中国荒漠区东部花粉对植被的指示性研究

李月丛[①②] 许清海[②] 阳小兰[③] 肖举乐[①] 陈 辉[②④] 吕新苗[④]

(① 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; ② 河北省师范大学资源与环境学院, 石家庄 050016; ③ 河北省地理科学研究所,石家庄 050011; ④ 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101. E-mail: lyczh@sohu.com; xuqinghai@mail.hebtu.edu.cn)

摘要 为了解中国荒漠区花粉对植被的指示意义, 通过 39 个表土花粉样品分析与植物样方植被调查结果显示: 荒漠区不同群落间花粉组合差异比较明显, 盐爪爪群落和驼绒藜群落均以高含量的藜科花粉为特征(高于 45%, 平均 63.5%), 驼绒藜群落以含有一定量的麻黄花粉(高于 3.3%, 平均 16.5%)可与盐爪爪群落区分开来, 蒿群落以蒿花粉含量(多高于 50%)明显高于藜科花粉(低于 35%)为特征, 白刺群落以含有一定量的白刺花粉(高于 2.6%, 平均 13.6%)为特征, 红砂群落与四合木群落都含有一定量的柽柳科花粉(高于 2%,平均 8.6%), 但红砂群落蒿花粉含量一般高于藜科花粉含量, 且含有较多的禾本科、菊科、豆科等花粉; 四合木群落花粉组合蒿花粉含量一般低于藜科花粉含量, 其他类型花粉较少, 沙拐枣群落以含有一定量沙拐枣花粉(高于 2%, 平均 5%)为特征, 且麻黄花粉含量较高(高于 38%, 平均 49.3%). 聚类分析及降趋对应分析(DCA)结果表明, 霸王柴、沙拐枣、四合木、蒺藜属、柽柳科花粉联合指数 A 值较高, 对植被指示性良好; 蒿、藜科、禾本科具有较高的 R 值, 白刺、十字花科、景天属花粉具有较高的超代表性指数 O, 但母体植物存在时花粉百分比平均值 X_p 远大于母体植物不存在时花粉百分比平均值 X_a, 对植被具较明显指示意义; 葱属、豆科、蔷薇科、马先蒿、菊科等花粉类型, 联合指数 A 值较低, 超代表性指数 O 或低代表性指数 U 较高, 母体植物存在时花粉百分比平均值 X_p 与母体植物不存在时花粉百分比平均值相差不多, 对植被指示意义不明显. 其他仅出现于花粉组合中的花粉类型如松、云杉、桦、栎、榆、胡颓子科、麻黄、毛茛科、石竹科、蓼科、虎耳草科等对植被的指示意义无法确定. 麻黄/蒿比、白刺/麻黄比与蒿/藜比一样具有指示干旱区环境意义, 典型荒漠群落花粉组成中蒿/藜比值小于 0.5, 麻黄/蒿比值大于 0.1, 白刺/麻黄比值小于 1; 草原化荒漠群落花粉组成中蒿/藜比值多为 0.5~2, 麻黄/蒿比值多小于 0.1, 白刺/麻黄比值多大于 1.

关键词 中国荒漠区东部 花粉指示性 联合指数 ***A*** 值 相关系数(***CC***) 相似系数(***C***) **DCA** 分析 聚类分析 白刺/麻黄比值(**N/E**) 蒿藜比值(***A/C***)

孢粉分析是恢复第四纪古植被、古气候的重要手段之一, 现代花粉与植被关系研究是正确恢复古植被的基础, 如何认识花粉与植被的关系一直是孢粉学者和植物生态学者努力寻求解决的问题[1~17], 1963年Davis提出了R值概念[2], 对认识花粉与植被关系起到了不可磨灭的作用. 后来人们发现, R值没有考虑外来花粉的影响, 同时, 不同地点, 不同植被的R值存在着明显的不稳定性[18]. 1984 年Davis提出了联合指数(association index)A的概念, 用以定量描述花粉与植被的关系[19]. 近年来, 生物学统计分析方法, 如聚类分析(ClA)、主成分分析(PCA) 、降趋对应分析(DCA)等也被应用于花粉与植被关系的研究[20~24].

中国也开展了一些花粉与植被数量关系研究, 李文漪和刘会平等研究了湖北神农架表土花粉与植被的关系[25,26], 杨振京等研究了燕山地区主要花粉类型的R值[27], 吴玉书和孙湘君研究了昆明西山表土花粉与植被的数量关系[28], 刘鸿雁等计算了内蒙森林草原区不同类型花粉与植被的关系[29], 王琫瑜和李宜垠等运用PCA和回归分析研究了内蒙草原区表土花粉与植被的数量关系[30,31]. 但荒漠区研究开展的较少, 目前仅见到许英勤等天山南坡表土花粉与植被数量关系研究[32], 翁成郁等西昆仑山表土花粉与植被数量关系研究[33], Herzschuh等对西阿拉善地区花粉相对生产力研究[34]和陈辉等对柴达木盆地表土花粉组成特征的研究[35]. 为此, 作者开展了中国荒漠区东部花粉组合特征及其与植被关系的研究, 其目的是阐明我国荒漠区东部主要花粉类型对植被的代表性; 并通过不同方法的对比, 找出最能表现荒漠区花粉与植被关系的研究方法, 为恢复第四纪古植被提供更详实、更可靠的资料.

1　研究区域概况

研究区位于 95°02′E~106°58′E, 36°24′N~39°27′N 之间, 行政区包括阿拉善高原东部, 柴达木盆地东部和河西走廊部分地区. 地带性植被为超旱生灌木、半灌木荒漠. 主要植被类型有白刺(*Nitraria*)灌木群落、红砂(*Reaumuria*)半灌木荒漠、珍珠柴(*Salsola passerina*)半灌木荒漠、霸王柴(*Zygophyllum*)灌木荒漠、四合木(*Tetraena*)灌木荒漠、蒿(*Atemisia*)半灌木荒漠、沙拐枣(*Calligonum*)半灌木荒漠、驼绒藜(*Ceratoides latens*)半灌木荒漠、垫状驼绒藜(*Ceratoides compacta*)小半灌木荒漠和盐爪爪(*Kalidium*)盐漠等[36,37].

区内海拔 1200~3600 m, 地形以风蚀地、沙丘、戈壁、盐湖及盐土平原为主. 阿拉善东部及柴达木东部草原化荒漠区年降水量 100~200 mm, 年均干燥度 1.0~2.0, 研究区西部典型荒漠区年降水量仅 40~90 mm, 年均干燥度 3.0~8.5[36,37].

