



# 血皮槭 AHP 评价体系的建立及品种选育中的应用

李红喜<sup>1</sup>, 乔琦<sup>2</sup>, 康战芳<sup>1</sup>, 郭幸飞<sup>2</sup>

(1. 栾川县林业局, 河南 洛阳 471500; 2. 河南科技大学 农学院, 河南 洛阳 471023)

**摘要:**为促进血皮槭的推广和发展,通过 AHP 综合评价体系,对血皮槭品种选育相关的 14 个评价因子进行了层次分析和权重值排序。在该评价体系中,各个指标相对重要性的权重、各指标的评价标准及划分等级标准,构成血皮槭品种选育中完善的评价体系。在各个评价指标中,秋季叶色( $P_1$ )、树干颜色( $P_7$ )、变叶时间( $P_2$ )、冠型( $P_9$ )四项指标占到总目标权重的 50.91%,说明其观赏价值是血皮槭品种选育中最重要的因素。此次综合评价为 I 级( $>4.0$ )的有 4 个单株,分别是 XY-SC008、XY-Q007、XY-S004 和 XY-T023,说明其具备新品种培育的价值。

**关键词:**血皮槭;AHP 综合评价体系;品种选育

血皮槭(*Acer griseum*)为槭树科槭属树种,我国特有种和濒危种,主要分布在河南西南部、陕西南部、甘肃东南部、湖北西部和四川东部,是优良的绿化树种<sup>[1]</sup>。其树冠紧凑,其抗寒性、抗病虫性和广泛的适应性和观叶、观干等多重观赏性使它成为理想的园林景观住宅树种,其剥离的肉桂红色和整齐的三小叶等主要景观,被引种人威尔逊认定为发现的中国最好的枫树。血皮槭是爱尔兰引进树种中生长最好的树种之一,也是芝加哥常用的外来树种之一。同时,血皮槭与美国红枫、银槭、挪威槭、三角枫等相比,对蓑蛾等虫害抗性更强,在积雪 20~25 cm,在-30~28℃连续 3 d 极端气温的情况下,血皮槭主干无损伤,说明其抗虫性和抗逆性均较强,是世界园林中可以放心使用的树种,在欧洲、美洲、亚洲均有种植,1993 年血皮槭获得英国皇家园艺学会园艺奖<sup>[2-6]</sup>。《中国主要栽培珍贵树种参考名录(2017 版)》,排在落叶硬木类树种第一位,被列为《北京市主要常规造林树种目录》中 54 个树种之一。

伏牛山作为血皮槭分布的中心地带,处于中国槭树科植物分布中心向华北、西北、华东扩散的通道上,是河南省槭树科树种的现代分布中心<sup>[7]</sup>。经中国林科院和国家林业局林木培育重点实验室通过 STRAUCTURE 聚类分析研究表明,伏牛山

血皮槭遗传资源涵盖两个分类类群,群体遗传分化程度更高<sup>[8]</sup>。通过调查发现,两个类群在伏牛山北坡交叉分布,这说明伏牛山北坡血皮槭基因库更加丰富,同时也为血皮槭繁衍提供更大的基因变异空间<sup>[9]</sup>。据记载,血皮槭的过去 3 个世代种群数量至少减少 50%,但濒危原因目前尚不清楚<sup>[10]</sup>。为加强血皮槭种质资源保护,河南省林业厅 2015 年在伏牛山北坡的栾川县庙子镇建立血皮槭种质资源原地保存库,2017 年在栾川县赤土店镇建立种质资源原地保存库,共保存野生种质资源 10.67 hm<sup>2</sup>。

由于血皮槭种质资源遗传自然变异较大,观赏一致性较差、适应能力和生长特性各异,不利于血皮槭的推广和发展,如何建立一套完善的综合评价体系,并在实际中进行应用,成为本次研究的关键问题。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验材料来自栾川县种质资源保存库、伏牛山北坡的野生单株和血皮槭种子播种苗单株,苗龄均为 5 年生。2015 年选出 105 个单株,2016 年对初选的单株进行观察,保留性状较好单株 23 株,2017 年对复选的单株持续观察后保留的 12 株优良单株进行综合分析,12 株单株编号分别为:XY-S004、XY-T010、XY-Q004、XY-Q007、XY-T008、XY-T023、XY-C005、XY-C012、XY-SC006、XY-SC007、XY-SC008、XY-SC012。

