

doi: 10.3969/j.issn.0490-6756.2018.04.037

# 四川省胡颓子属植物资源多样性分析及良种选育

谭迎春<sup>1</sup>, 杨华侨<sup>2</sup>, 邵平悦<sup>2</sup>, 王 静<sup>2</sup>, 白 洁<sup>2</sup>

(1. 四川卧龙国家级自然保护区管理局三江保护站, 汶川 623000;

2. 四川大学生命科学院生物资源与生态环境教育部重点实验室, 成都 610065)

**摘 要:** 为了解四川省胡颓子属(*Eleagnus*)植物资源概况, 依据四川大学植物标本馆(SZ) 2012份胡颓子属植物标本及中科院植物研究所植物标本馆(<http://pe.ibcas.ac.cn/>)该属4463份标本信息构建了四川省胡颓子属标本信息数据库, 结果表明四川省有胡颓子属植物20种(包括2变种), 其中四川胡颓子(*E. davidii*)、狭叶木半夏(*E. angustata*)和细枝木半夏(*E. multiflora* var. *tenuipes*)为四川省特有种; 四川省广布种有牛奶子(*E. umbellata*)、披针叶胡颓子(*E. lanceolata*)和长叶胡颓子(*E. bockii*), 运用最大熵模型(MaxEnt)预测了这三个广泛分布种的潜在分布区. 运用层次分析(AHP)、Delphi调查法结合Yaahp 10.0软件, 构建了胡颓子属植物良种选育体系, 该评价体系由药用价值、绿化观赏价值、食用价值3个子系统和16个评价指标(药效、特有状况、分布范围、药用部位、开发现状、生活型、垂直分布、花期、花期长短、果期、果期长短、果实产量、经济性状、营养丰富度、功能、资源量)构成. 评价结果表明, 长叶胡颓子、角花胡颓子(*E. gonyanthes*)和披针叶胡颓子综合应用价值最高. 利用绿化观赏子系统对四川省20种胡颓子属植物的绿化观赏价值进行评价, 优先推荐角花胡颓子、长叶胡颓子和宜昌胡颓子(*E. henryi*)进行园林推广应用.

**关键词:** 胡颓子属植物; 四川省; 多样性分析; 良种选育

**中图分类号:** Q948.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 0490-6756(2018)04-0889-08

## The diversity analysis and improved varieties selecting of *Eleagnus* in Sichuan province

TAN Ying-Chun<sup>1</sup>, YANG Hua-Qiao<sup>2</sup>, SHAO Ping-Yue<sup>2</sup>, WANG-Jing<sup>2</sup>, BAI Jie<sup>2</sup>

(1. Sichuan Wolong National Natural Reserve Administration, Sanjiang Protection Station, Wenchuan 623000, China;

2. Key laboratory Bio-resources and Eco-Environment of Ministry of Education, College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

**Abstract:** The Sichuan *Eleagnus* specimen database was constructed based on 2012 *Elaeagnus* plant specimens from Sichuan University Herbarium and *Eleagnus* information from Chinese Academy of Sciences(<http://pe.ibcas.ac.cn/>). The results showed that there were 20 species and 2 varieties, of which 3 species (*E. davidii*, *E. angustata* and *E. multiflora* var. *tenuipes*) are endemic to Sichuan. *E. umbellata*, *E. lanceolata* and *E. bockii* are widely distributed in Sichuan, and their potential distribution areas were predicted by MaxEnt. The breeding system was constructed by AHP, Delphi and Yaahp10.0, which had three subsystems(medicinal, green ornamental and edible value)and 16 evaluation index(efficacy, specificity, distribution, medicinal parts, development status, life type, vertical distribution,

收稿日期: 2017-07-19

基金项目: 国家生态区补助资金(2014BW036)

作者简介: 谭迎春(1968-), 男, 工程师, 主要从事野生动植物资源管理、保护及开发利用. E-mail: 247210060@qq.com.

通讯作者: 白洁. E-mail: baijie@scu.edu.cn

flowering period, flowering length, fruit duration, fruit length, fruit yield, economic traits, nutrient richness, function, resource). The analysis results showed that *E. bockii*, *E. gonyanthes* and *E. lanceolate* had the highest comprehensive application value. At the same time, the green ornamental value of the 20 species of *Eleagnus* was evaluated based on the green ornamental subsystem, and the results indicated that *E. gonyanthes*, *E. bockii* and *E. henryi* could give priority garden application.

