

濒危植物单性木兰林区土壤动物群落结构与季节动态

李晓东^{1,2} 史沉鱼¹ 覃国乐¹ 覃文更³ 杨敏云⁴ 杨尚渝¹

1.河池学院化学与生物工程学院,宜州 546300;

2.南京师范大学生命科学学院/江苏省生物多样性与生物技术重点实验室,南京 210046;

3.广西木论国家级自然保护区管理局,环江 547100; 4.广西宜州市农业局,宜州 546300

摘要 为研究国家一级保护植物单性木兰林区土壤动物群落结构和季节动态,2012年3月至2013年1月,逐月对位于广西木论国家级自然保护区的单性木兰林区土壤动物群落,按凋落物层和土壤表面向下每5 cm为1层共5层进行四季调查,并对群落结构、垂直分布、多样性和季节动态进行分析。结果表明:从自然保护区的林区2200份土样中共获得大型、中型和湿生土壤动物12937只,隶属于6门11纲30类,优势类群为弹尾目和蛴螬目,常见类群为线虫纲、后孔寡毛目、近孔寡毛目、膜翅目和双翅目,全年A/C值<1;土壤动物类群和个体数量垂直分布具有表聚性特征,但不是严格的逐层递减,且随季节变化有所波动。该自然保护区土壤动物类群数的季节动态为秋季>冬季>春季>夏季;个体数季节动态为秋季>夏季>春季>冬季;多样性的季节动态为秋季>春季>冬季>夏季。

关键词 土壤动物;单性木兰;群落组成;季节动态

中图分类号 S154.5; Q958.15 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2015)04-0020-07

国家一级保护植物单性木兰(*Kmeria septentrionalis*)是中国特有的珍稀濒危植物,是被子植物中最原始的种类之一,具有重要的科研价值。其种群分布范围狭窄,数量稀少,仅分布于广西西北部的罗城和环江2个县,且多数呈零散分布,成片分布仅出现在环江县境内的广西木论国家级自然保护区内,现存成林树200株^[1-3]。由于其成林面积小,加之所处土壤稀薄的喀斯特地貌生态环境中,故生态系统较为脆弱。

土壤动物是森林、草地、湿地、农田等陆地生态系统的重要组成部分,不同植被群落有着与其相适应的土壤动物群落,同时因植被群落的季相变化、气温和降水的变化亦会引起土壤动物的季节动态变化^[4-9]。部分学者已对新疆阜康绿洲不同生境、科尔沁沙地、陕北枣林、辽东山区次生林生态系统、黑土麦田、百花山山杨华木林场、半干旱区草地、浙江天童栲树林、洞庭湖环湖丘岗生态系统等开展了土壤动物群落及季节动态的研究^[10-18],但关于喀斯特森

林生态系统中单性木兰林区土壤动物群落及季节动态未见报道。本研究在逐月11次调查的基础上,对广西木论国家级自然保护区土壤动物群落及季节动态进行了分析,旨在探讨喀斯特森林生态系统和单性木兰有效保护的基本特征,为喀斯特石漠化的防范和修复提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查地区概况

调查地扳南单性木兰林区是全球最大的单性木兰连片林区,位于广西木论国家级自然保护区(东经107°54'01"~108°05'51",北纬25°07'01"~25°12'22"),属中亚热带喀斯特常绿落叶阔叶混交林,是中国生物区系相汇交错区和交接过渡的中心。该自然保护区气候属中亚热带季风气候区,年平均气温15.0~18.7℃,极端最高温36℃,最冷月(1月)极端最低温-5℃;全年≥10℃积温4700~6300℃,全年无霜期310d;年均降雨量1530~

收稿日期:2015-01-06

基金项目:广西自然科学基金项目(2012GXNSFBA053056);广西教育厅科研项目(201203YB167,201106LX586)

李晓东,博士研究生,研究方向:昆虫分类与土壤动物生态.E-mail:lxdong_627@163.com

通信作者:覃国乐,副教授,研究方向:森林生态与保护.E-mail:qinguole2005@sina.com

1 820 mm; 雨季为 4—8 月, 旱季为 9 月至翌年 3 月。该自然保护区林内阴湿, 相对湿度大, 一般为 80%~90%, 夏季甚至接近饱和; 保护区内扳南单性木兰群落分布幅度为海拔 500~550 m, 成片面积达 18.7 hm², 主要伴生树种有红皮(*Styrax suberfolius*)、欏木(*Loropetalum chinense*)、虎皮楠(*Daphniphyllum oldhami*) 等。

