

长白山森林生态系统腐木生苔藓植物生态分布的 DCA 排序研究^{*}

郭水良^{**} 曹 同 (中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

【摘要】 应用除趋势对应分析(DCA)对长白山不同森林类型腐木生苔藓植物分布研究表明,长白山红松阔叶混交林、暗针叶林以及两者之间的过渡林林下腐木生苔藓植物组成明显不同。红松阔叶混交林以尖叶匍灯藓、毛尖羽藓、细枝青藓等为主;过渡林以尖叶匍灯藓、鞭枝疣灯藓、羽藓、腐木藓、塔藓等为主;暗针叶林的以塔藓、钩枝镰刀藓、拟垂枝藓、曲背藓、毛梳藓等为主。暗针叶林林下腐木生苔藓植物发生量最大,物种的多样性也最高。海拔高度和林冠郁闭度是影响长白山森林林下腐木生苔藓植物生态分布的主要因素。

关键词 腐木生苔藓植物 DCA 排序 分布格局

DCA ordination of ecological distribution of saprophytic bryophytes in forest ecosystems in Changbai Mountains. Guo Shuiliang and Cao Tong (Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang 110015). -Chin. J. Appl. Ecol., 1999, 10(4): 399~403.

Application of DCA to study the ecological distribution of saprophytic bryophytes in Changbai Mountains showed that there existed differences in the components of saprophytic bryophyte communities in *Pinus koraiensis* broad-leaved mixed forest, dark conifer forest, and the transitive forest between *Pinus koraiensis* broad-leaved mixed forest and dark conifer forest. In *Pinus koraiensis* broad-leaved mixed forest, *Plagiomnium cuspidatum*, *Thuidium philibertii* and *Brachythecium buchananii* were the main saprophyte bryophytes. *Plagiomnium cuspidatum*, *Trachycystis flagellaris*, *Thuidium cymbifolium*, *Callichladium haldanianum* and *Hylacomium splendens* were the main saprophytic bryophytes in the transitive forest between *Pinus koraiensis* broad-leaved forest and dark conifer forest. Whereas, *Hylacomium splendens*, *Sanionia uncinata*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Oncophorus wahlenbergii* and *Ptilium crista-castrens* were the main ones in dark conifer forest. The total coverage and species diversity of saprophytic bryophytes were the highest in dark conifer forest. Altitude and forest canopy density were the two important environmental factors influencing the distribution patterns of saprophytic bryophytes in the forest ecosystems in Changbai Mountains.

Key words Saprophytic bryophyte, DCA ordination, Distribution pattern.

1 引言

长白山海拔高,森林植被带垂直分化明显,自山脚(550m)到山顶(2691m)分布有红松阔叶混交林、暗针叶林、亚高山岳桦林、高山苔原4种主要植被类型^[5]。长白山苔藓植物丰富,已记录的多达464种,其中藓类植物42科、138属334种2亚种27变种,苔类植物26科40属98种3变种^[5,11,12,16]。林下腐木生苔藓植物是长白山森林苔藓植物的重要组成部分。腐木生苔藓群落有助于林下倒木分解,通过对种子截留、保湿保温等对森林成员的“倒木更新”有重要影响。关于腐木生苔藓植物的生态分布仅散见于苔藓植物区系学研究的文章中,定量地研究它们的分布格局及其与环境的关系还很少见有报道。在长白山地区,对林下腐木生苔藓植物进行定量的生态学研究,将为保护苔藓植物的生物多样性提出合理的森林资源经营策略。

2 研究方法

2.1 野外调查

长白山地区地质和气候特点见有关文献^[3,5,11,12]。于

1998.7.26~9.10,在长白山不同森林生态系统中随机设立20m×20m的样点21个(见表1),采集样点内所有倒木不同生境特点的腐木生苔藓植物。定量调查时,在样点中直径大于15cm的每一根倒木上的正上面,每隔2m设立面积为20cm×20cm的样方,应用面积为20cm×20cm的铁筛置于样方上,铁筛进一步用细线分成小格81个,以此辅助来估测每种腐木生苔藓植物在样方中的盖度,从而得出样点腐木上每种苔藓植物的平均盖度,并统计样点中所有样方的腐木生苔藓植物盖度总和。为分析腐木生、树附生、地面生苔藓群落的关系,在暗针叶林的7个样点中,调查地面和树附生苔藓的盖度,调查方法见文献^[9,10]。样点中树附生苔藓植物盖度为树上不同高度样方中的苔藓植物盖度的平均值。野外调查时,采集样方内所有苔藓植物种类,回实验室鉴定到种^[1,5~8,12,13,15]。

