



UV-B 辐射对药用植物次生代谢的影响研究进展

吴洋, 房敏峰*, 岳明, 柴永福, 王慧, 李易非

(西部资源生物与现代生物技术教育部重点实验室 西北大学, 陕西 西安 710069)

[摘要] 平流层臭氧稀薄导致到达地面的中波紫外辐射(UV-B, 280~320 nm)增加。受UV-B辐射影响,药用植物的基因表达、酶活性及次生代谢发生改变,导致多种药用活性成分含量变化从而影响临床疗效。该文综述了近10年来国内外学者对UV-B辐射与植物次生代谢产物积累方面的研究成果,为药用植物的栽培和开发提供参考。

[关键词] UV-B辐射;药用植物;次生代谢

UV-B辐射(280~320 nm)作为一类重要的光生态因子,对人类、动物、植物和生态系统均具有显著影响^[1-4]。研究发现,UV-B辐射会导致植物生长发育、生产力、生理生化、光系统及抗氧化活性的改变^[5-10],会造成生物膜系统、DNA、蛋白质、植物激素损伤或改变^[11-12],同时植物对UV-B辐射也会产生耐受^[13]。特别值得关注的是,UV-B辐射对药用植物次生代谢及其有效成分积累的影响^[14],会间接影响到植物药材的质量。因此,本文对国内外UV-B辐射与药用植物次生代谢方面的相关研究进行综述,以期对药用植物栽培和质量评价提供思路。

1 酚类

酚类物质是一类重要的植物次生代谢产物,具有清除自由基、抗氧化、抗衰老、抗菌、抗肿瘤等多种药理活性^[15]。酚类物质主要分布于植物体上表皮、表皮毛、蜡质层、液泡中,多对紫外光敏感,像一个天然的UV过滤器,保护着植物体。大量研究证明,紫外线能诱导许多植物产生酚类物质,能够屏蔽UV-B辐射,利于损伤DNA的修复,提高植物抗氧化、抗食草动物的能力,并影响着物质的分解^[16-17]。

1.1 黄酮类 黄酮类化合物广泛存在于植物界,具有防癌抗癌、抗肿瘤、抗心血管疾病、抗骨质疏松、清除自由基、抗氧化、雌激素样与抗雌激素样、镇痛等作用,是一类重要的天然有机化合物^[18]。

20世纪70年代以来,UV-B辐射对于黄酮类成分积累的影响有大量报道。UV-B辐射会导致植物DNA损伤和脂质过氧化,而黄酮类物质通过吸收和屏蔽UV-B对植物(尤其是高等植物)起到重要保护作用,是一道理想的天然屏障,而具有附加羟基的类黄酮、黄酮醇及黄酮更是很有效的自由基

淬灭剂和还原剂。Fiscus等^[19]发现鼠耳芥 *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. 突变体 *tt-5* 不仅影响UV-屏蔽化合物的数量和必要保护位点产生UV-屏蔽化合物的能力,还影响相应的次生代谢过程。

研究证明,增加UV-B辐射可刺激查尔酮合成酶(CHS)、苯丙氨酸解氨酶(PAL)等黄酮生物合成途径中关键酶的转录和表达^[20-21],可刺激植物合成黄酮类物质^[4,22]。但也有相反情况,如Reay等发现遮阴处理组成熟苹果比UV-B辐射组更易积累花青素和鞣花素,这与UV-B辐射时间长短及植物种属有关,且不同黄酮对植物的保护力也不同^[23-24]。

