

闫 嵩,任伟超,徐 姣,等. 黑龙江省柳属种质的生长与药用性状评价[J]. 江苏农业科学,2021,49(17):128-134.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.17.023

# 黑龙江省柳属种质的生长与药用性状评价

闫 嵩,任伟超,徐 姣,刘美琦,于欣欣,王思嘉,马 伟

(黑龙江中医药大学药学院,黑龙江哈尔滨 150040)

**摘要:**通过对柳属植物种质资源品质特征的探究,对其进行初步的鉴定与评价。柳属种质资源评价模型基于生长和药用性状进行构建。其中杞柳、筐柳、谷柳的总黄酮含量较高,杞柳含量达 0.225 6 mg/g;筐柳、金丝垂柳、松江柳的原花青素含量较高,筐柳含量达 0.156 8 mg/g;五蕊柳、筐柳、细叶沼柳的木樨草素-7-O- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷含量较高,五蕊柳含量达 2.130 7 mg/g。以构建的科学评价方法,筛选出 6 种具有良好利用价值的优良种质资源,分别为旱垂柳、五蕊柳、金丝垂柳、筐柳、旱柳和垂柳。为实现各指标的量化性和直观性,本研究构建了科学的评价方法,为柳属育种筛选、传统育种及分子育种研究提供种质资源,为柳属植物药用成分开发利用提供了一定的理论依据。

**关键词:**柳属;生长性状;药用性状;种质资源;综合评价

**中图分类号:** S792.120.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)17-0128-06

柳属(*Salix*)是杨柳科(Salicaceae)中最大的一个属。柳属种类繁多,有 520 多种,主产于北半球温带地区,少量分布在南美洲和非洲的南部<sup>[1-3]</sup>。柳属植物的树皮中含有单宁,可供工业应用或药用,嫩枝叶可作动物饲料,同时也是早春蜜源植物<sup>[4]</sup>。在生态方面,柳属植物因具有发达的根系可有效保持水土、防风固沙。柳属植物由于含有多种药效活性化学成分而具有广泛的药理作用<sup>[5-11]</sup>。柳属的叶、皮、花序等部位的提取物在抗血栓、降血压、抗应激、促进免疫力、抗炎、止痛、利尿、凝血、抗肿瘤等方面具有良好的临床效果<sup>[12]</sup>。

目前,关于柳属植物的资源评价主要围绕光能利用效率评价<sup>[13]</sup>、抗盐碱性评价<sup>[14]</sup>、观赏性评价以及用材价值评价<sup>[15]</sup>等,缺少关于柳属植物的药用价值的评价,忽略了柳属的部分经济价值,未能合理全面地利用柳属植物价值。因此,对资源丰富、原料易得的柳属植物建立以药用成分为评价指标的评价体系,将有助于柳属植物种质资源评价及利用,筛选出具有活性强、疗效高、毒副作用小的天然

药用成分,对柳属的药用植物开发与利用具有重要意义。本研究以采自黑龙江省的 26 种柳属种质资源为材料,采用层次分析法,基于生长性状和药用性状对柳属综合性状进行分析与测定,并建立不同权重的决策指数综合评价法。

## 1 仪器与材料

HH4 型数显恒温水浴锅(上海邦西仪器科技有限责任公司),BMB 224 型电子分析天平(苏州坤宏电子有限公司),UV-1601 PC 型紫外-可见分光光度计(SHIMADZU 日本岛津),Waters 2695-2996 型高效液相色谱仪(美国 Waters 公司),Waters 2998 型紫外检测仪器(美国 Waters 公司)。

芸香苷标准品、原花青素标准品(中国食品药品检定研究院),木樨草素-7-O- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷标准品(四川维克奇生物科技有限公司),亚硝酸钠,氢氧化钠,硝酸铝,无水乙醇,冰醋酸,浓盐酸,香草醛、石油醚(60~90℃)均为分析纯,甲醇(分析纯、色谱纯)(哈尔滨沃森实验用品经销部)。

