

新疆天山北坡地区中晚全新世古生物多样性特征

张 芸¹ 孔昭宸¹ 阎 顺² 杨振京^{1,3} 倪 健¹

(1 中国科学院植物研究所植被数量生态学重点实验室, 北京 100093)

(2 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

(3 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 河北正定 050803)

摘 要 选择新疆天山北坡不同海拔高度、不同植被带和不同沉积年代的大西沟、桦树窝子、小西沟、东道海子和四厂湖剖面计算孢粉复合分异度指数, 并根据已发表的有关文献中关于粒度、磁化率、烧失量等多项分析的数值整合结果探讨了本区中晚全新世以来生物多样性的时空变化和环境特征。森林草原过渡带的古生物多样性远高于高山、亚高山草甸带和荒漠带, 孢粉复合分异度较高, 鉴定的孢粉科属数较多。3600 ~ 3200 aB. P.、1700 ~ 1400 aB. P.、1000 ~ 600 aB. P. 和 450 aB. P. 以来 4 个时段的生物多样性偏高。大西沟地区 3600 ~ 3200 aB. P. 期间和四厂湖地区中世纪期间气候均较湿润, 其古生物多样性也较高, 可见古环境演变和古生物多样性的动态变化具有相对一致性, 孢粉复合分异度指数在一定程度上可以反映气候与环境的变化。但由于孢粉鉴定的精确度较差、受外来花粉的干扰等多种因素影响, 使得孢粉多样性指数在反映生物多样性和古环境方面存在一定的偏差。

关键词 新疆天山地区 孢粉 Simpson 指数 古生物多样性 中晚全新世 植被带

PALAEO-BIODIVERSITY AT THE NORTHERN PIEDMONT OF TIANSHAN MOUNTAINS IN XINJIANG DURING THE MIDDLE TO LATE HOLOCENE

ZHANG Yun¹ KONG Zhao-Chen¹ YAN Shun² YANG Zhen-Jing^{1,3} and NI Jian¹

(1 Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

(2 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China)

(3 Institute of Hydrologic and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Zhengding, Hebei 050803, China)

Abstract Palaeo-biodiversity and environmental characteristics in the Mid- and Late Holocene were investigated in five profiles from Daxigou, Huashuwozi, Xiaoxigou, Dongdaohaizi and Sichanghu, which are located at different elevations and in different vegetation zones on the northern piedmont of Tianshan Mountains, Xinjiang. Selected profiles were located at three vegetation zones. The first was the alpine and subalpine meadow vegetation zone (2 700 – 3 400 m). Thirty-eight genera and families were identified in the Daxigou profile (3 450 m). Pollen Simpson index was 2.72 – 7.67 with a mean value of 4.84. The forest-steppe ecotone was from 1 200 – 1 600 m elevation. Forty-two pollen genera and families were identified in the Huashuwozi profile and 39 in the Xiaoxigou profile at this vegetation zone. The pollen Simpson index of Huashuwozi profile was 4.2 – 12.4 with a mean value of 7.8, and that of Xiaoxigou profile was 4.13 – 12.06 with a mean value of 6.89. The last two profiles were located in the typical desert zone (400 – 600 m). Thirty-two pollen genera and families were identified in Dongdaohaizi profile and 35 in Sichanghu profile. The pollen Simpson index of Dongdaohaizi profile was 1.8 – 18.8 with a mean value of 6.62. The pollen Simpson index of Sichanghu profile was 4.1 – 9.0 with a mean value of 5.55. These results showed that Holocene biodiversity and the pollen Simpson index were the highest in profiles from the desert-steppe vegetation zone.

Our analysis also showed that four periods (3600 – 3200 aB. P., 1700 – 1400 aB. P., 1000 – 600 aB. P., and 450 aB. P.) had the highest pollen Simpson index and highest biodiversity on the northern piedmont of Tianshan Mountains in Xinjiang. Thus, the pollen Simpson index reflects climatic and environmental changes to a certain extent. However, biases exist due to the influence of buried pollen assemblages, low precision in pollen identification - to genera and family levels only, influx of exotic pollen and human disturbances. Pollen that had low representation in the profiles was not taken into account in calculating the biodiversity index, which might underestimate overall palaeo-biodiversity. Due to different abilities of pollen disper-

收稿日期: 2004-11-24 接受日期: 2005-01-14

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (90102009)、中国科学院知识创新重大项目 (KZCX1-10-05) 和国家重点基础研究发展规划项目 (G1999043502)

E-mail: zhangyl@ibcas.ac.cn

sal and transportation, there is high spatial variation in the number of pollen taxa at different sites within the same research district. In addition, sediment composition, strata chronology and human activities have great impacts on pollen preservation, which also affect our ability to estimate palaeo-biodiversity.

All in all, this research showed that the pollen Simpson index is an important index of palaeo-biodiversity and the paleoenvironment, but more research is needed.

Key words Tianshan Mountains, Xinjiang, Pollen Simpson index, Paleo-biodiversity, The middle and Late Holocene, Vegetation zone

鉴于当前全球生物资源遭受到严重威胁及日益丧失的困境,生物多样性保护已成为世界普遍关注的研究热点。现代生物多样性是古代生物多样性的延续和发展,因此探讨过去生物多样性产生的原因、发展、过程及其影响应是揭示现代生物多样性形成的一把钥匙(陈灵芝和马克平,2001)。

古生态学主要关注过去的植物、动生物群和群落以及它们对环境变化的动态反映(Delcourt & Delcourt, 1991),它不仅是研究生态历史的有效工具,而且也给现代生态学家研究多样性提供较长的时间尺度,由于古生态学时间序列可以描述长期的和缓慢的环境变化引起的多样性变化,在研究中采用多点的技术路线,易于揭示景观尺度的长期变化对生物多样性的影响(Birks, 1986; Odgaard, 1999; 刘鸿雁, 2002),因此古生态学记录在恢复过去生物多样性中具有重要的作用。

尽管地层中取得的孢粉数据可以提供在自然环境状态下种群丰富度估算的本底值以及解释多样性变化的历史背景(Odgaard, 1999),但是孢粉数据的时间精度却无法和现代生态学相比,这是因为历经漫长时间,地层中能保存下来的化石孢粉仅是过去古植被很不完备的缩影,再加上孢粉鉴定的精确性较差,绝大多数只能鉴定到科属,孢粉类型多样性和植物类多样性之间差距甚远,因此定量评价过去生物多样性比较困难,但它仍然在定性研究过去生物多样性方面发挥着明显的作用(Paulay, 1994)。

