

浙江金华市郊地面苔藓植物生态位研究

谢小伟^{1,2}, 郭水良³

(1. 浙江大学生物系, 浙江杭州 310028; 2. 乐清师范学校自然组, 浙江乐清 325600;
3. 浙江师范大学生命与环境科学学院, 浙江金华 321004)

摘 要: 在金华市郊不同生境设立 30 个样点。调查发现共有 67 种地面苔藓植物。计测了其中的 54 个主要种类的生态位重叠值和宽度, 以生态位重叠值为指标, 应用最小生成树法和主坐标排序法对它们进行分类。结果发现, 金华市郊的地面生苔藓植物可被分成 3 个生态类群, 苔藓植物种数(N)与生态位宽度(B)符合: $N = 27.304 e^{-11.425 B}$ ($R^2 = 0.9915$), 大部分的地面生苔藓植物生态位宽度很窄。

关键词: 金华市郊; 地面生苔藓植物; 生态位

中图分类号: Q948.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2003)02-0112-09

Niche of bryophytes on the floor in Jinhua suburb, Zhejiang Province

XIE Xiao-wei^{1,2}, GUO Shui-liang³

(1. Department of Biology, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China; 2. Yueqing Teachers Training School, Yueqing 325600, China; 3. College of Life and Environmental Science, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

Abstract: Thirty sites were sampled in different habits in Jinhua suburb. Sixty-seven bryophyte species were recorded. Among them, fifty-four main species were surveyed to obtain their coverages. Their niche overlaps and width were calculated. Based on their niche overlaps, the ordination plot of Principal Axes Analysis (PAA) and the Minimal Spanning Tree (MST) were drawn. The main results are as follows: (1) The main ground bryophytes could be divided into three ecological groups; (2) The relationship between the number of bryophyte species (N) and their niche width (B) are as follows: $N = 27.304 e^{-11.425 B}$ ($R^2 = 0.9915$). Obviously, most bryophyte species have very narrow niche width.

Key words: Jinhua suburb; ground bryophytes; niche

金华市位于浙江省中部, 属中亚热带季风气候, 四季分明, 气温适中。郭水良等已对金华山苔藓植物进行调查, 发现苔藓植物 38 科、77 属 140 种^[1]。但是, 目前尚无该地区地面苔藓植物生态位研究的报道。近年来, 国内学者逐渐开展了苔藓植物生态学研究。郭水良、曹同等先后应用典范对应分析、主坐标排序等方法对长白山地区的地面生藓类植物的

生态位特点、金发藓科和曲尾藓属植物的生态位分化开展了研究^[2~4]。

本研究的目的是了解苔藓植物利用环境资源的特点, 阐明主要苔藓植物种间生态关系, 定量反映该地区苔藓植物生物多样性特点, 从而为该地区的苔藓植物生物多样性的保护、更好地开展生态系统研究服务。生态位重叠反映了种类间对环境资源要求

收稿日期: 2002-09-02; 修订日期: 2002-12-22

基金项目: 浙江师范大学重点学科“生态学”经费资助

作者简介: 谢小伟(1972-), 女, 浙江乐清人, 在读硕士, 主要从事植物学和生态学教学和科研工作。

的相似性程度,以生态位重叠值为指标进行苔藓植物分类,能够将某一地区的苔藓植物种类分成若干个生态类群,为它们的多样性保护提供有参考价值的资料。生态位宽度反映了生物种类对环境资源利用的多样性程序,计测苔藓植物生态位宽度,统计不同生态位宽度苔藓植物种数的比例,能够明确不同苔藓植物对生态环境的生态适应特点,提供苔藓植物分布格局的信息。

1 研究方法

作者于 2002 年 5~8 月,在金华市区及市郊的不同环境中采集地面生苔藓植物标本,地面生苔藓植物包括土生种类、岩面土生种类。

为了解主要地面苔藓植物分布与环境因子间的关系,在金华市郊的公路边、林下、田埂、住宅四周、溪沟边湿地、山坡等不同环境中设立 30 个样点,每个样点内按系统取样法设立 20 cm×20 cm 样方 5 个,记录每个样方内每种苔藓植物的盖度,得出样点中每种苔藓植物的平均盖度以及频度^[5]。野外调查时,采集了样方内的所有苔藓植物种类,回实验室鉴定到种。苔藓植物的学名参考了 Redfearn、高谦、黎兴江、吴鹏程等的资料^[6~11]。

生态位理论已被广泛地应用于研究种子植物种间生态关系。不同苔藓植物对生境要求各异,表现为生态位宽度和种间生态位重叠值的不同。生态位重叠值应用王氏公式进行计算,生态因子间隔用地面苔藓植物群落组成的梯度差异来代替。得到生态位重叠值后,应用主坐标排序和最小生成树法,构建反映金华市区地面生苔藓植物种间生态关系的二维散点图、最小生成树^[12]。

