

唐古特红景天化学成分和药理作用的研究进展

南星梅¹, 于洋¹, 杨进^{2*}, 芦殿香^{2*}

1. 青海大学 医学部, 青海 西宁 810001

2. 成都大学附属医院, 四川 成都 610081

摘要: 唐古特红景天 *Rhodiola algida* 是青藏高原地区特有的药用植物, 具有高原人参之美称, 主要化学成分包括醇类、黄酮类、苯丙素类、有机酸类、烷烃类及萜类等, 具有抗缺氧、抗氧化、抗癌、抑制脯氨酰寡肽酶活性、抗衰老、保护肝脑等药理作用。通过对近年来关于唐古特红景天化学成分、药理活性和毒理研究进行综述, 以期提高人们对传统药用植物的认识、利用及保护意识, 为唐古特红景天进一步的综合开发利用提供参考。

关键词: 唐古特红景天; 毒理作用; 红景天苷; 酪醇; 抗缺氧; 抗氧化; 抗癌; 抗衰老

中图分类号: R285 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2023)16-5433-09

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.16.032

Research progress on chemical components and pharmacological effect of *Rhodiola algida*

NAN Xing-mei¹, YU Yang¹, YANG Jin², LU Dian-xiang²

1. Medical College of Qinghai University, Xining 810001, China

2. Affiliated Hospital of Chengdu University, Chengdu 610081, China

Abstract: Tanggute Hongjingtian (*Rhodiola algida* var. *tangutica*) is a unique medicinal plant in Qinghai-Tibet Plateau, which has the reputation of plateau ginseng. Its main chemical components include alcohols, flavonoids, phenylpropanoids, organic acids, alkanes and terpenoids. Its pharmacological effects have been studied, including anti-hypoxia, anti-oxidation, anti-cancer, inhibition of prolyl oligopeptide activity, anti-aging, liver and brain protection. In this paper, the research on chemical composition, pharmacological activity and toxicology of *R. algida* var. *tangutica* in recent years was reviewed, in order to improve people's understanding, utilization and protection awareness of traditional Chinese medicine, and to provide reference for further comprehensive development and utilization of *R. algida* var. *tangutica*.

Key words: *Rhodiola algida* var. *tangutica* (Maxim.) S. H. Fu; toxicological effect; salidroside; tyrosol; anti-hypoxia; anti-oxidation; anti-cancer; anti-aging

景天科 (Crassulaceae) 红景天属 *Rhodiola* L. 植物唐古特红景天 *Rhodiola algida* var. *tangutica* (Maxim.) S. H. Fu 最早起源于藏药, 有高原人参之美称, 被国外研究者称为“东方神草”。唐古特红景天为莲座状小半灌木, 隶属于道地红景天, 主产于青海高山地区^[1]。唐古特红景天为荒漠系植被群落构成的优势种, 生长于海拔 3600~4700 m 的石缝、沙砾、山坡草地。在我国藏药研究应用快速发展下,

唐古特红景天已被列入重点保护野生植物名录, 成为青藏高原特化形成的独特植被^[2]。虽然该植被由于覆盖量和生物量低而使其生态服务功能及生态服务价值均十分有限, 但作为高寒荒漠生态系统的核心, 深入挖掘其应用对维护荒漠生态系统的平衡与稳定具有重要作用。

现今使用的红景天属植物共有 90 种, 我国共有 73 种, 仅藏区就有 30 多种^[3-4]。近年来, 唐古特红

收稿日期: 2023-03-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (82060786); 国家自然科学基金资助项目 (32060088); 青海省自然科学基金青年项目 (2020-ZJ-950Q)

作者简介: 南星梅, 博士, 讲师, 从事中藏药药理药效学研究。E-mail: wtyzchaha@163.com

*通信作者: 杨进, 主任医师, 博士, 从事泌尿外科研究。E-mail: yangjindoctor@gmail.com

芦殿香, 教授, 博士生导师, 从事高原医学研究。E-mail: ludianxiang@126.com

景天药用价值不断被挖掘，现代药理学研究显示，唐古特红景天具有抗氧化、抗缺氧、抗癌及适应原样等作用，而多数药理研究集中在低氧性肺动脉高压（pulmonary artery hypertension, PAH）的预防和治疗上。

随着我国中医药的发展，人们对藏医药也越来越重视，本课题组长期从事唐古特红景天活性化合物及其治疗 PAH 相关的研究，本文主要对其化学成分、药理作用和毒理研究进展进行综述，为唐古特红景天后续研究和临床应用提供科学的理论依据和参考。

1 化学成分

1.1 醇类及苷类成分

唐古特红景天中含有醇类及苷类成分，通过气相色谱-质谱联用仪对唐古特红景天的正丁醇萃取部位进行成分分析，发现己醇含量最高^[5]。多项研

究表明唐古特红景天中醇类以己醇、酪醇和苯基乙醇为主，苷类成分主要以苯烷基苷类、红景天苷和苯丙素苷类为主^[6-9]。红景天苷为唐古特红景天主要有效成分，具有抗炎^[10-12]、抗氧化作用^[13-14]，此外对癌症^[15-16]、帕金森病^[17]、阿尔茨海默病^[18]也有一定治疗作用。

1.2 黄酮类成分

黄酮类化合物是重要的抗氧化剂。唐古特红景天中的主要黄酮类化合物（1~8）见表1和图1。其中山柰酚具有抗氧化、抗炎作用^[19-20]，用于治疗神经退行性疾病。黄酮类成分在植物中通常与糖结合成苷类成分，小部分以游离态（苷元）的形式存在，吡喃酮环上的氧原子可与强无机酸生成极不稳定的盐，遇水即分解为原黄酮与无机酸。化合物结构中多具有酚羟基而具有酸性，酚羟基上的氢原子可与过氧自由基结合生成黄酮自由基，进而与其他自由

