

DOI: 10.5846/stxb201804200901

张维伟,薛文艳,杨斌,赵忠.桥山栎林群落结构特征与物种多样性相关关系分析.生态学报,2019,39(11): - .

Zhang W W, Xue W Y, Yang B, Zhao Z. Differences in community characteristics, species diversity, and their coupling associations among three *Quercus acutissima* forests in Qiaoshan. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(11): - .

桥山栎林群落结构特征与物种多样性相关关系分析

张维伟,薛文艳,杨斌,赵忠*

西北农林科技大学林学院,陕西省林业综合重点实验室,黄土高原林木培育重点开放实验室,杨陵 712100

摘要:为了解森林群落结构特征与物种多样性之间的相关关系,以黄土高原桥山林区典型麻栎纯林、麻栎阔叶混交林和麻栎油松混交林为研究对象,调查分析了群落结构特征,计算物种重要值及物种多样性,并进行了冗余分析,结果表明:(1)麻栎油松混交林主要以乔木层胸径、树高、枝下高等最高;麻栎阔叶混交林以灌木层盖度、地径、冠幅、高度等最高;麻栎纯林以草本地径、草本盖度及草本冠幅最高。(2)3种类型林分乔木层重要值最高的均为麻栎(*Quercus acutissima*),灌木层为狼牙刺(*Sophora viciifolia*)、南蛇藤(*Celastrus orbiculatus*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*),草本层为苔草(*Carex tristachya*)。(3)麻栎油松混交林乔、灌木层物种多样性较高,麻栎阔叶混交林以草本层物种多样性最高。(4)不同类型麻栎林群落结构特征与物种多样性关系有差异。松栎混交林中,对物种多样性影响最大的为乔木胸径、新稍长及灌木高度;麻栎阔叶混交林对物种多样性影响最大的为灌木层高度及冠幅;麻栎纯林中,对物种多样性影响最大的为乔木胸径。(5)麻栎油松混交林、麻栎阔叶混交林的胸径、树高、物种多样较麻栎纯林高,具有较高木材生产能力和生态防护功能,是未来森林经营培育的方向。

关键词:麻栎;重要值;物种多样性;群落结构特征;冗余分析

Differences in community characteristics, species diversity, and their coupling associations among three *Quercus acutissima* forests in Qiaoshan

ZHANG Weiwei, XUE Wenyan, YANG Bin, ZHAO Zhong*

Key Comprehensive Laboratory of Forestry, Shaanxi Province, Key Laboratory of Silviculture on the Loess Plateau State Forestry Administration, College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling 712100, China

Abstract: To understand the coupling relationship between forest community characteristics and species diversity, three typical communities (pure forest of *Quercus acutissima*, mixed forest of *Q. acutissima* with various broad-leaved trees, and mixed forest of *Q. acutissima* with *Pinus tabulaeformis*), were selected at Qiaoshan, southern Loess Plateau, to measure the community characteristics (height, diameter at breast height, and coverage). According to these indices, important values and species diversity were calculated, and redundancy analysis (RDA) was performed. The results showed that (1) the height and diameter at breast height and clear tree bole height of the arbor layer of *Q. acutissima* with *P. tabulaeformis* were the highest in the mixed forest; the shrub height, shrub crown width, shrub ground diameter, shrub coverage were the highest in the mixed forest of *Q. acutissima* with various broad-leaved trees; and the herb ground diameter, herb coverage, and herb crown width were the highest in pure forest of *Q. acutissima*. (2) In three different forests, the important value of *Q. acutissima* in the tree layer was maximal, and the dominative species in the shrub layer were *Sophora viciifolia*, *Celastrus orbiculatus*, and *Lespedeza bicolor*, and that in the herb layer was *Carex tristachya*. (3) The biodiversity index of trees and shrubs in the mixed forest of *Q. acutissima* with *P. tabulaeformis* were the highest, while the diversity index of herbs in the mixed forest of *Q. acutissima* and various broad-leaved trees were the highest. (4) There were differences in the

基金项目:残垣沟壑区人工林景观化经营关键技术和示范(2017YFC0504605)

收稿日期:2018-04-20; 网络出版日期:2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaozh@nwfau.edu.cn

relationships between the community structure characteristics and species diversity of different types of *Q. acutissima* forests. In the mixed forests of *Q. acutissima* with *P. tabulaeformis*, the DBH, new twig length, and height of the shrub had the highest impact on species diversity. In the mixed forests of *Q. acutissima* with various broad-leaved trees, the height and crown width of the shrub had the highest impact on species diversity. In the pure forests of *Q. acutissima*, the DBH had the highest impact on species diversity. (5) Tree diameter breast height, tree height, and species diversity in the *Q. acutissima* with *P. tabulaeformis* forest and in the mixed forest of *Q. acutissima* with various broad-leaved trees were higher than that in the pure forest of *Q. acutissima*. We can conclude that these two forest types have high wood productivity and ecological protection capacity, and can be the direction of future forest management.

Key Words: *Quercus acutissima*; important value; species diversity; community characteristics; redundancy analysis

植物群落是生活在一定区域内所有植物个体通过互惠、竞争等相互作用而形成的一个有机整体,不同类型群落在结构和功能上具有很大的差异^[1-2]。树高、胸径、枝下高、冠幅、盖度等是描述群落结构特征的常用指标^[3-4],物种多样性则是群落功能的主要体现^[5]。因此,阐明群落结构特征与物种多样性的关系对于认识群落结构与功能及其相互关系意义重大,研究群落结构特征为对天然林的合理经营管理及物种多样性的保育提供依据^[6-7]。

