

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201903013

引文格式: 索南邓登, 陈卫东, 林鹏程, 等. 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, 2019, 39(9): 1166-1179.

SUONAN DD, CHEN WD, LIN PC, et al. Habitat and factors of endangerment of wild and endangered medicinal herb *Dactylorhiza hatagirea* in Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Guihaia*, 2019, 39(9): 1166-1179.

## 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

索南邓登<sup>1,2,3</sup>, 陈卫东<sup>1\*</sup>, 林鹏程<sup>2</sup>

(1. 天津大学 管理与经济学部, 天津 300072; 2. 青海民族大学 药学院, 西宁 810007; 3. 青海大学 医学院, 西宁 810001)

**摘要:** 该研究通过对青藏高原珍稀濒危药用植物掌裂兰 (*Dactylorhiza hatagirea*) 的气候、地理、土壤和群落等生境方面的研究, 分析了导致其濒危的主要因素。结果表明: (1) 掌裂兰喜湿润的高寒草甸土壤, 在青藏高原主要分布于青海省北部、东南部、南部和四川省西部, 西藏东南部的湿生草甸或沼泽化草甸、嵩草草甸、滩地(台地)、河滩岸上, 覆盖区域范围为 94°15'49"—102°46'27" E、29°14'15"—36°59'7" N, 海拔在 2 960~4 150 m 之间。(2) 掌裂兰分布区的气候特点为累年年均风速为 2.1 m·s<sup>-1</sup>、累年年均气温为 3.5 °C、累年年均降水量在 339.4~680.2 m 之间、累年年均相对湿度为 58%。(3) 掌裂兰群落与共生植物种类多样, 不同区域共生植物种类不同。调查样地内共有维管束植物 58 种, 隶属于 22 科 45 属。群落 1 中优势种为黄帚橐吾 (*Ligularia virgaurea*) 和甘肃棘豆 (*Oxytropis kansuensis*); 群落 2 中优势种为马蔺 (*Iris lactea*), 其次为鹅绒委陵菜 (*Potentilla anserina*) 等喜阳耐阴的植物种; 群落 3 中优势种为问荆 (*Equisetum arvense*) 及斑唇马先蒿 (*Pedicularis longiflora* var. *tubiformis*)。(4) 采用主成分分析法, 找出影响掌裂兰濒危的主要生态因子有土壤有机质、总氮、总磷含量及降雨量和湿度, 其载荷系数均在 0.9 以上, 其次为风速、温度、pH 值, 载荷系数在 0.8 以上。实地调研发现, 青藏高原掌裂兰分布区生境脆弱, 遗传多样性低, 风媒传播效率低, 种子萌发率低, 种群天然更新能力弱, 分布区狭窄等因素是导致该植物稀少濒危的主要原因。建议对掌裂兰典型适生生境建立保护区, 加强个体繁育和野生抚育研究, 增加个体数量和生长量。

**关键词:** 掌裂兰, 濒危植物, 藏药野生资源, 生境特征, 濒危因素

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2019)09-1166-14

## Habitat and factors of endangerment of wild and endangered medicinal herb *Dactylorhiza hatagirea* in Qinghai-Tibet Plateau

收稿日期: 2019-05-20

**基金项目:** 国家社会科学基金重大项目(14ZDB135); 国家自然科学基金面上项目(71373173); 国家自然科学基金(81760783); 天津市教委社科重大项目(2018JWZD51); 青海省重点实验室发展专项项目(2017-ZJ-Y19) [Supported by the Major Research Plan of National Social Science Found of China(14ZDB135); General Program of National Natural Science Foundation of China(71373173); the National Natural Science Foundation of China(81760783); Major Research Plan of Social Science Found of Tianjin Municipal Education Commission (2018JWZD51); Special Fund for the Development of Key Laboratory in Qinghai Province (2017-ZJ-Y19)]。

**作者简介:** 索南邓登(1979-), 男(藏族), 青海海南州人, 博士研究生, 主要从事藏药资源管理研究, (E-mail) dundul@126.com。

**\*通信作者:** 陈卫东, 教授, 博士研究生导师, 主要从事环境与生态管理研究, (E-mail) chenweidong@tju.edu.cn。

SUONAN Dengdeng<sup>1,2,3</sup>, CHEN Weidong<sup>1\*</sup>, LIN Pengcheng<sup>2</sup>

( 1. College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. College of Pharmacy, Qinghai University of Nationalities, Xining 81000, China; 3. Medical College of Qinghai University, Xining 810001, China )

**Abstract:** Through investigating of the habitat such as climatic characteristics, geographical distribution, soil factors and the community structure, main factors for endangerment of the herb were analyzed. The results were as follows: (1) *Dactylorhiza hatagirea* preferred the damp soil of alpine meadow soils which mainly distributed in the northern, southeastern, southern parts Qinghai Province and western part Sichuan Province of Qinghai-Tibet Plateau, as well as the wet meadows or swampy meadows, weedy meadows, shoals, and on river banks, covering the area between 94° 15' 49"–102° 46' 27" E, 29° 14' 15"–36° 59' 7" N, with the altitude between 2 960–4 150 m. (2) The climate in the distribution area of *D. hatagirea* had the average annual wind speed of 2.1 m · s<sup>-1</sup>, the annual average temperature of 3.5 °C, the annual average precipitation of 339.4–680.2 m, and the annual relative average humidity of 58%. (3) There were diverse species of *D. hatagirea* and symbiotic plants, with different symbiosis in each *D. hatagirea* in habitats. A total of 58 species of vascular plants were found in the survey site, belonging to 22 families and 45 genera. The dominant species in Community 1 were *Ligularia virgaurea* and *Oxytropis kansuensis*; The dominant species in Community 2 was *Iris lactea* var. *chinensis*, followed by the plant of sun-tolerate and shade-tolerate species, like *Potentilla anserina*; The dominant species in Community 3 was *Equisetum arvense* and *Pedicularis longiflora* var. *tubiformis*. (4) Principal component analysis found that the main ecological factors affecting *Dactylorhiza hatagirea* were soil organic matter, total nitrogen content, total phosphorus content content, rainfall and humidity, with the load coefficient of above 0.9, followed by wind speed, temperature and pH value, the load coefficient of above 0.8. Fragile habitats, low genetic diversity, low wind-borne transmission efficiency, low seed germination rate, weak natural regeneration ability and narrow distribution area were the main causes for the rare and endangered plant. It is proposed to establish the protected area at the herbal habitat, while the research of individual breeding and wild tending should be strengthened to increase the number and growth of individual plants.

