

运用 β 多样性探讨不同更新模式对米楮群落高度级和物种多样性的影响

陈世品^{1a}, 游水生^{1a,①}, 陈子英², 游章滢^{1b}

(1. 福建农林大学: a. 林学院, b. 金山学院, 福建 福州 350002; 2. 宜兰大学森林暨自然资源学系, 台湾 宜兰 9360641)

摘要: 运用 β 多样性研究了不同更新模式(择伐更新、天然更新和人工更新)对米楮 [*Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hayata] 群落高度级和物种组成的影响。结果表明:更新前各米楮林样地均有 7 个高度级, Cody 指数 (β_c) 和共有种数随高度级增大迅速减小;更新期各样地的高度级均减少,但随更新期延长高度级有所增加,低(第 1 至第 3)高度级的物种数也有所增加。物种周转主要发生在第 1 至第 3 高度级。更新前各样地低(第 1 至第 3)高度级间非共有种数和共有种数均较多,相异性系数较小并随高度级差异增加而增大;但受到干扰(皆伐)后相异性系数急剧增大并呈现先增大后减小的规律。择伐更新导致米楮群落高度级减少但可逐步恢复;天然更新样地中米楮生长很快,在 12 年更新期内已进入第 6 高度级;人工更新样地中米楮已不能生存,人工种植的杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 成为优势种。总体上看,采取不同的更新模式后米楮群落的物种多样性变化明显,但择伐更新和天然更新属轻、中度干扰,有利于群落物种多样性的维持和稳定;而人工更新为重度干扰,导致群落基准高度级物种周转速率和总物种周转速率均大幅下降,使群落演替方向大幅改变。

关键词: 米楮群落; 更新模式; β 多样性; 高度级; 相异性系数; 物种周转速率

中图分类号: Q948.15⁺4; S718.54; S792.17 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2013)04-0062-08
DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2013.04.09

Effect of different regeneration modes on height class and species diversity of *Castanopsis carlesii* community by using β -diversity CHEN Shipin^{1a}, YOU Shuisheng^{1a,①}, CHEN Ziyang², YOU Zhangtian^{1b} (1. Fujian Agriculture and Forestry University; a. Forestry College, b. Jinshan College, Fuzhou 350002, China; 2. Department of Forestry and Natural Resources, National Ilan University, Yilan 9360641, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2013, 22(4): 62-69

Abstract: Effects of different regeneration modes (selective cutting regeneration, natural regeneration and artificial regeneration) on height class and species composition of *Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hayata community were studied by means of β -diversity. The results show that there are seven height classes in all plots of *C. carlesii* woods before regeneration, and Cody index (β_c) and number of common species decreases rapidly with increasing of height class. During regeneration period, number of height class decreases, but with prolonging of regeneration time, number of height class increases and species number in low (the first to the third) height class also increases. And species turnover mainly occurs at the first to the third height class. Before regeneration, numbers of both non-common species and common species are more at low (the first to the third) height class in all plots, and dissimilarity index is smaller and increases with increasing of height class difference. But after getting a disturbance (clear-cutting), dissimilarity index increases sharply and appears a law of first increasing and then decreasing. Selective cutting regeneration causes decreasing of height class of *C. carlesii* community but the decreasing can be recovered gradually. In natural regeneration plot, *C. carlesii* grows very quickly and can reach into the sixth height class during twelve years. While in artificial regeneration plot, *C. carlesii* can not survive and *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. artificially planted becomes dominant species. Generally,

收稿日期: 2012-12-28

基金项目: 福建省科技重点计划项目(2008N002)

作者简介: 陈世品(1968—),男,福建南平人,博士,副教授,主要从事植物分类学和恢复生态学方面的研究。

①通信作者 E-mail: fjyss@126.com

the change in species diversity of *C. carlesii* community is obvious after taking different regeneration modes. But selective cutting regeneration and natural regeneration are mild and moderate disturbances, respectively and beneficial to maintenance and stability of community species diversity. While artificial regeneration is a serious disturbance and can cause the remarkable decrease of species turnover rate of base height class and total species turnover rate of community, and greatly change the direction of community succession.

Key words: *Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hayata community; regeneration mode; β -diversity; height class; dissimilarity index; species turnover rate

常绿阔叶林是亚热带地区最复杂、生产力最高、生物多样性最丰富、最有代表性的植被类型^[1-3]。米槠(*Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hayata)林是常绿阔叶林的典型林分,是广泛分布于长江以南地区的顶极群落。近40年来,米槠林受人为干扰严重,导致群落物种多样性下降、结构单一、地力衰退、病虫害频发和系统稳定性差等问题^[3-6]。目前,有关米槠林等顶极植被森林经营行为的合理程度、森林的永续利用和较高多样性的维持等问题已成为研究热点之一^[7-10]。

β 多样性(β -diversity)可分析物种沿某一环境梯度的替代程度、替代速率和周转速率等特征,主要用于表征群落内或群落间环境异质性的程度及其对物种多样性的影响^[11-14]。目前,利用 β 多样性测度研究物种多样性沿水平干扰梯度和海拔梯度变化的相关报道较多^[15-21]。

群落中的物种、个体数和盖度等沿高度梯度有明显的数量结构差异,能反映出不同物种在不同高度的空间利用能力和群落总体结构的复杂性与稳定性,但这方面鲜有研究报道^[9,22]。为此,作者拟采用 β 多样性测度揭示不同更新模式对米槠群落高度级和物种组成的影响,以期制定合理的森林经营管理和保护策略提供依据。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