麻栎(*Quercus acutissima*)属壳斗科栎属乔木,是黄土高原南部桥山林区阔叶落叶林地带性植被的建群种^[8],常以纯林、麻栎阔叶混交林、麻栎油松混交林的形式构成当地最重要森林景观,在当地涵养水源、保持水土、生物多样性保护等方面发挥着重要作用^[9-10]。多年来,由于不合理经营及乱砍滥伐,导致当地栎林遭到严重破坏,逐渐生长为残败次生林,林分质量及林内物种多样性均不高。为实现黄土高原森林质量提升及生态功能发挥的目标,最主要是研究清楚群落结构特征和物种多样性的关系,但迄今为止,尚未见到有关黄土高原南部麻栎林及其物种多样性关系的研究,而这些正是麻栎林持续经营和管理的基础,也是亟待解决的问题。

本文以麻栎林发育完整,结构类型较多的桥山林区为基地,选择生境相似、林龄相近的麻栎天然纯林、麻栎阔叶混交林和麻栎油松混交林为对象,通过群落结构特征、物种多样性系统调查,采用 RDA 冗余分析方法,对群落结构特征与物种多样性的关系进行分析,比较不同类型麻栎林群落结构特征与物种多样性相关关系,目的是阐明不同类型麻栎林的结构特征及其与物种多样性关系,为合理经营及物种多样性保育提供依据。

1 研究区概况

本研究区域选择在黄土高原麻栎发育最好的陕西省延安市桥山林业局店头林场及双龙林场,地理位置 108°91'—109°12'E, 35°64'—35°72'N, 海拔 900—1500 m, 属暖温带气候区, 年平均降水量为 683.2 mm, 平均气温 10.2℃。土壤类型主要为森林褐土和灰褐土。麻栎林是地带性植被类型, 麻栎纯林(Pure forest of *Q. acutissima*, PFQ)、麻栎阔叶混交林(Mixed forest of *Q. Acutissima* with broad leaved tree, MFQB)、麻栎油松混交林(Mixed forest of *Q. Acutissima* with *Pinus tabulaeformis*, MFQP)是麻栎分布区最重要的 3 种林分, 占桥山林区森林类型的 60%。PFQ 主要乔木树种为麻栎, 占乔木组成 90% 以上, 主要灌木为狼牙刺(*Sophora viciifolia*)、南蛇藤(*Celastrus orbiculatus*)。MFQB 乔木树种以麻栎(*Quercus acutissima*)为主, 其他阔叶树有辽东栎(*Quercus wutaishansea*)、槲栎(*Quercus aliena*)、茶条槭(*Acer ginnala*)等, 主要灌木树种为胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、狼牙刺、黄蔷薇(*Rosa hugonis*)。MFQP 乔木树种以麻栎(*Q. acutissima*)和油松(*Pinus tabulaeformis*)为主, 主要灌木树种为南蛇藤、胡枝子、忍冬(*Lonicera japonica*)。3 种林分最主要草本植物皆为苔草(*Carex tristachya*)。

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

样地设置采用典型选样的办法, 2017 年 7 月—8 月在店头林场、双龙林场选择麻栎林分布较为集中的地

区,在充分探查的基础上在阴坡选择林相相对整齐的地段作为样地,共计 45 块。其中 PFQ 样地 15 块、MFQB 样地 15 块、MFQP 样地 15 块。样地面积均为 20 m×30 m,每个样地沿对角线于左下、中、右上设置灌木样方 3 块,面积均为 5 m×5 m;同时每个灌木样方的左下角设置草本样方,面积均为 1 m×1 m。在样地周边设置 1 m×20 m 的样方带,用于测定每一物种的频度。

这 3 种类型的样地区域规划为薪炭林,在 20 世纪 50—60 年代,经过持续砍伐沦为残败次生林,稀疏分布林木个体直径约 7—8 cm。1965 年以后处于封禁状态。1985 年左右进行过一次砍灌及强度为 20% 的抚育间伐。过后一直处于封禁状态。

乔木调查:每木需坐标定位(沿地表等高线为 X 轴,垂直边为 Y 轴),测定并记录每个林木的种名、胸径、树高、冠幅、枝下高及新稍长。灌木层调查:在灌木样方中分物种测定每一植株高度、地径、个体数、冠幅、盖度;草本层调查:在草本样方中,分物种测定株高度、基径、个体数、冠幅、盖度。沿频度样方带,测定每一乔灌木物种的频数,并计算频度。

2.2 物种多样性计算^[11]

物种重要值、多样性指数等参数均以样地为单位统计,同类型样地合并后取平均值作为该群落类型的特征参数。

(1) 重要值

乔木层重要值 = (相对密度 + 相对显著度 + 相对频度) / 3

灌木层重要值 = (相对密度 + 相对盖度 + 相对频度) / 3

草本层重要值 = (相对密度 + 相对盖度 + 相对频度) / 3

相对密度 = 该种的所有株数 / 所有种的株数之和 × 100%

相对显著度 = 该种个体胸高断面积 / 所有种的胸高断面积之和 × 100%

相对盖度 = 该种的盖度 / 所有种的盖度之和 × 100%

相对频度 = 该种的频度 / 所有种的频度之和 × 100%

(2) 物种丰富度指数

物种丰富度即为样地内乔、灌、草物种的数目,以同一群落类型物种丰富度,以各样地物种数的平均值表示。

(3) Simpson 多样性指数

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s \frac{N_i(N_i-1)}{N(N-1)}$$

式中, N_i 为样地中第 i 物种的个体数, N 为样地中所有物种的个体种数, S 为物种数。

(4) Shannon-wiener 指数

$$H = - \sum_{i=1}^s (p_i \ln p_i)$$

式中, p_i 为样地中第 i 物种的重要值,即 $p_i = N_i/N$, S 为物种数。

(5) Pielou 指数

$$J'_H = \frac{H'}{H_{\max}}$$

式中, $H_{\max} = \ln S$, H' 是样地的物种多样性实测值, $H_{\max}$ 为样地中给定物种数 S 下完全均匀群落的多样性

(6) Alatalo 均匀度指数

$$E_A = [(\sum P_i^2)^{-1} - 1] / [\exp(-\sum P_i \log P_i) - 1]$$

2.3 数据分析

各类型群落结构特征参数以样地为单位进行统计,同类样地合并后取平均值作为该群落类型的参数。运用

SPSS 19.0 对不同群落类型林分特征差异及多样性指数差异进行单因素方差分析,若差异显著,则进行 Duncan 多重比较,显著性水平 $\alpha=0.05$ 。