**Key words:** *Dactylorhiza hatagirea*, endangered plant, Tibetan wild medicinal resources, habitat, factors of endangerment

掌裂兰 (*Dactylorhiza hatagirea*) 为兰科 (Orchidaceae) 掌裂兰属 (*Dactylorhiza* Neck. ex Nevski)。多年生草本植物, 生长于海拔 600~4 200 m 的山坡、沟边灌丛下或草地中。在中国主要分布于青海北部和南部、四川西部、西藏东南部、黑龙江、内蒙古、甘肃东南部等地 (牛羊等, 2018)。国外分布在印度、巴基斯坦、阿富汗、尼泊尔和不丹等地 (Chauhan et al., 2014)。其藏语名为“旺拉玛尔布”, 株高为 12~40 cm, 入药部位为地下部分块根。藏医典籍《四部医典》记载有健体生精之效 (玉多·云登贡布, 1982), 《妙音本草》《度母本草》《药名之海》等藏药典籍中记载具有增生精华、有益肾脏病、神志清、阳力增强等功效 (白若杂纳, 2006; 希瓦措, 2006; 噶玛·让均多吉, 2006)。掌裂兰的生境特殊, 野生抚育与繁育困难, 储存量有

限, 药用掌裂兰又以野生为主, 导致其野生资源急剧减少。该植物已被《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》《中国珍稀植物濒危保护植物名录》《中国植物红皮书》《中国物种红色名录》《涉危野生动植物种国际贸易公约》《国家重点保护野生植物名录》等名录列为 II 级珍稀药用植物、国际濒临灭绝物种 (国家林业局和中国科学院植物研究所, 1987; 傅立国, 1991; 国家林业局和农业部, 1999; 汪松和解炎, 2004; Kala, 2000)。

青藏高原是一个天然的药用植物资源库, 其独特的自然环境, 如高海拔、强日照、大温差、高寒缺氧、环境污染小、人迹罕至等因素, 致使植物适生生境复杂、脆弱、苛刻。近年来随着整个青藏高原植物适生环境中环境因素和人为因素的改变, 许多药用植物濒临灭绝甚至已经灭绝。学界普遍认为某

物种从受危到濒危到灭绝是一个时间和空间过程,有其内在的必然性和外部环境条件的改变(李双成,2014)。就濒危植物而言,一方面是由内在的遗传因素、适应力、生活力等方面的缺陷导致生活史中某一环节极为脆弱,使得生存受到限制从而导致种群数量减少、分布区面积逐步缩小。另一方面则是外部环境条件剧烈变化,植物种本身不能适应变化的环境而导致灭绝(张文辉和祖元刚,1998)。庆幸的是,目前国内已在部分濒危药用植物的濒危植物资源分布及植物濒危的现状(高浦新等,2013)、濒危原因及物候繁育(别鹏飞等,2018)、濒危药用植物优先保护评价(汪书丽等,2018)、种群结构(张华雨等,2016)、群落特征及其保护(杜晓洁等,2017)、迁地保护(刘梦婷等,2018)等方面有丰硕研究成果,但对濒危药用植物外部环境因素的研究较少,尤其对濒危药用植物掌裂兰的相关研究尚未见到报道。掌裂兰作为濒危药用植物,除本身内在生物学方面的因素外还必然受到外部环境因素的制约(张文辉和祖元刚,1998)。鉴于此,本研究采取文献查阅、实地调研、统计学分析等方法,调查了青藏高原掌裂兰的地理分布区、生境、气候、海拔、土壤和群落特征等,对不同地形地貌的3个典型分布区做样方设置,对所有10个掌裂兰分布区11项环境因子和群落因子采用主成分分析法分析,找出影响掌裂兰致危的主要生态因子,探讨掌裂兰环境因子和群落因子之间的关系,为濒危植物掌裂兰的资源保护提出一定的科学依据。在当前掌裂兰野生资源面临枯竭的情况下,保护好青藏高原现存的药用种质资源,具有重要的科学研究价值和潜在的经济价值。

## 1 研究区自然概况

掌裂兰分布于青藏高原北部、东南部和南部的湿生草甸或沼泽化草甸、嵩草草甸、滩地(台地)、河流域两岸河滩上,在 $94^{\circ}15'49''$ — $102^{\circ}46'27''$  E、 $29^{\circ}14'15''$ — $36^{\circ}59'7''$  N之间。该地区属高原大陆性气候,年平均气温为 $0.4\sim 7.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年日照时数为 $2\ 350\sim 2\ 900\text{ h}$ ,平均海拔在 $4\ 000\text{ m}$ 以上,面积共约 $253\times 10^4\text{ km}^2$ 。此次样本在海拔 $2\ 960\sim 4\ 150\text{ m}$ 范

围内做分析研究,掌裂兰群落植物的优势科为菊科(Compositae)、玄参科(Scrophulariaceae)、龙胆科(Gentianaceae)、毛茛科(Ranunculaceae)、蔷薇科(Rosaceae)、蓼科(Polygonaceae)、兰科(Orchidaceae)等,群落总盖度在95%以上。土壤类型为高寒草甸土,具有丰富的有机质含量。

## 2 研究方法

### 2.1 文献调查

通过查阅《西藏植物志》《青海植物志》《中国藏药》《藏药志》(吴征镒,1983—1987;中国科学院西北高原生物研究所,1999;青海省药品检验所和青海省藏医药研究所,1996;杨永昌,1995)等相关书籍和文献,中国数字植物标本馆的标本记录,询问植物分类及藏医专家,初步确定濒危药用植物掌裂兰在青藏高原的分布状况,为外业调查路线及样地提供依据。

### 2.2 外业调查

于2014—2017年间,赴本研究中文献和标本所涉及的有濒危药用植物掌裂兰分布的青藏高原区域内的青海省、甘肃省、四川省和西藏自治区等地展开实地调查,发现10个分布点(其中有5个新分布区),并对濒危药用掌裂兰分布点的经度、纬度、海拔、地形地貌、气候、土壤类型和生长状况和优势种群等进行记录和标本采集,对不同地形地貌的3个样地进行样方调查。

2.2.1 掌裂兰的分布、经纬度及海拔状况 青藏高原濒危药用植物掌裂兰的分布区、经纬度及海拔状况详情见表1。

2.2.2 掌裂兰分布区的气候数据 从青海省气象局获取了10个分布点1981—2010年的气象数据(如年平均风速、年平均温度、年平均最高温度、年平均最低温度、年最多降水量、年最少降水量、年平均相对湿度),详情见表2。

2.2.3 掌裂兰分布区的土壤数据 采集10个分布点的群落土壤,取样深度为 $0\sim 22\text{ cm}$ ,送至中国科学院西北高原研究所进行土壤营养元素、有机质及pH值测试分析,详情见表3。

2.2.4 群落结构数据 在青藏高原10个分布区中,

表 1 濒危药用植物掌裂兰分布区海拔及经纬度

Table 1 Altitude, longitude and latitude of *Dactylorhiza hatagirea*, an endangered medicinal plant

序号 Code	居群名称 Population name	采集地 Collection place	地理坐标 Geographic coordinates			样本数量 Sample number	采集时间 Collection time
			经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 Altitude (m)		
1	MX	青海黄南州麦秀国家森林公园 Maixiu National Forest Park, Huangnan Prefecture, Qinghai Province	101°53'10" E	35°15'43" N	3 200	22	2016 年 6 月
2	HR	青海黄南州泽库县和日乡 Heri Township Zeku County, Huangnan Prefecture, Qinghai Province	100°34'12" E	34°45'21" N	3 500	19	2016 年 6 月
3	JY	青海海北州西海镇 Xihai Town, Haibei Prefecture, Qinghai Province	100°52'5" E	36°59'7" N	3 130	20	2017 年 7 月
4	TD	青海海南州同德县尕巴松多镇 Gabasongduo Town, Tongde County, Hainan Prefecture, Qinghai Province	100°40'15" E	35°1'2" N	3 240	21	2016 年 6 月
5	BT	青海玉树市结古镇 Jiegu Town, Yushu City, Qinghai Province	97°01'5" E	32°51'13" N	3 870	20	2016 年 6 月
6	NQ	青海玉树市囊谦县香达镇 Xiangda Town, Nangqian County, Yushu City, Qinghai Province	96°24'37" E	32°14'2" N	3 700	19	2016 年 7 月
7	ML	西藏林芝市米林县米林镇 Milin Town, Milin County, Linzhi City, Tibet	94°15'49" E	29°14'15" N	2 970	20	2016 年 7 月
8	BS	西藏昌都市八宿县吉达乡 Jida Township, Basu County, Changdu City, Tibet	96°42'44" E	29°45'5" N	4 150	20	2016 年 7 月
9	SL	青海黄南州河南县赛尔龙乡 Saierlong Township, Henan County, Huangnan Prefecture, Qinghai Province	102°07'54" E	34°29'47" N	3 310	22	2016 年 7 月
10	ZG	四川阿坝州若尔盖湿地自然保护区 Ruorgai Wetland Nature Reserve, Aba Prefecture, Sichuan Province	102°54'53" E	33°45'24" N	3 370	20	2017 年 7 月