生态位宽度以 Levins 提出,经 Corwell 修正的公式计算^[13]。本文所有计算均用 QBASIC 语言编程。

2 结果与分析

金华市郊 30 个样点中共出现 67 种苔藓植物。对样点中盖度超过 3% 的苔藓进行统计分析,结果共有 54 种苔藓植物,其学名及盖度见表 1,本文所用图表中序号所代表的苔藓植物种类与表 1 相同。

2.1 种间生态位重叠

应用王刚的生态位重叠值公式,对 54 种苔藓植

物的生态位重叠值进行计算,得出 54 种苔藓植物的生态位重叠值矩阵(表 2)。以生态位重叠值为指标,应用主坐标排序和最小生成树法得到 54 种苔藓植物的种间生态关系的最小生成树(图 1)。当生态位重叠值 >0.2 时,可以从 54 种苔藓植物中分出以下 3 个生态类群。

第一类包括真藓(2)、小石藓(5)、刺叶真藓(7)、丛本藓(25)、叶苔(26)、广岛扭口藓(27)等 6 种。野外调查发现,这一类苔藓植物多处于公路边、火车轨道旁、工厂附近等样地中,它们的生境特点是开阔、干燥、土层较薄、含沙较多,周围环境污染较为严重。

第二类包括湿原藓(43)、湿地藓(44)、细枝青藓(33)、小凤尾藓(31)、阔叶水灰藓(42)、钝叶走灯藓(41)、扭叶金发藓(54)、疣灯藓(46)、波叶仙鹤藓(39)、小曲尾藓(48)、美喙藓(49)、树形走灯藓(51)、日本羽苔(22)、毛地钱(50)、地钱(47)、鳞叶凤尾藓(21)、鳞叶藓(20)、青藓(23)、羽叶凤尾藓(52)。它们分布在郁闭度大、土壤比较潮湿的生境中。

第三类包括蛇苔(36)、尖叶梨蒴藓(35)、立碗藓(9)、阔叶小石藓(4)、小多枝藓(18)、小羽藓(34)等六种,多处于苗圃地、公园、校园林下,这类环境受到人为干扰比较强烈,土壤肥力也较高。

最小生成树侧重反映出哪些苔藓植物在生境因子联系上最为相近。在最小树上位置相邻、生态位重叠值又高的苔藓植物,对生境要求比较接近。从最小生成树可以发现小凤尾藓(31)与细枝青藓(33)、扭叶金发藓(54)与波叶仙鹤藓(39)、波叶仙鹤藓(39)与小曲尾藓(48)、美喙藓(49)与树形走灯藓(51)、树形走灯藓(51)与日本羽苔(22)、毛地钱(50)与地钱(47)、小多枝藓(18)与(4)阔叶小石藓、叶苔(26)与小石藓(5)、小石藓(5)与广岛扭口藓(27)、真藓(2)与丛本藓(25)等苔藓植物对生态条件要求有很大的相似性。事实上也是如此。例如小凤尾藓和细枝青藓多见于公园林下或北山的阔叶林林下;扭叶金发藓和波叶仙鹤藓分布在具有一定海拔高度的山坡上;毛地钱和地钱多见于郁闭度较大的林下;小石藓与广岛扭口藓在比较开阔的地段分布。

以生态位重叠值为指标,应用主坐标排序得到图 2。图 2 的结果与最小生成树得到的结果有较大的对应性(排序图 2),最小生成树中的 3 个生态类群也能够图 2 显示出来。不过,排序从总体上反映了 54 种苔藓植物的种间生态相似关系。

除以上 3 组所包括的 31 种苔藓植物外,还有其

[illegible]

