

江西大岗山低海拔常绿阔叶林物种组成与群落结构特征

宋庆丰¹ 王 兵^{1,2} 牛 香^{1,2*} 罗志伟³

(¹中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业和草原局森林生态环境重点实验室, 北京 100091; ²北京林业大学生态环境功能提升协同创新中心, 北京 102206; ³中国林业科学研究院亚热带林业实验中心, 江西分宜 336600)

摘 要 以江西大岗山生态站低海拔常绿阔叶林乔木层为研究对象, 在样地调查的基础上, 开展了物种组成、空间分布、生物多样性和群落结构的研究。结果表明: 1) 样地植株密度为 $1667 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$, 来自于 22 科 34 属 41 种, 个体数最多的为樟科、壳斗科和山茶科, 其个体占样地内总个体数的 52.49%, 各物种在环境因素、干扰因素与生物学特性相互影响下, 在空间上呈现规律性分布; 2) Simpson 指数、Shannon 指数、Pielou 均匀度指数和 Menhinick 丰富度指数分别为 0.896、2.674、0.725 和 0.978, 生物多样性指数低于亚热带其他地区常绿阔叶林; 3) 整个样地植株树高阶和径阶均呈现近似倒“J”型分布, 表现为典型的异龄林结构, 说明群落结构较为稳定, 但就每个物种而言, 树高阶和径阶具有多种分布形式, 如在径阶分布方面, 刨花楠 (*Machilus pauhoi*) 为类似泊松分布, 而丝栗栲 (*Castanopsis fargesii*) 则为多峰分布; 4) 群落处于近顶极群落阶段, 建群种为丝栗栲、刨花楠和山矾 (*Symplocos sumuntia*), 从树高阶分布和径阶分布上看, 三者具有稳定的种群结构, 有利于整个群落的稳定发展。本研究有助于认识多物种组成在演替过程中资源竞争变化规律, 为探讨森林群落演替过程及其维持机制和生态系统服务功能提升提供了科学依据。

关键词 生物多样性; 空间分布; 建群种; 演替

The characteristic of species composition and community structure of low-altitude evergreen broad-leaved forest in Dagang Mountain, Jiangxi Province. SONG Qing-feng¹, WANG Bing^{1,2}, NIU Xiang^{1,2*}, LUO Zhi-wei³ (¹Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Forest Ecology and Environment, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; ²Beijing Collaborative Innovation Center for Eco-environmental Improvement with Forestry and Fruit Trees, Beijing 102206, China; ³Experimental Center for Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fenyi 336600, Jiangxi, China).

Abstract: We investigated species composition, spatial distribution, biodiversity, and community structure of tree layer in an evergreen broad-leaved forest at low elevation in Dagang Mountain Ecological Station in Jiangxi Province. The results showed that: (1) Plant density was $1667 \text{ individuals} \cdot \text{hm}^{-2}$ and there were 22 families, 34 genera and 41 species. Lauraceae, Fagaceae and Theaceae were most abundant, accounting for 52.49% of the total abundance. In addition, each species had a regular spatial distribution under the influence of environmental factors, disturbance factors and biological characteristics. (2) Simpson index, Shannon index, Pielou evenness index and Menhinick richness index were 0.896, 2.674, 0.725 and 0.978, respectively, which were lower than other evergreen broad-leaved forests in subtropical regions. (3) The height and diameter classes of trees showed an inverted “J” type distribution, which represented a typical

中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(CAFYBB2019SY023)、十三五国家重点研发计划专题(2017YFC0503804-03)和林业科技创新平台运行补助项目(2019132125)资助。

收稿日期: 2019-07-08 接受日期: 2019-11-27

* 通讯作者 E-mail: niuxiang@caf.ac.cn

heterogeneous forest structure and a relatively stable community structure. For each species, the height class and diameter class of trees had several distribution forms. For example, diameter distribution of *Machilus pauhoi* followed Poisson distribution, while *Castanopsis fargesii* followed multi-peak distribution. (4) This community was in the near climax community stage, with constructive species of *C. fargesii*, *M. pauhoi* and *Symplocos sumuntia*. In terms of tree height class and diameter class distribution, these three species had stable population structure, which was beneficial to the stable development of the whole community. Our results were helpful for understanding the variation of resource competition in the succession process of multi-species composition, providing scientific support for exploring forest community succession and its maintenance mechanism and the enhancement of ecosystem services.

Key words: biodiversity; spatial distribution; constructive species; succession.

常绿阔叶林是亚热带地区的地带性植被,中国是全球常绿阔叶林分布的主体(陈方敏等,2010),主要是因为面积较大以及发育最为典型(丁晖等,2016)。常绿阔叶林生物多样性十分丰富,具有较强的生态功能(Trumbore *et al.*,2015),在维护生态环境平衡方面作用独特。但是,由于人们认识的局限性,忽略了常绿阔叶林的重要作用,再加上人口膨胀、经济发展以及区域性资源匮乏,导致原始的常绿阔叶林遭到了严重的破坏,大部分森林处于人工管理或自然状态下的次生演替进程中,主要表现在物种组成简单、群落结构不稳定等方面(王兵等,2005a)。

探析生态系统关键过程及生态功能形成与维持机制的关键在于了解群落物种组成及其空间结构,进而为研究生态系统时空动态格局提供理论依据(姚良锦等,2017)。森林生态系统功能(涵养水源、固碳释氧、调节气候和生物多样性保育等)的提供在很大程度上依赖于森林群落结构,比如:群落生产力与径级结构及其多样性存在显著正相关关系(Zhang *et al.*,2015)。近年来,国内外生态学家借助于动态监测样地开展了大量的森林群落物种组成与群落结构的研究(Guariguata *et al.*,2001;Anderson *et al.*,2015;陈斯,2017;邹顺等,2018;钱海源等,2018),在群落结构方面,往往集中在个体密度、径级结构和树高结构等方面。除了这几项指标数据较易获得外,还与其重要的生态学意义有重要的关系,尤其是在气候变化对森林生态系统的影响方面(Anderegg *et al.*,2016)。林分结构决定林分功能,则生态功能的强弱与群落结构的变化有着直接的关系(岳永杰,2008)。

