

植物源农药概述^{*}

何 军^{1, 2}, 马志卿^{1, 2}, 张 兴^{1, 2}

(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 陕西省生物农药工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 从植物源农药的特点、研究现状、开发利用途径、产业化现状等方面对植物源农药进行了简要论述, 提出了植物源农药研究及应用中存在的问题, 并展望了植物源农药的发展前景。

[关键词] 天然产物; 开发途径; 植物源农药

[中图分类号] S482.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)09-0079-07

在农业生产中, 人类利用植物源物质杀虫防病的历史悠久。据史书记载, 人类使用最早的农药是植物源农药和矿物质农药。公元前1000多年, 古希腊《荷马史诗》中已有用硫磺熏蒸杀虫防病的记载。中国的《周礼》、《山海经》、《神农本草经》、《齐民要术》、《本草纲目》、《天工开物》等古籍中, 均有使用植物性、动物性、矿物质药物防治农业有害生物的记载。这些农药的应用历史长达数千年。

19世纪以来, 在近代科学技术和工业发展的基础上, 对植物源农药的开发逐渐从经验阶段上升到科学实验阶段, 如除虫菊(*Chrysanthemum cinerifolium*)、烟草(*Nicotiana* spp.)、鱼藤(*Derris elliptica*)发展为商品化加工制剂并广泛使用。自20世纪40年代以后, 有机合成农药占据了市场, 植物源农药逐渐被人类所忽略。到60年代后期, 有机合成农药的种种弊端使天然产物农药重新受到重视, 特别是对印楝(*Azadirachta indica* A. Juss.)的研究带动了植物源农药的发展。到目前为止, 研究的植物种类达数千种, 开发成功的产品也很多, 并已在生产实践中被广泛应用。

1 植物源农药的特点

与有机合成农药相比, 植物源农药具有选择性强、低毒、易降解、害物不易产生抗性等优点。目前, 对植物源杀虫剂的研究较广泛和深入, 纵观各类植物源杀虫剂的特点, 可以总结为以下几个方面。

1.1 杀虫作用方式特异

植物源杀虫剂除具有与有机合成杀虫剂相同的

作用方式(触杀、胃毒、熏蒸)外, 还具有拒食、抑制生长发育、忌避、忌产卵、麻醉、抑制种群形成等特异的作用方式。如川楝素对菜青虫(*Pieris rapae*)具有拒食、胃毒、抑制生长发育作用^[1], 对桔二叉蚜(*Toxoptera aurantii*)具有较好的忌避作用^[2]; 万寿菊(*Tagetes erecta*)根甲醇提取物对小菜蛾(*Plutella lostella* L.)成虫产卵有强烈的忌避作用^[3]; 苦皮藤(*Celastrus angulatus* Maxim.)根皮粉对粘虫(*Mythimna separata* Walker)等多种害虫具有麻醉活性^[4]; 八角茴香(*Illicium verum* Hook f.)精油可完全抑制赤拟谷盗(*Tribolium castaneum*)和黄粉虫(*Tenobriomolitor* Linne)的繁殖, 从而抑制种群形成^[5]。上述特殊的作用方式并不直接杀死害虫, 而是通过阻止害虫直接为害或抑制种群形成而达到对害虫的可持续控制。

1.2 对环境安全

植物源农药的主要成分是天然存在的化合物, 这些活性物质主要由C、H、O等元素组成, 来源于自然, 在长期的进化过程中已形成了其固定的能量和物质循环代谢途径, 所以在施用后, 不易产生残留, 不会引起生物富集现象。另外, 田间试验也证明^[6], 植物源油剂具有不影响环境的优越性。

1.3 对非靶标生物相对安全

从作用方式来看, 植物源农药一般是通过胃毒作用或特异性作用来驱杀害虫的, 触杀作用较少, 因此对天敌等非靶标生物应是相对安全的。研究表明^[7], 印楝素对菲岛长体茧蜂(*Macrocentrus philip-*

^{*} [收稿日期] 2006-06-30

[基金项目] 国家“十五”科技攻关项目(2004BA516A04)

