

doi:10.11937/bfyy.20182828

基于层次分析法的东北地区 野生草本花卉综合评价

刘焕楚^{1,2}, 何兴元^{2,3}, 陈 玮^{1,2}, 黄彦青¹, 张 粤¹(1. 中国科学院 沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2. 中国科学院大学 资源与环境学院, 北京 101407;
3. 中国科学院 森林生态与管理重点实验室, 辽宁 沈阳 110016)

摘 要:以东北地区野生草本植物为试材,从中初选出 200 种观赏性较好的植物种,采用层次分析方法,结合植物自身特点,以植物观赏价值、适应性和开发价值为约束层,研究建立东北野生草本花卉综合利用价值评价体系,从 200 种野生花卉中筛选出了东北地区综合利用价值较高的野生草本花卉 20 种,以期为东北地区野生花卉的综合开发利用提供参考依据。结果表明:东北地区野生花卉开发潜力较大,白藜、山芍药、白头翁、东北天南星、玉竹等 20 种有较高的综合利用价值。

关键词:野生草本花卉;层次分析法;综合评价模型

中图分类号:Q 949.99 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2019)04-0098-08

花卉的狭义概念是指具有观赏价值的草本植物^[1],野生花卉是指现在仍在原产地处于天然自生状态的观赏植物^[2]。东北地区有着丰富的野生

花卉资源,但是国内缺乏对东北地区野生草本花卉的综合利用评价研究,目前仅对辽宁省野生鸢尾属植物^[3]及东北地区野生百合属植物^[4]等少数种属进行了综合评价研究,由于开发和利用本地种少,缺乏具有当地特色的优势种,花卉产业仍处在相对落后的水平。宿根花卉在城市中的应用以商品花卉为主将导致全国相似气候区应用种类同一化、景观效果同质化等问题^[5]。随着野生动植物栖息地的破坏,宝贵的野生动植物资源随之减少^[6]。对野生花卉资源进行综合利用评价有助于合理保护和利用植物资源,寻找新的基因,扩大基因库^[7]。因而在东北丰富的植物种类中评价和筛

第一作者简介:刘焕楚(1992-),女,湖北黄冈人,博士研究生,研究方向为林下野生花卉。E-mail:liuhuanchu@126.com.

责任作者:陈玮(1965-),女,辽宁沈阳人,博士,研究员,现主要从事城市森林生态等研究工作。E-mail:chenwei@iae.ac.cn.

基金项目:国家重点研发资助项目(2016YFC0500306);沈阳市科技计划资助项目(F16-191-5-00)。

收稿日期:2018-10-17

but the data were still higher than those of the control group. On the other hand, the activities of POD raised with the increase of Pb concentration. Pb accumulation in roots, stems and leaves of *Murraya exotica* L. increased with the increase of Pb concentration in soil. The roots was the main part of Pb absorption. Under the series of Pb concentration treatments, the transport coefficient was less than 0.5 and the tolerance index was between 0.79-1.22. The results indicated that *Murraya exotica* L. had a strong Pb tolerance and could survive in the soil polluted by high Pb concentration. But it was not Pb hyperaccumulation plant. It could be used to recover the vegetation and restore damaged ecosystem.

Keywords: Pb stress; accumulation; transport coefficient

选出综合价值高的野生花卉资源进行推广应用有助于增强东北花卉产业竞争力和保护生物多样性。

对野生花卉进行筛选,首先需要根据研究目的制定统一的衡量标准,使被筛选对象具有可比性。在需要比较对象的多个方面时,层次分析法能够将定性与定量相结合,使得结果更加灵活和可靠,是一种能够有效区分比较对象的方法^[8]。该方法在国内外被广泛应用于对栽培品种^[9-10]和野生花卉^[11-12]的评价。该研究以东北草本植物为试材,采用层次分析法,研究筛选出综合价值高的野生花卉种类,以期以该评价结果为依据,对东北地区野生花卉开展综合利用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以东北植物检索表为主要参考资料,聘请相关领域内熟悉东北野生植物的11位专家,主要考虑观赏性,以投票的方式从东北地区2600余种草本植物中筛选出得票最高的200种比较具有观赏价值的野生花卉,作为待评价花卉。

1.2 试验方法

对东北地区的野生草本花卉的综合利用涉及到其观赏价值、适应能力、市场开发价值等多方面,以及各个因素间的相互影响,该研究采用层次分析法,以植物的观赏性为主要考虑因素,同时综合考虑野生花卉的适应能力和开发潜力,聘请上述11位专家对200种花卉从观赏性、适应性、开发价值3个方面进行了评价。

1.2.1 层次分析模型的建立

1)目标层,即研究所要达到的要求,东北地区野生草本花卉的综合利用价值评价。

2)约束层,即制约综合利用价值的因素,结合相关文献^[13-14]以及研究需要,确立野生草本花卉综合利用价值体现在以下3个方面:观赏性、环境适应性、市场开发价值。其中,观赏性是对野生花卉进行综合开发利用时最重要的方面,但花卉适应环境变化能力的强弱和市场开发价值的大小也不可忽视。

3)指标层,即体现约束层的各项具体指标,综合文献^[4,13]及专家建议,该研究筛选出20个最具代表性的指标来衡量花卉的综合利用价值(表1),指标层共分为2级,观赏性在指标层第一级体现在花性状、果性状、枝叶性状、芳香性、观赏周期、观赏期,由于草本植物的花性状和枝叶性状通常是观赏的重要部位而果实通常小且少见,所以又将花性状和枝叶性状衡量指标细化作为第二级,花性状主要考虑花色、花姿、花型、花量及花后观赏性5个方面,枝叶形状则考虑叶色、叶型、株型及群体效果4个方面;环境适应性体现在移植存活率、繁殖再生能力、生长状况、生境要求;市场开发价值体现在食用价值、药用价值、养护成本。由此得到东北野生花卉综合评价指标体系。

