

[5] Peris E, Ernesto E, Nuria C, *et al.* 3-Acetyltholalone and related styryllactones, mintochondrial respiratory chain inhibitors [J]. *Phytochemistry*, 2000, 54: 311-315.

[6] Almudena B M, Amparo B, Rao K S. *et al.* Styryl-lactones from the stem bark of *Goniothalamus arvensis* [J]. *Phytochem Analysis*, 1999, 10: 127-131.

[7] Cao S G, Wu X H, Sim K Y, *et al.* Styryl-lactone derivatives and alkaloids from *Goniothalamus borneensis* (Annonaceae) [J]. *Tetrahedron*, 1998, 54: 2143-2148.

[8] Almudena B M, Amparo B, Angel S, *et al.* Preparation of 7-alkoxylated furanopyrones: semisynthesis of (–)-etharvensin a new styryl-lactone from *Goniothalamus arvensis* [J]. *J Nat Prod*, 1997, 60: 1338-1340.

[9] Alall F Q, Zhang Y, Rogers L L. *et al.* Mono-tetrahydrofuran acetogenins from *Goniothalamus giganteus* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 49(3): 761-768.

[10] Alali F Q, Zhang Y, Rogers L L. *et al.* (2,4-*cis* and *trans*)-Gigantecinone and 4-deoxygigantecin, bioactive nonadjacent bis-tetrahydrofuran annonaceous acetogenins from *Goniothalamus giganteus* [J]. *J Nat Prod*, 1997, 60: 929-933.

[11] Li C M, Mu Q, L Y P, *et al.* Annonaceous acetogenins from stem of *Goniothalamus cheliensis* [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), 1997, 19(4): 433-437.

[12] Seidel V, Bailleul F, Waterman P G. Goniothalamusin a linear acetogenin from *Goniothalamus gardneri* [J]. *Phytochemistry*, 1999, 52: 1101-1103.

[13] Zhang Y J, Kong M, Chen R Y, *et al.* New alkaloids from rhizomes of *Goniothalamus griffithii* [J]. *Chin Chem Lett*, 1998, 9(11): 1022-1029.

[14] Zhang Y J, Kong M, Chen R Y, *et al.* Alkaloids from the roots of *Goniothalamus griffithii* [J]. *J Nat Prod*, 1999, 62: 1050-1052.

[15] Chen Y, Jiang Z, Chen R Y, *et al.* Two linear acetogenins from *Goniothalamus gardneri* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 49(5): 1317-1321.

[16] Jiang Z, Chen R Y, Chen Y, *et al.* Donnaienin a new acetogenin bearing a hydroxylated tetrahydrofuran ring [J]. *J Nat Prod*, 1998, 61: 86-88.

[17] Gu Z M, Fang X P, Zeng L, *et al.* Gonioicin from *Goniothalamus giganteus*: The first tri-THF annonaceous acetogenin [J]. *Tetrahedron Lett*, 1994, 35(30): 5367-5368.

[18] Gu Z B, Liang H Q, Chen H S, *et al.* A new type of alkaloid from *Goniothalamus cheliensis* [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), 2000, 22(4): 499-502.

[19] Hu Z B, Liao S X, Mao S L, *et al.* Structural elucidation of goniofithine I from *Goniothalamus griffithii* Hook. f. et Thoms. [J]. *Acta Pharm Sin* (药学报), 2000, 35(4): 277-278.

[20] Gu Z B, Liang H Q, Chen H S, *et al.* Isolation and identification of cheliensisamine from the bark of *Goniothalamus cheliensis* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2000, 31(12): 885-886.

[21] Gu Z B, Liang H Q, Chen H S, *et al.* Structure identification of four new alkaloids of *Goniothalamus cheliensis* [J]. *Acad J Second Mil Med Univ* (第二军医大学学报), 2000, 21(10): 917-919.

[22] Chen R Y, Yu D Q, Ma L Y, *et al.* The chemical constituents of *Goniothalamus howii* Merr. et Chun [J]. *Acta Pharm Sin* (药学报), 1998, 33(6): 453-456.

[23] He J H, Ye Y M, Xu C X. Antitumor activity of howiinol (GHM-10) on L1210 cells *in vitro* [J]. *Acta Pharm Sin* (药学报), 1998, 33(8): 566-570.

[24] Yao Z J, Wu Y L. Annonaceous acetogenin potent anticancer agent [J]. *Chin J Org Chem* (有机化学), 1995, 15(2): 120-132.

