

植物源抑菌活性成分研究新进展^{*}

吴传万¹, 杜小凤¹, 徐建明², 王伟中¹

(1. 江苏徐淮地区淮阴农科所, 江苏淮安 223001; 2. 江苏省植物生长调节剂工程技术研究中心, 江苏淮安 223001)

摘 要: 评述了近年来源于植物中的具有抑(杀)菌作用的化学成分, 其结构类型涉及萜类、生物碱类、黄酮类、苷类、皂甙、醌类、香豆素、木脂素、芪类、胺类、酯类、酚类、醛类、醇类、甾类、有机酸及精油类等化合物, 分析了在开发植物源杀菌剂中存在的问题, 提出了今后研究工作的方向与侧重点。

关键词: 植物源抑菌成分; 结构类型; 研究进展

中图分类号: S432.4

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2004)03-0081-08

Research Advances in Natural Antibacterial Constituents from Plant Origin

WU Chuan-wan¹, DU Xiao-feng¹, XU Jian-ming² and WANG Wei-zhong¹

(1. Institute of Agricultural Science of Huaiyin in Xuhuai district of Jiangsu, Huai'an Jiangsu 223001, China;

2. Jiangsu Provincial Engineer and Research Center for Plant Growth Regulators, Huai'an Jiangsu 223001, China)

Abstract The review deals with natural products possessing antibacterial properties from botanical origin. These compounds include chemically diverse structure types such as penoids, alkaloids, flavanoids, heterosides, saponins, quinnines, coumarins, stilbenes, esters, phenols, aldehydes, alcohols, sterids, origaic acids, as well as essential oils. The problems in plant bactericide development were analysed. In conclusion, plant bactericide has a bright prospect. Therefore, the developing counter-measures, direction and major project of plant bactericide were put forward in the paper.

Key words Natural antibacterial constituents from plant origin; Structures; Research advances

植物病害是农业生产的大敌, 据联合国粮农组织 (FAO) 统计, 每年因植物遭受病害造成的减产平均损失为总产量的 10%~15%。目前防治植物病害的主要手段为化学杀菌剂。但由于化学农药潜在的对人类健康的危害、对环境的污染、对非靶标生物的影响、植物病原菌抗性的发展及人类健康、环保意识的增强, 使得化学农药的发展受到了来自各方面的限制。研制开发与推广应用安全、高效的生物农药已成为现代农药的主流。由于植物杀菌剂来源于自然, 具有对人、畜安全, 不污染环境, 不易引起抗药性, 在自然环境中易于降解等优点, 因此研究与开发安全性高的植物农药, 成为

当今新型杀菌剂创制研究的热点; 同时, 植物来源的杀菌剂亦是发掘新一代农药先导物的重要途径之一。

近年来, 国内外对植物源杀菌剂的研究倍受重视, 并取得了较大的进展, 发现了很多具有开发潜力的抑菌、杀菌或抗菌的化学成分, 其结构类型涉及萜类、生物碱类、黄酮类、苷类、皂甙、醌类、香豆素、木脂素、芪类、酯类、酚类、醛类、醇类、甾类、有机酸及精油类等化合物。本文就近年来植物源抑菌生理活性成分作一简介, 并阐述植物源杀菌剂开发过程中存在的问题、发展对策与前景。

^{*} 收稿日期: 2004-09-06 修回日期: 2004-12-11

基金项目: 江苏省农科院科研基金项目 (编号: 6210316)

作者简介: 吴传万 (1976-), 男, 江西吉安人, 理学硕士, 主要从事次生代谢产物提取分离及其产业化开发植物激素研究。电话: 0517-3672908(0), E-mail: hyfeilong@263.net。

1 抑菌活性成分

1.1 萜类

萜类是概括所有异戊二烯的聚合物及它们的衍生物的总称。Christine等^[1]从非洲药用植物 *Clerodendrum uncinatum* 中分离得到一种新的抗真菌的萜类化合物氢化喹啉酮二萜,对爪枝孢霉具有强烈的抑制活性。Cole等^[2]从 *Scutellaria* 属植物中分离获得两种新的双萜类化合物,不仅能抑制尖孢镰孢霉等病原菌的菌丝生长,同时抑制其分生孢子萌发。王勤等^[3]从盘花垂头菊中提取出一种倍半萜成分 β , 8-二己酰氧基- β , 10-二己酰基- β -羟基-4 α -氯-11-甲氧基-没药-7(14)烯,其对大肠杆菌、枯草杆菌、金黄色葡萄球菌具有一定的抑制活性。郁建平等^[4]运用 GC-MS 技术分析金丝桃挥发油成分中的萜类物质,并对其进行了抑菌试验,结果表明该物质对白色菌株、绿脓杆菌和大肠杆菌具有明显的抑制作用。

K Knobloch等^[5]报道了萜类的抑菌机理,通过研究多种萜类对菌类的初生能量代谢、NADH及丁二酸脱氢酶(SDH)活性、呼吸过程的电子传递过程的影响作用,发现在 5×10^{-3} mol/L 浓度下,所有供试萜类都能抑制上述反应,可能影响菌类的呼吸作用及细胞膜功能,从而起到抑菌的作用。