1.2.2 确立各项指标评分标准

评分标准的确立直接关系到评价体系所计算出的结果是否可靠,该研究结合东北草本花卉生物学特性和相关文献制定了评分标准,每项标准分为5个等级(表2)。

表1 东北野生草本花卉综合评价模型

Table 1 Comprehensive evaluation model of wild herbal flowers in Northeastern China

| 观赏性 Ornamental value C1 | | | | | | | | | | 适应性 Adaptability C2 | | | | 开发价值 Utilization value C3 | | | | | |
|----------------------------|----|----|----|-------|-----------|----|----|------------|--|------------------------|----------------|---------------|-----------------|------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 花性状 P1 | | | | | 果性状 P2 | | | 枝叶性状 P3 | | 芳香 性 P4 | 观赏 周期 P5 | 观赏 期 P6 | 移植成 活率 P7 | 繁殖再 生能力 P8 | 生长 状况 P9 | 生境 要求 P10 | 食用 价值 P11 | 药用 价值 P12 | 养护 成本 P13 |
| 花色 | 花姿 | 花型 | 花量 | 花后观 | 叶色 | 叶型 | 株型 | 群体效 | | | | | | | | | | | |
| F1 | F2 | F3 | F4 | 赏性 F5 | B1 | B2 | B3 | 果 B4 | | | | | | | | | | | |

1.2.3 构建判断矩阵,确定权重值

每项指标在系统中的重要程度有所不同,因此为了体现单项指标的重要性,需确立每项指标

在评价体系中的权重值。首先通过两两比较,采用比率标度法(表3)^[15],构造出判断矩阵(表4)。

表 2 各项指标评分标准

Table 2 Grading of indicators

| 评价指标 Evaluation index | 分值 Score | | | | |
|------------------------------------|--------------------|------------------|---------------|--------------|--------------|
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 花色 Flower color | 红色、紫色或有 2 种以上颜色且鲜艳 | 颜色鲜艳且花色少见 | 蓝、紫、红、黄、白但不鲜艳 | 各种颜色但较暗 | 无光泽且较暗 |
| 花姿 Flower pose | 奇特 | 直立 | 近直立 | 花朵水平或斜展 | 花朵下垂 |
| 花型 Flower shape | 重瓣,雌雄蕊瓣花 | 重瓣,雄蕊瓣花 | 重瓣 | 复瓣 3~5 层 | 单瓣 1~2 层 |
| 花量 Number of flowers | 极多 | 多 | 较多 | 一般 | 少 |
| 花后观赏性 Post-flowering ornamental | 极好 | 较好 | 一般 | 较差 | 花朵宿存影响观赏效果 |
| 果性状(综合考虑果色、果型、果量等)Fruirt trait | 果色鲜艳,果型奇特,果量大 | 果色较鲜艳,果型较奇特,果量较大 | 果色果型较常见,果量一般 | 果色果型常见,果较少 | 无果 |
| 叶色 Leaf color | 彩叶、银叶、金叶、花叶 | 亮绿、翠绿 | 绿 | 较绿 | 灰绿 |
| 叶型 Leaf shape | 奇特 | 较奇特 | 一般 | 不好 | 影响观赏 |
| 株型 Plant type | 株型奇特且丰满 | 株型较奇特,丰满 | 株型美观较丰满 | 株型有特点,丰满程度一般 | 株型影响观赏效果,不丰满 |
| 群体效果 Group effect | 非常好 | 好 | 较好 | 一般 | 影响观赏 |
| 芳香性 Aroma | 浓香 | 香 | 清香 | 无香 | 有异味 |
| 观赏周期 Watch duration/d | 大于 270 | 180~270 | 90~180 | 45~90 | 45 以下 |
| 观赏期 Watch period | 大型节假日五一、十一等 | 早春或晚秋 | 春季或秋季 | 夏初或夏末 | 盛夏 |
| 移植成活率 Survival rate/% | 90 以上 | 75~90 | 50~75 | 25~50 | 25 以下 |
| 繁殖再生能力 Reproductive capacity | 极强 | 强 | 较强 | 弱 | 较弱 |
| 生长状况 Growth conditions | 长势很好 | 长势好 | 长势较好 | 一般 | 长势差 |
| 生境要求 Haibitat requirements | 生态幅宽 | 不严格 | 较严格 | 严格 | 极其严格 |
| 食用价值 Edible value | 极高 | 高 | 一般 | 低 | 无 |
| 药用价值 Medicial value | 极高 | 高 | 一般 | 低 | 无 |
| 养护成本 Maintenance cost | 低 | 一般 | 较高 | 高 | 极高 |

表 3 判断矩阵的标度及定义

Table 3 Scaling and definition of judgement matrix

| 标度 Scaling | 定义 Explanation |
|------------|---|
| 1 | 两因素同等重要 |
| 3 | 两因素相比,前者比后者稍重要 |
| 5 | 两因素相比,前者比后者明显重要 |
| 7 | 两因素相比,前者比后者强烈重要 |
| 9 | 两因素相比,前者比后者极端重要 |
| 2,4,6,8 | 上述 2 个相邻值 |
| 倒数 | 因素 i 与 j 比较得判断值,得 a_{ij} ,则 j 与 i 比较为 $a_{ji}=1/a_{ij}$ |

表 4 判断矩阵

Table 4 Judgement matrix

| A-C | | | | C1-P | | | | | | | C2-P | | | | |
|-----|----|----|----|------|----|----|----|----|-----|-----|------|----|----|-----|-----|
| A | C1 | C2 | C3 | C1 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | C2 | P7 | P8 | P9 | P10 |
| C1 | 1 | 3 | 5 | P1 | 1 | 5 | 3 | 3 | 6 | 4 | P7 | 1 | 1 | 1/3 | 1/3 |
| C2 | | 1 | 2 | P2 | | 1 | 2 | 2 | 1 | 1/2 | P8 | | 1 | 1/3 | 1/3 |
| C3 | | | 1 | P3 | | | 1 | 1 | 2 | 1 | P9 | | | 1 | 1 |
| | | | | P4 | | | | 1 | 1/2 | 1 | P10 | | | | 1 |
| | | | | P5 | | | | | 1 | 2 | | | | | |
| | | | | P6 | | | | | | 1 | | | | | |

