应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2018, 55(4): 711–724. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2018.089

不同石漠化类型喀斯特地区土壤螨类群落结构的差异*

陈 浒[1,2**] 金道超[1***] 文正红[2]

（1. 贵州大学昆虫研究所，贵州大学昆虫资源开发利用省级特色重点实验室，贵阳 550025；2. 贵州师范大学喀斯特研究院，国家喀斯特石漠化防治工程技术研究中心，贵州省喀斯特山地生态环境国家重点实验室培育基地，贵阳 550001）

摘 要 **【目的】** 揭示以潜在-轻度石漠化为主体和以中-强度石漠化为主体的喀斯特地区及其不同等级石漠化环境之间土壤螨类群落结构的差异。**【方法】** 分别在以潜在-轻度石漠化为主体的高原山地区和以中-强度石漠化为主体的峡谷区采集潜在、轻度、中度和强度石漠化环境下的土壤螨类，通过标本鉴定和数据分析，判别不同环境下土壤螨类科、属、个体、捕食性螨类和甲螨生态类群以及群落多样性的差异。**【结果】** 共捕获土壤螨类 72 科 132 属，甲螨是研究区土壤螨类组成的主体。中-强度石漠化喀斯特地区拥有丰富的螨类科和属；不同石漠化类型喀斯特地区螨类科、属的组成存在季节变化，随着石漠化程度的加剧，螨类科、属总体上逐渐减少；不同喀斯特区拥有不同的优势属群，且优势属的分布存在生境和季节差异；捕食性螨类和甲螨生态类群也随环境与季节的变化而变化；群落多样性指数以中-强度石漠化喀斯特区的稍高，但整体差异并不明显。**【结论】** 不同石漠化主体类型喀斯特地区的土壤螨类群落结构存在差异，石漠化对土壤螨类群落结构造成影响，利用螨类优势属群可以对石漠化土壤环境进行初步指示，捕食性螨类和甲螨生态类群的分布与石漠化等级存在一定的不协调性，这种不协调性的机制有待进一步研究。

关键词 土壤螨类，群落结构，差异，石漠化，贵州

Differences in soil mite communities in Karst Areas with different degrees of rocky desertification

CHEN Hu[1,2**] JIN Dao-Chao[1***] WEN Zheng-Hong[2]

(1. Institute Entomology Guizhou University; The Provincial Special Key Laboratory for Development and Utilization of Insect Resources, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. School of Karst Science, Guizhou Normal University, State Engineering Technology Institute for Karst Rocky Desertification Control; The State Key Laboratory Incubation Base for Karst Mountain Ecology Environment of Guizhou Province, Guiyang 550001, China)

Abstract **[Objectives]** To quantify differences in soil mite community structure between karst areas with different degrees of rocky desertification. **[Methods]** We collected soil mites from sites with potential, light, moderate and intense rocky desertification from a mountain plateau with mainly potential-light rocky desertification, and in a canyon with mainly medium-intense rocky desertification. Differences in family, genus, species, ecological groups, and the community diversity of soil mites between these different environments were quantified and compared. **[Results]** Overall 132 genera of 72 families of soil mites were collected. Oribatid mites comprised the majority of soil mites in the research area. Families and genera of soil mites were more diverse in the medium-intense rocky desertification karst area. Community composition changed seasonally in different habitat types but the number of families and genera gradually reduced with increasing rocky desertification. Different dominant genera were discovered in two karst areas, moreover, their distribution changed with habitat and season. The relative abundance of predatory and oribatid mites groups varied with environment and season. The

*资助项目 Supported projects：国家重点研发计划课题（2016YFC0502601）；贵州省科技创新人才团队项目（20144001）；农业昆虫与害虫防治贵州省研究生卓越人才计划（2013-010）；国家重点科技支撑计划课题（2011BAC09B01）

**第一作者 First author，E-mail：gy_chenhu@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：daochaojin@126.com

收稿日期 Received：2017-10-09，接受日期 Accepted：2018-02-01

community diversity index was slightly higher at sites with medium-intense rocky desertification, but the overall difference was not obvious. **[Conclusion]** Soil mite community structure varies with different degrees of rocky desertification. This association means that the dominant genera can, to some extent, predict the degree of rocky desertification. However, the distributions of predatory and oribatid mites were uncorrelated with the degree of rocky desertification. The reason for this requires further investigation.

Key words soil mites, community structure, differences, rocky desertification, Guizhou

土壤螨类是土壤中重要的生物成分，广泛分布于热带到寒带的各类型土壤中，在土壤环境物质循环、能量流动、土壤形成、生物指示等方面具有重要作用（Gardi *et al.*，2002；向昌国等，2007a，2007b；Manu，2013； Hernández *et al.*，2016）。自然森林土壤中，不同环境下的土壤螨类群落存在差异，群落异质性和生物多样性高（张燕和金道超，2008；林英华等，2009；Manu and Ion，2014；阿加尔·恰肯等，2017），在不同环境影响下，土壤螨类物种组成、个体密度、多样性和生态类群等也会产生差异（吴东辉等，2006；孙贤斌等，2007；Camann *et al.*，2008；Jung *et al.*，2010）。喀斯特地区土壤螨类的研究显示，螨类是喀斯特环境的优势动物类群，且不同植被覆盖下土壤螨类类群有所不同（向昌国等，2007a；Manu *et al.*，2013；Zhang *et al.*，2015）。石漠化是喀斯特地区人类不合理利用土地资源导致的一种荒漠化景观，是土壤退化的一种类型，熊康宁等（2002）根据植被覆盖、土壤侵蚀、岩石裸露等指标，将喀斯特石漠化划分为无石漠化、潜在石漠化、轻度石漠化、中度石漠化、强度石漠化和极强度石漠化等不同等级。有关石漠化地区的土壤螨类研究较少。

以潜在-轻度石漠化为主体的高原区和以中-强度石漠化为主体的峡谷区分别存在潜在、轻度、中度和强度等不同等级石漠化环境，该研究通过调查两个喀斯特地区不同等级石漠化环境中的土壤螨类，主要在于揭示不同程度石漠化主体类型喀斯特地区的土壤螨类群落结构差异，并反映喀斯特石漠化对土壤螨类群落结构的影响，研究结果将为石漠化地区植被的科学恢复与重建提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区域与样地选择

选择贵州省毕节市喀斯特朝营小流域作为潜在-轻度石漠化为主体的高原山地区代表样区，贞丰县顶坛小流域作为中-强度石漠化为主体的峡谷区代表样区。

朝营小流域平均海拔 1 600 m，年均温 12.8 ℃，年降水量 984.4 mm，无霜期 245 d。土壤为黄壤，在局部洼地有较厚的土壤发育，轻、中度石漠化面积占石漠化总面积的 89.65%。植被有马尾松 *Pinus massoniana*、响叶杨 *Populus adenopoda*、杜鹃 *Rhododendron simsii*、白栎 *Quercus albus* 等组成的针阔混交林，火棘 *Pyracantha fortuneana*、总状扁核木 *Prinsepia utilis*、悬钩子 *Rosa rubus* 等组成的石山灌丛，以及零星分布的次生响叶杨林、次生栓皮栎 *Quercus variabilis* 林、人工滇杨 *Populus yunnanensis* 林和宅旁香椿 *Toona sinensis*-核桃 *Juglans sigillata* 林等。潜在石漠化区植被为白栎、响叶杨、火棘等组成的次生灌草丛，轻度石漠化区植被为总状扁核木、悬钩子、火棘等组成的次生灌草丛，中度石漠化区植被为马桑 *Coriaria nepalensis*、火棘等组成的次生灌草丛，强度石漠化区植被为小叶拔契 *Smilax microphylla*、贵州金丝桃 *Hypericum kouytchense* 等组成的稀灌草丛。

