湖北九宫山甜槠群落结构与优势种的空间分布格局研究

张银[1] 吴浩[2,3,4] 徐耀粘[2,3,4] 王世彤[2,3] 杨腾[2,3] 李晶[2,3]

吕林玉[2,3] 周天阳[2,3] 肖之强[2,3] 王建[5] 江明喜[2,3,41]

(1. 长江大学 园艺园林学院，湖北 荆州 434025;

2. 中国科学院大学，北京 100049; 3. 中国科学院武汉植物园，

中国科学院水生植物与流域生态重点实验，湖北 武汉 430074;

4. 中国科学院核心植物园保护生物学中心，湖北 武汉 430074;

5. 湖北九宫山国家级自然保护区管理局，湖北 通山 437100)

【摘 要】: 通过对湖北九宫山国家级自然保护区甜槠群落建立的1ha固定森林样地进行植物群落调查，分析了样地内木本植物物种组成、区系成分、种群径级结构和空间分布格局，结果表明:(1)样地内木本植物(DBH≥1cm)共有132种，隶属于42科78属，其中，杜鹃花科、壳斗科、樟科、蔷薇科、冬青科等是优势科，短柄枹、鹿角杜鹃、青冈、长叶石栎、甜槠等是优势种。(2)样地内植物科、属的分布类型均以泛热带分布类型为主，分别为30.95%和20.51%。(3)样地内所有木本植物个体的径级结构均呈倒“J”型，幼龄个体数量大，森林群落更新状况良好。(4)样地内木本植物个体的空间分布格局以聚集分布为主，部分优势物种在小尺度上呈聚集分布，而在较大尺度上则为随机分布。

【关键词】: 甜槠群落 物种组成 区系特征 径级结构 分布格局

【中图分类号】:Q948.8**【文献标识码】**:A**【文章编号】**:1004-8227(2021)05-1130-11

常绿阔叶林是地球上的重要基因库，其物种多样性仅次于热带雨林，在世界范围内分布广泛，以其植被繁茂、生物多样性

[1]**作者简介**：张银(1994～)，女，硕士研究生，主要研究方向为群落生态学. E-mail:zhang__yin1022163.com
江明喜,E-mail:mxjiangwbgcas.cn
基金项目：生物多样性调查评估项目(2019HJ2096001006);国家自然科学基金项目(31870510);湖北九宫山国家级自然保护区大样地建设项目

高、物产丰富，成为极其适宜人类居住的地方[1]。常绿阔叶林在我国分布最广，其面积大、生物多样性高、群落类型复杂，具有典型代表性。栲类林是常绿阔叶林中的重要代表类型，广泛分布在长江流域一带。研究栲类林的群落区系组成、群落结构、分布格局，对我们认识常绿阔叶林的群落结构有着极大的帮助[2]。

甜槠(Castanopsis eyrei)是壳斗科(Fagaceae)锥属(Castanopsis)(又称栲属)常绿乔木，生长于海拔300～1700m的山地或丘陵，主要分布于我国长江以南地区，甜槠林是栲类林的一个重要代表类型，它具有较强的森林水文功能和土壤蓄水能力，减少地表径流量与地下渗流量等水文效应，是我国中亚热带常绿阔叶林典型的地带性植被类型[3,4,5]。

有关于甜槠群落生态学方面的研究，很多地区都已建立样地并发表了研究报道，主要涉及甜槠林的结构特征[6,7]、物种多样性[8,9,10]以及种群动态、种内与种间竞争、空间分布格局[11,12]等内容，这些研究为甜槠群落多样性保护与持续利用提供了科学依据。湖北省的甜槠林主要分布在鄂东南和鄂西南山地，有关湖北省甜槠林的研究较少。

2019年在湖北九宫山国家级自然保护区建立了一个1hm^2，以甜槠为主的常绿阔叶林固定样地，通过对样地的物种组成、区系特征、种群径级结构和空间分布格局进行分析，以期了解该常绿阔叶林的物种多样性、群落结构特征、优势种种群结构和分布格局，为该植被类型的保护和监测、管理提供科学依据。

