

长鞭红景天的研究概况

卢杰, 郑维列, 兰小中, 丁玉珂

(西藏农牧学院高原生态研究所, 西藏 林芝 860000)

摘要 红景天(*Rhodiola* L.)是继人参(*Panax ginseng*)、刺五加(*Acanthopanax senticosus*)之后,发现的第三种具有“适应原样”的药用植物,对于该属植物的研究多集中于化学成分和药理学方面。在文中,对长鞭红景天(*Rhodiola fastigiata*)的分类、分子鉴定、生物学、组织及细胞培养、化学成分和毒理学等研究方面进行了归纳分析,为进一步研究长鞭红景天的种群生态学、生存机制及资源开发利用等奠定基础,最后结合在西藏色季拉山对红景天的调查情况,对在研究与利用过程中存在的问题进行了分析讨论。

关键词 长鞭红景天;分类;分子鉴定;生物学;组织培养;化学成分;毒理学;研究概况

中图分类号: S567

文献标识码: A

文章编号: 1006-9690(2007)04-0006-06

Survey of Research on *Rhodiola fastigiata*

Lu Jie, Zheng Weilie, Lan Xiaozhong, Ding Yuke

(Research Institute of Plateau Ecology, Tibet Agriculture and Animal Husbandry

College, Linzhi 860000, China)

Abstract *Rhodiola* L. is the third kind of Adaptive medical plant after the discovery of *Panax ginseng* and *Acanthopanax senticosus*, The researches on *Rhodiola* L. are focused on its chemical components and pharmacology. The paper concludes and analyses the classification, molecular identification, biology, tissue and cell culture, chemical components and toxicology and so on in order to lay the base for researches on population ecology, survival mechanism and development and utilization of resources. According to the investigation on *Rhodiola* L. of Sejila Mountain in Tibet, the paper analyses and discusses the problem during researches and utilization.

Key words *Rhodiola fastigiata*; classification; molecular identification; biology; tissue culture; chemical components; toxicology; research survey

长鞭红景天(*Rhodiola fastigiata*)为景天科(Crassulaceae)红景天属(*Rhodiola* L.)多年生草本植物,在世界上主要分布于中国、尼泊尔、锡金、不丹及克什米尔地区,在我国主要分布于西藏、云南和四川^[1-3]。现代医学研究表明:红景天属植物具有抗寒冷、抗缺氧、抗疲劳、抗微波辐射、抗衰老、抗肿瘤及抗毒、强心、增强免疫力等生理、药理作用,还表现出很好的双向调节作用,并具有与人参(*Panax gin-*

seng)、刺五加(*Acanthopanax senticosus*)类似的“适应原样”的作用,且其抗疲劳、抗缺氧和增强免疫力作用超过人参、刺五加和绞股蓝(*Gynostemma pentaphyllum*),而又无人参兴奋过强和刺五加易致便秘的缺点,因此它是很有发展前途的环境适应药物,倍受人们的青睐。所以,目前对该属植物的研究多聚焦于化学成分及药理学方面。

长鞭红景天是国家第二批确定的二级保护植物,同时由于该植物资源的过度开发和对其生境的破坏,目前已列入了物种红色名录,处于近危状态^[4]。为此,我们即将对长鞭红景天的种群生态学和生存机制进行研究,为了全面了解该植物的研究

收稿日期:2006-12-20

基金项目:973计划前期研究专项(2006CB08403)

作者简介:卢杰(1973-),男,主要从事植物保护和植物生态学研究。

状况,特对长鞭红景天的分类、分子鉴定、生物学、组织及细胞培养、化学成分和毒理学等研究方面进行概述。

1 分类研究

红景天属植物的分类学研究当前已变得非常复杂。二战前,一些分类学家将该属各种归入 Sedoideae 亚科的一个独立属,随后又被重新归入景天属的亚属。1963年,德国植物分类学家 Hegi 将被鉴定的 50 多种该属植物根据形态学的相似性重新确定为一个独立的属,即为现在的红景天属^[5]。对于该属植物,国内出版的《中国植物志》、《中国高等植物图鉴》、《云南种子植物名录》、《西藏植物志》、《西藏经济植物》等权威性文献均有详细记述。

