

枳椇子表型、萌发及二氢杨梅素含量地域性研究



董笑笑^{1,2}, 陈美珠^{1,2}, 夏 忙^{1,2}, 程 苗^{1,2}, 曾长立^{1,2}

1. 江汉大学生命科学学院 (武汉 430056)

2. 湖北省汉江流域特色生物资源保护开发与利用工程技术研究中心 (武汉 430056)

【摘要】目的 探求枳椇子表型性状、萌发特性与地理环境的关系,并评估二氢杨梅素含量以筛选优异枳椇种质资源。**方法** 收集 7 批不同种源的枳椇子,测量其长径、短径、长短比、千粒重、发芽率、发芽势、开始发芽时间及持续时间,然后与地理环境进行相关性分析,结合 HPLC 法测定二氢杨梅素含量,筛选出优异种质资源。**结果** 不同种源枳椇子长径、短径、千粒重、二氢杨梅素含量分别为 0.396~0.426 cm、0.334~0.360 cm、16.976~20.867 g、0.513~6.037 mg/g。种子萌发初期耗时较长,但 4 d 内即达萌发高峰,10 d 内萌发结束。昆明种源萌发率最高,达 76.67%。相关性分析显示:千粒重与平均降水量、发芽率与发芽势呈显著正相关,发芽持续时间与经度呈显著正相关,纬度、平均降水量、发芽率与发芽势呈显著负相关,发芽率与发芽势与平均降水量呈显著正相关。聚类分析将种源分为 3 个类群,其中武汉千粒重最大、长径最长且二氢杨梅素含量最高。**结论** 平均气温高且年均日照时长久的地区种子更长,平均降水量高且纬度低的地区种子千粒重更重,随着纬度减低以及平均降水量的增加发芽势与发芽率升高,武汉地区枳椇子千粒重最重,种子最大且二氢杨梅素含量最高,本研究 7 个种源中武汉地区种质资源最优。

【关键词】 枳椇子;种子性状;萌发特性;高效液相色谱法;二氢杨梅素

【中图分类号】 R284.1

【文献标识码】 A

Geographical variation in seed traits, germination characteristics, and dihydromyricetin content of Hovenia dulcis seeds

DONG Xiaoxiao^{1,2}, CHEN Meizhu^{1,2}, XIA Mang^{1,2}, CHENG Miao^{1,2}, ZENG Changli^{1,2}

1. College of Life Sciences, Jiangnan University, Wuhan 430056, China

2. Hubei Engineering Research Center for Conservation, Development and Utilization of Characteristic Biological Resources in Hanjiang River Basin, Wuhan 430056, China

Corresponding author: ZENG Changli, Email: zengchangli@jhun.edu.cn

【Abstract】Objective To explore the relationship between Hovenia dulcis seed traits, germination characteristics and the geographic conditions, and to assess the content of dihydromyricetin in order to screen for excellent Hovenia dulcis germplasm resources. **Methods** Seven regions of Hovenia dulcis from different seed sources were collected, its seed length, width, 1 000-grain weight, germination rate, germination vigor, germination time and duration were measured, and then the correlation with the geographic conditions was analyzed. The dihydromyricetin content was determined by the HPLC method, to screen out the excellent germplasm resources. **Results** The length, width,

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202501021

基金项目:湖北省重点研发计划项目(2022BBA0064);武汉市产学研项目(CXY202203);江汉大学一流学科建设重大专项资助计划项目(2023XKZ026)

通信作者:曾长立,教授,博士,博士研究生导师,Email: zengchangli@jhun.edu.cn

1 000-grain weight, and dihydromyricetin content of different seed sources of *Hovenia dulcis* seed were 0.396–0.426 cm, 0.334–0.360 cm, 16.976–20.867 g, 0.513–6.037 mg/g, respectively. Seed germination initially took a long time, but the peak of germination was reached within 4 days, and the germination ended within 10 days. The highest germination rate of 76.67% was found in Kunming seed source. Correlation analysis revealed that 1 000-grain weight was significantly positively correlated with average precipitation, germination rate was significantly positively correlated with germination vigor, germination duration was significantly positively correlated with longitude, while latitude, average precipitation, germination rate were significantly negatively correlated with germination vigor. Both germination rate and germination vigor were significantly positively correlated with average precipitation. Cluster analysis classified the regions into three groups, with Wuhan having the highest 1 000-grain weight, the longest length, and the highest dihydromyricetin content. **Conclusion** The region with high average temperature and long average annual sunshine hours has longer seeds, the region with high average precipitation and low latitude has heavier seeds, and as the latitude decreases and the average precipitation increases, the germination potential and germination rate increases. *Hovenia dulcis* in Wuhan region has the highest 1 000-grain weight, the largest seeds, and the highest content of dihydromyricetin, and the Wuhan region is the best among the seven seed sources in this study.