表 4(续)
Table 4(Continued)

| C3-P | | | | P1-F | | | | | | P3-B | | | |
|------|-----|-----|-----|------|----|----|----|----|----|------|----|----|-----|
| C3 | P11 | P12 | P13 | P1 | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | P3 | B1 | B2 | B3 |
| P11 | 1 | 1/2 | 2 | F1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | B1 | 1 | 2 | 1 |
| P12 | | 1 | 4 | F2 | | 1 | 2 | 2 | 4 | B2 | | 1 | 1/2 |
| P13 | | | 1 | F3 | | | 1 | 1 | 2 | B3 | | | 1 |
| | | | | F4 | | | | 1 | 2 | | | | |
| | | | | F5 | | | | | 1 | | | | |

1.2.4 矩阵一致性检验

一致性即在判断矩阵 A 中, $a_{ij}=a_{ik}/a_{kj}$ (其中 $i,j,k=1,2,3,\cdots,n$)。若完全一致,则判断矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max}=n$,其余特征根则为零。只要满足特征根 λ_{\max} 稍大于 n ,其余特征根趋近于零时则视为达到满意的一致性,实际上在阶数越大时,其特征根越难以接近零,因此引入 CI 来衡量判断矩阵偏离一致性的程度, $CI=(\lambda_{\max}-n)/(n-1)$ 。以 CI 与 RI 的比值 CR 作为一致性指标,若 $CR<0.1$,则视为判断矩阵具有满意的一致性, RI 各阶数对应见表 5^[15]。

表 5 随机一致性指标
Table 5 Random identical index

| 阶数 Order | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI 值 RI value | 0 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.51 |

以矩阵 A—C 为例,进行一致性检验:
连乘得(15,0.667,0.1),
每项开三次方得(2.466 2,0.873 6,0.464 2),
开方结果之和为 3.804。
归一化,计算每项的权重值,
排序权向量 $W=(0.648\ 3,0.229\ 7,0.122\ 0)$ 。

$$G=AW=(0.648\ 3\times 1+0.229\ 7\times 3+0.122\ 0\times 5,0.648\ 3\times 1/3+0.229\ 7\times 1+0.122\ 0\times 5/3,0.648\ 3\times 1/5+0.229\ 7\times 3/5+0.122\ 0\times 1)=(1.947\ 4,0.649\ 1,0.389\ 5),$$

$$\lambda_{\max}=1.947\ 4/(3\times 0.648\ 3)+0.649\ 1/(3\times 0.229\ 7)+0.389\ 5/(3\times 0.122\ 0)=3.007\ 7,$$
$$CI=(\lambda_{\max}-n)/(n-1)=(3.007\ 7-3)/(3-1)=0.003\ 85。$$

计算 CR , $CR=CI/RI=0.003\ 85/0.58=0.006\ 6<0.1$,满足一致性要求。

同理,计算出其它判断矩阵 $C1$, $CR=0.048\ 2$; $C2$, $CR=0.007\ 7<0.1$; $C3$, $CR=0.000\ 0<0.1$; $P1$, $CR=0.002\ 2<0.1$; $P3$, $CR=0.046\ 2<0.1$ 。

均满足一致性要求。

1.2.5 确立各指标权重

用上述方法确立每个矩阵中每项指标的权重值。处于相同层的指标相对于上一层的权重之和为 1,其中花性状下细分为 5 个指标,其权重之和为花性状的权重值,枝叶性状下 4 个具体指标权重之和为枝叶性状的权重值(表 6)。

表 6 各层相对于总目标的权重值
Table 6 Weight of each level relative to the total goal

| 目标层 Goal | | | | A | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| 约束层 | | C1 | | | | | C2 | | | | C3 | | | 合计 | |
| Criteria | | 0.648 0 | | | | | 0.229 7 | | | | 0.122 0 | | | 1 | |
| 一级指标层 | | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | 合计 |
| Primary indicator layer | | 0.281 0 | 0.059 7 | 0.039 5 | 0.073 0 | 0.092 0 | 0.105 3 | 0.033 2 | 0.033 2 | 0.073 4 | 0.089 9 | 0.034 9 | 0.069 7 | 0.017 4 | 1 |
| | | P1 | | | | | | | | | P3 | | | 合计 | |
| | | 0.281 0 | | | | | | | | | 0.039 5 | | | 0.328 5 | |
| 二级指标层 | | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | B1 | B2 | B3 | B4 | 合计 | | | | |
| Secondary indicator layer | | 0.087 5 | 0.082 6 | 0.043 7 | 0.043 7 | 0.023 2 | 0.007 1 | 0.003 8 | 0.010 0 | 0.018 6 | 0.328 5 | | | | |

依据权重值结果可见观赏性制约性最强,达到 0.648,观赏价值是开发利用的基础^[16],其中花

性状是最为重要的参考指标,与人们在观赏草本植物时最直观的视觉感受相一致;其次为适应性,

野生植物要适应城市中的相对恶劣环境,需有较强的抗逆性^[17];同时开发价值也不可忽视,花卉的开发价值是花卉进入市场的基础条件。

2 结果与分析

根据每种花卉具体指标的得分和每项指标的权重值计算每种花卉的综合利用价值。该研究聘请了 11 位相关领域专家为 200 种花卉的每项指

标进行打分,取平均值得到每种花卉最终具体指标得分。参考张鸭关等^[10]的研究,确定如下计算公式:

$$R = \sum Q_n X_n (n=1, 2, 3, \dots, 20)。$$

式中, R 为每种花卉综合评价得分, Q 为每种花卉具体指标的得分, X 为对应指标的权重, n 表示指标的项数, 共计 20 项。依据公式计算出每种花卉的综合分值(表 7)。

