

# 层次分析法在太行山中南部造林树种选择中的应用

赵娟

(山西省林业科学研究院, 山西 太原 030012)

**摘要:** [目的] 对太行山中南部不同林种树种适宜性进行了研究, 为太行山生态脆弱区造林树种的选择和提高植被恢复效果提供理论与技术支撑。[方法] 应用层次分析法(AHP)对常见的 17 种造林树种进行适宜性评价。依托 9 个评价指标, 用 9 点数值量表法设计专家调查表, 经指标筛选, 建立判断矩阵计算权重值。根据权重值, 将树种划分为: I 级(最适宜)、II 级(较适宜)、III 级(不太适宜)、IV 级(不适宜)。[结果] (1) 9 个指标入选水土保持林评价指标体系, 4 个指标入选用材林评价指标体系; (2) 水土保持林权重值 0.022 7~0.088 9; (3) 用材林权重值 0.024 1~0.144 1。[结论] 水土保持林 I 级树种为侧柏、桧柏、山杏、山桃; II 级树种为: 白皮松、辽东栎、山杨、樟子松、油松、杜松、华北落叶松; III 级树种为: 白桦、刺槐、翅果油树、火炬树; IV 级树种为: 臭椿、青杨。用材林 I 级树种为: 华北落叶松、油松、辽东栎; II 级树种为: 樟子松、侧柏、青杨、山杨、白桦、臭椿、白皮松; III 级树种为: 刺槐、火炬树; IV 级树种为: 桧柏、杜松、山杏、山桃、翅果油树。

**关键词:** 层次分析法; 树种选择; 水土保持林; 用材林

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2017)04-0201-06

中图分类号: S757

**文献参数:** 赵娟. 层次分析法在太行山中南部造林树种选择中的应用[J]. 水土保持通报, 2017, 37(4): 201-206. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.04.034; Zhao Juan. Plantation specie selection based on AHP in region of central-southern taihang mountains[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(4): 201-206. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.04.034

## Plantation Specie Selection Based on AHP in Region of Central-Southern Taihang Mountains

ZHAO Juan

(Shanxi Academy of Forestry Science, Taiyuan, Shanxi 030012, China)

**Abstract:** [Objective] Suitability of plantation species in the central-southern region of Taihang mountains were studied to provide theoretical and technical supports to improve vegetation restoration in Taihang Mountainous ecological fragile area. [Methods] Suitability of 17 common plantation species were evaluated using analytic hierarchy process(AHP). Based on nine evaluating indicators, we used 9 point scaling expert questionnaire to screen indicators and to calculate weight with judgment matrix. According to the weight scores, species were divided into four levels: level I(most suitable), level II (suitable), level III (not very suitable), level IV(not suitable). [Results] (1) There were nine indicators that were recognized included in the evaluation index system of soil and water conservation plantation, and four indicators in the evaluation index system of timber plantation. (2) Weight values of soil and water conservation plantation ranged between 0.022 7~0.088 9. (3) Weight values of tree species on timber between 0.024 1~0.1441. [Conclusion] Tree species that possibly can be used for soil and water conservation were graded as followings: I-*Platycladus orientalis*, *Sabina chinensis*, *Armeniaca sibirica*, *Amygdalus davidiana*; II-*Pinus bungeana*, *Quercus liaotungensis*, *Populus davidiana*, *Pinus sylvestris*, *Pinus tabulaeformis*, *Juniperus communis*, *Larix principis-rupprechtii*; III-*Betula platyphylla*, *Robinia pseudoacacia*, *Elaeagnus mollis*, *Rhus Typhina*; IV-*Ailanthus altissima*, *Populus cathayana*; For timber plantation, tree species had: I-*Larix principis-rupprechtii*, *Pinus tabulaeformis*, *Quercus liaotungensis*; II-*Sabina chinensis*, *Platycladus orientalis*, *Populus cathayana*,

收稿日期: 2016-01-19

修回日期: 2017-02-15

资助项目: 国家科技支撑计划项目“困难立地植被恢复技术与示范”(2015B0D07B02)

第一作者: 赵娟(1982—), 女(汉族), 山西省阳泉市人, 博士研究生, 工程师, 主要从事森林培育、植被恢复方面的研究。E-mail: sxndzj@163.com.

