

# 柴达木盆地东部表土花粉分析

陈 辉<sup>1,3</sup>, 吕新苗<sup>1</sup>, 李双成<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 北京大学环境学院, 北京 100871;

3. 河北师范大学, 石家庄 050016)

**摘要:** 柴达木盆地东部荒漠区 8 个样地、23 个样点的表土花粉分析较好地揭示了荒漠区花粉组合的特点及其与植被、环境的关系。研究发现, 荒漠区表土花粉以藜科 (*Chenopodiaceae*) 和蒿属 (*Artemisia*) 为主, 并以前者占优势地位, 麻黄属 (*Ephedra*) 亦较常见, 禾本科 (*Gramineae*)、菊科 (*Compositae*) 植物在群落中也占有一定的比例。花粉百分比含量 DCA 排序与相关分析发现, 荒漠区不同植物群落下表土花粉组合特征各不相同, 而且与相应的植物群落及其所代表的环境特征相一致。荒漠区表土花粉蒿/藜 (*Artemisia/Chenopodiaceae*) 比对干旱程度具有指示作用, 比值越小, 越干旱。

**关 键 词:** 柴达木盆地东部; 表土花粉; DCA 排序; 相关分析; 蒿/藜 (*Artemisia/Chenopodiaceae*) 比

**中图分类号:** P531; Q944.42 **文章编号:** 1000-0585(2004)02-0201-10

## 1 引言

表土花粉研究为利用化石花粉数据定量重建古环境、古气候提供了重要的基础工作, 目前越来越受到古环境研究学者的重视。近年来国际国内学者对表层花粉进行了广泛的研究, 研究内容涉及花粉与植被类型关系研究<sup>[1~3]</sup>、花粉的代表性问题研究<sup>[4]</sup>、利用花粉数据给植物群系进行分类研究<sup>[5~6]</sup>、利用花粉与植被关系反映人为影响的研究<sup>[7~8]</sup>和利用花粉-植被-气候关系恢复古环境的研究<sup>[8~9]</sup>; 研究区域涉及森林区、森林-草原过渡区、干旱区森林-草原-荒漠过渡区、草原区、草甸区、干旱区和湿地等。干旱区表土花粉具有代表性的研究如: Caroline P. Davies and Patricia L.<sup>[6]</sup>对中东干旱地区森林-草原-荒漠过渡区花粉特征及依据花粉特征进行植被带划分进行了探讨, 同时指出蒿、藜对干旱程度具有指示意义; 在对蒿、藜的指示意义上, 我国学者孙湘君等<sup>[10]</sup>对新疆玛纳斯湖盆进行花粉研究时指出: 在用蒿/藜比恢复古环境时, 其前提条件是蒿和藜的花粉之和必须占优势, 这时蒿/藜比才有指示旱生植被的生态意义。翁成郁等<sup>[11]</sup>在研究西昆仑表土花粉时也发现干旱环境的花粉组合中, 蒿和藜含量随湿度而发生变化, 但蒿/藜比是否可以作为干旱程度的指示参数尚待考证。康安等<sup>[12]</sup>对柴达木盆地第四纪孢粉组合及气候波动进行了研究, 对柴达木盆地表土花粉特征及花粉-植被-气候关系的系统研究还很少见。本文将在分析花粉-植被

收稿日期: 2003-07-03; 修订日期: 2004-02-24

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目: 青藏高原形成演化及其环境、资源效应 (G1998040816) 和青藏铁路的生态环境效应 (90202012) 资助

作者简介: 陈辉 (1972-), 女, 满族, 河北承德人, 博士, 讲师。主要从事生态学、综合自然地理学研究。E-mail: chenhui @igsnr.ac.cn

- 气候关系的基础上，进一步探讨蒿、藜在干旱地区的干湿指示意义。

## 2 研究方法

### 2.1 研究区域和表土花粉取样

研究区位于柴达木盆地东部，范围在 95°02'E ~ 99°00'E，36°24'N ~ 37°37.80'N 之间，行政区包括青海省共和县、乌兰县、德令哈市、格尔木市和都兰县。区内海拔 2500 ~ 3600m，干燥程度由东向西增大，东部年降水量 200 ~ 220mm，年均干燥度 1.0 ~ 2.0，西部年降水量仅 40 ~ 90mm，年均干燥度 3.0 ~ 8.5。盆地中风蚀地、沙丘、戈壁、盐湖及盐土平原相互交错。自然区划属柴达木山地荒漠和青东祁连山地草原西部边缘，整体呈荒漠景观。

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为 5m × 5m，同时记录样方内的群落特征，如植物群落总盖度、种分盖度、种名、高度、多度等。表土样品采集与群落调查相对应，即每做一个群落调查，同时在样方内采集一个表土样品。共记录和采集了 8 个样地（8 种植物群落）23 个样点（每个样地选取典型地段，在 100m × 100m 的范围内任选 2 ~ 3 个采样点）的植物群落和表土样品。样方调查的同时用 GPS 进行定位。8 种植物群落为：细枝盐爪爪（*Kalidium gracile*）群落、栉叶蒿（*Ceratoides lateens*）群落、细枝盐爪爪 + 驼绒藜（*Kalidium gracile* + *Ceratoides lateens*）群落、驼绒藜（*Ceratoides lateens*）群落、沙拐枣（*Calligonum mongolicum*）群落、白刺（*Nitraria schoberi*）群落、芨芨草（*Achnatherum splendens*）群落和垫状驼绒藜（*Kochia melanoptera*）群落。样地位置见图 1。