1.2 生物碱类

目前,国内外有关植物体内生物碱类物质的分离、抑菌作用研究比较多。夏鲁青等^[6]研究表明双稠哌啶类生物碱(槐定碱、槐胺碱、苦参碱、野靛碱、氧化苦参碱和苦豆草总生物碱)对大肠杆菌、产气杆菌、变形杆菌、枯草杆菌和白色葡萄球菌的生长均有明显的抑制作用。樊宏伟等^[7]研究表明苦参碱类生物碱对 G⁻ 球菌、G⁻ 杆菌等 12 种菌均有明显抑菌作用。Wippich等^[8]指出芦竹碱和喹嗪生物碱(Sparteine lupanine和 13-tlgloyloxy-lupanine)对大麦白粉病菌的生长有害,只需 $1 \sim 5$ mmol/L 就能阻止大麦白粉病菌孢子萌发。

黄连体内含有大量的生物碱,尤以小檗碱的含量最高,这些生物碱对植物病原真菌的菌丝生长和孢子萌发有较强的抑制作用。黄连生物碱对水稻菌核病菌、柑桔青霉病菌、小麦全蚀病菌、贝

母茎腐病菌均有很强的抑制作用。小檗碱对 *Alternaria alternata* 的分生孢子、大麦散黑穗病菌的冬孢子、蚕豆锈病菌的夏孢子和油菜霜霉病菌的孢子囊有较强的抑制效果^[9]。此外,Eberhara等^[10]用小檗碱防治马铃薯晚疫病已取得了成功,并获得了专利。黄连所含的小檗碱目前已人工合成其它化合物对人畜无毒,并能被细菌同化而不污染环境,因此在防治植物病害上具有广阔的前景^[11]。

目前,佟树敏等^[12]利用苦参碱与小檗碱复配研制开发出杀菌剂,用于防治苹果腐烂病、轮纹病和黄瓜霜霉病,为生物碱类物质研制开发植物源杀菌剂提供了丰富的经验。

1.3 黄酮类

黄酮化合物特别是异黄酮化合物具有很强的抗菌作用。蒲公英中的槲皮素-3-O-葡萄糖苷和槲皮素-3-O- β -半乳糖苷、黄芩中的黄芩苷和甘草中的查耳酮均有抗菌活性^[13]。郭志坚等^[14]指出黄柏叶中的 3 种黄酮醇甙化合物黄柏甙 A、B 和山奈酚-3-O- α -D-甘露糖对金黄色葡萄球菌、柠檬色葡萄球菌及枯草杆菌均有抑制作用,尤其对枯草杆菌的抑菌活性最强,最低抑菌质量浓度为 0.12 mg/L。陈健芬等^[15]从荷叶中提取获得金丝桃苷,对口腔致病菌具有强烈的抑制作用。Miles等^[1,16]从植物 *psidium acutangulum* 的枝条和叶中分离出黄酮类化合物,对丝核菌和大麦网孢长蠕霉具有抑菌活性。

佟建明等^[17]发现植物黄酮 M PB6 在体外对鸡致病性大肠杆菌、鸡白痢沙门氏菌具有明显抑制作用, MIC 分别达到 1.25 mg/mL 和 0.625 mg/mL。金银花中的总黄酮亦证明对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌具有强烈的抑制作用,其活性分别是绿原酸的 4 倍和 2 倍^[18]。

陈春涛等^[19]从花生壳中提取获得木犀草素,研究发现其具有强烈的抑菌活性,且具有良好的抗氧化性能,可作为食品防腐保鲜剂。

1.4 苷类

Cerdeiras M P等^[20]从角胡麻科单角胡麻属 *Ibicella lutea* 植物的氯仿提取物中分离获得一种糖苷: 11-O-(6, -O-乙酰基- β -D-吡喃葡萄糖)-硬脂酸,研究发现该化合物对金黄色葡萄球菌具有

抑制作用,其 MIC 值为 $9 \mu\text{g}/\text{mL}$ 。Liu H 等^[21]则从新几内亚乌毛蕨科植物 *Stenochlaena plustris* 的叶片中分离到 4 种具有抗菌活性的黄酮苷: stenopalutrosid A-D。抗菌试验表明,4 种糖苷对革兰氏阳性菌蜡状芽孢杆菌、表皮葡萄球菌和金黄色葡萄球菌均有抑制活性,stenopalutrosid A 对上述 3 种菌的 MIC 值分别为 $4 \mu\text{g}/\text{mL}$ 、 $2 \mu\text{g}/\text{mL}$ 和 $16 \mu\text{g}/\text{mL}$; stenopalutrosid B 对 3 种菌的 MIC 值分别为 $8 \mu\text{g}/\text{mL}$ 、 $64 \mu\text{g}/\text{mL}$ 和 $32 \mu\text{g}/\text{mL}$; stenopalutrosid C 和 stenopalutrosid D 的 1:1 混和物对 3 种菌的 MIC 值分别为 $16 \mu\text{g}/\text{mL}$ 、 $8 \mu\text{g}/\text{mL}$ 和 $64 \mu\text{g}/\text{mL}$ 。而阳性对照氯霉素对 3 种菌的 MIC 值分别为 $2 \mu\text{g}/\text{mL}$ 、 $4 \mu\text{g}/\text{mL}$ 和 $4 \mu\text{g}/\text{mL}$ 。

1.5 醌类

安银岭等^[22]研究发现大黄素、大黄酚、大黄酸及蒽皮素醌类化合物,在 1% 和 0.05% 的浓度下,对细链格孢、盘多毛孢、栗盘色多格孢和香石竹单孢锈共 4 种常见植物病原菌的孢子萌发、产孢数量等均有不同程度的抑制作用。张野平等^[23]则从蔷薇科核桃楸新鲜根皮、枝皮、青果皮中分离获得胡桃醌,其在 $6.25 \mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度下的黄色球菌、大肠杆菌、枯草杆菌、酵母菌、金黄色葡萄球菌及白色念珠菌均有抑制作用。

