

太行山南段油松群落物种多样性研究

郭华¹, 张桂萍^{2,3*}, 铁军^{2,3}, 李燕芬¹

(1. 山西师范大学生命科学学院, 山西临汾 041000; 2. 长治学院生物科学与技术系, 山西长治 046011;
3. 太行山生态与环境研究所, 山西长治 046011)

摘要: 油松是太行山区重要的植树造林树种。本文以太行山南段为研究区域, 采用随机取样法对武乡、黎城、襄垣、平顺、壶关、屯留6个地区油松的物种多样性与群落多样性进行了分析比较。结果表明: (1) 6个地区油松群落中共有种子植物34科70属81种, 包含乔木4科4属5种、灌木7科12属15种、草本23科54属61种; (2) 太行山南段油松群落种子植物属的区系成分类型多样, 以温带成分占绝对优势; (3) 武乡、黎城、襄垣、平顺、壶关5个地区油松群落的物种多样性表现出较为一致的变化趋势, 即草本层>灌木层>乔木层, 而屯留的不同功能群物种多样性表现为草本层=灌木层>乔木层; (4) 6个地区油松群落多样性从高到低依次为平顺>黎城>襄垣>武乡>屯留>壶关; (5) 油松群落多样性和物种多样性水平受群落演替进程、地理环境、人为干扰等诸多因子的协同作用。

关键词: 油松; 物种多样性; 群落多样性; 太行山南段

中图分类号: Q948.15

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2015)02-0151-07

Analysis on Species Diversity of *Pinus tabulaeformis* Forest Communities in the Southern Taihang Mountains

GUO Hua¹, ZHANG Gui-Ping^{2,3*}, TIE Jun^{2,3}, LI Yan-Fen¹

(1. College of Life Sciences, Shanxi Normal University, Linfen, Shanxi 041000, China; 2. Department of Biological Sciences and Technology, Changzhi College, Changzhi, Shanxi 046011, China; 3. Ecological and Environmental Research Institute of Taihang Mountains, Changzhi, Shanxi 046011, China)

Abstract: *Pinus tabulaeformis* is an important forestation species not only because of its forestry and industrial value, but also its ecological value in wind prevention, sand fixation, and water and soil forestry conservation. Due to its strong adaptability and tolerance to drought and poor soil, it is distributed widely in the Taihang Mountains. Using random sampling combined with the species richness, Pielou, Simpson and Shannon-Weiner indices, species and community diversities of *P. tabulaeformis* forests were comparatively studied in the Xiangyuan, Wuxiang, Huguan, Licheng, Pingshun and Tunliu regions of the southern Taihang Mountains. Results showed there were 81 species, belonging to 70 genera and 34 families in the *P. tabulaeformis* community in the six regions. Among them, there were 4 families, 4 genera and 5 species in the arbor layer, 7 families, 12 genera and 15 species in the shrub layer, and 23 families, 54 genera, and 61 species in the herb layer. The floral composition of genera in the southern Taihang Mountains was diversified, and exhibited some typical characteristics of warm-temperate composition. Species diversity of the different functional groups was herb layer > shrub layer > arbor layer in Xiangyuan, Wuxiang, Huguan, Licheng

收稿日期: 2014-07-01, 退修日期: 2014-09-12。

基金项目: 山西省自然科学基金项目(2012011034-6); 科技部科技基础性工作专项项目(2011FY110300)。

作者简介: 郭华(1989-), 女, 硕士研究生, 主要从事植物生态学研究(E-mail: 1055902389@qq.com)。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: zgp0355@126.com)。

and Pingshun, but was herb layer = shrub layer > arbor layer in Tunliu. Community diversity of the six regions was in the order of Pingshun > Licheng > Xiangyuan > Wuxiang > Tunliu > Huguan. The community and species diversities of the *P. tabulaeformis* forests in the southern Taihang Mountains were influenced by many factors, including community succession, geographical and environmental factors and human disturbance.