木论国家级自然保护区土壤为棕色石灰土和山地黄红壤, 但以前者为主; 裸石覆盖面 70% 以上, 土层浅薄, 仅少量分布于低洼处及石隙中, 分布区内人为活动比较频繁^[1]。

1.2 样地选择与样品采集

在扳南单性木兰林区中心位置(530 m)处设置 2 个 100 m² 样地。2 个样地相距 100 m, 按照 5 点采样法在每个样地的四周和中间土层较厚的地方各取 1 个采样点, 共计 10 个采样点。

于 2012 年 3 月至 2013 年 1 月, 逐月 11 次对 2 个样地的 10 个采样点进行采集。每个采样点先设置 1 个 50 cm×50 cm (0.25 m²) 的样方, 用手捡法对每个样方 5 个层面(凋落物层、0~5 cm 层、5~10 cm 层、10~15 cm 层、15~20 cm 层) 的大型土壤动物进行采集, 分别将标本保存于 75% 乙醇中并带回实验室。然后再在该样方旁设置 1 个 30 cm×30 cm (0.09 m²) 的小样方, 用 100 mL 的取土器在 5 个层面各取 4 份土样(全年共计 550 个土壤样品, 2 200 份土样), 其中 3 份用于干漏斗法分离干生中小型土壤动物, 1 份用于湿漏斗法分离湿生土壤动物, 标本回收后均置于 75% 乙醇中保存。

1.3 土壤动物样品室内鉴定

所有采集的土壤动物依据《中国亚热带土壤动物》^[19]、《中国土壤动物检索图鉴》^[20]、《昆虫分类学》^[21] 等文献, 在双筒显微镜(OLYMPUSSZX16) 下分类鉴定和计数, 绝大部分种类鉴定到目, 部分种类鉴定到纲。

1.4 数据处理与分析

土壤动物数据统计和群落多样性的计算分别采用 Excel 2010 软件和 BIO-DAP 软件完成。土壤动物群落多样性采用以下几个参数进行分析。

Shannon-Weiner 多样性指数(H):

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

Pielou 均匀度指数(E):

$$E = H / \ln S$$

Richness 丰富度指数(D):

$$D = \ln S / \ln N$$

Berger-Parker 优势度指数(I):

$$I = N_{\max} / N_T$$

Simpson 优势集中性指数(C):

$$C = \sum_{i=1}^s (n_i / N)^2$$

密度-类群指数(DG):

$$DG = (g / G) \sum_{i=1}^g (D_i C_i / D_{i \max} C)$$

式中 n_i 为该样区内第 i 个类群的个体数, N 为样区内所有类群的个体数量, $P_i = n_i / N$, S 为样区内类群个数; N_{\max} 为样区内优势类群个体数量, N_T 为样区内全部类群个体数量; D_i 为第 i 类群个体数, $D_{i \max}$ 为各群落中第 i 类群的最大个体数, g 为群落中的类群数, G 为各群落所包含的总类群数, C_i / C 为相对次数, 即在 C 个群落中第 i 个类群出现的比率。

2 结果与分析

2.1 土壤动物群落组成

全年 11 次对木论国家级自然保护区扳南单性木兰林区调查共获得土壤动物 12 937 只, 分别属于 6 门 11 纲 24 目(表 1)。其中优势类群为弹尾目(45.93%)和蛴螬目(28.76%), 两类共占总个体数的 74.69%, 常见类群为线虫纲、后孔寡毛目、近孔寡毛目、膜翅目和双翅目, 5 类共占总数的 22.26%。其余 23 类为稀有类群, 占总数的 3.05%。优势类群和常见类群构成单性木兰林区土壤动物的主体, 稀有类群类群数量大但个体数少, 说明该自然保护区土壤动物的异质性强。