至于长鞭红景天的分类研究过程,1858年,英国人约瑟夫·道尔顿·胡克(J D Hooker)和索姆西(Thomsys)作为帚状景天(*Sedum fastigiata*)发表;1930年,弗罗德(Frod)认为胡克定错了名,改定为帕拉斯(Pallas)已经发表过的四部景天的一个变种(*Sedum quadrifidum* Pall. var. *fastigiata*);1914年、1916年,莱弗莱(Leveille)以川续继科双参属(囊苞花属)松树叶囊苞花(*Triplostegia pinifolia*)发表;1934年,日本人中井猛之进(Nakai)在他本人和 Kitag 研究的基础上把胡克最先发表的这个种定为蔷薇属帚状地蔷薇(*Chamaerhodiola fastigiata*);1936年,弗罗德修正了1930年他本人所定的名称,定名为大理景天(*Sedum talihsienense*);1939年,布里斯(Boriss)认为本种不是罗伊莱(Royle)发表的深红景天(*Rhodiola coccinea*),而是苏联植物区系部分作者发表的另一个种;1942年,弗罗德再次把本种改定为小矛子果景天(*Sedum doratocarpum*);1965年,我国学者傅书遐根据《国际植物命名法规》优先律之规定,引证胡克最早发表之定名,订正为长鞭红景天,至此,该名称延用至今^[1,6]。目前在《中国植物志》中,它的分类地位是蔷薇目(Rosales)虎耳草亚目(Saxifragineae)景天科(Crassulaceae)景天亚科(Sedoideae Berger)红景天属(*Rhodiola* L.)柱花红景天组(Sect. *Clementsia*)长鞭红景天系(Ser. *fastigiatae*)。这也是普遍学者所认同的。

2 分子鉴定研究

红景天作为贵重药材资源,主要以根和根状茎入药,由于其种类多,来源复杂,且各个种的功能存在差异,为了正确使用,不至于混乱,对红景天的正确鉴定就显得尤为重要。当前分子鉴定采用较多的方法是 RAPD 和 DALP 技术,另外王强等(2005)使用 RP-HLPC 方法对长白山的 10 种红景天进行了鉴定^[7]。在对大花红景天(*Rhodiola crenulata*)、长鞭红景天、狭叶红景天(*Rhodiola kirilowii*)和高山红景天(*Rhodiola sachalinensis*)4 种植物进行分子水平鉴定研究中,胡挺松等(2004)从红景天的 RAPD 扩增结果显示用 OPA 4、OPB 7、OPB 18、OPX 14、OPZ 13 作引物可将这 4 种红景天区分开,每种红景天均有一特异片段扩增^[8]。虞泓等(2005)采用 RAPD 技术对采自云南的大花红景天、长鞭红景天和云南红景天(*Rhodiola yunnannensis*)3 个种的 6 个居群的基因型的聚类分析发现,不同种的红景天属植物得到了明确的区分,每种红景天不同居群的不同个体均在新一级聚在一起,这也同时表明 RAPD 分子标记可以作为其种的分子鉴定依据^[9]。李永宜等(2005)用以红景天基因组 DNA 为模板,对 DALP 反应程序的一些重要参数进行摸索和优化试验的方法,利用直接扩增片段长度多态性(DALP)这一新分子标记技术建立了一套稳定的、可靠性高的红景天属植物的 DALP 反应体系^[10]。该反应体系是 20 μL , Mg^{2+} 浓度为 2.5 mmol/L, dNTPs 浓度为 1.25 mmol/L, 模板 DNA 的量为 60 ng, 5 pmol/L 选择性引物 1 μL , 5 pmol/L 反向引物 3 μL , 引物浓度比为 1:3, Taq 酶 2 U。反应过程为:95 $^{\circ}\text{C}$ 预变性 5 min、94 $^{\circ}\text{C}$ 变性 30 s、50 $^{\circ}\text{C}$ 退火 30 s、72 $^{\circ}\text{C}$ 延伸 1 min; 30 个循环,再 72 $^{\circ}\text{C}$ 延伸 10 min, 完成整个 PCR 反应。该体系可有效地应用于红景天属药材的分类鉴定和地道性鉴定。倪念春等(2004)通过 PCR 产物直接测序法测定大花红景天、长鞭红景天和云南红景天的核糖体内转录间隔区(ITS)基因序列并作同源性分析,最后准确鉴定出了各种红景天植物^[11]。这些研究不仅为该属植物的分子鉴定提供了依据,而且也丰富和发展了分子鉴定技术。