顶坛小流域海拔 500-1 200 m，年均温 18.4 ℃，年降水量 1 100 mm，无霜期 300 d 以上。土壤为黄壤和石灰土，弱泥性，土层薄，以中、强度石漠化为主体。植被有粗糠柴 *Mallotus philippinensis*、红绒毛羊蹄甲 *Bauhinia aurea*、厚

果崖豆藤 *Millettia pachycarpa* 等组成的原生灌丛，由多花黄精 *Polygonatum cyrtonema*、构树 *Broussonetia papyrifera*、石岩枫 *Mallotus repandus* 等组成的次生灌丛，由核桃 *Juglans* sp.、慈竹 *Neosinocalamus affinis* 林组成的宅旁树，林下伴生荩草 *Arthraxon hispidus*、艾蒿 *Artemisia argyi* 等。其中，潜在石漠化区植被为单一的多花黄精林，轻度石漠化区植被为构树、金银花 *Lonicera japonica* 等组成的灌草丛，中度石漠化区植被为石岩枫、荩草等组成的灌草丛，强度石漠化区植被为稀疏的构树。

以研究区内潜在、轻度、中度和强度不同等级石漠化区域作为研究样区（A_1-D_1 为朝营小流域潜在-强度不同等级石漠化环境样区，A_2-D_2 为顶坛小流域潜在-强度不同等级石漠化环境样区），分别在样区内地势相对平缓位置分别设置 12 m×12 m 样方，当样方处于缓坡且土壤与裸岩呈镶嵌斑块时，将样方面积适度扩大。一般每期每样方设置取样点 6 个，连片土壤按 2 m 等分分格设置；斑块状土壤视斑块大小并结合采样需求具体设置，保证样点分布的相对合理性。

1.2　样品采集

于 2014 年 4 月、8 月、10 月，分春、夏、秋季分别采集土样。排除因土层浅薄或土壤中大石块夹杂而不能实现连续上下层采样的点外，其他样点每期均采用 10 cm（*D*）×6.4 cm（*H*）圆柱形土壤环刀进行连续上、下层土样采集，每点样品 2 个，共采集样品 222 个。所采集样品均用棉布袋进行分装，然后标签标记和袋口结扎后带回室内供试。

1.3　土壤螨类分离与鉴定

螨类标本的分离与保存：将供试土壤样品置于 Tullgren 漏斗内，用盛有酒精稀溶液的烧杯放置漏斗下收集土壤动物。烘烤在 60 W 的白炽灯泡下进行，并连续烘烤 48 h，保持箱内温度 35 ℃左右。之后，在显微镜下将土壤螨类从土壤动物中分离出来，并对分离的螨类标本进行酒精（70%）固定和清洗，然后将清洗后的螨类标本保存于盛有乳酸溶液的小塑料管中进行室内常温透明。

螨类标本的鉴定：将透明后的标本制成临时装片，然后将装片置于显微镜下，参考《A Manual of Acarology （3rd ed)》（Krantz and Walter，2009）、《蜱螨学》（李隆术和李云瑞，1988）、《中国土壤动物图鉴》（尹文英等，1998）、《中国东北土壤革螨》（殷绥公等，2013）、《中国粉满概论》（李朝品和沈兆鹏，2016）等专著进行鉴定。除一些若虫和体型不完整的标本外，其他所有标本鉴定到属级阶元。

1.4　数据分析

Shannon-Winner 多样性指数（*H′*）、Margalef 丰富度指数（*SR*）和 Pielou 均匀度指数（*J*）（Yeates and Bongers，1999）：

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} P_i \ln P_i$$

式中，P_i 为属 *i* 的个体数占全部个体数的比例；

$$SR = (S-1) / \ln N$$

式中，*N* 为土壤螨类群落全部类群的个体总数；

$$J = H' / \ln S$$

式中，*H′*为 Shannon-Winner 多样性指数，*S* 为物种（属）数。

捕食性螨类成熟度指数（*MI*）（Ruf，1998；吴东辉等，2006）：

$$MI = \frac{\sum_{i=1}^{s} K_i}{\sum_{i=1}^{s} K_i + \sum_{i=1}^{s} r_i}$$

式中，*s* 为土壤螨群落中气门螨类属数，K_i 为第 *i* 属所属科的 *K* 值，r_i 为第 *i* 属所属科的 *r* 值。

甲螨 MGP 类群：采用李隆术和李云瑞（1988）的甲螨分类类群，M：大孔低等甲螨（Macropylina），G：无翅坚背甲螨（Gymnonota），P：有翅孔背甲螨（Poronota），并采用 Aoki（1983）及谢桂林等（2004）的方法对各类群对应的属数百分比进行 MGP Ⅰ的分析和对各类群对应的属个体数百分比进行 MGP Ⅱ的分析；类群划分标

准：M>50%即 M 型； G>50%即 G 型；P>50%即 P 型；M、G、P 均>20%，但<50%即 O 型；M、G 均在 20%-50%之间，P<20%即 MG 型；G、P 在 20%-50%之间，M<20%即 GP 型；M、P 在 20%-50%之间，G<20%即 MP 型。

数据统计与分析在 Microsoft Excel 2010 和 SPSS 20.0 中进行。差异显著性取 $P<0.005$。

2 结果与分析

2.1 科级水平土壤螨类的差异

两个不同石漠化主体类型的喀斯特地区共分布有土壤螨类 72 科（附表 1）。其中，朝营喀斯特区 51 科，顶坛喀斯特区 64 科，两地都有分布的 44 科，其他 28 科（占整个研究区总科数 72 科的 38.9%）各自分布于朝营喀斯特区（8 科）和顶坛喀斯特区（20 科）。各自分布的 28 科中，有 34.7%为中气门目（Mesostigmata）和绒螨目（Tromobidiformes）螨类科，63.9%均为疥螨目（Sarcoptiformes）甲螨亚目螨类科。

两个地区相同目下科数相比较，顶坛的中气门螨类科、绒螨类科和疥螨类科科数分别多于朝营中气门螨类科、绒螨类科和疥螨类科科数；同一喀斯特区不同目下科数相比较，两地均是疥螨类科>中气门螨类科>绒螨类科（图 1：A）。季节变化上，朝营中气门螨类科科数随春、夏、秋季变化而增加，但变动幅度不大，绒螨类科则夏季相对较多，疥螨类科 3 个季节都多但以秋季略高；顶坛的中气门螨类科科数以春季的多，秋季较少，夏季更少，绒螨类科科数秋季的相对多，春夏季的都低，疥螨类科科数夏季稍低，春、秋季的都多（图 1：B）。

朝营和顶坛喀斯特石漠化环境土壤螨类从潜在、轻度、中度到强度的科数（朝营：33，31，25，24；顶坛：42，47，30，32）除顶坛的轻度石漠化外，总体呈减少的趋势，并且减少的幅度不同。在科级数量分布差异上，两个不同石漠化主体类型喀斯特地区螨类科数总体上不存在显著差异（$P>0.05$）。同一石漠化主体类型喀斯特地区的不同等级石漠化之间，只有顶坛潜在和轻度的螨类科数与强度的螨类科数存在显著差异。不同石漠化主体类型喀斯特地区的相同等级石漠化之间螨类科数不存在显著差异，而不同等级石漠化之间则是朝营中度和强度的螨类科数与顶坛喀斯特区的潜在、轻度的螨类科数存在显著差异（表 1）。

