

重庆南平喀斯特石漠化区不同土地利用方式下的表土孢粉组合特征*

郝秀东 欧阳绪红 谢世友[†]

(西南大学地理科学学院, 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715)

摘要 重庆南平喀斯特石漠化地区 5 种不同土地利用方式下的 33 个表土和苔藓样品的孢粉分析表明: (1) 研究区植物孢粉共由 50 科属组成, 以草本和蕨类植物占据优势 (除次生马尾松林、次生柳杉林和桃树林外), 含量为 38.84%~86.56%, 其次是乔木 (主要为马尾松), 含量为 13.42%~59.40%, 灌木植物花粉含量最低, 为 0.00%~12.50%, 显示该区植被退化严重; (2) 不同土地利用方式的花粉类型丰富度差别不明显, 物种多样性主要表现为乔木和灌木植物种类的变化, 草本和蕨类基本保持不变; (3) 不同土地利用方式的表土孢粉组合差别明显, 与其相应的实际植被情况大致相同, 基本反映了石漠化地区现代植被的基本状况; (4) 随着土地利用强度的增加, 表土孢粉组合中乔灌木花粉含量和种类越少, 草本和蕨类植物孢粉含量越多, 且以耕地杂草为主。因此, 土地利用方式的变化是对喀斯特石漠化区次生植被及其表土孢粉组合的主要影响因素。

关键词 表土孢粉组合; 石漠化; 土地利用方式; 重庆南平

中图分类号 Q944.571

文献标识码 A

喀斯特石漠化区是典型的生态脆弱区, 是人类强烈干扰的环境, 其土层浅薄, 分布不连续, 质地较黏重, 水分较差, 普遍缺乏 C 层, 稳定性差, 常处于负增长状态, 与缓慢的成土速率相比, 具有不可再生性^[1-3]。长期以来, 喀斯特石漠化区不同土地利用方式下的土壤水分、有机物、粒径和肥力等的研究较多^[4-17], 而从孢粉的角度来研究还少有报道。孢子花粉是植物的组成部分, 因其外壁含有耐高温、氧化和酸碱腐蚀的孢粉素 ($C_{96}H_{22}O_{24}$), 使之在漫长的地质年代里, 可以一直被保存下来^[18]。表土孢粉组合与当地植被状况及沉积环境关系密切, 可以很好地反映当今及过去一段时间内的植被状况。表土孢粉组合是研究古环境孢粉分析的前提。因此, 在喀斯特石漠化区开展不同土地利用方式下表土孢粉研究, 对正确厘清孢粉与植被之间的定量关系, 为第四纪孢粉的合理解释提供依据。

本研究通过对重庆南平喀斯特石漠化区 5 种不同土地利用方式下 33 个表土和苔藓样品的孢粉分析, 揭示其孢粉组合的特征及其差异性, 探讨不同土地利用方式对孢粉组合的影响, 为该区合理的土地利用、及今后在该区及其周边地区开展第四纪古植被、古气候和古环境的重建提供素材和依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

南平镇地处重庆南川区西南面, 距南川区中心 16 km, 海拔 620~1 031 m, 平均气温 16℃。

*国家“十一五”科技支撑计划项目 (2006BAC01A16)、重庆市自然科学基金重点项目 (CSTC2009BA0002)、国家林业局 948 项目 (2009-4-20) 和中国地质科学院岩溶地质研究所岩溶动力学重点实验室开放课题基金项目 (KDL2008-15) 联合资助

[†]通讯作者, E-mail: xiesy@swu.edu.cn

作者简介: 郝秀东 (1980-), 男, 安徽舒城人, 硕士研究生, 主要从事孢粉学与全球变化研究。E-mail: jeffhao@swu.edu.cn, Tel: 15123383030

收稿日期: 2011-01-25; 收到修改稿日期: 2011-05-23

样地编号	纬度	经度	海拔	土地利用方式	主要植物
Site No.	Latitude (N)	Longitude (E)	Elevation(m)	Land use pattern	Main plant

多年平均降水量 1300 mm，最大年降水量 1528 mm，最小年降水量 826 mm。降雨主要在 5 月至 9 月，占全年的 67.9%。该区地处四川盆地与云贵高原的过渡地带，地带性植被为亚热带常绿阔叶林，但原始林已不存在，目前都为次生林，乔木为马尾松 (*Pinus massoniana*)、樟树 (*Cinnamomum camphora*) 等，林下灌木为火棘 (*Pyracantha fortuneana*) 等，草本层为荨麻属 (*Urtica*)、凤尾蕨属(*Pteris*)等。由于长期遭受人类不合理的土地利用，喀斯特石漠化现象较为严重，林地呈斑块状分布。地质构造属新华夏构造体系，出露的地层为早三叠系嘉陵江组白云质灰岩 (T_{1j})。受区域地质构造作用的影响，区域内地貌类型为浅丘槽坝，以山坡地块为主。土壤细腻黏重，胶体品质差，矿物养分较为贫乏，酸瘦缺磷，土壤呈酸性^[19]。