2　研究方法

2.1　野外工作

野外样品采集和群落调查同时进行, 采样时间为 2002 年 8 月. 植物群落调查样方面积 5×5 m, 如植物群落总投影盖度、不同种的分投影盖度、种名等. 表土花粉样品在 100 m×100 m 范围内任选 2~3 个采样点. 样方位置用 GPS 定位(图 1). 共采集表土花粉样品 39 个, 采样点植被组成特点见表 1.

2.2　实验室处理

花粉分析实验室取样重量 20 g. 花粉提取采用常规的酸、碱处理和重液浮选的方法[38]. 花粉鉴定统计在 400 倍日本Olympus光学生物显微镜下进行, 每个样品鉴定统计花粉 400 粒以上.

2.3　*A*, *O*, *U*, M_a 和 M_p 值

花粉与植被存在着 3 种基本关系: (1)某一区域有某种植物分布, 同时表土也有该种植物花粉分布(关系Ⅰ); (2)某一区域有某种植物分布, 但表土无该种植物花粉(关系Ⅱ); (3)表土有某种植物花粉, 但该地并不存在该种植物 (关系Ⅲ). 为了定量地描述花粉类型与植被间的关系, 引用Davis[19]设计的 3 个参数:

$$A = B0/(P0+P1+B0),$$
$$O = P0/(P0+B0),$$
$$U = P1/(P1+B0),$$

式中: $B0$ 表示植物与花粉存在关系Ⅰ的样品数, $P1$ 为植物与花粉存在关系Ⅱ的样品数, $P0$ 表示植物与花粉存在关系Ⅲ的样品数. A 为联合指数(Association index), 用来描述表土花粉类型对当地植物的指示性, A 值高的花粉类型, 如在花粉组合中百分比较高, 其在当地植被所占百分比也较高; O 为超代表性指数, O 值高的花粉类型既使当地无该类型植物分布, 其在