1 研究区域概况

研究地点位于湖北省东南部通山县九宫山国家级自然保护区内，地貌大致东西向延伸，南北向排列分布，南高北低，海拔相差悬殊，总体呈平行排列，其山高谷深，坡陡谷狭，岭谷相间。九宫山自然保护区属中亚热带季风气候，四季分明，全年雨量充沛，日照充足，无霜期长，雨热同期，多暴雨，具有较为显著的山地气候特征。其土壤类型以红壤、黄棕壤为主[13,14]。

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

在全面踏查的基础上，选择在湖北省九宫山国家级自然保护区石龙沟建立 1hm^2 常绿阔叶林森林样地(114° 39′16″E,29° 24′45″N)。样地地形复杂多变，地势较陡，海拔范围为654.4～727.3m。样地为正南正北方向，按照CTFS(Centre for Tropical Forest Science)样地建设方法[15]，调查样方中所有胸径 DBH≥1cm 的木本植物(不含竹子和藤本)，内容包括植物种名，胸径，分枝数量，坐标，并挂牌标记，以便永久监测。

2.2 研究方法

2.2.1 物种组成

基于样地植物群落调查数据，统计每个物种的多度、胸高断面积，并计算样地内每个物种的重要值，具体计算公式如下[1]:

物种重要值=（相对密度+相对频度+相对优势度）/3 （1）

相对密度=（某个物种的个体数/所有物种的总个体数）* 100% （2）

相对频度=（某个种基于 20 m* 20 m 样方出现的次数/所有种出现的总次数）* 100% （3）

相对优势度=（某个物种的胸高断面积/所有物种的胸高断面积之和）* 100% （4）

2.2.2 区系特征

以世界种子植物科的分布区类型系统[16]以及中国种子植物属的分布区类型[17]为划分区系成分的标准，统计石龙沟 1hm^2 森林样地木本植物的科、属分布区类型。

2.2.3 径级结构

将胸径 1～2.5cm 的个体作为第一级，之后依据不同种群径级情况以 2.5、5、10cm 为径级大小间隔，分别对样地内重要值排名前十的优势种绘制种群径级结构图。

2.2.4 空间分布格局

根据每个物种在样地内的坐标数据，利用单变量成对关联函数 g(r)(thepair-correlation function)来分析样地内的物种空间分布格局。由于地形限制，在做点格局分析时只分析样地 80m*80m 的区域。

g(r)函数的计算公式: $g(r)=K'(r)\ /\ 2\pi r$ （5）

式中:K’(r)为 Ripley’sK 函数。运用 MonteCarlo 循环 99 次，产生置信度为 99%的包迹线以检验点格局分析结果的显著性。当 g(r)观测值处于包迹线之上，表示聚集分布;当 g(r)观测值处于包迹线之间，表示随机分布;当 g(r)观测值处于包迹线之下，则表示均匀分布[18,19]。

2.2.3 数据处理

本研究中空间分布格局的数据采用 Programita 软件分析，径级结构图、空间分布格局分析图与空间分布点图采用 Origin2018 软件绘制。

3 结果与分析

3.1 群落的物种组成

石龙沟样地内分布木本植物(DBH≥1cm)共 4895 株，132 种，隶属于 42 科 78 属。其中，优势科包括杜鹃花科(Ericaceae)12

种、壳斗科 10 种、樟科(Lauraceae)14 种、蔷薇科(Rosaceae)9 种、冬青科(Aquifoliaceae)6 种，优势种包括短柄枹(Quercus serrata)、鹿角杜鹃(Rhododendron latoucheae)、青冈(Cyclobalanopsis glauca)、长叶石栎(Lithocarpus henryi)、甜槠(Castanopsis eyrei)、川桂(Cinnamomum wilsonii)、满山红(Rhododendron mariesii)、马银花(Rhododendron ovatum)、尖连蕊茶(Camellia cuspidate)和厚皮香(Ternstroemia gymnanthera)(按重要值从大到小排序)。样地内个体数大于 200 的物种共 7 个，前 3 位依次是青冈、鹿角杜鹃和川桂。胸高断面积排在前 3 位的树种是短柄枹、鹿角杜鹃和长叶石栎。裸子植物分布较少，只有 3 科(三尖杉科 Cephalotaxaceae、杉科 Taxodiaceae、柏科 Cupressaceae)，分别为三尖杉(Cephalotaxus fortunei)、杉木(Cunninghamia lanceolata)和山刺柏(Juniperus formosana)3 个物种，其个体数分别为 11 株、3 株和 1 株。