植物的传统形态学分类和现代分子分类各有优

缺点,胡挺松等在对红景天做 RAPD 分析与分类鉴定时,也讨论到由于 RAPD 扩增的结果只能从相似性系数或遗传距离去做表征分析,所得树状图不一定能真正反应种属间系统发育关系,同时在种间的 DNA 变异水平很高,用一个或几个个体代表一个种可能造成结果的很大偏差,尤其是药用植物是针对有药用价值的分类单元进行分析。因此,在应用 RAPD 方法对药用植物种间亲缘关系的研究,尤其是在对类似红景天这样的大属分类时,要考虑形态学的差异以及前人的观点进行全面评价。

3 生物学研究

生境方面,长鞭红景天主要生长于海拔 3 300 ~ 5 400 m 以上的山坡湿润石缝中、山坡草地、山坡水沟边、高山灌丛中、高山草甸中、高山流石滩等,喜凉润、喜肥、也畏炎热、耐瘠薄,多密集生长,生长的环境属高寒山区,自然条件极其恶劣且多变,如缺氧、强紫外线照射、常狂风雪盖、昼夜温差大等。

形态特征方面,长鞭红景天为多年生草本,主轴伸长,长可达 50 cm 以上,主轴每年出生达 1.5 cm,直径 1 ~ 1.5 cm,老的花茎脱落,或有少数宿存的,基部鳞片三角形。花茎 4 ~ 10,着生多年生主轴顶端,长 8 ~ 20 cm,粗 1.2 ~ 2 mm,叶互生,线状长圆形、线状披针形、椭圆形至倒披针形,长 8 ~ 12 mm,宽 1 ~ 4 mm,先端钝,基部无柄,全缘,或有微乳头状突起,花序伞房状,长 1 cm,宽 2 cm;雌雄异株;花密生;萼片 5,线形或长三角形,长 3 mm,花瓣 5,红色,长圆披针形,长 5 mm,宽 1.3 mm,雄蕊 10,长达 5 mm,对瓣着生基部下 1 mm 处;鳞片 5,横长方形,长 0.5 mm,宽 1 mm,先端有微缺;心皮 5,披针形,直立,花柱长 8 mm,直立,先端稍向外弯。花期 6 ~ 8 月,果期 9 月。由于长鞭红景天的多生长于乱石堆中或石头上,所以它的根系较发达,据调查,肉质主根的长度可达主轴的 5 倍。

遗传特性方面,虞泓等(2005)采用 RAPD 技术对云南常见的大花红景天、长鞭红景天和云南红景天 3 个种 6 个居群的 59 个样本进行了遗传关系研究,结果发现,除了物种水平 PPB 值以外,长鞭红景天遗传多样性总体上大于大花红景天,大花红景天的 PPB 值大于长鞭红景天可能是由于长鞭红景天

检测居群数(2 个)少于大花红景天的居群数(3 个);长鞭红景天的 2 个居群的基因分化系数是 0.313 2,即在总的遗传变异中有 31.32 % 的变异存在于居群间,68.68 % 的变异存在于各居群内;研究还显示,长鞭红景天居群间的遗传分化程度高于大花红景天,这可能是由于长鞭红景天的自然分布范围大于大花红景天,即适应幅度大。

长鞭红景天的生物学研究对今后长鞭红景天的保护、栽培、育种、组织培养、种群生态学及它的生存机制的探索等都有重要意义。

4 组织及细胞培养

近年来,随着人们对红景天的不断深入研究与开发利用,原本稀少且生长缓慢的野生资源更显得越来越少,无法满足人们的需求。通过组织和细胞培养的方式来进行快速繁殖,是有效地解决资源短缺问题的快速方式之一。目前许多学者对红景天属的大花红景天、西藏红景天(*Rhodiola tibetica*)、高山红景天、云南红景天、粗糙红景天(*Rhodiola scabrida*)、狭叶红景天、长鞭红景天、柴胡红景天(*Rhodiola bupleuroides*)等的组织培养均做过研究,取得了成功。胡挺松等(2004)以长鞭红景天的幼叶和嫩茎为材料,通过无菌材料的处理、芽的诱导和增殖、生根培养、炼苗和移栽等操作过程,对其进行组织培养和快速繁殖,培育出的试管苗移栽一个月后成活率达 85 %^[12]。晏婴才等(2005)分别用长鞭红景天的叶片、幼茎、茎尖和花芽为材料进行组织培养,发现叶片在培养基 6-BA 2 mg/L + IAA 0.2 mg/L 上培养 2 ~ 4 周后均能分化丛生芽,分化率 100 %;幼茎、茎尖和花芽也可分化丛生芽,但其分化所需时间长且分化率较低;在生根培养过程中发现,丛生芽接种后 17 天开始生根,生根率达 63%,随着培养时间的延长生根率可达 100 %^[13]。这些研究成果为长鞭红景天的组织培养和快速繁殖提供了技术基础。