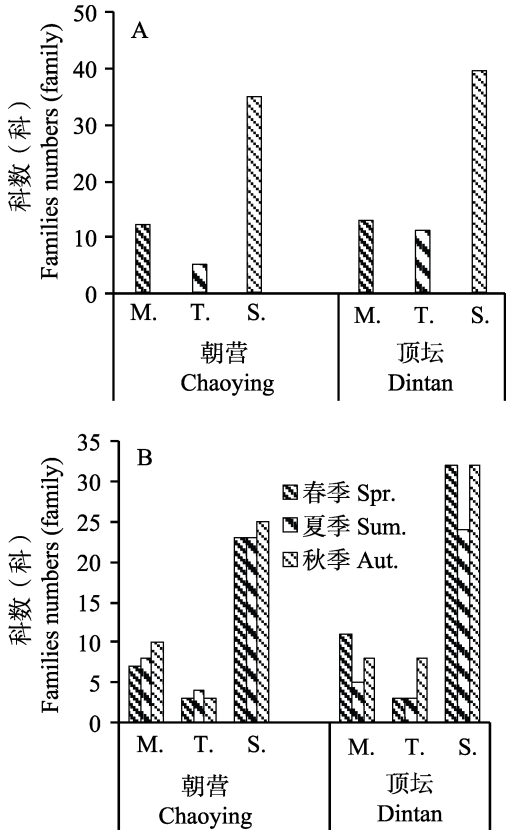

图 1 相同 A 或不同 B 目别土壤螨类科数的差异

Fig. 1 Difference of families numbers on soil mites in same A or different B Orders

M.: 中气门目 Mesostigmata；T.: 绒螨目 Trombidiforms；S.: 疥螨目 Sarcoptiforems；Spr.:Spring；Sum.: Summer；Aut.: Autumn。下图同。The same below.

表 1 不同石漠化类型土壤螨类科数的差异

Table 1 Difference of family numbers on soil mites diverse types of rocky desertification

	P		*P*		*P*
C_1-A_2	0.032	D_1-A_2	0.013	A_2-D_2	0.041
C_1-B_2	0.017	D_1-B_2	0.007	B_2-D_2	0.022

2.2 属级水平土壤螨类的差异

两个喀斯特区共分布有土壤螨类 132 属，其

中，朝营 87 属，顶坛 104 属，显见顶坛分布有丰富的属（表 8）。在这些属中，共有的有 59 属，只在朝营分布的 28 属，占该区螨类属的 32.2%，而只在顶坛分布的有 45 属，占该区螨类属达 43.3%。

两个喀斯特区相同目下的属相比较，朝营的绒螨类属和疥螨类属均不及顶坛的绒螨类属和疥螨类属丰富，中气门螨类属则多于顶坛的中气门螨类属；同一喀斯特区不同目下的属相比较，两区均为疥螨类属>中气门螨类属>绒螨类属（图 2：A）。季节变化上，朝营的中气门螨类属数以秋季稍多，绒螨类属数以夏季稍多，疥螨类属数随春、夏、秋季变化逐渐增多；顶坛的中气门螨类与疥螨类属数均以春季的多，秋季稍少，夏季偏低，绒螨类属数则以秋季的稍多（图 2：B）。

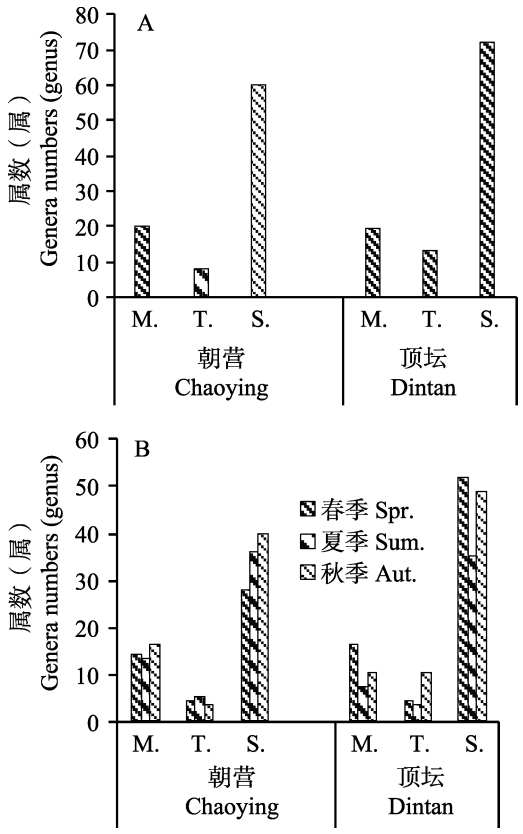

图 2　相同 A 或不同 B 目别土壤螨类属数的差异

Fig. 2　Difference of genera numbers on soil mites in same A or different B orders

两个喀斯特区从潜在、轻度、中度到强度石漠化，土壤螨类属数（朝营：47，48，42，37；顶坛：66，72，45，44）除轻度石漠化外呈现减少的趋势，其中顶坛的强度石漠化在中度石漠化基础上减少的程度较小。两个喀斯特区螨类属数在总体上不存在显著差异（P>0.05）；同一主体石漠化类型喀斯特区只有顶坛小流域的潜在、轻度分别与强度石漠化环境的属数间存在显著差异；不同主体石漠化类型喀斯特区的相同等级石漠化环境的属数间不存在显著差异，而不同等级石漠化环境则是朝营的中度和强度分别与顶坛的潜在、轻度石漠化的属数间存在显著差异（表 2）。

表 2　不同石漠化类型土壤螨类属数的差异

Table 2　Difference of genus numbers on soil mites diverse types of rocky desertification

	P		*P*		*P*
C_1-A_2	0.049	D_1-A_2	0.016	A_2-D_2	0.033
C_1-B_2	0.049	D_1-B_2	0.016	B_2-D_2	0.033

2.3　个体水平土壤螨类的差异

在个体数量总体上，朝营喀斯特区土壤螨类占优势的属是盖头甲螨属（*Tectocepheus*）、菌甲螨属（*Scheloribates*）、毛大翼甲螨属（*Trichogalumna*）、派伦螨属（*Parholaspulus*）和杆棱甲螨属（*Mochlozetes*），其中盖头甲螨属和菌甲螨属个体数量分别占该区土壤螨类总个体数的 17.5%和 13.4%；顶坛喀斯特区土壤螨类属占优势的是派伦螨属、针单翼甲螨属（*Setoxylobates*）、异懒甲螨属（*Allonothrus*）、盖头甲螨属和懒甲螨属（*Northus*），其中派伦螨属和针单翼甲螨属分别占该区土壤螨类总个体数的 8.6%和 8.0%，显见两个地区的优势属类群组成存在差异。

优势属个体数量在两个区域不同生境的分布上，朝营的盖头甲螨属主要分布于潜在和强度石漠化环境，菌甲螨属主要分布于潜在、轻度和中度石漠化环境，杆棱甲螨属主要分布于中度石漠化环境；顶坛的派伦螨属主要分布于轻度石漠化环境，针单翼甲螨属主要分布于中度石漠化环境，异懒甲螨属主要分布于潜在石漠化环境，盖头甲螨属主要分布于强度石漠化环境。可见，除盖头甲螨属在两个区域的强度石漠化环境均有

分布外，其他优势属在两个区域的不同等级石漠化生境中存在差异性分布。

不同等级石漠化生境的土壤螨类优势属个体数量分布差异性上，朝营和顶坛各自的差异性均不显著（P>0.05）；两个地区土壤螨类优势属个体数量在不同季节的差异性也不显著（P>0.05）。

