

网络出版时间:2016-04-07 09:00

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2016.05.008

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20160407.0900.016.html

秦岭中段油松天然次生林群落物种多样性研究

尹文珂¹, 胡理乐², 卢希¹, 高燕¹, 康冰¹

(1 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2 中国环境科学研究院 环境变化生态系统效应创新基地, 北京 100012)

【摘要】【目的】研究秦岭中段油松天然次生林群落的物种多样性, 为其生态系统管理、生物多样性保护以及生态功能优化提供理论依据。【方法】采用样方调查法, 在陕西太白山和周至自然保护区, 分别依据环境因子(海拔、坡向等)选取发育阶段一致的有代表性的油松典型群落类型, 共建立 20 m×30 m 样地 20 个, 记录乔木层、灌木层和草本层的物种数量, 分析秦岭中段油松次生林群落各层次物种的重要值、物种多样性, 以及环境因素对物种多样性的影响。【结果】秦岭中段油松天然次生林群落不同层次物种丰富度为灌木层>草本层>乔木层, 灌木层物种多样性高, 乔木层优势种明显; 其中乔木层以优势种油松的重要值最高, 而灌木和草本优势种重要值较低; 灌木层和草本层的物种丰富度指数、多样性指数、优势度指数以及均匀度指数均随着海拔增高呈现先增后减的趋势, 且基本呈正态分布; 在坡向对物种多样性的影响中, 除了均匀度指数外, 其余各指数在阳坡相对较高, 物种较为丰富; 相对于草本, 坡向对灌木层物种的影响更为明显。【结论】秦岭中段油松天然次生林群落物种较为丰富, 多样性较高, 海拔、坡向对群落物种多样性均有影响。

【关键词】 秦岭; 物种多样性; 油松群落; 海拔高度; 坡向

【中图分类号】 S791.254.01

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2016)05-0055-09

Species diversity of *Pinus tabulaeformis* natural secondary forest in Qinling Mountains

YIN Wen-ke¹, HU Li-le², LU Xi¹, GAO Yan¹, KANG Bing¹

(1 College of Life Sciences, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Innovation Base on Ecosystem Effects to Environmental Changes Institute of

Environmental Ecology, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: 【Objective】 This study focused on *Pinus tabulaeformis* species diversity of natural secondary forest in Qinling Mountains to provide basis for integrated management, biodiversity conservation and ecosystem function optimization. 【Method】 Using quadrat survey method, typical *P. tabulaeformis* community types at same development stages in Taibai Mountains and Zhouzhi Natural Reserve were selected based on multiple environmental factors (altitude, slope, etc.). A total of 20 plots with size of 20 m×30 m were established and numbers of species in shrub layer, herb layer and arbor layer were collected to analyze the characteristic values, diversity and environmental impacts at all levels of secondary forest community in Qinling Mountains. 【Result】 The species richness was in the order of shrub layer>herb layer>arbor layer. Shrub layer had high species diversity, and the arbor layer had dominant species significantly. The important value of dominant species of *P. tabulaeformis* in arbor layer was high, while the dominant species

【收稿日期】 2014-09-26

【基金项目】 国家自然科学基金项目(31370587); 中央级公益性科研院所基本科研业务专项(2012GGQD10)

【作者简介】 尹文珂(1988—), 女, 河南平顶山人, 在读硕士, 主要从事植物学研究。E-mail: yinwk1129@163.com

【通信作者】 康冰(1969—), 男, 陕西礼泉人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事退化生态系统植被恢复研究。

E-mail: yl-kangbing@163.com

in shrub layer and herb layer were low. The species richness index, Simpson index, Shannon-wiener index and evenness index trends were consistent with the increase of altitude, all increased firstly and followed by decrease in normal distribution. Sunny slope had larger indexes expect for evenness index. Slope had greater impact on shrub than on herb. 【Conclusion】 *P. tabulaeformis* natural secondary forest in Qinling Mountains had rich species, high diversity, and both slope and altitude affected species diversity.

Key words: Qinling Mountains; species diversity; *Pinus tabulaeformis* community; altitude; slope aspect

次生林(Secondary forest)是原始森林经过多次过度采伐和严重破坏以后自然形成的。次生林分布范围广、种类繁多,不仅是木材、薪材和林副产品的重要生产基地,而且在涵养水源、保持水土、调节气候和维持生态平衡等方面均有重要作用。由于林地利用、过度采伐等高强度的人为干扰,次生林与天然林相比,在经济属性降低的同时,往往造成物种的多样性下降,抵抗力、恢复力及稳定性减弱,从而导致整个生态系统失衡,并进一步影响山地森林的水源涵养、水土保持等生态系统服务功能^[1]。林下植物是森林生态系统的一个重要组成部分,具有重要的群落学作用和生态功能^[2],发挥林下植被的服务功能是解决林地衰退的有效措施之一。从目前的一些研究结果来看,林下植物对改善表层土壤肥力、减少林地水土流失、促进凋落物分解等都具有明显的作用,同时林下植物物种多样性的提高,还可以有效减轻林分病虫害的发生和增加生态系统的稳定性^[3]。因此,依据次生林群落物种多样性特征及其影响因子,将大面积分布的残次林分近自然化恢复改造为物种丰富、结构稳定的群落类型^[4]已势在必行。

油松(*Pinus tabulaeformis*)是暖温带湿润半湿润气候区的地带性植被^[5]。以往对油松群落的研究主要涉及油松群落封育或灾害等的干扰作用^[6-8]、种内及种间竞争分析、群落结构和种群分布^[9-12]等方面,而对其群落物种的多样性研究较少。物种的多样性是生物多样性的核心,它不仅是衡量某一地区生物资源丰富程度的一个客观指标,而且体现了生物之间及生物与环境之间的复杂关系。油松天然次生林是秦岭山地分布最为广泛的地带性植被类型之一^[8],本研究对秦岭中段油松天然次生林群落各层次的物种特征值、多样性及环境影响因子进行分析,旨在为类似区域油松天然次生林的合理经营与可持续发展、天然林保护及其生态功能优化提供科学参照。