2.2 A/C 值的动态变化

螨类(A)和跳虫(C)是大多数土壤动物群落中的两大优势类群, 其数量比值(A/C)在一定程度上可以反映不同气候带土壤动物水平分布上的一定规律^[22]。调查结果表明: 木论国家级自然保护区扳南单性木兰林区土壤动物类群中的 A/C 值随时间有变化(表 2), 其月份变化表现为 10 月 > 11 月 > 6 月 > 3 月 > 9 月 > 12 月 > 1 月 > 5 月 > 4 月 > 8 月 > 7 月, 且仅 10 月份 A/C 值为 2.84 > 1, 其余月份 A/C 值均小于 1; 土壤动物类群中 A/C 值最小为 7 月份, 只有 0.08; 土壤动物类群中所有月份总 A/C 值为 0.63, 亦小于 1。

表 1 单性木兰林区土壤动物群落组成¹⁾Table 1 Compositions of soil fauna community in *Kmeria septentrionalis* forest

序号 No.	类群 Groups	个体数 Individual number											占样本总数 百分率/% Percent	多度 Abundance
		3月 Mar.	4月 Apr.	5月 May	6月 June	7月 July	8月 Aug.	9月 Sep.	10月 Oct.	11月 Nov.	12月 Dec.	1月 Jan.		
1	弹尾目 Collembola	414	562	291	229	1 269	1 051	592	439	492	314	289	45.93	+++
2	蜱螨目 Acarina	319	246	150	180	104	183	445	1246	426	224	198	28.76	+++
3	线虫纲 Nematoda	183	359	67	72	31	64	72	83	54	89	76	8.89	++
4	近孔寡毛目 Oligochaeta plesiopara	129	46	34	20	1	57	205	85	51	56	50	5.67	++
5	双翅目 Diptera	146	46	37	20	2	25	20	38	78	90	76	4.47	++
6	膜翅目 Hymenoptera	10	40	17	4	0	4	18	39	77	21	19	1.92	++
7	后孔寡毛目 Oligochaeta opisthopora	31	36	3	15	0	8	1	9	8	31	28	1.31	++
8	鞘翅目 Coleoptera	2	3	3	4	0	1	17	11	9	12	8	0.54	+
9	同翅目 Homoptera	2	51	0	0	0	0	1	1	8	0	0	0.49	+
10	腹足纲 Gastropoda	6	12	5	5	16	4	0	3	0	1	0	0.40	+
11	蜘蛛目 Aranece	9	9	3	1	2	1	13	3	5	2	3	0.39	+
12	综合纲 Symphyla	2	4	12	0	0	5	3	0	0	0	0	0.20	+
13	鳞翅目 Lepidoptera	3	5	3	0	0	1	1	4	3	2	1	0.18	+
14	盲蛛目 Opiliones	0	0	0	4	5	0	3	1	0	0	2	0.12	+
15	等翅目 Isoptera	0	5	0	0	0	0	7	0	2	0	0	0.11	+
16	伪蝎目 Pseudoscorpiones	1	0	0	0	0	0	10	0	0	1	0	0.09	+
17	倍足纲 Diplopoda	0	1	0	0	0	0	0	1	3	4	3	0.09	+
18	地蜈蚣目 Geophilomorpha	0	0	0	0	0	0	3	1	3	1	2	0.08	+
19	石蛎目 Microcoryphia	0	0	0	2	3	0	3	0	0	0	0	0.06	+
20	革翅目 Deramptera	0	0	0	2	2	0	3	1	0	0	0	0.06	+
21	双尾目 Diplura	0	1	0	0	2	1	0	1	1	0	0	0.05	+
22	轮虫纲 Rotatoria	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0.04	+
23	涡虫纲 Turbellaria	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0.02	+
24	蜈蚣目 Scolopendromorpha	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.02	+
25	石蜈蚣目 Lithobiomorpha	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.02	+
26	半翅目 Hemiptera	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0.02	+
27	缨翅目 Thysanoptera	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0.02	+
28	等足目 Isopoda	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.01	+
29	蜚蠊目 Blattoptera	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	+
30	直翅目 Orthoptera	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	+
个体总数 Individual total number		1 261	1 426	625	558	1 437	1 405	1 423	1 969	1 226	850	757		
类群总数 Group total number		18	16	12	13	11	13	22	19	18	16	15		

1) +++: 优势类群($\geq 10\%$) Dominant group; ++: 常见类群($1\% \sim 10\%$) Common group; +: 稀有类群($\leq 1\%$) Rare group.

