

植物精油组分松油烯-4-醇研究进展^{*}

陈根强^{1,2}, 冯俊涛¹, 陈安良¹, 张 兴¹

(1 西北农林科技大学 无公害农药研究服务中心, 陕西 杨凌 712100;

2 河南科技大学 园林系, 河南 洛阳 471003)

[摘 要] 简要介绍了植物精油组分松油烯-4-醇的理化性质、合成方法、含松油烯-4-醇较为丰富的植物种类及其在日用化学品、医药、食用等方面的应用, 着重阐述了其在杀虫、抑菌等方面的研究进展。

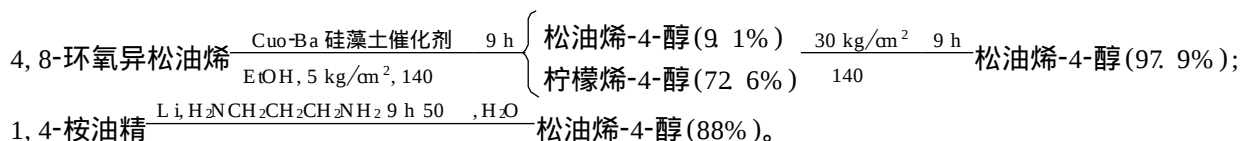
[关键词] 松油烯-4-醇; 植物精油; 杀虫; 抑菌; 研究进展

[中图分类号] S482.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2004)08-0130-05

松油烯-4-醇是多种植物精油的主要组分或组分之一, 有多种生物活性^[1]。西北农林科技大学无公害农药研究服务中心在对砂地柏(*Sabina vulgaris* Ant.)精油的研究中发现, 松油烯-4-醇是砂地柏精油的主要杀虫活性组分^[2], 对多种昆虫表现出很高的熏蒸毒杀活性^[1], 作用机制独特^[1,3], 而且松油烯-4-醇气味宜人, 环境安全性好^[4], 对其进行更深入全面的研究极有希望开发出新的农药品种。本文就国内外有关松油烯-4-醇的理化性质、合成方法、杀虫抑菌活性、环境相容性以及含松油烯-4-醇的植物种类等方面的研究进展作以综述, 以期为进一步研究和开发应用松油烯-4-醇提供依据。



由松油烯-4-醇的性质及合成路径可以看出, 由于松油烯-4-醇结构简单, 不仅合成步骤少, 工艺条件易于达到, 而且产率很高。

2 含松油烯-4-醇的植物种类

含松油烯-4-醇的植物种类很多, 目前已发现 20 多个科 60 多个属的 80 多种植物精油中含有松油烯-4-醇。其中, 柏科(Cupressaceae)、番荔枝科(Annonaceae)、唇形科(Labiatae)、菊科(Compositae)、

1 松油烯-4-醇的理化性质及合成

松油烯-4-醇(terpinen-4-ol)的分子式为 $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$, 相对分子质量为 154.24, 有 D-terpinen-4-ol 和 L-terpinen-4-ol 两种旋光异构体。沸点 88°C , 密度 0.934 g/cm^3 , 折光系数 1.4775。常温下为黄色透明液体, 易挥发, 有特殊宜人的香味。易溶于乙醚、丙酮等中等极性溶剂^[2]。

有关松油烯-4-醇人工合成的报道较少, Morikawa 等^[5]用 4, 8-环氧异松油烯(terpiolene 4, 8-epoxide)在铜存在下通过异构化或氢化来制备。Mitchell 等^[6]用 1, 4-桉油精通过 E_2 消除反应来合成。两者的合成路径如下:

芸香科(Rutaceae)、木兰科(Magnoliaceae)、桃金娘科(Myrtaceae)、橄榄科(Burseraceae)、露兜树科(Pandanceae)、姜科(Zingiberaceae)、爵床科(Acanthaceae)、漆树科(Anacardiaceae)等植物的精油中, 松油烯-4-醇含量极为丰富(表 1), 如菊蒿(*Tanacetum longifolium* Wall)根油中含松油烯-4-醇 258.0 mg/g ^[17], 姜科植物 *Zingiber cassumunar* Roxb. 根油中含量达 505.0 mg/g ^[24]。由此可见, 松油烯-4-醇的自然资源极为丰富, 便于直接开发利用。

