

不同居群红河橙子种子发芽能力研究

李月艳, 牟凤娟*

西南林业大学林学院, 云南昆明 650224



摘要: 红河橙 (*Citrus hongheensis* Ye et al.) 为云南特有珍稀植物, 仅分布在云南省元江 (红河) 南岸较为狭窄的地区, 现存种群的个体数量较少。本研究利用红河橙云南省绿春县、红河县和元江县 5 个居群种子 (绿春大兴、红河甲寅、红河大羊街、元江那诺打芒、元江那诺猪街), 研究不同居群种子的形态特点及其发芽能力差异, 以期找出红河橙种子发芽能力最高的居群。结果表明: 5 个居群的红河橙种子发芽势和发芽率最高的为绿春大兴居群 (84.51%、86.95%), 最低的为红河甲寅居群 (70.95%、71.43%)。红河橙种子表型与发芽势及发芽率有不同程度的相关性, 种子长度与种子宽度呈极显著正相关 ($R=0.960$), 种子棱径与种子纵径、种子横径呈显著负相关 ($R=-0.908$, $R=-0.944$)。研究结果可为进一步系统探究红河橙的繁育特征, 并为红河橙种群繁育、良种扩繁、资源保护及开发提供理论依据。

关键词: 红河橙; 居群; 种子; 表型性状; 发芽能力

DOI: [10.57237/j.jaf.2023.03.001](https://doi.org/10.57237/j.jaf.2023.03.001)

Study on Variance of Seed Phenotypic Traits and Germination Ability of *Citrus hongheensis* from Different Populations

Li Yueyan, Mou Fengjuan*

Faculty of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China

Abstract: *Citrus hongheensis* is a rare and unique species in Yunnan Province and grows in narrow areas of south bank of Yuanjiang River (Honghe River) with few living individuals. In this study, seeds from five populations (Lvchun-Daxing, Honghe-Jiayin, Honghe-Dayangjie, Yuanjiang-Nanuo-Damang and Yuanjiang-Nanuo-Zhujie) of *C. hongheensis* in Yunnan Province were used to study the morphological characteristics and differences in germination ability of seeds from different populations and to find out the population with the highest germination ability of *C. hongheensis* seed. The results showed that seed length, the germination capacity and germination rate of Lvchun-Daxing were highest (84.51%, 86.95%), and these of Honghe-Jiayin were lowest (70.95%, 71.43%). The seed phenotypic traits of *C. hongheensis* were correlated with germination potential and germination rate to varying degrees. The seed length and seed width were significantly positively correlated ($R=0.960$), while the seed thickness was significantly negatively

基金项目: 国家自然科学基金地区基金项目《广义宜昌橙的系统演化与生物地理起源研究》(31360048);

云南省教育厅科学研究一般项目《珍稀植物红河橙的濒危机制研究》(2021J0165);

西南林业大学西南山地森林资源保育与利用教育部重点实验室开放项目《野生柑橘种质资源红河橙的保护及利用研究》(KLESWFU-201803).

*通信作者: 牟凤娟, moufengjuan@126.com

收稿日期: 2023-05-16; 接受日期: 2023-06-29; 在线出版日期: 2023-07-24

<http://www.agrforestry.com>

correlated with the seed length and width ($R=-0.908$, $R=-0.944$). The results can provide a theoretical basis for further systematic research on the breeding characteristics of *C. hongheensis*, and for population propagation, breeding of improved varieties, resource protection and development of *C. hongheensis*.

