

# 姜科植物草果药两种类型有性繁殖特性



陈凯, 夏尉允, 牟凤娟\*

西南林业大学林学院, 云南昆明 650224

**摘要:** 草果药 (*Hedychium spicatum*) 是高海拔地区姜科 (Zingiberaceae) 姜花属 (*Hedychium*) 植物, 极具观赏价值和药用价值。与其他姜花属植物不同, 草果药的雄蕊花药具有两种截然不同的类型。分析草果药的有性繁殖规律, 有助于推进草果药及姜花属植物育种进程。本研究以草果药雄蕊花药两种类型 (A, B) 为试验材料, 分别测定其花粉活力、柱头可授性、不同授粉方式结实及萌发情况。结果表明, 草果药两种类型的花粉活力均在开花第 1d 最高, 分别为 78.85% 和 69.41%, 随后急剧下降, 柱头在整个开花期间均具可授性, 开花第 2d 其可授性最强; 种内不同类型间及同类型内异花授粉处理的结果率、饱满率和萌发率较高。草果药两种类型的雄蕊与雌蕊适合度的重叠期较短, 种内杂交具有异交倾向, 有性繁殖一定程度上需要传粉者的辅助。

**关键词:** 草果药; 花粉活力; 授粉方式; 繁殖特性

**DOI:** [10.57237/j.jaf.2024.04.002](https://doi.org/10.57237/j.jaf.2024.04.002)

## Sexual Reproduction Characteristics of *Hedychium spicatum* (Zingiberaceae)

Chen Kai, Xia Weiyun, Mou Fengjuan\*

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

**Abstract:** The species *Hedychium spicatum* (Zingiberaceae) is *Hedychium* plant from high-altitude areas, with great ornamental and medicinal value. The species *H. spicatum* has two completely different types based on the stamens and anthers, which is very distinguished with other plants in the genus *Hedychium*. By analyzing its sexual reproduction pattern, it is helpful for advancing the breeding process of *Hedychium* and Zingiberaceae. In this paper, two types of *H. spicatum* (A and B) were used as the mother plants to study the pollen viability, stigma pollinability, fruiting, and germination by different pollination methods. The results showed that the pollen viability of the two types of *H. spicatum* was highest at the 1st day of flowering, 78.85% and 69.41% respectively, and then decreased sharply; the stigmas were all fertile during whole anthesis, with the strongest fertility at the 2nd day of anthesis. The fruiting, saturation, and germination rates were higher when cross-pollination treatment for intraspecific crosses between different two types and within type. The overlap period of fitness of stamens and pistils was relatively short for two types of *H. spicatum*. Intraspecific hybrids have a tendency to heterosis, and its reproduction requires the assistance of pollinators to some extent.

**Keywords:** *Hedychium spicatum*; Pollen Vitality; Pollination Methods; Reproduction Characteristics

基金项目: 姜花属植物种质资源创新与利用 (110824061).

\*通信作者: 牟凤娟, [moufengjuan@126.com](mailto:moufengjuan@126.com)

收稿日期: 2024-09-04; 接受日期: 2024-10-09; 在线出版日期: 2024-12-05

<http://www.agrforestry.com>

1 引言

草果药（*Hedychium spicatum*）隶属姜科（Zingiberaceae）姜花属（*Hedychium*），在中国主要分布于西南部的云南、贵州、四川和西藏等省区，常生 1200 m-2900 m 的山地密林，是高海拔地区下极具观赏价值的花卉植物和药用植物[1, 2]。传统上，常利用其根状茎来治疗呼吸系统疾病、发烧、镇静、降压、抗痉挛、中枢神经系统抑制剂、镇痛、抗炎、抗菌、抗氧化、抗真菌和细胞毒活性等[3-5]，根茎精油对前列腺癌细胞可以起到抑制集落形成的能力，处理后可致癌细胞凋亡，可作为前列腺癌的新药物[6]。

目前，对姜花属草果药的研究多集中在民族植物学[7]、药理作用[8-10]、植物化学[11]、精油成分[12]、杀虫活性[13]，以及分子标记[14]、无性繁殖[15]等方面，涉及姜花属有性繁殖方面的研究资料相对匮乏，制约了其繁殖及育种研究工作的发展。研究草果药有性繁殖规律可为其杂交育种提供理论依据，对适应高