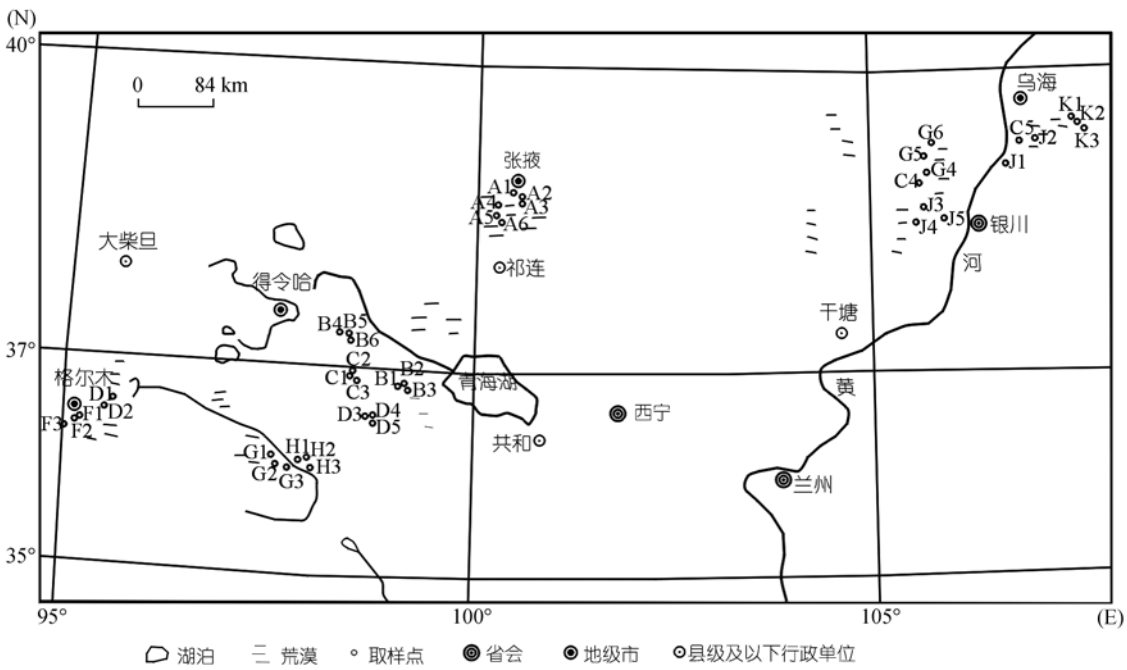


图 1　中国荒漠区东部表土花粉取样点位置图

表 1 中国荒漠区东部取样点坐标及植被盖况

群落类型	编号	位置	海拔/m	主要植物种类	植被盖度/%	相似系数(*C*)
猫头刺	A1	38°42′22″N, 100°39′53″E	1699	猫头刺, 盐爪爪, 早熟禾, 针茅, 黄芪	18	0.29
猫头刺	A2	38°42′22″N, 100°39′53″E	1699	猫头刺, 盐爪爪, 早熟禾, 针茅, 黄芪	18	0.33
猫头刺	A3	38°42′22″N, 100°39′53″E	1699	猫头刺, 盐爪爪, 早熟禾, 针茅, 黄芪	18	0.33
盐爪爪	A4	38°43′12″N, 100°23′12″E	1752	盐爪爪, 珍珠, 细裂叶蒿, 水柏枝, 芦	25	0.67
盐爪爪	A5	38°43′12″N, 100°23′12″E	1752	盐爪爪, 珍珠, 细裂叶蒿, 水柏枝, 芦	25	0.44
盐爪爪	A6	38°43′12″N, 100°23′12″E	1752	盐爪爪, 珍珠, 细裂叶蒿, 水柏枝, 芦	25	0.62
盐爪爪	B1	36°50′06″N, 99°00′10″E	3126	盐爪爪, 杂配藜, 针茅	55	0.60
盐爪爪	B2	36°50′06″N, 99°00′10″E	3126	盐爪爪, 杂配藜, 栉叶蒿	25	0.55
盐爪爪	B3	36°50′06″N, 99°00′10″E	3126	盐爪爪, 杂配藜, 栉叶蒿, 针茅	40	0.46
栉叶蒿	C1	36°57′56″N, 98°24′41″E	3016	栉叶蒿, 水柏枝, 盐爪爪, 猫头刺, 驼绒藜	24	0.44
栉叶蒿	C2	36°57′56″N, 98°24′41″E	3016	栉叶蒿, 水柏枝, 盐爪爪, 猫头刺, 驼绒藜	21	0.46
栉叶蒿	C3	36°57′56″N, 98°24′41″E	3016	栉叶蒿, 水柏枝, 盐爪爪, 猫头刺	23	0.40
盐爪爪	B4	37°19′01″N, 98°18′12″E	3437	盐爪爪, 刺矶松, 驼绒藜	20	0.50
盐爪爪	B5	37°19′01″N, 98°18′12″E	3437	盐爪爪, 栉叶蒿, 驼绒藜	24	0.50
盐爪爪	B6	37°19′01″N, 98°18′12″E	3437	盐爪爪, 刺矶松, 驼绒藜, 披碱草, 早熟禾, 针茅	12	0.55
驼绒藜	D1	36°37′48″N, 95°31′00″E	3225	驼绒藜, 盐爪爪, 碱蓬	44	0.60
驼绒藜	D2	36°37′48″N, 95°31′00″E	3225	驼绒藜, 盐爪爪, 栉叶蒿, 刺矶松, 水柏枝	25	0.75
沙拐枣	F1	36°22′07″N, 95°01′59″E	2811	沙拐枣, 碱蓬, 猪毛菜	30	0.36
沙拐枣	F2	36°22′07″N, 95°01′59″E	2811	沙拐枣	25	0.40
沙拐枣	F3	36°22′07″N, 95°01′59″E	2811	沙拐枣	20	0.31
白刺	G1	36°01′40″N, 97°47′22″E	3023	白刺, 盐生草	30	0.55
白刺	G2	36°01′40″N, 97°47′22″E	3023	白刺, 盐生草, 芨芨草	30	0.55
白刺	G3	36°01′40″N, 97°47′22″E	3023	白刺, 盐生草, 芨芨草, 白茅, 野葱	30	0.62
垫状驼绒藜	D3	36°36′50″N, 98°45′08″E	3585	垫状驼绒藜, 赖草, 芦, 针茅	35	0.55
垫状驼绒藜	D4	36°36′50″N, 98°45′08″E	3585	垫状驼绒藜, 赖草, 芦, 针茅	45	0.55
垫状驼绒藜	D5	36°36′50″N, 98°45′08″E	3585	垫状驼绒藜, 赖草, 针茅	20	0.50
蒿	C4	38°55′46″N, 105°39′08″E	1505	蒿, 白刺, 猫头刺, 猪毛菜	60	0.40
白刺	G4	38°57′18″N, 105°39′11″E	1490	白刺, 霸王柴, 绵刺, 猫头刺, 猪毛菜, 大戟, 胡枝子	33	0.53
白刺+霸王柴	G5	39°11′07″N, 105°39′49″E	1310	白刺, 霸王柴, 红砂, 猪毛菜, 藜, 蒿, 野葱	22	0.63
白刺+霸王柴	G6	39°21′28″N, 105°51′11″E	1260	白刺, 霸王柴, 藜, 野葱	45	0.53
珍珠柴	J1	39°14′20″N, 106°50′50″E	1690	珍珠柴, 红砂, 猪毛菜, 藜, 蒿, 针茅, 莎草	40	0.42
蒿	C5	39°21′00″N, 106°57′20″E	1270	蒿, 绵刺, 猪毛菜, 禾本科, 豆科, 菊科, 疾藜	40	0.59
红砂	J2	39°21′44″N, 107°06′27″E	1440	红砂, 猪毛菜, 藜, 蒿, 针茅, 隐子草, 野葱	50	0.56
红砂	J3	38°28′28″N, 105°40′52″E	1390	红砂, 猪毛菜, 针茅, 隐子草, 蒿	20	0.44
红砂+白刺	J4	38°37′46″N, 105°38′05″E	1400	红砂, 白刺, 猪毛菜, 针茅, 隐子草, 蒿	30	0.47
红砂	J5	38°22′22″N, 105°57′34″E	1200	红砂, 猫头刺, 猪毛菜, 针茅, 隐子草, 胡枝子, 蒿	20	0.67
四合木	K1	39°27′49″N, 106°45′41″E	1130	四合木, 珍珠柴, 红砂, 藜	30	0.80
四合木	K2	39°26′03″N, 106°47′00″E	1180	四合木, 珍珠柴, 红砂, 藜, 隐子草, 蒿, 猫头刺	30	0.50
四合木+霸王柴	K3	39°25′20″N, 106°49′49″E	1200	四合木, 霸王柴, 红砂, 藜,禾本科, 蒿, 猫头刺, 锦鸡儿, 棘豆, 大戟, 菊科	40	0.63

表土中百分含量也可较高. U 为低代表性指数, U 值高的花粉类型在表土中不易提取.

M_a 值为无植被出现时某花粉类型百分比的平均值, M_p 值为有植被存在时, 某花粉类型百分比平均值, M_p 与 M_a 值相差越大, 表明花粉对植被的代表性越好.

2.4 相似系数 *C*

为表示每个样品花粉组合与植物群落间的相似程度,引用了相似系数(Coefficient of similarity)C 的概念[39]. 计算公式: $C = 2c/[(a+c)+(b+c)]$; c为植物群落与表土花粉共有的种类; a为只出现于表土花粉的种类, b为只出现于植物群落的种类.

2.5 相关系数 *CC*(Correlation analysis)

为表示花粉百分比与植被盖度的相关性引用了相关系数CC的概念[40]. 植被盖度采用投影盖度.

2.6 *R* 值

R值计算采用Davis的方法[2]. $R = P/V$, P为该植物

在某一地点的百分含量，*V*为该植物在植被中所占百分比(覆盖度)，运算时，先将植被总盖度不足 100%的样方换算成盖度为 100% 时各植物的百分比，*n*个地点*R*值的估算采用算术平均法[39].

为更好认识花粉与植被的关系，作者还引用了聚类分析(Cluster analysis)和降趋对应分析(Detrended correspondence analysis) (简称 DCA)对花粉数据进行分析.