国外一些学者通过计算化石花粉多样性的几个指数,利用孢粉数据从群落和景观尺度研究过去多样性的变化(Brayshay & Dinnin, 1999; Brown, 1999; Sadler, 1999; Skinner & Brown, 1999; Odgarrrd, 1999; Colinvaux & de Oliveira, 2001)。Birks 和 Line(1992)提出了孢粉丰富度指数;源于现代群落的多样性指数如Shanon-Weiner 指数也被用于计算化石花粉的多样性(刘鸿雁, 2002)。国内利用孢粉记录来探讨过去多样性的研究尚为数甚少(靳桂云和刘东生, 2001; 刘鸿雁, 2002),因此我们选择天山北坡不同海拔高度取得的 5 个中晚全新世剖面来计算孢粉复合分异度

指数,并尝试利用该指数来解释孢粉多样性,再结合粒度、磁化率、烧失量等多项分析的数值整合来探讨该区中晚全新世以来生物多样性变化和环境特征。

1 研究区概况和研究方法

研究区位于天山北麓中段部分,西起新疆塔城地区的乌苏市、东到昌吉州的木垒县,东西长约 500 km。天山北坡植被垂直带可分为高山座垫植被(> 3 400 m)、高山亚高山草甸带(3 400 ~ 2 700 m)、中山森林带(2 700 ~ 1 720 m)、森林草原过渡带(1 720 ~ 1 300 m)、半荒漠带(1 300 ~ 700 m)和典型荒漠带(< 700 m)(中国科学院新疆综合考察队和中国科学院植物研究所, 1978; 新疆森林编辑委员会, 1989)。研究区海拔 3 800 m 以上的区域多被冰雪覆盖、气候严寒。处于海拔 2 700 ~ 3 400 m 之间的植被为高山、亚高山草甸;在海拔 3 588 m 的大西沟气象站年均温为 -5.4 °C, 1 月均温 -15.9 °C, 7 月均温 4.7 °C, 年均降水量为 430.2 mm(朱诚和崔之久, 1992)。处于海拔 1 720 ~ 2 700 m 之间的植被为森林和草甸草原,阴坡以雪岭云杉(*Picea schrenkiana*)为主,下部混生桦(*Betula tianschanica*)、山杨(*Populus davidiana*)等树种;阳坡为草原和草甸草原(阎顺, 2002),气候凉爽湿润。海拔 1 720 ~ 1 300 m 的低山丘陵区,气候比较干旱,植被为草原和荒漠草原,石质山坡多有灌木丛。海拔在 1 300 ~ 450 m 之间的区域,气候温暖干旱,年均气温 4 ~ 7 °C, 年均降水量约 200 ~ 300 mm,自然植被以琵琶柴(*Reaumuria* spp.)和假木贼(*Anabasis* spp.)等荒漠植被为主。沙漠覆盖区,气候干旱少雨,植物为旱生和超旱生型,主要有白梭梭(*Haloxylon persicum*)、梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、怪柳(*Tamarix* spp.)、胡杨(*Populus diversifolia*)、沙拐枣(*Calligonum* spp.)、蒿(*Artemisia* spp.)、麻黄(*Ephedra* spp.)等(阎顺等, 2004b)。根据垂直植被带特点,选取不同海拔、不同植被带和不同沉积年代的 5 个沉积剖面进行研究,剖面位置见图 1 和表 1。

依据具有¹⁴C 测年所支持的孢粉和沉积相等分析结果,中晚全新世以来该地区的环境演变特征已

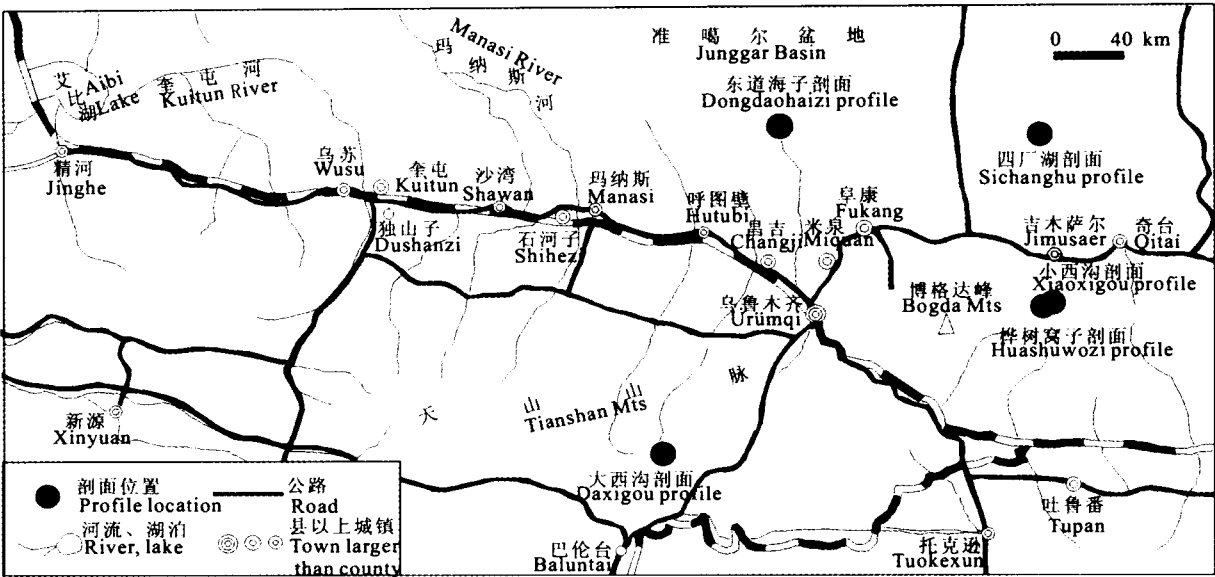


图 1 天山北坡孢粉采样位置示意图
Fig.1 Sketch map of pollen profiles at the northern piedmont of Tianshan Mountains

表 1 新疆天山北坡地区 5 个沉积剖面特征
Table 1 Five profiles at the northern piedmont of Tianshan Mountains in Xinjiang