海拔地区姜花新品种培育具有重要意义。本研究以两种雄蕊花药形态不同的草果药为材料，研究不同开花天数花粉活力与柱头可授性的变化情况，探讨授粉方式对两种类型草果药的坐果率、种子萌发率是否存在影响，为草果药及姜花属优良种质资源选育提供参考。

2 材料与方法

2.1 材料

草果药雄蕊花药不同的两种类型（A，B）分别引种于云南昆明安宁笔架山和大理苍山，均栽种于西南林业大学（图 1）。A 种源草果药的雄蕊花药成熟后不分裂，且花粉囊长度与花药基本一致（图 1D）；B 种源草果药的花药顶部 2 裂近基部，且花粉囊长度长远小于花药长度（图 1H）。



图 1 草果药两种类型花序和小花特征

Figure 1 Inflorescence and anatomical characters of two types of *Hedychium spicatum*

注：A-D 为草果药 A；E-H 为草果药 B。  
Note: A-D, *Hedychium spicatum* A; E-H, *H. spicatum* B

2.2 方法

2.2.1 花粉活力与柱头可授性测定

采用离体萌发法测定花粉活力。于每日 9:00-10:00 采集草果药两种类型不同开花阶段（开花前 1 d 至开花第 5 d）的 10 朵小花，以质量浓度为 10.00% 蔗糖+0.05% 硼酸+0.01% 氯化钙制备培养液，将花粉置于培养液中，在培养箱 25℃ 培养 4h 后，在显微镜下随机选取 5 个不同视野拍照。花粉管长度大于花粉粒直径视为萌发，观察统计萌发率。

花粉萌发率（%）=（视野内已萌发花粉数/视野内花粉总数）×100。

选用联苯胺-过氧化氢法检测柱头可授性。将柱头浸入滴有联苯胺-过氧化氢（1% 联苯胺：3% 过氧化氢溶液：蒸馏水=4:11:22）溶液的凹面载玻片上，在显微镜下观察。柱头可授性强弱以柱头周围产生的气泡数量进行判断。

2.2.2 不同授粉试验

于 2023 年 6 月-11 月在西南林业大学温室大棚进

行草果药种内不同授粉试验，于 2024 年 3-6 月在室内进行种子萌发试验。根据 Dafni 的方法[16]，草果药两种类型采用 7 个不同授粉方式（表 1），果实成熟后统计结实率。

结实率=结实数/处理花朵数×100%

表 1 草果药两种类型的不同授粉方式

Table 2 Seven different pollination methods of two types of *Hedychium spicatum*

编号	处理方法
A×B	草果药 A 为母本，B 为父本，杂交，检验不同类型杂交
B×A	草果药 B 为母本，A 为父本，杂交，检验不同类型杂交
H1	小花不做任何处理，进行自然授粉
H2	初开花朵去雄后，直接套袋处理，检验无融合生殖
H3	初开花朵去雄后，不套袋处理，检验风媒或虫媒自然传粉
H4	花朵开放后不做去雄处理，直接套袋，检验自花授粉
H5	花盛开时将同一小花的花粉涂抹至其花柱上，并套袋
H6	同一株植株的初开花朵 A 去雄后，将小花 B 的花粉涂抹在小花 A 的柱头上，并套袋
H7	植株 A 初开花朵去雄后，将植株 B 小花的花粉涂抹在植株 A 小花的柱头上，并套袋