[作者简介] 何 军(1962-), 男, 陕西兴平人, 副研究员, 主要从事生物农药的研究开发。

[通讯作者] 马志卿(1975-), 男, 新疆奇台人, 副教授, 博士, 主要从事农药毒理学和生物农药研究。E-mail: mazhiqing2000@126.com

p. inensis Ashmead)、智力小植绥螨(*Phytoseiulus persimilis*)等多种天敌安全;对蜜蜂(*Apis cerana*)、蚯蚓(*Lumbricus Terrestris*)等有益生物安全;对大白鼠、虹鳟等低毒,无致畸作用。成卫宁等^[8]在小麦吸浆虫(*Sitotiplosis mosellana* (Gün))的防治试验中发现,川楝素、烟碱对小麦吸浆虫寄生蜂的保护效果较好。杨崇珍等^[9]研究表明,0.5%楝素杀虫乳油对蚜茧蜂、瓢虫及食蚜蝇等昆虫天敌无显著影响。祁志军等^[10]研究表明,0.2%苦皮藤素乳油对鹌鹑、鱼类、蝌蚪、家蚕、蜜蜂、瓢虫、蚯蚓、麦田和稻田土壤微生物等非靶标生物均表现低毒。然而,许多植物源次生物质也是高毒物质,如烟碱对人畜高毒,鱼藤酮为中等毒性,苦参碱也为高毒^[11-12]。可见,植物源农药对非靶标生物的安全性是相对的。因此,在植物源农药开发中应具有一定的选择性,应尽量选择低毒种类,而且在应用中也应注意科学施用。

1.4 杀虫作用机理不同于常规农药

传统的有机合成杀虫剂大多是神经毒剂,而植物源农药的作用机理较复杂。如印楝素主要是扰乱昆虫内分泌系统,影响促前胸腺激素(PTTH)的合成与释放,减低前胸腺对PTTH的感应而造成20-羟基蜕皮酮的合成、分泌不足,致使昆虫变态、发育受阻^[13];川楝素对昆虫下颚瘤状栓锥感受器具有抑制作用,从而表现为拒食作用^[14]。苦皮藤素IV的麻醉作用机理有2种可能:一是作用于中枢神经系统,包括轴突和突触;二是作用于神经-肌肉接点,导致神经-肌肉传递阻断^[15]。

但是,需要指出的是,在现有农业生产技术水平下,上述植物源农药的特点也使得其在生产应用中受到一定的限制,如速效性差,一般是调节有害生物种群的形成和发展,并不直接杀死害物,不能起到“立竿见影”的效果,所以不易被农民所接受;易降解,持效期短,需多次施药,增加了生产成本。

2 植物源农药的研究现状

植物源农药的开发主要是利用植物体内的次生代谢物质。Swain^[16]研究认为,植物中的次生代谢物超过了40万种,主要包括木脂素类、黄酮、生物碱、萜烯类、特异氨基酸等,其中的多种次生代谢物质具有杀虫、抑菌或除草活性。国外研究较多的有印楝、番荔枝(*Annona squamosa*)、万寿菊等植物。我国在具生物活性的植物种类的筛选、活性成分的生物测定及毒理学等理论研究领域均取得了显著的成果,在产品研发和实际应用方面也处于领先水平。

2.1 具有农药活性的植物资源的调查和筛选

Grange等^[17]报道,具有控制有害生物活性的植物约有2400种。美国、菲律宾、印度等国家的有关专家都曾对具农药活性的植物进行了较为系统的调查和筛选。我国对具农药活性植物的筛选,一般是参考《本草纲目》等古籍和《中国土农药志》、《中国有毒植物》等专著及在生产中人们使用的土农药。张兴等^[18]从西北地区475种植物样品中筛选出128种有农药活性的植物,其对玉米象(*Sitophilus zeamais* Motschulsky)、赤拟谷盗、粘虫等试虫的生物活性大于50%,并认为砂地柏(*Sabina vulgaris* Ant)、牛心朴子(*Cynanchum kamarovii* Aliljinski)等10余种植物具有明显的开发研究价值。王兆龙等^[19]从分布于江苏省内的植物资源中筛选出了75种具杀虫活性的植物种类。贺红武等^[20]对可作为农药资源的热带植物的种类进行了初步调查。张锐等^[21]、王辉等^[22]分别对甘肃地区和湖北恩施地区的具农药活性的植物资源进行了初步调查。冯建菊等^[23]对新疆南疆地区的11种植物进行了棉铃虫毒杀活性筛选。Xu等^[24]用家蝇从62种中药材中筛选出具有很好杀虫作用的千里光属掌叶千里光(*Senecio palmatus*)。冯俊涛等^[25]测试了采自西北地区的57科149属187种植物样品的丙酮提取物的抑菌活性,认为苦豆子(*Sophora alopecuroides* L.)、石榴(*Punica granatum* L.)、大花金挖耳(*Carpesium macrocephalum*)、苍耳(*Xanthium sibiricum*)、孜然(*Cuminum*)和瑞香狼毒(*Stellera chamaejasme* L.)等10余种植物具有明显的研究开发价值。王志学等^[26]、喻大昭等^[27]、晏卫红等^[28]也先后对多种植物的抑菌作用进行了研究。郝双红等^[29-30]对83种植物的除草活性进行了比较。对具农药活性的植物资源进行筛选是研究开发植物源农药的基础工作。我国地大物博,植物资源非常丰富,对具有农药活性植物资源进行筛选,为我国植物源农药的开发奠定了坚实的基础。