运用 R 语言 Vegan 包进行排序分析^[12]。在排序分析之前,用 decorana() 函数判断应使用单峰模型(CA 和 CCA)或线性模型(PCA 和 RDA)^[13]。本文中 Axis lengths<3,因此用 RDA() 函数对群落结构特征与物种多样性进行约束排序^[14]。

3 结果与分析

3.1 三种林分群落结构特征差异分析

群落结构特征最重要的参数是群落组成、层次结构及其组分参数。表 1 展示了 3 种类型麻栎群落特征及组成、结构及相关参数差异。MFQP 乔木层树高、胸径均显著高于 PFQ 与 MFQB($P<0.05$),PFQ 与 MFQB 差异不显著;冠幅表现为 MFQB>MFQP>PFQ;新稍长则正好相反,以 PFQ 最大,MFQP 最小。

表 1 三种麻栎林乔木层、灌木层和草本层特征值比较

Table 1 The comparison with the community characteristic index for the tree, shrub, herb layers in 3 *Q. acutissima* forest types

层 Layer	特征参数 Characteristic index	PFQ	MFQB	MFQP
乔木层 Tree	树高 TH/m	9.687b	9.250b	9.833a
	胸径 TDBH/cm	12.827b	13.219b	13.827a
	枝下高 TCBH/m	3.595a	2.878b	3.687a
	冠幅 TCD/m	3.567b	4.206a	3.873ab
	新稍长 TNTL/cm	15.146a	14.007b	13.548b
灌木层 Shrub	株高 SH/cm	58.453b	83.322a	63.185b
	盖度 SC/%	0.060a	0.101a	0.041a
	地径 SGD/cm	5.053b	7.123a	4.738b
	冠幅 SCD/cm	45.139b	63.446a	48.593b
草本层 Herb	基径 HD/mm	2.382a	1.551a	1.292a
	盖度 HC/%	0.106a	0.058b	0.078b
	高度 HH/cm	23.255b	29.266a	22.621b
	冠幅 HCD/cm	24.548a	23.182a	24.933a

TH: 乔木树高, tree height; TNTL: 乔木枝下高, the new twig length; TDBH: 乔木胸径, tree diameter breast height; TCBH: 乔木枝下高, tree clear tree bole height; SH: 灌木株高, shrub height; SC: 灌木盖度, shrub coverage; SGD: 灌木地径, shrub ground diameter; SCD: 灌木冠幅, shrub crown width; HA: 草本多度, herb abundance; HC: 草本盖度, herb coverage; HH: 草本高度, herb height。同列中不同小写字母表示差异显著($P<0.05$);PFQ(麻栎纯林 Pure forest of *Q. acutissima*)、MFQB(麻栎阔叶混交林 Mixed forest of *Q. acutissima* with broad leaved tree)、MFQP(麻栎油松混交林 Mixed forest of *Q. acutissima* with *Pinus tabulaeformis*) (下同 Here in after the same)

灌木层株高与冠幅在 3 种类型林分间呈现出一致规律,即 MFQB>MFQP>PFQ,地径则呈现出 MFQB>PFQ>MFQP 的趋势。MFQB 灌木层盖度最高,但 3 种林分类型间差异不显著($P>0.05$)。

草本层基径、冠幅均呈现出 PFQ>MFQB>MFQP。PFQ 草本层盖度较 MFQB 高 82.76%,较 MFQP 高 35.90%;MFQB 草本层平均高度最大,较 PFQ 高 25.84%,较 MFQP 高 29.38%。

从对 3 种类型林结构的比较中可以看出,MFQP 属当地典型地带性植被类型,对当地土壤气候的适合程度优于 MFQB 和 PFQ,乔木层林木胸径、树高等指标达到最优状态。MFQB 与 MFQP 比较,统计上没有显著性差异,但优于 PFQ。

3.2 重要值分析

群落物种组成是群落主要特征。3 种麻栎群落中,在 PFQ 乔木层中,共统计到物种 6 个(重要值大于 1,下同),其中麻栎重要值最高(重要值 88.75),共计 988 株,其余树种如辽东栎、茶条槭、杜梨等零星存在,重要值介于 1.05—3.40 之间。灌木层中重要值最高的物种是南蛇藤(17.74)及狼牙刺(17.48)。MFQB 乔木层中,

物种 8 个, 以麻栎重要值最高, 重要值达到 37.67, 总株数 409 株。灌木层中重要值最高的物种是胡枝子 (21.11) 及狼牙刺 (18.64)。MFQP 乔木层中, 共统计到 9 个物种, 以麻栎、油松的重要值最大, MFQP 灌木层中胡枝子与南蛇藤重要值最高, 分别达到 11.99 与 18.24。3 种类型麻栎林的草本重要值最高的物种均为苔草, 其值介于 69.34—81.51 之间 (表 2)。

表 2 三种麻栎林类型主要物种组成及其重要值

Table 2 Species composition and important values of main species in the three *Q. acutissimatypes*

