

福建农林大学

硕士学位论文

植物油甲维盐对环境生物的安全性评价

姓名：黄守敏

申请学位级别：硕士

专业：生态安全

指导教师：刘长明;傅建炜

20090401

摘要

本论文根据“化学农药环境安全评价试验准则”中对非靶标生物的安全性评价方法,对以植物油为助剂的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油(甲维盐)进行了初步的安全性预评价。测定了 3 种植物油助剂(精制松树油、棕榈油及精制松树油和棕榈油混合油)和二甲苯分别配制的 1%甲维盐乳油对哺乳动物、蜜蜂、鹌鹑、家蚕、斑马鱼、蚯蚓、赤眼蜂的急性毒性。试验结果表明:4 种不同助剂分别配制的 1%甲维盐 EC 对大鼠急性经口毒性均大于 >500 mg/kg,急性经皮 LD_{50} 毒性均大于 >2000 mg/kg,经口经皮毒性均属于低毒。与二甲苯配制的 1%甲维盐 EC 相比,棕榈油、精制松树油和棕榈油混合油助剂分别配制的 1%甲维盐 EC 降低了对家兔皮肤的刺激性,植物油助剂配制 1%甲维盐 EC 降低了对家兔眼的刺激性。与二甲苯助剂相比,精制松树油助剂提高了 1%甲维盐对鹌鹑、家蚕的安全性,棕榈油助剂提高了 1%甲维盐对鹌鹑、斑马鱼、家蚕和蚯蚓的安全性,精制松树油和棕榈油混合油助剂提高了 1%甲维盐对鹌鹑和蜜蜂的安全性。但与二甲苯助剂相比,3 种植物油助剂提高了 1%甲维盐 EC 对赤眼蜂的毒性。

关键词: 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐; 安全性评价; 植物油; 二甲苯; 松树油; 棕榈油

Abstract

The safety evaluation of the emamectin benzoate EC with plant oils was carried out based on "Environmental Safety Evaluation Guideline of Chemical Pesticides". The toxicities of emamectin benzoate mixed with three plant oils (pine oil, palm oil, pine oil with palm oil) and xylene respectively to mammals, bees, partridges, silkworms, zebra fish, earthworms and *Trichogramma ostriniae* were investigated. The result indicated that the acute oral LD₅₀ of emamectin benzoate mixed with four solvents to rats *Sprague Dawley* was over 500 mg/kg, and the acute dermal LD₅₀ were over 2000 mg/kg, both they showed low toxicity to rats. Comparing with the emamectin benzoate mixed with xylene solvent, both rabbit skin irritations and rabbit eye irritations of the emamectin benzoate mixed with plant oils solvent were reduced; The safety for quails and silkworms was increased treated by emamectin benzoate mixed with the pine oil solvent; The safety for quails, silkworms, zebra fish, and earthworms was increased treated by emamectin benzoate mixed with the palm oil solvent; The safety for quails and bees were increased treated by emamectin benzoate mixed with the pine oil and the palm oil solvent; But, the toxicities of emamectin benzoate mixed with three plant oils were raised for *Trichogramma ostriniae*.

Key words: emamectin benzoate; safety evaluation; plant oil; xylene; pine oil; palm oil

独创性声明

本人声明，所提交的学位（毕业）论文，是本人在指导教师的指导下独立完成的研究成果，并且是自己撰写的。尽我所知，除了文中作了标注和致谢中已作了答谢的地方外，论文中不包含其他人发表或撰写过的研究成果。与我一同对本研究做出贡献的同志，都在论文中作了明确的说明并表示了谢意，如被查有侵犯他人知识产权的行为，由本人承担应有的责任。

学位（毕业）论文作者亲笔签名：

日期：

论文使用授权的说明

本人完全了解福建农林大学有关保留、使用学位（毕业）论文的规定，即学校有权送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

保密，在 年后解密可适用本授权书。

不保密，本论文属于不保密。

学位（毕业）论文作者亲笔签名：

日期：

指导教师亲笔签名：

日期：

1 引言

1.1 农药安全性评价内容

现代农药的发展面临着环境质量要求的巨大压力。一个新的活性化合物能否开发为商品市售, 必须通过严格的毒理学评价和环境评价。农药安全性评价不仅是对人类自身及环境的保障, 同时也是农药工业发展中不可缺少的重要环节, 也是农药工业发展的基础。

1.1.1 农药毒理学评价的目的和作用

我国是一个农业大国, 农业的生产与使用量很大, 接触的人数众多。为了保障广大生产者和使用者的健康, 对农药进行毒理学评价是毒理学研究的一项重要任务^[1]。农药毒理学评价目的是配合工农业部门研制与筛选新农药, 对投入使用的农药做全面的安全性评价, 为制定防治农药危害的对策和卫生标准提供科学依据^[2]。也就是说, 农药毒性是农药固有的一种最重要的副作用, 对农药的毒理学评价是从健康和环保的角度决定农药开发、发展方向及具体品种取舍的重要依据。在日常工作中, 不会对每个农药都进行全面地毒理学研究和评价, 而是根据每一农药的具体用途、预期进入途径、接触的剂量、作用方式、接触的人群状况等, 采取分阶段进行毒理学试验项目的原则。1982年农业部等部门就联合制定了《农药登记资料要求》, 将农药登记分为田间试验、临时登记和正式登记3个阶段, 提供相应的登记资料^[3]。毒理学资料是农药登记资料中最重要的组成部分, 需要通过进行复杂、耗时、耗财的试验, 阐明不同农药的毒理学作用及其潜在的危害, 获取可靠的试验数据以便对农药使用的安全性做出评价, 为制定安全接触水平以及预防和控制农药对人体、环境危害措施提供科学依据。

1991年颁布的《农药安全性毒理学评价程序》中规定的毒理学评价试验项目, 已按《农药登记资料要求》所需的相应试验划分为4个阶段^[4]。根据申请登记农药的类别, 依据1995年《农药登记毒理学试验方法》进行相应阶段的毒理学试验项目。我国现阶段采用的农药毒理学评价程序与美国EPA所制定的程序相近, 通过进行不同的毒理学试验项目, 根据农药给药的剂量/暴露的程度、给药途径、给药周期、实验动物出现的毒性反应症状及性质、病理学检查发现的靶器官以及毒性反应、毒性损伤是否可逆等, 对毒性反应进行定性和(或)定量暴露, 推算农药的安全使用参考剂量和安全范围, 综合考虑进行毒理学评价, 预测农药可能的潜在健康危害, 提供农药利弊权衡的技术依据^[3]。

1.1.2 农药毒理学评价的内容

科学的毒理学评价是客观衡量一个农药利弊、确定取舍的决定因素, 而评价是建立在毒理学试验基础上的, 主要目的是通过动物试验来观察短期高浓度暴露或长期低浓度暴露对动物的毒性效应, 从而评价和预测对人体可能造成的健康危害。一套完整的毒理学评价内容主要包括^[1,3,5]:

(1) 急性毒性评价: 急性毒性是指农药一次或24h内多次作用于人或动物机体所引起的损害作用, 它的目标是测出农药的致死浓度, 对其效应做一个总的观测, 并与其他农药进行相关比较。通过观察急性毒性效应的临床表现, 初步估测毒作用的靶器官和可能的毒作用机理; 为亚慢性、慢性和其他毒性试验的剂量水平设计提供参考; 为急性毒性分级和制定安全防护措施提供依据。

(2) 对皮肤及眼的局部影响评价: 测定农药对哺乳动物皮肤及眼睛粘膜是否有刺激、腐蚀作用及其强度, 估计人体接触该农药时可能出现的类似危害, 为农药在生产和使用中的安全防护提供依据。

(3) 变态反应试验: 通过皮肤或呼吸道接触而诱发的变态反应在人群中时有发生, 需对农药的致敏性做出评价。

(4) 毒物代谢动力学试验: 获得染毒后动力学模式及毒物吸收、分布、转化、排泄方面的资料有助于其他试验的结果评价和将结果外推及人。为进一步研究农药的毒作用机制和毒性安全评价提供依据。

(5) 生殖毒性评价: 评价农药对生殖过程的影响, 生殖毒性可造成不育、死胎、后代结构和功能异常等严重后果, 生殖毒性评价是农药对健康影响效应评价的主要内容之一。

(6) 神经毒性评价: 评价农药对神经系统结构及功能的损害。

(7) 致突变性评价: 筛选造成机体遗传特性改变的农药, 预测其潜在致癌性, 由于突变的后果可以是致癌、致畸或其他遗传疾病, 需特别关注。

(8) 致癌性评价: 通过评价农药对哺乳动物的致癌性, 预测其对人类的潜在致癌能力, 由于致癌试验的试验期限和动物选择常与慢性毒性试验一致, 可将两者联合进行。

以上评价试验根据农药具体登记需要分阶段进行。同时, 一种农药经过系统的动物毒性试验后, 还必须结合环境流行病学对人群的调查研究结果进行综合分析, 才能作出比较全面和正确的估价^[6]。

1.1.3 农药对环境非靶标生物的影响

保护环境生物, 维护生态平衡是农药使用中必须注意的一项重要任务^[7]。除靶标生物以外的一切环境生物均为非靶标生物, 但农药对非靶标生物的影响主要指对环境有益生物而言^[8]。农药在使用以后, 首先受到影响的是栖息在被保护对象周围的一些有益生物, 如一些寄生性和捕食性的天敌; 水体是农药的主要归宿, 水体中的农药除农药厂的废水直接排入之外, 主要是用于农业的农药。由于农药的性质、施药方法、降雨、灌溉及土壤条件等因素, 农药通过大气、地表径流及地下水迁移对水体造成污染, 其中以地表径流最为严重。农药通过地表径流进入水体或直接施用于稻田, 就会造成一些敏感性的水生生物, 如鱼类、蛙类和藻类等的大量死亡; 农药飘失到土壤以后, 就会对土壤表面的有益生物产生危害, 如大多数农田蜘蛛主要活动于土壤表层; 农药随雨水或灌溉水在土壤中进行垂直迁移, 就会对较深层的土壤微生物及土壤动物, 如蚯蚓等发生毒害^[7]; 家蚕是一种对化学农药等有毒物质非常敏感的昆虫, 极易发生急性或慢性中毒, 在蚕桑区, 由于农药使用不当或农药的漂移而造成桑叶污染, 进而造成对家蚕

的毒害,造成经济损失^[9];蜜源植物开花期喷施农药时,蜜蜂采集被农药污染的花蜜花粉中毒死亡,造成采集蜂的损失,影响蜂群的发展和养蜂生产^[10]。

根据我国的具体情况,建议使用农药时应首先考虑保护的有益生物有以下几种^[11]:

陆生生物:鸟类、蜜蜂、家蚕、天敌(以青蛙、赤眼蜂为代表)。

水生生物:鱼类、水蚤、藻类。

土壤生物:蚯蚓、土壤微生物。

世界各国农药登记时都必须提供农药对陆生生物、水生生物、土壤生物的毒性资料,作为评价农药环境安全性的重要依据。申请临时登记的农药应提供详细的对非靶标生物毒性试验资料,根据农药的特性和用途,至少应提供鱼、鸟、家蚕、蜜蜂的毒性资料^[9]。

一般情况下,农药对非靶标生物的危害途径主要有三种:摄入毒性(或口服毒性)、接触毒性与熏蒸毒性。因此要根据各种非靶标生物的生活习性和取食方式,选择适当的给药途径进行试验。