*Populus davidiana*, *Betula platyphylla*, *Ailanthus altissima*, *Pinus bungeana*; III-*Robinia pseudoacacia*, *Rhus Typhina* IV-*Sabina chinensis*, *Juniperus communis*, *Armeniaca sibirica*, *Amygdalus davidiana*, *Elaeagnus mollis*.

**Keywords:** AHP; tree species selection; soil and water conservation plantation; timber plantation

层次分析法(AHP)是一种能够模拟人们的思维逻辑,定量与定性相结合的、系统化、层次化的最新分析方法。由于它在处理复杂的决策问题上的实用性和有效性,很快在世界范围得到重视。林业中许多决策问题涉及的因素很多,因此在科学研究和生产实践中 AHP 都是非常重要的方法和工具。目前已有学者在宜居城市绿化评价指标体系<sup>[1-7]</sup>、森林公园选址及功能评价<sup>[8-10]</sup>、自然资源<sup>[11-12]</sup>、林场可持续发展<sup>[13-14]</sup>、森林资源管理<sup>[15-16]</sup>、生态旅游的可持续发展<sup>[17-18]</sup>等领域研究中应用了 AHP 方法,取得了很好的效果。这些研究所涉及的指标涵盖了管理要素、问卷调查结果、生产流程要素等众多方面。树种的选择是保证造林成活率和发挥树种积极作用的先决条件。目前对树种选择的研究国内外已有较为完善的研究。适地适树已成为当今树种选择的共识。层次分析法用于造林和绿化树种的选择研究开始较晚而且很少,研究的指标单一。袁菲等<sup>[13]</sup>基于树种受害及增益两类指标对森林生态系统健康进行了评价,涉及受害指标有森林病害、森林虫害、森林火险及人为干扰,增益指标有树种多样性、林分更新状况及近自然度;吴志华<sup>[2]</sup>在研究绿化树种抗风性评价与分级选择中选取了树高、胸径、冠幅、冠型、根系情况等指标;李兰花<sup>[19]</sup>在对北京市低山区水土保持林评价与分级中将各类指标划分为立地条件、林分结构、林分特征等 3 大类 12 个 3 级指标。目前层次分析法在树种选择中的应用多采用生长指标(树高、胸径、冠幅、蓄积量等)和主观性较强的指标(病虫害程度、森林火险、人为干扰等)。树种生态功能的实现是依赖多种因子的共同作用,生理生态指标在体现树种适应性上有着更为积极的意义,功能性指标在诠释树种生态功能及贡献上有着更为直观的表现,因此将功能指标与生理生态指标结合,进一步完善评价指标体系,有利于此类研究在生产实践中推广应用<sup>[20-22]</sup>。太行山中南部是太行山防护林建设工程的重要组成部分,其在造林绿化中主要营造的是水土保持林,另在立地条件较好的区域也发展用材林,因此基于各树种所形成林分的功能及生长状况来选择造林绿化树种非常重要<sup>[23-24]</sup>。本文通过对太行山中南部不同树种林分水土保持效果、立地条件适宜性和水文功能的研究,基于 AHP 方法及 9 个因子调查对这一区域的不同林种树种适宜性进行了研究,为太行山生态脆弱区造林

树种的选择和提高植被恢复效果提供理论与技术支撑。

## 1 研究地概况

本研究试验地布设于平顺县西北部,北纬 36°12'25"—36°14'34",东经 113°21'37"—113°25'47",海拔 1 084~1 423.5 m,年均温 9.1℃,平均降雨 608 mm。该地区位于太行山立地类型分类系统中太行山中南部立地类型亚区的腹地。亚区面积 4.03×10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>,其中低山、低中山面积为 3.639×10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>,占全亚区面积的 90.3%<sup>[24]</sup>。试验地所处山地山顶钝圆,山坡较缓,山谷较为开阔,呈 U 形,是典型的低中山地貌。

