

长白山针阔混交林带花粉通量及垂直散布特征初步研究

许清海^① 李月丛^① 周力平^② 李宜垠^② 张振卿^① 林凤友^③

(^① 河北师范大学资源与环境学院, 石家庄 050016; ^② 北京大学环境学院, 北京 100871;

^③ 中国科学院长白山森林生态系统定位站, 安图 133613. E-mail: xuqinghai@mail.hebtu.edu.cn)

摘要 花粉散布特征和花粉通量研究是正确认识和理解花粉与植被关系的重要途径, 但我国花粉通量研究开展的很少, 垂直散布特征研究未见报道. 通过对长白山针阔混交林带内不同高度花粉通量研究, 发现不同高度乔木花粉百分比多>65%, 通量>5000 粒·cm⁻²·a⁻¹; 灌木花粉常<2%, 通量<1000 粒·cm⁻²·a⁻¹; 草本花粉常<20%, 通量<3000 粒·cm⁻²·a⁻¹. 8 m 以下样品花粉组成相近, 松属及栎属花粉数量较多, 外来花粉类型较少; 16~32 m 样品中, 白蜡属花粉数量较多, 有一定量外来花粉; 40 m 处样品外来花粉数量增加. 花粉收集器样品花粉组合与群落组成间的相似系数较表土样品高. 实验研究时间仅 1 a, 其结果有待更多研究证实.

关键词 长白山 针阔混交林 花粉通量 花粉散布 垂直变化

花粉散布特征是第四纪花粉研究过程中不可缺少的重要组成部分^[1~4]. 关于表土花粉散布特征, 我国在长白山及周围地区有不少报道^[5~8]. 但前人研究主要基于表土花粉与植被组成的关系, 花粉传播过程及机理研究较少^[9]. 本文是长白山红松针阔混交林内不同高度花粉垂直散布特征研究.

1 研究区域概况

本研究在中国科学院长白山森林生态系统定位站 1 号标准样地红松阔叶混交林内进行(42°24'N, 128°6'E, 海拔 738 m). 该区年均温 3.6°C, 年均降雨量 713 mm. 样地附近下垫面地势平坦, 林型为成熟原始林, 主要乔木为红松(*Pinus koraiensis*)、紫椴(*Tilia amurensis*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)、水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)、色木槭(*Acer mono*)等^[10]. 人类活动对样地影响较小^[11].

2 研究方法

2.1 野外工作

1 号样地内有一气象观测塔, 2004 年 6 月在观测塔 8, 16, 22, 26, 32, 40 m 高度分别安放 1 个 Tauber 花粉收集器(Trap), 地表安放 2 个 Tauber 花粉收集器, 同时分别在地表收集器附近采集表土(地表苔藓)样

品各 1 个. 2005 年 6 月收回花粉收集器.

植被组成除参照文献对 1 号样地的描述^[11,12], 作者也对气象塔 50 m 范围内植被进行了调查, 记录群落总投影盖度, 不同种的分投影盖度、种名等.

2.2 实验室处理

花粉提取采用常规 HF 方法^[13], 每个样品鉴定统计花粉 400 粒以上.

2.3 数据处理

(i) 花粉通量计算

花粉通量=(某一类型花粉数量×加入石松孢子数)/(鉴定石松孢子数量×花粉收集器开口面积)

式中花粉通量单位为粒·cm⁻²·a⁻¹, 花粉收集器开口面积单位为 cm²; 本研究中加入石松孢子数为 11670 粒.

(ii) 相似系数计算

为表示不同高度样品花粉组合与群落组成的相似度, 引用了相似系数 *C* 的概念^[5,14]. 计算公式: $C = 2c / [(a + c) + (b + c)]$; *c* 为植物群落与表土或花粉收集器共有的类型; *a* 为只出现于表土或花粉收集器的花粉类型, *b* 为只出现于植物群落的类型.

(iii) 相关系数及聚类分析

为表示不同高度样品花粉组合的相关性, 计算了不同样品间花粉百分比的 Pearson 相关系数, 并依

2006-12-20 收稿, 2007-01-31 接受

科学技术部基础研究重大项目前期研究专项项目(编号: 2003CCA01800)、国家自然科学基金项目(批准号: 40571166, 40672107)、河北省自然科学基金项目(批准号: 06547006-3)和国家自然科学基金重点项目(批准号: 40331011)资助

据样品间 Pearson 相关系数进行了聚类分析^[15].