表 7 花卉综合得分及等级

Table 7 Comprehensive scoring and grading of flower

| 排序 Rank | 代码 Code | 种名 Species | 得分 Score | 等级 Grade | 排序 Rank | 代码 Code | 种名 Species | 得分 Score | 等级 Grade |
|------------|------------|---|-------------|-------------|------------|------------|--|-------------|-------------|
| 1 | 7 | 白藜 <i>Dictamnus dasycarpus</i> | 3.589 37 | I | 41 | 44 | 耬斗菜 <i>Aquilegia viridiflora</i> | 3.152 43 | II |
| 2 | 6 | 山芍药 <i>Paeonia japonica</i> | 3.417 68 | I | 42 | 102 | 黄花尖萼耬斗菜 <i>Aquilegia oxysepala</i> f. <i>pallidiflora</i> | 3.149 54 | II |
| 3 | 4 | 白头翁 <i>Pulsatilla chinensis</i> | 3.334 65 | I | 43 | 33 | 荷青花 <i>Hylomecon japonica</i> | 3.147 62 | II |
| 4 | 98 | 东北天南星 <i>Arisaema amurense</i> | 3.322 68 | I | 44 | 65 | 欧亚旋覆花 <i>Inula britannica</i> | 3.140 26 | II |
| 5 | 40 | 玉竹 <i>Polygonatum odoratum</i> | 3.319 80 | I | 45 | 67 | 大苞萱草 <i>Hemerocallis middendorffii</i> | 3.138 92 | II |
| 6 | 9 | 桔梗 <i>Platycodon grandiflorum</i> | 3.310 61 | I | 46 | 142 | 兴安白头翁 <i>Pulsatilla dahurica</i> | 3.138 10 | II |
| 7 | 21 | 猪牙花 <i>Erythronium japonicum</i> | 3.306 61 | I | 47 | 125 | 紫菀 <i>Arctogeron gramineum</i> | 3.136 60 | II |
| 8 | 84 | 早开堇菜 <i>Viola prionantha</i> | 3.297 93 | I | 48 | 111 | 蛇莓委陵菜 <i>Potentilla centigrana</i> | 3.123 75 | II |
| 9 | 30 | 野葛 <i>Pueraria lobata</i> | 3.289 71 | I | 49 | 13 | 尖萼耬斗菜 <i>Aquilegia oxysepala</i> | 3.121 58 | II |
| 10 | 119 | 朝鲜白头翁 <i>Pulsatilla cernua</i> | 3.249 91 | I | 50 | 167 | 挂金灯酸浆 <i>Physalis alkekengi</i> var. <i>francheti</i> | 3.120 24 | II |
| 11 | 74 | 紫花地丁 <i>Viola yedoensis</i> | 3.236 86 | I | 51 | 183 | 大花百合 <i>Lilium megalanthum</i> | 3.119 49 | II |
| 12 | 68 | 射干 <i>Belamcanda chinensis</i> | 3.233 39 | I | 52 | 117 | 狼毒 <i>Stellera chamaejasme</i> | 3.119 00 | II |
| 13 | 24 | 马蔺 <i>Iris lactea</i> var. <i>chinensis</i> | 3.215 73 | I | 53 | 90 | 祁州漏芦 <i>Rhaponticum uniiflorum</i> | 3.117 07 | II |
| 14 | 43 | 北乌头 <i>Aconitum kusnezoffii</i> | 3.212 89 | I | 54 | 172 | 轮叶沙参 <i>Adenophora tetraphylla</i> | 3.116 46 | II |
| 15 | 17 | 月见草 <i>Oenothera biennis</i> | 3.210 94 | I | 55 | 48 | 珠果紫堇 <i>Corydalis pallida</i> | 3.114 96 | II |
| 16 | 179 | 朝鲜蒲公英 <i>Taraxacum coreanum</i> | 3.208 30 | I | 56 | 114 | 大油芒 <i>Spodiopogon sibiricus</i> | 3.113 25 | II |
| 17 | 135 | 朝鲜天南星 <i>Arisaema peninsulae</i> | 3.207 27 | I | 57 | 166 | 活血丹 <i>Glechoma hederacea</i> var. <i>longituba</i> | 3.112 51 | II |
| 18 | 157 | 野葛 <i>Pueraria lobata</i> | 3.206 54 | I | 58 | 34 | 长药八宝 <i>Hylotelephium spectabile</i> | 3.111 95 | II |
| 19 | 23 | 卷丹 <i>Lilium lancifolium</i> | 3.204 22 | I | 59 | 49 | 费菜 <i>Sedum aizoon</i> | 3.111 31 | II |
| 20 | 77 | 多被银莲花 <i>Anemone raddeana</i> | 3.202 51 | I | 60 | 91 | 球花风毛菊 <i>Saussurea pulchella</i> | 3.109 23 | II |
| 21 | 59 | 藿香 <i>Agastache rugosa</i> | 3.198 65 | II | 61 | 45 | 东北土当归 <i>Aralia continentalis</i> | 3.104 65 | II |
| 22 | 50 | 朝鲜落新妇 <i>Astilbe koreana</i> | 3.184 69 | II | 62 | 12 | 辽吉侧金盏花 <i>Adonis pseudoamurensis</i> | 3.102 07 | II |
| 23 | 2 | 侧金盏花 <i>Adonis amurensis</i> | 3.184 68 | II | 63 | 94 | 大花卷丹 <i>Lilium leichtlinii</i> var. <i>maximowiczii</i> | 3.100 14 | II |
| 24 | 38 | 败酱 <i>Patrinia scabiosae folia</i> | 3.184 28 | II | 64 | 46 | 睡莲 <i>Nymphaea tetragona</i> | 3.099 15 | II |
| 25 | 29 | 翠雀 <i>Delphinium grandiflorum</i> | 3.182 48 | II | 65 | 192 | 黄花白头翁 <i>Pulsatilla sukaczewii</i> | 3.098 76 | II |
| 26 | 88 | 蹄叶橐吾 <i>Ligularia fischeri</i> | 3.181 69 | II | 66 | 37 | 薄荷 <i>Mentha haplocalyx</i> | 3.098 67 | II |
| 27 | 10 | 东北玉簪 <i>Hosta ensata</i> | 3.179 82 | II | 67 | 28 | 黄花乌头 <i>Aconitum coreanum</i> | 3.098 24 | II |
| 28 | 39 | 甘野菊 <i>Chrysanthemum seticuspe</i> | 3.175 91 | II | 68 | 20 | 铃兰 <i>Convallaria majalis</i> | 3.097 40 | II |
| 29 | 126 | 旋覆花 <i>Inula japonica</i> | 3.174 60 | II | 69 | 199 | 山兰 <i>Oreorchis patens</i> | 3.094 92 | II |
| 30 | 95 | 东北百合 <i>Lilium distichum</i> | 3.172 56 | II | 70 | 63 | 茅苣 <i>Adenophora tracheloides</i> | 3.094 66 | II |
| 31 | 80 | 齿瓣延胡索 <i>Corydalis turtchaninovii</i> | 3.169 51 | II | 71 | 82 | 垂盆草 <i>Sedum sarmentosum</i> | 3.092 20 | II |
| 32 | 61 | 黄芩 <i>Scutellaria baicalensis</i> | 3.168 76 | II | 72 | 53 | 苦参 <i>Sophora flavescens</i> | 3.089 79 | II |
| 33 | 60 | 丹参 <i>Salvia miltiorhiza</i> | 3.167 01 | II | 73 | 16 | 千屈菜 <i>Lythrum salicaria</i> | 3.088 16 | II |
| 34 | 103 | 华北耬斗菜 <i>Aquilegia yabeana</i> | 3.162 44 | II | 74 | 71 | 黄精 <i>Polygonatum sibiricum</i> | 3.088 06 | II |
| 35 | 15 | 落新妇 <i>Astilbe chinensis</i> | 3.158 75 | II | 75 | 164 | 海州香薷 <i>Elsholtzia pseudocristata</i> | 3.084 06 | II |
| 36 | 112 | 莓叶委陵菜 <i>Potentilla fragarioides</i> | 3.158 35 | II | 76 | 109 | 长瓣金莲花 <i>Trollius macropetalus</i> | 3.081 44 | II |
| 37 | 31 | 朝鲜淫羊藿 <i>Epimedium koreanum</i> | 3.157 83 | II | | | | | |
| 38 | 153 | 委陵菜 <i>Potentilla chinensis</i> | 3.154 23 | II | | | | | |
| 39 | 165 | 香薷 <i>Elsholtzia ciliata</i> | 3.153 99 | II | | | | | |
| 40 | 188 | 芦苇 <i>Phragmites australis</i> | 3.153 48 | II | | | | | |