选取 3 个不同地形地貌典型生境做样方设置,共有维管束植物 58 种,隶属于 22 科 49 属,详情见表 4。

### 2.3 数据分析

运用 SPSS24.0 软件,采用主成分分析法 (PCA),对 11 项环境因子与群落特征因子(平均株高、平均株数及覆盖度)进行分析,找出影响掌裂兰植物分布的主要因子。

## 3 结果与分析

### 3.1 掌裂兰的地理分布格局与生境特点

濒危药用植物掌裂兰资源在青藏高原主要分布于青藏高原北部、东南部和南部等地域的湿生草甸或沼泽化草甸、嵩草草甸、滩地(台地)、河水

流域两岸河滩上,跨越 94°15'49"—102°46'27" E、29°14'15"—36°59'7" N 之间。对青藏高原濒危药用植物掌裂兰的 10 个种群的调查结果显示,从水平分布的纬度来看,分布在北回归线附近 6°~13° 范围内,北端为青海省海北州海晏县西海镇,南端至青海省黄南州河南县赛尔龙乡和四川省阿坝州若尔盖湿地自然保护区,西端为西藏自治区林芝市米林县,东端至海南州同德县、黄南州泽库县麦秀国家森林公园,分布区域跨青藏高原东南部和西南部。其分布特征为分布范围相对狭窄和地形地势特异性显著。从垂直分布的纬度来看,自然垂直分布于海拔为 2 960~4 150 m 的山坡、湿生嵩草草甸、滩地、河水流域两岸的灌丛草地内,其中海拔在 3 000~3 700 m 较为常见。



表 2 濒危药用植物掌裂兰分布区域气候特点 (1981—2010 年)

Table 2 Regional climatic characteristics of the distribution of endangered medicinal plant *Dactylorhiza hatagirea* (1981—2010)

指标 Indicator	地区 Regions										均值 Mean value	
	MX	HR	JY	TD	BT	NQ	ML	BS	SL	ZG		
气温 Temperature	累年平均风速 Wind speed ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	1.5	2.9	3.3	3	1.1	1.5	1.5	1.3	2.1	2.3	2.1
	累年年平均温度 Annual average temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	6.1	-1.3	0.8	0.6	3.8	4.6	8.6	10.7	-0.3	1.4	3.5
	累年年平均最高温度 Annual average maximum temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	13.5	6.8	7.1	9.8	12.2	12.9	15.6	17.8	8.5	9.5	11.4
	累年年平均最低温度 Annual average minimum temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	0.5	-7.7	-4.4	-7.1	-2.6	-1.8	3.9	4.9	-7.3	-4.8	-2.6
降水量 Precipitation	累年年最多降水量 Maximum annual precipitation (mm)	—	632.6	635.7	598.7	638.3	738.7	891.9	390.1	733.3	862.9	680.2
	累年年最少降水量 Minimum annual precipitation (mm)	293	330.8	311.5	267.4	321.7	370.6	544.7	105.8	384.1	464.8	339.4
	累年平均相对湿度 Relative humidity (%)	54	63	58	56	53	53	71	40	64	68	58.0

调查的 10 个掌裂兰分布区中新发现 5 个分布区,位于青海泽库县和日镇、黄南州麦秀国家森林公园、同德县尕巴松多镇、阿坝州若尔盖湿地自然保护区和西藏八宿县吉达乡。10 个分布区中青海泽库县和日乡(HR)、青海海北州西海镇(JY)、青海玉树州结古镇(BT)、西藏昌都市八宿县吉达乡(BS)的濒危药用植物掌裂兰分布在高山草甸、台地及滩地中,光照的适应范围广,均有河水流域的湿地环境。青海黄南州麦秀国家森林公园(MX)分布点位于山地东南坡的中下部形成沼泽、湿生环境区域内生长,坡度为  $38^{\circ}$ ,嵩草草甸土壤,相对湿度为 54%。青海海南州同德县尕巴松多镇(TD)、青海玉树州囊谦县香达镇(NQ)、西藏林芝市米林县米林镇(ML)、青海黄南州河南县赛尔龙乡(SL)分布在河边灌丛、树荫滩地和林荫灌丛环境中,均有湿生地环境。四川阿坝州若尔盖湿地自然保护区(ZG)分布点位于草甸草原平坦宽阔的河滩、湖群洼地和阶地上,地表常处于过湿状态,是青藏高原高寒湿地生态系统的典型代表。总体而言,濒危药用植物掌裂兰具有湿生植物特征,喜欢生长于潮湿环境中,抗旱能力弱。此处限于篇幅,以种群代码表述,不再赘述。MX、HR、SL、BT、NQ、ML 和 BS 等分布

点距乡间公路较远,其中对 MX、JY 和 TD3 个不同地形地貌分布区进行了样方调查,40 个样方中共计有掌裂兰 166 株,以 10 cm 为一个高度级划分 4 级高度级,绘制个数与高度级柱状表(图 1)。由图 1 可知,高度级 I 株数为 63 株,占总数的 37.9%;高度级 II 株数为 91 株,占总数的 54%;高度级 III 株数为 9 株,占总数的 0.54%;高度级 IV 株数为 1 株,占总数的 0.06%。从种群高度级特征分析,分布区实测高度发现最高为 42 cm,最低为 10 cm。高度级 II 表现为株数最多,是青海省海南州、黄南州及海北州掌裂兰分布区种群的主体高度,样本采集时间是 7 月份,正处于开花期,生长活力好,株数高度都已大于 10 cm,高度级 III 株数呈减少趋势,已接近其最高。样地 MX1 的掌裂兰最高,占本样地的 73.6%,这与 MX 分布区土壤中总 N 含量高有关系,JY 样地掌裂兰高度普遍低于其余三个样地,积温是影响掌裂兰高度的条件。由于本种系为广布种,不同生长环境条件其植株的高矮、叶形、花的大小、唇瓣的形状和根茎大小等都有一定的变化,个体与母株分蘖方式不同也会导致个体高度差异性大。

### 3.2 掌裂兰分布地区的气候特征

濒危药用植物掌裂兰在青藏高原多分布于寒

表 3 濒危植物掌裂兰分布区土壤有机质含量表

Table 3 Table of soil organic matter content in the distribution area of endangered plant *Dactylorhiza hatagirea*