相同生境不同季节的土壤螨类优势属其个体数量分布差异性表现是：朝营地区潜在石漠化的优势属个体数总体上差异不显著（P>0.05），但盖头甲螨属与其他优势属间个体数量存在显著差异（P<0.05）（表 3）；轻度石漠化的优势属个体数总体上差异显著（P<0.05），其中菌甲螨属与毛大翼甲螨属、派伦螨属和杆棱甲螨属的个体数存在显著性差异（P<0.05）（表 3）；中度、强度石漠化的优势属个体数均不存在显著差异（P>0.05）。在顶坛，潜在石漠化的优势属个体数总体上差异显著（P<0.05），派伦螨属与异懒甲螨属、异懒甲螨属与盖头甲螨属差异性显著（表 3）；轻度、中度和强度石漠化的优势属个体数差异性均不显著（P>0.05）。

表 3　相同生境不同季节的土壤螨类优势属个体数差异

Table 3　Difference of individual numbers on dominant genus of soil mites in diverse season particular habitats

朝营 Chaoying				顶坛 Dintan	
A_1	P	B_1	P	A_2	P
Tectocepheus-Scheloribates	0.043	*Scheloribates-Trichogalumna*	0.012	*Parholaspulus-Allonothrus*	0.012
Tectocepheus-Trichogalumna	0.037	*Scheloribates-Parholaspulus*	0.040	*Allonothrus-Tectocepheus*	0.014
Tectocepheus-Parholaspulus	0.028	*Scheloribates-Mochlozetes*	0.012		
Tectocepheus-Mochlozetes	0.023				

2.4　捕食性螨类的差异

研究区的捕食性螨类包括中气门目和绒螨目的螨类， 计有 26 科 39 属，其中朝营分布有 17 科 27 属，顶坛分布有 24 科 31 属，两个地区共有的科为 16 科，共有的属为 19 属。在这些捕食性螨类中，7 属（涉及 7 科）只在朝营地区分布，12 属（涉及 11 科）只在顶坛地区分布（表 4）。这表明顶坛捕食性螨类类群丰富，且两个地区捕食性螨类的分布表现差异性。

根据捕食性革螨（Mesostigmata：Gamasina）K 值和 r 值的赋值标准，研究区土壤革螨的赋值见表 5，成熟度指数 MI 计算结果见表 6。结果显示，在春季，两个地区不同等级石漠化土壤革螨

表 4　两个样区不同的捕食性革螨属组成

Table 4　Composition of different genus on soil predatory Gamasina in two sampling areas

朝营 Chaoying	顶坛 Dintan
Epicriopsis, *Alloparasitus*, *Macrocheles*, *Gamasellus*, *Gamasholaspis*, *Krantzholaspis*, *Eustigmaeus*	*Ameroseius*, *Lasioseius*, *Cheiroseius*, *Dinychus*, *Amblyseius*, *Rhodacarellus*, *Anystis*, *Favognathus*, *Cunaxa*, *Paraeupalopsellus*, *Histiella*, *Brevipalpus*

表 5　捕食性土壤革螨（Mesostigmata: Gamasina）的 *K*-值和 *r*-值

Table 5　*K*- values or *r*- values of predatory soil mites (Mesostigmata: Gamasina)

科 Family	*K*-值 *K*-value	*r*-值 *r*-value	科 Family	*K*-值 *K*-value	*r*-值 *r*-value
寄螨科 Parasitidae		4	厚厉螨科 Pachylaelapidae	1	
维螨科 Veigaiaidae	2		囊螨科 Ascidae		1
胭螨科 Rhodacaridae	2		美绥螨科 Ameroseiidae	3	
土革螨科 Ologamasidae		1	植绥螨科 Phytoseiidae		2
派伦螨科 Parholaspididae	2		厉螨科 Laelapidae		1

表 6　捕食性土壤革螨（**Mesostigmata: Gamasina**）的成熟度指数（***MI***）值和主要生态类群

Table 6　*MI* values and main ecological groups of predatory soil mites (Mesostigmata: Gamasina) in diverse rocky desertification habitats

	春季 Spring		夏季 Summer		秋 Autumn	
	MI	类群 Groups	*MI*	类群 Groups	*MI*	类群 Groups
A_1	0.18	*r*	0.30	r	0.20	*r*
B_1	0.22	*r*	0.25	r	0.25	*r*
C_1	0.44	*r*	0.29	r	0.29	*r*
D_1	0.00	-	0.40	r	0.54	*K*
A_2	0.25	*r*	0.00	-	0.11	*r*
B_2	0.53	*K*	0.50	K，r	0.20	*r*
C_2	0.00	-	0.67	K	0.33	*r*
D_2	0.22	*r*	0.00	-	0.40	*r*

除顶坛的轻度石漠化环境为 *K* 选择外，其他以 *r* 选择类群为主；夏季，朝营为 *r* 选择类群，顶坛主要为 *K* 选择类群；秋季，除朝营的强度石漠化环境为 *K* 选择外，其他环境全为 *r* 选择类群。

2.5　甲螨的差异

研究区分布有甲螨 45 科 90 属，其中，朝营 33 科 57 属，顶坛 38 科 70 属，26 科 66 属为两地共有的科属，只在朝营分布的有 7 科 9 属，只在顶坛分布的有 12 科 15 属，显示顶坛分布有更丰富的甲螨科和属类群；两个地区的个体密度以及大孔低等甲螨（M）、无翅坚背甲螨（G）和有翅背孔甲螨（P）类群数（科数）组成也有很大差异（表 7）。

研究区不同生境和季节土壤甲螨群落结构分析结果见表 8。结果显示，类群属百分比上，朝营的潜在、轻度和中度石漠化环境均以 P 型为主，强度石漠化主要为 M 型；顶坛的潜在石漠化主要为 M 型，轻度石漠化主要为 G 型，中度石漠化主要为 P 型，强度石漠化为 O 型。个体数百分比上，朝营的潜在、轻度和中度石漠化也以 P 型为主，强度石漠化主要为 G 型；顶坛的潜在石漠化主要为 M 型，轻度石漠化主要为 P 型，中度石漠化主要为 M 型和 P 型，强度石漠化主要为 G 型和 P 型。综合 MGP Ⅰ和 MGP Ⅱ分析表明，朝营的甲螨群落类型从潜在到轻度石漠化环境以 P 型为主，强度石漠化为 M、G 型，顶坛的甲螨群落类型从潜在到强度石漠化环境变化复杂，显示了两种不同主体石漠化类型喀斯特地区的土壤甲螨生态类群差异。

2.6　多样性的差异

两个地区的多样性指数在相同和不同季节的差异性均不显著（$P>0.05$）。从整体看，除春季的中度和强度、夏季和秋季的强度石漠化环境外，顶坛拥有高的多样性（图 3：A）。春季，从潜在到强度，朝营的多样性逐渐增加，顶坛的多样性则逐渐降低（其中中度与强度差别不大）；夏季，除顶坛的中度外，从潜在到强度，多样性逐渐降低；秋季，从潜在到强度，多样性总体呈下降趋势，但中度和强度之间的变化不大。

两个地区的丰富度指数值在相同和不同季节也均无显著差异（$P>0.05$）。春季，朝营从潜在到中度的丰富度指数逐渐降低，而强度的偏高，顶坛是从潜在向强度，丰富度指数变化无规律；除秋季顶坛的中度石漠化外，夏、秋季其他环境丰富度指数与多样性指数的变化规律相一致（图 3：B）。两个地区不同石漠化生境在不同季节的均匀性指数变化不大（图 3：C）。

表 7　土壤甲螨类群的差异

Table 7　Difference on soil mites (Oribatida) in Chaoying and Dintan areas

	科 Families	属 Genera	个体密度（头·m^{-2}）Individual density (individual·m^{-2})	M	G	P
朝营 Chaoying	33	31	2 208.83 ± 0.31	8	12	13
顶坛 Dintan	57	70	5 818.23 ± 0.25	11	16	10

表 8 土壤甲螨群落类型

Table 8 Communities of soil mites (Oribatida) in divers rocky desertification habitats