种名 Species	乔木层 Tree layer			灌木层 Shrub layer			草本层 Herb layer		
	PFQ	MFQB	MFQP	PFQ	MFQB	MFQP	PFQ	MFQB	MFQP
麻栎 <i>Quercus acutissima</i> Carruth	88.75	37.67	32.91						
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.			20.92						
茶条槭 <i>Acer ginnala</i>	2.03	3.77	2.21						
辽东栎 <i>Quercus wutaishansea</i> Mary	3.40	26.31	26.20						
槲栎 <i>Quercus aliena</i> Bl.	1.13	19.34	5.07						
山楂 <i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge	1.20								
毛柞 <i>Swida walteri</i> (Wanger.) Sojak	1.13	1.69	3.13						
白桦 <i>Betula typhylla</i> Suk		2.55	3.38						
山杏 <i>Armeniaca sibirica</i> (L.) Lam.			2.73	0.64					
杜梨 <i>Pyrus betulifolia</i> Bunge	1.05	3.72	1.18						
冬 荛 <i>Lonicera japonica</i> Thunb				10.95	7.36	10.58			
胡颓子 <i>Elaeagnus pungens</i> Thunb.				1.54	1.14	2.33			
荚蒾 <i>Viburnum dilatatum</i> Thunb				7.55	7.05	9.18			
胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i> Turcz				6.44	21.11	11.99			
红麸杨 <i>Rhus punjabensis</i> var. <i>sinica</i>	0.92	0.93		12.83	2.57	3.34			
卫矛 <i>Euonymus alatus</i>				1.91	0.98	4.94			
悬钩子 <i>Rubus corchorifolius</i> L.f.				0.97	0.88	0.95			
菝葜 <i>Smilax china</i> L.				1.71	2.67	1.41			
南蛇藤 <i>Celastrus orbiculatus</i> Thunb.				17.74	10.14	18.24			
蛇葡萄 <i>Ampelopsis glandulosa</i>				1.28	1.73	3.08			
绣线菊 <i>Spiraea Salicifolia</i> L.				2.06	3.94	7.39			
栒子 <i>Cotoneaster zabelii</i>				0.93	4.42	1.70			
狼牙刺 <i>Sophora viciifolia</i>				17.48	18.64	10.05			
黄蔷薇 <i>Rosa hugonis</i> Hemsl.				7.68	11.14	9.94			
苦参 <i>Sophora flavescens</i>				2.30	1.33				
杠柳 <i>Periploca sepium</i>				1.72					
鼠李 <i>Rhamnus davurica</i> Pall.					1.25				
红瑞木 <i>Swida alba</i> Opiz					5.62	4.09			
苔草 <i>Carex tristachya</i>							81.51	69.34	79.49
茜草 <i>Rubia cordifolia</i> L.							2.04	4.19	1.45
银兰 <i>Cephalanthera erecta</i> Bl.							5.10	3.70	2.44
披碱草 <i>Elymus dahuricus</i> Turcz.							3.29	7.54	4.42
白茅草 <i>Imperata cylindrica</i>							2.79	7.37	2.82
薯蓣 <i>Dioscorea opposita</i>							1.82	1.27	1.41
败酱 <i>Patrinia scabiosaefolia</i>							1.77		
Fisch. ex Trev									
莓草 <i>Arthraxon hispidus</i>								1.13	
(Thunb.) Makino									
紫苑 <i>Tatarian Aster Root</i>							2.19		

3.3 三种林分物种多样性差异分析

以麻栎 3 种群落中重要值大于 1 的物种为基础,分别计算各个群落乔木层、灌木层、草本层多样性,不同林分类型物种多样性存在差异(表 3)。

表 3 三种麻栎林物种多样性指数、均匀度和丰富度指数比较

Table 3 Comparison with Richness, Diversity and Evenness indexes in three <i>Q. acutissima</i> forest types				
层 Layer	物种多样性指数 Species diversity index	PFQ	MFQB	MFQP
乔木层 Tree	Simpson 指数 D	0.231c	0.503b	0.615a
	Shannon-wiener 指数 H'	0.528c	1.062b	1.325a
	Pielou 指数 J'H	0.347c	0.580b	0.664a
	Alatalo 指数 Ea	0.449c	0.543b	0.619a
	丰富度 Richness R	4.267c	5.813b	5.933a
灌木层 Shrub	Simpson 指数 D	0.765a	0.776a	0.697b
	Shannon-wiener 指数 H'	1.702a	1.883a	1.774a
	Pielou 指数 J'H	0.741b	0.859a	0.785ab
	Alatalo 指数 Ea	0.770a	0.807a	0.762a
	丰富度 Richness R	9.067a	8.437a	9.467a
草本层 Herb	Simpson 指数 D	0.110b	0.239a	0.108b
	Shannon-wiener 指数 H'	0.270b	0.426a	0.425a
	Pielou 指数 J'H	0.171b	0.395a	0.198b
	Alatalo 指数 Ea	0.388b	0.503a	0.424ab
	丰富度 Richness R	4.867b	4.6252b	5.467a

注: T-D: 乔木 Simpson 指数, simpson index of tree; T- H': 乔木 Shannon-wiener 指数, Shannon-wiener index of tree; T-J'H: 乔木 Pielou 指数, Pielou index of tree; T-Ea: 乔木 Alatalo 指数, Alatalo index of tree; T-R: 乔木丰富度, Richness index of tree; S-D: 灌木 Simpson 指数, simpson index of tree; S- H': 灌木 Shannon-wiener 指数, Shannon-wiener index of tree; S-J'H: 灌木 Pielou 指数, Pielou index of tree; S-Ea: 灌木 Alatalo 指数, Alatalo index of tree; S-R: 灌木丰富度, Richness index of tree; H-D: 草本 Simpson 指数, simpson index of tree; H- H': 草本 Shannon-wiener 指数, Shannon-wiener index of tree; H-J'H: 草本 Pielou 指数, Pielou index of tree; H-Ea: 草本 Alatalo 指数, Alatalo index of tree; H-R: 草本丰富度, Richness index of tree