1 研究地区概况

秦岭地处南北气候的过渡地区,南北坡的自然景观差异明显。秦岭山脉的地理位置为 33°18'~

34°26'N, 106°04'~110°40'E。南北坡的土壤也有明显的差异,其中南坡地带性土壤为黄棕壤,北坡则为褐土。随着山脉海拔高度的上升,秦岭山地具有明显的土壤垂直带^[8],主要植物群落也形成了明显的带谱,其中油松主要分布在海拔 1 000~2 200 m 的中山带上。分布区的年平均气温为 6.1~8.5℃,最高气温 30.0~40.0℃,最低气温 -12.0~-25.0℃,≥10℃有效积温 2 100~2 900℃,年降雨量 800~1 000 mm,年蒸发量 700~950 mm,相对湿度 65.0%~78.0%,无霜期 160~196 d,为温湿气候区。土壤多为山地弱灰化棕色森林土和山地棕色森林土,成土母质以花岗岩、片麻岩为主,土层厚度不一,多在 35 cm 以上,pH 值为 6.5 左右,沙壤和壤土质地,土壤结构良好,肥力较高。该地区适于松类、桦类、栎类等林木生长。木本植物以壳斗科(Fagaceae)、桦木科(Betulaceae)、松科(Pinaceae)、杨柳科(Salicaceae)、榆科(Ulmaceae)、槭科(Aceraceae)、蔷薇科(Rosaceae)、椴科(Tiliaceae)等为主。草本植物物种丰富,以禾本科(Gramineae)、菊科(Compositae)、豆科(Leguminosae)、毛茛科(Ranunculaceae)为主^[9]。

依据秦岭油松次生林在秦岭的主要分布区域,本研究分别在周至厚畛子保护区(位于秦岭中段南坡,海拔 800~3 082 m,地理坐标 33°18'~33°28'N, 108°20'~108°39'E,年降水量 1 004.8 mm,年平均温度 6.4~8.4℃,为暖温带大陆性季风气候区;森林覆被率 93%,土壤主要为大理岩和片麻岩母质发育形成的山地棕壤)和太白山自然保护区(地理位置为 107°19'~107°58'E,33°40'~34°10'N,最高峰拔仙台海拔 3 767.2 m;太白山处于暖温带的最南端,年降水量 1 000 mm,年均温 1~5℃;由于复杂的生物、气候条件与地质、地貌条件相互作用,太白山植被及土壤分布具有明显的垂直带谱^[13])布设样地。

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

2013-07,在上述 2 个研究区域分别依据环境因

子(海拔、坡向等)选取发育阶段一致的有代表性的油松典型群落类型,共设置 20 m×30 m 样地 20 个(表 1)。依据单一影响因子选取的样地集中在同一区域内,其他影响因子保持一致。其中海拔梯度样地数量为 9 个,处于太白山自然保护区;按坡向、坡位地形因子设置的样地共有 11 个,处于周至自然保

护区。对样地内胸径 4 cm 以上的乔木记录树种名、胸径、树高、冠幅、郁闭度及生长状况等,分别在每个样地中心及四角共设置 5 个 2 m ×2 m 的灌木小样方及 1 m×1 m 的草本样方,记录灌木层及草本层植物的高度、丛数、盖度等,同时利用 GPS 测定样方的地理坐标和海拔,用罗盘测定样方的坡向、坡度。

表 1 秦岭油松次生林样地基本概况

Table 1 Basic general situation of sample plots of <i>Pinus tabulaeformis</i> secondary community in Qinling Mountains						
地点 Area	样地号 Plot. No	地理坐标 Geographic coordinates	海拔/m Elevation	平均胸径/cm Average of DBH	平均树高/m Average of height	
太白山自然 保护区 Taibai Mountain Nature Reserve	1	N33°48′,E107°31′	1 341	13.2	10.6	
	2	N33°48′,E107°31′	1 345	15.4	10.5	黄柏塬
	3	N33°47′,E107°30′	1 306	13.6	11.4	Huangbaiyuan
	4	N33°47′,E107°33′	1 303	13.3	10.7	
	5	N33°48.745′,E107°40.693′	1 617	12.8	10.3	
	6	N33°49.813′,E107°46.864′	1 463	14.2	10.7	
	7	N33°14.811′,E107°41′	1 153	13.3	10.4	刘家崖
	8	N33°14.811′,E107°41′	1 159	12.9	11.2	Liujiaai
	9	N34°04.811′,E107°41′	1 245	13.5	10.9	
周至自然保护区 Zhouzhi Nature Reserve	10	N33°50.236′,E107°47.220′	1 449	14.8	11.4	鱼肚河 Yuduhe
	11	N33°50.881′,E107°49.898′	1 296	16.3	12.7	石门洞对面
	12	N33°40.833′,E107°49.898′	1 300	12.3	13.1	Opposite the Shimendong
	13	N33°48.666′,E107°41.057′	1 618	19.8	15.7	大房子 Dafangzi
	14	N33°48.745′,E107°40.693′	1 617	21.2	20.7	
	15	N33°48.715′,E107°40.683′	1 627	20.8	20.3	松大爷 Songdaye
	16	N33°50.815′,E107°47.868′	1 504	23.5	18.0	
	17	N33°50.815′,E107°47.868′	1 510	23.7	17.6	大水沟 Dashuigou
	18	N33°49.813′,E107°46.864′	1 482	24.1	18.2	
	19	N33°50.458′,E108°09.954′	1 149	11.2	10.9	保护站房后
	20	N33°40.443′,E108°09.954′	1 167	11.4	11.2	After the protect station house

2.2 数据处理

计算物种的重要值、物种丰富度(S)、Simpson 优势度指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Pielou 均匀度指数(J)。

乔木层物种重要值 = [相对密度(即相对多度) + 相对频度 + 相对显著度(即相对优势度)]/3;

灌木和草本重要值 = [相对密度(即相对多度) + 相对频度 + 相对盖度(即相对优势度)]/3。

物种多样性计算公式如下：
 S = 样方内物种总数； $D = 1 - \sum P_i^2$ ；
 $H' = - \sum P_i \ln P_i$ ； $J = H' / \ln S$ 。