实验地位于福建省武平县帽布采育场,地处武夷

山脉最南端,地理坐标为东经116°00'~116°15'、北纬25°04'~25°20'。该区域年均气温17.0℃~19.6℃,极端最高气温38℃,极端最低气温-6.3℃,最冷月为1月,≥10℃年平均活动积温5000℃~5900℃;年降雨量1706.5mm;常年空气相对湿度78%;无霜期278d;年均日照时数1699.8h。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置 于1993年3月在福建武平帽布采育场的米槠林中设置3种更新模式永久样地。择伐更新(selective cutting regeneration):择伐天然米槠群落大树,封山育林;天然更新(natural regeneration):天然米槠群落皆伐炼山,封山育林;人工更新(artificial regeneration):天然米槠群落皆伐炼山,次年人工种植杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.],前3年每年抚育1次。3块米槠林永久样地的更新模式和基本概况见表1。

择伐前对样地基础数据进行调查,3个样地的代码分别为择伐前天然林(SI)、天然更新前天然林(NI)和人工更新前天然林(AI);1995年调查的样地代码为择伐更新林(SII)、天然更新林(NII)和人工更新林(AII);2005年调查的样地代码为择伐更新林(SIII)、天然更新林(NIII)和人工更新林(AIII)。作者所在课题组前期已对各样地的物种更新、择伐策略和土壤状况等进行了相关研究^[4-5,23-24]。

1.2.2 调查方法 采用相邻格子法进行调查。在3块永久样地内分别设置3个20m×20m的样方,每个样方再划分为16个5m×5m的小样方进行调查,

表1 3块米槠林永久样地的更新模式及基本概况

Table 1 Regeneration mode and basic status of three permanent plots of *Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hayata woods

样地代码 Code of plot	更新模式 Regeneration mode	海拔/m Altitude	坡向 Aspect	坡度 Slope	土层厚度/cm Soil thickness
S	择伐更新 Selective cutting regeneration	470	东北 Northeast	20°-25°	20-50
N	天然更新 Natural regeneration	450	东北 Northeast	23°-26°	23-50
A	人工更新 Artificial regeneration	460	东北 Northeast	20°-28°	20-50

3块样地共设144个小样方,总面积为3600 m²。记录各样方内植物的种类、高度、胸径或地径、冠幅和生活力等指标。根据植株高度按每3.0 m划分1个高度级^[25],共分为7个高度级,即高度0.0~3.0 m为1级,3.1~6.0 m为2级,6.1~9.0 m为3级,依此类推,统计各高度级包含的种类数和个体数。

1.3 数据处理

1.3.1 β 多样性测度 选用相异性系数(DI)和Cody指数(β_c)^[26]进行多样性测度,计算公式分别为: $DI = 2c/(a+b)$; $\beta_c = [g(H) + l(H)]/2$ 。式中, c 为2个高度级共有的物种数; a 和 b 分别为2个高度级各自的物种数; $g(H)$ 是沿高度级 H 增加的物种数; $l(H)$ 是沿高度级 H 失去的物种数。

1.3.2 物种周转率计算 群落基准高度级物种周转率(Base β_c)的基本计算方法为:具有 K 个高度级的群落中某一高度级与其他各高度级之间的 β 多样性指数值相加所得的和除以 K 所得的平均值,表示某一高度级与其他高度级之间的物种周转率。本文采用第1高度级(即0.0~3.0 m)为群落基准高度级,把群落第1高度级与其他高度级间的物种周转率的平均值称为基准高度级周转率,并用群落总物种周转率(Total β_c)表示从第1高度级到最大高度级各相邻高度级的 β_c 之和。

2 结果和分析

2.1 米楮林不同样地各高度级物种和Cody指数(β_c)变化

3块具有不同更新模式的米楮林样地的高度级变化、物种变化和Cody指数(β_c)变化见表2。表2的结果显示:更新前3个样地(S I、N I和A I)均有7个高度级, β_c 随高度级增大而减小,与高度级的相关系数分别为-0.95、-0.92和-0.91。 β_c 最大值均出现在第1至第2高度级或第2至第3高度级;共有种数最大值与其具有同样的规律。对 β_c 的贡献主要来自高度级增大后减少的物种数量,高度级增大带来的物种增加数量很少,与群落间 β_c 的构成有明显的不同。

第1至第2高度级和第2至第3高度级间的物种更替主要表现在草本植物的减少,其中,草本植物包含芒萁[*Dicranopteris dichotoma* (Thunb.) Bernh.]、黑莎草(*Gahnia tristis* Nees)、山菅[*Dianella ensifolia* (Linn.) DC.]和山姜[*Alpinia japonica* (Thunb.) Miq.]

等,亚灌木包含草珊瑚[*Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai]等,小灌木包含石斑木[*Rhaphiolepis indica* (Linn.) Lindl.]、山乌柏[*Sapium discolor* (Champ. ex Benth.) Muell. Arg.]和毛冬青(*Ilex pubescens* Hook. et Arn.)等;增加的物种主要是能够进入主林层但处于乔木下层的物种,如山黄皮[*Randia cochinchinensis* (Lour.) Merr.]、薯豆(*Elaeocarpus japonicus* Sieb. et Zucc.)、刺毛杜鹃(*Rhododendron championae* Hook.)、杜英(*Elaeocarpus decipiens* Hemsl.)和浙江润楠(*Machilus chekiangensis* S. Lee)等;关键顶极种米楮在第1至第6各高度级均有分布,也可以分布到第7高度级,但马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)在群落中占据最高的高度级。

采取择伐更新模式伐除了林地中胸径大的个体,导致S II样地中米楮只有第1至第4高度级,到2005年(S III)才上升到第5高度级。而采取天然更新和人工更新模式则伐除了全部立木,在样地N II和A II中仅有2个高度级,米楮也出现其中,甚至能很快进入第2高度级。

