

网络出版时间:2015-08-05 08:56

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2015.09.007

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20150805.0856.014.html

延安市城郊侧柏纯林及混交林的近自然度评价

郭廷栋,王得祥,王 涛,胡有宁,张新平

(西北农林科技大学 林学院,陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】对延安城郊不同侧柏群落的近自然度进行评价,为其近自然经营的实施提供依据。【方法】在延安城郊侧柏-辽东栎混交林、侧柏-河北杨混交林、侧柏-刺槐混交林和侧柏纯林中布设样地进行林分组成与结构调查,采用敏感性分析方法,筛选出建群种平均胸径、建群种树高、天然更新幼苗株数、乔木层物种丰富度、乔木层 Pielou 均匀度指数、灌木草本层 Margalef 指数、土壤有机质含量、土壤全氮含量、土壤速效磷含量、土壤速效钾含量、自然构成系数和干扰度指数共 12 个反映群落类型特征的敏感性指标,运用层次分析法构建近自然度评价指标体系,计算各林分类型的近自然度综合指数,对 4 种林分类型的近自然度进行评价。【结果】侧柏-辽东栎混交林、侧柏-河北杨混交林、侧柏-刺槐混交林、侧柏纯林的近自然度综合指数分别为 0.78、0.76、0.38 和 0.19,相应的自然度等级分别为 2、2、4 和 5。【结论】侧柏-辽东栎混交林和侧柏-河北杨混交林处于半自然状态,侧柏-刺槐混交林处于近人工状态,侧柏纯林处于人工状态。

【关键词】 侧柏;人工林;混交林;纯林;近自然度评价

【中图分类号】 S718.55⁺7

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2015)09-0043-08

Naturalness assessment of *Platycladus orientalis* and mixed forests in Yan'an Suburb

GUO Ting-dong, WANG De-xiang, WANG Tao, HU You-ning, ZHANG Xin-ping

(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 This study assessed naturalness of different *Platycladus orientalis* communities in Yan'an suburb. 【Method】 *Platycladus orientalis* and *Quercus wutaishannice* mixed plantation, *Platycladus orientalis* and *Populus hopeiensis* mixed plantation, *Platycladus orientalis* and *Robinia pseudoacacia* mixed plantation, and *Platycladus orientalis* in Yan'an suburb were selected. Stand structures were investigated and sensitive analysis was conducted to filtrate out 12 indexes, namely DBH of constructive tree species, height of constructive tree species, number of natural regeneration, species richness in arbor layer, Pielou index in arbor layer, Margalef index in shrub and herb layer, organic matter content, total nitrogen content, soil available P, soil available K, compose index and interference to describe the community characteristics. Then the analytic hierarchy process (AHP) was used to build an index system for assessing the naturalness and the integrated index of naturalness of every stand type was calculated and evaluated. 【Result】 The integrated indexes for naturalness of *Platycladus orientalis* and *Quercus wutaishannice* mixed plantation, *Platycladus orientalis* and *Populus hopeiensis* mixed plantation, *Platycladus orientalis* and *Robinia pseudoacacia* mixed plantation, and *Platycladus orientalis* plantation were 0.78, 0.76, 0.38, and

【收稿日期】 2014-07-05

【基金项目】 国家林业局林业公益性行业科研专项(201104045)

【作者简介】 郭廷栋(1989—),男,内蒙古包头人,在读硕士,主要从事城市森林生态研究。E-mail:guotingdong1989@126.com

【通信作者】 王得祥(1966—),男,青海乐都人,教授,博士生导师,主要从事森林生态学和森林可持续经营研究。

E-mail:wangdx66@sohu.com

0.19, and their naturalness classifications were 2, 2, 4, and 5, respectively. 【Conclusion】 *Platycladus orientalis* and *Quercus wutaishannice* mixed plantation, and *Platycladus orientalis* and *Populus hopeiensis* mixed plantation were semi-natural forests, *Platycladus orientalis* and *Robinia pseudoacacia* mixed plantation was near-plantation, and *Platycladus orientalis* plantation was plantation.

Key words: *Platycladus orientalis*; artificial forest; mixed forest; pure forest; the assessment of naturalness

近自然度评价是确定林分近自然程度的一系列参数和指标,用以评价现实植被与天然植被的距离,是近自然林经营的基础。土壤、植被构成、森林演替、林分年龄结构和生态干扰等,共同构成了森林近自然度的指标体系^[1]。找到一个匹配的从未受人类干扰、仍处于天然状态的参照系,从植被构成、立地类型、生态系统等方面将评价对象与参照系进行对比,评测其与天然参照系之间的距离^[2-3],是近自然度评价的最佳途径。国际上近自然度的研究开始于利用生态干扰度和演替阶段等级划分来确定评价等级序列^[4-6]的区域性研究,到 20 世纪 90 年代,发展为在其基础上运用具体的林区大小、土壤特性、树龄、生物多样性、天然更新以及森林功能等指标进行计算的定量评价研究^[7-9]。国内的相关研究起步较晚,文献较少,仅有的研究主要集中在国外研究方法的引进及指标体系探讨等方面^[10-12],对中小尺度森林生态系统的近自然度定量评价涉及甚少^[13-15],指标选取也仅仅考虑近自然度的物种组成和演替阶段,评价体系不够完善。