表7(续)
Table 7 (Continued)

| 排序 Rank | 代码 Code | 种名 Species | 得分 Score | 等级 Grade | 排序 Rank | 代码 Code | 种名 Species | 得分 Score | 等级 Grade |
|------------|------------|---|-------------|-------------|------------|------------|--|-------------|-------------|
| 77 | 155 | 黄耆 <i>Astragalus membranaceus</i> | 3.079 24 | II | 129 | 19 | 聚花风铃草 <i>Campanula glomerata</i> | 2.977 05 | III |
| 78 | 62 | 轮叶腹水草 <i>Veronicastrum sibiricum</i> | 3.076 68 | II | 130 | 146 | 短柱金丝桃 <i>Hypericum gebleri</i> | 2.976 34 | III |
| 79 | 118 | 东方堇菜 <i>Viola orientalis</i> | 3.076 35 | II | 131 | 66 | 兔儿伞 <i>Syneilesis aconitifolia</i> | 2.975 75 | III |
| 80 | 52 | 地榆 <i>Sanguisorba officinalis</i> | 3.075 16 | II | 132 | 175 | 牧根草 <i>Asyneuma japonicum</i> | 2.972 26 | III |
| 81 | 193 | 银线草 <i>Chloranthus japonicus</i> | 3.073 85 | II | 133 | 121 | 狼尾花 <i>Lysimachia barystachys</i> | 2.969 57 | III |
| 82 | 148 | 东北延胡索 <i>Corydalis ambigua</i> | 3.073 38 | II | 134 | 87 | 二色补血草 <i>Limonium bicolor</i> | 2.967 90 | III |
| 83 | 132 | 朝鲜百合 <i>Lilium amabile</i> | 3.073 07 | II | 135 | 73 | 藜芦 <i>Veratrum nigrum</i> | 2.966 38 | III |
| 84 | 105 | 棉团铁线莲 <i>Clematis hexapetala</i> | 3.069 72 | II | 136 | 160 | 罗布麻 <i>Apocynum venetum</i> | 2.963 14 | III |
| 85 | 189 | 荻 <i>Miscanthus sacchariflorus</i> | 3.068 16 | II | 137 | 99 | 杓兰 <i>Cypripedium calceolus</i> | 2.957 09 | III |
| 86 | 81 | 诸葛菜 <i>Orychophragmus violaceus</i> | 3.065 64 | II | 138 | 76 | 香蒲 <i>Typha orientalis</i> | 2.954 55 | III |
| 87 | 147 | 白屈菜 <i>Chelidonium majus</i> | 3.065 52 | II | 139 | 177 | 无繸橐吾 <i>Ligularia biceps</i> | 2.953 60 | III |
| 88 | 70 | 垂花百合 <i>Lilium cernuum</i> | 3.062 07 | II | 140 | 196 | 山萝花 <i>Melampyrum roseum</i> | 2.953 23 | III |
| 89 | 130 | 平贝母 <i>Fritillaria ussuriensis</i> | 3.058 26 | II | 141 | 79 | 牡丹草 <i>Leontice microrrhyncha</i> | 2.951 02 | III |
| 90 | 36 | 花苎 <i>Polemonium liniflorum</i> | 3.055 47 | II | 142 | 194 | 胭脂花 <i>Primula maximowiczii</i> | 2.947 16 | III |
| 91 | 85 | 大活 <i>Angelica dahurica</i> | 3.053 76 | II | 143 | 106 | 褐毛铁线莲 <i>Clematis fusca</i> | 2.941 39 | III |
| 92 | 69 | 山丹 <i>Lilium pumilum</i> | 3.052 51 | II | 144 | 83 | 山荷叶 <i>Astilboides tabularis</i> | 2.940 29 | III |
| 93 | 180 | 白花猪牙花 <i>Erythronium japonicum</i> f. <i>album</i> | 3.049 18 | II | 145 | 22 | 北黄花菜 <i>Hemerocallis lilioasphodelus</i> | 2.937 78 | III |
| 94 | 96 | 绵枣儿 <i>Scilla sinensis</i> | 3.048 99 | II | 146 | 54 | 野火球 <i>Trifolium lupinaster</i> | 2.935 84 | III |
| 95 | 1 | 石竹 <i>Dianthus chinensis</i> | 3.046 88 | II | 147 | 163 | 岩青兰 <i>Dracocephalum rupestre</i> | 2.935 66 | III |
| 96 | 78 | 金莲花 <i>Trollius chinensis</i> | 3.045 13 | II | 148 | 156 | 大花棘豆 <i>Oxytropis grandiflora</i> | 2.934 44 | III |
| 97 | 195 | 香青兰 <i>Dracocephalum moldavica</i> | 3.044 02 | II | 149 | 170 | 角蒿 <i>Incarvillea sinensis</i> | 2.932 06 | III |
| 98 | 108 | 毛茛 <i>Ranunculus japonicus</i> | 3.043 94 | II | 150 | 3 | 驴蹄草 <i>Caltha palustris</i> | 2.925 50 | III |
| 99 | 5 | 鲜黄连 <i>Jeffersonia dubia</i> | 3.043 94 | II | 151 | 158 | 毛蕊老鹳草 <i>Geranium eriostemon</i> | 2.924 07 | III |
| 100 | 11 | 毛百合 <i>Lilium dauricum</i> | 3.043 86 | II | 152 | 136 | 长蕊丝石竹 <i>Gypsophila oldhamiana</i> | 2.921 26 | III |
| 101 | 151 | 紫八宝 <i>Hylotelephium purpureum</i> | 3.043 10 | II | 153 | 190 | 手参 <i>Gymnadenia conopsea</i> | 2.913 76 | III |