在天然更新的第3阶段(N III),第1和第2高度级的物种数急剧增加,从1995年(N II)的85种增加到116种,大量的喜光乔木树种生长旺盛,如赤杨叶[*Alniphyllum fortunei* (Hemsl.) Makino]、野桐[*Mallotus japonicus* var. *floccosus* (Muell. Arg.) S. M. Hwang]、山乌柏、山鸡椒[*Litsea cubeba* (Lour.) Pers.]、木荷(*Schima superba* Gardn. et Champ.)、紫珠(*Callicarpa bodinieri* Lévl.)和杉木等;在这些树种的荫蔽下,其他中生性灌木种类也大量出现在第1高度级,如乌药[*Lindera aggregata* (Sims) Kosterm.]、格药柃(*Eurya muricata* Dunn)、轮叶蒲桃[*Syzygium grijsii* (Hance) Merr. et Perry]、单耳柃(*Eurya weissiae* Chun)和短尾越桔(*Vaccinium carlesii* Dunn)等;米楮可生长到第6高度级且在透光条件下其高生长比在择伐更新样地中更快。

在人工更新样地中,由于人工种植杉木后多次干扰(即前3年每年抚育1次),到2005年时第1和第2高度级仅有32个种类,米楮已不在其列,代之以叶片更加宽大、苗期更喜光的黧蒴锥[*Castanopsis fissa* (Champ. ex Benth.) Rehd. et Wils.]、但黧蒴锥也仅生长到第4高度级,杉木、南酸枣[*Choerospondias axillaris* (Roxb.) Burtt. et Hill]和马尾松等阳性树种占据该群落的最高层。

Cody 指数表征的 β 多样性随高度级增大而下降, 共有种数也随之减少, 表明低的高度级中物种更替速率快于高等级的高度级。其原因有二: 一是未进入高等级高度级的物种大多因生活型所限, 在亚热带地区的森林中通常只有中高位芽植物(株高 8 ~ 30 m)才能进入主林层, 而小高位芽植物(株高 2 ~ 8 m)和矮高位芽植物(株高小于 2 m)的竞争力只表现在灌木层, 这类植物种类繁多, 在第 2 和第 3 高度级以下的空间中竞争激烈且淘汰率很高, 表现出物种更替很快的现象; 另外, 大部分藤本植物为小型缠绕植物或附

生植物, 如锈毛忍冬(*Lonicera ferruginea* Rehd.) 和牛尾菜(*Smilax riparia* A. DC.), 地径很少超过 3 cm, 主要在低矮空间争夺资源位, 仅少部分藤本植物不限于各高度级间的竞争, 只要有攀援依附体就可以进入次级高度级, 甚至高于依附体的高度, 如网脉酸藤子(*Embelia rudis* Hand. -Mazz.) 和香花崖豆藤(*Millettia dielsiana* Harms)。二是进入主林层的物种数量少、空间资源位相对较多, 竞争主要表现在个体的水平伸展能力方面, 而对个体的生存影响较小, 物种的淘汰率较低。

表 2 采取不同更新模式的 3 块米槠林永久样地的高度级、物种和 Cody 指数(β_C)的变化¹⁾

Table 2 Changes of height class, species and Cody index (β_C) of three permanent plots in *Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hayata woods by using different regeneration modes¹⁾

样地 ²⁾ Plot ²⁾	高度级 Height class	β_C	总种数 Total number of species	共有种数 Number of common species	重要共有种 Important common species	减少种数 Decreasing species number	主要减少种 Main decreasing species	增加种数 Increasing species number	主要增加种 Main increasing species
S I	1-2	15	78	49	CC, CF, SS, SB	28	DD, GT, SD	1	RCL
	2-3	15	53	24	CC, CFH, CF	26	CO, RI, IP	3	EJ
	3-4	9	30	12	CC, CE, CG	15	CFH, EC, CD	3	CL, EN
	4-5	4	17	9	CC, CE, CG	6	ES, ER	2	PM, CFH
	5-6	4	13	5	CC, CG	7	CF, IF	1	ES
	6-7	2	7	3	PM, MD	2	CC, CG	1	CL
S II	1-2	16	89	57	CC, CFH, MG	30	CCT, DD, WJ	2	CA, RCL
	2-3	18	59	26	CC, CFH, LG	33	RI, SD, IP	3	EJ
	3-4	12	32	9	CC, CF, MD	20	CFH, CG, SB	3	CM, AF
	4-5	4	12	4	IF, MD	8	CC, CF, AF	0	
	5-6	2	4	1	MD	3	IF, MU	0	
S III	1-2	14	62	35	CC, CFH, SB	24	IC, TS, CL	3	CK, RCL
	2-3	11	40	18	CC, CFH, CF, LG, CG	20	CO, DDH, HC, LA, RI	2	EJ, MJ
	3-4	8	21	5	CC, CFH, IF	15	CF, LG, CG, AM	1	EN
	4-5	3	6	1	CC	5	CFH, ES, EN	0	
N I	1-2	20	94	54	CC, CF, SS	40	CGR, AJT	0	
	2-3	18	55	19	CC, CM, MP	35	IC, ID	1	RCH
	3-4	7	22	9	CC, CF, CM	11	CL, LCR	2	CFH
	4-5	4	15	8	PM, CC, CFH	3	SB, EN, EL	4	AH, EC
	5-6	4	12	5	PM, CC, MP	7	CFH, AH, CM	0	
	6-7	2	6	3	PM, CC, SS	2	MP, DO	1	CL
N II	1-2	42	85	2	CC, CM	83	SG, CFC, CFH, PM, CL	0	
N III	1-2	23	116	71	CC, CFC, LC	43	DE, AJT, SG	2	PM, SGR
	2-3	20	76	37	CC, CFC, AF	36	CL, TS, MJ	3	AH
	3-4	13	43	17	CC, CFC, AF	23	IP, CG, SD	3	ICS, DD
	4-5	8	21	5	CC, CL, MD	15	CFC, LC, CA	1	SL
	5-6	3	6	1	CC	5	CL, SL	0	
	6-7	0	1	1	MD	0		0	
A I	1-2	24	88	41	CC, CFH, CL	46	SG, DE, WJ	1	MC
	2-3	16	44	13	CC, CFH, SC	29	IP, RS, SLS	2	ED, EL
	3-4	8	18	3	CC, CF, AM	12	IC, SB	3	EN, CL