3 研究结果及讨论

3.1 不同高度样品花粉组合特征

2 个表土、8 个花粉收集器样品共鉴定出花粉类型 58 个, 其中乔木花粉 17 个类型, 以松属(*Pinus*)、桦属(*Betula*)、栎属(*Quercus*)、白蜡属(*Fraxinus*)、椴属(*Tilia*)等为主, 多数样品乔木花粉百分比>65%. 灌木花粉 12 个类型, 以五加科(*Araliaceae*)、卫矛科(*Celastraceae*)、蔷薇科(*Rosaceae*)等为主, 多数样品百分比<2%. 草本花粉 29 个类型, 以蒿属(*Artemisia*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、菊科(*Compositae*)、玄参科(*Scrophulariaceae*)、禾本科(*Poaceae*)、毛茛科(*Ranunculaceae*)等为主, 花粉百分比多<20%. 蕨类孢子很少出现(图 1).

3.2 不同高度样品花粉通量

长白山红松针阔混交林带花粉通量平均为 19972 粒·cm⁻²·a⁻¹; 16 m 处(Tr2)最高, 达 69718 粒·cm⁻²·a⁻¹;

22 m 处(Tr3)最低, 仅 5782 粒·cm⁻²·a⁻¹. 乔木花粉通量也是 16 m 处(Tr2)最高(23010 粒·cm⁻²·a⁻¹), 最低出现于 22 m 处(Tr3)(5100 粒·cm⁻²·a⁻¹), 平均 12602 粒·cm⁻²·a⁻¹; 草本花粉通量平均 6606 粒·cm⁻²·a⁻¹, 同样是 Tr2 最高(45815 粒·cm⁻²·a⁻¹), 但最低值出现于 32 m 处(Tr5), 仅 366 粒·cm⁻²·a⁻¹; 灌木植物花粉通量较低, 平均仅 715 粒·cm⁻²·a⁻¹; 蕨类孢子通量地表最高(为 110~165 粒·cm⁻²·a⁻¹), 其他高度低于 100 粒·cm⁻²·a⁻¹ 或不出现(图 2), 应与蕨类孢子个体较大, 不易被风吹起带到较高的高度有关^[16].

3.3 不同高度样品花粉组合特征与群落组成相似程度比较

由于采样点位于森林区, 草本植物对群落影响较小, 因此只计算了乔木花粉与群落组成的相似系数. 计算结果见表 1.