剖面 Profile	纬度 Latitude (N)	经度 Longitude (E)	海拔高度 Altitude (m)	地貌 Geomorphology	植被带 Vegetation zone
大西沟 Daxigou	43°07'	86°51'	3 450	乌鲁木齐河源区 Source region of Ürümqi River	高山亚高山草甸带 Alpine and subalpine meadow
小西沟 Xiaoxigou	43°48.1'	89°7.3'	1 360	吉木萨尔县天山北坡的前山丘陵区 Outlying hill region at the northern piedmont of Tianshan Mountains, Jimusaer County	森林草原过渡带 Forest-steppe ecotone
桦树窝子 Huashuwozi	43°48.3'	89°8'	1 320	吉木萨尔县天山北坡的前山丘陵区 Outlying hill region at the northern piedmont of Tianshan Mountains, Jimusaer County	森林草原过渡带 Forest-steppe ecotone
四厂湖 Sichanghu	44°18'	89°08'	589	古尔班通古特沙漠东南缘丘间洼地 Intervale region at the Southeastern margin of the Gurbantunggut Desert	荒漠带 Desert
东道海子 Dongdaohaizi	44°41.8'	89°33.6'	430	乌鲁木齐河下游尾间湖泊 Marginal lakes region at the lower reach of Ürümqi River	荒漠带 Desert

得到较好的研究(阎顺,2002;阎顺等,2003a,2003b,2004a;Zhang *et al.*,2004;张芸等,2004)。

本文主要从孢粉复合分异度指数的角度来探讨中晚全新世以来生物多样性的时空动态变化特征及与人类活动、古环境之间的关系。

孢粉组合分异度通常指组合中分类单位(如属、种等)的多样性程度(徐馨等,1992),分为简单分异度和复合分异度,计算复合分异度使用较多的是 Simpson 指数。计算公式为:

$$D = \frac{N(N-1)}{\sum_{i=1}^S n_i(n_i-1)}$$

式中 *D* 为 Simpson 指数, *n_i* 为第 *i* 种(或其它分类单

元)的个体数, *N* 为总个体数, *S* 为总种数(或其它分类单元数)(徐馨等,1992)。Simpson 指数是源于现代植被群落的多样性指数,根据 Simpson 指数,可以建立起孢粉类型丰富度与生物丰富度乃至生物多样性之间的非线性关系,从而成为恢复古生物多样性的一个有效途径。

2 结 果

2.1 大西沟剖面

大西沟剖面(图 1)深 110 cm(Zhang *et al.*,2004)。根据孢粉复合分异度即 Simpson 指数和粒度、磁化率、烧失量(LOI)、孢粉等指标(Zhang *et al.*,2004)在剖面上的变化将整个剖面划分为 5 个孢粉

组合带(图 2)。

带 I(110 ~ 102 cm, 约 3600 ~ 3200 aB.P.), 棕黑色含粘土泥炭层。5 个孢粉样品共统计了 2 249 粒孢粉, 孢粉复合分异度在 4.97 ~ 7.67 之间, 平均值为 6.06, 处于剖面最高值, 反映生物多样性较高; 该带鉴定出的孢粉科属数为 9 科、20 属。粒度、磁化率、LOI 以及沉积相等分析表明此时气候比较湿润, 植被覆盖率较高。

带 II(102 ~ 74 cm, 约 3200 ~ 2000 aB.P.), 棕褐色泥炭夹粘土层。14 个孢粉样品共统计了 5 697 粒孢粉, 孢粉复合分异度处于 2.72 ~ 6.25 之间, 平均值为 4.52, 古生物多样性较带 I 明显下降; 鉴定出的孢粉生物数为 12 科、17 属。其它资料表明此时植被覆盖率较低, 气候可能处于相对较干较冷时期。

带 III(74 ~ 60 cm, 约 2000 ~ 1400 aB.P.), 棕褐色泥炭夹粘土层。7 个孢粉样品共统计了 2 974 粒孢粉, 孢粉复合分异度变化为 3.72 ~ 5.16 之间, 平均值为 4.4, 生物多样性降低至剖面最低值处; 该带共鉴定出 13 科、17 属。其它资料表明此时气候又开始好转, 当地植被覆盖率增加。

带 IV(60 ~ 32 cm, 约 1400 ~ 600 aB.P.), 下部为棕褐色泥炭夹粘土层, 中部为浅棕色泥炭层, 上部为浅棕色含泥炭粘土层。14 个孢粉样品共统计了 8 421 粒孢粉。孢粉复合分异度为 3.42 ~ 7.21, 平均值为 4.75, 此时古生物多样性开始上升。该带共鉴定出孢粉生物数达 14 科、20 属。多种数据表明此时气候处于 3600 aB.P. 以来的最为适宜期, 当时降水量较多。

带 V(32 ~ 0 cm, 约 600 ~ 0 aB.P.), 下部为浅棕色砂质亚粘土层, 上部为棕色粘土层。12 个孢粉样品共统计了 6 932 粒孢粉, 孢粉复合分异度变化在 3.77 ~ 5.85 之间, 平均值为 4.6, 与带 IV 比较, 古生物多样性变化不大。该带共鉴定出孢粉科属数为 11 科、20 属。此时气候仍温暖湿润, 但稍逊于前一时期。

2.2 小西沟剖面

小西沟剖面(图 1)在距桦树窝子剖面 200 余米的梁上, 剖面总厚 190 cm, 是新石器考古遗址剖面(阎顺等, 2003a)。根据孢粉 Simpson 指数、粒度、磁化率、LOI 和指示干湿程度的 A/C(蒿属/藜科(Chenopodiaceae))比值等多种代用数据把剖面分为 7 个孢粉带(图 2)。

带 I(190 ~ 180 cm, 约 3975 ~ 3765 aB.P.), 黄色粘土层, A/C 比值为 0.6 左右, 孢粉总浓度较低, 为

441 ~ 572 粒·g⁻¹。孢粉复合分异度为 8.55 ~ 8.66, 平均值为 8.61。2 个孢粉样品共统计了 281 粒孢粉。鉴定的孢粉类群数为 16, 含 11 属和 5 科。

带 II(180 ~ 140 cm, 约 3765 ~ 2940 aB.P.)文化层, 禾本科(Gramineae)较下部明显增高, 可能出现原始农业, 该带孢粉浓度较高, 为 604 ~ 5 152 粒·g⁻¹, A/C 比值较高, 为 0.58 ~ 2.1, 反映当时气候较带 I 湿润, 而同时孢粉复合分异度也较高, 为 6.67 ~ 12.06, 平均值为 8.81, 古生物多样性较带 I 稍有增加。8 个孢粉样品共统计了 1 281 粒孢粉, 鉴定出孢粉类群数为 24, 即 7 科和 17 属。