2.3 土壤动物的垂直分布

单性木兰林区土壤动物在土层中的分布规律遵循土壤动物土层垂直分布的普遍规律,即具有表聚性(图 1,图 2)。11 个月份凋落物层、0~5 cm 层、5~10 cm 层、10~15 cm 层、15~20 cm 层的土壤动物个体数量分别占到所有月份个体总数的 33.27%、28.15%、15.68%、11.54% 和 11.35%。3 月和 4 月份土壤动物个体数在 0~5 层最多,这可能是因为这 2 个月份大部分种类的土壤动物还处于卵期和幼虫期,加之气温还没有完全升高,多数土壤动物

都躲藏在腐殖质下的 0~5 cm 土壤层。6 月和 7 月份凋落物层土壤动物比 0~5 cm 层少,这主要是由于该年度这 2 个月份雨水较为充沛,凋落物层水分较多,致使土壤动物主要分布在相对干燥的且透气性强的 0~5 cm 层。8—11 月份是该地区土壤动物全年中的最繁盛期,这几个月份大多数土壤动物均已逐步成熟,且新的花、果实、落叶等为凋落物层提供了较为丰富的新有机质补充,也为大量土壤动物的聚集提供了食物场所,所以凋落物层土壤动物个体数明显比 0~5 cm 层多。优势类群中的蜱螨目和

弹尾目也主要分布在凋落物层、0~5 cm 层和5~10 cm 层,但每层中均有出现。如果将所有月份每层的类群数重复相加,11 个月份凋落物层、0~5 cm 层、5~10 cm 层、10~15 cm 层、15~20 cm 层的土壤动物类群数量分别占到所有月份类群总数的 23.46%、25.84%、18.88%、15.31%和 16.50%,这从

类群上也体现了土壤动物分布的表聚性。土壤动物个体数和类群数在土壤层次的垂直分布,在一些月份没有表现出从上到下逐层递减的规律,这可能与气温、降雨以及喀斯特地貌土壤中石块较多,采集过程中层次难以严格分清有关,但总体来讲依然体现了土壤动物垂直分布的表聚性特征。

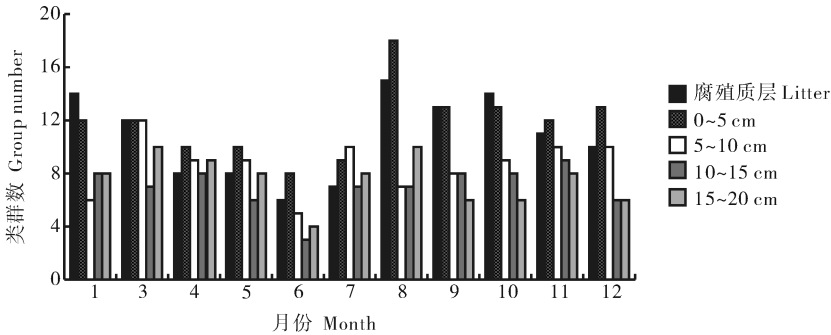


图 1 单性木兰林区各月份土壤动物类群数垂直分布

Fig.1 Vertical distribution of soil fauna group number monthly in *Kmeria septentrionalis* forest

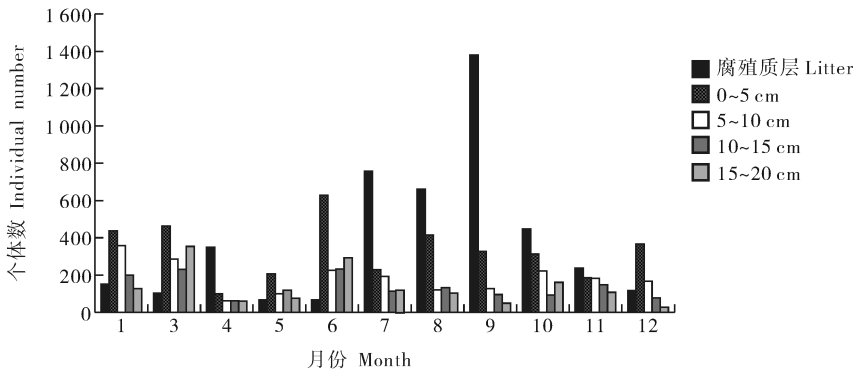


图 2 单性木兰林区各月份土壤动物个体数垂直分布

Fig.2 Vertical distribution of soil fauna individual number monthly in *Kmeria septentrionalis* forest