表 1 表明, 所有样点花粉组合与群落组成间的相似系数均接近或大于 0.5, 但花粉收集器样品花粉组

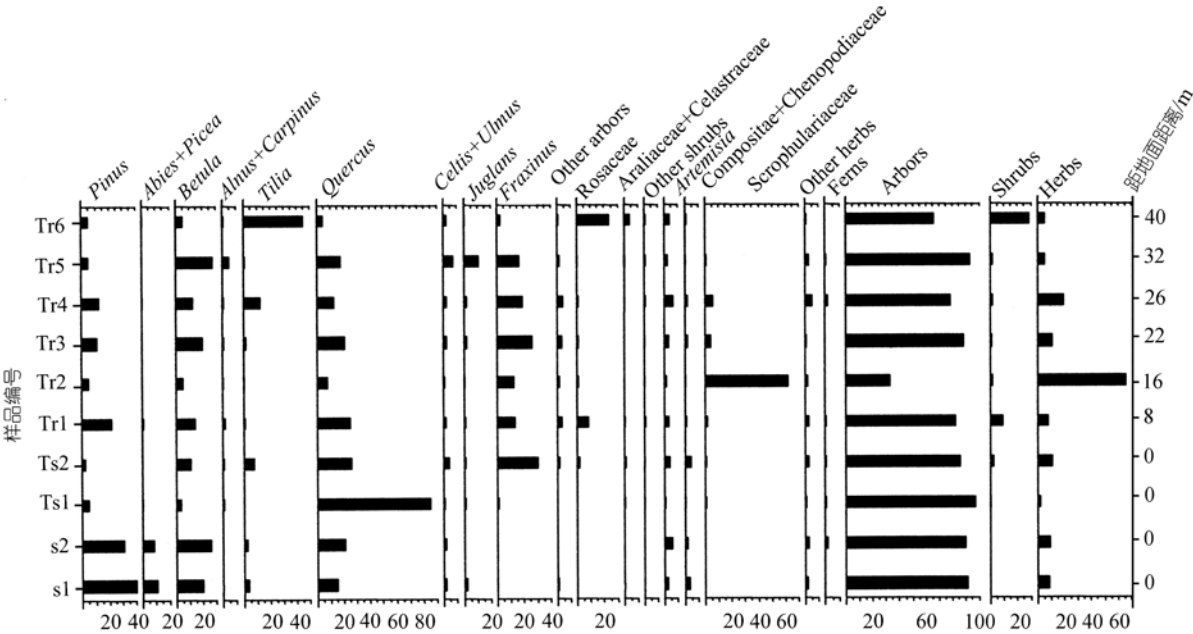


图 1 长白山红松针阔混交林 1 号样地不同高度花粉百分比(单位: %)

表 1 表土及不同高度花粉收集器(Trap)花粉组合与群落组成间的相似系数

样品编号	s1	s2	Ts1	Ts2	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	Tr6
距地面高度/m	0	0	0	0	8	16	22	26	32	40
植物群落与表土或花粉收集器共有的类型数	6	6	8	10	13	7	8	8	11	10
只出现于表土或收集器的花粉类型	2	1	2	5	4	6	4	5	5	7
只出现于植物群落的类型	12	13	10	5	4	6	8	7	4	3
相似系数	0.46	0.46	0.57	0.67	0.76	0.54	0.57	0.57	0.71	0.67

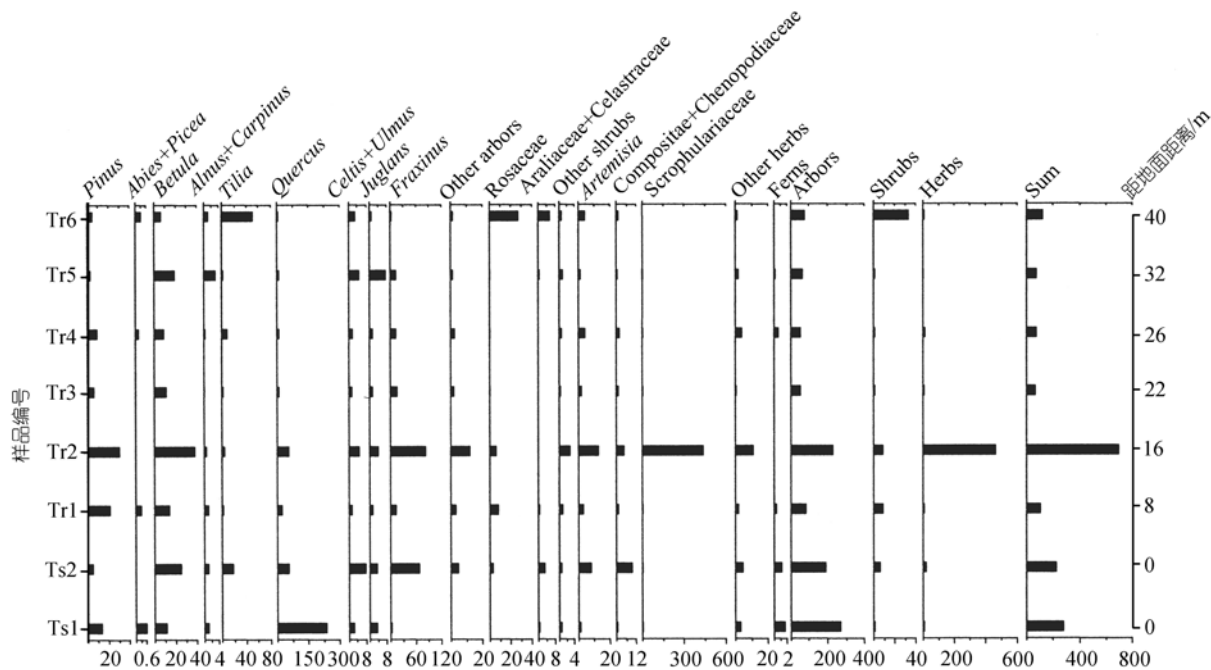


图2 长白山红松阔混交林1号样地不同高度花粉通量

合与群落组成间的相似性较好(>0.5), 8 m 处 Tr1 样品花粉组合与群落组成间的相似性最好(0.76).