评价农药对环境有益生物安全性的方法主要有两种:室内评价与田间预评价。室内评价就是在实验室内测定农药对生物的 LD₅₀ 值或 LC₅₀ 值,用比较毒理学的方法评价各种农药对生物的毒性;在农药的安全性预评价中,通常只做急性毒性,求出农药对各种生物的半致死浓度、半致死剂量或半抑制浓度值,以此来衡量农药对生物的毒性,但这些数值只能相对比较各种农药的毒性状况,而无法表达农药在田间使用时对各种生物实际危害程度^[11]。田间预评价则既考虑在实验室内测定的毒性值,又联系田间的实际情况,将农药毒性与农药施用量结合起来,综合评价农药在田间施用后对各种非靶标生物可能产生的危害情况。如果一种农药的室内毒性很大,但田间用药量又极小,就不一会对生物产生毒害作用;但若室内毒性小,田间用药量又很大,同样会对生物造成威胁。

1.2 农药安全性评价步骤

一个完整的安全性评价应具备从急性到慢性,包括三致作用、生殖毒性等各项实验资料,并结合人群流行病学调查资料等,进行印证与综合分析,才能获得合理的科学评价。但各项实验只能按顺序、逐步地分阶段的在一定期限内完成。各项实验阶段应结合生产进程作出安排,按顺序逐步完成^[2,12]。

(1) 产品毒性初步估计阶段 在选择试制产品之前,应查询与产品有关的化学、物理和毒理学资料,若缺乏该产品的本身有关资料时,应参阅化学结构近似的同类品种的有关资料,以估计该试制品种的毒性、推广使用的可能性、销售的前景等,从而考虑该品种的试制可能性。

由于原料与添加剂及杂质等常可影响产品的质量与毒性,因此,应同时查明它们的理化性质与毒理学资料,充分估计对产品质量与毒性的影响,确定能否进行试制,并制定相应的防护措施等。

(2) 试制阶段—急性毒性测定阶段 试制产品经评估各种可行性,即可进行试制工作,一旦试制成功,即应进行急性毒性试验、大田药效试验等,以确定产品的经口、经皮及吸入毒性,杀虫灭菌等实际效果和应用范围与对象,并核算成本等,确有生产的可能性时,应尽快进行亚急性毒性试验、蓄积性

试验和残留试验等，以确定是否达到一高三低（高效、低毒、低残留、低产值）的要求，进一步论证正式投产、推广使用的可能性，而进生产工艺流程与防护措施的研究，并积极筹备中试生产工作。

(3) 中试生产阶段的毒性鉴定 中试生产工作是进行工艺流程的改进，同时进行技术经济评价，以验证持续生产的可行性。同时应及时在急性与亚急性试验的基础上，迅速开展慢性毒性、繁殖毒性、三致试验等，深入了解产品的全面毒理学资料，以验证该产品有无正式投产，长期推广使用的可能性。因正式投产时，需要大量生产设备，投入大量资金与人力，若该产品的慢性及三致作用等全面毒理学资料不明，而盲目正式投产时，则将资金浪费设备报废。因此，应在急性、亚急性试验的基础上，及时迅速开展慢性毒性、繁殖毒性、“三致”试验等，及很全面毒理学资料，以论证该产品有无正式投产，长期推广使用的可能性，作为正式投产的准备。

(4) 正式投产阶段 在取得全面毒理学资料、进行论证结果，符合正式投产条件时，即可准备正式投产，筹建生产车间，即开展中毒机制、早期诊断指标、中毒防治方案研究工作、保护环境生态等防护措施，并应对生产工人、使用该产品的地区广大群众进行流行病学的调查研究，探讨该产品对机体的影响情况，长期生产与推广使用的可能性。

(5) 扩大生产的准备阶段 在准备扩大生产之前，应综合上述各项资料，深入研究，作出全面安全评价。若确定能维护机体健康与环境生态，才能考虑扩大生产，推广使用问题。

1.3 农药安全性评价的进展

农药作为一种特殊的商品，它既是农业生产所必须的生产资料，又是一类有毒物质。因此，农药的使用和人类生活与健康以及生态环境密切相关。评价农药对环境和非靶标生物的安全性，是新农药开发中不可缺少的环节。农药是与人类健康最有直接关系的一类化学物质，其安全性评价今年来受到世界各国的广泛重视，各国对农药的生产、销售和使用，一般都根据自己的国情，颁布农药管理法，制定了安全性评价程序，要求出售的农药要具备一定的毒理学资料^[13,14]。农药的安全性评价是新农药创制研究必不可少的环节。

当前，人们对农药的态度已由上世纪早期的盲目乐观转向审慎，农药研究的重点也从注重农药的活性和急性毒性，逐步向注重农药对环境和人类生活影响的方向转变^[15]。这是由于40年代杀虫剂应用只注意急性毒性，对农药在环境方面的潜在危害认识不足，在有害生物防治中过分依赖化学农药，20世纪50年代各国（尤其西方）广泛应用DDT和六六六，这些农药虽然急性毒性不高，但它们存在惊人的残留毒性，随着它们的大量使用，到20世纪60年代这些问题逐渐暴露出来，于是引起人们对环境问题的广泛关注，由此各国政府才对农药安全做了一系列的规定^[16,17]，对农药的评价也从急性毒性发展到此阶段要求做残留检测和慢性毒性试验，从而农药毒理学也从微观毒理学向宏观毒理学发展^[18]。20世纪70年代以后对农药的安全性有了更多的认识，安全性评价的内容也随之不断增加和深入，评价方法不断建立和完善。

1978年,美国环境保护局(EPA)规定了农药毒性试验程序,1982年欧洲合作与发展基金组织(OECD)又提出了化学物质毒性试验指导^[19,20,21]。自改革开放以来,农业部、工业部及原化工部制定了一系列管理法规,健全了农业审批登记制度。1991年颁布了《农药安全性毒理学评价程序》,1995年国家技术监督局又颁布了农药登记毒理学试验方法的国家标准,使我国农药管理及安全性评价进入了一个新阶段^[16]。为适应农药事业发展的需要,使我国不同实验室的农药毒性试验结果可以相互比较,使之接近国际农药毒理研究水平,中国预防医学科学院劳动卫生与职业病研究所王淑洁(1991)参照国内外有关农药、药物、食品添加剂及化学物质管理法和毒性试验要求,并结合我国实际情况,提出农药安全评价程序和毒性试验的基本要求^[22]。为保证农药安全性评价试验的可靠性和科学性,许多国家尤其是发达国家及国际组织相继制定了安全性评价良好实验室规范(GLP),建立了GLP机构,并进行了相互认可^[23]。我国目前尚未完成该体制的完整建立,安全评价的公正和客观性与国际GLP标准比较还有一定差距。

近年来国外还比较注意生态毒理学的研究,用藻类、蚯蚓、鱼、蜜蜂等做毒性试验,欧洲经济共同体组织推荐的规章要求登记的农药具备在各种生态系统中转化的资料。

农药的安全性评价是一个非常复杂的、涉及范围很广的问题。对毒理学试验持怀疑态度的大有人在,除了认为人的构造和代谢不同于动物外,他们还考虑到了毒理学中剂量这样一个重要的因素,因为人在日常生活中绝不会吃下用于试验中那样大剂量的农药,尽管在世界上多数国家制定了有法律性质的农药检测规则,但事实上一些农药并没有受到毒理学检测的限制。每一个国家制定的农药管理法的内容,都会随着毒理学的发展而有所变更^[13]。

1.4 国内外植物油类农药的研究现状

植物性杀虫剂一般具有低毒、无残留等特点^[24,25]。国内外植物性农药中研究较为广泛深入的是杀虫剂,杀菌剂、除草剂相对而言较少^[26,27]。许多种植物性农药本来就是药用植物或食用植物,对人畜无毒或毒性极弱,对害虫的天敌伤害小,如谢钦铭测定的桉叶油醇及印楝乳油对平腹小蜂成蜂无任何影响^[28]。同时植物性杀虫剂与一些高毒农药混配后,通过降低高毒农药在制剂中的含量,可提高高毒农药在使用中的安全性,减少高毒农药对环境的污染,同时有效地延续害虫的抗药性并延长许多常规药剂的作用寿命。

植物性杀虫活性成分大多只含有C、H和O等元素,并且在环境中降解得比较彻底,因此,它们进入河流以后对生态系统的影响不大。我国开发出的许多植物精油对人畜无毒,无污染,不易产生抗药性,对植物或其产品无害且气味芬芳,又兼有杀菌作用,施用精油可起到防虫防霉的双重功效,正是人们所要求的无公害农药,特别是适合仓储害虫和卫生害虫的防治。国内目前对于植物油类农药也开展了一些安全性测定,如樟脑油精的安全性评价等。

农药助剂是农药制剂中不可缺少的重要组分,它在农药剂型配制和赋予活性成为最佳效力方面发挥着重要作用^[29]。农药助剂在农药制剂产品中占很大比例,部分助剂有毒,对人畜和环境存在安全隐患,

过量使用不但直接损害人畜健康,破坏生态环境,同时也给农药产品和农产品出口带来负面影响^[30]。天然源助剂原料来源于可再生的天然产物,主要是植物源。农药发展初期所用的土耳其红油就是蓖麻油磺化的产物,皂角、茶枯等也曾用过多时,这类助剂对环境安全,对作物也有较好的亲和性。近年来,通过改性和深加工使该类助剂呈现出新的性能^[31]。石油类产品或其衍生物等将被环境友好型的来源于可再生资源的新型助剂代替,特别是被植物油及其衍生物所代替,植物油类衍生物由于来源于植物,生物降解性好、毒性低、对作物药害小,将是农药助剂开发的热点。油类助剂可以加快作物对叶喷农药的吸收效率,它们可以与农药、水等形成均一稳定的乳化液,叶喷时有助于靶标作物对农药的吸收^[32]。

生物源、环境友好型、低水生生物毒性、易降解、对作物没有毒害的高效新型助剂的开发正在国外兴起^[33],如甲基化聚氧乙烯脂肪酸和酯化聚氧乙烯甘油,这是德国cognis公司开发的一类新型高效助剂,是植物油的衍生物也是非离子表面活性剂;具有自乳化功能,能在水中扩散和溶解;毒性低(大鼠 $LD_{50}>5000\text{ mg/kg}$, 鱼 LC_{50} 为 270 mg/L);来源于可再生的天然植物,因此比矿物油更易降解,生物降解率 $>80\%$ (19d),而且没有植物毒性^[34]。目前国内登记的植物油型悬浮剂是以植物油如大豆油、菜籽油、棉籽油等为载体,通过砂磨粉碎,使有效成分在油相中形成悬浮剂。此种剂型以纯天然植物油作为主要载体,同水性制剂一样有较强的环境相容性,对环境有很好的安全性。目前国内市场植物油资源充足,与甲苯、二甲苯等芳烃溶剂相比有一定竞争优势^[35],存在着巨大的市场潜力,并影响和促进着现代农业化学的研究^[36]。

虽然国内外学者对植物油类农药研究比较多,但其对有益昆虫的影响的报道却较少^[37]。长期以来对农药的活性要求较高,但对毒性、环境相容性及生态效应等方面要求较低。而且,在实际应用中,并不是只使用一种单一的助剂,为了提高药效,常多种助剂同时选用,这样各类助剂间的相互作用,虽然提高了药效,但对非靶标生物的影响却应进一步研究。

1.5 论文研究意义

在当前面临人口不断增长,土地日益减少,粮食需求加剧,环境要求越来越严峻的情况下,需求人们开发出更多高效、安全的新农药。人类可持续发展战略的实施,引起人们对应用有毒化学品导致的潜在危险和危害的重视。

目前,在农药制剂中广泛使用农药助剂,应用最多的是以苯的同系物(甲苯、二甲苯、混合苯)为助剂的液体制剂。众所周知,苯的同系物(甲苯、二甲苯、混合苯)是世界卫生组织确定的强致癌物,是导致再生障碍性贫血(白血病)和胎儿先天性缺陷的最大致病源^[38]。苯的同系物(甲苯、二甲苯、混合苯)又是一种易燃易爆的化学危险品,其闪点和爆炸浓度都很低,在农药制剂加工和储运过程中都很危险。同时苯的同系物(甲苯、二甲苯、混合苯)又是重要的石油化工产品,我国每年用于农药制剂加工的苯同系物达数十万吨,而这数十万吨的有毒、有害溶液又多喷到田间地头,不仅加剧石油资源的紧张,而且造成对生态环境的污染。同时大量高毒农药的使用,消灭了一些捕食性、寄生性的天敌,使