续表 2 Table 2 (Continued)

样地 ²⁾ Plot ²⁾	高度级 Height class	β_c	总种数 Total number of species	共有种数 Number of common species	重要共有种 Important common species	减少种数 Decreasing species number	主要减少种 Main decreasing species	增加种数 Increasing species number	主要增加种 Main increasing species
	4-5	5	14	4	CC, AM, CL	2	CF, EN	8	CFH, PM
	5-6	7	15	2	CC, PM	10	CFH, SS, EC	3	CG, MD, ES
	6-7	2	7	3	PM, ES, MD	2	CC, CG	2	CL, MU
A II	1-2	37	75	1	AJ	74	CC, CFC, EN	0	
A III	1-2	9	32	14	CFC, AF, PM, CL	15	IP, AJT, DD, WJ	3	LG, ICS, SB
	2-3	7	20	7	CFC, AF, CA, PM, CL	10	LG, LC, SD, RC, SB	3	EC, MD
	3-4	5	12	2	CA, CL	8	CFC, AF, PM	2	CD, CL
	4-5	2	4	1	CL	3	CA, CD, CL	0	

¹⁾ CC: 米槠 *Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hayata; CF: 栲 *Castanopsis fargesii* Franch.; SS: 木荷 *Schima superba* Gardn. et Champ.; SB: 赤楠 *Syzygium buxifolium* Hook. et Arn.; CFH: 罗浮锥 *Castanopsis fabri* Hance; CE: 甜槠 *Castanopsis eyrei* (Champ.) Tutch.; CG: 青冈 *Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst.; PM: 马尾松 *Pinus massoniana* Lamb.; MD: 香花崖豆藤 *Millettia dielsiana* Harms; MG: 黄绒润楠 *Machilus grijsii* Hance; LG: 石栎 *Lithocarpus glaber* (Thunb.) Nakai; IF: 榕叶冬青 *Ilex ficoidea* Hemsl.; CM: 沉水樟 *Cinnamomum micranthum* (Hay.) Hay.; MP: 刨花润楠 *Machilus pauhoi* Kanehira; CFC: 鬃笋锥 *Castanopsis fissa* (Champ. ex Benth.) Rehd. et Wils.; LC: 山胡椒 *Litsea cubeba* (Lour.) Pers.; AF: 赤杨叶 *Alniphyllum fortunei* (Hemsl.) Makino; CL: 杉木 *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.; SC: 密花山矾 *Symplocos congesta* Benth.; AM: 黄瑞木 *Adinandra millettii* (Hook. et Arn.) Benth. et Hook. f. ex Hance; ES: 山杜英 *Elaeocarpus sylvestris* (Lour.) Poir.; AJ: 酸味子 *Antidesma japonicum* Sieb. et Zucc.; CA: 南酸枣 *Choerospondias axillaris* (Roxb.) Burtl. et Hill; DD: 芒萁 *Dicranopteris dichotoma* (Thunb.) Benth.; GT: 黑莎草 *Gahnia tristis* Nees; SD: 山乌柏 *Sapium discolor* (Champ. ex Benth.) Muell. Arg.; CO: 油茶 *Camellia oleifera* Abel; RI: 石斑木 *Raphiolepis indica* (Linn.) Lindl.; IP: 毛冬青 *Ilex pubescens* Hook. et Arn.; EC: 华杜英 *Elaeocarpus chinensis* (Gardn. et Champ.) Hook. f. ex Benth.; CD: 流苏子 *Coptosapelta diffusa* (Champ. ex Benth.) van Steenis.; ER: 网脉酸藤子 *Embelia rudis* Hand. -Mazz.; CCT: 大青 *Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz.; WJ: 狗脊 *Woodwardia japonica* (Linn. f.) Sm.; MU: 羊角藤 *Morinda umbellata* Linn. subsp. *obovata* Y. Z. Ruan; IC: 长圆叶鼠刺 *Itea chinensis* Hook. et Arn. var. *oblonga* (Hand. -Mazz.) Wu; TS: 野漆 *Toxicodendron succedaneum* (Linn.) O. Kuntze; DDH: 树参 *Dendropanax dentiger* (Harms) Merr.; HC: 红叶树 *Helicia cochinchinensis* Lour.; LA: 乌药 *Lindera aggregata* (Sims) Kosterm.; EN: 细齿叶柃 *Eurya nitida* Korthals; CGR: 春兰 *Cymbidium goeringii* (Rehb. f.) Rehb. f.; AJT: 山姜 *Alpinia japonica* (Thunb.) Miq.; ID: 黄毛冬青 *Ilex dasyphylla* Merr.; LCR: 欆木 *Loropetalum chinense* (R. Br.) Oliv.; EL: 细枝柃 *Eurya loquiana* Dunn; AH: 白桂木 *Artocarpus hypargyreus* Hance ex Benth.; DO: 虎皮楠 *Daphniphyllum oldhami* (Hemsl.) Rosenth.; SG: 草珊瑚 *Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai; DE: 山菅 *Dianella ensifolia* (Linn.) DC.; MJ: 杜茎山 *Maesa japonica* (Thunb.) Moritz. ex Zoll.; SL: 钝药野木瓜 *Stauntonia leucantha* Diels ex Wu; SLS: 光叶山矾 *Symplocos lancifolia* Sieb. et Zucc.; RS: 杜鹃 *Rhododendron simsii* Planch.; RC: 盐肤木 *Rhus chinensis* Mill.; RCL: 山黄皮 *Randia cochinchinensis* (Lour.) Merr.; EJ: 薯豆 *Elaeocarpus japonicus* Sieb. et Zucc.; CK: 吊皮锥 *Castanopsis kawakamii* Hayata; RCH: 刺毛杜鹃 *Rhododendron championae* Hook.; SGR: 土茯苓 *Smilax glabra* Roxb.; ICS: 冬青 *Ilex chinensis* Sims; MC: 浙江润楠 *Machilus chekiangensis* S. Lee; ED: 杜英 *Elaeocarpus decipiens* Hemsl.