近年来,UV-B辐射对药用植物中黄酮类成分的影响也有大量报道。Yoshida等^[25]发现牵牛 *Ipomoea nil* (L.) Roth 中肉桂酰衍生的(*p*-coumaroyl, caffeoyl, feruloyl moieties)黄酮类物质 polyacylated anthocyanins 对UV-B有强吸收,其中的蓝色花青素(HBA, heavenly blue anthocyanin)能够防止*E,Z*-异构化,并且在UV-B辐射下结构稳定。从HBA中分离的一种光生产物在*Z*-form下不会异构化,从分子水平上说明了其防止光异构化的能力。周丽莉等^[26]发现增加UV-B辐射能显著提高丹参 *Salvia miltiorrhiza* Bge. 根部水溶性成分含量同时降低其脂溶性成分含量,即迷迭香酸和丹酚酸B分别增加6%~17%,3%~5%,丹参酮I、隐丹参酮和丹参酮II_A分别降低8%~10%,17%~18%,4%~8%。唐文婷等^[27]增加UV-B辐射,黄芩 *Scutellaria baicalensis* Georgi 根及叶中黄酮类等化学成分含量升高,而茎中相应成分含量却下降。Sun等^[28]采摘4月的新鲜银杏 *Ginkgo biloba* L. 叶片,在一定UV-B辐射强度下处理120 min后,测定黄酮类物质增加了56%。此外具有刺激防卫作用的Gb1[3-(4'-羟苯基)-1-巯基-2-丙烯]也在UV-B辐射诱导下显著增加。朱媛等^[29]采用小区试验,考察不同时期UV-B辐射增强对灯盏花(短葶飞蓬干燥全草) *Erigeron breviscapus* (Vant.) Hand.-Mazz. 生物量和有效成分的影响,结果灯盏花各部位生物量下降,灯盏乙素、总黄酮、咖啡酸酯分别增加10%,4.01%,4.05%。其他黄酮类如地钱 *Marchantia polymorpha* L. 中芹黄素和木

[稿件编号] 20120408003

[基金项目] 陕西省自然科学基金项目(2012JQ4022);西北大学教学研究计划项目(09KJY30);教育部重点实验室开放基金项目(ZS12012)

[通信作者] *房敏峰, Tel: (029)88302411, E-mail: fff885@126.com

[作者简介] 吴洋, 硕士研究生, E-mail: sxbdw730@163.com



犀草素葡萄糖苷酸、苦荞麦 *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn. 叶中芦丁、西番莲 *Passiflora caerulea* L. SP 中荭草素、异荭草素、牡荆素、异牡荆素都在 UV-B 辐射诱导下显著增加^[30-32]。总之,UV-B 辐射强度、辐射时间、辐射部位均会不同程度影响药用植物的次生代谢过程,导致次生代谢产物积累及有效成分组成发生变化。

1.2 其他酚类 苯丙素类是一类含有 C6-C3 单位的天然成分,在植物中分布广泛且大多具有较强的药理活性。如许多药用植物中存在的绿原酸,是心血管保护、抗诱变、抗癌和抗菌的有效成分,其合成的关键酶为羟基桂皮酰基辅酶 A 奎尼酸转移酶(HQT),Clé 等^[33]对转基因番茄研究证明,UV-B 辐射引起的损伤修复直接影响绿原酸积累,而且通过基因操控 HQT 的表达也会产生多种复杂酚类物质。Wei Ning 等^[34]采摘新鲜的忍冬 *Lonicera japonica* Thunb. 花蕾,经过 UV-B 辐射处理后,检测到 3,4-di-O-caffeoylquinic acid, 3,5-di-O-caffeoylquinic acid, 4,5-di-O-caffeoylquinic acid 3 种异绿原酸成分显著增加,抗氧化能力也显著增加。

地衣类植物是高纬度高海拔等臭氧稀薄地带的主要植被之一,地衣入药在我国已有悠久的历史,地衣酸是地衣特有的一类酚酸类物质,具抗肿瘤、抗病毒、抗辐射、抗菌等生物活性^[35]。Bjerke 等^[36]研究发现,UV-B 辐射的增加并没有影响地衣酸和 phenarctin, nephroarctin 2 种缩酚酸含量,酚类浓度并没有与 UV-B 辐射剂量呈现单一关系。

