

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 20 期 Vol.33 No.20 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 20 期 2013 年 10 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 中小尺度下西北太平洋柔鱼资源丰度的空间变异..... 杨铭霞,陈新军,冯永玖,等 (6427)
- 水分和温度对若尔盖湿地和草甸土壤碳矿化的影响..... 王 丹,吕瑜良,徐 丽,等 (6436)
- 荒漠啮齿动物群落对开垦干扰的响应及其种群生态对策..... 袁 帅,付和平,武晓东,等 (6444)
- 转 Bt 基因棉花对烟粉虱天敌昆虫龟纹瓢虫的影响 周福才,顾爱祥,杨益众,等 (6455)
- 微地形改造的生态环境效应研究进展..... 卫 伟,余 韵,贾福岩,等 (6462)

个体与基础生态

- 丹顶鹤春迁期觅食栖息地多尺度选择——以双台河口保护区为例..... 吴庆明,邹红菲,金洪阳,等 (6470)
- 新疆石河子南山地区表土花粉研究..... 张 卉,张 芸,杨振京,等 (6478)
- 鄱阳湖湿地两种优势植物叶片 C、N、P 动态特征 郑艳明,尧 波,吴 琴,等 (6488)
- 基于高分辨率遥感影像的森林地上生物量估算..... 黄金龙,居为民,郑 光,等 (6497)
- 异质性光照下匍匐茎草本狗牙根克隆整合的耗益..... 陶应时,洪胜春,廖咏梅,等 (6509)
- 湘潭锰矿废弃地栎树人工林微量元素生物循环..... 罗赵慧,田大伦,田红灯,等 (6517)
- 接种彩色豆马勃对模拟酸沉降下马尾松幼苗生物量的影响 陈 展,王 琳,尚 鹤 (6526)
- 生物炭对不同土壤化学性质、小麦和糜子产量的影响 陈心想,何绪生,耿增超,等 (6534)
- 延河流域植物功能性状变异来源分析 张 莉,温仲明,苗连朋 (6543)
- 榆紫叶甲赤眼蜂基础生物学特性及其实验种群生命表..... 王秀梅,臧连生,林宝庆,等 (6553)
- 几种生态因子对拟目乌贼胚胎发育的影响 彭瑞冰,蒋霞敏,于曙光,等 (6560)

种群、群落和生态系统

- 海南铜鼓岭灌木林稀疏规律..... 周 威,龙 成,杨小波,等 (6569)
- 青海三江源区果洛藏族自治州草地退化成因分析..... 赵志平,吴晓蕾,李 果,等 (6577)
- 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林凋落物基质质量的影响..... 肖银龙,涂利华,胡庭兴,等 (6587)
- 基于光合色素的钦州湾平水期浮游植物群落结构研究 蓝文陆,黎明民,李天深 (6595)
- 基于功能性状的常绿阔叶植物防火性能评价..... 李修鹏,杨晓东,余树全,等 (6604)
- 北京西山地区大山雀与其它鸟类种群间联结分析..... 董大颖,范宗骥,李扎西姐,等 (6614)
- 被动式电子标签用于花鼠种群动态研究的可行性 杨 慧,马建章,戎 可 (6634)

景观、区域和全球生态

- 华北冬小麦降水亏缺变化特征及气候影响因素分析..... 刘 勤,梅旭荣,严昌荣,等 (6643)
- 基于 FAHP-TOPSIS 法的我国省域低碳发展水平评价 胡林林,贾俊松,毛端谦,等 (6652)
- 河漫滩湿地生态阈值——以二卡自然保护区为例..... 胡春明,刘 平,张利田,等 (6662)
- 应用 Le Bissonnais 法研究黄土丘陵区植被类型对土壤团聚体稳定性的影响 刘 雷,安韶山,黄华伟 (6670)
- 不同人为干扰下纳帕海湖滨湿地植被及土壤退化特征..... 唐明艳,杨永兴 (6681)

资源与产业生态

- 近 10 年北京极端高温天气条件下的地表温度变化及其对城市化的响应 李晓萌, 孙永华, 孟丹, 等 (6694)
- 三峡库区小江库湾鱼类食物网的稳定 C、N 同位素分析 李斌, 徐丹丹, 王志坚, 等 (6704)

研究简报

- 北京奥林匹克森林公园绿地碳交换动态及其环境控制因子 陈文婧, 李春义, 何桂梅, 等 (6712)
- 植被恢复对洪雅县近 15 年景观格局的影响 王鹏, 李贤伟, 赵安玖, 等 (6721)
- 高盐下条斑紫菜光合特性和 S-腺苷甲硫氨酸合成酶基因表达的变化 ... 周向红, 易乐飞, 徐军田, 等 (6730)

学术信息与动态

- 生态系统服务研究进展——2013 年第 11 届国际生态学大会 (INTECOL Congress) 会议述评 房学宁, 赵文武 (6736)
- 生态系统服务评估——2013 年第 6 届生态系统服务伙伴国际学术年会述评 巩杰, 岳天祥 (6741)
- 回顾过去, 引领未来——2013 年第 5 届国际生态恢复学会大会 (SER 2013) 简介 彭少麟, 陈宝明, 周婷 (6744)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 320 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 33 * 2013-10



封面图说: 荒漠旱獭——旱獭属啮齿目、松鼠科、旱獭属, 是松鼠科中体型最大的一种。旱獭多栖息于平原、山地和荒漠草原地带, 集群穴居, 挖掘能力甚强, 洞道深而复杂, 多挖在岩石坡和沟谷灌丛下, 从洞中推出的大量沙石堆在洞口附近, 形成旱獭丘。荒漠啮齿动物是荒漠生态系统的重要成分, 农业开垦对功能相对脆弱的荒漠生态系统的干扰极大, 往往导致栖息地破碎化, 对动植物种产生强烈影响, 啮齿动物受到开垦干扰后对环境的响应及其群落的生态对策, 是荒漠生态系统生物多样性及其功能维持稳定的重要基础。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201301160108

张卉, 张芸, 杨振京, 阎平, 孔昭宸, 阎顺. 新疆石河子南山地区表土花粉研究. 生态学报, 2013, 33(20): 6478-6487.

Zhang H, Zhang Y, Yang Z J, Yan P, Kong Z C, Yan S. Surface pollen research of Nanshan region, Shihezi City in Xinjiang. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(20): 6478-6487.

新疆石河子南山地区表土花粉研究

张 卉^{1,2}, 张 芸^{1,*}, 杨振京³, 阎 平⁴, 孔昭宸¹, 阎 顺⁵

(1. 中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 正定 050803; 4. 石河子大学生命科学学院, 石河子 832003;

5. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

摘要:天山作为亚洲大陆最大的山系之一,横贯于新疆的中部,成为分隔南、北疆自然地理区系的系,它对花粉的传播、保存、搬运与沉积具有重大作用。根据对西北干旱区域新疆石河子南山地区一条沿着海拔高度从 2400 m 到 300 m 的样带所采集的 23 个表土花粉样品的孢粉组合图式和现代植被样方调查资料,探讨了北坡垂直带的植被与表土花粉之间的关系。该区表土孢粉谱可分为 4 个孢粉组合带,分别对应森林植被带、森林草原植被带、蒿属荒漠带和典型荒漠带。比较特殊的是典型荒漠带被划分为两个亚带,一个亚带是以蒿属、藜科占主要成分的典型荒漠带,另一亚带蒿属、藜科含量较高并含有大量沼泽蕨和芦苇植硅体,兼具典型荒漠和湿地特征。在海拔 400 m 以上,孢粉组合与现代植被的对应关系较好,带 I 中较高含量的云杉花粉验证了以云杉为主的森林植被带。带 II 中以云杉为主的乔木植物和含量较高的藜科、蒿属和蓼属等草本植物为主的孢粉组合特征与森林-草原植被带的植被特征较为类似。云杉属花粉在海拔低于 1350 m 的地方即林带下方所占的比例很小,一方面由于距林地的距离较远,另一方面,可能是山风气流对云杉花粉往下搬运的能力较弱所致。带 III 的蒿属花粉含量较高,与该带植被中绢蒿较多有一定的关系,带 IV 以藜科为主的花粉组合特征代表了该植被带的荒漠植被类型。但是在海拔 400 m 之下,带 IV 的亚带 IV₂ 的高含量的沼泽蕨和芦苇植硅体的孢粉组合在一定程度上还代表了古湿地环境。通过该部分表土花粉组合特征与草滩湖剖面孢粉谱的对比,验证了当地农业种植选址的生态可行性,同时就开垦程度对环境的影响进行了初步探讨。另外,亚带 IV₂ 的蒿属/藜科 (*Artemisia/Chenopodiaceae* (A/C)) 比值比亚带 IV₁ 高,可能与该样点受人为扰动较大有关。