Keywords: *Citrus hongheensis*; Provenance; Seed; Phenotypic Traits; Germination Ability

1 引言

红河橙 (*Citrus hongheensis* Ye et al.) 隶属芸香科 (Rutaceae) 柑橘属大翼橙亚属 (*Citrus* subgen. *Papeda* Swingle), 为云南特有的柑橘种质资源, 仅分布于元江 (红河) 南岸的元江、红河和绿春等较为狭窄的地区, 当地哈尼语别名“阿蕾”。该物种现存种群的个体数量较少, 被列为国家二级重点保护野生植物 (2021) 和被纳入云南省极小种群野生植物保护名录[1]。其常绿乔木高达 10 m, 胸径达 1.6 m, 翼叶比小叶大, 是大翼橙亚属中翼叶最为发达的种类[2]。变种元江大翼橙 (*C. hongheensis* var. *yuanjiang* Bao et al.), 与原变种的区别在于花大、雄蕊数量多、果皮厚和瓢囊多[3]。红河橙与大翼厚皮橙 (*C. macroptera* var. *kerrii* Swingle) 在叶片和果实等形态特征较为接近, 后者在中国仅分布于云南南部的西双版纳[4]。红河橙一般生长在海拔 800~2000 m 的山坡杂木林中, 喜温暖湿润、阳光充足的气候及深厚肥沃、通气性良好的土壤[5]。红河橙树形挺拔, 树冠浓密, 叶片浓绿光亮, 花带甜香味, 花、果皮和叶片富含芳香油, 可被用于香水、精油和香料等制作, 幼果常被用于中药枳壳[6]。当地哈尼人民常将其种植于房前屋后来绿化环境, 保留了少量大树和古树。红河橙具有较高的经济价值, 开发前景良好, 但目前仅为零星栽培利用。由于人为砍伐, 生境破坏严重, 加上红河橙种群更新困难, 个体数量急剧下降, 处于濒危境地, 探究其濒危机制及保育方法迫在眉睫。

目前关于红河橙的研究主要涉及其分类学研究[3, 5, 7]和系统地位[8-11]、化学成分[12-15]、遗传多样性[16-20]及表型多样性[6, 21]等方面。柑橘类植物的优良种子是培育优质幼苗的前提条件, 是幼苗长势良好、提高苗木移栽成活率的重要保障[22]; 然而, 柑橘属植物的种子多为不耐干藏类型, 极易因干燥失水而迅速丧失发芽能力。顾增辉等[23]对 7 种芸香科植物的种子发芽进行研究, 发现该科种子一般不耐储藏, 适合随采即播或保湿储藏, 除枳 (*Citrus trifoliata* L.) 的种子在 30℃ 下萌发最佳外, 金橘 (*C. japonica* Thunb.)、

红桔 (*C. tangerine* Hort. et Tanak)、甜橙 [*C. sinensis* (L.) Osb.]、芦柑 (*C. reticulata* ‘Ponkan’)、花椒 (*Zanthoxylum bungeanum* Maxim.) 和九里香 (*Murraya exotica* L.) 的种子均适合在 20~30℃ 变温条件下萌发; 柑橘属植物种子发芽对温度要求差异较大, 其中化州柚 (*Citrus grandis* ‘Tomentosa’)、香圆 (*C. medica* L.) 种子在 15~25℃ 恒温及 15~30℃ 变温条件下均能较好萌发, 在生产季节的春秋两季均可播种, 以春播效果最好[24]。红河橙成年植株结果率并不低, 但种群内幼年植株较少, 不利于种群自然更新。红河橙新鲜种子采集清洗后立即播种的萌发能力最强 (90.00%), 新鲜种子不适宜在 -20℃ 保存, 而风干后的种子在 4℃ 时的贮藏效果最佳[25]。本研究利用方差分析、显著性检验及相关性分析对不同种源的红河橙种子特征及萌发能力等进行研究, 以期找出红河橙种子发芽能力最高的居群, 为进一步系统探究红河橙的繁育特征, 为红河橙种群扩繁、良种繁育、资源保护及开发提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 实验材料

