

崤山南麓胡桃楸混交林群落结构及空间分布格局

梅继林¹, 史有庄², 朱学灵³, 苏晓迪³, 张硕³, 鲁雪丽⁴

1. 潢川县林业工作站, 河南 信阳 464000;
2. 国有三门峡甘山林场, 河南 三门峡 472000;
3. 河南省远志林业规划设计有限公司, 河南 郑州 450000;
4. 国有栾川县林场, 河南 洛阳 471500

2022-09-27 收稿, 2023-03-21 网络版发表

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



基金项目 国家科技支撑计划“重要森林物种资源监测技术与示范”(2008BA C39B02)

梅继林(1965—), 男, 高级工程师, 本科, 535494872@qq.com

摘要 采用典型取样法, 对三门峡市甘山林场核桃楸群落的 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数等多样性指数和泊松(Poisson)分布、负二项(Negative binomial)分布进行分析, 研究表明, 调查样地内乔木层树种的多样性指数、物种丰富度均超过灌木层和草本层, 其中乔木层内胡桃楸的重要值最高, 空间分布聚集程度最高, 年龄结构呈“金字塔”型, 在幼树级占比较少, 但在中树级株数占比最大, 而静态生命表则进一步表明相比于其它海拔, 低海拔更适合中树级的胡桃楸生存。

关键词 物种多样性; 种群结构; 静态生命表; 空间分布格局

植物群落的种群结构及动态变化是种群生态学的重要研究内容^[1], 植物种群的空间格局、年龄结构、静态生命表等特征反映其在时间和空间上的变化规律^[2]。自然条件下, 种群的空间分布格局是种群生物学特性、生境及两者之间的相互作用的结构^[3], 作为生态理论研究的核心, 种群的空间分布格局对解释种群的形成和维持机制有着重要的指导意义^[4-5]。

胡桃楸(*Juglans mandshurica*), 又名核桃楸, 属胡桃科胡桃木属, 是我国主要的优良用材树种和油料树种, 主要分布在华北地区和东北地区, 大多生长于土壤肥厚、湿润、排水良好的沟谷两旁或山坡阔叶林之中。目前关于胡桃楸的研究方向主要在种子形态及质量、幼树幼苗和生理学特性等方面^[6-10], 在群落特征和空间分布格局方面的研究还相对较少, 研究区域主要集中在河北、北京及东北地区, 如路静^[11]和邢韶华^[12]在吉林省和北京地区均发现胡

桃楸群落中乔木层物种多样性最低、草本层比较高, 而唐丽丽^[13]研究发现在华北地区低海拔更适合胡桃楸生存, 也进一步表明在其空间分布规律在河南、河北华北地区存在一定的区域异质性, 但目前关于胡桃楸在河南地区是否也存在以上群落特征和空间分布规律还未有人报道。因此本研究以河南省三门峡市陕州区甘山林场胡桃楸混交林为研究对象, 运用 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Pielou 均匀度指数、Simpson 优势度指数、Patrick 丰富度指数等多样性指数和泊松(Poisson)分布、负二项(Negative binomial)分布进行数据分析, 了解其群落结构、演替动态及稳定性, 进而为研究河南地区胡桃楸群落今后演替方向提供理论依据。

1 调查区概况

调查区位于河南省三门峡市陕州区崤山南麓甘

引用格式: 梅继林, 史有庄, 朱学灵, 等. 崤山南麓胡桃楸混交林群落结构及空间分布格局[J/OL]. 四川林业科技, 2023, 44(4) [2023-03-21]. <https://doi.org/10.12172/202209270001>.
MEI J L, SHI Y Z, ZHU X L, et al. Community structure and spatial distribution pattern of mixed forest of *juglans mandshurica* in the southern foot of the xiaoshan[J/OL]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2023, 44(4)[2023-03-21]. <https://doi.org/10.12172/202209270001>.