Reuber 等^[37]在大麦 CHI 突变体及 Walter J Cybulski III 等^[38]马里兰火炬松 *Pinus taeda* L. 的研究发现木质素含量在 UV-B 辐射下增加,证明不溶性酚类也具屏蔽 UV-B 的作用,因而对 UV-B 有一定响应。

2 萜类及挥发油

萜类物质在自然界存在亦很广泛,并且具有独特的生物活性,如降低胆固醇、杀软体动物、抗炎、抗菌等。UV-B 对萜类物质的影响也有报道。Dolzhenko 等^[39]研究了 UV-B 辐射对胡椒薄荷 *Mentha piperita* L. 成分的影响,结果显示 UV-B 辐射改变基因的表达、酶活性及防御代谢物的积累,通过 qRT-PCR 分析可知这种影响还包括萜类物质生物合成和编码基因的表达,并认为在 UV-B 调控下,胡椒薄荷中萜类物质和黄酮类物质可相互转化。Rai 等^[40]将黄花蒿 *Artemisia annua* L. 籽苗用 $4.2 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ UV-B 辐射剂量下处理 14 d,然后移植到大田。结果在所有发育阶段,处理组青蒿素含量均高于对照组,在花期比对照高出 10.5%。利用反转录 PCR 分析发现与青蒿素生物合成相关的基因如细胞色素 P450、氧化还原酶(CPR)等都大量表达。于景华等^[41]发现增加 UV-B 辐射能显著增加南方红豆杉 *Taxus wallichiana* var. *mairei* (Lemée & H. Léveillé) L. K. Fu & Nan Li 中紫杉醇含量,其中辐射剂量为 $3.25 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ 组的紫杉醇含量高于 $9.76 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ 的高剂量组。但对 10-去乙酰基巴卡亭 III (10-deacetylbaicatin III, 10-DAB), 7-木糖-

10-去乙酰基紫杉醇(7-xylosyl-10-deacetylbaicatin, 7-xyl-10-DAT) 等紫杉烷类则有一定抑制作用。Wei Ning 等^[34]采摘新鲜的忍冬花蕾,经过 UV-B 辐射处理后,检测发现马钱酸、氧化马钱子苷、裂环马钱子苷、(E)-aldosecologanin 4 种环烯醚萜苷类物质显著增加,抗氧化能力也显著增加。

挥发油类成分存在于植物中具有芳香性、可随水蒸气蒸发又不与水相混溶的挥发性油状成分,大多具有发汗、理气、止痛、抑菌等作用。Karousou 等^[42]研究表明,增加 UV-B 辐射可显著增加留兰香 *Mentha spicata* L. 中挥发油和二氢香芹酮含量,而对薄荷酮和薄荷烯酮含量无显著影响,这是利用 UV-B 辐射改进芳香植物精油成分的首次报道。Dolzhenko 等^[39]研究了 UV-B 辐射对大田栽培和人工生长箱栽培的胡椒薄荷 *M. piperita* 成分的影响,发现 UV-B 辐射调控胡椒薄荷基因的表达。Kumari 等^[43]研究了 UV-B 辐射对药用植物白菖 *Acorus calamus* L. 中挥发油的影响,结果显示经过 UV-B 处理后挥发油总量增加,其中对伞花烃和香芹酚等含量显著增加,而欧细辛脑等成分则含量降低。

3 生物碱类

生物碱主要分布于植物界,具有多种多样的生物活性,是一类重要的次生代谢产物。生物碱类成分对于 UV-B 辐射的响应近年来也有相关报道。李亚敏等^[44]发现增加 UV-B 辐射可以提高浙贝母 *Fritillaria thunbergii* Miq. 中总生物碱含量,认为是其生物合成关键酶基因的表达增强或酶活性提高所致。温泉等^[45]研究发现短期适度的 UV-B 辐射能够增加黄连 *Coptis chinensis* Franch. 根中小檗碱含量,并且相关的酪氨酸酶活性也有所增加。长期高强度辐射则降低了小檗碱含量,认为是高强度辐射造成光合结构和 DNA 损伤,并抑制酶活性所导致。烟碱多存于茄科植物中,如枸杞子、番茄等,临床研究证明,烟碱有望成为治疗帕金森症、老年痴呆、抑郁症的有效药物。黄勇等^[46]发现 UV-B 辐射强度与烟草中烟碱含量呈负相关。李鹏飞等^[47]研究发现,UV-B 辐射抑制烟草上部叶片中烟碱的积累,对中部叶则没有明显抑制现象。

