

研究报告 第四号

植物性杀虫剂试验研究新进展

华南农业大学 植保系
昆虫毒理研究室

(国家自然科学基金资助项目)

1987年4月 广州

目 录

绪言

(一) 楝科植物的研究

1. 苦楝油防治桔全爪螨的研究..... (2)
 - 1) 苦楝油的杀螨作用 (2)
 - 2) 苦楝油对桔全爪螨和捕食螨的选择毒性 (2)
 - 3) 苦楝油对桔全爪螨的杀卵作用 (3)
 - 4) 大田推广试验 (3)
2. 苦楝油的配制..... (3)
3. 川楝素及其粗制品对菜青虫的防治试验..... (3)
4. 川楝素对粘虫的拒食作用及其机理..... (5)
 - 1) 川楝素对粘虫取食行为的影响 (5)
 - 2) 川楝素对粘虫感受器直接作用的测定 (5)
 - 3) 应用电生理技术对粘虫拒食作用机理的研究 (5)
5. 印楝素对亚洲玉米螟幼虫的生理效应..... (6)

(二) 茶叶籽油及橡胶籽油对桔全爪螨的防治试验..... (6)

1. 茶叶籽油对桔全爪螨的防治试验..... (7)
2. 橡胶籽油对桔全爪螨的防治试验..... (8)

(三) 雷公藤的试验研究..... (8)

1. 对菜青虫三龄幼虫的毒杀作用..... (8)
2. 对菜青虫五龄幼虫拒食作用的效果..... (9)
3. 对菜青虫五龄幼虫呼吸作用的影响..... (9)
4. 雷公藤次碱对菜青虫幼虫表皮及消化道组织结构的影响..... (9)
5. 防治菜青虫的盆栽试验及大田试验..... (9)

植物性杀虫剂试验研究新进展

华南农业大学 植保系

昆虫毒理研究室

绪 言

本研究室自1980年研究植物性杀虫剂以来,于1982、1983和1984年连续发表了三个综合研究报告(《植物性杀虫剂对农业害虫的拒食及抑制生长发育的研究》、《楝科植物对农业害虫的拒食及抑制生长发育试验研究的进展》和《楝科种核杀虫有效成分的提取及其对农业害虫的忌避和拒食作用》),并分别在国内外发表了科学论文十余篇,总结了我們应用楝科为主的40多种杀虫植物对28种农业害虫进行试验的结果。在杀虫植物的广泛筛选、楝科植物种核有效成分的抽提、应用电生理技术进行药剂作用机理的研究、以及植物性杀虫剂田间应用试验等方面做了大量的工作。研究结果表明,楝科植物的杀虫作用是广谱性的,对多种农业害虫有效,主要表现为忌避、拒食和抑制昆虫生长发育作用,也有触杀及内吸致毒作用。采用多种溶剂进行苦楝及川楝种核有效成分的抽提,发现极性较强的甲醇提取得到的物质比非极性的石油醚提取物,不仅对一些害虫拒食作用较强,而且收率也较高。对亚洲玉米螟,苦楝和川楝抽提物有强烈的拒食作用,印楝素无拒食作用,但显著延长幼虫历期,幼虫不能化蛹而死亡。放射免疫分析法测得印楝素处理的幼虫,其血淋巴中蜕皮酮的含量明显低于正常幼虫。苦楝和川楝物质对菜青虫、粘虫及斜纹夜蛾幼虫均有显著的拒食作用效果。用川楝素研究发现,昆虫口器和其他部位分布的化学感受器在昆虫拒食方面起重要作用。用苦楝油喷雾,对柑桔木虱成虫有明显的忌避作用,同时可控制柑桔黄龙病的发生,对稻瘿蚊成虫的产卵也有忌避作用。此外,苦楝油对桔全爪螨成、若螨有高效,对其天敌捕食螨则较安全,大面积田间表证试验的结果预示了这项技术可在生产上推广应用的前景。1984年下半年以来,我們继续得到有关单位的支持,与广东省博罗县杨村华侨柑桔场柑桔研究所、广州市微生物研究所、中国科学院上海药物研究所、上海生理研究所及南开大学元素有机化学研究所等单位协作,深入进行楝科及其他高效杀虫植物的研究。从理论研究

以至生产应用方面均取得显著的成果。现将1984年以来我们进行的植物性杀虫剂的试验研究简报如下,作为第4号研究报告,这是前三个研究报告的续篇。

参加试验研究的同志有赵善欢、刘秀琼、黄彰欣、黄端平、黄炳球、胡美英、魏喜葵、张业光、张民力、陈进生及研究生张兴、陈文奎、廖春燕、童红云等,博罗县杨村华侨柑橘场柑橘研究所副所长陈循渊同志及广州市蔬菜研究所曹毅同志和我们协作,做了不少工作。

(一) 楝科植物的研究

1. 苦楝油防治桔全爪螨的研究

1984年10月,我们在广东省博罗县杨村华侨柑橘场召开了苦楝油防治橘全爪螨(*Panonychus citri* McG.)的现场评议会。到会专家给予肯定,防治效果良好,并建议扩大示范试验面积,及早推广。1985年以来,我们进行更深入的研究和大面积的推广试验工作,取得了理论上和生产实践上的显著成果。