**Keywords:** *Eleagnus*; Sichuan; Diversity analysis; Improved varieties selecting

## 1 引言

胡颓子属(*Elaeagnus*)植物全世界约 90 种,我国约 67 种,分布全国各地,以长江流域及以南地区分布更为普遍<sup>[1-2]</sup>. 胡颓子属植物根系具有根瘤,适应能力强,是优良的水土保持、土壤改良树种<sup>[3]</sup>;许多种类有较高的营养价值,果实含丰富的氨基酸、糖类和维生素等,是发展第三代水果的重要资源<sup>[4]</sup>. 此外,该属植物可入药,有消肿止痛、止咳平喘、清热利湿、顺气化痰等功效<sup>[4]</sup>. 因此胡颓子属植物具有较大开发潜力. 四川有 17 种胡颓子属植物<sup>[2,5]</sup>,攀西有 10 种<sup>[6]</sup>,其他各地胡颓子植物资源的调查工作较欠缺. 因此本研究依据四川大学植物标本馆 2012 份胡颓子属馆藏标本,并结合中科院植物研究所植物标本馆(<http://pe.ibcas.ac.cn/>)共享的该属 4463 份标本信息,构建了四川省胡颓子属植物标本数据库,对胡颓子属植物资源的种类、分布状况和资源特性等进行了统计和分析,为胡颓子属植物资源的保护与利用提供科学依据.

MaxEnt 是以最大熵理论为基础的物种地理尺度空间分布模型,主要应用于物种分布区的预测及濒危物种、有经济价值物种的适生区预测等方面. 本研究利用此模型做出物种的潜在分布区图,得到其适生区域及水平分布广度等方面的信息,对该物种的保护与利用提供科学依据. 运用层次分析法(AHP),建立综合评价模型,建立科学完善的良种评价及选育体系,为四川省胡颓子属植物资源的保护与开发利用奠定基础.

## 2 材料与方法

### 2.1 四川省胡颓子属植物数据库构建及分析

依据四川大学植物标本馆 2012 份胡颓子属(*Elaeagnus*)植物标本及中国科学院植物研究所标本馆(<http://pe.ibcas.ac.cn/>)共享的 4463 份标本数据构建标本数据库,结合查阅《中国植物志》、《Flora of China》、《四川植物志》等文献资料<sup>[1-2,5-6]</sup>对四川省胡颓子属植物种类及分布等数据

进行统计和修订,利用 excel 统计分析了四川省胡颓子属植物的水平、垂直等分布状况.

### 2.2 四川省胡颓子属 3 种水平分布最广植物潜在分布区预测

在数据库中选取在四川省水平分布最广的三个种;通过 Google Earth 7.1 将标本的采集地转换成经纬度;然后将其与在 <https://www.worldclim.org/download> 下载的当前气候数据(包括年平均温度、最冷月最低温、温度季节性标准差、年均温变化范围、最暖季度平均温度、最干季节平均温度、最冷季度平均温度、最湿月降水量、年均降水量、最暖季度降水量和最湿季度降水量)及海拔数据(空间分辨率为 30s)导入到 MaxEnt,随机测试集(Random test percentage)设定为 25%,最大迭代次数(Maximum Iterations)设定为 1000,其它参数保持模型的默认值. 然后将运行模型后生成的 asc 文件导入 DIVA-GIS,并利用从 <http://www.gadm.org/> 下载的地理数据进行图形的细化处理(包括加入行政区域划分、比例尺、图例标识等),然后以 jpg 格式导出得到物种的潜在分布区图.

MaxEnt 的预测结果可利用 ROC 曲线进行检验,该曲线在 MaxEnt 程序的运行过程中自动生成,得到曲线的 AUC 值越接近 1,则表明预测的结果越佳.

### 2.3 四川省胡颓子属植物资源良种选育体系的建立及评价

通过对胡颓子属植物已有的研究资料分析并结合实地调查,筛选出目前研究较多、利用价值相对较大的 9 个种进行良种选育体系的建立. 根据植物资源可持续利用的理论<sup>[9]</sup>及四川省胡颓子属植物资源的特点<sup>[10-20]</sup>,制定了四川省胡颓子属植物资源良种选育指标体系. 然后根据层次分析法(AHP)构建评价体系,并采用问卷及函询的方式由相关专家对评价系统中各项评价指标进行评价,最后将评分结果录入 Yaahp 10.0 软件,并结合 Delphi 调查法(德尔菲法)计算得到各指标权重和判断矩阵的一致性比例. 根据各指标的权重及每种

植物在标准层的评分结果计算得到该植物的最终评价得分。

2.3.1 指标体系的建立 通过对胡颓子属植物现有研究资料的分析, 筛选出目前研究相对集中、利用价值相对较大的 9 个种: 牛奶子、胡颓子、长叶胡颓子、披针叶胡颓子、木半夏、角花胡颓子、银果牛

奶子、南川牛奶子、巫山牛奶子。制定出四川省胡颓子属植物资源良种选育指标体系, 共包括 3 个子系统(药用价值子系统、绿化观赏价值子系统以及食用价值子系统)及 16 个评价指标, 构成了四川省胡颓子属植物资源良种选育模型(图 1)。其中, 标准层设置的等级及评分标准见表 1。