2.2 数据分析

样点中所有样方腐木生苔藓植物盖度的总和反映了林下树腐木生苔藓植物的发生量大小,应用Microsoft mathematics 2.0作出样点中腐木生苔藓植物发生量与海拔高度关系的趋势

^{*} 中国科学院资源与环境研究重点项目(KZ952-J1-022)与中国科学院长白山森林生态系统定位研究开放站资助项目。

^{**} 通讯联系人。中国科学院沈阳应用生态研究所博士后,工作单位为浙江师范大学生物系,金华321004。

1998-12-24收稿,1999-01-19接受。

线,分析海拔高度对腐木生苔藓植物发生量的影响.以样点倒木上盖度大于1%的苔藓植物为指标,应用 DECORANA 程序分别对 21 个样点和 63 种腐木生苔藓植物以及暗针叶林中腐木生、树附生以及地面生苔藓植物群落进行 DCA 排序^[4],分析长白山北坡森林中树腐木生苔藓植物的分布格局,阐明腐木生苔藓植物群落与地面生、树附生苔藓植物群落的关系.

表 1 21 个样点植被主要成员、海拔及郁闭度

Table 1 Main components of forest, altitude and canopy density

样点 Site	海拔 Altitude (m)	森林类型 Forest types	郁闭度 Canopy density
1	740	红松+色木槭+水曲柳+紫椴林	0.80
2	740	红松+蒙古栎+水曲柳+紫椴林	0.80
3	740	红松+色木槭+水曲柳+紫椴林	0.80
4	740	红松+色木槭+水曲柳+紫椴林	0.80
5	740	红松+色木槭+水曲柳+紫椴+蒙古栎林	0.82
6	740	白桦+大青杨林	0.65
7	1100	红松+臭冷杉+鱼鳞云杉+紫椴林	0.85
8	1100	臭冷杉+红松+鱼鳞云杉+落叶松林	0.80
9	900	红松+臭冷杉+大青杨+蒙古栎+色木槭林	0.80
10	900	红松+臭冷杉+落叶松+大青杨+鱼鳞云杉林	0.85
11	1000	臭冷杉+红松+水曲柳+紫椴+色木槭林	0.85
12	1000	红松+臭冷杉+色木槭+紫椴林	0.85
13	1100	臭冷杉+落叶松+枫桦+红松林	0.70
14	1210	鱼鳞云杉+臭冷杉+落叶松+红皮云杉+红松+枫桦林	0.75
15	1680	臭冷杉+鱼鳞云杉+花楸+岳桦林	0.85
16	1678	臭冷杉+鱼鳞云杉+岳桦+落叶松+花楸林	0.66
17	1580	鱼鳞云杉+落叶松+臭冷杉+岳桦林	0.80
18	1440	臭冷杉+鱼鳞云杉+落叶松+大青杨+岳桦林	0.87
19	1500	鱼鳞云杉+臭冷杉+落叶松林	0.80
20	1520	臭冷杉+鱼鳞云杉+落叶松+岳桦+花楸+大青杨林	0.80
21	1570	臭冷杉+鱼鳞云杉+落叶松+红松+岳桦林	0.85

表 2 长白山森林生态系统 63 种主要的腐木生苔藓植物

Table 2 List of 63 saprophytic bryophytes in forest ecosystems in Changbai Mountain