【Keywords】 *Hovenia dulcis*; Seed traits; Germination characteristic; High performance liquid chromatography; Dihydromyricetin

枳椇子是鼠李科植物枳椇 (*Hovenia dulcis* Thunb.) 的成熟种子, 广泛分布于我国华北、华南及西南各省^[1]。作为药食两用植物^[2], 其根、茎、叶、种子等均可以入药^[3], 枳椇子因含有黄酮、苯丙素类、多糖等多种化学成分, 在现代医药领域应用广泛^[4], 具有解酒保肝、抗氧化^[5]、降尿酸、调节免疫^[6]、清热利尿、止渴除烦^[7]等药用功效。其核心药用成分二氢杨梅素^[8]不仅具有极高的保肝活性, 同时也具有神经保护^[9]、抗炎、镇痛、降血脂、抑菌、抗病毒等药理功效^[10]。因此, 枳椇在食品加工、医药保健等领域发挥着重要的作用^[11]。

然而, 枳椇的规模化种植目前主要集中于陕西旬阳。且枳椇子种皮坚硬, 在无外界因素干扰条件下, 其发芽周期可持续 100 d 以上且整齐度差^[12], 这严重制约了育苗效率。种子性状不仅影响萌发过程, 还直接关系到植株的生长发育和经济产量^[13]。而种子生活力作为种子品质的重要指标^[14], 除受自身性状影响外, 也依赖于充足的水分、适宜的温度等生态因子^[15]。适宜的生态环境条件有利于种子优良品质的形成。然而, 当前对枳椇子的研究多聚焦于高尿酸血症的治疗^[16]、抗氧化^[17]及解酒机制^[18], 鲜少有对于其品质及生境关系的研究。基于以上背景, 本文通过深入分析不同种源枳椇子的表型特征(形态、大小、颜色)、萌发特性(发芽率、发芽势)以及二氢杨梅素含量来综合评估种子的品质。同时探究表型

特征、萌发特性与生态因子的关系, 旨在筛选出优异种质资源, 为枳椇种质资源的采集以及优良种源的筛选提供科学依据。这不仅有助于完善枳椇子药材的质量控制与评价体系, 也将为枳椇资源的进一步开发利用奠定坚实基础。

1 材料

1.1 主要仪器

ATX224 电子天平(日本岛津株式会社, 精度: 0.000 1 g); 1260 Infinity II 高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司); RV 10 旋转蒸发仪(德国 IKA 公司); Snoic B30T 超声波仪(上海汉克科学仪器有限公司); RQX-400B 恒温培养箱(上海琅玕实验设备有限公司); G-L 离心机(德国 IKA 公司)。

1.2 主要药品与试剂

二氢杨梅素对照品(上海易恩化学技术有限公司, 批号: RH421945, 纯度 97%); 甲醇和甲酸为色谱纯, 乙醇和石油醚为分析纯, 水为超纯水。

本试验所用 7 批枳椇子为 2024 年 11 月分别从湖北省、陕西省、贵州省、云南省等省市收集, 经江汉大学生命科学学院董元火教授鉴定为鼠李科植物枳椇 *Hovenia dulcis* Thunb. 的成熟干燥种子; 将果梗与种子分离后清水冲洗去除漂浮的劣种, 晾干后备用; 各种源地的分布地理位置见表 1。

表1 种源地自然概况
Table 1. Natural situation of regions

种源地	经度	纬度	海拔 (m)	平均气温 (℃)	平均降水量 (mm)	年均日照时长 (h)
湖北十堰五峰乡	110°45'E	32°80'N	224	16.3	70.7	2 268
湖北武汉蔡甸区	114°16'E	30°52'N	29	17.6	109.7	2 180
湖北宜昌西陵区	111°32'E	30°72'N	135	18.0	91.0	1 825
陕西安康汉滨区	108°99'E	32°72'N	320	16.4	65.7	1 692
陕西渭南华州区	109°97'E	34°32'N	1 436	14.0	48.4	2 389
云南昆明官渡区	102°78'E	25°04'N	1 894	15.2	81.6	2 030
贵州黔南平塘县	107°32'E	25°82'N	943	17.9	96.5	879

2 方法与结果

2.1 种子表型性状测定

每个种源地随机选取 50 粒种子，使用游标卡尺测量其长轴（种子纵轴方向）与短轴（种子腹面最大横向距离），重复测量 3 次。使用电子天平测定千粒重：每个种源地随机抽取 100 粒种子为 1 组，重复称量 3 组，记录质量并取 3

次称量均值，以此换算得到千粒重。

不同种源的枳椇子表型性状分析显示，种子的颜色在不同种源之间存在明显差异（图 1）。湖北武汉的种子黑亮有光泽，湖北十堰以及陕西安康的枳椇子大多数为黑色其中掺杂了少数的红褐色种子，陕西渭南的种子红褐色占大多数，云南昆明以及贵州黔南的种子则偏向于红棕色，湖北宜昌的枳椇子不同于其他种源地，呈明显的黄棕色。



图1 不同地区枳椇子

Figure 1. Hovenia dulcis seeds in different regions

注：A. 湖北十堰；B. 湖北武汉；C. 湖北宜昌；D. 陕西安康；E. 陕西渭南；F. 云南昆明；G. 贵州黔南。

从表2可以看出,种子的长径、短径、长短比以及千粒重在不同种源之间有一定差异。各种源间长径差异显著,为0.396~0.426 cm,其中武汉种源的种子长度最大(0.426 cm),其次是黔南(0.425 cm),较武汉少0.001 cm,而渭南的种子最小(0.396 cm)。种子短径(0.334~0.360 cm)和长宽比(1.138~1.245)种源间差异不明显。种子千粒重也存在明显差异,千粒重超过20 g的有3个种源地,分别是湖北武汉、贵州黔南和云南昆明,其中武汉的千粒重最大(20.867 g),渭南种源的千粒重最小(16.976 g)。