山林场，地理坐标为：111°12'-111°18'E，34°28'-34°32'N，海拔在 1170-1431 m 之间，气候属暖温带大陆性季风气候，林区属暖温带落叶阔叶林，有维管束植物 144 科，780 多属，2100 多种，调查区域乔木树种以胡桃楸 (*Juglans mandshurica*)、大果榆 (*Ulmus macrocarpa*)、水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*)、锐齿槲栎 (*Quercus aliena var. acutiserrata*)、毛柞 (*Cornus walteri*)，灌木以接骨木 (*Sambucus williamsii*)、连翘 (*Forsythia suspensa*)、水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*)、忍冬 (*Lonicera japonica*)、野蔷薇 (*Rosa multiflora*)，草本以艾 (*Artemisia argyi*)、大油芒 (*Spodiopogon sibiricus*)、萎蒿 (*Artemisia selengensis*)、博落回 (*Macleaya cordata*)、虎须草 (*Scirpus cernuus*)。夏季炎热多雨、冬季寒冷干燥，年平均气温 13.9℃，无霜期 220 天，年平均降水量 603.4 mm。土壤类型以褐土 (浅山地段) 和棕壤土 (深山地段) 为主，土层厚度在 30-50 cm 之间。

2 研究材料与方法

2.1 样地设置

本研究采用典型取样法设置样地，根据调查区的地形地势和胡桃楸混交林的间断性分布特点，选择胡桃楸群落分布相对连片、人类干扰活动较少的地段布设 5 个 20×30 m 样地，每个样地再分割成 6 个 10×10 m 的调查小样方，并对其进行编号，样地基本信息如表 1 所示：

2.2 研究方法

2.2.1 样地调查

记录研究区内每个样地的海拔、坡位、坡向、土壤类型等基本环境信息。对每个 20×30 m 典型标准地中的乔木树种进行每木检尺 (树种起测径级为 5 cm)，记录各树种名称、胸径、树高、枝下高、

冠幅 (东西-南北) 等数据。

以每个 20×30 m 的典型调查样地内布设的 6 个 10 m×10 m 的小样方为基础，作为灌木调查样方，整个调查区域内共调查 30 个灌木样方，记录样方中的灌木树种、株数、盖度等基本信息。将达不到起测径级的乔木作为灌木处理。在每个 10×10 m 的典型调查样地内各设置 4 个 1 m×1 m 草本小样方，每个样地共调查 24 个草本小样方，整个调查区域内共调查 120 个草本小样方，同时记录草本植物的名称等基本信息。

2.2.2 群落各生长型物种重要值的计算

调查群落样地中各层次物种重要值，计算参考马克平等的计算方法^[14-16]：

乔木树种的重要值 = (相对多度 + 相对显著度 + 相对频度) / 3

灌木树种的重要值 = (相对高度 + 相对频度 + 相对盖度) / 3

草本植物的重要值 = (相对高度 + 相对频度 + 相对盖度) / 3

2.2.3 群落物种多样性的计算

物种丰富度 (S) 以调查群落样地中的物种数目表示。

Simpson 指数^[17]: $D = 1 - \sum [N_i(N_i - 1) / N(N - 1)]$;

Shannon-Wiener 指数^[18]: $H = -\sum (P_i) \cdot (\ln P_i)$;

Pielou 均匀度指数^[19]: $J = H / \ln S$;

Simpson 优势度指数^[20]: $C = \sum P_i^2$;

Patrick 丰富度指数^[21]: $R = S$ 。

式中，N 为所有物种数目总数； N_i 为第 i 种个体数； $P_i = N_i / N$ ，即 P_i 为第 i 种个体数 N_i 占总个体数 N 的比例；S 为调查群落样地中的物种个数。

2.2.4 种群的龄级划分

乔木种群的径级划分主要参考肖正利等^[22]的径级划分方法，具体划分如下表 2 所示。

2.2.5 静态生命表编制

在静态生命表编制时，将海拔高度相近的样方

表 1 样地基本情况表
Tab. 1 Basic situation of the plot

样地编号	调查面积	海拔	土壤厚度	坡向	经纬度
1	20*30	1431	30	东	111°12'59"E; 34°28'13"N
2	20*30	1170	30	东	111°17'26"E; 34°29'6"N
3	20*30	1097	30	北	111°17'00"E; 34°28'35"N
4	20*30	1267	20	西	111°14'40"E; 34°29'00"N
5	20*30	1107	30	北	111°13'54"E; 34°31'27"N

数据进行合并分析, 将样地 3 (海拔高度 1097 m) 和样方 5 (海拔高度 1107 m) 作为山体下部, 将样地 2 (海拔高度 1170 m) 和样地 4 (海拔高度 1267 m) 作为山体中部, 将样地 1 (海拔高度 1431 m) 作为山体上部, 参考江洪^[1]、张维^[23]等数据分析方法, 进行物种数量汇总和统计分析。