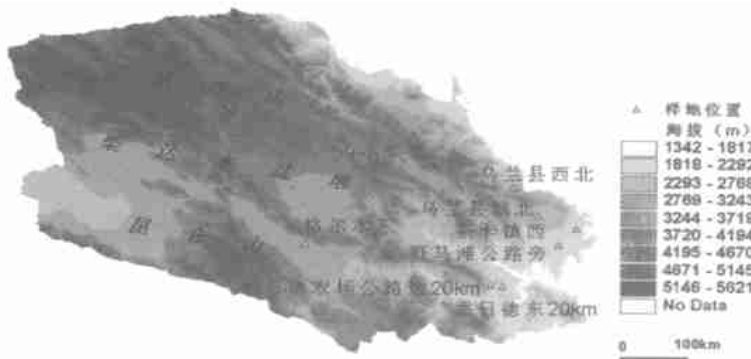


图 1 表土花粉样地位置

Fig. 1 Location of topsoil pollen

### 2.2 实验方法及数据处理

孢粉分析：实验室取样重视样品岩性而定，砂质土取样重量 40g，其余样品（粘质土、草甸土）取样重量 20g。孢粉的提取采用常规的酸、碱处理（酸、碱处理后均洗至中性）和重液浮选的方法，酸处理为去掉样品中的碳酸钙，碱处理为去掉样品中的有机质，重液为碘氨酸 + 碘化钾 + 锌粒配置而成，比重为 2.1。样品处理前加入定量（11670 粒）石松孢子，以统计计算孢粉浓度和检验样品化学处理过程中孢粉丢失的可能性。比重浮选分离出的花粉样品加适量甘油，以备花粉鉴定统计。花粉鉴定统计在 200 ~ 400 倍的日本 Olympus 光学生物显微镜下进行，一般每个样品鉴定统计花粉 200 ~ 300 粒，观察统计 3 ~ 4

个玻片，花粉少的样品观察统计的玻片数更多，直至将样品看完。

### 3 花粉分析结果

#### 3.1 花粉组合特点分析

本区花粉组合以灌木 (shrub)、草本 (herb) 植物花粉占优势,含量在 92.77 % ~ 100 % 之间,乔木 (tree) 花粉含量通常低于 6.77 %,发现蕨类 (Pteridophyta) 孢子的样品 5 个,但含量都很低,小于 0.38 %,表现出无林荒漠、草原荒漠区花粉组合的显著特点。

灌木、草本植物花粉中,藜科 (Chenopodiaceae) 和蒿属 (*Artemisia*) 花粉含量处于绝对优势地位,通常含量可达 40 % 和 70 % 左右,最高值分别为 66.38 % 和 74.54 %。麻黄花粉也较常见,含量通常低于 5 %,但有 6 个样方含量在 10 % 以上,最可达 49.27 %。禾本科、菊科花粉在群落中亦占有一定比例,最可达 10.6 % 和 6.82 %。每个样地植物群落和花粉组合特征如下 (图 2)。

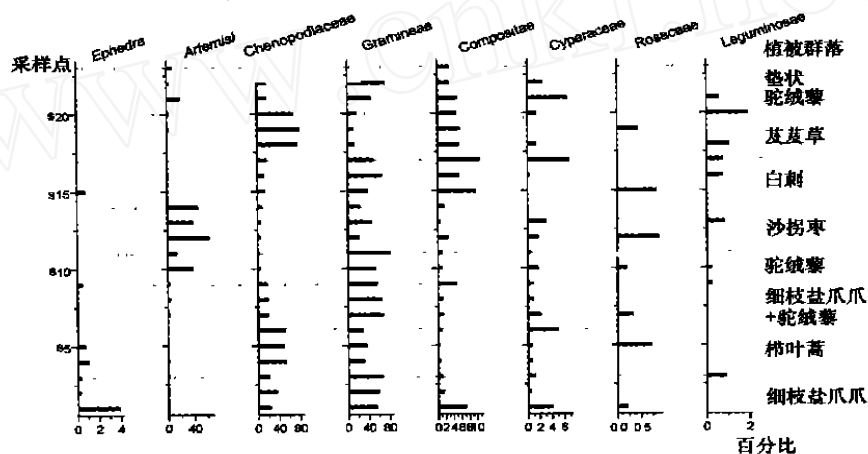



图 2 主要孢粉类型百分比

Fig. 2 Pollen percentage diagram of main taxa

**细枝盐爪爪群落** (三个样点 s1, s2, s3): 采样地位于茶卡镇西 20km, 海拔 3126m。细枝盐爪爪为建群种, 伴生有一定量的旱生草本: 杂配藜 (*Chenopodium hybridum* L)、白蒿 (*Artemisia frigida*)、栉叶蒿 (*Neopallasia pectinata*)、芥 (*Capsella bursa-pastoris*) 和野葱 (*Allium subangulatum*), 群落总盖度 40 ~ 55 %。花粉组合中出现少量木本植物花粉, 如松 (*Pinus*)、云杉 (*Picea*)、桦 (*Betula*) 和桤木 (*Alnus*), 总计百分含量 2.7 %。地表植被群落中没有乔木出现, 说明是外来花粉。蒿和藜占绝对优势, 平均为 26.54 % 和 59.96 %, 禾本科 (Gramineae)、麻黄 (*Ephedra*) 和菊科 (Compositae) 相对较少, 还有少量豆科 (Leguminosae)、紫菀 (*Aster*)、十字花科 (Cruciferae)、蔷薇科 (Rosaceae)、虎儿草科 (Saxifragaceae)、马先蒿 (*Pedicularis*)、石竹科 (Caryophyllaceae)、伞形科 (Umbelliferae)、唇形科 (Labiatae) 和莎草科 (Cyperaceae) 花粉。