| 102 | 127 | 小红菊 <i>Chrysanthemum chanetii</i> | 3.039 00 | II | 154 | 138 | 鸭绿乌头 <i>Aconitum jaluense</i> | 2.911 35 | III |
| 103 | 25 | 玉蝉花 <i>Iris ensata</i> | 3.038 20 | II | 155 | 86 | 肾叶报春 <i>Primula loeseneri</i> | 2.908 38 | III |
| 104 | 173 | 展枝沙参 <i>Adenophora divaricata</i> | 3.037 45 | II | 156 | 152 | 林金腰 <i>Chrysosplenium lectus-cochleae</i> | 2.906 06 | III |
| 105 | 72 | 白花延龄草 <i>Trillium camschatcens</i> | 3.037 43 | II | 157 | 18 | 华北蓝盆花 <i>Scabiosa tschiliensis</i> | 2.905 79 | III |
| 106 | 181 | 小黄花菜 <i>Hemerocallis minor</i> | 3.037 16 | II | 158 | 120 | 防风 <i>Saposhnikovia divaricata</i> | 2.901 14 | III |
| 107 | 41 | 大花杓兰 <i>Cypripedium macranthum</i> | 3.036 99 | II | 159 | 26 | 瞿麦 <i>Dianthus superbus</i> | 2.896 29 | III |
| 108 | 35 | 柳兰 <i>Chamaenerion angustifolium</i> | 3.036 68 | II | 160 | 104 | 大叶铁线莲 <i>Clematis heracleifolia</i> | 2.895 97 | III |
| 109 | 75 | 溪荪 <i>Iris sanguinea</i> | 3.036 20 | II | 161 | 184 | 老鸦瓣 <i>Tulipa edulis</i> | 2.895 11 | III |
| 110 | 32 | 赤鸢 <i>Thladiantha dubia</i> | 3.036 20 | II | 162 | 141 | 菟葵 <i>Eranthis stellata</i> | 2.893 77 | III |
| 111 | 64 | 党参 <i>Codonopsis pilosula</i> | 3.034 90 | II | 163 | 58 | 苣荬菜 <i>Nymphoides peltata</i> | 2.891 45 | III |
| 112 | 27 | 大花剪秋萝 <i>Lychnis fulgens</i> | 3.026 98 | II | 164 | 123 | 苎麻叶龙头草 <i>Meehanian urticifolia</i> | 2.889 88 | III |
| 113 | 186 | 紫苞鸢尾 <i>Iris ruthenica</i> | 3.022 30 | II | 165 | 113 | 草木犀 <i>Melilotus suaveolens</i> | 2.889 71 | III |
| 114 | 8 | 紫斑风铃草 <i>Campanula punctata</i> | 3.020 38 | II | 166 | 187 | 灯心草 <i>Juncus effusus</i> | 2.886 01 | III |
| 115 | 154 | 斜茎黄耆 <i>Astragalus adsurgens</i> | 3.019 77 | II | 167 | 47 | 辽细辛 <i>Asarum heterotropoides</i> var. <i>manshuricum</i> | 2.880 66 | III |
| 116 | 42 | 浅裂剪秋萝 <i>Lychnis cognata</i> | 3.010 18 | II | 168 | 110 | 槭叶草 <i>Mukdenia rossii</i> | 2.873 22 | III |
| 117 | 107 | 獐耳细辛 <i>Hepatica asiatica</i> | 3.007 52 | II | 169 | 200 | 溪水苔草 <i>Carex forficula</i> | 2.867 89 | III |
| 118 | 14 | 长柱金丝桃 <i>Hypericum ascyron</i> | 3.001 78 | II | 170 | 162 | 紫草 <i>Lithospermum erythrorhizon</i> | 2.863 76 | III |
| 119 | 185 | 大花铁线莲 <i>Clematis patens</i> | 2.999 77 | III | 171 | 97 | 雨久花 <i>Monochoria korsakowii</i> | 2.863 76 | III |
| 120 | 168 | 柳穿鱼 <i>Linaria vulgaris</i> | 2.997 93 | III | 172 | 57 | 樱草 <i>Primula sieboldii</i> | 2.861 53 | III |
| 121 | 201 | 小白花地榆 <i>Sanguisorba parviflora</i> | 2.995 67 | III | 173 | 139 | 类叶升麻 <i>Actaea asiatica</i> | 2.860 63 | III |
| 122 | 134 | 菖蒲 <i>Acorus calamus</i> | 2.992 54 | III | 174 | 143 | 深山毛茛 <i>Ranunculus franchetii</i> | 2.855 61 | III |
| 123 | 171 | 缬草 <i>Valeriana alternifolia</i> | 2.989 33 | III | 175 | 197 | 鹿药 <i>Smilacina japonica</i> | 2.849 80 | III |
| 124 | 150 | 白花碎米荠 <i>Cardamine leucantha</i> | 2.987 96 | III | 176 | 100 | 绶草 <i>Spiranthes sinensis</i> | 2.846 39 | III |
| 125 | 144 | 展枝唐松草 <i>Thalictrum squarrosum</i> | 2.987 51 | III | 177 | 161 | 徐长卿 <i>Cynanchum paniculatum</i> | 2.841 56 | III |
| 126 | 178 | 猫儿菊 <i>Achyrophorus ciliatus</i> | 2.987 21 | III | 178 | 169 | 返顾马先蒿 <i>Pedicularis resupinata</i> | 2.839 59 | III |
| 127 | 174 | 薄叶芥苣 <i>Adenophora remotiflora</i> | 2.982 39 | III | 179 | 101 | 北重楼 <i>Paris verticillata</i> | 2.834 92 | III |
| 128 | 89 | 狗舌草 <i>Tephrosieris campestris</i> | 2.981 67 | III | 180 | 137 | 两色乌头 <i>Aconitum albobviolaceum</i> | 2.833 41 | III |
| | | | 2.981 62 | III | | | | 2.832 49 | III |