于 2020 年 12 月底红河橙果实成熟期分别从云南省元江 (红河) 南岸的元江县、红河县和绿春大兴县采集 5 个居群的果实, 5 个居群内采集果实的植株数量分别 YJ-NN-ZJ (20 株)、YJ-NN-DM (18 株)、HH-DYJ (11 株)、HH-JY (4 株)、LC-DX (6 株)。由于各个居群内结实的成年植株少、结实率较低, 且果实内饱满种子比例极低, 可满足本试验对种子数量和质量要求的单株极少; 加之果实成熟后立即落地, 植株间成熟果实易混杂, 难以区分果实的单株来源, 只收集每个居群自然成熟脱落的果实备用 (每个居群采集 30~50 个果实不等)。在实验室将果实切开, 取出瓢囊中的种子, 用流水反复搓揉清洗, 洗净富含果胶和糖分粘液后, 自然阴干数日备用。材料来源及地理信息

见表 1。

表 1 红河橙材料来源及地理信息

Table 1 Sources of materials and geographic information of *C. hongheensis*

居群编号 Population number	居群 Population	纬度 Latitude (N)	经度 Longitude (E)	海拔/m Altitude/m
YJ-NN-ZJ	元江县那诺乡猪街村	23 °24'07.4"N	102 °08'11.7"E	1613
YJ-NN-DM	元江县那诺乡打芒村	23 °22'34.5"N	102 °07'52.6"E	1713
HH-DYJ	红河县大羊街乡	23 °20'38.8"N	102 °09'52.9"E	1582
HH-JY	红河县甲寅乡	23 °13'06.7"N	102 °22'45.6"E	1708
LC-DX	绿春县大兴镇	23 °05'18.2"N	102 °30'18.3"E	1780

2.2 实验方法

2.2.1 种子表型特征观察

每个居群随机取自然风干种子 50 粒，重复 3 次，不足的取全部种子。测量单粒种子的种子纵径（Seed length）、种子横径（Seed width）、种子棱径（Seed thickness）和纵横径比（Ratio of seed length to width）等表型特征，并拍照记录。

2.2.2 种子萌发能力测定

鉴于红河橙种子极易因干燥而丧失生活力，阴干种子尽早进行萌发试验。每个居群随机取自然风干种子 50 粒，重复 3 次，不足的取全部种子。2021 年 1 月中旬，采用点播法播种，营养钵上铺一层 1 cm 腐殖土，其底部垫上防漏网，培养基质为腐殖质土、红土和河沙（V: V:V = 1:1:1），每盆播 10 粒种子，盖土，再覆盖 1 层腐殖土。后续常规水分管理。2021 年 3 月 1 日开始动态统计观测发芽数，每 5 d 观测 1 次并记录，连续观测至 5 月 9 日；记录红河橙每个居群种子萌发和出苗数量，将数据录入 Excel2010 中，计算发芽势（%）和发芽率（%）[26-27]。

发芽率：测试种子发芽总数占测试种子总数的百分比，发芽率是检测种子质量和生活力的重要指标之一[28]。

发芽率（%）=（种子发芽数/供试种子总数）×100% (1)

发芽势：种子发芽达到高峰时，正常发芽的种子与供试种子总数的百分比。种子发芽势越高，表示种子生活力越强。

发芽势（%）=（发芽高峰期发芽的种子数/供试种子总数）×100% (2)

3 结果与分析

3.1 不同居群红河橙种子性状特征

红河橙种子形状通常近似楔形，上部份顶端有一小尖喙，质薄且不饱满，下部份较为饱满；种皮略厚有肋状棱，新鲜种皮易剥离，YJ-NN-DM 种子纵径最长（18.64 mm），HH-DYJ 种子最短（12.92 mm），YJ-NN-DM 种子横径最宽（12.58 mm），HH-JY 种子最窄（9.43 mm），LC-DX 种子棱径最厚（5.80 mm），HH-DYJ 种子最薄（5.18 mm），不同居群的种子在大小、形状和饱满度等方面差别较为明显（图 1）。