麻栎林 3 种林分类型乔木层多样性指数 (Simpson 指数、Shannon-wiener 指数)、均匀度指数 (Pielou 指数、Alatalo 指数) 均表现为 MFQP>MFQB>PFQ ($P<0.05$)。3 种林分类型灌木层多样性指数与乔木层略有不同, MFQB Simpson 指数、Pielou 指数、Shannon-wiener 指数、Alatalo 指数均最高;丰富度指数则呈现出 MFQP>PFQ>MFQB 的规律。3 种类型林分草本层 Simpson 指数表现为 MFQB>PFQ>MFQP; Shannon-wiener 指数、Pielou 指数及 Alatalo 指数则呈现出 MFQB>MFQP>PFQ 的规律; MFQP 物种丰富度最高, 分别是 PFQ、MFQB 的 1.12 倍、1.18 倍。

3.4 三种林分群落结构特征与物种多样性相关关系分析

鉴于 3 种麻栎群落结构特征与物种多样性复杂性,本文对 3 种类型麻栎群落结构特征与物种多样性关系进行冗余分析,试图通过解释变量(群落结构特征)与响应变量(物种多样性)的相关性,阐明出群落结构特征对物种多样性的影响程度。分析结果见表 4。

3.4.1 麻栎纯林群落结构特征与物种多样性相关关系分析

PFQ 群落结构特征对物种多样性的影响分析,可以看出物种多样性特征在 RDA2 轴上具有明显分异,而在 RDA1 轴上分异不明显。由图 1 可知,随 TDBH、SC 及 SGD(RDA 1 轴)的增加,T-R、S-R 及 H-R 均减小;而当 TCBH、TNTL 及 TCD(RDA 2 轴)增加时,S-R 及 H-R 增加,T-R 减小。

3.4.2 麻栎阔叶混交林群落结构特征与物种多样性相关关系分析

通过 MFQB 群落结构特征对物种多样性的影响分析,可以看出物种多样性特征在 RDA1 轴上具有明显分

异,而在 RDA2 轴上分异不明显。由图 2 可知,随 SH、SCD 及 SGD(RDA 1 轴)的增加,T-R 增加,S-R 及 S-H 减小;当 HH、SC、TCD 增加时,T-R、S-R、H-R 及 S-H 均增加。

表 4 三种麻栎群落结构特征 RDA 排序特征值及与前两轴相关系数

群落结构特征 Community characteristics		PFQ		MFQB		MFQP	
		RDA1	RDA2	RDA1	RDA2	RDA1	RDA2
乔木层 Tree	TDBH	0.408	-0.245	-0.210	-0.345	0.392	-0.077
	TH	0.230	-0.382	-0.087	-0.333	0.047	0.080
	TCD	-0.180	0.410	-0.152	0.077	0.017	0.138
	TCBH	-0.193	0.636	-0.405	-0.341	0.153	-0.480
	TNTL	-0.274	0.498	-0.193	0.028	0.335	0.244
灌木层 Shrub	SH	0.098	-0.622	0.311	-0.105	0.352	-0.599
	SGD	0.271	-0.581	0.189	-0.123	-0.115	-0.156
	SCD	0.151	-0.713	0.297	0.059	-0.047	-0.285
	SC	0.357	-0.404	-0.439	0.079	0.067	-0.006
草本层 Herb	HH	0.203	-0.263	0.079	0.201	-0.491	0.527
	HD	-0.046	-0.080	0.051	-0.220	-0.099	0.343
	HCD	0.220	-0.243	0.025	-0.255	0.244	0.062
	HC	0.238	-0.083	0.086	-0.019	-0.126	-0.344
特征参数 Characteristic parameter							
特征值 Eigenvalues		7.8575	1.8505	2.1451	1.5516	10.5900	1.8023
累计贡献率 Explained variation		0.6749	0.8338	0.3444	0.5935	0.7463	0.8734
多样性-林分特征相关系数 Correlation		7.8575	1.8505	2.1451	1.5516	10.5900	1.8023
多样性-林分特征累积贡献率 Explained fitted variation		0.7061	0.8724	0.4376	0.7541	0.7937	0.9287

RDA: 冗余分析, Redundancy analysis

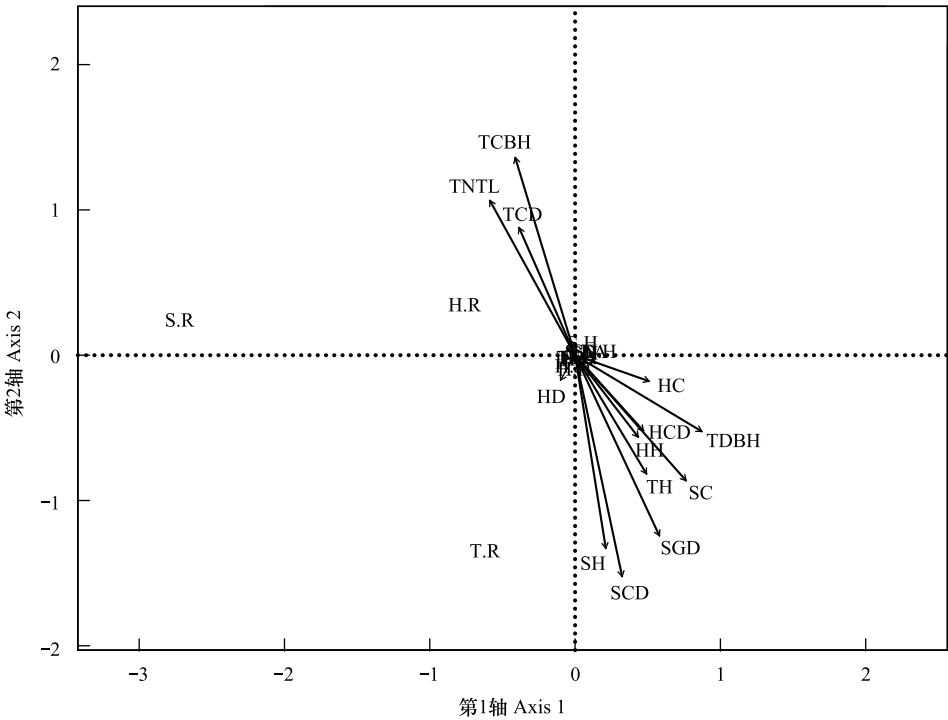


图 1 PFQ 群落结构特征对多样性影响的 RDA 二维排序图

Fig.1 The two-dimensional RDA ordination diagram of effect of community characteristics on species diversity in pure forest of *Quercus acutissima*