式中： P_i 为种 i 的相对重要值。

采用 Excel 2013 软件以及 SPSS16.0 统计分析软件对所有试验数据进行处理。

3 结果与分析

3.1 油松次生林群落各层次物种的重要值

3.1.1 乔木层 通过对不同区域分布的油松次生林 20 个乔木样方资料的分析,获得油松次生林群落

乔木层树种的重要值,结果见表 2。从表 2 可以看出,秦岭山地油松次生林群落乔木物种比较丰富,共有 38 种,油松的重要值为 55.07%,处于明显的优势地位,为该群落的建群种;其次是锐齿栎(*Quercus aliena*),其重要值为 4.68%,为该群落的优势种;其他树种如四照花(*Dendrobenthamia japonica*)、毛柞(*Cornus walteri*)、柞木(*Cornus macrophylla*)等,重要值均较低,说明该群落处于演替中期,林下乔木树种随机进入到乔木层,并呈零散分布,但并没有与油松形成竞争关系。同时,油松次生林群落中有一定数量的阔叶树种分布,说明油松次生林初步具备一定的针阔混交林特征,其有向结构复杂稳定的针阔混交林自然演替的趋势。

3.1.2 灌木层 依据 100 个灌木层植物样方的调查资料,统计分析灌木层木本植物的种类组成及其特征值,结果见表 3。由表 3 可知,秦岭中段油松次生林下所更新的木本植物种类丰富,有 70 种。按生活型来看,乔木种类较多,有 36 种,占总种数的 51.4%;灌木种有 32 种,占总种数的 45.7%;其余

为木质藤本。依据重要值来看,黄素馨(*Jasminum mesnyi*)为主要优势种,重要值为 6.88%,其次分别为短柄枹栎(*Quercus glandulifera*)、悬钩子(*Rubus corchorifolius*)、胡颓子(*Elaeagnus pungens*)、绿叶

胡枝子(*Lespedeza buergeri*)等,重要值均大于 4%。油松次生林群落中灌木层优势种阳生性植物种类居多,这与其透光度较大的冠层结构有关。

表 2 秦岭中段油松次生林群落乔木层树种的重要值

Table 2 Important values of tree species in <i>Pinus tabulaeformis</i> secondary community in Qinling Mountains %			
树种 Tree species	重要值 Important value	树种 Tree species	重要值 Important value
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	55.07	青柞槭 <i>Acer davidii</i>	0.98
锐齿栎 <i>Quercus aliena</i>	4.68	四照花 <i>Dendrobenthamia japonica</i>	0.97
盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	3.90	吴茱萸 <i>Tetradium ruticarpum</i>	0.75
漆树 <i>Toxicodendron verniciflum</i>	2.67	红棕子 <i>Swida hemsleyi</i>	0.70
华山松 <i>Pinus armandii</i>	2.45	毛楝 <i>Cornus walteri</i>	0.66
青蛙皮槭 <i>Acer grosseri</i>	2.29	黄连木 <i>Pistacia chinesis</i>	0.64
毛樱桃 <i>Cerasus tomentosa</i>	2.21	石灰花楸 <i>Sorbus folgneri</i>	0.55
刺楸 <i>Kalopanax septemlobus</i>	1.71	海棠 <i>Malus spectabilis</i>	0.54
唐棣 <i>Amelanchier sinica</i>	1.58	山杨 <i>Pobulus davidiana</i>	0.53
栓皮栎 <i>Quercus variabilis</i>	1.52	花楸 <i>Sorbus pohuashanensis</i>	0.49
鹅耳枥 <i>Carpinus turczaninowii</i>	1.50	胡颓子 <i>Elaeagnus pungens</i>	0.49
岩栎 <i>Quercus acrodonata</i>	1.34	刺榛 <i>Corylus ferox</i>	0.48
秦岭木姜子 <i>Litsea tsinlingensis</i>	1.31	山合欢 <i>Albizzia kalkora</i>	0.48
三桠乌药 <i>Lindera obtusiloba</i>	1.18	白蜡 <i>Fraxinus chinensis</i>	0.48
青麸杨 <i>Rhus potaninii</i>	1.16	榔榆 <i>Ulmus parvifolia</i>	0.48
白桦 <i>Betula platyphylla</i>	1.11	陕甘黄毛槭 <i>Acer fulvescens</i>	0.48
株木 <i>Cornus macrophylla</i>	1.10	灯台树 <i>Bothrocaryum controversum</i>	0.48
五角枫 <i>Acer mono</i>	1.05	灰栒子 <i>Cotoneaster acutifolius</i>	0.48
黄连木 <i>Pistacia chinesis</i>	1.04	香椿 <i>Toona sinensis</i>	0.48

从林下灌木层中筛选出落叶阔叶树种进行特征值分析。从表 3 可以看出,秦岭区域广泛分布的栎类植物为油松次生林更新的优势种,包括短柄枹栎(*Quercus glandulifera*)、锐齿栎(*Quercus aliena*),重要值分别为 5.12%和 2.93%,其次为榛子(*Corylus heterophylla*)、毛樱桃(*Cerasus tomentosa*)、海棠(*Malus spectabilis*)等。油松重要值比较低,为 1.05%,其并没有成为林下更新层物种的优势种,表

明油松次生林自我更新能力较差。从所更新的乔木树种的重要值来看,重要值差异不明显,表明林下更新树种具有比较均衡的空间分布及资源占有有力。这主要是因为所调查的油松次生林均处于人为强烈干扰后的自然恢复前期,林下物种处于随机分布格局,没有形成明显的时空竞争关系。所以,依据长期的自然演替序列,研究油松次生林更新特征及演替趋向就具有一定的科学意义。

表 3 秦岭中段油松次生林林下灌木层木本植物的重要值

Table 3 Important values of woody plant species of <i>Pinus tabulaeformis</i> secondary communities in Qinling Mountains %					
序号 Code	种名 Species	重要值 Important value	序号 Code	种名 Species	重要值 Important value
1	黄素馨 <i>Jasminum mesnyi</i>	6.88	36	刺楸 <i>Kalopanax septemlobus</i>	1.07
2	短柄枹栎 <i>Quercus glandulifera</i>	5.12	37	桦叶荚蒾 <i>Viburnum betulifolium</i>	1.06
3	悬钩子 <i>Rubus corchorifolius</i>	4.35	38	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	1.05
4	胡颓子 <i>Elaeagnus pungens</i>	4.21	39	勾儿茶 <i>Berchemia sinica</i>	1.01
5	绿叶胡枝子 <i>Lespedeza buergeri</i>	4.16	40	青蛙皮槭 <i>Acer grosseri</i>	1.00
6	马桑 <i>Coriaria nepalensis</i>	3.53	41	鹅耳枥 <i>Carpinus turczaninowii</i>	0.88
7	黄栌 <i>Cotinus coggygria</i>	3.42	42	绣线梅 <i>Neillia thrysiiflora</i>	0.84
8	锐齿栎 <i>Quercus aliena</i>	2.93	43	石灰花楸 <i>Sorbus folgneri</i>	0.79
9	马鞍树 <i>Maackia hupehensis</i>	2.90	44	蔷薇 <i>Rosa multiflora</i>	0.71
10	达乌里胡枝子 <i>Lespedeza davurica</i>	2.77	45	五味子 <i>Schisandra chinensis</i>	0.60
11	刚毛忍冬 <i>Lonicera hispida</i>	2.76	46	栒子 <i>Cotoneaster horizontalis</i>	0.56
12	榛子 <i>Corylus heterophylla</i>	2.66	47	白蜡 <i>Fraxinus chinensis</i>	0.54
13	山蚂蝗 <i>Desmodium racemosum</i>	2.60	48	冻绿 <i>Rhamnus utilis</i>	0.53