带 III(140 ~ 120 cm, 约 2940 ~ 2520 aB.P.), 黄土层, A/C 比值较带 II 降低, 为 0.26 ~ 0.91, 孢粉总浓度为 13 ~ 2 832 粒·g⁻¹, 也比带 II 低, 反映气候比带 II 偏干, 孢粉复合分异度也较低, 为 4.15 ~ 7.72, 平均值为 5.85, 此时生物多样性降低。4 个孢粉样品共统计了 350 粒孢粉, 含有 7 科、11 属。

带 IV(120 ~ 104 cm, 约 2520 ~ 2205 aB.P.), 文化层, A/C 比值低, 为 0.27 ~ 0.86, 尽管孢粉总浓度只有 230 ~ 1 078 粒·g⁻¹, 但却出现了孢粉复合分异度的峰值, 达 5.78 ~ 10.94, 平均值为 9.07, 与带 III 相比, 古生物多样性大幅度提高。3 个孢粉样品共统计了 412 粒孢粉, 鉴定出 26 个孢粉科属。

带 V(104 ~ 74 cm, 约 2205 ~ 1575 aB.P.), 黄土层, A/C 比值低至 0.25 ~ 0.82, 孢粉总浓度很低, 为 25 ~ 1 248 粒·g⁻¹, 孢粉复合分异度也偏低, 只有 4.13 ~ 7.55, 平均值为 5.76, 古生物多样性降低为剖面最低值。6 个孢粉样品共统计了 895 粒孢粉。鉴定出 24 个科属的孢粉, 包括 7 科和 17 属。

带 VI(74 ~ 68 cm, 约 1575 ~ 1365 aB.P.), 黄土层, 蒿、藜科百分含量较带 V 低, A/C 比值也低, 但莎草科(Cyperaceae)百分比含量出现高值, 禾本科大量增加, 孢粉总浓度有所增高, 为 1 392 粒·g⁻¹, 反映气候有所好转, 孢粉复合分异度较带 V 高, 为 7.35, 生物多样性增高。1 个孢粉样品统计了 174 个孢粉粒数, 有 7 科、9 属。

带 VII(68 ~ 0 cm, 约 1365 ~ 0 aB.P.), 土黄色粘土层, 云杉花粉含量不高, 尽管 A/C 比值较带 VI 低, 为 0.11 ~ 0.34, 但麻黄、藜科却大量增加, 禾本科和莎草科百分含量减少, 孢粉总浓度低, 为 81 ~ 1 881 粒·g⁻¹, 孢粉复合分异度低, 为 4.69 ~ 8.11, 平均值为 5.8, 古生物多样性又有所下降。14 个孢粉样品共统计了 1 811 个孢粉粒数。鉴定的孢粉科属数达 24 个, 共 9 科、15 属。

2.3 桦树窝子剖面

桦树窝子剖面(图1)总厚110 cm(阎顺等, 2003a)。根据孢粉 Simpson 指数和孢粉百分含量(阎顺等, 2003a)的垂直变化可将剖面分为4个孢粉带(图2)。

88 cm 以下为带 I, 年代为 2000 aB.P. 以前, 小砾石灰黑色粘土层。孢粉复合分异度为 4.2 ~ 11.2, 平均值为 8.14。8 个孢粉样品有 1 273 粒孢粉, 鉴定出 10 科、18 属。

88 ~ 58 cm 为带 II, 年代为 2000 ~ 1300 aB.P. (相当于 50 B.C. ~ 650 A.D.), 棕黑色粘土层。孢粉复合分异度为 4.6 ~ 12.2, 平均值为 8.06, 与带 II 相比, 古生物多样性变化不大, 16 个孢粉样品共鉴定了 1 933 粒孢粉, 孢粉科属为 11 科、16 属。

58 ~ 16 cm 为带 III, 年代约为 1300 ~ 450 aB.P. (650 ~ 1500 A.D.), 棕黑色粘土层。孢粉复合分异度为 4.4 ~ 9.4, 平均值为 6.47, 相对于带 I 和带 II, 古生物多样性大幅下降。21 个孢粉样品有 1 770 粒孢粉, 鉴定出 10 科、15 属。

16 ~ 0 cm 为带 IV, 年代为 450 aB.P. 以来, 下部为深灰色粘土层, 中部为浅棕色粘土层, 上部为棕色粘土层。孢粉复合分异度为 8.4 ~ 12.4, 平均值为 10.8, 古生物多样性开始增高, 并处于剖面最高值, 鉴定的孢粉有 11 科、20 属。

多种代用数据表明 2000 aB.P. 以来, 该地植被经历了荒漠草原、草原、荒漠草原、荒漠草原-草原 4 个阶段的演替过程。2000 aB.P. 以前, 该地植被为荒漠草原; 2000 ~ 1300 aB.P., 植被为草原; 约 1300 ~ 450 aB.P., 植被为荒漠草原; 450 aB.P. 年以来, 植被为荒漠草原-草原(阎顺, 2003a)。

2.4 四厂湖剖面

四厂湖剖面(图1)深100 cm(阎顺等, 2003b; 张芸等, 2004)。根据孢粉 Simpson 指数和粒度、磁化率、烧失量、孢粉等指标在剖面上的变化(张芸等, 2004)亦将整个剖面划分为3个孢粉组合带(图2)。

带 I (84 ~ 82 cm, 约 1076 ~ 1000 aB.P., 即 874 ~ 950 A.D.), 为锈黄色风成砂层。2 个孢粉样品共鉴定了 99 粒孢粉, 孢粉复合分异度介于 2.6 ~ 4.1, 鉴定的孢粉科属数为 7 个。

带 II (82 ~ 56 cm, 约 1000 ~ 582 aB.P., 即 950 ~ 1368 A.D.), 下部为深灰色泥质粉、细砂层, 含大量淡水生腹足类化石, 中部为灰白色粉砂、粘土层, 上部也为深灰色泥质粉、细砂层, 含腹足类化石。8 个孢粉样品 1 141 粒孢粉, 共鉴定出 19 个孢粉科属, 孢