试验用柳属植物叶片采自黑龙江省森林植物园、小兴安岭植物园、大兴安岭塔河地区,经形态学鉴定,具体柳属原料来源见表 1。

## 2 试验方法

### 2.1 供试品溶液制备

取供试品粉碎,过 40 目筛,精密称取 2.00 g。

收稿日期:2021-01-05

基金项目:国家中医药管理局全国中药资源普查项目(编号:GZY-KJS-2018-004);黑龙江中医药大学优秀创新人才领军人才项目(编号:2018RCL09)。

作者简介:闫 嵩(1989—),男,黑龙江哈尔滨人,博士,主要从事中药资源研究。E-mail:394576931@qq.com。

通信作者:马 伟,博士,研究员,主要研究方向为药用植物生物工程。E-mail:mawei@hljucm.net。

表 1 柳属植物叶片来源

来源地	编码	种名	来源地	编码	种名
哈尔滨	HEB01	金丝垂柳 <i>Salix babylonica</i> × <i>S. alba</i> - <i>vitellina</i>	伊春	YC04	粉枝柳 <i>Salix rorida</i>
	HEB02	筐柳 <i>Salix linearistipularis</i>		YC05	松江柳 <i>Salix sungkianica</i>
	HEB03	龙爪柳 <i>Salix matsudana</i> var. <i>tortuosa</i>		YC09	朝鲜柳 <i>Salix koreensis</i>
	HEB04	圆头柳 <i>Salix capitata</i>		YC13	龙江柳 <i>Salix sachalinensis</i>
	HEB05	旱柳 <i>Salix matsudana</i>		YC14	毛枝柳 <i>Salix dasyclados</i>
	HEB06	乌柳 <i>Salix cheilophila</i>		YC16	大黄柳 <i>Salix raddeana</i>
	HEB07	五蕊柳 <i>Salix pentandra</i>		YC17	细柱柳 <i>Salix gracilistyla</i>
	HEB08	三蕊柳 <i>Salix triandra</i>	塔河	TH03	蒿柳 <i>Salix viminalis</i>
	HEB09	旱垂柳 <i>Salix matsudana</i> var. <i>pseudo</i> - <i>matsudana</i>		TH04	卷边柳 <i>Salix siuzevii</i>
	HEB10	深山柳 <i>Salix phyllicifolia</i>		TH06	兴安柳 <i>Salix hinganica</i>
	HEB11	谷柳 <i>Salix taraikensis</i>		TH08	沼柳 <i>Salix rosmarinifolia</i> var. <i>brachypoda</i>
	HEB13	垂柳 <i>Salix babylonica</i>		TH09	细叶沼柳 <i>Salix rosmarinifolia</i>
	HEB14	杞柳 <i>Salix integra</i>		TH10	越桔柳 <i>Salix myrtilloides</i>

称量 100 mL 石油醚(60 ~ 90 ℃)倒入索式提取器,恒温水浴锅 90 ℃ 加热,回流提取 1.5 h;弃去石油醚,烧瓶中加入 100 mL 甲醇/50% 乙醇,再加热 60 ℃,回流提取 4 h,过滤,将甲醇滤液抽滤,定容至 50 mL,取 2 mL 溶液,再用 10 mL 容量瓶定容。经有机系微孔滤膜(直径为 0.45 μm)过滤后,将样品置于 4 ℃ 冰箱保存备用。

## 2.2 对照品溶液的配制

称取芸香苷对照品 109.80 mg,加 50% 乙醇溶解后,置于 100 mL 容量瓶中定容,制成浓度为 1.098 0 mg/mL 的芸香苷标准溶液;称取原花青素对照品 20.54 mg,加 50% 乙醇溶解后,用 50 mL 容量瓶定容,配制成浓度为 0.410 8 mg/mL 的对照品溶液;称取木樨草素 -7-O-β-D-吡喃葡萄糖苷对照品 20.00 mg,加入甲醇,用 100 mL 容量瓶定容,取 4 mL 至 20 mL 容量瓶稀释至刻度,摇匀制得对照品溶液。以上溶液均用锡纸包裹后,在 4 ℃ 冰箱中遮光保存。

## 2.3 紫外-可见分光光度法

取芸香苷对照品溶液 2.5 mL 和待测样品溶液 1 mL,分别置于 25 mL 具塞试管中补充溶液至 10 mL,分别加入显色剂,定容至 25 mL 静置 20 min。将对照品溶液和待测样品溶液在 430 ~ 700 nm 波长内进行扫描,选取两者最大吸收值对应的波长作为芸香苷的最大吸收波长。

取原花青素对照品溶液和待测样品溶液各 1 mL,分别置于 10 mL 具塞试管中,分别依次加入显色剂,摇匀后用甲醇定容至 10 mL,室温条件下遮光反应 20 min。以甲醇作为空白参比,设置波长

400 ~ 700 nm,将对照品溶液和待测样品溶液进行扫描,选取两者共同最大吸收值的波长为原花青素的最大吸收波长。

## 2.4 高效液相色谱法

本研究利用高效液相色谱法测定柳属中木樨草素 -7-O-β-D-吡喃葡萄糖苷成分的含量,确定色谱条件<sup>[16]</sup>:色谱柱 Synchronis C<sub>18</sub> (250 mm × 4.6 mm, 5 μm),流动相为甲醇(A)、醋酸水(醋酸与水的体积比为 1:100)(B),体积流量 1.0 mL/min,柱温为 30 ℃,进样量为 10 μL,检测波长为 254 nm。线性洗脱程序:15% A (0 ~ 20 min);100% A (20.01 ~ 40 min)。流动相比比例的选择:流动相 15% ~ 30% A (0 ~ 5 min),30% ~ 50% A (5 ~ 8 min),50% ~ 52% A (8 ~ 16 min),52% ~ 54% A (16 ~ 20 min)。