自然界害虫与天敌间失去了平衡,造成害虫猖獗,也消灭了传粉的昆虫,使作物产量受到了影响,同时还使生物栖息场所发生了改变^[39]。

随着应用范围和用量的增加及研究的深入,助剂的安全性和生物降解性倍受重视。石油类产品或其衍生物等将被环境友好型的来源于可再生资源的新型助剂代替,特别是被植物油及其衍生物所代替,植物油类衍生物由于来源于植物,生物降解性好、毒性低、对作物药害小;将是农药助剂开发的热点。21世纪农药发展方向将以绿色农药为主题^[40,41]。绿色农药制剂除需有符合绿色要求的农药原药外,还需有辅料绿色化,即使用绿色助剂,禁用甲苯、二甲苯等有机溶剂,用水或其他绿色化学物质来替代,减轻农药臭味,降低农药毒性,控制释放。

因此植物油作为可再生资源和环境相容性等优点,作为新型环保助剂是顺应人类可持续发展战略的。同时植物油的利用能减少农药生产对石油资源需求,有利于节省国家能源,节约农药生产企业的生产成本。提高农民种植植物油的收入,具有明显的经济效益和社会效益。

本项目采用植物油替代二甲苯配制1%甲维盐EC,新农药在推广应用前必须经过环境安全性评价,以明确对环境生物的毒性,因此本实验采用《化学农药安全评价实验准则》的方法,进行植物油配制的1%甲维盐EC对环境生物进行安全性预评价,对植物油为溶剂的新型杀虫剂的登记和推广使用提供参考。

2 材料与方 法

2.1 试验材料

2.1.1 供试药剂

精制松树油基 1%甲维盐 EC、棕榈油基 1%甲维盐 EC、精制松树油和棕榈油混合油基 1%甲维盐 EC、二甲苯基 1%甲维盐 EC,以上四种农药均由福建省泉州德胜农药有限公司研制。

2.1.2 试验土壤

蚯蚓毒性试验用标准土壤,成分与配比见表2.1^[42]

表 2.1 标准土壤组成成份及配比
Table 2.1 Component and ratios of standard soil

成份	含量 (%)	说明
泥炭藓	10	pH 5.5~6.0
高岭土	20	高岭石含量最好大于30%
工业沙	68	50 μm~200 μm颗粒含量大于50%
碳酸钙	2	调节人工土壤pH至6.0±0.5

2.1.3 试验仪器

DH-201BS 电热恒温干燥箱 (天津市中环实验电炉有限公司)
BP211D 电子天平 (德国 SARTORIUS 公司生产)
HI9143 溶氧仪 (HANNA INSTRUMENT)
ThermoOrion420A 酸度计/pH 计 (美国 THERMO)
PRX-250B 智能人工气候箱 (赛福牌宁波海曙赛福实验仪器厂)
KQ-1000DE 舒美牌数控超声波清洗器 (昆山市超声仪器有限公司)
SIMATIC PANEL 人工气候室数控装置 (浙江大学电气设备厂)
ET8010 总硬度离子测量仪 (德国 Lovibond, 2005年)

2.1.4 供试生物

SD大鼠, 普通级, 体重180 g~300 g, 由浙江省实验动物中心提供。

健康家兔, 普通级, 体重2.0 kg, 由浙江省实验动物中心提供。

鹌鹑 *Coturnix coturnix japonica*, 30日龄, 体重约90 g~110 g, 农业部农药检定所生物技术测试研究中心提供。

意大利成年工蜂 *Apis mellifera*, 农业部农药检定所生物技术测试研究中心提供。

斑马鱼 *Brachydonio rerio*, 体长: 3.0 cm±0.5 cm, 体重: 0.3 g±0.1 g, 农业部农药检定所生物技术测试研究中心提供。

家蚕品种为春蕾×镇珠, 以二龄蚕为毒性试验材料, 蚁蚕饲养温度为27℃, 相对湿度为80%。农业部农药检定所生物技术测试研究中心提供。

赤子爱胜蚯蚓 *Eisenia foelide*, 供试蚯蚓为已出现生殖带的成蚓, 体重0.30 g~0.60 g。农业部农药检定所生物技术测试研究中心提供。

欧洲玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostrinae*, 农业部农药检定所生物技术测试研究中心提供。

2.2 试验方法

2.2.1 大鼠急性经口毒性测定

选用 32 只 SD 大鼠。经口空腹灌药。根据预试验, 分别设定雌雄大鼠的剂量组, 每组 8 只, 雌雄各半, 给药后恢复饲料供给。观察两周, 记录体重、中毒症状、病理解剖及死亡情况, 计算 LD₅₀ 及 95% 可信限。根据《农药登记毒理学试验方法》(GB15670-1995) 对大鼠急性经口分级标准见表 2.2。

表 2.2 急性经口毒性分级标准

Table 2.2 Acute oral toxicity grading standards

级别	经口 LD ₅₀ (mg/kg)
剧毒	<5
高毒	5~50
中毒	50~500
低毒	>500

2.2.2 大鼠急性经皮毒性测定

选用 10 只 SD 大鼠。试验前 24 h 将大鼠背部去毛，面积 $4 \times 5 \text{ cm}^2$ 。次日将动物固定，将样品涂抹在去毛区，剂量为 2000 mg/kg，雌雄各半。涂药后 4h 后用温水拭去，观察两周，记录体重、中毒症状、病理解剖及死亡情况，计算 LD₅₀ 及 95%可信限。根据《农药登记毒理学试验方法》(GB15670-1995) 分级标准见表 2.3。

表 2.3 急性经皮毒性分级标准

Table 2.3 Acute skin toxicity grading standards

级别	经皮 4h- LD ₅₀ (mg/kg)
剧毒	<20
高毒	20~200
中毒	200~2000
低毒	>2000

2.2.3 家兔皮肤刺激试验

4 只健康的白色家兔，皮肤完好，雌雄各半。试验前 24 h 将家兔背部毛剪掉 6 cm^2 ，用自身对侧皮肤为对照，次日将受试物涂敷，4 h 后用温水洗去受试物，观察皮肤的刺激反应。观察两周，观察受试皮肤的损伤程度。按《农药登记毒理学试验方法》(GB15670-1995) 进行积分、计算刺激积分分值和根据刺激程度分级标准对受试物的刺激强度进行评价。

2.2.4 家兔眼刺激试验

4 只健康的白色家兔，雌雄各半。试验前 24 h 检查家兔双眼，确定无异常情况。将受试物滴入右结膜囊内，轻轻闭合 1 s，给药后 24 h 内不洗眼，用自身对侧眼为对照，剂量 0.1 mL/只。给药后 1 h、24 h、48 h、72 h，4 d，7 d 直至 21 d 分别检查双眼，并记录结果，观察受试右眼角膜、虹膜、结膜及其它部位的损伤程度。按《农药登记毒理学试验方法》(GB15670-1995) 依损伤情况进行评分，计算眼刺激积分指数和平均指数，并按该标准中眼刺激性分级标准对供试药剂刺激强度进行评价。

2.2.5 对鹌鹑的急性经口毒性

试验采用经口一次性染毒^[42-49]。按预备试验估计的 LD₅₀ 的大致范围，将 4 种药剂分别设置 6 个剂量组和一个对照组直接灌样品。每组 10 只雄性鹌鹑，三个重复。处理前 12 h~18 h 停止喂食，鹌鹑平均体重 100 g，将各供试药剂按 1 mL/鹌鹑的灌药量，用微量加样枪对鹌鹑进行经口染毒处理，处理后

2 h~4 h 按常规方法喂食, 停食期间正常供水。给药后连续 7 d 观察记录受试鹌鹑中毒与死亡症状, 对试验数据进行数理统计, 计算供试农药对鹌鹑的 LD_{50} 值及 95% 置信限。

试验在室温 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 条件下进行, 室内通风, 自然光照。根据中华人民共和国国家环境保护总局《化学农药环境安全评价试验准则》关于农药对鸟急性经口毒性的等级划分标准见表 2.4

表 2.4 农药对鸟的毒性等级划分
Table 2.4 Classes of pesticide toxicity to birds

毒性等级	急性经口 7d- LD_{50} (mg/kg)
剧毒	$LD_{50}\leq 10$
高毒	$10 < LD_{50} \leq 50$
中毒	$50 < LD_{50} \leq 500$
低毒	$LD_{50} > 500$

2.2.6 对蜜蜂的急性摄入毒性

采用摄入法^[50-57]。根据 4 种药剂的预试验结果确定的浓度范围, 按一定间距分别设置 6 个浓度组, 并设空白对照组, 每组 10 只蜜蜂, 每一处理组及对照组均设 3 个重复。试验开始前将蜜蜂饥饿 2 h, 将贮蜂笼内的蜜蜂引入试验笼中, 不同浓度药液与 50% 蔗糖水以 1:1 混匀, 装入 10 mL 小烧杯中, 杯内浸渍 0.3 g 脱脂棉 (用量以药液不流出且能在试验期间保持湿润为准), 杯口向下倒置于试验笼纱网上, 通过网眼供蜜蜂摄食。记录处理 24 h、48 h 死亡数并分别观察蜜蜂中毒症状, 对试验数据进行数理统计, 求出供试农药对蜜蜂 LC_{50} 值及 95% 置信限。蜜蜂死亡标准为用玻璃棒触碰蜜蜂身体, 蜜蜂无任何反应。

试验在室温 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 70%~80%, 微光条件下进行。根据中华人民共和国国家环境保护总局《化学农药环境安全评价试验准则》关于农药对蜜蜂急性摄入毒性的等级划分标准见表 2.5。

表 2.5 农药对蜜蜂急性摄入毒性等级划分
Table 2.5 Classes of pesticide acute oral toxicity to bees

毒性等级	摄入法 48h- LC_{50} (mg/L)
剧毒	$LC_{50}\leq 0.5$
高毒	$0.5 < LC_{50} \leq 20$
中毒	$20 < LC_{50} \leq 200$
低毒	$LC_{50} > 200$

2.2.7 对家蚕的急性毒性

采用食下毒叶法^[58-66]。在直径 12 cm 的玻璃皿内饲养二龄起蚕, 根据 4 种药剂的预试验结果确定的浓度范围, 按一定间距分别设置 7 个浓度组, 每组 20 头蚕, 并设空白对照, 对照组和每一浓度组均设 3 个重复。用不同浓度的药液定量浸渍桑叶, 每 10 mL 药液浸渍 5 g 桑叶, 待桑叶上药液自然晾干后供蚕食用。观察并记录 24 h、48 h、72 h、96 h 试验用家蚕的中毒症状及死亡情况。试验结束后对数据进行数理统计, 计算供试农药对家蚕的 LC_{50} 值及 95% 置信限。

试验在室温 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $80\%\sim 85\%$ 条件下进行，光周期 $14\text{L}: 10\text{D}$ 。根据中华人民共和国国家环境保护总局《化学农药环境安全评价试验准则》关于农药对鱼类的毒性等级划分标准见表 2.6。

表 2.6 农药对家蚕的毒性与风险性等级划分标准

Table 2.6 Classes of pesticide to toxicity and risk to silkworm

毒性等级	LC_{50} (mg/L)	风险性等级	田间施药浓度/ LC_{50}
剧毒	$\text{LC}_{50}\leq 0.5$	极高风险性	> 10
高毒	$0.5 < \text{LC}_{50} \leq 20$	高风险性	$1.0\sim 10$
中毒	$20 < \text{LC}_{50} \leq 200$	中等风险性	$0.1\sim 1.0$
低毒	$\text{LC}_{50} > 200$	低风险性	< 0.1