3.2 植物区系特征

根据世界种子植物科的分布类型系统[16]，以及中国种子植物属的分布类型[17]划分区系成分的标准，对石龙沟 1hm^2 固定样地内植物的科、属分布区类型进行了分析。结果显示，样地内科的分布以泛热带分布占优势(13 个，30.95%)，代表科包括樟科、山茶科(Theaceae)、大戟科(Euphorbiaceae);世界分布科(10 个，23.81%)，代表科包括杜鹃花科、虎耳草科(Saxifragaceae)、蔷薇科;北温带分布科(8 个，19.05%)，代表科包括壳斗科(Fagaceae)、槭树科(Aceraceae)、忍冬科(Caprifoliaceae);热带亚洲和热带美洲间断分布科(6 个，14.63%)，代表科包括冬青科、马鞭草科(Verbenaceae)、安息香科(Styracaceae)。属的分布以泛热带分布为主(16 个，20.51%)，代表属包括冬青属(Ilex)、山矾属(Symplocos)、卫矛属(Euonymus);北温带分布属(14 个，17.95%)，代表属包括杜鹃属(Rhododendron)、荚蒾属(Viburnum)、樱属(Cerasus);东亚和北美洲间断分布属(11 个，14.10%)，代表属包括石楠属(Photinia)、绣球属(Hydrangea)、香槐属(Cladrastis)。

3.3 径级结构

3.3.1 样地内所有植物个体的径级结构分析

石龙沟 1hm^2 样地内胸径(DBH)≥1cm 的木本植物存活个体为 4895 株，其平均 DBH 为 6.33cm，胸径最大的个体为甜槠，其胸径达 85.98cm。该样地所有存活植物个体(DBH≥1cm)的径级分布，其径级结构随径级的增加，个体数逐渐减少。其中，胸径小于 2.5cm 的个体数为 1527 株，占总个体数的 31.19%(图 1)。

3.3.2 样地内优势种的径级结构分析

如图 2 所示的样地内重要值排名前 10 的优势物种的径级分布可知，鹿角杜鹃与长叶石栎种群的径级结构相似，其小径级(DBH<5cm)个体数均占有较高比例(图 2b,d)，分别占总个体数的 37.42%和 35%，青冈、甜槠、川桂、满山红、马银花以及尖连蕊茶种群的径级结构均呈近似倒“J”型(图 2c,e,f,g,h,i)，其小径级(DBH<5cm)个体数分别占总个体数的 65.97%、44.26%、67.26%、74.91%、70.85%和 94.05%，表明上述种群的结构较稳定。短柄枹和厚皮香种群的径级结构均为单峰型(图 2a,j)，幼树(DBH<5cm)的个体数较小，分别占总数的 2.07%和 17.02%。

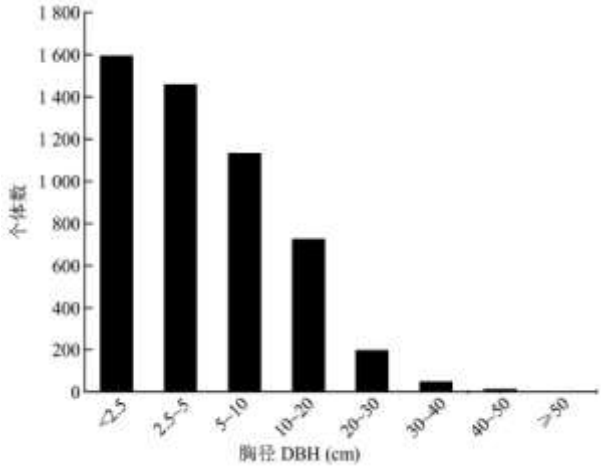

图 1 1hm^{2}样地内植物个体(DBH≥1cm)径级结构

3.4 空间分布格局

3.4.1 样地内所有物种的空间分布格局

石龙沟森林样地(80m×80m)内所有植物个体的空间分布格局如图 3 所示，由点格局分析可知，样地内植物个体(DBH≥1cm)在小尺度上(0～10m)呈聚集分布，而在较大尺度上(10～30m)则转为随机分布(图 3a)。