2.4 土壤动物群落类群数和个体数量的季节动态

土壤动物类群数月变化表现为 9 月 > 10 月 > 3 月 = 11 月 > 4 月 = 12 月 > 1 月 > 6 月 = 8 月 > 5 月 > 7 月,各月份中线虫纲、近孔寡毛目、蛴螬目、弹尾目、双翅目每月均有出现,9 月和 10 月份类群数较多,因为该 2 个月份为夏秋交替的时期,也是大多数土壤动物的成熟期,所以类群较为丰富,7 月份作为夏季的代表月类群数较少,可能主要是由于每年 7 月份该地区雨水较多所致。依据各季度组成月份土壤动物类群数的平均值,其季节动态为秋季 > 冬季 > 春季 > 夏季。

土壤动物个体数量月份变化表现为 10 月 > 7 月 > 4 月 > 9 月 > 8 月 > 3 月 > 11 月 > 12 月 > 1 月 > 5 月 > 6 月,10 月份个体数量多,主要是蛴螬目个体数量多;7 月份个体数量多,主要是弹尾目个体数量多,同时蛴螬目和弹尾目也是影响各月份个体数

量的主要类群。除此 2 个类群之外,线虫纲、近孔寡毛目、双翅目是影响 3 月份个体数量的主要类群,线虫纲也是影响 4 月份个体数量的主要类群,近孔寡毛目也是影响 9 月份个体数量的主要类群。其中优势类群中弹尾目在 7 月份个体数量达到最大值,蛴螬目 10 月份个体数量达到最大值。

常见类群中线虫纲在 4 月份个体数量达到最大值,近孔寡毛目在 9 月份个体数量达到最大值,双翅目在 3 月份个体数量达到最大值,膜翅目在 11 月个体数量达到最大值,后孔寡毛目在 4 月份个体数量达到最大值。依据各季度组成月份土壤动物个体数量的平均值,其季节动态为秋季 > 夏季 > 春季 > 冬季。

2.5 土壤动物多样性的季节动态

应用不同的多样性指数对单性木兰林区土壤动物群落月变化进行测度,其结果是不同的(表 2)。

多样性指数 H 月份动态表现为 3 月 = 12 月 > 1 月 > 4 月 > 5 月 > 11 月 > 9 月 > 6 月 > 10 月 > 8 月 > 7 月; 均匀性指数 E 的月份动态表现为 1 月 = 5 月 > 12 月 > 4 月 > 3 月 = 6 月 > 11 月 > 9 月 > 10 月 > 8 月 > 7 月; 优势度指数 I 的月份动态表现为 7 月 > 8 月 > 10 月 > 5 月 > 9 月 > 6 月 > 11 月 > 4 月 > 1 月 > 12 月 > 3 月; 丰富度指数 D 的月份动态表现为 9 月 > 12 月 = 1 月 = 11 月 = 6 月 = 3 月 > 10 月 = 5 月 > 4 月 > 8 月 > 7 月; 优势集中性指数 C 的月份动态表现为 7 月 > 8 月 > 10 月 > 9 月 = 11 月 = 5 月 = 6 月 > 4 月 > 1 月 > 12 月 > 3 月; 密度类群指数 DG 的月份动态表现为 9 月 > 4 月 > 10 月 > 3 月 > 11 月 > 12 月 > 1 月 > 7 月 > 8 月 > 5 月 > 6 月; H 值高峰出现在 3 月份和 12 月份, 但是没有能很好地反映出类群数, 因为 9 月份类群数最多; 低谷在 7 月份, 因为 7 月份虽然个体数量多, 但类群数最少, E 值也最低。 E 值在 5 月份最高, 说明虽然 5 月份类群的个体数量和种群数都不高, 但分布比较均匀。

由表 2 可知, I 值和 C 值均在 7 月达到顶峰, 因为土壤动物群落优势类群中弹尾目的个体数量在 7 月份类群总个体数量中占到 88.3%, 常见类群最

表 2 单性木兰林区 11 个月土壤动物群落多样性和 A/C 值

Table 2 Diversity indexes and A/C value of 11 fauna communities in *Kmeria septentrionalis* forest