## 2.5 稳定性试验

取待测样品 1.0 mL 于试管中,每 2 h 测定待测品溶液总黄酮和原花青素的吸光度(D),连续测定 12 h,稳定性试验结果通过统计可知,二者相对标准偏差(RSD)分别为 0.82%、1.08%。证明样品溶液在 12 h 内基本稳定。高效液相色谱仪测定待测样品,分别放置 5、10、24、35、48 h 进样,测量木樨草素 -7-O-β-D-吡喃葡萄糖苷吸收峰面积,RSD 为 0.85%,说明提取物中木樨草素 -7-O-β-D-吡喃葡萄糖苷的稳定性良好。

## 2.6 精密度试验

2.6.1 考察紫外-可见分光光度计的精密度 连续 6 次测定样品的吸光度,发现 6 次测量结果 RSD 为 0.68%,证明该仪器的精密度良好。

2.6.2 考察高效液相色谱的精密度 连续 6 次测

定样品的峰面积,发现 6 次测量结果  $RSD$  为 1.46%,说明该仪器的精密度良好。

2.7 加样回收率试验

取同一待测样品 1.0 mL 共 3 份,每份加入芸香苷、原花青素、木樨草素  $-7-O-\beta-D-$  吡喃葡萄糖苷对照品 1.098、0.410 8、1.0 mL,然后进样测定,计算回收率,3 份样品的回收率分别为 96% ~ 104%、97% ~ 103%、95% ~ 105%, $RSD$  分别为 2.48%、1.87%、2.24%。

2.8 考察线性关系

精密量取芸香苷对照品溶液 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5 mL 于具塞试管中,补充溶液至 10 mL,加入显色剂静置后,用 50% 乙醇水溶液定容至 25 mL,再静置 20 min,以 50% 乙醇水溶液为空白参比。在 507 nm 处测定各浓度对照品吸光度。取原花青素对照品溶液 0.1、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mL,分别置于 10 mL 具塞试管中,加入显色剂,用甲醇定容至 10 mL,遮光反应 20 min,以 50% 乙醇水溶液为空白参比,在 497 nm 处测定不同浓度标准品吸光度。木樨草素  $-7-O-\beta-D-$  吡喃葡萄糖苷进样量分别为 2、5、10、15、20、25、30、35  $\mu\text{L}$ ,以甲醇为空白参比。因此,得到的标准曲线方程和回归方程分别为

$$Y_1 = 14.196\,0X_1 + 0.012\,6, r_1 = 0.999\,2;$$
$$Y_2 = 10.668\,0X_2 - 0.010\,1, r_2 = 0.998\,7;$$
$$Y_3 = 4.0 \times 10^{0.6}X_3 + 506.2, r_3 = 0.999\,8。$$

其中, $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  分别为芸香苷、花青素、木樨草素  $-7-O-\beta-D-$  吡喃葡萄糖苷的质量浓度; $Y_1$ 、 $Y_2$  为吸光度; $Y_3$  为峰面积。

3 结果与分析

3.1 柳属生长性状指标测定结果

在柳属种质资源调查过程中,用卷尺和胸径尺测量胸径(地面上 1.3 m 处);用卷尺测量冠幅的东西、南北 2 个方向直径,取 2 个方向的平均值;用测高测距仪测量树高。具体测量的柳属植物树高、胸径、冠幅和分枝数的生长性状指标见表 2,用于后续柳属资源评价细节评分。

3.2 柳属植物资源评价体系层次模型的判断矩阵和权重

按照层次分析法对层次隶属关系及指标关联性要求,建立柳属资源综合评价模型<sup>[17-20]</sup>。模型分为 3 层,第 1 层为目标层(A),第 2 层为准则层(B),