2.2 种子处理与萌发

每个种源随机挑选饱满、大小一致且无病虫害的种子50粒置于浓度为0.1 g/L的高锰酸钾溶液中消毒10 min,流水反复冲洗后45℃浸泡40 min,之后使用浓硫酸处理10 min,流水冲洗24 h至无浓硫酸残留。处理完毕后,将种子铺于经紫外照射消毒30 min后铺有湿润脱脂棉的培养皿中,以脱脂棉湿润不流淌为标准,最后置于恒温光照培养箱(温度为25℃,光周期为12 h光照/12 h黑暗,湿度为60%)进行萌发试验,定期观察种子的发芽情况,并记录开始发芽日期、萌发种子数量(以胚根突破种皮达到种子长

度的1/2视为萌发),连续5 d无新种子萌发视为试验结束^[19]。萌发期间每天观察,适度补充水分保持脱脂棉湿润,如有霉变种子,则将种子剔除并更换脱脂棉,无特殊情况则3 d更换1次脱脂棉。最后计算发芽率和发芽势,计算公式如下^[20]:

$$\text{发芽率}(\%) = \frac{\text{全部发芽数}}{\text{供试种子数}} \times 100\%$$

$$\text{发芽势}(\%) = \frac{\text{萌发初期的高峰发芽数}}{\text{供试种子数}} \times 100\%$$

从图2可以看出,不同种源的枳椇子在萌发过程中存在一些差异。云南昆明种源萌发较早,在第7天开始萌芽;武汉、黔南和十堰种源在第10天开始萌发;其他3个种源地萌发均较晚,于第12天开始萌发。各种源均在开始萌发后第3天达到萌发高峰,其中昆明种源的发芽率最高,达76.67%,其次是武汉种源(62.62%)、黔南种源(59.61%),而渭南的种子发芽率最低,最高发芽率仅为16.67%。7个种源的种子在18 d内均完成萌发,但萌发时间和峰值存在差异。各种源的萌发持续时间从6~9 d不等。陕西渭南种源的萌发持续时间最短,仅为6 d,而武汉种源的萌发持续时间最长。

表2 7批不同种源枳椇子性状(n=3)

Table 2. Seed traits of *Hovenia dulcis* seeds from seven provenances (n=3)

种源地	长径 (cm)	短径 (cm)	长短比	千粒重 (g)
湖北武汉	0.426 ± 0.002	0.350 ± 0.007	1.217 ± 0.026	20.867 ± 0.590
湖北十堰	0.408 ± 0.007	0.334 ± 0.004	1.223 ± 0.012	17.569 ± 1.321
湖北宜昌	0.413 ± 0.002	0.36 ± 0.007	1.147 ± 0.017	18.692 ± 1.504
陕西渭南	0.396 ± 0.004	0.334 ± 0.002	1.185 ± 0.004	16.976 ± 0.133
陕西安康	0.406 ± 0.004	0.358 ± 0.006	1.138 ± 0.020	18.053 ± 0.156
贵州黔南	0.425 ± 0.004	0.342 ± 0.011	1.245 ± 0.047	20.486 ± 0.431
云南昆明	0.411 ± 0.012	0.336 ± 0.008	1.225 ± 0.062	20.335 ± 0.656

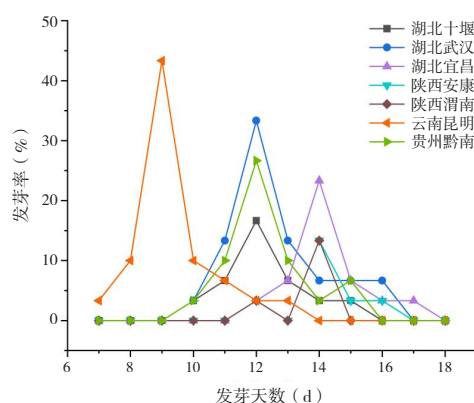


图2 7批不同种源枳椇子萌发进程(n=3)

Figure 2. Germination process of *Hovenia dulcis* seeds from seven provenances (n=3)

2.3 种子二氢杨梅素含量测定

2.3.1 HPLC色谱条件

色谱柱为 Agilent EC-C₁₈ 柱(150 mm × 4.6 mm, 4 μm),流动相为0.1%甲酸溶液(A)-甲醇(B),梯度洗脱(洗脱程序见表3),流速为0.5 mL/min,检测波长为290 nm,柱温为25℃,进样量为10 μL。

2.3.2 对照品溶液的配制

精密称取二氢杨梅素对照品10.0 mg,以甲醇溶解并定量转移至10 mL量瓶中,加甲醇稀释至刻度,摇匀,即得浓度为1.0 mg/mL的对照品溶液。

表3 梯度洗脱程序
Table 3. The gradient elution program

时间 (min)	流动相A (%)	流动相B (%)
0~5	90→82	10→18
5~10	82→75	18→25
10~22	75→50	25→50
22~35	50→15	50→85
35~37	15→5	85→95
37~40	5	95

2.3.3 供试品溶液的配制

每个种源地随机选取一定量的种子置于 60 ℃ 烘箱烘干至恒重，并研磨制成干样，过 50 目筛后保存备用；准确称取 1 g 干样置于 50 mL 离心管中，加入 70% 酒精 15 mL，超声（功率：300 W，频率：40 kHz）提取 1 h，结束后 9 600 × g 离心 5 min，重复 1 次，收集两次上清液减压浓缩后用甲醇定容至 10 mL 量瓶中；0.22 μm 微孔过滤膜过滤，滤液即为供试品溶液。