2.2.6 种群空间分布格局

空间分布格局是植物种群研究的重要内容, 是种群的重要结构特征之一^[22]。种群的空间分布格局研究采用方差均值比率 (v/m)、聚集指数 (C_i)、平均拥挤度 (m^*)、Green 指数 (G_i)、聚块性指数 (Pa_i) 和聚集强度 (P_i) 等聚集强度指数, 分布格局的测定用泊松 (Poisson) 分布、负二项 (Negative binomial) 分布进行拟合, 以 X^2 检验判断其拟合程度^[24]。

方差均值比率 (v/m) = s^2/x ;
聚集指数 (C_i) = $(s^2/x)-1$;
平均拥挤度 (m^*) = $x+C_i$;
Green 指数 (G_i) = $C_i/(n-1)$;
聚块性指数 (Pa_i) = m^*/x ;
聚集强度 (P_i) = k
其中, s^2 为样方内物种个体数方差, x 为样方

内物种平均个体数, n 为样方数, k 为负二项分布的参数。

2.3 数据处理

利用 Excel 2010 和 SPSS 17.0 统计分析软件进行数据的处理与分析。

3 结果分析

3.1 调查区物种多样性分析

3.1.1 调查区不同生长型物种重要值分析

调查结果显示, 研究区内胡桃楸混交林群落中, 乔木层共有 15 科 19 属 24 种, 其中, 胡桃楸重要值为 14.34, 大果榆 (*Ulmus macrocarpa*) 重要值为 12.30, 说明胡桃楸和大果榆为甘山林场调查群落的优势树种。样地内灌木层共有 15 科 19 属 20 种, 其中重要值最大的灌木树种是接骨木 (*Sambucus williamsii*), 为 40.08, 其他灌木树种的重要值均小于 10, 说明接骨木是该区的主要灌木组成树种。样地中共调查到草本植物 13 科 17 属 18 种, 主要草本为艾 (*Artemisia argyi*) 和大油芒 (*Spodiopogonsibiricus*), 重要值均大于 10, 分别为 30.44 和 14.35。

表 2 径级划分标准
Tab. 2 Diameter Classification Standard

龄级	胸径范围	苗级	径级
I 龄级 Age I	DBH>2.5 cm	幼苗级	第一径级
II 龄级 Age II	2.5 cm≤DBH<7.5 cm	幼树级	第二径级
III 龄级 Age III	7.5 cm≤DBH<12.5 cm	幼树级	第三径级
IV 龄级 Age IV	12.5 cm≤DBH<17.5 cm	幼树级	第四径级
V 龄级 Age V	17.5 cm≤DBH<22.5 cm	中树级	第五径级
VI 龄级 Age VI	22.5 cm≤DBH<27.5 cm	中树级	第六径级
VII 龄级 Age VII	27.5 cm≤DBH<32.5 cm	中树级	第七径级
VIII 龄级 Age VIII	32.5 cm≤DBH<37.5 cm	大树级	第八径级
IX 龄级 Age IX	37.5 cm≤DBH<42.5 cm	大树级	第九径级
X 龄级 Age X	DBH≥42.5 cm	大树级	第十径级

表 3 乔木层、灌木层和草本层部分物种重要值
Tab. 3 Important values of main species in tree layer, shrub layer and herb layer

群落结构	科	属	种	相对多度	相对频度	相对显著度	相对高度	相对盖度	相对频度	重要值
乔木层	胡桃科	胡桃属	胡桃楸	23.47	6.82	12.72				14.34
	榆科	榆属	大果榆	23	6.82	7.07				12.3
	木犀科	柞属	水曲柳	13.62	6.82	2.99				7.81
	壳斗科	栎属	锐齿槲栎	3.29	4.55	11.2				6.35
	山茱萸科	山茱萸属	毛茛	2.82	9.09	5.59				5.83

(续表 3)									
群落结构	科	属	种	相对多度	相对频度	相对显著度	相对高度	相对盖度	重要值
灌木层	五福花科	接骨木属	接骨木				48.3	57.23	14.71
	木犀科	连翘属	连翘				6.65	7.29	8.82
	木犀科	梣属	水曲柳				9.23	6.13	5.88
	忍冬科	忍冬属	忍冬				6.06	5.47	8.82
	蔷薇科	蔷薇属	野蔷薇				3.93	3.2	11.76
	菊科	蒿属	艾				34.96	43.85	12.5
草本层	禾本科	大油芒属	大油芒				18.33	9.1	15.63
	菊科	蒿属	菱蒿				12.49	11.96	3.13
	罂粟科	博落回属	博落回				3.83	9.55	6.25
	莎草科	蕹草属	虎须草				7.03	5	6.25