1.2 群落调查和表土样品采集

研究区土地利用方式主要有次生林地、园地、荒草地、坡耕地和水田。于2009年11月，对研究区同时进行群落调查和野外样品采集。植物群落调查样方面积次生林地和园地为 20m×20m，荒草地坡耕地为10m×10m，水田为5m×5m。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。表土和苔藓样品按梅花点法取样，即在1m×1m样方内采集5个表土(土层0~1cm)或苔藓样品，混合后装入取样袋内。记录和采集次生林地(3个)、园地(1个)、荒草地(1个)、坡耕地(1个)及水田(2个)等8个植物群落，共采集了16块表土及17块苔藓样品(表1)。样品放入取样袋带回实验室进行孢粉的提取。样地位置见图1。

表1 重庆南平表土孢粉采样地的基本特征

Table 1 Basic features of the topsoil pollen sampling sites at Nanping Town, Nanchuan District, Chongqing

NP-1	29° 04 50"	107° 00 08"	719	次生马尾松林 Secondary Masson Pine forest	马尾松-火棘-荨麻属-里白 <i>Pinus massoniana-Pyracantha fortuneana-Urtica- Hicriopteris glauca</i>
NP-2	29° 04 44"	106° 59 54"	742	次生樟树林 Secondary Camphor forest	樟树-火棘-荨麻属-凤尾蕨属 <i>Cinnamomum camphora-Pyracantha fortuneana-Urtica- Pteridaceae</i>
NP-3	29° 04 31"	106° 59' 35"	641	次生柳杉林 Secondary Cryptomeria forest	柳杉-火棘-荨麻属-凤尾蕨属 <i>Cryptomeria fortunei -Pyracantha fortuneana - Urtica- Pteridaceae</i>
NP-4	29° 04 54"	107° 00' 09"	732	桃林地 Peach orchard	桃树-荨麻属-藜科-里白 <i>Prunus persica - Urtica- Chenopodiaceae - Hicriopteris glauca</i>
NP-5	29° 04 59"	107° 00 03"	735	荒草地 Waste land	荨麻属-藜科-车前属-里白 <i>Urtica- Chenopodiaceae - Plantago - Hicriopteris glauca</i>
NP-6	29° 04 45"	106° 59 58"	740	坡耕地 Slope farmland	花椒-荨麻属-凤尾蕨属-玉米 <i>Zanthoxylum bungeanum - Urtica- Pteridaceae- Zea mays</i>
NP-7	29° 04 17"	106° 59 41"	628	稻田 Rice paddy	水稻-蒿属-车前属-玉米 <i>Oryza sativa -Artemisia- Plantago - Zea mays</i>
NP-8	29° 04 18"	107° 00 03"	629	藕田 Lotus field	莲藕-水稻-藜科-里白 <i>Nelumbo nucifera - Oryza sativa -Chenopodiaceae - Hicriopteris glauca</i>



图 1 重庆南川区南平镇表土孢粉取样地理位置图

Fig 1 Location map of the topsoil pollen sampling sites at Nanping Town , Nanchuan District, Chongqing

1.3 实验方法

孢粉的提取：表土样品采用盐酸、碱处理和重液浮选的方法；苔藓采用碱处理、过筛法。孢粉的鉴定与统计是在400倍~1000倍的光学显微镜下进行，参照正式出版文献^[20-23]的图版进行鉴定，共鉴定出孢粉50科属。