江西大岗山森林生态系统国家野外科学观测研究站(以下简称:大岗山森林生态站)位于中亚热

带,常绿阔叶林为其地带性植被之一,主要由壳斗科、樟科、山茶科和金缕梅科常绿树种组成(王兵等,2005a)。历史上,由于种种原因,常绿阔叶林受到了严重的破坏,目前分布有大量的常绿阔叶次生林,林相破碎化严重。大岗山林区常绿阔叶林有明显的海拔梯度分布特征,本研究集中在低海拔分布的常绿阔叶林。前人关于大岗山森林生态站常绿阔叶林群落特征研究主要集中在物种组成和生物多样性等方面(王兵等,2005a,2005b;王燕等,2009),未见对其群落结构的研究。为此,本研究在低海拔地区的典型区域布设1 hm²常绿阔叶林固定动态监测样地,在样地调查的基础上,对其乔木层物种组成及群落结构开展研究,构建常绿阔叶林长期监测体系和基础数据库,为保护常绿阔叶林资源及其生态功能恢复提供技术支撑。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于大岗山森林生态站,地理坐标为114°30'E—114°45'E,27°30'N—27°50'N。站区面积1万hm²,地处罗霄山脉北段武功山支脉,地势起伏较大,以地山丘陵地貌为主。大岗山森林生态站位于中亚热带,属于亚热带季风湿润区,日照充足,雨量充沛。年均温度16.8℃,年均降雨量为1590.09mm,降雨量集中在4—6月份,约占年总降雨量的45%。该区土壤属长江中下游低山丘陵红壤、黄壤类型,植被类型主要有常绿阔叶林、杉木林、毛竹林等。研究区内常绿阔叶林主要由壳斗科、樟科、山茶科和金缕梅科的树种组成,为地带性植被,也是本区内天然林演替系列的顶极群落。

1.2 样地设置

在江西大岗山森林生态站内,选择具有典型代

表性的区域布设样地,样地面积为 1 hm²。按照国家标准《森林生态系统长期定位观测方法(GB/T 33027-2016)》中的相关规范进行样地设置,样地四角埋设涂油红色油漆的 PVC 管,用红色塑料绳将样地划分为 25 个 20 m×20 m 的调查样方。乔木层的调查因子包括:树种、坐标、胸径、树高、枝下高、冠幅和优势度,每株树木按照极坐标的方法定位,并挂上铝牌。

1.3 研究内容

根据大岗山生态站常绿阔叶林分布的特点,并结合着样地调查数据,进行常绿阔叶林乔木层主要树种的物种特征、林分密度、树高结构、直径结构和生物多样性指数的研究。乔木层主要树种的确定选择:①至少在超过半数的样方(13 个及以上)内出现;②林分密度在 25 株·hm⁻²以上。

1.3.1 树高结构 在林分中,不同高度的林木的分配状态,称作林分树高结构,亦称林分树高分布(岳永杰,2008)。本研究树高起测高度为 1.5 m,由于树高分布范围较广,因此,以 2 m 为树高阶步长对树高结构进行分析。

1.3.2 直径结构 在林分内各种大小直径林木的分配状态,称为林分直径结构(岳永杰,2008)。在所有的林分结构指标中,最重要且最基础的当属林分直径结构,除了数据较易获取外,它在森林经营技术中具有十分基础的作用。本研究以 3 cm 为径阶步长进行统计分析,进而分析各径阶的分布状况,起测胸径为 1 cm。

1.3.3 生物多样性指数 生物多样性是地球上所

有生命形式的总和,其对人类的生存和发展有着至关重要的作用,一般分为 3 个层次,即遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性,本研究中生物多样性指的是群落物种多样性。植物群落物种多样性是指群落中物种的数目和每一物种的个体数目及其均匀度。本研究将采用 Simpson 指数、Shannon 指数、Pielou 均匀度指数和 Menhinick 丰富度指数(范高华等,2016)对常绿阔叶林生物多样性进行解释,采用姚俊宇等(2018)研究所采用的计算模型。

1.4 数据分析

利用 Excel(2007)和 SPSS 17.0 进行数据处理和制图。

2 结果与分析

2.1 物种组成及其空间分布特征

样地内乔木层共有 1667 个独立个体,即植株密度为 1667 株·hm⁻²,来自于 22 科 34 属 41 种,个体数最多的为樟科、壳斗科和山茶科,与大岗山森林生态站常绿阔叶林主要科类相同,3 科类的物种个体占样地内总个体数的 52.49%。样地内存有两种国家二级重点保护植物,分别为香樟(*Cinnamomum camphora*)和苦槠(*Castanopsis sclerophylla*);一种被列入植物红色名录,为紫玉兰(*Magnolia liliiflora*),也是我国特有植物。

个体数分布较多的树种如表 1 所示:最多的为山矾(*Symplocos sumuntia*; 343 株),其次为刨花楠(*Machilus pauhoi*)和丝栗栲(*Castanopsis fargesii*),三者占样地内总株数的 46.97%。各树种的重要值方

表 1 常绿阔叶林乔木层物种组成及其基本信息

Table 1 Species composition and basic information of tree layer in evergreen broad-leaved forest

树种 Species	个体密度 (株·hm ⁻²) Individual density	树高(m) Height			胸径(cm) DBH			重要值 Importance value
		最大树高 Max.	最小树高 Min.	平均树高 Aver.	W 最大胸径 Max.	最小胸径 Min.	平均胸径 Aver.	
油桐 <i>Vernicia fordii</i>	109	23.4	2.5	9.1	31.6	1.7	11.2	3.62
丝栗栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	215	22.7	1.5	9.9	50.5	1.3	19.9	5.47
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	42	18.8	4.3	12.9	32.2	6.5	21.0	2.47
山乌柏 <i>Sapium discolor</i>	28	23.2	4.5	16.2	41.6	2.5	28.6	4.06
山矾 <i>Symplocos sumuntia</i>	343	18.2	1.5	5.4	33.5	1.4	6.1	4.66
刨花楠 <i>Machilus pauhoi</i>	225	20.5	1.7	7.1	48.9	1.2	8.7	5.02
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>	121	19.8	1.5	9.1	42.0	1.5	11.4	4.81
木荷 <i>Schima superba</i>	57	19.7	2.1	6.7	42.2	1.3	8.3	4.42
柃木 <i>Eurya japonica</i>	180	14.8	1.5	4.3	28.2	1.3	4.1	4.14
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	34	16.7	1.5	11.2	42.2	6.4	26.4	4.33
杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i>	39	13.9	2.5	6.1	40.3	1.6	8.6	3.96
其他 Other	274	17.8	1.5	6.3	37.6	1.5	8.6	2.14
合计 Total	1667	23.4	1.5	8.7	50.5	1.2	13.6	49.10