**栉叶蒿群落** (三个样点 s4, s5, s6): 采样地位于乌兰县城北, 海拔 3016m。栉叶蒿为建群种, 主要成分还有刺叶棘刺豆和水柏枝等。花粉组合有乔木花粉云杉、松, 平均含量为 3.1 % 和 2.7 %, 可能因为距离北部山区相对较近, 云杉、松花粉飘落到此的比较多一

些。蒿和藜占绝对优势, 平均为 51.2 %和 31.6 %, 亦有少量的白刺、菊科、麻黄、禾本科、豆科、马先蒿、十字花科、莎草科、玄参科 (Scrophulariaceae)、蓼科 (Polygonaceae)、紫菀、虎儿草科、龙胆科 (Gentianaceae) 和鼠李科 (Rhamnaceae) 等花粉出现。

**细枝盐爪爪 + 驼绒藜群落** (三个样点 s7, s8, s9): 采样地位于乌兰县城西北 55km, 海拔 3437m。细枝盐爪爪 + 驼绒藜为建群种, 群落总盖度为 20 %左右。花粉组合有乔木花粉云杉、松, 平均比例为 0.5 %和 6.1 %, 蒿和藜平均百分比为 18.4 %和 62.4 %, 总计 80.8 %, 还出现了少量的禾本科、白刺、菊科、十字花科、龙胆科、蓼科、景天科 (Crassulaceae)、草 (*Humulus*)、豆科、莎草科、伞形科、玄参科和蔷薇科等花粉。

**驼绒藜群落** (两个样点 s10, s11): 采样地位于小柴旦, 海拔 3225m。建群种为驼绒藜 + 合头草 (*Ceratoides latens* + *Sympegma regelii*), 伴生有细枝细枝盐爪爪、雾冰藜 (*Bassia dasyphylla*) 和黑翅地肤 (*Kochia melanoptera*), 群落总盖度 40 %左右。花粉组合中未见乔木花粉, 灌木和草本中藜和麻黄占绝对优势, 平均比例分别为 66.4 %和 25.9 %, 有少量的蒿、菊科和禾本科, 还出现了白刺、虎儿草科、蔷薇科和莎草科。

**沙拐枣群落** (三个样点 s12, s13, s14): 采样地位于格尔木东 10km, 海拔 2811m。建群种为沙拐枣, 种群单一, 群落总盖度 20 ~ 30 %左右。花粉组合中偶见木本植物花粉和蕨类孢子, 灌木和草本组合中藜和麻黄占绝对优势, 平均比例分别为 49.3 %和 30.6 %, 总计 79.9 %, 蒿和沙拐枣分别占 6.8 %和 5.1 %, 还有少量的菊科、禾本科、白刺、虎儿草科、蓼科、胡颓子科 (Elaeagnaceae)、莎草科、蔷薇科、百合科 (Liliaceae) 和唇形科出现。

**白刺群落** (三个样点 s15, s16, s17): 采样地位于香日德农场, 海拔 3023m。建群种为白刺, 伴生有白草、雾冰藜和芨芨草, 群落总盖度 35 %左右。花粉组合个别样点出现极少木本花粉云杉和松, 灌木和草本组合中藜和白刺占绝对优势, 平均比例分别为 57.2 %和 17.9 %, 有一定数量的蒿和禾本科及少量的菊科、百合科、虎儿草科、龙胆科、麻黄、蓼科、豆科、莎草科、十字花科出现。

**芨芨草群落** (三个样点 s18, s19, s20): 采样地位于香日德农场东 20km, 海拔 3145m。建群种为芨芨草 + 栉叶蒿 (*Achnatherum splendens* + *Neopallasia pectinata*), 伴生有针茅 (*Stipa subsessiliflora*)、野葱 (*Allium subangulatum*) 等, 群落总盖度 65 %左右。花粉组合个别样点出现极少木本花粉松, 灌木和草本组合中蒿和藜占绝对优势, 平均比例分别为 74.5 %和 13.8 %, 合计 88.3 %, 有少量禾本科、麻黄、蔷薇科、菊科、虎儿草科、白刺、十字花科、唇形科、百合、莎草科、龙胆科、毛茛科 (Ranunculaceae) 和蓼科出现。