续表 1

种类 Species	样地 Sites															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1. 丝瓜藓 <i>Pohlia elongata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2. 真藓 <i>Bryum argenteum</i>	0.6	0	0	0	3	4.2	21.2	0	0	0	0	0	0	14.8	0	
3. 细叶真藓 <i>Bryum capillare</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0.6	0	13.6	0.6	
4. 阔叶小石藓 <i>Weissia planifolia</i>	0	0	3	0.6	0	29.2	3.6	0	0	0	0	0	0	10.6	0	
5. 小石藓 <i>Weissia controversa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6. 酸土藓 <i>Oxystegus cylindricus</i>	45.4	0	0	7.6	0	0	0	0	0	55.4	12.6	0	0	32.8	0	
7. 刺叶真藓 <i>Bryum lonchocaulon</i>	3	0	0	8.2	3	68	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	
8. 丛生真藓 <i>Bryum caespiticium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9. 立碗藓 <i>Physcomitrium sphaericum</i>	23.2	0	12.6	6	28.8	0.6	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	
10. 拟三列叶真藓 <i>Bryum pseudotriquetrum</i>	0	0	0	0	20.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11. 剑叶扭口藓 <i>Barbula rufidula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12. 扭口藓 <i>Barbula unguiculata</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13. 拟合睫藓 <i>Pseudosymblespharis papillosula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14. 角齿藓 <i>Ceratodon purpureus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15. 小青藓 <i>Brachythecium pygmaeum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	32.8	0	0	0	0	0	15.2	
16. 尖叶扭口藓 <i>Barbula constricta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17. 果灰藓 <i>Chaetomitriopsis glaucocarpa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18. 小多枝藓 <i>Haplohymenium triste</i>	0	8.2	3	0.6	0	0	0	50.5	25.2	0	0	0	0	0	0	
19. 尖叶走灯藓 <i>Plagiomnium cuspidatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20. 鳞叶藓 <i>Taxiphyllum girardii</i>	0	23.4	0	0	0	0	0	0	0	0	21.2	3.6	58	0	0	
21. 鳞叶凤尾藓 <i>Fissidens taxiifolius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.6	6	6	0	0	0	
22. 日本羽苔 <i>Plagiochila japonica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3.6	0	0	0	
23. 青藓 <i>Brachythecium albicans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65.4	0	0	0	7.6	
24. 叉钱苔 <i>Riccia fluitans</i>	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25. 丛本藓 <i>Anoetangium aestivum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	
26. 叶苔 <i>Jungermannia lanceolata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37.8	0	0	0	
27. 广岛扭口藓 <i>Barbula hiroshii</i>	0	0	0	12.6	0	0	18.2	0	0	0	0	0	0	0	0	
28. 黄丝瓜藓 <i>Pohlia nutans</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29. 黄叶细湿藓 <i>Campylium chrysophyllum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	
30. 单毛羽藓 <i>Cyrtohypnum minutulum</i>	15.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31. 小凤尾藓 <i>Fissidens bryoides</i>	8.2	0	0	0	0	0	0	19	0	0.6	0	0	0	0	0	
32. 黄色真藓 <i>Bryum pallescens</i>	0.6	0	0	27.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
33. 细枝青藓 <i>Brachythecium buchananii</i>	12.6	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	
34. 小羽藓 <i>Haplocladium angustifolium</i>	0	32.8	35.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
35. 尖叶梨蒴藓 <i>Entosthodon wallichii</i>	0	0	10.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
36. 蛇苔 <i>Conocephalum conicum</i>	0	0	7.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
37. 红蒴真藓 <i>Bryum atrovirens</i>	0	0	0	0	7.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
38. 黄牛毛藓 <i>Ditrichum pallidum</i>	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	
39. 波叶仙鹤藓 <i>Atrichum undulatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.2	0	0	35.8	
40. 卷叶毛口藓 <i>Trichostomum hattorianum</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0.6	0	0	0	0	0	
41. 钝叶走灯藓 <i>Plagiomnium rostratum</i>	0	0	0	0	0	0	0	88.5	0	0	0	7.6	0	0	0	
42. 阔叶水灰藓 <i>Hygrohypnum smithii</i>	0	0	0	0	0	0	0	75.5	0	0	0	0	0	0	0	
43. 湿原藓 <i>Calliergon cordifolium</i>	0	0	0	0	0	0	0	7.5	0	0	0	0	0	0	0	
44. 湿地藓 <i>Hyophila javanica</i>	0	0	0	0	0	0	0	7.5	0	0	0	0	0	0	0	
45. 疣柄藓 <i>Scleropodium touretii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	
46. 疣灯藓 <i>Trachycystis microphylla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.2	0	0	0	
47. 地钱 <i>Marchantia polymorpha</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.2	0.6	0	0	0	0	
48. 小曲尾藓 <i>Dicranella grevilleana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	7.6	0	0	0	
49. 美喙藓 <i>Eurhynchium pulchellum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.6	0	3.6	6.6	0	0	
50. 毛地钱 <i>Dumortiera hirsute</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.6	0	0	0	0	0	
51. 树形走灯藓 <i>Plagiomnium arbusculum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.6	0	3	0	0	0	
52. 羽叶凤尾藓 <i>Fissidens plagiochiloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	33.8	0	0	
53. 泽藓 <i>Philonotis fontana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	
54. 扭叶金发藓 <i>Pogonatum contortum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.6	0	0	0	