## 2 材料与方法

### 2.1 研究材料

研究对象包括太行山中南部常见的 17 种造林树种 S<sub>1</sub> 侧柏(*Platycladus orientalis*), S<sub>2</sub> 油松(*Pinus tabulaeformis*), S<sub>3</sub> 杜松(*Juniperus rigida*), S<sub>4</sub> 桧柏(*Sabina chinensis*), S<sub>5</sub> 樟子松(*Pinus sylvestris*), S<sub>6</sub> 华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*), S<sub>7</sub> 白皮松(*Pinus bungeana*), S<sub>8</sub> 辽东栎(*Quercus liaotungensis*), S<sub>9</sub> 臭椿(*Ailanthus altissima*), S<sub>10</sub> 山桃(*Prunus davidiana*), S<sub>11</sub> 山杏(*Armeniaca sibirica*), S<sub>12</sub> 山杨(*Populus davidiana*), S<sub>13</sub> 青杨(*Populus cathayana*), S<sub>14</sub> 火炬树(*Rhus Typhina*), S<sub>15</sub> 翅果油树(*Elaeagnus mollis*), S<sub>16</sub> 刺槐(*Robinia pseudoacacia*), S<sub>17</sub> 白桦(*Betula platyphylla*)。

### 2.2 研究方法

2.2.1 调查样地的选择 对 17 个树种在海拔 1 120~1 132 m,坡面坡度 18°~20°,坡向 125°~130°的坡面实施人工造林试验。造林地选择在同坡向、同坡度处进行。每个树种造林面积 20 m×30 m,密度 2 m×2m,造林成活后均进行 3 a 养护管理,然后进行树种选择研究。

2.2.2 各项指标数据获取方式 为了能全面反映该地区树种的生态功能和适应性,本研究选取 9 个指标:径流系数(P<sub>1</sub>)、侵蚀模数(P<sub>2</sub>)、凋萎系数(P<sub>3</sub>)、土壤有机质临界值(P<sub>4</sub>)、抗旱指数(P<sub>5</sub>)、单株生物量(P<sub>6</sub>)、生长势(P<sub>7</sub>)、生态位幅度(P<sub>8</sub>)、优势度(P<sub>9</sub>)。

(1) 径流系数(P<sub>1</sub>)和侵蚀模数(P<sub>2</sub>)采用径流小区法测算。径流小区设置于 17 个树种的人工林坡面

下边缘,规格为5 m×20 m。数据采集于7月10日至8月1日,在自然降雨与人工降雨相结合的基础上,对径流和泥沙进行测定,最终获取径流系数和侵蚀模数两个指标。

(2) 凋萎系数( $P_3$ )采用称重法测算。4月下旬将一年生苗木栽入衬有塑料袋(底部封口)的花盆内,上口敞开,每树种9盆,每盆1株。花盆内土壤均由直径300 mm取土器直接取自于参评树种种植坡面的上部、中部、下部。7月初,苗木进入旺盛生长阶段,当花盆土壤稍干后,停止浇水,将塑料袋上口在苗木根茎部扎紧,移入通风透光的塑料棚内待测。当苗木嫩稍及叶片发生萎蔫,翌日晨仍不能恢复原态时,即视为苗木凋萎。在其根系集中部位取土样3个,分别装入铝盒,用烘干法测定凋萎土壤含水率即凋萎系数。

(3) 土壤有机质临界值( $P_4$ )。在广泛调查太行山中南部17个备选树种生长状况的基础上(共计调查样地306块),依据生长势划分其适生土壤,对每个树种最不适宜(最低限度维持树种正常生长、繁育的土壤条件为限)的5块样地,共85块样地,运用重铬酸钾容量法进行土壤有机质测定,取其平均值。

(5) 单株生物量( $P_5$ )采用标准地调查基础上的平均标准木法获得。

(6) 抗旱指数( $P_6$ )调查。在春季土壤解冻后,逐株调查幼树的健康状况,按表1分级程度和等级计算本树种的抗逆等级。

$$\text{抗旱指数} = \frac{\sum(\text{受害级株数} \times \text{等级数值})}{\text{总株数}}$$

表1 抗旱指等级划分

等级	抗旱能力表现
1	不能萌芽,全株死亡
2	主干干枯31%~60%,能萌芽
3	主干干枯11%~30%;萌芽后仅少量生长
4	主干枯萎10%以下,生长量仅为正常的1/2
5	不受害或基本不受害,能正常生长

