

东祁连山表土花粉组合及其数量特征

吕新苗¹, 陈辉^{1,2}, 李双成³, 郑度¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 河北师范大学, 河北 石家庄 050016;
3. 北京大学城市与环境学系, 北京 100871)

摘 要:应用 TWINSpan 分类和 DCA 排序对东祁连山地区 7 个不同植被类型的表土花粉组合及其与环境的关系进行定量研究。表土花粉类型可分为 3 组: Group1 为花粉产量大的本地花粉, 可较好地反映当地植被的特征; Group2 为产量小的本地花粉, 反映植被特征较差; Group3 为外来花粉, 在土壤地层中较常见。样地排序结果可划分出 6 个组: (1) 山地草原化荒漠, (2) 青海云杉林, (3) 祁连圆柏林, (4) 金露梅灌丛, (5) 矮嵩草草甸, (6) 小嵩草草甸, 各组具有不同的花粉组合特征; 但山杨-白桦林可能是由于花粉自身和花粉保存等原因, 花粉组合无突出特征, 难以区分。海拔高度和干燥度是影响表土花粉和植被分布的重要因素。藜科/蒿属(C/A)、木本花粉/非木本花粉(AP/NAP)随植被变化也反映出与植被分布的一致性。

关键词:表土花粉; 花粉组合; 数量特征; 分类和排序; 东祁连山

中图分类号: Q948.15

文献标识码: A

目前, 人们越来越多地依据第四纪沉积物中的孢粉组合推断沉积时期的植被, 从而论证气候和环境。现代植被与表土花粉的关系是准确恢复历史时期植被的基础和参照物, 但由于花粉在生产、传播、保存等方面受许多因素的影响, 花粉与植被的关系很复杂, 给第四纪古植被、古环境的重建增加了困难。为解决这一问题, 人们对植被表土、湖底表面沉积物及空中漂浮的花粉进行分析, 以期建立花粉-植被间的定性或定量的对比关系^[1-3]。国内对森林植被与表土花粉的关系研究较多^[4-11], 近年来也曾对草原、森林和草原的过渡带以及荒漠植被的表土花粉进行过探讨, 研究区域主要涉及阿尔泰山^[12]、天山^[13,14]、昆仑山^[15]和内蒙古^[16-18]。本文基于祁连山东部植被样方调查和表土花粉资料, 引入生态学中广泛应用的 TWINSpan 分类和 DCA 排序, 定量研究不同群落类型下表土花粉的组合特征。

1 研究区概况及研究方法

祁连山东段地处青藏、蒙新、黄土三大高原交汇地带, 大约介于 36°20'~39°40'N, 98°10'~103°E^[19]。山系南北两翼具有明显的不对称性, 南坡地势变化和缓, 北坡陡峭, 海拔落差大。此外, 山间盆地和纵谷广泛发育。海拔一般为 1 500~5 500 m。主要河流有黑河、大通河、湟水和庄浪河等。年平均温度一般为 -3.0℃ 以上; 与祁连山西段相比, 年降水量稍多, 而年蒸发量相对较少, 表现出相反的趋势^[20]。由于复杂的地形地貌特征, 气候和植被也表现出多样性及垂直分异。

工作主要沿张掖-民乐-祁连-俄博-门源进行。南北跨越 300 km 余, 涉及 7 种主要植被类型: 山前草原化荒漠、青海云杉林、祁连圆柏林、小嵩草草甸、矮嵩草草甸、金露梅灌丛、山地桦杨林。野外调查采用全球定位系统(GPS)精确定位, 选取 22 个

收稿日期(Received date): 2003-08-11; 改回日期(Accepted): 2003-12-05.

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金重点项目(40331006)、国家重点基础研究发展规划项目(G1998040800)。[Supported by the National Key Project Research on Tibetan Plateau(40331006 and G1998040800).]

作者简介(Biography): 吕新苗(1976-), 女, 河南南阳人, 博士生, 主要从事自然地理与全球变化区域响应研究。[Lv Xinmiao, female, born in Aug. 1976 in Henan, PH.D candidate of Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, specialized in physical geography and regional response of global changes. Email: lvxm@igsnrr.ac.cn]

取样点(表 1)。每个样方分别按乔、灌、草记录植物种名、盖度(乔木层为郁闭度)、多度、高度及其生境特征。植被调查的同时,按梅花点状法在样方中取

表土花粉样品。花粉提取采用常规的酸碱处理和重液浮选方法,一般每个样品鉴定统计 200~300 粒花粉。

表 1 东祁连山表土花粉采样地的基本特征

Table 1 Site information for the modern pollen samples from Eastern Qilian Mountains