同样,来源于玄参科锈毛地黄中的锈毛地黄醌,柿科柿属植物根、叶中的柿双醌,紫草科植物狼紫蓝蓟愈伤组织培养物中的蓝蓟醌,百合科块茎中的红葱醌,丹参根中的丹参新醌甲、乙、丙及白花丹根中的白花丹醌等醌类都有一定的抑菌活性^[24]。

1.6 香豆素和木脂素类

Quadri-spinelli T 等^[25]从金星蕨科不育带毛蕨植物中分离得到具抗菌活性的香豆素衍生物 5, 7-dihydroxy-6-methyl-4-phenyl-8-(3-phenyl-propionyl)-1-benzopyran-one, 该化合物对蜡状芽孢杆菌、表皮葡萄球菌和藤黄八叠球菌的 MIC 值分别为 $2 \text{mg}/\text{mL}$ 、 $1 \text{mg}/\text{mL}$ 和 $2 \text{mg}/\text{mL}$; 8-benzyl-5, 8, 9-trihydroxy-6-methyl-4-phenyl-8, 9-dihydroxy-furo[2, 3-h]-1-benzopyran-2-one 和 8-benzyl-5, 8, 9-trihydroxy-6-methyl-4-phenyl-8, 9-dihydroxy-furo[2, 3-h]-1-benzopyran-2-one 的混和物对蜡状芽孢杆菌、表皮葡萄球菌和藤黄八叠球菌的 MIC 值分别为 $32 \text{mg}/\text{mL}$ 、 $8 \text{mg}/\text{mL}$ 和 $16 \text{mg}/\text{mL}$; 5-11-dihydroxy-6-methyl-4-phenyl-11-(1-phenylmethyl)-7, 10-dioxocane[5, 6-h]-1-benzopyran-2, 12-dione 对蜡状芽孢杆菌、表皮葡萄球菌和藤黄八叠球菌的 MIC 值分别为 $> 64 \text{mg}/\text{mL}$ 、 $64 \text{mg}/\text{mL}$ 和 $16 \text{mg}/\text{mL}$ 。而 Sardari S 等^[26]则研究了来源于 *Diplotaenia damavandica* 的香豆素类化合物白芷素,并以此为先导物合成衍生物,它们对白色念珠菌、隐球菌和黑曲霉都有较强的抑制作用。

Kawazoe K 等^[27]从马鞭草科蔓茎植物的果实中分离到 4 种具抗菌活性的木脂素 vitrofolal G、vitrofolal D、vitrofolal E 和的特天然 ahydroconidendrin, 它们对耐苯唑青霉素金黄色葡萄球菌的 MIC 值分别为 $64 \mu\text{g}/\text{mL}$ 、 $16 \mu\text{g}/\text{mL}$ 、 $64 \mu\text{g}/\text{mL}$ 和 $8 \mu\text{g}/\text{mL}$ 。

1.7 酯类

来源于芸香或日本常山叶的香柑内酯,可使细菌致死,也是细菌诱变性光敏剂。而从康乃馨中分离得到的石竹内酯具有强烈康真菌活性,是植物被细菌感染后诱导产生的防御素^[24]。另外,来源于微甘菊中的双氢微甘菊内酯具有抗真菌生长作用,如对白色念珠菌的生长有强烈抑制作用^[24]。

1.8 醛类、酚类和醇类

茴香醛是茴香挥发油中的一种成分。白玫等^[28]用药基法测得茴香醛体外抗白色念珠菌 (*C. albicans*) 的 MIC 值为 $0.625 \sim 1.25 \text{mg}/\text{mL}$, 新生隐球菌的 MIC 值为 $1.25 \text{mg}/\text{mL}$, 对其他深部真菌,如申克氏孢子丝菌、紧密着色真菌、烟曲霉、黑曲霉的 MIC 值为 $0.625 \sim 1.25 \text{mg}/\text{mL}$ 。另外,从白桂皮中分得的白桂皮醛,灰胡桃的松柏醛,肉桂中的桂皮醛、玫瑰的玫瑰醛、天麻块茎的香草醛^[24]。此外,从唇形科植物日本香茶菜叶中分离到的香茶菜醛在万分之一浓度时对枯草杆菌、大肠杆菌及金黄色葡萄球菌就有抑制作用^[24]。

赵纯森等^[29]从厚朴树的自然落叶中提取总酚化合物对供试 10 种真菌均有很强的抑制作用,水提取物在 $2000 \text{mg}/\text{kg}$ 盆栽条件下能杀死土壤中棉立枯病菌,田间对小麦白粉病、蚕豆赤斑病高

峰期喷提取物一次可明显控制病情发展 杨征敏等^[30]从苦皮藤假种皮中分离到间苯二酚、麝香草酚对玉米小斑病有较好抑制作用。Veronika Abram和 Marjan Donka^[31]从长生花中分离到多酚对 *Geotrichum sp.* *Eshcherichia coli* . *Saccharomyces* 等病具有抑制作用。徐竺婷和李鸣宇^[32]研究指出苯多酚、厚朴酚和鞣酸对变链菌、乳杆菌、粘性放线菌、坏死梭杆菌、牙龈卟啉菌具有强弱不同的抑制作用。