(1) 苦楝油的杀螨作用

通过应用多种植物油对橘全爪螨进行杀螨活性的比较试验,以及应用苦楝油、茶叶籽油的皂化物和皂化物进行同样的比较试验,初步明确了苦楝油的杀螨作用是油脂的作用。苦楝油经皂化后分离得到的脂肪酸(皂化物)对橘全爪螨有高效,而非皂化部分却没有杀螨活性。根据我们的试验,初步认为可能是由于油膜封闭螨的气门引起窒息而导致死亡。这一杀螨机理的阐明,对开发新的植物油资源和指导实际施药均有重要意义。

(2) 苦楝油对桔全爪螨和捕食螨的选择毒性

室内毒力测定结果表明,苦楝油对橘全爪螨的 LC_{50} 为0.27%,对其天敌纽氏钝绥螨(*Amblyseius newsami* (Evans))的 LC_{50} 为1.63%,差异十分显著。在大田正常使用浓度的情况下,对捕食螨的杀伤力很低。田间试验观察的结果也证明了苦楝油对捕食螨很安全。根据扫描电镜观察结果,我们认为耐药性差异的原因在于两种螨的气门构造不同所致。捕食螨有很长的气门沟,从第Ⅲ和第Ⅵ对足中间一直延伸到体前端,即使气门被堵塞,气门沟仍保障呼吸畅通;而橘全爪螨的气门开口很小,在颧体基部又没有气门沟,因而很易由于油膜封闭气门而致死亡。据此,我们进行了橘全爪螨不同部位受药的试验,作了药液涂布气门和不涂布气门的比较,结果发现,涂布气门的试螨很快死亡,而不涂布气门的试螨却长时间不死。这一试验结果给我们的判断提供了有力的证明。因此,初步可认为,苦楝油对橘全爪螨和捕食螨的选择毒性主要由于两者气门构造的差异所引起的。

(3) 苦楝油对桔全爪螨的杀卵作用

室内杀卵试验是把桔全爪螨雌成螨接在洗净、抹干的柑橘果实上，置于恒温室内，让其产卵两天。然后取出全部雌成螨，标记并统计卵粒数后，进行喷药处理。待对照卵孵出并发育至后若螨期（8天左右），检查不孵化的卵数，计算杀卵率。测定结果表明，苦楝油对桔全爪螨有高效， LC_{50} 为0.16%，0.5%浓度的杀卵率在90以上。田间杀卵作用的试验是在柑橘新梢上进行。选取卵数多的刚伸展不久的春梢，去除其上全部成、若螨，检查卵数后喷药，待对照组发育至后若螨期，检查不孵化卵数，结果求得0.5%苦楝油乳状液的校正杀卵率为82.4%。可见在大田情况下也有很好的杀卵效果。苦楝油用0.5%的浓度，不但可以有效地防治桔全爪螨的成螨和若螨，同时还有很强的杀卵作用，加之如上述具有对捕食螨安全的特点，可以认为苦楝油是一种比较理想的杀螨剂。

(4) 大田推广试验

1985年我们主要在广东省增城县镇龙区和博罗县杨村柑橘场进行大面积示范推广试验。在镇龙区直接推广到农户，使用面积达300多亩，农民反映效果良好，防治效果达90%以上，作用迅速，喷药后半小时即死亡，很适合多雨季节进行防治，可以和生物防治协调，防治区捕食螨数量高，可控制残存的桔全爪螨，减少用药次数，节省农药费用达30%。在杨村柑橘场，使用面积也在100亩以上。我们于1985年10月31日至11月2日在杨村召开了苦楝油防治桔全爪螨的成果鉴定会，专家们参观了镇龙和杨村两个现场。一致认为，苦楝油杀螨效果好，同时对天敌影响小，对人、畜安全，不污染环境，减少用药成本，有很高的经济效益、生态效益和社会效益，达到国内同类研究的先进水平。

2. 苦楝油的配制

苦楝油防治桔全爪螨效果的好坏与苦楝油乳状液的配制关系很大，对杀卵效果的影响尤为明显。配制成品既要乳化效果好，成本低，又要杀螨效果好。我们经过反复的试验，从近20个乳化剂品种筛选出656H（非离子型）乳化剂。用它作苦楝油乳化剂，既解决了以往洗衣粉乳化苦楝油时低温情况下乳化不好的问题，又达到了乳化效果好，杀螨效果高、且成本低廉的目的。乳化剂和苦楝油的配合比是1:200，按目前的价格，每乳化1斤苦楝油只需乳化剂成本1分多钱。但是用656H乳化剂来乳化，还存在着不耐长期贮藏的缺点，与商品化的要求还有一定差距。最近我们采用南京钟山化工厂生产的宁乳33（非离子型）乳化剂，加水玻璃作稳定剂，能较好地解决贮藏问题，制成的苦楝油乳膏在封装的情况下贮藏一年不会变坏，基本下达到商品化的要求。采用这种方法乳化，不需增加很多成本。贮藏试验及贮藏后的药效测定试验尚在进行中。

3. 川楝素及其粗制品对菜青虫的防治试验

川楝素（Toosendanin）是我国的特产。应用川楝素防治菜青虫的田间试验在广州郊区二个生产队的菜地进行，面积共1.2亩。川楝素施用浓度为464、870和1160ppm。标准药剂用20%亚胺硫磷（1:1500），每处理5个重复，随机排列，每重复定点查5棵菜。于施药后1、3、5、7、10天调查残存虫口数，计算虫口减退率及防治效果。试验结

果指出,施药后1天,川楝素的防效为41.37~56.51%,与亚胺硫磷防效45.29%接近;施药后3天,464ppm川楝素的防效为55.40%,亚胺硫磷(1:1500)的防效为55.26%,这说明464ppm川楝素对田间菜青虫幼虫的防治效果与亚胺硫磷1:1500很相似;而870和1160ppm川楝素对菜青虫的防治效果明显高于亚胺硫磷。这种情况一直延续到施药后第10天。若在菜青虫低龄高峰期进行防治,浓度尚可降低些。