多样性指数 Diversity index	3 月 Mar.	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sep.	10 月 Oct.	11 月 Nov.	12 月 Dec.	1 月 Jan.
多样性指数(H) Shannon-Weiner index	1.74	1.70	1.58	1.53	0.51	0.93	1.54	1.17	1.57	1.74	1.72
均匀度指(E) Pielou index	0.60	0.61	0.64	0.60	0.21	0.36	0.50	0.40	0.54	0.63	0.64
丰富度指数(D) Richness index	0.40	0.38	0.39	0.41	0.33	0.35	0.43	0.39	0.41	0.41	0.41
优势度指数(I) Berger-Parker index	0.33	0.39	0.47	0.41	0.88	0.75	0.42	0.63	0.40	0.37	0.38
优势集中性指数(C) Simpson index	0.22	0.25	0.29	0.29	0.79	0.58	0.29	0.45	0.29	0.23	0.24
密度-类群指数(DG) Density-Group index	3.55	3.75	1.14	1.09	1.32	1.21	5.27	3.57	3.43	2.51	2.11
A/C 值 A/C value	0.77	0.44	0.52	0.79	0.08	0.17	0.75	2.84	0.87	0.71	0.69

3 讨论

单性木兰作为国家一级保护植物, 其分布地域非常狭窄。位于中亚热带石灰岩常绿落叶阔叶混交林及其生态系统的广西木论国家自然保护区内的成片林区, 是世界范围内该种群已知的最大分布地。由于该林区具有喀斯特地貌土层稀薄的典型特点, 所以了解林区内对陆地生态系统物质和能量循环起重要作用的土壤动物, 对更好地保护珍贵物种单性木兰和喀斯特森林生态系统都具有重要意义。

本次调查单性木兰林区土壤动物, 11 个月共捕获土壤动物 6 门 11 纲 30 类共计 12 937 个, 其中弹

尾目和跳虫(C)的数量比(A/C)常可作为不同纬度上土壤动物区系的一种特征指标, 通常在热带和亚热带 $A/C > 1$, 温带 $A/C = 1$, 寒带 $A/C < 1$ ^[25], 但本研究调查结果除 10 月份外, 其余各月份 A/C 值均小于 1, 11 个月份总 A/C 值亦小于 1。这

少。 I 值和 C 值均在 3 月达到低谷, 因为优势类群和常见类群在 3 月份均有出现, 且个体数量分配比较均匀。 D 值的高峰出现在 9 月份, 很好地反映出 9 月份类群数多的特点; 低谷出现在 7 月份, 因为 7 月份多样性指数和均匀性指数最低, 优势度指数和优势集中性指数最高。 H 与 E 、 I 、 D 、 C 的相关性系数分别为 0.97、-0.99、0.86、-1.00, E 与 I 和 C 的相关性系数分别为 -0.94 和 -0.96, 说明多样性指数与均匀度指数和丰富度指数呈正相关, 与优势度指数呈负相关, 均匀度指数与优势度指数亦呈负相关。

DG 值的高峰在 9 月份, 低谷在 6 月份, 结合 9 月份个体数和类群数都较高, 6 月份个体数和类群数都较低, 以及密度-类群指数(DG)是对同一类群在不同群落中的比较, 把在群落中各类群都视为有同等的独立性, 得出每个群落相对其他群落的多样性判断。 DG 指数对于各类群在不同群落间相对数量的比较是很重要的, 能在多数情况下经得起检验^[23]。这说明 DG 指数能够综合考虑多方面因素, 最终反映出单性木兰林区土壤动物多样性动态。依据各季度组成月份 DG 指数值的平均值, 其季节动态为秋季 > 春季 > 冬季 > 夏季。

尾目和蛴螬目 2 类为优势类群, 线虫纲、后孔寡毛目、近孔寡毛目、膜翅目、双翅目 5 类为常见类群, 稀有类群 23 类, 种类组成较为丰富, 其类群组成与同处于中亚热带的湖南衡山^[24]和浙江天童栲树林^[17]森林生态系统较为相似, 但其个体数量明显较少。这可能与喀斯特地貌土层稀薄、土层中石块较多、有机质含量较少有很大关系。