(7) 生长势( $P_7$ )调查。在生长季节,逐株调查幼树的生长态势,按表2分级程度计算每个树种的生长势等级。

(8) 生态位幅度( $P_8$ )调查用样地法进行,共计调查样地306块,生态位幅度以各树种可适应的立地条件数量赋分。

(9) 优势度( $P_9$ )采用重要值计算, $I_v = (D_r + P_r + F_r)/3$ 。

式中: $D_r$ ——相对多度; $P_r$ ——相对显著度; $F_r$ ——相对频度。

表2 生长势分级

等级	生长势
1	没有新梢
2	枝干弯曲,新梢仅为正常的1/3
3	没有明显主梢,新梢仅为正常的1/2
4	主梢平庸,新梢仅为正常生长的2/3
5	主梢明显,生长挺拔

2.2.3 指标筛选 本研究利用灰色统计法筛选指标,具体步骤为:

(1) 用9点数值量表法设计“太行山中南部造林树种选择指标专家调查表”并邀请数位专家填写。

(2) 将专家意见进行白化函数数据处理。本研究将各评价指标的重要程度分为高、中、低3级。

(3) 决策系数: $\eta_k(j) = \sum n(ij) f_k(ij)$

式中: $\eta_k(j)$ ——第j个指标属于第K个灰类的决策系数; $f_k(ij)$ ——第j个指标其重要程度为i的白化函数值; $n(ij)$ ——评价第j个指标其重要程度为i的专家数量。本研究选择最大的指标,即重要程度为“高”类的指标入选。

2.2.4 基于AHP法构建矩阵与排序 运用层次分析法(AHP),对太行山东南部17种造林树种按照水土保持林、用材林2个林种9个评价指标,建立两级判断矩阵,对所有参选树种以及评价指标的标准化数据进行两两比较,并最终得到不同林种下各树种的综合排序。

## 3 结果与分析

### 3.1 9个评价指标结果

对17个参评树种在9个评价指标下的结果进行标准化处理,结果详见表3。

### 3.2 不同林种评价指标专家筛选结果

针对水土保持林和用材林在太行山中南部造林的实际情况,应用灰色统计法对17个树种的9个指标进行筛选。由表4可见,水土保持林与用材林在评价指标的构成上有所不同。水土保持林的评价指标体系中,对于树种拦蓄水土能力(径流系数、侵蚀模数)、抗逆性(土壤有机质临界值)、适应性(生态位幅度)的要求较高,且水土保持功能的有效发挥依赖于林木多种生态功能的综合作用,因此9项评价指标全部入选水土保持林评价体系;用材林的评价体系中,更注重的是树种的高生长量、高蓄积量以及作为目标树种的潜在优势,因此生物量、萌发指数、生长势、优势度入选用材林评价体系,而作为在困难立地上需要着重考虑的径流系数、侵蚀模数、凋萎系数、土壤有机质临界值以及考察树种广泛适应能力的生态位幅度在用材林的评价指标体系中被淘汰。

表 3 参评树种各评价指标下的标准化值

树 种	水土保持功能		抗逆性			株生物量	生长势	适应性	
	径流系数	侵蚀模数	凋萎系数	土壤有机质 临界值	抗旱等级			生态位 幅度	优势度
樟子松	0.03	0.13	0.05	0.06	1	0.31	1	0.71	1
油 松	0.04	0.14	0.13	0	0.5	0.28	0.50	0.57	1
华北落叶松	0.03	0.13	0.18	0.28	0.5	0.44	0.25	0.21	1
侧 柏	0.12	0.21	0	0	0.5	0.18	1	0.50	0.75
桧 柏	0.32	0.36	0.12	0.17	0.5	0.10	0.75	0.29	0
杜 松	0.30	0.34	0.08	0	1	0.11	1	0.71	0
白皮松	0.14	0.22	0.13	0	0	0.23	0.5	0.14	0.75
辽东栎	0	0	0.68	0.06	1	1	1	0.71	0.75
白 桦	0.01	0	0.69	0	0.5	0.45	0.5	0.57	0.75
山 杏	0.02	0	0.26	0.39	1	0.3	0.75	1	0.25
山 杨	0.13	0.21	0.37	0	0.5	0.16	0.75	0.71	1
刺 槐	0.07	0.17	0.46	0.28	0	0.20	0.25	0	0.75
山 桃	0.11	0.15	0.38	0.33	1	0.07	1	0.71	0
翅果油树	0.12	0.2	0.63	0.33	1	0.06	0.75	0.14	0
火炬树	0.17	0.24	0.81	0	0.5	0	0.25	0.14	0.75
臭 椿	0.08	0.18	0.44	0	0.5	0.12	0	0.07	0
青 杨	1	1	1	1	0	0.08	0.25	0.29	0.50