但川楝素原用于医药方面,其纯品成本较高,用于田间防治,从经济核算来看是不合适的,同时在蔬菜上还表现出一定程度的药害。为解决实际应用方面存在的这些问题,1985年9月以来,我们用未经纯化的川楝素粗品(含川楝素约50%)及生产川楝素的废母液对菜青虫作了一些初步试验,也对克服药害问题做了一些工作。试验表明,同浓度的川楝素粗品对菜青虫五龄前期幼虫的拒食活性高于纯品,差异显著。废母液也有强的拒食及毒杀作用。川楝素粗品的生产收率高,成本约为纯品的五分之二,而废母液是生产川楝素流程中弃之不用的副产品,因此,对于废母液的杀虫作用及实际应用问题作进一步研究是很有必要的。

用川楝素粗制品及废母液粉(将废母液于80°C下干燥,收率为68.5%,将其磨碎,并加适量滑石粉)进行非选择性拒食作用试验,采用培养皿叶碟法。每24小时测量取食面积一次,并换上新鲜处理的叶片。每皿置试虫1头,一直观察到试虫化蛹或死亡为止。从处理组的计累取食量与对照组的相比所求出的拒食率来看,1000ppm废母液的效果相当于100ppm川楝素粗制品,拒食率均在70%以上。而从试虫存活的情况来看,500ppm以上各浓度的废母液粉和100ppm以上各浓度的川楝素粗制品处理中,试虫均全部死亡。从废母液粉及川楝素粗制品对菜青虫五龄幼虫取食48小时的拒食中浓度(AFC₅₀)可以看出,川楝素粗制品的AFC₅₀比废母液高出约10倍,前者为36ppm,后者为385ppm。

据初步分析,以前用川楝素治虫对蔬菜产生药害现象,可能是由于尚未很好解决配制及乳化的问题而引起的。通过一系列溶剂及乳化剂的筛选,最后认为使用下列的配方较为合适:

川楝素粗制品(或纯品):用乙酸乙脂+苯+乙醇+乳化剂(10:3:0.5:1),将其溶解而调配成乳剂,使用时加入水中搅拌即可。乳化剂为656H加吐温-80(2:1)。

废母液:用乙酸乙脂+苯+丙酮+乳化剂(10:3:1:1),将其溶解而调配成乳剂。使用时加入水中搅拌即可。乳化剂为656H+吐温-60+6201(2:1:1)。

用上述的配方进行盆栽喷雾药效试验,结合观察药害情况。甘蓝苗栽植后15天喷第一次药,以后每隔7天喷一次药,喷药后24~48小时调查虫情,共喷药7次。通过观察,可以初步肯定,用上述配方喷雾施药,浓度高达8000ppm的川楝素粗制品处理中也没有产生明显的药害,因而基本上解决了药害问题,同时也证明对菜青虫有显著的防治效果。试验后20天,除个别极低浓度处理外,各处理叶片基本完整,而对照区菜叶全被吃光,对比起来,防治效果都很显著。在盆栽试验的基础上,又作了初步的田间小区试验,结果表明,800ppm川楝素粗制品喷雾防治菜青虫,可得到满意的效果,其防效仅次于常用杀虫剂乙酰甲胺磷,但废母液粉处理区的效果较差(见表1),经折算,可能是由于使

用浓度过低之故。

表 1. 川楝物质防治菜青虫田间小区药效试验

(广州石牌, 1986年2月)

处 理	累计虫数 (头)	防治效果 (%)	叶面被害指数 (%)	叶面保护效果 (%)
95%乙酰甲胺磷 1000ppm	14	95.2	6.4	88.7
川楝素粗制品 800ppm	61	79.3	12	78.7
废 母 液 粉 2000ppm	145	50.7	31.6	43.9
对	294	——	56.4	——

每处理重复3次, 每小区6平方米。每小区每次喷药液300毫升, 共喷药6次。调查虫数3次。每小区选10株菜定点查虫。试验结束时, 按6个级别调查叶面被害指数。

4. 川楝素对粘虫的拒食作用及其机理

川楝素对粘虫具有很强的拒食活性, 对粘虫三龄、五龄及六龄幼虫的选择性拒食中浓度分别为35.17ppm、46.24ppm和82.25ppm。与杀虫眯比较的试验中, 对粘虫六龄幼虫非选择性拒食中浓度: 川楝素为71.23ppm, 杀虫眯为265.67ppm。

(1) 川楝素对粘虫取食行为的影响

在观察粘虫幼虫对川楝素的拒食反应试验中发现, 采用选择性叶碟法测试, 川楝素对粘虫幼虫的着落(定位)无驱斥作用, 但能抑制粘虫幼虫的试咬和连续取食过程, 可见川楝素对粘虫幼虫的取食有抑制作用。此外, 采用非选择性叶碟法测试, 观察到粘虫幼虫取食川楝素处理的叶片后, 出现有神经中毒症状。幼虫将口器在滤纸上左右磨擦, 或用前足磨擦。幼虫运动加剧, 行为颇为失调, 虫体上出现收缩性痉挛, 幼虫咬食叶片较为困难, 头、胸部有收缩、颤抖现象。上述中毒症状表明, 川楝素对粘虫幼虫的神经系统是有影响的。