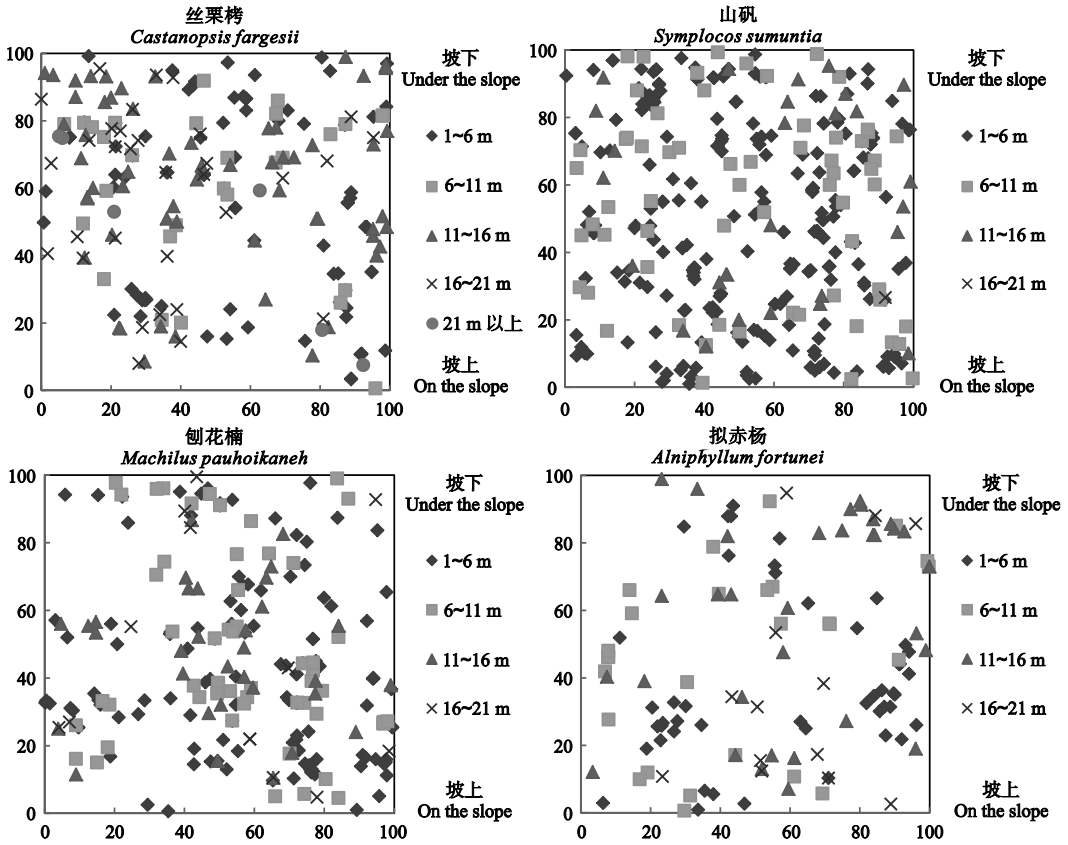


图 1 4 个树种不同树高区间个体数在样地内的空间分布
Fig.1 Spatial distribution of individual number in different height intervals of the four tree species in the sample plot

面,较高的为丝栗栲、刨花楠、拟赤杨 (*Alniphyllum fortunei*) 和山矾 (*Symplocos sumuntia*),从中可以得出,本调查样地的建群种为丝栗栲、刨花楠、山矾。从表 1 中可以看出,丝栗栲在个体数、平均树高、平均胸径和重要值上,都在本研究群落中占有优势。

以重要值较高的 4 种乔木为例,分析了样地内树种的空间分布格局(图 1 和 2)。丝栗栲在样地的中下部分布较多、山矾在样地内均匀分布、刨花楠分布在样地的中部、拟赤杨分布在样地的中上部。

2.2 生物多样性特征

基于诸多生物多样性研究中所采用指数模型(Simpson 指数、Shannon 指数、Pielou 均匀度指数和 Menhinick 丰富度指数),对大岗山森林生态站低海拔常绿阔叶林生物多样性进行分析。经计算得出(表 2):Simpson 指数为 0.896、Shannon 指数为 2.674、Pielou 均匀度指数为 0.725、Menhinick 丰富度指数为 0.978。Simpson 指数能很好地表示群落的优势度,一个或几个物种优势度的变化会直接影响到整个群落,而 Shannon 指数能同时反映群落物种的丰富度和物种分布的均匀度。通过 Menhinick 丰富

度指数可以看出,本研究群落的物种丰富度极高。但是,本研究群落的均匀度指数较低,主要是因为树种个体数之间相差很大,例如:山矾个体数为 343 株,而香樟仅有 1 株。

2.3 群落结构特征

2.3.1 树高结构 从表 1 可以看出,样地内的主要树种中,平均树高最大的为山乌柏 (*Sapium discolor*),为 16.2 m,其次为杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 和苦槠;最大树高出现在油桐 (*Vernicia fordii*),为 23.4 m,其次为山乌柏和丝栗栲;最小树高的最大值为山乌柏,为 4.5 m,其次为杉木、油桐和杜英,表明样地内树高级结构较复杂,有较高的树种树冠在

表 2 常绿阔叶林乔木层生物多样性特征
Table 2 Biodiversity characteristics of tree layer in evergreen broad-leaved forest

生物多样性指数 Biodiversity index	Simpson 指数 Simpson index	Shannon 指数 Shannon index	Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index	Menhinick 丰富度指数 Menhinick richness index
指数值 Index value	0.896	2.674	0.725	0.978