Key words: *Pinus tabulaeformis*; Species diversity; Community diversity; Southern Taihang Mountains

油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)喜阴耐瘠薄,适应性强,生态幅广,具有良好的防风固沙功能和水土保持作用,是华北地区重要的造林树种。长期以来,由于油松在工业、林业和生态保护中的重要作用而备受关注。目前,有关油松种群和群落生态学研究涵盖多个方面,包括油松种群的水文效应^[1, 2]、光合效能^[3]等生理生态学研究,油松的林分结构及径级结构^[4, 5]、种间关系^[6, 7]等种群生态学研究,油松群落结构^[8]、动态与更新^[9, 10]、人为干扰对油松群落结构的影响^[11, 12]等群落生态学研究。

物种与群落多样性是群落生态学研究的热点问题之一,其时空动态变化不仅反映群落的种类组成、时空结构、动态更新和生境异质性等,而且直接影响群落的系统稳定性和生态服务功能。关于油松物种和群落多样性的调查多集中在燕山山脉^[7, 13]、太岳山脉^[10, 12]等区域,而有关太行山南段油松种群及群落多样性研究还未见报道。鉴于油松在太行山南段的广泛分布和生态价值,本文拟对太行山南段6个地区油松群落及林下植物的物种多样性展开

调查,旨在了解太行山南段油松的群落特征和结构,掌握其演替规律及发展动态,进而为太行山南段森林群落保护和植被恢复等提供理论依据。

1 研究地区概况

太行山南段(北纬35°10'~37°08',东经112°26'03"~113°35'04")是山西与河南、河北的天然分界线,属于暖温带半湿润大陆性季风气候,年均温5℃~11℃,1月平均气温-2.7℃,7月平均气温24.1℃,无霜期165~200 d,年降水量503~673 mm。地带性土壤为褐土,主要土壤类型有山地褐土、山地棕壤等^[14, 15]。本研究区域包括太行山南段长治地区境内的武乡、黎城、襄垣、平顺、壶关、屯留6个地区(表1)。

太行山南段的地带性植被是暖温带落叶阔叶林,主要森林植被类型有油松林(Form. *Pinus tabulaeformis*)、侧柏林(Form. *Platycladus orientalis*)、鹅耳枥林(Form. *Carpinus turczaninowii*)、辽东栎林(Form. *Quercus liaotungensis*)、白桦林(Form. *Betula platyphylla*)、青榨槭+鹅耳枥林

表1 太行山南段6个地区的环境特征
Table 1 Environmental characteristics of the six regions in the southern Taihang Mountains

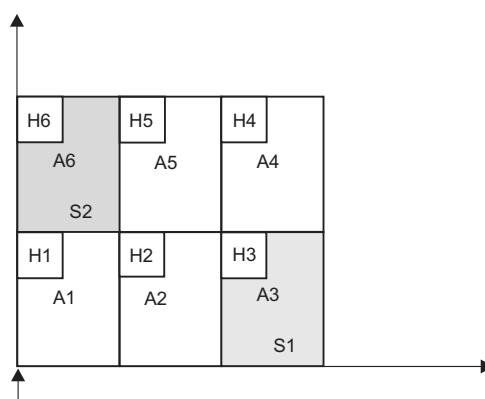
样地 Plots	位置 Locality	海拔 Altitude (m)	纬度 Latitude	经度 Longitude	坡度 Slope (°)	植被类型 Vegetation type	郁闭度 Canopy density	干扰程度 Interference
1 Guhan town, Xiangyuan County	襄垣县古韩镇	1106	36°32'21.3"	112°57'37.6"	< 5	温性针叶林 Temperate coniferous forest	80%	轻度 Light
2 Baichi town, Huguan County	壶关县百尺镇	1112	36°07'24.7"	113°11'36.5"	< 5	温性针叶林 Temperate coniferous forest	70%	中度 Medium
3 Shimen town, Wuxiang County	武乡县石门乡	1125	36°30'24.1"	113°04'39.1"	< 5	温性针叶林 Temperate coniferous forest	70%	轻度 Light
4 Yanggao town, Pingshun County	平顺县阳高乡	1143	36°23'24.2"	113°07'52.6"	< 5	温性针叶林 Temperate coniferous forest	75%	轻度 Light
5 Shangyao town, Licheng County	黎城县上遥镇	1146	36°24'25.5"	113°07'49.3"	< 5	温性针叶林 Temperate coniferous forest	70%	轻度 Light
6 Lucun town, Tunliu County	屯留县路村乡	1243	36°27'23.6"	112°46'34.3"	< 5	温性针叶林 Temperate coniferous forest	45%	中度 Medium