此外,存在于亚麻中的松柏醇,软骨藻中的环桉叶醇及来源于麝香草全草的 α 松油醇均油抑菌活性,且后两者已制成气雾剂作空气消毒杀菌剂^[24]。

1.9 有机酸

从松萝中分得的地依酸(usnic acid),从铁苋菜、翻白草、牡丹叶、细叶野牡丹及芒果叶等中分离得到的没食子酸;白蒿的香草酸,四季青的原儿茶酸,百蕊草的丁二酸,小青杨的阿魏酸,水杨酸及对羟基苯甲酸等有机酸均具有强烈的抑(杀)菌活性^[33]。Meng JC等^[34]从菊科绢毛菊(*Soroseris hookeriana subsp. erysimoides*)中分离得到的 p-甲氧基苯甲酸和异番草酸(isovanillic acid)对黑曲霉均有较强烈的抑制作用,其 MIC 都为 $25\mu\text{g}/\text{ml}$ 而 Tan R X 等^[35]从龙胆科植物高山龙胆(*Gentiana algida*)丙酮提取物中分离出 anofinic acid 和 fomannoxin acid,平板法研究表明,anofinic acid 和 fomannoxin acid 对植物病原真菌瓜枝孢(*Cladosporium cucumerinum*)有较强的抑制作用,其 MIC 值分别为 $50\mu\text{g}/\text{mL}$ $5\mu\text{g}/\text{mL}$,它们相对应的甲酯对白念珠菌(*candida albicans*)有较强的抑制作用, MIC 值分别为 $50\mu\text{g}/\text{mL}$ $25\mu\text{g}/\text{mL}$ 。

此外,从菊科植物一枝黄花(*Solidago virga Var. leiocarpa*)中分离得到的咖啡酸,从樟科植物肉桂中分离得到的桂皮酸,绵马(*D. filix-mas*)的黄绵马酸(Flavapicidic acid),龙胆中龙胆酸(Gentisic acid),甘草的甘草次酸(Glycyrrhetic acid),掌叶大黄和何首乌的大黄酸(Rhein),白蒿中的丁香酸(Syringic acid)等有机酸均具有显著的抑菌活性,并已在抗菌药物开发中显示出一定的潜力^[24]。

1.10 胺类

王理达等^[36]发现澳洲茄胺具有强烈的抑菌活性,其作用机理主要在于抑制甾醇生物合成途径。Tan R X 等^[37]则从龙胆科植物龙胆中分离得到一些氨基甲酸类化合物 N-二十二酰基-邻胺基苯甲酸乙酯,研究发现它具有良好的抗菌作用,对白色念珠菌和黄曲霉均有较强的活性, MIC 值为 $60\mu\text{g}/\text{mL}$ 。而来源于芸香科植物北芸香草地上部分的林巴胺及存在于康乃馨中的石竹胺均有强力杀菌活性^[24]。

1.11 芪类

芪类是具有均二苯乙烯母核或其聚合物的一类物质的总称。Yoshihiko 等从决明心材中提取到芪类化合物: 3,3',4,5'-四羟基反二苯乙烯,对桔青霉和黑根霉具有强烈的抑制活性^[1,16]。

Gollapudi 等^[38]从维基尼阿木兰叶中提取分离获得三种有强烈抑菌活性的化合物: 4,4'-二乙烯基-2,3-二羟基二苯醚 3,5'-二乙烯基-2,3-二羟基-4-甲氧基二苯和 5,5'-二乙烯基-2,2'-二羟基二苯,他们对白假丝酵母、黄曲霉和丝黑霉具有很强的抑菌活性^[23]。Adesanya 等^[39]从黄独和灌木黄独中提取到抗真菌活性成分 3,5,4'-三羟基二苯,其对枝状孢霉和须发癣菌均有杀菌活性。Cooksey 等^[40]从落花生中提取到一种 3-异戊二烯基-4,3,5'-三羟基芪类化合物,其在 $14\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度下可抑制黄曲霉的繁殖,而在 $11.3\mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度下可抑制菌丝生长。

1.12 皂甙

植物皂甙有多种多样的生物效应,也包括具有很强的抗菌活性。据中国应用药理学记载,萨酒皂甙具有广谱抗菌作用,它对溶血性金黄色葡萄球菌、溶血性链菌、肺炎双球菌、痢疾杆菌、伤寒杆菌、大肠杆菌、变形杆菌、百日咳杆菌及其常见的致病性皮肤真菌均有较强的抑制性^[41]。Amico 等^[42]从植物扁豆中分离得到 3 种有抗菌活性的皂甙,它们对瓜枝孢霉的最小抑菌量分别为 5.0 2.5 $5.0\mu\text{g}$ 。金继曙等^[43]从油菜籽饼中成功分离出一种抗真菌活性成分油茶皂甙 A,被鉴定为齐墩果烷型的五环三萜皂甙,其对红色毛癣菌、石膏样癣菌、断发癣菌的 MIC 为 $0.125\sim 1.000$

mg/mL,对白色念珠菌的 MIC 为 $0.0625\sim 0.125$ mg/mL。

0.2500 mg/mL^[28]。从三叶草中亦分离出一种植物皂甙能有效防治一种疫病 (*Phytophthora cinnamomi* Rands),其作用机理主要在于影响细胞膜的蛋白质、磷脂及甾体^[44]。