续表 3 Continued table 3

序号 Code	种名 Species	重要值 Important value	序号 Code	种名 Species	重要值 Important value
14	毛樱桃 <i>Cerasus tomentosa</i>	2.58	49	铁仔 <i>Myrsine africana</i>	0.50
15	海棠 <i>Malus spectabilis</i>	2.42	50	杈叶槭 <i>Acer robustum</i>	0.47
16	苦糖果 <i>Lonicera stanishii</i>	2.28	51	照山白 <i>Rhododendron micranthum</i>	0.40
17	栓皮栎 <i>Quercus variabilis</i>	2.21	52	山杨 <i>Pobulus davidiana</i>	0.39
18	豪猪刺 <i>Berberis julianae</i>	2.16	53	山合欢 <i>Albizzia kalkora</i>	0.36
19	托柄菝葜 <i>Smilax discotis</i>	1.90	54	多花木蓝 <i>Indigofera amblyantha</i>	0.35
20	木香薷 <i>Elsholtzia stauntoni</i>	1.83	55	珍珠梅 <i>Sorbaria sorbi folia</i>	0.35
21	假豪猪刺 <i>Berberis soulieana</i>	1.71	56	君迁子 <i>Diospyros lotus</i>	0.35
22	秦岭木姜子 <i>Litsea tsinlingensis</i>	1.70	57	黑刺菝葜 <i>Smilax scobinicaulis</i>	0.35
23	卫矛 <i>Euonymus alatus</i>	1.62	58	女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	0.34
24	漆树 <i>Toxicodendron vernicifluum</i>	1.51	59	槭树(幼) <i>Acer serrulatum</i> (Young)	0.29
25	四照花 <i>Dendrobenthamia japonica</i>	1.44	60	牛皮桦 <i>Betula utilis</i>	0.28
26	槲子栎 <i>Quercus baronii</i>	1.30	61	三桠乌药 <i>Lindera obtusiloba</i>	0.27
27	榛子 <i>Corylus heterophylla</i>	1.28	62	三颗针 <i>Berberis soulieana</i>	0.22
28	白桦 <i>Betula platyphylla</i>	1.22	63	火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	0.20
29	山桃 <i>Prunus davidiana</i>	1.11	64	南蛇藤 <i>Celastrus orbiculatus</i>	0.18
30	白檀 <i>Symplocos paniculata</i>	1.10	65	截叶铁扫帚 <i>Lespedeza cuneata</i>	0.18
31	青麸杨 <i>Rhus potaninii</i>	1.09	66	柞木 <i>Swida macrophylla</i>	0.18
32	鞘柄菝葜 <i>Smilax stans</i>	1.09	67	野樱桃 <i>Prunus serotina</i>	0.18
33	鼠李 <i>Rhamnus davurica</i>	1.07	68	大果榆 <i>Ulmus macrocarpa</i>	0.17
34	蒙古莢蒾 <i>Viburnum mongolicum</i>	1.07	69	陕西莢蒾 <i>Viburnum schensianum</i>	0.15
35	山荆子 <i>Malus baccata</i>	1.07	70	高山杜鹃 <i>Rhododendron lapponicum</i>	0.15

3.1.3 草本层 对秦岭山地不同区域分布的油松次生林 100 个草本小样方的资料进行整理分析,得到表 4。从表 4 可知,草本层共有物种 64 种,这些植物基本呈现阴生性特征。其中日本羊茅草(*Japan fescue*)、荳草(*Arthraxon hispidus*)为主要优势种,其重要值在 10% 以上,日本羊茅草和荳草均为耐旱植物,在降雨量充沛的秦岭地区生长较好,因

此成为优势种;其次为野棉花(*Anemone vitifolia*)、唐松草(*Thalictrum aquilegifolium*)、青茅(*Deyeuxia arundinacea*)、蛇莓(*Duchesnea indica*),其重要值都在 5% 以上;但大部分物种的重要值都在 1% 以下,基本随机分布在林下的小生境中,占据着不同的生态位,彼此之间也没有形成明显的竞争关系。

表 4 秦岭中段油松次生林林下草本层植物的重要值

Table 4 Important values of herb species of *Pinus tabulaeformis* secondary communities in Qinling Mountains %

序号 Code	种名 Species	重要值 Important value	序号 Code	种名 Species	重要值 Important value
1	日本羊茅草 <i>Japan fescue</i>	28.42	33	野芝麻 <i>Lamium barbatum</i>	0.26
2	荳草 <i>Arthraxon hispidus</i>	13.18	34	天蓝苜蓿 <i>Medicago lupulina</i>	0.24
3	野棉花 <i>Anemone viti folia</i>	6.53	35	阴行草 <i>Siphonostegia chinensis</i>	0.24
4	唐松草 <i>Thalictrum aquilegi folium</i>	6.05	36	老鹳草 <i>Geranium wilfordii</i>	0.24
5	青茅 <i>Deyeuxia arundinacea</i>	5.80	37	龙牙草 <i>Agrimonia pilosa</i>	0.18
6	蛇莓 <i>Duchesnea indica</i>	5.50	38	圆锥尧花 <i>Wikstroemia paniculata</i>	0.18
7	鹅观草 <i>Roegneria kamoji</i>	4.68	39	缬草 <i>Valeriana officinalis</i>	0.18
8	披针叶苔草 <i>Carex lanceolata</i>	4.00	40	崖棕 <i>Carex siderosticta</i>	0.18
9	羽裂蟹甲草 <i>Sinacalia tangutica</i>	3.22	41	伞形科 <i>Umbelliferae</i>	0.15
10	短角淫羊霍 <i>Epimedium brevicornu</i>	2.43	42	鉄杆蒿 <i>Heteropappus altaicus</i>	0.15
11	秦岭风毛菊 <i>Saussurea tsinlingensis</i>	1.76	43	山莴苣 <i>Lagedium sibiricum</i>	0.12
12	牛尾蒿 <i>Artemisia dubia</i>	1.58	44	前胡 <i>Peucedanum praeruptorum</i>	0.12
13	香薷 <i>Anaphalis sinica</i>	1.43	45	犁头草 <i>Viola japonica</i>	0.12
14	卵叶茜草 <i>Rubia ovatifolia</i>	1.18	46	野豌豆 <i>Vicia sepium</i>	0.12
15	黑水亚麻 <i>Linum amurense</i>	0.91	47	夏枯草 <i>Prunella vulgaris</i>	0.12
16	过路黄 <i>Lysimachia christinae</i>	0.91	48	蕨叶天门冬 <i>Asparagus cochinchinensis</i>	0.12
17	莎草 <i>Cyperus rotundus</i>	0.91	49	双蝴蝶 <i>Tripterospermum chinense</i>	0.09
18	狼尾巴花 <i>Lysimachia barystachys</i>	0.79	50	钱胡 <i>Peucedanum praeruptorum</i>	0.09