2.2 植物源杀虫剂

到目前为止,对杀虫植物印楝的研究和开发是最成功的。我国学者对植物源杀虫剂的研究一般集中在楝科(*Albizia odorata*)、卫矛科(*Celastraceae*)、柏科(*Cupressaceae*)、豆科(*Myroxylon balsamum*)、菊科(*Compositae*)、唇形科(*Labiatae*)、蓼科(*Chenopodiaceae*)等植物及其精油上,对植物中杀虫活性成分的分离鉴定、毒力测定、作用机理和作用方式等均进行了较为系统的探讨。对此,已有多篇文

章进行了综述,在此不再赘述。

值得一提的是,植物源杀虫剂与常规有机合成杀虫剂在作用方式上有显著的区别,植物源杀虫剂对害虫的作用方式更多、更复杂,对害虫常表现出毒杀、拒食、忌避、拒产卵、抑制种群形成、引诱、麻醉、抑制生长发育等特殊的活性,马志卿等^[31]对此进行了详细的探讨。

对植物源杀虫剂的研究还极大地促进了农药学理论的发展。张兴等^[32-33]在长期对植物源农药研究的基础上提出了“无公害农药”和“农药无公害化”的概念和理念,对现代新型的、对环境相对安全的农药的发展和应用起到了一定的指导作用。吴文君等^[34]在对杀虫植物苦皮藤系统研究的基础上提出了“消化毒剂”的概念,认为许多天然产物杀虫剂均是以害虫的消化系统为靶标而起到毒杀作用。这一理论为研究和开发杀虫剂开创了一条崭新的途径。

2.3 植物源杀菌剂

相对于植物源杀虫剂来说,植物源杀菌剂的研究要少得多。Nychas^[35]于1995年对植物源抗菌剂实际使用的可能性做了详细的论述。吴新安等^[36]研究表明,大部分抑菌种子植物种类集中在菊科(Compositae)、豆科(Leguminosae)、伞形科(Umbelliferae)、禾本科(Gramineae)、唇形科、木兰科(Magnoliaceae)、马兜铃科(Aristolochiaceae)、蓼科(Chenopodiaceae)、木犀科(Oleaceae)、百合科(Liliaceae)、葫芦科(Cucurbitaceae)、莎草科(Cyperaceae)、十字花科(Cruciferae)和樟科(Lauraceae)等。近年来,国外已有几个商品化的植物源杀菌剂品种投入市场,如捷利康公司的azoxystrobin和巴斯夫公司的kresoxim methyl^[37];印楝制剂Triology[®]和Triac[®]90% EC可用于防治果树和作物的斑点落叶病、炭疽病及早疫病等真菌病害^[38];由黄蒿种子精油开发的Talent[™]在荷兰上市;BASF公司从蓼科植物中获得的提取物对白粉病防效良好,现已工业化生产,商品名为Milsan[™]^[39]。在我国,目前已经开始应用于生产防治植物病害的植物活性成分有大蒜素、麻黄油、细辛油、银泰(银杏提取物的仿生制剂)等,产品有40%农科1号乳油(原白头翁素A仿生合成剂)、0.6%苦·小檗碱杀菌水剂等^[40-41]。

2.4 植物源除草剂

植物源除草剂的开发主要是利用植物间的异株克生物质,其对植物的生长发育和代谢均有影响。目前,已在30多科的植物中发现了上百种具除草活性的化合物,主要有醌酚类、生物碱类、肉桂酸类、香豆

素类、噻吩类、类黄酮类、萜烯类、氨基酸类等,其中有些已被开发为除草剂^[42]。Zobel等^[43]发现柠檬树中的莨菪亭(Scopoletin)、蒿属香豆素等香豆素类化合物具有明显的杀草活性。杨世超等^[44]、李善林等^[45]先后报道了小麦提取物对白茅(*Imperata cylindrica* Beauv. var. *majior* (Nees) C. E. Hubb.)的杀除作用。目前,开发成功的植物源除草剂品种并不多。环庚草醚是以存在于许多植物中的1,8-桉叶素为先导合成的新型除草剂,已在欧洲、美国上市^[46]。