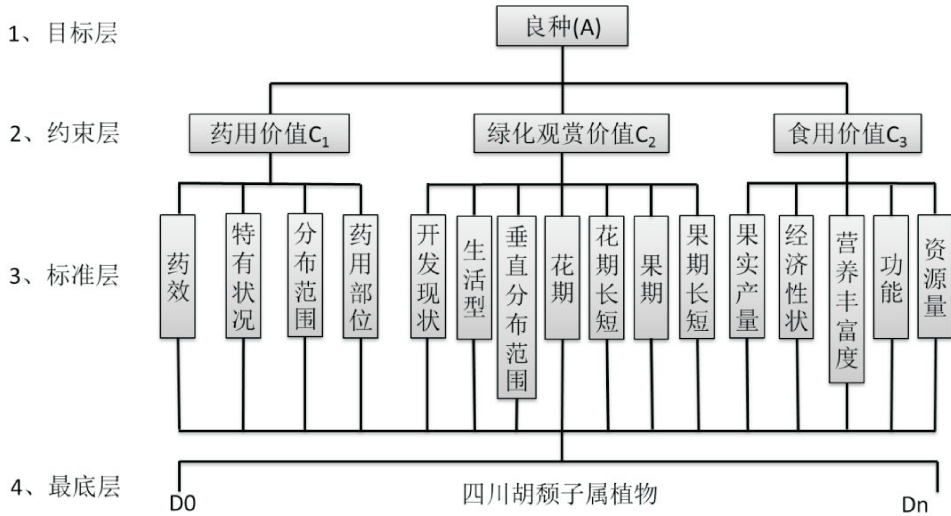


图 1 四川省胡颓子属植物资源良种选育体系  
Fig. 1 The Evaluation index model of Sichuan *Elaeagnus*

表 1 标准层因子评分标准

Tab. 1 Appraisal standard for target hierarchy

| 标准层        | 评分值 3            | 评分值 2              | 评分值 1    |
|------------|------------------|--------------------|----------|
| 药效(P1)     | 较多文献报道, 药效好且功能多样 | 较少文献报道, 药效一般且功能较单一 | 极少或无文献报道 |
| 特有状况(P2)   | 中国特有             |                    | 非中国特有    |
| 分布范围(P3)   | 区域性种             | 地区性种               | 广布种      |
| 药用部位(P4)   | 多部位入药            | 枝叶类                | 果        |
| 开发现状(P5)   | 尚未开发利用           | 小范围应用              | 应用较广泛    |
| 生活型(P6)    | 常绿               |                    | 落叶       |
| 垂直分布(P7)   | 500m 以下          | 500~800m           | 800m 以上  |
| 花期(P8)     |                  | 秋季                 | 春季       |
| 花期长短(P9)   |                  | 3~4 个月             | 1~2 个月   |
| 果期(P10)    | 秋冬               |                    | 春夏       |
| 果期长短(P11)  |                  | 3~4 个月             | 1~2 个月   |
| 果实产量(P12)  | 高                | 一般                 | 低        |
| 经济性状(P13)  | 果肉多              | 一般                 | 果肉少      |
| 营养丰富度(P14) | 高                | 一般                 | 低        |
| 功能(P15)    | 药食两用             |                    | 仅食用      |
| 资源量(P16)   | 少                | 较少                 | 多        |

注: 标准层各因子的评分标准是综合考虑被评价植物种类的特点所得出; 区域性种指分布于 1~2 个相邻省内、地区性种指分布于 3~6 个省内、广布种指分布于 7 个省以上

2.3.2 指标权重的确定及计算 将所得矩阵通过 Yaahp 0.6.0 软件计算指标的权重并检验矩阵的一致性(表 2、表 3)。通过表 2 和表 3 得到标准层 P 对目标层 A 的总排序数值(表 4)。

表 2 目标层 A 对约束层 C 的判断矩阵及一致性检验

Tab.2 A-C Judgement matrix and consistency test

| A              | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | C <sub>3</sub> | Wi     |
|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| C <sub>1</sub> | 1              | 1/3            | 1/5            | 0.5816 |
| C <sub>2</sub> | 3              | 1              | 1/2            | 0.3090 |
| C <sub>3</sub> | 5              | 2              | 1              | 0.1095 |

$\lambda_{max}:3.0037, CI=0.0019, CR=0.0036 < 0.1$

表 3 约束层 C 对标准层 P 的判断矩阵及一致性检验

Tab.3 C-P Judgement matrix and consistency test

| C <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> | P <sub>3</sub> | P <sub>4</sub> | Wi     |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| P <sub>1</sub> | 1              | 4              | 3              | 3              | 0.5019 |
| P <sub>2</sub> | 1/4            | 1              | 1/3            | 1/3            | 0.0838 |
| P <sub>3</sub> | 1/3            | 3              | 1              | 1/2            | 0.1718 |
| P <sub>4</sub> | 1/3            | 3              | 3              | 1              | 0.2425 |