(2) 川楝素对粘虫感受器直接作用的测定

用川楝素直接处理粘虫的下颚须、下颚瘤状体、舌和触角后, 观察各处理试虫在正常玉米叶上的取食情况, 以确定川楝素对粘虫幼虫的拒食作用部位。结果表明, 700ppm川楝素液点滴于不同部位上的感受器, 表现拒食反应最强的感官是下颚须, 拒食率为37.07%, 下颚瘤状体次之, 拒食率为18.58%, 点滴舌中央和触角的幼虫拒食率很低, 可以认为川楝素的作用部位不在舌和触角。加入等量的半胺氨酸或二硫苏糖醇(DTT)于川楝素液中, 用以点滴下颚须, 处理虫无拒食反应, 这说明川楝素的拒食效应被抵销掉。

(3) 应用电生理技术对粘虫拒食机理的研究

应用电生理技术, 测定了川楝素对粘虫幼虫下颚须和下颚瘤状体栓锥感受器诱发放电的抑制作用。用内充20mM肌醇+0.1MNaCl的玻璃微管接触下颚须顶端, 诱发并

记录到感受器对肌醇的高频率发放。几次对照观察记录后,将浸过饱和川楝素液的小滤纸片盖在下肌上,15分钟后取去滤纸,再用上述同一玻璃微管诱发和记录下颚须顶端丹锥感受器的发放。结果表明,经川楝素处理过的下颚须感受器对肌醇诱发的反应显著被抑制,完全记录不到发放出现。通常经10分钟左右,这种抑制作用自行解除,并逐步恢复到对照的发放水平。第二次再加川楝素后,发放完全被抑制,虽经反复冲洗,1小时后也不见恢复。可见用川楝素处理下颚后,感受器对诱食剂肌醇的反应被抑制。解除处理后,抑制作用可自行消失,逐渐抑复到原来的水平。但再次用川楝素处理则发放完全被抑制。用过饱和川楝素液处理,则使这种抑制作用不可逆转,可见抑制作用与川楝素浓度有关,浓度愈高,接触时间愈长,抑制作用则愈强,这与生物测定的结果是一致的。高浓度引起幼虫的拒食反应也愈强。试验结果说明,川楝素引起粘虫幼虫的拒食反应,是因为它破坏了幼虫化学感受器的功能。川楝素处理后产生的不正常冲动及感觉细胞对肌醇刺激的反应消失,这些信息输送到中央神经系统,由于正常的内导取食信息发生了改变,使中央神经系统发出不取食的信号,而导致拒食行为的发生。

5. 印楝素对亚洲玉米螟幼虫的生理效应

为了进一步探讨印楝素影响鳞翅目昆虫生长发育的机理,我们着重研究了经印楝素处理后玉米螟五龄幼虫蜕皮酮的消长情况,并观察印楝素对幼虫生长及化蛹的一些影响。

试验开始,将刚进入五龄的幼虫放入含74ppm印楝素的人工饲料中,对照组饲料只加溶剂。让幼虫取食48小时后,把它们转入正常饲料中饲养。然后每天两次观察幼虫的生长发育情况,并挑取一定数量的幼虫,取其血淋巴进行放射免疫分析,测定其中蜕皮酮的含量。结果表明(见图1),从第四天开始,正常幼虫血淋巴中蜕皮酮含量开始增加,幼虫开始离开饲料,排泄肠道内含物,肠道液体变为棕色。在第五天(138小时)测出蜕皮酮的含量最高,达326.9毫微克/毫升血,这时幼虫肠道已排空,肠液无色。随后幼虫血淋巴中蜕皮酮量逐渐下降,幼虫进入预蛹。第七天,幼虫开始化蛹。

取食印楝素的玉米螟五龄幼虫均不能化蛹,成为“永久性”幼虫。其血淋巴的分析结果表明,蜕皮酮的含量一直都很低,不超过20毫微克/毫升血,与对照组的情况差别很大。处理幼虫转回正常饲料后,其生长发育仍很缓慢,处于一种病态之中,不如正常幼虫活泼。直到死亡,体内肠道中残物仍不能排干净。蜕皮酮合成受抑制,可能是导致“永久性”幼虫形成的主要原因。印楝素抑制蜕皮酮的合成,可能是通过抑制脑神经分泌细胞或是通过影响前胸腺而起作用的。