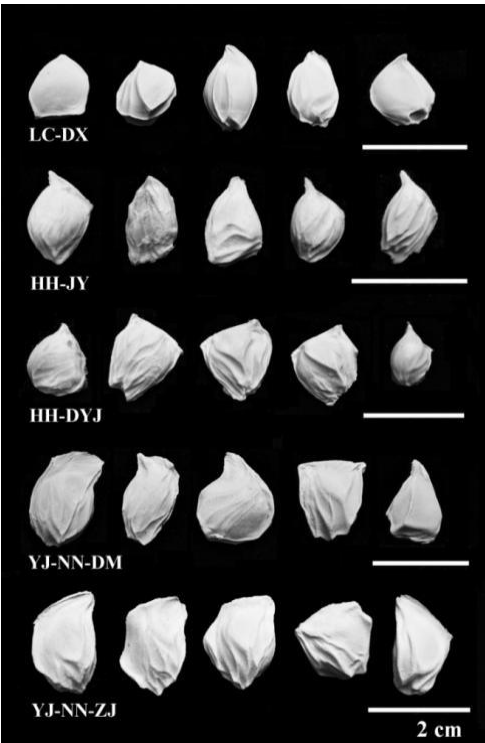


图 1 红河橙 5 个居群种子特征

Figure 1 Morphological traits of seed of *C. hongheensis* from five populations

3.2 不同居群红河橙种子萌发特性

红河橙 5 个居群的发芽率为 71.43%~86.95%，DXLC-的发芽率最高（86.95%），最低的是 YJ-NN-DM（71.43%）；发芽率表现为 LC-DX > HH-DYJ > HH-JY > YJ-NN-ZJ > YJ-NN-DM（图 2）。红河橙 5

个居群的种子发芽势为 70.95% ~ 84.51%，发芽势最高的种群为 LC-DX（84.51%），最低的是 YJ-NN-ZJ（70.95%）；发芽势表现为 LC-DX > HH-DYJ > HH-JY > YJ-NN-DM > YJ-NN-ZJ。

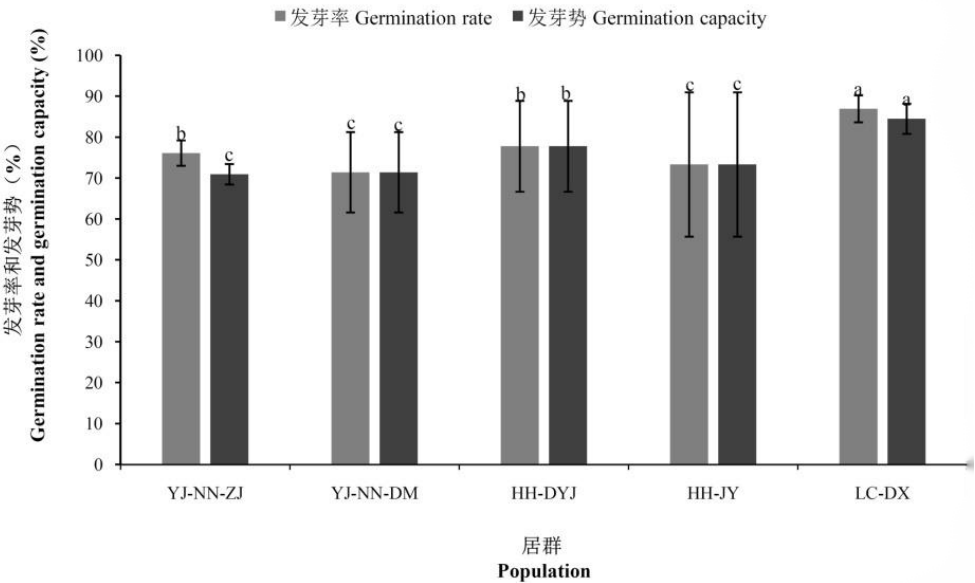


图 2 不同居群红河橙发芽势和发芽率

Figure 2 The germination potential and germination rate of *C. hongheensis* from different populations