关键词:天山北坡;表土花粉;云杉;草本植物;表土花粉代表性;新疆

Surface pollen research of Nanshan region, Shihezi City in Xinjiang

ZHANG Hui^{1,2}, ZHANG Yun^{1,*}, YANG Zhenjing³, YAN Ping⁴, KONG Zhaochen¹, YAN Shun⁵

1 State Key Laboratory of Vegetation and Environment Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Institutes of Hydrologic and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Zhengding 050803, China

4 College of Life Science, Shihezi University, Shihezi 832003, China

5 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China

Abstract: Tianshan Mountains, one of the largest Mountain Ridges in the Asian continent, divide Xinjiang province into two different natural geographical parts: south and north Xinjiang. They display a distinct vertical gradient distribution of vegetation and soil types and play an important role in the dispersal, preservation and deposition of pollen. In order to investigate the relationship between modern vegetation and surface pollen on the northern slopes of the Tianshan Mountains, northern Xinjiang, China, we collected 23 modern pollen samples from Nanshan hill of Shihezi city along an altitudinal

基金项目:国家自然科学基金面上项目(41272386);国家重大科学研究计划项目(2014CB954201);国家自然科学基金面上项目(40972212, 40601104);中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室 2011 年青年人才项目以及教育部留学回国人员科研启动基金资助

收稿日期:2013-01-16; **修订日期:**2013-05-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangyl@ibcas.ac.cn

gradient from 300 m to 2400 m. In this study, the altitudinal pollen spectra could be subdivided into 4 pollen assemblage zones (forest vegetation, forest-steppe, *Artemisia* desert and typical desert), and 2 subzones (*Artemisia*-Chenopodiaceae typical desert and *Thelypteris*-*Phragmites*-*Artemisia*-Chenopodiaceae typical desert), based on modern vegetation data and characteristics of the surface pollen spectra. The results show that surface pollen assemblages at elevations above 400 m provide a good indication of modern vegetation. The most remarkable characteristic of Zone I is that it has the highest percentage of spruce and a very high mean vegetation cover of *Picea schrenkiana*. The pollen samples in Zone II are dominated by *Picea*, Chenopodiaceae, *Artemisia* and *Polygonum* and thus represent forest-steppe vegetation. Below 1350 m, pollen percentages of spruce are very low, partly because they are far away from the spruce forest and partly because the wind-driven downhill transport of arboreal pollen to lower elevation is not strong. Higher pollen percentages of *Artemisia* in Zones III are from relatively high vegetation cover of *Seriphidium* sp.. The percentages of *Artemisia* and Chenopodiaceae pollen in the zone are both more than 30%, and thus reflect *Artemisia* desert vegetation. Mean vegetation covers of desert vegetation are high in Zone IV, and pollen percentages of Chenopodiaceae are also high. However, surface pollen spectra can not accurately reflect modern vegetation at elevations lower than 400 m. Regional pollen spectra reflect desert vegetation in the Zone IV₂. But a large proportion of *Thelypteris* spore and *Phragmites* fan-shaped phytolith are recorded in the zone, suggesting the local wetland environment. In order to study the surface pollen source areas, we collected surface pollen at different altitude and identified the pollen categories. As was expected, few *Thelypteris* spore and *Phragmites* phytolith are identified at elevations above 400 m, inferring that they were not transported by flowing water and air. When compared with the pollen spectrum of Caotianhu fossil profile, it is able to verify the ecological feasibility of the selection of agricultural sites, and also investigate the influence of cultivation on environment. The *Artemisia*/Chenopodiaceae (A/C) value is a good indicator of climate change and an index for distinguishing steppe and desert vegetation in semi-arid and arid areas to a certain extent. The value in Zone IV₂ is higher than in Zone IV₁. We think that it is not linked to climatic drying but probably reflect human disturbance at Caotianhu. So in some local environments, the value should be used carefully when human disturbance is involved in reconstructing palaeoclimate and palaeoenvironment.

Key Words: the northern slope of Tianshan Mountains; surface pollen; *Picea*; herbaceous plant; representation of surface pollen; Xinjiang

新疆处于西风环流、蒙古高压和季风环流的交汇地带,对于气候变化的响应十分敏感。由于独特的地理位置和脆弱的生态环境,新疆已成为国内外许多科学家的研究对象^[1-4],天山作为亚洲大陆最大的山系之一,横贯于新疆的中部,成为分隔南、北疆自然地理区系的山系。北疆为温带大陆性干旱半干旱气候,年均气温-4—9℃,全年降水量150—200 mm以上;南疆属暖温带大陆性干旱气候,年均气温7—14℃,全年降水量25—100 mm^[5]。因此由于天山特殊的地理位置,使得其对于新疆气候的研究,甚至全球气候的研究具有重要意义^[6-8]。

孢粉分析是第四纪植被、古气候研究的重要手段之一,利用孢粉组合可以恢复古植被,进而重建古气候、古环境^[9-11]。但是,不同植物的孢粉产量、大小、保存、传播等诸多方面都存在差异,所以,孢粉组合中的孢粉数量和百分比、浓度、沉积率比例不一定与实际植被中该植物的数量和比例完全一致^[12]。而表土孢粉与植被关系的研究是解决这一问题的关键,只有对现代植被与表土孢粉的关系进行深入的研究才能将化石孢粉重建古植被的误差尽量减小^[13]。近些年,天山北坡表土花粉的研究有了一定的进展。潘安定^[14]首次应用灰色系统对天山北坡不同植被类型的表土孢粉组合进行了研究,在一定程度上有助于提高新疆干旱区花粉组合与植被类型对应上的准确性。阎顺等^[15]对表土中云杉花粉的含量进行了比较详细的研究,对其传播的机制有了较全面的认识,从而为云杉花粉在植被重建方面的应用提供了有说服力的证据。杨振京等^[16]在对该区进行全面考察的基础上建立了天山北坡植被垂直带的表土花粉谱,基本反应了植被特征。这些成果开创了天山北

坡的表土花粉研究工作,为后来该地区的表土及地层花粉方面的研究奠定了良好的基础,但是,很多工作还有待进一步探讨,花粉与植被对应关系的真实性以及植物在群落中的数量关系的研究就相对欠缺。

另外,表土花粉直接反映古植被的情况在以前的研究中较少涉及,因此,本文拟通过石河子南山地区 23 个不同海拔的表土孢粉分析,并与地层花粉谱进行对比分析,进一步探讨表土孢粉与植被的对应关系,并对表土花粉反映历史时期古植被的情况进行初步探讨,为更好地认识南山地区古气候环境演变提供参考依据。