1.4 统计计算

研究区33个样品共统计有效孢粉22 147粒，每个样品不少于600粒。并对不同土地利用方式下孢粉组合按照植物类型进行统计，进行花粉丰富度分析。

2 结果分析

调查研究区土壤表层的主要孢粉百分比如图 2 所示。

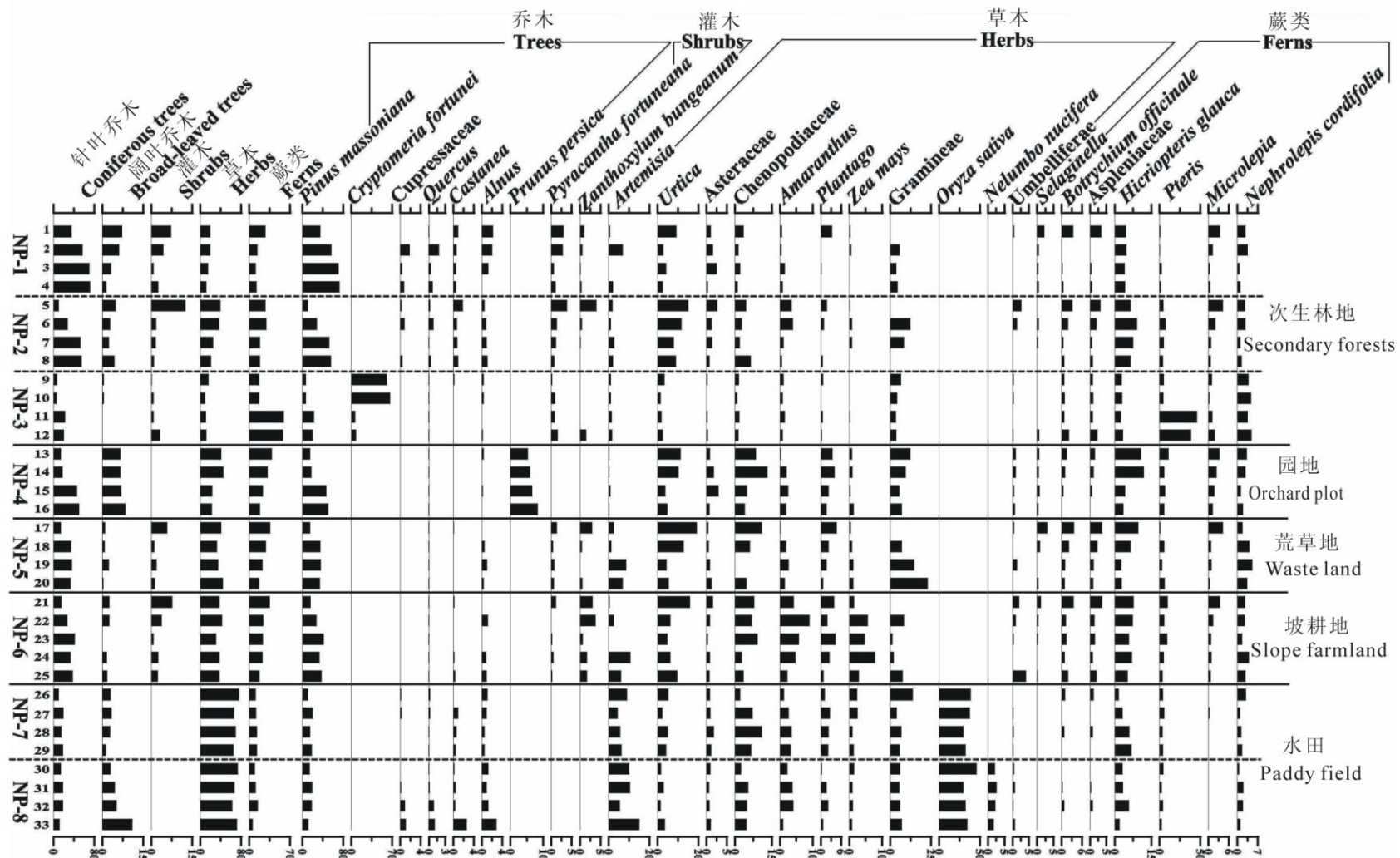


图 2 表土样品的主要孢粉类型百分比图谱

Fig.2 Percentage diagram of major palynomorphs in the surface soil samples

2.1 次生林地表土孢粉

次生林地选择次生马尾松林 (NP-1)、次生樟树林 (NP-2) 和次生柳杉林 (NP-3) 调查分析。

次生马尾松林现代植被的乔木主要为马尾松, 高 10m 左右, 一般胸径为 10cm, 郁闭度 0.5 以上; 灌木层的种类数量均少, 主要为火棘; 草本层盖度 80% 以上, 主要为荨麻属、里白 (*Hicriopteris glauca*) 等。次生樟树林乔木为樟树, 高 5~8m, 一般胸径 6~10 cm, 郁闭度 0.4 以上; 灌木层火棘和花椒 (*Zanthoxylum bungeanum*) 等; 草本层盖度大, 达 90% 以上, 主要为荨麻属、苋属 (*Amaranthus*)、里白和凤尾蕨属等。次生柳杉林乔木为柳杉 (*Cryptomeria fortunei*), 高 5~10m, 一般胸径 6~10 cm, 郁闭度 0.6 以上; 草本层盖度大, 达 95% 以上, 主要为凤尾蕨属、荨麻属、苋属和里白等。

孢粉组合中次生马尾松林和次生柳杉林**乔木**花粉占优势 (27.95%~74.05%), 其次为**蕨类**和**草本**孢粉 (分别为 12.32%~59.19%和 9.00%~19.17%), **灌木**花粉含量低 (0.16%~7.12%); 次生樟树林以**草本**和**蕨类**孢粉占优势 (分别为 20.69%~39.44%和 18.15%~29.36%), 其次是**乔木**花粉 (20.83%~60.27%), **灌木**花粉含量低 (0.91%~12.50%)。乔木花粉主要为马尾松(6.44%~72.35%)和柳杉(6.67%~66.27%)。蕨类和草本孢粉主要为凤尾蕨属(0.56%~45.85%)、里白(2.44%~9.05%)、肾蕨(*Nephrolepis cordifolia*) (0.79%~4.81%)、鳞盖蕨属(*Microlepia*) (0.17%~4.26%)、荨麻属 (1.53%~15.09%)、禾本科 (*Gramineae*) (3.41%~12.38%)、蒿属 (*Artemisia*) (0.67%~6.94%)、藜科 (*Chenopodiaceae*) (0.85%~6.41%)及苋属(0.42%~3.97%)等。灌木花粉主要为火棘(0.16%~2.95%)和花椒 (0.00%~3.80%)。