		属数百分比 Genera percentage（%）			类型 Type	个体数百分比 Individual percentage（%）			类型 Type
		M 群 Macropylina	G 群 Gymnonota	P 群 Poronota		M 群 Macropylina	G 群 Gymnonota	P 群 Poronota	
A_1	春季 Spring	30.77±0.25	46.15±1.00	23.08±0.21	O	6.36±0.40	21.82±7.09	71.82±1.32	P
	夏季 Summer	11.11±1.00	33.33±1.00	55.56±0.45	P	4.72±0.29	70.08±6.83	25.20±1.09	G
	秋季 Autumn	21.74±0.24	26.09±0.84	52.17±0.58	P	7.86±0.26	20.00±0.38	72.14±1.25	P
B_1	春季 Spring	16.67±0.00	33.33±0.41	50.00±0.21	GP	12.73±2.50	61.82±1.80	25.45±0.49	G
	夏季 Summer	33.33±0.21	27.78±0.58	38.89±0.14	O	20.14±0.73	29.50±0.99	50.36±1.98	P
	秋季 Autumn	20.69±0.56	24.14±0.14	55.17±0.26	P	24.00±0.35	11.00±0.26	65.00±0.83	P
C_1	春季 Spring	12.50±1.00	37.50±0.33	50.00±0.25	GP	4.35±1.00	52.17±1.08	43.48±0.55	G
	夏季 Summer	16.67±0.00	33.33±0.34	50.00±0.32	GP	9.80±1.45	15.69±0.36	74.51±1.28	P
	秋季 Autumn	23.08±0.33	46.15±0.33	30.77±1.44	O	12.38±0.81	10.48±0.10	77.14±1.37	P
D_1	春季 Spring	44.44±0.75	44.44±0.50	11.11±1.00	MG	37.04±0.30	33.33±0.34	29.63±1.00	O
	夏季 Summer	28.57±0.00	42.86±0.33	28.57±0.00	O	13.33±0.00	73.33±1.18	13.33±0.00	G
	秋季 Autumn	25.00±0.00	33.33±0.50	41.69±0.40	O	14.29±0.33	42.86±0.82	42.86±0.57	GP
A_2	春季 Spring	46.67±0.34	26.67±0.50	26.67±0.32	O	64.57±1.60	9.64±1.31	25.78±1.37	M
	夏季 Summer	50.00±0.35	18.18±0.71	31.82±0.42	MP	55.20±0.74	16.00±0.73	28.80±0.45	M
	秋季 Autumn	35.00±0.57	37.50±0.41	27.50±0.64	O	49.30±1.18	28.57±0.89	22.13±1.04	O
B_2	春季 Spring	35.90±0.57	38.46±0.42	25.64±0.62	O	46.37±1.33	33.27±1.97	20.36±0.96	O
	夏季 Summer	42.11±0.32	42.11±0.38	15.78±0.58	MG	28.26±0.42	20.65±0.27	51.09±1.36	P
	秋季 Autumn	28.00±0.91	36.00±0.42	36.00±0.67	O	27.32±0.25	14.21±0.24	58.47±0.64	P
C_2	春季 Spring	21.43±0.00	35.71±0.20	42.86±0.17	O	17.95±0.88	35.90±1.33	46.15±1.00	GP
	夏季 Summer	38.89±0.37	22.22±0.00	38.89±0.14	O	35.48±0.00	35.48±1.18	29.03±0.13	O
	秋季 Autumn	29.63±0.90	29.63±0.57	40.74±0.37	O	43.07±0.86	7.92±0.09	48.02±1.82	MP
D_2	春季 Spring	28.57±0.40	42.86±0.55	28.57±0.54	O	25.41±0.89	57.46±1.33	17.13±1.43	G
	夏季 Summer	50.00±0.00	25.00±1.00	25.00±1.00	O	33.33±1.00	16.67±1.00	50.00±0.58	MP
	秋季 Autumn	25.00±0.00	25.00±1.44	50.00±0.61	O	7.04±0.25	42.25±0.55	50.70±0.87	P

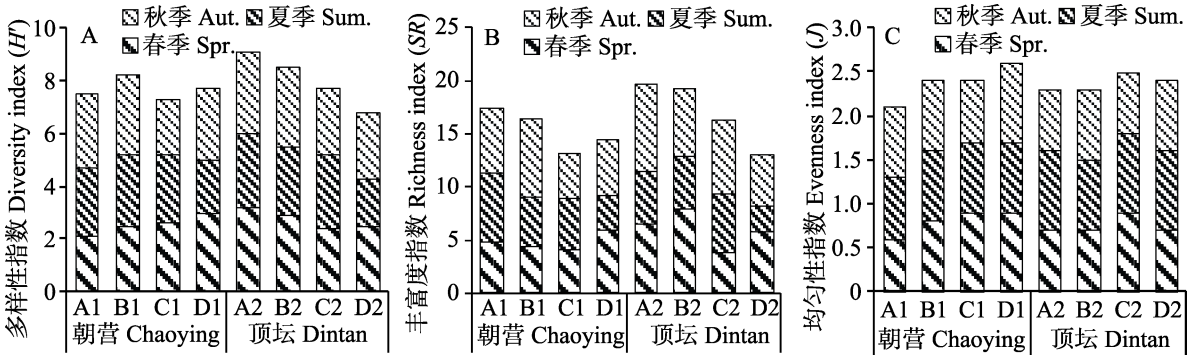

图 3 土壤螨类多样性指数（*H′*）（A）、丰富度指数（*SR*）（B）和均匀度指数（*J*）（C）的差异

Fig. 3 Difference of Shannon-Winner Diversity index (*H′*) (A), Margalef richness index (*SR*) (B) and Pielou evenness index (*J*) (C) on soil mites in divers rocky desertification habitats

A1、A2：潜在石漠化 Potential rocky desertification；B1、B2：轻度石漠化 Light rocky desertification；C1、C2：中度石漠化 Moderate rocky desertification；D1、D2：强度石漠化 Intense rocky desertification.

3　讨论

在朝营和顶坛两个不同石漠化主体类型的喀斯特地区共捕获土壤螨类 72 科 132 属。以甲螨亚目的科和属为主要组成，分别占总科数和总属数的 63.9%和 69.7%。

两个不同石漠化主体类型区的土壤螨类群落结构存在差异。顶坛地区具有丰富的螨类科和属，随着季节的变动，两个地区不同目下的科呈现不一致的变化规律，尤其是顶坛地区季节变化对不同目下的数变化影响较大。两地的中气门螨类属、绒螨类属和疥螨类属在属数上表现不同的季节变化，不同地区具有不完全一致的优势属，且它们的个体数量在不同季节也表现出分布差异。此外，捕食性螨类和甲螨的群落组成与生态结构在两地也表现差异。朝营位于喀斯特高原温凉山地区，顶坛位于喀斯特高原干热河谷区，两地的植被、土壤、气候等环境条件不同，这自然地导致了土壤螨类群落结构的差异，而石漠化增加了这种差异性。在不同地区，由于土壤、植被类型等的差异，土壤螨类的群落结构有所差异（陈浒等，2011；Erdmann *et al.*，2012）。也有研究报道，在同一喀斯特地貌区以及同一地形区的喀斯特与非喀斯特环境，因植被类型、海拔高度等的差异而使土壤螨类群落结构有所差异（Manu *et al.*，2013；Zhang *at al*，2015），因此今后有必要加强上述研究区与邻近喀斯特区不同石漠化主体类型区之间的土壤螨类群落对比研究。