1 研究区概况

研究区位于石河子市,境内有玛纳斯河、宁家河、金沟河、大南沟河、巴音沟河等。气候上属于温带大陆性干旱半干旱气候,年平均气温 2.5—5.0 °C,1 月平均气温为-15—-20 °C,7 月平均气温为 20—25 °C,年均降水量多在 500 mm 以上,是中国干旱区中的湿岛。降水季节变化很大,最大降水集中在 5、6 两月,以 2 月份最少。所有植被垂直带谱的结构几乎完全一样,差异在于同一类型垂直带的上下限高度及带幅宽度不同。带谱之间存在明显的过渡,植被垂直带可分为高山座垫植被带(>3400 m)、高山亚高山草甸带(3400—2700 m)、中山森林植被带(2700—1720 m)、森林草原过渡带(1720—1300 m)、蒿属荒漠带(1300—700 m)和典型荒漠带(<700 m)。

表土采样点所在的石河子南山,距乌鲁木齐 75 km,属北天山的喀拉乌成山北麓,地处中山与低山过渡带,平均海拔 1922 m,年降雨量 400—600 mm,最冷月(1 月)平均气温-10.4 °C,最热月(7 月)平均气温 12.4 °C。无霜期 77 d,平均降水量 456.3 mm,年平均蒸发量为 1008.3 mm,夏季多雨,冬有积雪,这一地区的气候、地貌和植被垂直带分明,具有多种植被带类型,从下至上可分为:典型荒漠带、蒿属荒漠带、森林草原过渡带、山地云杉林带等^[17]。

2 实验方法

2.1 野外采样

沿着玛纳斯河海拔高度从约 2400 m 到 300 m 左右,每间隔海拔高度 50—100 m 取样 1 次,其中海拔为 650—400 m 的地点,由于处在农田地带受人为干扰较大而没有采样,总共采集了 23 块表土样品(表 1),主要收集地表的枯落物和苔藓、地衣,当缺少枯落物和苔藓、地衣时,则采集少量表土,并通过全球定位系统记录每个采样点的经纬度和海拔。样品按照海拔高度的顺序进行编号(表 1)。

表 1 新疆南山地区各样品对应的海拔与现代植被带类型

Table 1 Altitudes and vegetation zones of all samples from Nanshan region of Xinjiang

样号 Sample	海拔/m Altitude	植被带类型 Vegetation zone	样号 Sample	海拔/m Altitude	植被带类型 Vegetation zone
1	2400	森林植被带	13	1250	蒿属荒漠带
2	2350	森林植被带	14	1150	蒿属荒漠带
3	2250	森林植被带	15	1050	蒿属荒漠带
4	2150	森林植被带	16	950	蒿属荒漠带
5	2050	森林植被带	17	850	蒿属荒漠带
6	1950	森林植被带	18	750	典型荒漠带
7	1900	森林植被带	19	650	典型荒漠带
8	1850	森林植被带	20	380	典型荒漠带
9	1700	森林植被带	21	380	典型荒漠带
10	1620	森林草原过渡带	22	377	典型荒漠带
11	1450	森林草原过渡带	23	377	典型荒漠带
12	1350	森林草原过渡带			

2.2 实验方法及数据处理

在实验室每块样品取 50 g,个别样品为 100 g,样品处理前,每个样品外加入 1 粒石松孢子片(26000 粒/片)作为指示剂以计算孢粉浓度,采用常规的酸、碱处理和重液浮选的方法进行花粉提取,应用 Olympus 光学

显微镜 CX31 在 40×10 倍镜下对孢粉进行鉴定和统计,除个别样品花粉含量较少外,均统计陆生植物花粉 300 粒以上。

采样点分布图(图 1)应用 ArcGIS 完成,孢粉数量统计和百分比计算应用 Excel 软件完成,将孢粉分析结果以占陆生植物花粉总和为基数进行百分比计算,并运用 Tilia 软件进行孢粉图式制图(图 2)。

3 结果与分析

23 块孢粉样品共统计孢粉总数为 21128 粒,它们分属于 42 个植物科属。其中乔木植物花粉主要有云杉属(*Picea*)、落叶松属(*Larix*)、桦木属(*Betula*);中旱生灌木和草本植物花粉主要有麻黄属(*Ephedra*)、白刺(*Nitraria*)、藜科(*Chenopodiaceae*)和蒿属(*Artemisia*)等;中生或湿生草本植物花粉有禾本科(*Gramineae*)和莎草科(*Cyperaceae*)等。依据表土花粉特点和现代植被调查,该区表土孢粉谱从上至下可分为 4 个孢粉组合带(图 2)。

带 I 森林植被带(2400—1700 m):该带植被以云杉属为主,林下生长着多种类型的灌木及草本植物,以珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、乌头(*Aconitum carmichaeli*)、忍冬(*Lonicera Japonica*)和天山花楸(*Sorbus tianschanica*)等较多。另外,林下还见较多的水龙骨科(*Polypodium*)植物。孢粉组合中乔木植物花粉含量为 71.3%—88.89%,平均值高达 81.07%,其中云杉属花粉含量最高(平均值为 81.02%),桦属和榆属等花粉类型含量较少。草本和灌木植物花粉含量为 11.11%—28.66%,平均值为 18.93%,其中藜科(14.76%)、蒿属(1.78%)、麻黄属(1.34%)占主要成分,还见少量的禾本科和石竹科(*Caryophyllaceae*)花粉。该带的孢粉种类较多,达 29 个植物科属,除了云杉属(81.02%)、藜科(14.76%)含量较高外,其它种类仅占很小的比例,部分科属的孢粉仅有几粒。

带 II 森林草原过渡带(1700—1350 m):植被以豆科锦鸡儿(*Caragana sinica*)和小檗科(*Berberidaceae*)灌丛为主,其次主要有蒲公英属(*Taraxacum*)和牛蒡(*Arctium lappal*)等草本植物。孢粉组合中乔木植物花粉含量占 2.94%—65.96%,并随海拔降低而显著减少,平均值为 36.16%,较带 I 明显降低。其中云杉属花粉的均值为 35.47%,其他乔木植物如桦属、落叶松属含量较低。灌木和草本植物花粉含量为 34.04%—97.06%,均值为 63.84%,比带 I 含量增高,其中藜科(50.13%)占主要部分,蒿属(7.8%)、蓼属(2.32%)等含量也较高,还见少量禾本科、菊科(*Compositae*)、石竹科等。尽管该带较带 I 的孢粉种类有所减少,但所鉴定的植物科属也能达到 21 个。

带 III 蒿属荒漠带(1350—750 m):植被以蒿属、藜科和麻黄属等植物为主,主要有绢蒿(*Seriphidium santolinum*)、苔草(*Carex tristachya*)、角果藜(*Ceratocarpus arenarius*)和骆驼蓬(*Peganum harmala*)等。孢粉组合中乔木植物花粉含量较带 I、II 低,其值为 0.19%—1.71%,平均值为 0.96%。而灌木和草本植物花粉含量达 98.29%—99.81%,平均值为 99.04%,主要为藜科(62.36%)、蒿属(34.33%)、麻黄属(1.99%),还有少量的蓼科、白刺、菊科等。与前两带相比,该孢粉带的孢粉种类较少,仅有 16 个植物科属,其中蔷薇科(*Rosaceae*)、伞形科(*Umbelliferae*)、怪柳属(*Tamarix*)和胡颓子科(*Elaeagnaceae*)等植物花粉只有几粒。

带 IV 典型荒漠带(750—350 m):该孢粉组合带中,蒿属、藜科等典型的荒漠植物明显占优势。但在 400 m 以下的样品中却含有大量的沼泽蕨(*Thelypteris*)孢子和芦苇(*Phragmites*)植硅体,所以甚有必要划出两个亚带:

亚带 IV₁ (750—650 m):乔木植物花粉含量平均值为 0.56%,灌木和草本植物花粉含量为 99.39%—99.48%,平均值为 99.44%,为整个垂直带谱的最高值,其中藜科(79.55%)、蒿属(17.12%)和麻黄(1.66%)含量较高,还有少量的菊科、白刺、怪柳属和禾本科植物花粉。值得注意的是,该孢粉带的孢粉种类较 III 带多,有

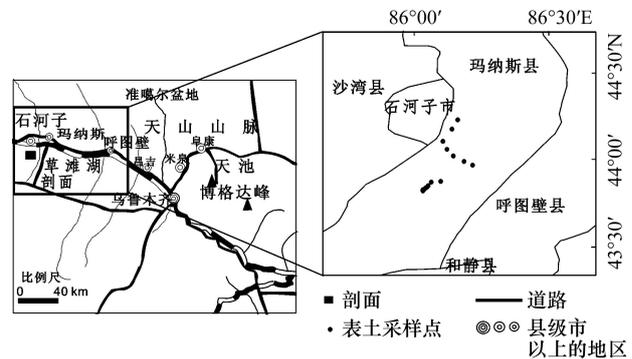


图 1 新疆南山地区表土花粉采样点
Fig.1 Study area and locations of surface pollen sampling sites in Nanshan region of Xinjiang

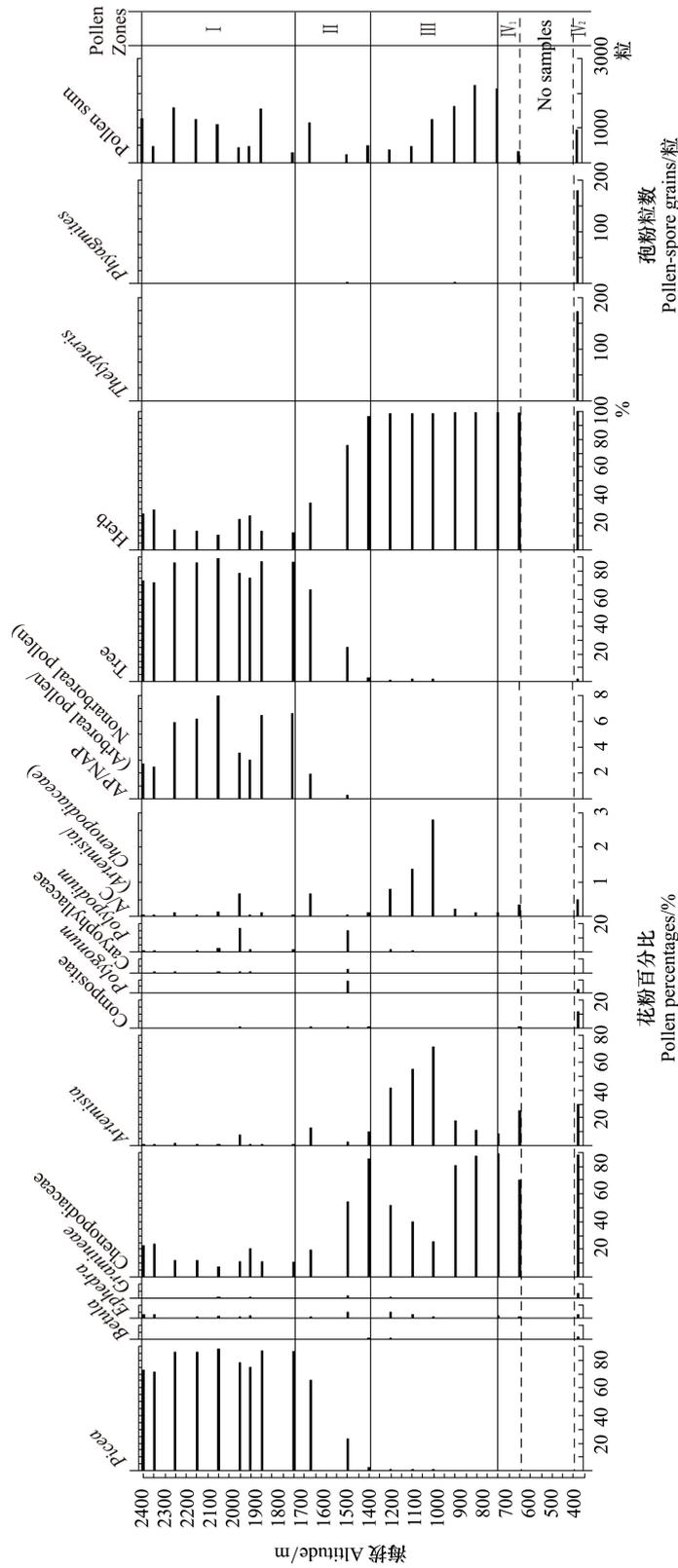


图2 新疆南山地区表土孢粉组合图示
 Fig.2 Surface pollen percentages and pollen zones in Nanshan region of Xinjiang

24 个植物科属,除出现山萝卜属(*Scabiosa*)、豆科(*Leguminosae*)、十字花科(*Cruciferae*)外还出现了香蒲属(*Typha*)、眼子菜属(*Potamogeton*)和黑三棱属(*Sparganium*)等湿生植物的个别花粉。

亚带Ⅳ₂ (400—350 m):位于草滩湖区范围内,孢粉组合虽以藜科、蒿属为主,但该带还出现了大量的沼泽蕨孢子和芦苇植硅体,似乎该特征与草滩湖地层剖面中泥炭层的孢粉特征类似^[35],推测该土样并不能完全代表近代的表土沉积,而是兼具历史沉积物与表土沉积物的特征。

4 讨论与结果

4.1 北坡样带表土花粉与植被的关系

该地区表土孢粉组合特征大致能反映当地植被的主要特征。带Ⅰ中较高含量的云杉花粉可能与植被带以云杉为主的森林植物有关,带Ⅱ中以云杉为主的乔木植物和含量较高的藜科、蒿属和蓼属等草本植物为主的孢粉组合特征与森林-草原植被带的植被特征较为类似。带Ⅲ的蒿属花粉含量较高,与该带植被中绢蒿较多有一定的关系,带Ⅳ以藜科为主的花粉组合特征代表了这个植被带的荒漠植被类型,而该带中的亚带Ⅳ₂除藜科花粉占优势外,还伴有大量沼泽蕨孢子和芦苇植硅体,与荒漠植被类型不完全相符,有待进一步讨论。

4.1.1 典型乔木(云杉)花粉与植被

根据表土样品和现代植被调查,新疆天山北坡地区的乔木花粉在森林植被带达到最大值,以云杉属为主,伴生有少量的桦属和榆属。云杉作为新疆山地的植被建群属种,种类少(雪岭云杉 *Picea schrenkiana* 和西伯利亚云杉 *Picea obovata*),分布范围具有局限性,在山地垂直地带性中扮演着重要的角色^[18]。