$\lambda_{max}:4.144, CI=0.0480, CR=0.0539 < 0.1$

| C <sub>2</sub>  | P <sub>5</sub> | P <sub>6</sub> | P <sub>7</sub> | P <sub>8</sub> | P <sub>9</sub> | P <sub>10</sub> | P <sub>11</sub> | Wi     |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------|
| P <sub>5</sub>  | 1              | 3              | 2              | 3              | 5              | 2               | 3               | 0.2885 |
| P <sub>6</sub>  | 1/3            | 1              | 1/2            | 2              | 3              | 1/3             | 1               | 0.0974 |
| P <sub>7</sub>  | 1/2            | 2              | 1              | 3              | 5              | 1               | 2               | 0.1844 |
| P <sub>8</sub>  | 1/5            | 1/2            | 1/3            | 1              | 3              | 1/4             | 1/3             | 0.0651 |
| P <sub>9</sub>  | 1/5            | 1/3            | 1/3            | 1/5            | 1              | 1/5             | 1/3             | 0.0366 |
| P <sub>10</sub> | 1/2            | 3              | 1              | 4              | 5              | 1               | 3               | 0.2215 |
| P <sub>11</sub> | 1/3            | 1              | 1/2            | 3              | 3              | 1/3             | 1               | 0.1064 |

$\lambda_{max}:7.2466, CI=0.0411, CR=0.0302 < 0.1$

| C <sub>3</sub>  | P <sub>12</sub> | P <sub>13</sub> | P <sub>14</sub> | P <sub>15</sub> | P <sub>16</sub> | Wi     |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| P <sub>12</sub> | 1               | 3               | 1/3             | 1/3             | 2               | 0.1341 |
| P <sub>13</sub> | 1/3             | 1               | 1/7             | 1/7             | 1/2             | 0.0467 |
| P <sub>14</sub> | 3               | 7               | 1               | 2               | 5               | 0.4294 |
| P <sub>15</sub> | 3               | 7               | 7               | 1               | 4               | 0.3102 |
| P <sub>16</sub> | 1/2             | 2               | 1/4             | 1/4             | 1               | 0.0796 |

$\lambda_{max}:5.07, CI=0.0175, CR=0.0156 < 0.1$

从计算结果可以得知,约束层中药用价值(C1)所占权重相对较大,为 0.5816;药用价值体系中药效(P1)所占权重较大,为 0.5019;绿色观赏价值体系中开发现状(P5),所占权重较大,为 0.2885;使用价值体系中营养丰富度(P14)所占权重较大,为 0.4294。

2.3.3 层次总排序的计算 层次总排序指同一层次所有因素对于高层的相对重要性的排序数值,可

通过逐层计算得到.若上层 A 包括个 m 因素(A<sub>1</sub>……A<sub>m</sub>),其层次总排序数值为 W<sub>a1</sub>……W<sub>am</sub>.下层次 B 中包含 n 个因素(B<sub>1</sub>……B<sub>n</sub>),它们对因素 A<sub>i</sub>的层次单排序数值 B<sub>ij</sub>,以 W<sub>ai</sub>作为数值因子加数即可得 B 层总排序数值 WB<sub>ij</sub>,公式如下,计算结果如表 4 所示。

$$Wb_i = \sum_{j=1}^n \alpha a_j \cdot b_{ij}$$

表 4 标准层(P)对于目标层(A)的总排序数值

Tab.4 The total order for criterion hierarchy (P) related to objective hierarchy (A)

| P               | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | C <sub>3</sub> | P 层对 A 层总排序值 |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| P <sub>1</sub>  | 0.5816         | 0.3090         | 0.1095         | 0.2919       |
| P <sub>2</sub>  | 0.5019         | 0              | 0              | 0.0487       |
| P <sub>3</sub>  | 0.0838         | 0              | 0              | 0.0999       |
| P <sub>4</sub>  | 0.1718         | 0              | 0              | 0.1410       |
| P <sub>5</sub>  | 0.2425         | 0              | 0              | 0.0891       |
| P <sub>6</sub>  | 0              | 0.2885         | 0              | 0.0300       |
| P <sub>7</sub>  | 0              | 0.0974         | 0              | 0.0570       |
| P <sub>8</sub>  | 0              | 0.1844         | 0              | 0.0201       |
| P <sub>9</sub>  | 0              | 0.0651         | 0              | 0.0113       |
| P <sub>10</sub> | 0              | 0.0366         | 0              | 0.0684       |
| P <sub>11</sub> | 0              | 0.2215         | 0              | 0.0329       |
| P <sub>12</sub> | 0              | 0.1064         | 0              | 0.0147       |
| P <sub>13</sub> | 0              | 0              | 0.1341         | 0.0051       |
| P <sub>14</sub> | 0              | 0              | 0.4294         | 0.0470       |
| P <sub>15</sub> | 0              | 0              | 0.3102         | 0.0340       |
| P <sub>16</sub> | 0              | 0              | 0.0796         | 0.0087       |

由于 A 与 C 是完全对应关系,且只有一个因素,所以总排序数值也就是矩阵的单排序数值,检验如下:

$$CR = \frac{\sum_{i=1}^3 C_i CI_i}{C_i RI_i}$$

计算得到 CR=0.0401<0.1,故层次总排序结果有满意的一致性。

2.3.4 植物最终评价得分计算 根据对四川省胡颓子属植物资源的多次实地考察与记录并结合相关文献资料<sup>[10-20]</sup>,对每种植物按照表 1 所列标准进行评分,再根据各层次的排序权值逐一计算,最终得出每种胡颓子属植物的综合评价分值。