3.4.2 样地内优势种的空间分布格局

样地内重要值排前十的优势物种的空间分布格局如图 4 所示，由点格局分析可知，短柄枹在 0～30m 尺度上几乎均呈随机分布(图 4a)；鹿角杜鹃、甜槠在 0～30m 尺度上均呈聚集分布(图 4c,i)。青冈、长叶石栎、川桂、满山红、马银花、厚皮香均在较小尺度上(0～5m 左右)呈聚集分布，而在较大尺度上则呈随机分布(图 4e,g,k,m,o,s)；尖连蕊茶在 0～20m 尺度上呈聚集分布，在 20～30m 尺度上呈随机分布(图 4q)。

4 讨论与结论

该样地内木本植物(DBH≥1cm)共 132 种，隶属于 42 科 78 属。其中，优势科包括杜鹃花科、壳斗科、樟科、山茶科，优势种包括短柄枹、鹿角杜鹃、青冈、长叶石栎、甜槠。从物种组成分析的结果来看，样地优势科与百山祖样地[20]、江西大岗山样地[21]、武夷山大安源样地[22]等的类似，包括以杜鹃花科、壳斗科、樟科、山茶科、冬青科等占据优势。优势种也有类似，九宫山样地主要优势种包括短柄枹、鹿角杜鹃、青冈、长叶石栎、甜槠、川桂、满山红、马银花、尖连蕊茶、厚皮香等，这与百山祖样地共有种包括鹿角杜鹃、尖连蕊茶等。九宫山样地内植物种类 132 种/hm^2，均多于浙江天台山甜槠群落样地[11](120° 50'E～121° 50'E,29° 09'N～29° 28'N)65 种/hm^2、福建武夷山常绿阔叶林样地[23](117° 50'E,27° 53'N)96 种/hm^2，这说明该区域的森林植被保存较好，物种丰富。