序号 Number	居群名称 Population name	土壤类型 Soil type	检测项目 Testing items				
			总氮 Total nitrogen (dry, g · kg <sup>-1</sup> )	总磷 Total phosphorus (dry, g · kg <sup>-1</sup> )	总钾 Total potassium (dry, g · kg <sup>-1</sup> )	有机质 Organic matter (dry, g · kg <sup>-1</sup> )	pH
1	MX	高山灌丛草甸土 Alpine shrubby meadow soil	14.19	0.784	14.8	257	7.4
2	HR	高寒草甸土 Alpine meadow soil	2.96	0.386	17.9	24.2	7.6
3	JY	高寒草甸土 Alpine meadow soil	6.1	0.468	14.9	128	7.9
4	TD	高寒草甸土 Alpine meadow soil	6.8	0.685	17.6	117	7.6
5	BT	高寒草甸土 Alpine meadow soil	2.63	0.372	17.4	32.9	7.6
6	NQ	高寒灌丛草甸土 Alpine shrubby meadow soil	2.13	0.564	15	19.3	7.7
7	ML	高寒草甸土 Alpine meadow soil	3.25	0.26	13.2	75.6	5.1
8	BS	高寒草甸土 Alpine meadow soil	16.97	0.753	16.5	351	7.0
9	SL	高寒灌丛草甸土 Alpine shrubby meadow soil	2.88	0.373	17.1	30.1	7.6
10	ZG	高寒草甸土、沼泽土 Alpine meadow soil and marsh soil	6.5	0.244	11.5	78.12	7.8

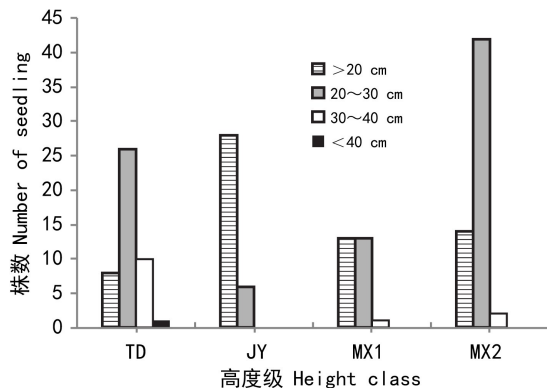


图 1 掌裂兰种群高度级划分  
Fig. 1 Height classification of *Dactylorhiza hatagirea* population

雨量有上升趋势,总体呈现暖湿化趋势。掌裂兰分布区涵盖面积大,各地各季节气温变化不相同,BS、ML分布区累年年平均温度分别为 10.7 °C、8.6 °C,年际温度波动较大,由东北向西南逐渐递增。HR、TD、SL位于青南地区,降温幅度大,且是 10 个点中温度最低的地区。ML、NQ分布区降雨有增加的趋势,分别为 891.9、738.7 mm。其中,累年年平均风速最高为青海海北州西海镇分布区,为 3.3 m · s<sup>-1</sup>,青海玉树州结古镇最低,为 1.1 m · s<sup>-1</sup>;累年年平均最高温度在西藏昌都市八宿县吉达乡,为 17.8 °C,累年年平均最低温度在青海黄南州泽库县和日乡,为 -7.7 °C;累年年最多降水量在西藏林芝市米林县米林镇,为 891.9 mm,累年年最少降水量在西藏昌都市八宿县吉达乡,为 105.8 mm;累年年平均相对湿度在 40%~71%之间。四川阿坝州若尔盖湿地自然保护区掌裂兰分布区由于分布在湿地、沼泽地区,其主要气候特点是西风带对该区的气候和天气影响较大,昼夜温差大,霜冻期较长,春季气温回升缓慢等现象(刘兴土等,2017)。

温带气候区,属高原大陆性气候。从分布区气候指标可以看出,分布区域的热量指标和水分指标均较低。掌裂兰分布区累年年平均温度为 3.5 °C,累年年平均最高降雨量为 680.2 mm,累年平均相对湿度为 58%。分布区累年年平均温度和累年年平均降

表 4 濒危植物掌裂兰群落中药用植物资源科含种数的统计

Table 4 Statistics of the species of the resources family of traditional Chinese medicine plants in the endangered plant *Dactylorhiza hatagirea* community

序号 Code	科名 Scientific name	属数 Generic number	占总属数的比率 Percentage of total genera (%)	种数 Species number	占总种数的比率 Percentage of total species (%)
1	菊科 Compositae	8	18	9	15.5
2	禾本科 Gramineae	6	12	7	12.9
3	玄参科 Scrophulariaceae	3	6	6	10.3
4	龙胆科 Gentianaceae	5	10	6	10.3
5	莎草科 Cyperaceae	2	4	3	5.08
6	毛茛科 Ranunculaceae	4	8	4	6.8
7	蔷薇科 Rosaceae	1	2	3	5.11
8	蓼科 Polygonaceae	3	6	3	5.11
9	兰科 Orchidaceae	2	4	2	3.4
10	百合科 Liliaceae	2	4	2	3.4
11	豆科 Leguminosae	2	4	2	3.4
12	鸢尾科 Iridaceae	1	2	1	1.7
13	十字花科 Cruciferae	1	2	1	1.7
14	胡颓子科 Elaeagnaceae	1	2	1	1.7
15	车前科 Plantaginaceae	1	2	1	1.7
16	伞形科 Umbelliferae	1	2	1	1.7
17	眼子菜科 Potamogetonaceae	1	2	1	1.7
18	虎耳草科 Saxifragaceae	1	2	1	1.7
19	杨柳科 Salicaceae	1	2	1	1.7
20	木贼科 Equisetaceae	1	2	1	1.7
21	报春花科 Primulaceae	1	2	1	1.7
22	瑞香科 Thymelaeaceae	1	2	1	1.7
	合计 Total	42	100	58	100

### 3.3 掌裂兰分布点的土壤特性

土壤受自然因素(气候、生物、水文、地质、母质等)和人为因素的影响和制约,植物从土壤中吸收营养物质(N、P、K等微量元素)和水分,结合光合作用供给植物生长发育形成物质循环的有机系统。通过对10个掌裂兰分布区的土壤有机质与土壤pH值、总N、总P、总K的相关分析表明,不同掌裂兰分布区植被的土壤有机质与土壤总N、总P、总K的相关性并不一致。其中,HR、JY、TD、BT、ML、BS等分布地区以高寒草甸土为主;MX、NQ、SL等分布地区

以高寒灌丛草甸土为主;ZG以高寒草甸土、沼泽土为主。HR、JY、BT、BS分布在河水两岸流域的滩地上,上层灌丛覆盖度较少,透光性好,草本层植物发育良好,其下腐殖质层较厚,为45~50cm, JY分布点的有机质含量达 $128 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , BS分布点有机质含量高达 $351 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,是调查中所有分布点土壤中有机质含量最高的地区。

NQ分布点生境由于分布在山生柳灌丛下,透光性较弱,草本植物发育不良,有机质含量为 $19.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。BS分布点总N含量为 $16.97 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , NQ

表 5 濒危植物掌裂兰群落中野生药用植物不同等级统计表

Table 5 Statistical tables of different grades of wild medicinal plants in *Dactylorhiza hatagirea* community

项目 Project	科数 Number of families	占总科数比率 Percentage of the total number of subjects (%)	属数 Generic number	占总属数比率 Percentage of total membership (%)	种数 Species number	占总种数比率 Percentage of total species (%)
含 8 种以上 Containing more than 8 species	1	4.5	1	4.5	9	15.5
含 6~7 种 Containing 6-7 species	1	4.5	1	4.5	7	12.01
含 4~5 种 Containing 4-5 species	2	9	2	9	10	17.2
含 2~3 种 Containing 2-3 species	6	27.5	6	27.5	18	31.1
含 1 种 Containing 1 species	12	54.5	12	54.5	14	24.1
合计 Total	22	100	22	100	58	100