^{*} [收稿日期] 2004-01-12

[基金项目] 国家自然科学基金项目(39970506); 国家 863 计划项目(2001AA246016); 国家“十五”攻关项目(2002BA516A04)

[作者简介] 陈根强(1968-), 男, 河南洛阳人, 在读博士, 主要从事植物保护学及农药学研究。

[通讯作者] 张 兴(1952-), 男, 陕西周至人, 教授, 博士生导师, 主要从事农药学与植物化学保护研究。

表 1 含松油烯-4-醇比较丰富的植物种类

Table 1 Plants containing abundant terpinen-4-ol

科 Fam ilia	属 Genus	种 Species	部位 Parts	精油中松油烯-4-醇 的含量/(m g · g ⁻¹) Content of terpinen- 4-ol in its essen- tial oil	资料来源 Reference
柏科 Cupressaceae	园柏属 <i>Sabina</i>	砂地柏 <i>S. vulgaris</i> A	果实 Fruit	223.0	[2]
	刺柏属 <i>Juniperus</i>	<i>J. indica</i> Bertol	叶 Leaf	37.0~ 130.0	[7]
番荔枝科 Annonaceae	木瓣树属 <i>Xylopia</i>	<i>X. aethiopica</i>	果实 Fruit	129.0	[8, 9]
唇形科 Labiatae	牛至属 <i>Origanum</i>	甜牛至 <i>O. majorana</i>	全株 All parts	323.0	[10]
		<i>O. ramonense</i> Danin	叶 Leaf	168.0	[11]
		<i>O. sbsp. viride</i>	全株 All parts	168.2	[12]
		<i>N. asterotrichus</i>	全株 All parts	228.0	[13]
	荆芥属 <i>Nepeta</i>	<i>N. gluinosa</i>	全株 All parts	131.0	[14]
	水苏属 <i>Stachys</i>	灰罗勒 <i>O. americanum</i>	全株 All parts	176.0	[15]
	罗勒属 <i>Ocimum</i>	鸡骨柴 <i>E. fruticosum</i>	全株 All parts	126.0	[16]
	香薷属 <i>Elisholtzia</i>	菊蒿 <i>T. longifolium</i>	根 Root	258.0	[17]
	艾菊属 <i>Tanacetum</i>	<i>A. carpatica</i>	全株 All parts	97.0	[18]
		芸香科 Rutaceae	柑桔属 <i>Citrus</i>	马峰橙 <i>C. hystriz</i>	果实 Fruit
木兰科 Magnoliaceae	八角属 <i>Iuicium</i>	喜马拉雅八角 <i>I. griffithii</i>	果实 Fruit	110.0	[20]
桃金娘科 Myrtaceae	众香树属 <i>Pimenta</i>	香叶多香果 <i>P. racemosa</i>	果实 Fruit	207.2	[21]
橄榄科 Burseraceae	蜡烛树属 <i>Dacryodes</i>	<i>D. Edulis</i>	树皮 Bark	256.0	[22]
露兜树科 Pandanaceae	露兜树属 <i>Pandanus</i>	露兜树 <i>P. fascicularis</i>		152.0	[23]
姜科 Zingiberaceae	姜属 <i>Zingiber</i>	<i>Z. cassumunar</i> Roxb	根茎、叶 Rootstalk, leaf	505.0	[24]
漆树科 Anacardiaceae	黄连木属 <i>Pistacia</i>	<i>P. integerrima</i>	树皮 Bark	303.0	[25]
爵床科 Acanthaceae	马蓝属 <i>Strobilanthes</i>	<i>S. callosis</i>		190.0~ 230.0	[26]