2.2.8 对斑马鱼的急性毒性

采用半静态法，每 24 h 更换 1 次药液^[63,64]。每缸放 10 L 试液和 10 尾鱼，在 4 种药剂预试验的基础上分别设 6 个处理组，并设空白对照组，每组 3 个重复。试验开始后 6 h 内随时观察并记录试验鱼的中毒症状及死亡率，其后于 24 h、48 h、72 h、96 h 观察并记录受试鱼的中毒症状及死亡率，当用玻璃棒轻触鱼尾部，无可见运动即为死亡，并及时清除死鱼。每天测定并记录试液 pH 及溶解氧。计算供试农药对斑马鱼的 LC_{50} 和 95%置信限^[67-80]。

试验用水为存放并去氯处理 24 h 以上的自来水。水质硬度在 $10\text{ mg/L}\sim 250\text{ mg/L}$ 之间，pH 在 $6.0\sim 8.5$ 之间，溶解氧保持在 5.8 mg/L 以上，温度为 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。光周期 $14\text{L}: 10\text{D}$ 。根据中华人民共和国国家环境保护总局《化学农药环境安全评价试验准则》关于农药对鱼类的毒性等级划分标准见表 2.7。

表 2.7 农药对鱼类的毒性等级划分标准

Table 2.7 Classes of pesticide toxicity to fishes

毒性等级	96h- LC_{50} (mg/L)
剧毒	$\text{LC}_{50}\leq 0.1$
高毒	$0.1 < \text{LC}_{50} \leq 1.0$
中毒	$1.0 < \text{LC}_{50} \leq 10$
低毒	$\text{LC}_{50} > 10$

2.2.9 对蚯蚓的急性毒性

采用标准土壤法^[81-88]。根据 4 种药剂预试验结果确定的浓度范围，按一定间距分别设置 7 个浓度组，并设一组不加农药的空白对照组，每组均设 3 个重复。在标本瓶中放 500 g 土壤（标本瓶中土壤厚度不低于 8 cm），加入农药溶液后充分拌匀，加适量蒸馏水，调节土壤水分含量达 20%。每个处理放入蚯蚓 10 条，用纱布扎好瓶口，将标本瓶置于 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $80\%\sim 85\%$ 的培养箱中， $400\text{ Lux}\sim 800\text{ Lux}$ 光强连续光照。试验历时二周，于第 7 天和第 14 天倒出瓶内土壤，观察记录蚯蚓的中毒症状和死亡数（用针轻触蚯蚓尾部，蚯蚓无反应则为死亡），及时清除死蚯蚓。根据蚯蚓 7 天和 14 天的死亡率，求出供试

农药对蚯蚓的毒性 LC_{50} 值及 95% 置信限。根据中华人民共和国国家环境保护总局《化学农药环境安全评价试验准则》关于农药对鱼类的毒性等级划分标准见表 2.8。

表 2.8 农药对蚯蚓的毒性分级标准
Table 2.8 Classes of pesticide toxicity to earthworm

毒性等级	LC_{50} (mg/kg \pm)
剧毒	$LC_{50} \leq 0.1$
高毒	$0.1 < LC_{50} \leq 1.0$
中毒	$1.0 < LC_{50} \leq 10$
低毒	$LC_{50} > 10$

2.2.10 对赤眼蜂的急性毒性

采用接触法^[89-90]。供试农药用丙酮溶解，根据 4 种药剂预试验结果，正式试验按等比关系分别设置 5 个浓度组，并设丙酮对照组，每组设 3 个重复，每个重复 30 头赤眼蜂。在指形管中加入 3 mL 的供试药液，封盖后摇晃，使指形管内壁充分接触药液，将多余药液倒出，指形管倒立于吸水纸上晾干。然后将供试赤眼蜂引入药膜管，在管口固定泡过 10% 蜂蜜的棉线，并用黑布封紧管口。对照组的成蜂数量与处理组相同，并应同时进行。24 h 后检查并记录管中死亡数和存活蜂数。求出供试农药对赤眼蜂的毒性 LC_{50} 值及 95% 置信限。

试验应在温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ，相对湿度 70%~80%，避光条件下进行。农药对赤眼蜂的毒性评价目前国内尚无统一的标准，可用安全系数评价农药使用对赤眼蜂的安全性，安全系数为赤眼蜂的半致死浓度 LC_{50} 与该药的田间推荐施用浓度的比值公式来表示。根据中华人民共和国国家环境保护总局《化学农药环境安全评价试验准则》关于农药对赤眼蜂的毒性等级划分标准见表 2.9。

表 2.9 农药对赤眼蜂的风险性等级划分标准
Table 2.9 Classes of pesticide risk to Trichogramma

风险性等级	安全系数
极高风险性	安全系数 ≤ 0.05
高风险性	$0.05 < \text{安全系数} \leq 0.5$
中风险性	$0.5 < \text{安全系数} \leq 5$
低风险性	安全系数 > 5

2.2.11 数据统计方法

除家蚕试验数据处理统计软件为 SPSS13.0，其余试验数据处理均用 SPSS15.0。

3 结果与分析

3.1 大鼠急性经口毒性试验结果

二甲苯基 1%甲维盐 EC。1000 mg/kg、2150 mg/kg 剂量组雌雄大鼠体重均正常变化，4640 mg/kg、10000 mg/kg 剂量组中毒雄性大鼠第 3 d 体重降低，第 7 d 时恢复正常。灌药后，4640 mg/kg、10000 mg/kg 剂量组雌雄大鼠均可见不同程度的拱背、震颤、粘液便等中毒症状。

精制松树油基 1%甲维盐 EC。4640 mg/kg 剂量组中毒雄性大鼠第 3 d 体重降低。灌药后，2150 mg/kg 剂量组雌雄大鼠均可见呆滞、震颤等中毒症状，4640 mg/kg、10000 mg/kg 剂量组雌雄大鼠均可见不同程度的呆滞、震颤、粘液便等中毒症状。

棕榈油基 1%甲维盐 EC。4640 mg/kg 剂量组中毒雄性大鼠第 3 d 体重降低，14d 时体重较其它大鼠略低。灌药后，4640 mg/kg、10000 mg/kg、21500 mg/kg 剂量组雌性大鼠均可见不同程度的呆滞、震颤、粘液便等中毒症状。4640 mg/kg、10000 mg/kg 剂量组雄性大鼠均可见不同程度的呆滞、震颤、粘液便等中毒症状。

精制松树油和棕榈油混合油基 1%甲维盐 EC。4640 mg/kg 剂量组雌雄性中毒大鼠第 3 d 体重降低，第 7 d 时恢复正常。灌药后，4640 mg/kg、10000 mg/kg 剂量组雌雄大鼠均可见不同程度的震颤、粘液便等中毒症状。

以上 4 种药剂试验结束时，试验动物大体解剖均未见明显异常。对大鼠急性经口毒性见表 3.1，除精制松树油替代二甲苯配制 1%甲维盐 EC 对雄性大鼠毒性提高外，其余植物油替代二甲苯配制 1%甲维盐 EC 均未增加对雌雄性大鼠的毒性。3 种植物油和二甲苯分别配制的 1%甲维盐 EC 对大鼠急性经口毒性均属于低毒。

表 3.1 急性经口毒性试验结果
Table 3.1 Results of acute oral toxicity test

供试药剂	动物(性别)	LD ₅₀ (mg/kg)	95%可信限
二甲苯基 1%甲维盐 EC	雌	3160	—
	雄	3830	2610~5620
精制松树油基 1%甲维盐 EC	雌	4640	2980~7230
	雄	2150	1380~3360
棕榈油基 1%甲维盐 EC	雌	5620	3830~8250
	雄	3830	2610~5620
精制松树油和棕榈油基 1%甲维盐 EC	雌	4640	2980~7230
	雄	4640	2980~7230

3.2 大鼠急性经皮毒性试验结果

根据《农药登记毒理学试验方法》(GB15670-1995)中关于急性经皮试验要求,如果 2000 mg/kg 剂量仍不出现死亡时,则无需再进行高剂量试验,4 种药剂以 2000 mg/kg 剂量组对试验大鼠涂皮后,观察期间雌雄性大鼠未见死亡,雌雄性大鼠急性经皮 LD₅₀ 值均大于 2000 mg/kg。雌雄性大鼠也无明显中毒症状。根据规定染毒前、染毒后 7 d、14 d 的体重正常。试验结束时,试验动物大体解剖未见异常。3 种植物油和二甲苯分别配制的 1%甲维盐对大鼠急性经皮均属于低毒。

3.3 家兔皮肤刺激试验结果

4 种药剂对家兔皮肤刺激试验结果见表 3.2, 表 3.3, 表 3.4, 表 3.5, 列出 8d 的皮肤刺激反应积分, 8d 到 14d 中 4 种药剂对家兔急性皮肤刺激积分均为 0, 二甲苯、精制松树油分别配制的 1%甲维盐 EC 对家兔皮肤有中等刺激性, 棕榈油、精制松树油和棕榈油混合油分别配制的 1%甲维盐 EC 对家兔皮肤有轻度刺激性。棕榈油、精制松树油和棕榈油混合油替代二甲苯分别配制的 1%甲维盐 EC 降低了对家兔的皮肤刺激强度。

表 3.2 二甲苯基 1%甲维盐 EC 皮肤刺激试验强度结果

Table 3.2 Results of skin irritation strength test of 1% emamectin benzoate EC mixed with xylene

动物编号	性别	症状	积 分								
			1 h	24 h	48 h	72 h	4 d	5 d	6 d	7 d	8 d
1	雄	红斑	1	1	1	1	1	1	1	0	0
		水肿	1	1	1	1	1	1	0	0	0
2	雄	红斑	1	1	1	1	1	1	0	0	0
		水肿	1	1	1	1	1	0	0	0	0
3	雌	红斑	1	2	2	1	1	1	1	0	0
		水肿	1	1	1	1	1	0	0	0	0
4	雌	红斑	1	1	1	1	1	1	1	0	0
		水肿	1	1	1	1	1	0	0	0	0
平均积分			2	2.25	2.25	2	2	1.25	0.75	0	0
刺激强度			中等刺激性								

表 3.3 精制松树油基 1%甲维盐 EC 皮肤刺激试验强度结果

Table 3.3 Results of skin irritation strength test of 1% emamectin benzoate EC mixed with pine oil

动物编号	性别	症状	积 分								
			1 h	24 h	48 h	72 h	4 d	5 d	6 d	7 d	8 d
1	雄	红斑	1	1	1	1	1	1	1	1	0
		水肿	1	1	1	1	1	0	0	0	0
2	雄	红斑	1	1	1	1	1	1	1	0	0
		水肿	1	1	1	1	1	0	0	0	0
3	雌	红斑	1	2	2	1	1	1	1	1	0
		水肿	1	1	1	1	1	0	0	0	0
4	雌	红斑	1	2	2	1	1	1	1	0	0
		水肿	1	1	1	1	1	0	0	0	0
平均积分			2	2.5	2.5	2	2	1	1	0.5	0
刺激强度			中等刺激性								

表 3.4 棕榈油基 1%甲维盐 EC 皮肤刺激试验强度结果

Table 3.4 Results of skin irritation strength test of 1% emamectin benzoate EC mixed with palm oil

动物编号	性别	症状	积 分								
			1 h	24 h	48 h	72 h	4 d	5 d	6 d	7 d	8 d
1	雄	红斑	1	1	1	1	1	0	0	0	0
		水肿	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	雄	红斑	1	1	1	0	0	0	0	0	0
		水肿	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	雌	红斑	1	1	1	0	0	0	0	0	0
		水肿	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	雌	红斑	1	1	1	0	0	0	0	0	0
		水肿	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平均积分			1	1	1	0.25	0.25	0	0	0	0
刺激强度			轻度刺激性								