表1 唐古特红景天中的主要化学成分

Table 1 Main chemical component of *R. algida* var. *tangutica*

编号	化合物	文献	编号	化合物	文献
1	rhodalin	4-5	15	阿魏酸	4-5
2	acetyl rhodalin	4-5	16	熊果苷	3-6
3	alginin	4-5	17	没食子酸	3-6
4	rhodalide	4-5	18	香草酸	3-6
5	rodalgin	4-5	19	没食子酸乙酯	3-6
6	acetyl rodalgin	4-5	20	sachalinoside B	5
7	diacetyl rhodalgin	4-5	21	rhodiolside A	5
8	triacetyl rhodalgin	4-5	22	sachalinoside A	5
9	eugenyl- <i>O</i> -β- <i>D</i> -apiofuranosyl(1→6)-β- <i>D</i> -glc	4-5	23	rosiridin	5
10	gein	4-5	24	creoside II	5
11	angelical	4-5	25	creoside I	5
12	rosin	4-5	26	kenposide A	5
13	咖啡酸	4-5	27	rhodiolside E	5
14	对香豆酸	4-5	28	rhodiocetanoside	5

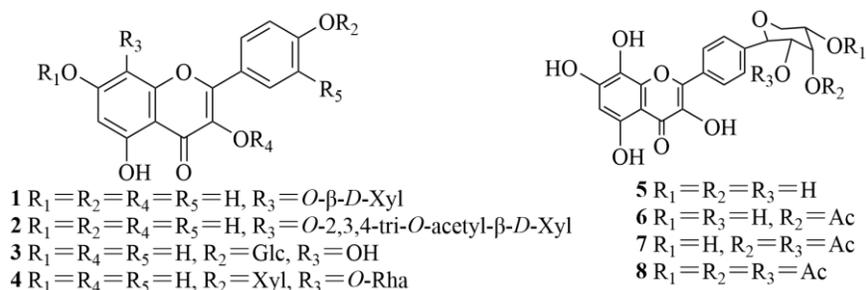


图1 唐古特红景天主要黄酮类成分化学结构

Fig. 1 Chemical structures of main flavonoids of *R. algida* var. *tangutica*

基反应，终止自由基链式反应，使上述黄酮类化合物具有提高动物机体抗氧化及清除自由基的能力。

1.3 苯丙素类成分

苯丙素类成分目前也是评价红景天药材质量的标志成分之一。唐古特红景天中苯丙素类成分主要有阿魏酸、对羟基肉桂酸、咖啡酸等简单苯丙素、

香豆素类成分^[6-7,21]。阿魏酸结构中的酚羟基通过给电子而清除过氧自由基等，具有抗氧化^[22]和心肌保护作用^[23]，部分苯丙素类化合物（9~15）见表1和图2。苯丙素类成分在植物中常与不同的醇、氨基酸、糖、有机酸结合成酯存在，结构中多具有内酯环结构。

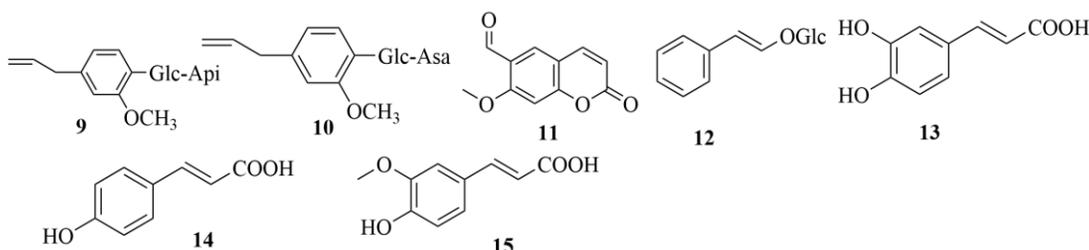


图2 唐古特红景天主要苯丙素类成分化学结构

Fig. 2 Chemical structures of main phenylpropanoid compounds in *R. algida* var. *tangutica*

1.4 有机酸类成分

红景天属多种植物中均含有有机酸类成分，其醋酸乙酯萃取层中含有多种有机酸类和酯类成分^[5-8]，其主要的有机酸类及其脂类化合物（16~19）见表1和图3，其中以二十四烷酸和酯类的邻苯二甲酸二异辛酯含量最高。唐古特红景天中有机酸主要包括

绿原酸、原儿茶酸、没食子酸、熊果苷、香草酸等。氨基酸作为重要的有机酸类物质，在唐古特红景天中也大量存在，续艳丽等^[24]通过微波消解和电感耦合等离子体质谱法检测唐古特红景天中含有苏氨酸、缬氨酸、赖氨酸等18种氨基酸，组成了人体必需的碳水化合物、蛋白质等。

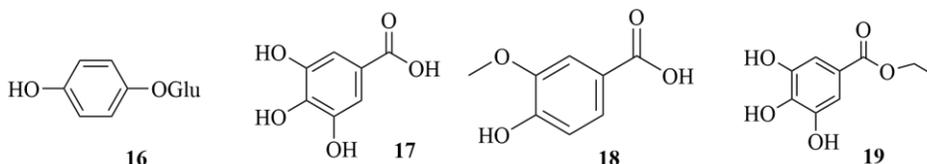


图3 唐古特红景天主要有机酸类成分化学结构

Fig. 3 Chemical structures of main organic acid compounds of *R. algida* var. *tangutica*