表 2 54 种地面苔藓植物的生态位重叠值
Table 2 Niche overlaps of 54 ground bryophyte species

苔藓植物 Bryo- phytes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	0.0001	0.0051	0.0011	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0008	0.0001	0
2	0.0001	1	0.0046	0.0035	0.6497	0.0011	0.1577	0.0008	0.0006	0.0015	0.0026	0	0	0	0	0	0	0
3	0.0051	0.0046	1	0.0616	0.0021	0.1367	0.006	0.0575	0.0109	0.2203	0.1705	0	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0
4	0.0011	0.0035	0.0616	1	0.002	0.0068	0.06	0.0667	0.1992	0.0061	0.0061	0.0423	0	0	0	0	0	0.7038
5	0	0.6497	0.0021	0.002	1	0	0.2382	0	0	0.0005	0.0005	0	0	0	0	0	0	0
6	0.0001	0.0011	0.1367	0.0068	0	1	0.0062	0.0001	0.0059	0.0001	0.0001	0	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.002
7	0	0.1577	0.006	0.06	0.2382	0.0062	1	0.0077	0.0072	0.0041	0	0	0	0	0	0	0	0.0005
8	0.0001	0.0008	0.0575	0.0667	0	0.0001	0.0077	1	0	0.0001	0.0001	0	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0
9	0	0.0006	0.0109	0.1992	0	0.0059	0.0072	0	1	0.0166	0	0.0423	0	0	0	0	0	0.1976
10	0.0002	0.0015	0.2203	0.0061	0.0005	0.0001	0.0041	0.0001	0.0166	1	0.1774	0	0	0	0.0001	0.0002	0.0001	0
11	0.0003	0.0026	0.1705	0.0061	0.0005	0.0001	0	0.0001	0	0.1774	1	0	0	0	0.0001	0.0003	0.0001	0
12	0	0	0	0.0423	0	0	0	0	0.0423	0	0	1	0.0507	0.107	0	0	0	0.0423
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0507	1	0.4737	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.107	0.4737	1	0	0	0	0
15	0.0001	0	0.0001	0	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0001	0.0001	0	0	0	1	0.1555	0.143	0.1185
16	0.0008	0	0.0001	0	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0.1555	1	0.143	0.0229
17	0.0001	0	0.0001	0	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0001	0.0001	0	0	0	0.143	0.143	1	0.0382
18	0	0	0	0.7038	0	0.002	0.0005	0	0.1976	0	0	0.0423	0	0	0.1185	0.0229	0.0382	1
19	0.0007	0	0.0001	0	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0007	0.0001	0.0154
20	0.0001	0	0.0172	0	0	0.1382	0	0.0001	0	0.0001	0.0001	0	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0116
21	0.0002	0	0.0172	0	0	0.1247	0	0.0001	0	0.0002	0.0002	0	0	0	0.0001	0.0002	0.0001	0.0154
22	0.0005	0	0.0172	0	0	0.0263	0	0.0001	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0005	0.0001	0.0058
23	0.0001	0	0.0001	0	0	0.1408	0	0.0001	0	0.0001	0.0001	0	0	0	0.0007	0.0001	0.0001	0.0005
24	0.0071	0	0.0001	0	0	0.0001	0.0006	0.0001	0.0006	0.0043	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0008	0.0001	0
25	0	0.8034	0	0	0.8077	0	0.1923	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0.3914	0.0005	0	0.6019	0	0.3831	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0.6507	0.0006	0.0006	0.9944	0.0017	0.2386	0	0.0019	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0001
28	0.0043	0.0002	0.0141	0	0	0.0027	0.0001	0.0001	0.001	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0008	0.0001	0
29	0.0003	0.0016	0.0001	0	0	0.0001	0.0039	0.0001	0	0.149	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0003	0.0001	0.0018
30	0.0063	0	0.0001	0	0	0.0136	0.0001	0.0001	0.0007	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0008	0.0001	0
31	0.0007	0	0.0001	0	0	0.0124	0.0001	0.0001	0.0004	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0007	0.0001	0.0232
32	0.0002	0	0.0001	0.0018	0	0.1208	0.0066	0.0001	0.0049	0.0002	0.0002	0	0	0	0.0001	0.0002	0.0001	0.002
33	0.0007	0	0.0001	0	0	0.011	0.0001	0.0001	0.0006	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0007	0.0001	0.0232
34	0	0	0	0.0838	0	0	0	0	0.3518	0	0	0.0423	0	0	0	0	0	0.0839
35	0	0	0	0.283	0	0	0	0	0.6964	0	0	0.0423	0	0	0	0	0	0.283
36	0	0	0	0.3947	0	0	0	0	0.4993	0	0	0.0423	0	0	0	0	0	0.3947
37	0.0034	0.0001	0.0001	0	0	0.0001	0.0005	0.0001	0.0013	0.052	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0008	0.0001	0
38	0.0002	0.0019	0.024	0.0064	0	0.0001	0.0003	0.0001	0.0006	0.0002	0.0002	0	0	0	0.0001	0.0002	0.0001	0
39	0.0003	0	0.0172	0	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0014	0.0003	0.0001	0
40	0.0025	0.0003	0.024	0.0054	0	0.0053	0.0003	0.0001	0.0006	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0008	0.0001	0
41	0.0001	0	0.0172	0	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0001	0.0001	0	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0615
42	0.0002	0	0.0001	0	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0002	0.0002	0	0	0	0.0001	0.0002	0.0001	0.0615
43	0.0019	0	0.0001	0	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0008	0.0001	0.0092
44	0.0019	0	0.0001	0	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0008	0.0001	0.0092
45	0.0095	0	0.0001	0	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0008	0.0001	0.0018
46	0.0001	0	0.0172	0	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0001	0.0001	0	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0
47	0.0004	0	0.0001	0	0	0.2095	0	0.0001	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0004	0.0001	0
48	0.0003	0	0.0172	0	0	0.0263	0	0.0001	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0003	0.0001	0
49	0.0003	0	0.0172	0	0	0.0665	0	0.0001	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0003	0.0001	0
50	0.0006	0	0.0001	0	0	0.1538	0	0.0001	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0006	0.0001	0
51	0.0005	0	0.0172	0	0	0.0665	0	0.0001	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0005	0.0001	0
52	0.0002	0	0.0001	0	0	0.0068	0	0.0001	0	0.0002	0.0002	0	0	0	0.0001	0.0002	0.0001	0
53	0.0013	0	0.0001	0	0	0.0671	0	0.0001	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0.0001	0.0008	0.0001	0
54	0.0002	0	0.0172	0	0	0.0001	0	0.0001	0	0.0002	0.0002	0	0	0	0.0001	0.0002	0.0001	0