2.5 其他类植物源农药

植物源杀线虫剂的研究也有一定的进展。至1998年已发现臭草(*Ruta graveolens*)、孔雀草(*Tagetes patula*)、向日葵(*Helianthus annuus*)、印楝、百日菊(*Zinnia* L.)等41属47种植物可用于线虫防治^[47]。翁群芳等^[48-49]先后对15科28种植物的杀线虫活性进行了筛选,结果发现,骆驼蓬(*Peganum harmala* L.)等几种植物提取物对松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*)和南方根结线虫(*Meloidogyne incognita* Chitwood)具有较好的毒杀活性。目前,植物源病毒抑制剂的研究才刚刚起步,国内对抗植物病毒植物资源的研究主要集中于虎耳草科(Saxifragaceae)、藜科(Chenopodiaceae)、紫草科(Boraginaceae)、商陆科(Phytolaccaceae)、红豆杉科(Taxaceae)、木犀科(Oleaceae)、萝藦科(Asclepiadaceae)、菊科(Compositae)、蓼科(Chenopodiaceae)等^[50]。

3 植物源农药的开发利用途径

植物源农药的研究与开发有很多途径,可归结为以下几个方面。

3.1 直接开发利用

直接开发利用是指将具有杀虫杀菌作用的植物本身或其提取物加工成农药商品。这类植物一般为生物收获量大,有效成分含量高,活性强且难以人工合成的植物。如我国开发的“0.5%楝素杀虫乳油”、“2.5%鱼藤酮乳油”和“0.2%苦皮藤素乳油”等均已产业化生产。在国外,目前已有Margosan-O和Bioneem等多个印楝商品化产品,产生了明显的经济效益和环境生态效益。

3.2 全人工仿生合成利用

从植物体中分离到杀虫杀菌活性成分后,对其进行全人工仿生合成,合成物的结构要与原化合物完全相同,但允许异构体的比例有差异。这一方法适

合于在植物体内含量甚微,但生物活性较高,且结构相对较为简单的化合物。如早熟素就是从熊耳草(*Agrostis houstonianum*)、胜红蓟(*Agrostis conyzoides* L.)中抽提出抗保幼激素类化合物后,经人工合成而制得的。

3.3 修饰合成利用

这一途径适用于在植物中含量高,但活性低或毒性高且难以人工合成或合成成本太高的活性成分,其在经简单修饰后,可大幅度提高活性或降低毒性。需要说明的是,这种方法和模拟合成是完全不同的两个概念。这一方法在微生物杀虫剂Avermectin的开发中已获得成功,在由发酵产生的Avermectin B₁的基础上,经简单修饰合成了一系列化合物,其杀虫活性和杀虫谱均得到了大幅度提高。

3.4 生物合成

利用生物技术进行生物合成,定向生产活性物质,经提取后加工成制剂使用。目前,在这一领域已开展了高效杀虫植物的微繁殖技术、细胞培养技术、器官培养技术以及利用内生真菌合成目标化合物的研究^[51]。

微繁殖技术。有关印楝^[52]、苦楝(*Meliazederach*)^[53]、黄花蒿(*Artemisia annua* L.)^[54]、番荔枝^[55]等的微繁殖均有研究报告。微繁殖技术可与植物基因工程技术相结合,对活性物质的限速合成步骤予以解除。这种微繁殖生产的植株具有比亲本植株更高的生产能力。

细胞培养技术。目前,用细胞培养法生产烟草、印楝、除虫菊、黄花蒿和雷公藤(*Tripterygium wilfordii* Hookf.)等植物的杀虫次生代谢物已取得较大的成果,有的已逐步实现产业化。细胞培养技术可以结合代谢调控措施(前体、引发剂、营养物、抑制剂等)和培养工艺(两相培养、二段培养、固定化培养等),以便大幅度提高目标次生代谢物的含量。

器官培养技术。目前,器官培养主要集中在根培养,包括天然根离体培养和发状根培养,其中发状根培养因具有生长迅速、遗传性状稳定、与天然根的合成能力类似等特点而被广泛应用^[56]。

利用内生真菌合成目标化合物。植物体内存在大量的内生真菌^[57],从中可分离出能产生寄主植物活性成分的菌株,对其进行人工培养可获得大量的活性物质^[58]。张玲琪等^[59]已从长春花(*Catharanthus roseus* (L.) G. Don)、桃儿七(*Sinopodophyllum hexandrum*)植株中分别分离到可产生长春新碱和鬼臼毒素的内生真菌。