3 月 1 日~3 月 25 日，所有居群的红河橙发芽数量都呈上升趋势；而在此之后几乎没有种子再萌发。说明种子发芽率在播种后约 2 个月后达到了峰值（图 3）。

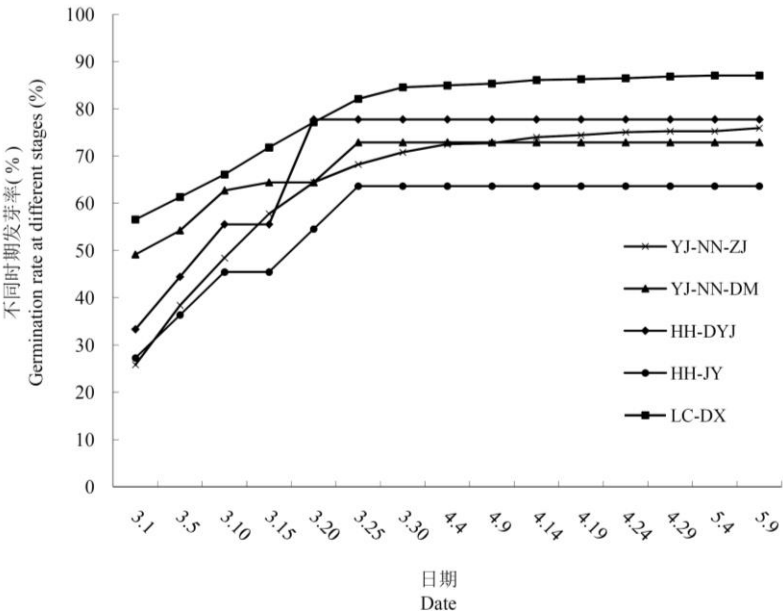


图 3 不同居群红河橙种子发芽率

Figure 3 Germination rate of *C. hongheensis* seed from different provenances

3.3 种子表型、发芽能力与地理特征的相关性

红河橙种子纵径纵径与种子横径呈极显著正相关 ($P < 0.01$)，种子棱径与种子纵径纵径和种子横径呈显著负相关 ($P < 0.05$) (表 2)。种子纵径纵径和横径与发芽能力呈正相关，但不显著；纵横径比与发芽率和发芽势呈正相关，但相关性较小；种子棱径与发芽能力呈负相关，但不显著。经度与纬度之间呈极显著负相关，但与种子性状和萌发特性之间相关性不大。

表 2 种子性状、萌发特性与地理特征的相关性

Table 2 Correlation between seed characters, germination characteristics and geographical location

指标 Index	种子纵径 Seed length /mm	种子横径 Seed width /mm	种子棱径 Seed thickness /mm	纵横径比 Ratio of seed length to width	发芽势 Germination potential	发芽率 Germination rate	纬度 Latitude/°	经度 Longitude/°
种子横径 Seed width /mm	0.960**							
种子棱径 Seed thickness /mm	-0.908*	-0.944*						
纵横径比 Ratio of seed length to width	-0.810	-0.842	0.834					
发芽势 Germination potential	0.534	0.332	-0.418	-0.565				
发芽率 Germination rate	0.543	0.300	-0.287	-0.405	0.924*			
纬度 Latitude/°	0.041	0.259	-0.108	0.086	-0.82	-0.727		
经度 Longitude/°	-0.174	-0.398	0.28	0.053	0.732	0.685	-0.983**	
海拔 Altitude/m	-0.294	-0.478	0.234	0.38	0.432	0.357	-0.761	0.751

“***”表示极显著相关 ($P < 0.01$)，“*”表示显著相关 ($P < 0.05$)。
“***”means extremely significant correlation ($P < 0.01$), “*”means significant correlation ($P < 0.05$).