云杉花粉具有大的双气囊,有很强的飞行能力,在实验采样分析中,尽管采样点据林地较远,有的甚至有上千米,但是绝大多数样品中都有云杉花粉的分布,通常认为其具有超代表性^[19]。尽管在远离林地的荒漠地区的表土样中,云杉花粉也普遍存在,但是数量很少。在南山地区的表土孢粉垂直带谱中,乔木植物占主导的带Ⅰ中,云杉属花粉含量高达 81.02%,而该带位于海拔 1700—2400 m 的中山地区,分布有大片的雪岭云杉,长势较好,郁闭度高,群落组合中还有珠芽蓼、忍冬和乌头等。在海拔 1620—1700 m 处分布有云杉过熟纯林,生态环境出现恶化,较难更新恢复,云杉花粉含量开始降低。在海拔 1350—1600 m,是大多种类花粉含量急剧变化的过渡带,由于处于云杉林线下部的灌丛带,据林地垂直距离局部达到 300 m,随着距离的增大,云杉花粉含量明显减少,从 65.7% 下降到 2.26%,表明一般情况下,距林地的距离影响着云杉花粉的含量,据阎顺等^[15,20]对新疆表土中云杉花粉的研究数据显示,当在距林地水平距离 10 km 以上时,云杉花粉平均含量为 4.7%;距林地 20 km 以上云杉花粉平均含量为 4.2%;距林地 100 km 以上,云杉花粉平均含量则降至 3.12%;距林地 200 km 以上,云杉花粉平均含量仅占 3.1%。李文漪^[21-22]等对新疆柴窝堡盆地、天山天池等地区的表土花粉研究也表示云杉花粉的含量与距林地的距离有较大的关系,并认为当云杉花粉百分含量大于 20% 时才能考虑是否有云杉林的存在。海拔低于 1350 m 为蒿属荒漠带和典型荒漠带,植被数量极少,且大部分为藜科、蒿属等,乔木百分比仅为 0.89%,其中云杉花粉含量为 0.37%,与荒漠地带罕见乔木的情况较相符。

从花粉谱中可以看出,云杉属花粉在海拔低于 1350 m 的地方即林带下方所占的比例很小,一方面如前面所述是由于距林地的距离较远,另一方面,可能是山风气流对云杉花粉往下搬运的能力较弱所致^[20]。需要指出的是,本次采样没有涉及高海拔的草甸植被带,不能判断完整的植被带是否会出现距林地较远的林线上部的云杉花粉含量较高的情况,但是结合以前的研究,出现这种情况的最大可能是受山谷风的影响,大量的研究证明,高山上升气流对云杉花粉的搬运作用非常显著。其中,花粉的“爬山”现象在高山地带非常普遍^[23],至于山风对云杉花粉的搬运能力与低海拔地区较低含量的云杉花粉的关系还有待进一步研究。

4.1.2 典型草本植物花粉与植被

在整个植被垂直带中草本植物花粉主要有藜科、蒿属和麻黄属等,其中藜科和蒿属占大部分,藜科花粉最高达到 88.88%,带Ⅰ中藜科花粉相对较低,但也达到了 14.76%,其它各(亚)带分别为 50.13%、57.05%、79.55%和 71.76%,蒿属花粉在垂直带上的分布分别为 1.78%、7.79%、39.45%、17.12%和 17.92%,藜科和蒿属花粉因为其产量高、易保存和传播能力强等特点,在表土花粉中明显具超代表性,一直是学者们研究的重

点^[24-26]。阎顺等^[27]在研究中指出藜科和蒿属作为新疆荒漠区和荒漠草原区的建群植物,分布广泛,但是其花粉的分布更为广泛,几乎所有的植被带样品中都有其分布。李文漪等^[21]认为当它们在植被中的含量达到30%以上时,则可以基本反映植被情况。在本次采样的植被带中,带Ⅲ花粉组合以藜科和蒿属为主,两者的百分含量均超过30%,与所处的蒿属荒漠植被带相符,能够基本反映当地的植被状况。除了带Ⅰ之外其它各(亚)带的藜科含量均超过了30%,部分能够反映低海拔地区的荒漠植被状况,但是与其他地区的研究结果有所不同,在距荒漠地带较远的过渡带百分含量仍然超过30%,显示了藜科花粉的传播能力很强,支持其花粉超代表性的说法。

A/C 比值在花粉研究中的应用越来越广泛,翁成郁等^[28]研究了西昆仑地区表土花粉组合特征及其与植被的数量关系,指出 A/C 花粉含量比值可作为干燥程度的一个指示参数,对气候、环境的恢复具有很大意义。孙湘君等^[29]认为高含量的蒿属花粉一般代表较湿润的高海拔地区生长的以蒿属为主的干草原,而高含量的藜科花粉则代表低海拔地区的荒漠,并指出使用 A/C 值恢复古环境时,其前提条件是蒿属与藜科花粉之和必须占优势,起码超过花粉总数的一半,A/C 值才有指示旱生植被的生态意义。Van Campo^[30]的研究表明,A/C 可以用来区分温带草原和沙漠,并且可以用来重建当地降

雨量的变化状况。Herzschuh^[31]也认为 A/C 比值可以作为区分干旱度的一个代用指标。南山地区的表土孢粉研究表明,蒿属的花粉集中在蒿属荒漠,藜科花粉则集中在蒿属荒漠和典型荒漠带。另一方面,带Ⅲ的 A/C 比值为 0.12—2.79,均值为 1.06,其他各(亚)带的 A/C 值均小于 0.5(图 3),亚带Ⅳ₂虽然部分反映的是古湿地环境,但是现代植被是荒漠植被,蒿属和藜科所占比例与亚带Ⅳ₁相差不大。另外,在草滩湖湿地的古沉积环境下,又使得该亚带的 A/C 比值略大于亚带Ⅳ₁。A/C 值在一定程度上指示环境的干湿程度,但在局部环境下也反映人类对植被的干扰程度^[32]。与亚带Ⅳ₂相比,亚带Ⅳ₁的采样地受人类干扰较严重,分布有人工种植的杨树,另外还分布有大片的苦豆子(*Sophora alopecuroides*),苦豆子生长的地方大多为荒漠和半荒漠区内较潮湿的地段,地下水位较浅,比较适合人类活动,在人类干扰较严重的情况下,A/C 比值有减少的趋势^[33]相符合。

4.2 表土花粉代表性问题

石河子南山海拔 400 m 以上的表土花粉垂直分布与杨振京^[33]沿天山博格达峰附近雪线至古尔班通古特沙漠的长约 100 km,宽约 20 km 的样带上采集的位于海拔 2400—400 m 的表土花粉组合特征类似,反映了当地现生植被分布的情况,但是在海拔 400 m 以下的花粉组合中,指示湿地环境的沼泽蕨孢子所占比例(基数为统计孢粉总数)竟高达 49.4%,且芦苇植硅体含量也较多(10—180 粒),同时还见有水生植物(黑三棱、眼子菜、香蒲等)花粉的出现。为了验证这些表土花粉的物源,沿不同海拔高度采集了表土花粉样品进行鉴定,发现沿途并未出现沼泽蕨孢子,而只有在海拔低于 400 m 处才开始出现沼泽蕨孢子以及芦苇植硅体,表明它们不是从天山搬运而来,而在一定程度上指示了原地的湿生古环境。因此海拔 400 m 以下的花粉组合特征不能完全反映当地植被,而在一定程度上还代表历史时期古湿地的沉积特征,这些研究成果有助于合理解释剖面地层中的花粉特征以及较客观的恢复古植被景观和古气候特征。值得提出的是,作者们对草滩湖村湿地 4550a 以来的孢粉记录和环境演变进行了研究^[34-35],表明该地区的历史植被和气候演变明显,2500 cal. a BP 至今,水生植物生长,形成湿地景观,尽管湿地周围大区域仍是以蒿属、藜科为主的荒漠草原。在草滩湖村剖面中,沼泽蕨孢子和芦苇植硅体大量分布在深 66 cm 以上的泥炭层中(约 2500 cal. a BP)^[34],恰好与该地区 400 m 以下的表土中出现高比例的沼泽蕨孢子和芦苇植硅体相一致,从而为该表土花粉反映历史时期的植被

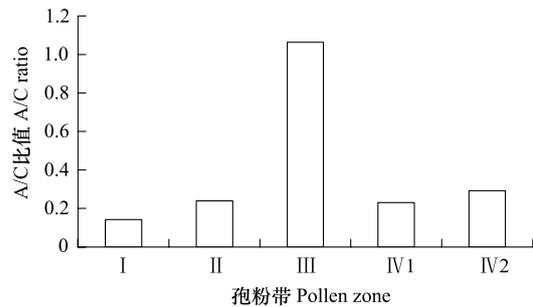


图3 新疆南山地区表土花粉不同花粉带蒿属/藜科比值

Fig.3 *Artemisia/Chenopodiaceae* (A/C) pollen ratio of different surface pollen zones in the Nanshan region of Xinjiang