2.3.4 系统适用性试验

分别吸取空白溶液（甲醇）、对照品溶液和供试品溶液（种源地：湖北武汉）适量，按“2.3.1”项下色谱条件进样测定，记录色谱图（图 3）。由图可知，供试品与对照品在相同保留时间处均呈现特征色谱峰，各峰分离度均大于 1.5，理论塔板数均大于 2 000，表明该方法具有优良的系统适用性和专属性。

2.3.5 线性考察

精密吸取对照品溶液 0.05、0.1、0.2、0.4、0.8 mL，分别置于 10 mL 量瓶中，以流动相定容至刻度，经 0.22 μm 微孔滤膜过滤后制得浓度分别为 5.0、10.0、20.0、40.0、80.0 μg/mL 的二氢杨梅素系列标准溶液。精密吸取标准溶液按“2.3.1”项下色谱条件进样测定，记录色谱图。以二氢杨梅素浓度（X，μg/mL）为横坐标、峰面积（Y）为纵坐标绘制标准曲线，计算得线性方程： $Y=0.049\ 8X+1.921\ 1$ ， $r=0.999\ 8$ 。结果表明二氢杨梅素在 5.0~80.0 μg/mL 浓度范围内线性关系良好。

2.3.6 精密度试验

精密吸取供试品溶液（种源地：湖北武汉），按“2.3.1”项下色谱条件连续进样 6 次，记录色谱图，计算得二氢杨梅素峰面积的 RSD 为 0.58%（n=6），结果表明该仪器精密度良好。

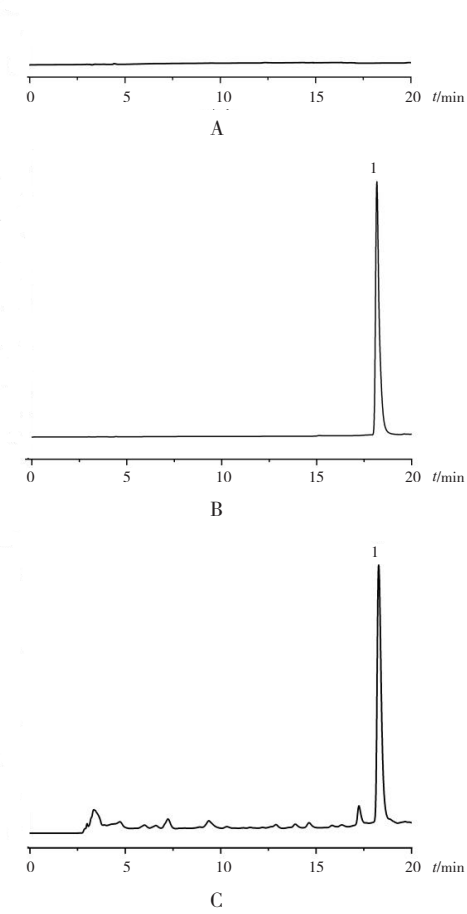


图3 系统适用性试验HPLC色谱图

Figure 3. HPLC chromatogram of system suitability test

注：A. 空白溶液；B. 对照品溶液；C. 供试品溶液；1. 二氢杨梅素。

2.3.7 重复性试验

精密称取同一样品（种源地：湖北武汉），按“2.3.3”项下方法平行制备 6 份供试品溶液，并按“2.3.1”项下色谱条件进样测定，记录色谱图，计算得二氢杨梅素的平均含量为 5.985 mg/g，RSD 为 1.03%（n=6），结果表明该方法重复性良好。

2.3.8 稳定性试验

取称取同一供试品溶液（种源地：湖北武汉），分别于室温条件下放置 0、2、4、8、12、24 h 后按“2.3.1”项下色谱条件进样测定，记录色谱图，计算得二氢杨梅素峰面积的 RSD 为 1.84%（n=6），结果表明供试品溶液在室温条件下放置 24 h 稳定性良好。

2.3.9 加样回收率试验

取已知二氢杨梅素含量的贵州黔南枳椇子样品（种源地：贵州黔南）0.5 g，共称取 9 份，分别加入样品含量 80%、100%、120% 水平的对照

品, 每个水平各 3 份; 按“2.3.3”项下方法制备供试品溶液, 并按“2.3.1”项下色谱条件进样测定, 记录色谱图, 计算得二氢杨梅素的平均回收率为 99.46%, RSD 为 1.47% ($n=9$), 结果表明该方法准确度良好。

2.3.10 含量测定

精密称取不同种源的枳椇子样品, 按“2.3.3”项下方法制备供试品溶液, 并按“2.3.1”项下色谱条件进样测定, 记录色谱图 (图 4); 代入标准曲线计算样品中二氢杨梅素含量 (表 4)。结果显示, 十堰、黔南以及安康的枳椇子二氢杨梅素含量明显低于其他地区, 其中含量最低的为贵州黔南地区。其余地区枳椇子含量均较高, 其中武汉地区的枳椇子二氢杨梅素含量最高达到 6.037 mg/g, 是黔南地区的 12 倍。