样地 Site name	样地编号 Site no.	纬度 Lat. (N)	经度 Long. (E)	海拔高度 Elev. (m)	植被 Vegetation
民乐	S1-S3	38.71	100.67	1 700	温性荒漠
张掖	S4-S6	38.72	100.39	1 750	温性荒漠
祁连	S7-S9	38.15	100.24	2 800	寒温性常绿针叶林
青洋沟	S10-S2	38.16	100.43	3 150	寒温性常绿针叶林
俄博	S13-S15	37.96	100.91	3 310	高寒草甸
海北站	S16-S18	37.61	101.28	3 200	高寒草甸
干柴滩	S19-S21	37.65	101.35	3 320	高寒灌丛
门源	S22	37.14	101.57	2 810	落叶阔叶林

2 不同植被类型的表土花粉组合

东祁连山植被分布的最大特点是垂直分异明显

(图 1)^[19-21]。植物样方中共有高等植物 88 种,分属于 25 科,67 属;表土样品中共分析鉴定出 51 个科属花粉类型。不同植被带花粉组合特征如下(图 2)。

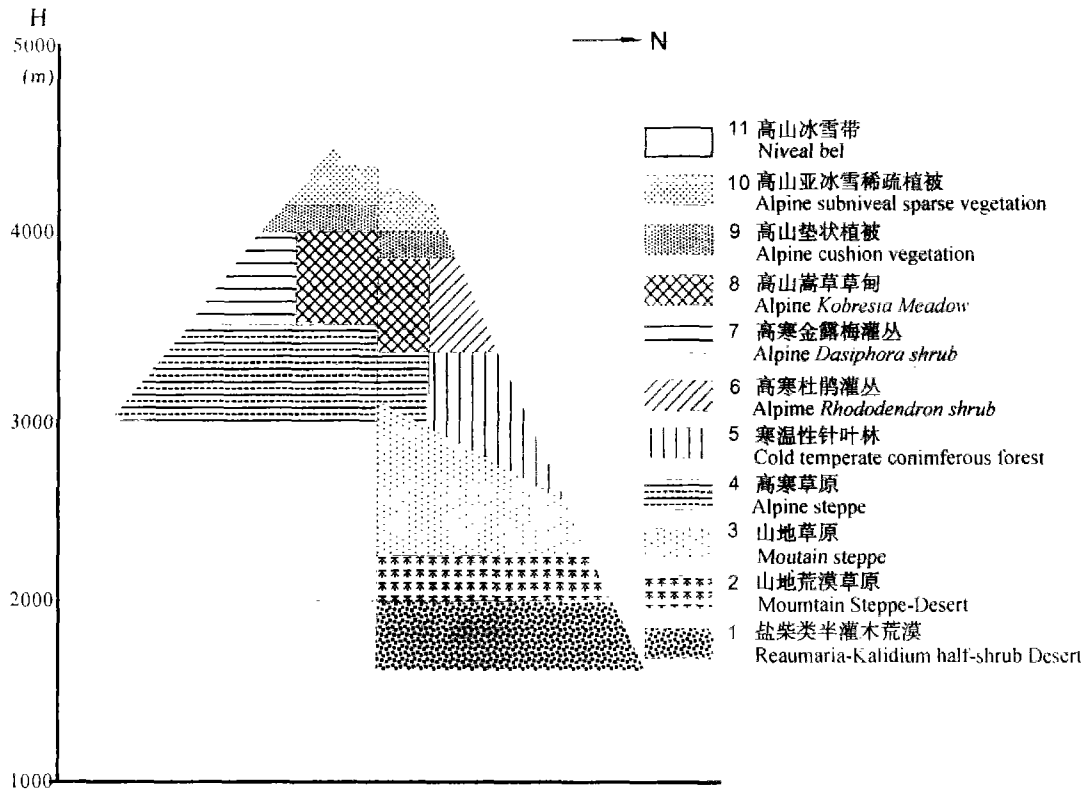


图 1 东祁连山植被垂直分带图(引自中国植被,1983^[19])

Fig. 1 Sketch of vertical vegetation zones in Eastern Qilian Mountains(from China Vegetation, 1983^[19])