续表 4 Continued table 4

序号 Code	种名 Species	重要值 Important value	序号 Code	种名 Species	重要值 Important value
19	牛尾菜 <i>Heterosmilax chinensis</i>	0.79	51	繁缕 <i>Stellaria media</i>	0.09
20	二叶舞鹤草 <i>Maianthemum bifolium</i>	0.61	52	峨参 <i>Anthriscus sylvestris</i>	0.09
21	香茶菜 <i>Rabdosia amethystoides</i>	0.61	53	苔草 <i>Carex tristachya</i>	0.09
22	野菊花 <i>Dendranthema indicum</i>	0.61	54	远志 <i>Polygala tenuifolia</i>	0.08
23	求米草 <i>Oplismen tils undulati folius</i>	0.61	55	凤毛菊 <i>Saussurea japonica</i>	0.08
24	紫菀 <i>Aster tataricus</i>	0.55	56	百合 <i>Lilium brownii</i>	0.06
25	附地菜 <i>Trigonotis peduncularis</i>	0.55	57	费菜 <i>Sedum aizoon</i>	0.06
26	穿龙薯蓣 <i>Discorea nipponica</i>	0.46	58	黄精 <i>Polygonatum sibiricum</i>	0.06
27	蒿属 <i>Artemisia</i> Linn.	0.43	59	天名精 <i>Carpesium abrotanoides</i>	0.06
28	堇菜 <i>Viola verecumda</i>	0.38	60	玉竹 <i>Polygonatum odoratum</i>	0.06
29	荻 <i>Triarrherca sacchari flora</i>	0.36	61	毛茛菜 <i>Picris davarlca</i>	0.06
30	铁线莲 <i>Clematis florida</i>	0.36	62	薄荷 <i>Mentha haplocalyx</i>	0.06
31	牡蒿 <i>Artemisia japonica</i>	0.30	63	萝藦 <i>Metaplexis japonica</i>	0.03
32	香薷 <i>Elsholtzia ciliata</i>	0.30	64	六叶葎 <i>Galium asperuloides</i>	0.01

3.2 油松次生林各层次物种的多样性

从图 1 看出,秦岭中段油松天然次生林群落中灌木层的物种数量较多,其次是草本层,乔木层最少,表明油松群落的灌木层物种多样性较高。

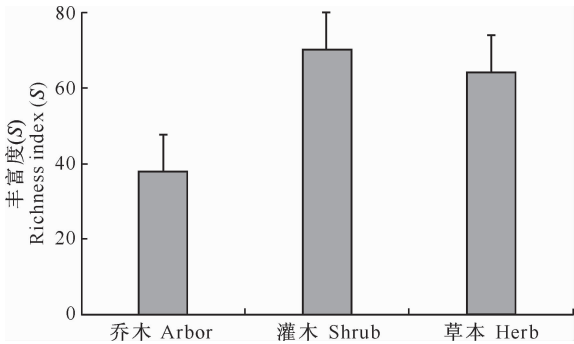


图 1 秦岭中段油松次生林群落中各层次物种的丰富度

Fig.1 Species abundance in each layer of *Pinus tabulaeformis* community in Qinling Mountains
草本植物处于最底层,一方面由于乔木层和灌

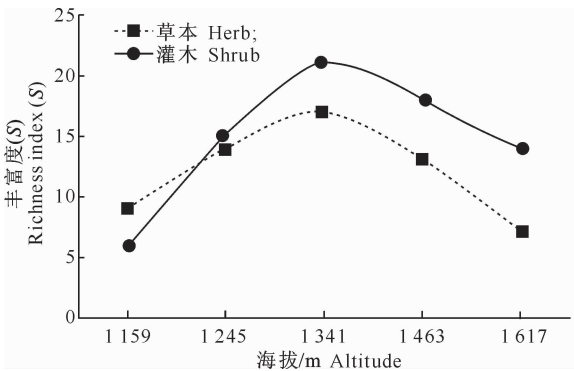


图 2 海拔对秦岭中段油松次生林林下各层次物种丰富度的影响

Fig.2 Effect of altitude on species abundance in each layer of *Pinus tabulaeformis* community in Qinling Mountains

木层对光照的遮挡,使得草本层光照较少;另一方面由于乔木层和灌木层植物对养分的吸收较多,致使草本层生长所需要的养分减少,上述原因均导致草本物种丰富度较低。高度郁闭的油松为乔木层的建群种,对乔木层其他植物生长发育有较强的抑制作用,因此乔木层物种数量相对最少。

3.3 环境因素对油松次生林林下各层次物种多样性的影响

3.3.1 海拔 在其他影响因素相同的情况下,依据海拔变化梯度,筛选出分别分布在 1 159,1 245,1 341,1 463,1 617 m 5 个海拔高度的油松次生林群落进行多样性分析,结果见图 2—5。从图 2—5 可以看出,灌木层和草本层的物种丰富度、优势度指数、多样性指数、均匀度指数均随着海拔的升高先增大后减小,在海拔 1 341 m 达到最大。这说明海拔对物种的各指数影响很大,变化过程比较复杂,且基本呈正态分布。