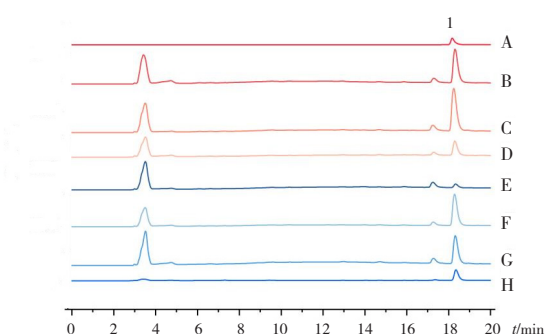


图4 7批不同种源地样品的HPLC色谱图

Figure 4. HPLC chromatogram of seven batches of samples from different regions

注: A. 对照品; B. 湖北宜昌; C. 湖北武汉; D. 陕西安康; E. 贵州黔南; F. 云南昆明; G. 陕西渭南; H. 湖北十堰; 1. 二氢杨梅素。

表4 7批不同种源地枳椇子二氢杨梅素含量 ($n=3$)

Table 4. Dihydromyricetin content of *Hovenia dulcis* seeds from seven regions ($n=3$)

种源地	二氢杨梅素含量 (mg/g)
湖北宜昌	4.669 ± 0.013
湖北武汉	6.037 ± 0.018
陕西安康	1.899 ± 0.005
贵州黔南	0.513 ± 0.001
云南昆明	4.288 ± 0.013
陕西渭南	3.727 ± 0.106
湖北十堰	1.359 ± 0.004

表5 不同种源地枳椇子表型性状与地理因子相关性分析

Table 5. Correlation analysis between phenotypic traits of *Hovenia dulcis* seeds geographical and climatic factors

表型性状	海拔	平均气温	平均降水量	年均日照时长	经度	纬度
长径	-0.337	0.818	0.963	-0.542	0.165	-0.610
短径	-0.638	0.637	0.370	-0.291	0.398	0.117
长短比	0.339	0.023	0.362	-0.158	-0.273	-0.570
千粒重	0.063	0.527	0.876	-0.443	-0.177	-0.821

2.4 相关性分析

2.4.1 表型性状与地理因子相关性分析

表 5 的相关性分析结果表明, 枳椇子的表型性状与种源采集地的地理气候因子之间存在一定的关联。各表型性状均与平均气温以及平均降水量呈正相关, 长径、短径和海拔、年均日照时长呈负相关, 与平均气温、平均降水量以及经度呈正相关, 其中长径与平均气温和平均降水量呈显著正相关; 长短比、千粒重与海拔、平均气温、平均降水量呈正相关, 与年均日照时长、经度、纬度呈负相关, 其中千粒重与纬度呈显著负相关。这说明可能在平均气温高且年均日照时长久的地区种子更长, 平均降水量高且纬度低的地区种子千粒重更重。这些结果表明枳椇子的形态特征可能受到地理气候因子的影响, 为进一步了解其生态适应性和遗传机制提供了重要线索。

2.4.2 萌发特性与地理因子相关性分析

对 7 个种源枳椇子采样点地理因子与种子萌发指标进行 Pearson 相关性分析, 图 5 结果显示, 地理因子与萌发指标之间存在不同程度的相关性。千粒重与平均降水量、发芽率与发芽势呈显著正相关, 发芽持续时间与经度呈显著正相关, 纬度平均降水量、发芽率与发芽势呈显著负相关, 发芽率与发芽势与平均降水量呈显著正相关, 即随着纬度减低以及平均降水量的增加发芽势与发芽率升高。

2.5 不同种源枳椇子聚类分析

使用 SPSS 26.0 进行聚类分析, 将 7 个种源地的枳椇子的 4 个表型性状以及 4 个萌发特征数据导入, 采用组间连接法, 以平方欧氏距离为横坐标, 不同种源的样品为横坐标得聚类分析图 (图 6)。在欧氏距离为 14 时, 可分为 3 大类, 第 I 类群为湖北武汉、贵州黔南; 第 II 类群为云南昆明; 第 III 类群为湖北十堰、湖北宜昌、陕西渭南和陕西安康。综合以上结果来看, 第 I 类群的种质资源表现为长径、短径、千粒重大的类群, 云南昆明单独组成第 II 类群, 表现为发芽率、发芽势高的类群, 第 III 类群表现中等。

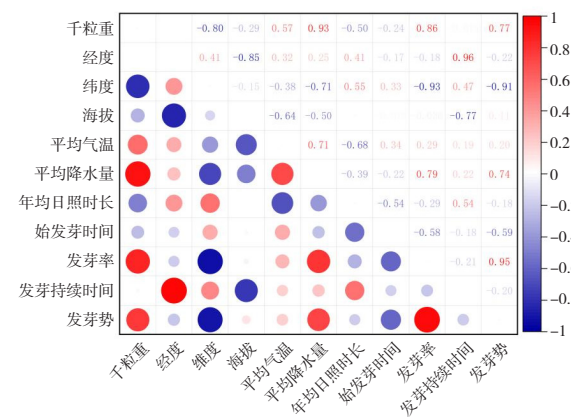


图5 地理环境因子与萌发特性的相关性分析
Figure 5. Correlation analysis between geographical environment factors and germination characteristics