1 指叶苔	<i>Lepidozia reptans</i>	33 硬枝小羽藓	<i>Haplocladium strictulum</i>
2 倾立裂叶苔	<i>Lophozia ascendens</i>	34 单毛羽藓	<i>Cyrtohypnum minutulum</i>
3 多角胞三瓣苔	<i>Tritomaria exsectiformis</i>	35 羽藓	<i>Thuidium cymbifolium</i>
4 短萼叶苔	<i>Jungermannia breviperianthia</i>	36 毛尖羽藓	<i>Thuidium philibertii</i>
5 圆叶苔	<i>Jamesoniella autumnalis</i>	37 钩枝镰刀藓	<i>Sanionia uncinata</i>
6 日本羽苔	<i>Plagiochila sciophila</i>	38 青藓	<i>Brachythecium albicans</i>
7 白叶藓	<i>Brothera leana</i>	39 细枝青藓	<i>Brachythecium buechananii</i>
8 青毛藓	<i>Dicranodontium denudatum</i>	40 羽枝青藓	<i>Brachythecium plumosum</i>
9 曲背藓	<i>Oncophorus wahlenbergii</i>	41 长肋青藓	<i>Brachythecium populeum</i>
10 直毛藓	<i>Dicranum montanum</i>	42 鼠尾藓	<i>Myuroclada maximowiczii</i>
11 鞭枝直毛藓	<i>Dicranum flagellare</i>	43 东亚绢藓	<i>Entodon luridus</i>
12 东亚曲尾藓	<i>Dicranum japonicum</i>	44 尖叶绢藓	<i>Entodon sullivantii</i> var. <i>versicolor</i>
13 曲尾藓	<i>Dicranum scoparium</i>	45 赤茎藓	<i>Pleurozium schreberi</i>
14 多蒴曲尾藓	<i>Dicranum majus</i>	46 棉藓	<i>Plagiothecium denticulatum</i>
15 卷叶凤尾藓	<i>Fissidens dubius</i>	47 毛尖棉藓	<i>Plagiothecium piliferum</i>
16 四齿藓	<i>Tetraphis pellucida</i>	48 节齿金灰藓	<i>Pylaisiella intricata</i>
17 鞭枝疣灯藓	<i>Trachycystis flagellaris</i>	49 金灰藓	<i>Pylaisiella polyantha</i>
18 刺叶提灯藓	<i>Mnium spinosum</i>	50 细叶毛灰藓	<i>Eurohypnum leptophallum</i>
19 尖叶匍灯藓	<i>Plagiommium cuspidatum</i>	51 腐木藓	<i>Callicladium haldanianum</i>
20 长齿匍灯藓	<i>Plagiommium drummondii</i>	52 果灰藓	<i>Hypnum fertile</i>
21 侧叶匍灯藓	<i>Plagiommium maximowiczii</i>	53 卷叶灰藓	<i>Hypnum revolutum</i>
22 寒地匍灯藓	<i>Plaginmum affine</i>	54 鳞叶藓	<i>Taxiphyllum girardii</i>
23 扇叶走灯藓	<i>Rhizomnium punctatum</i>	55 毛梳藓	<i>Ptilium crist-castrens</i>
24 小白齿藓	<i>Leucodon pendulus</i>	56 拟垂枝藓	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>
25 白齿藓	<i>Leucodon sciuroides</i>	57 羽拟垂枝藓	<i>Rhytidiadelphus subpinnatus</i>
26 羽平藓	<i>Neckera pennata</i>	58 粗枝藓	<i>Gollanai varians</i>
27 扁枝藓	<i>Homalia trichomanoides</i>	59 塔藓	<i>Hylocomium splendens</i>
28 树藓	<i>Pleuroziopsis ruthenica</i>	60 星塔藓	<i>Hylocomiastrum pyrenaicum</i>
29 牛扁枝变种	<i>Anomodon minor</i>	61 仰叶星塔藓	<i>Hylocomiastrum umbratum</i>
30 牛舌藓	<i>Anomodon minor</i> ssp. <i>intergerimus</i>	62 变形异发藓	<i>Polytrichastrum ohioense</i>
31 羊角藓	<i>Herpetineuron toccoe</i>	63 桧叶金发藓	<i>Polytrichum juniperinum</i>
32 疣茎麻羽藓	<i>Claopodium pellucinerve</i>		