表 3.5 精制松树油和棕榈油基 1%甲维盐 EC 皮肤刺激试验强度结果
 Table 3.5 Results of skin irritation strength test of 1% emamectin benzoate EC
 mixed with pine oil and palm oil

动物编号	性别	症状	积 分								
			1 h	24 h	48 h	72 h	4 d	5 d	6 d	7 d	8 d
1	雄	红斑	1	1	1	0	0	0	0	0	0
		水肿	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	雄	红斑	1	1	1	0	0	0	0	0	0
		水肿	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	雌	红斑	1	1	0	0	0	0	0	0	0
		水肿	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	雌	红斑	1	1	0	0	0	0	0	0	0
		水肿	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平均积分			1	1	0.5	0	0	0	0	0	0
刺激强度			轻度刺激性								

3.4 家兔眼刺激试验结果

二甲苯基 1%甲维盐 EC。染毒后, 4 只家兔可见受试右眼结膜充血呈深红色, 明显水肿, 伴分泌物, 角膜损伤, 虹膜充血。对照侧眼正常。

精制松树油基 1%甲维盐 EC。染毒后, 4 只家兔可见受试右眼结膜充血呈深红色, 明显水肿, 伴分泌物, 角膜损伤, 虹膜充血。对照侧眼正常。

棕榈油基 1%甲维盐 EC。染毒后, 4 只家兔可见受试右眼结膜充血呈深红色, 明显水肿, 伴分泌物, 角膜损伤, 虹膜充血。对照侧眼正常。

精制松树油和棕榈油基制 1%甲维盐 EC。染毒后, 4 只家兔可见受试右眼结膜充血呈深红色, 水肿至眼睑近半闭合, 分泌物使整个眼眶潮湿粘着, 角膜损伤, 虹膜充血。对照侧眼正常。

4 种药剂对家兔眼刺激试验结果分别见表 3.6, 表 3.7, 表 3.8, 表 3.9。二甲苯配制的 1%甲维盐 EC 对家兔眼的刺激强度属中度至重度刺激性。精制松树油、精制松树油和棕榈油混合油、棕榈油分别配制的 1%甲维盐 EC 属中度刺激性。由眼刺激试验结果可看出, 植物油替代二甲苯配制 1%甲维盐 EC 降低了对家兔眼的刺激性。

表 3.6 二甲苯基 1%甲维盐 EC 眼刺激试验结果

Table 3.6 Results of eye irritation test of 1% emamectin benzoate EC mixed with xylene

观察时间	动物编号	眼刺激反应积分				I.A.O.I	M.I.O.I
		角膜	虹膜	结膜	总分		
1h	1	0	0	8	8	8	8.00
	2	0	0	8	8		
	3	0	0	8	8		
	4	0	0	8	8		
24h	1	20	5	12	37	37	37.00
	2	20	5	12	37		
	3	20	5	12	37		
	4	20	5	12	37		
48h	1	20	5	12	37	37	37.00
	2	20	5	12	37		
	3	20	5	12	37		
	4	20	5	12	37		
72h	1	20	5	12	37	37	37.00
	2	20	5	12	37		
	3	20	5	12	37		
	4	20	5	12	37		
96h	1	20	5	12	37	37	37.00
	2	20	5	12	37		
	3	20	5	12	37		
	4	20	5	12	37		
7d	1	10	5	12	27	27	21.75
	2	10	0	10	20		
	3	10	0	10	20		
	4	10	0	10	20		
14d	1	5	0	12	17	17	13.75
	2	5	0	6	11		
	3	5	0	6	11		
	4	10	0	6	16		
21d	1	5	0	8	13	13	8.75
	2	5	0	6	11		
	3	0	0	0	0		
	4	5	0	6	11		

最高刺激指数 (I.A.O.I): 37

平均刺激指数 (M.I.O.I): 7 d 后小于 40

表 3.7 精制松树油基 1%甲维盐 EC 眼刺激试验结果

Table 3.7 Results of eye irritation test of 1% emamectin benzoate EC mixed with pine oil

观察时间	动物编号	眼刺激反应积分				I.A.O.I	M.I.O.I
		角膜	虹膜	结膜	总分		
1h	1	0	0	8	8	8	8.00
	2	0	0	8	8		
	3	0	0	8	8		
	4	0	0	8	8		
24h	1	20	5	12	37	37	37.00
	2	20	5	12	37		
	3	20	5	12	37		
	4	20	5	12	37		
48h	1	20	5	12	37	37	32.75
	2	20	5	12	37		
	3	15	5	10	30		
	4	10	5	12	27		
72h	1	15	5	10	30	30	26.00
	2	10	5	12	27		
	3	10	5	10	25		
	4	10	0	12	22		
96h	1	15	5	10	30	30	22.50
	2	5	5	10	20		
	3	10	5	10	25		
	4	5	0	10	15		
7d	1	0	0	6	6	16	9.75
	2	5	0	6	11		
	3	10	0	6	16		
	4	0	0	6	6		
14d	1	0	0	0	0	11	3.75
	2	0	0	4	4		
	3	5	0	6	11		
	4	0	0	0	0		
21d	1	0	0	0	0	0	0.00
	2	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0		
	4	0	0	0	0		

最高刺激指数 (I.A.O.I): 37

平均刺激指数 (M.I.O.I): 7 d 后小于 20

表 3.8 棕榈油基 1%甲维盐 EC 眼刺激试验结果

Table 3.8 Results of eye irritation test of 1% emamectin benzoate EC mixed with palm oil

观察时间	动物编号	眼刺激反应积分				I.A.O.I	M.I.O.I
		角膜	虹膜	结膜	总分		
1h	1	0	0	8	8	8	8.00
	2	0	0	8	8		
	3	0	0	8	8		
	4	0	0	8	8		
24h	1	20	5	12	37	37	21.00
	2	0	0	10	10		
	3	10	5	12	27		
	4	0	0	10	10		
48h	1	15	0	10	25	25	15.00
	2	0	0	8	8		
	3	5	0	12	17		
	4	0	0	10	10		
72h	1	5	0	6	11	13	9.00
	2	0	0	6	6		
	3	5	0	8	13		
	4	0	0	6	6		
96h	1	0	0	6	6	11	6.75
	2	0	0	4	4		
	3	5	0	6	11		
	4	0	0	6	6		
7d	1	0	0	0	0	0	0.00
	2	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0		
	4	0	0	0	0		
14d	1	0	0	0	0	0	0.00
	2	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0		
	4	0	0	0	0		
21d	1	0	0	0	0	0	0.00
	2	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0		
	4	0	0	0	0		

最高刺激指数 (I.A.O.I): 37

平均刺激指数 (M.I.O.I): 7 d 后小于 20

表 3.9 精制松树油和棕榈油基 1%甲维盐 EC 眼刺激试验结果

Table 3.9 Results of eye irritation test of 1% emamectin benzoate EC mixed with pine oil and palm oil

观察时间	动物编号	眼刺激反应积分				I.A.O.I	M.I.O.I
		角膜	虹膜	结膜	总分		
1h	1	0	0	8	8	8	8.00
	2	0	0	8	8		
	3	0	0	8	8		
	4	0	0	8	8		
24h	1	20	5	14	39	41	39.50
	2	20	5	14	39		
	3	20	5	14	39		
	4	20	5	16	41		
48h	1	15	5	12	32	37	35.00
	2	20	5	12	37		
	3	15	5	14	34		
	4	20	5	12	37		
72h	1	10	0	10	20	32	27.00
	2	15	0	12	27		
	3	10	5	14	29		
	4	15	5	12	32		
96h	1	5	0	6	11	29	22.50
	2	15	0	10	25		
	3	10	5	14	29		
	4	10	5	10	25		
7d	1	0	0	6	6	17	11.75
	2	5	0	6	11		
	3	5	0	12	17		
	4	5	0	8	13		
14d	1	0	0	0	0	15	7.50
	2	5	0	6	11		
	3	5	0	10	15		
	4	0	0	4	4		
21d	1	0	0	0	0	0	0.00
	2	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0		
	4	0	0	0	0		

最高刺激指数 (I.A.O.I): 41

平均刺激指数 (M.I.O.I): 7 d 后小于 20

3.5 对鹌鹑的急性经口毒性试验结果

二甲苯基 1%甲维盐 EC。高剂量组：重者有鸟被灌药时出现当场死亡的情况，轻者食欲不振，精神萎靡，羽毛蓬松，部分鸟拉稀粪。低剂量组：反应不明显，食欲不振，呆立，几天后逐渐恢复，正常

取食。清水对照组无任何异常反应。

精制松树油基 1%甲维盐 EC。高剂量组：食欲不振，精神萎靡，羽毛蓬松。低剂量组：反应不明显，食欲不振，呆立，几天后逐渐恢复，正常取食。清水对照组无任何异常反应。

棕榈油基 1%甲维盐 EC。高剂量组：食欲不振，精神萎靡，羽毛蓬松。低剂量处理组：反应不明显，食欲不振，呆立，几天后逐渐恢复，正常取食。清水对照组无任何异常反应。

精制松树油和棕榈油基 1%甲维盐 EC。高剂量组：食欲不振，精神萎靡，羽毛蓬松，部分鸟拉稀粪。低剂量组：反应不明显，食欲不振，呆立，几天后逐渐恢复，正常取食。清水对照组无异常反应。

连续观察一周，从以上 4 个药剂对鹌鹑的中毒症状可看出，二甲苯基 1%甲维盐比其他 3 种植物油 1%甲维盐对鸟的中毒情况严重。4 种药剂对鹌鹑急性经口毒性试验结果见表 3.10.，二甲苯配制的 1%甲维盐 EC 对鸟的急性经口毒性属于高毒，精制松树油、棕榈油、精制松树油和棕榈油混合油分别配制的 1%甲维盐 EC 属于中毒。由此可看出，植物油替代二甲苯基配制 1%甲维盐 EC 提高了对鸟的安全性。

表 3.10 鸟类急性经口毒性试验结果
Table 3.10 Results of acute oral toxicity test of birds

供试 药剂	观察 时间	致死中量 (mg/kg)	95%置信限 (mg/kg)	毒力回归方程	相关 系数	卡方值
二甲苯基 1%甲维盐 EC	1 d	32.583	28.702-38.082	$Y=5.578+3.687X$	0.988	4.718
	2 d	32.090	28.070-37.861	$Y=5.189+3.445X$	0.964	6.467
	3 d	28.012	24.294-32.592	$Y=4.747+3.280X$	0.901	3.711
	4 d	26.977	23.530-31.006	$Y=4.993+3.489X$	0.911	3.911
	5 d	26.675	23.169-30.740	$Y=4.845+3.397X$	0.893	4.627
	6 d	26.350	23.004-30.162	$Y=5.054+3.557X$	0.901	4.929
	7 d	26.021	22.562-29.941	$Y=4.805+3.395X$	0.925	3.602
精制松树油 基 1% 甲维盐 EC	1 d	95.751	86.208-108.598	$Y=9.496+4.793X$	0.993	0.432
	2 d	73.596	67.216-80.673	$Y=10.889+5.833X$	0.977	3.816
	3 d	69.649	63.451-76.364	$Y=10.538+5.718X$	0.988	2.417
	4 d	69.065	62.876-75.732	$Y=10.463+5.689X$	0.984	2.594
	5 d	65.862	59.408-72.605	$Y=9.422+5.181X$	0.986	2.695
	6 d	62.791	56.157-69.450	$Y=8.849+4.922X$	0.935	4.922
	7 d	60.736	53.787-67.498	$Y=8.267+4.636X$	0.880	7.318
棕榈油基 1%甲维盐 EC	1 d	265.136	169.927-1156.592	$Y=4.442+1.833X$	0.927	0.849
	2 d	219.675	150.149-663.102	$Y=4.305+1.839X$	0.974	0.376
	3 d	139.100	105.727-255.541	$Y=3.826+1.785X$	0.917	1.521
	4 d	116.027	90.272-185.491	$Y=3.665+1.775X$	0.909	1.752