**垫状驼绒藜群落** (三个样点 s21, s22, s23): 采样地位于野马滩, 海拔 3585m。群落建群种为垫状驼绒藜, 伴生有少量紫花针茅 (*Stipa Purpurea*)、驼绒藜、赖草 (*Leymus secalinus*) 和芥 (*Capsella bursa-pastoris*), 群落总盖度为 35 ~ 45 %。花粉木本组合中有少量松、云杉和冷杉出现。灌木和草本组合中蒿和藜占绝对优势, 平均比例分别为 57.7 %和 19.6 %, 合计 77.3 %, 还有一定数量的麻黄、菊科、禾本科和少量的虎儿草科、十字花科、白刺、蔷薇科、蓼科、龙胆科、莎草科和胡颓子科出现。

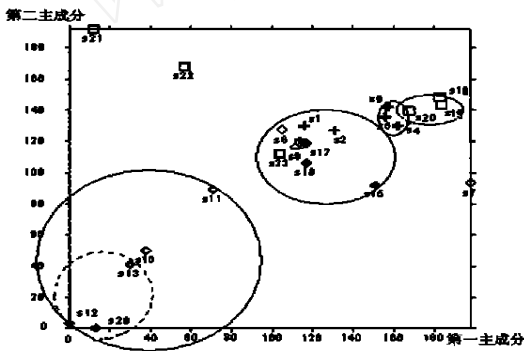
为更清楚地表现各植被类型表土花粉组合中主要花粉的数量和基本特征, 作出藜科、蒿属、蔷薇科、禾本科、菊科、麻黄、莎草科和豆科 8 种植物孢粉的百分比图 (图 2)。

3.2 DCA 排序和相关分析

3.2.1 DCA 排序

排序也叫梯度分析 (gradient analysis)，是将样方或植物种排列在一定的空间，使得排序轴能够反映一定的生态梯度，即排序是为了揭示植被 - 环境间的生态关系。基于单峰模型建立起来的非线性排序结果好于基于线性模型的线性排序，DCA 模型就是非线性排序的一种，基于高斯模型，叫作除趋势对应分析，排序结果令人满意<sup>[13]</sup>。

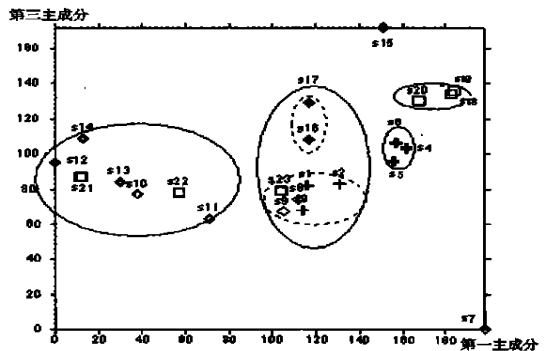
对 23 个样方中表土花粉出现的 35 个科、属植物花粉进行 DCA 排序 (图 3)，前 4 个主成分的特征值累积百分比为 0.795，第一、二主成分和第一、三主成分特征值累积百分比分别为 0.671 和 0.499，前 3 个主成分的信息量为 0.759。在第一、二主成分组成的坐标系中，绝大部分样点相对集中于 5 个组：第一组为样点 s12、s13、s14 (沙拐枣)；第二组为 s10、s11 (驼绒藜)；第三组为 s1、s2、s3、s8、s9、s16、s17 (细枝盐爪爪、细枝盐爪爪 + 驼绒藜、白刺)；第四组为 s4、s5、s6 (柃叶蒿)，第五组为 s18、s19、s20 (芨芨草)；其它点分散分布。第一至第五组沿第一主成分轴和第二主成分轴顺序分布，平均干燥度依次为 12.25、5.67、3.00、2.98 和 2.82，表明第一、二主成分较好地反映了干湿程度的变化。



s1,s2,s3 细枝盐爪爪 s4,s5,s6 柃叶蒿 s7,s8,s9 细枝盐爪爪 + 驼绒藜 s10,s11 驼绒藜  
s12,s13,s14 沙拐枣 s15,s16,s17 白刺 s18,s19,s20 芨芨草 s21,s22,s23 垫状驼绒藜

图 3 DCA 排序图 (第一主成分 — 第二主成分)

Fig. 3 Scatter plot of DCA (First principle component-Second principle component)



s1,s2,s3 细枝盐爪爪 s4,s5,s6 柃叶蒿 s7,s8,s9 细枝盐爪爪 + 驼绒藜 s10,s11 驼绒藜  
s12,s13,s14 沙拐枣 s15,s16,s17 白刺 s18,s19,s20 芨芨草 s21,s22,s23 垫状驼绒藜

图 4 DCA 排序图 (第一主成分 — 第三主成分)

Fig. 4 Scatter plot of DCA (First principle component-Third principle component)

第一、三主成分组成的坐标系中，绝大部分样点也相对集中于 5 个组 (图 4)：第一组为点 s10、s11、s12、s13、s14 (沙拐枣、驼绒藜)；第二组为为点 s16、s17 (白刺)；第三组为 s1、s2、s3、s8、s9 (细枝盐爪爪、细枝细枝盐爪爪 + 驼绒藜)；s21、s22、s23 散落在第一和第三组，第四组为 s4、s5、s6 (柃叶蒿)；第五组为 s18、s19、s20 (芨芨草)；

干燥度： $K = E/r = 0.16 \ t/r$  ( $> = 10^{\circ}\text{C}$  期间)：式中  $K$  为干燥度， $E$  为可能蒸发量， $t$  为日平均气温  $10^{\circ}\text{C}$  积温， $r$  为同期降水量，0.16 是假定我国秦岭、淮河一带降水与蒸发接近平衡的系数。