苔藓植物 Bryo- phy- tes	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1	0.0007	0.0001	0.0002	0.0005	0.0001	0.0071	0	0	0	0.0043	0.0003	0.0063	0.0007	0.0002	0.0007	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0.8034	0.3914	0.6507	0.0002	0.0016	0	0	0	0	0	0	0
3	0.0001	0.0172	0.0172	0.0172	0.0001	0.0001	0	0.0005	0.0006	0.0141	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0006	0	0	0	0	0.0018	0	0.0838	0.283	0.3947
5	0	0	0	0	0	0	0.8077	0.6019	0.9944	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0.0001	0.1382	0.1247	0.0263	0.1408	0.0001	0	0	0.0017	0.0027	0.0001	0.0136	0.0124	0.1208	0.011	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0.0006	0.1923	0.3831	0.2386	0.0001	0.0039	0.0001	0.0001	0.0066	0.0001	0	0	0
8	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0.0006	0	0	0.0019	0.001	0	0.0007	0.0004	0.0049	0.0006	0.3518	0.6964	0.4993
10	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0043	0	0	0	0.0002	0.149	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0	0	0
11	0.0003	0.0001	0.0002	0.0003	0.0001	0.0003	0	0	0	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0423	0.0423	0.0423
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0007	0.0001	0	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0	0	0
16	0.0007	0.0001	0.0002	0.0005	0.0001	0.0008	0	0	0	0.0008	0.0003	0.0008	0.0007	0.0002	0.0007	0	0	0
17	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0	0	0
18	0.0154	0.0116	0.0154	0.0058	0.0005	0	0	0	0.0001	0	0.0018	0	0.0232	0.002	0.0232	0.0839	0.283	0.3947
19	1	0.0497	0.1843	0.1579	0.0032	0.0007	0	0	0	0.0007	0.0003	0.0007	0.0007	0.0002	0.0007	0	0	0
20	0.0497	1	0.238	0.1503	0.2347	0.0001	0	0.0028	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0004	0	0
21	0.1843	0.238	1	0.4398	0.0946	0.0002	0	0.0047	0	0.0002	0.0002	0.0002	0.0131	0.0002	0.0002	0	0	0
22	0.1579	0.1503	0.4398	1	0.0032	0.0005	0	0.0028	0	0.0005	0.0003	0.0005	0.0297	0.0002	0.0005	0	0	0
23	0.0032	0.2347	0.0946	0.0032	1	0.0001	0	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0	0	0
24	0.0007	0.0001	0.0002	0.0005	0.0001	1	0	0	0	0.0043	0.0003	0.0063	0.0					