石漠化对土壤螨类群落结构造成影响。在两个地区，随着石漠化程度的加剧，土壤螨类的科和属在总体上呈现减少的趋势，且以顶坛的中度和强度石漠化环境下减少幅度更大，顶坛的潜在石漠化环境相较于轻度石漠化环境，其土壤螨类的科和属相对较少可能与潜在石漠化环境单一的植被类型有关。其他研究对比显示，单一的植被生境不利于多样化的螨类物种栖息（Manu *et al.*，2013）。同一地区不同等级石漠化环境中的优势属和不同地区的同一优势属在生境分布上也存在差异，这可能与不同植被提供了不同的营养生态位有关（Minor and Ermilov，2015）。

土壤螨类对石漠化环境的指示。土壤中存在的优势螨类是生物适应变化的重要类群，不同的环境为土壤螨类提供了不同的营养资源，因此不同的优势类群可作为不同土壤环境的指示生物（Manu *et al.*，2013；Corral-Hernández *et al.*，2016）。在研究区，派伦螨属、盖头甲螨属、懒甲螨属、异懒甲螨属、菌甲螨属、杆棱甲螨属、针单翼甲螨属和毛大翼甲螨属是不同等级石漠化环境中的优势属，它们可以综合地对石漠化环境进行初步指示。

螨类生态类群分布与生境梯度的不一致性。捕食性螨类和甲螨生态类群分布差异反映了环境条件的差异，在环境条件较好和相对稳定的环境，捕食性螨类以 K 选择为主，甲螨应以 O 型为主（Ruf，1998；丁程成等，2008）。研究区的土壤螨类，存在 K 选择和 M 型生态类群在强度石漠化环境中占优势的情形，显示了螨类生态类群适应性分布的不协调性，这一不协调性有待进一步研究。

参考文献 (References)

Aoki JI, 1983. Analysis of oribatid communities by relative abundance in the species and individual numbers of the three major groups (MGP-analysis). *Bulletin of Institue of Environment Science and Technology*, *Yokohama National University*, 10(1): 171–176.

Camann MA, Gillette NE, Lamoncha KL, Mori SR, 2008. Response of forest soil Acari to prescribed fire following stand structure manipulation in the southern Cascade Range. *Canadian Journal of Forest Research*, 38(5): 956–968.

Chen H, Fan YL, Zhao ZC, Wang XP, Xue ZG, Zhou WL, 2011. Study on the geo-ecology of soil fauna in typical karst area of Guizhou Province in China. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 27(20): 208–215. [陈浒, 樊云龙, 赵志成, 王仙攀, 薛治国, 周文龙, 2011. 贵州典型喀斯特地区土壤动物生态地理研究. 中国农学通报, 27(20): 208–215.]

Ding CC, Dai ZK, Xue XF, Li HX, Liu MQ, Chen XY, Zhou J, Zhang B, Hu F, 2008. Effects of vegetations restoration on soil mite community in degraded red soil, Subtropical China. *Acta Ecologica Sinica*, 28(10): 4771–4781. [丁程成, 戴征凯, 薛晓

峰, 李辉信, 刘满强, 陈小云, 周静, 张斌, 胡锋, 2008. 退化红壤植被恢复对土壤螨类群落结构的影响. 生态学报, 28(10): 4771–4781.]

Erdmann G, Scheu S, Maraun M, 2012. Regional factors rather than forest type drive the community structure of soil living oribatid mites (Acari, Oribatida). *Experimental and Applied Acarology*, 57(2): 157–169.

Gardi C, Tomaselli M, Parisi V, Petraglia S, Santini C, 2002. Soil quality indicators and biodiversity in northern Italian permanent grasslands. *European Journal of Soil Biology*, 38(1): 103–110.

Corral-Hernández E, Balanzategui I, Iturrondobeitia JC, 2016. Effect of progressive drying of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) forest soils on the composition of the oribatid mite community (Acari: Oribatida) in laboratory conditions. *International Journal of Acarology*, 42(7): 358–365.

Hernández EC, Balanzategui I, Iturrondobeitia JC, 2016. Effect of progressive drying of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) forest soils on the composition of the oribatid mite community (Acari: Oribatida) in laboratory conditions. *International Journal of Acarology*, 42(7): 358–365.

Jung C, Kim JW, Marquardt T, Kaczmarek S, 2010. Species richness of soil gamasid mites (Acari: Mesostigmata) in fire-damaged mountain sites. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 13(3): 233–237.

Krantz GW, Walter DE, 2009. A Manual of Acarology. 3rd ed. Texas: Texas Tech University Press. 1–794.

Li CP, Shen ZP, 2016. An Introduction to Acaroid Mites in China. Beijing: Science Press. 167–454. [李朝品, 沈兆鹏, 2016. 中国粉螨概论. 北京: 科学出版社. 167–454.]

Li LS, Li YR, 1988. Acarology. Chongqing: Chongqing Press. 264–419. [李隆术, 李云瑞, 1988. 蜱螨学. 重庆: 重庆出版社. 264–419.]

Lin YH, Sun JB, Zhang FD, 2009. Characteristics of soil fauna community in forest floor at different climate zone, China. *Acta Ecologica Sinica*, 29(6): 2938–2944. [林英华, 孙家宝, 张夫道, 2009. 我国重要森林群落凋落物层土壤动物群落生态特征. 生态学报, 29(6): 2938–2944.]

Manu M, 2013. Diversity of soil mites (Acari: Mesostigmata: Gamasina) in various deciduous forest ecosystems of Muntenia region (southern Romania). *Bological Letters*, 50(1): 3–16.

Manu M, Băncilă RI, Onete M, 2013. Soil mite communities (Acari: Gamasina) from different ecosystem types from Romania. *Belgian Journal of Zoology*, 143(1): 30–41.

Manu M, Ion S, 2014. Characterisic soil mite's communities (Acari: Gamasina) for some natural forests from Bucegi Natural Park-Romania. *Periodicum Biologorum*, 116(3): 303–312.

Minor MA, Ermilov SG, 2015. Effects of topography on soil and litter mites (Acari: Oribatida, Mesostigmata) in a tropical monsoon forest in Southern Vietnam. *Experimental and Applied Acarology*, 67(3): 357–372.

Qaken A, Abliz O, Helil F, 2017. Community diversity of soil mites in the Manas River Basin, Xinjiang. *Acta Ecologica Sinica*, 37(24): 1–13. [阿加尔·恰肯, 吾玛尔·阿布力孜, 排孜力耶·合力力, 2017. 新疆玛纳斯河流域土壤螨类群落多样性. 生态学报, 37(24): 1–13.]

Ruf A, 1998. A maturity index for predatory soil mites (Mesostigmata: Gamasina) as an indicator of environmental impacts of pollution on forest soils. *Applied Soil Ecology*, 9(1): 447–452.

Sun XB, Liu HY, Li YC, Zhang XP, 2007. Impact of heavy metals pollution on the community structure and spatial distribution of soil animals. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 8(9): 2080–2084. [孙贤斌, 刘红玉, 李玉成, 张小平, 2007. 重金属污染对土壤动物群落结构及空间分布的影响. 应用生态学报, 18(9): 2080–2084.]

Wu DH, Zhang B, Bu ZY, Chen P, 2006. The characteristics of community structure of soil mites from different habitats in Changchun area. *Acta Ecologica Sinica*, 26(1): 16–25. [吴东辉, 张柏, 卜照义, 陈鹏, 2006. 长春市不同土地利用生境土壤螨类群落结构特征. 生态学报, 26(1): 16–25.]

Xiang CG, Feng GL, Pan GX, Zhang PJ, 2007a. Soil animal diversity and its respondence to ecological restoration and reconstruction in Southwest Karst area-Take the Mile Bailongdong area in Yunnan Province as an example. *Journal of Hunan Agricultural University* (*Natural Sciences*), 33(3): 324–327. [向昌国, 冯国禄, 潘根兴, 张平究, 2007. 西南岩溶地区土壤动物多样性及其对生态恢复的响应—以云南省弥勒县白龙洞地区为例. 湖南农业大学学报(自然科学版), 33(3): 324–327.]