²⁾ S I, N I, A I: 分别为 1993 年择伐前、天然更新前和人工更新前调查的天然林样地 Natural forest plots investigated before selective cutting regeneration, natural regeneration and artificial regeneration in 1993, respectively; S II, N II, A II: 分别为 1995 年调查的择伐更新林、天然更新林和人工更新林样地 Forest plots with selective cutting regeneration, natural regeneration and artificial regeneration investigated in 1995, respectively; S III, N III, A III: 分别为 2005 年调查的择伐更新林、天然更新林和人工更新林样地 Forest plots with selective cutting regeneration, natural regeneration and artificial regeneration investigated in 2005, respectively.

2.2 米槠林不同样地各高度级间的相异性系数 (DI) 分析

3 块具有不同更新模式的米槠林样地中不同高度级间的相异性系数见表 3。由表 3 可见:更新前米槠林各样地第 1、第 2 和第 3 高度级非共有物种数和共有种数均较多,相异性系数较小,相异性系数通常约为 0.500;高等级高度级的物种数少,通常与相邻低高度级的共有种数量相近,相异性主要来自低高度级的非共有物种数,相异性系数也通常在 0.500 左右;高度级相差越大,相异性越高。

第 2 阶段(1995 年调查)各样地均有第 1 和第 2 高度级,但择伐样地的相异性系数(S II: DI=0.219)与皆伐样地的相异性系数(N II: DI=0.955; A II: DI=0.974)差异明显。推测造成这一差异的原因为:择伐样地的第 2 高度级仍保留了大量物种(59 种)且仍具

有 7 个高度级;而皆伐样地因伐除了全部立木,进入第 2 高度级的物种数量极少(天然更新样地和人工更新样地的共有种分别为 2 种和 1 种),且仅有 2 个高度级。

采取不同的更新措施之后,各样地的平均相异性系数均呈先升高后下降的趋势。择伐前样地 S I 的平均相异性系数为 0.601,择伐后样地 S II 和 S III 的平均相异性系数分别为 0.706 和 0.687;皆伐样地的平均相异性系数变幅较大,样地 N I、N II、N III 和 A I、A II、A III 的平均相异性系数分别为 0.620、0.955、0.712 和 0.755、0.974、0.698,表明皆伐后样地的物种变化较大。

2.3 米槠林不同样地的物种周转速率分析

3 块具有不同更新模式的米槠林样地中物种周转速率的差异见表 4。由表 4 可见:虽然在实施更新措

表 3 采取不同更新模式的 3 块米楮林永久样地中各高度级间的相异性系数 (DI)¹⁾
 Table 3 Dissimilarity index (DI) between different height classes of three permanent plots in *Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hayata woods by using different regeneration modes¹⁾

