对象,检测它们在自然状态下产生负离子的差异,并对1种仙人掌科植物刺数量与负离子释放量的关系进行研究,以期对具生态效应的室内美化植物的选择提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

仙人掌科(Cactaceae)6种(含种下分类单位及品种)植物(表1)购于福建漳州花农苗圃。已有研究表明,植物负离子释放量与植株形态、年龄和生理状态有关^[1-2]。因此,试验材料选自实验人员指导花农控制水肥及农药的喷施培育的3年生植物,以尽量消除同种株间的形态和生理差异。研究植物的学名(或品种名)和中文名称主要依据专著“仙人掌科植物资源与利用”^[22]。

试验选择释放负离子浓度较高且具有软刺的艳珠球(*Mammillaria spinosissima* ‘Pico’)进行去刺处理,用于研究仙人掌科植物小窠和刺数量与负离子释放量的关系。

1.2 试验时间、地点及环境条件

由于植物负离子释放量与光照等外界因子有关,因此,试验选择2014年6月中旬至2014年9月底的晴朗、干爽、无风的天气在室内环境中进行。负离子测定室内环境因子为:平均温度(24±3)℃,相对湿度(75±10)%,光照强度(1500±200)lx。

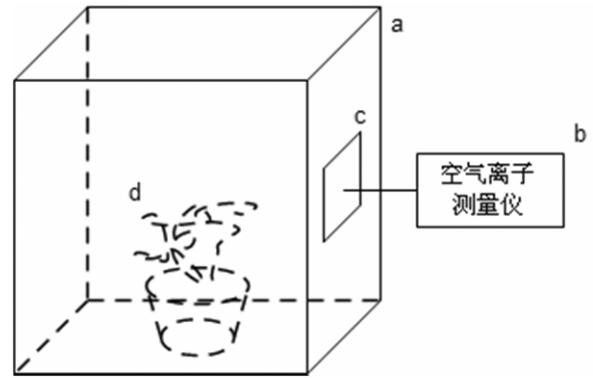
由于植物负离子释放随着光照强度的不同而波动^[2],因此,每种植物负离子的测定和除刺处理植物负离子的测定统一在每天7:30到18:30完成,以此段时间的平均值作为不同种植物负离子释放量。

1.3 方 法

1.3.1 主要仪器与试验装置设计 试验选择DLY-4G-232型大气离子测量仪,其测量范围为1~1.999×10⁹ ion·cm⁻³,通过数据线可连接计算机读取数据。

为了排除外界环境对负离子测定的影响(风及其引起湿度、温度的变化),本试验中植物负离子释放浓度的测定是在由玻璃厚度4mm有机玻璃制成的800mm×800mm×800mm规格的、具较好保温、保湿性能,无可觉察的空气流动的玻璃箱内进行的。在箱体一个侧面截取一个104mm×104mm的正方

形小口,使该方形小口与空气离子测量仪的测量进风口大小相吻合,未测量时用玻璃挡板封闭窗口(图1)。



a. 密闭玻璃室 Fabricated organic glass enclosure; b. 空气离子测量仪 Air ion admeasuring apparatus; c. 离子测量口 Ion measurement port; d. 盆栽植物 Potted plant

图1 在密闭玻璃室内测量植物释放负离子浓度示意图
Figure 1 Schematic drawing of the system for detecting generation of NAI by plants

1.3.2 常态下仙人掌科植物在密闭玻璃箱内负离子释放的试验方法 实验设置3个重复,1个对照,由于盆栽植物和土壤都具有释放负离子的能力^[1],对照的玻璃室放置拔除植物的盆土,将3株植物分别放置在3个玻璃室内,并将其编号为A、B和C,试验时4个玻璃箱均放置于室内同一环境条件下,同时测量。

仪器每30s读取一个数据,选择读数的时间为45min,结束后重新调零,并把玻璃箱内植物原位旋转90°,继续测量45min,这样每株植物的每个侧面重复测3次,以减少误差,共读取1080个有效数据并记录于电脑,取这1080个数据的平均值作为该株植物释放的负离子浓度,取3株植物的负离子数据的平均值作为该种植物释放的负离子浓度。

1.3.3 艳珠球小窠和刺数量与负离子释放量关系研究方法 统计研究植物的总小窠数,将总小窠数除以8,得到的整数即每次约略剪去刺的小窠数(共去刺8次),用剪刀从顶端向下一圈一圈剪去小窠中的刺,统计每次剪去的刺数。因此,每一研究对象共有9个处理即不做剪除具完整刺的艳珠球,分7次依次剪去艳珠球1/8小窠中刺的处理及剪光刺的艳珠球。