3 结果与分析

3.1 腐木生苔藓植物发生量与海拔高度的关系

在调查的 21 个样点中,共鉴定到腐木生苔藓植物 121 种,其中苔类植物 19 种,藓类植物 102 种.样点倒木上盖度大于1%的腐木生苔藓植物共有 63 种,其盖度值见表 2.从图 1 可以看出,在海拔 740~1150m 的红松阔叶混交林和红松阔叶混交林与暗针叶林间的过渡林(以下简称为过渡林)中,林下腐木生苔藓植物发

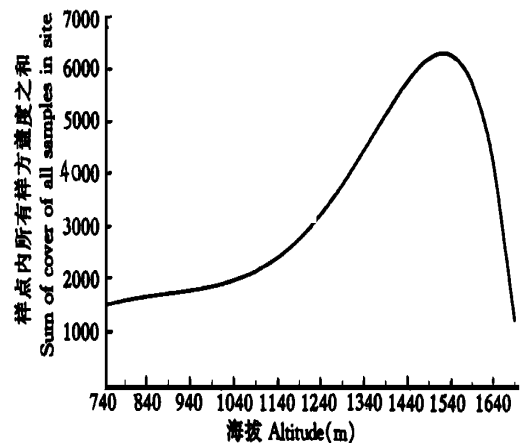


图 1 不同海拔高度森林生态系统中腐木生苔藓发生量的变化

Fig. 1 Quantitative change of saprophytic bryophytes in forest ecosystems at different altitudes in Changbai Mountain.

生量比较一致,而在 1150 ~ 1700m 间的暗针叶林内,发生量随着海拔的上升而发生变化,在 1400 ~ 1600m 之间达到最高,而后随着海拔上升,发生量又明显下降。林下腐木生苔藓发生量实际上与倒木多少有关。野外调查发现,在去往地下森林小路两侧的暗针叶林,林下倒木极多,随着海拔上升,林下倒木减少,到了海拔 1700m 以上的岳桦林地段,样点中很少见到倒木,东坡的落叶松林林下倒木也极少。另外,长白山东坡落叶松林冠层郁闭度小,林内空气相对湿度小,偶见到有倒木,其上的腐生苔藓种类和数量也都很少。因此,本研究没有对岳桦林和东坡落叶松内的样点腐木生苔藓植物进行定量分析。

3.2 林下腐木生苔藓植物群落的分布格局

以样点倒木上腐木生苔藓植物盖度为指标,对 21 个样点和 63 个主要腐木生苔藓种类的 DCA 排序分别见图 2、3。从图 2 可以看出,21 个样点可区分出 3 组,分别与一定的林型相对应,它们在排序图从左到右的位置关系反映了它们在海拔上由低向高的分布趋势。3 个样点组中腐木生苔藓植物盖度的平均值见表 3。

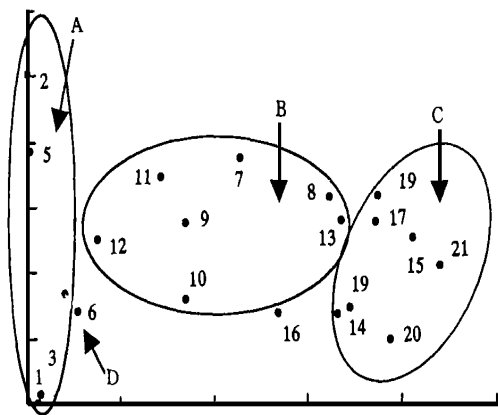


图 2 长白山森林生态系统腐木生苔藓群落分布格局 DCA 排序

Fig. 2 DCA ordination of distributional pattern of saprophytic bryophyte communities in forest ecosystems in Changbai Mountain.

A. 红松阔叶林 *Pinus koraiensis* broad-leaved forest, B. 红松阔叶林与暗针叶林间的过渡林 Transitive forest between *Pinus koraiensis* broad-leaved forest and dark conifer forest, C. 暗针叶林 Dark conifer forest, D. 白桦林 *Betula platyphylla* forest.