4 其他类成分

关于其他类次生代谢成分对于 UV-B 辐射的响应也有少量报道。王红星等^[48-49]研究发现,增强 UV-B 辐射能够刺激木立芦荟 *Aloe arborescens* Mill. 和库拉索芦荟 *A. barbadensis* Mill. 叶中芦荟素、芦荟大黄素的积累和新蒽酮的合成,但抑制中华芦荟 *A. aloevaria* var. *chinesis* Haw. 叶中蒽醌类物质的积累。Barsig 等^[50]研究发现增强 UV-B 辐射显著影响玉米叶中糖类成分代谢,除葡萄糖含量降低外,其余糖类都显著增加。Schreiner 等^[51]研究了 UV-B 辐射对收获的药用植物旱金莲 *Tropaeolum majus* L. 不同药用部位成分的影响,结果显示,旱金莲花序、叶、种子中金莲葡萄糖苷和芥子油苷含量都显著增加,其中金莲葡萄糖苷比对照组增加了 6 倍。

5 总结

大量研究表明,受 UV-B 辐射影响,一些植物的基因表



达、酶活性及次生代谢均发生了改变,以提高植物自身的保护力和防御力^[52],结果导致植物次生代谢产物发生变化,进而影响到药用植物的药材质量。目前国内外对 UV-B 辐射对植物次生代谢产物的影响进行了不少研究,其中以对 UV-B 辐射敏感的黄酮类成分为主,也包括生物碱类、萜类、挥发油等成分。

然而,UV-B 辐射对药用植物影响的研究才刚刚起步。目前大部分研究停留在酚类物质,而生物碱类、萜醌类等次生代谢产物研究较少,药用植物种类和产地也有局限;UV-B 影响药用植物代谢途径的机制,包括对基因调控和关键酶表达及活性等也停留在黄酮类等少数成分;对和其他生态因子的复合作用几乎尚未涉及。近年来分子生物学等学科的飞速发展对上述研究提供了有效手段,如基因编码、关键酶活性及相关代谢途径的改变等。值得关注的是,许多研究发现,通过调节 UV-B 辐射剂量能够提高一些具药用价值和经济效益的次生物质,因此该领域向应用领域的发展,也是未来的研究方向。

[参考文献]