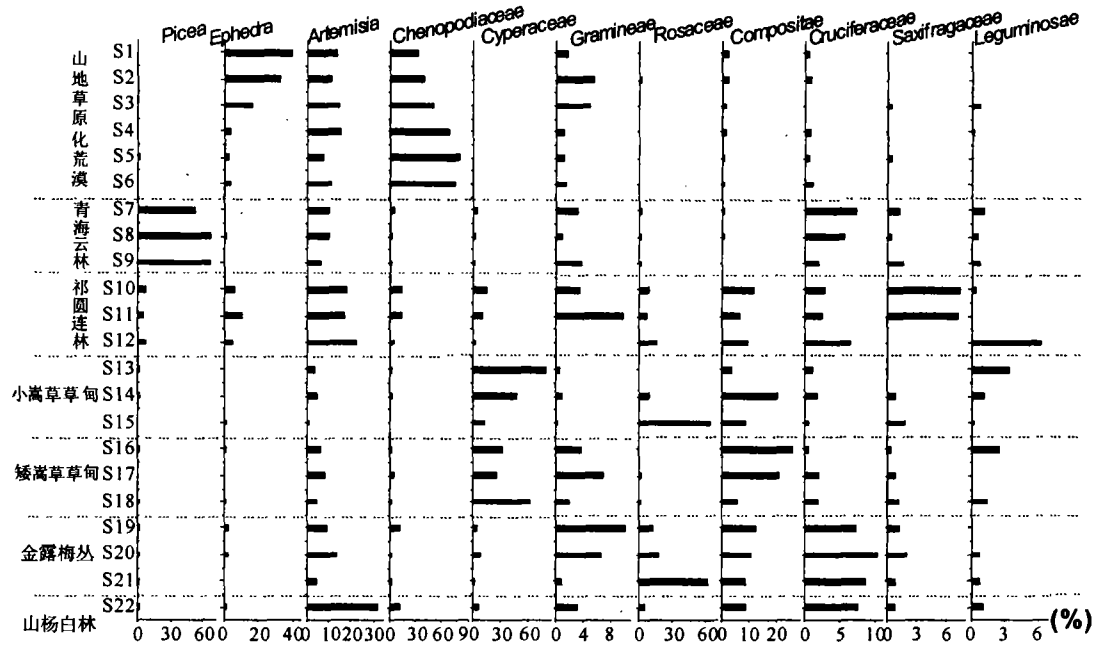


图 2 东祁连山表土花粉百分比图式

Fig.2 Diagram of surface pollen percentage in Eastern Qinlian Mountains

2.1 山地草原化荒漠

山地草原化荒漠分布于东祁连山北坡,海拔 1 500~1 800 m 的低山地带,是北坡植被垂直带的基带。植物生长稀疏,群落盖度 10%~25%。以藜科的合头草 (*Sympegma regelii*)、琵琶柴 (*Reaumuria soongorica*) 组成建群层片,伴生灌木有珍珠猪毛菜 (*Salsola passerina*)、戈壁紫菀 (*Asterothamnus centrali-asiaticus*)、麻黄 (*Ephedra przewalskii*)、草本层以直径蒿 (*Artemisia edgeworthii*) 和三芒草 (*Aristida adscensionis*) 为主,伴生雾冰藜 (*Bassia dasyphylla*)、狗尾草 (*Setaria viridis*)、黑穗画眉草 (*Eragrostis nigra*)、糙叶黄芪 (*Astragalus scaberimus*)。花粉组合中草本占优势,平均含量 76.3%,木本植物花粉 23.6%,蕨类孢子 0.1%。草本花粉以藜科 (*Chenopodiaceae*) 为主,平均 57.2%,其次蒿 (*Artemisia*) 12.1%、禾本科 (*Gramineae*) 2.7%、菊科 (*Compositae*) 1.3%、毛茛科 (*Ranunculaceae*) 1%,还有少量的旋花科 (*Convolvulaceae*)、十字花科 (*Cruciferae*)、唇形科 (*Labiatae*)、蓼科 (*Polygonaceae*)、蔷薇科 (*Rosaceae*)、莎草科 (*Cyperaceae*)、荨麻科 (*Urticaceae*)、石竹科 (*Caryophyllaceae*)、豆科 (*Leguminosae*)、虎儿草科 (*Saxifragaceae*)、唐松草 (*Thalictrum*)、伞形科 (*Umbelliferae*)、龙胆科 (*Gentianaceae*),共占 4.3%。灌木主要有麻黄属 (*Ephedra*, 16.3%),其次是怪柳 (*Tamarix*,

2.1%)、白刺 (*Nitraria*, 1%),少量的沙棘 (*Hippophae*)、虎榛子 (*Ostryopsis*) 和绣线菊 (*Spiraea*)。乔木花粉有云杉 (*Picea*)、冷杉 (*Abies*)、松 (*Pinus*)、桦 (*Betula*) 等,含量不足 1%。整个花粉组合藜科花粉占绝对优势 (40.5%~70%)。