2.2 园地表土孢粉

园地选择桃树林 (NP-4) 调查分析, 现代植被的乔木主要为桃树 (*Prunus persica*), 高 5~10m, 一般胸径 6~10 cm, 郁闭度 0.6 以上。草本层盖度大, 达 95% 以上, 主要为凤尾蕨属、荨麻属、苋科和里白等。

孢粉组合**乔木**花粉 (为 21.32%~59.22%) 占优势, 主要为马尾松(14.70%~50.76%)和桃树(5.33%~8.29%)。其次是**草本**和**蕨类**孢粉 (分别为 22.68%~44.61%和 18.11%~38.28%), 主要为禾本科 (5.52%~12.28%)、荨麻属 (3.83%~11.31%)、藜科(4.75%~13.24%)、车前属 (*Plantago*)(1.69%~4.08%)、里白 (3.55%~11.93%)、凤尾蕨属(5.39%~10.66%)、肾蕨(1.23%~3.23%)、鳞盖蕨属 (1.18%~3.23%)及药用阴地蕨(*Botrychium officinal*) (2.26%~3.22%)等。

2.3 荒草地表土孢粉

荒草地 (NP-5) 样点的现代植被为各种草本植物丛生的杂草丛, 此群落盖度较大, 达 95%, 种类也较复杂。主要为荨麻属、藜科、车前属、里白、药用阴地蕨和肾蕨等。

孢粉组合中**草本**和**蕨类**孢粉占优势 (分别为 32.73%~44.45%和 16.69%~35.66%), 主要为禾本科(0.00%~22.91%)、荨麻属(4.34%~19.21%)、藜科(4.70%~10.97%)、蒿属(1.34%~6.83%)、车前属(0.61%~4.70%)、里白 (2.67%~9.95%)、凤尾蕨属(1.01%~6.07%)、药用阴地蕨 (0.46%~4.67%)、鳞盖蕨属 (0.30%~4.16%)及卷柏属(*Selaginella*) (0.30%~3.12%)等。其次是**乔木**花粉(为 17.73%~40.23%), 主要为马尾松(14.75%~35.89%)。灌木花粉含量低 (为 1.22%~5.79%), 主要为花椒 (0.50%~2.92%)和火棘(0.33%~1.36%)。

2.4 坡耕地表土孢粉

坡耕地 (NP-6) 样点的现代植被为农作物和各种杂生草本植物, 群落种类较简单, 主要为玉米(*Zea mays*)和甘薯(*Ipomoea batatas*)等农作物。

孢粉组合中**草本**和**蕨类**孢粉占优势 (分别为 30.86%~37.72%和 17.54%~34.91%), 主要为荨麻属(4.85%~15.91%)、蒿属 (0.00%~10.68%)、藜科(2.67%~9.19%)、玉米(1.45%~7.85%)、禾本科(0.00%~8.32%)、苋属(2.19%~5.72%)、车前属(0.73%~4.33%)、凤尾蕨属(3.36%~9.99%)、里白 (5.26%~7.74%)、铁角蕨科(*Aspleniaceae*) (0.83%~3.58%)和鳞盖蕨属 (0.58%~3.38%)等。

其次是乔木花粉（为 20.21%~45.23%），主要为马尾松(15.67%~41.77%)。灌木花粉含量低（为 0.86%~7.61%），主要为花椒(0.69%~3.10%)和火棘(0.15%~1.06%)。

2.5 水田表土孢粉

水田选择稻田（NP-7）和藕田（NP-8），现代植被为农作物和各种杂生草本植物，群落种类较简单，主要为水稻(*Oryza sativa*)和莲藕(*Nelumbo nucifera*)等。

孢粉组合中草本花粉占优势（62.18%~75.72%），主要为水稻(29.81%~45.65%)、蒿属(4.48%~14.99%)、禾本科(3.94%~13.77%)、藜科(2.07%~10.83%)、荨麻属(1.54%~5.16%)、苋属(0.90%~4.01%)、车前属(0.30%~2.69%)及莲藕(1.65%~2.64%)等。其次是乔木花粉（为 13.42%~23.77%），主要为马尾松(10.50%~19.71%)。蕨类孢子含量较低（5.85%~14.04%），主要为里白(1.55%~6.76%)、凤尾蕨属(2.25%~5.73%)及肾蕨(0.60%~2.93%)等。