1.13 甾类

周立刚等^[31]通过对薯蓣皂甙元、fukioside G、滇黄精甙 A-25-(R)-PO-8和胡萝卜甙共5种甾体类化合物的杀菌试验,研究表明,胡萝卜甙对植物病原真菌尖孢镰刀菌和人类病原菌白色念珠菌的生长都有抑制作用,对尖孢镰刀菌的MIC为0.108 g/L,对白色念珠菌的MIC为0.078 g/L。Atta-Ur-Rahman M I等^[45]研究发现,来源于植物 *Jolyna* 拉米那 *rioides* 的岩藻甾醇 (fucosterol) 对弯孢霉、黑葡萄穗霉和犬小孢子霉等霉菌具有显著的抑杀活性。而王理达等^[36]亦发现 24-(R,S)-25-epiminolanosterol 具有抑菌活性,其作用机理主要在于抑制甾醇生物合成途径。

1.14 精油类

早在1887年,Chamberland就在法国对精油抗菌性进行了研究^[46]。凌冰等^[47]研究表明飞机草挥发油在中等浓度(800 mg/L)时,对水稻稻瘟病菌的抑制作用最强,对长春花痰病菌的抑制作用次之,对香蕉枯萎病菌的抑制作用最弱,其抑菌率分别为61.40%、29.27%和14.44%,用GC/MS详细分析了飞机草挥发油的化学成分,共鉴定了33个化合物,其主要成分是萜类化合物,如反式-石竹烯(16.58%)、 δ -杜松烯(15.83%)、 α -可巴烯(11.58%)、氧化石竹烯(9.63%)、大根香叶烯(4.96%)和 α -律草烯(4.32%)。王红星等^[48]对6种芳香型植物精油进行了抑菌试验,研究发现所选精油都有一定的抑杀菌效果,丁香油最低抑杀菌浓度为320 mg/kg,抑霉效果与对羟基苯甲酸乙酯相当,优于苯甲酸、山梨酸和丙酸,山苍子油和柠檬油最低抑杀菌浓度为320~1250 mg/kg,抑霉效果和苯甲酸、山梨酸、丙酸相似,比冰乙酸、富马酸好。

张广文等^[49]运用GC-MS技术分析了广藿香精油,鉴定出18种成分(主要成分为广藿香醇31.47%、 α -愈创木烯19.78%、 δ -愈创木烯17.47%、 α -广藿香烯7.51%、丁香烯3.41%,他们对5种致病真菌、6种条件致病真菌和5种细

菌均有一定的抗菌作用,其最低抑菌浓度(MIC)为0.2~1.0 ml/L。陈炳华等^[50,51]亦采用GS-MS技术分析了乐东拟单性木兰花部挥发油的化学组成,共鉴定出57种化合物,其中 β -蒎烯含量最多,并且发现该挥发油对大肠杆菌和伤寒杆菌具有一定的抑制作用或杀灭能力;同时他还测定了闽产前胡根挥发油组分及其抑菌活性,结果显示闽产前胡根挥发油对大肠杆菌、伤寒杆菌和弗氏志贺氏菌具有较强的抑制作用。

张国珍等^[52]从麻黄和细辛中提取的挥发油对植物病原真菌 *Alternaria Panax*, *Phytophthora cathorum*, *Rhizoctonia solani*, *Ustilago coicis* 等均有抑制作用,接种48 h后2种挥发油对 *R. Solani* 的毒力最强,最低抑制浓度为250 mg/L。黄梁绮龄等^[53]对湖南山鸡椒挥发油(山苍子油)抑制植物病原真菌 *Fusarium oxysporum*, *Helminthosporium sp.*, *Stemphyllium sp.* 的效能及其抑制真菌的有效成分进行研究,实验结果表明,所用山鸡椒挥发油具有很强的抑制植物病原真菌生长的能力,并有明显的保鲜作用,其主要活性成分为柠檬醛。严宣佐等^[54]自杜香茎叶中提取的挥发油(主要成分为桉烯26.49%、 α -萜品烯2.22%、 α -伞花烃4.13%、 γ -萜品烯4.13%、桃金娘烯醛28.60%)对淡紫青霉、黑曲霉、交链孢霉、高大毛霉等真菌具广谱的抗菌作用。而曹克强和 Ariena H C van Bruggen^[55]发现大蒜油、香茅油及木贼提取物对马铃薯晚疫病的孢子萌发、菌丝生长及对叶片的侵染具有一定的抑制作用。

1.15 其它

王关林等^[56]从不同品种中提取出葱甙,并测定其对革兰氏阴性菌和革兰氏阳性菌的抑制活性,发现抑制活性与葱醌成分呈正相关性。另外,植物中的木质素和植保素及一些蛋白质(如抗真菌蛋白AFP)亦有抑菌抗病活性,并已开始应用实际生产^[57,58]。

此外,有些植物粗提物本身没有抗菌活性,但其酶解或水解产物具有抑杀菌活性。Luisan M Manici等^[59]从十字花科植物种子中分离到11种芥子油苷及其酶解产物,在对8种真菌的抗菌活性研究中发现,芥子油本身不具有抗菌活性,但其酶解产物对立枯丝核菌、*Sclerotinia sclerotium*、

Diaplotthe phaseolorum 和 *Pythium irregulare* 具有抗菌活性, MIC 为 0.1~ 1.2 mg/L, 作用最强的酶解产物的 EC₅₀为 0.05 mg/L。