3 松油烯-4-醇的杀虫抑菌活性研究应用概况

目前, 有关松油烯-4-醇单一组分杀虫抑菌活性的研究虽然不多, 但以松油烯-4-醇为主要组分或组分之一的混合成分杀虫抑菌活性的研究应用很多。从这些相关的研究报道来看, 松油烯-4-醇或松油烯-4-醇与其他成分共同作用对昆虫表现出引诱、忌避、毒杀及抑制生长发育等多种生物活性, 对一些真菌、细菌也具有抑制作用, 展示出松油烯-4-醇作为农药品种开发应用的前景。

3 1 松油烯-4-醇对昆虫的引诱活性

用松油烯-4-醇、小茴香醇龙脑、 α -松油醇、马鞭草烯酮、小茴香酮、樟脑、戊烷等量混合, 对大露尾甲 (*Rhizophagus grandis* Gyll) 的诱捕率达 21. 6%, 比用其喜食的食物诱捕率(11. 1%)高^[27]。黄杉大痣小蜂 (*Megastigmus spemotrophus*) 雌虫产卵特别趋向花旗松, 用从花旗松花和叶中得到的萜、醇、醛对黄杉大痣小蜂进行触角电生理反应测试发现, 雌虫对松油烯-4-醇、己烯醇等反应敏感^[28]。含松油烯-4-醇的聚乙烯管可使小蠹虫 (*Rhyogenes chalcagphus*) 在扩散和群集行为中迷向, 可在其种群控制中加以利用^[29]。Fettkoother 等^[30]发现, 北美家天牛 (*Hy lotru-*

pes bajulus) 雌、雄虫对松油烯-4-醇均有强烈的趋性。因此, 对松油烯-4-醇引诱活性进行深入研究, 极有希望开发出用于害虫测报或防治的昆虫引诱剂。

3 2 松油烯-4-醇对昆虫的忌避活性

松油烯-4-醇气味独特, 对一些昆虫具有忌避活性, 目前已有专利产品问世。Takekawa 等^[31]用包括松油烯-4-醇在内的 4 种单萜制成一种衣物防虫抗菌剂, 可有效防止蛀虫对衣物的损害, 且无霉味。也有人用活化矾土吸附松油烯-4-醇制成杀虫剂放在衣橱内, 可有效防止衣物蛀虫^[32]。Kameoka 等^[33]则发明了一种以松油烯-4-醇为有效成分的蚊子驱避剂。Cowles^[34]发现, 松油烯-4-醇能阻止葱蝇 (*Delia antiqua*) 在其寄主上产卵。可见, 松油烯-4-醇对某些种类昆虫表现为引诱活性, 而对有些种类昆虫表现为忌避活性, 因此, 有必要广泛测定松油烯-4-醇对不同种类昆虫的作用方式, 以便更好地利用。

3 3 松油烯-4-醇对昆虫的熏蒸活性

Shaaya^[35]测定了 28 种植物精油及其主成分对常见贮粮害虫的熏蒸活性, 发现松油烯-4-醇对谷蠹 (*Rhyzopertha daninea*) 的活性最高。Lee 等^[36]测定了 34 种天然单萜对西部根叶甲 (*Diabrotica virgifera*)、二斑叶螨 (*Tetranychus urticae koch*)、家蝇

(*Musca domestica* L.) 3 种主要害虫的杀虫杀螨活性,发现松油烯-4-醇对二斑叶螨最为高效。松油烯-4-醇等含氧单萜还能抑制昆虫和螨类幼虫的生长发育^[41]。西北农林科技大学无公害农药研究服务中心从砂地柏精油中分离出松油烯-4-醇,并对其杀虫活性作了测试,发现该精油单体对小菜蛾、菜青虫等的熏蒸毒力高于砂地柏精油^[2]。

松油烯-4-醇突出的熏蒸作用,为将其开发为优良的熏蒸剂奠定了基础。熏蒸法对于潜伏在植物体内、贮藏物中或建筑物缝隙的害虫的防治有其他方法难以达到的良好防效,而且省工、省时、一次可处理大量物体,加之松油烯-4-醇具有宜人气味及环境友好性,可广泛用于农林、园艺、动植物检疫、家庭卫生及各种贮藏物的害虫防治。

