广西植物 Guihaia Jan. 2026, 46(1): 163-172 http://www.guihaia-journal.com

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw202412001

索南邓登, 刘琪, 何静, 等, 2026. 濒危药用植物掌裂兰在青藏高原东源地带种群结构及群落特征分析 [J]. 广西植物, 46(1): 163-172.

SUONAN D D, LIU Q, HE J, et al., 2026. Population structure and community characteristics of endangered medicinal plant *Dactylorhiza hatagirea* in the eastern source region of the Qinghai-Xizang Plateau [J]. Guihaia, 46(1): 163-172.

濒危药用植物掌裂兰在青藏高原东源地带种群结构及群落特征分析

索南邓登[1,2], 刘 琪[1], 何 静[1], 祁丽萍[1], 仁青吉[3*]

(1. 青海大学 药学院, 西宁 810001; 2. 青海省糖脂代谢疾病防控中医药研究重点实验室, 西宁 810001; 3. 西藏藏医药大学, 拉萨 850007)

摘 要: 为明确青海省同德县、海晏县和泽库县分布的掌裂兰(*Dactylorhiza hatagirea*)种群的结构及群落特征,该研究分析掌裂兰种群密度、高度等数量特征及其伴生群落的物种组成,并运用物种重要值、种间相关性、物种多样性指数等方法对掌裂兰与伴生物种的种间关联性进行分析。结果表明:(1)3 个地点掌裂兰种群密度和高度均较低,平均种群密度不足 10 ind.·m^{-2},种群高度以<20 cm 和 20~30 cm 为主,海晏地点生境退化明显,掌裂兰种群高度<20 cm,占比为 80%以上。(2)掌裂兰的伴生群落以线叶嵩草(*Kobresia capillifolia*)、马蔺(*Iris lactea*)、小嵩草(*Kobresia humilis*)、黄帚橐吾(*Ligularia virgaurea*)、小薹草(*Carex parva*)等为优势种。(3)在种间关系上,掌裂兰与群落中绝大多数物种无显著相关性,但与优势种线叶嵩草、马蔺具有显著的正相关性($P<0.05$),与黄帚橐吾、小米草(*Euphrasia pectinata*)存在显著的负相关性($P<0.05$)。该研究认为掌裂兰适生区狭窄、自身更新能力不足,气候因素以及人类活动可能是导致其濒危的主要原因。建议采取就地保护、自然回归等措施以扩大其种群数量。在生产实践中,可将黄帚橐吾、小米草视为掌裂兰不利生境的指示植物,而线叶嵩草可视为掌裂兰有利生境的指示植物,马蔺则不适宜作为掌裂兰有利生境的指示物种。该研究为青藏高原地区掌裂兰关键栖息地的识别及针对性保护、管理策略的制定提供了科学依据。

关键词: 掌裂兰, 种群密度, 高度级结构, 物种组成, 种间关联性, 藏药

中图分类号: Q948.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2026)01-0163-10

Population structure and community characteristics of endangered medicinal plant *Dactylorhiza hatagirea* in the eastern source region of the Qinghai-Xizang Plateau

收稿日期: 2025-04-29 **接受日期:** 2025-06-19

基金项目: 青海省科技厅创新平台建设专项(2022-1-15); 青海省"昆仑英才"行动计划项目(青人才字[2022]18 号); 青海大学医学部教研项目(qyjg202212)。

第一作者: 索南邓登(1979—),博士,副教授,博士研究生导师,主要从事濒危藏药资源与可持续利用研究,(E-mail)71075047@qq.com。

*通信作者: 仁青吉,博士,副教授,硕士研究生导师,主要从事濒危藏药资源与可持续利用研究,(E-mail)815281823@qq.com。

SUONAN Dengdeng[1,2], LIU Qi[1], HE Jing[1], QI Liping[1], REN Qingji[3*]

(1. *School of Pharmacy*, *Qinghai University*, Xining 810001, China; 2. *Qinghai Provincial Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine Research for Glucolipid Metabolic Diseases*, Xining 810001, China; 3. *Xizang University of Tibetan Medicine*, Lhasa 850007, China)

Abstract: *Dactylorhiza hatagirea* is an endangered medicinal plant with significant ecological and cultural value in the Qinghai-Tibet Plateau. To clarify the population structure and community characteristics of *Dactylorhiza hatagirea* in Tongde County, Haiyan County, and Zeku County of Qinghai Province, China, this study analyzed the quantitative characteristics such as its population density, height, and the species composition of its associated communities. Species importance value, interspecific correlation, and species diversity indices were employed to analyze the interspecific correlations between *Dactylorhiza hatagirea* and its associated species. The results were as follows: (1) Population density and height of *Dactylorhiza hatagirea* was relatively low across all three sites (average population density < 10 ind. · m^{-2}), with population height dominanted by individuals < 20 cm and 20 – 30 cm. Habitat degradation was evidant at the Haiyan location, where over 80% of individuals were less that 20 cm in population height. (2) Associated communities mainly comprised *Kobresia capillifolia*, *Iris lactea*, *Kobresia humilis*, *Ligularia virgaurea*, and *Carex parva*. (3) In terms of interspecific relationships, *Dactylorhiza hatagirea* showed no signilicant correlation with the majority of species in the community, and had positive correlations with *Kobresia capillifolia a* and *Iris lactea* ($P<0.05$), but negative correlations with *Ligularia virgaurea* and *Euphrasia pectinata* ($P < 0.05$). This study suggests that *Dactylorhiza hatagirea* has a narrow suitable habitat and limited self-renewal capacity. Climate factors and human activities may be the primary reasons for its endangerment. For conservation, *in-situ* protection and natural restoration measures are recommended to enhance its population. In practical applications, *Ligularia virgaure* and *Euphrasia pectinata* can serve as indicator species for unfavorable habitats, while *Kobresia capillifolia* is a reliable indicator of favorable habitats for *Dactylorhiza hatagirea*, and *Iris lactea* is not suitable as an indicator species due to its inconsistent relationship with the target plant. This study provides a scientific basis for identifying critical habitats and formulated targeted conservation and management strategies of *Dactylorhiza hatagirea* in the Qinghai-Tibet Plateau.