3.4 不同高度样品花粉组合特征的相关性

为比较不同高度和不同采样方法花粉组合的相关程度, 对所有样品进行了 Pearson 相关分析, 结果见表 2.

Pearson 相关分析表明, 除 Tr2 和 Tr6 外, 其他样品都有一定相关性, 相关系数最高达 0.96.

为比较不同样品相似度的差异, 根据样品的 Pearson 相关系数, 利用 MVSP 软件对 10 个样品进行

了聚类分析. 分析结果如图 3.

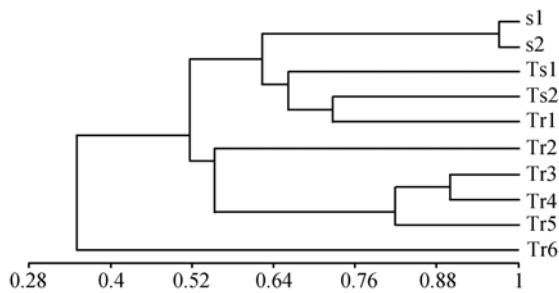


图3 样品聚类分析结果(依据 Pearson 相关系数)

表2 表土及不同高度花粉收集器(Trap)花粉组合的相关分析^{a)}

样品编号	s2	Ts1	Ts2	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	Tr6
s1	0.96(**)	0.36(**)	0.31(*)	0.79(**)	0.08	0.56(**)	0.60(**)	0.50(**)	0.14
s2	1	0.49(**)	0.42(**)	0.85(**)	0.10	0.66(**)	0.66(**)	0.67(**)	0.14
Ts1		1	0.61(**)	0.68(**)	0.10	0.54(**)	0.41(**)	0.48(**)	0.06
Ts2			1	0.74(**)	0.19	0.92(**)	0.86(**)	0.77(**)	0.23
Tr1				1	0.17	0.87(**)	0.81(**)	0.74(**)	0.20
Tr2					1	0.29(*)	0.22	0.16	-0.01
Tr3						1	0.90(**)	0.89(**)	0.11
Tr4							1	0.76(**)	0.42(**)
Tr5								1	0.10

a) ** 相关系数的显著性水平为 0.01; * 相关系数的显著性水平为 0.05

根据聚类分析, 可以将样品分为 3 组: 第 1 组, 8 m 及以下样品, 松属、栎属花粉较多, 外来花粉较少; 第 2 组, 16~32 m 样品, 白蜡花粉较多, 有一定量外来花粉; 第 3 组, 40 m 样品, 高于树冠层, 外来花粉较多.

3.5 与其他研究结果比较

花粉通量是开展花粉与植被定量关系研究的重要方法之一, 对花粉产量、花粉散布和花粉源面积研究意义重大, 更是定量恢复古植被和近年开展的花粉景观校正(Pollen-Landscape Calibration)研究的基础^[17]. 目前国内仅见孙湘君等^[9]对长白山红松暗针叶林花粉通量研究. 本研究结果显示, 红松针阔混交林花粉通量最低为 $5781 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 平均为 $19972 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 远较孙湘君等人^[9]研究结果(最高为 $2189 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 平均为 $1324 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)高. 其原因可能与实验方法不同有关. 本实验花粉收集器为 Tauber 型, 内放甘油、甲醛和麝香草酚等防腐剂, 而孙湘君等人^[9]的花粉收集器为漏斗型, 且未添加防腐剂, 花粉进入收集器后, 由于时间较长, 部分花粉可能被氧化或被细菌、真菌等腐蚀掉. 本研究与瑞典、爱沙尼亚等森林区花粉通量结果相近($9000 \sim 37000 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)^[18,19].

4 结论

(i) 不同高度样品花粉组合具有一定相似性, 如乔木花粉百分比多 $>65\%$, 通量多 $>5000 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; 灌木多 $<2\%$, 通量多 $<1000 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; 草本多 $<20\%$, 通量多 $<3000 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$.