3　结果与讨论

3.1　不同植物群落花粉组合特征

荒漠区表土花粉组成具有一定的相似性，藜科(Chenopodiaceae)、蒿属花粉是所有群落中含量最高的类型，但不同群落间花粉组合差异明显(图 2). 盐爪爪群落以高含量的藜科花粉(高于 55%，平均 65.5%)为特征，除含有一定量的蒿花粉外，其他花粉含量均较低. 驼绒藜群落以含有一定量的麻黄(*Ephedra*)花粉(高于 3.3%，平均 16.5%)可与盐爪爪群落区分开来. 蒿群落以蒿花粉含量(多高于 50%)明显高于藜科(低于 35%)花粉为特征，其他花粉含量均较低. 白刺群落以含有一定量的白刺花粉(高于 2.6%，平均 13.6%)为特征，且藜科花粉含量一般高于蒿花粉含量. 红砂群落与四合木群落花粉组合相近，都含有一定量的柽柳科(Tamariceae)花粉(高于 2%,平均 8.6%)，但红砂群落中蒿花粉含量一般高于藜科花粉含量，且含一定量的禾本科(Gramineae)、菊科(Compositae)、豆科(Leguminosae)等花粉，四合木群落中蒿花粉含量一般低于藜科花粉含量，且其他花粉类型较少. 沙拐枣群落中麻黄花粉含量最高(高于 38%，平均 49.3%)，但以含有一定量沙拐枣花粉(高于 2%，平均 5%)为特征.

蒿、藜、麻黄、白刺是荒漠区最主要花粉类型，蒿/藜百分比比值(*A*/*C*)是反映干旱半干旱区环境湿度变化的重要指标[41]，李文漪[42]，严顺等[43]对新疆地区研究认为荒漠区蒿/藜比值在 0.5 以下，荒漠草原约在

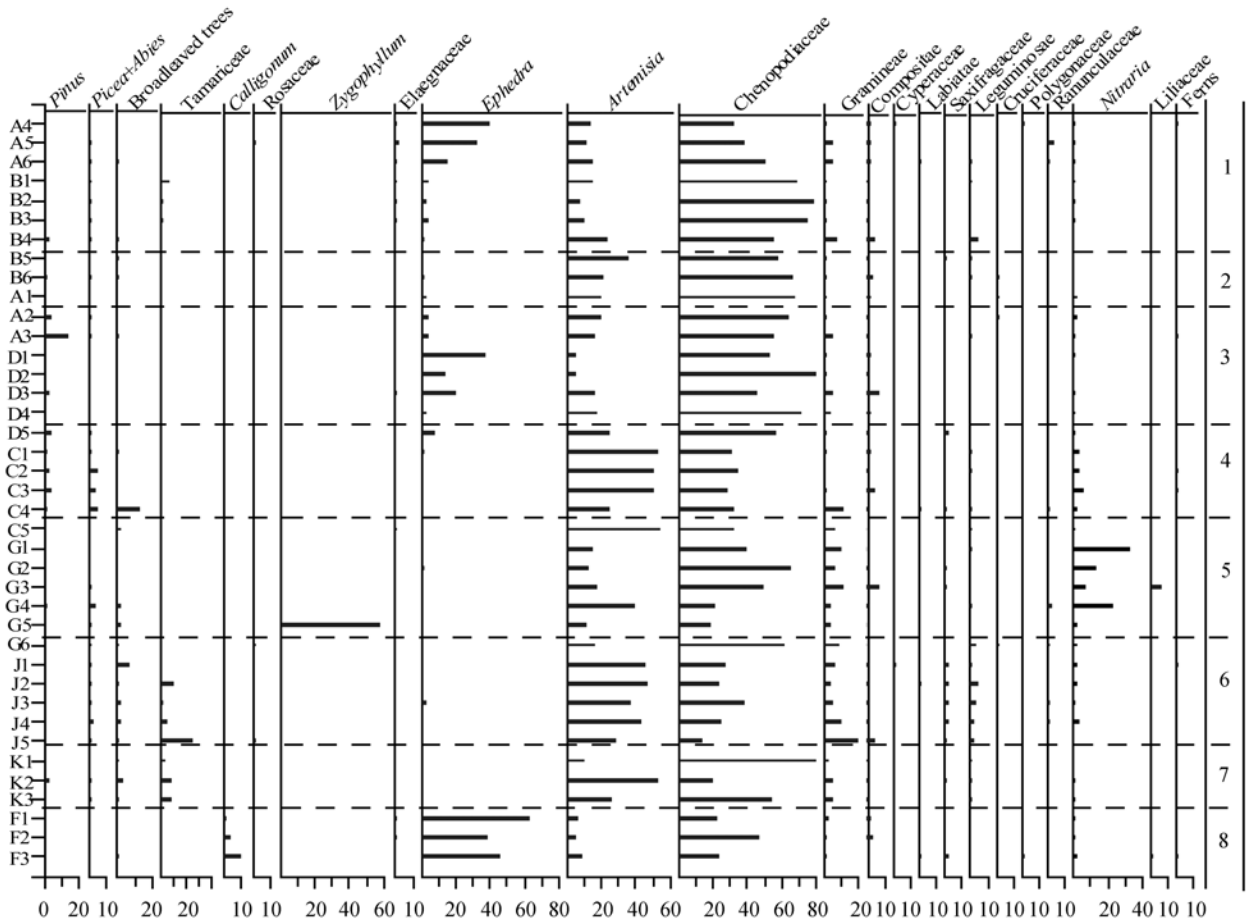


图 2　中国荒漠区东部花粉百分比图式

0.5~1.2, 草原区一般大于 1. 但本研究发现, 典型荒漠区的驼绒藜群落、沙拐枣和猫头刺(*Oxytropis aciphylla*)群落中麻黄花粉含量较高, 其中麻黄/蒿比大于 1, 麻黄/藜比值多大于 0.1, 白刺/麻黄比小于 0.1; 草原化荒漠区的四合木、蒿、白刺、红砂群落中麻黄花粉含量较低, 白刺花粉含量较高, 麻黄/蒿、麻黄/藜比值均小于 0.1. 白刺/麻黄比值多大于 1, 盐爪爪群落中含有一定数量的麻黄和白刺花粉, 麻黄/蒿比、麻黄/藜比、白刺/蒿比、白刺/藜比多小于 0.1, 白刺/麻黄比值多为 0.1~1(图 3).

以上分析表明典型荒漠区与草原化荒漠区群落类型表土花粉组成差别明显, 典型荒漠群落中蒿/藜比值小于 0.5, 麻黄/蒿比值大于 0.1, 白刺/麻黄比值小于 1; 草原化荒漠群落中蒿/藜比值为 0.5~2, 麻黄/蒿比值多小于 0.1, 白刺/麻黄比值多大于 1.

3.2 花粉类型对于植物种的指示程度

为了解不同花粉类型对植物种的指示程度, 根据花粉与植被共有的 16 个花粉类型的 A, O, U, R, X_a 及 X_p 值利用 MVSP 软件程序对进行聚类分析和降趋对应分析(DCA).