侧柏(*Platycladus orientalis*)耐干旱、耐瘠薄,适应性强,属浅根性树种,具有密集而强大的吸收根系群,吸收水分和营养物质的能力极强,可以抗御干旱的威胁,但在迎风处生长不良,耐涝能力较弱^[16]。侧柏适宜在低山或中山 2 000 m 以下干旱瘠薄的阳坡、半阳坡和梁峁坡生长,为延安市城郊的主要造林树种。本研究以该地区 4 种侧柏林分为研究对象,通过对其植被构成、土壤肥力、演替阶段的调查分析,筛选出 12 个反映群落类型特征的敏感性指标,构建近自然度评价指标体系,并对研究区内不同侧柏群落近自然综合指数进行排序,判定侧柏林分的近自然度,从而为侧柏林分近自然经营措施的制定提供理论依据,并为实现延安城郊乃至干旱地区植被的近自然化经营及城市森林生态系统的构建和经营管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

延安市地处黄土高原丘陵沟壑区,黄土梁状丘

陵为该区主要地形,平均海拔为 1 200 m。该区气候属于干旱半干旱气候,年平均气温 7.7~10.6℃,四季分明、日照充足、昼夜温差大;年降水量 550 mm,主要集中在 7—9 月,且多以暴雨形式出现;干旱、冰雹、暴雨、大风及霜冻等自然灾害发生频繁;年平均蒸发量为 823.4~995.3 mm,蒸发量大于降水量;地表水数量少,地域分布不平衡^[17]。本研究区位于延安市宝塔区城区及近郊,地理位置为北纬 36°32′—36°36′,东经 109°20′—109°29′,区内地形地势变化多样,地势西北高、东南低,自然条件恶劣,地带性植被为干旱森林向森林草原过渡的植被。多年的垦荒种田使周围山体植被遭到较大破坏,自然植被资源贫乏,水土流失严重。主要植被类型有天然辽东栎林、山杨林、山杏和槭树林。人工林于 20 世纪中期开始营建,主要有侧柏林、杨树林、刺槐林、柠条灌丛等。

1.2 研究方法

1.2.1 林分组成与结构调查 样地调查工作于 2013 年 8 月进行。在野外踏查的基础上,结合延安市现有的森林植被调查资料,根据组成结构选取 4 类有代表性的侧柏林(侧柏-辽东栎林、侧柏-河北杨林、侧柏-刺槐林和侧柏纯林),每种类型设置 3 块样地,每块样地面积为 20 m×20 m,共计 12 块。对样地内的乔木进行每木检尺,调查指标包括植物名称、郁闭度、林龄、胸径、树高、枝下高和天然更新幼苗株数;同时在每块样地的四角和中心分别设 5 m×5 m 的灌木样方和 1 m×1 m 的草本样方各 5 个,调查灌木层和草本层植物种的盖度、多度、频度、高度、基径、冠幅等。

1.2.2 土样采集及其理化性质测定 在每块样地内按“S”型随机选取土壤采样点 5 个,挖取土壤剖面,按 0~20、20~40 和 40~60 cm 土层分层取样,并记录每层土壤的质地、结构、紧实度。将挖取的土样装入采样袋内,待土壤自然风干后,按文献^[18]的方法测定土壤体积质量(环刀法)、pH 值(电位法)及有机质(重铬酸钾氧化-稀释热法)、全氮(凯氏定氮法)、速效磷(0.5 mol/L,碳酸氢钠法)和速效钾

(NH₄OAc 浸提,火焰光度法)含量。

1.2.3 指标的计算与处理 (1)林分物种多样性指标。根据样地调查所得到的不同群落的物种相对盖度、相对多度、相对频度,计算林下各物种的重要值和同一种群中各物种的平均重要值。计算各物种的 Margalef 丰富度指数(*D*)、Pielou 均匀度指数(*J*)、Shannon-Wiener 多样性指数(*H*)和 Simpson 指数(λ)^[19],其计算公式如下:

$$D=(S-1)/\ln N;$$
$$J=(-\sum P_i \ln P_i)/\ln S;$$
$$H=-\sum P_i \ln P_i;$$
$$\lambda=1-\sum P_i^2。$$

式中:*S* 为样方的物种数量;*N* 为样地中全部物种数量;*P_i* 为第 *i* 个种的个体数占样地中所有种总个体数的比例, $P_i=N_i/N$,其中 *N_i* 为第 *i* 种的个体数。