3.1.2 调查区不同生长型物种多样性分析

利用 Patrick 丰富度指数 (R)、Simpson 多样性指数 (D) 等对调查样地乔木层、灌木层、草本层 3 个生长型的物种多样性进行分析, 结果显示, Simpson 多样性指数 (D)、Shannon-Wiener 多样性指数 (H) 均为乔木层>草本层>灌木层, 且乔木层多样性指数最高分别为 0.8636 和 2.4596, 优势度 (C) 则与多样性指数呈相反趋势, 为灌木层>草本层>乔木层, Pielou 均匀度指数 (J) 为草本层>乔木层>灌木层, 生物多样性指数呈无规律的变化, 说明所调查的样地群落正处于剧烈的演替竞争阶段, 尚未形成稳定的地带性群落结构。

3.2 调查样地群落龄级结构分析

对调查样地各树种的龄级分布分析, 结果显示, 胡桃楸、大果榆、水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*) 为主要优势树种, 占比分别为 23.47%、23.00% 和 13.62%, 占调查样地树种总数的 60.09%。按径级划分, 水曲柳幼苗级株数占比最大, 为 54.76%, 其次为胡桃楸, 占比为 26.19%; 幼树级中, 大果榆株数占比最大, 为 34.62%, 其次为胡桃楸, 占比为 10.26%, 水曲柳占比为 2.56%; 中树级中, 占比最大的树种是胡桃楸, 占比为

36.59%, 其次为大果榆 25.61%, 水曲柳在中树级的占比为 3.66%; 大树级中, 胡桃楸、大果榆和水曲柳优势不明显, 各占调查样地中大树级总株数的 9.09%。从个体数量来看, 树种径级分布主要集中在幼树级 (IV 龄级) 和中树级 (V 龄级), 占比达到了 36.62% 和 38.50%, 其中, 胡桃楸径级分布集中在 I 龄级、V 龄级、VI 龄级、VII 龄级, 大果榆径级分布集中在 IV 龄级、V 龄级, 水曲柳径级分布集中在 I 龄级。说明甘山林场核桃楸混交林处于幼中龄林阶段, 进入竞争生长阶段, 这与上述生物多样性分析的结论相一致。

3.3 种群静态生命表绘制

依据海拔高度为划分依据, 调查样地山体下部、中部、上部三组数据, 编制种群静态生命表 (表 6)。由表 6 可以看出, 该调查区域胡桃楸种群整体表现呈“金字塔”型, 死亡率最高为 I 龄级 0.417。由于生存环境的差异, 胡桃楸各种群死亡率呈现不同趋势。山体下部胡桃楸种群呈增长型, 随着龄级增加, 死亡率呈上升趋势; 山体中部死亡率为 0, 种群呈稳定型; 山体上部死亡率较高, 除了与群落所处的环境有关外, 还与群落的个体间的竞争有很大关系。

表 4 甘山林场调查样地物种多样性分析
Tab. 4 Analysis of species diversity in the survey plots of Ganshan Forest Farm

生长型	R	D	H	J	C
乔木层	24	0.8636	2.4596	0.7739	0.1369
灌木层	20	0.7971	2.1495	0.7175	0.2070
草本层	18	0.8581	2.3060	0.7978	0.1434

表 5 甘山林场调查样地群落树种径级分布表
Tab. 5 Distribution of tree species diameter class in the survey plot of Ganshan Forest Farm

树种	径级										合计	
	幼苗级	幼树级				中树级			大树级			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
胡桃楸	11		1	7	10	10	10			1	50	
大果榆		2	9	16	16	3	2		1		49	
水曲柳	23			2	1	2		1			29	
落叶松					10						10	
锐齿槲栎			1	2	1	1	1		1		7	
毛榛	2		1	2	1						6	
朴树			2	3	1						6	
漆树			2	4							6	
榆树	3		1	1	1						6	
栓皮栎				2	2		1	1			6	
黑弹树	1		2	1	1						5	
山柳			2	1	1		1				5	
山杨						1		1	2	1	5	
鹅耳枥			2	1		1					4	
白蜡		1		1				1			3	
茶条枫			1		1				1		3	
花楸树		3									3	
刺槐				1	1						2	
君迁子	1	1									2	
栎树			1		1						2	
臭檀吴茱萸					1						1	
豆梨				1							1	
青麸杨		1									1	
血皮槭	1										1	
总计	42	8	25	45	49	18	15	4	5	2	213	