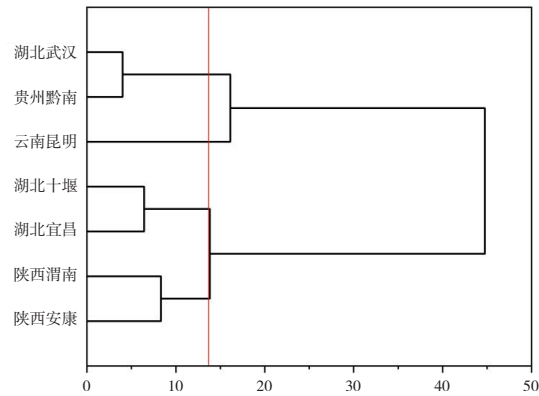


图6 不同种源枳椇聚类分析
Figure 6. Clusteranalysis of Hovenia dulcis from different regions

3 讨论

种子表型性状是种质资源认识和利用的基础，物种为了延续后代，产生了不同性状的种子来适应外界环境，在不同环境中同一物种种子性状均有一定差异^[21]。本研究结果表明，不同种源地枳椇子的性状有显著差异，短径与长宽比相对稳定，而长径与千粒重差异显著。武汉地区长径以及千粒重最大，分别为 0.426 cm、20.867 g，表明其种子更为饱满，能够为种子的萌发提供更多的养分^[22]。根据枳椇子表型特征与生态因子的相关性分析显示：各性状均与平均气温以及平均降水量呈正相关，其中种子长径与其呈显著正相关，千粒重仅与平均气温呈显著正相关；而各性状均与年均日照时长呈负相关，千粒重与纬度呈显著负相关，这与李丽霞等^[23]的研究结果一致，这表明气温高、纬度

低以及降水量多的地区可能利于枳椇形成更大更饱满的种子。

种子萌发特性是植物生活周期中的关键阶段^[24]，不同物种和环境下的种子萌发能力有一定差异。本研究结果显示：经处理的枳椇子萌发启动时间较长，但进入萌发阶段后仅需 3 d 即达萌发高峰。云南昆明种源萌发较早，且发芽率最高，达 76.67%；而渭南的种子发芽率最低，仅为 16.67%。对萌发特性与生态因子进行相关性分析，发现千粒重与发芽率、发芽势呈显著正相关，发芽持续时间与经度呈显著正相关，发芽势与纬度、平均降水量、发芽率呈显著负相关，发芽率、发芽势与平均降水量呈显著正相关。上述结果说明随纬度降低与降水量增加，发芽势与发芽率显著提升。因此，平均温度、纬度及年降水量可作为筛选枳椇优质种源的指标。

不同种源枳椇子二氢杨梅素含量的测定结果表明其富含该药用成分，这与陈菁等^[25]研究结果一致。聚类分析结果显示：云南昆明归类为萌发特性优异种源，湖北武汉与贵州黔南为表型性状优异类群。其中武汉种源二氢杨梅素含量最高，为 6.037 mg/g，云南昆明以及贵州黔南两地的二氢杨梅素含量显著低于武汉地区。一般而言种子千粒重与药用成分呈正比，但本研究结果却不完全符合这一规律。王家胜等^[26]研究认为纬度高的地方更适合二氢杨梅素积累。李娟等^[27]对旬阳不同海拔的枳椇进行研究，结果显示：低海拔地区因温度高、种子萌动早，光合产物积累更早。刘聪等^[28]研究结果显示汉江平原一带枳椇子二氢杨梅素含量较高。结合前人研究结果，可认为武汉地区位于汉江平原，且处于低海拔地区，周围植被相对较少，日照充足温度相对较高，有利于二氢杨梅素的积累，故此枳椇子质量优异。该种源的这一富集特性可提升药材提取效率，降低生产成本，推动药用资源可持续开发综合这一结果，可以初步将该地域作为枳椇子优质种源的备选地。

参考文献

1 徐方方, 徐胜梅, 蔡婉娜, 等. 北枳椇子化学成分的分离与鉴定[J]. 沈阳药科大学学报, 2022, 39(4): 375-379. [Xu FF, Xu SM, Cai WN, et al. Isolation identification of chemical constituents from the seeds of *Hovenia dulcis* Thunb.[J]. Journal