(二) 茶叶籽油及橡胶籽油对全桔爪螨的防治试验

苦楝油的杀螨主要是油脂的作用,可能是由于油膜堵塞螨的气门引起窒息而死亡。根据这一杀螨机理,我们对其他植物油类进行开发研究。目的是寻找一些资源丰富、但

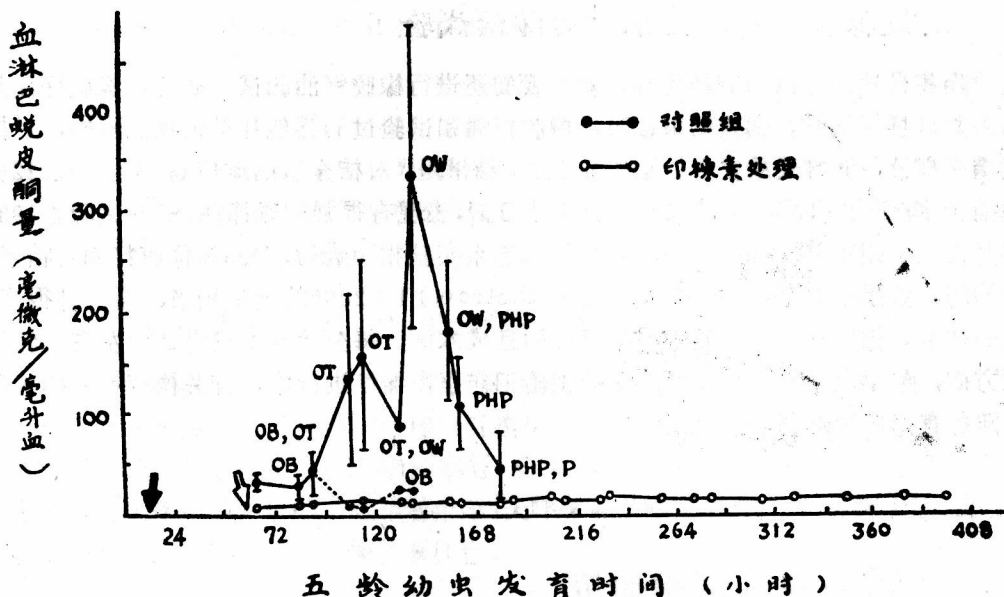


图1. 玉米螟五龄幼虫血淋巴中蜕皮酮量的消长

OB—未清理肠道；OT—开始肠道清理；OW—完成肠道清理；
 PHP—预蛹；P—蛹；↓—接入处理饲料时间；
 ↑—转入正常饲料时间。每点2~5个重复，没有表示标准差的点是由于标准差在点的范围内。

不能供食用的植物油作为有效的杀螨剂。基于这一目的，我们采用了茶叶籽油和橡胶籽油进行初步试验研究。

1. 茶叶籽油对桔全爪螨的防治试验

茶叶籽(*Camellia sinensis* Kuntze)采自华南农业大学的实验茶园，用石油醚冷浸提取，浓缩蒸干溶剂后得茶叶籽油。与苦楝油的试验一样，用浸玻片法测得茶叶籽油对桔全爪螨有很好的毒杀效果。室内测定对雌成螨的 LC_{50} 为0.29%，对螨卵 LC_{50} 为0.26%，而对捕食螨 LC_{50} 为1.71%，可见茶叶籽油对桔全爪螨的成螨和卵有效，而对其天敌则安全。这些试验结果与苦楝油基本一致。1984年在杨村柑桔场进行田间防治试验，应用0.5%的浓度，用656H乳化剂乳化，喷药于6年生甜橙树120株，防治桔全爪螨效果达98.5%，证明茶叶籽油完全可用于防治桔全爪螨。茶叶籽是茶叶生产的副产品，自从采用扦插技术育苗以来，茶叶籽没有被利用。我国茶叶种植面积相当大，可收成的茶叶籽数量多，利用它作为杀螨药剂是有实际意义。

2. 胶橡籽油对桔全爪螨的防治试验

除茶籽油外,从1986年4月开始,我们还进行橡胶籽油的试验研究,橡胶籽油是海南文昌县提供的。试验结果证明,橡胶籽油和试验过的其他几种植物油一样,对桔全爪螨有高效,而对天敌安全。室内毒力测定结果是:对桔全爪螨雌成螨 LC_{50} 是0.22%,对捕食螨雌成螨 LC_{50} 是1.84%,相差达8倍,表现有很强的选择性。田间试验于1986年10月份在广州市郊龙洞及华南农业大学园艺系实验柑园进行,0.5%橡胶籽油对桔全爪螨的防治效果达86%,与50%三环锡(Plictran)1:2000的效果相当,是一种很好的杀螨药剂。橡胶籽油的资源十分丰富,而且成本低,每公斤成本只需2元左右,乳化也很方便,值得大面积推广使用。这项试验工作正在继续进行中,有关橡胶籽油的杀卵作用问题有待试验证明。

(三) 雷公藤的试验研究

雷公藤(*Tripterygium wilfordii* Hook)根皮乙醇抽提物对菜青虫高龄幼虫具有较强的拒食、胃毒和生长发育抑制作用。幼虫取食雷公藤后产生麻痹、昏迷现象。用高浓度处理,引起幼虫死亡;用低浓度处理,则抑制幼虫的生长发育,导致出现畸形幼虫或畸形蛹,成虫卵巢发育也受到严重影响。雷公藤的化学成份对菜青虫的活性比较是雷公藤次碱>总生物碱>非生物碱。

雷公藤次碱(Wilforine)还会严重影响幼虫的呼吸及其体重,中毒昏迷时,其呼吸节律不明显,波幅变小,释放 CO_2 量减少。经雷公藤次碱处理5天后的幼虫,体内脂肪体及消化道干瘪,中肠肠壁细胞和围食膜受到破坏。

1. 对菜青虫三龄幼虫的毒杀作用

用浸过雷公藤抽提物后凉干的叶片喂饲蜕皮24小时内的三龄幼虫,连续喂药叶片5天,然后换入无药的新鲜叶片喂食。每天检查幼虫死亡数。试验结果是:雷公藤根皮乙醇抽提物浓度0.25%,死亡率为66.7%;抽提物浓度1.00%,则死亡率达100%。同时测得 LC_{50} 和 LC_{90} 分别为0.14%和0.37%。雷公藤次碱62.5ppm的死亡率为65.97%,250ppm的死亡率为97.9%,又测得其 LC_{50} 和 LC_{90} 分别是32.75ppm和159.71ppm。中毒幼虫均在表皮上出现黑斑,幼虫不能蜕皮和变态,最后导致死亡。对五龄幼虫,喂饲处理叶片的结果大致与上述情况相同,中毒幼虫表皮也出现黑斑,导致畸形而死亡。根皮乙醇抽提物对五龄幼虫的 LC_{50} 和 LC_{90} 分别提高到0.34%和1.51%;雷公藤次碱对五龄幼虫的 LC_{50} 和 LC_{90} 也分别提高到64.46ppm和430.12ppm。解剖个别尚能羽化的成虫,可见其卵巢明显短小,卵粒数减少,成熟度下降。