分布点总 N 含量为  $2.13 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 是调查中所有分布点土壤中总 N 含量最低, 但总 K 含量最高。土壤中 N 促使植物枝叶和植株生长茂盛; MX 与 BS 分布点的掌裂兰相比其他地区个数多、植株高, 这与土壤中 N 含量高有很大的关系。土壤中 P 促使植物开花和果实早熟, MX 与 BS 分布点的掌裂兰花期较其他分布区花期长; K 提高抗旱、抗寒和抗病能力, K 在分布区检测中普遍较高。土壤中 pH 值有效性一般在 6.5~7.5 之间, ML 分布区 pH 值为 5.1, 是分布区中最低的, pH 值过低会使植物所需的 K 等营养元素失调, ML 分布区中 K 含量较其余地区低, K 不易被土壤所固定, 从而影响土壤养分贫瘠化、酸化, 导致盐基离子淋失, 影响掌裂兰分布。

### 3.4 掌裂兰群落的植被结构

10 个样地群落调查结果显示, 掌裂兰分布于高山灌丛和草甸, 而生长于山坡、河边灌丛草地和湿润的滩地中, 处于群落第二层, 但由于环境不同, 群落植被状况也有所不同。3 个掌裂兰群落样地调查中, 共有维管束植物 58 种, 隶属于 22 科 49 属。群落 1 中共有草本植物 15 科 29 属 38 种, 主要种为小嵩草 (*Carex parva*)、黄帚橐吾 (*Ligularia virgaurea*) 和甘肃棘豆 (*Oxytropis kansuensis*), 掌裂兰为伴生植物。群落 2 中共有草本植物 15 科 28 属 30 种, 主要种为马蔺 (*Iris lactea* var. *chinensis*),

其次为鹅绒委陵菜 (*Potentilla anserina*)、小嵩草 (*Carex parva*) 等喜阳、稍耐阴的物种。群落 3 中共有草本植物 16 科 28 属 33 种; 主要科为菊科 6 属 5 种, 蓼科 3 属 3 种以及毛茛科 3 属 3 种; 主要种为问荆 (*Equisetum arvense*)、大花嵩草 (*Kobresia macrantha*) 以及斑唇马先蒿 (*Pedicularis longiflora* var. *tubiformis*) 等植物, 便于观察物种多样性, 对野生濒危药用植物掌裂兰分布区群落以科为单位所含的种数做了五个等级的统计 (表 5)。

野生濒危药用植物掌裂兰群落中菊科居多, 菊科是中国植物区系中唯一超过 2 000 种的大科, 也是青藏高原广泛分布种。掌裂兰群落中风毛菊、垂头菊和亚菊等植物占总群内种数的 15.5%, 1 科 (含 9 种), 其次为玄参科和龙胆科等植物。种数在 4~5 种的科有 2 个, 分别为龙胆科和毛茛科, 分别在野生濒危药用植物掌裂兰群落中的总种数中占据了 10.3%、6.8%, 这 2 科的总数占群内总种数的 17.2%。种数在 2~3 种的科有 6 个, 分别为玄参科、蓼科、兰科、百合科、豆科等, 占总种数的 10.3%、5.11%、5.08%、3.4%、3.4%, 占总科数的 27.5% 和占总种数的 31%。只含 1 种的科占半数以上, 群内半数以上为单科植物, 占总科数的 54.5%, 占总种数的 24.1%, 可见该群落具有丰富的生物多样性。分布区内组成的群落植物优势科



表 6 群落伴生植物分布统计描述

Table 6 Statistical description of associated plant distribution in communities

居群名称 Population name	伴生植物数量 Number of associated plants	覆盖率 Coverage (%)	平均株数 Average number of plants	平均高度 Average height
MX	37	5.4	5.7	22.6
JY	37	4.2	3.8	17.2
TD	31	5.2	4.6	26.5

表 7 解释的总方差

Table 7 Total variance explained

成份 Ingredient	初始特征值 Initial eigenvalue	提取平方和载入方差百分比 Extract square sum load variance percentage (%)	旋转平方和载入累积百分比 Cumulative percentage of rotation square sum load (%)
F1	6.31	48.54	48.54
F2	4.22	32.42	80.97
F3	1.50	11.58	92.54

为菊科(Compositae)、玄参科(Scrophulariaceae)和龙胆科(Gentianaceae)。其中伴生植物数量以 JY 较多,覆盖率及株数以 MX 较多,株数高度以 TD 较高(表 6)。

### 3.5 环境因子与群落特征因子的主成分分析

利用 SPSS24.0 软件对环境因子 11 个变量和群落因子进行主成分分析,分析结果如表 7 所示,前三类主成分累积贡献率分别为 48.54%、80.97%、92.54%,整体表明这三类因子能较好地解释种群的生长环境和群落特征。

同时根据各变量载荷系数结果如表 8 所示,第 1 主成分中,总 N、总 P、有机质载荷系数较大且为正。但累年年最多降水量、累年年最少降水量、累年年平均相对湿度为负载荷且较大。第 2 主成分中,累年年均风速、累年年平均温度、累年年平均最高温度、累年年平均最低温度的载荷系数较大,且为正,同时 pH 值为负载荷,且较大。第 3 主成分中,海拔高度和日照表现了较大的载荷,且为正。

根据 3 个主成分的因子载荷结果来看,该植物生长需求整体表现如下:(1)热量光照要求高、说

表 8 旋转成分矩阵

Table 8 Rotating component matrix

指标 Index	F1	F2	F3
累年年均风速 Wind speed	0.080	-0.840	-0.388
累年年平均温度 Annual average temperature	0.303	0.950	0.012
累年年平均最高温度 Annual average maximum temperature	0.260	0.942	0.124
累年年平均最低温度 Annual average minimum temperature	0.269	0.947	-0.082
累年年最多降水量 Maximum annual precipitation	-0.889	0.086	-0.407
累年年最少降水量 Minimum annual precipitation	-0.838	0.135	-0.507
累年年平均相对湿度 Relative humidity	-0.724	-0.183	-0.617
总氮 Total nitrogen (dry, g · kg <sup>-1</sup> )	0.932	0.313	-0.014
总磷 Total phosphorus (dry, g · kg <sup>-1</sup> )	0.903	0.041	0.112
总钾 Total potassium (dry, g · kg <sup>-1</sup> )	0.071	-0.603	0.658
有机质 Organic matter (dry, g · kg <sup>-1</sup> )	0.907	0.377	-0.057
pH 值 pH value	0.273	-0.736	0.457
海拔 Elevation (m)	0.238	0.238	0.919
日照时数 Sunshine hours	0.033	0.005	0.836