聚类分析将 16 个花粉类型分为四个组(图 4). 第 1 组包括霸王柴、沙拐枣、四合木、蒺藜属(*Tribulus*), 联合指数 A 值较高, 超代表性指数 O 值及植被不存在时的花粉百分比(X_a)均为 0, 低表性指数 U 值低于 0.5, 花粉与植被显著相关(表 2), 对植被指示意义非常明显; 第 2 组包括蒿、藜科、禾本科(Gramineae)、白刺、十字花科(Cruciferae)、景天属(*Sedum*); A 值适中, O 值或 R 值较高, U 值为 0, M_p 值远大于 M_a 值, 花粉与植被显著相关(表 2), 对植被有较明显指示意义; 第 3 组包括葱属(*Allium*)、豆科(Leguminosae)、蔷薇科(Roseceae)、柽柳科(Tamariceae), 除柽柳 A 值较高外, 多数 A 值较低, O 或 U 值较高, M_p 值与 M_a 值相近, 花粉与植被无显著相关关系(表 2)对植被指示意义不明显; 第 4 组仅包括马先蒿一个类型, A 值为零, 对植被无指示意义.

图 5 是 DCA 排序图, 箭头表示 A, O, U 及 R 值增长方向. 第一排序轴的方差贡献率为 48.7%, 第二排序轴为 31.0%, 因此前两个轴的方差累积贡献率为 79.7%. 第一排序轴的特征值为 0.22, 第二排序轴为 0.14. 根据 DCA 第一与第二排序轴的排序值, 可将 16 个花粉类型分成 3 组(图 5), 总体结果与聚类分析结果相似. 不同的是 DCA 排序第一组中, 除聚类分析包括的种类外, 还包括柽柳科(柽柳科在聚类分析中位于第三组), 第三组(Group3)包括聚类分析的每三、四组. 第一组(Group1)与 A 值关系密切, 植物和花粉间的相关性极高. 第二组(Group2)与聚类分析

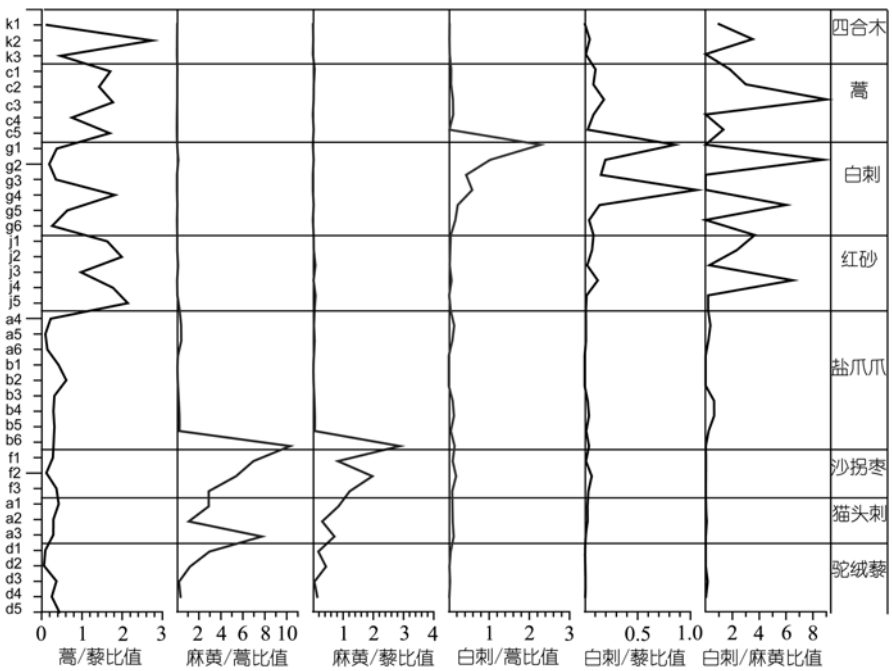


图 3 中国荒漠区东部主要群落类型蒿、藜、麻黄、白刺花粉百分比比值图

表 2 不同花粉类型的联合指数 *A* 值、超代表性指数 *O* 值、低代表性指数 *U* 值、母体植物不存在时花粉百分比平均值 M_a、母体植物存在时花粉百分比平均值 M_p、花粉百分比与植被盖度的相关系数 *CC* 及花粉与植物间数量关系 *R* 值 a)

		A	*U*	*O*	*CC*	*R*	M_p/%	M_a/%
对植物指示性明显类型								
柽柳科	Tamariceae	0.61	0.35	0.08	0.67**	0.66	6.66	0.0
霸王柴	*Zygophyllum*	0.67	0.33	0.00	0.80**	0.92	0.92	0.0
沙拐枣	*Calligonum*	1.00	0.00	0.00	0.997**	0.23	5.11	0.0
四合木	*Tetraena*	0.67	0.33	0.00	0.998**	0.21	1.01	0.0
蒺藜	*Tribulus*	0.50	0.5	0.00		0.23	0.23	0.0
对植物有一定的指示意义								
藜科	Chenopodiaceae	0.93	0	0.07	0.66**	11.93	45.76	13.8
禾本科	Gramineae	0.63	0	0.37	0.54**	1.61	5.33	2.6
蒿	*Artemisia*	0.57	0	0.60	0.53**	16.45	32.17	16.0
白刺	*Nitraria*	0.25	0	0.75	0.48**	0.85	12.11	1.3
景天	*Sedum*	0.33	0	0.67		0.33	0.65	0.0
十字花科	Cruciferae	0.31	0	0.65	0.38*	0.66	0.92	0.7
对植物指示性不明显类型								
葱属	*Allium*	0.08	0.88	0.75	0.45**	2.22	2.28	0.4
蔷薇科	Rosaceae	0.21	0.43	0.75	0.17	0.80	0.84	0.6
豆科	Leguminosae	0.32	0.45	0.60	0.17	0.26	0.78	1.6
马先蒿	*Pedicularis*	0.00	0.20	0.80		0.00	0.00	0.8
菊科	Compositae	0.00	1.00	1.00	–0.32	0.32	0.32	1.3
仅存于花粉组合中的类型								
松	Pinus	0	0	1.00			0	13.5
云杉	Picea	0	0	1.00			0	4.1
冷杉	Abies	0	0	1.00			0	1.1
桦	Betula	0	0	1.00			0	1.1
榆	Ulmus	0	0	1.00			0	12.6
桤	Alnus	0	0	1.00			0	0.5
栎	Quercus	0	0	1.00			0	1.7
鹅耳枥	Carpinus	0	0	1.00			0	0.2
椴	Tilia	0	0	1.00			0	0.4
胡桃	Fagus	0	0	1.00			0	0.5
柳	Salix	0	0	1.00			0	0.1
虎榛子	Ostryopsis	0	0	1.00			0	0.7
胡颓子科	Elaegnaceae	0	0	1.00			0	1.3
麻黄	Ephedra	0	0	1.00			0	63.2
莎草科	Cyperaceae	0	0	1.00			0	1.3
唇形科	Labeate	0	0	1.00			0	1.4
龙胆科	Gentianaceae	0	0	1.00			0	0.9
虎儿草科	Saxifragaceae	0	0	1.00			0	2.5
蓼科	Polygonaceae	0	0	1.00			0	1.6
伞形科	Umbelliferae	0	0	1.00			0	0.5
唐松草	Thalictrum	0	0	1.00			0	0.7
毛茛科	Ranunculaceae	0	0	1.00			0	2.7
石竹科	Caryophyllaceae	0	0	1.00			0	1.1
鼠李科	Rhamnaceae	0	0	1.00			0	0.2
旋花科	Convolulaceae	0	0	1.00			0	2.5
荨麻	Urtica	0	0	1.00			0	1.1
葎草	Humulus	0	0	1.00			0	0.4
堇菜	Viola	0	0	1.00			0	3.0
香蒲	Typha	0	0	1.00			0	0.7