(Form. *Acer davidii* + *C. turczaninowii*) 等; 灌丛植被主要有黄刺玫灌丛 (Form. *Rosa xanthina*)、野皂荚灌丛 (Form. *Gleditsia microphylla*)、沙棘灌丛 (Form. *Hippophae rhamnoides* var. *procera*) 等; 草本植物群落有白羊草草丛 (Form. *Bothriochloa ischaemum*)、蒿类草丛 (Form. *Artemisia* spp.) 及苔草草甸 (Form. *Carex* spp.) 等^[16]。

2 研究方法

2.1 样地调查

样地调查时间为 2012 年 7~8 月。在太行山南段分别选择武乡、黎城、襄垣、平顺、壶关、屯留 6 个地区作为研究区域, 每个地区随机选择 2 个样地, 样地大小为 20 m × 30 m。每个样地内参照图 1 再设置乔木样方 6 个 (10 m × 10 m), 即 A1~A6; 灌木样方 2 个 (10 m × 10 m), 即 S1、S2; 草本样方 6 个 (1 m × 1 m), 即 H1~H6。每个地区各取乔木样方 12 个, 灌木样方 4 个, 草本样方 12 个, 总计 168 个样方, 分别记录乔木层、灌木层、草本层及层间植物。其中, 乔木层主要记录样方内所有乔木植株的种名、胸径、高度、盖度、各物种数以及冠幅等; 灌木层主要记录出现在样方内的灌木和乔木幼苗的种名, 并测量每个物种的高度、基径、盖度、株(丛)数等; 草本层记录草本层内每种植物的种名、高度、盖度、株(丛)数等; 层间植物主要记录层间的寄生植物、附生植物和藤本



Starting point of setting samples

A1~A6 为乔木样方; S1、S2 为灌木样方; H1~H6 为草本样方。
A1~A6 as tree samples; S1 and S2 as shrub samples; H1~H6 as herb samples.

图 1 样地中各类样方设置(参照文献[17])

Fig. 1 Quadrat settings in the *P. tabuliformis* forests

植物。

同时, 记录每个样地的环境因子, 包括经纬度、海拔、坡度、坡向、坡位、土壤类型、人为干扰类型及程度等。

2.2 数据处理

某一物种在群落中的优势度用重要值 (IV) 来表示, 油松群落中乔木层、灌木层和草本层植物的重要值采用如下公式计算^[18]:

$$\text{重要值 (IV)} = [\text{相对多度} (Dr) + \text{相对显著度} (Pr) + \text{相对高度} (Hr)] / 3;$$

$$\text{灌木、草本层植物重要值 (IV)} = [\text{相对盖度} (Cr) + \text{相对高度} (Hr)] / 2。$$

分别用下列指数测度油松群落的物种多样性^[19]:

(1) 物种丰富度 (*S*), 即样方内的物种数。

(2) α 多样性

$$\text{Shannon-Wiener 指数: } H' = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i;$$

$$\text{Pielou 指数(均匀度指数): } E = \frac{H'}{\ln S};$$

$$\text{Simpson 指数(优势度指数): } D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2.$$

式中, *S* 为物种数, p_i 为种 *i* 的个体数占全部个体数的比例。

(3) 群落多样性

分别计算群落中乔木层、灌木层、草本层的多样性指数后, 给定加权参数计算群落总体多样性指数^[20]:

$$D_{\text{群落}} = W_1 D_1 + W_2 D_2 + W_3 D_3.$$

式中, $D_{\text{群落}}$ 为群落总体多样性指数; D_1 、 D_2 、 D_3 分别为乔木层、灌木层、草本层的多样性指数; W_1 、 W_2 、 W_3 分别为乔木层、灌木层、草本层的给定加权参数 0.5、0.25、0.25。