2.2 青海云杉林

分布在海拔 2 500~3 200 m 的山地阴坡。群落结构简单、层次分化明显。乔木以耐低温干旱的青海云杉 (*Picea crassifolia*) 为建群种,郁闭度 0.6~0.8。林下灌木稀疏,无明显优势种,常见的种类有银露梅 (*Dasiphora glabra*)、金露梅 (*Dasiphora fruticosa*)、冰川茶藨子 (*Ribes glaciale*)、箭叶锦鸡儿 (*Caragana jubata*)、多花梣子 (*Cotoneaster multiflorus*)、刺毛忍冬 (*Lonicera hispida*)、天山花椒 (*Sorbus tianschanica*) 等,盖度 20% 左右。草本层以禾本科和莎草科为主,常见的有垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)、青藏苔草 (*Carex moorcroftii*)、早熟禾 (*Poa annua*)。花粉组合中木本花粉占绝对优势,平均 69.2%,草本花粉 30.8%。乔木以云杉为主 (61.4%),其次是松 (1.1%),少量的柳 (*Salix*)、桦和冷杉。灌木主要有蔷薇科 (1.9%)、胡颓子科 (*Elaeagnaceae*, 1.7%)、白刺 (0.8%)、沙棘 (0.7%)、麻黄 (0.7%)、怪柳科 (0.3%)。草本层以蒿属为主 (9%)、其次是十字花科 (1.8%)、藜科 (1.8%)、禾本科 (2.6%)、莎草科 (2.3%)、毛茛科 (1.5%)、虎耳草

科(1%),还有少量的豆科、鸢尾科(Iridaceae)、菊科、伞形科、唇形科、龙胆科、蓼科、瑞香科(Thymelaeaceae)、石竹科和旋花科,共占4.7%。花粉组合中以云杉花粉含量高为特征,并且明显高于其他样品中的云杉花粉浓度,其次为蒿,其他花粉含量不大。

2.3 祁连圆柏林

分布在海拔2 000~3 600 m(3 500 m)山地半阴坡或阳坡。乔木层以耐寒的祁连圆柏(*Sabina przewalskii*)为建群种,多为纯林,郁闭度0.5左右。组成灌木层植物种类较少,常见的有狭叶鲜卑花(*Sibiraea angustata*)、金露梅、银露梅,盖度3%~10%。林下草本以旱生和旱中生植物为主,盖度20%左右,以珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、苔草为优势种,伴生有早熟禾、唐古草、垂穗披碱草。花粉组合以草本为主(70.9%),木本占28.7%,蕨类孢子少量(0.4%)。乔木中未见到圆柏花粉,而是以云杉为主(6.1%),含少量松(1.0%)。灌木以蔷薇科为主(10.1%),其次为麻黄(9.1%)、胡颓子科(3.6%)、虎榛子(0.7%)。草本以蒿(19%)和藜科(10.6%)为主,其次是莎草科(9.2%)、菊科(9.1%)、虎耳草科(4.8%)、禾本科(4.4%)、十字花科(3.8%)、豆科(2.2%)、唇形科(2.2%)、伞形科(1.6%)、蓼科(1.2%),还有少量的石竹科、凤仙花科(Balsaminaceae)、龙胆科、茄科(Solanaceae)、茜草科(Rubiaceae)、毛茛科和百合属(Liliaceae)。

2.4 小嵩草草甸

主要占据海拔3 200~4 700 m间的山地阳坡、宽谷阶地和浑圆低丘,是森林带以上以及灌丛带和高原面的主要类型。以小嵩草(*Kobresia pygmaea*)为建群种,主要植物有禾本科、莎草科、菊科。花粉组合中草本占绝对优势(96.6%),木本花粉仅占3.3%,蕨类花粉极少,不足0.1%。草本花粉以莎草科为主(45.6%),其次是委陵菜(*Potentilla*, 20.5%)、菊科(10.6%)、蒿(3.4%)、蔷薇科(3.4%)、茄科(2.5%)、豆科(1.6%)、藜科(1.6%)、伞形科(1.1%)、十字花科(1%),其他还有石竹科、虎耳草科、唇形科、禾本科、毛茛科、龙胆科、玄参科(Scrophulariaceae)、堇菜科(Violaceae)、蓼科、茜草科和五加科(Araliaceae),共占5.2%。木本花粉中乔木有云杉、松、山茱萸科(Cornaceae),共占1.1%;灌木花粉有麻黄、白刺、沙棘、虎榛子、文冠果(*Xanthoceras*),共占2.2%。