1.5 挥发油及萜类成分

中药挥发油由多种成分组成，除含有脂肪族和芳香族的烃及含氧化物外，大多含萜类。马小冬^[7]研究发现，唐古特红景天中挥发油主要有乙酸香叶酯、8-羟基芳樟醇、鲨烯、香叶醇、4-亚环己烯-3,3-二甲基-2-戊酮等，部分挥发油类化合物（20~28）见表1和图4。红景天挥发油是一种天然促渗剂，具有促渗作用强、起效快、不良反应小等特点，在中藏医药中发挥重要作用。

1.6 烷烃类成分

唐古特红景天的四氯化碳和二氯甲烷萃取层中主要以烷烃类十一烷、三十一烷含量较高。烷烃中C-H单键2侧电负性较小，属于弱极性键，但在日光或紫外光照射作用下，其氢原子仍可被卤原子取

代发生卤化反应，在唐古特红景天中发现存在有1-氯-十四烷。

2 唐古特红景天的药理作用

唐古特红景天作为我国特有的红景天属，随着近些年的研究不断深入，其作为藏药治疗效果在临床研究中逐步得到肯定。但唐古特红景天的有效成分及现代药理方面研究仍不够深入，严重阻碍了对唐古特红景天的资源开发。大量研究表明红景天属植物具有治疗抑郁症^[25]、心血管疾病^[26]、保护肺损伤^[27]、治疗肺癌^[28]、抗辐射^[29]、抗氧化^[30]、抗疲劳和抗衰老^[31-32]等药理作用。而近年来对于唐古特红景天的药理作用及相关机制主要集中在红景天苷、山柰酚、咖啡酸、槲皮素、酪醇等活性成分的抗缺氧、抗PAH及抗癌等方面，见图5。

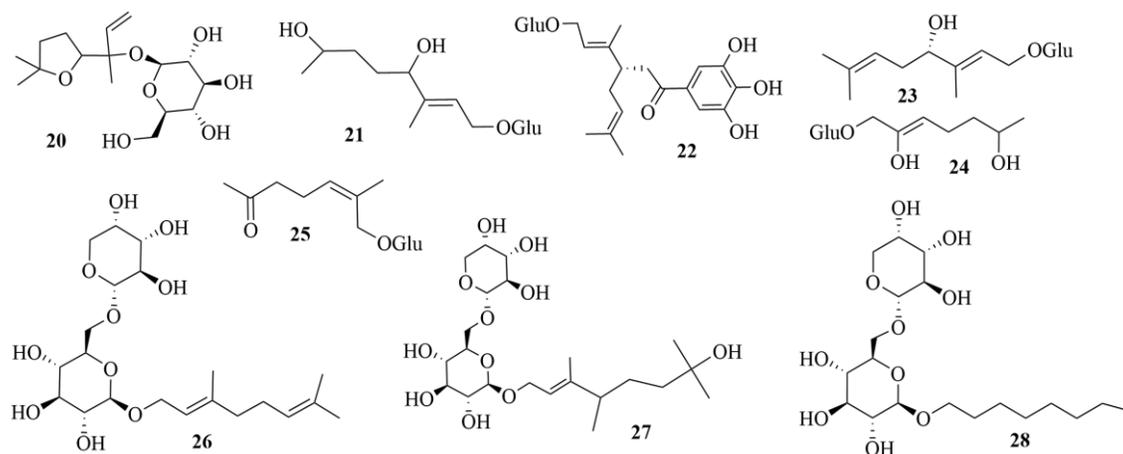


图4 唐古特红景天主要挥发油及萜类成分化学结构

Fig. 4 Chemical structures of main volatile oils and terpenes of *R. algida var. tangutica*

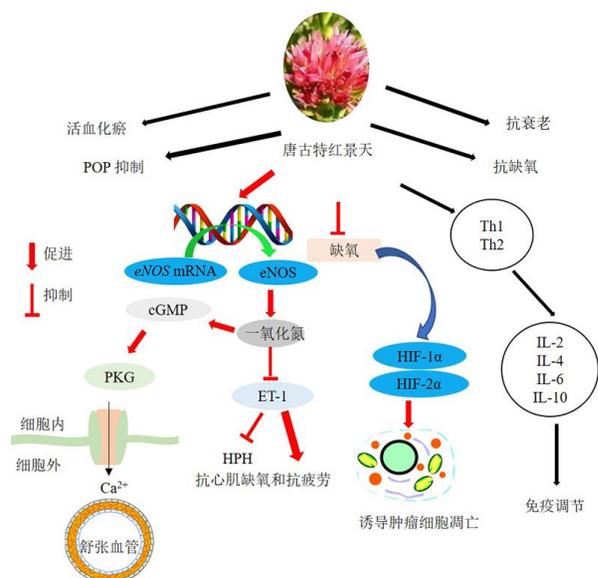


图5 唐古特红景天药理作用机制

Fig. 5 Pharmacological mechanism of *R. algida var. tangutica*

2.1 抗氧化和抗缺氧

高原低氧性 PAH 是由于长期处于低氧环境下,使肺换气增加,肺血管收缩导致肺血管发生重构的肺高原疾病。唐古特红景天 95%乙醇提取物可以通过促进肺小动脉平滑肌的 K⁺通道和上皮细胞释放一氧化氮到平滑肌,当细胞膜受体 Ca²⁺通道被抑制, Ca²⁺流入血管平滑肌细胞数量减少,从而使大鼠肺小动脉血管平滑肌舒张^[33],其主要作用的有效成分包括红景天苷、山柰酚、咖啡酸、槲皮素等,主要作用于肺小动脉内皮上的细胞膜受体钙通道及肿瘤坏死因子、表皮生长因子受体、前列腺素内过氧化物酶 2、基质金属蛋白酶、丝裂原活化蛋