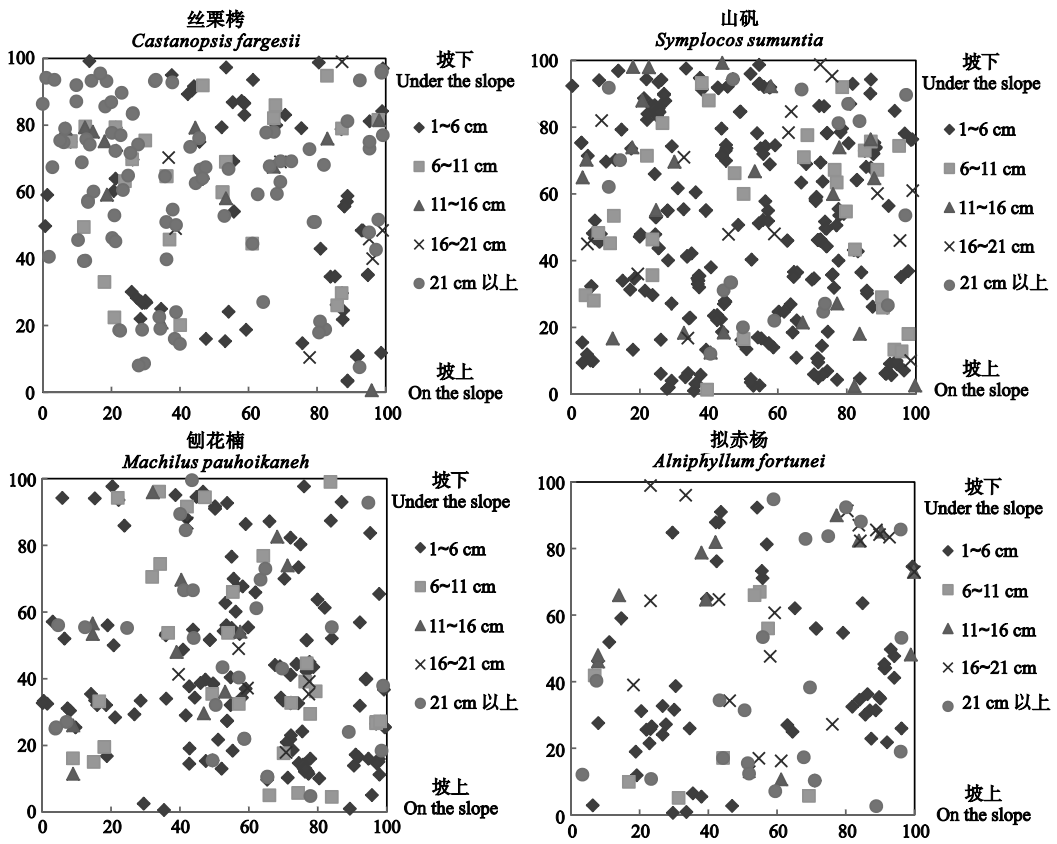


图2 4个树种不同直径区间个体数在样地内的空间分布

Fig.2 Spatial distribution of individual number in different diameters of the four tree species in the sample plot

群落林冠层之上。

从整个样地内的各树高阶个体数来看,全部个体的树高阶分布呈现近似倒“J”型,随着树高阶的加大,其个体数量逐渐减少,超过一半的个体树高较小。从数据分析中可以看出,树高分布在7 m以下的个体数占样地内总个体数的61.55%,说明本研究群落自然更新状况良好,能够实现自我更新。4、5、6、7、8、9级树高阶个体数所占比值分别为8.42%、5.14%、5.92%、7.42%、6.42%和5.14%,其中树高 ≥ 17 m的树种,丝栗栲个体数最多,达到了27株。样地内各主要树高阶个体数分布情况如图3所示,刨花楠、山矾、柃木(*Eurya japonica*)、木荷(*Schima superba*)和杜英(*Elaeocarpus decipiens*)树高阶分布曲线类似于泊松分布,其树高较小的个体较多,在种群发展上具有优势,能实现自我更新(温韩东等,2018)。而杉木和山乌柏树高阶分布曲线类似于正态分布,树高较小与较大的个体数分布较少,大部分集中在11~15 m,从目前的群落优势度来看,二者占有很大的优势。但从种群发展来看,杉木不占有优势,其幼苗被遮挡在冠层下,无法正常实现自我更

新,这一情况与苦槠相同。拟赤杨和油桐树高分布类似,除了树高在9~15 m的个体数较少外,其他树高阶分布相差不大,因为拟赤杨幼苗在被遮挡的情况下,成活率很低,但在无遮挡的区域会迅速地挺拔于林冠之上。

2.3.2 径阶分布 从表1可以看出,各主要树种的平均直径中,最大的为山乌柏,为28.6 cm,其次为苦槠和杉木。最大直径出现在丝栗栲,为50.5 cm,其次为刨花楠、木荷和苦槠。最小直径的最大值出现在杉木和苦槠,分别为6.5和6.4 cm,其次为山乌柏和油桐。4个主要的树种高度在样地内的空间分布如图1所示,与不同直径个体数量在空间上的分布与树高分布相同。

从整个样地的径阶分布来看,与树高阶分布相同,呈现近似的倒“J”型,随着树径阶的增加,其个体数量逐渐减少,达到一定径阶后,株数减少幅度趋于平稳(巢林等,2014)。从数据分析可以看出,分布在5 cm以下的个体数占样地内总个体数的53.26%。但是,直径 ≥ 21 cm的个体数也较多,占总个体数的12.76%,这部分个体对于维持群落的稳定