a) 表中**表示在 0.01 水平上显著相关, *表示在 0.05 水平上显著相关

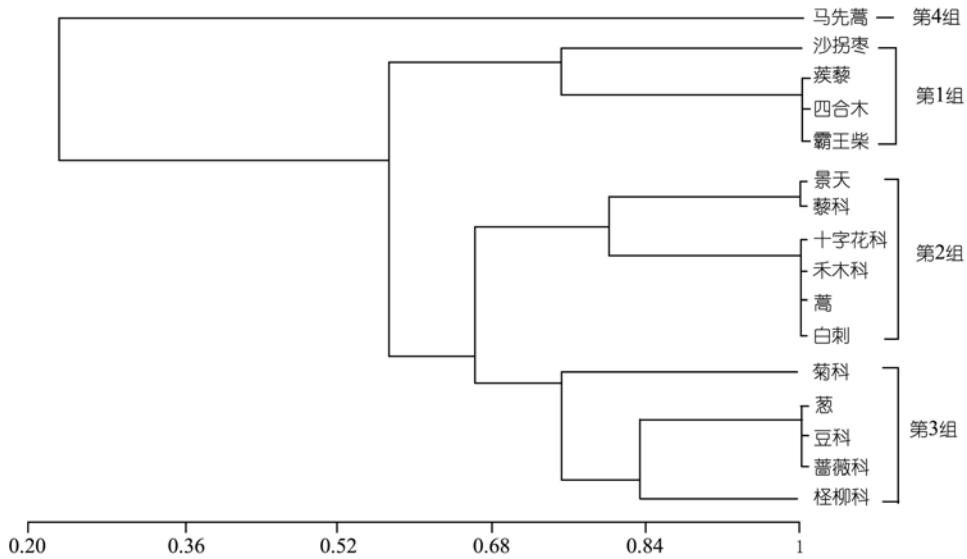


图 4 中国荒漠区东部主要花粉类型聚类分析结果

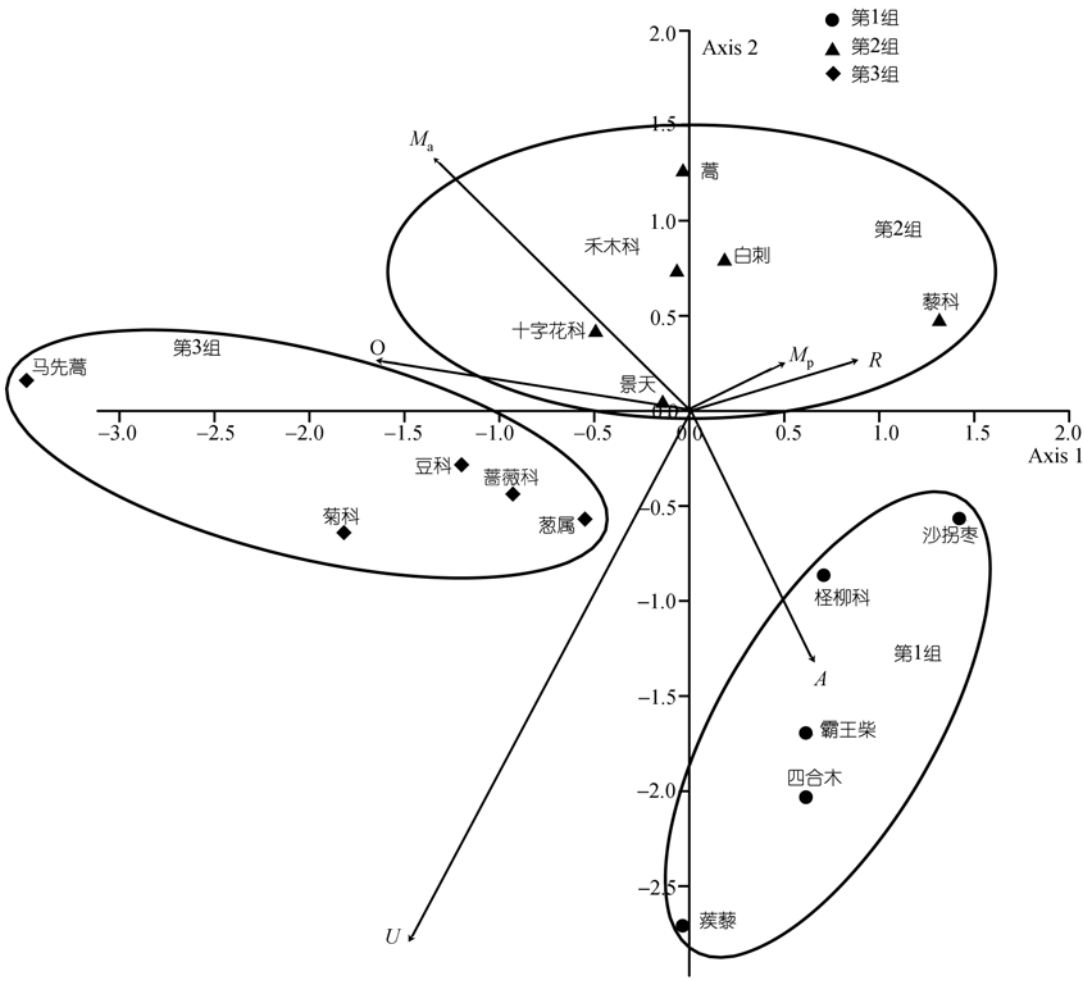


图 5 中国荒漠区东部主要花粉类型 DCA 排序结果

结果一致, 该组样品与 R 值或 O 值关系密切, 有一定的超代表性,花粉具有较高产量或良好的散布特性或较好的保存能力. 以 A 值较低为特点, 多为虫媒花粉类型, 花粉产量较低. 从分组结果来看, DCA 分析将对植被指示意义非常明显的柽柳科归入第一组, 比聚类分析结果更为合理.