在细胞培养方面,目前国内已有多家单位从事长鞭红景天细胞培养的研究。其中较为突出的是北京林业大学,该单位目前在成功建立起长鞭红景天悬浮细胞培养体系的基础上,对其悬浮培养细胞的玻璃化法超低温保存开展了深入细致的理论探索与技术研究,形成了一套较为完善的实验室研究用长

鞭红景天悬浮培养细胞的超低温保存方案。郭燕霞等(2006)研究表明;预培养、预处理、脱水处理及冻后处理对长鞭红景天悬浮培养细胞存活率均有重要影响,方差分析结果均显示差异显著,长鞭红景天悬浮培养细胞过程中最佳培养条件是:在含5%二甲亚砜(DMSO)的MS培养基上预培养1h,室温下80% PVS2 预处理40 min,然后用100 PVS2 于0℃处理50 min,投入液氮(LN)保存1h后在40℃水浴中迅速化冻,再用1.2 mol/L 蔗糖培养液洗涤3次,每次10 min,洗涤后的悬培养细胞用氯化三苯四氮唑(TTC)法检测,其存活率可达72.70%^[14]。这为长鞭红景天种质资源的长久有效保存奠定技术基础,也为解决资源的不足开辟了新的途径。

另外,扎西攀超等(2003)用长鞭红景天的营养器官进行栽培取得了成功^[15]。对长鞭红景天的有性繁殖方面目前未见研究报道。

5 化学成分研究

目前国内外对红景天属的约20种植物进行过化学成分研究和成分预试。从这些植物中分离出9大类40多种化学物质,即香豆素类、黄酮类、甙类、生物碱类、无机元素、氨基酸、纤维素类、淀粉类和维生素类。Lei Yidong 等(2003)采用GC-MS技术分析了对来自西藏工布江达的长鞭红景天的根茎精油的化学组成,发现主要成分是:香叶醇(45.3%)、正辛醇(12.3%)、2-甲基-3-丁烯-2-醇(8.2%)、芳樟醇(5.1%)、异香叶醇(4.5%)、香茅醇(4.4%)及顺式桉烯水合物(3.6%)^[16]。杨辉等(2002)从云南怒江产的长鞭红景天根茎中分离得到13个化合物,它们的结构通过波谱和化学方法得到鉴定,其中,化合物1被鉴定为一种新的葡萄糖甙(2-O-β-D-吡喃葡萄糖基-3-甲基-戊酸甲酯),命名为长鞭红景天素甲,化合物Δ-octenyl-3-O-β-D-glucopyranoside、γ-O-β-D-glucopyranoside、(+)-isolariciresinol、(+)-isolariciresinol-9-O-β-D-glucopyranoside、cedrusin、luteolin-7-ethylether、4'-methoxyl-herbacetin 首次从该植物中分离得到,另外还得到的化合物是:tyrosol、salidroside、dihydroconiferyl alcohol、gallic acid、β-sitosterol 和 daucosterol^[17]。陈金瑞等(1991)对西藏色季拉山的

长鞭红景天根茎的化学成分进行了研究,得到7种结晶物,经红外光谱、质谱和核磁共振及化学方法鉴定为β-谷甾醇(β-sitosterol)、胡萝卜甙(daucosterol)、没食子酸乙酯(gallic acid ethyl ester)、没食子酸(gallic acid)、酪醇(p-tyrosol)、β-谷甾醇-3-β-D-半乳糖甙(β-sitosterol-3-β-D-galactoside)和草质素-8-阿拉伯糖甙(herbacetin-8-arabinoside),其中胡萝卜甙、β-谷甾醇-3-β-D-半乳糖甙和没食子酸乙酯是当时首次从红景天属植物中得到的^[18]。彭江南等(1996)也对云南产的长鞭红景天的化学成分进行了研究,得到的6种已知化合物为:4'-甲氧基草质素、Rhodiolin、双氢山萘素、胡萝卜甙、酪醇和红景天甙,以及一种新的黄酮类化合物:草质素-8-O-α-D-来苏糖甙^[19]。尽管这些学者对不同产地的(西藏、云南)的长鞭红景天的化学成分研究得出的结果有差异,但这为长鞭红景天用为药用植物开发提供了理论基础。在这些化学成分中,红景天甙和酪醇是倍受关注的化学成分,因为它们是红景天属植物的重要活性成分,其含量的高低是评价红景天属植物药用价值的重要指标之一^[20]。目前对红景天的药理学研究也主要集中在这些化学成分药用机理方面。