每种植物每种处理设置3个重复,于3个玻璃室中放置于室内同一环境条件下测定。

1.4 统计分析

应用SPSS统计分析软件对负离子浓度进行方

差分析、LSD 多重比较、线性回归等统计分析。

2 结果与分析

2.1 6 种仙人掌科植物负离子含量分析

在密闭玻璃箱内, 6 种仙人掌科植物负离子浓度的平均值测量结果见表 1。

测定的 6 种仙人掌科植物中, 6 种实验组负离子浓度均值均大于对照组(表 1)。其中, 实验组负离子浓度均值最高的绯牡丹为 $456 \text{ ion}\cdot\text{cm}^{-3}$, 较对照组提高了 110.14%, 其次为黄菠萝, 其实验组负离子浓度均值为 $382 \text{ ion}\cdot\text{cm}^{-3}$, 较对照组提高了 106.49%。

将实验组与对照组负离子浓度进行配对 t 检验, 分析两者间的差异。结果表明, 实验组与对照组负离子浓度均值相关系数为 0.969, 相伴概率 P 值为 0.001, 小于极显著水平, t 值为 5.254, 相对应的显著性 P 值为 0.003, 小于极显著性水平, 即两者存在极显著性差异。由此可见实验组负离子浓度极显著大于空白对照组负离子浓度, 且植物在自然状态

下释放负离子浓度与空气中本身的负离子浓度之间有极显著的相关性。

由于不同植物与重复试验的双因素方差分析可知常态下仙人掌科植物种类对负离子的产生影响不显著 ($P=0.275>0.05$), 实验组重复对植物产生负离子浓度的影响也不显著 ($P=0.865>0.05$), 但常态下不同植物和重复试验两因素对植物产生负离子浓度存在极显著交互影响 ($P=0.00<0.01$), 这可能是由于所选植物均是仙人掌科植物, 导致植物种类对研究植物的负离子的产生不起主导作用。LSD 多重比较分析表明, 15 对不同植物组合常态下负离子产生浓度差异性比较中, 15 对组合均有极显著性差异 ($P=0.00<0.01$)。

2.2 艳珠球小窠和刺数量与负离子释放量的关系

选择常态下密闭玻璃箱内负离子产生浓度较高的艳珠球为试验材料, 通过去叶刺处理(详见 1.3.2)研究刺丛、叶尖数量与负离子产生浓度的关系, 结果见表 2。

表 1 6 种仙人掌科植物自然状态下密闭空间中产生负离子浓度

Table 1 NAI levels produced by 6 different cactaceous species in fabricated enclosure under normal state

植物名称 Plant name	实验组/ $\text{ion}\cdot\text{cm}^{-3}$ Test group				对照组均值 / $\text{ion}\cdot\text{cm}^{-3}$ Average value in control group	相对提高百分比/% Relative increased percentage
	植株 Plant			均值 Mean		
	A	B	C			
黄菠萝(<i>Coryphantha pycnantha</i>)	305	269	572	382	185	106.49
金琥(<i>Echinocactus grusonii</i>)	224	261	241	242	113	114.16
绯牡丹(<i>Gymnocalycium. mihanovichii</i> var. <i>friedrichii</i>)	433	468	467	456	217	110.14
玉翁(<i>Mammillaria hahniana</i>)	384	469	155	336	167	101.20
层云(<i>Melocactus amoelnuis</i>)	132	141	117	130	101	28.71
艳珠球(<i>Mammillaria spinosissima</i> 'Pico')	329	374	198	300	143	109.79

注: 相对提高百分比指实验组浓度均值相对于空白对照浓度均值提高的百分比。

Note: The relative percentage improvement is the percentage of increase between test group mean values and the mean values of the blank control group.