样地 ²⁾ Plot ²⁾	高度级 Height class	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	DI	样地 ²⁾ Plot ²⁾	高度级 Height class	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	DI	样地 ²⁾ Plot ²⁾	高度级 Height class	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	DI				
S I	1-2	77	50	49	0.228	S III	1-2	59	38	35	0.278	N III	3-4	40	20	17	0.433				
	1-3	77	27	26	0.500		1-3	59	20	19	0.519		3-5	40	6	6	0.739				
	1-4	77	15	15	0.674		1-4	59	6	6	0.815		3-6	40	1	1	0.951				
	1-5	77	11	11	0.750		1-5	59	1	1	0.967		3-7	40	1	1	0.951				
	1-6	77	5	5	0.878		2-3	38	20	18	0.379		4-5	20	6	5	0.615				
	1-7	77	5	5	0.878		2-4	38	6	6	0.727		4-6	20	1	1	0.905				
	2-3	50	27	24	0.377		2-5	38	1	1	0.949		4-7	20	1	1	0.905				
	2-4	50	15	15	0.538		3-4	20	6	5	0.615		5-6	6	1	1	0.714				
	2-5	50	11	10	0.672		3-5	20	1	1	0.905		5-7	6	1	1	0.714				
	2-6	50	5	4	0.855		4-5	6	1	1	0.714		6-7	1	1	1	0.000				
	2-7	50	5	4	0.855		N I	1-2	94	54	54		0.270	A I	1-2	87	42	41	0.364		
	3-4	27	15	12	0.429			1-3	94	20	19		0.667		1-3	87	15	15	0.706		
	3-5	27	11	9	0.526			1-4	94	11	10		0.810		1-4	87	6	6	0.871		
	3-6	27	5	4	0.750			1-5	94	12	11		0.792		1-5	87	12	10	0.798		
	3-7	27	5	3	0.813			1-6	94	5	4		0.919		1-6	87	5	4	0.913		
	4-5	15	11	9	0.308			1-7	94	4	3		0.939		1-7	87	5	3	0.935		
	4-6	15	5	4	0.600			2-3	54	19	19		0.479		2-3	42	15	13	0.544		
4-7	15	5	4	0.600	2-4	54		11	10	0.692	2-4	42	6		5	0.792					
5-6	11	5	4	0.500	2-5	54		12	10	0.697	2-5	42	12		8	0.704					
5-7	11	5	4	0.500	2-6	54		5	4	0.864	2-6	42	5		3	0.872					
6-7	5	5	3	0.400	2-7	54		4	3	0.897	2-7	42	5		2	0.915					
S II	1-2	87	59	57	0.219	3-4		20	11	9	0.419	3-4	15		6	3	0.714				
	1-3	87	29	27	0.534	3-5		20	12	8	0.500	3-5	15		12	4	0.704				
	1-4	87	12	12	0.758	3-6		20	5	4	0.680	3-6	15		5	1	0.900				
	1-5	87	4	4	0.912	3-7		20	4	3	0.750	3-7	15		5	0	1.000				
	1-6	87	1	1	0.977	4-5		11	12	8	0.304	4-5	6		12	4	0.556				
	1-7	87	1	1	0.977	4-6		11	5	4	0.500	4-6	6		5	1	0.818				
	2-3	59	29	26	0.409	4-7	11	4	3	0.600	4-7	6	5	1	0.818						
	2-4	59	12	12	0.662	5-6	12	5	5	0.412	5-6	12	5	2	0.765						
	2-5	59	4	4	0.873	5-7	12	4	4	0.500	5-7	12	5	2	0.765						
	2-6	59	1	1	0.967	6-7	5	4	3	0.333	6-7	5	5	3	0.400						
	2-7	59	1	1	0.967	N II	1-2	87	2	2	0.955	A II	1-2	75	1	1	0.974				
	3-4	29	12	9	0.561		N III	1-2	116	73	71		0.249	A III	1-2	29	17	14	0.391		
	3-5	29	4	4	0.758			1-3	116	40	39		0.500		1-3	29	10	8	0.590		
	3-6	29	1	1	0.933			1-4	116	20	20		0.706		1-4	29	4	4	0.758		
	3-7	29	1	1	0.933			1-5	116	6	6		0.902		1-5	29	1	1	0.933		
	4-5	12	4	4	0.500			1-6	116	1	1		0.983		2-3	17	10	7	0.481		
	4-6	12	1	1	0.846			1-7	116	1	1		0.983		2-4	17	4	2	0.810		
4-7	12	1	1	0.846	2-3			73	40	37	0.345		2-5		17	1	1	0.889			
5-6	4	1	1	0.600	2-4			73	20	20	0.570		3-4		10	4	2	0.714			
5-7	4	1	1	0.600	2-5			73	6	6	0.848		3-5		10	1	1	0.818			
6-7	1	1	1	0.000	2-6			73	1	1	0.973		4-5		4	1	1	0.600			
					2-7			73	1	1	0.973										

¹⁾ *a* 和 *b* 表示 2 个高度级各自的物种数, *c* 表示 2 个高度级共有的物种数 “*a*” 和 “*b*” are respective species number of two height classes, and “*c*” is common species number of two height classes.

²⁾ S I, N I, A I: 分别为 1993 年择伐前、天然更新前和人工更新前调查的天然林样地 Natural forest plots investigated before selective cutting regeneration, natural regeneration and artificial regeneration in 1993, respectively; S II, N II, A II: 分别为 1995 年调查的择伐更新林、天然更新林和人工更新林样地 Forest plots with selective cutting regeneration, natural regeneration and artificial regeneration investigated in 1995, respectively; S III, N III, A III: 分别为 2005 年调查的择伐更新林、天然更新林和人工更新林样地 Forest plots with selective cutting regeneration, natural regeneration and artificial regeneration investigated in 2005, respectively.

施后择伐更新样地的群落基准高度级物种周转速率和群落总物种周转速率小幅升高,但在各阶段没有明显差异,说明择伐更新对物种周转速率影响不明显,群落稳定性仍较高。

天然更新样地的群落基准高度级物种周转速率在皆伐后(1995年)大幅增至42,物种周转明显加快;2005年时(N III)又恢复到11,但在垂直梯度上群落总物种周转速率达到67,高于更新前。这一现象与天然更新林(N III)的群落环境有利于高竞争能力物种和耐干扰物种的生存、导致物种丰富度较高有关。

在皆伐后(1995年),人工更新样地的群落基准高度级物种周转速率也较大幅度增至37,垂直梯度上物种周转速率短时间内加快;至2005年,基准高度级物种周转速率和总物种周转速率都大幅度低于更新前。表明人工种植杉木对群落产生强烈干扰并导致群落的物种丰富度降低,群落内以阳性树种为主,关键顶极种米楮已不能在群落内生存,代之以杉木成为优势种。

表 4 采取不同更新模式的 3 块米楮林永久样地中物种周转速率的比较¹⁾

Table 4 Comparison of species turnover rate of three permanent plots in *Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hayata woods by using different regeneration modes¹⁾

样地 ²⁾	Plot ²⁾	Total β_C	Base β_C
S I		49	8
S II		52	10
S III		36	9
N I		55	9
N II		42	42
N III		67	11
A I		62	10
A II		37	37
A III		23	6

¹⁾ Total β_C : 群落总物种周转速率 Total species turnover rate of community; Base β_C : 群落基准高度级物种周转速率 Species turnover rate of base height class of community.

²⁾ S I, N I, A I: 分别为1993年择伐前、天然更新前和人工更新前调查的天然林样地 Natural forest plots investigated before selective cutting regeneration, natural regeneration and artificial regeneration in 1993, respectively; S II, N II, A II: 分别为1995年调查的择伐更新林、天然更新林和人工更新林样地 Forest plots with selective cutting regeneration, natural regeneration and artificial regeneration investigated in 1995, respectively; S III, N III, A III: 分别为2005年调查的择伐更新林、天然更新林和人工更新林样地 Forest plots with selective cutting regeneration, natural regeneration and artificial regeneration investigated in 2005, respectively.