表 2 柳属生长性状指标测量结果

种名	性状	树高 (m)	胸径 (cm)	冠幅 (cm)	分枝数 (个)
金丝垂柳	乔木	14.5	28.4	580.3	13
筐柳	大灌木	5.2	4.5	268.2	10
龙爪柳	乔木	19.3	37.7	465.7	11
圆头柳	乔木	5.1	5.2	144.6	6
旱柳	乔木	18.4	48.4	632.9	15
乌柳	灌木	2.5	2.5	110.0	丛状多分枝
五蕊柳	乔木	20.2	76.8	335.3	>20
三蕊柳	乔木	13.2	35.1	242.9	>20
旱垂柳	乔木	25.3	78.3	416.4	>20
深山柳	大灌木	5.7	4.2	259.3	>20
谷柳	小乔木	7.8	18.4	188.2	7
垂柳	乔木	10.6	60.5	386.4	>20
杞柳	灌木	2.8	5.1	268.1	10
粉枝柳	乔木	12.5	18.4	353.2	12
松江柳	大灌木	5.2	5.7	228.5	8
朝鲜柳	乔木	16.7	38.5	366.8	11
龙江柳	乔木	8.4	15.9	247.5	12
毛枝柳	灌木	4.4	6.0	162.9	丛状多分枝
大黄柳	小乔木	5.8	12.3	268.7	8
细柱柳	灌木	5.9	5.4	157.3	丛状多分枝
蒿柳	小乔木	5.6	6.5	229.8	8
卷边柳	乔木	7.2	12.5	341.9	10
兴安柳	灌木	1.5	3.5	147.8	15
沼柳	灌木	1.2	1.7	94.5	丛状多分枝
细叶沼柳	灌木	0.5	0.8	73.3	丛状多分枝
越桔柳	灌木	0.5	1.0	68.6	15

第 3 层为因子层(C)。采用德尔菲法进行指标权重的确定。给 20 位专家发函,内容包括评价权重调查表和具体指标性状评分表,专家对 7 项指标进行赋分,采用 4 分制进行打分,打分标准见表 3。

收回专家问卷并进行数据统计。将数据输入 Yaahp 6.0,进行两两因素相对重要性比对,采用四舍五入取整法构建判断矩阵,公式如下。

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}}, i = 1, 2, \cdots, n。$$

式中: $W_i$  为第  $i$  项指标的权重; $a_{ij}$  为  $i$  指标比  $j$  指标的重要性等级; $a_{kj}$  为  $k$  指标比  $j$  指标的重要性等级; $n$  为指标总数。

最终确定各准则层、因子层的权重值大小。其中生长指标和药用指标准则层中,药用性状占主要部分,其权重为 0.666 7,生长性状次之,为 0.333 3。综合柳属植物资源评价体系指标权重分配情况,建立了柳属植物资源评价体系,见表 4。

表 3 柳属资源评价细节评分标准

指标	评分标准			
	4 分	3 分	2 分	1 分
树高	>20 m	10 ~ 20 m	<10 m	灌木
胸径	>40 cm	20 ~ 40 cm	<20 cm	灌木
冠幅	>400 cm	250 ~ 400 cm	100 ~ <250 cm	<100 cm
分枝数	灌木	>20	10 ~ 20	<10
总黄酮含量	高	中	低	
原花青素含量	高	中	低	
木樨草素 - 7 - O - $\beta$ - D - 吡喃	高	中	低	
葡萄糖苷含量				

表 4 柳属植物资源综合评价模型

一级指标	权重	二级指标	权重
生长指标	0.333 3	树高 (C1)	0.133 2
		胸径 (C2)	0.126 3
		冠幅 (C3)	0.047 0
		分枝数 (C4)	0.027 1
药用指标	0.666 7	总黄酮含量 (C5)	0.207 9
		原花青素含量 (C6)	0.131 7
		木樨草素 - 7 - O - $\beta$ - D - 吡喃葡萄糖苷含量 (C7)	0.326 8

3.3 总黄酮、原花青素、木樨草素 - 7 - O -  $\beta$  - D - 吡喃葡萄糖苷含量

分别利用紫外 - 可见分光光度计和高效液相色谱仪测试柳属叶片中总黄酮含量、原花青素含量、木樨草素 - 7 - O -  $\beta$  - D - 吡喃葡萄糖苷 (木樨草苷) 的含量 (表 5)。由表 5 可知,杞柳总黄酮含量最高,为 0.225 6 mg/g;筐柳较高,为 0.152 2 mg/g;

含量居中 (0.08 ~ 0.15 mg/g) 的依次是谷柳、卷边柳、蒿柳、越桔柳、毛枝柳、乌柳,其余的含量较低 (< 0.80 mg/g),含量最低的为三蕊柳 (0.038 5 mg/g)。由表 5 可知,原花青素含量较高 ( $\geq$ 0.10 mg/g) 的是筐柳 (0.156 8 mg/g);含量居中 (0.06 ~ 0.10 mg/g) 的依次是金丝垂柳、松江柳、朝鲜柳、杞柳、卷边柳、毛枝柳、兴安柳;其余的含量较低 (< 0.06 mg/g),含量最低的为垂柳 (0.012 5 mg/g)。由表 5 可知,通过对 26 种柳属植物叶片提取物进行检测,发现大多数柳树中都含有木樨草素 - 7 - O -  $\beta$  - D - 吡喃葡萄糖苷,然而深山柳、粉枝柳、朝鲜柳、蒿柳、卷边柳、兴安柳和越桔柳等 7 种柳属植物在 14.7 min 处没有出峰 (图 1),因此判断这 7 种柳属中不含有木樨草素 - 7 - O -  $\beta$  - D - 吡喃葡萄糖苷成分。各种柳属木樨草素 - 7 - O -  $\beta$  - D - 吡喃葡萄糖苷含量较高的 (>1.00 mg/g) 有五蕊柳、筐柳、细叶沼柳;含量中等 (0.40 ~ 1.00 mg/g) 有乌柳、沼柳、杞柳、松江柳、龙江柳;其余柳树含量较低 (<0.40 mg/g)。