### 1.2 方法

对 12 株优良单株通过观赏性状、适应能力和生长特性 3 个方面进行对比,以秋季叶色、保持时

收稿日期:2018-09-18

基金项目:河南省“三区人才”资助项目(2015269229 5062814)。

第一作者简介:李红喜(1974-),男,硕士,高级工程师,从事特色乡土植物和生态修复研究。E-mail:lcxcyb@163.com。

通讯作者:乔琦(1971-),女,博士,副教授,从事珍稀观赏植物的保护生物学研究。E-mail:nxyqiao@163.com。

间、变叶时期、叶型、叶面积、干性、树干颜色、树皮脱落情况、冠型、生长速度、根系形态、抗寒性、抗旱性、抗病虫害作为具体评价指标,对 14 项指标进行观察记录,作为基础数据进行研究。

1.2.1 层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 根据血皮槭的具体评价指标,建立递阶层次结构评价模型,该模型为 4 层,分别为目标层、约束层、标准层和最底层<sup>[11-13]</sup>。目标层 A:对血皮槭优良单株进行综合评价,选择出综合性状最优的血皮槭品种。约束层 C:即制约和限制血皮槭观赏价值和应用价值的各种因素,分别为观赏价值( $C_1$ )、生长特性( $C_2$ )、适应能力( $C_3$ )。其中观

赏价值( $C_1$ )又分为叶( $H_1$ )、干( $H_2$ )、冠( $H_3$ )三个子约束层。标准层 P:即约束层的具体评价指标,借鉴国内外彩叶树种综合评价指标,确定 14 项指标,作为具体评价指标,分别为:秋季叶色( $P_1$ )、保持时间( $P_2$ )、变叶时期( $P_3$ )、叶型( $P_4$ )、叶片大小( $P_5$ )、干性( $P_6$ )、树干颜色( $P_7$ )、树皮脱落情况( $P_8$ )、冠型( $P_9$ )、生长速度( $P_{10}$ )、根系形态( $P_{11}$ )、抗寒性( $P_{12}$ )、抗旱性( $P_{13}$ )、抗病虫害( $P_{14}$ )。最底层 D:待评价的经过初选的 12 株血皮槭优良单株。通过建立血皮槭层次分析法构成多层次分析结构模型(图 1)。

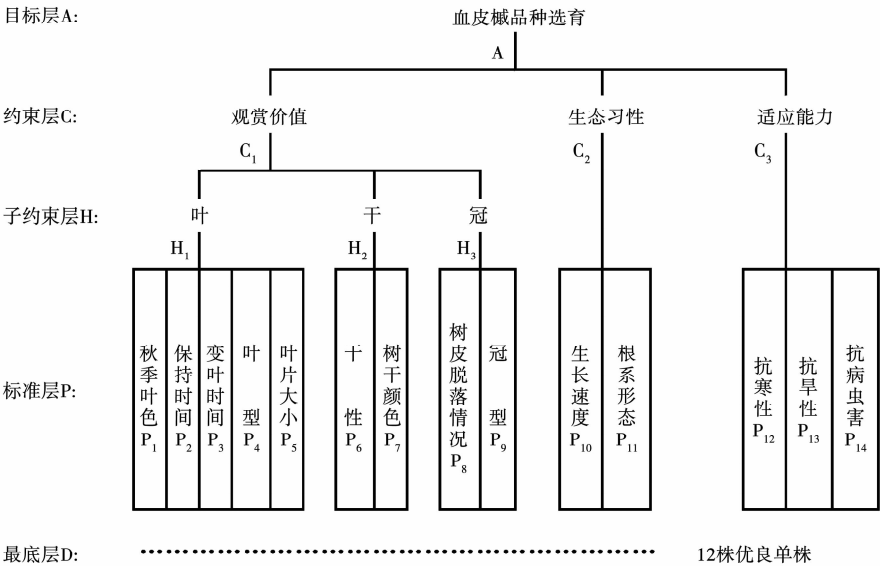


图 1 血皮槭品种选育综合评价指标体系结构模型

Fig. 1 Structural model of APH evaluation system for variety breeding of *Acer griseum*