2.2.3 种子萌发试验

随机选取饱满、无虫害的不同授粉处理获得的 30 粒种子，经蒸馏水浸种 24 h，置垫有 3 层滤纸的培养皿，测试室温遮光条件下的发芽率，3 次重复。

发芽率 (%) = 发芽种子数 / 供试种子数 × 100

2.2.4 数据处理

运用 Office 软件 Excel 收集与整理数据，通过 SPSS26 软件进行方差分析，并利用 Origin9.0 软件进行绘图。于 2023 年

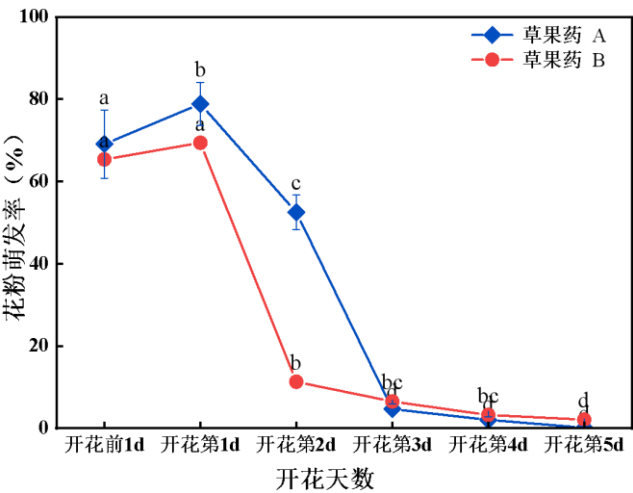


图 2 草果药两种类型花粉活力

Figure 2 Pollen vitality of two types of *Hedychium spicatum*

3 结果与分析

3.1 草果药花粉活力与柱头可授性

草果药两种类型的花粉活力均在开花前 1d 至开花第 1d 较高，呈先上升后下降的趋势（图 2 和图 3）。开花前 1d 花粉已具有较高活力，在开花第 1 d 花朵开放并散粉，草果药 A 与草果药 B 花粉活力达到最高，分别为 78.85%和 69.41%，随开花天数的推迟花粉活力急剧降低，开花第 3 d 花粉活力降至 5%左右，此后几乎没有活力。

综合表 2 和图 4 可知，草果药两种类型在开花前 1d 柱头已具有可授性，此后可授性呈增加趋势，至开花第 2d 可授性达到最强，随后逐步下降，开花后第 5d 仍具有一定可授性。

表 2 草果药两种类型柱头可授性

Table 2 Stigmatic pollinability of two types of *Hedychium spicatum*

开花天数	草果药类型	
	A	B
开花前 1d	+	+
开花第 1d	++	++
开花第 2d	+++	+++
开花第 3d	++	++
开花第 4d	+	+
开花第 5d	+	+

注：+ 示柱头具可授性，++ 示柱头具较强可授性，+++ 示柱头具最强可授性。

Note: + means pollinability, ++ means strong pollinability, +++ means strongest pollinability.

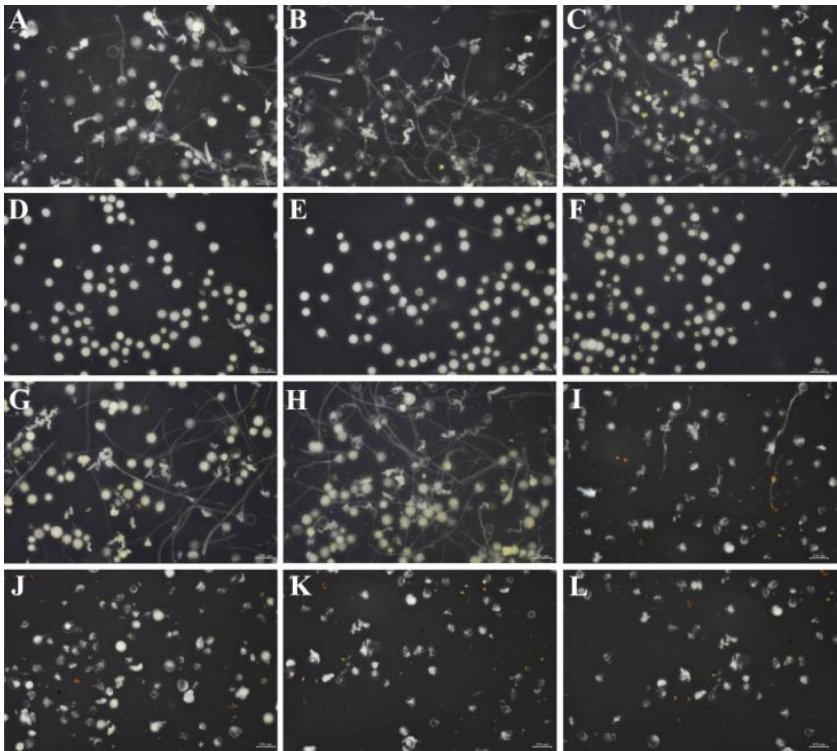


图 3 草果药花粉活力变化  
Figure 3 Pollen vitality of two types of *Hedychium spicatum*

注：A-F，草果药 A 型开花前 1 d 至开花第 5 d 花粉萌发情况；G-L，草果药 B 型开花前 1 d 至开花第 5 d 花粉萌发情况。  
Note: A-F, Pollen vitality of type A of *Hedychium spicatum* from 1 day before flowering to 5 days after flowering; G-L, Pollen vitality of type B of *H. spicatum* from 1 day before flowering to 5 days after flowering.