尾目和蛴螬目 2 类为优势类群, 线虫纲、后孔寡毛目、近孔寡毛目、膜翅目、双翅目 5 类为常见类群, 稀有类群 23 类, 种类组成较为丰富, 其类群组成与同处于中亚热带的湖南衡山^[24]和浙江天童栲树林^[17]森林生态系统较为相似, 但其个体数量明显较少。这可能与喀斯特地貌土层稀薄、土层中石块较多、有机质含量较少有很大关系。

可能是由于该地区独特的喀斯特土壤环境因素造成,具体原因有待进一步研究。

通过对广西木论自然保护区单性木兰林区不同月份土壤动物的群落特征指数进行分析,结果表明,随着月份的交替,土壤动物群落组成、数量及多样性均会发生变化。本研究得到单性木兰林区土壤动物类群数的季节动态为秋季>冬季>春季>夏季,土壤动物个体数季节动态为秋季>夏季>春季>冬季。采用 Shannon-Wiener 多样性指数 H' 、Pielou 均匀性指数 E 、Berger-Parker 优势度指数 I' 、Richness 丰富度指数 D 、Simpson 优势集中性指数 C 和密度-类群指数 DG 对该林区土壤动物群落的多样性进行测度,得出多样性指数与均匀度指数和丰富度指数呈正相关,与优势度指数呈负相关,均匀度指数与优势度指数亦呈负相关。Shannon-Wiener 多样性指数 H' 在土壤动物多样性分析中采用较多,但类群数的信息不能很好地反映,而廖崇惠等^[26]改进后的密度-类群指数能够较好地反映不同月份土壤动物多样性的变化。

本研究亦采用密度-类群指数(DG)进行分析,得出单性木兰林区土壤动物多样性的季节动态为秋季>春季>冬季>夏季,其结论与同处于亚热带的浙江天童栲树林土壤动物群落结构及其季节变化研究得出的结论一致^[17],但与处于温带干旱半干旱地带的陕北枣林土壤动物组成与季节动态研究得出的结论(秋季>夏季>春季>冬季)不一致^[12]。这进一步说明土壤动物群落的组成及其季节变化受气候季节周期性变化影响,但陕北枣林属于人工经济林,人类活动对其季节动态是否有影响还未见报道,所以不同气候带下以及不同植被类型下土壤动物季节动态是否有普遍规律,还有待更全面和深入的研究。