PFQ: 麻栎纯林, Pure forest of *Q. acutissima*

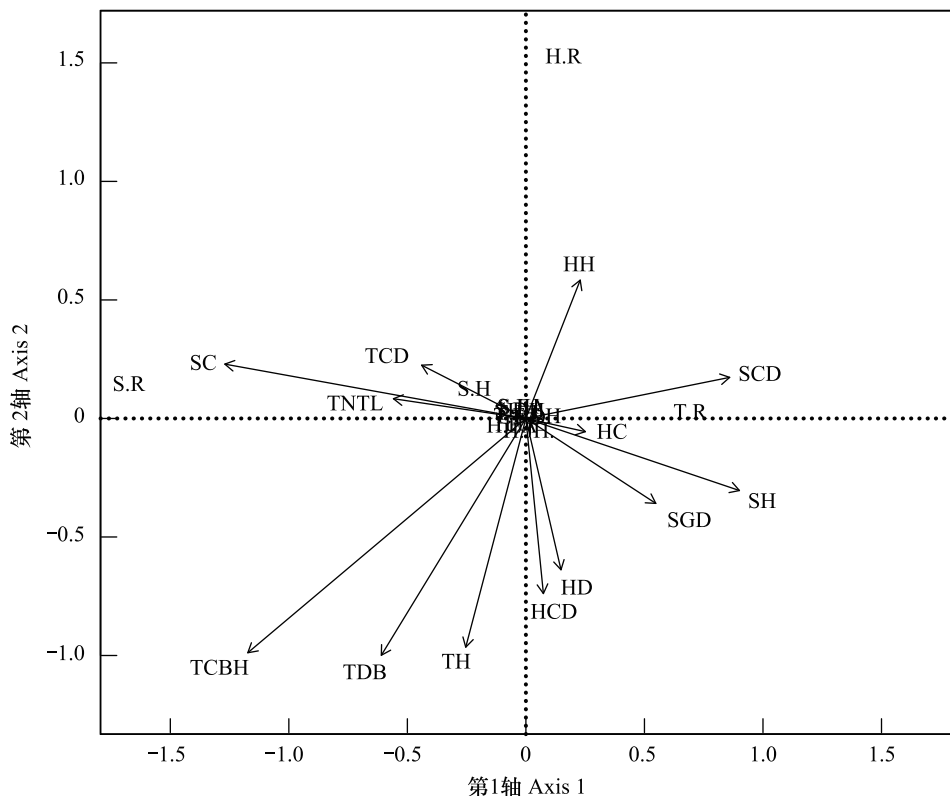


图2 MFQB 群落结构特征对多样性影响的 RDA 二维排序图

Fig.2 The two-dimensional RDA ordination diagram of effect of community characteristics on species diversity in mixed forest of *Q. acutissima* with various broad-leaved trees

MFQB: 麻栎阔叶混交林, Mixed forest of *Q. Acutissima* with broad leaved tree

3.4.3 麻栎油松混交林群落结构特征与物种多样性相关关系分析

MFQP 群落结构特征对物种多样性的影响分析,可以看出物种多样性特征在 RDA1、RDA2 轴上均存在分异现象。由图 3 可知,随 TDBH、SH、TNTL(RDA 1 轴)的增加,T-R 及 H-R 增加,S-R 物种丰富度均减小;而当 HH、HD、TNTL(RDA 2 轴)增加时,S-R 增加,T-R 及 H-R 减小。

4 结论与讨论

4.1 三种类型麻栎林结构特征差异及分析

本研究中,3 种类型麻栎群落结构特征存在明显差异。麻栎油松混交林乔木层树高、胸径、冠幅等最高,栎类混交林以灌木层株高、冠幅、地径等最高,栎类纯林则以草本层基径、冠幅、盖度等最高。群落结构特征受林分类型及混交程度的影响,麻栎油松混交林、麻栎阔叶混交林是 3 种林分中最佳组合,适合于在生态防护功能提升的基础上生产更多林产品和木材类型。3 种类型群落封禁前,均为阴坡的残败次生林,1985 年前后抚育间伐及砍灌强度基本一致,最终演替成麻栎纯林、麻栎阔叶混交林和麻栎油松混交林,可能与当年残败次生林基础有关。

此前关于纯林与混交林群落结构特征分析比较,多集中于乔木层。从本文分析中也可以看到,森林结构特征最重要的是乔木层树种组成,不仅是群落类型划分的依据,也决定了灌草层植被结构和生长特征。Montagnini F 等认为混交林乔木层树高、胸径、冠幅等均较纯林高^[15]。杨恩让等认为,混交林较高的胸径、树高及材积与其叶量、叶面积及单位重量的叶绿素含量高有关^[16]。群落结构特征这些观点也适合解释 3 种类型麻栎群落的差异。