这些技术适用于含高活性物质,但化合物难以人工合成或植物体本身不易获得,如珍稀物种,难以栽植或生物收获量很少的植物种类。

4 植物源农药的制剂开发和应用

除虫菊、烟草、鱼藤的商品化加工制剂可能是最早的植物源农药商品制剂。目前的植物源农药制剂可能是始于1985年W. R. Grace & Co. 在美国注册的第一个商品化的印楝制剂Margo san-O, 之后,世界上出现了许多印楝产品,如Azatin、Neem azid、Bio-neem、A lign、Turplex、Bolk whip等^[60]。目前,国外生产应用的植物源农药还有以烟碱为主要成分的Nico Soap、XL-ALL Nicotin等,用于防治蚜虫等刺吸式口器害虫;以鱼藤酮为主成分的Chem Sect、Cube Root、Nox fire、Potenone、Prentox等;还有尼鱼丁可湿性粉剂等。至2004年,国内共有101家植物农药生产企业,登记生产100个植物源农药品种,其中植物源农药单剂或原药品种54个,植物源农药混配制剂46个。这些药剂因高效、低毒、低残留、对环境安全等特点而广泛应用于蔬菜、水果、茶叶、中草药等经济作物的生产中,并取得了显著的经济、生态、社会效益。

5 问题与展望

5.1 活性成分含量和活性强度的不稳定性

植物中的次生物质是植物为抵御有害生物和不利环境因子等而产生的,因此同一种植物中具农药活性物质的含量可因植物的生长发育阶段、组织器官、地域分布、生长环境等因素的不同而不同。张民力等^[61]研究表明,川楝素在川楝根皮中的含量是杆皮中的2~3倍,而叶中含量很少或没有,川楝果的外果皮中测不出川楝素,但在果肉、果核、果仁中川楝素的含量分别为1.543、0.178和0.020 mg/g;贵州苦楝树皮中川楝素的含量是河南苦楝树皮中的10倍,是陕西苦楝树皮中的20倍。另外,植物中的活性成分易光解或水解,在环境中不稳定,如印楝素在阳光下7 d就可分解50%以上,16 d后对害虫已无任何作用^[62]。加之植物源活性成分的复杂性,因而在直接开发利用植物源农药中,应注意建立严格的化学和生物学相结合的检测技术,以保证产品中有效成分的含量和活性强度。

5.2 活性成分的复杂性

植物中次生代谢产物种类多,含量差异大,这不仅使分离、纯化工作困难,而且难以明确各成分之间

的关系是协同、增效还是拮抗,给毒理学研究也造成了许多困难。因此,在研究中应明确植物的次生代谢物中各主要成分之间的关系(协同、增效或拮抗),才能更好地开发应用植物源农药。

5.3 制剂加工的特殊性

植物源农药在作用方式和作用机理上,与有机合成农药有一定差异,特别是植物源杀虫剂对害虫作用的靶标有所不同。因此,在剂型和药剂分散体系的设计上也要有所不同。对这些相关领域进行深入研究,将能更有效地发挥植物源农药在田间的使用效果,这在印楝的开发中已得到充分的体现^[63]。笔者认为,精油可加工成缓释剂、气雾剂使用;植物材料难以粉碎到一定的细度,故应加工为液剂,如水剂、微乳剂、水乳剂等;其他剂型的助剂也应选择无毒的材料。

5.4 植物源农药的使用特点

由于植物源杀虫剂的作用方式特殊,作用速度相对较慢,在田间使用时除应掌握与常规杀虫剂相同的施用技术(如适时、适量、喷洒均匀周到)外,还应根据其特点灵活运用,以保证这类药剂防治效果的正常发挥。如在虫口密度过大时,应先使用速效型药剂压低虫口,然后适当使用植物源杀虫剂进行扫残;或以低毒、速效的化学杀虫剂和植物源杀虫剂混用,如印楝素和阿维菌素混配具有明显的增效作用^[64];拒产卵剂应在成虫产卵初期用药;引诱剂应结合速效性有机合成农药使用;拒食剂应考虑和内吸性药剂或持效性触杀剂结合使用。总之,在有害生物综合治理中应把植物源农药当作一种“协调”的手段,而不应像使用化学农药一样,将其作为一种“应急”的主要措施。

5.5 研究展望

从有害生物与植物的关系出发,研究和利用植物次生代谢物质将是研制新农药的主要途径之一。

植物源农药将会越来越多地为新农药研制提供新的活性先导化合物,对其进一步模拟修饰合成有望发现结构全新、机理独特、安全高效的农药新品种。与传统大量合成、随机筛选的方法相比,这种方法的开发周期更短,投资更低,成功机率更高。