3 讨论和结论

上述研究结果表明:采伐更新前各米楮林样地均

有7个高度级, β_C 和共有种数随高度级增大迅速减小,物种周转主要发生在第1至第3高度级,大量的草本和灌木不能进入下一个高度级。

各米楮林样地相邻高度级的相异性系数较小,相异性系数随高度级差异增加而增大,受到干扰(皆伐)后相异性系数会急剧增大。皆伐导致的林地环境突然改变对群落高度级的构建有影响(仅保留2个高度级),且第1和第2高度级间的共有种数极少;随高度级构建到5级以上,相异性系数的分布趋于正常。

采用不同的更新模式后,更新期米楮林高度级均减少。更新措施导致物种周转发生变化,包括关键顶极种米楮的变化。因择伐更新伐除了较大的林木个体,导致米楮林高度级下降,但到第3阶段(2005年)已恢复至第5高度级。天然更新样地的米楮生长很快,经过12年的生长已进入到第6高度级。人工更新的强烈干扰对米楮种群产生巨大的不利影响,导致样地中米楮已不能生存,代之以薰荊锥以及更阳性的杉木和南酸枣等树种。

择伐更新样地3个时期的群落基准高度级物种周转速率和群落总物种周转速率没有明显差异,判定为轻度干扰;在干扰强度较小的情况下,由于优势种占据资源而排除弱的竞争种,物种丰富度改变不大,高竞争能力种(如米楮)的择伐使少量耐干扰种侵入,群落能进行自我更替。在干扰初期天然更新样地的物种周转速率变化复杂,但在第3阶段其物种周转速率高于更新前,判定为中度干扰;中等水平的干扰对高竞争能力种(米楮)和耐干扰种有利,群落丰富度达到最高并可进行自我更替。人工更新样地3个时期的群落总物种周转速率持续下降,群落物种丰富度降低,判定为重度干扰;在重度干扰状况下,高竞争能力种最易受到影响,由于该类物种不能忍受强烈干扰而导致其个体数量下降,甚至在局部区域无法继续生存,米楮林群落不能恢复。

米楮林是亚热带常绿阔叶林的典型林分之一,受强烈干扰后目前仅余残存林。择伐更新和天然更新属于轻、中度干扰,天然更新虽然强烈改变了生境条件,但多样性恢复很快,在垂直梯度上群落总物种周转速率甚至高于更新前,这2种更新模式都有利于米楮林群落物种多样性的维持和稳定。天然米楮林皆伐后种植杉木并进行抚育,强烈改变了群落的优势物种结构,群落演替方向已大幅度改变。米楮种群对维持整个群落的物种结构和稳定性有重要作用,在垂直

梯度上保留米槠及其主要伴生种的优势地位是米槠林自我更替的关键。

参考文献:

- [1] 中国植被编委会. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 56-75.
- [2] 黄建辉, 高贤明, 马克平, 等. 地带性森林群落物种多样性的比较研究[J]. 生态学报, 1997, 17(6): 611-618.
- [3] 王希华, 闫恩荣, 严 晓, 等. 中国东部常绿阔叶林退化群落分析及恢复重建研究的一些问题[J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1796-1803.
- [4] 游水生, 张志翔, 李如泽, 等. 福建武夷帽布米槠林火烧后植物种类变化的研究 II. 火烧前后重要值和物种多样性变化[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(1): 65-68.
- [5] 王小明, 游水生. 福建武夷米槠林恢复生态学研究 VI 不同人为干扰尺度对各层次物种多样性指数、均匀度和优势度的影响[J]. 中南林学院学报, 2002, 22(1): 62-65.
- [6] 林德喜, 游水生, 何育城. 不同更新方式林地土壤物理性状的研究[J]. 福建林学院学报, 1997, 17(4): 336-339.
- [7] 游水生, 叶功富, 陈世品, 等. 不同采伐更新模式对米槠群落植物物种 β 多样性的影响[J]. 武汉植物学研究, 2008, 26(6): 600-607.
- [8] 陈爱玲, 游水生, 林德喜. 阔叶林地在不同更新方式下土壤理化性质的变化[J]. 浙江林学院学报, 2001, 18(2): 127-130.
- [9] 宋 萍, 洪 伟, 吴承祯, 等. 中亚热带丝栗栎次生林群落高度级结构分析[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(5): 460-464.
- [10] 毕晓丽, 洪 伟, 吴承祯, 等. 万木林自然保护区不同群落优势种高度级结构研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(12): 2355-2358.
- [11] WHITTAKER R H. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California[J]. Ecological Monographs, 1960, 30: 279-338.
- [12] WHITTAKER R H. Evolution and measurement of species diversity [J]. Taxon, 1972, 21: 213-251.
- [13] KOLEFF P, GASTON K J, LENNON J J. Measuring *beta* diversity for presence-absence data[J]. Journal of Animal Ecology, 2003, 72: 367-382.
- [14] 马克平, 刘灿然, 刘玉明. 生物群落多样性的测定方法 II β 多样性的测度方法[J]. 生物多样性, 1995, 3(1): 38-43.
- [15] 林开敏, 黄宝龙. 杉木人工林林下植物物种 β 多样性的研究[J]. 生物多样性, 2001, 9(2): 157-161.
- [16] 郝占庆, 于德永, 吴 钢, 等. 长白山北坡植物群落 β 多样性分析[J]. 生态学报, 2001, 21(12): 2018-2022.
- [17] 王贵霞, 李传荣, 齐 清, 等. 泰山油松群落 β 多样性研究[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2004, 35(3): 347-351.
- [18] 高贤明, 马克平, 黄建辉, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 XI. 山地草甸 β 多样性[J]. 生态学报, 1998, 18(1): 24-32.
- [19] 李德生, 周树军, 候信勇, 等. 泰山侧柏、麻栎森林群落的 β 多样性研究[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 1997, 28(3): 331-336.
- [20] 张 璐, 苏志尧, 李镇魁. 南岭国家级自然保护区森林群落 β 多样性随海拔梯度的变化[J]. 热带亚热带植物学报, 2007, 15(6): 506-512.
- [21] 关文彬, 冶民生, 马克明, 等. 岷江干旱河谷植物群落物种转速率与环境因子的关系[J]. 生态学报, 2004, 24(11): 2367-2373.
- [22] 陈晓德, 李旭光, 王金锡. 绵阳官司河流域长江防护林的群落高度级结构分析[J]. 植物生态学报, 1997, 21(4): 376-385.
- [23] 游水生, 饶英豪, 罗水发, 等. 福建武夷帽布米槠林择伐经营策略初探 I. 年龄结构和生长过程分析[J]. 福建林学院学报, 1996, 16(3): 234-238.
- [24] 饶英豪, 葛亲红, 张金文, 等. 福建武夷帽布米槠林择伐经营策略初探 II. 林分测树因子、物种多样性指数和择伐策略[J]. 福建林学院学报, 1997, 17(1): 39-41.
- [25] 臧润国, 杨彦承, 蒋有绪. 海南岛霸王岭热带山地雨林群落结构及树种多样性特征的研究[J]. 植物生态学报, 2001, 25(3): 270-275.
- [26] 刘增力, 郑成洋, 方精云. 河北小五台山东坡植物物种多样性的垂直梯度变化[J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 137-145.