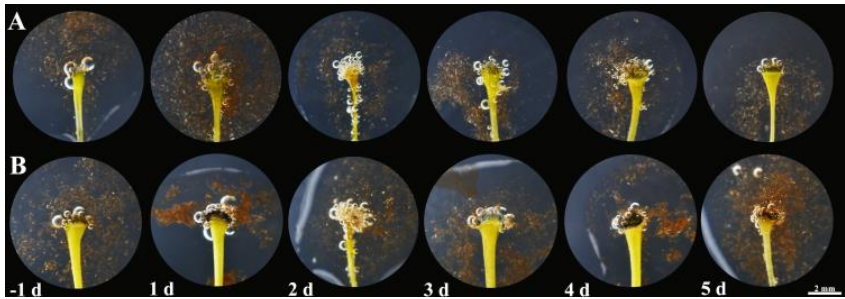


图 4 草果药两种类型柱头可授性变化  
Figure 4 Stigmatic pollinability of two types of *Hedychium spicatum*

3.2 种内不同授粉方式结实及萌发

如表 3 所示，以 7 种授粉方式处理草果药两种类型（A 和 B）的结实结果，其中自然授粉、同株异花授粉和异株异花授粉均收获成熟果实。草果药 A 异株异花授粉结实率最高（26.27%），草果药 B 同株异花授粉结实率最高（46.05%）。去雄不套袋和不去雄套袋处理的子房虽膨大，但种子败育，去雄套袋处理未见子房膨大，说明草果药不存在无融合生殖情况。草果

药两种类型种子饱满率最高的授粉方式分别为同株异花授粉（87.41%）和异株异花授粉（68.59%）。两种类型草果药异花授粉处理（同株异花授粉和异株异花授粉）的种子萌发率高于其他授粉方式（表 3）。因此，草果药两种类型异花授粉方式在结果率、种子饱满率和种子萌发率中表现出优良的繁殖特征。



表 3 草果药两种类型不同授粉方式结实情况

Table 3 Fruit setting of two types of *Hedychium spicatum* by different pollination methods

授粉方式	处理花朵数/朵	子房膨大数/个	花朵结实数/个	结果率/%	每果平均种子数/粒	种子饱满率/%	种子千粒重/g	种子萌发率/%
A×B	66	28	21	31.82	18.00	52.91	6.63	11.66
B×A	153	46	31	20.26	5.61	68.39	6.82	25.00
A:H1	628	193	108	17.20	11.99	14.83	5.32	6.65
B:H1	123	9	6	4.88	20.50	39.34	5.16	13.25
A:H2	29	0	0	0	-	-	-	-
B:H2	63	0	0	0	-	-	-	-
A:H3	26	7	0	0	-	-	-	-
B:H3	24	4	0	0	-	-	-	-
A:H4	38	5	0	0	-	-	-	-
B:H4	61	7	0	0	-	-	-	-
A:H5	207	39	22	10.63	7.36	41.97	6.05	13.35
B:H5	162	31	0	0	-	-	-	-
A:H6	78	32	20	25.64	7.55	87.41	6.78	70.00
B:H6	76	47	35	46.05	4.46	51.92	5.28	21.66
A:H7	118	45	31	26.27	15.32	43.86	6.00	23.35
B:H7	131	30	25	19.08	9.68	68.59	6.62	48.35

注：A 与 B 分别为草果药 A 与草果药 B。  
Note: A, Type A of *Hedychium spicatum*; B, Type B of *H. spicatum*