白酶 14 和雌激素受体 1 等潜在作用靶点^[34-35]。Zhang 等^[36]通过研究唐古特红景天活性部位 (active fraction of *R. tangutica*, ACRT) 抑制缺氧诱导的肺动脉平滑肌细胞增殖是否与钾离子通道有关,发现唐古特红景天在缺氧条件下使钙通道受到抑制、钾离子转运上调进而抑制肺血管平滑肌细胞增殖,发挥预防和治疗低氧性 PAH 的潜力。芦殿荣等^[37]研究发现唐古特红景天 95%乙醇提取液通过上调内皮型一氧化氮合酶 (endothelial nitric oxide synthase, eNOS) mRNA 及其相关蛋白表达、抑制内皮缩血管肽 1 mRNA 及其相关蛋白表达,从而实现对低氧性 PAH 的预防作用,且呈剂量相关性。课题组前期研究发现唐古特红景天可以通过抑制周期蛋白依赖激酶抑制剂 1B (cyclin-dependent kinase inhibitor 1B, p27Kip1) 降解,降低增殖细胞核抗原 (proliferating cell nuclear antigen, PCNA)、细胞周期蛋白 D1 (cyclin D1)、细胞周期蛋白依赖性激酶 4 (cyclin dependent kinase 4, CDK4) 的表达,缓解低氧性 PAH^[38]。表明唐古特红景天治疗低氧性 PAH 主要是其乙醇提取物通过调节内皮细胞膜钙离子通道上 Ca²⁺运输数量或通过调控相关基因表达和蛋白质合成,使肺血管舒张而达到缓解和治疗目的。苑桂琴等^[39]研究表明该药对高原红细胞增多症患者体内的高同型半胱氨酸血症具有一定的改善作用。黄政楠等^[40]通过研究 ACRT 对低压低氧舱诱导的 PAH 模型大鼠的影响,发现 ig ACRT 62.5、125.0、250.0 mg/kg 于模型大鼠 4 周可显著抑制大鼠的肺动脉压升高,抑制大鼠肺血管重塑、炎症病变,抑制大鼠的肺小

动脉内皮 I、II 型上皮细胞线粒体肿胀, 具体作用机制可能与抑制血管紧张素转化酶/血管紧张素 II/血管紧张素 II 1 型受体信号通路、增强血管紧张素转化酶 II/血管紧张素-(1-7)/Mas 信号通路。

目前尚未明确唐古特红景天抗氧化作用的具体有效成分和相应的作用靶点, 各活性成分间的相互作用关系也不明确, 后续应逐渐完善唐古特红景天有效成分作用的靶点和通路和关系。

2.2 抗肿瘤作用

芦殿香等^[41]利用 75%乙醇唐古特红景天的提取物培养人乳腺癌 MCF-7 细胞, 发现在一定时间和剂量范围内, 75%乙醇提取物可显著抑制 MCF-7 细胞的增殖, 并通过高效液相色谱仪 (high performance liquid chromatography, HPLC) 检测发现其 75%乙醇提取物中含有红景天苷和酪醇等成分, 表明该成分可能是抑制乳腺癌细胞增殖的潜在成分。Qi 等^[42]研究发现, 唐古特红景天主要是通过降低在低氧条件下缺氧诱导因子-1 α (hypoxia-inducible factor-1 α , HIF-1 α) 和 HIF-2 α 蛋白质水平, 诱导细胞凋亡, 从而抑制 MCF-7 细胞增殖, 发挥抗癌作用。张树娜^[43]使用不同浓度的唐古特红景天水提物处理 MCF-7 细胞, 发现不同浓度的唐古特红景天水提物均可引起肿瘤细胞出现胞浆空泡和核固缩, 双染色流式细胞检测结果显示, 肿瘤细胞出现凋亡, 且呈剂量相关性, 抑制体外培养 MCF-7 细胞的增殖, 作用与诱导肿瘤细胞凋亡的机制有关。但这些提取物如何调控相关蛋白表达的机制仍需进一步研究。

2.3 脯氨酰寡肽酶 (prolyl oligopeptidase, POP) 抑制作用

POP 是一种丝氨酸蛋白酶, 人体中多个组织均存在, 大脑皮层中的活性最强, 含有脯氨酰基结构的神经肽类物质可以被 POP 降解, 从而影响神经递质及其代谢物对学习记忆行为所起的调节作用, POP 由于其参与学习记忆相关的多种神经肽类的代谢, 有望成为一个新的靶点用以治疗与认知障碍等相关的疾病, 而其抑制剂也有望开发成为治疗这一类疾病的新药。褚光松等^[44]采用改进的 Kato 法测定唐古特红景天的水提物和分离得到的 POP 抑制作用, 进一步通过 HPLC 分析发现芹菜素-7-O- β -D-芹糖(1 \rightarrow 2)- β -D-葡萄糖苷和异落叶松脂素-9-O- β -D-吡喃木糖苷对 POP 具有明显的抑制作用, 并与所含黄酮类和木脂素类成分活性密切相关, 为唐

古特红景天治疗 POP 降解含有脯氨酰基结构的神经肽类物质所引起的认知障碍等相关的疾病奠定基础, 但是这些化合物 POP 抑制活性的构效关系尚不明确, 仍需进一步研究。