(2)林分演替阶段指标。对于群落演替的研究,虽然以空间代替时间的研究方法存在一定的局限

性^[20],但森林演替周期较长,直接研究困难大,因此以空间代替时间是必须的。为了消除和缩小演替在时间和空间序列上的差异,特引入自然构成系数来合理解决这一问题。

自然构成系数(*CI*)由组成群落各乔木树种的重要值(*IV*)和其顶级适应值(*CAV*)的乘积加和得到,即 $CI=\sum (IV\times CAV)$,其中重要值=(相对密度+相对盖度+相对频度)/3。顶级适应值能够反映群落现状所处的演替阶段,确定各乔木树种的顶级适应值是确定群落自然构成系数的关键,基于对各乔木种的分布指数与胸高断面积的关系分析,根据雷瑞德等^[21]的研究,并且参考研究区域大量的样地资料,划分各乔木树种在群落中的地位,首先确定该地区的顶级种,继而确定其他树种的顶级适应值,取值范围为 1~10。

本研究依照样地中出现树种的演替特性将其分为 3 个植物种组,并赋以相应的顶级适应值(表 1)。

表 1 延安市城郊侧柏群落演替种组的划分及树种构成

Table 1 Major tree species and composition in each successive group of *Platycladus orientalis* communities in Yan'an suburb

植物种组 Plant group	顶级适应值 CAV	树种 Tree species
先锋种 Pioneer species	1	榆树 <i>Ulmus pumila</i> , 山杏 <i>Prunus armeniaca</i> , 刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i> , 侧柏 <i>Platycladus orientalis</i>
过渡种 Transition species	5	杜梨 <i>Pyrus betulaefolia</i> , 河北杨 <i>Populus hopeiensis</i> , 臭椿 <i>Ailanthus altissima</i>
顶级种 Climax species	9	辽东栎 <i>Quercus wutaishanica</i> , 油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>

(3)林分受干扰度指数(*HI*)的确定。生态干扰研究的是植物种类、植物群落或立地对生态因子变化的一般反应,生态干扰度既反映人类对植被的影响程度,也反映现实植被状态与潜在自然植被之间的距离。生态干扰度不仅能够反映所有阻碍植物群落向其潜在的自然植被终态发展的人类活动对植被或其立地的总的影响^[22-24],而且是一种可定性和定

量反映植被与立地当前状态的重要参数,同时也可反映出现实植被与其潜在的自然植被之间的距离。

本研究参考 Schirmer 的 6 级干扰度划分法,设立 5 级人为干扰度(Hemeroby)表,结合研究区的实际情况,按照人类影响由弱到强分别给予不同群落相应的干扰度相对值(表 2)。

表 2 延安市城郊侧柏群落干扰度等级和干扰度相对值

Table 2 Rank of disturbance and relative value of *Platycladus orientalis* communities in Yan'an suburb

干扰度 Disturbance	相对值 Relative value	林分特征 Characteristics of forest
H ₁	9	顶级树种明显可见,以地域性顶级适应值较高的树种为主 The climax tree species appeared obviously,trees with high zonal adaptive values were dominating
H ₂	7	顶级树种可见,地域性适应值高的树种占一定比例 The climax tree species appeared,tree species with high zonal adaptive value had a certain ratio
H ₃	5	人为干扰大,顶级树种可见,以地域性先锋树种为主 Disturbed slightly,the climax tree species appeared,the dominate tree species was pioneer tree species
H ₄	3	人为干扰度大,林分为以地域性先锋树种为主的乡土树种人工林 Disturbed moderately,the domain tree species in arbor layer was pioneer tree species
H ₅	1	人为干扰强度极大,裸地或经营强度较大的纯人工林 Disturbed severely,artificial forest with excessive forest management

(4)近自然度综合指数的计算。为了对延安不

同侧柏群落的近自然度进行评价,运用层次分析法

(AHP)构建了一个 3 层次的评价指标体系^[25],3 个层次依次为 目标层、约束层和指标层,近自然度综合指数的计算与约束层和指标层下各指标的权重及取值有关,其计算公式如下^[26]:

$$D=B_v\sum_{i=1}^nS_iW_i+B_c\sum_{j=1}^mS_jW_j+B_s\sum_{k=1}^pS_kW_k。$$

式中: D 表示近自然度综合指数值, B_v 、 B_c 、 B_s 分别表示约束层各指标权重值, S_i 、 S_j 、 S_k 分别表示约束层各指标标准化值, W_i 、 W_j 、 W_k 分别表示约束层下各参评指标的权重值, n 、 m 、 p 分别表示指标层的指标数。