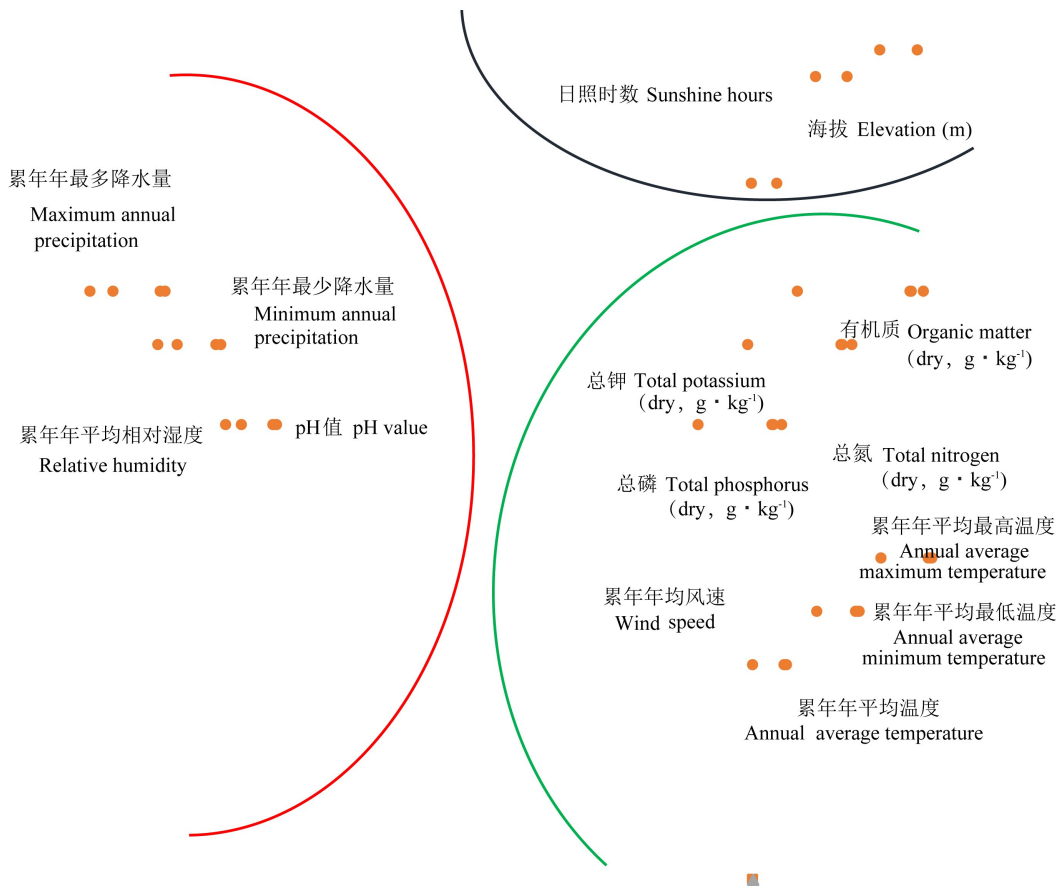


图 2 旋转后的载荷图  
Fig. 2 Load diagram after rotation

明生长过程中需要一定的热量存储。同时,其适宜生在在偏弱碱性的环境中。(2)年平均降雨量、年平均相对湿度对掌裂兰的生长有很大的抑制作用,这似乎和实地调查得出的结论其为湿生陆生植物相悖。其实不然,实地调查中濒危药用植物掌裂兰大多生长在河沟和沼泽生境中。因此,可将此结果解释为其生境本身就包含大量水分,环境的降雨量和湿度再增大自然不利于其生长。(3)对总 P、总 N、有机质含量要求较高,N 对植物至关重要,适宜的 N 含量能促进延长地上部分的生长期,N 量过多会导致地下部分小兒少;适宜的 P 含量能促进果实成熟,提高植物的抗寒性和抗旱性,过量会使植物生长缓慢、根部分蘖减少,从而影响掌裂兰的产量。同时整体来看,对于该植物而言,环境因素中温度、海拔、日照要求较高,同时在土壤环境中,总 N、总 P、有机质也表现了较高的

需求,但对于其他指标要求较低(图 2)。

综合来看,对于影响该植物濒危的三类主要因子,第 1 类影响掌裂兰分布的因子为土壤有机质、总 N、总 P、降雨量和湿度,其载荷系数均在 0.9 以上;第 2 类影响因子为累年年均风速、累年年平均温度、累年年平均最高温度、累年年平均最低温度和 pH 值,其载荷系数在 0.8 以上;第三类影响因子为海拔和日照,其载荷系数均在 0.4 以上。

主成分计算规则:将数据标准化处理后,按照旋转成分矩阵系数进行成分核算,核算公式如下:

$$F1 = \text{总氮} \times 0.932 + \text{总磷} \times 0.903 + \text{有机质} \times 0.907 - \text{累年年最多降水量} \times 0.889 - \text{累年年平均相对湿度} \times 0.724 \quad (1)$$

$$F2 = -0.840 \times \text{累年年均风速} + \text{累年年平均温度} \times 0.950 + \text{累年年平均最高温度} \times 0.942 + \text{累年年平均最低温度} \times 0.947 - \text{pH 值} \times 0.736 \quad (2)$$

$$F3 = \text{海拔} \times 0.919 + \text{日照} \times 0.836 \quad (3)$$

各主成分综合得分:

$$F = 0.4854 F1 + 0.3242 F2 + 0.1158 F3 \quad (4)$$

根据主成分综合得分公式标准化处理之后,计算出三类因子得分结果如表 9 所示,总得分可以解释青藏高原野生濒危药用植物掌裂兰的生境质量,其计算方式见公式(4)。可知主成分 1 中最小值和最大值差异较大。根据核算公式中可以看出,累年年最多降水量和累年年平均相对湿度作为负向影响因子,表明两项指标对该植物影响结果较为明显,同时总 N、总 P、有机质在某些年份中随着降雨量的增长,可能会流失,从而导致主成分 1 的结果差异较为明显;由主成分 2 可知,累年年平均风速、累年年平均温度、累年年平均最高温度、累年年平均最低温度为相对关联指标,pH 值仅代表土壤碱性。表明风速和温度指标对该植物的生长结果造成影响,而不会对该植物的土壤环境造成负向影响;同时主成分 3 中海拔和日照指标,本身存在内在联系,结果值差异性最不明显。

## 4 讨论

### 4.1 掌裂兰致危的主要影响因子

青藏高原濒危植物掌裂兰是藏医药常用药物之一,具有很高的药用价值。本研究认为青藏高原濒危药用植物掌裂兰具有一个共性特点,即种群规模小,个体数量少,地理分布范围狭窄,多呈零星状和片段状,地形地势特异性显著等特点。在经济利益驱使下,掌裂兰因为过度采挖利用,生存环境恶化等外部因素的影响,致使植物在自然界中的生存受到极大的限制。

#### 4.1.1 生境恶化是药用植物掌裂兰的最大威胁

青藏高原独特的自然环境,致使掌裂兰对生存环境要求严格,一旦生存环境发生改变,其生存就受到威胁。近年来由于全球性气候变化影响下,青藏高原生态系统中草地退化、土地沙化和盐渍化、水土流失严重等现象,药用植物资源本身失去了正常生存和依托的环境,影响了其资源正常再生,造成

表 9 主成分综合得分描述统计

Table 9 Principal component comprehensive score descriptive statistics

成份 Ingredient	最小值 Minimum value	最大值 Maximum value	平均值 Average value		标准差 Standard deviation	方差 Variance
			统计 Statistics	标准误差 Standard error		
F1	-4.81	7.76	0.00	1.33	3.98	15.88
F2	-4.55	5.77	0.00	1.33	3.98	15.81
F3	-1.06	1.85	0.00	0.34	1.03	1.05

许多藏药种类的资源量严重下降(赵彩云等,2016),致使其出现濒危状况(张俊杰等,2017)。

掌裂兰植物对光照、热量、生长环境湿度等要求非常高,光照充足的植物株数多,且高大健壮,生长于茂密林下的,植株数少而小,可见掌裂兰植物与环境因子中光照与热量起主导因素。从掌裂兰分布区气候指标可看出,热量和水分是植物生长过程中的重要限制因子。海拔被认为是影响物种多样性格局的决定因素之一(徐远杰等,2010)。随着海拔升高,温度下降,限制了一些物种的分布,物种