2.5 矮嵩草草甸

分布在海拔3 200~4 500 m排水良好的滩地、坡麓和山地半阴半阳坡,典型的高寒草甸,青藏高原高寒草甸的主体。以矮嵩草(*K. humilis*)为建群种,群落结构简单,但成分复杂。群落总盖度70%~85%,伴生种有早熟禾、小嵩草、青藏苔草、洽草(*Koeleria cristata*)、黄芪(*Astragalus*)、甘肃棘豆(*Oxytropis kansuensis*)、异叶米口袋(*Gueldenstaedtia diversifolia*)、美丽风毛菊(*Saussurea superba*)。花粉组合以草本为主(87.7%),木本花粉占12.2%,蕨类孢子不足0.1%。草本花粉以莎草科(39.6%)和菊科(17.5%)为主,其次为蒿(6.4%)、唇形科(4.9%)、禾本科(4.2%)、藜科(3.3%)、龙胆科(1.9%)、鸢尾科(1.6%)、豆科(1.4%)、蓼科(1.4%)、十字花科(1.4%)、毛茛科(1.2%),还有少量的虎耳草科、马先蒿(*Pedicularis*)、石竹科、伞形科、大戟科(Euphorbiaceae)、委陵菜,共2.9%。乔木花粉有少量的松、冷杉、云杉、山茱萸科,共6%。灌木花粉主要有沙棘、麻黄、虎榛子、白刺、胡颓子科、鼠李科(Rhamnaceae),共6.3%。

2.6 高寒金露梅灌丛

分布在海拔3 200~3 700 m的山地阴坡、半阴坡、平缓阶地、坡麓和河谷地区。金露梅为建群种,盖度60%~80%,伴生高山绣线菊、箭叶锦鸡儿。草本层以寒冷中生植物为主,主要有火绒草(*Leontopodium leontopodioides*)、马先蒿、羊茅(*Festuca ovina*)、早熟禾、苔草等。花粉组合草本略高于木本,分别为59.0%、40.9%,蕨类孢子不足0.1%。灌木以金露梅为主(30.2%)、其他类型含量很少,胡颓子、麻黄、虎榛子、白刺和绣线菊共5.8%。草本花粉以菊科(10.7%)和蒿(9%)为主,其次是十字花科(8.8%)、龙胆科(8.1%)、藜科(5.9%)、禾本科(5.9%)、莎草科(4.6%)、虎耳草科(1.3%),还有少量的石竹科、伞形科、蓼科、豆科、毛茛科、狼毒(*Stellera*)、旋花科、川断续科(Dipsacaceae)、马先蒿,共4.6%。乔木花粉主要有松、云杉和桦,共4.8%。

2.7 山杨白桦混交林

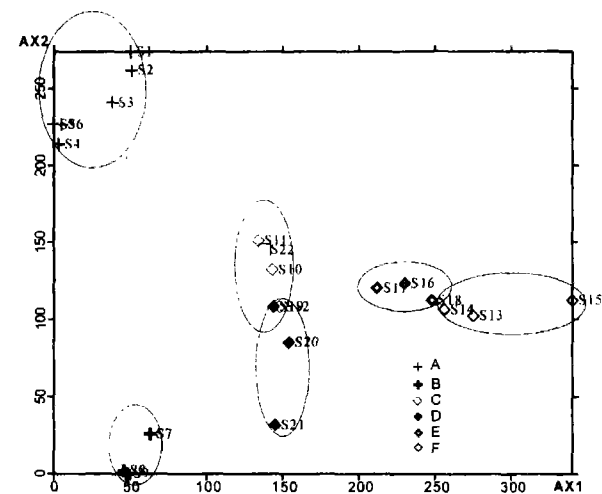
山杨白桦混交林是云杉林和松林破坏后自然更新起来的次生类型,主要分布在海拔1 800~3 600 m山地阴坡。乔木层以山杨、白桦为优势种类,郁闭度0.2~0.3;林下灌木盖度可达20%,主要有刺毛忍冬、多花梾子、沙棘;草本以中生、旱中生为主,

高度的差异是决定样地分布的最重要因素。这与植被的垂直分布规律是一致的。

重要的指示意义。

4 花粉比值随植被带的变化

本区的优势花粉类型为藜科、蒿属和莎草科。据 EL-Moslimany (1990) 在中东地区的研究^[22], 藜科和蒿属花粉组合与干旱程度相关。藜科花粉在干旱区占优势, 而在半干旱环境中, 蒿属花粉占优势。本研究也发现了这一趋势, 从荒漠-寒温性针叶林-高寒灌丛、草甸, 逐渐湿润, 所含藜科花粉逐渐降低; 藜科花粉的百分含量与降水量成反比。而蒿属花粉随湿度增大的趋势并不明显, 这与西昆仑山的研究结果^[15] 颇为相似。从荒漠-寒温性针叶林-高寒灌丛、草甸, C/A(藜/蒿)呈逐渐减少趋势, 最大值在荒漠带, 最小值在高寒草甸。C/A 与干燥度的相似系数达 0.759(表 2), 表明 C/A 与干燥程度是密切相关的。