4 讨论与结论

4.1 不同居群种子发芽能力差异

种子作为林木的繁殖器官，影响种子萌发及其幼苗生长等早期生长发育能力，在不同树种间，其性状具有相对稳定性；某一树种的种子性状在居群间、居群内的个体间存在差异，这些差异可作为分类鉴定、遗传育种的重要参考依据[29]。种子的发芽能力强弱可反映种子品质的优劣，其中发芽率的高低是种子生活力的一种表现。有研究表明，北沙参 (*Glehnia littoralis* Fr. Schmidt ex Miq.) 的种子发芽率与其纬度呈显著正相关[30]，但本研究的红河橙的种子萌发能力与其地理位置无相关性。红河橙 LC-DX 居群的发芽势 (84.51%) 和发芽率 (86.95%) 均最高，发芽势最低的是 YJ-NN-ZJ (70.95%)，发芽率最低的是 YJ-NN-DM (71.43%)。LC-DX 的红河橙种子虽然个头不大，但最饱满，含有

丰富的营养物质，利于种子萌发和幼苗发育，其发芽率最高，发芽势也最强，种子出苗快而整齐，且苗壮，说明 LC-DX 的红河橙种子活力最强；YJ-NN-DM 发芽率和 YJ-NN-ZJ 的发芽势均最低，说明其种子活力也最低，两者种子外形均为扁宽状；其他 3 个居群表现中等。由于 LC-DX 和 YJ-NN-DM 都属于亚热带季风气候，降水充足，立体气候突出，多年平均气温均在 15℃ 左右，地理位置无明显差异，目前难以解释两者间种子萌发能力的差异是由于地理位置或环境差异，还是种子自身的遗传差异引起的。

4.2 种子性状、萌发特性与地理位置间相关性

种子发芽需要合适的水分、温度、光照和 O₂，这些都不仅与外界环境因素有关，还与种子本身的表型性状有关，如种子的纵径、横径、棱径和饱满度等，都会使种子的发芽势和发芽率受到影响。有研究表明，

柑橘 (*Citrus reticulata* Blanco) 砧木的种子性状与其幼苗性状指标之间高度相关, 通常砧木种质性状优良的种子, 其幼苗质量也较好[31]。有研究表明河西走廊不同群体的沙拐枣 (*Calligonum mongolicum* Turcz.) 种子横径与纵横径比呈极显著负相关关系[32], 而本研究中, 红河橙种子纵径与种子横径呈极显著正相关, 从红河橙种子表型性状与萌发力相关性分析可以看出, 种子纵径与种子横径之间呈极显著正相关关系, 这与管俊娇[33]等人对小桐子 (*Jatropha carcas* L.) 种子表型研究、吕锋[34]等人对麻栎 (*Quercus acutissima* Carruth.) 种子表型分析结果相似。说明红河橙种子越长, 宽度也会随之增加, 而红河橙的种子棱径与种子纵径和种子横径呈显著负相关 ($P < 0.05$), 说明种子纵径和横径值越大, 种子的饱满度越低。鉴于此, 可以考虑分别选择两个居群的优良单株进行杂交, 以期获得更大的更饱满的种子。后续的研究中, 可通过红河橙种子性状进行前期选择, 采用性状表现优良的种子作为育苗材料, 更易获得长势强壮的幼苗。

有研究表明, 黄檀 (*Dalbergia hupeana* Hance) 的种子大小与其海拔间具有显著相关性[35], 也有研究表明香合欢 (*Albizia odoratissima* (Linn. f.) Benth.) 的种子表型性状受经纬度的影响[36], 天山花楸 (*Sorbus tianschanica* Rupr.) 种子纵径与经度呈现极显著正相关[37], 但本研究的红河橙为分布狭窄的珍稀植物, 海拔与种子各表型性状之间的相关性较小, 并未表现出与其地理经纬度和海拔等之间的相关性, 可能是由于居群间的地理距离较近、生长环境相似所导致, 也有可能由于红河橙大部分为人工栽培, 以及抽样不全面所导致。