- of Shenyang Pharmaceutical University, 2022, 39(4): 375–379.] DOI: [10.14066/j.cnki.cn21-1349/r.2020.1208](https://doi.org/10.14066/j.cnki.cn21-1349/r.2020.1208).
- 2 孙学惠, 杨文业, 韩冰, 等. 枳椇子的提取工艺及含量测定[J]. 中国药师, 2011, 14(3): 385–387. [Sun XH, Yang WY, Han B, et al. Study on extracting process and content determination of *Hovenia dulcis* Thunb.[J]. Chinese Pharmacists, 2011, 14(3): 385–387.] DOI: [10.3969/j.issn.1008-049X.2011.03.028](https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-049X.2011.03.028).
- 3 Kyung TH, Hee SE, Yeon CY, et al. *Hovenia dulcis*--an Asian traditional herb[J]. Planta Med, 2010, 76(10): 943–949. DOI: [10.1055/s-0030-1249776](https://doi.org/10.1055/s-0030-1249776).
- 4 Suk PJ, Ur RS, Sook KI, et al. Evaluation of herb–drug interactions of *Hovenia dulcis* fruit extracts[J]. Pharmacogn Mag, 2017, 13(50): 236–239. DOI: [10.4103/0973-1296.204552](https://doi.org/10.4103/0973-1296.204552).
- 5 王垠芸, 罗绍忠, 陶汝俊, 等. 枳椇子及其复方解酒保肝作用研究进展[J]. 亚太传统医药, 2018, 14(3): 77–79. [Wang YY, Luo SZ, Tao RJ, et al. The sober up and attendant liver function research of *Hovenia acerba* Lindl.[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2018, 14(3): 77–79.] DOI: [10.11954/ytctyy.201803029](https://doi.org/10.11954/ytctyy.201803029).
- 6 Chen Z, Yue Y, An H, et al. Therapeutic effects of *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi root and *Hovenia dulcis* Thunb. extracts on alcoholic liver disease: Network pharmacology and experimental validation[J]. J Tradit Chin Med Sci, 2025, 12(1): 100–111. DOI: [10.1016/j.jtcms.2024.12.005](https://doi.org/10.1016/j.jtcms.2024.12.005).
- 7 陆石英, 覃志高. 药食两用枳椇的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(6): 1865–1870. [Lu SY, Qin ZG. Research progress on *Hoveniadulcis* Lindl. for medicine and food[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(6): 1865–1870.] DOI: [10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2020.06.031](https://doi.org/10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2020.06.031).
- 8 Zhang XN, Zhang LB, Zhang YD, et al. Extracting myricetin and dihydromyricetin simultaneously from *Hovenia acerba* seed by Ultrasound-Assisted extraction on a lab and small Pilot-Scale[J]. Ultrason Sonochem, 2023, 93: 106304. DOI: [10.1016/j.ultsonch.2023.106304](https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106304).
- 9 龙俊鹏, 孙洋, 刘莎莎, 等. 二氢杨梅素神经保护作用研究进展[J]. 中国药理学通报, 2023, 39(8): 1422–1425. [Long JP, Sun Y, Liu SS, et al. Advances in neuroprotective effects of dihydromyricetin[J]. Chinese Pharmacological Bulletin, 2023, 39(8): 1422–1425.] DOI: [10.12360/CPB202204049](https://doi.org/10.12360/CPB202204049).
- 10 谢蓉蓉, 张德志, 李欢, 等. 正交优化枳椇子中二氢杨梅素的提取工艺[J]. 海峡药学, 2013, 25(2): 8–11. [Xie RR, Zhang DZ, Li LH, et al. Orthogonal optimization of extraction methods of Dihydromyricetin in *Hovenia acerba* Lindl.[J]. Strait Pharmaceutical Journal, 2013, 25(2): 8–11.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-3765.2013.02.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-3765.2013.02.002).
- 11 卢孟飞, 陈瞳晖, 莫双凤, 等. 拐枣主栽品种果实的经济性状和营养成分分析及综合评价[J]. 经济林研究, 2024, 42(2): 112–121. [Lu MF, Chen TH, Mo SF, et al. Comprehensive evaluation and analysis on fruit economic characteristics and nutrient composition of *hovenia* varieties[J]. Nonwood Forest Research, 2024, 42(2): 112–121.] DOI: [10.14067/j.cnki.1003-8981.2024.02.011](https://doi.org/10.14067/j.cnki.1003-8981.2024.02.011).
- 12 李英. 枳椇种子休眠与萌发的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2013. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10298-1013046229.htm>.
- 13 刘艳江, 何选泽, 叶红环, 等. 合江方竹种子大小变异对萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子, 2022, 41(4): 111–115, 149. [Liu YJ, He XZ, Ye HH, et al. Effect of seed size variation of *Chimonobambusa hejiangensis* on seed germination and seedling growth[J]. Seed, 2022, 41(4): 111–115, 149.] DOI: [10.16590/j.cnki.1001-4705.2022.04.111](https://doi.org/10.16590/j.cnki.1001-4705.2022.04.111).
- 14 刘晓清, 高云洁, 田伟, 等. 桔梗种子生活力测定方法研究[J]. 种子, 2023, 42(11): 134–138. [Liu XQ, Gao YJ, Tian W, et al. Study on method for testing seed viability of *Platycodon grandiflorum* (Jacq.) A.DC.[J]. Seed, 2023, 42(11): 134–138.] DOI: [10.16590/j.cnki.1001-4705.2023.11.134](https://doi.org/10.16590/j.cnki.1001-4705.2023.11.134).
- 15 张婉婷, 王鹤宇, 史良, 等. 水分、温度和光照对几种常见作物种子萌发的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2022, 44(6): 49–54. [Zhang WT, Wang HY, Shi L, et al. Effects of water, temperature and light on seed germination of several common crops[J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2022, 44(6): 49–54.] DOI: [10.13718/j.cnki.xdsk.2022.06.005](https://doi.org/10.13718/j.cnki.xdsk.2022.06.005).
- 16 Wang Y, Liao X, Zhang J, et al. Anti-hyperuricemic effects of the seeds of *Hovenia acerba* in hyperuricemia mice[J]. J Ethnopharmacol, 2024, 340: 119215. DOI: [10.1016/j.jep.2024.119215](https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.119215).
- 17 Maieives HA, López-Froilán R, Morales P, et al. Antioxidant phytochemicals of *Hovenia dulcis* Thunb. peduncles in different maturity stages[J]. J Funct Foods, 2015, 18: 1117–1124. DOI: [10.1016/j.jff.2015.01.044](https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.044).
- 18 Lan H, Bai Z, Luo D, et al. Protective mechanisms of *Hovenia dulcis* Thunb. extracts on acute alcoholism and liver injury[J]. Food Bioscience[J]. 2024, 62: 105264. DOI: [10.1016/j.fbio.2024.105264](https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105264).
- 19 程琳, 李魁鹏, 董利军, 等. 杉木不同无性系种子品质分析及综合评价[J]. 种子, 2021, 40(9): 98–103, 107. [Cheng L, Li KP, Dong LJ, et al. Seed quality analysis and comprehensive evaluation of different clones of *Cunninghamia lanceolata*[J]. Seed, 2021, 40(9): 98–103, 107.] DOI: [10.16590/j.cnki.1001-4705.2021.09.098](https://doi.org/10.16590/j.cnki.1001-4705.2021.09.098).
- 20 王玉婷, 谢欢欢, 单增罗布, 等. 西藏不同种源大果圆柏种子特性研究[J]. 种子, 2024, 43(11): 113–119, 126. [Wang YT, Xie HH, Dan ZLB. et al. Study on seed characteristics of *Juniperus tibetica* from different provenances in Xizang[J]. Seed, 2024, 43(11): 113–119, 126.] DOI: [10.16590/j.cnki.1001-4705.2024.11.113](https://doi.org/10.16590/j.cnki.1001-4705.2024.11.113).
- 21 张毅, 敖妍, 刘觉非, 等. 不同分布区文冠果种实性状对生态因子的响应[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(5): 85–90. [Zhang Y, Ao Y, Liu JF, et al. Responses of fruit and seed characters of *Xanthoceras sorbifolium* to ecological factors in different distribution areas[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2019, 34(5): 85–90.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-7461.2019.05.13](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-7461.2019.05.13).
- 22 李艳霞, 周志军, 田新华, 等. 不同种源蓝靛果果实生物活性成分含量及抗氧化活性评价[J]. 温带林业研究, 2022, 5(3): 42–47. [Li YX, Zhou ZJ, Tian XH, et al. Evaluation on the contents of bioactive components and antioxidant activity of *Lonicera caerulea* fruit from different provenances[J]. Journal of Temperate Forestry Research, 2022, 5(3): 42–47.] DOI: [10.3969/](https://doi.org/10.3969/)