[25] Noppamas S, Khanit S, Rapepol B, *et al.* New cytotoxic L-azaanthraquinones and 3-aminonaphthoquinone from the stem bark of *Goniothalamus marcanii* [J]. *J Nat Prod*, 1999, 62: 1390-1394.

中草药中硒的生物功能及测定方法研究进展

单金缓¹, 王秀梅¹, 丁良², 魏海英¹, 孙汉文¹

(1. 河北大学化学与环境科学学院, 河北 保定 071002; 2. 河北职工医学院, 河北 保定 071000)

摘 要: 硒是人体必需的微量元素, 具有可抑制结肠癌、肝癌、乳腺癌、前列腺癌和白血病等多种癌症发生和发展的作用。适当补硒具有使非特异性免疫、细胞免疫及体液免疫功能得到改善等多种生物功能。简述硒的生理和药理作用及近年国内中草药中硒的测定方法。
关键词: 中草药; 硒; 生物功能; 测定方法
中图分类号: R 284. 192 文献标识码: A 文章编号: 0253 - 2670(2003)03 - 0280 - 04

Advances in studies on biological functions of selenium and its determination method in Chinese herbal medicine
SHAN Jin-huan¹, WANG Xiu-mei¹, DING Liang², WEI Hai-ying¹, SUN Han-wen¹

* 收稿日期: 2002-06-08
作者简介: 单金缓(1960_), 女, 河北深县人, 教授, 主要从事反应动力学和催化光度法的研究。Tel: (0312) 5079359-8010

- (1. College of Chemical & Environmental Science, Hebei University, Baoding 071002, China;
2. Hebei Medical Education College, Baoding 071000, China)

Key words: Chinese herbal medicine; selenium; biological function; determination method

硒是动物生命中必需的微量元素,是谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的活性中心。人体缺硒是造成癌症、心脑血管疾病、糖尿病、肠胃病、白内障等 40 多种疾病的主要原因。我国是世界上严重缺硒国家之一,有 70% 以上地区缺硒,而多种中草药中含有微量硒,具有开发利用价值。探讨硒的生理功能和药理作用,研究富硒食品和药物的开发利用,对人体保健、疾病治疗具有重大意义。

1 硒的生理功能和药理作用

1.1 硒与癌症:硒可抑制结肠癌、肝癌、乳腺癌、肺癌、前列腺癌和白血病等多种癌症的发生和发展。大量调查表明:环境和人体血硒浓度与癌症死亡率呈负相关。刘宗潮等^[1]研究证明茶多酚与亚硒酸钠联合作用可抑制 EBV 抗原表达,降低鼻咽癌的发病率。硒的抗癌机制可能为:(1)抗氧化作用:硒通过 GSH-Px 催化脂质过氧化物还原成无害物质,从而阻断脂质自由基的链锁反应。(2)抗致突变作用:硒可对抗致癌物质诱发的基因突变,抑制癌细胞中 DNA 合成,促进 DNA 的修复合成。(3)抑制癌细胞 cAMP 代谢途径:研究表明 cAMP 有使亚性细胞逆转及抑制癌细胞生长的作用。硒可抑制磷酸二脂酶活性,使 cAMP 分解减慢而在癌细胞内堆积,从而抑制癌细胞生长繁殖。此外,硒能增强机体免疫系统功能也是其防癌抗癌的重要机制之一。

1.2 硒与免疫:硒缺乏会降低多种动物的免疫功能,适当补硒可使非特异性免疫、细胞免疫及体液免疫功能得到改善。在非特异性免疫方面,亚硒酸钠协同激活因子激活巨噬细胞,增强其杀菌活性,提高其吞噬率。在细胞免疫方面,硒和维生素 E 协同作用可明显提高自然杀伤细胞(NK)活性和 T 淋巴细胞转化率,硒能增强淋巴细胞产生白介素-2(IL-2)的能力,而 IL-2 可明显增加 NK 对肿瘤细胞的杀伤作用。在体液免疫方面,缺硒时机体的免疫功能减弱,免疫球蛋白和抗体产生受抑制。补硒可提高机体抗体滴度,增强机体体液免疫功能。但必须注意补硒要适量,过量时反而使抗体减少。