粉复合分异度明显高于带 I 和带 III, 达 6.0 ~ 9.0, 平均值为 7.1, 可见带 II 的生物多样性较高, 主要的科属有藜科、麻黄属、香蒲属(*Typha*)、蒿属、禾本科、莎草科、云杉属和菊科(Compositae)等。

带 III (56 ~ 18 cm, 约 582 ~ 191 aB.P.), 下部为灰色细砂、粘土层, 上部为风成砂层。9 个孢粉样品 1 142 粒孢粉, 共鉴定出 16 个孢粉科属。孢粉复合分异度达 2.8 ~ 6.2, 平均值为 4.67, 鉴定出 5 科 11 属。

孢粉分析、平均粒径、磁化率以及 LOI 测定结果表明在(1000 ± 65) ~ (665 ± 50) aB.P. 期间, 四厂湖体周边地区曾经生长着由中旱生的灌木及草本组成的荒漠草原植被, 湖中为淡水沼泽隐域植被。当时气候湿润, 湖区生物生物多样性增加, 而在这之前之后, 植被变为旱生、超旱生植物花粉占绝对优势, 植生物类减少, 风沙作用较强, 荒漠化景观显著(张芸等, 2004)。

2.5 东道海子剖面

东道海子剖面(图1)深190 cm(阎顺等, 2004a)。根据孢粉 Simpson 指数和粒度、磁化率、烧失量、孢粉等指标在剖面上的变化(阎顺等, 2004a)可将整个剖面划分为7个孢粉组合带(图2)。

87 cm 以下为带 I, 年代为 4500 aB.P. 以来, 下部分别为青灰色粉砂层、浅褐色劣质泥炭层和青灰色粉砂层; 上部为浅褐色泥炭层、青灰色粉砂层和浅褐色泥炭层。孢粉复合分异度介于 1.8 ~ 11.0 之间, 平均值为 5.19, 孢粉有 9 科、14 属。

87 ~ 75 cm 为带 II, 年代为(3120 ± 240) ~ (2410 ± 170) aB.P., 即 1170 ~ 460 B.C., 灰白色硅藻土层。孢粉复合分异度介于 7.3 ~ 9.7 之间, 平均值为 8.76, 与带 I 相比, 生物多样性有所增高, 鉴定的孢粉科属为 6 科、12 属。

75 ~ 45 cm 为带 III, 年代为(2410 ± 170) ~ (1700 ± 80) aB.P., 即 460 B.C. ~ 250 A.D., 为褐色劣质泥炭层, 有白旋螺(*Gyraulus*)螺壳和大量芦苇(*Phragmites communis*)残体。孢粉复合分异度介于 4.2 ~ 12.4 之间, 平均值为 8.95, 比带 II 又有所增高。植物花粉主要为 22 个孢粉科属。

45 ~ 30 cm 为带 IV, 年代为(1700 ± 80) ~ (1310 ± 35) aB.P., 即 250 ~ 640 A.D., 为灰白色硅藻土层。孢粉复合分异度介于 7.26 ~ 11.04 之间, 平均值为 8.32, 古生物多样性较高。该带有 6 科、12 属。