组 1 包括样点 1 ~ 5,这 5 个样点位于中国科学院长白山站 1 号标准样地内,海拔 740m。森林主要成员为红松 (*Pinus koraiensis*)、色木槭 (*Acer mono*)、水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*)、紫椴 (*Tilia amurensis*) 等,为典型的红松阔叶混交林。林下主要的腐木生苔藓有尖叶匍灯藓 (*Plagiomnium cuspidum*) (25.84%)、毛尖羽藓 (*Thuidium philibertii*) (8.32%)、细枝青藓 (*Brachythecium buehnanii*) (8.03%)、金灰藓 (*Pyaisiellapolyantha*) (6.33%)、尖叶绢藓 (*Entodon*

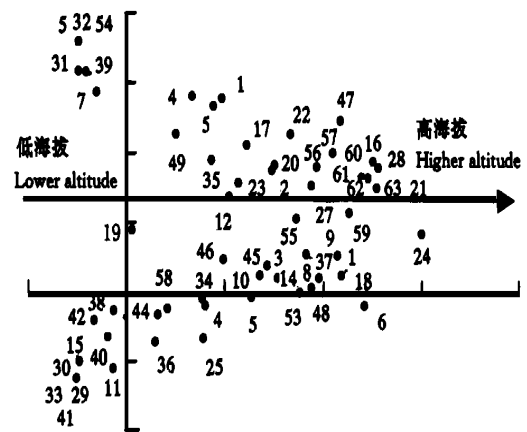


图 3 长白山森林生态系统主要腐木生苔藓植物 DCA 排序

Fig. 3 DCA ordination of the main saprophytic bryophytes in forest ecosystems in Changbai Mountain.

sullivantii var. *versicolor*) (6.19%)、鼠尾藓 (*Myuroclada maximowiczii*) (4.69%)、腐木藓 (*Callicladium haldanianum*) (4.25%)、羊角藓 (*Herpetineuron tocoae*) (3.91%) 等。

组 2 包括样点 7 ~ 13,位于海拔 900 ~ 1100m 处的过渡林。森林主要成员为红松、臭冷杉 (*Abies nephrolepis*)、鱼鳞云杉 (*Picea jezoensis* var. *komarovii*)、色木槭、紫椴、水曲柳、蒙古栎、落叶松 (*Larix olgensis*) 等。样点中主要腐木生苔藓植物有尖叶匍灯藓 (*Plagiomnium cuspidum*) (12.15%)、鞭枝疣灯藓 (*Trachycystis flagellaris*) (11.22%)、羽藓 (*Thuidium cymbifolium*) (11.02%)、腐木藓 (*Callicladium haldanianum*) (9.15%)、塔藓 (*Hylocomium splendens*) (5.49%)、寒地匍灯藓 (*Plagiomnium affine*) (3.93%)、金灰藓 (3.64%)、钩枝镰刀藓 (*Sanionia uncinata*) (3.26%) 等。

组 3 包括样点 14、15、17 ~ 21,位于海拔 1120 ~ 1680m 处的暗针叶林。样点主要树种为臭冷杉、鱼鳞云杉、红松、岳桦、枫桦 (*Betula castata*)、红皮云杉 (*Picea koraiensis*)、花楸 (*Sorbus pohushanensis*) 等。林下主要的腐木生苔藓植物有塔藓 (20.45%)、钩枝镰刀藓 (15.82%)、拟垂枝藓 (*Rhytidiadelphus triquetrus*) (8.05%)、曲背藓 (*Oncophorus wahlenbergii*) (5.48%)、毛梳藓 (3.62%)、刺叶提灯藓 (*Mnium spinosum*) (3.25%)、长刺匍灯藓 (*Plagiomnium drummondii*) (2.84%)、仰叶星塔藓 (*Hylocomiastrum umbratum*) (2.26%) 和树藓 (*Pleuroziopsis ruthenica*) (1.84%) 等。

第 6 号样点位于海拔 740m,森林植被的主要成员为白桦、大青杨,林冠层郁闭度小,林下有一定数量腐烂度较重的倒木。样点中主要的腐木生苔藓植物为尖

表 3 3 个样点组中腐木生苔藓植物盖度平均值
Table 3 Average cover of saprophytic bryophytes in the three site groups