表 2 艳珠球逐步去刺处理各阶段小窠、刺的数量与负离子浓度

Table 2 The NAI levels produced by *Mammillaria spinosissima* 'Pico' of different number of areoles and spines through removing spines step wisely

项目 Item	具完整刺 No spines removed	去刺率 Removed spines proportion							完全去除刺 All spines removed
		1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	
小窠数量	573.33±	501.17±	429.67±	358.17±	286.67±	215±	143.33±	71.67±	0.00±
The number of areoles	24.03	21.76	18.51	15.26	12.01	9.01	6.01	3.00	0.00
刺数量	3440±	3010±	2580±	2150±	1720±	1290±	860±	430±	0.00±
The number of spines	144.17	126.15	108.14	90.10	72.08	54.06	36.04	18.02	0.00
负离子浓度	300.42±	260.39±	244.00±	227.11±	213.77±	192.80±	157.89±	104.74±	95.85±
NAI concentration	91.44	83.95	89.46	65.08	76.54	61.46	74.02	36.21	38.65

注: 表格中数值均是根据试验中 3 个重复处理的 3 株植物统计而来。

Note: The values in the table are based on triplicates of three processing plants in the test.

对艳珠球剪刺各阶段负离子浓度进行双因素方差分析, 以探究剪刺处理和重复试验对研究植物释

放负离子的影响。结果表明: 常态下重复处理对艳珠球产生负离子不存在显著影响 ($P=0.618>0.05$),

但剪刺处理对艳珠球产生负离子存在极显著影响($P=0.004<0.01$),重复和剪刺处理对艳珠球产生负离子有极显著交互影响($P=0.000<0.01$),这可能是由于剪刺处理影响起主导作用的结果;基于双因素方差分析的结果,对艳珠球的各剪刺阶段负离子浓度进行 LSD 多重比较分析,结果表明 36 对剪刺处理组合中有 34 对具极显著性差异($P=0<0.01$),其中去除约 3/8 刺与去除约 1/2 刺阶段具显著差异($0.01<P=0.016<0.05$),去除约 7/8 刺与完全去刺阶段不具显著差异($P=0.766>0.05$)。多元回归分析表明,随着小窠和刺数量的减少,常态下密闭玻璃箱内艳珠球负离子产生浓度逐渐降低,艳珠球负离子产生浓度与刺的数量建立的全回归方程模型为: $Y=100.213+0.058X_1$ (其中, Y 为负离子浓度, X_1 为刺的数量, $R=0.984$, $P=0.000<0.01$)。

3 小结与讨论

通过常态下仙人掌科植物释放负离子的研究,得出主要结论如下。

(1)测定的 6 种仙人掌科植物中,实验组与对照组负离子浓度均值进行配对 t 检验,实验组负离子浓度极显著大于空白对照组负离子浓度。这一统计分析结果说明仙人掌科植物有向空气中释放出负离子的能力。根据相关研究可知空气中负离子大于 $1000 \text{ ion}\cdot\text{cm}^{-3}$ 时才具有保健功能^[24],但研究植物产生负离子浓度最高的绯牡丹仅为 $456 \text{ ion}\cdot\text{cm}^{-3}$,相对于人体健康水平的最佳值,此值严重偏低。因此,在正常情况下,单株植物释放负离子的能力很弱,其引起的生态效应有限。

(2)研究中对实验组与对照组负离子浓度进行配对 t 检验,实验组与对照组负离子浓度均值相关系数为 0.961,相伴概率 P 值为 0.002,小于极显著水平。这一统计分析结果说明,仙人掌科植物释放负离子的能力与空气中负离子含量的背景值有关。这可能是由于在自然条件下,空气负离子也是植物所处环境微气候的一个重要组成部分,植物能吸收空气负离子促使植物光习性变化,进而引起生理上光合作用活动发生变化^[23,25]。同时,自然条件下,植物也能产生空气负离子^[1-2]。这种交互影响使环境中的负离子浓度处于动态平衡中。

(3)测定的 6 种仙人掌科植物中, LSD 多重比较分析表明,15 对不同植物组合常态下负离子产生浓度差异性比较中,研究植物组合在常态下密闭玻璃箱内产生负离子浓度均有极显著性差异($P<0.01$)。统计分析结果倾向支持研究的仙人掌科植物在自然

状态下释放负离子的能力有差异,由于空气中负离子含量背景值的交互影响,消除空气中负离子含量的背景值进行测定可能更能说明问题。

(4)逐步去刺处理实验研究表明,随着小窠和刺数量的减少,常态下密闭玻璃箱内艳珠球负离子产生浓度逐渐降低,负离子释放量与刺有显著相关性。有鉴于此,本研究认为,仙人掌科等具刺的植物常态下释放负离子可能的主要机理是:刺的尖端放电在叶片周围大气中产生低温等离子体,其中的高能电子和大气中以及叶片气孔蒸腾中发出的 O_2 和 H_2O 分子碰撞产生 NAI。虽然许多研究结果表明叶形态结构的几何参数可能不是决定植物释放负离子能力的主要因素^[1-2,20-21],但由本研究的结果可知不同仙人掌科植物释放负离子能力的不同不仅与植物光合作用、呼吸作用和蒸腾作用等有关,刺作为尖端放电产生低温等离子体的部位和等离子体的释放通道,也与负离子的产生有很大关系。