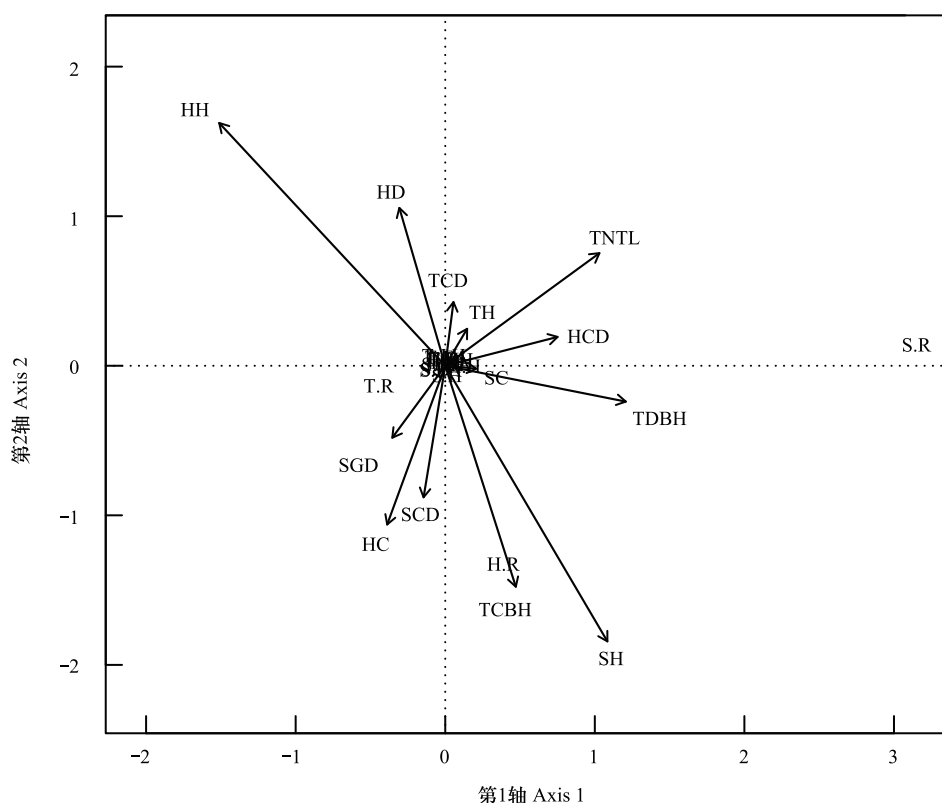


图3 MFQP 群落结构特征对多样性影响的 RDA 二维排序图

Fig.3 The two-dimensional RDA ordination diagram of effect of community characteristics on species diversity in mixed forest of *Q. acutissima* with *Pinustabuliformis*

MFQP: 麻栎油松混交林, Mixed forest of *Q. Acutissima* with *Pinus tabulaeformis*

4.2 不同类型麻栎群落物种重要值的差异及分析

3 种麻栎群落类型中,乔木层重要值最高的物种均为麻栎,是绝对优势树种。除此之外,麻栎阔叶混交林中的辽东栎、槲栎重要值也较高;麻栎油松混交林中,油松重要值仅次于麻栎。3 种森林类型中,灌木层重要值较高的物种均为狼牙刺、南蛇藤、胡枝子;草本层重要值最高的物种为苔草,说明在同一生境条件下,林下重要值较高的物种种类受林分类型影响不大,但不同林分类型中,林下各物种重要值有差异。群落中,物种组成及其个体数量是物种之间相互作用结果^[17],也可能是受外界干扰影响^[18-20]。本研究 3 种类型麻栎群落,封禁前和恢复过程中生境条件基本一致,之所以出现物种组成及其重要值差异,原因可能是封禁前林地基础(如在封禁前就有发育成 3 种林分类型的幼苗幼树)或者 1985 年抚育间伐方式有差异。

4.3 不同类型麻栎群落物种多样性差异及分析

不同林分类型物种多样性存在差异^[21]。总体而言,麻栎油松混交林乔木层、灌木层及草本层物种多样性最高,其次为麻栎落叶阔叶混交林^[22-24]。主要原因可能是,混交林中,乔木层植物种类多,生态位差异大,对资源利用更充分。特别是麻栎和油松生态位比其他两种类型林分中差异更大,再加上油松树冠相对其他阔叶树更窄,更有利于光照进入林地,导致物种多样性最高。麻栎纯林物种多样性之所以低,不仅由于乔木层树种单一,而且单一的乔木层形成的单一胁迫,导致了灌木层的物种及其个体数量的减少,进而影响到林下枯落物的分解和微生物的活动,使麻栎纯林内的生境条件远低于混交林。

4.4 不同类型麻栎群落结构特征与物种多样性相关关系

不同群落结构特征对物种多样性的影响不同^[25-27]。松栎混交林中,对物种多样性影响最大的为乔木胸径、新梢长及灌木高度;麻栎阔叶混交林对物种多样性影响最大的为灌木层高度及冠幅;麻栎纯林中,对物种

多样性影响最大的为乔木胸径。目前,关于不同类型林分群落结构特征对物种多样性影响的研究尚无定论^[28]。张建宇等^[29]研究认为,在落叶松群落中,对物种多样性影响最大的群落结构特征为灌木冠幅、草本层盖度和多度。汪媛燕和王磊等人研究认为,盖度、多度影响物种丰富度^[30-31]。张佳等^[32]研究则表明灌木冠幅影响草本多样性。因此,关于群落结构特征对物种多样性影响的机理还需进一步研究。

5 建议

在相似的生境和外界干扰条件下,经过多年恢复,麻栎油松混交林、麻栎阔叶混交林的胸径、树高、物种多样性较高,具有较高木材生产能力和生态防护功能,是未来森林经营培育的方向。未来森林经营中要充分利用这一规律,通过人为抚育间伐,促进麻栎纯林向混交林转换,促进麻栎落叶阔叶混交林向麻栎油松针阔混交林转化。

不同类型麻栎林的抚育间伐要顺应森林群落演替规律,采用近自然经营理念,以复层、混交、异龄为目标林相,通过定期抚育,伐除干扰树、病虫害木、劣质木,提高林分质量;对目标树进行合理修枝,提高枝下高,改善林地光照,增加灌草层物种多样性,促进林地幼苗幼树发育,促进林地多功能发挥。

参考文献 (References):