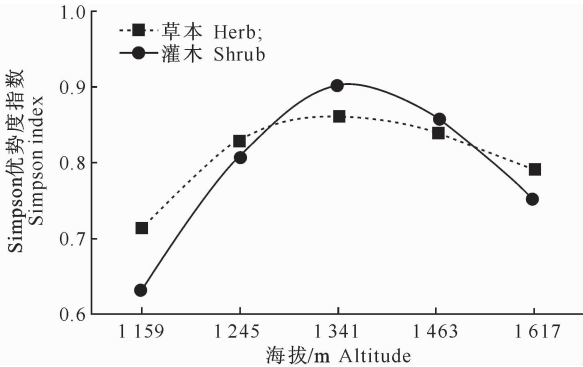


图 3 海拔对秦岭中段油松次生林林下各层次物种 Simpson 优势度指数的影响

Fig.3 Effect of altitude on Simpson dominance index in each layer of *Pinus tabulaeformis* community in Qinling Mountains

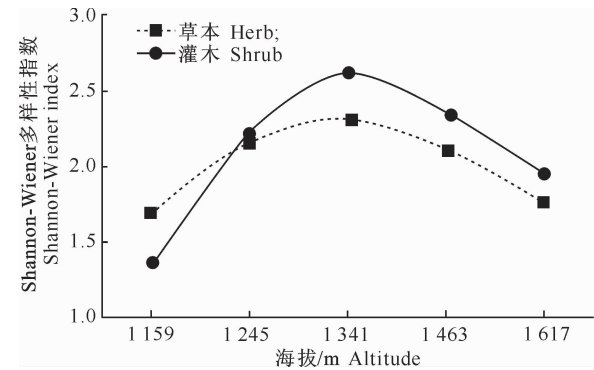


图 4 海拔对秦岭中段油松次生林林下各层次物种 Shannon-Wiener 多样性指数的影响

Fig. 4 Effect of altitude on Shannon-Wiener index in each layer of *Pinus tabulaeformis* community in Qinling Mountains

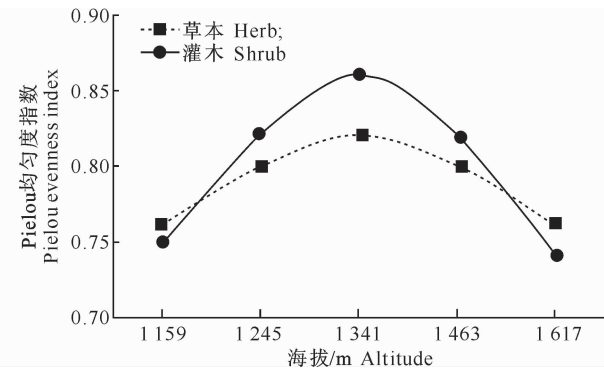


图 5 海拔对秦岭中段油松次生林林下各层次物种 Pielou 均匀度指数的影响

Fig. 5 Effect of altitude on Pielou evenness index in each layer of *Pinus tabulaeformis* community in Qinling Mountains

3.3.2 坡 向 在其他条件大致相同的情况下,分别选取分布在阴坡(样地 12、13、18)和阳坡(样地 11、15、16)的油松次生林群落,统计分析 2 种坡向对

油松次生林林下物种多样性的影响规律,结果分别见图 6—9。

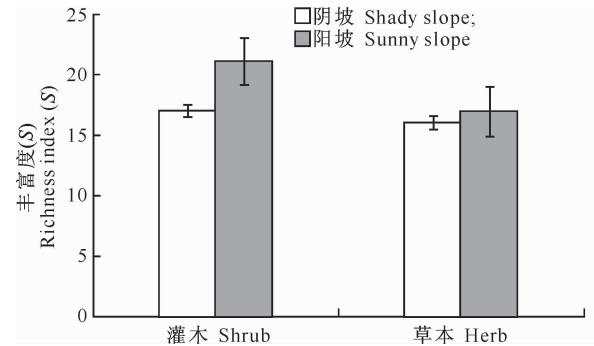


图 6 坡向对秦岭中段油松次生林林下各层次物种丰富度的影响

Fig. 6 Effect of slope aspect on species abundance in each layer of *Pinus tabulaeformis* community in Qinling Mountains

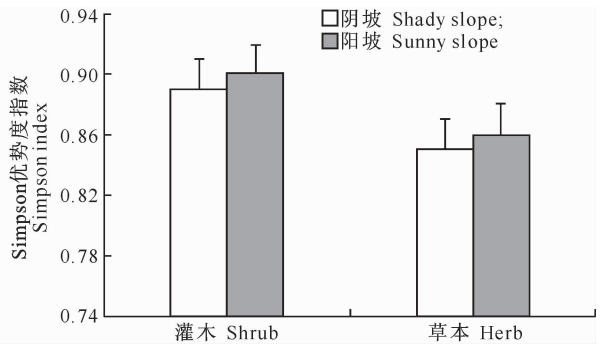


图 7 坡向对秦岭中段油松次生林林下各层次 Simpson 优势度指数的影响

Fig. 7 Effect of slope aspect on Simpson dominance index in each layer of *Pinus tabulaeformis* community in Qinling Mountains

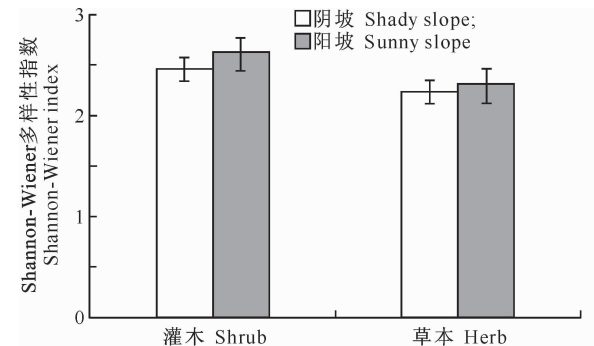


图 8 坡向对秦岭中段油松次生林林下各层次 Shannon-Wiener 多样性指数的影响

Fig. 8 Effect of slope aspect on Shannon-Wiener index in each layer of *Pinus tabulaeformis* community in Qinling Mountains