4.3 结论

红河橙不同居群的种子在大小、形状和饱满度等方面的差别较为明显, 纵径和横径最大的为 YJ-NN-DM (18.64 mm; 12.58 mm), 而 LC-DX 的种子最厚 (5.88 mm)。红河橙 YJ-NN-ZJ、YJ-NN-DM、HH-DYJ、HH-JY、LC-DX 这 5 个居群的种子发芽率为 71.43%~86.95%, 发芽势为 70.95%~84.51%, LC-DX 居群的发芽势和发芽率均为最高。红河橙的种子棱径、种子纵径和种子横径呈显著负相关 ($P < 0.05$), 说明种子纵径和横径值越大, 种子的饱满度越低。鉴于此, 可以通过红河橙种子性状进行前期选择, 可以考虑分别选择不同居群的优良单株进行杂交, 以期获得更大更饱满的优质种子。本文主要根据红河橙种子发芽能

力来分析不同居群间的差异, 还可从分子生物学对红河橙居群间的遗传多样性和繁殖生物学进行研究, 以期进一步为开展红河橙资源保护与利用等研究提供理论基础。

参考文献

- [1] 孙卫邦. 云南省极小种群野生植物保护名录 (2021 版) [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2021: 78.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第 43 卷 (第 2 分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 178.
- [3] 暴卓然, 梁明清, 陈云铎, 等. 元江大翼橙—柑桔属红河橙的新变种 [J]. 园艺学报, 1988, 15 (3): 145-147.
- [4] 陈进, 苏应春, 陈贵清, 等. 云南西双版纳大翼厚皮橙的研究 [J]. 中国柑橘, 1993, 22 (3): 3-5.
- [5] 全国柑桔资源调查协作组. 云南红河橙——柑桔属大翼橙亚属的一个新种 [J]. 柑桔科技通讯, 1976 (4): 34-35.
- [6] 牟凤娟, 黄必娇, 李双智, 等. 野生与栽培红河橙叶表型性状比较研究 [J]. 西南林业大学学报 (自然科学), 2018, 38 (2): 56-60.
- [7] 谢让金. 柑桔属及其近缘植物基于 AFLP 分子标记的分类与进化研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2008.
- [8] 方德秋, 章文才, 肖顺元. 应用同工酶进行柑桔分类和进化研究 [J]. 植物分类学报, 1993, (4): 329-352.
- [9] Federici CT, Fang DQ, Scora RW, et al. Phylogenetic relationships within the genus *Citrus* (Rutaceae) and related genera as revealed by RFLP and RAPD analysis [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1998, 96 (6-7): 812-822.
- [10] 刘勇, 孙中海, 刘德春, 等. 柚类种质资源 AFLP 与 SSR 遗传多样性分析 [J]. 中国农业科学, 2005, 38 (11): 2308-2315.
- [11] 刘勇, 刘德春, 吴波, 等. 利用 SSR 标记对中国柚类资源及近缘种遗传多样性研究 [J]. 农业生物技术学报, 2006, 14 (1): 90-95.
- [12] 朱祥枝. 药用柑果主要药用成分及其对酪氨酸酶抑制作用研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2005.
- [13] 林正奎, 华映芳. 红河橙叶精油化学分成研究 [J]. 四川日化, 1991 (3): 14-16.
- [14] 黄远征, 陈全友, 吴云伦. 香茅醛的两种新的资源植物 [J]. 天然产物研究与开发, 1989 (2): 75-81.
- [15] 崔佳韵, 梁建芬. 柑桔属植物果皮精油抑菌作用研究进展 [J]. 粮油食品科技, 2018, 26 (1): 35-39.