### 3 结果与分析

#### 3.1 四川省胡颓子属植物概况

3.1.1 四川省胡颓子属植物种类及分布 根据《Flora of China》<sup>[2]</sup>,四川省有胡颓子属植物 17 种(包括 2 变种)。通过对四川省胡颓子属植物标本数

数据库的统计及资料的查阅与补充, 四川省有胡颓子属植物 20 种(2 变种)(表 5), 约占我国该属植物种数的 30%; 其中四川胡颓子、狭叶木半夏和细枝木半夏为四川省特有. 新增加胡颓子(*E. pungens*)、

绿叶胡颓子(*E. viridis*)和角花胡颓子(*E. gonyanthes*)3 个种为四川省胡颓子属植物地理分布新纪录(表 6).

表 5 四川省胡颓子属植物及其分布概况  
Tab. 5 The distribution of Sichuan Elaeagnus

| 种名     | 拉丁名                                | 分布   | 海拔               |
|--------|------------------------------------|--|------------------|
| 牛奶子    | <i>E. umbellata</i>                | 绵阳市、甘孜州、凉山州、阿坝州、乐山市、眉山市、雅安市、成都市、德阳市、巴中市、广元市    | (100-)500~3900   |
| 长叶胡颓子  | <i>E. bockii</i>                   | 天全县、平武县、乐山市、宜宾市、雷波县、雅安市、汶川县、宝兴县、成都市、茂县、万源市     | 380~2900         |
| 披针叶胡颓子 | <i>E. lanceolata</i>               | 乐山市、成都市、康定县、汶川县、雅安市、木里县、西昌市、茂县、冕宁县、石棉县、绵阳市、万源市 | 300~2900         |
| 狭叶木半夏  | <i>E. angustata</i>                | 康定县、木里县、理县、宝兴县、冕宁县、金阳县、雅安市、成都市                 | 1900~3230        |
| 南川牛奶子  | <i>E. nanchuanensis</i>            | 雷波县、眉山市、成都市、宜宾市、宝兴县                            | 700~1600         |
| 木半夏    | <i>E. multiflora</i>               | 金阳县、石棉县、康定县、宝兴县、成都市、雷波县、雅安市、巴中市                | < 3100           |
| 星毛羊奶子  | <i>E. stellipila</i>               | 成都市、雅安市、眉山市、宜宾市、乐山市                            | 500~1200         |
| 巫山牛奶子  | <i>E. wushanensis</i>              | 万源市、绵阳市、泸州市、巴中市                                | 1000~2300        |
| 绿叶胡颓子  | <i>E. viridis</i>                  | 攀枝花市、成都市                                       | 500~2400         |
| 巴东胡颓子  | <i>E. difficilis</i>               | 眉山市、宜宾市、成都市                                    | 600~2170         |
| 胡颓子    | <i>E. pungens</i>                  | 成都市、宜宾市、雅安市                                    | < 1100           |
| 角花胡颓子  | <i>E. gonyanthes</i>               | 宜宾市、万源市  | <1300            |
| 银果牛奶子  | <i>E. magna</i>                    | 雷波县、成都市  | 100~1520         |
| 文山胡颓子  | <i>E. wenshanensis</i>             | 泸州市  | 1600~2000        |
| 兴文胡颓子  | <i>E. xingwenensis</i>             | 宜宾市  | ≈1200            |
| 蔓胡颓子   | <i>E. glabra</i>                   | 宜宾市、泸州市  | <1000            |
| 细枝木半夏  | <i>E. multiflora var. tenuipes</i> | 峨眉山  | About 1800       |
| 宜昌胡颓子  | <i>E. henryi</i>                   | 万源市、广元市、广安市、达州市、泸州市                            | 500~1800(-2700)  |
| 木里胡颓子  | <i>E. bockii var. muliensis</i>    | 木里县  | 1800~2400(-2900) |
| 四川胡颓子  | <i>E. davidii</i>                  | 四川省  |                  |

(由于牛奶子分布较为广泛, 所以表中分布区以州、市为单位列出)

表 6 四川省胡颓子属植物地理分布新纪录  
Tab. 6 The new record of *Elaeagnus* plants distribution in Sichuan

| 代表凭证标本号  | 种名    | 拉丁名                  | 分布               |
|--|-------|----------------------|------------------|
| SZ00088409<br>SZ00088920<br>SZ00300765               | 胡颓子   | <i>E. pungens</i>    | 峨眉山市、石棉县、都江堰市    |
| SZ00301545<br>SZ00301805<br>PE01850118<br>PE01015436 | 绿叶胡颓子 | <i>E. viridis</i>    | 米易县、成都市、盐边县、峨眉山市 |
| PE01534995   | 角花胡颓子 | <i>E. gonyanthes</i> | 万源市              |

3.1.2 四川省水平分布最广的三个种的潜在分布区预测 在数据库中选取在四川省水平分布最广

的牛奶子、长叶胡颓子、披针叶胡颓子三个种, 作出其潜在分布区图及四川省海拔热度图(图 2).