至于对红景天属植物中含毒性化学物质的研究。据报道,在从菱叶红景天(*Rhodiola henryi*)和狭叶红景天中分离出毒性成分有生氰甙(heterodendrin)和百脉根甙(10taustralin)^[21-24]。它们都属于脂肪族生氰甙,其毒性大于芳香族生氰甙,特别是在酸性条件下,生氰甙水解生成巨毒物质氰化氢。生氰甙存在于多种红景天属植物中,但它不是红景天属植物的特征成分,也非该属植物共有成分。康胜利等(1997)采用苦味酸试纸法和银量法对采于青海省东部地区的9种红景天属植物中的生氰甙进行了定性和定量分析,结果表明狭叶红景天、四裂红景天(*Rhodiola quadrifida*)、圣地红景天(*Rhodiola sacra*)、对叶红景天(*Rhodiola subopposita*)和唐古特红景天(*Rhodiola tangutica*)中含有生氰甙,狭叶红景天中含量最高,按百脉根甙计约4.30~8.39 mg/g,红景天的产地和生态环境不同所含的生氰甙的量也不同^[25]。所以,对该属植物中此类成分的存在应给予足够的重视。

6 毒理学研究

红景天属植物作为珍稀药用植物资源,主要以根和根茎入药,全株也可入药,为了临床安全用药提供依据,在进行临床试用前有必要进行毒理学研究。关于红景天属植物的毒理学试验研究,目前主要对大花红景天^[26-27]、狭叶红景天^[28-31]、高山红景天^[31]、蔷薇红景天(*Rhodiola rosea*)^[31]、圣地红景天^[32]、红景天提取物^[33]和长鞭红景天^[34]的毒理学进行过研究。周元川(2003)用鼠伤寒沙门氏菌营养缺陷型回复突变试验检测长鞭红景天诱变性,发现长鞭红景天在该试验条件下无诱变性;在急性毒性半数致死量试验中发现,以长鞭红景天含量计, $LD_{50} > 10\ 000\ \text{mg/kg}$,毒性分级属实无毒级;在用长鞭红景天水煎剂对小鼠骨髓多染性白细胞微核率影响的试验中发现,长鞭红景天供试的剂量范围内无潜在的诱变性;在长鞭红景天水煎剂的睾丸生殖细胞减数分裂染色体畸变分析试验中,在采用的剂量范围内未发现长鞭红景天水煎剂对睾丸减数分裂染色体畸变率明显增高,表明在试验的剂量范围内使用是安全的。

红景天是一种很有开发前景的药食两用植物,正引起世界范围内的注意,国内已有药厂、保健品厂、饮料厂生产出了以红景天属植物为原料的制剂,因此加强各种红景天的毒理学研究应提到重要的位置。

7 结 语

经过对长鞭红景天以上几方面研究的概述,结合我们在西藏色季拉山对红景天的调查情况。认为在红景天的研究与利用中应重视以下几方面问题:

(1)加强种群生态学和生存机制的研究。作为高山植物和药用植物,不仅要注重化学成分和药理作用的研究,还应该更多地研究其对独特的环境响应以及生存机制,这样才能更好地达到持续利用的目的。我们都知道,高山地区的环境常是多变的、恶劣的和脆弱的,高山植物为什么能在这样的环境中生存下来?这是我们解决高山药用植物资源短缺首先要弄清的问题。通过对高山植物种群数量、种群结构、种群动态、生殖生态、遗传特性、以及其与环境