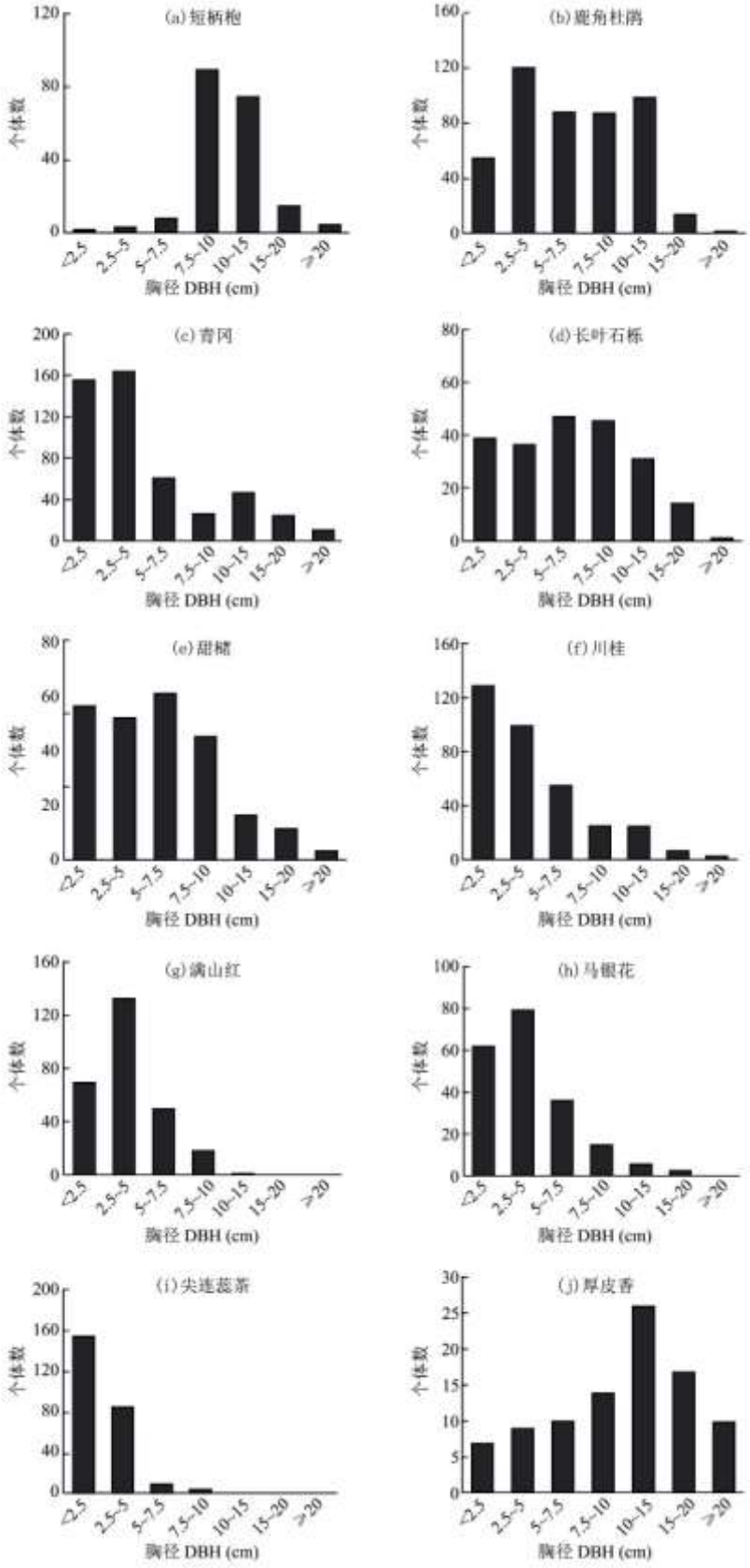

图 2 1hm^{2}样地内 10 种优势物种的径级结构

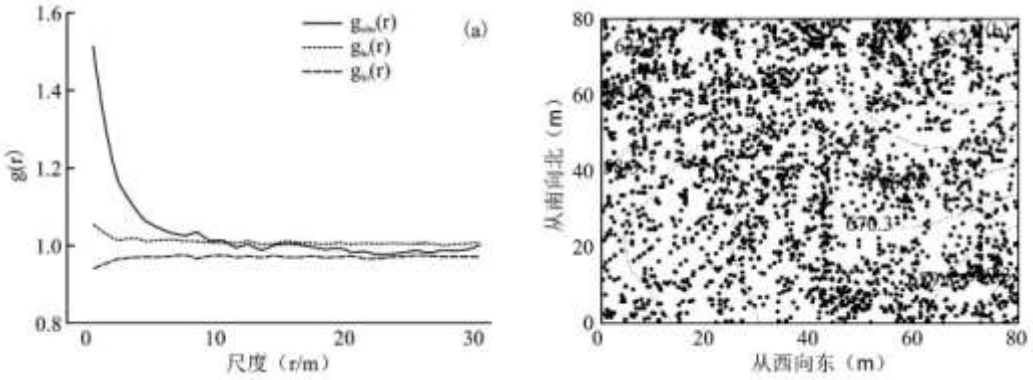

图 3 1hm²样地内植物个体(DBH≥1cm)点格局分析(a)及空间分布图(b)

根据世界种子植物科的分布区类型系统[16]以及中国种子植物属的分布类型[17]划分区系的标准，对石龙沟 1hm² 森林样地木本植物的科、属分布类型进行了分析，研究结果与雷公山甜槠栲群落[9]研究结果相似，都是以泛热带分布占据优势，属分布类型与井冈山自然保护区样地[24]、古田山国家级自然护区样地[25]等研究结果类似，与它们共有的分布类型包括泛热带分布和北温带分布类型。该样地内植物区系其科、属区系分布类型均以泛热带分布占据优势，北温带分布也有所优势，同时具有热带区系和温带区系的特点，这可能与九宫山自然保护区所处在的中亚热带向北亚热带过渡区域的独特的地理相关[14]。