3 讨论与结论

1) 主要孢粉百分含量变化（表2）。

表2 不同土地利用方式下的主要孢粉百分含量

Table 2 Percentage of major palynomorphs as affected by land use

孢粉类型 Palynomorph types	土地利用方式 Land use pattern				
	次生林地 Secondary forests	园地 Orchard plot	荒草地 Waste land	坡耕地 Slope farmland	水田 Paddy field
乔木Trees	20.83%~74.05%	21.32%~59.22%	17.73%~40.23%	20.21%~45.23%	13.42%~23.77%
灌木Shrubs	0.16%~12.50%	0.00%	1.22%~5.79%	0.86%~7.61%	0.00%
草本、蕨类 Herbs and ferns	23.62%~69.75%	40.79%~78.67%	57.93%~76.47%	53.91%~72.63%	76.22%~86.56%
马尾松Pinus massoniana	6.44%~72.35%	14.70%~50.76%	14.75%~35.89%	15.67%~41.77%	10.50%~19.71%
火棘Pyracantha fortuneana	0.63%~2.95%	0.00%	0.61%~1.36%	0.00%~1.06%	0.00%
花椒Zanthoxylum bungeanum	0.00%~4.03%	0.00%	0.00%~2.92%	0.69%~3.75%	0.00%
蒿属Artemisia	0.00%~6.94%	0.32%~0.92%	1.34%~6.83%	0.00%~10.68%	4.48%~14.99%
荨麻属Urtica	1.53%~15.09%	3.83%~11.31%	4.34%~19.21%	4.85%~15.91%	1.54%~5.16%
藜科Chenopodiaceae	0.85%~6.41%	4.75%~13.24%	4.70%~10.97%	2.67%~9.19%	2.07%~10.83%
苋属Amaranthus	0.42%~3.97%	0.32%~2.45%	0.18%~2.67%	2.19%~5.72%	0.90%~4.01%
车前属Plantago	0.00%~3.33%	1.69%~4.08%	0.61%~4.70%	0.73%~4.33%	0.30%~2.69%
玉米Zea mays	0.00%~0.79%	0.00%~1.35%	0.46%~1.21%	1.45%~7.85%	0.75%~2.51%
禾本科Gramineae	3.41%~12.38%	5.52%~12.28%	0.00%~22.91%	0.00%~8.32%	3.94%~13.77%
车前属Plantago	0.00%~2.16%	1.69%~4.08%	0.61%~4.70%	0.73%~4.33%	0.30%~2.69%
凤尾蕨属Pteris	0.56%~45.85%	5.39%~10.66%	1.01%~6.07%	3.36%~9.99%	2.25%~5.73%
里白Hicriopteris glauca	2.44%~9.05%	3.55%~11.93%	2.67%~9.95%	5.26%~7.74%	1.55%~6.76%
肾蕨Nephrolepis cordifolia	0.79%~4.81%	1.23%~3.23%	1.83%~5.18%	1.73%~4.01%	0.60%~2.93%

表土孢粉组合显示，次生林地和园地的乔木花粉含量较高，且多为当地石漠化治理过程中

大量种植的马尾松、柳杉和桃树等。如果剔除引种植物花粉，乔木花粉含量却很低（0.00%~10.95%），研究区不同土地利用方式下均以草本和蕨类孢粉占优势，这与该区地带性植被差异很大。该区所处亚热带湿润季风区，地带性植被为亚热带常绿阔叶林，乔木在群落中应该占据优势地位。这与南川区东南隅喀斯特生态保护较好的金佛山表土孢粉分析结果^[24]差异明显，较好地反映了南平镇石漠化区植被退化严重的孢粉组合的显著特点。据南川县志记载^[25]，南平镇在1950年拥有大片原始森林，森林覆盖率为30.50%，20世纪50至60年代森林遭到大面积的砍伐，到1975年森林覆盖率低至13.00%。1980年至今，随着天然林保护工程的实施，森林覆盖率开始缓慢回升。

2) 次生樟树林(NP-2)以草本和蕨类孢粉占优势，乔木花粉多为马尾松(10.56%~55.68%)，这主要是因为松属花粉产量较大，其花粉因带气囊而随风飘至较远，个别花粉甚至会飞到800 km之外^[26]。研究区除次生马尾松林(NP-1)外，其他样点内并无松属植物，但马尾松花粉在表土孢粉组合中的分布很广泛，各样点均有出现，且含量也高(6.44%~72.35%)，说明其花粉具有超代表性。而樟树花粉容易破坏，在表土中很难保存，在酸碱处理时易损伤，使得其花粉含量很低，只在次生樟树林(NP-2)样品中发现少量(0.65%)。甘薯是石漠化地区的常见农作物，但在该区很少开花，也使得其花粉含量很低，只在坡耕地(NP-6)样品中发现少量(0.65%)。