续上表

供试 药剂	观察 时间	致死中量 (mg/kg)	95%置信限 (mg/kg)	毒力回归方程	相关 系数	卡方值
棕榈油基 1% 甲维盐 EC	5 d	86.602	70.543-109.025	$Y=-4.328+2.234X$	0.943	1.649
	6 d	82.566	66.981-102.709	$Y=-4.314+2.251X$	0.921	2.379
	7 d	77.423	62.825-94.546	$Y=-8.267+4.636X$	0.891	3.762
精制松树油和 棕榈油基 1% 甲维盐 EC	1 d	212.984	149.663-594.091	$Y=-5.859+2.516X$	0.941	0.906
	2 d	105.153	93.275-123.471	$Y=-8.634+4.270X$	0.932	4.151
	3 d	84.252	75.109-95.875	$Y=-7.970+4.139X$	0.967	2.318
	4 d	78.719	69.553-89.804	$Y=-7.251+3.824X$	0.943	3.303
	5 d	65.521	57.796-73.336	$Y=-7.701+4.240X$	0.957	2.695
	6 d	64.593	56.629-72.566	$Y=-7.367+4.070X$	0.970	1.880
	7 d	62.127	54.271-69.729	$Y=-7.395+4.124X$	0.945	3.349

3.6 对蜜蜂的急性摄入毒性试验结果

4种药剂对蜜蜂的中毒症状均为身体蜷缩，两翅展开。4种药剂对蜜蜂急性摄入毒性试验结果见表 3.11，精制松树油和棕榈油混合油配制的1%甲维盐EC的毒性低于二甲苯配制的1%甲维盐EC，由此可看出精制松树油和棕榈油混和油替代二甲苯配制1%甲维盐EC提高了对蜜蜂的安全性，而精制松树油、棕榈油分别配制的1%甲维盐EC的毒性均高于二甲苯基1%甲维盐EC。精制松树油、棕榈油分别配制的1%甲维盐EC对蜜蜂的毒性为剧毒，二甲苯、精制松树油和棕榈油混和油分别配制的1%甲维盐EC对蜜蜂的毒性为高毒。

表 3.11 蜜蜂急性摄入毒性试验结果
Table 3.11 Results of acute oral toxicity test of bees

供试药剂	观察时间	致死中浓度 (mg/L)	95%置信限 (mg/L)	毒力回归方程	相关系数	卡方值
二甲苯基 1%甲维盐 EC	24 h	1.052	0.912-1.379	$Y=-0.072+3.275X$	0.965	0.705
	48 h	0.541	0.427-0.616	$Y=1.170+4.381X$	0.901	2.801
精制松树油基 1%甲维盐 EC	24 h	0.406	0.351-0.457	$Y=1.612+4.116X$	0.896	0.705
	48 h	0.299	0.243-0.341	$Y=2.447+4.666X$	0.955	2.232
棕榈油基 1%甲 维盐 EC	24 h	0.574	0.475-0.716	$Y=0.844+3.499X$	0.995	0.650
	48 h	0.339	0.287-0.400	$Y=2.118+4.503X$	0.986	1.384
精制松树和棕榈 油基 1%甲维盐 EC	24 h	1.633	1.366-2.275	$Y=-0.780+3.660X$	0.954	1.892
	48 h	0.902	0.802-1.024	$Y=0.181+4.050X$	0.927	4.859

3.7 对斑马鱼的急性毒性试验结果

二甲苯、棕榈油、精制松树油分别配制的 1%甲维盐 EC 对鱼进行染毒后, 刚放进去时各高浓度组鱼游动急速, 20 min 后各高浓度组鱼较对照组鱼游动缓慢, 6 h 时高浓度组鱼出现死亡, 中毒鱼体色变深, 鳃开合缓慢, 游动失去平衡, 死亡时均侧倒沉底。精制松树油和棕榈油混合油配制的 1%甲维盐 EC 对鱼进行染毒时, 高浓度组鱼游动活泼, 10 min 后各浓度组鱼较对照游动缓慢, 30 min 高浓度中毒鱼鳃开合急速, 不游动沉底, 中毒鱼体色变深, 游动失去平衡, 死亡时均侧倒沉底。由表 3.12 可以看出, 棕榈油配制的 1%甲维盐 EC 对斑马鱼的毒性低于二甲苯配制的 1%甲维盐 EC, 提高了对斑马鱼的安全性。精制松树油、精制松树油和棕榈油混合油分别配制的 1%甲维盐 EC 属剧毒, 二甲苯、棕榈油分别配制的 1%甲维盐 EC 属于高毒。

表 3.12 斑马鱼急性毒性试验结果
Table 3.12 Results of acute toxicity test of *Brachydonio rerio*

供试 药剂	观察 时间	致死中浓度 (mg/L)	95%置信限 (mg/L)	毒力回归方程	相关 系数	卡方值
二甲苯基 1%甲维盐 EC	24 h	0.183	0.157-0.480	$Y=7.293+9.893X$	0.976	0.752
	48 h	0.180	0.156-0.386	$Y=7.353+9.883X$	0.989	1.286
	72 h	0.134	0.130-0.138	$Y=19.574+22.408X$	0.985	1.720
	96 h	0.123	0.119-0.127	$Y=16.445+18.034X$	0.941	4.144
精制松树 油基 1%甲 维盐 EC	24 h	0.139	0.117-0.191	$Y=3.364+3.924X$	0.993	3.260
	48 h	0.080	0.071-0.090	$Y=4.858+4.422X$	0.952	3.007
	72 h	0.059	0.053-0.065	$Y=6.780+5.521X$	0.955	3.140
	96 h	0.051	0.450-0.560	$Y=7.443+5.752X$	0.965	3.017
棕榈油基 1%甲维盐 EC	24 h	0.467	0.438-0.534	$Y=3.861+11.692X$	0.929	1.476
	48 h	0.417	0.402-0.437	$Y=6.025+15.851X$	0.942	1.792
	72 h	0.378	0.367-0.389	$Y=8.271+19.558X$	0.944	6.330
	96 h	0.348	0.322-0.375	$Y=8.334+18.215X$	0.907	9.653
精制松树 油和棕榈 油基 1%甲 维盐 EC	24 h	0.039	0.036-0.043	$Y=11.275+8.006X$	0.995	0.964
	48 h	0.033	0.030-0.036	$Y=12.963+8.733X$	0.976	1.832
	72 h	0.028	0.025-0.030	$Y=12.687+8.135X$	0.962	3.054
	96 h	0.026	0.024-0.028	$Y=15.890+9.991X$	0.951	4.969

3.8 对家蚕的急性毒性试验结果

4 种药剂对家蚕的中毒症状均为家蚕身体僵直, 摄食量减少。从表 3.13 的试验结果可以看出, 二甲

苯配制的 1%甲维盐 EC 对家蚕的毒性高于棕榈油、精制松树油分别配制的 1%甲维盐 EC。因此棕榈油、精制松树油替代二甲苯分别配制 1%甲维盐 EC 提高了对家蚕的安全性，4 种药剂对家蚕同属于剧毒农药，同时 4 种药剂的田间推荐施药浓度为 2.5 mg/L，4 种药剂的田间施药浓度与家蚕试验结果 LC_{50} 比值均大于 10，因此对家蚕具有极高风险性，喷药时应远离桑树。

表 3.13 家蚕急性毒性试验结果
Table 3.13 Results of acute toxicity test of silkworm

供试药剂	观察 时间	致死中浓度 (mg/L)	95%置信限 (mg/L)	毒力回归方程	相关 系数	卡方值
二甲苯基 1%甲 维盐 EC	24 h	0.00774	0.00572-0.01171	$Y=3.04182+1.44082X$	0.938	6.881
	48 h	0.00197	0.00119-0.00365	$Y=4.35545+1.60958X$	0.877	7.501
	72 h	0.00100	0.00081-0.00124	$Y=4.49229+1.49819X$	0.975	8.832
	96 h	0.00077	0.00061-0.00095	$Y=4.80071+1.54114X$	0.997	4.150
精制松树油基 1%甲维盐 EC	24 h	0.01229	0.00875-0.02088	$Y=3.13888+1.64312X$	0.913	5.161
	48 h	0.00489	0.00345-0.00784	$Y=2.34139+1.01336X$	0.877	9.479
	72 h	0.00161	0.00118-0.00224	$Y=3.19664+1.11658X$	0.937	5.434
	96 h	0.00124	0.00093-0.00167	$Y=2.98034+1.02561X$	0.909	7.791
棕榈油基 1%甲 维盐 EC	24 h	0.01052	0.00857-0.01446	$Y=5.73066+2.89741X$	0.893	3.798
	48 h	0.01079	0.00722-0.01965	$Y=2.33839+1.18888X$	0.925	6.360
	72 h	0.00283	0.00219-0.00381	$Y=3.22867+1.26681X$	0.915	5.874
	96 h	0.00169	0.00096-0.00330	$Y=4.00701+1.44577X$	0.881	6.162
精制松树油和棕 榈油基 1%甲维 盐 EC	24 h	0.08110	0.00629-0.01151	$Y=3.79003+1.81238X$	0.928	6.931
	48 h	0.00237	0.00202-0.00278	$Y=6.42516+2.44662X$	0.960	7.082
	72 h	0.00114	0.00098-0.00133	$Y=7.21046+2.45126X$	0.960	9.333
	96 h	0.00068	0.00058-0.00078	$Y=8.61433+2.71788X$	0.961	9.210

3.9 对蚯蚓的急性毒性试验结果

4 种药剂对蚯蚓的中毒症状均为中毒蚯蚓身体腐烂，变软，浮于土表。根据表 3.14 的试验结果可以看出，棕榈油配制 1%甲维盐 EC 毒性低于二甲苯配制 1%甲维盐 EC。因此棕榈油替代二甲苯配制的 1%甲维盐 EC 提高了对蚯蚓的安全性，但精制松树油、精制松树油和棕榈油混合油配制的 1%甲维盐 EC 相比二甲苯配制的 1%甲维盐 EC 提高了对蚯蚓的毒性。二甲苯、棕榈油分别配制的 1%甲维盐 EC 属于低毒，精制松树油、精制松树油和棕榈油混合油分别配制的 1%甲维盐 EC 属于中毒。

表 3.14 蚯蚓急性毒性试验结果
Table 3.14 Results of acute toxicity test earthworm

供试药剂	观察 时间	致死中浓度 (mg/kg \pm)	95%置信限 (mg/kg \pm)	毒力回归方程	相关 系数	卡方值
二甲苯基 1%甲维盐 EC	7 d	23.272	21.450-25.005	$Y=-9.158+6.700X$	0.913	6.528
	14 d	20.200	18.391-21.720	$Y=-9.695+7.427X$	0.984	1.114
精制松树油基 1%甲维盐 EC	7 d	7.378	6.428-9.041	$Y=-3.335+3.843X$	0.987	1.003
	14 d	5.534	4.875-6.465	$Y=-2.630+3.540X$	0.938	4.519
棕榈油基 1%甲维盐 EC	7 d	35.792	33.913-37.808	$Y=-17.140+11.031X$	0.976	2.825
	14 d	30.962	29.252-32.790	$Y=-14.556+9.764X$	0.992	1.137
精制松树油和棕榈油基 1%甲维盐 EC	7 d	4.088	3.625-4.600	$Y=-2.356+3.852X$	0.920	6.377
	14 d	2.723	2.277-3.114	$Y=-1.546+3.554X$	0.882	7.394