A. 山地草原化荒漠 Mountain steppe-desert; B. 青海云杉林 *picea crassifolia* forest; C. 祁连圆柏林 *Sabina przewalskii* forest; D. 金露梅灌丛 *Dasiphora fruticosa* shrub; E. 矮嵩草草甸 *Kobresia humilis* meadow; F. 小嵩草草甸 *Kobresia pygmaea* meadow

图 4 东祁连山表土花粉样地的 DCA 排序

Fig. 4 The ordination of DCA for surface pollen sample sites in Eastern Qilian Mountains

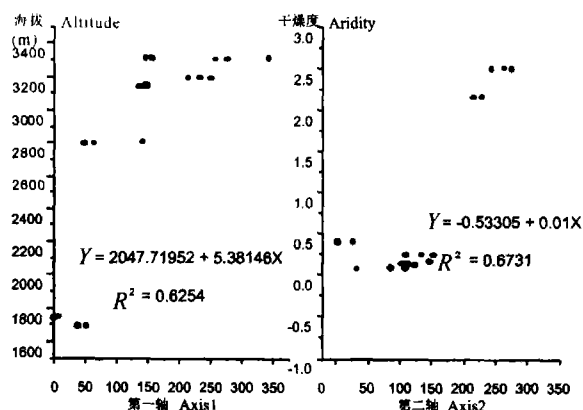


图 5 DCA 排序轴的位置与海拔高度、干燥度的回归分析

Fig. 5 Regression analysis between position on DCA ordination axes and elevation and aridity

在 DCA 第 2 轴 AX2 上, 云杉林、桦杨林、圆柏林、高寒灌丛、高寒草甸、荒漠植被是按小到大的顺序排列的, 这个系列反映了植被类型逐渐干燥的趋势。AX2 轴排序值与干燥度的相关系数可达 0.8204(见图 5), 排序值的大小反映了当地植被的干燥程度。

以上分析表明, 东祁连山地区不同植被类型花粉组合具有不同的综合特征, 这对古植被性质具有

表 2 C/A、干燥度、年降水量和藜科 % 的相关系数

Table 2 Correlation between C/A and aridity, annual precipitation and Chenopodiaceae pollen %

相关系数	藜/蒿 C/A	干燥度 Aridity	年降水量 Annual Precipitation	藜科 % Chenopodiaceae %
C/A	1.000	0.759**	-0.747**	0.932**
干燥度	0.759**	1.000	-0.959**	0.876**
年降水量	-0.747**	-0.959**	1.000	-0.846**
藜科 %	0.932**	0.876**	-0.846**	1.000

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

5 结论

1. 东祁连山为高海拔地区, 花粉类型以藜、蒿、莎草科、蔷薇科、菊科、十字花科、禾本科等草本类型为主, 与该区广泛分布的植物是吻合的。

2. 花粉分类结果表明, 表土花粉可以划分为三组: Group1 为花粉产量大的本地花粉, 能较好地反映植被面貌; Group2 为产量小的本地花粉, 所代表的植物在群落中经常出现, 但这类植物分布有限, 不能很好的反映植被; Group3 为产量小的外来花粉, 基本上没有植物母体分布。

3. 样地排序结果很好地反映了现代植被与环境之间的相互关系。决定东祁连山植物群落宏观分布格局的主导因子是海拔高度和干燥度, 不同的植

物群落沿这两个方向发生有规律的更迭。

4. 大部分表土花粉组合较好地反映了现代植被的整体特征,它们在植被类型、空间排列、主要建群种属和优势种属等方面基本一致。C/A、AP/NAP表明,花粉比值变化与植被带变化一致。

致谢:孢粉鉴定由河北师范大学许青海研究员、河北地理研究所丁小兰工程师完成;中国科学院西北高原生物所周兴民研究员、沈镇西博士参加了野外工作;成文中许青海研究员、中国科学院地理科学与资源研究所戴君虎副研究员、北京大学城市与环境学院李宜垠副教授给予了有益的建议和帮助。特此致谢!