Key words: *Dactylorhiza hatagirea*, population density, height structure, species composition, interspecific correlation, Tibetan medicine

生物资源在国家协调生态文明建设、经济高质量发展、人民健康保障和生物安全防控等方面具有重要的战略价值(于建荣,2022)。加强藏药植物资源保护、发展绿色藏医药产业,对民族地区特色产业发展和生态文明建设具有现实意义(扎西旺姆和王允武,2021)。掌裂兰[*Dactylorhiza hatagirea*(D. Don)Soó]是兰科掌裂兰属(*Dactylorhiza* Neck. ex Nevski)多年生草本植物,为传统藏医药。掌裂兰始载于《月王药诊》和《四部医典》,藏药称“旺拉玛尔布”,其具健体生精之效(玉多·云登贡布,1982),是藏医药常用制剂药品,广泛用于临床。保护野生濒危植物是生物多样性保护的重要环节(杨磊等,2023)。掌裂兰野生资源量少,又受其他生物干扰,导致其生境破碎化、分布范围不断缩减,加之其繁育与抚育难度大,市场供应量逐年降低(Jugran et al., 2015),现已被《国际自然保护联盟濒危物种红色名录》收载,同时被《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES)附录Ⅱ收录,即“如对其贸易不严加管理,就可能变成有灭绝危险的物种”,同时被《国家重点保护野生植物名录》列为国家二级重点保护植物。

濒危药用植物掌裂兰主要生长在海拔2 500~5 000 m的高山草甸,分布于亚洲北温带区域内的高原地区。据统计,掌裂兰在我国的分布中心是喜马拉雅山脉两侧的青藏高原。受社会经济发展滞后限制,掌裂兰的基础性研究较少,仅见个别零散研究(索南邓登等,2019;阿拉坦存布尔等,2024),不利于种群的保护和可持续利用。因此,本研究以青海省掌裂兰分布区域为研究对象,依托生物资源的战略价值和藏药植物资源保护的重要性,采用种群生态学方法,通过

对掌裂兰种群密度、高度等数量特征及其伴生群落物种组成的分析，以及掌裂兰与伴生物种的种间关联性分析，拟探讨以下问题：(1)掌裂兰种群的密度和高度等数量特征；(2)掌裂兰伴生群落的物种组成；(3)掌裂兰与伴生物种之间的种间关联性。

1　材料与方法

1.1 研究区域概况

研究区域位于我国青藏高原除西部外的其他区域(29°14′—36°59′N、94°15′—102°46′E)，平均海拔在 4 000 m 以上，包括沼泽化草甸、高寒草甸(以分布最广的嵩草草甸为例)与滩地(台地)等。该区域属于高原大陆性气候区，年均温为 0.4～7.4 ℃，年日照时数为 2 350～2 900 h。主要组成的群落植物优势科有菊科(Compositae)、玄参科(Scrophulariaceae)、龙胆科(Gentianaceae)、兰科(Orchidaceae)等，群落总盖度 95%以上(索南邓登，2020)。土壤类型为高寒草甸土，有机质含量丰富。

1.2 地点选取与野外调查

2019 年 6 月下旬进行野外调查。本研究选择在青海省集中分布掌裂兰的 3 个地点进行调查，分别是海南州同德县(代码 TD)、海北州海晏县(代码 HY)、黄南州泽库县(代码 ZK)，详见表 1。同德掌裂兰多生长在河边灌丛、树荫滩地和林荫灌丛中，这些地方具备湿生地环境。海晏掌裂兰常见于高山草甸、台地以及滩地，适应光照的范围较广且所处环境均有河水流域的湿地。泽库掌裂兰分布于山地东南坡的中下部，形成了沼泽和湿生环境区域，土壤为嵩草草甸土。为深入研究掌裂兰的生态特征，在具有不同地形地貌的 3 个分布区开展调查。在每个分布区内，均随机设置 10 个面积为 1 m × 1 m 的样方，共计 30 个样方。详细记录每个样方内掌裂兰的种群密度(单位面积内的植株数量)和自然高度(用直尺测量)。同时，针对伴生群落中的每个物种，精确记录其盖度(植物地上部分垂直投影面积占样方面积的比例)、密度(单位面积内的植株数量)以及频度(该物种在样方中出现的百分比)。通过这些数据的收集，为后续分析掌裂兰的生态特性及其与伴生群落的种间关联性提供依据。

1.3 数据处理

1.3.1 *掌裂兰种群高度级划分*　结合掌裂兰生物学特征，以 10 cm 为 1 个高度级划分出 4 个高度级：<20 cm、20～30 cm、31～40 cm 和>40 cm。绘制个数与高度级柱状表，进行掌裂兰种群高度级组成结构分析。