3.4 调查样地的空间分布格局

对样地中的乔木层树种的聚集强度指数值和种群空间分布格局类型进行分析, 由表 7 可知, 胡桃楸的方差均值比率 (v/m)、聚集指数 (C_i)、平均拥挤度 (m^*)、Green 指数 (G_i)、聚块性指数 (Pa_i)、聚集强度 (P_i) 均为最高值, 其次为大果榆和水曲柳。由表 8 可知, 胡桃楸、大果榆、水曲柳、锐齿槲栎、毛榛、朴树、漆树、榆树、栓皮栎、黑弹树、山柳、鹅耳枥、花楸树、君迁子呈聚集分布, 且胡桃楸聚集程度最高, 其次为大果榆。其他树种呈随机分布。

4 结论与讨论

4.1 物种多样性分析

物种多样性是衡量一定生境范围内物种资源丰富程度的重要客观指标, 反映了植物群落中物种的丰富度、均匀度等指标变化, 可以表征森林生态系统中群落的特征及其演化规律^[25]。本研究对甘山林场调查区植物群落不同生长型的物种多样性进行分析发现, 乔木层的 Simpson 多样性指数 (D)、Shannon-Wiener 多样性指数 (H)、物种丰富度均为最大, 灌木层的优势度 (C) 最大, 另外, Pielou 均匀度指数 (J) 最大的为草本层。结果表明, 甘山林

表 6 甘山林场调查样地胡桃楸种群静态生命表
Tab. 6 The static life table of *J. mandshurica* population in the survey plot of Ganshan Forest Farm

坡位	龄级	ax	ax'	lx	dx	qx	Lx	Tx	ex	kx
山体下部	I	2	2	1000	0	0	1000	9166.667	9.167	0
	II	0	2	1000	0	0	1000	8166.667	8.167	0
	III	0	2	1000	-1000	-1	1500	7166.667	7.167	-0.693
	IV	4	4	2000	500	0.25	1750	6166.667	3.083	0.288
	V	6	6	1500	833.333	0.556	1083.3335	4166.667	2.778	0.811
	VI	4	4	666.667	-1333.333	-2	1333.3335	2666.667	4	-1.099
	VII	8	8	2000	-	-	1000	2000	1	-
山体中部	I	0	1	1000	0	0	1000	6500	6.5	0
	II	0	1	1000	0	0	1000	5500	5.5	0
	III	0	1	1000	0	0	1000	4500	4.5	0
	IV	0	1	1000	0	0	1000	3500	3.5	0
	V	1	1	1000	0	0	1000	2500	2.5	0
	VI	1	1	1000	0	0	1000	1500	1.5	0
	VII	0	1	1000	-	-	500	500	0.5	-
山体上部	I	9	9	1000	555.556	0.556	722.222	7261.117	7.261	0.811
	II	0	4	444.444	194.444	0.437	347.222	6538.889	14.713	0.575
	III	1	1	250	-2750	-11	1625	6191.667	24.767	-2.485
	IV	3	3	3000	2000	0.667	2000	4566.667	1.522	1.099
	V	3	3	1000	-666.667	-0.667	1333.333	2566.667	2.567	-0.511
	VI	5	5	1666.667	1266.667	0.76	1033.333	1233.333	0.74	1.427
	VII	2	2	400	-	-	200	200	0.5	-
总体	I	11	12	1000	416.667	0.417	791.6665	7004.762	7.005	0.539
	II	0	7	583.333	11.904	0.02	577.381	6213.095	10.651	0.021
	III	1	4	571.429	-1428.571	-2.5	1285.7145	5635.715	9.862	-1.253
	IV	7	8	2000	750	0.375	1625	4350	2.175	0.47
	V	10	10	1250	250	0.2	1125	2725	2.18	0.223
	VI	10	10	1000	-100	-0.1	1050	1600	1.6	-0.095
	VII	10	11	1100	-	-	550	550	0.5	-

注: ax表示存活数; ax'表示经匀滑修正后标准化的存活数量; lx 为在x 龄级开始时标准化存活的植株数(以1000 为基数) $[lx=(ax/a_0) \times 1000]$; dx 为从x 到x+1 龄级间隔期内标准化死亡的个体数 $[dx=lx-lx+1]$; qx 为从x 到x+1 龄级期间的植株死亡率 $[qx=dx/lx]$; Lx 为从x 到x+1 龄级间隔期间还存活个体数 $[Lx=(lx+lx+1)/2]$; Tx 为从x 龄级到超过x 龄级的总的个体数 $[Tx=\sum Lx]$; ex 为进入x 龄级个体期望寿命 $[ex=Tx/lx]$; Kx 为消失率 $[Kx=\ln lx-\ln lx+1]$ 。