(责任编辑: 张明霞)

皂荚天然群体间种实表型特性及种子萌发的差异分析

李伟^{1,2}, 林富荣¹, 郑勇奇^{1,①}, 孙圣¹

(1. 中国林业科学研究院林业研究所 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091;

2. 青岛农业大学园林与林学院, 山东 青岛 266109)

摘要: 对位于湖北京山、湖南城步、贵州兴义、重庆秀山、四川成都、广西桂林、山东费县和甘肃天水的 8 个皂荚 (*Gleditsia sinensis* Lam.) 天然群体间果实和种子表型特性及种子萌发率的差异进行了研究, 在此基础上, 对种子特性与萌发率的相关性进行了分析。结果表明: 不同皂荚群体间荚果的长度、宽度、厚度和质量以及种子长度、宽度、厚度和百粒质量均存在极显著差异 ($P < 0.01$); 在低纬度、高降雨量和干扰程度相对大的区域产生的荚果及种子均较大。在不同温度 (昼/夜温度 35 °C/20 °C、30 °C/15 °C、25 °C/10 °C 和 15 °C/5 °C) 条件下, 8 个皂荚群体间种子萌发率无显著差异, 平均萌发率为 7.70%; 种皮经人为损伤后种子萌发率总体上有所提高且在不同温度条件下差异显著, 其中在昼/夜温度 15 °C/5 °C 的条件下种子萌发率低于其他处理温度。在不同温度条件下, 种子的长度、宽度、厚度和百粒质量与萌发率均呈正相关, 但总体上相关性不显著。研究结果说明: 不同皂荚群体的荚果和种子特性变异较大, 且在降雨量高的地区其果实和种子较大; 低温对皂荚种子的萌发有一定抑制作用; 种皮损伤处理可解除皂荚种子的物理性休眠, 但皂荚种子还可能存在生理休眠现象; 一定程度的种子复合休眠可能是皂荚群体适应不同生境的重要生存策略之一。

关键词: 皂荚; 群体; 荚果特性; 种子特性; 种子萌发; 相关性

中图分类号: Q944.3; Q945.34 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2013)04-0070-06

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2013.04.10

Variation analysis on phenotypic characteristics of pods and seeds, and seed germination among natural populations of *Gleditsia sinensis* LI Wei^{1,2}, LIN Furong¹, ZHENG Yongqi^{1,①}, SUN Sheng¹

(1. Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation of State Forestry Administration, Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. College of Landscape Architecture and Forestry, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2013, 22(4): 70-75

Abstract: The variation of phenotypic characteristics of pods and seeds, and seed germination rate among eight natural populations of *Gleditsia sinensis* Lam. in Jingshan of Hubei, Chengbu of Hu'nan, Xingyi of Guizhou, Xiushan of Chongqing, Chengdu of Sichuan, Guilin of Guangxi, Feixian of Shandong and Tianshui of Gansu were researched, and on this basis, the correlation between seed characteristics and germination rate also was analyzed. The results show that there are extremely significant differences in length, width, thickness and weight of pods, and in length, width, thickness and 100-seed weight of seeds among different populations of *G. sinensis* ($P < 0.01$), and pods and seeds are bigger in regions with low latitude, high rainfall and more disturbance. Under different temperatures (day/night temperatures of 35 °C/20 °C, 30 °C/15 °C, 25 °C/10 °C and 15 °C/5 °C), there is no significant difference in seed germination rate among eight populations of *G. sinensis* with an average germination rate of 7.70%. After seed coat damaged artificially, the seed germination rate generally increases with the

收稿日期: 2013-05-07

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项重大项目“重要树种种质资源保存与可持续利用关键技术”(201204307)

作者简介: 李伟(1983—),男,山东潍坊人,博士研究生,主要研究方向为林木遗传育种。

①通信作者 E-mail: zhengyq@caf.ac.cn