3.4 松油烯-4-醇的抑菌活性

关于松油烯-4-醇抑菌活性的研究多集中在医学方面。许多富含松油烯-4-醇的植物精油均表现出抑菌活性。如苦艾蒿(*Artemisia absinthum*)叶油及花油具有抗细菌活性^[37],用牛至属植物 *Origanum majorana* 精油 0.005 mg/g 处理可完全抑制酵母菌和乳酸菌^[10],木瓣树属植物 *Xylopi aethiopica* 果实精油及蓍属植物 *Achillea fragrantissima* 精油对金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)、奇异杆菌(*Proteus mirabilis*)、肺炎杆菌(*Klebsiella pneumoniae*)、绿脓杆菌(*Pseudomonas aeruginosa*)、白假丝酵母(*Candida albicans*)等表现出抗菌活性^[8,9,38],千里光属植物 *Senecio graveolens* 的精油对藤黄微球菌(*Micrococcus luteus*)、金黄色葡萄球菌、白假丝酵母有抑制作用^[39]等。山姜属植物 *Alpinia speciosa* 的根、茎、叶、花油的主要组分均为松油烯-4-醇,含量在 100~500 mg/g,其叶油对真菌和 G^+ 细菌的最小抑制浓度为 2 mg/g,对 G^- 细菌的抑制浓度要高一些^[24]。

对松油烯-4-醇的农用抑菌活性报道不多。Barel^[40]对百里香属植物 *Thymus vulgaris* 的两个无性型(I, II)研究发现,其主成分均由松油烯-4-醇对异丙甲苯、芳樟醇、百里香酚组成,分别占两个无性型精油总量的 53.5% 及 66.2%。测定这两种精油对两种常见的草莓贮藏期病害 *Botrytis cinerea* 和 *Rhizopus stolonifer* 的抑制作用,结果表明,用 0.05~0.20 mg/g 的浓度处理, I 型精油对上述两种病菌的抑制率分别为 26.5%~63.5% 和 5.5%~50.5%, II 型的抑制率分别为 36.9%~90.5% 和 11.5%~65.8%;用 0.20 mg/g 处理,两种精油可

使两种病菌导致的烂果率均降低 73.0%~75.8%,观察期间未发现该精油对草莓果实的毒害作用。

借鉴医用研究成果,进行松油烯-4-醇对常见贮藏期病害、保护地病害的作用效果研究,有望开发出病虫害兼治的松油烯-4-醇农药产品。

4 松油烯-4-醇在其他方面的应用

松油烯-4-醇作为一种自然资源丰富的天然产物,不仅具有杀虫抑菌作用,而且在日用化学品、医药及食用等方面也有广泛的应用。

松油烯-4-醇可应用于日用化学品。由于松油烯-4-醇有宜人的香味且对皮肤无刺激,有杀菌和消除人体螨虫的作用^[41],已有不少含松油烯-4-醇的日用化学品问世,如香水、香皂、牙膏、沐浴液等。Lee^[42]发明了一种能预防和治疗痤疮的抗菌美容香皂,其组分中含白千层油 0.1~40 mg/g,该油中松油烯-4-醇的含量大于 300 mg/g,对诱发痤疮的丙酸菌有杀灭作用。Steude^[43]发明了含松油烯-4-醇的牙膏和口腔清洁剂。Grew^[44]用松油烯-4-醇或富含松油烯-4-醇的植物精油如白千层油、桉油、雪松油、柏油、茴香油等制成沐浴液,能有效消除人体皮肤及头发毛囊中的螨虫及由其引起的过敏反应。

松油烯-4-醇在医药方面也有应用。从日本柳杉(*Cryptomeria japonica*)叶子中提取的精油对由酒精、阿斯匹林、水浸及幽门结扎诱发的胃溃疡表现出强烈的抑制活性,其抗溃疡活性成分分别是单萜类的松油烯-4-醇及倍半萜类的榄香醇,其中松油烯-4-醇的抗溃疡作用更为迅速有效,且松油烯-4-醇两种光学异构体具有同样高的抗溃疡活性,试验还发现松油烯-4-醇对与胃溃疡有关的幽门螺杆菌(*Helicobacter pylori*)表现出抑菌活性^[45]。