3.4 柳属种质资源综合评价和排序及优质柳属的筛选

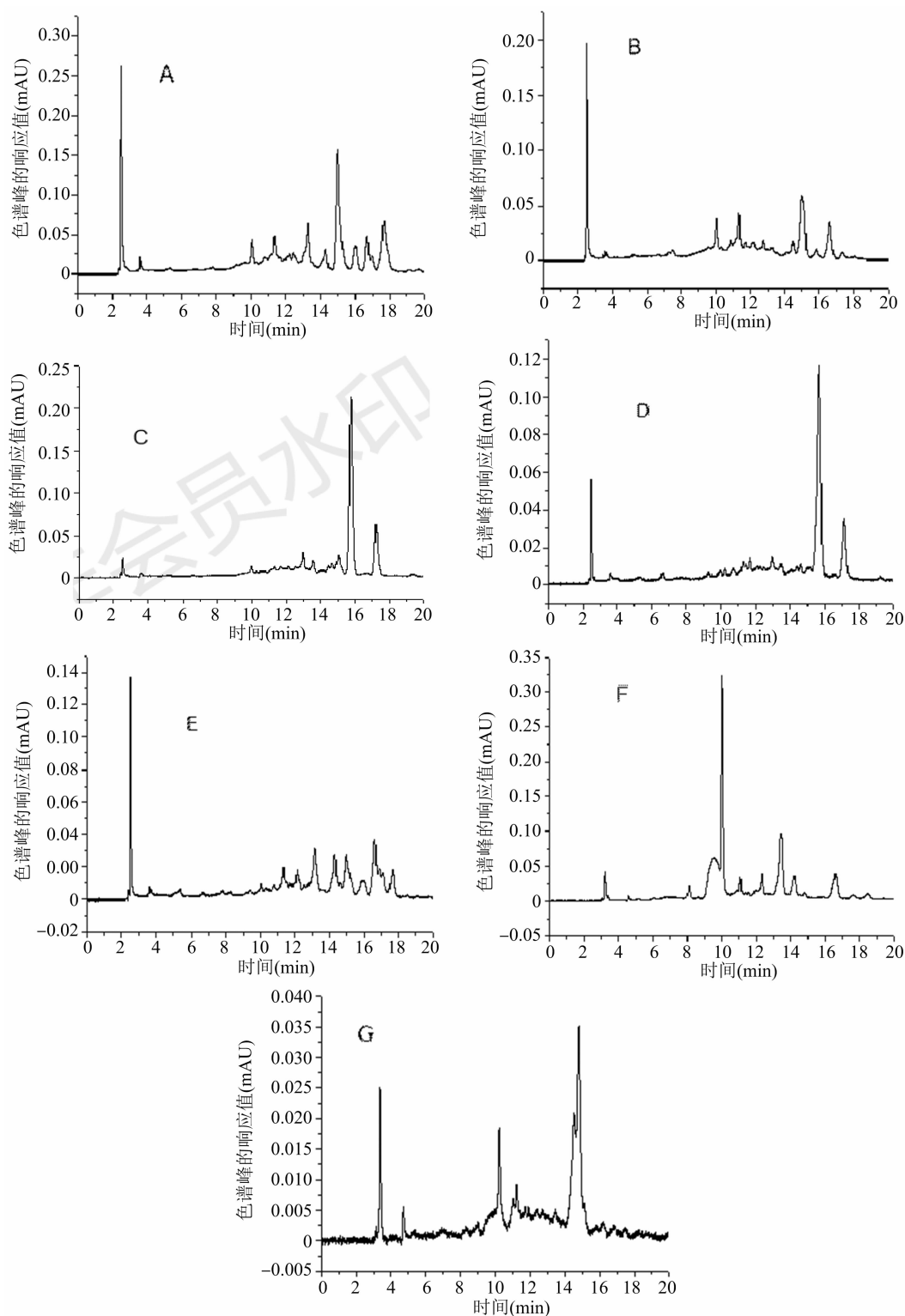
$$Y = \sum W_i y_i$$

式中:Y 为综合评价得分; $W_i$  为第 i 项指标的权重值; $y_i$  为第 i 项指标得分。

按上式计算柳属各种质资源价值综合得分。在各项评分的基础上进行计算,求得各自综合评价值。由表 6 可知,综合评价得分排序结果从高到低分别为旱垂柳、五蕊柳、筐柳、金丝垂柳、旱柳、垂