Xiang CG, Yang SJ, Nie Q, 2007b. The biological indication of soil animals to soil environment. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 23(4): 364–367. [向昌国, 杨世俊, 聂琴, 2007. 土壤动物对土壤环境的生物指示作用. 中国农学通报, 23(4): 364–367.]

Xie GL, Fu RS, Liu JL, Wang CR, Zheng JJ, 2004. The community distribution of soil oribatida in Heze Peony Garden. *Acta Ecologica Sinica*, 24(4): 693–699. [谢桂林, 傅荣恕, 刘建丽, 王昌儒, 郑继军, 2004. 菏泽牡丹园土壤甲螨群落特点研究. 生态学报, 24(4): 693–699.]

Xiong KN, Li P, Zhou ZF, An YL, Lu T, Lan AJ, 2002. Typical Study on Karst Rocky Desertification by RS-GIS: As a Guizhou Province. Bejing: Geological Publishing House. 17–28. [熊康宁,

黎平, 周忠发, 安裕伦, 吕涛, 兰安军, 2002. 喀斯特石漠化的遥感-GIS 典型研究——以贵州省为例. 北京:地质出版社. 17–28.]

Yeates GW, Bongers T, 1999. Nematode diversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74(1): 113–135.

Yin SG, Bei NX, Chen WP, 2013. Soil Gamasid Mites in northeast China. Beijing: China Agriculture Press. 8–340. [殷绥公, 贝纳新, 陈万鹏, 2013. 中国东北土壤革螨. 北京:中国农业出版社. 8–340.]

Yin WY, Hu SH, Shen YF, 1998. Pictorical Keys to Soil Animals of China. Beijing: Science Press. 163–242, 527–562. [尹文英, 胡圣豪, 沈蕴芬, 1998. 中国土壤动物检索图鉴. 北京: 科学出版社. 163–242, 527–562.]

Zhang Y, Jin DC, Zhou YF, Yang GP, Liang WQ, 2015. Community composition and diversity of soil oribatid mites (Acari: Oribatida) in karst forests in Shibing, Guizhou, Southwestern China. *Acta Entomologica Sinica*, 58(7): 791–799.

Zhang Y, Jin DC, 2008. A preliminary study on soil oribatid mites (Acari: Oribatida) from the Chishui alsophila natural reserve. *Acta Arachnologica Sinica*, 17(1): 21–24. [张燕, 金道超, 2008. 赤水桫椤自然保护区土壤甲螨多样性的初步研究. 蛛形学报, 17(1): 21–24.]

附表 1　朝营、顶坛喀斯特地区不同等级石漠化环境土壤螨类名录

Addendum 1　List of soil mites in different degrees of rocky desertification in Chaoying and Dintan karst areas

目 Order	科 Family	属 Genus	A_1	B_1	C_1	D_1	A_2	B_2	C_2	D_2
中气门目 Mesostigmata	孔洞螨科 Trematuridae	内特螨属 *Nenteria*	8				1			
	二爪螨科 Dinychidae	二爪螨属 *Dinychus*					1			
	寄螨科 Parasitidae	新革螨属 *Neogamasus*	6	10	17	7	4	7		1
		寄螨属 *Parasitus*	10	2	18	10		4		1
		常革螨属 *Vulgarogamasus*						1		
	维螨科 Veigaiaidae	维螨属 *Veigaia*			1			1		
	胭螨科 Rhodacaridae	仿胭螨属 *Rhodacarellus*								1
		胭螨属 *Rhodacarus*				16		1		2
	土革螨科 Ologamasidae	革赛螨属 *Gamasellus*	2	1						
		革伊螨属 *Gamasiphis*	4	17		8	3	7	1	
	巨螯螨科 Macrochelidae	巨螯螨属 *Macrocheles*	2							
	派伦螨科 Parholaspididae	革板螨属 *Gamasholaspis*	1	1	1	4				
		卡盾螨属 *Krantzholaspis*			1	1				
		派伦满属 *Parholaspulus*	26	14	29	7	1	236	3	2
	厚厉螨科 Pachylaelapidae	厚厉螨属 *Pachylaelaps*	4		1		2	1		
中气门目 Mesostigmata	囊螨科 Ascidae	囊螨属 *Asca*	1	1		1	1	3		
	美绥螨科 Ameroseiidae	毛绥螨属 *Ameroseius*						1		
		背刻螨属 *Epicriopsis*				1				
	植绥螨科 Phytoseiidae	钝绥螨属 *Amblyseius*	7	17			3		1	16
	蠊螨科 Blattisociidae	手绥螨属 *Cheiroseius*								1
		毛绥螨属 *Lasioseius*						2		2
	厉螨科 Laelapidae	异寄螨属 *Alloparasitus*	1	1	4	2				
		殖厉螨属 *Geolaelaps*	3	2		6	4	15	12	2
		广厉螨属 *Gosmolaelaps*		8	2	1			3	1
		土厉螨属 *Ololaelaps*	21		2	1	3	10	1	2

续附表 **1 (Addendum 1 contined)**

目 Order	科 Family	属 Genus	A_1	B_1	C_1	D_1	A_2	B_2	C_2	D_2
绒螨目 Trombidiformes	吸螨科 Bdellidae	吸螨属 *Bdella*		1						1
	巨须螨科 Cunaxidae	巨须螨属 *Cunaxa*								1
	大赤螨科 Anystidae	大赤螨属 *Anystis*						1		
	赤螨科 Erythraeidae	多室赤螨属 *Balaustium*	3		2				1	
	微绒螨科 Microtrombidiidae	棘刺微绒螨属 *Echinothrombium*			1		3			
		微绒螨属 *Microtrombidium*	1		3			3		
	蜴螨科 Pterygosomatidae	*Histiella*						1		
	隐颚螨科 Cryptognathidae	穴颚螨属 *Favognathus*					1			
	长须螨科 Stigmaeidae	真长须螨属 *Eustigmaeus*		1						
		土皮须螨属 *Ledermuelleria*		4			2	4		21
		长须螨属 *Stigmaeus*				1	5	1		
	长颚螨科 Mecognathidae	附小真古螨属 *Paraeupalopsellus*							2	
	细须螨科 Tenuipalpidae	短须螨属 *Brevipalpus*						1		
	盾螨科 Scutacaridae	盾螨属 *Scutacarus*			3			1		
疥螨目 Sarcoptiformes	曲螨科 Alycidae	曲螨属 *Alycus*	2		1					1
	缝甲螨科 Hypochthoniidae	东缝甲螨属 *Eohypochthonius*			1		1	18		
		缝甲螨属 *Hypochthonius*						1		
	罗甲螨科 Lohmanniidae	隐罗甲螨属 *Cryptacarus*					52	61	6	13
		鳞罗甲螨属 *Lepidacarus*					11	1	1	
		罗甲螨属 *Lohmannia*	1				3	9	5	
		裂甲螨属 *Meristacarus*						1		
		岛甲螨属 *Nesiacarus*					2	1		
		丘疹甲螨属 *Papillacarus*						5		
		毛罗甲螨属 *Vepracarus*		1			65	29	9	5
	广缝甲螨科 Cosmochthoniidae	广缝甲螨属 *Cosmochthonius*								1
	球缝甲螨科 Sphaerochthoniidae	球缝甲螨属 *Sphaerochthonius*					20	2	6	2
	上罗甲螨科 Epilohmanniidae	上罗甲螨属 *Epilohmannia*	6		15	1	37	27	65	4
		拟上罗甲螨属 *Epilohmannoides*	1			1				
	真卷甲螨科 Euphthiracaridae	真卷甲螨属 *Euphthiracarus*		7			58	1		
		三皱甲螨属 *Rhysotritia*	4	21		3	48			
	卷甲螨科 Phthiracaridae	小瓣卷甲螨属 *Hoplophorella*					36	11		2
		直毛卷甲螨属 *Hoplophthiracarus*					18	3		
		卷甲螨属 *Phthiracarus*					1		1	
	洼甲螨科 Camisiidae	半懒甲螨属 *Heminothrus*	1							
		平懒甲螨属 *Platynothrus*					18			
	懒甲螨科 Nothridae	懒甲螨属 *Nothrus*	8	17	1	8	64	73	3	12