续表 2

苔藓 植物 Bryo- phy- tes	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
1	0.0034	0.0002	0.0003	0.0025	0.0001	0.0002	0.0019	0.0019	0.0095	0.0001	0.0004	0.0003	0.0003	0.0006	0.0005	0.0002	0.0013	0.0002
2	0.0001	0.0019	0	0.0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.0001	0.024	0.0172	0.024	0.0172	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0172	0.0001	0.0172	0.0172	0.0001	0.0172	0.0001	0.0001	0.0172
4	0	0.0064	0	0.0054	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0.0001	0.0001	0.0001	0.0053	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.2095	0.0263	0.0665	0.1538	0.0665	0.0068	0.0671	0.0001
7	0.0005	0.0003	0	0.0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
9	0.0013	0.0006	0	0.0006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0.052	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
11	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0001	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0001	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0.0001	0.0001	0.0014	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
16	0.0008	0.0002	0.0003	0.0008	0.0001	0.0002	0.0008	0.0008	0.0008	0.0001	0.0004	0.0003	0.0003	0.0006	0.0005	0.0002	0.0008	0.0002
17	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
18	0	0	0	0	0.0615	0.0615	0.0092	0.0092	0.0018	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0.0007	0.0002	0.0003	0.0007	0.0001	0.0002	0.0007	0.0007	0.0007	0.0001	0.0004	0.0003	0.0003	0.0006	0.0005	0.0002	0.0007	0.0002
20	0.0001	0.0001	0.1226	0.0001	0.1226	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.1226	0.0067	0.1226	0.1885	0.0001	0.1022	0.344	0.0659	0.1226
21	0.0002	0.0002	0.5103	0.0131	0.2641	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.2587	0.158	0.5745	0.4476	0.1416	0.3966	0.0166	0.1645	0.5103
22	0.0005	0.0002	0.4359	0.0297	0.1585	0.0002	0.0005	0.0005	0.0005	0.1553	0.1255	0.5214	0.5848	0.1466	0.7266	0.0002	0.0005	0.3398
23	0.0001	0.0001	0.0007	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0093	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0093	0.0915	0.0001
24	0.0821	0.0002	0.0003	0.0025	0.0001	0.0002	0.0019	0.0019	0.0071	0.0001	0.0004	0.0003	0.0003	0.0006	0.0005	0.0002	0.0013	0.0002
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0.0064	0	0.006	0	0	0	0	0.0182	0	0.006	0.0028	0	0.0023	0	0	0.0083
27	0	0.0025	0	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0.0034	0.0002	0.0003	0.0025	0.0001	0.0002	0.0019	0.0019	0.0043	0.0001	0.0004	0.0003	0.0003	0.0006	0.0005	0.0002	0.0013	0.0002
29	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0114	0.0201	0.0298	0.0298	0.0298	0.0001	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002
30	0.0034	0.0002	0.0003	0.0025	0.0001	0.0002	0.0019	0.0019	0.0063	0.0001	0.0004	0.0003	0.0003	0.0006	0.0005	0.0002	0.0013	0.0002
31	0.0007	0.0002	0.0003	0.0426	0.143	0.2518	0.3561	0.3561	0.0718	0.0001	0.0254	0.0184	0.0206	0.0346	0.0312	0.0002	0.0007	0.0002
32	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
33	0.0007	0.0002	0.0003	0.0007	0.143	0.2518	0.3602	0.3602	0.0726	0.0001	0.0004	0.0003	0.0003	0.0006	0.0005	0.0002	0.0007	0.0002
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1	0.0002	0.0003	0.0025	0.0001	0.0002	0.0019	0.0019	0.0034	0.0001	0.0004	0.0003	0.0003	0.0006	0.0005	0.0002	0.0013	0.0002
38	0.0002	1	0.0002	0.0654	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
39	0.0003	0.0002	1	0.0003	0.3345	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.3535	0.0003	0.9095	0.4359	0.0003	0.3633	0.0002	0.0003	0.7736
40	0.0025	0.0654	0.0003	1	0.0001	0.0002	0.0019	0.0019	0.0025	0.0001	0.0254	0.0184	0.0206	0.0346	0.0312	0.0002	0.0013	0.0002
41	0.0001	0.0001	0.3345	0.0001	1	0.5679	0.0565	0.0565	0.0114	0.3277	0.0001	0.3345	0.1585	0.0001	0.1321	0.0001	0.0001	0.3345
42	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.5679	1	0.0995	0.0995	0.0201	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
43	0.0019	0.0002	0.0003	0.0019	0.0565	0.0995	1	1	0.2015	0.0001	0.0004	0.0003	0.0003	0.0006	0.0005	0.0002	0.0013	0.0002
44	0.0019	0.0002	0.0003	0.0019	0.0565	0.0995	1	1	0.2015	0.0001	0.0004	0.0003	0.0003	0.0006	0.0005	0.0002	0.0013	0.0002
45	0.0034	0.0002	0.0003	0.0025	0.0114	0.0201	0.2015	0.2015	1	0.0001	0.0004	0.0003	0.0003	0.0006	0.0005	0.0002	0.0013	0.0002
46	0.0001	0.0001	0.3535	0.0001	0.3277	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	1	0.0001	0.3277	0.1553	0.0001	0.1294	0.0001	0.0001	0.457
47	0.0004	0.0002	0.0003	0.0254	0.0001	0.0002	0.0004	0.0004	0.0004	0.0001	1	0.0907	0.2573	0.0314	0.0194	0.0324	0.0002	0.0002
48	0.0003	0.0002	0.9095	0.0184	0.3345	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.3277	0.0907	1	0.5214	0.0907	0.4497	0.0002	0.0003	0.717
49	0.0003	0.0002	0.4359	0.0206	0.1585	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.1553	0.2573	0.5214	1	0.2573	0.6598	0.1917	0.0003	0.3398
50	0.0006	0.0002	0.0003	0.0346	0.0001	0.0002	0.0006	0.0006	0.0006	0.0001	0.7345	0.0907	0.2573	1	0.39	0.0002	0.0006	0.0002
51	0.0005	0.0002	0.3633	0.0312	0.1321	0.0002	0.0005	0.0005	0.0005	0.1294	0.3174	0.4497	0.6598	0.39	1	0.0002	0.0005	0.2832
52	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0194	0.0002	0.1917	0.0002	0.0002	1	0.0194	0.0002
53	0.0013	0.0002	0.0003	0.0013	0.0001	0.0002	0.0013	0.0013	0.0013	0.0001	0.0324	0.0003	0.0003	0.0006	0.0005	0.0194	1	0.0002
54	0.0002	0.0002	0.7736	0.0002	0.3345	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.457	0.0002	0.717	0.3398	0.0002	0.2832	0.0002	0.0002	1