种 名 Species No.	1 组 Group 1	2 组 Group 2	3 组 Group 3	种 名 Species No.	1 组 Group 1	2 组 Group 2	3 组 Group 3	种 名 Species No.	1 组 Group 1	2 组 Group 2	3 组 Group 3
1	0	0	0.96	22	0	0.35	1.11	43	0.41	1.09	0
2	0	0.21	0.09	23	0	3.93	0	44	6.19	2.17	0.72
3	0	0	0	24	0	0	0.63	45	0	0.06	0.22
4	0	0.36	0	25	1.50	0.24	0.62	46	1.13	0	0.91
5	0.73	0	0	26	0	1.36	0.56	47	0	0	0.23
6	0	0	0.48	27	0	1.31	1.09	48	0	0	0.32
7	2.96	0	0	28	0	0.01	1.84	49	6.33	3.64	1.09
8	0	0.07	0.73	29	0.53	0	0	50	1.95	0	0
9	0	2.55	5.48	30	1.44	0.01	0	51	4.25	9.15	1.01
10	0	0.10	0.90	31	3.91	0	0	52	0	0.94	0.64
11	1.43	0.17	0	32	0.65	0	0	53	0	0	1.18
12	1.16	1.93	1.58	33	1.26	0	0	54	1.03	0	0
13	2.57	0.19	1.18	34	0	0.51	0	55	0	3.11	3.62
14	0	0.01	0.86	35	0	11.01	1.03	56	0	2.94	8.05
15	1.21	0	0	36	8.32	0.07	0.23	57	0	0	0.31
16	0	0	1.20	37	0	3.26	15.82	58	2.65	2.15	0
17	0	11.22	1.92	38	0.33	0.21	0.04	59	0	5.49	20.45
18	0	0.01	3.25	39	8.03	0	0	60	0	0	0.24
19	25.84	12.15	0.15	40	1.10	0.52	0	61	0	0	2.26
20	0	2.53	2.84	41	1.14	0	0	62	0	0	0.39
21	0	0.02	1.49	42	4.69	0.03	0	63	0	0	0.53

Note: The species 1 ~ 63 is the same as in table 2.

叶匍灯藓、东亚曲尾藓 (*Dicranum japonicum*)、尖叶绢藓 (*Entodon sullivantii* var. *versicolor*)、青藓 (*Brachythecium albicans*) 和金灰藓 (*Pylaisiella polyantha*)。

第 16 号样点位于海拔 1678m 处于暗针叶林, 北侧为长白山公路, 南侧为一巨大的“地下森林”, 林冠层郁闭度不高, 林内通风透光好, 林下倒木也少, 森林植被主要成员为落叶松、岳桦等。主要的腐木生苔藓有毛梳藓、赤茎藓 (*Pleurozium schreberi*)、多蒴曲尾藓 (*Dicranum majus*)、毛尖羽藓、直毛藓 (*Dicranum montanum*)、多角胞三瓣苔 (*Tritomaria exsectiformis*) 等, 明显与其它暗针叶林样点不同。调查发现该样点中的地面生苔藓植物以及附生苔藓植物组成均与暗针叶林其它样点有差异。该样点虽然处于暗针叶林带, 但是在海拔上已处于暗针叶林分布的上限, 而且局部地形情况特殊, 使其小气候发生了变化。

排序图上样点的分组现象说明不同森林内的腐木生苔藓植物群落组成有各自的特点。不同森林类型腐木生苔藓植物的物种多样性也不同, 白桦林、红松阔叶混交林、过渡林、暗针叶林中的样点平均腐木生苔藓植物种数分别为 9、16.2、21.7、25.8 种, 第 16 号样点中为腐木生苔藓种数也远少于其它暗针叶林点, 仅为 14 种。