- [16] 杨杨, 范眸天, 龚洵. 红河大翼橙的遗传多样性分析 [J]. 云南农业大学学报, 2005, 20 (6): 131-133.
- [17] 张太平, 彭少麟, 王峥峰, 等. 柚类品种遗传相互关系的 RAPD 标记研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2001, 9 (4): 322-328.
- [18] Yang Y, Pan Y, Xun G, et al. Genetic variation in the endangered Rutaceae species *Citrus hongheensis* based on ISSR fingerprinting [J]. Genetic Resources & Crop Evolution, 2010, 57 (8): 1239-1248.
- [19] 王炯, 龚桂芝, 彭祝春, 等. 基于 COS Marker 分析柑橘属及其近缘、远缘属植物的遗传与进化 [J]. 中国农业科学, 2017, 50 (2): 320-331.
- [20] Wang X, Xu Y, Zhang S, et al. Genomic analyses of primitive, wild and cultivated *Citrus* provide insights into asexual reproduction [J]. Nature Genetics, 2017, 49 (5): 765-772.
- [21] 高玉红, 李月艳, 魏萌, 等. 红河橙叶表型遗传多样性研究 [J]. 中国南方果树, 2022, 51 (4): 14-19, 24.
- [22] 李永学, 万恩梅. 柑橘露地育苗技术 [J]. 西北园艺, 2017 (9): 42-43.
- [23] 顾增辉, 冯桂强, 张金政, 等. 7 种芸香科种子的发芽试验 [J]. 种子, 1996 (5): 1-3.
- [24] 孙昌高, 方坚, 徐秀瑛. 芸香科药用植物种子发芽的研究 [J]. 基层中药杂志, 1999 (2): 24-26.
- [25] 李月艳, 牟凤娟. 低温与存储时间对红河橙种子萌发的影响 [J]. 贵州农业科学, 2023, 51 (3): 89-96.
- [26] 焦亚冰, 王爱波. 不同浓度 NaCl 溶液对 5 种草坪草种子发芽势的影响 [J]. 现代园艺, 2020, 43 (19): 14-15.
- [27] 张丽霞, 李学兰, 李海涛, 等. 珠子草种子发芽特性研究 [J]. 中药材, 2011, 34 (2): 176-179.
- [28] 张雪, 李隆云, 陈大霞, 等. 川续断种子吸水特性及萌发特性研究 [J]. 种子, 2010, 29 (9): 21-23.
- [29] 梁立东. 欧洲垂枝桦不同种源种子形态及萌发特性研究 [J]. 林业科技, 2020, 45 (2): 6-9.
- [30] 李丽霞, 逢玉娟, 高燕, 等. 不同种源野生北沙参种子及萌发特性的研究 [J]. 种子, 2021, 40 (6): 101-106.
- [31] 朱世平, 王福生, 陈娇, 等. 柑橘不同类型砧木的种子和苗期性状 [J]. 中国农业科学, 2020, 53 (3): 585-599.
- [32] 蔡亮, 孙鹤, 王菊萍, 等. 河西走廊不同群体沙拐枣种子表型性状变异研究 [J]. 现代园艺, 2013 (18): 10-11.
- [33] 管俊娇, 虞泓, 何露, 等. 小桐子居群种子表型变异研究 [J]. 西南农业学报, 2011, 24 (3): 1086-1094.
- [34] 吕锋, 解孝满, 韩彪, 等. 麻栎天然群体种子表型变异分析 [J]. 林业科学研究, 2021, 34 (2): 174-179.
- [35] 向光锋, 钱俐冰, 颜立红, 等. 不同种源黄檀种子性状与萌发特性的研究 [J]. 湖南林业科技, 2019, 46 (1): 34-37.
- [36] 姜英, 韦铄星, 林建勇, 等. 香合欢不同种源种子表型性状及生长差异分析 [J]. 广西林业科学, 2020, 49 (1): 66-70.
- [37] 郭来珍, 陈虹, 赵善超, 等. 天山花楸不同种源种子表型变异分析 [J]. 种子, 2022, 41 (10): 50-57, 2.

作者简介

李月艳

1995 年生, 研究方向为植物多样性保护与利用.

E-mail: 1650432425@qq.com

牟凤娟

1977 年生. 博士. 教授. 研究方向为植物多样性保护与利用.

E-mail: moufengjuan@126.com