余 23 种植物介于以上生态类群之外, 这 23 种的生态特点介于以上 3 组之间, 这也正好说明了苔藓植物生态类型的过渡性。

3.2 生态位宽度

计算得到 54 种苔藓植物的生态位宽度见表 3。从表 3 可以看出真藓(2)的生态位宽度最大, 为 0.292 4, 表明该种具有最宽的生态适应范围。在金华市区, 真藓主要分布于公路旁、工厂附近、校园内、公园里; 小土坡上也有较多分布; 甚至在北山的低海拔段, 还能够见到其踪迹。生态位较宽的有细叶真藓(3)、阔叶小石藓(4)、立碗藓(9)、小石藓(5)、酸土藓(6)、刺叶真藓(7)、小多枝藓(18)、鳞叶藓(20)、广岛扭口藓(27), 分别为 0.210 7、0.209 6、0.168 7、0.114 3、0.148 5、0.114、0.116 3、0.104 9、0.129 4。其余种的生态位宽度均在 0.1 以下。统计不同生态位宽度的苔藓植物种数, 结果见表 4。

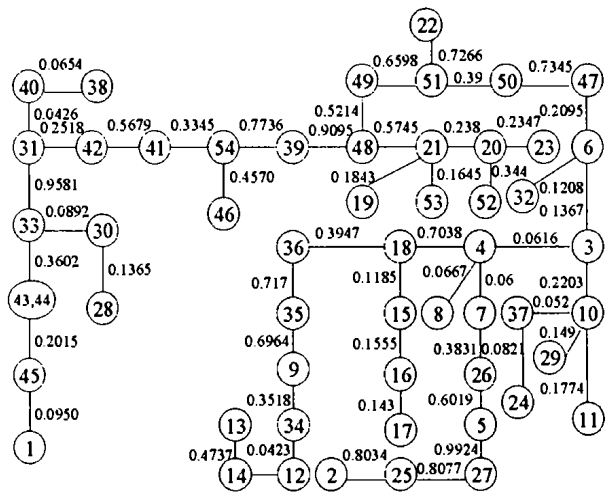


图 1 基于生态位重叠值的 54 种苔藓植物最小生成树
Fig. 1 Minimal Spanning Tree of 54 bryophytes based on niche overlaps

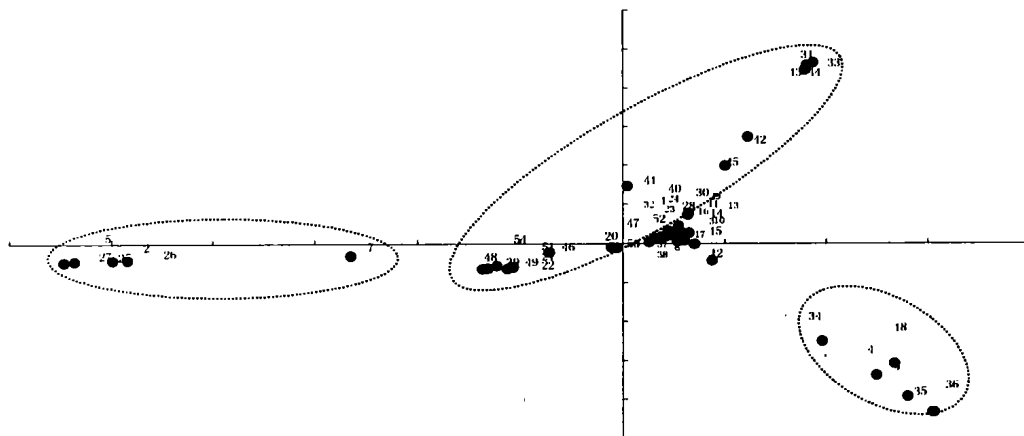


图 2 基于生态位重叠值的 54 种苔藓植物 PAA 二维排序图
Fig. 2 PAA two-dimensional ordination diagram of 54 bryophytes based on niche overlaps