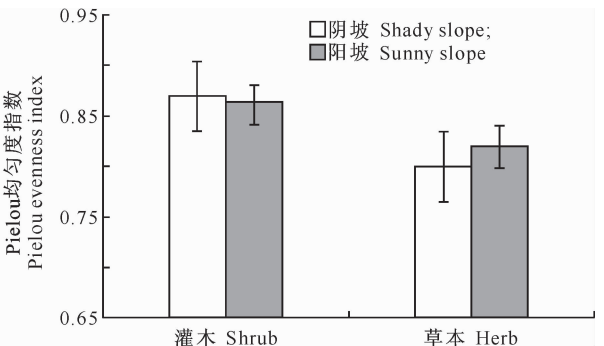


图 9 坡向对秦岭中段油松次生林林下各层次 Pielou 均匀度指数的影响

Fig. 9 Effect of slope aspect on Pielou evenness index in each layer of *Pinus tabulaeformis* community in Qinling Mountains

由图 6—9 可以看出,阳坡物种的丰富度、优势度和多样性指数相对于阴坡均要高,只有灌木均匀度阳坡略低于阴坡,可知阳坡物种多样性明显更复杂。这说明光照对油松次生林林下物种多样性有一定积极影响,大部分植物生长都具有一定的需光性。

4 讨 论

植物群落多样性是植物群落在组成、结构、功能和动态方面的多样化反应,森林群落中的物种多样性对维持森林群落的稳定、发展、演替及碳汇评估等具有重要作用^[14]。重要值是综合衡量物种在群落中地位和作用的有效指标,可以反映群落演变的方向,其数值大小可作为群落中植物种优势度的一个度量标志^[15],是衡量林分质量高低、生态功能大小的重要指标^[16]。本研究对秦岭中段油松天然次生林群落进行了调查分析,其中调查样方中共出现乔木树种 38 种,其中油松的重要值高达 55.07%,为该群落的建群种;而重要值最大的前 9 种乔木种的相对频度为 55.00%,但其相对密度和相对显著度很高,分别为 86.75%和 95.4%,这说明这些物种种类分布较为广泛,并基本处于随机分布状态。另外灌木树种有 70 种,草本树种有 64 种,灌木和草本优势种重要值较低。群落不同层次物种丰富度为灌木层>草本层>乔木层,灌木层和草本层的物种种类很多,这与油松天然林在前期强烈干扰后的次生演替有关,灌木是森林强烈干扰后的次生演替先锋物种,秦岭区域天然林都经过了大面积的采伐。

物种丰富度指数(S)和 Shannon-Wiener 多样性指数(H')是反映物种丰富性和多样性的指数;Simpson 指数(D)又叫优势度指数,是群落集中性的度量^[17];群落的均匀度是指群落中各个种的多度或重要值的均匀程度。海拔是决定某一地区生境差异的主导因子,海拔影响水热条件及其空间分布,进而影响本区植物群落的分布及结构^[18]。在本次研究中,秦岭中段油松次生林群落灌木层和草本层的丰富度、优势度指数、多样性指数和均匀度指数的变化趋势基本一致,均随着海拔的升高而先增大后减小,在海拔 1 341 m 时达到最大值。不同海拔区域处于不同的小气候及立地因子中,土壤肥力水平空间分异程度受海拔的影响较大^[19],这样就使得植物物种产生较大的分化;随着海拔的增加,土壤有机质及水分含量增加^[20],利于植物的生长,但随着海拔的继续上升,温度的变化比较明显,逐渐降低,当温度降低到一定限度的时候,就会阻碍植物的生长。

另外,油松天然次生林是分布在中海拔区域的地带性植被,随着海拔增高,母树资源逐渐减少,木本植物更新繁殖受限,也势必影响到物种多样性。

不同坡向的植物群落由于立地条件不同,造成生境差异,使得群落物种多样性也存在一些差别。本研究发现,坡向对灌木的影响较大,草本和灌木的物种丰富度、优势度指数、多样性指数都是阳坡大于阴坡;均匀度指数草本的仍为阳坡大于阴坡,而灌木则为阴坡略大于阳坡。王梅等^[21]就陕北绥德地区坡向对油松林下物种多样性的研究结果显示,丰富度指数和多样性指数均是阴坡稍大于阳坡,而均匀度指数表现为阳坡稍大于阴坡,这与本研究结果不同,主要是由于陕北地区降水较少,较为干旱,土壤水分和光照都为植物生长的限制性因素,而秦岭地区降雨较多,水分不是主要的抑制因素,光照是植物生长发育的主要影响因素,由于灌木对光照有一定的依赖性,因此其对坡向的变化反响较为强烈。阴坡光照较弱,受树冠遮挡影响较小,林下光照分布较为均衡;而阳坡光照强,在树冠的遮蔽下林下光照分布不均衡,使得灌木物种均匀度指数较低。

林下植物对改善表层土壤肥力、减少林地水土流失、促进凋落物分解等均具有明显的作用,同时林下植物物种多样性的提高,还可以有效减轻林分病虫害的发生和增加生态系统的稳定性^[3]。油松天然次生林群落物种丰富,多样性较高,研究其物种多样性特征及影响因子,可为秦岭油松天然次生林近自然化恢复及可持续经营管理,进而更好地发挥其生态功能提供了理论依据。

【参考文献】

- [1] Moktan M R, Gratz G, Richards W H, et al. Regeneration of mixed conifer forests under group tree selection harvest management in western Bhutan Himalayas [J]. *Forest Ecology and Management*, 2009, 257: 2121-2132.
- [2] 范少辉,李玉珍,马林涛. 21 世纪林业的技术革命:论退化人工林生态系统恢复和重建技术的作用和前景 [J]. *世界林业研究*, 1998(6): 34-40.
Fan S H, Li Y Z, Ma L T. The technological revolution of forestry for 21st century: agenda-discussion on the prospect and functions of the technology of restoration and reconstruction for degrading plantation ecological system [J]. *World Forestry Research*, 1998(6): 34-40. (in Chinese)
- [3] 张远彬,王开运,胡庭兴,等. 扁刺栲-华木荷群系次生林林下物种多样性分析 [J]. *应用与环境生物学报*, 2003, 9(5): 465-470.
Zhang Y B, Wang K Y, Hu T X, et al. Plant species diversity of understory communities in castanopsis platyacantha-schima sinensis formation [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2003, 9(5):