30 ~ 20 cm 为带 V, 年代为(1310 ± 35) ~ (1270 ± 60) aB.P., 即 640 ~ 680 A.D., 为褐色泥炭层。孢粉

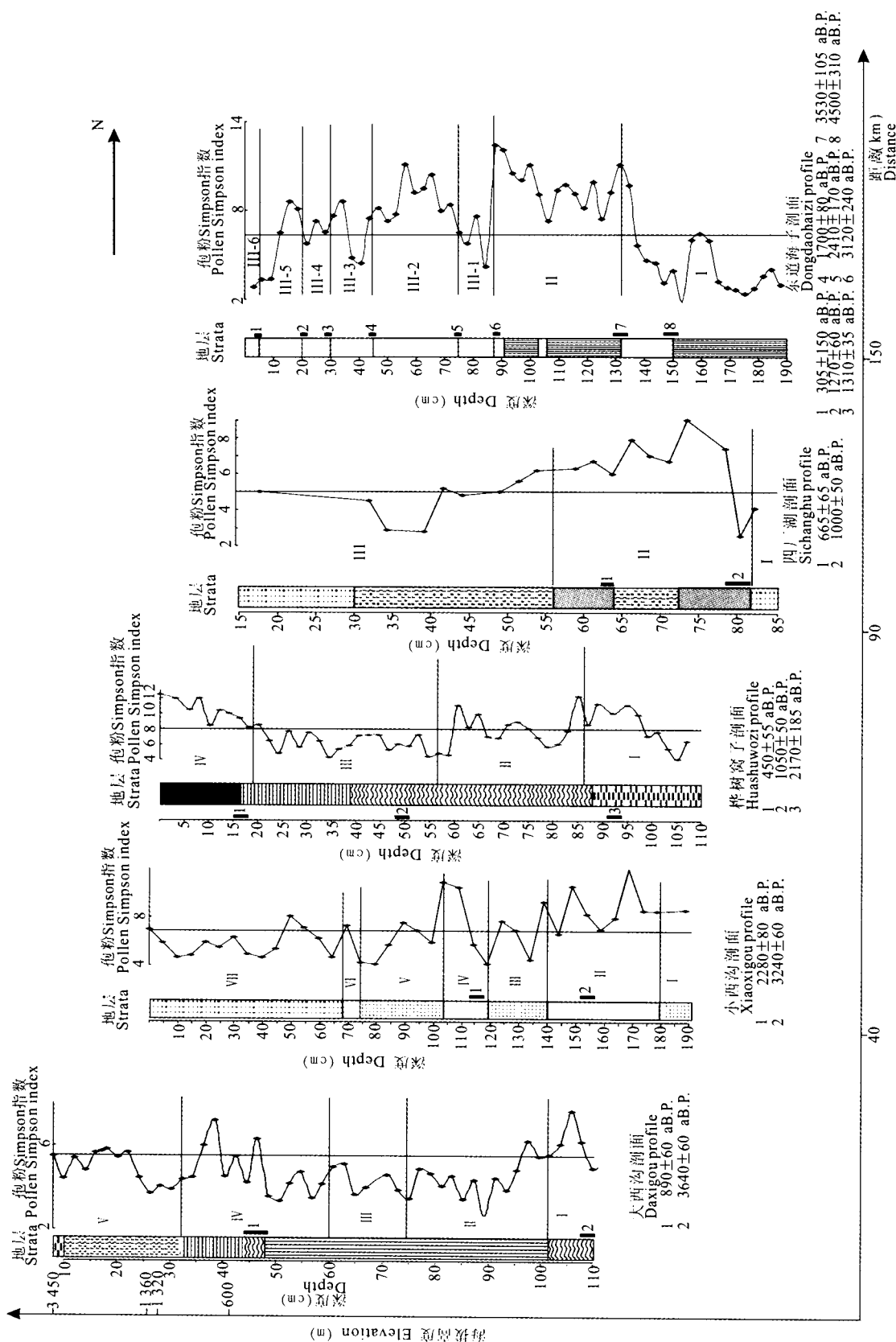


图2 5个沉积剖面的孢粉复合分异度指数特征
Fig. 2 Pollen Simpson indexes of five profiles

复合分异度介于 4.4~8.6 之间,平均值为 6.4,古生物多样性明显比带 IV 降低,该带有 15 个孢粉科属。

20~5 cm 为带 VI,年代为(1270±60)~(305±130) aB.P.,即 680~1645 A.D.,为灰白色硅藻土层。孢粉复合分异度介于 5.7~8.6 之间,平均为 7.24,共鉴定出 6 科、12 属,古生物多样性与带 V 变化不大。

5~0 cm 为带 VII,年代为 305±130 aB.P.以来,即 1645 A.D.以来,为褐色泥炭层。孢粉复合分异度为 2.8~3.38,平均值为 3.17,古生物多样性大幅降低,含 5 科、11 属。

多种代用数据研究表明 4500 aB.P.以来该区域的植被是以荒漠为主,但在 3120 aB.P.以来,气候出现 5 次较大波动,3120~2410 aB.P.、1700~1310 aB.P.和 1270~305 aB.P.时段,气候相对冷湿,出现过荒漠草原,相反,在 2410~1700 aB.P.、1310~1270 aB.P.和 305 aB.P.以来时段,属荒漠阶段(阎顺等, 2004a)。

3 讨论与结论

3.1 古生物多样性的时空变化特征

通过对新疆天山北坡 5 个剖面的孢粉多样性研究,可初步看出天山北坡中晚全新世以来生物多样性的时空变化特征。不同的海拔高度即不同的植被带有不同的古生物多样性特征,而不同的沉积时段也发生不同的古生物多样性分异。

高山亚高山草甸带:位于海拔 3 700~3 400 m,代表性剖面为大西沟剖面。3600 aB.P.以来总计有 38 个植物科属。其中木本有 5 属 1 科,草本和灌木有 13 科 7 属,湿生水生维管束有 1 科 3 属,淡水藻类有 4 属,蕨类植物有 1 科 1 属,苔藓类有 2 属。孢粉复合分异度为 2.72~7.67,平均值为 4.84,古生物多样性较低。

森林草原过渡带:海拔高度为 1 600~1 200 m,代表性剖面为桦树窝子剖面和小西沟剖面。桦树窝子剖面,2000 aB.P.以来,共鉴定出 13 科 29 属。其中木本有 5 属,草本和灌木有 11 科 22 属,湿生水生维管束有 1 科 2 属,蕨类植物有 1 科。孢粉复合分异度为 4.2~12.4,平均值为 7.8,古生物多样性较高。小西沟剖面 3500 aB.P.共鉴定出 10 科 29 属,比桦树窝子剖面多了落叶松属(*Larix*),而少了豆科(*Leguminosae*)、车轴草属(*Trifolium*)、葱属(*Allium*)和伞形科(*Umbelliferae*)。孢粉复合分异度为 4.13~12.06,平均值为 6.89,古生物多样性也较高。

荒漠带:位于海拔 400~600 m,代表性剖面为四厂湖剖面 and 东道海子剖面。四厂湖 1 000 年以来共鉴定出 10 科 21 属,其中木本有 5 属,草本和灌木有 8 科 15 属,湿生水生维管束有 1 科 1 属,蕨类植物有 1 科。孢粉复合分异度为 4.1~9.0,平均值为 5.55,古生物多样性偏低。东道海子剖面 4500 aB.P.以来共鉴定出 11 科 21 属,其中木本有 6 属,草本和灌木有 9 科 13 属,湿生水生维管束有 1 科 1 属,淡水藻类有 1 属,蕨类植物有 1 科。孢粉复合分异度为 1.8~8.8,平均值为 6.62,古生物多样性也偏低。

从海拔垂直植被带变化可以看出,生物多样性随海拔高度的不同而呈现不同的变化(图 3)。Bennett(1989)以及 Skinner 和 Brown(1999)都认为古植被多样性和海拔高度的变化有一定的关系。总的看来,森林草原过渡带剖面的生物多样性较为丰富,孢粉复合分异度较高,鉴定的孢粉科属数较多,而高山亚高山草甸带和荒漠带孢粉复合分异度较低,鉴定的孢粉科属数较少。

从时间变化来看,新疆天山北坡地区中晚全新世以来有 4 个时段生物多样性较高(图 4)。3600~3200 aB.P.大西沟剖面孢粉复合分异度为 4.97~7.67,平均值为 6.06,鉴定的孢粉科属为 29 个。1700~1400 aB.P.东道海子剖面孢粉复合分异度为 7.26~11.04,平均值为 8.32,鉴定的孢粉科属为 18 个;桦树窝子此时剖面孢粉复合分异度为 4.6~12.2,平均为 8.06,鉴定的孢粉科属为 27 个;小西沟剖面此时剖面孢粉复合分异度为 4.13~7.55,平均为 5.76,鉴定的孢粉科属为 24 个。1000~600 aB.P.四厂湖剖面孢粉复合分异度为 6.0~9.0,平均值为 6.06,鉴定的孢粉科属为 19 个;此时的大西沟剖面孢粉复合分异度为 3.42~7.21,平均为 4.75,鉴定的孢粉科属为 34 个,鉴定的孢粉数处于剖面最高值;东道海子剖面此时剖面孢粉复合分异度为 5.7~8.6,平均为 7.24,鉴定的孢粉科属为 18 个。450 aB.P.以来,桦树窝子剖面孢粉复合分异度为 8.4~12.4,平均值为 10.8,鉴定的孢粉科属为 31 个。由此可见,450 aB.P.以来荒漠草原-草原植被的生物多样性最高。