- [1] United Nations Environment Programme, Environmental Effects Assessment Pane. Environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change: progress report, 2011 [J]. Photochem Photobiol Sci, 2012, 11: 13.
- [2] Carlos L Ballaré, M Cecilia Rousseaux, Peter S Searles, et al. Impacts of solar ultraviolet-B radiation on terrestrial ecosystems of Tierra del Fuego (southern Argentina): an overview of recent progress [J]. J Photochem Photobiol B-Biol, 2001, 62: 67.
- [3] Andreas Holzinger, Cornelius Lütz. Algae and UV irradiation: effects on ultrastructure and related metabolic functions [J]. Microscop, 2006, 37: 190.
- [4] Isabel Santos, Fernanda Fidalgo, José M Almeida, et al. Biochemical and ultrastructural changes in leaves of potato plants grown under supplementary UV-B radiation [J]. Plant Sci, 2004, 167: 925.
- [5] O A Bianciotto, L B Pinedo, N A San Roman, et al. The effect of natural UV-B radiation on a perennial *Salicornia* salt-marsh in Bahía San Sebastián, Tierra del Fuego, Argentina: a 3-year field study [J]. J Photochem Photobiol B-Biol, 2003, 70: 177.
- [6] Jelte Rozema, Peter Boelen, Peter Blokker, et al. Depletion of stratospheric ozone over the Antarctic and Arctic: responses of plants of polar terrestrial ecosystems to enhanced UV-B, an overview [J]. Environ Pollution, 2005, 137: 428.
- [7] Kristian R Alberta, Teis N Mikkelsen, Helge Ro-Poulsen, et al. Improved UV-B screening capacity does not prevent negative effects of ambient UV irradiance on PSII performance in high Arctic plants: results from a six year UV exclusion study [J]. J Plant Physiol, 2010, 167: 1542.
- [8] T A Day, C T Ruhland, F S Xiong. Influence of solar ultraviolet-B radiation on Antarctic terrestrial plants: results from a 4-year field study [J]. J Photochem Photobiol B-Biol, 2001, 62: 78.
- [9] Vagish Mishra, Garima Srivastava, Sheo Mohan Prasad. Antioxidant response of bitter melon (*Momordica charantia* L.) seedlings to interactive effect of dimethoate and UV-B irradiation [J]. Sci Hort-Amsterdam, 2009, 120: 373.
- [10] Qing Liua, Xiaoqin Yao, Chunzhang Zhao, et al. Effects of enhanced UV-B radiation on growth and photosynthetic responses of four species of seedlings in subalpine forests of the eastern Tibet plateau [J]. Environ Exp Bot, 2011, 74: 151.
- [11] Hediati M H Salama, Ahlam A Al Watban, Anoud T Al-Fughom. Effect of ultraviolet radiation on chlorophyll, carotenoid, protein and proline contents of some annual desert plants [J]. Saudi J Biol Sci, 2011, 18: 79.
- [12] 李元, 岳明. 紫外辐射生态学 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000.
- [13] Minna Turunen, Kirsi Latola. UV-B radiation and acclimation in timberline plants [J]. Environ Pollution, 2005, 137: 390.
- [14] Jansen M A K, Hectors K, O'Brien N M, et al. Plant stress and human health: do human consumers benefit from UV-B acclimated crops? [J]. Plant Sci, 2008, 175(4): 449.
- [15] 王金亭. 天然酚类色素生理与药理作用的研究进展 [J]. 食品与药品, 2007, 9(10): 63.
- [16] Rainer Schmitz-Hoerner, Gottfried Weissenböck. Contribution of phenolic compounds to the UV-B screening capacity of developing barley primary leaves in relation to DNA damage and repair under elevated UV-B levels [J]. Phytochemistry, 2003, 64: 243.
- [17] Riitta Julkunen-Tiitto, Hely Häggman, Pedro J Aphalo, et al. Growth and defense in deciduous trees and shrubs under UV-B [J]. Environ Pollution, 2005, 137: 404.
- [18] 黄河胜, 马传庚, 陈志武. 黄酮类化合物药理作用研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2000, 25(10): 589.
- [19] Edwin L Fiscus, Fitzgerald L Booker. Growth of *Arabidopsis* flavonoid mutant is challenged by radiation longer than the UV-B band [J]. Environ and Exp Bot, 2002, 48: 213.
- [20] Strid. Alteration in expression of defence genes in *Pisum sativum* after exposure to supplementary ultraviolet-B radiation [J]. Plant Cell Physiol, 1993, 34: 949.
- [21] G Fuglevand, J A Jackson, G I Jenkins. UV-B, UV-A and blue light signal transduction pathways interact synergistically to regulate chalcone synthase gene expression in *Arabidopsis* [J]. Plant Cell, 1996, 8: 2347.
- [22] Katsunori Sasakia, Takashi Takahashi. A flavonoid from *Brassica rapa* flower as the UV-absorbing nectar guide [J]. Phytochemistry, 2002, 61: 339.
- [23] A Lavola, R Julkunen-Tiitto, P Aphalo, et al. The effect of UV-B radiation on UV-absorbing secondary metabolites in birch seedlings grown under simulated forest conditions [J]. New Phytol, 1997, 137: 617.
- [24] P F Reay, J E Lancaster. Accumulation of anthocyanins and quercetin glycosides in 'Gala' and 'Royal Gala' apple fruit skin