3) 不同土地利用方式下孢粉组合按照植物类型进行统计结果(表3)。

表3 不同土地利用方式下的孢粉类型丰富度

Table 3 Abundance of palynomorph types as affected by land use

植物类型 Vegetation types	土地利用方式 Land use pattern				
	次生林地 Secondary forests	园地 Orchard plot	荒草地 Waste land	坡耕地 Slope farmland	水田 Paddy field
乔木Trees	14	5	8	9	7
灌木Shrubs	6	0	4	5	0
草本、蕨类 Herbs and ferns	27	25	23	24	23
总计Total	47	30	35	38	30

注：表中数据的单位为科属 Note The unit of data in the table for families and genera

表3结果显示，不同土地利用方式下的花粉类型丰富度差别不是很明显，物种多样性主要表现为乔木和灌木植物种类的变化，草本和蕨类基本保持不变。花粉类型丰富度依次为次生林地>坡耕地>荒草地>水田=园地。乔木种类依次为次生林地>坡耕地>荒草地>水田>园地；灌木种类依次为次生林地>坡耕地>荒草地>水田=园地。

出现这种现象的原因：一是由于石漠化地区脆弱的生态环境对物种有很强的选择性，在植被恢复过程中只能选择嗜钙性、旱生性、石生性物种进行种植，从客观上造成不同土地利用方式的花粉类型丰富度差别不明显；二是由于石漠化区长期遭受人类的耕作等的干扰，乔木、灌木的种类虽发生了一些变化，但在不同土地利用方式下草本和蕨类的种类和含量都很高；三是随着人工恢复的发展（尤其在次生林地），灌木植物种类和含量有所增加，群落的结构和功能也趋于完善和稳定。

4) 不同土地利用方式下表土孢粉组合中火棘、花椒、藜科、凤尾蕨属和肾蕨等喜钙性、旱生性、石生性植物的孢粉含量较高；其现代植被中以草本占优势，木本多落叶成分，纸质叶最多，小型叶占极大比例，有均质叶，多中性耐旱阳生植物，在形态上表现出对岩溶环境的适应性特征，

如枝叶呈刺状,或叶变硬、革质化、变小,密被绒毛、白粉、鳞片和角质;石灰岩上的禾本科植物以卷叶对干旱适应;喜钙植物丰富,这与石漠化地区的干旱和土壤含钙丰富以及土层瘠薄、有机质含量少是相适应的^[27]。

5) 不同土地利用方式下表土孢粉组合差别明显,但与其相应的实际植被情况大致相同,基本反映了喀斯特石漠化区现代植被的基本状况;随土地利用强度的增加,表土孢粉组合中乔灌木花粉含量和种类越少,草本和蕨类植物孢粉含量越多,且以耕地杂草为主。因此,土地利用方式的变化是对次生植被及其孢粉组合的主要影响因素。

6) 对于不同土地利用方式下表土孢粉组合的特征研究,取决于表土孢粉组合能够多大程度上反映其现代植被状况,这就要深入探讨研究区内孢粉的传播与表土孢粉组合之间的关系。孢粉的传播取决于研究区的地貌特征、盛行风向、水流走向以及孢粉自身的结构等诸多因素,但其各种因素的权重如何有待进一步的探讨。由于采样点数量的限制,只对喀斯特石漠化区5种主要不同土地利用方式表土孢粉进行了分析,要反映整个喀斯特石漠化区的表土孢粉特征,还需加大样品数量,作进一步的研究。