1.2.2 综合评价方法 综合评价指数用  $Y = \sum W_i Y_i$  计算个树种的综合指数。式中,  $W_i$  表示第  $i$  项指标的权重;  $Y_i$  为第  $i$  项指标的分值,  $Y$  值越大, 该单株的综合值就越高。运用上述公式计算可得到各个优良单株的综合得分, 这个得分就是各个优良单株的综合指数<sup>[14]</sup>。利用层次分析法对血皮槭的各优良单株评价指标进行整合, 建立血皮槭递阶层次结构体系, 各项指标的评分标准是根据血皮槭长期观察基础上, 广泛征求行业专家意见确定的, 通过对血皮槭观赏性状、适应能力和生长等特性, 拟定了 5 分制的评分标准进行评价<sup>[15]</sup>, 评价结构体系专家选定范围为从事园林绿化科研、设计、施工及血皮槭苗木培育的专业人员(表 1)。

1.3 综合评价体系应用检验

在利用血皮槭综合应用评价体系后, 打分专家到实地对各个单株实际情况进行实地检验。

2 结果与分析

2.1 各评价指标的相对重要性

在 AHP 综合评价体系中, 各评价指标的相对重要性是评价的重要基础和依据。这些指标的确定通过苗木生产和科研、设计及施工专业人士来完成。经过专业人士评议, 确定总目标需要的层次数, 并确立层次分析的判断矩阵, 来计算某一层指标相对于上一层指标的相对重要性权值。在各个指标权重评判过程中, 采取专家打分法, 通过运用 1~9 比标度法, 将各层各个指标的相对重要性数量化, 加权平均后得出权重值。并建立血

皮槭判断矩阵,进行一致性检验后,具有满意的一致性。

表 1 血皮槭评分标准

Table 1 Standard for evaluation of *Acer griseum*

植株部位 Plant parts	指标层	评分标准 Standard for evaluation				
		5	4	3	2	1
叶	秋季叶色	鲜红( # FF0000)纯正 一致	橙红( # FF4500) 一致	珊瑚红( # FF7F50) 一致	橘红( # E47833) 一致	浅红( # FFA07A) 不一致
	保持时间	≥15 d	13~14 d	11~12 d	9~10 d	<9 d
	变叶时期	10 月 15 日以前	10 月 16-20 日	10 月 21-25 日	10 月 25-30 日	10 月 30 日以后
	叶型	顶小叶与侧小叶 间距<0.10 cm	顶小叶与侧小叶 间距 0.10~0.49 cm	顶小叶与侧小叶 间距 0.50~0.99 cm	顶小叶与侧小叶 间距 1.00~1.49 cm	顶小叶与侧小叶 间距>1.50 cm
	叶片长	≥17 cm	15~17 cm	13~14 cm	11~12 cm	<11 cm
	宽	≥13 cm	≥133 cm	12~13 cm	11~12 cm	<12 cm
	干性	2.5 m 以下主干 弯曲≤2 cm	2.5 m 以下主干 弯曲 2.1~4.0 cm	2.5 m 以下主干 弯曲 4.1~7.0 cm	2.5 m 以下主干 弯曲 7.1~10.0 cm	2.5 m 以下主干 弯曲>10.0 cm
	树干颜色	橘红( # E47833)	铁红( # A0522D)	紫红( # DB7093)	棕褐( # DB9370)	深棕( # 97694F)
	树皮脱落情况	≥80%脱落	50%~79%脱落	30%~49%脱落	10%~29%脱落	<10%脱落
冠	冠型	枝平均开张角度 ≤40°	枝平均开张角度 41°~50°	枝平均开张角度 51°~60°	枝平均开张角度 61°~70°	枝平均开张角度 >70°
	树干生长速度	≥1.00 cm·h <sup>-1</sup>	0.80~0.99 cm·h <sup>-1</sup>	0.60~0.79 cm·h <sup>-1</sup>	0.40~0.59 cm·h <sup>-1</sup>	<0.40 cm·h <sup>-1</sup>
	根系形态	主根不明显 侧根≥14 条	主根不明显 侧根 11-13 条	主根明显 侧根 8-10 条	主根明显 侧根 5-7 条	主根优势极强 侧根<5 条
	抗寒性	-15℃时当年小枝 抽梢=0	-15℃时当年小枝 0<抽梢<1/5	-15℃时当年小枝 1/5<抽梢<1/2	-15℃时当年小枝 1/2<抽梢<1/5	-15℃时当年小枝 抽梢≥1
	抗热性	叶缘焦边 0 mm	叶缘焦边 0~2.0 mm	叶缘焦边 2.1~4.0 mm	叶缘焦边 4.1~6.0 mm	叶缘焦边 >6.0 mm
	抗病虫害	无	1 种	1-2 种	2 种	2 种以上