1.3.2 *植物群落物种重要值*　重要值 = 100×(相对高度+相对盖度+相对密度+相对频度)/4。

1.3.3 *种间相关性分析*　应用 Spearman 秩相关系数进行种间相关性分析(韩大勇和杨永兴，2020)，但是仅出现于 1 个或 2 个样方的物种未纳入分析。计算公式如下：

$$r(i,k)=1-\frac{6\sum_{j=1}^{N}d_j^2}{N^3-N};$$

$$d_j=x_{ij}-x_{kj}。$$

式中：r 为 Spearman 秩相关系数；N 为样方数；x_{ij}和 x_{kj}分别为种 i 和 k 在样方 j 中的重要值。

1.3.4 *物种多样性指数*　香农多样性指数(Shannon-Wiener diversity index，H')：

$$H'=-\sum_{i=1}^{S}P_i\ln P_i;$$

辛普森优势度指数(Simpson’s dominance index，D)：

$$D=\sum_{i=1}^{S}P_i^2;$$

β 多样性指数(β diversity index，β_M)：

$$\beta_M=S_T/S_m。$$

式中：P_i为第 i 种的重要值；S 为样方中出现的物种数；S_T 为样地出现的总物种数；S_m 为样方中物种丰富度均值；β_M 反映生境间的多样性。

使用 Excel 2007 和 SPSS 13.0 软件完成所有数据处理。

2　结果与分析

2.1 掌裂兰种群数量特征

3 个地点调查到的掌裂兰种群数量总计 137 株(表 2)。其中，泽库地点最多，为 57 株，其次为同德地点 46 株，海晏地点最少，为 34 株。3 个地点的掌裂兰种群平均密度较低，均小于 10 ind.·m^{-2}，其最大值也仅为 18.0 ind.·m^{-2}(泽库)。掌裂兰种群平均高度为 20 cm 左右，以同德地点的平均高度最高，为 27.51 cm，最大值高达 42.0 cm；平均

表 1 濒危药用植物掌裂兰分布区地理坐标

Table 1 Geographical coordinates of the distribution areas of endangered medicinal plant *Dactylorhiza hatagirea*

调查地代码 Code for survey location	调查地 Survey location	地理坐标 Geographic coordinates			样本数量 Number of samples	采样时间 Sampling time
		经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 Altitude (m)		
TD	青海省海南州同德县尕巴松多镇 Gaba Songduo Town, Tongde County, Hainan Prefecture, Qinghai Province	100°40′15″E	35°01′02″N	3 240	46	2022 年 6 月 June 2022
HY	青海省海北州海晏县西海镇 Xihai Town, Haiyan County, Haibei Prefecture, Qinghai Province	101°52′05″E	36°59′07″N	3 130	34	2022 年 7 月 July 2022
ZK	青海省黄南州泽库县麦秀林场 Maixiu Forestry, Zeku County, Huangnan Prefecture, Qinghai Province	101°53′10″E	35°15′43″N	3 200	57	2022 年 6 月 June 2022

表 2 不同地点掌裂兰种群数量特征

Table 2 Quantitative characteristics of *Dactylorhiza hatagirea* populations at different locations

地点 Location	密度 Density (ind.·m^{-2})				高度 Height (cm)			
	平均值 Average value	标准差 Standard deviation	最大值 Maximum value	最小值 Minimum value	平均值 Average value	标准差 Standard deviation	最大值 Maximum value	最小值 Minimum value
泽库 ZK	5.70a	4.64	18.0	1.0	22.88a	3.06	26.0	15.0
同德 TD	4.60b	3.98	12.0	0.0	27.51a	6.45	42.0	20.5
海晏 HY	3.40c	2.22	7.0	0.0	17.40b	1.62	20.0	15.2

注：同列不同字母表示显著性差异(P<0.05)。

Note: Different letters in the same column represent significant differences (P<0.05).

高度最低分布在海晏地点(17.0 cm),其最大值仅为 20.0 cm,低于同德地点最低值(20.5 cm)。在种群密度和高度方面,掌裂兰均处于较低水平,尤以海晏地点掌裂兰种群生存状况最差。

2.2 掌裂兰种群高度级组成结构

从总体看,掌裂兰种群以<20 cm 和 20~30 cm 高度级的株数最多,合计达 126 株,占全部的 91.97%。31~40 cm 和>40 cm 高度级的株数合计仅为 11 株,占 8.03%。各个地点掌裂兰种群高度级组成仍以<20 cm 和 20~30 cm 为主,而高度级 31~40 cm 和>40 cm 的掌裂兰均很少。因此,不论总体,还是单个地点,掌裂兰种群高度级组成结构均表现出相对一致的变化特征。其差异体现在同德地点和泽库地点,它们具有相似高度级结构,均以 20~30 cm 高度级为主,分别占总数的 73.68%和51.72%,而海晏地点只有<20 cm 和 20~30 cm 两个高度级,并以<20 cm 的高度级占绝对优势,占 82.35%(图 1)。

2.3 掌裂兰伴生群落特征

2.3.1 *物种组成* 3 个地点总共记录到 58 种维管植物,隶属 22 科 49 属(表 3)。其中,泽库地点群落总盖度 96.8%,共 33 种,隶属 16 科 28 属(索南邓登,2020)。优势种为小臺草(*Carex parva*)、线叶嵩草(*Kobresia capillifolia*)、问荆(*Equisetum arvense*),重要值分别为 15.93、11.61、8.35,掌裂兰重要值为 4.41;同德地点群落总盖度 100%,共 30 种,隶属 15 科 28 属,优势种为马蔺(*Iris lactea*)、小嵩草(*Kobresia humilis*),重要值分别为 16.16、