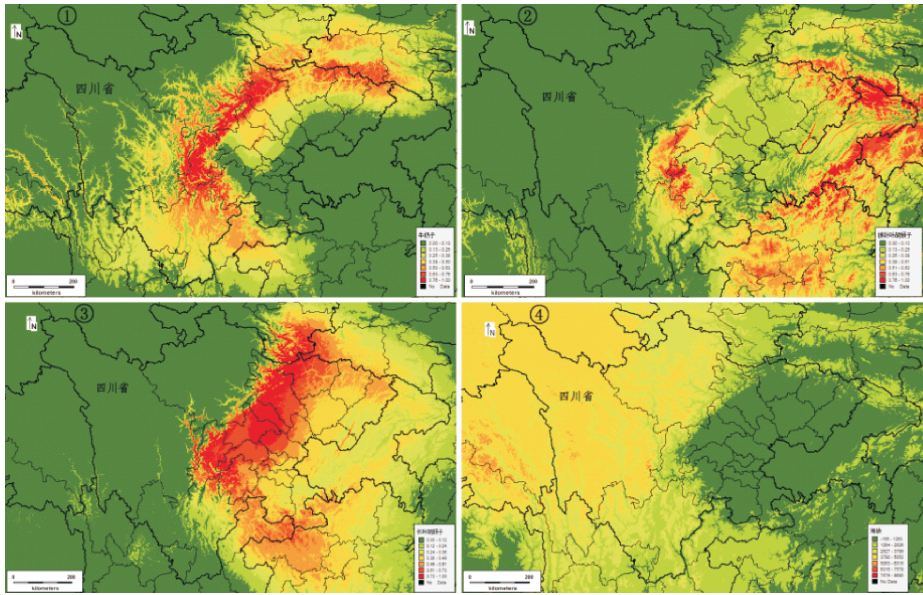


图 2 胡颓子属三种植物的潜在分布区图  
 (①牛奶子②披针叶胡颓子③长叶胡颓子④四川省海拔热度图)  
 Fig. 2 The potential distribution area of 3 species of *Elaeagnus*  
 (①*E. umbellata* ②*E. lanceolata* ③*E. bockii* ④The heat map of altitude)

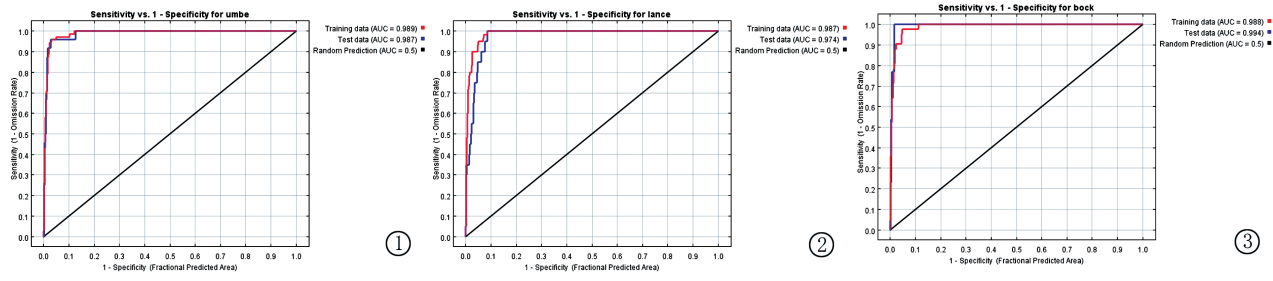


图 3 预测结果的 ROC 曲线  
 Fig. 3 The ROC curve of the predicted results

将三种植物的潜在分布区图与四川省海拔热度图对比得知,三种植物,尤其是牛奶子和长叶胡颓子,在四川省的密集分布区位于川西北高海拔地区向东部低海拔地区过渡的地带(ft. 1264-2526)及部分低海拔地区(ft. <1264). 海拔过渡带内生态因子复杂多变,导致了该区域内物种形成了较强的适应能力,分布于高低海拔过渡带的植物更具有被引种到低海拔推广应用的潜力. 目前将高海拔地区植物直接引种到低海拔城区应用非常困难,广泛分布于中低海拔地区的种类对低海拔城区的生态条件适应力相对较强且离城市也比较近,更容易引种成功且省时省力. 因此引种宜选取中海拔地区广泛分布、应用价值高的种类.

利用 ROC 曲线分析法对 MaxEnt 预测的 3 种胡颓子属植物的潜在分布区进行精度检验(图 3),得到的平均训练集 AUC 值均大于 0.970,表明此模型对 3 种胡颓子属植物潜在分布区的预测效

果非常好.

由于四川省其他胡颓子属种类由于标本采集数量较少,导致可利用的分布数据就较少,因此无法对其进行潜在分布区的预测.