多样性则逐渐减少(李帅锋等,2013)。调查研究发现,在青藏高原适宜生长掌裂兰的海拔高度在 2 900~3 700 m 之间;掌裂兰植物需要大量的 N/P 等化合物,土壤有机质含量高的环境中,植株生长粗壮,种群规模较大。从掌裂兰生境土壤指标可以看出,pH 对植物的生长发育影响显著,主要表现在通过对土壤物理、化学及生物学特性的影响和对植物外观形态、物质代谢、生长发育以及品质和产量等方面的影响(唐琨等,2017)。从株高和群落分布来看,植物周围伴生植物本身存在竞争关系,同时在

光、温和水资源的竞争上也表现尤为明显。

综合上述考虑,该植物与温度、日照时数、降雨量、海拔、土壤等自然条件的综合因素中处于不利的状态,是导致掌裂兰在高寒脆弱生境下植株稀少、分布区狭窄的原因之一。

**4.1.2 人类经济活动是导致青藏高原药用植物濒危的根本原因** 人类的采药、开荒、放牧等活动是干扰和破坏掌裂兰生境的主要方式,掌裂兰以根部块茎入药,是传统藏药,具有滋补、强身,治疗早泄、阳痿等功效,药用价值高,是藏医药常用药物之一。市场需求大,受经济利益驱使,出现了“杀鸡取卵”式采挖方式使植物资源量急剧下降。青藏高原生态系统本就薄弱,恢复周期长。这种不当的采挖方式干扰和破坏掌裂兰的适生生境,长期难以修复,人类经济活动阻碍了其野生资源再生量,为外因之一。

**4.1.3 兰科植物繁育系统是青藏高原药用植物掌裂兰植物濒危的内在原因** 兰科植物果实中含种子数,几千到百万不等,小则几毫米,大则 20 cm 以下。兰科植物种子胚细胞分化不完全,不易吸水等生物学特性,使多数兰科植物的种子在萌发阶段完全依靠菌根真菌为其提供养分,萌发率极低,幼苗亦生长缓慢,导致野生种群自然更新力很弱(许燕等,2015)。掌裂兰主要依靠无性繁殖,在自然条件下掌裂兰遗传多样性低,风媒传播效率低,种子萌发率低,种群天然更新能力弱等因素是导致该植物稀少的内因之一。

## 4.2 掌裂兰的保护对策

**4.2.1 掌裂兰适宜生境保护** 植物生境的退化会影响种群的存活率、增长率、生育力等生存能力,会导致种群的减小和片段化(Ramula, 2010)。保护和研究掌裂兰生境是保护其赖以生存的重要场所,掌裂兰从实际分布点的数量和种群的大小可以看出其资源储量非常稀少,防止继续向濒危、极危物种转变是目前亟待解决的重要问题。利用原生境保护方式,保存掌裂兰分布区群落特性、遗传特性,防止水土流失、人为采挖和放牧等因素破坏生长环境,必要时推行物理隔离方式。

**4.2.2 开展就地保护与辅助移植保护** 三江源自然保护区、麦秀国家森林公园、若尔盖湿地自然保

护区等均有一定数量的濒危植物掌裂兰分布。依托国家级保护区、森林公园和湿地自然保护区对分布在区内典型地带性掌裂兰群落环境划定重点保护区,实施区内就地保护,增加个体数量和生长量。分析掌裂兰生物学特性、繁衍更新能力、生境条件等要求后,在相似地理气候生境中,进行药用植物野生抚育保护,采用围栏养护等手段。在分布区内通过人工补种等干预增加掌裂兰种群数量和产量,实现生境保护和野生药用植物掌裂兰的可持续利用。由于掌裂兰种子细小,分析和确定适宜的移植点与新种群共生菌根真菌关系后,利用种子的非共生萌发及其共生萌发技术进行扩繁,进而达到辅助移植保护的目的。

**4.2.3 深入开展科学研究** 青藏高原濒危药用植物掌裂兰具有种群规模小,个体数量少,地理分布狭窄等特点,因此,针对掌裂兰个体繁育及生境保护需要加强科学研究。从濒危药用植物掌裂兰的生物学特性、生态学特性、遗传学特性、生境脆弱性等方面开展科学研究。同时建立青藏高原濒危物种资源库,开展野生抚育及人工扩繁基地。运用现代生物分子技术为濒危药用植物探索一条保护和研发替代并举的可行性路径。

**4.2.4 开展宣讲及科普活动** 藏医制药生产企业及青藏高原地区特色旅游业迅猛发展的形势下,掌裂兰作为深受广大民众喜爱的药食同源植物,需求量和用量急速上升,对野生药用植物掌裂兰的可持续发展造成了多方面的威胁。积极开展掌裂兰等珍稀濒危典型生境和植物保护研究的宣讲、科普教育活动是提高医药管理人员、游客、当地民众保护濒危药用植物的意识,限制大肆挖掘、过季采集。增加人工辅助种植保护生境与植物是保护野生濒危药用植物的有效手段之一。

## 参考文献:

- BAI RZN, 2006. *Miaoyin Materia Medica* [M]. Beijing: Ethnic Publishing House. [白若杂纳, 2006. 妙音本草(藏文版) [M]. 北京:民族出版社.]
- BIE PF, TANG T, HU JY, et al., 2018. Flowering phenology and breeding system of an endangered and rare species *Uro-*