2 小结与展望

为了寻找在病害综合防治中更为理想的杀菌剂,从植物中寻找新型的具有抑菌活性的天然化合物,并对其进行适当的结构修饰,筛选出活性更高的新化合物,是当前十分活跃的研究领域,尤其是在绿色食品、绿色家园日益被重视的今天,寻求对环境相容性好,对病原菌具有持久效果的无公害农药显得格外重要。植物源杀菌剂因其大多为复合的抑菌有效成分,且具有多种作用位点和作用机制,对环境污染小,已成为农药研究开发领域的热门之一,并已成功开发出 Talent™ Mil-san™ 银泰等植物源杀菌剂。但是植物中的化学成分有数十种甚至数百种化合物,而其中具有抗菌、抑菌活性的可能只是其中一种或几种,为了开发植物抑菌活性资源,并从中获得有效成分,鉴定结构,至产业化应用,今后尚需在以下几方面进行更深入的研究:

(1)加强抑菌植物资源的调查研究。通过历年大规模药用植物调查,已发现我国药用植物有 8000 种左右,而作过抑菌活性研究的植物仅仅涉及菊科、唇形科等十多个科植物^[5]。此外, wilkings 和 board 撰文报道有 1389 种植物有可能作为杀菌剂^[60]。国内,韩建华等^[61]研究了 27 种植物,李树明等^[62]探索了 50 味中草药的抑菌作用,冯俊涛等^[63, 64]则系统研究了 56 种植物及西北抑菌植物资源,显示我国具有丰富的抑菌植物资源有待研究与开发。

(2)建立快速、高效提取分离与筛选鉴定活性物质的方法。植物体内的抑菌活性物质往往是其体内一种或几种次生物质,含量甚微,必须应用科学合理的提取分离手段才能获得,近来,虽然利用树脂法、膜分离、超临界流体提取、超声波提取和微波提取等先进提取技术,使活性成分提取效率得到了极大地提高,但提取成本仍然较高,需进一步综合运用各类先进提取技术,提高有效成分提取率,降低生产成本;同时应探索其结构与活性的关系,以寻找先导结构研制开发新型、安全、高

效的杀菌剂。

(3)完善植物源杀菌剂质量控制体系。植物源抑菌活性成分为植物的一类或几类次生代谢物质,其种类、含量受自身遗传因子、外界环境条件的影响,会有地域性和季节性变化,并且活性成分在植物不同部位含量亦不同,特别是大多活性成分对光和热不稳定。为此,必须强化植物源杀菌剂的质量控制体系的研究,以提高其稳定性,即如何控制稳定性是此类杀菌剂产业化开发的关键之一。

(4)借鉴“中药配伍”原则和农药复配机理,探索不同植物源活性成分或与化学杀菌剂的配伍增效机制。由于植物活性成分大多为一类或少数几类相近次生代谢产物,其抑菌谱一般较窄,经过与多种活性成分复配,可显著增强杀菌谱,扩大应用范围;而通过与化学杀菌剂复配,不仅可利用化学杀菌剂作用快的特点,提高速效性,而且可运用植物源有效成分的复杂性,不易产生抗(耐)药性,从而达到互补,研制开发出新型、高效、安全的杀菌剂。

(5)加强植物源杀菌剂原料植物的保护与综合开发。一个植物源杀菌剂的产业化能否作大作强,其原料是关键之一。因为存在于植物原料的抑菌活性成分含量甚微,工业化生产需要大量的资源,若资源无法保证正常供应,必将影响其进一步开发,而必须综合考虑生态保护与资源开发,进行人工引种栽培建立原料生产基地,或利用分子生物学与组织培养技术工厂化生产活性次生成分,随着外源基因转化技术的成熟,利用根癌农杆菌和发根农杆菌的 Ti-质粒和 Ri-质粒转化后的冠瘿组织和毛状根作为培养系统来生产有用的活性成分是切实可行的,从而确保原料与其产业化顺利进行。

此外,植物源杀菌剂的研究尚处于起步阶段,机理方面研究仅仅处于探索阶段,没有明确的方式与方法,需要多学科合作以进一步明确并深入研究。

但是可以肯定,随着研究的不断深入及新资源、新活性成分的逐渐发现及人们对绿色、天然的日益崇尚,植物源杀菌剂必有巨大的开发潜力与发展前景。

参考文献:

[1] 陈征宇. 植物体内的抗真菌成分 [J]. 国外医药 (植物药分册), 1993, 8(3): 3~ 8.

[2] Michael D. Cole, Paul D. Bridge, Joanne E. Dellar, *et al.* Antifungal activity of neo-Clerodand diterpenoids from *Scutellaria* [J]. *Phytochemistry*, 1991, 30 (4): 1125~ 1127.

[3] 王 勤,张 琪,陈正山. 盘花垂头菊倍半萜的体外抗菌、抗肿瘤活性 [J]. 中国药理学通报, 2002, 18(5): 597~ 598.

[4] 郁建平,刘兴宽. 贵州金丝桃挥发油成分及抗菌活性研究 [J]. 中国药学杂志, 2002, 37(12): 900~ 902.

[5] 吴新安,花日茂,岳永德,等. 植物源抗菌、杀菌活性物质研究进展 (综述) [J]. 安徽农业大学学报, 2002, 29(3): 245~ 249.

[6] 夏鲁青,赵博光,巨云为,等. 双稠哌啶类生物碱对 5个环境细菌菌株的抑制作用 [J]. 南京林业大学学报, 2001, 25(5): 81~ 84.