点 s15 零散分布。

3.2.2 相关分析

将每个样点在四个主成分上的得分与相应样点年降雨量、年均温、海拔和干燥度等环境指标组成矩阵，进行相关分析（表 1）。分析结果显示：第一主成分轴与年降水量和海拔成正相关，与干燥度成负相关，且与第二主成分弱相关。第二主成分轴与年降雨量、海拔成正相关，与干燥度和年均温成负相关。第三主成分轴和第四主成分轴与上述环境因子不相关。因为海拔与温度和降雨显著相关，第一主成分轴与降水量正相关，而与年均温不相关，由此可以断定第一主成分轴为干湿度轴，第二主成分轴为干湿、温度轴。

表 1 主成分与环境因子的相关矩阵  
Tab.1 Correlation matrix of principle components and environment factors

|      | AX1            | AX2            | AX3    | AX4    | 年降雨量           | 年均温            | 海拔             | 干燥度            |
|------|----------------|----------------|--------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| AX1  | 1              | 0.494 ( * )    | 0.168  | -0.14  | 0.574 ( * * )  | -0.363         | 0.548 ( * * )  | -0.669 ( * * ) |
| AX2  | 0.494 ( * )    | 1              | 0.079  | 0.072  | 0.837 ( * * )  | -0.654 ( * * ) | 0.816 ( * * )  | -0.873 ( * * ) |
| AX3  | 0.168          | 0.079          | 1      | -0.219 | 0.061          | 0.087          | 0.22           | -0.047         |
| AX4  | -0.14          | 0.072          | -0.219 | 1      | 0.08           | -0.055         | 0.079          | -0.146         |
| 年降雨量 | 0.574 ( * * )  | 0.837 ( * * )  | 0.061  | 0.08   | 1              | -0.679 ( * * ) | 0.861 ( * * )  | -0.889 ( * * ) |
| 年均温  | -0.363         | -0.654 ( * * ) | 0.087  | -0.055 | -0.679 ( * * ) | 1              | -0.879 ( * * ) | 0.822 ( * * )  |
| 海拔   | 0.548 ( * * )  | 0.816 ( * * )  | 0.22   | 0.079  | 0.861 ( * * )  | -0.879 ( * * ) | 1              | -0.935 ( * * ) |
| 干燥度  | -0.669 ( * * ) | -0.873 ( * * ) | -0.047 | -0.146 | -0.889 ( * * ) | 0.822 ( * * )  | -0.935 ( * * ) | 1              |

Correlation is significant at 0.05 level (2 - tailed)

Correlation is significant at 0.01 level (2 - tailed)

结合以上坐标系中各样点的聚集程度（图 3），按各样点沿第一主成分轴和第二主成分轴的分布规律将其合并为四个组：第一组为沙拐枣、驼绒藜组，重度干旱；第二组为白刺、细枝盐爪爪 + 驼绒藜组，中度干旱；第三组为柽叶蒿，轻度干旱；第四组为芨芨草组，干旱偏湿。样点 s21、s22、s23（驼绒藜）分散分布，所在位置无论在第一主成分轴还是在第二主成分轴上都没有规律性，其它几个样点 s11、s15、s7，分布虽然也分散，但所处位置符合相应的环境梯度规律。同样，图 4 中的五组样点也可以归并为四组：第一组，驼绒藜、沙拐枣组，重度干旱；第二组，白刺、细枝盐爪爪 + 驼绒藜组，中度干旱；第三组为柽叶蒿组，轻度干旱；第四组为芨芨草组，干旱偏湿。图 4 的分类结果更为理想，s21、s22、s23 分布在相近的两个组内，比图 3 的分布更有规律。另外两个分散的点 s15 所处位置符合环境梯度规律，s7 不符合规律。

白刺和沙拐枣属荒漠灌木，由旱生或真旱生的灌木建群层片组成。灌木荒漠是柴达木盆地占优势的地带性植被之一<sup>[14]</sup>。白刺主要分布在盆地东南部荒漠草原，盐生草甸和戈壁下沿相间的细粉沙土地段。建群种为白刺和合头草，株高一般 30 ~ 50cm，伴生种有白藜（*Chenopodium stepa*），猪毛菜（*Salsola pellucida*），有时混生少数金色补血草（*Limonium aureum*）和驼绒藜等<sup>[14]</sup>。沙拐枣荒漠主要分布在柴达木盆地南部砾石戈壁与细沙壤土之间的流动沙丘地带，呈带状分布，一般占据沙丘间的低地。群落结构极其简单，一般为沙拐枣单种结构，生长极为稀疏，总覆盖度仅 2 ~ 3 %。沙拐枣株高 70 ~ 110cm，丛状生长，冠幅大小不等，大者直径 1.2m，一般为 60 ~ 80cm，小者仅 20cm。植物根系发达，

具有一定的固沙作用。

驼绒藜、细枝盐爪爪和栉叶蒿群落是由半灌木层片、小半灌木层片所形成的荒漠植被，是柴达木盆地的最主要的地带性植被之一。这一类型广布于柴达木盆地的山前戈壁草原、山麓淤积平原、洪积扇，也有分布于沙丘和干旱低山上。所适应的土壤类型复杂多样，主要为灰棕荒漠土和棕色荒漠土。土壤中含有可溶性盐和石膏，地面多具砾石，有机质含量很低。柴达木盆地的半灌木、小半灌木荒漠多数为单层片结构，群落结构极其简单，种类组成贫乏，一般 4~5 种，生长稀疏，覆盖度仅 10~20 %<sup>[16]</sup>。