表 3 54 种主要地面苔藓植物的生态位宽度
Table 3 Niche width of the main 54 ground bryophytes

种类 Species	生态位宽度 Niche width	种类 Species	生态位宽度 Niche width	种类 Species	生态位宽度 Niche width	种类 Species	生态位宽度 Niche width	种类 Species	生态位宽度 Niche width	种类 Species	生态位宽度 Niche width
1	0.033 3	10	0.096 6	19	0.033 3	28	0.056 1	37	0.033 3	46	0.033 3
2	0.292 4	11	0.033 3	20	0.104 9	29	0.036 5	38	0.033 3	47	0.035 1
3	0.210 7	12	0.036 3	21	0.095 8	30	0.033 3	39	0.047 8	48	0.056 1
4	0.209 6	13	0.033 3	22	0.084 3	31	0.060 1	40	0.046 2	49	0.092 4
5	0.114 3	14	0.033 3	23	0.041 7	32	0.034 8	41	0.039	50	0.033 3
6	0.148 5	15	0.067 2	24	0.044 1	33	0.064	42	0.033 3	51	0.056 1
7	0.114	16	0.033 3	25	0.035 9	34	0.066 5	43	0.033 3	52	0.034 5
8	0.033 3	17	0.033 3	26	0.046 2	35	0.033 3	44	0.033 3	53	0.033 3
9	0.168 7	18	0.116 3	27	0.129 4	36	0.033 3	45	0.033 3	54	0.033 3

表 4 不同生态位宽度的苔藓种数

Table 4 Numbers of species with different niche width

生态位宽度范围 Niche width range	种数 Species number	平均生态位宽度 Average niche width
>0.25	1	0.292 4
0.15~0.25	3	0.196 3
0.10~0.15	6	0.121 2
0.05~0.10	11	0.072 3
<0.05	21	0.035 7

对各范围段的平均生态位宽度(B)与种数(N)拟合,得到如下关系式:

$$N=27.304 e^{-11.425 B} (R^2=0.9915)$$

上式表明,随着生态位宽度的下降,苔藓植物种数呈指数式上升,说明在金华市区的主要生态系统中,地面大部分苔藓植物的生态幅很窄,在样点中属罕见种或稀有种,这也与苔藓植物对环境变化特别敏感有关。

3 讨 论

通过本文研究表明,金华市区苔藓植物种类繁多,而且绝大多数的苔藓植物分布范围小,在样点中出现的频度和盖度均小。它们的生态适应范围小,在将来的生物多样性保护中,应该注意对这一类苔藓植物的研究工作和保护工作。本文的研究初步揭示了 54 种主要地面苔藓植物的种间生态关系和它们对生态环境的适应特点。由于苔藓植物对微环境的变化特别敏感,在将来的工作中,应该重视苔藓植物在土壤水分、pH、有机质、光照强度、微量元素等多资源维上的生态位重叠值和生态位宽度,以便更全面地揭示它们的生态适应特点。

参考文献:

- [1] 郭水良,曹 同. 浙江省金华山苔藓植物区系初报[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2001, 24(1): 55—61.
- [2] 郭水良,曹 同. 长白山主要生态系统地面藓类植物的生态位研究[J]. 生态学报, 2001, 21(2): 231—236.
- [3] 郭水良,曹 同. 应用典范对应分析探讨长白山金发藓科植物的生态位分化[J]. 木本植物研究, 2000, 20(3): 286—293.
- [4] 郭水良,曹 同,丁克强. 长白山地区曲尾藓属植物生态分化的排序研究[J]. 生态学杂志, 1999, 18(4): 14—18.
- [5] Bates J W. Quantitative Approaches in Bryophyte Ecology, In Smith, A. J. E. (ed), Bryophyte Ecology [M]. New York: Chapman and Hall, 1982. 1—44.
- [6] 高 谦. 中国苔藓志(第一卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [7] 高 谦. 中国苔藓志(第二卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [8] 黎兴江. 中国苔藓志(第三卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [9] 吴鹏程. 中国苔藓志(第六卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [10] Redfearn P L Jr B C Tan, S He. A new updated and annotated checklist of Chinese mosses[J]. J. Hattori Bot. Lab., 1996, 79: 163—357.
- [11] Piippo S. Annotated catalogue of Chinese Hepaticae and anthocerotae[J]. Journ. Hattori Bot. Lab., 1990, 68: 1—192.
- [12] 郭水良,李扬汉. 农田杂草生态位研究的意义与方法[J]. 生态学报, 1998, 18(5): 496—503.
- [13] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995. 121—154.