1985~2004-09,我国在植物源农药技术领域内共申请发明专利787件,其中国内申请739件,占植物源农药专利总件数的94%,国外申请48件,仅占植物源农药申请量的6%。由此可见,我国对植物源农药的研究和开发处于国际先进水平。但是也应当看到,我国对植物源农药的研究深度还不够,笔者认为今后应加强以下几个方面的研究:

(1)继续扩大农药资源植物的筛选范围。这不但可发现新的高活性植物,也可保护我国植物资源的知识产权,在国际资源大战中占据一席之地。

(2)深入探讨活性成分的构效关系,发现新型分子模型,以期合成高活性的化合物,为开发高效植物源农药提供物质基础。

(3)积极探索高活性化合物的作用机理和分子靶标,以促进我国农药毒理学的发展,也可为实际应用提供理论指导。

(4)加强活性化合物的生物合成研究,如内生菌培养、细胞培养等,以解决植物源农药工业化生产中的自然资源瓶颈限制问题。

(5)开展植物源农药的田间使用技术研究,以充分发挥其“调控”作用。

总之,在大力提倡“绿色农业”,加强环境保护,贯彻执行“有害生物综合防治”和发展可持续农业的今天,积极研究和开发植物源农药,对保证我国13亿人口的食物安全有着深远的意义。从农药科学的发展来看,在农药研制、使用上“回归自然”,是社会和自然科学发展的必然趋势。

[参考文献]

- [1] 赵善欢,张 兴.植物性物质川楝素的研究概况[J].华南农业大学学报,1987,8(2):57-67.
- [2] 张 兴,赵善欢.楝科植物对几种害虫的拒食和忌避作用[J].华南农学院学报,1983,4(3):1-7.
- [3] 崔德君,赵善欢,刘学清.万寿菊初提物对小菜蛾产卵忌避作用的研究[J].农药,1998,37(6):31-35.
- [4] 冷欣夫,唐振华,王荫长.杀虫药剂分子毒理学及昆虫抗药性[M].北京:中国农业出版社,1996.
- [5] 徐汉虹,赵善欢.八角茴香精油的杀虫活性与化学成分研究[J].植物保护学报,1996,23(4):238-247.
- [6] 张 卫,虞云龙,吴加伦,等.植物和矿物源油剂在土壤中的代谢[J].世界农药,2005,27(1):42-43.
- [7] 陈忠孝,胡国文.印楝素杀虫剂的研究及前景[J].世界农业,1992(7):30.
- [8] 成卫宁,李修炼,李建军,等.植物性杀虫剂防治小麦吸浆虫研究[J].西北农业学报,2000,9(2):41-44.
- [9] 杨崇珍,王兴林,张 兴,等.0.5%楝素杀虫乳油对天敌昆虫的影响[J].昆虫天敌,1996,18(3):109-111.