相互关系等的研究,揭示其种群数量消长与生态环境之间的内在关系,从而弄清高山植物的生殖过程和生存机制,为它的人工促进天然更新和繁殖奠定基础。

(2)红景天作为药用植物资源,它品质的优劣也就是研究的重点。罗晓等(2006)以红景天甙含量为指标,对不同产地红景天进行了研究,发现云南地区产的含量最高,东北和西藏地区的含量次之^[35]。我们认为对红景天的品质不仅要针对不同产地的进行研究,还要对不同种类进行研究,选择指标也尽可能综合化。如百脉根甙作为红景天口服毒性作用的生氰甙成份,是红景天原料药中主要的毒性物质,因此可以用高含量红景天甙和甙元酪醇,低含量的百脉根甙作为评价红景天药材优劣的质量性状综合指标。另外在一味追求红景天资源开发时,大量进行人工繁殖,这对种质资源的保存是很好的,但值得注意的是,野生的与家种的红景天也有较大的差异,如红景天甙在野生的大花红景天中含量是 $12.79\ \text{mg/g}$,而在家种的含量是 $9.91\ \text{mg/g}$ ^[36]。作为珍贵药用资源,尽可能持续开发,自然更新。在调查野生长鞭红景天和栽培红景天(与原产地不远)时,发现,栽培的各方面生长量比例都比野生的比例小,较突出的是,栽培的叶细长,根的比例很小。由于栽培地离开原产地,光照、土壤、温度等改变,但什么占主导因素还不知道,栽培的茎叶贪长,使根年生物量积累减少。因此最好就地保护,建立自然保护区,实行封育式、保护性采集。

(3)处理好资源开发利用与生态环境保护的关系。近几年我们在对西藏色季拉山的红景天资源进行调查时,发现该区有红景天属植物12种,其中长鞭红景天的储藏量最大;植株个体较大的云南红景天是该区主要采挖对象,在踏查中发现现存无几。红景天生长主要集中在海拔 $4\ 200 \sim 4\ 900\ \text{m}$ 的高度范围,该生态系统属于冻原植被带的高寒草甸生态系统,是一个非常脆弱的生态系统。红景天的自然生长地方多与乱石有关,它的根系较发达,肉质根有很强的生命力,所以常以生长势较好的植株为核心进行无性繁殖,这对防止水土流失、维持其所在的生态系统平衡、保护生态环境等都有着重要意义。而目前红景天属植物整株刨根法去获取其根茎是唯