松油烯-4-醇也可以食用,许多食用植物或食用香料中均含有松油烯-4-醇。印度牛至(*Origanum majorana* L.)有香味,用于烹调,其挥发物的主成分之一即为松油烯-4-醇,是该植物特征香气的代表化合物^[46]。其他如荆芥、香芝麻叶、肉桂、花椒、八角、姜、胡椒、柑桔等可食用香料中松油烯-4-醇的含量均比较高,如姜油中含松油烯-4-醇达 100~500 mg/g,在其叶、茎、花、根油中均为主要成分^[47]。

5 松油烯-4-醇的环境安全性

对松油烯-4-醇的环境安全性目前研究的不多,但从其可用于日用化学品、可药用、食用,应该说松油烯-4-醇对人类是比较安全的。Bessette 等^[41]将包

括松油烯-4-醇在内的含氧单萜称之为“环境安全的杀虫杀螨剂”(Ecologically-safe insecticide and acaricide)。Southwell 等^[41]测试了澳大利亚茶树油及其组分中主要单体对人皮肤的刺激性,共挑选了25个参试者,测试了21 d,结果无一人对松油烯-4-醇、 α -蒎烯、 β -蒎烯、柠檬烯、桉树脑、 α -松油醇等有异常反应。Hayes 等^[48]测定了澳大利亚茶树油对人的5种不同细胞的离体毒性,结果发现,毒性大小依次为 α -松油醇>茶树油>松油烯-4-醇>1,8-桉油精。与常用药物的毒性相比,氯化汞>茶树油>阿斯匹林,茶树油对人的5种细胞的IC₅₀值(致线粒体脱氢酶活性降低50%)在0.02~2.8 g/L。至于松油烯-4-醇对其他有益生物的安全性及其在环境中的行为尚未见报道。

6 结语及展望

综上所述,松油烯-4-醇自然资源丰富,结构简单,对昆虫有多种活性,兼具杀菌作用,可广泛使用,环境相容性好。这些基础研究为进一步开发利用松

油烯-4-醇提供了可靠的依据。但是,也应当看到,若要全面开发松油烯-4-醇系列农药,还有大量的工作要做,主要包括以下几个方面:弄清松油烯-4-醇对不同种类昆虫的作用方式及作用谱;探讨松油烯-4-醇对昆虫的作用机理,主要从细胞和分子水平进行,以确定作用靶标,为杀虫剂生物合理设计提供线索;应注重研究其对常见贮藏期病害、保护地病害的作用效果,以利用其熏蒸作用达到病虫兼治的目的;探讨采用易得的原料、相对简单的工艺来人工合成松油烯-4-醇,并对其进行修饰改造、衍生合成,发现活性更高的系列衍生物,创制我国自主知识产权的农药“模板”;进行松油烯-4-醇与其他植物精油或高效、低毒化学农药的增效复配研究,以期发现有显著增效作用的组合;适合于松油烯-4-醇的制剂形态,松油烯-4-醇的毒性及环境毒理等也有待于进一步研究。可以预见,随着研究的深入,极有希望在不久的将来,开发出可产业化的松油烯-4-醇系列农药产品。

[参考文献]