### 3.2 四川省胡颓子属植物资源良种选育体系的建立及评价

3.2.1 植物最终评价得分计算 通过对每种植物按照表 1 打分,再根据各层次的排序权值逐一计算,最终得出胡颓子属植物的综合评价分值:长叶胡颓子(2.5731)、角花胡颓子(2.5025)、披针叶胡颓子(2.4538)、牛奶子(2.0214)、南川牛奶子(1.9397)、巫山牛奶子(1.9372)、胡颓子(1.9316)、蔓胡颓子(1.7514)、木半夏(1.7082). 从计算结果可将此 9 种植物分为三个等级,综合价值高:长叶胡颓子、角花胡颓子和披针叶胡颓子,综合价值一般:牛奶子、南川牛奶子、巫山牛奶子、胡颓子,综合价值低:蔓胡颓子、木半夏.

3.2.2 对20种植物的绿化观赏价值的评价 利用良种选育体系中的绿化观赏子系统对20种(包括2变种)胡颓子属植物的绿化观赏价值进行整体评价,每种植物的标准层因子得分及最终得分见表

表7 20种植物的绿化观赏价值评分  
Tab.7 The ornamental value of 20 species

| 种类     | 开发现状 | 生活型 | 垂直分布 | 花期 | 花期长 | 果期 | 果期长 | 得分     |
|--------|------|-----|------|----|-----|----|-----|--------|
| 角花胡颓子  | 3    | 3   | 3    | 2  | 1   | 2  | 1   | 2.4271 |
| 长叶胡颓子  | 3    | 3   | 3    | 2  | 1   | 1  | 1   | 2.2056 |
| 宜昌胡颓子  | 3    | 3   | 3    | 2  | 1   | 1  | 1   | 2.2056 |
| 蔓胡颓子   | 3    | 3   | 2    | 2  | 2   | 1  | 1   | 2.0578 |
| 绿叶胡颓子  | 3    | 3   | 2    | 2  | 1   | 1  | 1   | 2.0212 |
| 巴东胡颓子  | 3    | 3   | 2    | 2  | 1   | 1  | 1   | 2.0212 |
| 木里胡颓子  | 3    | 3   | 2    | 2  | 1   | 1  | 1   | 2.0212 |
| 四川胡颓子  | 3    | 3   | 2    | 2  | 1   | 1  | 1   | 2.0212 |
| 巫山胡颓子  | 3    | 1   | 2    | 1  | 2   | 2  | 1   | 2.0194 |
| 披针叶胡颓子 | 2    | 3   | 3    | 2  | 2   | 1  | 1   | 1.9537 |
| 银果牛奶子  | 3    | 1   | 3    | 1  | 1   | 1  | 1   | 1.9457 |
| 木半夏    | 3    | 1   | 3    | 1  | 1   | 1  | 1   | 1.9454 |
| 胡颓子    | 2    | 3   | 2    | 2  | 2   | 1  | 2   | 1.9316 |
| 文山胡颓子  | 3    | 3   | 1    | 2  | 2   | 1  | 1   | 1.8734 |
| 兴文胡颓子  | 3    | 3   | 1    | 2  | 1   | 1  | 1   | 1.8368 |
| 牛奶子    | 1    | 1   | 3    | 1  | 1   | 3  | 1   | 1.8117 |
| 南川牛奶子  | 3    | 1   | 2    | 1  | 1   | 1  | 1   | 1.7613 |
| 星毛羊奶子  | 3    | 1   | 2    | 1  | 1   | 1  | 1   | 1.7613 |
| 狭叶木半夏  | 3    | 1   | 1    | 1  | 1   | 1  | 1   | 1.5769 |
| 细枝木半夏  | 3    | 1   | 1    | 1  | 1   | 1  | 1   | 1.5769 |

## 4 讨论

### 4.1 基于 MaxEnt 生态学模型的植物潜在种植区预测模型的有效性

用 MaxEnt 预测了牛奶子、披针叶胡颓子和长叶胡颓子潜在分布区,显示三种植物集中分布于高低海拔的过渡带内.由于过渡带内生态因子较为复杂,导致植物的适应能力较强,所以分布区相对较广泛,有利于引种.此外,人类引种和栽培种活动正好突破了 MaxEnt 模型设计原理假定限制<sup>[21]</sup>,因此有效性更高.为避免盲目扩大引种造成的损失,采用基于 MaxEnt 生态学模型的植物在中国的潜在种植区预测,可为指导引种、重点开发经济价值较大的植物和扩大种植面积提供科学参考.

### 4.2 胡颓子属植物资源良种选育体系建立的科学性及其可行性

根据四川省胡颓子属植物资源的特点,并结合相关研究成果从药用价值、绿化观赏价值和食用价

值.结果显示角花胡颓子、长叶胡颓子和宜昌胡颓子绿化观赏价值得分最高,可以优先尝试这3种植物进行园林推广应用.