- with UV-B-Visible irradiation modifying effects of fruit maturity, fruit side, and temperature[J]. *Sci Hort-Amsterdam*, 2001, 90: 57.
- [25] Kumi Yoshida, Mihoko Mori, Miki Kawachi, et al. A UV-B resistant polyacylated anthocyanin, HBA, from blue petals of morning glory[J]. *Tetrahedron Lett*, 2003, 44: 7875.
- [26] 周丽莉, 祁建军, 李先恩. 增强 UV-B 辐射对丹参产量和品质的影响[J]. *生态环境*, 2008, 17(3): 966.
- [27] 唐文婷, 刘晓, 房敏峰, 等. 傅里叶变换红外光谱法分析紫外线-B(UV-B)辐射对黄芩不同部位化学成分的影响[J]. *光谱学与光谱分析*, 2011, 31(5): 1220.
- [28] Sun Mingyao, Gu Xida, Fu Hongwei, et al. Change of secondary metabolites in leaves of *Ginkgo biloba* L. in response to UV-B induction [J]. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 2010, 11: 672.
- [29] 朱媛, 冯源, 祖艳群, 等. 不同时期 UV-B 辐射增强对灯盏花生物量和药用有效成分产量的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2010, 29(增刊): 53.
- [30] Kenneth R Markham, Ken G Ryan, Stephen J Bloor, et al. An increase in the luteolin: apigenin ratio in *Marchantia polymorpha* on UV-B enhancement [J]. *Phytochemistry*, 1998, 48(5): 791.
- [31] Tatsuro Suzuki, Yutaka Honda, Yuji Mukasa. Effects of UV-B radiation, cold and desiccation stress on rutin concentration and rutin glucosidase activity in tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) leaves [J]. *Plant Sci*, 2005, 168: 1303.
- [32] Fabiana Antognoni, Suiping Zheng, Cristina Pagnucco, et al. Induction of flavonoid production by UV-B radiation in *Passiflora quadrangularis* callus cultures[J]. *Fitoterapia*, 2007, 78: 345.
- [33] Carla Clé, Lionel M Hill, Ricarda Niggeweg, et al. Modulation of chlorogenic acid biosynthesis in *Solanum lycopersicum*; consequences for phenolic accumulation and UV-tolerance[J]. *Phytochemistry*, 2008, 69: 2149.
- [34] Ning Wei, Peng Xin, Ma Luyu, et al. Enhanced secondary metabolites production and antioxidant activity in postharvest *Lonicera japonica* Thunb. in response to UV radiation [J]. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 2012, 3: 231.
- [35] 房敏峰, 王启林, 胡正海. 地衣化学成分和药理作用研究进展[J]. *中草药*, 2011, 42(12): 2571.
- [36] Jarle W Bjerke, Dylan Gwynn-Jones, Terry V Callaghan. Effects of enhanced UV-B radiation in the field on the concentration of phenolics and chlorophyll fluorescence in two boreal and arctic-alpine lichens[J]. *Environ Exp Bot*, 2005, 53: 139.
- [37] Reuber S, Bornman J F, Weissenbock G. A flavonoid mutant of barley exhibit increased sensitivity to UV-B radiation in the primary leaf[J]. *Plant Cell Environ*, 1996, 19: 593.