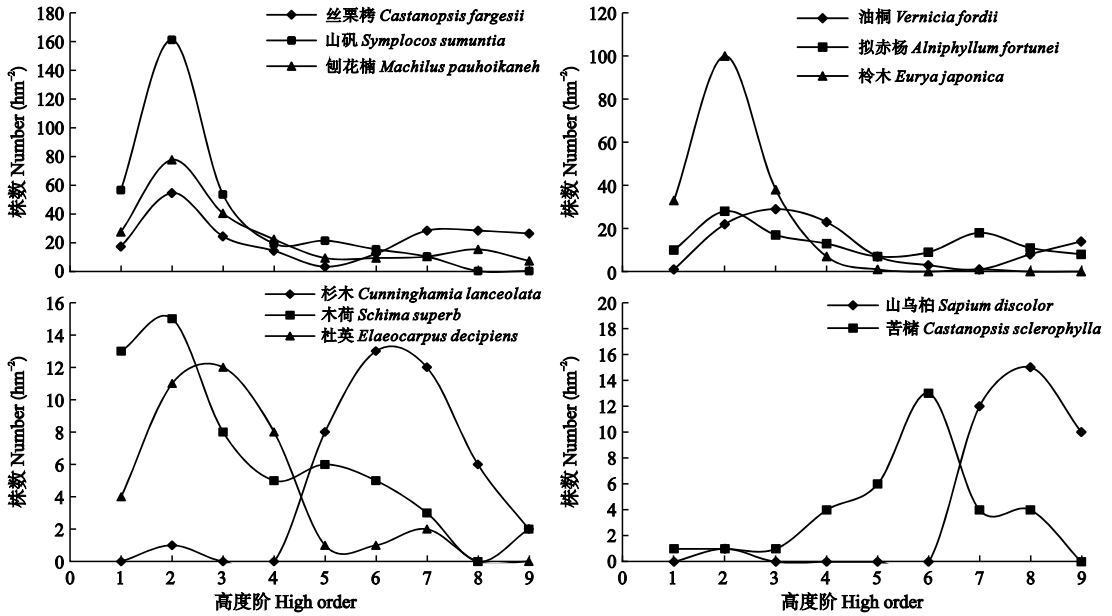


图3 各树种树高阶个体数分布情况
Fig.3 Distribution of high-order individual number of each tree species

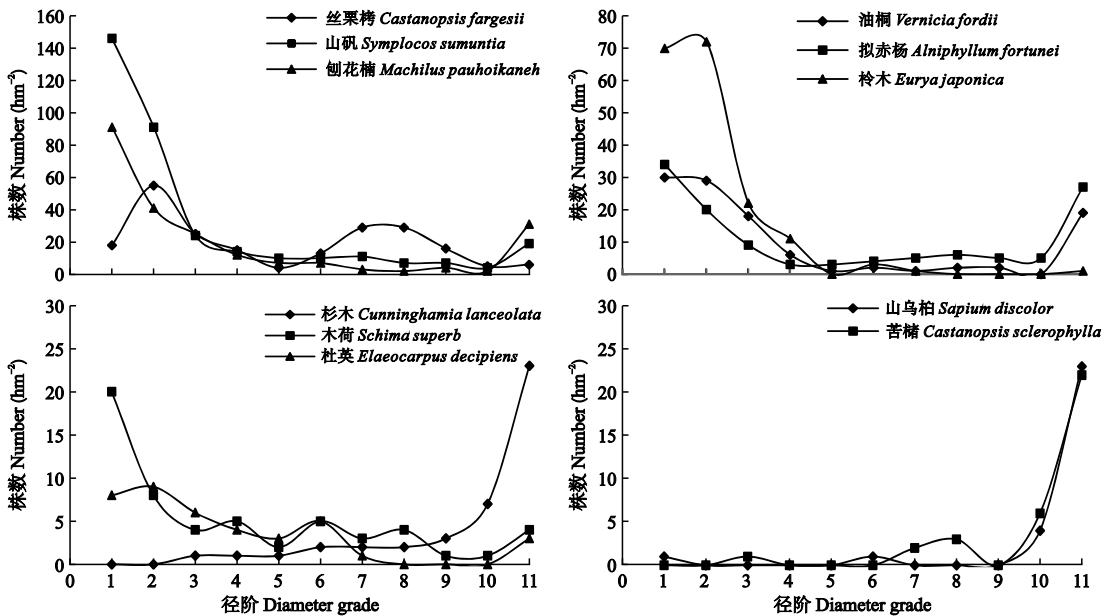


图4 各树种直径阶个体数分布情况
Fig.4 Distribution of individual number in diameter order of each tree species

性起到了非常重要的作用。样地内各主要径阶个体数分布情况如图4所示,山矾、刨花楠、柃木和木荷的小径阶个体数较多,呈现为近似倒“J”分布,种群结构较为稳定,但是,柃木为小乔木,受生物学特性限制,本身直径就较小,而木荷受限于个体数较少,不可能成为群落的优势种群。杉木、山乌柏和苦槠的大径阶个体数较多,≥21 cm的个体数分别占各自个体数的54.76%、79.31%和64.71%,说明这3个种群在群落中处于被淘汰的边缘,无法实现正常的

自我更新。丝栗栲呈现为多峰分布,径阶结构有两个峰值,个体数大部分集中在了3~5和13~17 cm,表明其种群结构稳定,为群落的优势种群。

3 讨论与结论

3.1 讨论

了解生态系统过程及生态功能形成与维持机制的重要途径便是研究群落的物种组成和群落结构 (Gamfeldt *et al.*, 2013)。群落组成结构是功能群划

分、群落演替趋势、植被恢复策略研究的基础,具有重要的生态学意义(陈金磊等,2019)。本研究在样地调查的基础上,对江西大岗山低海拔地区的常绿阔叶林乔木层物种组成、生物多样性、物种空间分布、高度阶以及径阶分布进行了研究。研究结果表明:样地内个体数最多的为樟科、壳斗科和山茶科,与江西大岗山林区常绿阔叶林主要科类相同,三者的物种个体占样地内总个体数的52.49%。大岗山森林生态站位于中亚热带地区,本区域内常绿阔叶林的演替序列为马尾松林、马尾松与木荷的针阔混交林、以栲类为优势种群的常绿阔叶林。从研究结果中可以看出,本调查群落位于接近顶极群落演替阶段,其标志为:栲树在群落中占有优势,木荷次之,苦槠偶见(王兵等,2005a)。同时,由于群落中有拟赤杨种群的存在,说明研究区域遭受到了干扰,王兵等(2005a)研究发现大岗山林区内常绿阔叶林遭到破坏之后,使得喜光的拟赤杨、枫香等树种快速生长,并挺拔于林冠之上,成为群落遭受了干扰的标志。