- 465-470. (in Chinese)
- [4] 康冰,刘世荣,王得祥,等. 秦岭山地典型次生林幼苗更新特征[J]. 应用生态学报,2011,22(12):3123-3130.
- Kang B, Liu S R, Wang D X, et al. Regeneration characteristics of woody plant seedlings in typical secondary forests in Qinling Mountains [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22 (12): 3123-3130. (in Chinese)
- [5] 吴刚,冯宗炜. 中国油松林群落特征及生物量的研究[J]. 生态学报,1994,14(4):415-422.
- Wu G, Feng Z W. Study on the social characteristics and biomass of the *Pinus tabulaeformis* forest systems in China [J]. Acta Ecologica Sinica, 1994, 14(4): 415-422. (in Chinese)
- [6] 高宝嘉,李东义,蔡万坡,等. 残次油松林群落特征与生物多样性恢复[J]. 生态学报,1999(5):647-653.
- Gao B J, Li D Y, Cai W P, et al. Community characteristics of degraded Chinese pine stands and their biodiversity restoration [J]. Acta Ecologica Sinica, 1999(5): 647-653. (in Chinese)
- [7] 费世民,何亚平,陈秀明,等. 秦岭水灾迹地油松和华山松更新种群数量特征[J]. 植物生态学报,2008,32(1):95-105.
- Fei S M, He Y P, Chen X M, et al. Quantitative features of populations of *Pinus tabulaeformis* and *P. armandii* regenerated following water damage at Qinling Mountain [J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2008, 32(1): 95-105. (in Chinese)
- [8] 侯琳,雷瑞德,刘建军,等. 黄龙山林区封育油松种群动态研究[J]. 生态学杂志,2005,24(11):1263-1266.
- Hou L, Lei R D, Liu J J, et al. Dynamic characteristics of Hill-sides-closes afforested *Pinus tabulaeformis* population in Huanglongshan Forest Zone [J]. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(11): 1263-1266. (in Chinese)
- [9] 王得祥,蔺雨阳,雷瑞德,等. 秦岭山地天然油松林群落结构特征和数量分类研究[J]. 西北植物学报,2009,29(5):867-873.
- Wang D X, Lin Y Y, Lei R D, et al. Community composition and classification of natural forest of Chinese pine(*Pinus tabulaeformis* Carr.) in Qinling Mountains [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2009, 29(5): 867-873. (in Chinese)
- [10] 苏薇,岳永杰,余新晓. 油松天然林群落结构及种群空间分布格局[J]. 东北林业大学学报,2009,37(3):18-20.
- Su W, Yue Y J, Yu X X. Community structure and population spatial pattern of *Pinus tabulaeformis* natural forest [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2009, 37(3): 18-20. (in Chinese)
- [11] 牛丽丽,余新晓,岳永杰. 北京松山自然保护区天然油松林不同龄级立木的空间点格局[J]. 应用生态学报,2008,19(7):1414-1418.
- Niu L L, Yu X X, Yue Y J. Spatial patterns of different age class individuals in *Pinus tabulaeformis* forest in Songshan Nature Reserve of Beijing, China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(7): 1414-1418. (in Chinese)
- [12] 景丽,朱志红,王孝安,等. 秦岭油松人工林与次生林群落特征比较[J]. 浙江林学院学报,2008,25(6):711-717.
- Jing L, Zhu Z H, Wang X A, et al. Community characteristics of a *Pinus tabulaeformis* secondary forest and a planted forest in the Xunyangba Region of the Qinling Mountains [J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2008, 25(6): 711-717. (in Chinese)
- [13] 张玲,方精云. 秦岭太白山4类森林土壤种子库的储量分布与物种多样性[J]. 生物多样性,2004,12(1):131-136.
- Zhang L, Fang J Y. Reserves and species diversity of soil seed banks in four types of forest on Mt. Taibai, Qinling Mountains [J]. Biodiversity Science, 2004, 12(1): 131-136. (in Chinese)
- [14] 罗勇,陈富强,薛春泉,等. 广东省森林群落灌木层物种多样性研究[J]. 广东林业科技,2014,30(2):8-14.
- Luo Y, Chen F Q, Xue C Q, et al. Species diversity of shrub layer in forest communities, Guangdong Province in South China [J]. Guangdong Forestry Science and Technology, 2014, 30(2): 8-14. (in Chinese)
- [15] Simpson E H. Measurement of diversity [J]. Nature, 1949, 163:688.
- [16] 何兴东,高玉葆,刘惠芬. 重要值的改进及其在羊草群落分类中的应用[J]. 植物研究,2004,24(4):466-472.
- He X D, Gao Y B, Liu H F. Amending of importance value and its application on classification of *Leymus chinensis* communities [J]. Bulletin of Botanical Research, 2004, 24(4): 466-472. (in Chinese)
- [17] 李哲,李春友,张劲松,等. 南山森林公园刺槐群落物种多样性研究[J]. 河北林果研究,2013,28(2):140-144.
- Li Z, Li C Y, Zhang S J, et al. Research on species diversity of *Robinia pseudacacia* community in Nanshan Forest Park [J]. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 2013, 28 (2): 140-144. (in Chinese)
- [18] 岳明,周虹霞. 太白山北坡落叶阔叶林物种多样性特征[J]. 云南植物研究,1997,19(2):171-176.
- Yue M, Zhou H X. Diversity of higher plants in deciduous broadleaved forests on the northern slope of Taibai Mountain [J]. Acta Botanica Yunnanica, 1997, 19(2): 171-176. (in Chinese)
- [19] 杨淑贞,马原,蒋平,等. 浙江西天目山土壤理化性质的海拔梯度格局[J]. 华东师范大学学报,2009(6):101-107.
- Yang S Z, Ma Y, Jiang P, et al. Soil physical and chemical properties along altitudes of Western Tianmushan, Zhejiang [J]. Journal of East China Normal University, 2009(6): 101-107. (in Chinese)
- [20] 党坤良,张长录,陈海滨,等. 秦岭南坡不同海拔土壤肥力的空间分异规律[J]. 林业科学,2006,42(1):16-21.
- Dang K L, Zhang C L, Chen H B, et al. Spatial distribution and variation pattern of soil fertility at different altitude on south slope in Qinling Mountains [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2006, 42(1): 16-21. (in Chinese)
- [21] 王梅,张文辉. 不同坡向人工油松林生长状况与林下物种多样性分析[J]. 西北植物学报,2009,29(8):1678-1683.
- Wang M, Zhang W H. Growth and species diversity of *Pinus tabulaeformis* artificial forest on different slope aspects [J]. Acta Bot Boreal-Occidet Sin, 2009, 29(8): 1678-1683. (in Chinese)