4 讨论

4.1 草果药具有较高的育种潜力

虽然云南作为中国野生姜花属植物资源最丰富的省份，但缺乏对高海拔地区姜花属的相关研究，未能充分发挥云南省野生姜花资源丰富的地区优势，严重限制了云南省姜花产业的健康发展。花粉活力和柱头可授性作为影响杂交结果的关键因素，在人工授粉前快速测定育种亲本的花粉活力及柱头可授性，选择花粉活力与柱头可授性强的亲本有助于提高杂交成功率。此外，花粉育性还与结实率、种子饱满率间呈极显著正相关关系，选择花粉育性优良的种类（品种）作为亲本将提高杂交成功率[17-19]。草果药两种类型花粉活力在花朵初开时最高，柱头可授性在整个开花期间均有体现，在开花第 2 d 可授性最强，本研究的两种类型草果药花粉活力及柱头可授性表现较好，育种潜力高，可用作姜花属杂交育种亲本。

有研究发现毛姜花原变种（*Hedychium villosum* var. *villosum*）相对其他姜花属植物，其较长的花寿命能显著增加其传粉的成功率和结实率，长达 5 d 的花寿命有利于雌性适合度和雄性适合度的提高[20]。与其他姜科

植物相比，同样分布于更高海拔的象牙参属（*Roscoea*）植物具有较长的单花寿命，这一特征提高了它们的结实率[21]。姜科植物较长的花寿命可有效提高其雌性适合度和雄性适合度，从而使其能脱离热带生境，向更高海拔的地区扩散，花寿命在姜科植物从热带地区到高海拔地区的分布过程中也起着重要作用[20]。

4.2 异交有助于草果药有性繁殖

野生草果药植株的花药具有截然不同的两种类型，产自文山花药二裂的类型被发表为不同的种类[22]。用不同授粉方式处理草果药两种类型，异花授粉（同株异花授粉和异株异花授粉）处理下的结果率、种子饱满率和种子萌发率均较高，表现出优良的有性繁殖特征。草果药的繁育系统为兼性异交[23]，具有较强异交倾向，存在部分类型自交亲和[24]，人工异花授粉有助于提高其结实率[25, 26]。草果药两种类型在去雄不套袋、不去雄套袋和去雄套袋处理后的结果率都为 0%，远低于异花授粉的结果率，草果药的有性繁殖在一定程度上需要传粉者。

5 结论

草果药两种类型植株（A 与 B）花粉活力在开花前 1 d 至开花第 1 d 较高，柱头在整个开花期间都具有可授性，开花第 2 d 可授性最强，花粉（雄蕊）和柱头（雌蕊）适