- physa rockii* (Ranunculaceae) [J]. Acta Ecol Sin, 38(11): 3899–3908. [别鹏飞, 唐婷, 胡进耀, 等, 2018. 珍稀濒危植物距瓣尾囊草 (*Urophysa rockii*) 的开花物候和繁育系统特性 [J]. 生态学报, 38(11): 3899–3908.]
- CHAUHAN RS, NAUTIYAL MC, VASHISTHA RK, et al., 2014. Morphobiochemical variability and selection strategies for the germplasm of *Dactylorhiza hatagirea*, (D. Don) Soo; An Endangered Medicinal Orchid [J]. J Bot, 2014: 1–5.
- DU XJ, YI QF, YE QL, et al., 2017. Study on the community characteristics and conservation of endangered species *Paphiopedilum purpuratum* (Lindl.) Stein [J]. Plant Sci J, 35(6): 844–850. [杜晓洁, 易绮斐, 叶钦良, 等, 2017. 濒危植物紫纹兜兰群落特征及其保护 [J]. 植物科学学报, 35(6): 844–850.]
- FU LG, 1991. Red paper on Chinese plants-rare and endangered plants (Vol. 1) [M]. Beijing: Science Press [傅立国, 1991. 中国植物红皮书—稀有濒危植物. 第1卷 [M]. 北京: 科学出版社.]
- GAO PX, LI MQ, ZHOU SX, et al., 2013. Distribution and current status of the endangered shrub *Disanthus cercidifolius* var. *longipes* [J]. Plant Sci J, 31(1): 34–41. [高浦新, 李美琼, 周赛霞, 等, 2013. 濒危植物长柄双花木 (*Disanthus cercidifolius* var. *longipes*) 的资源分布及濒危现状 [J]. 植物科学学报, 31(1): 34–41.]
- KALA CP, 2000. Status and conservation of rare and endangered medicinal plants in the Indian trans-Himalaya [J]. Biol Conserv, 93(3): 371–379.
- KARMA RJDJ, 2006. Sea of drug names [M]. Beijing: Ethnic Publishing House. [噶玛·让均多吉, 2006. 药名之海 (藏文版) [M]. 北京: 民族出版社.]
- LIU MT, WEI XZ, JIANG MX, 2018. Comparison of fruit traits between wild and *ex situ* populations of *Sinojackia huangmeiensis* [J]. Plant Sci J, 36(3): 354–361. [刘梦婷, 魏新增, 江明喜, 2018. 濒危植物黄梅秤锤树野生与迁地保护种群的果实性状比较 [J]. 植物科学学报, 36(3): 354–361.]
- LIU XT, 2017. Wetland protection and ecological engineering construction in main wetland distribution areas of China [M]. Beijing: Science Press. [刘兴土, 2017. 中国主要湿地地区湿地保护与生态工程建设 [M]. 北京: 科学出版社.]
- LI SC, 2014. Nature conservation [M]. Beijing: China Environmental Press. [李双成, 2014. 自然保护学 [M]. 北京: 中国环境出版社.]
- LI SF, SU JR, LIU WD, et al., 2013. Quantitative classification of *Pinus kesiya* var. *langbianensis* communities and their species richness in relation to the environmental factors in Yunnan Province of Southwest China [J]. Chin J Ecol, 32(12): 3152–3159. [李帅锋, 苏建荣, 刘万德, 等, 2013. 云南省思茅松林群落数量分类及物种多样性与自然环境的关系 [J]. 生态学杂志, 32(12): 3152–3159.]
- NIU Y, WANG C, PENG JS, et al., 2018. Wild flowers of Qinghai-Tibet Plateau [M]. Chongqing: Chongqing University Press. [牛洋, 王辰, 彭建生, 等, 2018. 青藏高原野花大图鉴 [M]. 重庆: 重庆大学出版社.]
- Northwest Institute of Plateau Biology, 1999. Chinese Academy of Sciences, Flora of Qinghai (Vol. 4) [M]. Xining: Qinghai People's Publishing House. [中国科学院西北高原生物研究所, 1999. 青海植物志 (第四卷) [M]. 西宁: 青海人民出版社.]
- Qinghai Institute for Drug Control, Qinghai Institute for Tibetan Medicine Research, 1996. Tibetan medicine of China (Vol. 1–3) [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishing House. [青海省药品检验所, 青海省藏医药研究所, 1996. 中国藏药 (1–3 卷) [M]. 上海: 上海科学技术出版社.]
- RAMULA S, PUHAJAINEN L, SUHONEN J, et al., 2010. Management actions are required to improve the viability of the rare grassland herb *Carlina biebersteinii* [J]. Nordic J Bot, 26(1–2): 83–90.
- TANG K, ZHU WW, ZHOU WX, et al., 2013. Research progress on effects of soil Ph on plant growth and development [J]. Crop Res, 27(2): 207–212. [唐琨, 朱伟文, 周文新, 等, 2013. 土壤 pH 对植物生长发育影响的研究进展 [J]. 作物研究, 27(2): 207–212.]
- The State Environmental Protection Administration of China, Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, 1987. List of rare and endangered plants in China (Vol. 1) [M]. Beijing: Science Press. [国家环境保护局, 中国科学院植物研究所, 1987. 中国珍稀濒危保护植物名录 (第一册) [M]. 北京: 科学出版社.]
- The State Forestry Administration, Ministry of Agriculture, 1999. The four thorder of the State Forestry Administration, Ministry of Agriculture. List of wild plants of national priority protection [S]. [国家林业局, 农业部, 1999. 国家林业局, 农业部令 (第 4 号). 国家重点保护野生植物名录 (第一批) [S].]
- WANG S, XIE Y, 2004. China Species Red List (Vol. 1) [M]. Beijing: Higher Education Press. [汪松, 解炎, 2004. 中国物种红色名录 (第一卷) [M]. 北京: 高等教育出版社.]
- WANG SL, LUO J, QUAN H, et al., 2018. Protection priority evaluation of rare and endangered medicinal plants in Milin



- County of Tibet, China [J]. *Guihaia*, 38(7):825-835. [汪书丽, 罗建, 权红, 等, 2018. 西藏米林县珍稀濒危药用植物优先保护评价 [J]. *广西植物*, 38(7):825-835.]
- WU ZY, 1983-1987. *Flora of Tibet* [M]. Beijing: Science Press. [吴征镒, 1983-1987. 西藏植物志 [M]. 北京: 科学出版社.]
- XI WC, 2006. *Dumu Materia Medica* [M]. Beijing: Ethnic Publishing House. [希瓦措, 2006. 度母本草(藏文版) [M]. 北京: 民族出版社.]
- XU Y, LU LP, JI PW, et al., 2015. Scientific counting method for seed number of Orchidaceae [J]. *Biol Bull*, 50(8):49-50 [许燕, 卢丽平, 纪鹏伟, 等, 2015. 兰科植物种子数的科学计数法 [J]. *生物学通报*, 50(8):49-50.]
- XU YJ, CHEN YN, LI WH, et al., 2010. Distribution pattern and environmental interpretation of plant species diversity in the mountainous region of Ili River Valley, Xinjiang, China [J]. *Chin J Plant Ecol*, 34(10):1142-1154. [徐远杰, 陈亚宁, 李卫红, 等, 2010. 伊犁河谷山地植物群落物种多样性分布格局及环境解释 [J]. *植物生态学报*, 34(10):1142-1154.]
- YANG YC, 1995. *Tibetan medicine* [M]. Xining: Qinghai People's Publishing House. [杨永昌, 1995. 藏药志 [M]. 西宁: 青海人民出版社.]
- YUDO YDGB, 1982. *Four medical codes* [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.]
- ZHANG HY, ZONG XH, WANG X, et al., 2016. Population structure and living community characteristics of endangered *Camellia luteoflora* Li ex H. T. Chang [J]. *Plant Sci J*, 34(4):539-546. [张华雨, 宗秀虹, 王鑫, 等, 2016. 濒危植物小黄花茶种群结构和生存群落特征研究 [J]. *植物科学学报*, 34(4):539-546.]
- ZHANG JJ, CHAI SF, LÜ SH, et al., 2017. The habitat characteristics and analysis on endangering factors of rare and endangered plant *Garcinia paucinervis* [J]. *Ecol Environ Sci*, 26(4):582-589. [张俊杰, 柴胜丰, 吕仕洪, 等, 2017. 珍稀濒危植物金丝李的生境特征及致濒原因分析 [J]. *生态环境学报*, 26(4):582-589.]
- ZHANG WH, ZU YG, 1998. The habitat and analysis on the external endangered factors of *Adenophora lobophylla* (Campanulaceae), an endangered species [J]. *Bull Bot Res*, (2):82-90. [张文辉, 祖元刚, 1998. 濒危植物裂叶沙参生境条件及外界致危因素分析 [J]. *植物研究*, (2):82-90.]
- ZHAO CY, LIU H, SU JS, et al., 2016. Endangered situation and conservation strategy of Tibetan medicine in Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Chin J Chin Mat Med*, 41(23):4451-4455. [赵彩云, 刘欢, 苏锦松, 等, 2016. 青藏高原藏药濒危现状及其资源保护策略 [J]. *中国中药杂志*, 41(23):4451-4455.]