表 7(续)
Table 7 (Continued)

| 排序 Rank | 代码 Code | 种名 Species | 得分 Score | 等级 Grade | 排序 Rank | 代码 Code | 种名 Species | 得分 Score | 等级 Grade |
|------------|------------|--|-------------|-------------|------------|------------|---|-------------|-------------|
| 181 | 51 | 野薊 <i>Cirsium maackii</i> | 2.827 45 | Ⅲ | 191 | 149 | 野罂粟 <i>Papaver nudicaule</i> | 2.744 17 | Ⅲ |
| 182 | 133 | 热河黄精 <i>Polygonatum macropodium</i> | 2.823 56 | Ⅲ | 192 | 176 | 二叶舞鹤草 <i>Maianthemum bifolium</i> | 2.723 03 | Ⅲ |
| 183 | 124 | 松蒿 <i>Phtheirospermum japonicum</i> | 2.818 34 | Ⅲ | 193 | 198 | 紫点杓兰 <i>Cypripedium guttatum</i> | 2.721 39 | Ⅲ |
| 184 | 116 | 歪头菜 <i>Vicia unijuga</i> | 2.813 38 | Ⅲ | 194 | 92 | 泽泻 <i>Alisma orientale</i> | 2.720 66 | Ⅲ |
| 185 | 140 | 大花银莲花 <i>Anemone silvestris</i> | 2.810 76 | Ⅲ | 195 | 93 | 苍葱 <i>Allium victorialis</i> | 2.704 36 | Ⅲ |
| 186 | 55 | 水金凤 <i>Impatiens nolitangere</i> | 2.795 53 | Ⅲ | 196 | 159 | 大叶芹 <i>Spuriopimpinella brachycarpa</i> | 2.695 77 | Ⅲ |
| 187 | 56 | 黄连花 <i>Lysimachia davurica</i> | 2.795 19 | Ⅲ | 197 | 131 | 轮叶贝母 <i>Fritillaria maximowiczii</i> | 2.679 02 | Ⅲ |
| 188 | 191 | 黄花宝铎草 <i>Disporum flavens</i> | 2.782 66 | Ⅲ | 198 | 122 | 山茄子 <i>Brachybotrys paridiformis</i> | 2.667 57 | Ⅲ |
| 189 | 145 | 汉城细辛 <i>Asarum sieboldii</i> var. <i>seoulense</i> | 2.772 81 | Ⅲ | 199 | 129 | 花蔺 <i>Butomus umbellatus</i> | 2.648 37 | Ⅲ |
| 190 | 115 | 腋花蕤子蕨 <i>Triosteum sinuatum</i> | 2.758 89 | Ⅲ | 200 | 128 | 三裂慈菇 <i>Sagittaria trifolia</i> | 2.623 57 | Ⅲ |

依据 200 种花卉的综合得分将其分为 3 个等级。Ⅰ级($R > 3.2$):综合利用价值高的草本花卉,共 20 种,其观赏性好,适应性强,具有较高的开发价值。Ⅱ级($3.0 \leq R \leq 3.2$):综合利用价值一般的宿根花卉品种,共 97 种,通常由于某一方面不足使得综合得分不高。Ⅲ级($R < 3.0$):在目前条件下综合利用价值较低的宿根花卉品种,共 83 种,多由于观赏性不如Ⅰ、Ⅱ级花卉或者是开发利用困难而使得综合得分偏低。

3 结论与讨论

筛选出的 200 种花卉隶属于 51 科 137 属,有部分集中于特定的科属,其中种最多的科为毛茛科和百合科,各有 30 种,占整体的 15%,其次为菊科 14 种,唇形科 10 种,种数最多的属为百合属,共 9 种,占到总数的 4.5%,其次是白头翁属、沙参属、耧斗菜属、铁线莲属、乌头属、鸢尾属。200 种花卉有 24 种为单科单属。

参与评价的 200 种花卉综合得分均在 3.6 以下,与现有文献里用相同评价方法^[13,18]获得的栽培品种得分情况相比,存在一定差距。这是因为与野生种不同,栽培品种按照一定的选择目标和经济价值高低进行选优淘劣,选留具有较大经济价值的性状经过定向培育,而成为符合人们生产和生活需要的新品种^[19],在观赏性适应性等方面具有先天优势,所以其综合利用价值明显大于野生种。同时,参与该次评价的野生花卉得分均在 2.6 以上,200 种花卉得分平均值 3.025 541,说明该研究筛选的花卉整体综合利用价值较好,东北地区丰富的植物资源在今后有广阔的开发前景。