样地内所有木本植物个体的径级结构均呈倒“J”型，浙江天童山样地[26]、鼎湖山南亚热带常绿阔叶林样地[27]、江西大岗山低海拔常绿阔叶林样地[21]等的研究也有着类似的结果，样地内大部分优势种都呈现出小径级个体数量较多，且个体数量随着龄级的增大而减少的变化趋势。如该样地内的甜槠种群径级结构的研究结果与黄山常绿阔叶林样地[12]、古田山常绿阔叶林样地[28]等的研究结果相似。该样地内的甜槠种群与黄山样地内的甜槠种群均呈现出小径级的个体数量较多，其个体数量随着龄级的增加而逐渐减少的结果。九宫山样地甜槠的径级结构较为完整，中间没有出现径级缺失的情况，这表明九宫山样地内的甜槠种群处在一个增长的阶段，是一个更新能力较强且较为稳定的种群。

九宫山样地内木本植物的空间分布格局以聚集分布为主，部分优势种在小尺度上呈聚集分布，而在较大尺度上则呈随机分布，浙江省青冈常绿阔叶林样地[29]、浙江古田山样地[30]等的研究也有着类似的结果。样地内青冈、长叶石栎、川桂、满山红、马银花、厚皮香种群个体数量随径级的增加而逐渐减少，分布格局呈现出小尺度聚集分布转向大尺度随机分布的趋势，这可能与种群个体数量变化有关，尺度的变化可能引起种群个体数量的变化。而随机作用的增大，可能与物种的生物学特性和生存对策有关，如青冈、长叶石栎、尖连蕊茶的种子大且传播距离近，因而种子聚集在母树的周围呈集群分布，而为了维持种群内个体的正常生长和整个种群的稳定，幼苗又很难生长为大树，从而使得聚集的程度减低，随机作用变大。样地内植物分布格局没有表现出均匀分布，表明种内个体竞争表现并不明显，可能是其他机制，如生境条件(地形、土壤等)在起主要作用。该样地中的甜槠种群中小径级的个体数量较多，呈聚集分布，这与安徽黄山样地[31]、浙江天台山样地[32]甜槠种群的分布格局研究结果相似，这与种子繁殖有关，种子自然成熟后掉落在母树的周围，萌发后产生幼苗，因而促进了甜槠种群的聚集分布。

以栲类为代表的亚热带常绿阔叶林具有重要的生态价值，本文的研究结果为认识湖北省九宫山国家级自然保护区以甜槠优势种的常绿阔叶林的群落结构、物种组成以及空间分布格局提供了科学数据，建议进一步加强该植被群落的保护，并开展长期的定位监测研究。