1.3 硒与艾滋病:硒与艾滋病(HIV)感染的激活、发生、发展密切相关,在人类免疫缺陷病毒 I 型(HIV-I)中可能存在编码硒蛋白的 UGA 密码子,编码的含硒蛋白可能对 HIV 的表达起抑制作用。在体外,硒对 HIV-I 的复制具有调节作用^[2]。缺硒可发生 HIV 致病性增加的移码突变,适量补硒和抗氧化维生素可对 HIV 早期感染有保护作用。硒缺乏和 HIV 感染的病理状态存在潜在的联系。有数据显示,艾滋病(AIDS)病人血硒水平明显低于健康者,且随 AIDS 病人发病程度加深而加深^[2]。补硒可提高血硒水平,增强 T 细胞免疫功能和谷胱甘肽过氧化物酶的抗氧化作用,从而减缓或阻止 AIDS 的发生发展。

1.4 硒与糖尿病:实验发现糖尿病患者血清硒平均值明显低于健康人,服含硒中药可改善其症状。动物研究显示,硒可

提高大鼠血中 GSH-Px 活性,降低血中 LPO 水平,减轻链脲佐菌素的致糖尿病作用。硒还能提高糖尿病小鼠的葡萄糖耐量,表明硒对外源性葡萄糖所致的血糖升高有拮抗作用^[3]。近年研究证明,硒具有降低血糖和调控胰岛素代谢过程等拟胰岛素作用。

1.5 硒与心脑血管疾病:硒参与保护细胞膜的稳定性和正常通透性,抑制脂质过氧化反应,消除自由基,从而维持心肌的正常结构、代谢和功能。硒-VitE 复合剂可减少心绞痛的发作次数,对缺血缺氧性心肌具有保护作用。硒可改善和提高急性心肌梗死病人的红细胞变形能力,改善心肌组织的血液供应,减轻心肌损伤,缩小梗死范围,故补硒可预防和治疗急性心肌梗死。缺硒是动脉硬化、冠心病、心血管疾病的主要原因。临床研究证明,手术前口服微量元素硒可有效保护在心内直视手术中心肌缺血再灌注期间红细胞流变性免受自由基的损伤,推测硒也可用于防护在心脏手术中由于缺血再灌注产生的自由基对脑微循环的损伤^[4]。亚硒酸钠可改善常规治疗脑肿瘤病人的症状和使血液指标正常化。硒还参与大脑正常功能的发挥。人体硒水平降低时,其情绪状态也会随之下降。补硒有助于改善情绪、消除焦躁、压抑和疲劳等不良情绪。

1.6 硒的拮抗作用:硒能拮抗某些有毒元素及物质的毒性。硒可拮抗镉的多种毒性作用,机制可能为硒与镉在体内形成硒-镉复合物,使镉失去原有的毒性,减少镉在体内的沉积,促进镉的排泄。硒还可拮抗铅、镍、铜、锌、银、汞、砷等多种元素的毒性作用。氟中毒可危及人体多种器官,有学者认为硒有可能像硼那样与氟形成难解离的氟硒化合物,使尿氟排泄增加,减轻氟对人体的损害。硒可降低抗癌药物顺氯氨铂的毒副作用,减轻顺氯氨铂致死量及肾毒性和骨髓抑制作用。

1.7 其他:硒具有防止老年白内障、保护视力、改善失眠症状、延缓机体衰老、维持精力活力、预防尘肺和职业性肺癌等多种作用。亚硒酸钠可治疗慢性水肿、预防妊娠高血压综合症、降低急性感染如急性胰腺炎或败血症病人的死亡率。

2 中草药中硒的测定方法

由于硒对人体的重要作用,含硒药物的开发已成为一个研究热点。而天然药材中含硒量又较低,因此建立一种简单灵敏的测定方法非常重要。

2.1 催化光度法(catalytic spectrophotometric analysis, CSA):具有设备简单、操作方便、灵敏度高、选择性好等优点而得到广泛应用。用硝酸钠-硒(IV)-铁(II)络合物体系测定了中药红芪中的硒^[5]。海带、蛤蜊、贻贝、牡蛎^[6]等中硒的测定均采用 CSA 法。

2.2 荧光分析法(fluorescence analysis, FA):用原子荧光法(AFS)^[7]测定益母草、三棱、元胡、丹参等 12 种活血化瘀中草药中硒含量,其平均值高于普通中草药硒含量。湖北海

棠、贵州地区 30 种茶叶、乌梢蛇、生姜、枸杞子等^[18] 10 种中草药中硒含量均采用 AFS 法测定。利用硒(IV)与 I⁻ 反应生成的 I₃⁻ 使罗丹明 6G 荧光猝灭,建立了间接测定硒(IV)含量的荧光猝灭分析法^[9]。用于测定茶叶硒含量,线性范围达 0~80 μg/L,且试剂价廉易得。氢化物—无色散原子荧光法(HG-AFS)可降低干扰,提高分析灵敏度,用于传统藏药牦牛角^[10]、青藏高原藏茵陈^[11]等 20 余种中草药中硒的测定。