一的野外采集方式,加上过度放牧,这些做法导致整株植物枯死,甚至一些交通方便的地域红景天的天然储量锐减;这使得脆弱的生态系统中红景天种群数量呈下降趋势,种群结构和分布格局受到严重破坏,这不仅限制着红景天种群本身的维持与发展,而且其数量和格局的变化又会影响其伴生种的数量和格局,使高寒草甸生态系统的稳定性下降,进而导致红景天赖以生存的原生生态系统不可逆的破坏。要处理好开发与保护的关系,我们认为,在实行封育式、保护性、计划性采集的基础上,对多年生的红景天本身实行采收地上部分、让地下部分继续萌生,这样循环采收,使这一资源达到持续利用。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志第三十四卷第一分册[M]. 北京:科学出版社,1984,159-220.
- [2] 吴征镒. 西藏植物志(第二卷)[M]. 北京:科学出版社,1985:414-428.
- [3] 琼次仁,扎西次仁,索朗白珍,等. 西藏红景天植物资源及其利用[J]. 西藏大学学报,2006,21(3):80-84.
- [4] 汪松,解焱. 中国物种红色名录(第一卷:红色名录)[M]. 北京:高等教育出版社,2004:336.
- [5] 国植,徐莉. 红景天:具多种保健作用的植物适应原[J]. 国外医药—植物药分册,2003,18(4):139-146.
- [6] 周元川,张明云. 怒江州长鞭红景天资源及其评价[J]. 中国民族民间医药杂志,1999,37:102-104.
- [7] Wang Qiang, Ruan Xiao, Jin Zhihua, et al. Identification of Rhodiola species by using RP-HPLC[J]. J. Zhejiang Univ Sci, 2005,6B(6):477-482.
- [8] 胡挺松,陆一鸣,马兰青,等. 红景天属4种植物 RAPD 分析与分类鉴定[J]. 中草药,2004,35(11):1286-1289.
- [9] 虞泓,朱荣勋,李永宜,等. 云南常见药用红景天的 RAPD 分析[J]. 中草药,2005,36(1):96-99.
- [10] 李永宜,虞泓,朱荣勋,等. 红景天属植物 DALP 反应体系的建立[J]. 中草药,2005,36(3):410-423.
- [11] 倪念春,王卫华. 云南常见药用红景天的分子鉴定研究[J]. 山西中医学院学报,2004,5(3):68-52.
- [12] 胡挺松,马兰青,郭万里,等. 长鞭红景天的组织培养和快速繁殖[J]. 植物生理学通讯,2004,40(3):335.
- [13] 晏婴才,程汉英,虞泓. 云南野生红景天的组织培养与快速繁殖[J]. 植物生理学通讯,2005,41(3):341.
- [14] 郭燕霞,刘玉军. 长鞭红景天悬浮培养细胞的玻璃化法超低温保存研究[J]. 西北植物学报,2006,26(8):1605-1611.
- [15] 扎西攀超,曹阳. 藏药索罗玛保野生变家种栽培技术研究[J]. 甘孜科技,2003,3:20-21.
- [16] Yidong Lei, Peng Nan, Tashi Tsering, et al. Chemical Composition of the Essential Oils of Two Rhodiola Species from Tibet[J]. Zeitschrift für Naturforschung C: Journal of Biosciences, 2003, 58:161-164.
- [17] Yang Hui, Mei Shuangxi, Peng Liyan, et al. A New Glucoside form *Rhodila fastigiata* (Carassulaceae) [J]. Acta Botanica Sinica, 2002, 44(2):224-226.
- [18] 陈金瑞,邱林则,连敏,等. 长鞭红景天化学成分研究[J]. 植物学报,1991,33(1):61-64.
- [19] 彭江南,葛永潮,李晓晖. 长鞭红景天化学成分的研究[J]. 药理学学报,1996,31(10):798-800.
- [20] 王钢力,陈德昌. 红景天属(*Rhodiola* L.) 植物化学及药理研究进展[J]. 植物资源与环境,1994,3(3):54-57.
- [21] 姜红祥,左春旭. 菱叶红景天化学成分的研究(I)[J]. 中草药,1990,21(5):2-7.
- [22] 康胜利,张坚,吕义长,等. 狭叶红景天化学成分的研究[J]. 中国中药杂志,1992,17(2):100-101.
- [23] 康胜利,张坚,刘凤云,等. 狭叶红景天中的生氰甙[J]. 青海医药杂志,1995,25(8):59.
- [24] 彭江南,马成禹,葛永潮. 狭叶红景天的化学成分[J]. 中国中药杂志,1994,19(11):676-677.
- [25] 康胜利,刘凤云,王晋,等. 9种红景天中生氰甙的含量分析[J]. 西北药学杂志,1997,12(1):14-15.
- [26] 王惠琴,孔祥环,蒋致诚,等. 大鼠口服红景天致畸作用的研究[J]. 首都医学院学报,1993,14(2):90-93.
- [27] 边庆荣,赵文,秦淑珍,等. 红景天毒性研究[J]. 河北卫生防疫,1990,(3):24.
- [28] 储敏农,张早华,刘建勋,等. 红景天注射液对大鼠心肌缺血再灌注所致心肌梗塞的影响[J]. 中国实验方剂学杂志,2005,11(6):56-57.
- [29] 李瑾翊,林飞. 狭叶红景天的毒理学研究[J]. 中药新药与临床药理,1994,5(2):28-29.
- [30] 姜平,黄立成,寇星灿,等. 藏药狭叶红景天的急性毒性与蓄积毒性试验[J]. 辽宁中医杂志,1995,22(10):475.
- [31] 包文芳,吴维春,李葆华. 抗疲劳药用植物红景天[M]. 北京:人民军医出版社,2003,171-174.
- [32] 曹第勇,周春阳,刘毅,等. 圣地红景天长期毒性试验[J]. 川北医学院学报,1998,13(1):10-11, 19.
- [33] 赵生友,王玮,姜晓春,等. 红景天提取物致突变性及致畸作用[J]. 癌变·畸变·突变,1997,9(5):300-302.
- [34] 周元川. 长鞭红景天毒理学评价[J]. 中国民族民间医药杂志,2003,63:225-227.
- [35] 罗晓,杨庆雄,刘绣华,等. 不同产地红景天药材中红景天甙含量的测定[J]. 化学研究,2006,17(3):83-84, 97.
- [36] 宋玉成,马潇,罗兴平. 野生与家种大花红景天的质量评价研究[J]. 中国药事,2004,18(2):123-124.