- [1] 陈根强 砂地柏精油主成分松油烯-4-醇杀虫作用研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2001.
- [2] 张 兴 植物农药与药剂毒理学研究进展[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2002.
- [3] 陈根强,李广泽,冯俊涛,等. 松油烯-4-醇对粘虫幼虫体壁结构的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2003,31(2): 67- 70.
- [4] Bessette S M, Beigler M A. Ecologically-safe insecticides and acaricides[P]. USA: WO 9854971 A 1, 10 Dec 1998.
- [5] Morikawa T, Takahashi T. Preparation of limonene-4-ol and terpinen-4-ol as perfumes[P]. Japan: JP 02048541 A 2, 19 Feb 1990.
- [6] Mitchell, Peter W D. Terpinen-4-ol was prepared by E₂ elimination of 1, 4-cineole[P]. European Patent Organization: EP 152757 A 2, 2 Aug 1985.
- [7] Adams R P. Leaf essential oil of *Juniperus indica* Bertol from Nepal[J]. JEOR, 1996, 8(6): 677- 680.
- [8] Chalchat J C. Correlation between chemical composition and antimicrobial activity. VI. Activity of some African essential oils[J]. JEOR, 1997, 9(1): 67- 75.
- [9] Poitou F. Composition of the essential oil of *Xylopi aethiopica* dried fruits from Benin[J]. JEOR, 1996, 8(3): 329- 330.
- [10] Charai M. Chemical composition and antimicrobial activities of two aromatic plants[J]. JEOR, 1996, 8(6): 657- 664.
- [11] Danin A. Essential oil composition of *Origanum ramonense* danin leaves from Israel[J]. JEOR, 1997, 9(4): 411- 417.
- [12] Sezik E. Essential oil composition of four *Origanum vulgare* subspecies of Anatolian origin[J]. JEOR, 1993, 5(4): 425- 431.
- [13] Rustaiyan A. Composition of the essential oil of *Nepeta asterotrichus* from Iran[J]. JEOR, 1999, 11(2): 229- 230.
- [14] Maritti J P. Composition and variability of the essential oil of *Schizanthus glutinosa* L. from Corsica (France) [J]. Flavour and Fragrance Journal, 1992, 7(3): 205- 209.
- [15] Demissew S A. Description of some essential oil bearing plants in Ethiopia and their indigenous uses[J]. JEOR, 1993, 5(5): 465- 479.
- [16] Thappa R K. Chemosystematics of the *Himalayan elsholtzia*[J]. JEOR, 1999, 11(1): 97- 103.
- [17] Kaul V K. Volatile constituents of the essential oil of *Tanacetum longifolium* [J]. JEOR, 1993, 5(6): 597- 601.
- [18] Bulatovic V M. Essential oil of *Anthem is carpatica*[J]. JEOR, 1997, 9(4): 397- 400.
- [19] Sato A. The chemical composition of citrus hystrix[J]. JEOR, 1990, 2(4): 179- 183.
- [20] Dutta S C. Essential oil of *Illicium griffithii* Hook[J]. JEOR, 1997, 9(2): 227- 228.
- [21] Bello A. Chemical composition of the leaf oil of *Pimenta racemosa* from Western Cuba[J]. JEOR, 1995, 7(4): 423- 424.
- [22] Onocha A. Essential oils of *Dacryodes edulis*[J]. Flavour and Fragrance Journal, 1999, 14(2): 135- 139.
- [23] Naqvi A A. Investigation of the essential oil of *Pandanus fascicularis* by GC/MS[J]. JEOR, 1996, 8(5): 571- 572.