参考文献(References):

- [1] Davis. W.B. On the theory of pollen analysis[J]. *Amer. J. Sci.*, 1963, 261: 897~912.
- [2] Parson. R.W., Prentice I.C. Statistical approaches to R-value and the pollen-vegetation relationship [J]. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 1981, 32: 127~152.
- [3] Tinsley. H.M., Smith R.T. Surface pollen studies across a woodland/health transition and their application to the interpretation of pollen diagrams[J]. *New Phytol.*, 1973, 73: 547~565
- [4] Wu Yushu, Sun Xiangjun. Numerical characteristics between surface pollen and vegetation in the forest of Xi Mountain, Kunming [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1987, 29(2): 204~211. [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[J]. 植物学报, 1987, 29(2): 204~211.]
- [5] Sun Xiangjun, Wu Yushu. Modern pollen rain in Needle-Broad Leaved Mixed Forest of Changbai Mountain [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1988, 30(5): 549~557. [孙湘君, 吴玉书. 长白山针阔叶混交林的现代花粉雨[J]. 植物学报, 1988, 30(5): 549~557.]
- [6] Yao Zuju. Surface pollen analysis in Zhongtiao Mountain [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1989, 44(4): 469~477. [姚祖驹. 山西中条山地区表土花粉分析[J]. 地理学报, 1989, 44(4): 469~477.]
- [7] Zhou Kunshu, Yan Fuhua, Ye Yong-hua *et al.* Surface assemblage of vegetation belts in the northern slope of Changbai Mountain [A]. In: See Shi Ya-feng. Climate and environment change and hydrological and geological conditions of the Quaternary Period in Chai-wopu Basin, Xinjiang [C]. Beijing: Sea Press, 1990: 46~72. [周昆叔, 严富华, 叶永华等. 长白山北坡各植被带表土花粉组合 [A]. 见: 施雅风. 新疆柴窝堡盆地第四纪气候环境变迁及水文地质条件 [C]. 北京: 海洋出版社, 1990: 46~72.]
- [8] Li Wenyi, Yao Zuju. A study on the quantitative relationship between pinus pollen in surface sample and *Pinus* vegetation [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1990, 32(12): 943~950. [李文漪, 姚祖驹. 表土中松属花粉与植物间数量关系的研究[J]. 植物学报, 1990, 32(12): 943~950.]
- [9] Li Wenyi. Relationships between pollen and plant of the *Abies Far-gesii* forest and its succession in the Shennongjia Mountain [J]. *Acta Geographic Sinica*, 1991, 46(2): 186~194. [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[J]. 地理学报, 1991, 46(2): 186~194.]
- [10] Yu Ge, Han Huiyou. A preliminary palynological study of the surface soils of modern vegetation in the Zijin Mt., Nanjing [J]. *Acta phytocologica Sinica*, 1995, 19(1): 79~84. [于革, 韩辉友. 南京紫金山现代植被表土孢粉的初步研究[J]. 植物生态学报, 1995, 19(1): 79~84.]
- [11] Li Yiyin, Zhang Xinshi, Zhou Guangsheng. Study of quantitative relationships between vegetation and pollen in surface samples in the eastern forest area of northeast China transect [J]. *Acta Botanica Sinica*, 2000, 42(1): 81~88. [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[J]. 植物学报, 2000, 42(1): 81~88.]
- [12] Yan Shun, Xu Yingqin. Spore-pollen association in surface-soil in Altay, Xijiang [J]. *Arid Land Research*, 1989, 6(1): 26~33. [阎顺, 许英勤. 新疆阿勒泰地区表土孢粉组合[J]. 干旱区研究, 1989, 6(1): 26~33.]
- [13] Yan Shun, Jia Baoquan, Xu Yingqin. Vegetation and surface pollen in the headwater area of Urumqi [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1996, 18(supplement): 264~273. [闫顺, 贾宝全, 许英勤. 乌鲁木齐河源区植被及表土花粉[J]. 冰川冻土, 1996, 18(增): 264~273.]
- [14] Xu Yingqin, Yan shun, Jia Baoquan *et al.* Numerical relationship between the surface spore-pollen and surrounding vegetation on the Southern Slope of Tianshan Mountains [J]. *Arid Land Geography*, 1996, 19(3): 24~30. [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[J]. 干旱区地理, 1996, 19(3): 24~30.]
- [15] Weng Chengyu, Sun Xiangjun, Chen Yinshuo. Numerical characteristics of pollen assemblages of surface samples from the west Kunlun Mountains [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1993, 35(1): 69~79. [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[J]. 植物学报, 1993, 35(1): 69~79.]
- [16] Wang Bengyu, Song Changqing, Sun Xiangjun. Study on surface pollen in middle Inner Mongolia, China [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1996, 38(11): 902~909. [王 瑜, 宋长青, 孙湘君. 内蒙古中部表土花粉研究[J]. 植物学报, 1996, 38(11): 902~909.]
- [17] Tong guobang, Yang xiangdong, Wang sumin *et al.* Spore-pollen dissemination and quantitative character of surface sample of Man Zhouli-Da Yangshu Region [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1996, 38(10): 814~821. [童国榜, 羊向东, 王苏民, 等. 满洲里-大杨树一带表土孢粉的散布规律及数量特征[J]. 植物学报, 1996, 38(10): 814~821.]
- [18] Li Yiyin, Zhang Xinshi, Zhou Guangsheng. Numerical relationship between some common surface pollen and vegetation in the North of China [J]. *Science Bulletin*, 2000, 45(7): 761~765. [李宜垠, 张新时, 周广胜. 中国北方几种常见表土花粉类型与植被的数量关系[J]. 科学通报, 2000, 45(7): 761~765.]
- [19] Editorial Board of China Vegetation. China Vegetation [M]. Beijing: Science Press, 1980: 1000~1004. [中国植被编辑委员会. 中国植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1980: 1000~1004.]