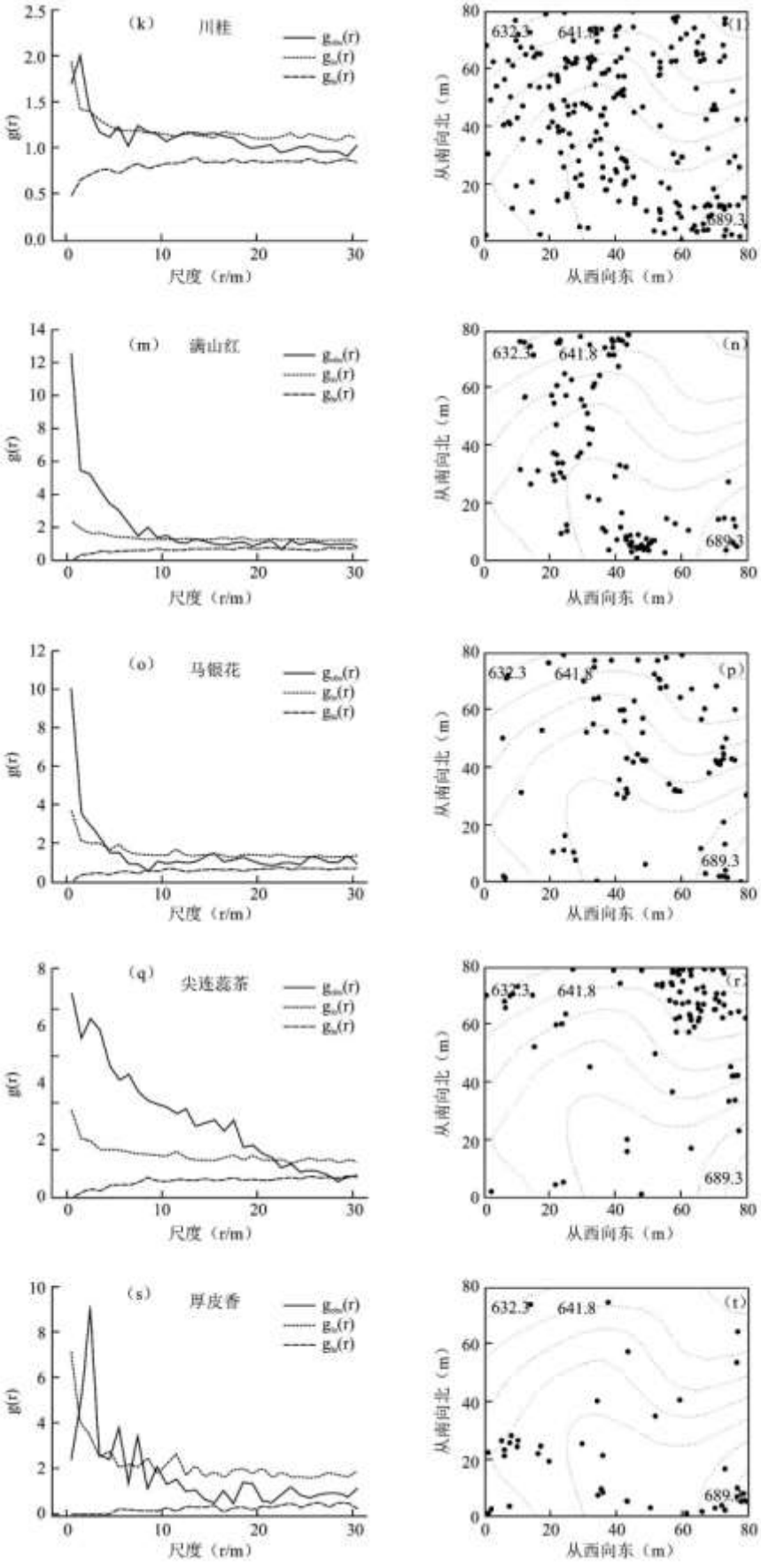
(k) 川桂
(l)
(m) 满山红
(n)
(o) 马银花
(p)
(q) 尖连蕊茶
(r)
(s) 厚皮香
(t)
g(r)
尺度（r/m）
从南向北（m）
从西向东（m）
632.3
641.8
689.3

图 4 10 个优势种点格局分析(左)及空间分布图(右)

参考文献：

[1]宋永昌. 中国常绿阔叶林[M]. 北京:科学出版社，北京，2013.

[2]叶万辉，练琚菡，曹洪麟.中国栲属植物建群种地理分布与替代规律分析[C].中国生物多样性保护与研究进展，2002(7):281-287.

[3]SHARMA C L,SHARMA M,CARTER M J,et al.Inter species wood variation of Castanopsis,species of Meghalaya.Journal of the Indian Academy my of Wood Science,2011,8(2):124-129.

[4]中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社，2006.

[5]LI P,HAN W X,ZHANG C,et al.Nutrient resorption of Castanopsis eyrei varies at the defoliation speaks in spring and autumn in a subtropical forest.Anhui,China[J].Ecological Research,2015,30:111-118.

[6]陈庆铨. 甜槠林的群落结构特征研究[J]. 福建林学院学报，1997,17(1):88-91.

[7]李传霞. 南岳衡山甜槠林群落分析[J]. 中南林业科技大学学报，2010,30(9):34-37,45.