2. 对菜青虫五龄幼虫拒食作用的效果

采用非选择性叶碟法进行测定。菜青虫取食浸药处理的叶片24小时后测定取食叶面积。结果是：雷公藤根皮乙醇抽提物保护95%叶面积所需浓度(PC₉₅)为0.81%，雷公藤次碱为428.4ppm，总生物碱为646.9ppm。雷公藤其他三种生物碱对五龄菜青虫的试验结果，保护95%叶面积所需浓度分别为：Wilfodine 330.63ppm，Wilforine 333.9ppm，Wilfortrine 821.45ppm。

3. 对菜青虫五龄幼虫呼吸作用的影响

雷公藤次碱用5.88微克/厘米²的剂量处理叶片，用以喂饲五龄幼虫，并用瓦勃呼吸计测定其呼吸量。结果指出，处理组昏迷半小时的幼虫释放CO₂量比对照虫稍低，但耗氧量比对照虫显著降低。处理后24小时，CO₂释放量亦明显低于对照，与完全饥饿的幼虫呼吸变化规律是一致的。饥饿幼虫第3天呼吸量下降至最低，第4天完全死亡，而处理虫第5天呼吸降至最低，第6天完全死亡。

4. 雷公藤次碱对菜青虫幼虫表皮及消化道组织结构的影响

将雷公藤次碱处理而引起出现黑斑的幼虫表皮进行切片观察，发现黑斑部分表皮增厚，内表皮与真皮细胞出之间现肿瘤物，肿瘤下的真皮细胞被破坏，真皮细胞与内表皮分开，从而形成空腔。

用50ppm雷公藤次碱喂饲幼虫5天，幼虫消化道和脂肪体干瘪，消化道内无食物。切片表明，处理幼虫围食膜和肠壁细胞被破坏，肠壁细胞崩溃。

5. 防治菜青虫的盆栽试验及大田试验

盆栽试验用1%和3%雷公藤根皮乙醇抽提物防治菜虫三龄幼虫，第4天虫口减退率分别为91.67%和97.22%，与0.063%乙酰甲胺磷效果相近。

田间小区防治试验于1985年11月在本校实验农场进行。试区甘蓝喷药前受害很轻，大多数幼虫处于三龄前期，用3%雷公藤根皮乙醇抽提物喷雾，结果表明，3%雷公藤根皮乙醇抽提物对叶保护效果与0.095%乙酰甲胺磷处于同一水平。施药后20天，前者叶面积被害指数是4.62%，后者是4.21%。

(四) 非洲山毛豆的试验研究

供试昆虫为菜青虫。采摘本研究室栽培的非洲山毛豆(*Tephrosia vogelii* Hook f.)的叶、茎皮、小枝、茎木、豆荚，分别风干，粉碎，并通过40目筛，在常温下用丙酮浸

提, 过滤, 浓缩, 定容到每 1 毫升抽提液相当 1 克干物质。用此抽提液对菜青虫进行拒食、胃毒、抑制生长发育及杀卵等试验。

1. 对菜青虫拒食作用试验

用非选择性叶碟法测定非洲山毛豆对菜青虫五龄幼虫的拒食作用。结果表明, 山毛豆的叶、茎皮、小枝、豆荚和茎木的丙酮抽提液对菜青虫五龄幼虫有强烈的拒食作用, 其活性强弱顺序为叶>茎皮>小枝>豆荚>茎木。植株各部位抽提液的 PC_{50} 和 PC_{90} (以每厘米²叶面积含丙酮抽出液微克数来表示) 测定结果分别为: 叶片1.73和20.65, 茎皮4.45和29.84; 小枝10.99和107.13; 豆荚23.81和195.57; 茎木94.77和463.71。

2. 对菜青虫胃毒作用试验

用夹毒叶片法定测对菜青虫五龄幼虫胃毒的 LD_{50} 值。供试幼虫在取食4小时左右即引起中毒死亡, 绝大部分幼虫在24小时内死亡。非洲山毛豆抽提物对五龄幼虫的 LD_{50} 为0.29mg/g。

3. 对菜青虫抑制生长发育试验

用点滴法测定对菜青虫五龄幼虫生长发育的影响, 结果表明, 山毛豆对菜青虫幼虫有很强的抑制生长发育的作用。用山毛豆的叶、茎皮、小枝、豆荚及茎木的丙酮抽提液分别点滴处理幼虫, 药量为每头幼虫点滴100ug, 试验结果, 上述各处理出现的畸形蛹率依次为95.1%, 95%, 64.3%, 52.6%及49.2%。其中以叶及茎皮的活性最高。

4. 对菜青虫杀卵作用试验

用点滴法进行测定。每卵点滴叶片丙酮抽提液0.5微升(μ l), 结果表明, 0.05%~0.1%浓度范围内已有明显的杀卵作用。前期卵(产后1~8小时)用0.1%和0.05%抽提液处理, 杀卵率分别为98.2%和90.1%; 中期卵(产后24~32小时)用这两个浓度处理。杀卵率分别为91.4%和63.9%; 后期卵(产后48~56小时)杀卵率则分别为34.7%和45.7%。对中期卵的毒杀效果与0.1%灭幼脲1号(Dimilin) (其杀卵率为98.3%) 相接近, 而西德提供的印楝抽提物AZT-VR-K (30%) 使用浓度为0.1%时, 其杀卵率仅为26.7%。