- j.issn.2096-4900.2022.03.008.
- 23 李丽霞, 逢玉娟, 高燕, 等. 不同种源野生北沙参种子表型及萌发特性的研究[J]. 种子, 2021, 40(6): 101-106. [Li LX, Feng YJ, Gao Y, et al. Study on seed phenotype and germination characteristics of wild *Glehnia littoralis* seeds from different provenances[J]. Seed, 2021, 40(6): 101-106.] DOI: [10.16590/j.cnki.1001-4705.2021.06.101](https://doi.org/10.16590/j.cnki.1001-4705.2021.06.101).
- 24 王泽, 谷海斌, 梁燕, 等. 北疆荒漠不同种源梭梭种子特性与环境因子关系[J]. 北方园艺, 2020, (8): 80-86. [Wang Z, Gu HB, Liang Y, et al. Relationship characters of *Haloxylon ammodendron* seeds with environmental factors from different provenances in Northern Xinjiang deserts[J]. Northern Horticulture, 2020, (8): 80-86.] DOI: [10.11937/bfy.20192581](https://doi.org/10.11937/bfy.20192581).
- 25 陈菁, 周建桥, 谭国英, 等. 在线提取 HPLC-ABTS 联用快速分析枳椇子中抗氧化成分[J]. 药物分析杂志, 2021, 41(2): 203-209. [Chen J, Zhou JQ, Tan GY, et al. Rapid analysis of antioxidant in *Hoveniae* semen by online extraction HPLC-ABTS[J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2021, 41(2): 203-209.] DOI: [10.16155/j.0254-1793.2021.02.03](https://doi.org/10.16155/j.0254-1793.2021.02.03).
- 26 王家胜, 何磊磊, 张妮, 等. 不同产地显齿蛇葡萄中二氢杨梅素测定[J]. 中成药, 2014, 36(1): 145-147. [Wang JS, He LL, Zhang N, et al. Dihydromyricetin in *Ampelopsis grossedentata* collected from different habitats[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2014, 36(1): 145-147.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-1528.2014.01.035](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1528.2014.01.035).
- 27 李娟, 倪星, 鲁悠悠. 旬阳拐枣不同海拔物候期观测[J]. 基层农技推广, 2022, 10(5): 51-54. [Li J, Ni X, Lu YY, et al. Observations on the climatic period of Xunyang Jujube at different altitudes[J]. Primary Agricultural Technology Extension, 2022, 10(5): 51-54.] https://www.nstl.gov.cn/paper_detail.html?id=bd9bf4c6249b64dbf67eacadc3c2de9.
- 28 刘聪, 孙健, 吴加梁, 等. 不同产地枳椇子 HPLC 指纹图谱研究[J]. 中药材, 2018, 41(4): 844-848. [Liu C, Sun J, Wu JL, et al. HPLC fingerprint study of *Hovenia dulcis* from different origins[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2018, 41(4): 844-848.] DOI: [10.13863/j.issn1001-4454.2018.04.014](https://doi.org/10.13863/j.issn1001-4454.2018.04.014).
- 收稿日期: 2025 年 01 月 06 日 修回日期: 2025 年 04 月 09 日
本文编辑: 钟巧妮 李 阳