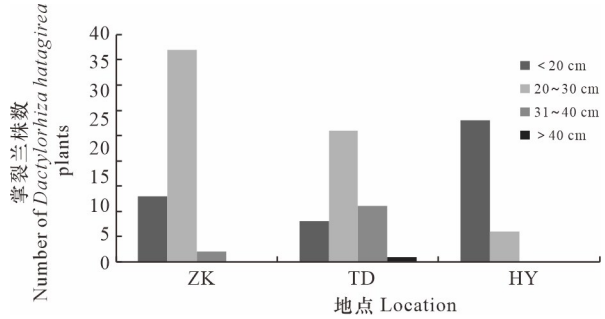

图 1　不同地点间掌裂兰种群高度级组成结构

Fig. 1　Height composition structure of *Dactylorhiza hatagirea* at different locations

10.77，掌裂兰重要值为 2.76；海晏地点群落总盖度 99.1%，共 38 种，隶属 15 科 29 属，优势种为小嵩草、黄帚橐吾（*Ligularia virgaurea*），重要值分别为 18.41、8.17，掌裂兰重要值为 2.25。

如果将仅出现于 1 个地点的物种定义为稀有种，则以同德和海晏地点中最多，均为 12 种，并且大多为中生植物，如冷地早熟禾（*Poa crymophila*）、麻花艽（*Gentiana straminea*）、唐古特乌头（*Aconitum tanguticum*）、椭圆叶花锚（*Halenia elliptica*）、喉毛花（*Comastoma pulmonarium*）、天山报春（*Primula nutans*）、平车前（*Plantago depressa*）、西藏棱子芹（*Pleurospermum hookeri* var. *thomsonii*）、紫大麦草（*Hordeum violaceum*）等，而泽库地点仅见水生植物水毛茛（*Batrachium bungei*）1 种。

以上结果表明，泽库地点稀有种较少，种间竞争程度较低，掌裂兰重要值相对较高，适宜掌裂兰生长。然而，同德和海晏的 2 个地点中侵入的中生稀有种较多，种间竞争程度较高，掌裂兰重要值相对较低，不适宜掌裂兰生长。

2.3.2 种间相关性分析　总体而言，掌裂兰与群落中的绝大多数物种不存在相关性（$P>0.05$）（表 4）（索南邓登，2020）。从单个地点看，泽库地点掌裂兰仅与线叶嵩草呈显著正相关（$P<0.05$），与 15 种物种相关关系不显著（$P>0.05$），无呈负相关物种；同德地点仅与马蔺呈显著正相关（$P<0.05$），与 19 种物种相关关系不显著（$P>0.05$），无呈负相关物种；海晏地点与甘肃棘豆（*Oxytropis kansuensis*）、黄帚橐吾和小米草（*Euphrasia pectinata*）均呈显著负相关（$P<0.05$），无呈正相关物种，与 20 种物种相关关系不显著（$P>0.05$）（表 5）。

2.3.3 物种多样性变化　利用香农多样性指数（Shannon-Wiener index，H'）对 3 个地点的物种多样性进行分析（表 6），结果显示海晏掌裂兰群落物种多样性高于同德和泽库。从辛普森优势度指数（Simpson's dominance index，D）分析结果来看（表 7），以泽库样地最高，同德样地居中，海晏样地最低。β 多样性指数方面，泽库最低，海晏最高，表明 β 多样性指数与总物种数、物种丰富度呈现协同变化格局。海晏样地和同德样地中的稀有种数最多，这可能是 2 个样地总物种数较高的主要原因。濒危藏药掌裂兰适宜生境中，不同地点植物群落总盖度、物种丰富度、总物种数、β 多样性指数、香农多样性指数及优势度指数见表 8。

3　讨论

3.1 掌裂兰种群密度的影响因素分析

密度是植物种群的基本数量特征之一，是衡量种群大小的有效指标。种群密度受立地条件、竞争、捕食作用和病虫害制约（郭程轩等，2019；张灵菲等，2019；刘红梅等，2021）。本研究中，野外调查发现 3 个研究地点均未出现动物采食与病虫害现象，但立地条件差异显著。泽库地点掌裂兰植株数量最多，广泛分布于土壤水分充足、光照适宜的湿生草甸和嵩草草甸以及阴坡，种群密度最高，均值达 5.7 ind.·m^{-2}。同德地点掌裂兰大多分布于土壤水分充足的河滩地湿生草甸，部分植株受密丛草本植物马蔺庇荫，土壤腐殖质厚但光照稍弱，种群密度略低，平均为 4.6 ind.·m^{-2}。海晏地点掌裂兰主要分布于滩地（台地）与河流两岸嵩草草甸，虽土壤水分充足，但光照强度大、时间长，种群密度最低。

由此可见，掌裂兰适宜潮湿环境，抗旱能力弱，土壤水分、腐殖质、光照等生态因子与种群密度紧密相关。泽库种群密度标准差最高，表明样方间株数差异大，植株分布不均，可能与土壤异质性有关。从生态机理来看，土壤水分与腐殖质为植物生长提供必要物质基础，光照影响植物光合作用，适宜的环境因子组合有利于掌裂兰种群繁衍，这也符合植物生态适应性理论。因此，对于掌

表 3 掌裂兰植物群落科属种组成

Table 3 Composition of families, genera and species in the plant community of *Dactylorhiza hatagirea*