芨芨草广泛分布于欧亚草原和荒漠地区，具有广生态幅的特点。芨芨草群落的归属问题存在争议。一般把以芨芨草为优势种所形成的植物群落归入隐性植被的盐生草甸<sup>[15~18]</sup>。但也曾被归入草原植被类型<sup>[19~22]</sup>。陈桂琛等<sup>[23]</sup>研究发现，芨芨草分布区的气候具有典型的草原气候特征，群落的组成和分布规律均具有草原性质，具有地带性意义。

花粉排序结果显示，以上地带性植被下的花粉排列有明显的干湿、温度的地带性。

垫状驼绒藜属垫状植被，是高寒低温、干旱、强风以及强烈的太阳辐射和昼夜温差大等综合自然条件的产物。植物体矮化，根系发达，具有高度的抗寒性。垂直分布高、水平分布广，多呈不连续的块状分布<sup>[14]</sup>。垫状植物及其群落因其区系种类多样而具有较大的生态适应幅度，广泛分布在青藏高原上除高寒灌丛之外的各类高寒植被类型中。一般认为，垫状植物及其群落主要混生于高寒草甸或高寒草原之中，其基本生态特性介于高寒草甸和高寒草原之间，属中生-旱生生态型<sup>[24,25]</sup>。对于高寒垫状植被的基本属性及地带性归属问题众说纷纭。迄今为止尚无公开报道认为高寒垫状植被具有高原水平地带意义，彭敏<sup>[26]</sup>等认为存在高寒垫状植被具有地带性意义的可能。本研究中，花粉排序结果显示，垫状驼绒藜荒漠下花粉排列没有明显的干湿、温度的地带性，如果有的话，可能与其他生境条件有关。

上述分析表明，对 23 个样方中出现的 35 个科、属植物花粉进行 DCA 排序是可行的，按照排序结果进行分类结果比较令人满意。柴达木盆地东部荒漠、荒漠草原区地带性植被下的花粉排序结果与地上植物群落分布显示了同样的地带性，非地带性植被下花粉的排序结果没有明显的地带性。李宜垠等<sup>[3]</sup>定量地研究了中国东北样带 (NECT) 东部森林区沿水分梯度植被与表土花粉的定量关系，为用古花粉资料准确复原古植被奠定了基础。本文分析了柴达木盆地东部地区表土花粉和环境的关系以及花粉和植物群落的关系，可以进一步根据花粉特征值与植被的关系研究来恢复植被和环境。

### 3.3 花粉蒿/藜 (*Artemisia*/ *Chenopodiaceae*) 比对环境的指示作用

藜科和蒿属花粉在荒漠区花粉组合中是最重要的组成成分，根据 E L Moslimany<sup>[27]</sup>、Wright<sup>[28]</sup>等的研究，藜科和蒿属在组合中的含量与干旱程度相联系，干旱环境中花粉组合以藜科占优势，半干旱环境中以蒿属花粉占优势<sup>[27]</sup>。蒿属常与藜科植物相伴出现，但比藜科需要更湿润的环境<sup>[11]</sup>。中东地区表土花粉研究表明，这两类花粉含量的比值有指示干旱区植被生态的意义<sup>[29]</sup>。对西昆仑山和新疆其它地点的研究也发现类似的规律<sup>[11,29]</sup>。中东及新疆西昆仑、阿勒泰、柴窝堡等地的研究表明，荒漠区蒿/藜比值在 0.5 以下，荒漠草原约在 0.5~1.2，草原区一般大于 1<sup>[10]</sup>。

本次表土花粉分析结果显示，蒿和藜的浓度和含量百分比都表现出明显的规律性 (图 5)。23 个样点中，21 个蒿和藜的含量之和大于 50 %，只有两个小于 50 %，为 30 % 左右。蒿/藜比：芨芨草三个样点最小值 3.89，平均 5.72；栉叶蒿三个样点都大于 1，平均 1.63；

其余样点除 s2 为 0.61 外, 都小于 0.5, 这些样点又可分为两部分: 细枝盐爪爪、细枝盐爪爪 + 驼绒藜、垫状驼绒藜和白刺为一部分, 蒿/藜比平均值 0.35, 沙拐枣、驼绒藜为另一部分, 比值最小, 平均值为 0.18。蒿/藜比值的变化及其分布规律与相应植被干湿状况一致: 芨芨草属草原类<sup>[24]</sup>, 蒿/藜比最大, 平均为 5.72; 栉叶蒿的蒿/藜比小于芨芨草, 平均 1.63; 其余荒漠类型蒿/藜比较小, 平均小于 0.5, 其中沙拐枣、驼绒藜的蒿/藜比更是小于 0.2。蒿/藜比值的变化规律也与 DCA 排序结果相对应, 由于干旱到湿润四种群落类型组, 其中沙拐枣、驼绒藜组, 平均干燥度 8.96 (重度干旱); 细枝盐爪爪、白刺、细枝盐爪爪 + 驼绒藜, 平均干燥度 3.00 (中度干旱); 栉叶蒿, 平均干燥度 2.98 (轻度干旱); 芨芨草, 平均干燥度 2.82 (干旱偏湿); 它们所对应的蒿/藜比从小到大依次为 0.18、0.35、1.63 和 5.72。