值三个子系统分16个评价指标首次构建了胡颓子属植物良种选育体系.由于评价指标选取客观和全面,并结合专家评分进行了定量分析,使得筛选结果科学可靠,且体系可操作性较强.研究中显示长叶胡颓子、角花胡颓子和披针叶胡颓子的综合应用价值较高,目前长叶胡颓子和披针叶胡颓子作为观赏植物和药用植物已进行了相关开发利用,而角花胡颓子因其药用价值优势在抗炎镇痛、抗肿瘤等得到重视和研究.基于良种选育体系的评价结果和植物在实际应用中的情况表现一致,显示了胡颓子属植物资源良种选育体系建立的科学性及其可行性.因此在资源的保护和开发利用中,可根据此良种选育体系对植物的综合应用价值进行科学、全面的评价,但是还应综合考虑其资源储备情况,最终科学地指导资源优先保护还是优先开发利用.

本研究中对9种胡颓子属植物进行了良种选育体系的建立和筛选,原因在于其它种类的研究欠缺甚至空白,所以无法对其综合价值进行科学的评

价,仅对绿化观赏价值进行了评价.在后期研究中应加强这些物种的调查及相关研究,填补评价指标数据的空白,以更好地综合评价该属植物并指导开发利用.

通过胡颓子属数据库的构建、统计分析和良种选育体系建立及评价,丰富了四川省胡颓子属植物资源的统计和新记录,为胡颓子属植物在药用、食用和观赏资源等方面的开发利用提供了详实信息和科学指导.

#### 参考文献:

- [1] Qin H N, Gilbert M G. Flora of China [M]. Vol. 13. Beijing: Science Press and Missouri Botanical Garden, 2007.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志·第五十二卷第二分册[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [3] Ha wker L E, Fraymouth J. A reinvestigation of the root-nodules of species of *Elaeagnus*, *Hippophae*, *Alnus* and *Myrica*, with special reference to the morphology and life histories of the causative organisms [J]. *Microbiol*, 1951, 5: 369.
- [4] 陆俊, 王珺, 成策, 等. 胡颓子属植物化学成分与药理活性研究进展[J]. *中药材*, 2015, 38: 855.
- [5] 四川植物志编辑委员会. 四川植物志: 第十七卷[M]. 四川: 民族出版社, 2007.
- [6] 李晓江, 刘建林, 罗强, 等. 四川攀西胡颓子属植物资源调查研究[J]. *北方园艺*, 2012, 38: 97.
- [7] 陈新. 川渝地区胡颓子属药用植物资源研究[J]. *成都中医药大学学报*, 2001, 24: 40.
- [8] 杨华侨, 陈霞连, 白洁, 等. 四川省杜鹃属植物大数据的分析及园林推广优先应用种类的筛选[J]. *四川大学学报: 自然科学版*, 2017, 54: 1094.
- [9] 张朝芳. 一种评价陆地植物资源利用前景的估量方法——以浙江药用蕨类为例[J]. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1984, 3: 217.
- [10] 陈迪新, 邓元平, 赵静, 等. 长叶胡颓子果实的主要营养成分分析[J]. *营养学报*, 2013, 5: 519.
- [11] 陈礼清, 宫渊皮, 邓玉林. 胡颓子果实营养成分分析及加工利用初研[J]. *四川林业科技*, 2000, 21: 28.
- [12] 邓玉林, 宫渊波, 陈礼清. 四川野生果用胡颓子生长区划及加工特性研究[J]. *四川农业大学学报*, 2000, 18: 160.
- [13] 李聪. 胡颓子属 3 种叶类药材的鉴定与品质研究[D]. 武汉: 中南民族大学, 2012.
- [14] 李玉山, 李田, 谭志鑫, 等. 长叶胡颓子降血糖、血脂及抗脂质过氧化作用的研究[J]. *安徽医药*, 2005, 9: 489.
- [15] 胡海涛, 程珍霞, 李玲艳, 等. 胡颓子属 5 种植物果实主要类胡萝卜素成分及含量[J]. *植物学报*, 2016, 51: 306.
- [16] 黄浩, 赵鑫, 姜标. 胡颓子科植物化学成分研究概况[J]. *中草药*, 2006, 37: 307.
- [17] 高学玲, 汪维云, 岳鹏翔. 野生木半夏饮料的开发研究[J]. *饮料工业*, 2001, 14: 34.
- [18] 杨嘉. 黎药角花胡颓子药理作用和机理及其安全性评价研究[D]. 重庆医科大学, 2012.
- [19] 毛学文. 披针叶胡颓子果实营养成分的测定[J]. *植物学通报*, 1997, 14: 60.
- [20] 杨燕红. 胡颓子属植物研究进展[J]. *北方园艺*, 2011, 37: 19.
- [21] Svenning J C, Normand S, Skov F. Postglacial dispersal limitation of widespread forest plant species in nemoral Europe [J]. *Ecography*, 2008, 31: 316.

#### 引用本文格式:

中文: 谭迎春, 杨华侨, 邵平悦, 等. 四川省胡颓子属植物资源多样性分析及良种选育[J]. *四川大学学报: 自然科学版*, 2018, 55: 889.

英文: Tan Y C, Yang H Q, Shao P Y, *et al.* The diversity analysis and improved varieties selecting of *Eleagnus* in Sichuan province [J]. *J Sichuan Univ; Nat Sci Ed*, 2018, 55: 889.