[8]黄虹，谢宇，黄兆祥，等. 江西井冈山甜槠群落特征及物种多样性[J]. 环境与开发，2001(1):10-11.

[9]闫国华，刘齐明，赵小鹏，等. 雷公山甜槠栲群落的物种结构与多样性特征[J]. 贵州农业科学，2013,41(8):28-33.

[10]林苗芳，叶文，邓双文，等. 广东优势群落甜槠林多样性研究[J]. 植物科学学报，2019,37(3):348-355.

[11]金则新，朱小燕，林恒琴，等. 浙江天台山甜槠种内与种间竞争研究[J]. 生态学杂志，2004,23(2):22-25.

[12]李小东，丁晖，吴俊，等.黄山常绿阔叶林优势种甜槠的种群动态与点格局分析[J].西北植物学报，2018,38(11):2110-2119.

[13]熊登煜，王建，等. 湖北九宫山自然保护区异地保存珍稀濒危植物初探[J]. 林业资源管理，2009(4):101-104.

[14]杨春锋，孙士国，刘星，等. 九宫山自然保护区植物及其特征的初步研究[J]. 武汉植物学研究，2001,19(6):475-482.

[15]CONDIT R.Tropical forest census plots:Methods and results from Barro Colorado Island,Panama and comparion with other plots[M].Berlin:Springer,1998.

[16]吴征镒，周浙昆，李德铢，等. 世界种子植物科的分布区类型系统[J]. 云南植物研究，2003,25(3):245-257.

[17]吴征镒. 中国种子植物属的分布类型[J]. 云南植物研究，1991.

[18]RLPLEY B D.Modelling spatial patterns[J].Journal of the Royal Statistical Society:Series B(Methodological), 1977,39(2):172-192.

[19]张金屯. 植物种群空间分布的点格局分析[J]. 植物生态学报, 1998,22(4):344-349.

[20]徐敏, 骆争荣, 于明坚, 等. 百山祖北坡中山常绿阔叶林的物种组成和群落结构[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2007,33(4):450-457.

[21]宋庆丰,王兵,牛香,等.江西大岗山低海拔常绿阔叶林物种组成与群落结构特征[J].生态学杂志,2020,39(2):384-393.

[22]杨青, 丁晖, 方炎明, 等. 武夷山大安源甜槠常绿阔叶林群落物种组成及多样性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2014,23(1):44-50.

[23]杨云方,丁晖,徐海根,等.武夷山典型常绿阔叶林 4 个主要植物种群点格局分析[J].生态与农村环境学报,2013,29(2):184-190.

[24]邓贤兰. 井冈山自然保护区甜槠群落物种多样性分析[J]. 井冈山师范学院学报, 2003,24(5):10-13.

[25]胡正华,于明坚,余志良,等. 古田山国家级自然保护区甜槠群落物种多样性研究[J]. 中国生态农业学报,2005,13(1):41-43.

[26]杨庆松,马遵平,谢玉彬,等.浙江天童山 20ha 常绿阔叶林动态监测样地的群落特征[J].生物多样性,2011,19(2):215-223.

[27]叶万辉,曹洪麟,黄忠良,等.鼎湖山南亚热带常绿阔叶林 20 公顷样地群落特征研究[J].植物生态学报,2008(32):274-286.

[28]李立,陈建华,任海保,等.古田山常绿阔叶林优势树种甜槠和木荷的空间格局分析[J].植物生态学报,2010,34(3):241-252.

[29]胡小兵, 于明坚. 青冈常绿阔叶林中青冈种群结构与分布格局[J]. 浙江大学学报(理学版), 2003,30(5):574-579.

[30]徐学红, 于明坚, 胡正华, 等. 浙江古田山自然保护区甜槠种群结构与动态[J]. 生态学报, 2005,25(3):645-653.

[31]张庆费, 陈小勇, 吴化前, 等. 安徽黄山甜槠种群的结构与分布格局[J]. 植物资源与环境, 1997,6(4):35-39.

[32]金则新. 浙江天台山甜槠种群结构与动态[J]. 生态学杂志, 1991,18(6):10-15,32.