2.4 抗疲劳和脑保护作用

已有研究表明唐古特红景天具有良好的抗疲劳作用^[45]。朱艳媚等^[46]在高海拔低氧条件下研究发现, 唐古特红景天可以通过加速氧自由基清除, 抑制细胞内钙超载, 抑制胆碱酯酶活性和脂质过氧化反应等多种机制发挥神经元保护作用; 可使血清超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶含量升高, 丙二醛含量降低, 内皮素-1 (endothelin-1, ET-1) 含量下降, 一氧化氮增加, 通过抑制自由基脂质过氧化和产生, 促进局部血管形成, 从而提高组织对缺氧环境的耐受性, 缓解膈肌疲劳; 可抑制在高海拔环境下 ET-1 过度释放, 调节内皮细胞的功能, 显著降低大鼠脑缺血再灌注后一氧化氮的含量, 阻止或抑制自由基反应, 降低应激过程中的组织损伤。综上, 唐古特红景天在高海拔低氧低压环境下具有防止脑缺血的发生的作用且对脑缺血再灌注损伤具有明显的保护作用, 为唐古特红景天治疗在低氧条件下的脑血管疾病提供了前景。

2.5 免疫调节作用

何淑玲等^[47-48]研究发现在基础日粮中添加唐古特红景天可显著提高甘南高原牦牛奶牛的采食量, 具体机制可能与唐古特红景天能增强机体免疫功能、滋补强身、加快新陈代谢及实验奶牛的生理状况有关; 此外, 唐古特红景天可显著提高其鲜奶产量、乳蛋白率、乳脂率, 并改善奶牛的体况评分。Loo 等^[49]发现招募的 130 例乳腺癌患者在每个化疗周期后连续 7 d 口服唐古特红景天 50 mg/mL, 发现唐古特红景天能够促进乳腺癌患者体内淋巴细胞、白细胞介素-2 (interleukin-2, IL-2)、IL-4 和粒细胞-巨噬细胞集落刺激因子的增殖, 并且口服唐古特红景天的患者白细胞水平恢复更快, 口腔溃疡的不良反更应更少。Li 等^[50]通过研究唐古特红景天在人外周单核细胞对人体免疫应答的调节作用, 发现其可能通过调节辅助性 T 细胞 1 (T helper 1 cell, Th1) 细胞中的 IL-2 和 Th2 细胞中的 IL-4、IL-6、IL-10 表达, 刺激人外周血淋巴细胞及其潜在的免疫调节作用。表明唐古特红景天可提高免疫力和新陈代谢, 有望成为一种辅助治疗手段改善免疫抑制患者的生活质量。

2.6 肝脏保护作用

红景天苷可以治疗多种类型的肝损伤,包括改善非酒精性脂肪肝、化学性肝损伤、减轻肝细胞凋亡和肝损伤及改善肝纤维化^[51]。研究证实红景天苷可通过改善肝脂代谢和 NOD 样受体热蛋白结构域相关蛋白 3 炎症小体活化来改善高脂饮食的非酒精性脂肪肝^[52],还可以通过调节磷脂酰肌醇-3-激酶/蛋白激酶 B 途径介导的小鼠细胞凋亡和自噬来减轻刀豆球蛋白 A 诱导的肝损伤^[53]。张昱等^[54]通过持续 6 周 ig 唐古特红景天 80 g/L 于四氯化碳

诱导 Wistar 大鼠模型,发现唐古特红景天可显著抑制肝细胞凋亡。

2.7 其他作用

陈海娟等^[29]通过研究青海产 2 种不同种红景天醇提物浸膏粉活血化瘀、抗缺氧和抗衰老作用,发现在相等的剂量条件下(生药材),狭叶红景天活血化瘀作用强于唐古特红景天,而唐古特红景天抗缺氧能力强于狭叶红景天;此外,二者均有显著抗衰老作用。

唐古特红景天活性成分及作用机制见表 2。

表 2 唐古特红景天的活性成分及作用机制

Table 2 Active ingredients and mechanism of *R. algida* var. *tangutica*

活性成分	研究对象	剂量	作用机制	文献
红景天苷、山柰酚、咖啡酸、槲皮素	雄性 SD 大鼠肺小动脉	0.38~1.90 mg·mL ⁻¹	通过作用于一氧化氮/环磷酸鸟苷/蛋白激酶 G/大电导钙激活性钾离子通道通路,引起细胞内钙离子水平下降而导致血管发生舒张	33-35
红景天苷、酪醇	雄性 SD 大鼠肺小动脉	50、100、200 μg·mL ⁻¹	抑制钙通道、上调钾离子转运进而抑制肺血管平滑肌细胞增殖	37
	雄性 Wistar 大鼠	1.25、2.50 g·kg ⁻¹	上调 eNOS mRNA 和蛋白表达、抑制 ET-1 mRNA 和蛋白表达	38
	雄性 SD 大鼠	250.0、125.0、62.5 mg·kg ⁻¹	降低 PCNA、cyclin D1、CDK4 表达水平和抑制 p27Kip1 降解	39
红景天苷、酪醇	SD 大鼠,雌雄各半	250.0、125.0、62.5 mg·kg ⁻¹	显著抑制大鼠的肺动脉压升高,抑制大鼠的肺血管重塑、炎性病变,抑制大鼠的肺小动脉内皮 I、II 型上皮细胞线粒体肿胀	40
	MCF-7 细胞	45~450 μg·mL ⁻¹	诱导肿瘤细胞凋亡,降低缺氧条件下过度表达的 HIF-1α 和 HIF-2α 的蛋白水平,从而诱导肿瘤细胞凋亡	41-43
	Wistar 大鼠	80 g·L ⁻¹	下调凋亡相关因子、凋亡相关因子配体蛋白的表达,上调 NF-κB 蛋白表达,从而抑制肝细胞凋亡	54
	昆明小鼠	55、110、220 mg·kg ⁻¹	活血化瘀、抗缺氧、抗衰老	31