与环境情况进一步提供了证据。

该地区表土花粉的特殊代表性与其位于军垦地带有较大的关系,石河子垦区地处天山北麓中段,古尔班通古特大沙漠南缘,全垦区面积 7529 km²,自治区直辖市-石河子市位于垦区中部,南倚天山,是新疆生产建设兵团直辖的以农牧业为依托的军垦新城,史料记载,石河子的开垦历史远从西汉屯田戍边开始,历经东汉、魏、晋、南北朝、隋、唐、元、明、清代 2000 余年,相袭至今。20 世纪 50 年代初,石河子新疆生产建设兵团进驻石河子进行开荒生产,垦区的生态环境发生了巨大变化^[36-37]。历史时期长期的翻耕使得表土层揭开,造成实际采集的表土样品混杂了一定的地层土壤,甚至完全是地层土壤,从而使得表土花粉与现代植被的对应关系欠缺,但却较好地反映了历史时期的植被环境特征。

值得提出的是,在草滩湖区采集的表土中,在距离较近的表土样品中(样品 20 和样品 21)的孢粉组合却有较大的差异。其中,采于豆子农田地的样品(样品 21)中未见沼泽蕨孢子,但有较多的芦苇植硅体,根据不同植物的生境特点来看,地下水位、水质和土壤特性等均会影响植物的生长与分布,这里仅较为简单地讨论地下水位的情况,其他特性有待进一步的工作。造成这种现象的原因可能是该沉积样品对应的历史时期的积水较深,不利于蕨类植物生长,但对水分适应幅度很广的芦苇群落则大量分布。这一方面说明人们在开垦选址的时候考虑到了地下水位的问题,虽然在历史时期该地区水面积较大,但是随着历史环境的变迁和人为活动的影响,草滩湖湿地的水面积逐渐减少,现代景观已经少见有地上水,而且地下水位的下降也非常明显,曾经相对的高湖地段退水后正好符合农作物对土壤水分的需求。另一方面说明不同程度的开垦对地表揭露的程度也不同,虽然该表土样品可以明显看出古湿地的环境,但是具体对应哪个历史时期则无法判断。可以结合同一地点的剖面样品孢粉组合特征以及年龄数据来了解开垦深度,从而对开垦程度予以判断,这对于土地利用与生态环境的关系以及不同农作物的种植生长对土地翻耕要求的研究有一定的参考价值。

5 结论

(1)通过对天山北坡按海拔梯度从海拔 2400 m 到 300 m 采集的 23 块表土样品的孢粉分析以及植被的调研,将该区表土孢粉谱分为 4 个孢粉带,分别对应森林植被带、森林草原植被带和蒿属荒漠带和典型荒漠带。在海拔 400 m 以上,花粉含量的垂直变化与植被之间具有较好的对应关系,而典型荒漠带由于其特殊的花粉组合被划分为两个亚带,其中亚带 IV₂ 含有大量的沼泽蕨孢子和芦苇植硅体对指示古环境具有重要的意义。

(2)云杉属花粉在整个垂直植被带中都有分布,与云杉自身较强的飞行能力有关,在低海拔地区含量明显减少一方面由于距林地较远,另一方面可能与山风的搬运能力较弱有关。在森林植被带达到最大值,与该带的建群种为云杉有关。

(3)南山地区的表土孢粉研究表明蒿属的花粉集中在蒿属荒漠,藜科花粉则集中在蒿属荒漠和典型荒漠带,与理论情况较符。带 I、II 以及亚带 IV₁ 和 IV₂ 的 A/C 均小于 1,带 III 的 A/C 比值为 0.12—2.79,均值为 1.06,虽然 A/C 值在一定程度上指示环境的干湿程度,但在局部环境下也反映人类对植被的干扰程度。这表明在应用 A/C 比值进行古环境恢复时需要结合具体的研究环境进行说明。

(4)表土花粉通常与现代植被有较好的对应关系,但是当孢粉组合与现代植被相差较大,难以对区域植被和现代地理环境因素作出解释时,可以考虑其与古地理之间的对应关系,从而在一定程度上可以为地层孢粉和古环境的研究提供依据,对研究农业开垦也有一定的参考价值。

References:

- [1] Ji Z K, Liu H Y. Shifting of vertical vegetation zones in Manas River drainage on northern slope of Tianshan Mountains since the Late Glacier. *Journal of Palaeogeography*, 2009, 11(5): 534-541.
- [2] Yan S. The characteristics of Quaternary spore-pollen assemblage and the vegetation succession in Xinjiang. *Arid Land Geography*, 1991, 14(2): 1-9.
- [3] Liu X Q, Herzschuh U, Shen J, Jiang Q F, Xiao X Y. Holocene environmental and climatic changes inferred from Wulungu Lake in northern Xinjiang, China. *Quaternary Research*, 2008, 70(3): 412-425.