科 Family	属 Genus	种 Species	科 Family	属 Genus	种 Species
菊科 Compositae	风毛菊属 *Saussurea*	星状雪兔子 *Saussurea stella* 美丽风毛菊 *S. pulchra*	莎草科 Cyperaceae	薹草属 *Carex*	小薹草 *Carex parva* 伊凡薹草 *Carex ivanovae*
	垂头菊属 *Cremanthodium*	线叶垂头菊 *Cremanthodium lineare*	毛茛科 Ranunculaceae	乌头属 *Aconitum*	唐古特乌头 *Aconitum tanguticum*
	橐吾属 *Ligularia*	黄帚橐吾 *Ligularia virgaurea*		毛茛属 *Ranunculus*	云生毛茛 *Ranunculus nephelogenes*
	亚菊属 *Ajania*	铺散亚菊 *Ajania khartensis*		银莲花属 *Anemone*	草玉梅 *Anemone rivularis*
	香青属 *Anaphalis*	乳白香青 *Anaphalis lactea*		水毛茛属 *Batrachium*	水毛茛 *Batrachium bungei*
	紫菀属 *Aster*	青海紫菀 *Aster lipskyi*	蔷薇科 Rosaceae	委陵菜属 *Potentilla*	鹅绒委陵菜 *Potentilla anserina*
	火绒草属 *Leontopodium*	火绒草 *Leontopodium leontopodioides*			多裂委陵菜 *P. multifida*
	狗舌草属 *Tephroseris*	狗舌草 *Tephroseris kirilowii*			金露梅 *P. fruticosa*
禾本科 Gramineae	早熟禾属 *Poa*	川青早熟禾 *Poa indattenuata*	蓼科 Polygonaceae	酸模属 *Rumex*	巴天酸模 *Rumex patientia*
		冷地早熟禾 *P. crymophilla*		蓼属 *Persicaria*	细叶珠芽蓼 *Polygonum viviparum* var. *angustum*
	芦苇属 *Phragmites*	芦苇 *Phragmites australis*		大黄属 *Rheum*	小大黄 *Rheum pumilum*
	大麦属 *Hordeum*	紫大麦草 *Hordeum violaceum*	兰科 Orchidaceae	掌裂兰属 *Dactylorhiza*	掌裂兰 *Dactylorhiza hatagirea*
	赖草属 *Leymus*	赖草 *Leymus secalinus*		角盘兰属 *Herminium*	角盘兰 *Herminium monorchis*
	披碱草属 *Elymus*	垂穗披碱草 *Elymus nutans*	百合科 Liliaceae	葱属 *Allium*	唐古韭 *Allium tanguticum*
	羊茅属 *Festuca*	紫羊茅 *Festuca rubra*			碱韭 *A. polyrhizum*
玄参科 Scrophulariaceae	马先蒿属 *Pedicularis*	斑唇马先蒿 *Pedicularis longiflora* var. *tubiformis*	豆科 Leguminosae	野决明属 *Thermopsis*	披针叶黄华 *Thermopsis lanceolata*
		蒙古马先蒿 *P. mongolica*		棘豆属 *Oxytropis*	甘肃棘豆 *Oxytropis kansuensis*
		甘肃马先蒿 *P. kansuensis*	鸢尾科 Iridaceae	鸢尾属 *Iris*	马蔺 *Iris lactea*
		阿拉善马先蒿 *P. alaschanica*	十字花科 Cruciferae	念珠芥属 *Torularia*	蚓果芥 *Torularia humilis*
	肉果草属 *Lancea*	肉果草 *Lancea tibetica*	胡颓子科 Elaeagnaceae	沙棘属 *Hippophae*	沙棘 *Hippophae rhamnoides*
	小米草属 *Euphrasia*	小米草 *Euphrasia pectinata*	车前科 Plantaginaceae	车前属 *Plantago*	平车前 *Plantago depressa*
龙胆科 Gentianaceae	龙胆属 *Gentiana*	鳞叶龙胆 *Gentiana squarrosa*	伞形科 Umbelliferae	棱子芹属 *Pleurospermum*	西藏棱子芹 *Pleurospermum hookeri* var. *thomsonii*
		麻花艽 *G. straminea*	眼子菜科 Potamogetonaceae	水麦冬属 *Triglochin*	海韭菜 *Triglochin maritima*
	花锚属 *Halenia*	椭圆叶花锚 *Halenia elliptica*	虎耳草科 Saxifragaceae	虎耳草属 *Saxifraga*	虎耳草 *Saxifraga stolonifera*
	喉花草属 *Comastoma*	喉毛 *Comastoma pulmonarium*	杨柳科 Sailcaceae	柳属 *Salix*	山生柳 *Salix oritrepha*
	扁蕾属 *Gentianopsis*	湿生扁蕾 *Gentianopsis paludosa*	木贼科 Equisetaceae	木贼属 *Equisetum*	问荆 *Equisetum arvense*
	獐牙菜属 *Swertia*	四数獐牙菜 *Swertia tetraptera*	报春花科 Primulaceae	报春花属 *Primula*	天山报春 *Primula nutans*
莎草科 Cyperaceae	嵩草属 *Kobresia*	小嵩草 *K. humilis* 线叶嵩草 *Kobresia capillifolia*	瑞香科 Thymelaeaceae	狼毒属 *Stellera*	狼毒 *Stellera chamaejasme*

表 4　不同地点掌裂兰与其他物种的种间相关性

Table 4　Interspecific correlations between *Dactylorhiza hatagirea* and other species at different locations