- [10] 祁志军, 胡兆农, 时春喜, 等. 0.2% 苦皮藤素乳油对非靶标生物的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2004, 32(2): 31-34
- [11] 王九龙. 家蚕农药致毒综合防治技术[J]. 蚕学通报, 1999, 19(1): 61-62
- [12] 郭长河. 苦参在农药中的研究与应用[J]. 农药科学与管理, 2001, 22(4): 27-28
- [13] 李小东, 赵喜欢. 印楝对昆虫的毒理作用机制[J]. 华南农业大学学报, 1995, 16(1): 118-122
- [14] 张兴. 植物性杀虫剂川楝素的开发研究[J]. 西北农业大学学报, 1993, 21(4): 1-5
- [15] 吴文君, 胡兆农, 刘惠霞, 等. 苦皮藤主要杀虫有效成分的杀虫作用机理及其应用[J]. 昆虫学报, 2005, 48(5): 770-777
- [16] Swain T. Secondary compounds as protective agents[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1977(28): 479-501
- [17] Grange M, Ahmed S. Handbook of plants with pest control properties[M]. New York: Wiley, 1988
- [18] 张兴, 杨崇珍, 王兴林. 西北地区杀虫植物筛选[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(2): 22-28
- [19] 王兆龙, 高红明. 江苏省农药植物资源[J]. 江苏农学院学报, 1998, 19(增刊): 41-43
- [20] 贺红武, 黄刚良. 作为生物合理农药资源的热带植物[J]. 世界农药, 2000, 22(5): 8-13
- [21] 张锐, 晃开, 刘锦霞, 等. 利用植物次生代谢产物开发生物农药[J]. 甘肃科学学报, 1998, 10(3): 82-84
- [22] 王辉, 王柏全, 陈正菊. 恩施州植物农药资源初探[J]. 湖北民族学院学报: 自然版, 1997, 15(3): 17-19
- [23] 冯建菊, 郭明, 陈红军, 等. 南疆特色杀虫植物提取物对棉铃虫的影响[J]. 塔里木农垦大学学报, 2001, 13(2): 1-3
- [24] Xu H H, Zhang N J, Casida J E. Insecticides in Chinese medicinal plants: survey leading to jacaranone, a neurotoxicant and glutathione-re-active quino[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(9): 2544-2547
- [25] 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
- [26] 王志学, 黄廷钰. 抑菌植物研究初报[J]. 微生物学杂志, 1999, 19(4): 49-57
- [27] 喻大昭, 柯治国. 植物提取物对植物病原真菌的抑菌活性研究[J]. 湖北农业科学, 2001(5): 49-51
- [28] 晏卫红, 黄思良, 丘华. 芦荟对植物病原真菌生长的抑制效果[J]. 中国农学通报, 2001, 17(5): 37-40
- [29] 郝双红, 祝木金, 冯俊涛, 等. 35种菊科植物除草活性初步测定[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2004, 32(5): 22-26
- [30] 郝双红, 马志卿, 张强, 等. 48种不同植物的异株克生作用研究初探[J]. 西北植物学报, 2004, 24(5): 859-864
- [31] 马志卿, 张兴. 植物源杀虫物质的作用特点[J]. 植物保护, 2000, 26(4): 37-40
- [32] 张兴. 试论无公害农药[J]. 中国农学通报, 1996, 12(5): 6-9
- [33] 张兴, 李广泽, 马志卿, 等. 试论农药无公害化[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2002, 30(3): 130-136
- [34] 吴文君, 姬志勤, 胡兆农. 天然产物和消化毒剂[J]. 农药, 1997, 36(6): 6-8
- [35] Nychas G J E. Natural antimicrobials from plants[C]//G.W. Gould. New methods of food preservation. London: Blackie Academic & Professional, 1995: 58-89
- [36] 吴新安, 花日茂, 朱有才, 等. 植物源抗菌、杀菌活性物质研究进展[J]. 安徽农业大学学报, 2002, 29(3): 245-249
- [37] 柏亚罗. Strobilurin 类杀菌剂——又一例对天然化合物的成功模拟[J]. 农药, 1999, 38(12): 4-6
- [38] 吴钜文, 陈建峰. 植物源农药及其安全性[J]. 植物保护, 2002, 28(4): 39-41
- [39] 赵喜欢. 植物化学保护[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [40] 张超, 吴恭谦, 王学武, 等. 新杀菌剂——拟原白头翁素A. 大田防治水稻白叶枯病试验研究[J]. 安徽农学通报, 1999, 5(3): 27-28
- [41] 佟树敏, 李学静, 杨先芹. 0.6% 苦·小檗碱杀菌水剂研制及在苹果树上的应用[J]. 农业环境保护, 2002, 21(1): 67-69
- [42] 由振国. 天然杂草化合物的开发与利用[J]. 杂草学报, 1993, 7(2): 40-48
- [43] Zobel A M, Jianyao Wang, Raymond E M, et al. Identification of eight Coumarins on leaf surfaces[J]. J Chem Ecology, 1991, 17(9): 1859-1869
- [44] 杨世超, 李孙荣. 小麦对白茅的它感作用研究[J]. 杂草学报, 1992, 6(2): 23-28
- [45] 李善林, 由振国, 梁渡湘, 等. 小麦它感作用物的提取分离及其对白茅的杀除效果[J]. 植物保护学报, 1997, 24(1): 81-84
- [46] Grayson B T, Williams K S, Freehauf P A, et al. The physical and chemical properties of the herbicide dimethyltin[J]. Pestic Sci, 1987(21): 143-153
- [47] 杨秀娟, 何玉仙. 国外利用杀线虫植物防治植物寄生线虫[J]. 世界农业, 1998(4): 37
- [48] 翁群芳, 钟国华, 丘麒, 等. 8种植物提取物对松材线虫的毒杀作用[J]. 华中农业大学学报, 2005, 24(5): 459-464
- [49] 翁群芳, 钟国华, 王文祥, 等. 植物提取物对南方根结线虫的控制作用[J]. 华南农业大学学报, 2006, 25(1): 55-60
- [50] 薛伟, 宋宝安, 逢丽丽, 等. 抗病毒植物的研究新进展[J]. 农药, 2005, 44(5): 193-197
- [51] 侯学文, 谢建军, 曾鑫年, 等. 生物技术在植物性杀虫剂研究开发中的应用[J]. 植物保护学报, 2001, 28(1): 77-82
- [52] Naina N S, Gupta P K, Mascarenhas A F. Genetic transformation and regeneration of transgenic neem *Azadirachta indica* plants using *Agrobacterium tumefaciens*[J]. Current Science, 1989, 58(4): 184-187
- [53] Sujatha M, Chandran K. A commercially feasible micropropagation method for *Melia azadirachta* L. [J]. Indian Journal of Experimental Biology, 1997, 35(7): 781-789
- [54] Vergare A, Cammaert R, Vandenberg D, et al. *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation of *Artemisia annua* L. and regeneration of transgenic plants[J]. Plant Cell Report, 1996, 15(12): 929-933