- [4] Luo C X, Zheng Z, Tarasov P, Pan A D, Huang K Y, Beaudouin C, An F Z. Characteristics of the modern pollen distribution and their relationship to vegetation in the Xinjiang region, northwestern China. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2009, 153(3/4): 282-295.
- [5] Hu R J. *Physical Geography of the Tianshan Mountains in China*. Beijing: China Environmental Science Press, 2004.
- [6] Zhang Y, Kong Z C, Ni J, Yan S, Yang Z J. Late Holocene palaeoenvironment change in central Tianshan of Xinjiang, northwest China. *Grana*, 2007, 46(3): 197-213.
- [7] Zhang Y, Kong Z C, Yan S, Yang Z J, Ni J. "Medieval Warm Period" on the northern slope of central Tianshan Mountains, Xinjiang, NW China. *Geophysical Research Letters*, 2009, 36(11), doi: 10.1029/2009GL0 37375.
- [8] Zhang Y, Kong Z C, Yan S, Yang Z J, Ni J. Fluctuation of *Picea* timber-line and paleo-environment on the northern slope of Tian-shan Mountains during the late Holocene. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(14): 1747-1756.
- [9] Zhao Z M, Liu A M, Peng W, Ji W H, Li R S, Wang Y Z, Zhu Y T. Holocene environmental changes of northern Qinghai-Tibetan Plateau based on spore-pollen analysis. *Arid Land Geography*, 2007, 30(3): 381-391.
- [10] Xiao J Y, Wu Y S, Zheng M P. A preliminary study on late Quaternary flora in Chabyêr Caka Salt Lake, Tibet. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 1996, 13(4): 395-399.
- [11] Yu J X, Liu A M, Huang Y Z, Lu D B, Mou S Y, Yue L, Yang J L. Pollen-based reconstructions of late Pleistocene and Holocene vegetation and climatic changes of Yang Lake area, Tibet. *Chinese Bulletin of Botany*, 2004, 21(1): 91-100.
- [12] Yang Z J, Xu J M. Advances in studies on relationship among pollen, vegetation and climate. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(S1): 73-81.
- [13] Feng X H, Yan S, Ni J. Pollen-based and quantitative reconstruction of holocene palaeovegetation of surface soil of Xinjiang. *Scientia Geographica Sinica*, 2011, 31(6): 702-707.
- [14] Pan A D. Research on spore-pollen assemblages in surface soil of various vegetation in northern slope of the Tianshan Mountain. *Scientia Geographica Sinica*, 1993, 13(3): 227-233.
- [15] Yan S, Kong Z C, Yang Z J, Zhang Y, Ni J. Seeking relationship between vegetation and *Picea* pollen in surface soils of Xinjiang, northwestern China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 2017-2023.
- [16] Yang Z J, Kong Z C, Ma K P, Ni J. Study on surface pollen of vertical zone in the north slope of Tianshan Mountain//Abstracts presented at a meeting commemorating the 70th anniversary of the Botanical Society of China (1993—2003). Beijing: Advanced Education Press, 2003: 262-262.
- [17] Comprehensive Expedition of Xinjiang, Chinese Academy of Sciences, Institute of Botany, CAS. *Vegetation of Xinjiang and its Utilization*. Beijing: Science Press, 1978: 80-91.
- [18] Editorial Committee for Forests of Xinjiang. *Forest of Xinjiang*. Urumqi: Xinjiang People Press, Beijing: China Forestry Press, 1989: 123-124.
- [19] Li W Y, Yao Z J. A study on the quantitative relationship between *Pinus* pollen in surface sample and *Pinus* vegetation. *Acta Botanica Sinica*, 1990, 32(12): 943-950.
- [20] Yan S. The discussion on the pollen of pine family in surface soil in Xinjiang. *Arid Land Geography*, 1993, 16(3): 1-9.
- [21] Li W Y. *Quaternary Vegetation and Environment in China*. Beijing: Science Press, 1998: 2-30,43-48.
- [22] Li W Y. On dispersal efficiency of picea pollen. *Acta Botanica Sinica*, 1991, 33(10): 792-800.
- [23] Yang Z J, Zhang Y, Bi Z W, Yang Q H, Kong Z C, Yan S, Yan M J. Surface pollen distribution in the southern slope of Tianshan Mountains, Xinjiang. *Arid Land Geography*, 2011, 34(6): 880-889.
- [24] Luo C X, Zheng Z, Pan A D, An F Z, Beaudouin C, Huang K Y. Distribution of surface soil spore-pollen and its relationship with vegetation in Xinjiang, China. *Arid Land Geography*, 2007, 30(4): 536-543.
- [25] Zhang S R, Xu Q H, Nielsen A B, Chen H, Li Y C, Li M Y, Hun L Y, Li J Y. Pollen assemblages and their environmental implications in the Qaidam Basin, NW China. *Boreas*, 2012, 41(4): 602-613.
- [26] Zhao Y, Li F R, Hou Y T, Sun J H, Zhao W W, Tang Y, Li H. Surface pollen and its relationships with modern vegetation and climate on the Loess Plateau and surrounding deserts in China. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2012, 181: 47-53.
- [27] Yan S, Xu Y Q. Spore-pollen association in surface-soil in Altay, Xinjiang. *Arid Zone Research*, 1989, (1): 26-33.
- [28] Weng C Y, Sun X J, Chen Y S. Numerical characteristics of pollen assemblages of surface samples from the west Kunlun Mountains. *Acta Botanica Sinica*, 1993, 35(1): 69-79.
- [29] Sun X J, Du N Q, Weng C Y, Lin R F, Wei K Q. Palaeovegetation and paleoenvironment of Manasi Lake, Xinjiang, N. W. China during the last 14000 years. *Quaternary Sciences*, 1994, (3): 239-248.
- [30] Van Campo E, Courc P, Sixuand H. Holocene environmental changes in Bangong Co basin (Western Tibet). Part 2: The pollen record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1996, 120(1/2): 49-63.
- [31] Herzs Schuh U. Reliability of pollen ratios for environmental reconstructions on the Tibetan Plateau. *Journal of Biogeography*, 2007, 34(7):

1265-1273.

- [32] Zhang Y, Kong Z C, Wang G H, Ni J. Anthropogenic and climatic impacts on surface pollen assemblages along a precipitation gradient in north-eastern China. *Global Ecology and Biogeography*, 2010, 19(5): 621-631.
- [33] Yang Z J. A study on Modern Palynology in the Northern Slope of Mid-Tianshan Mt, Xinjiang [D]. Beijing: Institute of Botany, CAS, 2004.
- [34] Zhang Y, Kong Z C, Ni J, Yan S, Yang Z J. Pollen record and environmental evolution of Caotanhu wetland in Xinjiang since 4550 cal. a BP. *Chinese Science Bulletin*, 2008, 53(7): 1049-1061.
- [35] Zhang Y, Yang Z J, Kong Z C, Yan S. Geochemical characteristics and its paleoenvironment of wetland sediment in Caotanhu wetland, Shihezi city in Xinjiang province of China. *Scientia Geographica Sinica*, 2012, 32(5): 616-620.
- [36] Xinjiang Institute of Archaeological, Shihezi Museum of Military Colony. Investigations of Cultural Relics in Shihezi. *Cultural Relics of Xinjiang*, 1998, (4): 54-64.
- [37] The State Council Information Office of the People's Republic of China. History and Development of Xinjiang. Beijing: Newstar Press, 2003.

参考文献:

- [1] 纪中奎, 刘鸿雁. 天山北坡玛纳斯河流域晚冰期以来植被垂直带推移. *古地理学报*, 2009, 11(5): 534-541.
- [2] 闫顺. 新疆第四纪孢粉组合特征及植被演替. *干旱区地理*, 1991, 14(2): 1-9.
- [5] 胡汝骥. 中国天山自然地理. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
- [8] 张芸, 孔昭宸, 闫顺, 杨振京, 倪健. 天山北坡晚全新世云杉林线变化和古环境特征. *科学通报*, 2006, 51(12): 1450-1458.
- [9] 赵振明, 刘爱民, 彭伟, 计文化, 李荣社, 王毅智, 朱迎堂. 青藏高原北部孢粉记录的全新世以来环境变化. *干旱区地理*, 2007, 30(3): 381-391.
- [10] 萧家仪, 吴玉书, 郑绵平. 西藏扎布耶盐湖晚第四纪孢粉植物群的初步研究. *微体古生物学报*, 1996, 13(4): 395-399.
- [11] 喻建新, 刘爱民, 黄永忠, 卢定彪, 牟世勇, 岳龙, 杨家禄. 西藏羊湖地区近 1.4 万年以来孢粉植物群及古气候研究. *植物学通报*, 2004, 21(1): 91-100.
- [12] 杨振京, 徐建明. 孢粉-植被-气候关系研究进展. *植物生态学报*, 2002, 26(Z1): 73-81.
- [13] 冯晓华, 闫顺, 倪健. 新疆表土孢粉的植被定量重建. *地理科学*, 2011, 31(6): 702-707.
- [14] 潘安定. 天山北坡不同植被类型的表土孢粉组合研究. *地理科学*, 1993, 13(3): 227-233.
- [15] 闫顺, 孔昭宸, 杨振京, 张芸, 倪健. 新疆表土中云杉花粉与植被的关系. *生态学报*, 2004, 24(9): 2017-2023.
- [16] 杨振京, 孔昭宸, 马克平, 倪健. 天山北坡植被垂直带的表土花粉研究 // 中国植物学会七十周年年会论文摘要汇编(1993-2003). 北京: 高等教育出版社, 2003: 262-262.
- [17] 中国科学院新疆综合考察队, 中国科学院植物研究所. 新疆植被及其利用. 北京: 科学出版社, 1978: 80-91.
- [18] 《新疆森林》编辑委员会. 新疆森林. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 北京: 中国林业出版社, 1989: 123-124.
- [19] 李文漪, 姚祖驹. 表土中松属花粉与植物间数量关系的研究. *植物学报*, 1990, 32(12): 943-950.
- [20] 闫顺. 新疆表土松科花粉分布的探讨. *干旱区地理*, 1993, 16(3): 1-9.
- [21] 李文漪. 中国第四纪植被与环境. 北京: 科学出版社, 1998: 2-30, 43-48.
- [22] 李文漪. 云杉花粉散播效率问题. *植物学报*, 1991, 33(10): 792-800.
- [23] 杨振京, 张芸, 毕志伟, 杨庆华, 孔昭宸, 闫顺, 严明疆. 新疆天山南坡表土花粉的初步研究. *干旱区地理*, 2011, 34(6): 880-889.
- [24] 罗传秀, 郑卓, 潘安定, 安放舟, Beaudouin C, 黄康有. 新疆地区表土孢粉分布规律及其与植被关系研究. *干旱区地理*, 2007, 30(4): 536-543.
- [27] 闫顺, 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.
- [28] 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.
- [29] 孙湘君, 杜乃秋, 翁成郁, 林瑞芬, 卫克勤. 新疆玛纳斯湖盆周围近 14000 年以来的古植被古环境. *第四纪研究*, 1994, (3): 239-248.
- [33] 杨振京. 新疆天山中段北坡地区现代孢粉学研究 [D]. 北京: 中国科学院植物研究所, 2004.
- [34] 张芸, 孔昭宸, 倪健, 闫顺, 杨振京. 新疆草滩湖村湿地 4550 年以来的孢粉记录和环境演变. *科学通报*, 2008, 53(3): 306-316.
- [35] 张芸, 杨振京, 孔昭宸, 闫顺. 新疆石河子草滩湖湿地沉积物地球化学特征及其古环境分析. *地理科学*, 2012, 32(5): 616-620.
- [36] 新疆文物考古研究所, 石河子军垦博物馆. 石河子市文物普查简报. *新疆文物*, 1998, (4): 54-64.
- [37] 中国国务院新闻办公室. 新疆的历史与发展. 北京: 新星出版社, 2003.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33 ,No.20 Oct. ,2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Spatial variability of small and medium scales' resource abundance of *Ommastrephes bartramii* in Northwest Pacific YANG Mingxia, CHEN Xinjun, FENG Yongjiu, et al (6427)
- The effect of moisture and temperature on soil C mineralization in wetland and steppe of the Zoige region, China WANG Dan, LV Yuliang, XU Li, et al (6436)
- Response and population bionomic strategies of desert rodent communities towards disturbance of cultivation YUAN Shuai, FU Heping, WU Xiaodong, et al (6444)
- Effects of Bt-cotton on *Propylea japonica*, an Enemy Insect of *Bemisia tabaci* (Gennadius) ZHOU Fucui, GU Aixiang, YANG Yizhong, et al (6455)
- Research progress in the ecological effects of micro-landform modification WEI Wei, YU Yun, JIA Fuyan, et al (6462)