植物种类 Plant species	地点 Location		
	泽库 ZK	同德 TD	海晏 HY
阿拉善马先蒿 *Pedicularis alaschanica*	—	—	0.277
小嵩草 *Kobresia humilis*	−0.265	−0.076	−0.299
斑唇马先蒿 *Pedicularis longiflora* var. *tubiformis*	−0.220	—	—
天山报春 *Primula nutans*	—	−0.104	—
川青早熟禾 *Poa indattenuata*	—	−0.186	0.454
垂穗披碱草 *Elymus nutans*	—	—	−0.214
大花嵩草 *Kobresia macrantha*	−0.141	—	—
鹅绒委陵菜 *Potentilla anserina*	—	−0.224	−0.243
甘肃棘豆 *Oxytropis kansuensis*	—	—	−0.723 *
高原毛茛 *Ranunculus brotherusii* var. *tanguticus*	—	0.118	—
狗舌草 *Tephroseris kirilowii*	−0.414	—	—
海韭菜 *Triglochin maritima*	−0.267	—	—
黄帚橐吾 *Ligularia virgaurea*	—	—	−0.605 *
火绒草 *Leontopodium leontopodioides*	0.001	−0.069	−0.128
角盘兰 *Herminium monorchis*	—	−0.187	—
金露梅 *Potentilla fruticosa*	—	—	−0.091
赖草 *Leymus secalinus*	—	0.011	—
冷地早熟禾 *Poa crymophilla*	—	—	−0.573
鳞叶龙胆 *Gentiana squarrosa*	−0.126	0.165	0.054
芦苇 *Phragmites australis*	—	0.244	—
麻花艽 *Gentiana straminea*	—	—	0.225
马蔺 *Iris lactea*	—	0.673 *	—
美丽风毛菊 *Saussurea pulchra*	−0.148	—	−0.092
蒙古马先蒿 *Pedicularis mongolica*	—	—	0.304
平车前 *Plantago depressa*	—	0.137	—
肉果草 *Lancea tibetica*	—	0.171	−0.500
山生柳 *Salix oritrepha*	−0.117	—	—
唐古韭 *Allium tanguticum*	—	—	0.293
天山报春 *Primula nutans*	0.289	0.036	−0.097
椭圆叶花锚 *Halenia elliptica*	—	—	0.118
问荆 *Equisetum arvense*	−0.271	−0.282	−0.547
西藏棱子芹 *Pleurospermum hookeri* var. *thomsonii*	—	−0.432	—
细叶珠芽蓼 *Polygonum viviparum* var. *angustum*	—	—	−0.356
线叶垂头菊 *Cremanthodium lineare*	0.145	—	—
线叶嵩草 *Kobresia capillifolia*	0.709 *	—	—
小米草 *Euphrasia pectinata*	—	−0.116	−0.755 *
小嵩草 *Kobresia humilis*	—	−0.419	0.426
小臺草 *Carex parva*	−0.153	−0.456	—
蚓果芥 *Torularia humilis*	—	0.016	—
珠芽蓼 *Polygonum viviparum*	−0.439	—	—
紫大麦草 *Hordeum violaceum*	—	−0.202	—
紫羊茅 *Festuca rubra*	−0.185	—	—

注：* 表示显著相关性（$P<0.05$）；—表示该地点中未发现该物种，未进行相关性分析。

Note：* represents significant correlation（$P<0.05$）；— indicates that the species is not found in the location and is not analyzed for correlation.

表 5 不同地点掌裂兰与其他物种相关性种数

Table 5 Number of species related to *Dactylorhiza hatagirea* at different locations

地点 Location	相关性 Correlation		
	正相关 Positive correlation	负相关 Negative correlation	无关 No correlation
泽库 ZK	1(6.25%)	0	15(93.75%)
同德 TD	1(4.76%)	0	20(95.24%)
海晏 HY	0	3(13.64%)	20(86.36%)
总体 Total	2(3.33%)	3(5.00%)	55(91.67%)

注：括号内数值为相关种数与总种数的百分比。

Note: Values in parentheses are percentages of the number of related species and the total number of species.

表 6 掌裂兰生境群落香农多样性指数分析

Table 6 Analysis of Shannon-Wiener diversity index of *Dactylorhiza hatagirea* habitat community

香农多样性指数 Shannon-Wiener diversity index	泽库 ZK	海晏 HY	同德 TD
	2.41	2.23	2.33
	1.84	2.18	1.48
	1.98	2.38	1.82
	2.37	2.29	2.41
	2.24	2.41	2.17
	2.33	2.71	2.62
	1.79	2.43	2.41
	1.91	2.55	2.23
	2.10	2.27	2.38
	2.25	2.32	2.14
平均值 Average value	2.12	2.38	2.20
标准差 Standard deviation	0.23	0.16	0.33

表 7 掌裂兰生境群落辛普森优势度指数分析

Table 7 Analysis of Simpson's dominance index of *Dactylorhiza hatagirea* habitat community

辛普森优势度指数 Simpson's dominance index	泽库 ZK	海晏 HY	同德 TD
	0.12	0.19	0.13
	0.26	0.19	0.36
	0.24	0.14	0.26
	0.12	0.14	0.12
	0.14	0.18	0.17
	0.13	0.12	0.10
	0.30	0.13	0.14
	0.24	0.12	0.16
	0.19	0.18	0.12
	0.15	0.18	0.20
平均值 Average value	0.19	0.16	0.18
标准差 Standard deviation	0.07	0.03	0.08

裂兰的保护,应优先选择或营造类似泽库的立地条件,维持其种群密度。

3.2 掌裂兰种群高度级组成结构与种群有性繁殖更新分析

植物地上部分高度在生长过程中受当年环境条件, 尤其是水分条件制约。对珍稀濒危植物而言, 其受环境和种间竞争胁迫,常难以完成完整生活史(曾伟等,2023)。掌裂兰为多年生草本植物,具地下块茎,具基生叶 3~5 枚。在野外调查中发现,当植株无生殖枝时,高度大多<20 cm,而开花后,生殖枝高度可达 40 cm。这说明掌裂兰植株高度在某种程度上反映了其繁殖情况。从掌裂兰种群高度级调查结果来看,泽库地点的掌裂兰高度最高,同德地点的次之,海晏地点的最低。从环境和种间竞争程度分析,泽库地点为山地阴坡高山草甸,生境好,种间竞争低,大多掌裂兰能完成生活史,正常开花结实,因此植株普遍较高;而海晏地点为次生退化滩地,人为干扰严重,种间竞争强,掌裂兰难以完成生活史,植株普遍偏矮。