2.2 各评价指标对于总目标的权重计算

同一层次所有指标相对于最高层次(A)的相对重要性的排序数值,为层次总排序。在血皮槭综合评价指标中,依据多层次分析结构模型图,通过标准层(P)各因子相对于约束层(C)的重要性权值,以及约束层(C)各因子相对于目标层(A)的重要性权值,建立综合评价体系及权重表。按照综合评价体系及权重,计算出各评价指标(P)相对于总目标(A)的权值,得到总的排序(Wi),并列 出各个评价指标(P)的相对重要性排名(表 2)。秋季叶色(P<sub>1</sub>)的权重值最大,占到 18.10%,说明在血皮槭优良品种选择中,秋季叶色是最重要的一项指标;其次是树干颜色(P<sub>7</sub>),其权重值为 12.38%;再次是保持时间(P<sub>2</sub>),权重值 10.29%;第四是冠型(P<sub>9</sub>),权重值为 10.14%。前 4 项指标占到总目标权重的 50.91%,其余指标权重相对较小。这说明在血皮槭优良品种选育过程中,

表 2 综合评价体系及权重

Table 2 Comprehensive evaluation system and weight

	项目 Items	权重值 Weight	总排序 Wi	排名 Ranking
目标层 A	选择最优的血皮槭 优良单株	1		
约束层 C	观赏价值 C <sub>1</sub>	0.7546		
	生长特性 C <sub>2</sub>	0.0816		
	适应能力 C <sub>3</sub>	0.1638		
子约束层 H	叶 H <sub>1</sub>	0.5185		
	干 H <sub>2</sub>	0.2840		
	冠 H <sub>3</sub>	0.1975		
标准层 P	秋季叶色 P <sub>1</sub>	0.2398	0.1810	1
	保持时间 P <sub>2</sub>	0.1363	0.1029	3
	变叶时期 P <sub>3</sub>	0.0757	0.0571	8

续表 2

项目 Items	权重值 Weight	总排序 Wi	排名 Ranking
叶型 P <sub>1</sub>	0.0414	0.0313	12
叶片大小 P <sub>5</sub>	0.0252	0.0190	13
干性 P <sub>6</sub>	0.1199	0.0905	5
树干颜色 P <sub>7</sub>	0.1641	0.1238	2
树皮脱落情况 P <sub>8</sub>	0.0631	0.0476	9
冠型 P <sub>9</sub>	0.1344	0.1014	4
树干生长速度 P <sub>10</sub>	0.8248	0.0673	7
根系形态 P <sub>11</sub>	0.1751	0.0143	14
抗寒性 P <sub>12</sub>	0.5233	0.0857	6
抗旱性 P <sub>13</sub>	0.2326	0.0381	11
抗病虫害 P <sub>14</sub>	0.2442	0.0400	10

秋季叶色(P<sub>1</sub>)、树干颜色(P<sub>7</sub>)、保持时间(P<sub>2</sub>)、冠型(P<sub>9</sub>)是最主要的指标。即观赏价值(C<sub>1</sub>)与生长特性(C<sub>2</sub>)和适应能力(C<sub>3</sub>)相比,观赏价值(C<sub>1</sub>)是最重要的约束指标,反应在子约束层(H)表现方面,4 个指标中叶(H<sub>1</sub>)的权重较大,在 4 个主要指标中,占了2 个,为主要指标权重的 55.76%,说明在血皮槭优良品种选育中,叶片观赏指标是最重要的,只有重视叶色和变叶时间的选育,才能满足人们对血皮槭应用的需求。

把各评价指标(P)的权重×各单株的 5 分制评分结果,求和后得出各个单株的综合评价价值(表3)。综合评价后,通过分值将应用价值分为 2 级:Ⅰ级(≥4.0)是具有优良应用价值的血皮槭品种,Ⅱ级(<4)是不具有优良应用价值的血皮槭