Ⅰ级花卉的观赏价值、适应性和开发价值都明显优于其它种类的花卉,其观赏性好,适应性强,多具有药用或食用价值,例如得分靠前的白藜(*Dictamnus dasycarpus*)、山芍药(*Paeonia japonica*)等,可种植于林区,可作观赏也可药用,还可尝试直接引种于城市,开展综合利用。Ⅱ级花卉大多由于某一方面稍差而使得综合得分稍低,这一类的植物在今后也可结合其特性进行开发利用。而得分偏低的Ⅲ级花卉需要做进一步的引种试验研究,通过科学技术手段来弥补其缺陷。根据评价研究的目的不同,每个指标的权重值也会有差异,将导致最终评价结果不一样^[20]。同时该研究也存在一些不足,由于评价种数众多,对野生花卉的适应性的判定主要依据专家个人引种经验,在对其适应性做出初步的估计后,有望在今后的工作中对排名靠前的花卉进行引种适应性试验。

该研究采用层次分析法将东北地区野生草本花卉的不同种类的综合价值评价工作量化为数字比较,简单易懂,又使结果更加客观。同时层次分析法可以根据评价目的,在实际应用中可通过修改各项指标的权重值,增加与评价目的关联性大的指标或指标的权重,减少与评价目的关联性小的指标或指标的权重,使评价体系更加灵活。

参考文献

- [1] 刘燕. 园林花卉学[M]. 北京:中国林业出版社,2003.
- [2] 徐正茹,王梅,曹效东,等. 14 种野生花卉植物资源调查[J]. 甘肃农业科技,2015(12):21-24.
- [3] ZHENG Y, MENG T F, BI X Y, et al. Investigation and evaluation of wild *Iris* resources in Liaoning Province[J]. Genetic

Resources & Crop Evolution, 2017, 64: 967-978.

[4] RONG L P, LEI J, WANG C. Collection and evaluation of the genus *Lilium*, resources in Northeast China[J]. Genetic Resources & Crop Evolution, 2011, 58(1): 115-123.

[5] 徐瑾, 王威, 刘燕, 等. 宿根花卉在我国各地区城市中的应用现状[J]. 黑龙江农业科学, 2015(12): 186-190.

[6] ÖZKAN H, WILLCOX G, GRANER A, et al. Geographic distribution and domestication of wild emmer wheat (*Triticum dicoccoides*) [J]. Genetic Resources & Crop Evolution, 2011, 58(1): 11-53.

[7] PANDEY A, BHATT K C. Diversity distribution and collection of genetic resources of cultivated and weedy type in *Perilla frutescens* (L.) Britton var. *frutescens*, and their uses in Indian Himalaya[J]. Genetic Resources & Crop Evolution, 2008, 55(6): 883-892.

[8] PROCESS A H. The Analytic Hierarchy Process[M]//Encyclopedia of Biostatistics. John Wiley & Sons, Ltd, 1980: 19-28.

[9] 孙明, 李萍, 张启翔. 基于层次分析法的地被菊系综合评价研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(3): 177-181.

[10] 张鸭关, 匡崇义, 薛世明, 等. 层次分析法(AHP)在优良牧草品种筛选中的应用[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(4): 151-155.

[11] DU Y P, HE H B, WANG Z X, et al. Investigation and evaluation of the genus *Lilium* resources native to China[J]. Genetic

Resources & Crop Evolution, 2014, 61(2): 395-412.

[12] XING G, QU L, ZHANG Y, et al. Collection and evaluation of wild tulip (*Tulipa* spp.) resources in China[J]. Genetic Resources & Crop Evolution, 2017, 64: 1-12.

[13] 刘孟霞. 春播草花的引种栽培及综合评价研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2009.

[14] 魏育钢, 蓝登明, 李钢铁. 内蒙古贺兰山野生花灌木资源观赏及潜在开发利用价值评价[J]. 内蒙古林业科技, 2015, 41(4): 13-17.

[15] SAATY T L. Decision making with the analytic hierarchy process[J]. International Journal of Services Sciences, 2002, 1(1): 83-98.

[16] 任莹. 崂山野生木本植物资源调查与评价[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.

[17] 谢红梅. 湖南醉鱼草属植物资源评价及园林应用研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2017.

[18] 薛晨岩, 赵华, 王莹莹, 等. 沈阳地区新优宿根花卉引种及观赏性评价研究[J]. 北方园艺, 2010(16): 100-102.

[19] 傅大立. 辛夷植物资源分类及新品种选育研究[D]. 长沙: 中南林学院, 2001.

[20] 陈仲芳, 张霖, 尚富德. 利用层次分析法综合评价湖北省部分桂花品种[J]. 园艺学报, 2004, 31(6): 825-828.

Comprehensive Evaluation of Wild Herbal Flowers in Northeast China Based on Analytic Hierarchy Process

LIU Huanchu^{1,2}, HE Xingyuan^{2,3}, CHEN Wei^{1,2}, HUANG Yanqing¹, ZHANG Yue¹

(1. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Liaoning 110016; 2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Science, Beijing 101407; 3. Key Laboratory of Forest Ecology and Management, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Liaoning 110016)

Abstract: The materials were 200 species of plants with good ornamental quality which were selected from wild herbaceous plants in Northeast China, Analytic Hierarchy Process (AHP) was used to establish the comprehensive utilization evaluation system of wild herbaceous flowers in Northeast China by combining the plants in their ornamental value, ecological adaptability and utilization potential. And 20 wild herbaceous flowers with high comprehensive utilization value in Northeast China were selected from 200 species, in order to provide theoretical basis for the comprehensive development and utilization of wild flowers in Northeast China. The results showed that the development potential of wild flowers in Northeast China was relatively high, and 20 species there such as *Dictamnus dasycarpus*, *Paeonia japonica*, *Pulsatilla chinensis*, *Arisaema amurense*, *Polygonatum odoratum* had higher comprehensive utilization value.

Keywords: wild herbal flowers; analytic hierarchy process; comprehensive evaluation model