致谢 感谢中国地质科学院岩溶地质研究所袁道先院士对本研究工作中孢粉分析的大力资助和关心。

参考文献

- [1] 袁道先. 全球岩溶生态系统对比:科学目标和执行计划.地球科学进展, 2001, 16(4): 461-466. Yuan D X. World correlation of karst ecosystem: Objectives and implementation plan (In Chinese). *Advances in Earth Science*, 2001, 16(4): 461-466
- [2] 李阳兵,谢德体,魏朝富,等. 西南岩溶山地生态脆弱性研究.中国岩溶, 2002, 21(1): 25-29. Li Y B, Xie D T, Wei C F, et al. The fragility of eco-environment in southwest China karst mountain (In Chinese). *Carsologica Sinica*, 2002, 21(1): 25-29
- [3] 靖娟利,陈植华,胡成,等. 中国西南部岩溶山区生态环境脆弱性评价.地质科技情报, 2003, 22(3): 95-99. Jiang J L, Chen Z H, Hu C, et al. Study on eco-environment fragile evaluation of karst mountains in southwest China (In Chinese). *Geological Science and Technology Information*, 2003, 22(3): 95-99
- [4] 刘晓利,何园球,李成亮,等. 不同利用方式和肥力红壤中水稳性团聚体分布及物理性质特征.土壤学报, 2008, 45(3): 459-465. Liu X L, He Y Q, Li C L, et al. Distribution and physical properties of soil water-stable aggregates in red soils different in land use and soil fertility (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2008, 45(3): 459-465
- [5] 刘海隆,蒋天明,刘洪斌,等. 不同土地利用方式对岩溶山区旱坡地土壤水分时空分异的影响.土壤学报, 2005, 42(3): 428-433. Liu H L, Jiang T M, Liu H B, et al. Impact of land use on spatio-temporal variation of soil moisture of sloping upland in karst mountainous area (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2005, 42(3): 428-433
- [6] 王书伟,颜晓元,林静慧,等. 不同土地利用方式下三江平原东北部土壤有机碳和全氮分布规律.土壤, 2010, 42(2): 190-199. Wang S W, Yan X Y, Lin J H, et al. Distributions of soil organic carbon and total Nitrogen under different land uses in Northeast of Sanjiang Plain (In Chinese). *Soils*, 2010, 42(2): 190-199
- [7] 王效举,龚子同. 红壤丘陵小区域不同利用方式下土壤变化的评价和预测.土壤学报, 1998, 35(1): 135-139. Wang X J, Gong Z T. Assessment and prediction of soil changes under different land use patterns at a small area level in red soil hilly region (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 1998, 35(1): 135-139
- [8] 李海波,韩晓增,王风,等. 不同土地利用下黑土密度分组中碳、氮的分配变化.土壤学报, 2008, 45(1): 112-119. Li H B, Han X Z, Wang F, et al. Distribution of soil organic carbon and nitrogen in density fractions on black soil as affected by land use (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2008, 45(1): 112-119
- [9] 焦加国,武俊喜,李辉信,等. 华南丘陵区村级景观下土地利用/土地覆盖对土壤质量的影响.土壤学报, 2007, 44(2): 204-211. Jiao J G, Wu J X, Li H X, et al. Soil quality in relation to land use / cover in landscape at a

- village level in hilly regions South China (In Chinese) . *Acta Pedologica Sinica*, 2007, 44(2): 204-211
- [10] 林静, 杨万勤, 张健, 等. 丘陵平原过渡区不同土地利用方式土壤 DDTs 残留及潜在风险. *土壤学报*, 2009, 46(4): 736-740. Lin J, Yang W Q, Zhang J, et al. Residual DDTs and their potential ecological risk in soils under different land use in hilly-plain transitional zone (In Chinese) . *Acta Pedologica Sinica*, 2009, 46(4): 736-740
- [11] 孟庆华, 杨林章. 三峡库区不同土地利用方式的养分流失研究. *生态学报*, 2000, 20(6): 1028-1033. Meng Q H, Yang L Z. Nutrient losses in different land use types in the Three Gorge Reservoir Area (In Chinese) . *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(6): 1028-1033
- [12] 邓晓保, 邹寿青, 付先惠, 等. 西双版纳热带雨林不同土地利用方式对土壤动物个体数量的影响. *生态学报*, 2003, 23(1): 130-138. Deng X B, Zou S Q, Fu X H, et al. The impacts of land use practices on the communities of soil fauna in the Xishuangbanna rainforest, Yunnan, China (In Chinese) . *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(1): 130-138
- [13] 迟光宇, 王俊, 陈欣, 等. 三江平原不同土地利用方式下土壤有机碳的动态变化. *土壤*, 2006, 38(6): 755-761. Chi G Y, Wang J, Chen X, et al. Dynamic changes of Soil Organic Carbon(SOC) of different land use types in SanJiang Plain (In Chinese) . *Soils*, 2006, 38(6): 755-761
- [14] Li C H, Zhang G Y, Yang L Z, et al . Pollen and phytolith analyses of ancient paddy fields at chuodun site, the Yangtze River Delta. *Pedosphere*, 2007, 17(2):209-218
- [15] Yu D S, Zhang Z Q, Yang H, et al . Effect of soil sampling density on detected spatial variability of soil organic carbon in a red soil region of China. *Pedosphere*, 2011, 21(2):207—213
- [16] 钱 华, 史宏志, 张大纯, 等. 豫中不同土壤质地烤烟烟叶色素含量变化的差异. *土壤*, 2011, 43(1):113-119. Qian H, Shi H Z, Zhang D C, et al. Differences on pigment contents of flue-cured tobacco leaves in soils with different textures (In Chinese) . *Soils*, 2011, 43(1):113-119
- [17] 徐少君, 曾波, 类淑桐, 等. 三峡库区几种耐水淹植物根系特征与土壤抗水蚀增强效应. *土壤学报*, 2011, 48(1):160-167. Xu S J, Zeng B, Lei S T, et al. Root features of several flooding-tolerant plants and their roles in enhancing anti-erodibility of the soil in Three Gorges Reservoir Region (In Chinese) . *Acta Pedologica Sinica*, 2011, 48(1):160-167
- [18] 王开发, 王宪曾. 孢粉学概论. 北京: 北京大学出版社, 1983: 1-4. Wang K F, Wang X Z. Introduction to palynology(In Chinese) . Beijing: Peking University Press, 1983: 1-4
- [19] 李林立. 西南典型岩溶区生态环境对表层岩溶水调蓄功能的影响研究. 重庆: 西南大学博士学位论文, 2009: 26—27. Li L L. Study of effects of ecological environment on regulated function of epikarst water in typical karst area of southwest, China (In Chinese) . Chongqing: PhD thesis, Southwest University , 2009: 26-27
- [20] 中国科学院北京植物研究所古植物研究室孢粉组. 中国热带亚热带被子植物花粉形态. 北京: 科学出版社, 1976. Beijing Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences Laboratory of Pollen of Ancient plant Group . Pollen morphology of angiosperms in tropical and subtropical China (In Chinese) . Beijing: Science Press, 1976
- [21] 中国科学院北京植物研究所古植物研究室孢粉组、华南植物研究所形态研究室. 中国蕨类植物孢子形态. 北京: 科学出版社, 1982. Beijing Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences Laboratory of Pollen of Ancient Plant Group and South China Institute of Botany, Laboratory of Morphology. Spore morphology of the Chinese pteridophytes (In Chinese) . Beijing: Science Press , 1982
- [22] 王伏雄, 钱南芬, 张玉龙, 等. 中国植物花粉形态. 北京: 科学出版社, 1995. Wang F X, Qian N F, Zhang Y L, et al. China plant pollen morphology (In Chinese) . Beijing : Science Press, 1995
- [23] 李文漪. 中国第四纪植被与环境. 北京: 科学出版社, 1998. Li W Y, 1998. Quaternary vegetation and Environment in China (In Chinese) . Beijing : Science Press, 1998
- [24] 郝秀东, 谢世友, 欧阳绪红, 等. 重庆金佛山表土孢粉组合与植被关系的初步研究. *西南大学学报: 自然科学版*, 2010, 32(10) :75-81. Hao X D, Xie S Y, Ouyang X H, et al. Preliminary study on the relationship between