表 4 不同林种评价指标筛选结果

指 标	水土保持林					用材林				
	高	中	低	重要程度	选取与否	高	中	低	重要程度	选取与否
$P_1$ 径流系数	8.25	1.16	0.59	高	✓	1.22	1.57	7.21	低	
$P_2$ 侵蚀模数	7.98	1.28	0.74	高	✓	0.89	0.56	8.55	低	
$P_3$ 凋萎系数	4.22	3.57	2.21	高	✓	3.77	4.22	2.01	中	
$P_4$ 土壤有机质临界值	4.06	3.75	2.19	高	✓	3.82	1.25	4.93	低	
$P_5$ 生物量	5.15	4.28	0.57	高	✓	8.19	0.22	1.59	高	✓
$P_6$ 萌发指数	6.24	1.10	2.66	高	✓	5.26	3.33	1.41	高	✓
$P_7$ 生长势	4.68	3.77	1.55	高	✓	4.88	2.69	2.43	高	✓
$P_8$ 生态位幅度	5.95	3.66	0.39	高	✓	4.52	4.67	0.81	中	
$P_9$ 优势度	5.05	1.28	3.67	高	✓	4.57	1.29	4.14	高	✓

### 3.3 基于 AHP 法的不同林种的树种选择

根据指标筛选结果,水土保持林选取的评价指标是  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9$ ; 用材林选取的

指标是  $P_5, P_6, P_7, P_9$ 。构建两个林种的两个一级判断矩阵:  $A-P(9 \times 9, 4 \times 4)$ 。

(1) 一级判断矩阵构建。

表 5 水土保持林一级判断矩阵

A	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$	$P_8$	$P_9$	权重 W
$P_1$	1	1	4	2	4	3	3	3	4	0.221 8
$P_2$	1	1	4	2	3	3	3	3	5	0.218 6
$P_3$	1/4	1/4	1	2	3	1	3	2	3	0.120 5
$P_4$	1/2	1/2	1/2	1	1	2	2	3	2	0.104 1
$P_5$	1/4	1/3	1/3	1	1	2	2	3	2	0.091 7
$P_6$	1/3	1/3	1	1/2	1/2	1	3	4	1	0.088 7
$P_7$	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1/3	1	1	4	0.063 5
$P_8$	1/3	1/3	1/2	1/3	1/3	1/4	1	1	1	0.046 7
$P_9$	1/4	1/5	1/3	1/2	1/2	1	1/4	1	1	0.044 3

表 6 用材林一级判断矩阵

A	$P_5$	$P_6$	$P_7$	$P_9$	权重 W
$P_5$	1	1/4	1/4	1	0.094 7
$P_6$	4	1	4	6	0.556 8
$P_7$	4	1/4	1	4	0.266 3
$P_9$	1	1/6	1/4	1	0.082 2

(2) 二级判断矩阵构建及树种排序分级。构建水土保持林二级矩阵  $P-S$  (9 个  $17 \times 17$  矩阵), 用材林二级矩阵  $P-S$  (4 个  $17 \times 17$  矩阵), 均通过一致性检验,  $c < 0.1$ 。两级矩阵两两相乘得到 17 个树种在不同林种下的判断矩阵, 计算权重值  $W$ 。水土保持

林权重值 0.022 7~0.088 9, 用材林权重值 0.024 1~0.144 1, 根据权重值分布情况将 17 个树种划分为以下 4 级(表 7)。

(3) 排序和分级结果。根据层次分析法对不同林种排序以及分级可以得出(表 8—9), 太行山中南部 17 种主要树种依据不同林种的需求以及自身生理生态特性可以分为 4 个等级, 其中水土保持林一级树种为侧柏、桧柏、山杏、山桃; 用材林一级树种为华北落叶松、油松、辽东栎。一级树种可以在相应的林种需求下达到最大的生长期望值, 发挥最大的生态功能和景观功能。