3 结果与分析

3.1 太行山南段油松群落中植物种类组成分析

调查区域内油松群落中乔木层植物有 4 科 4 属 5 种, 油松为建群种, 其中刺槐 (*Robinia pseudoacacia* Linn.) 为伴生种, 散生乔木有榆树 (*Ulmus pumila* L.)、杏 (*Armeniaca vulgaris* Lam.) 等。林下植物共有 76 种, 其中灌木 15 种, 隶属于 7

科12属；薔薇科(Rosaceae)植物最丰富，有4属7种，占林下植物物种数的9.21%；优势种为黄刺玫(*Rosa xanthina* Lindl.)、悬钩子(*Rosa rubra* Lévl. et Vant)，伴生种有沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)、杜梨(*Pyrus betulifolia* Bunge)、卫矛(*Euonymus alatus* (Thunb.) Sieb.)等。

草本层植物种类最丰富，共有61种，隶属于23科54属(表2)。其中，菊科(Compositae)植物种类最多，共有16属21种，占林下植物物种数的27.63%；禾本科(Gramineae)植物次之，共有8属8种，占林下植物物种数的10.53%；中亚苔草(*Carex stenophylloides* V. Krecz.)、华北米蒿(*Artemisia giraldii* Pamp.)、小红菊(*Dendranthemum chanetii* (Levl.) Shih)为优势种，铁杆蒿(*Tripolium vulgaris* Nees)、委陵菜(*Potentilla chinensis* Ser.)、裂叶蒿(*Artemisia tanacetifolia* Linn.)、白羊草(*Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng)等为伴生种。

3.2 太行山南段油松群落植物区系分析

太行山南段油松群落中有种子植物34科70属81种，分别占太行山南段种子植物总科数的35.4%、总属数的20%、总种数的13%。

科的类型分析结果显示，太行山南段油松群落中菊科(16属21种)、薔薇科(8属12种)、禾本科(8属8种)、豆科(Fabaceae, 4属5种)植物

共占研究区总属数的51.4%、总种数的56.8%，特别是在种的数量上占有较大比例；含2~4种的寡种科组成了本区系科的主体，共计30科，占本地区区系总科数的88.2%、总属数的48.6%、总种数的43.2%，这在一定程度上反映了太行山南段种子植物的多样性和植物区系的复杂性。

属的统计结果显示，太行山南段油松群落中种子植物共有70属，占太行山南段种子植物总属数的20%，且全部是小型属(含2~3种的属视为小型属)和区域单种属(含1种植物的属视为区域单种属)，其中区域单种属占总属数的88.6%、占总种数的75.3%。属的组成同样反映了本区系种子植物的丰富度和多样性。