空间分布格局反映的是一个群落中同一种群的个体或不同种群的个体在水平或垂直空间上相互影响的关系,它是种内竞争和种间竞争及环境相互响应的现象(胡婷,2017)。物种在空间分布上有一定的规律性,主要是由于植物区系组成、生境异质性、人为干扰和植物生物学特性等因素综合响应的结果(吴东丽等,2008;曹琳琳等,2017)。每个物种都能适应一定的环境条件,在群落中占据不同的生态空间,起着不同的生态作用(刘保双等,2013),种群通过植物性状响应环境变化,并对群落功能及群落结构产生影响(林勇,2017)。本研究结果显示:丝栗栲主要分布在山坡中下部,因为中下部距离道路较远,人为干扰较少,郁闭度高于坡上,由于丝栗栲幼苗阶段的耐阴性,则山坡中下部的环境非常有利于丝栗栲种群的幼苗更新(黄玲等,2017)。另外,由于坡面径流的影响,山坡中下部水肥条件较好,有利于丝栗栲的生长。陈睿等(2003)在研究中揭示:土壤肥沃的区域能够很大程度地提升丝栗栲的抗逆性。童书振等(1997)的研究还证明了在立地条件良好的区域,4~36年生的丝栗栲平均胸径较其他高出16%~45%,树高高出5%~35%。钟全林等(2002)研究表明,在土壤厚度小于40 cm处的刨花楠生长状况较好,与本研究结果类似。本研究表明,样地内刨花楠主要分布在坡中,此处土壤厚度较为

适中,坡上由于水土流失土壤较为瘠薄,而坡底容易造成土壤的堆积,均对于刨花楠的生长有一定的影响。姚俊宇等(2018)提出,山矾次生群落对不同程度的干扰均表现出相应的适应性,其中中度人为干扰对于群落构建与森林群落生态恢复而言属于增益性干扰。本研究结果显示,山矾在样地空间上均匀分布。样地的上部临近道路,受干扰较为严重,群落结构易遭受到破坏,也就给拟赤杨的生长提供了适宜的环境。4个主要树种的树高在样地内的空间分布均表现出一定的规律性,例如:拟赤杨树高较小的个体分布在坡上的两边,因为这两个位置距离道路较近,受到干扰非常严重,非常适合拟赤杨幼苗的生长;反观山矾树高较小的个体分布区域往往是其他树种个体分布较多的区域,因为其幼苗需要一定的遮阴才能成活(刘青松等,2006)。但是,通过分析树高和直径的空间分布来看,除了拟赤杨分布与其树高空间分布相同外,其他3个树种的分布均呈现为直径较大的个体在坡下分布数量大于树高较大的分布,可能是在干扰强度较小的情况下,各树种对于地上空间资源的竞争机会均等,主要在于地下空间资源的竞争,尤其是对于土壤养分的竞争,因为在本地区,水分不是影响植物生长的限制性因子(余华等,2018)。

从整个样地树高阶和径阶分布来看,均呈现出明显的倒“J”型分布,随着树高阶和径阶的增加,其个体数量逐渐减少,达到一定树高阶和径阶后,株数减少幅度趋于平稳(巢林等,2014),表现为典型的异龄林结构,主要优势种群自然更新良好,属于增长型(林勇,2017),说明群落结构较为稳定。岳永杰(2008)在研究中指出,无论是径阶还是树高阶呈现倒“J”型分布,说明群落可以实现自我更新,有利于群落的稳定发展。温韩东等(2018)研究中也得出了相同的结论。本样地平均胸径为13.6 cm,从样地内各树种的平均胸径来看,高于国内其他亚热带地区的森林动态监测样地。例如:湖南八大公山样地平均胸径为5.41 cm(卢志军等,2013)、古田山样地平均胸径为5.21 cm(祝燕等,2008)、湖北七姊妹山样地平均胸径为4.38 cm(姚良锦等,2017)。样地所处区域属于村里的集体林权,但是由于本研究群落为次生林,没有太大的采伐价值,进而得到了保护,保留了一定数量的高大个体。目前,本研究群落处于近顶极群落阶段,各种群间形成了稳定的维持机制,也是生物多样性较低的原因,因为在群落干扰

后自然恢复的中期阶段生物多样性最高(龚直文等,2009)。样地内还存有少量的常绿阔叶林先锋树种:木荷(57株),其平均树高和平均胸径均较低,分别为6.7 m和8.3 cm。同时,样地内已经初步形成了本区域常绿阔叶林顶极群落物种,丝栗栲和苦槠,其平均树高分别为9.9和11.2 m、平均胸径分别为19.9和26.4 cm。另外,丝栗栲的径阶分布较为合理,有利于种群的稳定发展,这在生物多样性保护和生态系统服务方面将发挥更加重要的作用(姚良锦等,2017)。对受干扰后自然恢复到近顶极群落的森林生态系统进行长期动态监测,有助于开展多物种组成在演替过程中资源竞争变化规律的研究,为探讨森林群落演替过程及其维持机制和生态系统服务功能提升提供资源共享平台。但是,由于本样地面积较小,还有许多信息没有被发现,将在以后的扩大样地中进行弥补,探讨更多重要的群落维持机制与演替信息。

3.2 结论

本研究样地个体数最多的为樟科、壳斗科和山茶科,三者的个体占样地内总个体数的52.49%。各种群在空间分布上表现出一定的规律性,主要是由环境要素、干扰要素和植物生物学特性相互影响的结果。

Simpson 指数、Shannon 指数、Pielou 均匀度指数和 Menhinick 丰富度指数分别为0.896、2.674、0.725和0.978,低于亚热带其他地区常绿阔叶林。

从整个样地树高阶和径阶分布来看,均呈现为近似倒“J”型分布,表现为典型的异龄林结构,说明群落结构较为稳定,有利于群落的稳定发展。

本研究群落处于近顶极群落阶段,建群种为丝栗栲、刨花楠、山矾,三者种群结构较为稳定,对于维持整个群落的发展具有十分重要的作用。

参考文献

曹琳琳,苏宝玲,周旺明,等.2017.长白山区典型植被类型物种多样性空间分布的尺度效应.生态学杂志, **36**(11): 3102-3108. [Cao LL, Su BL, Zhou WM, et al. 2017. Scale-dependent spatial variation of species diversity in typical vegetation types in Changbai Mountain, China. *Chinese Journal of Ecology*, **36**(11): 3102-3108.]