表 7 17 种树种权重分级

级别	I 级(最适宜)	II 级(适宜)	III 级(不太适宜)	IV (不适宜)
权重范围	[1, 0.07]	(0.07, 0.05]	(0.05, 0.04]	(0.04, 0]

表 8 17 种树种的水土保持林综合排序

树种	侧柏	桧柏	山杏	山桃	白皮松	辽东栎	山杨	樟子松	油松	杜松	华北落叶松	白桦	刺槐	翅果油树	火炬树	臭椿	青杨
权重	0.088 9	0.084	0.081 7	0.071	0.068 4	0.067 9	0.065 8	0.063 9	0.059 3	0.059 1	0.054 4	0.049 5	0.049 0	0.047 3	0.040 9	0.026 1	0.022 7
排序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
分级	I	I	I	I	II	II	II	II	II	II	II	III	III	III	III	IV	IV

表 9 17 种树种在用材林层次总排序计算结果

树种	华北落叶松	油松	辽东栎	樟子松	侧柏	青杨	山杨	白桦	臭椿	白皮松	刺槐	火炬树	桧柏	杜松	山杏	山桃	翅果油树
权重	0.144 1	0.124 7	0.081	0.064 4	0.060 2	0.058	0.056	0.055 4	0.053 1	0.051 5	0.047 9	0.047 4	0.037 6	0.035 9	0.031 3	0.027 4	0.024 1
排序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
分级	I	I	I	II	II	II	II	II	II	II	III	III	IV	IV	IV	IV	IV

## 4 讨论

(1) 层次分析法由过去主要被用于管理领域逐步拓展到林业研究中来。近年来被广泛应用于森林生态系统健康评价、树种选择研究<sup>[2-5, 11-14]</sup>, 但该方法被用于不同林种的树种选择以及根据林种需求进行重新组合的研究还属首次。

(2) 本研究在实施过程中首次将通过造林试验取得的径流系数和侵蚀模数 2 个生态功能指标引入评价体系中, 充分发挥其在水土保持林树种选择中的指向性作用, 使生态功能指标和生理生化指标得到了有机的统一。本研究所选用的评价指标, 除生长势和抗旱性存在主观判断外, 其余的 7 项指标均为试验实测值。与以往大多数的树种评价类研究相比<sup>[20-24]</sup>, 大大增加了客观指标的数量, 减少了层次分析法中人为因素的干扰。

(3) 由层次分析法获得的排序可以看出不同林种下树种的排序情况实际生产中也得到了很好的验证。例如: 水土保持林要求树种有很好的抗旱性, 侧柏为山西优质的抗旱造林树种, 其在水土保持林中的排序也居于首位, 青杨、白桦等树种对水分的要求较高, 因此其排序位于较靠后的位置; 用材林要求树种有较高的生物量积累及优良材质, 因此以华北落叶松为主的较高材积蓄积量的树种居于首位, 以辽东栎为主的材质优良树种有较前的排序。

(4) 太行山中南部可应用于造林的树种尚有很多, 并不局限于上述 17 种树种, 而影响树种造林适宜性的也不止径流系数、侵蚀模数、凋萎系数等因素。由于人工营林技术尚未完善, 许多树种的生物学特性与营林特性尚未为人们所掌握, 所以如何将 AHP 法更为合理与更为广泛地应用于造林树种的选择与营林决策尚有待于进一步研究。

## 5 结论

(1) 水土保持林 I 级(最适宜)树种为侧柏、桧柏、山杏、山桃; II 级(适宜)树种为:白皮松、辽东栎、山杨、樟子松、油松、杜松、华北落叶松; III 级(不太适宜)树种为:白桦、刺槐、翅果油树、火炬树; IV 级(不适宜)树种为:臭椿、青杨。