1.2.4 数值标准化处理 在进行近自然度评价时,由于指标间量纲不统一,缺乏可比性,因此需要对参评指标的原始数据进行标准化处理^[27],从而得到标准化数据。标准化处理公式如下:

$$S_i=\frac{x_i-x_{\min}}{x_{\max}-x_{\min}}。$$

式中: S_i 表示参评因素的标准化值, x_i 表示参评因素实测值, $x_{\min}$ 、 $x_{\max}$ 分别表示参评因素实测最小值

表 3 延安城郊侧柏群落近自然度评价各指标敏感性分级及评价指标的选择

Table 3 Sensitive classification of indexes and selection of assessment index in assessing naturalness of *Platycladus orientalis* communities in Yan'an suburb

指标 Index	变异系数/% CV	敏感度 Sensitive class
建群种平均胸径* DBH of constructive tree species	34.80	中 Middle
建群种树高* Height of constructive tree species	42.59	中 Middle
天然更新幼苗株数* Number of natural regeneration	50.20	中 Middle
郁闭度 Canopy density	16.61	低 Low
乔木层物种丰富度* Species richness in arbor layer	40.16	中 Middle
灌木草本层丰富度 Species richness in shrub and herb layer	15.39	低 Low
乔木层 Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index in arbor layer	28.30	低 Low
灌木草本层 Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index in shrub and herb layer	7.59	不敏感 Insensitive
乔木层 Simpson 指数 Simpson index in arbor layer	24.25	低 Low
灌木草本层 Simpson 指数 Simpson index in shrub and herb layer	3.16	不敏感 Insensitive
乔木层 Pielou 均匀度指数* Pielou index in arbor layer	39.29	中 Middle
灌木草本层 Pielou 均匀度指数 Pielou index in shrub and herb layer	4.12	不敏感 Insensitive
乔木层 Margalef 指数 Margalef index in arbor layer	17.80	低 Low
灌木草本层 Margalef 指数* Margalef index in shrub and herb layer	34.23	中 Middle
土壤体积质量 Soil bulk density	9.00	不敏感 Insensitive
土壤有机质含量* Organic matter content	34.10	中 Middle
土壤全氮含量* Total nitrogen content	31.21	中 Middle
土壤速效磷含量* Soil available P	30.97	中 Middle
土壤速效钾含量* Soil available K	30.09	中 Middle
土壤 pH 值 Soil pH value	3.11	低 Low
自然构成系数* Compose index (CI)	32.87	中 Middle
干扰度指数* Disturbance	51.21	中 Middle

注:标*者为选定的评价指标。

Note:Those items marked * are assessment index which are selected.

2.1.2 各级指标权重的确定 将筛选得到的 12 个指标,运用层次分析法(AHP)构建一个 3 层次结构

和最大值。

2 结果与分析

2.1 侧柏群落近自然度评价指标体系的构建

2.1.1 评价指标的筛选 遵循可获取性、代表性、完整性、可量化等原则,借鉴相关学者的研究成果^[28],利用各因子指标变异系数(CV)确定其敏感度($CV\leq 10\%$ 表示不敏感, $10\%<CV\leq 30\%$ 表示低敏感, $30\%<CV\leq 60\%$ 表示中敏感, $CV>60\%$ 表示高敏感),采用敏感性分析法^[29],从反映群落特征的 22 个指标中,筛选出 12 个延安市城郊侧柏纯林及混交林近自然度评价指标,其中植被构成指标 6 个(建群种平均胸径、建群种树高、天然更新幼苗株数、乔木层物种丰富度、乔木层 Pielou 均匀度指数、灌木草本层 Margalef 指数),土壤肥力类指标 4 个(土壤有机质含量、土壤全氮含量、土壤速效磷含量、土壤速效钾含量),群落演替阶段指标 2 个(自然构成系数、干扰度指数)(表 3)。

的评价指标体系^[25],每层次各因子之间两两比较,并由专家打分对其赋值,分别计算各层次判断矩阵,

求解特征向量 W ,对各矩阵进行一致性检验后,得到各层次指标的权重值如表 4 所示。

表 4 延安城郊侧柏林近自然度评价指标及其权重

目标层			指标层		
Destination layer	约束层 Criteria layer		Indicator layer		
	名称 Name	权重 Weight	名称 Name	权重 Weight	
延安城郊侧柏林近自然度评价指标体系 Index system for assessing naturalness of <i>Platycladus orientalis</i> in Yan'an suburb	植被构成 Vegetation composition	0.456	建群种平均胸径(C_1)DBH of constructive tree species	0.102	
			建群种树高(C_2)Height of constructive tree species	0.116	
			天然更新幼苗株数(C_3)Number of natural regeneration	0.311	
			乔木层物种丰富度(C_4)Species richness in arbor layer	0.221	
			乔木层 Pielou 均匀度指数(C_5)Pielou index in arbor layer	0.183	
			灌木草本层 Margalef 指数(C_6) Margalef index in shrub and herb layer	0.006	
	土壤肥力 Soil fertility	0.272	土壤有机质含量(C_7)Organic matter content	0.423	
			土壤全氮含量(C_8)Total nitrogen content	0.123	
			土壤速效磷含量(C_9)Soil available P	0.227	
			土壤速效钾含量(C_{10})Soil available K	0.227	
	演替阶段 Succession stage	0.272	自然构成系数(C_{11})Compose index	0.500	
			干扰度指数(C_{12})Disturbance	0.500	