Autecology & Fundamentals

- A multi-scale feeding habitat selection of Red-crowned crane during spring migration at the Shuangtaihekou Nature Reserve, Liaoning Province, China WU Qingming, ZOU Hongfei, JIN Hongyang, et al (6470)
- Surface pollen research of Nanshan region, Shihezi City in Xinjiang ZHANG Hui, ZHANG Yun, YANG Zhenjing, et al (6478)
- Dynamics of leaf carbon, nitrogen and phosphorus of two dominant species in a Poyang Lake wetland ZHENG Yanming, YAO Bo, WU Qin, et al (6488)
- Estimation of forest aboveground biomass using high spatial resolution remote sensing imagery HUANG Jinlong, JU Weimin, ZHENG Guang, et al (6497)
- Cost-benefits of the clonal integration of *Cynodon dactylon*, a stolon herbaceous plant, under heterogeneous lighting condition TAO Yingshi, HONG Shengchun, LIAO Yongmei, et al (6509)
- Biological cycling of *Koelreuteria paniculata* plantation microelements in Xiangtan Manganese Mine wasteland LUO Zhaohui, TIAN Dalun, TIAN Hongdeng, et al (6517)
- Effects of ectomycorrhizal fungi (*tinctorius* (Pers.) Coker & Couch) on the biomass of masson pine (*Pinus massoniana*) seedlings under simulated acid rain CHEN Zhan, WANG Lin, SHANG He (6526)
- Effects of biochar on selected soil chemical properties and on wheat and millet yield CHEN Xinxiang, HE Xusheng, GENG Zengchao, et al (6534)
- Source of variation of plant functional traits in the Yanhe river watershed: the influence of environment and phylogenetic background ZHANG Li, WEN Zhongming, MIAO Lianpeng (6543)
- The general biology and experimental population life table about *Asynacta ambrostomae* WANG Xiumei, ZANG Liansheng, LIN Baoqing, et al (6553)
- Effect of several ecological factors on embryonic development of *Sepia lycidas* PENG Ruibing, JIANG Xiamin, YU Shuguang, et al (6560)

Population, Community and Ecosystem

- The thinning regular of the the shrubbery at Tongguling National Nature Reserve on Hainan Island, China ZHOU Wei, LONG Cheng, YANG Xiaobo, et al (6569)
- The cause of grassland degradation in Golog Tibetan Autonomous Prefecture in the Three Rivers Headwaters Region of Qinghai Province ZHAO Zhiping, WU Xiaopu, LI Guo, et al (6577)
- Effects of simulated nitrogen deposition on substrate quality of litterfall in a *Pleiblastus amarus* plantation in Rainy Area of West China XIAO Yinlong, TU Lihua, HU Tingxing, et al (6587)
- Phytoplankton community structure based on pigment composition in Qinzhou bay during average water period LAN Wenlu, LI Mingmin, LI Tianshen (6595)
- Functional trait-based evaluation of plant fireproofing capability for subtropical evergreen broad-leaved woody plants LI Xiupeng, YANG Xiaodong, YU Shuquan, et al (6604)
- Interspecific associations between *Parus major* and other bird communities in Beijing Xishan region DONG Daying, FAN Zhongji, LI Zhaxijie, et al (6614)

- Feasibility analysis of passive integrated transponders in population ecology studies of Siberian chipmunk
 YANG Hui, MA Jianzhang, RONG Ke (6634)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- Dynamic variation of water deficit of winter wheat and its possible climatic factors in Northern China
 LIU Qin, MEI Xurong, YAN Changrong, et al (6643)
- Study on the levels' evaluation of provincial low-carbon development in China based on the FAHP-TOPSIS method
 HU Linlin, JIA Junsong, MAO Duanqian, et al (6652)
- An investigation of the safety threshold of a floodplain wetland: a case study of the Er-Ka Nature Reserve, China
 HU Chunming, LIU Ping, ZHANG Litian, et al (6662)
- Application of le bissonnais method to study soil aggregate stability under different vegetaion on the loess plateau
 LIU Lei, AN Shaoshan, Huang Huawei (6670)
- Analysis of vegetation and soil degradation characteristics under different human disturbance in lakeside wetland, Napahai
 TANG Mingyan, YANG Yongxing (6681)
- Resource and Industrial Ecology**
- Changes of land surface temperature and its response to urbanization under the extreme high-temperature background in recent
 ten years of Beijing LI Xiaomeng, SUN Yonghua, MENG Dan, et al (6694)
- Stable isotope (^{13}C and ^{15}N) analysis of fish food web of the Xiaojiang Bay in Three Gorges Reservoir
 LI Bin, XU Dandan, WANG Zhijian, et al (6704)
- Research Notes**
- Dynamics of CO_2 exchange and its environmental controls in an urban green-land ecosystem in Beijing Olympic Forest Park
 CHEN Wenjing, LI Chunyi, HE Guimei, et al (6712)
- Effects of vegetation restoration on landscape pattern of Hongya Country in recent 15 years
 WANG Peng, LI Xianwei, ZHAO Anjiu, et al (6721)
- Photosynthetic characteristics and SAMS gene expression in the red alga *Porphyra yezoensis* Ueda under high salinity
 ZHOU Xianghong, YI Lefei, XU Juntian, et al (6730)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 宋金明 编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 33 卷 第 20 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 33 No. 20 (October, 2013)

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 王如松
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel: (010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief WANG Rusong
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元