表 7 甘山林场调查样地种群空间分布格局的聚集强度指数值
Tab. 7 The aggregation intensity index value of the spatial distribution pattern of the population in the survey plot of Ganshan Forest Farm

乔木层	s ²	x	v/m	C _i	m*	G _i	Pa _i	P _i
胡桃楸	2500	10	250	249	259	62.25	25.9	0.0402
大果榆	2401	9.8	245	244	253.8	61	25.9	0.0402
水曲柳	841	5.8	145	144	149.8	36	25.83	0.0403
落叶松	100	2	50	49	51	12.25	25.5	0.0408
锐齿槲栎	49	1.4	35	34	35.4	8.5	25.29	0.0412
毛榉	36	1.2	30	29	30.2	7.25	25.17	0.0414
朴树	36	1.2	30	29	30.2	7.25	25.17	0.0414
漆树	36	1.2	30	29	30.2	7.25	25.17	0.0414

(续表 7)

乔木层	s^2	x	v/m	C_i	m^*	G_i	Pa_i	P_i
榆树	36	1.2	30	29	30.2	7.25	25.17	0.0414
栓皮栎	36	1.2	30	29	30.2	7.25	25.17	0.0414
黑弹树	25	1	25	24	25	6	25	0.0417
山柳	25	1	25	24	25	6	25	0.0417
山杨	25	1	25	24	25	6	25	0.0417
鹅耳枥	16	0.8	20	19	19.8	4.75	24.75	0.0421
白蜡	9	0.6	15	14	14.6	3.5	24.33	0.0429
茶条枫	9	0.6	15	14	14.6	3.5	24.33	0.0429
花楸树	9	0.6	15	14	14.6	3.5	24.33	0.0429
刺槐	4	0.4	10	9	9.4	2.25	23.5	0.0444
君迁子	4	0.4	10	9	9.4	2.25	23.5	0.0444
栎树	4	0.4	10	9	9.4	2.25	23.5	0.0444
臭檀吴茱萸	1	0.2	5	4	4.2	1	21	0.05
豆梨	1	0.2	5	4	4.2	1	21	0.05
青麸杨	1	0.2	5	4	4.2	1	21	0.05
血皮槭	1	0.2	5	4	4.2	1	21	0.05

表 8 甘山林场调查样地种群空间分布格局类型

Tab. 8 Types of spatial distribution patterns of populations in the survey plots of Ganshan Forest Farm

树种	泊松分布	负二项分布	卡方	df	P值	分布格局类型
胡桃楸	.055	0.896	.600b	3	$P>0.05$	聚集
大果榆	.129	0.896	.600b	3	$P>0.05$	聚集
水曲柳	.081	0.819	.400c	2	$P>0.05$	聚集
落叶松	.003	0.18	1.800a	1	$P<0.05$	随机
锐齿槲栎	.055	0.449	1.600c	2	$P>0.05$	聚集
毛榛	.419	0.819	.400c	2	$P>0.05$	聚集
朴树	.055	0.449	1.600c	2	$P>0.05$	聚集
漆树	.143	0.819	.400c	2	$P>0.05$	聚集
榆树	.055	0.449	1.600c	2	$P>0.05$	聚集
栓皮栎	.055	0.449	1.600c	2	$P>0.06$	聚集
黑弹树	.055	0.449	1.600c	2	$P>0.05$	聚集
山柳	.055	0.449	1.600c	2	$P>0.06$	聚集
山杨	.003	0.18	1.800a	1	$P<0.05$	随机
鹅耳枥	.055	0.655	.200a	1	$P>0.05$	聚集
白蜡	.003	0.18	1.800a	1	$P<0.05$	随机
茶条枫	.003	0.18	1.800a	1	$P<0.05$	随机
花楸树	.055	0.449	1.600c	2	$P>0.05$	聚集
刺槐	.003	0.18	1.800a	1	$P<0.05$	随机
君迁子	.056	0.655	.200a	1	$P>0.05$	聚集
栎树	.003	0.18	1.800a	1	$P<0.05$	随机
臭檀吴茱萸	.007	0.18	1.800a	1	$P<0.05$	随机
豆梨	.007	0.18	1.800a	1	$P<0.05$	随机
青麸杨	.007	0.18	1.800a	1	$P<0.05$	随机
血皮槭	.007	0.18	1.800a	1	$P<0.05$	随机