对其他植物种群结构的研究也发现,种群的高度级结构与径级结构具有一致性,均可反映种群的年龄结构和繁殖更新能力(杨清培等,2017)。综上认为,泽库和同德地点的掌裂兰种群更新相对较好,而海晏地点由于生境退化,掌裂兰种群因仅依靠有性繁殖而无法完成自然更新,需加强生境管理,如减少人为干扰、改善土壤条件等,以提高掌裂兰种群有性繁殖能力,促进其自然更新。

3.3 掌裂兰种群生境管理分析

在植物资源保护中,对就地保护而言, 首先要保护生境质量(杨映和胡理乐,2022)。植物群落

表 8　不同地点植物群落物种多样性变化

Table 8　Changes in species diversity of plant communities at different locations

指标 Index	地点 Location		
	泽库 ZK	海晏 HY	同德 TD
群落总盖度 Total community coverage (%)	97±2.86a	99±1.91a	100±0.00a
物种丰富度 Species richness (%)	16.4±1.96b	24.1±3.75a	20.1±3.84ab
总物种数 Total number of species	25	39	32
β 多样性指数 β diversity index	0.52	0.62	0.59
香农多样性指数 Shannon-Wiener diversity index	2.12±0.23b	2.38±0.16a	2.20±0.33ab
辛普森优势度指数 Simpson's dominance index	0.19±0.07a	0.16±0.03b	0.18±0.08ab

注：同行不同小写字母表示显著性差异($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same row represents significant differences ($P<0.05$).

物种组成与环境密切相关,尤其是群落中的优势种或建群种,可作为特定生境的指示物种,并与一些资源需求相似的物种形成稳定的特征种组,或称同资源种团,这体现了物种的生态适应性(董明珠等,2020)。

掌裂兰作为群落的伴生种,尽管在 3 个地点中, 与群落绝大多数物种的种间关系不显著,但是与群落的优势种具有显著的种间相关性。如在泽库和同德地点,其与群落中的线叶嵩草和马蔺显著正相关;在海晏地点,其与甘肃棘豆、小米草、黄帚橐吾显著负相关。其中,线叶嵩草为湿草甸的建群种,与掌裂兰的环境需求相似,可视为同资源种团,二者之间为正相关。然而,甘肃棘豆、小米草、黄帚橐吾为中生物种,它们之间为负相关。但是,马蔺与掌裂兰的正相关性的原因尚不明确。马蔺往往是退化草地的建群植物,耐旱、耐瘠薄(孙燕山,2022),与掌裂兰的环境需求并不一致,二者的正相关性需要进一步研究。例如,马蔺是否因其为丛生生长型而充当守护植物的角色,为掌裂兰种子萌发和幼苗建成提供“安全岛”,或该地点植被虽然退化,但是土壤尚未退化,腐殖质较厚,仍然适合掌裂兰生长。

从机理角度深入分析,种间关联性反映了植物在生态位上的相互关系和对资源的竞争与利用。对掌裂兰的保护,应根据不同地区种间关系特点,针对性地保护或调整伴生植物群落。例如,在泽库和同德地点,可通过保护线叶嵩草和马蔺等伴生植物,维持掌裂兰良好的生长环境;在海晏地点,考虑减少甘肃棘豆、小米草、黄帚橐吾等与掌裂兰负相关植物的影响,改善掌裂兰的生存空间。

4　结论

对掌裂兰种群的密度和高度等数量特征进行研究,发现退化的滩地生境中掌裂兰种群普遍出现矮化现象,并且无法完成开花等生活史过程,这导致种群的有性繁殖更新受阻。相反,腐殖质深厚的高山草甸是掌裂兰的适宜生境,有利于种群的维持和更新。掌裂兰伴生群落的物种组成分析表明,天然条件下掌裂兰种群密度较低,通常作为群落的伴生种存在。在伴生物种中,掌裂兰与线叶嵩草、马蔺存在显著的正相关性,而与黄帚橐吾、小米草存在显著的负相关性。掌裂兰与伴生物种之间的种间关联性分析表明,在生产实践中,当黄帚橐吾、小米草出现于掌裂兰群落中时,应视为不利生境的指示,需要加强土壤水分、养分管理,提高土壤中腐殖质含量,为掌裂兰种群的维持与更新创造更加有利

的生境条件。以上措施可以促进掌裂兰资源的逐步恢复,实现药用资源的可持续利用。

参考文献:

ALATANCUNBUER, CAOWUJISIGULENG, BAO J H, et al., 2024. Diversity of fungi in the roots and rhizosphere soil of the endangered medicinal plant *Dactylorhiza hatagirea* [J]. Microbiology Bulletin, 51(2): 460-470. [阿拉坦存布尔, 曹乌吉斯古楞, 包金花, 等, 2024. 濒危药用植物掌裂兰根部内生真菌和根际土真菌多样性分析 [J]. 微生物学通报, 51(2): 460-470.]

DONG M Z, WANG L T, LÜ M J, et al., 2020. Communities and protection strategy of endangered species wild *Taxus cuspidate* [J]. Bulletin of Botanical Research, 40(3): 416-423. [董明珠, 王立涛, 吕慕洁, 等, 2020. 濒危植物野生东北红豆杉群落特征及保护策略 [J]. 植物研究, 40(3): 416-423.]