3.3 表土花粉与植物群落的相似性(C)

植物群落与表土花粉的相似系数(C)见表 1, 变化范围为 0.29~0.8. 39 个样品中有 16 个样品的C值小于 0.5, 其他样品为 0.5~0.7, 远低于我国东部森林区的相似系数[39], 表明花粉组合中外来花粉占一定比例. 究其原因可能主要有二方面, 一方面荒漠植被稀疏,地势平坦, 及多风的气候特征,因而易于花粉的传播, 另一方面植物为适应恶劣的荒漠环境, 必须产生大量的花粉和具有较好的传播能力或较强的保存能力, 以便在尽可能长的时间和尽可能大的范围内寻找繁衍机会.

荒漠区花粉组合尽管有一定量外来花粉, 但花粉与植被中共有种类的花粉百分比均达 70%以上, 因而花粉组合可反映植被的总体特征.

3.4 研究区其他研究工作的比较

中国荒漠区表土花粉资料不多, 有植被资料的更少. Herzschuh等[37]对西阿拉善地区进行了相对花粉产量计算[4], 其相对花粉产量(P_{rel})类似于R值, P_{rel}=花粉百分比/植被百分比. 西阿拉善地区霸王柴、沙拐枣、柽柳属的P_{rel}值最低, 其次为红砂、白刺, P_{rel}值多低于 1, 属低代表性花粉类型; 麻黄、蒿、藜等P_{rel}值较高, 为 1~5 之间, 属超代表性花粉类型. 本研究的霸王柴、沙拐枣、柽柳科、白刺的平均R值与西阿拉善地区相近, 分别为 0.92, 0.23, 0.66 和 0.85; 蒿、藜的R值高于西阿拉善地区, 分别为 16.45 和 11.93. 另外, 麻黄花粉出现于本研究大部分样品中, 但样方及周围植被中无麻黄植物生长, 因而麻黄花粉对植被的代表性无法确定. 但在无麻黄植被存在的情况下, 麻黄花粉百分比最高达 60%以上, 表明麻黄花粉具有较高的产量和传播能力, Herzschuh[37]等对西阿拉善地区的研究发现麻黄花粉的P_{rel}在 0.3~2.5 之间.

4 结论

(ⅰ) 聚类分析和 DCA 分析结果表明: A 值与 O, U, R, X_a 和 X_p 值配合使用, 可较好地反映花粉对植被的指示程度. 霸王柴、沙拐枣、四合木、蒺藜属、柽柳科花粉 A 值高于 0.5, 对植被指示性良好; 蒿、藜科、禾本科, 具有较高 R 值, 白刺、十字花科、景天属花粉具有较高的 U 值, 花粉具一定的超代表性, 但 X_a 远小于 X_p 值, 因而对植被具较明显的指示意义; 葱属、豆科、蔷薇科、马先蒿、菊科等花粉 A 值很低, O 或 U 值较高, 对植被指示意义不明显. 其他仅出现于花粉组合中的花粉类型如松(*Pinus*)、云杉(*Picea*)、桦(*Betula*)、栎(*Quercus*)、榆(*Ulmus*)、胡颓子科(Elaegnaceae)、麻黄、毛茛科(Ranunculaceae)、石竹科(Caryophyllaceae)、蓼科(Polygonaceae)、虎耳草科(Saxifragaceae)等对植被的指示意义无法确定.

(ⅱ) 荒漠区不同群落间花粉组合差异比较明显, 盐爪爪群落以高含量的藜科花粉为特征, 驼绒藜群落以含有一定量的麻黄花粉可与盐爪爪群落区分开来. 蒿群落以蒿花粉含量明显高于藜科花粉为特征, 白刺群落以含有一定量的白刺花粉为特征, 红砂群落与四合木群落都含有一定量的柽柳科花粉, 但红砂群落蒿花粉含量一般高于藜科花粉含量, 且含有较多的禾本科、菊科、豆科等伴生种类, 四合木群落花粉组合蒿花粉含量一般低于藜科花粉含量, 且伴生植物种类较少. 沙拐枣群落以含有一定量沙拐枣花粉为特征.

(ⅲ) 典型荒漠区与草原化荒漠区群落类型表土花粉组成差别明显, 典型荒漠群落花粉组成中蒿/藜比值小于 0.5, 麻黄/蒿比值大于 0.1, 白刺/麻黄比值小于 1; 草原化荒漠群落花粉组成中蒿/藜比值多为 0.5~2, 麻黄/蒿比值多小于 0.1, 白刺/麻黄比值多大于 1.

(ⅳ) 荒漠区孢粉组合与植被的相似程度低于东部森林区, 可能与荒漠区风大、植被稀疏, 易于花粉传播有关. 但表土主要花粉类型与周围植被相关性明显.

致谢 本工作为科技部重大基础研究前期研究专项(批准号: 2003CCA01800)、国家自然科学基金项目(批准号: 40171095)、河北省自然科学基金项目(批准号: 402615)、国家杰出青年基金(批准号: 49920205)和国家自然科学基金重点项目(批准号: 40331011)共同资助.