(五) 鱼藤的研究近况

我国华南地区位于热带和亚热带, 盛产毛鱼藤(*Derris elliptica* Benth var.)。解放初期, 赵善欢等对华南鱼藤品种、性状及其杀虫有效成分进行大量的调查研究工作。随

后,由广州农药厂生产出含7.5%鱼藤酮的鱼藤乳剂,可以有效防治茶叶、蔬菜、棉花等作物上的重要害虫,获得显著的经济效益。1974年以后,由于种植和收购政策不合理和受到一些价格低廉的广谱性杀虫剂(如六六六等)的冲击,导致了鱼藤制剂的生产中止。

近年来,我们昆虫毒理研究室杀虫植物标本园一直保持着鱼藤的优良品种供试验研究。据最近的研究结果,鱼藤的煤油浸出液防治桔全爪螨效果良好,对于产生敌百虫抗性的菜青虫仍是高效的药剂。利用鱼藤的有效成分与生物农药混用有显著的增效作用,这对于供应“无公害”的蔬菜、水果等农产品,以保障人们的健康有着特别重要的意义。

1986年我们调查了广东省丰顺县的鱼藤栽培情况。据该县两个区的不完全统计,鱼藤面积尚有2800亩,而且现正在扩种,已打开销路。由于鱼藤粗生,不需很多劳动力和肥料,适应性广,效益大,成为发展山区经济的一种极好资源,有重要的开发和利用价值。对于现有鱼藤品种的更新,资源的开发及其加工应用进一步开展研究,将能使鱼藤在害虫综合防治中发挥更为重要的作用。

(六) 植物性杀虫剂与化学农药及生物农药混合使用的研究

我们初步试验研究结果表明,川楝素分别与苏云金杆菌(B.t.)、青虫菌6号(是B.t.的一个变种,对菜青虫特别有效,菌液中混入0.05%氯氰菊酯)、雷公藤根皮粉乙醇提取物以及一些化学农药如乐斯本(Chlorpyrifos)、巴丹(Padan)等混合使用,对阻止菜青虫幼虫取食有明显的增效作用,并对幼虫化蛹及蛹重有极明显的抑制作用。这些试验结果应用于大田防治,将对控制田间菜青虫自然种群起重要作用。

1. 川楝素与其他农药混用对菜青虫防治的增效作用

300ppm川楝素与1:3000青虫菌6号、1:2000苏云金杆菌或8ppm巴丹混用,对阻止菜青虫四龄幼虫取食有明显的增效作用,保叶效果分别达94.21%、92.24%和82.27%,而单用青虫菌6号、苏云金杆菌或川楝素,保叶效果分别仅为54.16%、58.91%和63.93%。经统计表明,混合配方与单方比较,表现出明显的增效作用。结果还表明,三种复方的杀虫作用均高于各单方,且大部分幼虫于化蛹前死亡,处理后10天,川楝素与青虫菌6号或与苏云金杆菌混合用的,死亡率均达87.13%,而各单方的死亡率仅分别为66.6%、50.00%和15.79%。拿幼虫化蛹率及蛹重作比较,复方的数值均明显低于各单方及对照。当对照组化蛹率达91.18%,复方的仅2.56%和7.69%,单方的则分别为15.38%、76.32%和41.67%。复方处理组虽有少数幼虫化蛹,但其平均蛹重仅115mg及120mg/头,而单方的蛹重分别达144mg、170.2mg及161.4mg/头,对照组则达183.4

／头。因此，川楝素与其他农药混用不仅对阻止菜青虫四龄幼虫取食有明显的增效作用，而且对其化蛹及个体蛹重都有明显的影响。

2. 川楝素与乐斯本、雷公藤根皮乙抽提物混用对菜青虫防治的增效作用

300ppm川楝素与40.7%乐斯本乳油1:2000混合或与0.5%雷公藤乙醇抽提物混用，对阻止菜青虫四龄幼虫的取食有明显增效作用，Me-Mt（Me为实际保叶效果，Mt为理论保叶效果，Me-Mt即为增效作用）分别达12.37%和15.33%。两复方的保叶效果分别为91.93%和89.75%，而单用川楝素仅为61.62%，单用乐斯本为46.74%，单用雷公藤抽提物为33.36%。川楝素与乐斯本混用，处理后8天，幼虫死亡率达94.87%，与雷公藤抽提物混用，死亡率74.19%，混用的复方幼虫死亡率均明显高于各单方。从化蛹率来比较，川楝素与雷公藤混用的为0，与乐斯本混用的为5.13%，而各单方的化蛹率为36.84~48.72%。特别应指出，川楝素与雷公藤抽提物两者都是植物质，而混用的结果使菜青虫四龄幼虫不能化蛹，对此值得作进一步的研究。

3. 川楝素与其他农药混用防治菜青虫的田间小区试验

用500ppm川楝素与1:2000青虫菌6号或与50ppm灭幼脲Ⅲ号混用，或者1000ppm苦楝种核粉甲醇抽提物与1:2000青虫菌6号混用，防治田间小区菜青虫。从虫口减退和保叶效果来看，这些混用的复方比各单方均明显提高。其中川楝素与青虫菌6号混用，施药后7天，虫口减退率仍达96.0%，与灭幼脲混用，虫口减退率达90.48%。