- [55] Rasai S, Kantharajah A S, Dodd W A. The effect of growth regulators, source of explants and irradiance on *in vitro* regeneration of *ate-moya*[J]. Australian Journal of Botany, 1997, 42(3): 333-340
- [56] 周达锋, 卜学贤, 陈维伦. 发根农杆菌Ri质粒的分子生物学及其应用前景[J]. 植物学通报, 1993, 10(2): 24-34
- [57] 梅汝鸿. 植物微生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998
- [58] 梁宗琦. 真菌次生代谢产物及其潜在应用价值[J]. 生物多样性, 1999, 7(2): 145-152
- [59] 张玲琪. 长春花内生真菌的分离及其发酵产生药用成分的初步研究[J]. 中草药, 2000, 31(11): 805-807
- [60] 高菊芳. 生物农药的作用、应用与功效(二)——植物和动物源农药[J]. 世界农药, 2001, 23(2): 5-19
- [61] 张民力, 张 兴, 赵善欢. 中国不同地区楝属植物中川楝素含量测定[J]. 华南农业大学学报, 1988, 9(3): 31-36
- [62] Schmutterer H. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*[J]. Ann Rev Entomol, 1990, 35(1): 271-297
- [63] 荣小东, 徐汉虹. 植物性杀虫剂印楝的研究进展[J]. 农药学报, 2000, 2(2): 9-14
- [64] 赵 德, 慕 卫, 张月亮, 等. 印楝素与三种杀虫剂对小菜蛾的联合毒力作用[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2005, 36(1): 123-125

Review of botanical pesticide

HE Jun^{1,2}, MA Zhi-qing^{1,2}, ZHANG Xing^{1,2}

(1 Bio-rational Pesticide R & D Center of Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Shaanxi Research Center of Bio-pesticide Engineering and Technology, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The characteristic, present research situation and exploiting channels of botanical pesticides were exposed in this paper. The problems existed in the research and application of botanical pesticides were discussed, and the development perspective was prospected.

Key words: natural product; way of development; botanical pesticide

欢迎订阅2007年《畜牧兽医学报》

《畜牧兽医学报》系中国科协主管、中国畜牧兽医学会主办, 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所编辑出版的畜牧兽医学术性期刊。创刊于1956年7月, 读者对象为大、专院校的师生和各级畜牧兽医生产、科研工作者等。刊登较高水平的学术论文和专业研究报告以及对生产实践具有指导性、启发性的文章。

本刊连续4次入选全国中文核心期刊(同时入选“全国中文畜牧、动物医学核心期刊”)、中国自然科学核心期刊。加入了《中国科技论文统计源期刊》、《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》、《CNKI期刊世纪光盘工程》。被国内外重要引文数据库及文摘性期刊收录。例如《中国学术期刊文摘》、《中国生物学文摘》、《中国畜牧兽医文摘》、美国化学文摘“CABI”、“Agris Index”、美国国家农业图书馆Agricola等。被《中国学术期刊综合评价数据库》、《中国科学引文数据库CSCD》、《中国核心期刊(遴选)数据库》、《中国农业科技文献数据库》收录。近年来, 中国科技信息研究所、《中国学术期刊综合评价数据库》统计结果显示, 本刊影响因子位居畜牧兽医期刊前列。

本刊现为月刊, 大16开, 期定价20元, 全年240元。刊号: CN 11-1985/S, ISSN 0366-6964。面向国内外公开发行人, 国内邮发代号: 82-453。国外代号: BM 446。北京报刊发行局发行, 全国各地邮政局(所)均可订阅, 也可直接汇款至本刊编辑部订阅。

电话: 010-62815987 E-mail: xm syxb@263.net

地址: 北京市海淀区圆明园西路2号中国农业科学院北京畜牧兽医研究所

邮编: 100094