2.2 侧柏群落近自然度评价因子的标准化处理 (表 5)进行标准化处理,得到标准化数据见表 6。

根据 1.2.4 中的标准化处理公式,对原始数据

表 5 延安城郊不同侧柏群落评价特征参数原始数据

Table 5 Original data of parameters in different <i>Platycladus orientalis</i> communities in Yan'an suburb						
林分类型 Forest types	C_1/cm	C_2/cm	$C_3/(\text{株} \cdot \text{hm}^{-2})$	C_4	C_5	C_6
I	5.75 ± 2.71	3.31 ± 2.31	44 ± 4.18	4 ± 0.57	0.53 ± 0.10	0.89 ± 0.06
II	15.35 ± 4.57	9.82 ± 3.16	61 ± 19.02	3 ± 1.41	0.55 ± 0.24	0.85 ± 0.19
III	13.46 ± 3.22	8.70 ± 1.14	42 ± 3.77	2 ± 0.82	0.76 ± 0.11	0.88 ± 0.10
IV	15.39 ± 4.91	9.70 ± 1.77	16 ± 3.25	1 ± 0	0.48 ± 0.09	0.90 ± 0.09
林分类型 Forest types	$C_7/(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$	$C_8/(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$	$C_9/(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$	$C_{10}/(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	C_{11}	C_{12}
I	4.23 ± 0.92	0.026 ± 0.01	4.20 ± 0.74	76.00 ± 15.66	3.11 ± 0.28	3.0 ± 0.82
II	5.94 ± 2.11	0.042 ± 0.02	4.11 ± 1.49	83.67 ± 5.20	4.80 ± 1.19	6.5 ± 1.00
III	7.33 ± 1.16	0.049 ± 0.01	4.13 ± 0.88	82.33 ± 3.99	5.42 ± 0.13	5.0 ± 0
IV	5.58 ± 0.98	0.077 ± 0.01	4.05 ± 1.08	90.67 ± 10.09	3.00 ± 0	1.0 ± 0.57

注: I. 侧柏-刺槐混交林, II. 侧柏-辽东栎混交林, III. 侧柏-河北杨混交林, IV. 侧柏纯林; $C_1, C_2, \dots, C_{12}$ 含义与表 4 同。表 6, 7 同。
Note: I. *Platycladus orientalis* and *Robinia pseudoacacia* mixed plantation, II. *Platycladus orientalis* and *Quercus wutaishannice* mixed plantation, III. *Platycladus orientalis* and *Populus hopeiensis* mixed plantation, IV. *Platycladus orientalis* plantation; The meanings of $C_1, C_2, \dots, C_{12}$ are the same as Table 4. The same for Table 6 and Table 7.

表 6 延安城郊不同侧柏群落评价特征参数标准化数据

Table 6 Standard data of parameters in different <i>Platycladus orientalis</i> communities in Yan'an suburb						
林分类型 Forest types	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
I	0	0	0.62	1.00	0.18	0.80
II	1.00	1.00	1.00	0.67	0.25	0
III	0.80	0.83	0.58	0.33	1.00	0.60
IV	1.00	0.98	0	0	0	1.00
林分类型 Forest types	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
I	0	0	1.00	0	0.05	0.36
II	0.55	0.31	0.40	0.52	0.74	1.00
III	1.00	0.45	0.53	0.43	1.00	0.73
IV	0.44	1.00	0	1.00	0	0

2.3 侧柏群落近自然度评价 指标参数计算近自然度综合指数,得到不同群落的

2.3.1 近自然度综合指数计算 利用标准化后的 近自然度综合指数值如表 7 所示。由表 7 可知,延

安市城郊不同侧柏群落近自然度排序为：Ⅱ>Ⅲ> 杨混交林(0.76)>侧柏-刺槐混交林(0.38)>侧柏Ⅰ>Ⅳ,即侧柏-辽东栎混交林(0.78)>侧柏-河北 纯林(0.19)。

表 7 延安城郊侧柏不同群落近自然度综合指数值

Table 7 Integrated index values of naturalness of different *Platycladus orientalis* communities in Yan'an suburb

群落类型 Community types	植被构成综合指数值 Integrated index value of vegetation composition	土壤肥力综合指数值 Integrated index value of soil fertility	演替阶段综合指数值 Integrated index value of succession stage	近自然度综合指数值 Integrated index value of naturalness
I	0.26	0.06	0.06	0.38
Ⅱ	0.42	0.13	0.24	0.78
Ⅲ	0.33	0.19	0.23	0.76
Ⅳ	0.10	0.09	0	0.19