巢林,洪滔,林卓,等.2014.中亚热带杉阔混交林直径分布研究.中南林业科技大学学报, **34**(9): 31-37. [Chao L, Hong T, Lin Z, et al. 2014. Study on diameter distribution of Chinese fir and broad-leaved forest in mid-subtropical. *Journal of Central South University of Forestry*

& *Technology*, **34**(9): 31-37.]

陈方敏,徐明策,李俊祥.2010.中国东部地区常绿阔叶林景观破碎化.生态学杂志, **29**(10): 1919-924. [Chen FM, Xu MC, Li JX. 2010. Landscape fragmentation of evergreen broadleaved forest in East China. *Chinese Journal of Ecology*, **29**(10): 1919-924.]

陈金磊,方晰,辜翔,等.2019.中亚热带2种森林群落组成、结构及区系特征.林业科学, **55**(2): 159-172. [Chen JL, Fang X, Gu X, et al. 2019. Composition, structure, and floristic characteristics of two forest communities in the Central-Subtropical China. *Scientia Silvae Sinicae*, **55**(2): 159-172.]

陈睿,洪伟,郭文才,等.2003.中亚热带丝栗栲群落的物种周转速率研究.江西农业大学学报, **25**(5): 666-670. [Chen R, Hong W, Guo WC, et al. 2003. Studies on the species turnover rate of the middle-subtropical *Castanopsis fargesii* community. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, **25**(5): 666-670.]

陈斯.2017.金子山亚热带常绿落叶阔叶混交林群落结构与物种多样性(硕士学位论文).湖北恩施:湖北民族大学. [Chen S. 2017. Community structure and species diversity of subtropical evergreen-deciduous mixed broadleaved forest in Jinzi Mountain (Master's thesis). Enshi: Hubei Minzu University.]

丁晖,方炎明,杨新虎,等.2016.黄山亚热带常绿阔叶林的群落特征.生物多样性, **24**(8): 875-887. [Ding H, Fang YM, Yang XH, et al. 2016. Community characteristics of a subtropical evergreen broad-leaved forest in Huangshan, Anhui Province, East China. *Biodiversity Science*, **24**(8): 875-887.]

范高华,神祥金,李强,等.2016.松嫩草地草本植物生物多样性:物种多样性和功能群多样性.生态学杂志, **35**(12): 3205-3214. [Fan GH, Shen XJ, Li Q, et al. 2016. Herbaceous plant biodiversity in Songnen grassland: Species diversity and functional group diversity. *Chinese Journal of Ecology*, **35**(12): 3205-3214.]

龚直文,亢新刚,顾丽.2009.森林植被恢复阶段群落研究动态综述.江西农业大学学报, **31**(2): 283-291. [Gong ZW, Kang XG, Gu L. 2009. Dynamics of community study on forest vegetation in restoration stages. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, **31**(2): 283-291.]

胡婷.2017.基于1 hm²样地的上海环城绿带群落结构特征研究(硕士学位论文).湖南长沙:中南林业科技大学. [Hu T. 2017. Study on the characteristics of greenbelt community structure in Shanghai based on a 1 hm² plot (Master's thesis). Changsha: Central South University of Forestry and Technology.]

黄玲,游娜,翁贤权,等.2017.遮阳对丝栗栲种子萌发和幼苗生长的影响.中国观赏园艺研究进展(2017): 529-532. [Huang L, You N, Weng XQ, et al. 2017. Effects of shading on seed germination and seedling growth of *Castanopsis fargesii*. *Advances in ornamental horticulture in China* (2017): 529-532.]