2.3 原子吸收分光光度法(atomic absorption spectrophotometry, AAS):以 Pd(NO₃)₂-TritonX-100 作为基体改进剂,硒的灰化温度提高到 1 200 °C,吸光度增加 2.92 倍,并采用 Zeeman 背景校正技术克服共存物干扰,检出限达 0.16 ng^[12]。用 HNO₃-HClO₄ 消解试样并加入铜稳定剂,用 AAS 法测定草珊瑚中硒,并与萃取光度法、萃取荧光光度法比较,三者结果相近,均在 0.60~0.65 μg/g。用连续流动氢化物发生—原子吸收光谱法测定螺旋藻胶囊中的硒^[13],方法不需分离,直接测定,且干扰少,灵敏度高,样品回收率在 98.89%~101.2%。海龙、海马、绞股蓝、天麻、珠子参、冀地鳖、灵芝孢子粉中硒均采用 AAS 法测定。

2.4 其他分析方法

2.4.1 电感耦合等离子体发射光谱分析(inductively coupled plasma atomic emission spectrometry, ICP-AES):以 Pd 作为基体改进剂测定山东菏泽洋玫瑰华中硒含量^[28],其中硒含量高达 5.54 μg/g,为洋玫瑰花的开发利用提供了理论依据。用钇作内标元素克服基体效应,ICP-AES 法测定鲨鱼软骨中硒的含量^[14]。分别用 ICP-AES 和分光光度法测定不同部位苦丁茶的含硒量^[15],结果为:一级品> 二级品> 三级品> 四级品。不同部位苦丁茶的微量元素的含量分布与植物的组织和功能有关。

2.4.2 极谱法(polarographic analysis, PA):用催化极谱法测定茶叶及大麻笋中痕量硒^[16],检出限为 1.44 ng/25 mL。用示波极谱法测定螺旋藻中痕量硒^[17],与荧光法测定结果相比,方法对比的相对误差为 12.0%。

3 展望

硒对人体健康具有多种特殊的功能,被誉为“生命的火种”、“抗癌之王”,而日常饮食中的硒不足以满足人体的正常需要。专家呼吁要象重视补碘一样重视补硒。我国是世界上严重缺硒国家之一,有 70% 以上地区缺硒,补硒尤为重要。由于无机硒毒性大,有机硒毒性小,生物利用率高,故利用生物技术处理粮食作物、蔬菜、水果、中药材将是未来开发的热点。我国现已研制出一些富硒功能性食品(如富硒酵母、富硒食用菌等)和含硒药物(如硒力口服液、奥硒康、金施尔康、含硒中草药制剂等)。但总的来说,我国富硒功能性食品和药物的种类和数量仍然很少,需进一步加强这方面的研究开发工作,将更多的富硒产品投入市场。

目前,世界上含硒药物主要集中在抗高血压药物、抗炎药物、抗癌药物三大方面。专家预测,硒的治疗将用于病毒学、肿瘤学、免疫学、急诊学、眼科学、肾脏病学、肝脏病学、肠胃病学、心脏病学、细菌感染、真菌毒素、淋巴病学和老年病

学中。开发新的含硒药物将成为研究的一个新热点。中草药中含有丰富微量元素,其种类和数量与中药的功効有着密切的关系。我国是中草药的发源地,湖北恩施、陕西紫阳两个高硒区所产中草药含硒丰富,具有广阔的开发前景。关于硒的具体抗癌免疫机制仍将是科技工作者值得深入研究的课题。

References:

- [1] Liu Z C, Jian S W, Li Z M, *et al.* Inhibitory effect of tea polyphenol and sodium selenite combination on EBV antigen expression [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2000, 31 (2): 110-112.
- [2] Chen C Y, Zhou J Y, Xu B H. Advances in the studies of relationship between selenium and human immunodeficiency virus [J]. *Prog Biochem Biophys* (生物化学与生物物理进展), 1997, 24(4): 327-330.
- [3] Ding H, Peng R. Effect of selenium and allitridi on the diabetic rats [J]. *Acta Nutr Sin* (营养学报), 1997, 19(4): 384-387.
- [4] Duan C G, Li H W. The protective effect of selenium on cerebral microcirculatory disturbance induced by free radical-injured erythrocyte in rats [J]. *J Chin Microcircul* (中国微循环), 2000, 4(2): 17-21.
- [5] Wang Y L. Spectrophotometric determination of trace selenium in hedysarum polybotrys by catalytic kinetics [J]. *J Northwest Norm Univ—Nat Sci* (西北师范大学学报·自然科学版), 1999, 35(2): 44-46.
- [6] Xu H, He P. Determination of trace selenium in the seafoods by catalytic kinetic spectrophotometry [J]. *Chin J Anal Chem* (分析化学), 1999, 27(5): 540-542.
- [7] Li J, Yu H F. Determination of trace selenium in herbs of invigorating circulation blood and removing blood stasis by fluorometry [J]. *Spectrosc Spectral Anal* (光谱学与光谱分析), 1999, 17(4): 110-112.
- [8] Sun X, Mei W D, Zhang S Y. Research for the determined methods of the trace elements in Chinese medicinal herbs [J]. *Stud Trace Elements Health* (微量元素与健康研究), 1997, 14(1): 34-36.
- [9] Li J G, Wang Y Y. Determination of trace selenium in tea leaves based on fluorescence quenching with Se (IV)-Thio-damine 6G system [J]. *Anal Lab* (分析试验室), 1997, 16 (5): 52-54.
- [10] Suo Y R, Li T C. Characteristic of trace elements of Tibetan medicine Yak's Horn [J]. *Guangdong Trace Elements Sci* (广东微量元素科学), 2000, 7(1): 54-56.
- [11] Suo Y R. Hydride generation-AFS Determination of trace arsenic, antimony, selenium and mercury in Chinese herbal medicine in Qingzang plateau [J]. *Spectrosc Spectral Anal* (光谱学与光谱分析), 1997, 17(5): 105-107.
- [12] Ren J C, Wang H Y, He G F. Studies on the determination of selenium in Chinese medicine injection by zeeman GFAAS spectrometry [J]. *Shandong Norm Univ—Nat Sci* (山东师范大学学报·自然科学版), 1996, 11(3): 44-47.
- [13] Liu B J, Qian L C. Determination of trace selenium in spirulina by continuous-flow hydride generation atomic absorption spectrometry [J]. *Spectrosc Spectral Anal* (光谱学与光谱分析), 1999, 19(4): 610-612.
- [14] Deng B Y, Zhang Z X. Determination of trace elements in shark cartilage by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry [J]. *Spectrosc Spectral Anal* (光谱学与光谱分析), 1998, 18(5): 570-575.
- [15] Xu X, Luo Y F. Determination of trace elements and flavone of the different grade leaves in Kuding tea [J]. *Stud Trace Elements Health* (微量元素与健康研究), 2000, 17(2): 32-33.

[16] Wang M H, Lang C Y, Lei Q. Catalytic polarographic determination of trace selenium in tea and dama bamboo shoot by microwave digestion[J]. *Chin J Anal Chem* (分析化学), 2001, 20(4): 22-24.

[17] Li F B, Chen J L. Determination of trace selenium in spirulina by oscilloscope polarography [J]. *J Nanjing Univ Chem Tech* (南京化工大学学报), 2000, 22(3): 52-54.

稻绿核菌次生代谢产物的研究进展

杨永红, 孟 飞, 孙新华

(云南农业大学 云南省植物病理重点实验室, 云南 昆明 650201)

稻绿核菌 *Ustilagoidea vires* (Cke.) Tak. 属于瘤座孢目, 瘤座孢科, 绿核菌属, 寄生于玉米和稻花器上, 形成稻曲, 引发稻曲病。稻曲病又称伪黑穗病、绿黑穗病、假黑穗病、青粉病、谷花病, 我国和日本称其为“丰收病”^[1,2]。但对其病原菌稻绿核菌的命名争议很大。Hashioka (1971) 根据黑色的菌核、圆桶状的子囊及丝状多隔的子囊孢子将其命名为 *Claviceps oryzae-sativae*。现在一般采用 *U. vires* 作为稻曲病菌的无性态学名, *Claviceps vires* Sakurai 作为有性态学名^[2]。我国《本草纲目》中“粳谷奴, 谷穗煤者”即指稻曲菌子实体, 用于治走马喉痹^[3]。

稻绿核菌次生代谢产物到目前为止, 大致可分为两类: 一类叫黑粉菌素(ustilaginoidin), 为脂溶性有色物质; 另一类叫稻曲菌素(ustiloxin), 为水溶性无色物质。