合度的重叠期较短。草果药异花授粉(同株异花授粉、异株异花授粉)有助于提高结果率、种子饱满率和萌发率,草果药的有性繁殖一定程度上需要传粉者的辅助。

## 参考文献

- [1] 吴德邻. 姜科 // 中国科学院中国植物志编辑委员会, 中国植物志, 第 16(2)卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1981.
- [2] Wu D L, Larsen K. Zingiberaceae. In: Wu Z Y, Raven P H, eds. Flora of China, vol. 24 [M]. Beijing: Science Press, 2000: 370-377.
- [3] Rawat S, Jugran A K, Bhatt I D, et al. *Hedychium spicatum*: A systematic review on traditional uses, phytochemistry, pharmacology and future prospectus [J]. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 2018, 70(6): 687-712.
- [4] Rasool S, Maqbool M. An overview about *Hedychium spicatum*: a review [J]. Journal of Drug Delivery and Therapeutics, 2019, 9(1-s): 476-480.
- [5] Gulati K, Sharma H, Thokchom S, et al. Pharmacological evaluation of cellular and molecular mechanism of anti-Inflammatory and immunomodulatory effects of traditional herbal drug extract of *Hedychium spicatum* in experimental models of bronchial asthma [J]. Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development, 2024, 12(3): 257-266.
- [6] Ray A, Gadnaya A, Jena S, et al. *Hedychium spicatum* rhizome essential oil induces apoptosis in human prostate adenocarcinoma PC-3 cells via mitochondrial stress and caspase activation [J]. Heliyon, 2023, 9(3), 1-18.
- [7] Singh M, Kumar R, Sharma S, et al. *Hedychium spicatum*: A comprehensive insight into its ethnobotany, phytochemistry, pharmacological and therapeutic attributes [J]. South African Journal of Botany, 2023, 161: 638-647.
- [8] Sharma A, Sharma V, Kumar D, et al. A review unveiling traditional uses and pharmacological potential of *Hedychium spicatum* Buch.-Ham. ex Sm. rhizomes for asthma [J]. South African Journal of Botany, 2023, 162: 730-742.
- [9] Rawat A, Prakash O M, Nagarkoti K, et al. Chemical composition, pesticidal activities and in-silico investigation of *Hedychium spicatum* Sm. chloroform extract [J]. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 2023, 95(1): 1-24.
- [10] Farooq N, Anwar F, Saleem U, et al. The wound healing potential of *Hedychium spicatum* Sm. and *Zinnia peruviana* (L.) ethanolic extracts against excision wound model in rats [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2023, 311: 116404.
- [11] Maurya A K, Baliyan N, Kumar R, et al. Synthesis of sulfur-containing analogues of hedychenone, a labdane diterpenoid from *Hedychium spicatum* [J]. Journal of Natural Products, 2022, 85(7): 1691-1696.
- [12] Maurya A K, Sharma A, Mukhia S, et al. Essential oil composition, in vitro biological activities and safety evaluation of cultivated *Hedychium spicatum* seeds [J]. Indian Journal of Pharmaceutical Sciences, 2022, 84(3): 783-790.
- [13] Rawat A, Rawat M, Prakash O M, et al. Comparative study on eucalyptol and camphor rich essential oils from rhizomes of *Hedychium spicatum* Sm. and their pharmacological, antioxidant and antifungal activities [J]. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 2022, 94(3): 1-18.
- [14] Xavier A, Gowda V. Characterization of SSR markers from draft genome assembly and genotypic data in *Hedychium spicatum* (Zingiberaceae) [J]. Data in Brief, 2024, 55: 110568.
- [15] Koul S, Raina V, Sharma S K. Conservation and propagation of high altitude medicinal and aromatic plant: *Hedychium spicatum* [J]. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology, 2005, 14: 57-59.
- [16] Dafni A. Pollination ecology: a practical approach [M]. Oxford: Oxford University Press, 1992.
- [17] 赵红霞, 王晶, 丁晓六, 等. 蔷薇属植物与现代月季品种杂交亲和性研究 [J]. 西北植物学报, 2015, 35(4): 743-753.
- [18] 宋静, 王娟, 杜春, 等. 不同海拔分布的滇牡丹种源花粉活力差异分析 [J]. 植物生理学报, 2022, 58(9): 1675-1684.
- [19] 魏子秋, 彭冶, 李丰霞, 等. 观赏海棠品种间的杂交亲和性研究和亲本选择 [J]. 西北植物学报, 2023, 43(11): 1-10.
- [20] 高江云, 杨自辉, 李庆军. 毛姜花原变种花寿命对两性适合度的影响 [J]. 植物生态学报, 2009, 33(1): 89-96.
- [21] Zhang Z-Q, Kress WJ, Xie W-J, et al. Reproductive biology of two Himalayan alpine gingers (*Roscoea* spp., Zingiberaceae) in China: Pollination syndrome and compensatory floral mechanisms [J]. Plant Biology, 2011, 13(4): 582-589.
- [22] Picheansoonthon C, Wongsuwan P. *Hedychium dichotomatum* (Zingiberaceae), a new species from Southern China [J]. The Journal of Japanese Botany, 2013, 88(1): 16-20.
- [23] 张莹, 李志敏, 张永洪, 等. 草果药(*Hedychium spicatum*)繁育生物学的初步研究 [J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2013, 33(4): 75-78.
- [24] 孙阳, 袁娟, 郭萍, 等. 大花紫薇花部综合特征和繁育特性 [J]. 东北林业大学学报, 2023, 51(3): 60-66.
- [25] 杨琴, 罗莉, 罗娅, 等. 自花和异花授粉对蓝莓花粉管动力学的影响 [J]. 中国果树, 2020(5): 20-25.
- [26] 王燕, 黎秋刚, 陈伟, 等. 四川合江“真龙柚”授粉现状分析及建议 [J]. 中国南方果树, 2021, 50(4): 166-169.