刘保双,付登高,吴晓妮,等.2013.滇中次生常绿阔叶林优

- 势树种的空间格局. 生态学杂志, **32**(3): 551-557. [Liu BS, Fu DG, WU XN, *et al.* 2013. Spatial patterns of dominant species in secondary evergreen broad-leaved forest in central Yunnan, Southwest China. *Chinese Journal of Ecology*, **32**(3): 551-557.]
- 刘青松, 齐代华, 桂俊, 等. 2006. 四川山矾种群在不同群落中空间分布格局研究. 西南农业大学学报: 自然科学版, **28**(3): 418-421. [Liu QS, Qi DH, Gui J, *et al.* 2006. Study on the spatial distribution patterns of *Symplocos setchuanensis* population in different communities in the Jinyun Mountains. *Journal of Southwest Agricultural University*, **28**(3): 418-421.]
- 林勇. 2017. 湖北金子山常绿阔叶混交林主要优势种群结构与动态(硕士学位论文). 湖北恩施: 湖北民族大学. [Lin Y. 2017. The structure and dynamics of main dominant populations of evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest in Jinzi Mountain of Hubei, China (Master's thesis). Enshi: Hubei Minzu University.]
- 卢志军, 鲍大川, 郭屹立, 等. 2013. 八大公山中亚热带山地常绿阔叶混交林物种组成与结构. 植物科学学报, **31**(4): 336-344. [Lu ZJ, Bao DC, Guo YL, *et al.* 2013. Community composition and structure of Badagongshan (BDGS) forest dynamic plot in a mid-subtropical mountain evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest, Central China. *Plant Science Journal*, **31**(4): 336-344.]
- 钱海源, 张田田, 陈声文, 等. 2018. 古田山自然保护区阔叶林与两种人工林的群落结构和生物多样性. 广西植物, **38**(10): 1371-1381. [Qian HY, Zhang TT, Chen SW, *et al.* 2018. Community structures and biodiversities of broad-leaved forest and two types of plantations in Gutianshan National Nature Reserve, Zhejiang Province. *Guihaia*, **38**(10): 1371-1381.]
- 童书振, 叶芬, 张建国, 等. 1997. 丝栗栲林生长与生产力的研究. 林业科学研究, **10**(6): 612-618. [Tong SZ, Ye F, Zhang JG, *et al.* 1997. Growth and productivity of *Castanopsis fargesii* stands. *Forest Research*, **10**(6): 612-618.]
- 王兵, 李海静, 郭泉水, 等. 2005a. 江西大岗山森林生物多样性研究. 北京: 中国林业出版社. [Wang B, Li HJ, Guo QS, *et al.* 2005a. Study on forest biodiversity in Dagang Mountain, Jiangxi province. Beijing: China Forestry Press.]
- 王兵, 李海静, 李少宁, 等. 2005b. 大岗山中亚热带常绿阔叶林物种多样性研究. 江西农业大学学报, **27**(5): 678-682+699. [Wang B, Li HJ, Li SN, *et al.* 2005b. Studies on community types and species diversity of evergreen broad-leaved forests in Dagangshan Mountains. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, **27**(5): 678-682+699.]
- 王燕, 刘苑秋, 杨清培, 等. 2009. 江西大岗山常绿阔叶林群落特征研究. 江西农业大学学报, **31**(6): 1055-1062+1068. [Wang Y, Liu YQ, Yang QP, *et al.* 2009. A study on the community characteristics of evergreen broad-leaved forest in Dagangshan Mountains of Jiangxi Province. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, **31**(6): 1055-1062+1068.]
- 温韩东, 林露湘, 杨洁, 等. 2018. 云南哀牢山中山湿性常绿阔叶林 20 hm² 动态样地的物种组成与群落结构. 植物生态学报, **42**(4): 419-429. [Wen HD, Lin LX, Yang J, *et al.* 2018. Species composition and community structure of a 20 hm⁻² plot of mid-mountain moist evergreen broad-leaved forest on the Mts. Ailaoshan, Yunnan Pro-vince, China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, **42**(4): 419-429.]
- 吴东丽, 张金屯, 王春乙, 等. 2008. 野生大豆群落种群空间分布特性. 生态学杂志, **27**(8): 1290-1295. [Wu DL, Zhang JT, Wang CY, *et al.* 2008. Spatial distribution characteristics of species populations in *Glycine soja* community. *Chinese Journal of Ecology*, **27**(8): 1290-1295.]
- 姚俊宇, 齐锦秋, 张柳桦, 等. 2018. 人为干扰对碧峰峡山矾次生林群落物种多样性和土壤理化性质的影响. 生态学杂志, **37**(10): 2942-2950. [Yao JY, Qi JQ, Zhang LH, *et al.* 2018. Effects of anthropogenic disturbance on species diversity and soil physicochemical properties of *Symplocos sumuntia* secondary forest in Bifengxia. *Chinese Journal of Ecology*, **37**(10): 2942-2950.]
- 姚良锦, 姚兰, 易咏梅, 等. 2017. 湖北七姊妹山亚热带常绿阔叶混交林的物种组成和群落结构. 生物多样性, **25**(3): 275-284. [Yao LJ, Yao L, Yi YM, *et al.* 2017. Species composition and community structure of a 6-ha subtropical evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest dynamics plot in the Qizimei Mountains, Hubei Province. *Biodiversity Science*, **25**(3): 275-284.]
- 余华, 钟全林, 黄云波, 等. 2018. 不同种源刨花楠林下幼苗叶功能性状与地理环境的关系. 应用生态学报, **29**(2): 449-458. [Yu H, Zhong QL, Huang YB, *et al.* 2018. Relationships between leaf functional traits of *Machilus pauhoi* understory seedlings from different provenances and geographical environmental factors. *Chinese Journal of Applied Ecology*, **29**(2): 449-458.]
- 岳永杰. 2008. 北京山区防护林优势树种群落结构研究(博士学位论文). 北京: 北京林业大学. [Yue YJ. 2008. Study on Community Structure of Dominant Species of Protection Forest in Beijing Mountainous Area (PhD thesis). Beijing: Beijing Forestry University.]
- 钟全林, 胡松竹, 黄志强, 等. 2002. 刨花楠生长特性及其生态因子影响分析. 林业科学, **38**(2): 165-168. [Zhong QL, Hu SZ, Huang ZQ, *et al.* 2002. Growth characters and effects of ecological factors on machilus pauhoi. *Scientia Silvae Sinicae*, **38**(2): 165-168.]
- 祝燕, 赵谷凤, 张俐文, 等. 2008. 古田山中亚热带常绿阔叶林动态监测样地——群落组成与结构. 植物生态学报, **32**(2): 262-273. [Zhu Y, Zhao GF, Zhang LW, *et al.* 2008. Community composition and structure of Gutianshan forest dynamic plot in a mid-subtropical evergreen broad-leaved forest, East China. *Journal of Plant Ecology*, **32**(2): 262-273.]
- 邹顺, 周国逸, 张倩媚, 等. 2018. 1992—2015年鼎湖山季风常绿阔叶林群落结构动态. 植物生态学报, **42**(4): 442-452. [Zou S, Zhou GY, Zhang QM, *et al.* 2018. Long-term (1992-2015) dynamics of community composition and structure in a monsoon evergreen broad-leaved forest in Din-

- ghushan Biosphere Reserve. *Chinese Journal of Plant Ecology*, **42**(4): 442–452.]
- Anderegg WRL, Klein T, Bartlett M, *et al.* 2016. Meta-analysis reveals that hydraulic traits explain cross-species patterns of drought-induced tree mortality across the globe. *PNAS*, **113**: 5024–5029.
- Anderson-Teixeira KJ, Davies SJ, Bennett AC, *et al.* 2015. CTFS-ForestGEO: A worldwide network monitoring forests in an era of global change. *Global Change Biology*, **21**: 528–549.
- Gamfeldt L, Snäll T, Bagchi R, *et al.* 2013. Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nature Communications*, **4**: 1340 | DOI: 10.1038/ncomms2328.
- Guariguata MR, Ostertag R. 2001. Neotropical secondary forest succession: Changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, **148**: 185–206.
- Trumbore S, Brando P, Hartmann H. 2015. Forest health and global change. *Science*, **349**: 814–818.
- Zhang Y, Chen HYH. 2015. Individual size inequality links forest diversity and above-ground biomass. *Journal of Ecology*, **103**: 1245–1252.
-
- 作者简介** 宋庆丰,男,1983年生,博士研究生,研究方向为森林生态系统关键过程长期监测与评估。E-mail: songqingfeng@caf.ac.cn
- 责任编辑** 张敏
-