[7] 樊宏伟,卢继红. 苦参碱类生物碱的体外抑菌、抑病毒及诱生干扰素的实验研究 [J]. 中医药信息, 2000, (4): 75~ 67.

[8] 周纪唏译. 高等植物源农药 [J]. 农药译丛, 1994, 16(2): 1~ 6.

[9] 朱振东,周茂繁. 黄连生物碱对植物病原真菌抑菌作用及其应用的初步研究 [J]. 华中农业大学学报, 1991, 10(4): 342~ 346.

[10] Ebehard u. Control of phytophthor infestans with berberine. C. A. 107, 1985 72874.

[11] Philogène B J R, Arnason J T, Towers, *et al.* Berberine a naturally occurring phototoxic alkaloid [J]. *Journal Chemical Ecology*. 1984, (10): 115~ 123.

[12] 佟树敏,李学静,杨先芹. 0. 6% 苦。小檗碱杀菌剂研制及在苹果上的应用 [J]. 农业环境保护, 2002, 21(1): 67~ 69.

[13] 黄池宝,罗宗铭. 黄酮类化合物在食品中的应用 [J]. 广州化工, 2000, 28(4): 35~ 37.

[14] 郭志坚,郭书好等. 黄柏叶中黄酮醇甙含量测定及其抑菌实验 [J]. 暨南大学学报 (自然科学版), 2002, 23(5): 64~ 66.

[15] 陈健芬,何卫华,钱伏刚. 荷叶提取物口腔抑菌有效成分的定性定量分析 [J]. 日用化学工业, 2003, 33(1): 49~ 52.

[16] Reife J Grayer, Jeffrey B, *et al.* A survey of antifungal compounds from higher plants, 1982~1993 [J]. *Phytochemistry*, 1994, 37(1): 19~ 42.

[17] 佟建明,高微微,萨仁娜,等. 植物黄酮 MPB6的抗菌活性及对肉仔鸡生产性能的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2002, 38(5): 23~ 24.

[18] 武雪芬,白 雁. 金银花叶药用成分的提取及抑菌试验研究 [J]. 中成药, 2001, 23(6): 448~ 449.

[19] 陈春涛,马庆一,马玉美,等. 花生壳中木犀草素等抑菌活性成分的提取、纯化与研究 [J]. 食品科学, 2003, 24(5): 84~ 88.

[20] Cerdeiras M P, Fernández J. A new antibacterial compound from *Ilicella lutea* [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2000, 73(3): 521~ 525.

[21] Liu Hongmei, Orjala Jimmy, Sticher Otto, *et al.* Acylated flavonol glycosides from the leaves of *Stenochlaena palustris* [J]. *J. Nat. Prod.*, 1999, 62(1): 70~ 75.

[22] 安银岭,陈秀虹. 几种萜醌类衍生物对植物病原真菌抑制作用的研究 [J]. 西南林学院学报, 1999, 19(2): 122~ 125.

[23] 张野平,杨志博. 胡桃醌对肿瘤细胞增殖抑制作用和抗菌作用 [J]. 沈阳药学院学报, 1993, 10(4): 271~ 274.

[24] 孙文基,绳金房. 天然活性成分简明手册 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 1998.

[25] Quadri-spinelli, Tulla, Heilmann, Jorg. Bioactive coumarin derivatives from the fern *Cyclosorus interruptus* [J]. *Planta Medica.*, 2000, 66(8): 728~ 733.

[26] Sardani S. Synthesis and antifungal activity of coumarins and angular furanocoumarins [J]. *Bioorg. Med. Chem.*, 1999, 7 1933.

[27] Kawazoe K, Yutani A, Tamemoto K, *et al.* Phenyl-naphthalene compounds from the subterranean part of *Vitex rotundifolia* and their antibacterial activity against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* [J]. *J. Nat. Prod.*, 2001, 64(5): 588~ 591.

[28] 白 玫,戴文英. 茴香醛抗真菌实验及临床研究 [J]. 中华皮肤科杂志, 1995, 28(6): 364~ 366.

[29] 赵纯森,黄俊斌. 厚朴叶中抑菌活性成分鉴别及其防病效果 [J]. 华中农业大学学报, 1994, 13(4): 373~ 377.

[30] 杨征敏,吴文君,王明安,等. 苦皮藤假种皮中的杀菌活性物质 [J]. 农药学学报, 2001, 3(2): 93~ 96.

[31] 周立刚,张颖君. 黄酮和甾体化合物的抗菌活性 [J]. 天然产物研究与开发, 1997, 9(3): 24~ 29.

[32] 徐竺婷,李鸣宇. 10种中药有效成分抑制口腔主要致病菌比较 [J]. 中国现代应用药学杂志, 2000, 17(4): 277~ 279.

[33] 韩公羽,沈企华. 植物药有效成分的研究与开发 [M]. 杭州: 杭州大学出版社, 1991, 70.

[34] Meng J C. New antimicrobial mono and sesquiterpenes from *Soroseris hookeriana* Subsp. *Erysimiodes* [J]. *Planta Medica.*, 2000, 66 541.

[35] Tan R X, Kong L D, Wei H X. Secoindoid glycosides and an antifungal nthanilate derivative from *Gentiana tibetica* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 47(7): 1223~ 1226.