3 毒理作用

唐古特红景天在藏药传统应用中并未提及其毒性,红景天的动物实验和临床研究数据也支持了其临床安全性。多项临床研究显示红景天在健康受试者、缺血性心脏病、更年期综合征的患者几乎没有或很少观察到不良反应^[55-56],证明红景天治疗窗口剂量的长期安全性和耐受性。此外,红景天苷作为唐古特红景天的主要活性成分之一,在 0.8~12.8 mmol/L 剂量下暴露 72 h,不会对斑马鱼胚胎

及幼鱼产生急性毒性和致畸作用^[57]。但是仍有少数文献报道反复服用红景天会导致皮肤过敏和神经性头痛^[58-59]。

基于此,笔者认为唐古特红景天的安全性问题应重点关注以下几点:(1)唐古特红景天中的提取物草质素苷和红景天素是细胞色素 P450 酶和 P-糖蛋白转运蛋白的潜在抑制剂^[57,60],应注意与其他药物的相互作用。(2)唐古特红景天中的红景天苷和百脉根苷属于含氰化合物,可能会释放对人体有害

的氰离子, 虽然对其潜在毒性研究很少, 但也要注重长期使用可能的危害。

4 结语与展望

特色中药植物资源的开发利用应以药物利用为中心, 对其进行有效保护, 并进行多方面、多用途的研究开发, 如保健食品、化妆品、天然香料、天然杀虫剂、杀菌剂等, 提高实际利用率。如含有酪醇、红景天苷、黄酮类等化合物, 这些活性分子具有抗疲劳、增强免疫力等作用, 运动员服用安全、可靠、有效。用唐古特红景天生产的药品、保健品、食品已被广泛用于宇航员、飞行员、高山工作者及一些在特殊环境中工作的群体。

在临床疾病治疗方面, 唐古特红景天中明确的有效成分较多, 在干预很多疾病的发生发展中都具有明显的药理活性。并且药理作用在机制上相互作用、相互影响, 为临床相关疾病的治疗提供了可靠的依据。另外, 关于唐古特红景天制剂及与其他药物联合用药的研究较少, 针对唐古特红景天的临床应用研究也十分有限, 大多数研究还仅停留在动物或体外实验研究方面, 对于其所带来的对机体有害的作用尚不明确。

后续研究还应在以下方面进一步深入: (1) 唐古特红景天治疗 PAH 疾病研究逐渐完善, 但对其有效成分的药理作用还很笼统, 具体成分指向作用仍不明确; (2) 唐古特红景天提取物中的红景天苷和酪醇等化合物可以通过降低乳腺癌细胞增殖相关蛋白质表达来抑制癌细胞增殖, 但这些主要化合物如何调控相关蛋白表达机制仍需进一步研究; (3) 唐古特红景天中黄酮类和木脂素类成分对治疗认知障碍等疾病具有密切关系, 需进一步明确有效成分的基础上研究治疗药物, 完善药物临床前研究, 推动新型制剂的临床应用。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志委员会. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1986, 34 (1): 161-220.
- [2] 周跃华, 徐增莱. 关于国家重点保护野生药材物种范围的探讨 [J]. 中草药, 2016, 47(7): 1061-1073.
- [3] 王杰, 贺星, 徐素伟. 红景天属植物的研究进展[J]. 中草药, 2007(7): 1118-1120.
- [4] 朱艳茹, 全帅, 张静泽, 等. 玫瑰红景天化学成分、药理作用及临床应用研究进展 [J]. 武警后勤学院学报: 医学版, 2020, 29(11): 76-82.
- [5] 李莹, 王兴芳, 李军, 等. 唐古特红景天 (*Rhodiola*

- tangutica*) 有效化学成分及红景天苷含量的研究 [A] // 甘肃省化学会第二十八届年会暨第十届中学化学教学经验交流会论文集 [C]. 庆阳: 甘肃省化学会, 2013: 9.
- [6] 王爱玲, 曲玮, 梁敬钰. 红景天属植物化学成分及药理作用研究进展 [J]. 海峡药学, 2014, 26(1): 1-8.
 - [7] 马小冬. 唐古特红景天抗低氧性肺动脉高压活性部位的血清药物化学研究 [D]. 西宁: 青海大学, 2018.
 - [8] 李王莹, 王兴芳, 李军, 等. 不同溶剂提取唐古特红景天化学成分的比较及红景天苷含量的测定 [J]. 甘肃农业大学学报, 2014, 49(5): 63-69.
 - [9] 马小冬, 李占强, 苏姗姗, 等. UHPLC 测定唐古特红景天根中 5 种酚类成分的含量 [J]. 中药材, 2017, 40(8): 1895-1897.
 - [10] Gao H, Peng L, Li C, et al. Salidroside alleviates cartilage degeneration through NF- κ B pathway in osteoarthritis rats [J]. *Drug Des Dev Ther*, 2020, 14: 1445-1454.
 - [11] Liu J X, Cai J P, Fan P, et al. The abilities of salidroside on ameliorating inflammation, skewing the imbalanced nucleotide oligomerization domain-like receptor family pyrin domain containing 3/autophagy, and maintaining intestinal barrier are profitable in colitis [J]. *Front Pharmacol*, 2019, 10: 1385.
 - [12] Li J S, Fan L Y, Yuan M D, et al. Salidroside inhibits lipopolysaccharide-ethanol-induced activation of proinflammatory macrophages via Notch signaling pathway [J]. *Curr Med Sci*, 2019, 39(4): 526-533.
 - [13] Liu B, Wei H L, Lan M, et al. *MicroRNA-21* mediates the protective effects of salidroside against hypoxia/reoxygenation-induced myocardial oxidative stress and inflammatory response [J]. *Exp Ther Med*, 2020: 1655-1664.
 - [14] Lin S Y, Dan X, Du X X, et al. Protective effects of salidroside against carbon tetrachloride (CCl₄)-induced liver injury by initiating mitochondria to resist oxidative stress in mice [J]. *Int J Mol Sci*, 2019, 20(13): 3187.
 - [15] Chen X P, Kou Y B, Lu Y S, et al. Salidroside ameliorated hypoxia-induced tumorigenesis of BxPC-3 cells via downregulating hypoxia-inducible factor (HIF)-1 α and LOXL2 [J]. *J Cell Biochem*, 2020, 121(1): 165-173.
 - [16] Ren M, Xu W J, Xu T. Salidroside represses proliferation, migration and invasion of human lung cancer cells through Akt and MEK/ERK signal pathway [J]. *Artif Cells Nanomed Biotechnol*, 2019, 47(1): 1014-1021.
 - [17] Zhou F, Ju J, Fang Y J, et al. Salidroside protected against MPP⁺-induced Parkinson's disease in PC12 cells by inhibiting inflammation, oxidative stress and cell apoptosis [J]. *Biotechnol Appl Biochem*, 2019, 66(2): 247-253.