3.2 古生物多样性与人类活动

桦树窝子和小西沟剖面属于同一地区,且相距仅 200 m,桦树窝子是自然剖面,而小西沟为考古遗址剖面,从整个剖面来看,小西沟剖面鉴定的孢粉为 39 个植物科属,比桦树窝子剖面多了落叶松属,而少了豆科、车轴草属、葱属、伞形科,其孢粉复合分异

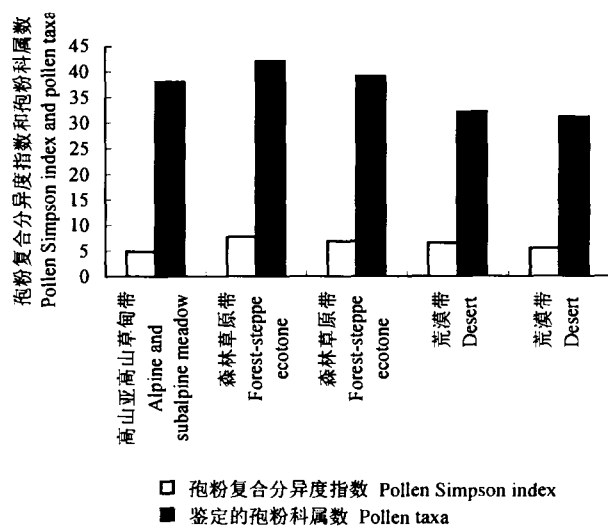
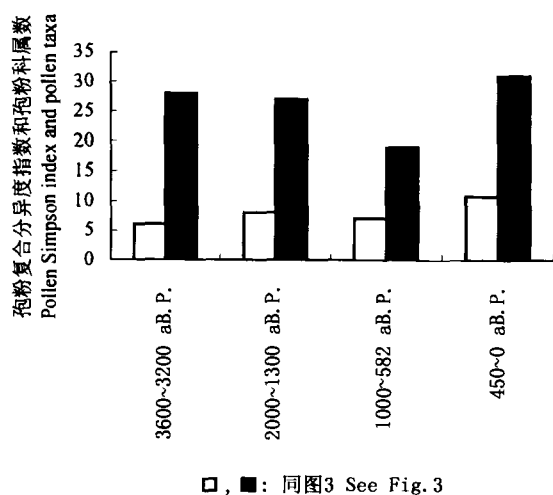


图 3 3 个植被带沉积剖面的孢粉复合分异度指数和鉴定的孢粉科属数

Fig. 3 Pollen Simpson indexes and number of pollen taxa of five profiles from three vegetation zones



□, ■: 同图3 See Fig. 3

图 4 4 个时段沉积剖面的孢粉复合分异度指数和鉴定的孢粉科属数

Fig. 4 Pollen Simpson indexes and number of pollen taxa of five profiles during four periods

度为 4.13 ~ 12.06, 平均值为 6.89。而桦树窝子剖面鉴定出 42 个植物科属, 孢粉复合分异度为 4.2 ~ 12.4, 平均值为 7.8。不管是孢粉总科属数, 还是孢粉复合分异度, 小西沟剖面均低于桦树窝子剖面, 这可能从一个侧面反映人类活动对生物多样性的干扰。研究认为 10 000 年以来因人类活动引起全球生物多样性大量丧失 (Salder, 1999)。天山北部现代的生物多样性研究也认为该地区生物多样性丧失的原因之一是人类活动, 如水源断绝导致沙漠中的桧

柳衰退、胡杨枯死, 强烈樵采、过牧造成植被退化等 (张立运等, 1990)。

3.3 古环境演变和古生物多样性的动态变化

大西沟剖面 3600 aB.P. 以来生态环境经历了从相对温暖湿润到相对干冷期到气候开始好转到气候最适宜期到较为温暖湿润期。3600 ~ 3200 aB.P., 气候比较湿润, 孢粉复合分异度为 4.97 ~ 7.67 之间, 最高值达 7.67, 平均值为 6.06, 处于剖面最高值, 鉴定的科属数 29, 古生物多样性偏高; 1400 ~ 600 aB.P. 为气候最适宜期, 孢粉复合分异度高达 7.21, 木本、中旱生湿生草本、淡水藻类、苔类科属数目均为剖面最高值, 可见生物多样性显著增高, 鉴定的孢粉科属数目多达 14 科 20 属; 而 3200 ~ 2000 aB.P. 时期气候相对干冷, 孢粉复合分异度降为剖面最低值, 为 2.72, 平均值为 4.52, 鉴定出 13 科 16 属孢粉。四厂湖剖面中世纪“温暖期”气候相对湿润, 孢粉复合分异度高, 共鉴定出 19 个孢粉科属, 主要的科属有藜科、麻黄属、香蒲属、蒿属、禾本科、莎草科、云杉属和菊科等, 远高于其它时段的鉴定数目, 而这些时段以旱生、超旱生植物花粉占绝对优势, 湖区植生物类减少, 风沙作用较强, 荒漠化景观显著。所以孢粉复合分异度指数在一定程度上可以反映气候与环境的变化。

但孢粉多样性指数在反映生物多样性和古环境方面也存在一定的偏差, 如东道海子剖面带 IV (1700 ~ 1310 aB.P.) 为荒漠景观, 气候为暖干, 但孢粉复合分异度较高。大西沟带 III (2000 ~ 1400 aB.P.), 气候开始好转, 但复合分异度在 3.72 ~ 5.16 之间, 平均值为 4.4, 该值为剖面最低值。四厂湖带 I、带 III 同为风砂层, 其它数据表明当时气候比较干燥, 植被以旱生、超旱生植被为主, 但带 I 的复合分异度为 2.6 ~ 4.1, 鉴定的孢粉数为 7 个, 带 III 鉴定的孢粉分异度为 2.8 ~ 6.2, 鉴定的孢粉科属数为 16 个, 而气候环境最好的带 II 鉴定的孢粉科属数也只为 19 个。这些不一致的方面可能受以下因素影响: 孢粉鉴定的精确度不高, 使得统计的孢粉粒数越高, 反而偏差越大; 目前花粉鉴定中在区别外来花粉上还存在实际困难, 东道海子和四厂湖剖面中的外来云杉花粉可能是通过风力、河流等搬运而来, 它们的存在在一定程度上会干扰生物多样性; 在统计粒数固定时, 低代表性种类可能未被统计到, 从而影响生物多样性的估算。由于每种孢粉类型的传播能力不一致导致同一区域不同空间范围所得到的孢粉种类数也会有较大偏差。除此之外, 地层年代越久远, 孢粉