- [1] 欧阳明, 杨清培, 陈昕, 杨光耀, 施建敏, 方向民. 毛竹扩张对次生常绿阔叶林物种组成、结构与多样性的影响. 生物多样性, 2016, 24(6): 649-657.
- [2] 苏宇乔, 薛跃规, 范蓓蓓, 莫佛艳, 冯慧喆. 广西流星天坑植物群落结构与多样性. 西北植物学报, 2016, 36(11): 2300-2306.
- [3] 丁晖, 方炎明, 杨新虎, 袁发银, 何立恒, 姚剑飞, 吴俊, 迟斌, 李垚, 陈水飞, 陈婷婷, 徐海根. 黄山亚热带常绿阔叶林的群落特征. 生物多样性, 2016, 24(8): 875-887.
- [4] 李皓宇, 彭逸生, 刘嘉健, 王树功, 陈桂珠. 粤东沿海红树林物种组成与群落特征. 生态学报, 2016, 36(1): 252-260.
- [5] 刘灿然, 马克平. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究. 生态学报, 1997, 17(6): 584-592.
- [6] Lindenmayer D B, Franklin J F, Fischer J. General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. Biological Conservation, 2006, 131(3): 433-445.
- [7] Bordelon M A, McAllister D C, Holloway R. Sustainable forestry: Oregon style. Journal of Forestry, 2000, 98(1): 26-34.
- [8] 吕江鱼. 陕西省森林分区抚育经营初探. 陕西林业科技, 2016, (2): 32-35.
- [9] 薛文艳, 杨斌, 张文辉, 于世川. 桥山林区麻栎种群不同发育阶段空间格局及关联性. 生态学报, 2017, 37(10): 3375-3384.
- [10] 黄财智, 张文辉, 李罡, 于世川, 尤健健. 间伐强度对黄桥林区辽东栎结实规律的影响. 应用生态学报, 2016, 27(11): 3413-3419.
- [11] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 陈灵芝. 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. 生态学报, 1995, 15(3): 268-277.
- [12] Dixon P. VEGAN, a package of R functions for community ecology. Journal of Vegetation Science, 2010, 14(6): 927-930.
- [13] 赖江山, 米湘成. 基于 Vegan 软件包的生态学数据排序分析//第九届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 厦门: 国际生物多样性计划中国委员会, 中国科学院生命科学与生物技术局, 2010.
- [14] Jan L, Petr S. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO[M]. Cambridge University Press, 2003: 193-193.
- [15] Montagnini F, González E, Porras C, Rheingans R. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. The Commonwealth Forestry Review, 1995, 74(4): 306-314.
- [16] 杨恩让, 韩昭侠. 秦岭华山松红桦混交林与纯林生长调查. 陕西林业科技, 2013, (5): 10-12, 38-38.
- [17] 毛志宏, 朱教君. 干扰对植物群落物种组成及多样性的影响. 生态学报, 2006, 26(8): 2695-2701.
- [18] Buckley D S, Crow T R, Nauertz E A, Schulz K E. Influence of skid trails and haul roads on understory plant richness and composition in managed forest landscapes in Upper Michigan, USA. Forest Ecology and Management, 2003, 175(1/3): 509-520.
- [19] 边巴多吉, 郭泉水, 次柏, 罗大庆, 等. 西藏冷杉原始林分对草本植物和灌木树种多样性的影响. 应用生态学报, 2004, 15(2): 191-194.
- [20] Sagar R, Raghubanshi A S, Singh J S. Tree species composition, dispersion and diversity along a disturbance gradient in a dry tropical forest region of India. Forest Ecology and Management, 2003, 186(1/3): 61-71.
- [21] de Grandpre L, Bergeron Y. Diversity and stability of understorey communities following disturbance in the southern boreal forest. Journal of Ecology, 1997, 85(6): 777-784.
- [22] Gurarni D, Arya N, Yadava A, Ram J. Studies on plant biodiversity of pure *Pinus roxburghii* sarg. forest and mixed pine-oak forest in uttarakhand

- Himalaya. New York Science Journal, 2010, 3(8): 1-5.
- [23] White P S. Pattern, process, and natural disturbance in vegetation. The Botanical Review, 1979, 45(3): 229-299.
- [24] Connell J H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science, 1978, 199(4335): 1302-1310.
- [25] Collins S L, Glenn S M, Gibson D J. Experimental analysis of intermediate disturbance and initial floristic composition: decoupling cause and effect. Ecology, 1995, 76(2): 486-492.
- [26] Mackey R L, Currie D J. The diversity-disturbance relationship: is it generally strong and peaked? Ecology, 2001, 82(12): 3479-3492.
- [27] Cannon C H, Peart D R, Leighton M. Tree species diversity in commercially logged bornean rainforest. Science, 1998, 281(5381): 1366-1368.
- [28] Thomas S C, Halpern C B, Falk D A, Liguori D A, Austin K A. Plant diversity in managed forests: understory responses to thinning and fertilization. Ecological Applications, 1999, 9(3): 864-879.
- [29] 张建宇, 王文杰, 杜红居, 仲召亮, 肖路, 周伟, 张波, 王洪元. 大兴安岭呼中地区 3 种林分的群落特征、物种多样性差异及其耦合关系. 生态学报, 2018, 38(13): 4684-4693.
- [30] 汪媛燕, 王立, 满多清. 民勤绿洲荒漠过渡带群落特征及其物种多样性研究. 四川农业大学学报, 2014, 32(4): 355-361.
- [31] 王磊, 高贤明, 孙书存. 岷江上游人工油松林群落空间结构: 物种丰富度和盖度. 林业科学, 2004, 40(6): 8-12.
- [32] 张佳, 李生字, 靳正忠, 雷加强. 防护林下草本植物层片物种多样性与环境因子的关系. 干旱区研究, 2011, 28(1): 118-125.