- [18] Seo E J, Fischer N, Efferth T. Phytochemicals as inhibitors of NF- κ B for treatment of Alzheimer's disease [J]. *Pharmacol Res*, 2018, 129: 262-273.
- [19] Bhatia G, Singh J, Nehru B. Neuroprotective effects of hydro-alcoholic extract of *Eclipta alba* against 1-methyl-4-phenylpyridinium-induced *in vitro* and *in vivo* models of Parkinson's disease [J]. *Environ Sci Pollut Res*, 2021, 28(8): 9390-9406.
- [20] 徐智玮, 李亚伟, 吴立斌, 等. UPLC 法同时测定红景天及其市场流通品 4 种成分的含量 [J]. *中医药导报*, 2021, 27(9): 65-68.
- [21] 蔡美云, 庄文欣, 吕娥, 等. 山柰酚通过抑制 p38 MAPK 通路减轻 6-羟多巴胺 (6-OHDA) 诱导的 PC12 细胞炎症 [J]. *细胞与分子免疫学杂志*, 2020, 36(7): 583-589.
- [22] Bai Y M, Zhang M S, Chandra Atluri S, et al. Relations between digestibility and structures of pumpkin starches and pectins [J]. *Food Hydrocoll*, 2020, 106: 105894.
- [23] 刘一稂, 任翎璇, 杨健君, 等. 桃红四物汤活性成分的筛选及阿魏酸对心肌损伤保护作用的研究 [J]. *中国临床药理学与治疗学*, 2022, 27(5): 505-515.
- [24] 续艳丽, 朱仁愿, 姬良亮, 等. 微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定藏药唐古特红景天中 27 种元素 [J]. *中国药事*, 2020, 34(7): 812-819.
- [25] 莫菁莲, 陈思丹, 符乃光, 等. 红景天苷介导 TLR4 调控小胶质细胞激活对小鼠抑郁样行为的改善作用 [J]. *药物评价研究*, 2021, 44(9): 1869-1875.
- [26] Bai X L, Deng X L, Wu G J, et al. *Rhodiola* and salidroside in the treatment of metabolic disorders [J]. *Mini Rev Med Chem*, 2019, 19(19): 1611-1626.
- [27] 朱文亮, 黄晓佩, 邱实, 等. 红景天苷对小鼠高氧肺损伤的保护作用及对 Notch 信号通路的调节机制研究 [J]. *中国比较医学杂志*, 2021, 31(6): 62-68.
- [28] Zhu X, Liu D, Wang Y, et al. Salidroside suppresses nonsmall cell lung cancer cells proliferation and migration via micro RNA-103-3p/Mzb1 [J]. *Anticancer Drugs*, 2020, 31(7): 663-671.
- [29] 宋海侠, 魏世鸿. 红景天苷对 A549 细胞辐射敏感性的影响及其作用机制 [J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2021, 28(9): 650-655.
- [30] 范桂强, 齐善厚, 庞红霞, 等. 红景天提取物与红景天苷体外抗氧化作用研究 [J]. *中国药房*, 2016, 27(13): 1797-1800.
- [31] 陈海娟, 周晓棉, 贾凌云, 等. 青海产两种不同种红景天的药理作用研究比较 [J]. *时珍国医国药*, 2010, 21(2): 491-492.
- [32] 吴万征, 李朝晖, 梁球. 西藏红景天对小鼠辐射损伤的保护作用及其抗高原反应与低温环境的作用 [J]. *中药材*, 2005, 28(2): 128-130.
- [33] 李更兄, 李占强, 盖祥云, 等. 唐古特红景天舒张 SD 大鼠肺小动脉的活性部位及其作用机制 [J]. *青海医学院学报*, 2016, 37(2): 128-133.
- [34] 华玉美多, 南星梅, 杨占婷, 等. 唐古红景天干预肺动脉高压作用机制的网络药理学研究 [J]. *中国高原医学与生物学杂志*, 2020, 41(4): 266-274.
- [35] 李占强, 苏姗姗, 南星梅, 等. 唐古特红景天抗低氧性肺动脉高压活性部位群的 UHPLC-Q-TOF-MS/MS 分析 [A] // 第 21 届全国色谱学术报告会及仪器展览会会议论文集 [C]. 兰州: 中国化学会, 2017: 2.
- [36] Zhang R X, Li Z Q, Liu C C, et al. Pretreatment with the active fraction of *Rhodiola tangutica* (Maxim.) S. H. Fu rescues hypoxia-induced potassium channel inhibition in rat pulmonary artery smooth muscle cells [J]. *J Ethnopharmacol*, 2022, 283: 114734.
- [37] 芦殿荣, 张树娜, 靳国恩, 等. 唐古特红景天降低大鼠低氧性肺动脉高压的作用及对 *ET-1*, *eNOS* mRNA 和蛋白表达的影响 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2013, 19(6): 274-279.
- [38] Nan X M, Su S S, Ma K, et al. Bioactive fraction of *Rhodiola algida* against chronic hypoxia-induced pulmonary arterial hypertension and its anti-proliferation mechanism in rats [J]. *J Ethnopharmacol*, 2018, 216: 175-183.
- [39] 苑桂琴, 阿祥仁. 利舒康胶囊对 50 例高原红细胞增多症患者体内同型半胱氨酸水平的调节作用 [J]. *陕西中医*, 2007, 28(7): 845-846.
- [40] 黄政楠, 杨占婷, 于洋, 等. 基于 ACE-AngII-AT1R、ACE2-Ang(1-7)-MAS 信号通路研究唐古特红景天活性部位抗大鼠高原缺氧性肺动脉高压的作用机制 [J]. *中国高原医学与生物学杂志*, 2022, 43(4): 248-254.
- [41] 芦殿香, 吴海英, 张树娜, 等. 唐古特红景天乙醇提取物对人乳腺癌细胞 MCF-7 增殖及凋亡的影响 [J]. *青海医学院学报*, 2011, 32(1): 25-28.
- [42] Qi Y J, Cui S, Lu D X, et al. Effects of the aqueous extract of a Tibetan herb, *Rhodiola algida* var. *tangutica* on proliferation and HIF-1 α , HIF-2 α expression in MCF-7 cells under hypoxic condition *in vitro* [J]. *Cancer Cell Int*, 2015, 15(1): 1-9.
- [43] 张树娜. 藏药唐古特红景天水提取物对人乳腺癌细胞 MCF-7 增殖的抑制作用 [D]. 西宁: 青海大学, 2011.
- [44] 褚光松, 张敏, 原忠. 唐古特红景天的脯氨酰寡肽酶抑制活性成分研究 [J]. *沈阳药科大学学报*, 2012, 29(5): 394-397.
- [45] 杨梅, 格日力, 周晓梅, 等. 藏药抗缺氧作用的初步研究 [J]. *中国中药杂志*, 2004, 29(11): 1117-1118.
- [46] 朱艳媚, 芦殿香, 张先均. 藏药唐古特红景天对急性低