2.3.2 近自然度等级划分 由近自然度综合指数 然度综合指数取值范围,可将近自然度划分为 5 个
值公式计算得到的数值随机分布于 0~1,借鉴德国 等级(表 8)。

近自然度评价体系^[1],根据延安城郊的实际和近自

表 8 延安城郊森林群落近自然度分级标准

Table 8 Classification criterion for evaluating naturalness of different *Platycladus orientalis* communities in Yan'an suburb

近自然度综合指数 Value of integrate index	林分特征 Characteristics of forest	等级 Classification	等级评价 Evaluation
0~0.2	人工林,潜在自然植被(PNV)比例≤20% Artificial forest,PNV≤20%	5	人工 Artificial
0.2~0.4	近人工林,20%<潜在自然植被(PNV)≤40% Near-artificial forest,20%<PNV≤40%	4	近人工 Near-artificial
0.4~0.6	先锋群落次生林或林相残次的次生林,演替逆行,以地带性先锋树 种为主 Secondary forest in the pioneer succession stage or remnant,retro- grade succession,the dominate tree species in arbor layer was pio- neer tree species	3	远天然 Far from-natural
0.6~0.8	演替中期次生林,顶级树种可见,林分中除先锋树种外,地带性适应 值较高的树种占一定比例 Secondary forest in the middle succession stage,the climax tree spe- cies appeared,tree species with high zonal adaptive value had a cer- tain ratio	2	半天然 Semi-natural
0.8~1.0	向顶级过渡的森林,顶级树种明显可见,处于演替后期的次生林类 型,以地带性顶级适应值较高的树种为主 Secondary forest in the late succession stage,the climax tree species appeared obviously,the dominate tree species in arbor layer had high CAV	1	天然 Natural

2.3.3 侧柏群落近自然度评价结果 根据所得到的不同侧柏群落的近自然度综合指数值,依照近自然度等级划分标准,评价延安市城郊不同侧柏群落的近自然度等级和最终评价结果。

植被构成、土壤肥力和演替阶段作为城市森林近自然度评价的重要指标,三者相互影响、相互制约、相互协调,构成结构和功能完整的森林生态系统。植被构成由群落的土壤状况和生境条件所决定,同时也会影响森林群落的演替,反之,土壤的理化性质和肥力状况也被植被构成和群落演替所影响。另一方面,文中所研究的区域为延安城郊,临近人类生活区域,砍柴、耕作、祭奠等人为活动严重干扰着森林生态系统。

侧柏-辽东栎混交林近自然综合指数最高,为 0.78,近自然度等级为 2,处于演替的中期。群落内辽东栎为该区域顶级树种,并且大树较多,林下天然

更新幼苗量丰富,较之于其他群落,该群落乔灌木结构合理均匀,所受干扰相对较小。

侧柏-河北杨混交林近自然度综合指数也较高,为 0.76,近自然等级为 2,同样处于演替的中期。该区域中可见顶级树种,林分中除先锋树种外,河北杨作为地带性适应值较高的树种也占一定比例,林下天然更新幼苗良好,人为干扰小。

侧柏-刺槐混交林近自然度综合指数值为 0.38,近自然度等级为 4。刺槐和侧柏同属于耐干旱瘠薄的树种,有较强的适应性和抗逆性,具有很好的保持水土、涵养水源及改良土壤的作用,被认为是黄土高原地区退耕还林过程中的首选树种,在黄土高原地区占有相当比例。

侧柏纯林的植被构成和演替阶段的综合指数值最低,近自然度综合指数为 0.19,多为人工林,群落的近自然等级为 5。侧柏作为近些年来延安地区广

泛种植的树种之一,其纯林的生长和林下更新不良,灌木草本结构单一,数量稀少。

3 结论与讨论

本研究以侧柏为研究对象,从植被构成、土壤肥力、演替阶段3个方面选取建群种平均胸径、建群种树高、天然更新幼苗株数、乔木层物种丰富度、乔木层 Pielou 均匀度指数、灌木草本层 Margalef 指数、土壤有机质含量、土壤全氮含量、土壤速效磷含量、土壤速效钾含量、自然构成系数、干扰度指数12个敏感性指标构建近自然度评价指标体系,能很好地评价干旱半干旱区不同侧柏群落的近自然度,该体系能否用于其他群落,还有待于进一步研究。

延安市城郊侧柏-辽东栎混交林、侧柏-河北杨混交林、侧柏-刺槐混交林、侧柏纯林的近自然度综合指数分别为0.78,0.76,0.38和0.19,近自然度等级分别为2,2,4和5,侧柏-辽东栎混交林和侧柏-河北杨混交林处于半自然状态,侧柏-刺槐混交林处于近人工状态,侧柏纯林处于人工状态。