表 5 柳属中总黄酮、原花青素、木樨草素 - 7 - O -  $\beta$  - D - 吡喃葡萄糖苷质量浓度测定结果

编码	种名	总黄酮含量 (mg/g)	原花青素含量 (mg/g)	木樨草苷含量 (mg/g)	编码	种名	总黄酮含量 (mg/g)	原花青素含量 (mg/g)	木樨草苷含量 (mg/g)
HEB01	金丝垂柳	0.074 4	0.089 0	0.196 3	YC04	粉枝柳	0.078 8	0.032 1	
HEB02	筐柳	0.152 2	0.156 8	1.355 7	YC05	松江柳	0.067 7	0.080 2	0.658 0
HEB03	龙爪柳	0.050 4	0.022 8	0.381 0	YC09	朝鲜柳	0.072 6	0.075 2	
HEB04	圆头柳	0.046 4	0.013 0	0.107 0	YC13	龙江柳	0.043 4	0.051 5	0.415 7
HEB05	旱柳	0.068 1	0.020 9	0.287 0	YC14	毛枝柳	0.085 3	0.062 5	0.061 7
HEB06	乌柳	0.082 9	0.019 6	0.625 3	YC16	大黄柳	0.060 2	0.044 5	0.091 0
HEB07	五蕊柳	0.046 8	0.017 3	2.130 7	YC17	细柱柳	0.064 4	0.040 8	0.375 3
HEB08	三蕊柳	0.038 5	0.013 8	0.076 7	TH03	蒿柳	0.095 2	0.061 5	
HEB09	旱垂柳	0.047 7	0.016 7	0.057 7	TH04	卷边柳	0.121 2	0.066 7	
HEB10	深山柳	0.044 1	0.024 4		TH06	兴安柳	0.071 6	0.060 9	
HEB11	谷柳	0.147 0	0.041 5	0.160 7	TH08	沼柳	0.061 3	0.041 1	0.524 0
HEB13	垂柳	0.051 1	0.012 5	0.395 4	TH09	细叶沼柳	0.052 3	0.038 0	1.194 7
HEB14	杞柳	0.225 6	0.069 3	0.948 3	TH10	越桔柳	0.093 3	0.050 5	



A—卷边柳；B—兴安柳；C—越桔柳；D—粉枝柳；E—蒿柳；F—朝鲜柳；G—深山柳

图1 7种不含木犀草素-7-O- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷柳属植物的高效液相色谱图

柳、龙爪柳、朝鲜柳、卷边柳、谷柳、三蕊柳、细叶沼柳、杞柳、大黄柳、龙江柳、松江柳、圆头柳、毛枝柳、乌柳、细柱柳、沼柳、粉枝柳、蒿柳、深山柳、兴安柳、越桔柳。

#### 4 结论与讨论

本研究以 26 种柳属柳树为研究对象,采用层次分析法对柳属种质资源进行评价,构建了柳属种质

表 6 柳属种质资源评价综合得分

种名	生长指标得分(分)				药用指标得分(分)			综合评价得分(分)	排序
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7		
金丝垂柳	3	3	4	2	3	4	3	3.15	4
筐柳	1	1	3	4	4	4	4	3.17	3
龙爪柳	3	3	4	2	3	3	3	3.02	7
圆头柳	2	2	2	2	3	2	3	2.53	17
旱柳	3	4	4	2	3	3	3	3.15	5
乌柳	1	1	2	4	3	3	3	2.46	19
五蕊柳	4	4	2	3	3	3	3	3.21	2
三蕊柳	3	3	2	3	3	2	3	2.82	11
旱垂柳	4	4	4	3	3	3	3	3.31	1
深山柳	1	1	3	4	3	3	1	1.85	24
谷柳	2	2	2	1	4	3	3	2.85	10
垂柳	3	4	3	4	3	2	3	3.02	6
杞柳	1	1	3	4	4	3	3	2.72	13
粉枝柳	3	2	3	2	3	3	1	2.19	22
松江柳	1	1	2	4	3	4	3	2.59	16
朝鲜柳	3	3	3	2	3	3	3	2.97	8
龙江柳	2	2	2	2	3	3	3	2.67	15
毛枝柳	1	1	2	4	3	3	3	2.46	18
大黄柳	2	2	3	1	3	3	3	2.69	14
细柱柳	1	1	2	4	3	3	3	2.46	20
蒿柳	2	2	2	1	3	3	1	1.99	23
卷边柳	2	2	3	2	4	3	3	2.92	9
兴安柳	1	1	2	4	3	3	1	1.81	25
沼柳	1	1	1	4	3	3	3	2.41	21
细叶沼柳	1	1	1	4	3	3	4	2.74	12
越桔柳	1	1	1	4	3	3	1	1.76	26