1 次生代谢产物的提取

Ustilaginoidin 是 1937 年 Yubata 从稻绿核菌子实体的乙醚浸提物中分离到的一种有色物质, 1963 年 Shibata 等从子实体的丙酮浸提物中分离到 ustilaginoidin A, B, C。1988 年 Koyama 等采用柱色谱、高压液相色谱从稻绿核菌子实体中分到 ustilaginoidin A, B, C, 同时还分到了另外的 7 种单体, 分别称为 ustilaginoidin D, E, F, G, H, I, J。1992—1998 年 Yukiko 等对稻绿核菌水浸提物进行柱色谱、高压液相色谱分析, 分离到 6 种物质, 分别称为 ustiloxin A, B, C,

D, E, F。

2 次生代谢产物的结构

1937 年 Yubata 确定 ustilaginoidin 分子式为 $C_{19}H_{16}O_7$, 并根据从铗粒馏分中得到的葱认为黑粉菌素应属于葱醌类, 未对黑粉菌素的结构进一步验证^[4,5]。1963 年 Shibata 等发现 ustilaginoidin 没有羟葱醌类所具有的颜色反应, 重新对其进行研究, 根据黑粉菌素的红外光谱、核磁共振谱及其降解产物、降解产物的衍生物, 确定 ustilaginoidin A 是 2, 2'-二甲基-5, 5', 6, 6', 8, 8'-六羟基-9, 9'-双(四氢-萘并[2, 3-b]吡喃-4-酮)(2, 2'-dimethyl-5, 5', 6, 6', 8, 8'-hexahydroxy-9, 9'-bis(4H-naphtho[2, 3-b]pyran-4-one))。对 ustilaginoidin B, C 的紫外光谱、核磁共振谱进行分析并与 ustilaginoidin A 相比较得出: ustilaginoidin B, C 与 ustilaginoidin A 具有相同的碳骨架, 都属于萘并-吡喃^[6,7]。1988 年 Koyama 等通过紫外光谱、红外光谱、C-谱、H-谱分析, 分别确定 ustilaginoidin D, E, F, G, H, I, J 为 $C_{30}H_{26}O_{10}$, $C_{29}H_{24}O_{10}$, $C_{28}H_{22}O_{10}$, $C_{28}H_{20}O_{10}$, $C_{28}H_{20}O_{11}$, $C_{28}H_{20}O_{11}$, $C_{28}H_{21}O_{12}$ 的含萘-γ-吡喃发色团的同系物(见图 1), 1992—1998 年 Koiso 等通过元素分析、氨基酸分析、X-射线晶体衍射及 C-谱、H-谱分析, 确定 ustiloxin A, B, C, D, F 为含一醚支链的十三元环缩氨酸同系物(见图 2)。稻曲菌素加 15 mol PtO_2 在氢压下搅拌 3 h, 可分别转化成 ustiloxin D, F^[8,9]。

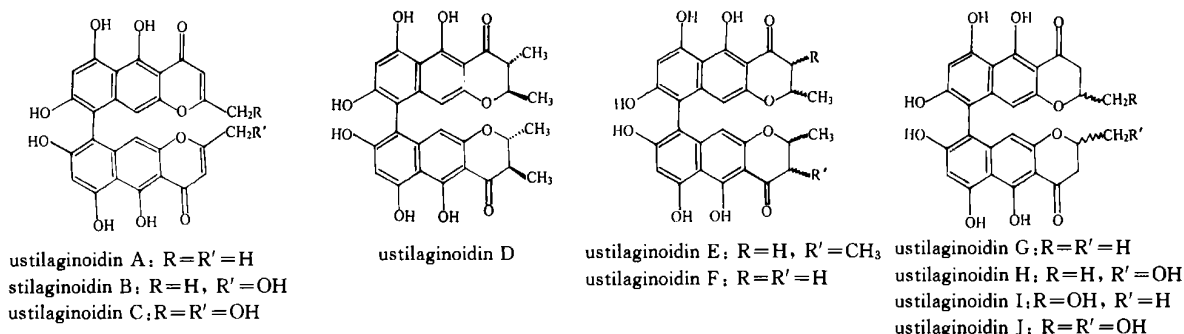


图 1 黑粉菌素 A~J 的结构

Fig. 1 Structures of ustilaginoidins A—J

* 收稿日期: 2002-05-31

基金项目: 云南省科技厅(98C008G)和教育厅(0111351)资助课题

作者简介: 杨永红(1965—), 女, 理学博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事真菌次生代谢产物及其应用研究。Tel: (0871)6772422