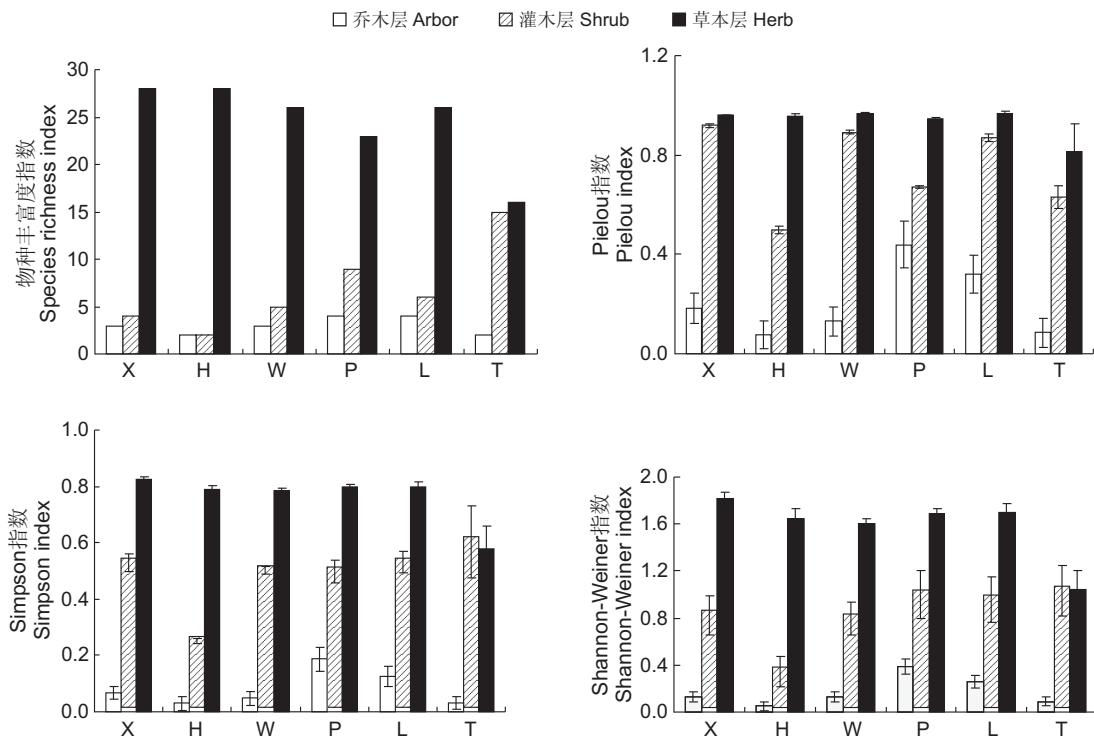
3.3 不同地区油松群落的物种多样性分析

对6个地区油松群落物种多样性的分析结果表明，不同地区的物种多样性在乔木层间、草本层间无显著差异($P > 0.05$)；而在灌木层间差异显著，其中灌木层物种最丰富的样地含15个物种，最少的样地仅含2个物种。

由群落不同功能群物种多样性的分析结果可见(图2)，武乡、黎城、襄垣、平顺、壶关5个地区的各项物种多样性指数均表现出较为一致的变化趋势，即草本层>灌木层>乔木层；而屯留地区不同功能群的物种多样性表现为草本层=灌木层>乔木层。

表2 太行山南段不同地区油松群落草本层植物的物种组成
Table 2 Species composition of the *P. tabulaeformis* forest herb layer in the different regions of the southern Taihang Mountains

地区 Areas	科 Family	属 Genera	种 Species	最大科 Biggest family	最大科物种数 Species (No.)	最大科物种数/ 总种数 Percentage (%)	优势种 Dominant species	重要值 Importance value
襄垣 Xiangyuan	13	25	28	菊科 Compositae	12	42.9	中亚苔草、华北米蒿	0.159 0.114
壶关 Huguan	12	25	28	菊科 Compositae	10	35.7	铁杆蒿、华北米蒿	0.121 0.102
武乡 Wuxiang	11	21	26	菊科 Compositae	12	46.2	华北米蒿、裂叶蒿	0.128 0.118
平顺 Pingshun	13	17	23	菊科 Compositae	8	34.8	华北米蒿、中亚苔草	0.255 0.108
黎城 Licheng	11	24	26	菊科 Compositae	9	34.6	中亚苔草、小红菊	0.155 0.128
屯留 Tunliu	9	14	16	菊科 Compositae	4	25.1	小红菊、中亚苔草	0.153 0.221



X. 襄垣; H. 壶关; W. 武乡; P. 平顺; L. 黎城; T. 屯留。下同。

X. Xiangyuan; H. Huguan; W. Wuxiang; P. Pingshun; L. Licheng; T. Tunliu. Same below.

图 2 太行山南段油松群落不同功能群的物种多样性

Fig. 2 Species diversity of different functional groups of *P. tabulaeformis* forests in the southern Taihang Mountains

就乔木层而言, 平顺和黎城地区的物种多样性最高 (0.38、0.26), 其次是襄垣和武乡, 屯留和壶关的物种多样性最低 (0.09、0.05)。就灌木层而言, 屯留的物种多样性最高 (1.03), 其次是平顺、黎城和襄垣, 壶关的物种多样性最低 (0.35)。就草本层而言, 平顺、黎城、襄垣的物种多样性较高 (1.69、1.70、1.82), 壶关、武乡的物种多样性水平较低, 屯留的物种多样性水平最低 (1.04)。综上, 平顺和黎城的物种多样性较高; 屯留的物种多样性较低, 可能是人为干扰造成的。