3.10 对赤眼蜂的急性毒性试验结果

根据表 3.15 试验结果可以看出, 3 种植物油溶剂替代二甲苯配制的 1%甲维盐 EC 提高了对赤眼蜂的毒性, 根据 4 种药剂的田间推荐使用浓度为 2.5 mg/L, 从安全系数可以看出, 4 种药剂对赤眼蜂都属于高风险性农药。

表 3.15 赤眼蜂急性毒性试验结果
Table 3.15 Results of acute toxicity test of *Trichogramma ostriniae*

供试药剂	致死中浓度 (mg/L)	95%置信限(mg/L)	毒力回归方程	相关 系数	安全 系数	卡方值
二甲苯基 1%甲维盐 EC	0.738	0.641-0.860	$Y=0.294+2.230X$	0.967	0.30	7.031
精制松树油基 1%甲维盐 EC	0.389	0.343-0.438	$Y=1.140+2.777X$	0.973	0.16	5.211
棕榈油基 1%甲维盐 EC	0.366	0.333-0.400	$Y=1.489+3.407X$	0.989	0.15	4.866
精制松树油和棕榈油基 1%甲维盐 EC	0.409	0.364-0.459	$Y=1.166+3.001X$	0.991	0.16	3.499

4 小结与讨论

4.1 小结

(1) 哺乳动物急性毒性试验结果表明, 3 种植物油溶剂和二甲苯分别配制的 1%甲维盐 EC 对大鼠急性经口和急性经皮毒性均属于低毒。与二甲苯助剂相比, 棕榈油、精制松树油和棕榈油混合油分别配制的 1%甲维盐 EC 降低了对家兔皮肤的刺激性, 3 种植物油溶剂分别配制的 1%甲维盐 EC 降低了对家兔眼的刺激性。

(2) 4 种药剂对鹌鹑、蜜蜂等 6 种环境生物的毒性等级见表 4.1。

表 4.1 供试药剂对 6 种环境生物的毒性等级
Table 4.1 Toxicity grades of products for 6 kinds of environmental organisms

供试药剂	供试生物					
	鹌鹑	蜜蜂	斑马鱼	家蚕	蚯蚓	赤眼蜂
二甲苯基 1%甲维盐 EC	高毒	高毒	高毒	剧毒	低毒	高风险性
精制松树油基 1%甲维盐 EC	中毒	剧毒	剧毒	剧毒	中毒	高风险性
棕榈油基 1%甲维盐 EC	中毒	剧毒	高毒	剧毒	低毒	高风险性
精制松树油和棕榈油基 1%甲维盐 EC	中毒	高毒	剧毒	剧毒	中毒	高风险性

(3) 与二甲苯配制的 1%甲维盐相比, 精制松树油提高了 1%甲维盐对鹌鹑、家蚕的安全性, 棕榈油提高了 1%甲维盐对鹌鹑、斑马鱼、家蚕、蚯蚓的安全性, 精制松树油和棕榈油混合油提高了 1%甲维盐对鹌鹑、蜜蜂的安全性, 但 3 种植物油溶剂配制的 1%甲维盐 EC 提高了对赤眼蜂的毒性。

(4) 从毒性上看, 植物油替代二甲苯配制 1%甲维盐 EC 整体上提高了对非靶标生物的安全性, 但其中部分提高毒性的因素有待进一步研究。3 种植物油 1%甲维盐 EC 都是极具开发价值的新型环保农药。

4.2 讨论

(1) 精制松树油替代二甲苯配制 1%甲维盐 EC 提高了对雄性大鼠毒性, 而其余植物油替代二甲苯配制 1%甲维盐 EC 均未增加对雌性大鼠的毒性, 可能是由于精制松树油的挥发刺激性所致, 毒性提高原因有待进一步研究。

(2) 从 4 种药剂对鹌鹑的中毒症状可以看出, 在给处理鸟灌下 0.56 mL 最高剂量二甲苯基 1%甲维盐 EC 后有些鸟就出现当场死亡的情况, 而其他三种植物油配制 1%甲维盐 EC 在此剂量内没有出现这种现象, 二甲苯配制 1%甲维盐 EC 致使鸟当场死亡可能是由于挥发性溶剂二甲苯对其产生的刺激所致。从第四天起各药剂试验鹌鹑死亡数减少, 说明植物油配制 1%甲维盐 EC 在鹌鹑体内可以很快被降解,

从试验鹌鹑的中毒症状和半致死剂量可以看出植物油替代二甲苯配制 1%甲维盐 EC 提高了对鹌鹑的安全性。但二甲苯助剂、植物油本身对鹌鹑的病理学影响以及植物油是否和甲维盐有某种交互作用亦需进一步研究。

(3) 精制松树油和棕榈油混合油配制 1%甲维盐 EC 相比二甲苯配制 1%甲维盐 EC 提高了对蜜蜂的安全性，但精制松树油、棕榈油分别配制的 1%甲维盐 EC 的毒性均高于二甲苯配制 1%甲维盐，4 种药剂对蜜蜂均属于高毒农药，在喷施药剂时应避开作物盛花期，以降低对蜜蜂的危害。同时，4 种药剂对蜜蜂的接触毒性及其植物油本身对蜜蜂的影响有待进一步探讨。

(4) 棕榈油替代二甲苯配制的 1%甲维盐 EC 提高了对斑马鱼的安全性，但对斑马鱼同属于高毒，使用时必须注意不致药剂随水流入池塘、水库、河流。同时，精制松树油基 1%甲维盐 EC、精制松树油和棕榈油混配 1%甲维盐 EC 属剧毒，如此，替代二甲苯基配制的 1%甲维盐 EC 提高了对斑马鱼的毒性，松树油单体及其与棕榈油混配后是否产生其它毒性效应，以及植物油对斑马鱼的生理活性影响仍需进一步研究。

(5) 精制松树油、精制松树油和棕榈油混合油替代二甲苯分别配制的 1%甲维盐 EC 提高了对蚯蚓的毒性，可能由于精制松树油和挥发性溶剂二甲苯对其产生的刺激所致，尤其是高浓度处理时，蚯蚓反应十分强烈，均爬行在土表上，提高毒性的因素有待进一步研究。

参考文献

- [1] 徐锡坤, 王心如, 邱清. 农药安全性毒理学评价程序与方法[J]. 卫生杀虫药械, 1997, 3(1): 24-27.
- [2] 黄伯俊, 黄毓麟. 农药毒理学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2004.
- [3] 许建宁, 郑玉新. 农药的毒理学评价[J]. 中华预防医学杂志, 2006, 40(6): 447-449.
- [4] 宋宏宇, 王捷. 农药的毒理学安全评价[J]. 农药, 2000, 39(4): 44-45.
- [5] 国家质量技术监督局. 农药登记毒理学实验方法. GB15670-1995.
- [6] 孔志明, 许超. 环境毒理学[M]. 南京: 南京大学出版社, 1995.
- [7] 蔡道基. 化学农药对环境安全性评价[J]. 环境化学, 1991, 10(3): 41-46.
- [8] 国家环境保护局. 化学农药环境安全评价试验准则[M]. 北京: 国家环境保护局, 1989, 1-25.
- [9] 马惠, 王开运, 刘亮, 等. 农药对家蚕的毒性及安全性评价研究进展[J]. 农药科学与管理, 2005, 26(5): 15-18.
- [10] 余林生, 孟祥金. 农药对蜜蜂毒性的试验与研究[J]. 蜜蜂杂志, 1997, (1): 4-6.
- [11] 蔡道基. 化学农药对生态环境安全评价研究 X [J]. 农村生态环境, 1987, 3(2): 12-15.
- [12] 林玉锁, 龚瑞忠, 朱忠林. 农药与生态环境保护[M]. 北京: 化学工业出版社, 1999.
- [13] 刘政. 农药安全性评价的进展[J]. 环境保护科学, 1985, (2): 17-19.
- [14] IAN C. DEWHURST. Toxicological assessment of biological pesticides[J]. Toxicology Letters, 2001, 120: 67-72.
- [15] 陈齐斌, 季玉玲. 化学农药的安全性评价及风险管理[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(1): 99-105.
- [16] 王捷, 罗红晔, 宋宏宇. 农药工业与安全评价[J]. 农药, 1999, 8(10): 25-30.
- [17] 屠豫钦. 论农药的宏观毒理学[J]. 农药学学报, 2004, 6(1): 1-10.
- [18] BETH E. MILESON, JANICE E. CHAMBERS, W.L. CHEN. et al. Common mechanism of toxicity: a case study of organophosphorus pesticides[J]. Toxicological Sciences, 1998, 41: 8-20.
- [19] KONRAD, J.G., G. CHESTERS. Degradation in soils of ciodrin an organophosphate insecticide[J]. J. Agr. Food Chem. 1969, 17: 226-229.
- [20] NORBURY, K.C. Immunotoxicological evaluation: an overview[J]. Journal of the American College of Toxicology. 1985, 4: 279-290.
- [21] 肖经纬. 急性经口毒性评价试验方法的研究进展[J]. 国外医学卫生学分册, 2007, 34(2): 84-87.
- [22] 王淑洁. 农药安全评价程序及其毒理学试验的基本要求[J]. 卫生研究, 1991, 20(2): 1-5.
- [23] 吴蓉. 我国农药安全性评价检查体系建立[J]. 四川化工. 2004, 7(2): 53.
- [24] 王沫. 农药发展与环境安全[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006, 30-34.

- [25] 李捷. 植物性农药的研究与发展[J]. 世界农药, 1996, (3): 37-39.
- [26] 张兴. 试论无公害农药[J]. 中国农学通报, 1996, 12(5): 6-9.
- [27] 孟庆杰, 王光全, 江涛, 等. 植物性农药的开发研究与发展[J]. 河南农业科学, 2003, (12): 33-35.
- [28] 谢钦铭. 几种生物农药对平腹小蜂的毒性[J]. 昆虫天敌, 2001, 23(2): 90-91.
- [29] 陈蔚林. 农药新剂型中助剂的研究与开发[J]. 安徽化工, 2002, (2): 4-5.
- [30] 吕宁, 吴志凤, 刘绍仁. 农药助剂的管理需逐步完善[J]. 农科科学与管理, 2007, 25(1): 49-51.
- [31] 尚尔才. 农药制剂对助剂的新需求[J]. 山东农药信息, 2006, (5): 12-15.
- [32] 王成菊, 张文吉, 李学锋, 等. 油类助剂在除草剂中应用及开发前景[J]. 精细化工, 2002, 19: 91-93.
- [33] 杨秀凤, 武振亮. 1989 年以来美国助剂使用进展[J]. 农药译丛, 1994, 16(6): 28-33.
- [34] 王成菊. 国外除草剂助剂品种开发动向[J]. 农化新世纪, 2003, (3): 11-12
- [35] 戴权. 环保型农药制剂的发展思路[J]. 安徽化工, 2006, (3): 45-46.
- [36] BENNER J.P. Pesticidal compounds from higher plants. Pestic-sci. Sussex: John Wiley and Sons Limited. 1993, 39(2): 95-102.
- [37] 杜学林, 邢光耀. 几种植物油乳油对菜蚜的室内毒力和田间药效试验[J]. 农药, 2006, 45(7): 496-498.
- [38] 王显林. 职业性接触苯所致白血病诊断研究[J]. 中国辐射卫生, 2007, 16(2): 225-225, 227.
- [39] 赵瑞艳. 农药污染与农业生态环境[J]. 现代化农业, 2002, (5): 13-14.
- [40] 陈蔚林. 绿色农药新剂型的开发[J]. 山东农药信息, 2004, (8): 18-22.
- [41] 温普红, 李宗孝. 植物杀虫剂的研究现状及开发前景[J]. 中药研究与信息, 2006, 6(2): 4-6
- [42] 国家环境保护总局<<化学品测试方法>>编委会主编. 化学品测试方法(The Guidelines for the Testing of Chemicals)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003, 215-219.
- [43] 龚瑞忠, 陈悦, 陈良燕, 等. 溴氟菊酯对环境生物的安全性评价研究[J]. 农药学报, 2001, 3(2): 67-72.
- [44] 周凤霞, 匡圆圆. 氯氟氰聚酯、乙羧氟草醚、苯醚甲·丙环对生物的毒性与安全性评价[J]. 科技信息(学术版), 2007, (5): 81-83.
- [45] 李贤宾, 魏方林, 李少南, 等. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对鹌鹑的急性及蓄积毒性研究[J]. 农药, 2007, 46(5): 341-344.
- [46] 朱鲁生. 辛硫磷甲氧菊酯及其混剂对鹌鹑的毒性[J]. 农药环境保护, 1999, 18(6): 258-259.
- [47] 朱忠林, 单正军, 蔡道基. 苯氧威对环境生物的安全评价[J]. 农药科学与管理, 2000, 21(6): 12-15.
- [48] 陈锐, 戴玲科, 蔡道基. 农药对禽鸟的毒性与评价[J]. 农村生态环境, 1994, 10(4): 75-80.
- [49] 韩农, 樊德方, 陈鹤鑫. 新杀菌剂叶清双对鹌鹑的毒性研究[J]. 农业环境保护, 1994, 13(5): 199-203.
- [50] OECD. OECD Guidelines for the testing chemicals, Honeybees, acute oral toxicity test, OECD213, 1998.
- [51] 王成菊, 邱立红, 郑明奇, 等. 阿维菌素及其混配制剂对蜜蜂的安全性评价[J]. 农业环境科学学报,