- 氧大鼠脑缺血再灌注损伤的实验研究 [J]. 现代预防医学, 2011, 38(14): 2794-2796.
- [47] 何淑玲, 马令法, 常毓巍, 等. 藏药唐古特红景天不同添加水平对甘南高原全奶牦牛生产性能的影响 [J]. 中国兽医学报, 2013, 33(9): 1463-1466.
- [48] 何淑玲, 马令法, 常毓巍, 等. 唐古特红景天对甘南牦牛奶牛生产性能的影响 [J]. 饲料研究, 2012(12): 44-46.
- [49] Loo W T, Jin L, Chow L W, *et al.* *Rhodiola algida* improves chemotherapy-induced oral mucositis in breast cancer patients [J]. *Expert Opin Investig Drugs*, 2010, 19(sup1): S91-S100.
- [50] Li H X, Sze S C W, Tong Y, *et al.* Production of Th1-and Th2-dependent cytokines induced by the Chinese medicine herb, *Rhodiola algida*, on human peripheral blood monocytes [J]. *J Ethnopharmacol*, 2009, 123(2): 257-266.
- [51] 王笑妍, 李玫, 沈志纲, 等. 红景天苷药理作用研究进展 [J]. 中成药, 2022, 44(12): 3932-3935.
- [52] Zheng T, Yang X, Li W, *et al.* Salidroside attenuates high-fat diet-induced nonalcoholic fatty liver disease via AMPK-dependent TXNIP/NLRP3 pathway [J]. *Oxid Med Cell Longev*. 2018; 2018: 8597897.
- [53] Feng J, Niu P, Chen K, *et al.* Salidroside mediates apoptosis and autophagy inhibition in concanavalin A-induced liver injury [J]. *Exp Ther Med*, 2018, 15(6): 4599-4614.
- [54] 张昱, 张伟, 樊海宁. 唐古拉红景天防治肝纤维化机制研究 [J]. 现代生物医学进展, 2013, 13(2): 239-242.
- [55] 高丽丽, 吴成翰. 红景天胶囊治疗轻中度抑郁症心脾两虚证 147 例随机双盲安慰剂对照临床研究 [J]. 中医杂志, 2018, 59(1): 33-36.
- [56] Yu L, Qin Y J, Wang Q Q, *et al.* The efficacy and safety of Chinese herbal medicine, *Rhodiola* formulation in treating ischemic heart disease: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Complementary Ther Med*, 2014, 22(4): 814-825.
- [57] 樊红艳, 何树梅, 杨建伟, 等. 藏药红景天苷对斑马鱼发育及急性毒性的评价 [J]. 中国民族民间医药, 2021, 30(19): 18-21.
- [58] 王领弟, 谢雁鸣, 王连心, 等. 基于自发呈报系统预警分析大株红景天注射液不良反应/事件报告 [J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(1): 95-99.
- [59] 阙翼, 谢雁鸣, 廖星, 等. 大株红景天注射液的安全性系统评价 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(20): 3866-3874.
- [60] Thu O K, Nilsen O G, Hellum B. *In vitro* inhibition of cytochrome P-450 activities and quantification of constituents in a selection of commercial *Rhodiola rosea* products [J]. *Pharm Biol*, 2016, 54(12): 3249-3256.

[责任编辑 赵慧亮]