- [24] Boroloi A K. Essential oils of *Zingiber cassumunar* from northeast India[J]. JEOR, 1999, 11(4): 441- 445
- [25] Ansari S H. Volatile constituents of the galls and stem bark of *Pistacia integerrima*[J]. JEOR, 1998, 10(3): 313- 316
- [26] Ramos-Ocampo V E. The influence of calamus oil and asarone analogues on the reproduction of *Oncopeltus fasciatus*[J]. The Philippine Entomologist, 1986, 6(5): 495- 515
- [27] Gundidza M. Essential oil composition of *Schistostephium hep talobum* Oliver and Hiern[J]. JEOR, 1994, 6(3): 315- 318
- [28] Thierry D. Electroantennogram responses of Douglas-fir seed chalcids to plant volatiles[J]. Journal of Insect Physiology, 1998, 44(5- 6): 483- 490
- [29] Chagonda L. Composition of the leaf oil of *Zanthoxylum chalybeum* [J]. JEOR, 1994, 6(6): 561- 563
- [30] Fettkother R, Reddy G V, Noldt U, et al. Effect of host and larval frass volatiles on behavioral response of the old borer, *Hglotrupes bar-julus* in a wind tunnel bioassay[J]. Chemoecology, 2000, 10(1): 1- 10
- [31] Takekawa H, Takahashi T, Toshio N. Mothproofing and antifungal agents containing empenhrin and monoterpeneoids[P]. Japan: JP 10007511 A 2, 13 Jan 1998
- [32] Ishida S, Hayashi S. Terpinen-4-ol as an insecticide for preserving clothes[P]. Japan: JP 06227906 A 2, 16 Aug 1994
- [33] Kameoka H, Furukawa Y, Nii A. Insect repellent containing terpinen-4-ol against the mosquitoes[P]. Japan: JP 06263603 A 2, 20 Sep 1994
- [34] Cowles R S. Cinnamyl derivatives and monoterpeneoids as non-specific ovipositional deterrents of the onion fly[J]. Journal of Chemical Ecology, 1990, 16(8): 2401- 2428
- [35] Shaaya E. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects[J]. J Chem Ecol, 1991, 17(3): 499- 504
- [36] Lee S, Tsao R, Peterson C, et al. Insecticidal activity of monoterpeneoids to western corn rootworm, two spotted spider mite and house fly[J]. Journal of Economic Entomology, 1997, 90(4): 883- 892
- [37] Nin S. Quantitative determination of some essential oil components of selected *Artemisia absinthium* plants[J]. JEOR, 1995, 7(3): 271- 277.
- [38] Chialva F. Essential oil constituents of *Achillea biebersteinii*[J]. JEOR, 1993, 5(1): 87- 88
- [39] Shama R N, Sakena K N. Orientation and developmental inhibition in the housefly by certain terpenoids[J]. Journal of Medical Entomology, 1974, 11(5): 617- 621.
- [40] Bareil S. The antimicrobial activity of the essential oil from *Achillea fragrantissima*[J]. J Ethno Pharmacol, 1991, 33(1/2): 187- 191
- [41] Southwell Ian A, Freeman S, Rubel D. Skin irritancy of tea tree oil[J]. JEOR, 1997, 9(1): 47- 52
- [42] Lee Yu-soon. Antibacterial makeup beauty soap composition for prevention and treatment of acne[P]. Repub Korea: KR 9604499 B1, 6 Apr 1996
- [43] Steude J. Toothpaste and mouthwash containing tea tree oil[P]. Germany: DE 19623905 A 1, 18 Dec 1997.
- [44] Grewe H F. Antimite cleaning agents for body and hair[P]. Germany: DE 19824681 A 1, 9 Dec 1999
- [45] Matsunaga T. Studies on bioactive substances in natural resources. IX. Studies on mechanism of antiulcer action of terpinen-4-ol[J]. Toyama-ken Yakuji Kenkyusho Nenpo, 1998, 26: 44- 49
- [46] Raghavan B. Effect of drying methods on the flavour quality of marjoram (*Origanum majorana* L.) [J]. Nahrung, 1997, 41(3): 159- 161
- [47] Prudent D. Chemical analysis, bacteriostatic and fungistatic properties of the essential oil of the atoumau from Martinique[J]. JEOR, 1993, 5, (3): 255- 264
- [48] Hayes A J, Leach D N, Markham J L, et al. In vitro cytotoxicity of Australian tea tree oil using human cell lines[J]. JEOR, 1997, 9(5): 575- 582

Research progress on the ingredient of plant essential oil——terpinen-4-ol

CHEN Gen-qiang^{1,2}, FENG Jun-tao¹, CHEN An-liang¹, ZHANG Xing¹

(1 Bio-rational Pesticide Research and Development Center, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Department of Horticulture and Forestry, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003, China)

Abstract: The paper summarized the physical and chemical characters, synthesis method, application of terpinen-4-ol, and the plants containing the compound abundantly, gave emphasis on the research development of its insecticidal and fungicidal activities

Key words: terpinen-4-ol; essential oil; insecticidal activities; fungicidal activities; research progress