- surface spore-pollen assemblages and vegetation of Mt. Jinfo Nature Reserve, Chongqing (In Chinese). Journal of Southwest University: Natural Science Edition, 2010, 32(10): 75-81
- [25] 四川省南川县志编纂委员会. 南川县志. 成都: 四川人民出版社, 1991: 8-11, 177-179. Editorial board of nanchuan county annals in sichuan province. nanchuan county annals (In Chinese). Chengdu: Sichuan People's Publishing House, 1991: 8-11, 177-179
- [26] Moore P D, Webb J A, Collinson M E. Pollen analysis. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1991: 23-54
- [27] 许鸿鹄. 重庆地区石灰岩植被区系组成分析. 西南师范大学学报: 自然科学版, 1993, 18(3): 351-357. Xu H W. Composed of limestone Flora in Chongqing region (In Chinese). Journal of Southwest China Normal University: Natural Science Edition, 1993, 18(3): 351-357

Features of pollen assemblages in topsoil as affected by land use in the karst area of rocky desertification in Nanping Town, Chongqing

Hao Xiudong Ouyang Xuhong Xie Shiyou[†]

(School of Geographical Sciences, Southwest University, Key Laboratory of the Three-Gorges Reservoir Region's Eco-Environment (Ministry of Education), Chongqing 400715, China)

Abstract Palynological analysis of 33 samples of topsoils and mosses collected from fields under five different types of land use in the karst area of rocky desertification in Nanping Town, Chongqing, shows that (1) the spores and pollens found in the samples could be sorted into 50 genera dominated by those of herbage and ferns, which accounted for 38.84%~86.56% of the total (except for samples from Secondary Masson Pine forest, Secondary Cryptomeria forest and Peach orchard), and was followed by those of arbor (mainly *Pinus massoniana*) accounting for 13.42%~59.40%, and by those of shrubs, accounting for only about 0.00%~12.50%, which is a significant indicator of serious degradation of the local vegetation; (2) Abundance of pollen types did not differ much from field to field under different land uses, and changes in species diversity took place mainly in arbors and shrubs, and little in herbage and ferns; (3) Pollen assemblage varied sharply from field to field under different land uses, which reflects basically the situation of the current vegetation of the area; (4) With increasing land use intensity, pollens of arbors and shrubs were decreasing in content and type, while those of herbs and ferns increasing, and dominated by pollens of farmland weeds. It is, therefore, concluded that the changes in land use are the main factor affecting the secondary vegetation and the pollen assemblages in the karst rocky desertification area.

Key words Topsoil pollen assemblages; Rocky desertification; Land use pattern; Nanping in Chongqing