资源评价模型,设立了2个准则层指标,包括生长指标和药用指标。设计专家调查问卷,建立判断矩阵并计算各因子层指标的权重。结合柳属叶片药用化学成分含量的紫外-可见分光光度计和高效液相色谱仪的检测结果,获得对资源价值定性和定量的综合判断分数。

首次以药用化学成分含量作为柳属资源评价的二级指标,采用紫外-可见分光光度法和高效液相色谱法测试柳属中总黄酮、原花青素和木樨草素-7-O- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷的含量。26种柳属柳树中总黄酮含量较高的为杞柳、筐柳、谷柳等。原花青素含量较高的为筐柳、金丝垂柳、松江柳等。除了深山柳、粉枝柳、朝鲜柳等8种柳属植物以外,其他均含有木樨草素-7-O- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷,含量较高的为五蕊柳、筐柳、细叶沼柳等。据此推断,不同地域生长的同物种,木樨草素-7-O- $\beta$ -D-吡喃

葡萄糖苷含量不同,如哈尔滨的筐柳(40.67 mg/mL)比伊春的筐柳(30.91 mg/mL)含量高,可能是因为生长环境不同,木樨草素-7-O- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷的累积量不同,也与树龄有关。

基于层次分析法,将柳属资源进行综合评价及排序,从生长性状和药用价值方面对柳属资源进行了科学评价,筛选出旱垂柳、五蕊柳、金丝垂柳、筐柳、旱柳和垂柳6种具有良好利用价值的优良种质资源,可作为遗传育种方面研究的优势种质,同时也为柳属药用资源开发利用提供了理论依据。

#### 参考文献:

- [1] 吴征镒. 中国被子植物科属综论[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [2] 周以良,董世林. 黑龙江省植物志:第四卷[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1992:55-55.
- [3] Crins W J, Ball P W. The taxonomy of *Carex pennsylvanica* complex (Cyperaceae) in North America[J]. Canadian Journal of Botany, 2011, 61(6): 1692-1717.
- [4] 中国科学院中国植物志委员会. 中国植物志:第二十卷第二分册[M]. 北京:科学出版社,1984:81.
- [5] Park H Y, Kim H K, Jeon S H, et al. Aldose reductase inhibitors from the leaves of *Salix hulteni* [J]. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 2009, 52(5): 493-497.
- [6] Poblócka - Olech L, Krauze - Baranowska M, Głód D, et al. Chromatographic analysis of simple phenols in some species from the genus *Salix* [J]. Phytochemical Analysis, 2010, 21(5): 463-469.
- [7] Jeon S H, Chun W, Choi Y J, et al. Cytotoxic constituents from the bark of *Salix hulteni* [J]. Archives of Pharmacal Research, 2008, 31(8): 978-982.
- [8] Jürgenliemk G, Petereit F, Nahrstedt A. Flavan-3-ols and procyanidins from the bark of *Salix purpurea* L. [J]. Die Pharmazie, 2007, 62(3): 231-234.
- [9] Moohammadnor M, Tursun X, Qiong Ling M, et al. Flavonoids from *Salix caprea* [J]. Chemistry of Natural Compounds, 2010, 46(5): 799-800.
- [10] Yang H, Lee S H, Sung S H, et al. Neuroprotective compounds from *Salix pseudo-lasiogyne* twigs and their anti-amnesic effects on scopolamine-induced memory deficit in mice [J]. Planta Medica, 2013, 79(1): 78-82.
- [11] Du Q, Jerz G, Winterhalter P. Preparation of three flavonoids from the bark of *Salix alba* by high-speed countercurrent chromatographic separation [J]. Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 2004, 27(20): 3257-3264.
- [12] 江苏医学院. 中药大辞典·上册[M]. 太原:山西科学技术出版社,1986:1522-1526.
- [13] 蒋冬月, 钱永强, 刘俊祥, 等. 基于光合-光响应特性的柳树优良无性系光能利用效率的评价[J]. 北京林业大学学报, 2015, 37(5): 49-61.
- [14] 陈建建. 柳树种质资源收集及抗盐碱性评价[D]. 泰安:山东

赵云霞, 颜秀娟, 王学梅, 等. 246 份番茄种质资源表型性状的遗传多样性[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(17): 134–140.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.17.024