(ii) 不同高度样品花粉组合存在一定差异, 8 m 以下样品松属、栎属花粉较多, 外来花粉较少; 16 ~ 32 m 样品白蜡属花粉较多, 有一定量外来花粉; 40 m 样品外来花粉数量增加. 16 m 左右花粉通量最高, 40 m 处花粉通量最低.

(iii) 不同高度样品乔木花粉组合与植被组成均有一定的相似性, 植被组成中的优势种类在花粉组合中为主要花粉类型. 8 m 左右相似性最好, 相似系数 0.76.

(iv) 花粉收集器样品花粉组合与植被组成的相似系数较表土样品高. 由于本研究的时间较短(只有 1 a), 其结果有待进一步研究证实.

参 考 文 献

- 1 Tauber H. Investigations of the mode of pollen transfer in forested areas. *Rev Palaeobot Polyno*, 1967, 3: 277—286
- 2 Andersen S. The differential pollen productivity of trees and its significance for the interpretation of a pollen diagram from a forested region. In: Birks H J B, Birks H H B, eds. *Quaternary Plant Ecology*. London: Cambridge University Press, 1973. 109—115
- 3 Davis O K. Pollen frequencies reflect vegetation patterns in a Great Basin (USA) mountain range. *Rev Palaeobot Polyno*, 1984, 40: 295—315^[DOI]
- 4 Jackson S T, Lyford M E. Pollen dispersal models in Quaternary plant ecology: Assumptions, parameters and prescriptions. *Bot Rev*, 1999, 65: 39—75
- 5 李宜垠, 张新时, 周广胜. 中国东北样带(NECT)东部森林区的植被与表土花粉的定量关系. *植物学报*, 2000, 42(1): 81—88
- 6 周昆叔, 严富华, 叶永英, 等. 长白山各植被带表土孢粉组合. 见: 中国科学院地质研究所孢粉分析组, 同济大学海洋地质系孢粉分析室, 主编. *第四纪孢粉分析与古环境*. 北京: 科学出版社, 1984. 115—122
- 7 沈才明, 唐领余. 长白山、小兴安岭地区全新世气候-孢粉转化函数的初步研究. 见: 施雅风, 主编. *中国全新世大暖期气候与环境*. 北京: 海洋出版社, 1992. 1—18
- 8 Sun X J, Luo Y L, Tian J, et al. Pollen record of surface sediments from vertical forest zones of Changbai Mountain, Northeast China and their relations to the modern vegetation. *Acta Bot Sin*, 2003, 45(8): 910—916
- 9 孙湘君, 吴玉书. 长白山针叶混交林的现代花粉雨. *植物学报*, 1988, 30(5): 549—557
- 10 赵晓松, 关德新, 吴家兵, 等. 长白山阔叶红松林通量观测的 footprint 及源区分布. *北京林业大学学报*, 2005, 23(3): 17—23
- 11 张弥, 关德新, 韩士杰, 等. 长白山阔叶红松林近 22 年的气候动态. *生态学杂志*, 2005, 24(9): 1007—1012
- 12 孙中伟, 赵士洞. 长白山北坡椴树阔叶红松林群落特征. *生态学杂志*, 1995, 14(5): 26—30
- 13 Feagri K, Iversen J. *Textbook of Pollen Analysis*. 3rd ed. Oxford: Blackwell, 1989. 295
- 14 李月丛, 许清海, 阳小兰, 等. 中国荒漠区东部花粉对植被的指示性研究. *科学通报*, 2005, 50(13): 1356—1364
- 15 裴鑫德. *多元统计分析及其应用*. 北京: 北京农业大学出版社, 1990. 196—203
- 16 王开发, 王宪曾. *孢粉学概论*. 北京: 北京大学出版社, 1983. 13—14
- 17 Nielsen A B. Modeling pollen sedimentation in Danish lakes around AD 1800—an attempt to validate the POLLSCAPE model. *J Biogeogr*, 2004, 31: 1693—1709^[DOI]
- 18 Van der Knaap W O, Van Leeuwen J F N, Ammann B. Seven years of annual pollen influx at the forest limit in the Swiss Alps studied by pollen traps: Relations to vegetation and climate. *Rev Palaeobot Polyno*, 2001, 117: 31—52^[DOI]
- 19 Koff T. Pollen influx into Tauber traps in Estonia in 1997—1998. *Rev Palaeobot Polynology*, 2001, 117: 53—62^[DOI]