参 考 文 献

1 Fagerlind F. The real significance of pollen diagrams. Bot Not, 1952, 105: 185~224
2 Davis M B. On the theory of pollen analysis. Am J Sci , 1963, 261: 897~912
3 Janssen C R. A comparison between the recent regional pollen rain

and the sub-recent vegetation in four major vegetation types in Minnesota (USA). Rev Palaeobot Palynol, 1967, 2: 331~342
4 Wright H E. The use of surface samples in Quaternary pollen analysis. Rev Palaeobot Palynol, 1967, 2: 321~330
5 Andersen S. The relative pollen productivity and pollen representation of north European trees, and correction factors for tree pollen spectra. Dan Geol Unders II, Rskke, 1970, 96: 1~96
6 Bradshaw R H W. Modern pollen-representation factors for woods in south-east England. Journal of Ecology, 1981, 69: 45~70
7 Bradshaw R H W, Webb T III. Relationships between contemporary pollen and vegetation data from Wisconsin and Michigan, USA. Ecology, 1985, 66: 721~737
8 Jackson S T. Pollen source area and representation in small lakes of the north-eastern United States. Rev Palaeobot Palynol, 1990, 63: 53~76[DOI]
9 Jackson S T, Kearsley J B. Representation of local forest composition in moss-polster pollen assemblages. Journal of Ecology, 1998, 86: 474~490[DOI]
10 Jackson S T, Wong A. Using forest patchiness to determine pollen source areas of closed-canopy pollen assemblages. Journal of Ecology, 1994, 82: 89~100
11 Parsons R W, Prentice I C. Statistical approaches to R-values and the pollen-vegetation relationship. Rev Palaeobot Palynol, 1981, 32: 127~152[DOI]
12 Prentice I C. Pollen representation, source area, and basin size: towards a unified theory of pollen analysis. Quat Res, 1985, 23: 76~86[DOI]
13 Prentice I C, Parsons R W. Maximum likelihood linear calibration of pollen spectra in terms of forest composition. Biometrics, 1983, 39: 1051~1057
14 Prentice I C, Parsons T III. Pollen percentages, tree abundances and the Fagerlind effect. J Quat Sci, 1986, 1: 35~42
15 Schwartz M W. Predicting tree frequencies from pollen frequency: An attempt to validate the R value method. New Phytol, 1989, 112: 129~143
16 Sugita S. A model of pollen source area for an entire lake surface. Quat Res, 1993, 39: 239~244[DOI]
17 Sugita S. Pollen representation of vegetation in Quaternary sediments: Theory and method in patchy vegetation. Journal of Ecology, 1994, 82: 881~897
18 Webb T III, Howe S E, Bradshaw R H W, et al. Estimating plant abundances from pollen percentages: The use of regression analysis. Rev Palaeobot Palynol, 1981, 34: 269~300[DOI]
19 Davis O K. Pollen frequencies reflect vegetation patterns in a Great Basin (USA) mountain range. Rev Palaeobot Palynol, 1984, 40: 295~315[DOI]
20 Hjelle K L. Relationships between pollen and plants in human-influenced vegetation types using presence-absence data in western Norway. Rev Palaeobot Palynol, 1997, 99: 1~16[DOI]
21 Vincens A, Ssemmanda I, Roux M, et al. Study of the modern pollen rain in western Uganda with a numerical approach. Rev Palaeobot Palynol, 1997, 96: 145~168[DOI]
22 Newsome J C. Pollen–vegetation relationships in semi-arid southwestern Australia. Rev Palaeobot Palynol, 2000, 106: 103~119[DOI]
23 Jackson S T, Webb T III, Prentice I C, et al. Exploration and calibration of pollen/vegetation relationships: A PC program for the extended R-value models. Rev Palaeobot Palynol, 1995, 84: 365~374[DOI]
24 Davies C P, Fall P L. Modern pollen precipitation from an elevational transect in central Jordan and its relationship to vegetation. Journal of Biogeography, 2001, 28: 1195~1210[DOI]
25 李文漪. 神农架巴山冷杉林花粉与植物关系及其森林植被之演替. 地理学报, 1991, 46(2): 186~194
26 刘会平, 唐晓春, 王开发, 等. 神农架北坡表土常见花粉的R值研究. 地理科学, 2001, 21(4): 378~380
27 杨振京, 许清海, 孟令尧, 等. 燕山地区表土花粉与植被间的数量关系. 植物生态学报, 2003, 27(6): 804~809
28 吴玉书, 孙湘君. 昆明西山林下表土中花粉与植被间的数量关系. 植物学报, 1987, 29(2): 204~211
29 Liu Hongyan, Cui Haiting, Pott R, et al. The surface pollen of the woodland–steppe ecotone in southeastern Inner Mongolia, China. Review of Palaeobotany and Palynology, 1999, 105: 237~250[DOI]
30 王瑜, 宋长青, 孙湘君. 内蒙古中部表土花粉研究. 植物学报, 1996, 38(11): 902~909
31 李宜垠, 张新时, 周广胜, 等. 中国北方几种常见表土花粉类型与植被的数量关系. 科学通报, 2000, 45(7): 761~764
32 许英勤, 阎顺, 贾宝全, 等. 天山南坡表土孢粉分析及其与植被的数量关系. 干旱区地理, 1996, 19(3): 24~29
33 翁成郁, 孙湘君, 陈因硕. 西昆仑地区表土花粉组合特征及其与植被的数量关系. 植物学报, 1993, 35(1): 69~79
34 Herzschuh U, Kürschner H, Yuzhen M. The surface pollen and relative pollen production of the desert vegetation of the Alashan plateau, western Inner Mongolia. Chinese Science Bulletin, 2003, 48(14): 1488~1493[Abstract][PDF]
35 陈辉, 吕新苗, 李双成. 柴达木盆地东部表土花粉分析. 地理研究, 2004, 23(2): 201~210
36 吴征益主编. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980, 583~611
37 中国科学院内蒙古宁夏综合队. 内蒙古植被. 北京: 科学出版社, 1985, 645~715
38 Feagri K, Iversen J. Textbook of Pollen Analysis. (3rd ed) Oxford: Blackwell, 1989, 295
39 李宜垠, 张新时, 周广胜. 中国东北样带(N E C T)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
40 卢淑华. 社会统计学. 北京: 北京大学出版社, 1989. 371~381
41 El-Moslinmny A. The ecological singificance of common nonarboreal pollen example from dryland of the Middle East. Review of Palaeobotany and Palynology, 1990, 64: 343~350[DOI]
42 李文漪, 阎顺. 柴窝堡盆地第四纪孢粉学研究. 见: 施雅风主编. 新疆柴窝堡盆地第四纪气候环境变迁及水文地质条件. 北京: 海洋出版社, 1990. 46～72
43 阎顺. 新疆第四纪孢粉组合特征及植被演替. 干旱区地理, 1991, 14(2): 1~8

(2004-07-01 收稿, 2005-02-03 收修改稿)