续附表 1 (Addendum 1 contined)

目 Order	科 Family	属 Genus	A_1	B_1	C_1	D_1	A_2	B_2	C_2	D_2
疥螨目 Sarcoptiformes		新懒甲螨属 *Novonothrus*	3	4	3	1	22		7	16
	矮汉甲螨科 Nanhermanniidae	乳汉甲螨属 *Masthermannia*	1							
	礼服甲螨科 Trhypochthoniidae	非懒甲螨属 *Afronothrus*			1					
		异懒甲螨属 *Allonothrus*		1			117	48	2	
		礼服甲螨属 *Trhypochthonius*		8	3	1	29			
	盲甲螨科 Malaconothridae	盲甲螨属 *Malaconothrus*				1		15		
	迭蜕甲螨科 Plateremaeidae	迭蜕甲螨属 *Plateremaeus*					64	1	4	
	裸珠足甲螨科 Gymnodamaeidae	裸珠足甲螨属 *Gymnodamaeus*		2			34	4	10	1
		扇壳甲螨属 *Licnoliodes*					16	9		
	珠甲螨科 Damaeidae	珠甲螨属 *Damaeus*						1		
		表珠甲螨属 *Epidamaeus*					1	1		
	小棱甲螨科 Microzetidae	贝氏棱甲螨属 *Berlesezetes*					3	1		
	沙甲螨科 Eremulidae	沙甲螨属 *Eremulus*	1		2		20	20	2	3
	沙珠足甲螨科 Eremobelbidae	沙珠足甲螨属 *Eremobelba*	1		1	2				
	滑珠甲螨科 Damaeolidae	窝甲螨属 *Fosseremus*		1			11	14	8	8
	栉珠甲螨科 Ctenobelbidae	栉珠甲螨属 *Ctenobelba*						2		
	大龙骨足甲螨科 Megeremaeidae	大龙骨足甲螨属 *Megeremaeus*					1			
	跳甲螨科 Zetorchestidae	跳甲螨属 *Zetorchestes*					1			
	丽甲螨科 Liacaridae	溯甲螨属 *Birnsteinius*						2		
		丽甲螨属 *Liacarus*				1		1		1
	前翼甲螨科 Peloppiidae	*Paenoppia*		2						
	阿斯甲螨科 Astegistidae	刀肋甲螨属 *Cultroribula*	19	26		2		7		
	剑甲螨科 Gustaviidae	剑甲螨属 *Gustavia*	1							
	盾珠甲螨科 Suctobelbidae	鼻盾珠甲螨属 *Rhinosuctobelba*			1			1		
		小盾珠甲螨属 *Suctobelbella*		1	2		2	6		2
		盾珠甲螨属 *Suctobelbila*			1					
	奥甲螨科 Oppiidae	短奥甲螨属 *Brachioppia*				1	2			
		Karenella						2		2
		长矛奥甲螨属 *Lanceoppia*		1		1	4	9		7
		多奥甲螨属 *Multioppia*	2		1	1	5	2	10	
		奥甲螨属 *Oppia*			4	1	1		2	
		小奥甲螨属 *Oppiella*	6	21	9	8	2		2	
		纹奥甲螨属 *Striatoppia*					1			
		梯奥甲螨属 *Trapezoppia*		1	2		1	12	3	27
	自发甲螨科 Autognetidae	自发甲螨属 *Autogneta*						44	1	3
	斑体节甲螨科 Thyrisomidae	邦甲螨属 *Banksinoma*								1
	盖头甲螨科 Tectocepheidae	盖头甲螨属 *Tectocepheus*	165	31	16	15	4	71	1	51

续附表 **1 (Addendum 1 contined)**

目 Order	科 Family	属 Genus	A_1	B_1	C_1	D_1	A_2	B_2	C_2	D_2
疥螨目 Sarcoptiformes	垂盾甲螨科 Scutoverticidae	垂盾甲螨属 *Scutovertex*						1	1	18
	角翼甲螨科 Achipteriidae	角翼甲螨属 *Achipteria*					1	1	1	
		副角翼甲螨属 *Parachipteria*		1						
	副大翼甲螨科 Parakalummidae	新肋甲螨属 *Neoribates*	4		17					
	若甲螨科 Oribatulidae	若甲螨属 *Oribatula*		1						1
		单奥甲螨属 *Phauloppia*							1	1
		合若甲螨属 *Zygoribatula*	1	1		1	7	31	10	38
	山足甲螨科 Oripodidae	山足甲螨属 *Oripoda*	1							
		原结甲螨属 *Prinodus*					10	2		
		树穴甲螨属 *Truncopes*	5	6			28	17	44	1
	菌甲螨科 Scheloribatidae	菌甲螨属 *Scheloribates*	49	58	66	1	35	20	4	
	杆棱甲螨科 Mochlozetidae	杆棱甲螨属 *Mochlozetes*	19	2	35					
		足肋甲螨属 *Podoribates*		1			15	12	1	5
	美奥甲螨科 Caloppiidae	美奥甲螨属 *Caloppia*					2		1	
		软肛甲螨属 *Chaunoproctus*		3						
	单翼甲螨科 Haplozetidae	单翼甲螨属 *Haplozetes*	8	36	8			28		
		圆单翼甲螨属 *Peloribates*					8	5	4	
		针单翼甲螨属 *Setoxylobates*	19	1	9	1	94	91	37	4
		威单翼甲螨属 *Vilhenabates*					12	22	8	3
	木单翼甲螨科 Xylobatidae	木单翼甲螨属 *Xylobates*	2	5			10	15	3	1
	尖棱甲螨科 Ceratozetidae	尖棱甲螨属 *Ceratozetes*		1						
		黑尖棱甲螨属 *Melanozetes*	2	4		1				
	菌板鳃甲螨科 Mycobatidae	*Baloghiella*		1						
		点肋甲螨属 *Punctoribates*			3					
	角大翼甲螨科 Ceratokalummidae	刀甲螨属 *Cultrobates*				1				
		梁甲螨属 *Lamellobates*					1		10	
	大翼甲螨科 Galumnidae	顶翼甲螨属 *Acrogalumna*			1					
		广大翼甲螨属 *Cosmogalumna*	1	2						
		大翼甲螨属 *Galumna*	1	13	2		2		4	1
		全大翼甲螨属 *Pergalumna*	3	6	8		23		2	
		原大翼甲螨属 *Protokalumna*	1	1		1	3		3	
		毛大翼甲螨属 *Trichogalumna*	45	6	18	16	43	10		
	粉螨科 Acaridae	根螨属 *Rhizoglyphus*		1						
		食酪螨属 *Tyrophagus*			1			1		

A_1-D_1：朝营小流域潜在-强度石漠化 Potential - intense rocky desertification in Chaoying small watershed；A_2-D_2：顶坛小流域潜在-强度石漠化 Potential - intense rocky desertification in Dintan small watershed；A_1、A_2：潜在石漠化 Potential rocky desertification；B_1、B_2：轻度石漠化 Light rocky desertification；C_1, C_2：中度石漠化 Moderate rocky desertification；D_1, D_2：强度石漠化 Intense rocky desertification.