从图 3 可见, 沿水平排序轴由左向右, 反映了 63 种腐木生苔藓植物在不同海拔梯度上的分布情况, 并与图 2 有很好的对应性。左侧的种类倾向分布于低海

拔的红松阔叶林内, 代表性的种类有尖叶匍灯藓 (19)、青藓 (38)、羽枝青藓 (*Brachythecium plumosum*) (40)、卷叶凤尾藓 (*Fissidens cristatus*) (15)、鼠尾藓 (42)、牛舌藓 (*Anomodon minor*) (30)、牛舌藓扁枝变种 (*Anomodon minor* ssp. *intergerimus*) (29)、东亚绢藓 (*Entodon luridus*) (41)、鞭枝直毛藓 (*Dicranum flagellare*) (11)、白叶藓 (*Brothera leana*) (7)、羊角藓 (*Herpetineuron toccoeae*) (31)、圆叶苔 (*Jamesoniella autumnalis*) (5) 等; 右侧的种类倾向分布于较高海拔的暗针叶林内, 代表性的有桧叶金发藓 (*Polytrichum juniperinum*) (63)、变形异发藓 (*Polystichastrum o-hioense*) (62)、仰叶星塔藓 (61)、塔藓 (59)、星塔藓 (60)、小白齿藓 (*Leucodon pendulus*) (24)、刺叶提灯藓 (*Mnium spinosum*) (18)、指叶苔 (*Lepidozia reptans*) (1) 等, 位于上述两类中间的种类主要分布于过渡林。

3.3 腐木生、地面生以及树附生苔藓植物群落间关系

对暗针叶林 7 个样点腐木生、地面生以及树附生苔藓群落的排序结果见图 4。很明显, 腐木生苔藓植物群落介于地面生和树附生的之间, 但是更接近于地面生苔藓群落。这是由于: 1) 林下倒木接近地面, 地面生苔藓植物的繁殖体容易传播到倒木上; 2) 林下倒木所处的环境条件接近地面; 3) 暗针叶林是长白山地区的原始森林, 林下有相当多倒木的腐烂程度很高, 腐木基质较接近地面腐殖质。从树木倒伏到严重腐烂直至完全分解, 倒木质地由坚硬到疏松, 通气性逐渐改善, 吸水性能力提高, 酚类等一些有毒物质降低^[2]。这一过

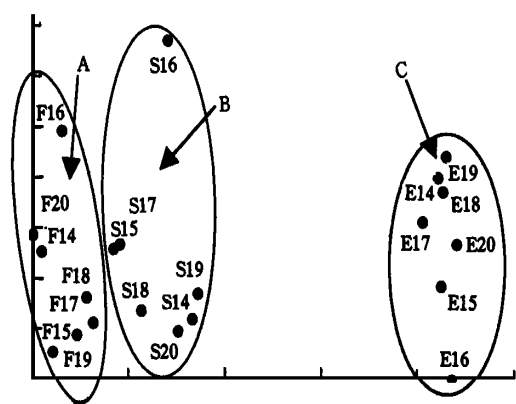


图4 长白山暗叶林不同生境苔藓植物群落的 DCA 排序

Fig. 4 DCA ordination of bryophyte communities in different habitats in dark conifer forest in Changbai Mountain.

S14 ~ 20 = Saprophytic bryophyte sites, E14 ~ 20 = Epiphytic sites, F14 ~ 20 = Floor bryophyte site.

A. 地面苔藓群落 Communities of bryophytes on floor, B. 腐木生苔藓群落 Communities of saprophytic bryophytes, C. 树生苔藓群落 Communities of epiphytic bryophytes.

程中,各种微生物的作用是主要的,但是倒木上附生的苔藓植物通过改变微环境中的湿度、温度和酸度而影响微生物的活动,从而对分解过程的影响也不可忽视。倒木基质环境的改变,促进了苔藓群落的演替。倒木分解过程中,其上的苔藓植物群落经历了树生苔藓植物群落、腐木生苔藓植物群落、腐殖质生苔藓植物群落的演替过程。在野外,很难精确地判断倒木的腐烂程度,因此,仅定性地观测了不同腐烂程度倒木上(即不同苔藓群落的演替阶段)的苔藓发生情况。在暗针叶林内,腐烂程度轻的倒木上,白齿藓(*Leucodon sciuroides*)、小白齿藓(*Leucodon pendulus*)、羽平藓(*Neckera pennata*)、直毛藓(*Dicranum montanum*)、曲背藓、毛尖羽藓有较多分布,这与树附生苔藓群落的接近,在腐烂程度重的倒木上,塔藓、树藓、仰叶星塔藓、拟垂枝藓、钩枝镰刀藓、多蒴曲尾藓、刺叶提灯藓、侧枝提灯藓、毛梳藓等有较多的分布,更接近于地面生苔藓群落。