针对不同林分类型的近自然度,应采取相应的经营措施。对于侧柏-辽东栎混交林和侧柏-河北杨混交林,应促进林分向顶级天然林的方向演替,根据遭受人为干扰程度的不同,可采用相应的人工抚育措施;对于正处于近人工状态的侧柏-刺槐混交林,单纯依靠自然力或者人工抚育措施很难使其向顶级群落演替,可通过引入演替后期或者顶级乡土树种,对其进行人工林近自然改造,从而提高林分结构的物种多样性、物种丰富度及生态系统稳定性;对于侧柏纯林应进行林分改造,大力推广乡土树种,营造大面积适地树种,逐步实现人工林分的改造。此外,由于营造侧柏纯林在发挥森林生态服务功能方面和体现森林生态稳定性方面都没有起到积极作用,其防护效益和经济效益亦低于混交林。对侧柏纯林的进一步调查表明,作为近年来延安地区广泛栽植的树种之一,该林分林下更新不良,灌木草本结构单一,数量稀少,植被覆盖度低,较其他林分拦蓄降水、固土保肥、防风减灾能力低。为了更好地保持水土,加速绿化,提高人工林的稳定性,建议对侧柏纯林进行改造,营造侧柏与其他植物的混交林,可选择侧柏与辽东栎、紫穗槐、柠条等乡土乔灌木混交栽植。对该地区现有侧柏林分的改造和今后侧柏林分的营造建议,需在实践中对其合理性进行验证。

[参考文献]

- [1] Sturm K. Methoden und Ziele der Waldbiotopkartierung [J]. Mitteilungen aus der NNA, 1993, 4(5): 7-20.
- [2] Ellenberg H. Vegetation mitteleuropas mit den alpen in kausal-, dynamischer and historischer Sicht [M]. Stuttgart: Ulmer, 1963: 943.
- [3] Seibert P. Oekologische bewertung von homogenen landschaftsteilen, oekosystemen and pflanzengesellschaften [J]. Ber Akad Nat schutz Landsch pfl, 1980, 4: 10-23.
- [4] Anderson J E. A conceptual framework for evaluating and quantifying naturalness [J]. Conservation Biology, 1991, 5(3): 347-352.
- [5] Hoerr W. The concept of naturalness in environmental discourse [J]. Natural Areas Journal, 1993, 13(1): 29-32.
- [6] Schirmer C. Reflections on assessing the naturalness of present forest [J]. Allgemeine Forst and Jagdzeitung, 1999, 170(1): 11-18.
- [7] Uotila A, Kouki J, Kontkanen H, et al. Assessing the naturalness of boreal forests in eastern Fennoscandia [J]. Forest Ecology and Management, 2002, 161(1/3): 257-277.
- [8] Machado A. An index of naturalness [J]. Journal for Nature Conservation, 2004, 12(2): 95-110.
- [9] Relf A, Walentowski H. The assessment of naturalness and its role for nature conservation and forestry in Europe [J]. Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz, 2008, 6(3): 63-76.
- [10] 王丽丽, 郭晶华. 江西大岗山植被类型及其自然度与经营集约度的划分和评价 [J]. 林业科学研究, 1994, 7(3): 286-293.
Wang L L, Guo J H. A study on the division of vegetation types and evaluations of regional naturality and managerial intensity in Dagang Mountain, Jiangxi Province, China [J]. Forest Research, 1994, 7(3): 286-293. (in Chinese)
- [11] 陆元昌, Sturm K, 甘敬. 近自然森林经营的理论体系及在北京市中幼林抚育改造中的实践 [J]. 中国造纸学报, 2004, 19(S1): 285-289.
Lu Y C, Sturm K, Gan J. System towards close-to-nature forest and the tending alteration of young forests in Beijing [J]. Transactions of China Pulp and Paper, 2004, 19(S1): 285-289. (in Chinese)
- [12] 王小平, 陆元昌, 秦永胜. 北京近自然森林经营技术指南 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2008: 51-52.
Wang X P, Lu Y C, Qin Y S. Technical handbook for close-to-natural forest management in Beijing [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2008: 51-52. (in Chinese)
- [13] 张玉环, 汪俊三. 生态破坏等级的自然度研究及应用: 以海南岛为例 [J]. 环境科学研究, 1991, 4(5): 45-49.
Zhang Y H, Wang J S. The disturbance degree study and application of the ecological destruction level [J]. Research of Environmental Sciences, 1991, 4(5): 45-49. (in Chinese)
- [14] 喻理飞, 朱守谦, 叶镜中. 退化喀斯特森林自然恢复评价研究 [J]. 林业科学, 2000, 36(6): 12-19.
Yu L F, Zhu S Q, Ye J Z. A study on evaluation of natural res-