- [20] Chen Guichen, Peng Min, Huang Rongfu *et al.* Vegetation characteristics and its distribution of Qilian Mountain region[J]. *Acta Botanica Sinica*, 1994, 36(1):63~72. [陈桂琛, 彭敏, 黄荣福, 等. 祁连山地区植被特征及其分布规律[J]. 植物学报, 1994, 36(1):63~72.]
- [21] Zhou Xingmin, Wang Zhibin, Du Qing. Qinghai Vegetation[M]. Xining: People's Publishing House of Qinghai, 1987:100~108. [周兴民, 王质彬, 杜庆. 青海植被[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1987:100~108.]
- [22] E L-Moslinmany, A.P. Ecological significance of common nonar-boreal pollen: examples from dryland of the Middle East [J]. *Rev. Palaeobot. & Palynol.* 1990, 64:343~350.
- [23] Campbell I.D. Experimental mechanical destruction of pollen grains [J]. *Palynology*, 1991, 15: 29~33.
- [24] Campbell I.D. Pollen preservation: experimental wet-dry cycles in saline and desalinated sediments[J]. *Palynology*, 1994, 18:5~10.
- [25] Campbell I.D. Quaternary pollen taphonomy: examples of differential redeposition and differential preservation [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1999, 149: 245~256.

Surface Pollen Assemblages and Quantitative Characteristics in Eastern Qilian Mountains

Lü Xinmiao¹, CHEN Hui^{1,2}, LI Shuangcheng³, ZHENG Du¹

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

2. College of Resources and environment, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China;

3. College of Urban and Environment of Beijing University, Beijing 100871, China)

Abstract: A total of 22 surface pollen samples from seven types of vegetation have been collected in eastern Qilian Mountains in the northeast of Qinghai-Tibet Plateau. Pollen percentages and pollen concentrations are calculated in all samples. The dominant pollen types in the region are Chenopodiaceae, Artemisia, Cyperaceae, Rosaceae, Compositae, Cruciferae, Gramineae, etc. In order to reveal the relationship between pollen composition and the vegetation type from which the soil samples have been collected, TWINSpan(Two-way Indicator Species Analysis) classification and DCA(Detrended Correspondence Analysis) ordination are employed on the pollen data. The surface pollen could be classified into three groups: Group 1 is the associative group which could accurately reflect the local vegetation; Group 2 is under-representative group in which have low pollen percentage outproportional to vegetation; Group 3 is an over-representative group in which pollen is easily obtainable in soil where plant directly grow from.

The study also shows that the six major vegetation types could be distinguished by pollen composition: *Picea crassifolia* forest, *Sabina przewalskii* forest, *Kobresia pygmaea* meadow, *Kobresia humilis* meadow, *Dasiphora fruticosa* shrub, except *Populus davidiana*-*Betula platyphylla* mixed forest because of the pollen characters and its deposit conditions. We also find, that it is the altitude and aridity that determine the distribution of the surface pollen and the vegetation. Besides, the pollen ratios of Chenopodiaceae/*Artemisia* (C/A) and Arboreal plant/Non-arboreal plant (AP/NAP) change accordingly with vegetation zones. Therefore, it will be possible to apply the module to reconstruct past vegetation and environment in this or other similar regions.

Key words: Surface pollen; pollen assemblage; quantitative character; classification and ordination; eastern Qilian Mountains