- 2006, 25(1): 229-231.
- [52] 郑明奇, 邱立红, 王成菊, 等. 9 种含阿维菌素或甲氨基阿维菌素的农药对蜜蜂安全性评价[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(6): 980-981.
- [53] 龚瑞忠, 陈锐, 陈良燕. 吡虫啉对环境生物的毒性与安全性评价[J]. 农药科学与管理, 1999, 20(3): 12-16.
- [54] 陈良燕, 龚瑞忠. 三唑磷农药对三种非靶生物的毒性和安全性评价研究[J]. 农药科学与管理, 1998, 19(2): 11-13.
- [55] 祁志军. 0.2%苦皮藤乳油环境安全性评价[D]. 西北农林科技大学硕士学位论文, 2001.
- [56] DOUGLAS A. HAITH & FRANK S. ROSSI. Risk Assessment of Pesticide Runoff from Turf[J]. J. ENVIRON. QUAL. 2003.32: 447-455.
- [57] 倪传华, 刘和香, 五氯酚钠对蜜蜂的毒性测定[J]. 农村生态环境, 1995, 11(2): 62.
- [58] 马惠, 姜辉, 陶传江, 等. 27 种农药对家蚕的毒性评价研究[J]. 农药学报, 2005, 7(2): 156-159.
- [59] 鲁兴萌, 周勤, 周金钱, 等. 微量氯氟菊酯对家蚕的毒性[J]. 农药学报, 2003, 5(4): 42-46.
- [60] 吴声敢, 王强, 赵学平, 等. 阿维菌素和氟虫腈对家蚕毒性与安全性评价研究[J]. 浙江农业学报, 2004, 16(5): 309-312.
- [61] 鲁兴萌, 吴勇军, 吡虫啉对家蚕的毒性[J]. 蚕业科学, 2000, 26(2): 81-86
- [62] 李保同. 六种杀虫剂对家蚕的毒性与安全评价研究[J]. 农药学学报, 2001, 3(3): 83-85.
- [63] 朱金方, 魏方林, 李少南, 等. 氟虫腈对家蚕的急性毒性与安全评价研究[J]. 农药学学报. 2006, 8(1): 41-45.
- [64] 韩衣, 陈鹤鑫, 黄欣, 等. 杀菌剂叶青双对家蚕毒性研究[J]. 环境污染与防治, 1995, 17(2): 11-16.
- [65] 赵 焮. 两种植物精油的安全性评价[D]. 东北师范大学硕士学位论文, 2008.
- [66] 陈锐, 张爱云, 蔡道基. 化学农药对生态环境的安全性评价研究 IV[J]. 农村生态环境, 1986, 2(3): 12-15.
- [67] 赵华, 李康, 吴声敢, 等. 毒死蜱对环境生物的毒性与安全性评价[J]. 浙江农业学报, 2004, 16(5): 292-298.
- [68] OECD. OECD Guidelines for Testing of Chemicals, 203fish, Acute Toxicity Tests[M]. Paris: OECD, Adopted 17 July, 1992.
- [69] 徐敦明, 李飞. 几种植物油提制品对鱼的毒性与安全性评价[J]. 农药学学报, 2004, 6(3): 89
- [70] 吴伟, 朱小惠. 印楝素对鱼的毒性及在鱼类寄生虫病防治上的应用[J]. 农药学学报. 2003, 5(2): 85-88.
- [71] 顾宝根, 王慧敏, 陈隆智, 等. 高效氯氟菊酯在稻田使用后对水生生物的安全性研究[J]. 农药学学报. 2006, 8(1): 56-60.

- [72] T.HANAZATO. Pesticide effects on freshwater zooplankton: an ecological perspective[J]. Environmental Pollution, 2001, 112: 1-10.
- [73] USEPA Ecological effects test guidelines OPPTS 850.1730. Fish BCF EPA712-C-96-129, April 1996.
- [74] 阎雷生. 国家环境保护局化学品测试准则[M]. 北京: 化学工业出版社, 1990.
- [75] 国家技术监督局, 国家环境保护局. 水质—物质对溞类(大型溞)和淡水鱼(斑马鱼)急性毒性测定方法. 中华人民共和国国家标准 GB/T 13266-13267-91.
- [76] 朱国念, 陈恺, 刘乾开, 稻瘟灵对鱼类的毒性及环境安全性评价[J]. 环境污染与防治, 1992, 14(2):2-4.
- [77] 赵于丁, 徐敦明, 刘贤进, 等. 10 种农药对斑马鱼的毒性与安全评价[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(22):6801—6802.
- [78] 胡泗才, 罗贯一, 林刚, 等. 抗坏血酸稀土对鱼类的急性毒性试验[J]. 江西大学学报(自然科学版), 1990, 14(2): 16-18.
- [79] 蔡道基, 汪竞立, 杨佩芝, 等. 化学农药对生态环境安全性评价研究 IX[J]. 农村生态环境, 1987, 3(2):7-11.
- [80] 熊维楷, 蔡德全, 卢永嵩, 等. 氯硝柳胺缓释灭螺剂对鱼类的安全性评价试验[J]. 环境污染与防治, 1992, 14(3): 11-12.
- [81] OECD. OECD Guidelines for testing of chemicals. 207 Earthworm acute toxicity tests. 82.USEPA OPPTS 850.6200 Earthworm Subchronic Toxicity Test, 1996.
- [83] 闵航, 赵宇华, 陆贻通, 等. 氟乐灵对土壤微生物和蚯蚓的影响[J]. 农村生态环境. 1993, 9(3):40-43.
- [84] 钟远藏, 宇罗屿. 新型杀虫剂对蚯蚓的毒理学研究[J]. 农业环境保护, 1999, 18(3): 102-105.
- [85] 李忠武, 王振中, 邢协加. 农药污染对土壤动物群落影响的实验研究[J]. 环境科学研究, 1999, 12(1):49-53.
- [86] 张壬午, 李治祥, 白清云. 化学农药对生态环境安全性评价 II [J]. 农村生态环境. 1986, 2(2):14-18.
- [87] 张壬午, 李治祥, 白清云, 等. 应用标准方法测定农药对蚯蚓的毒性[J]. 环境科学学报, 1985, 5(3): 327-333.
- [88] 张亚妮. 植物源杀虫剂川楝素环境安全性评价[D]. 西北农林科技大学硕士学位论文, 2007.
- [89] 李元喜. 杀虫剂对赤眼蜂的影响[J]. 中国生物防治, 2004, 20(2): 81-86.

致 谢

本论文是在导师刘长明研究员和傅建炜副研究员的精心指导下完成的，在课题研究的过程中，从论文的选题、试验设计到论文的撰写及修改无不包含着导师的心血与智慧，感谢两位恩师对我论文的精心修改。两位导师锲而不舍的科研精神、忘我敬业的工作态度都值得我终生学习。感谢两位恩师给予我的教育和培养，谨向两位恩师致以我最真挚的谢意！

本研究试验工作大部分在农业部农药检定所生物技术测试研究中心完成，感谢农业部农药检定所生物技术测试研究中心姜辉主任、王晓军主任为本研究提供了大量的研究材料，以及刘亮老师、瞿唯钢老师、林荣华老师、王长宾、才冰、孙新友、张招荣、朱宝玉等中心工作人员在试验上给予的指导和帮助。感谢浙江省医学科学院卫生学研究所对本实验中哺乳动物 4 种毒性的测试。

感谢福建省农科院植物保护研究所领导在试验和生活上给予的关心和帮助。感谢郑丽贞老师、李建宇师兄、赵建伟师兄、刘玲敏、张莉、张晶晶、郑西华、史梦竹、刘国祥、黄思娣、张响等同学给予的帮助和支持，使我顺利完成论文试验及写作。

老师的教诲与熏陶，朋友的关心和帮助，家人的鼓励和奉献，我毕生难忘，在此一并对关心和帮助我的人们致以最崇高的敬意和最衷心的感谢！

作者：黄守敏
2009 年 4 月
于福建农林大学

植物油甲维盐对环境生物的安全性评价

作者：[黄守敏](#)
学位授予单位：[福建农林大学](#)

本文读者也读过(10条)

1. [刘艺](#), [LIU Yi](#) 管道应力计算软件在随桥燃气管道的应用[期刊论文]-[煤气与热力](#)2009, 29(5)
2. [柯中炉](#), [奚立民](#), [楼建华](#), [杨亦文](#), [任其龙](#) 棕榈油脱臭馏出物制备生物柴油的研究[会议论文]-2006
3. [林永](#), [邹华娇](#), [黄琼辉](#), [黄守敏](#), [傅建炜](#), [LIN Yong](#), [ZOU Hua-iao](#), [HUANG Qiong-Hui](#), [GUANG Shou-Ming](#), [FU kjian-Wei](#) 植物油与二甲苯分别配制的甲胺基阿维菌素苯甲酸盐乳油对哺乳动物的急性毒性差异[期刊论文]-[武夷科学](#)2009, 25(1)
4. [刘玲敏](#) 植物油替代二甲苯对甲维盐生物活性及作物安全性影响[学位论文]2009
5. [何川](#) 吸附法精制劣变棕榈油的研究[期刊论文]-[中国油脂](#)2003, 28(8)
6. [陈金红](#) 防治蟑螂新剂型的研究[学位论文]2005
7. [于学军](#), [李荣启](#), [夏富恩](#) 劣变棕榈油精制再生技术[期刊论文]-[中国油脂](#)2000, 25(6)
8. [杨湘伟](#), [邓赞湘](#), [胡彬](#), [谢国胜](#) 主蒸汽和再热蒸汽管道综合检验及安全性评价[期刊论文]-[湖南电力](#)2008, 28(2)
9. [李永刚](#) 五种杀虫剂对一季稻田主要捕食性天敌的安全性研究[学位论文]2005
10. [胡扬](#) 无公害生物药剂对三种食叶害虫的毒力测定及防治研究[学位论文]2007

引用本文格式：[黄守敏](#) [植物油甲维盐对环境生物的安全性评价](#)[学位论文]硕士 2009