- toration for degraded karst forest [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2000, 36(6): 12-19. (in Chinese)
- [15] 郝云庆, 王金锡, 王启和, 等. 崇州林场不同林分近自然度分析与经营对策研究 [J]. *四川林业科技*, 2005, 26(2): 20-26.
Hao Y Q, Wang J X, Wang Q H, et al. Analysis of nature closeness and management strategies of different woods in Chongzhou forest farm [J]. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2005, 26(2): 20-26. (in Chinese)
- [16] 王 玉, 郭建斌. 黄土高原半干旱区侧柏人工林群落物种多样性研究 [J]. *林业调查规划*, 2007(4): 22-26.
Wang Y, Guo J B. Study on species diversity of *Platycladus orientalis* plantation community in semiarid region of Loess Plateau [J]. *Forest Inventory and Planning*, 2007(4): 22-26. (in Chinese)
- [17] 康博文, 刘建军, 王得祥, 等. 延安城市森林生态体系建设 [J]. *中国城市林业*, 2004, 2(1): 15-18.
Kang B W, Liu J J, Wang D X, et al. Health assessment of urban forest ecosystem in Yan'an City [J]. *Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition*, 2004, 2(1): 15-18. (in Chinese)
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 19-26.
Bao S D. Soil agro-chemical analysis [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 19-26. (in Chinese)
- [19] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性研究: 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.
Ma K P, Huang J H, Yu S L, et al. Plant community diversity in Dongling mountain, Beijing, China: II. Species richness, evenness and species diversities [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(3): 268-277. (in Chinese)
- [20] 郭全邦, 刘玉成, 李旭光. 缙云山森林次生演替序列群落的物种多样性动态 [J]. *应用生态学报*, 1999, 10(5): 521-524.
Guo Q B, Liu Y C, Li X G. Dynamics of species diversity in secondary succession series of forest communities in Jinyun Mt [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(5): 521-524. (in Chinese)
- [21] 雷瑞德, 彭 鸿, 陈存根. 火地塘林区天然次生林类型及群落特征的研究 [J]. *西北林学院学报*, 1996, 11(增): 43-52.
Lei R D, Peng H, Chen C G. Study on community characteristics of plantation and secondary forest of forest region of Qinling Mountain [J]. *Journal of Northwest Forestry College*, 1996, 11(Suppl): 43-52. (in Chinese)
- [22] Sukopp H. Der Einfluss des Menschen auf die vegetation [J]. *Vegetatio*, 1969, 17: 360-371.
- [23] Kowarik I. Zum menschlichen einfluss auf Flora und vegetation-theoretische konzepte und ein quantifizierungsansatz am beispiel von Berlin (West) [J]. *Landsch Entwickl Umweltforsch*, 1988, 56: 1-280.
- [24] Kowarik I. Some responses of flora and vegetation to urbanization in Central Europe [C]//Sukopp H, Hejny S, Kowarik I. Urban ecology-plants and plant communities in urban environments. The Hague: SPB Academic Publishing bv, 1990: 45-74.
- [25] 常建娥, 蒋太立. 层次分析法确定权重的研究 [J]. *武汉理工大学学报: 信息与管理工程版*, 2007, 9(1): 153-156.
Chang J E, Jiang T L. Research on the weight of coefficient through analytic hierarchy process [J]. *Journal of Wuhan University of Technology: Information & Management Engineering*, 2007, 9(1): 153-156. (in Chinese)
- [26] 杨 娟, 李 静, 宋永昌, 等. 受损常绿阔叶林生态系统退化评价指标体系和模型 [J]. *生态学报*, 2006, 26(11): 3749-3755.
Yang J, Li J, Song Y C, et al. A model to assess the degradation degree of damaged evergreen broad-leaved forest ecosystem [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(11): 3749-3755. (in Chinese)
- [27] 侯 琳, 雷瑞德. 完全封育方式对天然油松林的影响 [J]. *生态学报*, 2007, 27(1): 288-295.
Hou L, Lei R D. Assessment on effect of fully hillsides-closed and afforested mode on natural *Pinus tabulaeformis* forest [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(1): 288-295. (in Chinese)
- [28] 彭舜磊, 王得祥. 秦岭主要森林类型近自然度评价 [J]. *林业科学*, 2011(1): 135-142.
Peng S L, Wang D X. Naturalness assessment of the main forest communities in Qinling Mountains [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2011(1): 135-142. (in Chinese)
- [29] 许明祥, 刘国彬, 赵允格. 黄土丘陵区土壤质量评价指标研究 [J]. *应用生态学报*, 2005, 16(10): 1843-1848.
Xu M X, Liu G B, Zhao Y G. Assessment indicators of soil quality in hilly Loess Plateau [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(10): 1843-1848. (in Chinese)