表 3 血皮槭优良单株综合评价结果

Table 3 Comprehensive evaluation result of excellent individual plant of <i>Acer griseum</i>									
代号 Code	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>
XY-S004	0.7238	0.4114	0.1143	0.0938	0.0762	0.4524	0.6190	0.1905	0.3042
XY-T010	0.9048	0.3086	0.2857	0.0938	0.0571	0.2714	0.3714	0.1429	0.2028
XY-Q004	0.3619	0.3086	0.1714	0.1250	0.0762	0.2714	0.3714	0.1429	0.2028
XY-Q007	0.9048	0.4114	0.2286	0.0938	0.0952	0.4524	0.6190	0.1905	0.3042
XY-T008	0.5429	0.3086	0.1143	0.0625	0.0381	0.2714	0.3714	0.1429	0.3042
XY-T023	0.7238	0.5143	0.1714	0.0938	0.0571	0.2714	0.6190	0.1905	0.5070
XY-C005	0.5429	0.3086	0.1714	0.0938	0.0381	0.3619	0.2476	0.0952	0.2028
XY-C012	0.5429	0.2057	0.1143	0.0938	0.0762	0.4524	0.2476	0.0952	0.3042
XY-SC006	0.5429	0.4114	0.1714	0.1563	0.0952	0.4524	0.4952	0.1429	0.3042
XY-SC007	0.5429	0.3086	0.2857	0.0938	0.0571	0.2714	0.4952	0.1429	0.2028
XY-SC008	0.9048	0.5143	0.1714	0.0938	0.0571	0.4524	0.4952	0.1429	0.5070
XY-SC012	0.9048	0.4114	0.1714	0.0938	0.0571	0.1810	0.6190	0.1905	0.2028
代号 Code	P <sub>10</sub>	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>13</sub>	P <sub>14</sub>	综合得分	得分排名	综合评价价值	
XY-S004	0.3365	0.0429	0.4286	0.1524	0.1602	4.1061	3	Ⅰ	
XY-T010	0.2019	0.0429	0.4286	0.1524	0.1602	3.6244	6	Ⅱ	
XY-Q004	0.2019	0.0429	0.3429	0.1143	0.1602	2.8937	10	Ⅱ	
XY-Q007	0.3365	0.0286	0.3429	0.1524	0.1602	4.3204	2	Ⅰ	
XY-T008	0.1346	0.0429	0.2571	0.0762	0.1202	2.7872	12	Ⅱ	
XY-T023	0.2019	0.0429	0.3429	0.1524	0.1602	4.0486	4	Ⅰ	
XY-C005	0.2019	0.0429	0.2571	0.1143	0.1202	2.7986	11	Ⅱ	
XY-C012	0.2019	0.0571	0.3429	0.1143	0.1202	2.9686	9	Ⅱ	
XY-SC006	0.2019	0.0429	0.3429	0.1524	0.2003	3.7121	5	Ⅱ	
XY-SC007	0.1346	0.0429	0.1714	0.1143	0.1202	2.9837	8	Ⅱ	
XY-SC008	0.3365	0.0429	0.4286	0.1524	0.2003	4.4994	1	Ⅰ	
XY-SC012	0.1346	0.0571	0.2571	0.1143	0.1202	3.5151	7	Ⅱ	

品种(表 5)。由表 3 可以看出,综合评价为 I 级( $>4.0$ )的有 4 个单株,分别是 XY-SC008、XY-Q007、XY-S004 和 XY-T023,说明其具备新品种培育的价值;剩余的 8 个单株则不具备培育价值。

为了检验血皮槭综合应用评价体系,打分专家又到实地对各个单株进行实地复核,复核结果与评价结果基本一致,说明该体系适宜作为血皮槭新品种选育的优选评价体系。

### 3 结论与讨论

通过对选出的 105 株血皮槭单株进行持续观察,确定了 12 株优良单株作为此次综合应用评价的单株,说明前期在各项评价指标上已进行了初步检验。通过 AHP 综合评价体系,对血皮槭品种选育相关的 14 个评价因子进行了层次分析和权重值排序,综合评价为 I 级( $>4.0$ )的有 4 个单株,分别是 XY-SC008、XY-Q007、XY-S004 和 XY-T023,说明其具备新品种培育的价值;剩余的 8 个单株,不具备新品种培育的潜在价值。