场的乔木层物种最为丰富。该部分林分为采伐后形成的落叶阔叶混交林,目前正处于群落演替的前期阶段。

4.2 龄级结构分析

种群结构能够体现不同龄级个体的组成情况,反映其与环境之间的相互关系,对种群后期的发展趋势起到决定性作用^[26]。本研究中,从种群年龄结构来看,甘山林场的主要优势树种胡桃楸、大果榆的龄级结构呈“金字塔”型,且中树级株数占比较大,大树级数量较少,中树级是当地优势树种生长发育的转折点。另外胡桃楸和大果榆的龄级分析结果显示其幼苗级数量较多,说明种群具有一定的自我更新能力,而幼树级数量较少,说明了目前群落结构正处于剧烈竞争的前期阶段。静态生命表显示,中树级优势树种胡桃楸的比例在下坡位比例最高,可能是低海拔区域能为其生长发育提供更多的养料和水分。

4.3 空间分布格局分析

植物种群的空间分布格局是种群个体在水平空

间的分布状态或配置状况,显示了种群生物学特征、种内种间关系及生境相互作用的结果^[27]。已有研究表明,在自然植物群落中,大部分物种的空间分布常常表现为聚集分布^[28]。在本研究中,通过小尺度下的调查分析,显示出调查样地中的胡桃楸、大果榆、水曲柳、锐齿槲栎、毛榛、朴树、漆树、榆树、栓皮栎、黑弹树、山柳、鹅耳枥、花楸树、君迁子呈聚集分布,其中胡桃楸聚集程度最高,其次为大果榆,由此表明胡桃楸和大果榆在甘山林场的生境中占据优势地位,这也可能与物种的繁殖方式有一定的关系。

综上所述,甘山林场的地带性群落是以栎类为主的落叶阔叶林。该区的胡桃楸混交林是林木采伐后形成的天然次生林,其群落演替过程较为复杂,目前正处于群落演替的前期阶段,可能受到自身生物学特性、生长环境及人为干扰等多种因素影响,群落结构不稳定,群落物种之间竞争激烈。该区域大树级数量较少,且幼苗转化为幼树过程存在较大死亡风险,可采取透光伐、疏伐、生长伐等可持续的林业经营措施,保护胡桃楸、水曲柳等珍稀树种,保证群落的稳定演替,促进林木的健康生长。

参考文献

- [1] 江洪. 云杉种群生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992: 8-26.
- [2] 杨慧, 娄安如, 高益军, 等. 北京东灵山地区白桦种群生活史特征与空间分布格局[J]. 植物生态学报, 2007, 31(2): 272-282.
- [3] 康华靖, 陈子林, 刘鹏, 等. 大盘山自然保护区香果树种群结构与分布格局[J]. 生态学报, 2007, 27(1): 389-396.
- [4] Greig-Smith P. Quantitative Plant Ecology[M]. London, UK: Butterworths, 1987.
- [5] Nathan, Ran. Long-Distance Dispersal of Plants[J]. *Science*, 2006, 313(5788): 786-788.
- [6] 朱瑞. 抚顺县三块石胡桃楸母树林种子研究[J]. *中国林副特产*, 2021(06): 29-30+32.
- [7] 张洁. 土壤因子影响胡桃楸和黄波罗幼苗阶段更新的机制分析[D]. 东北林业大学, 2021. DOI:10.27009/d.cnki.gdblu.2021.000833.
- [8] 尤海舟, 郭福忠, 金长谦, 王立方, 孟宪聪, 毕君. 胡桃楸不同种源种子形态、质量及苗期生长研究[J]. *江苏农业科学*, 2020, 48(02): 155-158.
- [9] 徐立清, 张勇, 李红丽, 剡丽梅, 何瑞雪, 段嘉靖, 巩瑞, 王庆成. 控根处理对胡桃楸播种苗根系构型和养分质量分数的影响[J]. *东北林业大学学报*, 2022, 50(08): 49-54+88.
- [10] 杨晓光. 胡桃楸组织培养中不同处理方式对不定芽形成的影响[J]. *防护林科技*, 2021(05): 43-44+51.
- [11] 路静. 吉林省胡桃楸群落主要分布地区物种组成及区系分析[J]. *吉林农业*, 2016(23): 110.
- [12] 邢韶华, 袁秀, 林大影, 肖雁青, 雷霆, 张文林, 崔国发. 北京雾灵山自然保护区胡桃楸群落结构[J]. *浙江林学院学报*, 2006(03): 290-296.
- [13] 唐丽丽, 张梅, 赵香林, 康慕谊, 刘鸿雁, 高贤明, 杨彤, 郑璞帆, 石福臣. 华北地区胡桃楸林分布规律及群落构建机制分析[J]. *植物生态学报*, 2019, 43(09): 753-761.
- [14] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. *生态学报*, 1995, 15(3): 268-277.
- [15] 方精云, 沈泽昊, 唐志尧, 等. 中国山地植物物种多样性调查计划及若干技术规范[J]. *生物多样性*, 2004, 12(1): 5-9.
- [16] 马克平, 刘玉明. 生物多样性的测度方法[J]. *生物多样性*, 1994, 2(4): 231-239.
- [17] 董东平. 土壤与植物地理野外调查研究[M]. 内蒙古: 内蒙古大学出版社, 2007: 183-184.
- [18] ZHAO H W, LIU Y, LIU Z L, et al. Studies on fertilization of Pistacia chinensis seedling[J]. *Journal of Beijing Agricultural College*, 2005.
- [19] 高贤明, 马克平, 陈灵芝. 暖温带若干落叶阔叶林群落物种多样性及其与群落动态的关系[J]. *植物生态学报*, 2001, 25(3): 283-290.