参 考 文 献

- [1] 覃文更.木论国家级自然保护区单性木兰群落调查及其保护对策[C]//马克平.中国生物多样性保护与研究进展VI:第六届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集.云南:中国科学院生物多样性委员会,2014:210-217
- [2] 赖家业,潘春柳,覃文更,等.珍稀濒危植物单性木兰传粉生态学[J].广西植物,2007,27(5):736-740.
- [3] 赵天林.广西环江县首次发现大面积珍稀濒危植物——单性木兰[J].广西植物,1994(2):121.
- [4] 李娜,张雪萍,张利敏.三种温带森林大型土壤动物群落结构的时空动态[J].生态学报,2013,33(19):6236-6245.
- [5] 刘任涛,朱凡,贺达汉,等.草地开垦对土壤动物多样性与功能群结构的影响[J].中国草地学报,2014,36(6):34-40.
- [6] 李伟,崔丽娟,王小文,等.太湖岸带湿地土壤动物群落结构与土壤理化性质的关系[J].林业科学,2013,49(7):106-113.
- [7] 宋理洪,武海涛,吴东辉.我国农田生态系统土壤动物生态学研究进展[J].生态学杂志,2011,30(12):2898-2906.
- [8] 林英华,张夫道,张俊清,等.鼎湖山不同自然植被土壤动物群落结构时空变化[J].生态学报,2005,10:2616-2622.
- [9] 孙儒泳.动物生态学原理[M].3版.北京:北京师范大学出版社,2001.
- [10] 吾玛尔·阿布力孜,古丽布斯坦·努尔买买提,阿布都肉苏力·吐孙,等.新疆阜康绿洲不同生境土壤动物群落多样性及其季节动态[J].生态学杂志,2013,32(6):1412-1420.
- [11] 关宏斌,郭砺,刘永江.科尔沁沙地土壤动物垂直分布、季节动态及群落多样性探讨[J].中国沙漠,1999,19(S1):111-115.
- [12] 刘长海,骆有庆,陈宗礼,等.陕北枣林土壤动物组成与季节动态[J].西北大学学报:自然科学版,2011,41(4):633-636.
- [13] 焦向丽,朱教君,闫巧玲.辽东山区次生林生态系统大、中型土壤动物组成与季节动态[J].生态学报,2009,29(5):2631-2638.
- [14] 战丽莉,许艳丽,刘振宇,等.黑土麦田土壤动物多样性季节动态[J].东北林业大学学报,2013,41(1):109-111,121.
- [15] 傅必谦,陈卫,高武,等.百花山山杨桦木林土壤动物群落及其季节动态[J].动物学杂志,1997,32(2):11-16.
- [16] 刘任涛,朱凡.半干旱区草地生境中大型土壤动物群落季节动态[J].生态环境学报,2013,22(1):72-77.
- [17] 易兰,由文辉.浙江天童栲树林土壤动物群落结构及其季节变化[J].华东师范大学学报:自然科学版,2006(2):112-120.
- [18] 张秀娟,苏永春,杨晨利,等.洞庭湖环湖丘岗生态系统大型土壤动物群落结构特征分析[J].华中农业大学学报,2005,24(6):633-637.
- [19] 尹文英.中国亚热带土壤动物[M].北京:科学出版社,1992:18-64.
- [20] 尹文英.中国土壤动物检索图鉴[M].北京:科学出版社,1998:38-322.
- [21] 郑乐怡,归鸿.昆虫分类学[M].南京:南京师范大学出版社,1999:10-584.
- [22] 王军,姚海元,麦俊伟,等.广州长岗山森林凋落物土壤动物群落结构及季节变化[J].生态学杂志,2008,27(3):408-413.
- [23] 廖崇惠,李健雄.再论 DG 指数的性质与应用[J].生物多样性,2009,17(2):127-134.
- [24] 王振中,张友梅,贺耀明,等.衡山森林生态系统土壤动物群落调查[J].湖南师范大学:自然科学学报,1985(2):83-92.
- [25] 尹文英.中国土壤动物[M].北京:科学出版社,2000:34.
- [26] 廖崇惠,李健雄,黄海涛.南亚热带森林土壤动物群落多样性研究[J].生态学报,1997,17(5):549-555.

Community composition and seasonal dynamics of soil fauna in endangered plant *Kmeria septentrionalis* forest

LI Xiao-dong^{1,2} SHI Chen-yu¹ QIN Guo-le¹ QIN Wen-geng³

YANG Min-yun⁴ YANG Shang-yu¹

1.College of Chemistry and Bioengineering, Hechi University, Yizhou 546300, China;

2.Jiangsu Key Laboratory for Biodiversity and Biotechnology/College of Life Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China;

3.Guangxi Administrative Bureau of Mulun National Nature Reserve, Huanjiang 547100, China;

4.Guangxi Agricultural Bureau of Yizhou City, Yizhou 546300, China

Abstract To study the community composition, vertical structure, diversity and seasonal dynamics of soil fauna in *Kmeria septentrionalis* forest which is the first-class state protected plant in China, a monthly investigation was conducted between Mar., 2012 and Jan., 2013 in litter layer and soil layers with the depths of 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm and 15-20 cm. A total of 12 937 of soil fauna individuals, belonging to 6 phyla, 11 classes and 30 groups, respectively, were collected in 2 200 soil samples during the study. Two dominant groups, Acarina and Collembola, accounted for 74.69% of the soil fauna individuals. Five common groups, Nematoda, Oligochaeta-opisthokonta, Oligochaeta-pleosiphonida, Hymenoptera and Diptera, accounted for 22.26%. The A/C value < 1. The vertical distribution of soil fauna groups and individuals in the soil profiles showed an surface accumulation, but no obvious decrease layer by layer in some months and varied with the change of seasons. The seasonal change pattern of soil fauna group number of *Kmeria septentrionalis* forest was autumn > winter > spring > summer. The number of soil fauna individual was autumn > summer > spring > winter. The diversity of soil fauna groups was autumn > spring > winter > summer.

Key words soil fauna; *Kmeria septentrionalis*; community composition; seasonal dynamics

(责任编辑:陈红叶)