在该评价体系中,各个指标相对重要性的权重、各指标的评价标准及划分等级标准,构成血皮槭品种选育中完善的评价体系。在各个评价指标中,秋季叶色( $P_1$ )的权重值最大,占到 18.10%,说明在血皮槭优良品种选择中,秋季叶色是最重要的一项指标;其次是树干颜色( $P_7$ ),其权重值为 12.38%;再次是保持时间( $P_2$ ),权重值 10.29%;第四是冠型( $P_9$ ),权重值为 10.14%。前 4 项指标占到总目标权重的 50.90%,说明其观赏价值是血皮槭品种选育中最重要的因素。

该评价体系比多元统计分析法、百分制法更

为准确和科学,可为其它彩叶苗木的选育提供参考。

### 参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志第 46 卷[M]. 北京:科学出版社,1981.
- [2] Forrest M. Tree collections in Ireland[J]. Irish Forestry, 1998,55(2):88-92.
- [3] Widrlechner M P, Thompson J R, Kapler E J, et al. A test of four models to predict the risk of naturalization of non-native woody plants in the Chicago region[M]. Journal of Environmental Horticulture, 2009, 241-250.
- [4] Klingeman W E. Bagworm survival and feeding preferences as indicators of resistance among maples[J]. Journal of Environmental Horticulture, 2002, 20(3):138-142.
- [5] 何晓燕,包志毅. 英国引种家威尔逊引种中国园林植物种质资源及其影响[J]. 浙江林业科技, 2005, 25(3):56-61.
- [6] 叶学敏,于雪丹,付启迪,等. 血皮槭叶绿体 DNA 非编码区差异序列筛选和分析[J]. 林业科学研究, 2017, 30(4):674-678.
- [7] 陈秋红,计青鹤,史琼芳,等. 槭树科树种在栾川县苗木产业中的应用及分析[J]. 农家科技, 2014, 11(2):172-173.
- [8] 陈朋,于雪丹,张川红,等. 中国特有种血皮槭的天然更新[J]. 林业科学, 2013, 49(3):159-164.
- [9] 李红喜,孟庆法,张保卫,等. 河南伏牛山血皮槭资源调查与分析[J]. 河南林业科技, 2017(2):23-25.
- [10] 汪松,解焱. 中国物种红色目录[M]. 北京:高等教育出版社,2004.
- [11] 赵焕臣. 层次分析法[M]. 北京:科学出版社,1986.
- [12] 王瑛,赵慧英. 彩叶树在城市园林绿化中的应用[J]. 农业科技与信息:现代园林, 2009(5):13-16.
- [13] 黄彦青,徐祥渊,陈玮,等. 基于层次分析法的大连市彩叶树种引种综合评价[J]. 北方园艺, 2012(16):79-82.
- [14] 杨强胜,张化珍,乔埃虎,等. 26 种园林树木观赏性综合评价[J]. 北方农业学报, 2008(2):69-71.
- [15] 李玉娟,张健,王莹,等. 美国红枫 AHP 综合评价体系的建立及其在品种选育中的应用[J]. 现代农业科技, 2016(21):118-119.

## Establishment of the APH Evaluation System and Application in Variety Breeding for *Acer griseum*

LI Hong-xi<sup>1</sup>, QIAO Qi<sup>2</sup>, KANG Zhan-fang<sup>1</sup>, GUO Xing-fei<sup>2</sup>

(1. Luanchuan Forestry Bureau, Luoyang 471500, China; 2. College of Agriculture, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, China)

**Abstract:** In order to promote the popularization and development of *Acer griseum*, using Analytic Hierarchy Process (APH), 14 evaluation factors related to the variety breeding of *Acer griseum* were selected by hierarchical analysis and the ranking of weight values. In this evaluation system, the weight of each index's relative importance, the evaluation criteria of each index and the classification standard constitute a perfect evaluation system for the variety breeding of *A. griseum*. Leaf color in autumn( $P_1$ ), stem color( $P_7$ ), changing time of leaf color( $P_2$ ) and crown type( $P_9$ ) accounted for 50.91% of the total target weight in each evaluation index, indicating that the ornamental value was the key factor for the variety breeding of *A. griseum*. 4 individual plants were selected for the first class( $>4.0$ ), namely XY-SC008, XY-Q007, XY-S004 and XY-T023 respectively, indicating that they have the high value for new variety breeding.

**Keywords:** *Acer griseum*; APH evaluation system; variety breeding