- [38] Walter J Cybulski III, William T Peterjohn, Joseph H Sullivan. The influence of elevated ultraviolet-B radiation (UV-B) on tissue quality and decomposition of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) needles [J]. *Environ Exp Bot*, 2000, 44: 231.
- [39] Yuliya Dolzhenko, Cinzia M Bertea, Andrea Occhipinti, et al. UV-B modulates the interplay between terpenoids and flavonoids in peppermint (*Mentha x piperita* L.) [J]. *J Photochem Photobiol B-Biol*, 2010, 100: 67.
- [40] Rashmi Rai, Ram Prasad Meena, Shachi Shuchi Smita, et al. UV-B and UV-C pre-treatments induce physiological changes and artemisinin biosynthesis in *Artemisia annua* L. -An antimalarial plant[J]. *J Photochem Photobiol B-Biol*, 2011, 105: 216.
- [41] 于景华, 李德文, 庞海河, 等. UV-B 辐射对南方红豆杉生活史型和紫杉烷类含量的影响[J]. *生态学报*, 2011, 31(1): 75.
- [42] Renina Karousou, George Grammatikopoulos, Tom Lanaras, et al. Effects of enhanced UV-B radiation on *Mentha spicata* essential oils[J]. *Phytochemistry*, 1998, 49(8): 2273.
- [43] Rima Kumari, S B Agrawal, Suruchi Singh, et al. Supplemental ultraviolet-B induced changes in essential oil composition and total phenolics of *Acorus calamus* L. (sweetflag) [J]. *Ecotoxicol Environ Safety*, 2009, 72: 2013.
- [44] 李亚敏, 岳明, 林小英. 补充 UV-B 辐射对浙贝母生长、生理及生物碱的影响[J]. *华西药理学杂志*, 2008, 23(1): 77.
- [45] 温泉, 张楠, 曹瑞霞, 等. 增强 UV-B 对黄连代谢及小檗碱含量的影响[J]. *中国中药杂志*, 2011, 36(22): 3063.
- [46] 黄勇, 周冀衡, 郑明, 等. UV-B 对烟草生长发育及次生代谢的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2009, 17(1): 140.
- [47] 李鹏飞, 周冀衡, 罗华元, 等. 增强 UV-B 辐射对烤烟主要香气前体物及化学成分的影响[J]. *烟草科技*, 2011(7): 69.
- [48] 王红星, 杨同文, 李景原. 增强 UV-B 辐射对芦荟蒽醌类物质含量和超微结构的影响[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(1): 260.
- [49] 红星, 胡春红, 李景原. 增强 UV-B 辐射对 3 种芦荟蒽醌类物质含量的影响[J]. *西北植物学报*, 2011, 31(6): 1238.
- [50] Michael Barsig, Ralf Malz. Fine structure, carbohydrates and photosynthetic pigments of sugar maize leaves under UV-B radiation [J]. *Environ and Exp Bot*, 2000, 43: 121.
- [51] Monika Schreiner, Angelika Krumbein, Inga Mewis, et al. Short-term and moderate UV-B radiation effects on secondary plant metabolism in different organs of nasturtium (*Tropaeolum majus* L.) [J]. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 2009, 10: 93.
- [52] P S Searles, S D Flint, M M Caldwell. A meta-analysis of plant field studies simulating stratospheric ozone depletion[J]. *Oecologia*, 2001, 127: 1.