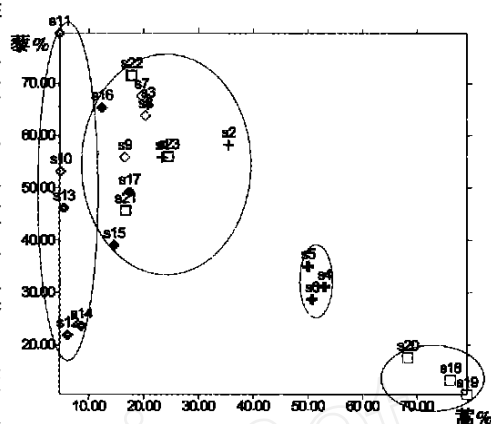


图 5 藜科和蒿属花粉含量位相图

Fig. 5 Percentage diagram of  
*Chenopodiaceae* and *Artemisia*

## 4 结论

(1) 荒漠、荒漠草原花粉组合以灌木、草本植物花粉占优势, 含量在 92.77 ~ 100 % 之间, 乔木花粉含量通常低于 6.77 %。在灌木、草本植物花粉中, 以藜科和蒿属的花粉处于绝对优势地位, 通常它们的百分含量之和大于 50 % (个别样点除外), 最高值达 89.72 %, 麻黄属也比较常见, 禾本科、菊科植物在群落中都占有一定的比重。

(2) 荒漠区不同植物群落表土花粉组合不同, 且与相应的植物群落及其所代表的环境特征相一致, 这为花粉组合反推植被类型及环境提供了依据。

(3) 花粉组合的 DCA 排序与相关分析结合起来既可将采样点进行排序和分类, 又可将排序与分类和环境学依据结合起来, 给排序和分类赋予环境学意义。

(4) 白刺、沙拐枣、驼绒藜、细枝盐爪爪、栉叶蒿和芨芨草为柴达木盆地主要地带性植被, 与之对应的花粉特征也表现了同样的地带性特征。垫状驼绒藜属垫状植被, 没有充分的证据表明它的地带性, 与之对应的花粉特征也没有表现出地带性特征。

(5) 荒漠、荒漠草原表土花粉蒿/藜比对于干旱程度具指示意义, 比值越小, 显示越干旱。重度干旱的沙拐枣、驼绒藜组平均干燥度 8.96, 蒿/藜比小于 0.2, 中度干旱的白刺、细枝盐爪爪 + 驼绒藜组平均干燥度 3.00, 蒿/藜比为 0.2 ~ 0.5 之间, 轻度干旱的栉叶蒿组平均干燥度 2.98, 蒿/藜比平均 1.63, 干旱偏湿的芨芨草组平均干燥度 2.82, 蒿/藜比平均 5.72。

由于采样点数量的限制, 只对几种主要的荒漠植物群落下的花粉进行了分析, 得出大致的规律性, 要反映整体规律性, 还需加大样本数量, 作进一步的研究。花粉排序分类结果与地上植物群落和环境具有一致的规律性, 但就花粉特征值 (百分含量) 而言, 其与相应地上植物群落的关系研究 (如组成的相似性、花粉的代表程度等) 有待进一步开展。



致谢：中国科学院西北高原生物研究所的周兴民先生参与样品采集和标本鉴定，河北师范大学资源与环境科学学院许清海先生进行了花粉鉴定，中国科学院地理科学与资源研究所郑度先生对文章写作进行了悉心指导，在此表示感谢！