3.4 太行山南段油松群落多样性分析

对6个地区油松群落的不同功能群物种多样性指数进行加权, 得到不同地区油松林的群落多样性水平。由图3可见, 平顺地区油松群落多样性水平最高 (0.82), 其次是黎城和襄垣 (0.77), 武乡和屯留地区油松群落多样性较低, 壶关最低 (0.52)。造成群落多样性水平差异的原因有很多, 既有群落自身因素的限制, 也有群落所处的地理环境特征及人为干扰程度等的影响。

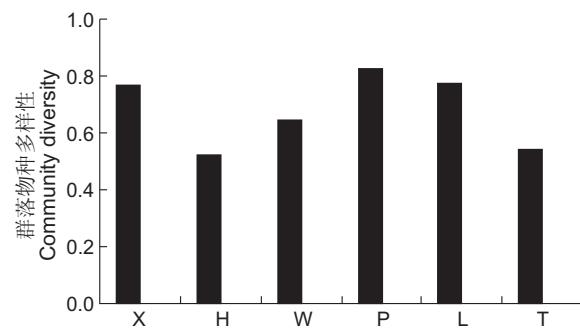


图 3 太行山南段不同油松群落物种多样性

Fig. 3 Community diversity of different *P. tabulaeformis* forests in the southern Taihang Mountains

4 讨论

物种多样性指数受诸多因子影响, 既受群落物种组成、群落性质及结构、群落演替等自身因素影响, 又受地理地貌、气候条件、人为干扰等诸多外界因子的影响。

4.1 油松群落演替与群落物种多样性

群落演替的时间和进程是群落物种多样性的主要影响因素之一, 且随着群落演替的进行物种多样

性呈先升后降的趋势^[21,22]。考虑到植被恢复和森林保护,本研究对油松群落的林龄没有采用年轮判断法,而是采用油松立木级结构分析法并结合对当地居民的走访调查获得群落演替时间。调查结果显示,6个区域的油松群落均为人工林,其林龄和群落演替时间相对较短(20~50年),处于正向演替进程中。

本研究对太行山南段6个地区油松群落的物种多样性指数的分析结果表明,物种多样性与油松林龄具有一定的正相关性,即与群落演替时间呈一定的正相关。其中,壶关油松群落的林木胸径最小($DBH = 6.4\text{ cm}$),林龄最短,森林物种多样性指数最低;而平顺和黎城的油松群落林木胸径较大,林龄较长,物种多样性也较高。但屯留地区的油松群落胸径最大($DBH = 13.31\text{ cm}$),林龄最长,其物种多样性却较低,表明影响群落物种多样性是由多种影响因子协同作用的。

4.2 环境因子与群落物种多样性

地理地貌与气候条件是影响群落物种多样性的又一重要因子。太行山南段武乡、黎城、襄垣、平顺、壶关、屯留6个地区的地理地貌和气候条件差异不大,均属于暖温带半湿润大陆性季风气候,群落结构和群落多样性应具有一定的相似性,但本研究结果表明6个研究区域的群落多样性表现出差异。这是由于人类活动多集中于低海拔、缓坡度、邻村舍、近农田地带,导致低海拔地区的人为干扰强度大于高海拔地区,壶关地区油松群落的物种多样性较低即属于此种情况;此外,屯留的海拔较高,但由于旅游开发带来的人为干扰较大,也导致群落物种多样性较低。

人类干扰包括人们的直接干扰(即采挖、砍伐、旅游等)和间接干扰(农耕),是影响群落多样性的重要环境因子之一^[23]。农业生产也会影响其周边植物群落的物种多样性,因为农耕过程中不断使用的化肥和农药可借助于土壤水分循环进入自然生态系统,大量的化肥会对耐药性较强物种产生催生作用,并使该物种的优势度越来越强;相反,农药的吸入会导致耐药性较弱物种的种群生长受阻、发育过慢,逐渐衰落甚至消亡。

与五台山^[24]油松的群落物种多样性指数相比,

太行山南段6个地区油松的群落物种多样性偏高,说明太行山南段的森林培育和保护工作较好。但不容忽视的是个别地区的油松植被遭到破坏,如屯留的植树造林工作虽开展较早,林龄发育较好,但物种多样性指数却偏低,林下草本植物遭受破坏程度较为严重,这些情况应引起相关部门的重视。

参考文献:

- [1] 赵鸿雁, 吴钦孝, 刘国彬. 黄土高原人工油松林水文生态效应[J]. 生态学报, 2003, 23(2): 376~379.
- [2] 李民义, 张建军, 郭宝妮, 黄明, 茹豪. 晋西黄土区不同密度油松人工林林下植物多样性及水文效应[J]. 生态学杂志, 2013, 32(5): 1083~1090.
- [3] 狄晓艳, 池喜梅, 陈建文, 王孟本. 5个油松种源光合特性的比较研究[J]. 植物研究, 2012, 32(2): 165~170.
- [4] 鲁绍伟, 刘凤芹, 余新晓. 华北土石山区不同造林密度的油松林结构与功能研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(9): 144~149.
- [5] 苗艳明, 刘任涛, 毕润成. 山西霍山油松种群结构和动态研究[J]. 武汉植物学研究, 2008, 26(3): 288~293.
- [6] 陈晓, 白淑兰, 刘勇, 李国雷, 江萍, 张硕. 抚育间伐对油松人工林下大型真菌的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(21): 6935~6943.
- [7] 罗梅, 郑小贤. 八达岭辽东栎-油松混交林空间结构及其多样性[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(9): 55~58.
- [8] 赵琦, 韩海荣, 康峰峰. 山西太岳山油松人工林群落结构研究[J]. 四川林业科技, 2012, 33(3): 37~40.
- [9] 王铁梅, 陈云明, 张学伍, 王娟, 侯磊. 黄土丘陵区人工油松林下植物多样性和更新调查[J]. 水土保持通报, 2012, 32(6): 66~70.
- [10] 郭微, 上官铁梁, 王志明, 李润强. 灵空山油松种群年龄结构与动态分析[J]. 植物科学学报, 2013, 31(2): 130~135.
- [11] 马履一, 李春义, 王希群, 徐昕. 不同强度间伐对北京山区油松生长及其林下植物多样性的影响[J]. 林业科学, 2007, 43(5): 1~7.
- [12] 郭东罡, 上官铁梁, 白中科, 邵洪波. 山西太岳山油松群落对采伐干扰的生态响应[J]. 生态学报, 2011, 31(12): 3296~3307.
- [13] 鲍林林, 黄磊, 王学东, 刘建中, 华珞. 霉灵山低山

- 区油松林物种多样性初探[J]. 北方环境, 2011, 23(4): 102–104.
- [14] 张贵平, 张桂萍, 高昆, 张峰. 太行山南端野皂荚群落优势种群的分布格局[J]. 山地学报, 2008, 26(1): 53–58.
- [15] 王煜倩, 聂二保. 山西太行山南段峡谷区荆条灌丛数量分析[J]. 草业科学, 2009, 26(11): 32–36.
- [16] 茹文明, 张桂萍, 张金屯, 张峰. 太行山南段森林群落物种多样性研究[J]. 西北植物学报, 2006, 26(5): 1036–1042.
- [17] 方精云, 王襄平, 沈泽昊, 唐志尧, 贺金生, 于丹, 江源, 王志恒, 郑成洋, 朱江玲, 郭兆迪. 植物群落清查的主要内容、方法和技术规范[J]. 生物多样性, 2009, 17(6): 533–548.
- [18] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001: 39–46.
- [19] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 83–109.
- [20] 张峰, 张金屯, 上官铁梁. 历山自然保护区猪尾沟森林群落植物多样性研究[J]. 植物生态学报, 2002, 26(增刊): 46–51.
- [21] 白聪, 乔秀红, 毕润成, 闫明. 五鹿山国家级自然保护区森林群落演替分析[J]. 广西植物, 2013, 33(3): 421–427.
- [22] 王树森, 余新晓, 班嘉蔚, 张振明, 鲁绍伟, 王计平. 华北土石山区天然森林植被演替中群落结构和物种多样性变化的研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(6): 144–149.
- [23] 王应刚, 李建梅, 李淑兰, 安世杰. 人为干扰对城市地区植物多样性的影响[J]. 生态学杂志, 2004, 23(2): 102–104.
- [24] 周择福, 王延平, 张光灿. 五台山林区典型人工林群落物种多样性研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(2): 321–327.

(责任编辑: 刘艳玲)