在地层中越难保存,因此 450 aB.P. 以来的生物多样性偏高可能与此有一定的联系。另外,沉积相性质的差异对孢粉在地层中的保存也存在一定的影响,因此导致地层中孢粉复合分异度指数变化的原因是复杂的。

总之,根据本文的研究结果表明孢粉多样性指数可以作为指示古生物多样性和古环境特征的重要指标,但它在对古生物多样性方面的解释以及古环境研究中仍需作更多研究。

参 考 文 献

- Bennett KD (1989). A provisional map of forest types of the British Isles 5000 years ago. *Journal of Quaternary Sciences*, 4, 141 – 144.
- Birks HJB (1986). Late-Quaternary biotic changes in terrestrial and lacustrine environments, with particular reference to Northwest Europe. In: Berglund B ed. *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Wiley, Chichester, 3 – 65.
- Birks HJB, Line JM (1992). The use of rarefaction analysis for estimating palynological richness from Quaternary pollen analytical data. *The Holocene*, 2, 1 – 10.
- Brayshay BA, Dinnin M (1999). Integrated palaeoecological evidence for biodiversity at the floodplain-forest margin. *Journal of Biogeography*, 26, 115 – 131.
- Brown AG (1999). Biodiversity and pollen analysis: modern pollen studies and the recent history of a floodplain woodland in S. W. Ireland. *Journal of Biogeography*, 26, 19 – 32.
- Chen LZ (陈灵芝), Ma KP (马克平) (2001). *Biodiversity Science: Principles and Practices* (生物多样性科学: 原理与实践). Shanghai Science & Technology Press, Shanghai, 26 – 90. (in Chinese)
- Colinvaux PA, de Oliveira PE (2001). Amazon plant diversity and climate through the Cenozoic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 166, 51 – 63.
- Delcourt HR, Delcourt PA (1991). *Quaternary Ecology: a Palaeoecological Perspective*. Chapman & Hall, London, 242.
- Editorial Committee of Xinjiang Forest (新疆森林编辑委员会) (1989). *Forest in Xinjiang* (新疆森林). Xinjiang People's Press, Urumqi, 121 – 149. (in Chinese)
- Jin GY (靳桂云), Liu TS (刘东生) (2001). Cold event and cultural transition of the Mid-Holocene in northern part of north China. *Chinese Science Bulletin* (科学通报), 46, 1725 – 1730. (in Chinese)
- Liu HY (刘鸿雁) (2002). *Quaternary Ecology and Global Change* (第四纪生态学与全球变化). Science Press, Beijing, 83 – 87. (in Chinese)
- Odgaard BV (1999). Fossil pollen as a record of past biodiversity. *Journal of Biogeography*, 26, 7 – 17.
- Paulay G (1994). Biodiversity on oceanic islands-its origin and extinction. *American Zoologist*, 34, 134 – 144.
- Sadler JP (1999). Biodiversity on oceanic island: a palaeoecological assessment. *Journal of Biogeography*, 26, 75 – 87.
- Skinner C, Brown AG (1999). Mid-Holocene vegetation diversity in eastern Cumbria. *Journal of Biogeography*, 26, 45 – 54.
- Xinjiang Comprehensive Investigation Team (中国科学院新疆综合考察队), Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences (中国科学院植物研究所) (1978). *Vegetation of Xinjiang and its Utilization* (新疆植被及其利用). Science Press, Beijing, 75 – 91. (in Chinese)
- Xu X (徐馨), Cao QY (曹琼英), Wang XY (王雪瑜) (1992). *Research Methods of the Quaternary Environment* (第四纪环境研究方法). Guizhou Science and Technology Press, Guiyang, 204. (in Chinese)
- Yan S (阎顺) (2002). The information of environmental evolvement of the northern piedmonts of the Tianshan Mts. in the history. *Acta Phytocologica Sinica* (植被生态学报), 26, 82 – 87. (in Chinese with English abstract)
- Yan S (阎顺), Kong ZC (孔昭宸), Yang ZJ (杨振京), Ni J (倪健), Li SF (李树峰) (2003a). The fluctuation of mountain timberline and environment change near the northern piedmonts of Tianshan Mts. during the last 2000 years. *Scientia Geographica Sinica* (地理科学), 23, 699 – 704. (in Chinese with English abstract)
- Yan S (阎顺), Kong ZC (孔昭宸), Yang ZJ (杨振京) (2003b). Pollen analysis and its significance of the Sichanghu section in Jimusaer county, Xinjiang. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), 23, 531 – 536. (in Chinese with English abstract)
- Yan S (阎顺), Li SF (李树峰), Kong ZC (孔昭宸), Yang ZJ (杨振京), Ni J (倪健) (2004a). The pollen analyses and environment changes of the Dongdaohaizi area in Urumqi. *Quaternary Sciences* (第四纪研究), 24, 463 – 468. (in Chinese with English abstract)
- Yan S (阎顺), Mu GJ (穆桂金), Kong ZC (孔昭宸), Ni J (倪健), Yang ZJ (杨振京) (2004b). Environmental evolvement and human activity impact in the late Holocene on the North slopes of the Tianshan Mountains, China. *Journal of Glaciology and Geocryology* (冰川冻土), 26, 403 – 409. (in Chinese with English abstract)
- Zhang LY (张立运), Li XM (李小明), Hai Y (海鹰) (1990). Plant cover of Fukang desert ecosystem research station and its neighbour area. *Arid Zone Research* (干旱区研究), 7, 34 – 43. (in Chinese with English abstract)
- Zhang Y (张芸), Kong ZC (孔昭宸), Yan S (阎顺), Yang ZJ (杨振京), Ni J (倪健) (2004). Medieval warm period in Xinjiang-rediscussion on paleoenvironment of the Sichanghu profile in Gurbantunggut Desert. *Quaternary Sciences* (第四纪研究), 24, 701 – 708. (in Chinese with English abstract)
- Zhang Y, Kong ZC, Yang ZJ, Yan S, Ni J (2004). Vegetation changes and environmental evolution in the Urumqi River Head, central Tianshan Mountains since 3.6 ka B.P.: a case study of Daxigou profile. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), 46, 668 – 674.
- Zhu C (朱诚), Cui ZJ (崔之久) (1992). The distribution and evolution of periglacial landforms in the source region of Urumqi River on the Tianshan Mountain. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), 47, 526 – 535. (in Chinese with English abstract)