## 参考文献：

- [ 1 ] Kari Loe Hjelle. Modern pollen assemblages from mown and grazed vegetation types in western Norway. Review of Palaeobotany and Palynology, 1999, 107: 55 ~ 81.
- [ 2 ] 钟巍,等. 塔里木盆地南缘尼雅剖面的孢粉组合与环境. 2001, 20(1): 91 ~ 96.
- [ 3 ] 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.
- [ 4 ] H S Pardoe. The representation of taxa in surface pollen spectra on alpine and sub-alpine glacier forelands in southern Norway. Review of Palaeobotany and Palynology, 2001, 117: 63 ~ 78.
- [ 5 ] Katsuya Gtanda, Takeshi Nakagawa, Pavel Tarasov, et al. Biome classification from Japanese pollen data: application to modern-day and Late Quaternary samples. Quaternary Science Reviews, 2002, 21: 647 ~ 657.
- [ 6 ] Caroline P. Davies, Patricia L. Fall. Modern pollen precipitation from an elevational transect in central Jordan and its relationship to vegetation. Journal of Biogeography, 2001, 28: 1195 ~ 1210.
- [ 7 ] Kari Loe Hjelle. Relationships between pollen and plants in human-influenced vegetation types using presence-absence data in western Norway. Review of Palaeobotany and Palynology, 1997, 99: 1 ~ 16.
- [ 8 ] 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.
- [ 9 ] B A S Davis, S Brewer, A C Stevenson et al. The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. Quaternary Science Reviews, 2003, 22: 1701 ~ 1716.
- [ 10 ] 孙湘君,杜乃秋,翁成郁,等. 新疆玛纳斯湖盆周围近 14000 年以来的古植被环境. 第四纪研究, 1994(3): 239 ~ 248.
- [ 11 ] 翁成郁,孙湘君,陈因硕. 西昆仑地区表土花粉组成特征及与植被的数量关系. 植物学报, 1993, 35(1): 69 ~ 79.
- [ 12 ] 康安,朱筱敏,韩德馨,等. 柴达木盆地第四纪孢粉组合及古气候波动. 地质通报, 2003, 22(1): 12 ~ 15.
- [ 13 ] 张金屯. 植被数量生态学方法. 北京: 科学技术出版社, 1995. 97, 101, 139.
- [ 14 ] 周兴民,王质彬,杜庆,编著. 青海植被. 西宁: 青海人民出版社. 1987. 83, 92.
- [ 15 ] 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队. 内蒙古植被. 北京: 科学出版社, 1985. 805 ~ 811.
- [ 16 ] 中国科学院新疆综合考察队. 植物研究所. 新疆植被及其利用. 北京: 科学出版社, 1978. 210 ~ 211.
- [ 17 ] 中国植被编辑委员会. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1989. 25 ~ 31.
- [ 18 ] 张妙弟. 准噶尔盆地南缘的芨芨草群落及其指示意义. 地理学报, 1965, 31(4): 321 ~ 335.
- [ 19 ] 李世英,等. 柴达木盆地植被与土壤调查报告. 北京: 科学出版社, 1989. 25 ~ 31.
- [ 20 ] 杜庆,孙世洲. 柴达木盆地植被考察简况. 植物生态学与地植物学丛刊, 1981, 5(1): 77 ~ 78.
- [ 21 ] 周立华,孙世洲,陈桂琛,等. 青海省植被图(1:1 000 000). 北京: 中国科学技术出版社, 1990. 23 ~ 24.
- [ 22 ] 周兴民,王质彬,杜庆. 青海植被. 西宁: 青海人民出版社, 1987. 65 ~ 66.
- [ 23 ] 陈桂琛,彭敏. 青海省芨芨草原的群落特征及其分布规律. 西北植物学报, 1993, 13(2): 154 ~ 162.
- [ 24 ] 王金亭. 青藏高原高山植被的初步研究. 植物生态学与地植物学学报, 1988, 12(2): 81 ~ 90.
- [ 25 ] 中国植被编委会. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980.
- [ 26 ] 彭敏,陈桂琛,黄荣福. 青藏高原高寒植被的若干理论问题. 高原生物学集刊, 1997, 13: 97 ~ 106.
- [ 27 ] Ann P. El-Moslimany. Ecological significance of common nonarborescent pollen: examples from dryland of the Middle East. Review of Palaeobot. & Palynol., 1990, 64: 343 ~ 350.
- [ 28 ] Wright H E, J H McAndrews, W Van Zeist. Modern pollen rain in Western Iran, and its relation to plant geography and Quaternary vegetational history. J. Eco., 1967, 55: 415 ~ 443.
- [ 29 ] 阎顺,许英勤. 新疆阿勒泰地区表土孢粉组合. 干旱区研究, 1989, (1): 26 ~ 33.

## A study on topsoil pollens in the east of Qaidam Basin

CHEN Hui<sup>1,3</sup>, LV Xin-miao<sup>1</sup>, LI Shuang-cheng<sup>2</sup>

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

3. Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China)

**Abstract :** The features of pollen assemblages are dealt with in this paper using the methods of DCA and correlation analysis. Altogether 23 samples taken from topsoils at 8 sites in the east of Qaidam Basin are studied. In this study area, pollen taxa are mainly shrubs and herbs, whose total percentage is 92.77 % ~ 100 %. Pteridophyta pollen is found in 5 samples, but the percentage is quite low, only less than 0.38 %. This pollen assemblage clearly shows the characteristics of obvious desert and steppe desert area without trees.

In the pollens of shrubs and herbs, *Artemisia* and *Chenopodiaceae* dominate in desert area, being respectively about 40 % and 70 % in general and 66.38 % and 74.54 % at maximum. Comparatively, *Ephedra* is also commonly seen, whose percentage is usually less than 5 %, but in 6 samples the percentage is more than 10 % and 49.27 % at maximum. Gramineae and Compositae also occupy a certain percentage, the maximum may reach 10.6 % and 6.82 %.

Results of DCA and correlation analysis appear that the features of topsoil pollens in different vegetations are not the same. Different assemblages of pollens can be distinguished and are in accordance with corresponding vegetations and environments. According to the aridity, the vegetation communities are divided into four groups: severe drought group, moderate drought group, slight drought group and slight-drought-and-slight-wetness group and it is found that  $A/C$  (*Artemisia*/*Chenopodiaceae*) in the desert can indicate the aridity.  $A/C$  value is less 0.2 in the severe drought group, 0.2 ~ 0.5 in the moderate drought group, 1.63 in the slight drought group and 5.72 in the slight-drought-and-slight-wetness group with aridities being 8.96, 3.00, 2.98 and 2.82 respectively.

**Key words :** East Qaidam Basin; topsoil pollen; DCA; correlation analysis;  $A/C$  (*Artemisia*/*Chenopodiaceae*)