4 结 语

Frankline、Essenen 等提出,在进行森林采伐时,保留一些成熟的或老的树木以提高森林的苔藓植物多样

性,美国的一些国有公地管理中规定要采用了这些措施^[14]。Rambo 等^[14]研究也表明,林下倒木在森林生态系统苔藓植物多样性保护中具有重要的作用。因此,通过调整林冠层的郁闭度,增加林下倒木数量,能够提高森林生态系统中苔藓植物的多样性。

本研究初步揭示了长白山地区森林生态系统中腐木生苔藓植物的分布格局及其影响它们分布的重要环境因子。对于倒木不同种类、不同侧面对腐木生苔藓植物生长的影响,以及倒木不同腐烂程度与腐木生苔藓群落演替的关系有待深入研究。

参考文献

- 1 辽宁省林业土壤研究所. 1977. 东北藓类植物志. 北京: 科学出版社.
- 2 李 可、李凤珍. 1992. 倒木分解过程中生化生态学特征的变化. 森林生态系统研究, 6: 222 ~ 226.
- 3 张凤山、迟振文、李晓晏. 1980. 长白山地区气候分析及其初步评价. 森林生态系统研究, 1: 193 ~ 204.
- 4 张金屯. 1995. 植被数量生态学方法. 北京: 中国科学技术出版社. 121 ~ 125.
- 5 高 谦、曹 同. 1983. 长白山苔藓植物的初步研究. 森林生态系统研究, 3: 82 ~ 118.
- 6 高 谦. 1994. 中国苔藓志(第一卷). 北京: 科学出版社.
- 7 高 谦. 1996. 中国苔藓志(第二卷). 北京: 科学出版社.
- 8 高 谦、张光初. 1981. 东北苔类植物志. 北京: 科学出版社.
- 9 郭水良、曹 同. 1999. 长白山主要生态系统地面藓类植物分布格局研究. 应用生态学报, 10(3): 270 ~ 274.
- 10 郭水良、曹 同. 1999. 长白山森林生态系统树附生苔藓植物分布格局研究. 植物生态学报(待刊).
- 11 钱 宏. 1989. 长白山高山冻原[博士学位论文]. 沈阳: 中国科学院沈阳应用生态研究所. 83 ~ 120.
- 12 Koponen, T., Gao, C. J., S. Lou & I. 1983. Järvinen. Bryophytes from Mt. Changbai, Jilin Province, Northeast China. Ann. Bot. Fennici, 20: 215 ~ 232.
- 13 Pippo, S. 1990. Annotated catalogue of Chinese hepaticae and anthocerotae. J. Hattori Bot. Lab., 68: 1 ~ 192.
- 14 Rambo, T. R. & Muir, P. S. 1998. Forest floor bryophytes of *Pseudotsuga menziesii*-*Tsuga heterophylla* stands in Oregon: influences of substrate and overstory. The Bryologist, 101(1): 116 ~ 130.
- 15 Redfearn, P. L. Jr., Tan, B. C. & He, S. 1996. A new updated and annotated checklist of Chinese mosses. J. Hattori Bot. Lab., 79: 163 ~ 357.
- 16 Vitt, D. H., Cao, T., Campenot, M. K. & Gauthier, R. 1990. The genus *Tomenthypnum* in northeast China. J. Bryol., 16: 79 ~ 87.

作者简介 郭水良,男,34岁,副教授,1997年获植物学理学博士学位,现为中科院沈阳应用生态研究所博士后,主要从事植物生态学、杂草生态学研究,已发表学术论文40多篇。