参考文献:

- [1] Tikhonov V P, Tsvetkov V D, Litvinova E G, et al. Generation of negative air ions by plants upon pulsed electrical stimulation applied to soil [J]. Russian Journal of Plant Physiology, 2004, 51(3): 414-419.
- [2] Wang J, LI S H. Changes in negative air ions concentration under different light intensities and development of a model to relate light intensity to directional Change [J]. Journal of Environmental Management, 2009, 90(8): 2746-2754.
- [3] Krueger A P, Reed E J. Biological impact of small air ions[J]. Science, 1976, 193(4259): 1209-1213.
- [4] Krueger A P. The biological effects of air ions[J]. International Journal of Biometeorology, 1985, 29 (3): 205-206.
- [5] Noyce J O, Hughes J F. Bactericidal effects of negative and positive ions generated in nitrogen on starved *Pseudomonas veronii*[J]. Journal of Electrostatics, 2003, 57(1): 49-58.
- [6] 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]. 浙江农林大学学报, 2009, 26(5): 701-707.
- [7] 李年麒, 苏印泉, 张楠阳, 等. 黄土高原腹地千阳不同林分空气负离子分布规律研究[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(5): 24-28.
- [8] 陶宝先, 张金池. 南京地区主要森林类型空气负离子变化特征[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2012, 36(2): 147-150.
- [9] 王秀峰, 康文杰. 大学校园空气负离子的分布规律研究[J]. 陕西科技大学学报, 2013, 31(1): 53-57.
- [10] 朱春阳, 纪鹏, 李树华. 城市带状绿地结构类型对空气质量的影响[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2013, 37(1): 18-24.
- [11] 胡国长. 不同林分类型空气离子的时空分布及其影响

- 因素研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2008.
- [12] 唐吕君, 赵明水, 李静, 等. 天目山不同海拔柳杉群落特征与空气负离子效应分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34(02): 85-89.
- [13] 潘剑彬, 董丽. 城市绿地空气负离子评价方法——以北京奥林匹克公园为例[J]. 生态学杂志, 2011, 29(9): 1181-1186.
- [14] 张乐勤, 胡孔虎, 曹先河, 等. 石台县景区空气负离子水平分析与评价[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(1): 104-108.
- [15] 胡喜生, 柳冬香, 洪伟, 等. 福州市不同类型绿地空气负离子效应评价[J]. 农学学报, 2012, 2(10): 42-45.
- [16] 王薇, 余庄, 冀凤全. 基于空气负离子浓度的城市环境空气清洁度评价[J]. 生态环境学报, 2013, 22(2): 298-303.
- [17] 李继育, 苏印泉, 李印颖, 等. 高压刺激对几种盆栽植物产生空气负离子的影响[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(4): 38-41.
- [18] 吴仁焯, 邓传远, 王彬, 等. 具备释放负离子功能室内植物的种质资源研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(8): 91-97.
- [19] 吴仁焯, 黄德冰, 郭梨锦, 等. 具备释放负离子功能室内植物的种质资源研究 II. 常态下室内植物负离子的释放[J]. 亚热带农业研究, 2011, 7(1): 1-6.
- [20] 杨运经, 习岗, 张社奇. 脉冲电场介导的植物空气负离子发射的倍增效应及其意义[J]. 大学物理, 2009, 28(12): 39-42.
- [21] 杨运经, 习岗, 刘锴, 等. 应用负高压脉冲技术提高植物空气净化能力的探讨[J]. 高电压技术, 2011, 37(1): 190-196.
- [22] 田国行, 赵天榜. 仙人掌科植物资源与利用[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [23] Jovanic B R, Jovanic S B. The effect of high concentration of negative ions in the air on the chlorophyll content in plant leaves [J]. Water Air and Soil Pollution, 2001, 129(1): 259-265.
- [24] 邵海荣, 贺庆棠. 森林气象学的研究与进展[J]. 世界林业研究, 2000, 13(5): 19-23.
- [25] 邓传远. 常态下仙人掌科植物释放负离子的研究[C]//中国风景园林学会 2013 年论文集(下册). 北京: 中国建筑工业出版社, 2013: 909-911.