[36] 王理达,胡迎庆,屠鹏飞,等. 13种生药提取物及化学成分 的抗真菌活性筛选 [J]. 中草药, 2001, 32(3): 241~ 244.

[37] Tan R X, Wolfender J R, Ma W G, *et al.* Secoirindoids and antifungal aromatic acids from *Gentiana alba* [J]. *Phyto-*

chemistry, 1996, 41(1): 111~ 116.

[38] Gollapudi, Staraghav R, Telikepalli, *et al.* Glepidotin C A minor antimicrobial libenzyl from Glycyrhiza lepidota [J]. Phytochemistry, 1989, 28(12): 3556~ 3557.

[39] Cookysey C J, *et al.* A dienyI stilbean phytoalexin from Arachis hypogaea [J]. Phytochemistry, 1988, 27(4): 1015 ~ 1016.

[40] Adesanya S A, Ogundana S K, Roberts M F. Dihydrostilbene phytoalexins from Discorea bulbifera and D. dummentorum [J]. Phytochemistry, 1989, 28(3): 773~ 774.

[41] 管敏强,毛华明,易礼胜,等. 生物活性物质——皂甙 [J]. 国外畜牧科技, 2001, 28(5): 12~ 15.

[42] Marston A, Gafner F, Dossaji S F, Hostettmann K. Fungicidal and molluscicidal saponind from Dolichos kili-mandscharicus [J]. Phytochemistry, 1988, 27(5): 1325~ 1326.

[43] 金继曙,都述虎. 油茶籽饼抗真菌活性成分的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 1993, 15(2): 48~ 51.

[44] 屠予钦. 天然源农药的研究利用——机遇与问题 [J]. 世界农药, 1999, 12(4): 4~ 12

[45] Atta-U r-Rahman, Iqbal Choudhary M, Majeed A, *et al.* A succinylanthranillic acid ester and other bioactive constituents of Jolyna laminarioides [J]. Phytochemistry, 1997, 46(7): 1215~ 1218.

[46] Dominique Bandoux. 精油的抗病毒和抗微生物作用 [J]. 香料香精化妆品, 2002, (5): 40~ 45.

[47] 凌冰,张茂新,庞雄飞. 飞机草挥发油对真菌盒昆虫的生物活性及其化学成分研究 [J]. 天然产物的研究与开发, 2003, 15(3): 183~ 187.

[48] 王红星,郭燕群. 芳香型植物精油抑菌效果的测定和比较 [J]. 中国饲料, 1996, (6): 32~ 34.

[49] 张广文,蓝文健,苏镜娱,等. 广藿香精油化学成分分析及其抗菌活性 (II) [J]. 中草药, 2002, 33(3): 210~ 212.

[50] 陈炳华,王明兹,刘剑秋. 乐东拟单性木兰花部挥发油的化学成分及其抑菌活性 [J]. 武汉植物学研究, 2002, 20(3): 229~ 232

[51] 陈炳华,王明兹,刘剑秋. 闽产前胡根挥发油的化学成分及其抑菌活性 [J]. 热带亚热带植物学报, 2002, 10(4): 366~ 370.

[52] 张国珍,樊瑛. 麻黄和细辛挥发油的抗真菌作用 [J]. 植物保护学报, 1995, 22(4): 373~ 374.

[53] 黄梁绮龄,陈培榕. 山鸡椒挥发油成分分析及其抗菌保鲜作用的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 1994, 6(4): 1~ 5.

[54] 严宣佐,张丽. 杜香植物资源开发利用的基础研究 II . 杜香油抗真菌及细菌作用的实验研究 [J]. 天然产物研究与开发, 1993, 5(1): 39~ 43.

[55] 曹克强, Ariena H C van Bruggen. 几种植物提取物和天然产物对马铃薯晚疫病的抑制作用 [J]. 河北农业大学学报, 2001, 24(2): 90~ 96.

[56] 王关林,田兵,易庆,等. 芦荟抑菌成分的筛选提取及其活性的比较分析 [J]. 中国微生物学杂志, 2001, 13(6): 328~ 330.

[57] 陈晓梅,郭顺星. 植物抗病性物质研究进展 [J]. 植物学通报, 1999, 16(6): 658~ 664.

[58] Koushik Seetharaman, Elizabeth Whitehead, Nancy P Keller, *et al.* In vitro activity of sorgum seed antifungal proteins against gain mold pathogens [J]. J Agric Food Chem, 1997, 45 3666~ 3671.

[59] Luisa Manici, Luca Lazzen, Sandro Palmieri. Invitro fungitoxic activity of some glucosinolates and their enzyme-derived products toward plant pathogenic fungi [J]. J Agric Food Chem, 1997, 45 3768~ 3773.

[60] 吴铁青. 使用天然抗菌化合物保护作物 [J]. 农药译丛, 1996, 18(3): 9~ 12.

[61] 韩建华,祝木金,冯俊涛,等. 27种植物抑菌活性初步筛选 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2002, 30(6): 134~ 137.

[62] 李树明,张凤鸣,雷洁,等. 50味中药对 8种畜禽病原菌抑菌对比研究 [J]. 中兽医学杂志, 2000, (4): 5~ 8.

[63] 冯俊涛,石勇强,张兴. 56种植物抑菌活性筛选试验 [J]. 西北农业大学学报 (自然科学版), 2001, 29(2): 65~ 68.

[64] 冯俊涛,祝木金,于平儒,等. 西北地区植物源杀菌剂初步筛选 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2002, 30(6): 129~ 133.