Advances in influence of UV-B radiation on medicinal plant secondary metabolism

WU Yang, FANG Minfeng*, YUE Ming, CHAI Yongfu, WANG Hui, LI Yifei

(Key Laboratory of Resource Biological and Biotechnology in Western China, College of Life Sciences, Northwest University, Xi'an 710069, China)

[Abstract] Stratospheric ozone depletion results in an increased level of solar UV-B radiation (UV-B, 280-320 nm) reaching the earth surface. By the effect of UV-B radiation, various medicinal active ingredients changed because of the change of gene expression, enzyme activity and secondary metabolism, clinical effect is also changed. The research status of UV-B radiation and the accumulation of plant secondary metabolites in the past 10 years were summarized in this paper to supply reference for cultivation and exploitation of the medicinal plants.

[Key words] UV-B radiation; medicinal plant; secondary metabolism

doi:10.4268/cjmm20121513

[责任编辑 吕冬梅]

封面图片简介

野山参(果实)

【来源】 五加科人参 *Panax ginseng* C. A. Mey. 的干燥根(称“人参”)。

【俗名】 棒槌、吉林参、高丽参、血参、人衔、神草、地精

【化学成分】 根含人参皂苷、西洋参皂苷、三七人参皂苷、蛋白多糖、氨基酸、芳香油、维生素、生物碱、锌、铜及锗等微量元素等。根状茎含人参皂苷、脂肪酸、胡萝卜苷等。茎含人参皂苷、胡萝卜苷、挥发油、氨基酸及山柰酚等。花蕾含人参皂苷、挥发油、氨基酸等。果实含人参皂苷、挥发油、氨基酸、有机酸、酚性物、杂多糖、内酯淀粉酶及麦芽糖酶等^[1]。

【药理作用】 本品能调节中枢神经系统兴奋过程和抑制过程的平衡。能促进蛋白质的合成、RNA 的合成及 DNA 的合成。对多种动物的心脏均有先兴奋后抑制的作用。本品或其提取物,能显著地提高动物耐缺氧的能力。本品总皂苷对缺氧缺糖心肌细胞可防止无氧酵解,促进糖原合成,而对缺氧、缺糖心肌细胞起保护作用。本品皂苷能使胆固醇及血中脂蛋白的生物合成、分解转化、排泄加速。本品能减轻豚鼠血清诱发的过敏性休克,而延长其生存时间。本品能增加肝脏代谢各物质的酶活性,使肝脏的解毒能力增强,从而增强机体对各种化学物质的耐受力。本品对正常血糖及因注射肾上腺素和高渗葡萄糖引起的高血糖病均有抑制作用。本品具有推迟细胞衰老,延长细胞寿命的功能。本品皂苷和人参多糖对正常动物网状内皮系统吞噬功能有刺激作用。另外,本品多糖及人参挥发油还具有抗肿瘤作用^[2]。

【性味功能】 味甘,微苦,性微温。有大补元气,复脉固脱,补脾益肾,生津益智,生肌安神的功能^[3]。

【主治用法】 用于久病气虚、疲倦无力、脾虚泄泄、饮食少进、热病伤津、汗出口渴、失血虚脱、头晕健忘、喘促心悸、脉搏无力、消渴心烦、肺虚喘咳、肾虚阳痿、小心慢惊。水煎服。阴虚火旺或湿热内盛者不宜,反藜芦,畏五灵脂^[3]。

【用量】 5~10 g,虚脱危症可用 15~30 g^[4]。

【附注】 (1)侧根入药,功效似人参而力弱。根状茎入药,可治疗泄泻日久,阳气下陷。叶入药,有止渴,祛暑,降虚火的功能。花蕾入药,有清热解毒的功能^[3]。(2)本品为《中国药典》(2005 年版)收录的本区药材,也为东北道地药材。(3)在本区,人们把栽培的人参叫“园参”,其与野山参的区别主要有 5 点:a. 野山参的根状茎(芦)细长,上端四面密生芦碗,下面有圆芦。园参的根状茎粗短,一面或两面生有芦碗,下部无圆芦。b. 野山参的主根上端有细密的螺旋纹,皮老、纹深、黄褐色。园参的主根上端有粗糙的横纹,皮嫩、色白。c. 野山参的主根粗短。园参的顺长、挺直。d. 野山参有 2~3 个侧根,互相叉开,分枝角度大。园参侧根 2 至多个,分枝角度较小。e. 野山参的须根疏而长,有韧性,不易折断,上面有明显的疣状突起。园参的须根较密,呈扫帚状,短而脆,其上疣状突起不明显,本资料引自《中药材科技》。另外,在本区在鉴定野山参时流行这样一段话:“芦碗紧密相互生,圆腹圆芦枣核芽,紧皮细纹疙瘩体,须似皮条长又清,珍珠点点缀须下,具此特征野山参”;在鉴定园参(家参)时还流行这样一段话:“芦矮碗浅节骨少,芽直肩圆横纹跑,体粗白嫩呈顺体,须短质脆珍珠小。”