GUO C X, CHEN Q Q, XU S J, et al., 2019. The disturbance mechanism and potential ecological loss of the *Barringtonia racemosa* community on the east coast of Leizhou Peninsula [J]. Journal of South China Normal University (Natural Science Edition), 51(4): 67-75. [郭程轩, 陈祁琪, 徐颂军, 等, 2019. 雷州半岛东海岸玉蕊群落的干扰机制及潜在生态损失分析 [J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 51(4): 67-75.]

HAN D Y, YANG Y X, 2020. Species composition and associated driven factors of plant community in the desertified swamp area of Zoigê plateau [J] Acta Ecologica Sinica, 40(16): 5602-5610. [韩大勇, 杨永兴, 2020. 若尔盖高原沙化沼泽区植物群落物种组成及其驱动因素 [J]. 生态学报, 40(16): 5602-5610.]

JUGRAN A K, BHATT I D, RAWAL R S, 2015. Identification of ISSR markers associated with valerenic acid content and antioxidant activity in *Valeriana jatamansi* Jones in the West Himalaya [J]. Molecular Breeding, 35: 73.

LIU H M, LÜ S J, LIU Q Q, et al., 2021. Spatial distribution relations of main plant populations in eastern Badain Jaran Desert [J]. Chinese Journal of Ecology, 40(4): 959-967. [刘红梅, 吕世杰, 刘青泉, 等, 2021. 巴丹吉林沙漠东缘主要植物种群空间分布关系 [J]. 生态学杂志, 40(4): 959-967.]

SUN Y S, 2022. Studies on the reproductive ecology of *Malus* spp. [J]. Agricultural Science-Technology and Information (4): 95-98. [孙燕山, 2022. 马蔺繁殖生态学研究 [J]. 农业科技与信息 (4): 95-98.]

SUONAN D D, 2020. Studies on the risk factors and path for sustainable utilization of endangered Tibetan medicine *Dactylorhiza hatagirea* on the Qinghai-Tibet Plateau [D]. Tianjin: Tianjin University. [索南邓登, 2020. 青藏高原濒危藏药资源致危因素及可持续利用路径研究: 以掌裂兰为例 [D]. 天津: 天津大学.]

SUONAN D D, CHEN W D, LIN P C, 2019. Habitat and factors of endangerment of wild and endangered medicinal herb *Dactylorhiza hatagirea* in Qinghai-Tibet Plateau [J]. Guihaia, 39(9): 1166-1179. [索南邓登, 陈卫东, 林鹏程, 2019. 青藏高原野生濒危药用植物掌裂兰的生境及濒危因素分析 [J]. 广西植物, 39(9): 1166-1179.]

YANG L, CAO Q M, FENG Y, et al., 2023. Genetic diversity and genetic structure of the rare and endangered plant *Ferula fukanensis* [J]. Bulletin of Botanical Research, 43(1): 51-58. [杨磊, 曹秋梅, 冯缨, 等, 2023. 珍稀濒危植物阜康阿魏的遗传多样性及遗传结构 [J]. 植物研究, 43(1): 51-58.]

YANG Q P, XIAO Z Y, HU X D, et al., 2017. Endangered mechanisms of *Sinomanglietia glauca*: exploring and prospect [J]. Guihaia, 37(5): 653-660. [杨清培, 肖智勇, 胡晓东, 等, 2017. 珍稀植物华木莲的现代濒危机制: 探析与展望 [J]. 广西植物, 37(5): 653-660.]

YANG Y, HU L L, 2022. Habitat quality assessment of nature protected areas in Fangshan District in Beijing [J]. Journal of West China Forestry Science, 51(4): 80-86. [杨映, 胡理乐, 2022. 北京市房山区自然保护地生境质量评估 [J]. 西部林业科学, 51(4): 80-86.]

YU J R, 2022. Strengthening the development and utilization of biological resources in China during the "14th Five-Year Plan" period [J]. China Biotechnology, 42(5): 12-13. [于建荣, 2022. "十四五"时期加强我国生物资源开发利用 [J]. 中国生物工程杂志, 42(5): 12-13.]

YUDOU Y D G B, 1982. Four medical codes (Tibetan version) [M]. Lhasa: Tibetan People's Publishing House. [玉多·云登贡布, 1982. 四部医典(藏文版) [M]. 拉萨: 西藏人民出版社.]

ZENG W, LEI J L, SHI Z J, et al., 2023. Effects of transformation mode on woody plant regeneration in *Acacia mangium* plantations [J]. Ecological Science, 42(1): 164-171. [曾伟, 雷江丽, 史正军, 等, 2023. 林分改造模式对马占相思森林群落木本植物更新的影响 [J]. 生态科学, 42(1): 164-171.]

ZHANG L F, WEI W R, SHI G Y, et al., 2019. The effects of plant community structure on population density of plateau pikas (*Ochotona curzoniae*) in alpine meadow grassland [J]. Acta Prataculturae Sinica, 28(3): 93-100. [张灵菲, 卫万荣, 石高宇, 等, 2019. 高寒草甸植物群落结构对高原鼠兔种群密度的影响 [J]. 草业学报, 28(3): 93-100.]

ZHAXI W M, WANG Y W, 2021. Research on the legislative protection of Tibetan medicinal plant resources in China [J]. Qinghai Social Science (5): 171-176. [扎西旺姆, 王允武, 2021. 我国藏药植物资源立法保护研究 [J]. 青海社会科学 (5): 171-176.]

(责任编辑 邓斯丽)