# 246 份番茄种质资源表型性状的遗传多样性

赵云霞<sup>1</sup>, 颜秀娟<sup>1</sup>, 王学梅<sup>1</sup>, 杨冬艳<sup>1</sup>, 苏 慧<sup>2</sup>

(1. 宁夏农林科学院园艺研究所, 宁夏银川 750002; 2. 银川能源学院, 宁夏银川 750002)

**摘要:**为研究番茄种质资源的遗传多样性和亲缘关系, 科学评价种质, 以 246 份番茄种质资源为试验材料, 对其 25 个质量性状和 8 个数量性状进行遗传多样性、相关性、主成分分析。结果表明: 供试材料的表型性状具有丰富的遗传多样性, 质量性状中叶片着生状态的多样性指数最高的是 2.46; 单果质量的变异系数最大, 为 57.86%, 8 个表型性状的  $F$  值都达到了极显著的水平, 各性状间存在复杂的相互关系; 主成分分析中提取的 9 个主成分累计贡献率为 66.18%, 包含了全部指标的大部分信息。基于表型性状, 采用系统聚类组间聚合的方法在遗传距离为 10 处将供试的 246 份资源主要以单果质量划分为 4 个组群。明确番茄表型变异的丰富程度及不同种质间的遗传关系, 为番茄种质资源的进一步研究及番茄育种提供理论依据和工作基础。

**关键词:**番茄; 种质资源; 表型性状; 遗传多样性

**中图分类号:**S641.202.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)17-0134-07

番茄又名西红柿、洋柿子, 是茄科番茄属 1 年生或多年生草本植物, 原产于南美洲。在南美西部安第斯山脉的狭长地带均有番茄野生种存在<sup>[1]</sup>。番茄是严格的自花授粉植物, 经过长期的驯化和选育, 番茄的遗传背景逐渐变窄<sup>[2]</sup>, 因此广泛收集资源来丰富番茄的种质资源遗传背景, 这对其育种极为重要<sup>[3]</sup>。植物表型的变化反映了基因型对环境变化的适应程度, 植物表型在长期的压力选择中发生不可逆的变化, 经稳定遗传后产生新的基因型。因此, 表型变异往往在适应和进化上有重要意义<sup>[4]</sup>。目前有关番茄种质资源遗传多样性的研究报道较多, 孙亚东等对番茄种质资源材料进行了遗传多样性和亲缘关系的分析<sup>[5-12]</sup>。同时, 主成分分

析<sup>[13-14]</sup>、聚类分析<sup>[15-16]</sup>等统计方法的应用为研究种质资源奠定了基础。

番茄品种改良的关键是种质资源的有效利用, 进行番茄种质资源遗传多样性和分类的研究, 对于鉴别特异种质、确定核心亲本、提高遗传育种效率具有重要意义<sup>[17]</sup>。因此, 本试验在前人研究的基础上, 针对收集到的 246 份番茄种质资源材料的 33 个表型性状进行遗传多样性分析研究, 利用主成分分析和聚类分析方法从形态学水平上研究其遗传多样性, 明确番茄表型变异的丰富程度及不同种质间的遗传关系, 以期番茄种质资源的进一步研究及番茄育种提供理论依据和工作基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为宁夏农林科学院园艺研究所蔬菜课题组于 2018—2020 年收集的 246 份材料, 如表 1 所示。

收稿日期: 2020-12-29

基金项目: 宁夏农林科学院科技创新专项(编号: DWX-2018031);

宁夏农林科学院科技平台提升项目(编号: NKYP-19-12); 国家大宗蔬菜产业技术体系建设专项(编号: CARS-23-G24)。

作者简介: 赵云霞(1983—), 女, 山东高唐人, 硕士, 助理研究员, 从事蔬菜栽培及番茄育种研究。E-mail: yunxiazha2011@163.com。

农业大学, 2015。

[15] 费英杰. 柳树优良无性系在北京地区的观赏和用材价值评价[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2014。

[16] 刘可越, 高文远, 张铁军, 等. RP-HPLC 法测定不同时期垂柳中木樨草素-7-O- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷[J]. 中草药, 2005, 36(11): 1724–1726。

[17] 王雪梅. 基于层次分析法的彩叶树种综合评价[J]. 福建林业

科技, 2020, 47(1): 72–76。

[18] 戴中武, 沈立明, 吴小倩, 等. 基于层次分析法对 16 种独蒜兰属植物观赏价值综合评价[J]. 北方园艺, 2020(5): 73–79。

[19] 李国松, 蒋淑磊, 王印肖, 等. 基于层次分析法和聚类分析对珍贵树种分级研究[J]. 种子, 2019, 38(6): 70–75。

[20] 马 跃, 王宝宁. 基于层次分析法的木本园林植物养护评价[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(14): 2713–2716。