- [20] SHEN Z H, FANG J Y, LIU Z L. Patterns of biodiversity along the vertical vegetation spectrum of the east aspect of Gongge mountain[J]. Acta Phytocological Sinica, 2001, 25(6): 721–732.
- [21] GAO X M, HUANG J H, WAN S Q, et al. Ecological studies on the plant community succession on the abandoned cropland in Taibaishan, Qinling mountains II. the community α diversity feature of the successional series[J]. Acta Ecology Sinica, 1997, 17: 619–625.
- [22] 肖正利, 杨忠书, 钦松, 等. 远安县苦槠天然林种群结构和空间分布格局分析[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(14): 90–96.
- [23] 张维, 焦子伟, 任艳利, 等. 新疆野核桃自然保护区不同坡向野核桃种群生命表与波动周期[J]. 西北植物学报, 2015, 35(6): 1229–1237.
- [24] 朱德意. 南盘江流域松栎混交林群落特征及主要种群空间格局研究[D]. 南宁: 广西大学, 2019.
- [25] 张 蕾, 张立坤, 姜 磊, 等. 百花山自然保护区典型群落结构及物种多样性特征[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2020, 56(01): 122–131.
- [26] 刘美莹, 张斐然, 李淑萍, 等. 牙山省级自然保护区濒危植物胡桃楸种群结构分析[J]. 山东林业科技, 2019, 049(004): 6–10, 17.
- [27] 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.
- [28] 祝燕. 古田山亚热带常绿阔叶林密度制约普遍性研究[D]. 博士学位论文, 北京: 中国科学院植物研究所, 2009, 22–34.

Summary for “崂山南麓胡桃楸混交林群落结构及空间分布格局”

Community Structure and Spatial Distribution Pattern of Mixed Forest of *Juglans mandshurica* in the Southern Foot of the Xiaoshan

MEI Jilin¹, SHI Youzhuang², ZHU Xueling³, SU Xiaodi³, ZHANG Suo³, LU Xueli⁴

¹ Huangchuan County Forestry Workstation, Xinyang, Henan 464000 China;

² State-owned Sanmenxia Ganshan Forest Farm, Sanmenxia, Henan 472000 China;

³ Henan Yuanzhi Forestry Planning and Design Limited company, Zhengzhou, Henan 450000 China;

⁴ State-owned Luanchuan County Forest Farm, Luoyang Henan 472000 China

Abstract Using the typical sampling method, the Simpson index, Shannon-Wiener index and other diversity indices, Poisson distribution and Negative binomial distribution of the walnut catalpa community in Ganshan Forest Farm, Sanmenxia City were analyzed. The diversity index and species richness of tree species in the arbor layer are higher than those in the shrub layer and the herb layer. Among them, the important value of *Juglans regia* in the arbor layer is the highest, and the spatial distribution and aggregation degree is the highest. The number of plants at the middle tree level was the largest, and the static life table further indicated that compared with other altitudes, low altitude was more suitable for the survival of the middle tree level.

Key words Species diversity; Population structure; Static life table; Spatial distribution pattern

doi: [10.12172/202209270001](https://doi.org/10.12172/202209270001)