(2) 用材林 I 级(最适宜)树种为:华北落叶松、油松、辽东栎; II 级(适宜)树种为:樟子松、侧柏、青杨、山杨、白桦、臭椿、白皮松; III 级(不太适宜)树种为:刺槐、火炬树; IV 级(不适宜)树种为:桧柏、杜松、山杏、山桃、翅果油树。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 韦新良,马俊,刘恩斌,等.生态景观林树种选择适宜性评价技术研究[J].西北林学院学报,2008,23(6):207-212.
- [2] 吴志华,李天会,张华林,等.广东湛江地区绿化树种抗风性评价与分级选择[J].亚热带植物科学,2011,40(1):18-23.
- [3] 孙海滨,刘佳胜.哈尔滨乡土树种综合评价[J].吉林农业,2012(2):145-182.
- [4] 童丽丽,吴祝慧,王哲宇,等.层次分析法与熵技术评价在南京城市绿化生态树种选择中的应用[J].东北林业大学学报,2010,38(9):58-61.
- [5] 刘常富,何兴元,陈玮,等.沈阳城市森林群落的树种组合选择[J].应用生态学报,2003,14(12):2103-2107.
- [6] 王瑞辉,马履一,奚如春.论城市森林建设树种选择的原则[J].中南林学院学报,2005,25(3):58-62.
- [7] 杨静怡.宜居城市绿化评价研究:以北京为例[D].北京:北京林业大学,2011.
- [8] Zahra Nazeri. Application of analytical hierarchy process in land suitability for forest park location (case study: Ilam County, Iran)[J]. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 2014,4(4):301-309.
- [9] Ali Sarvazad. Determining the potential of Bistoon Forest Park using hierarchical analysis method(AHP)[J]. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 2014,2(4):289-294.
- [10] 马俊,韦新良,尤建林,等.生态景观林树种选择定量研究[J].浙江林学院学报,2008,25(5):578-583.
- [11] 白如雪,杨立新,咎世明,等.基于层次分析法的矿区生态修复树种选择研究:以辽宁省葫芦岛市杨家杖子钼矿区为例[J].中国园艺文摘,2012,28(1):50-51.
- [12] 李向军.山西太行山区造林树种决策模型研究[J].科技情报开发与经济,2004,14(4):166-167.
- [13] 袁菲,张星耀,梁军.基于干扰的汪清林区森林生态系统健康评价[J].生态学报,2013,33(12):3722-3731.
- [14] 郑德祥,陈平留.层次分析法在防火树种选择中的应用[J].北华大学学报:自然科学版,2000,1(5):443-446.
- [15] 徐红梅,潘磊,史玉虎,等.三峡库区水土保持树种选择研究[J].湖北林业科技,2011(6):5-10.
- [16] Cay T, Uyan M. Evaluation of reallocation criteria in land consolidation studies using the Analytic Hierarchy Process(AHP)[J]. Land Use Policy, 2013,30(1):541-548.
- [17] Godratollah Barzekar. Using analytical hierarchy process (AHP) for prioritizing and ranking of ecological indicators for monitoring sustainability of ecotourism in Northern Forest, Iran [J]. Ecologia Balkanica, 2011,3(1):59-67.
- [18] Elizabeth D C. An Exploration of the Analytic Hierarchy Process and its Potential for Use in Forest Engineering[C]. Forest Operations Among Competing Forest Uses. Council on Forest Engineering(COFE) Conference Proceedings, 2003.
- [19] 李兰花,孙树光,朱金兆,等.北京市低山区水土保持林评价与分级[J].水土保持研究,2012,19(4):134-137.
- [20] 陈何盾.半干旱风沙区立地类型划分与抗逆树种选择[J].山西林业科技,2009,38(3):29-32.
- [21] 季元祖.半干旱黄土丘陵沟壑区适生树种选择[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2006.
- [20] 张海,牛秀峰,孙平阳,等.黄土丘陵沟壑区多树种立地适生性评价试验研究[J].林业科学,2005,41(5):66-71.
- [22] 王华田,张光灿,刘霞.论黄土丘陵区造林树种选择的原则[J].世界林业研究,2001,14(5):74-78.
- [23] 李新平.太行山中段造林树种选择研究[J].山西林业科技,2012,41(1):1-5,26.
- [24] 中国林业科学研究院林业研究所.太行山适地适树与评价研究报告集[M].北京:中国林业出版社,1999.
- [25] 许树柏.层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1988.
- [26] 雷远鸣.对 AHP 层次总排序方法的扩展[J].系统工程理论与实践,1992,12(6):63-65.