上述结果表明，川楝素与其他生物农药或植物杀虫剂混合使用，不仅对阻止菜青虫四龄及前期幼虫取食有明显的增效作用，而且对幼虫的生长发育、变态均有明显的影响，进一步探索川楝素与各种药剂混用的作用机理及开展混合药剂大田应用的试验研究是有重要意义的。

（七）印楝的引种及楝科植物的栽培

开展楝科植物杀虫剂的研究以来，我们较广泛地收集和引种各种楝科植物，以丰富杀虫植物品种和试验材料。到目前为止，我们研究室的杀虫植物标本园已引种楝科植物16种（详见附表）。通过植物化学成分的抽提和生物测定，初步筛选出对农业害虫具有拒食和抑制生长发育作用的一些品种。

1983年春开始，我们先后在海南岛万宁县、雷州半岛的徐闻县试种从非洲引进的印楝。当年11月份，仅万宁县一地已成功育出印楝苗500株左右，试造林两亩，树苗

生势良好,株高平均达1.3米,最高达1.9米。我们还须观察印楝的越冬抗寒情况。

附表 我校杀虫植物标本园引种楝科植物名录

俗 名	学 名	
苦 楝	<i>Melia azedarach</i> Linn	泰国苦楝、海南岛苦楝、广东苦楝、非洲苦楝、巴基斯坦苦楝、
川 楝	<i>Melia toosendan</i> sieb. et Zucc	广东川楝、四川川楝、
印 楝	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	孟加拉国印楝、非洲印楝
山 楝	<i>Aphanamixis polystachya</i> (Wall) R. N. Parker	
大叶山楝	<i>Aphanamixis grandifolia</i> Bl.	
米仔兰	<i>Aglaia odorata</i> Lour	
红果米仔兰	<i>Aglaia odorata</i> var. <i>Chamdocensis</i> pellegrin	
四季米仔兰	<i>Aglaia duperreana</i> Pierre	
香 椿	<i>Toona sinensis</i> (A. Juss.) M. J. Roem	
毛麻楝	<i>Chukrasia tabularis</i> var. <i>velutina</i> (Wall) King	
越南毛麻楝	<i>Chukrasia tabularis</i> var. <i>attopenensis</i>	
桃花心木	<i>Swietenia mahogany</i> (L.) Jacq	
大叶桃花心木	<i>Swietenia macrophylla</i> King	
非洲楝	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss	
割舌彪	<i>Walsura robusta</i> Roxb.	
墨西哥椿	<i>Cedrela mexicana</i> M. Roem	

总 结

1984年以来的研究工作是我们前几年进行的以楝科植物为主的植物性杀虫剂研究的继续。通过和有关单位协作,深入地对苦楝油的杀螨效果及机理进行探讨,在生产上也进行一定规模的推广应用,一致认为这项研究成果达到国内同类研究的先进水平。苦楝油对桔全爪螨的 LC_{50} 为0.25%。应用0.5%苦楝油乳液田间防治其成、若螨,效果达90%以上,杀卵率超过80%,而对天敌捕食螨则较安全,对捕食螨的 LC_{50} 为1.63%。苦楝油对这两种螨毒性的差异,可能是由于桔全爪螨和捕食螨的气门结构不同所致。试验结果指出,苦楝油的杀螨作用可能是油膜封闭螨的气门而引起窒息死亡。关于苦楝油制剂的研究已取得接近商品化生产的成果。此外,已开始进行另一些非食用植物油如茶叶籽油、橡胶籽油等应用于杀螨的研究。初步试验结果表明,这些植物油具有与苦楝油相似的性质,对害螨有效,而对其天敌安全,杀螨效果与苦楝油一致。这些植物油来源广

泛，成本低，可以开发利用，对解决目前杀螨剂不足、螨害猖獗的严重问题有重要作用。

楝科植物中，对于川楝的利用，可以考虑应用其粗抽提物，川楝素粗品的成本为其纯品的五分之二，但对菜青虫五龄前期幼虫的拒食活性，川楝素粗制品却高于同浓度的纯品。生产川楝素流程中的废母液也具有强的拒食活性，1000ppm的废母液粉的拒食效果相当于100ppm的川楝素粗制品，拒食率达70%以上。研究结果表明，粘虫对川楝拒食反应最强的感官是下颚须，下颚瘤状体次之，舌和触角的反应很小。电生理的研究表明，川楝素可抑制粘虫幼虫的感受器对诱食剂的反应，使感觉细胞对诱食剂刺激的反应消失，因此，川楝素破坏了化学感受器的功能，从而导致拒食作用的发生。川楝素与其他农药混用可作为降低用药成本及提高药效方法之一。川楝素与微生物农药青虫菌6号、苏云金杆菌(B.t.)混用、与植物性农药雷公藤根皮粉乙醇抽提物混用、以及与化学农药巴丹、乐斯本、灭幼脲Ⅱ号混用，均表现出明显的增效作用，增效作用不仅表现在阻止幼虫取食方面，而且在抑制化蛹和减低蛹重方面作用也很突出。特别值得指出的是，川楝素和雷公藤两者都是植物物质，混合应用能完全抑制幼虫化蛹，其效果居于各混合配方之首，这是值得进一步深入研究的。

楝科以外的其他杀虫植物的研究，主要对雷公藤和非洲山毛豆做了较多的工作。试验表明，雷公藤所含活性高的化学成份主要是生物碱，非生物碱活性较差。活性最高的是雷公藤次碱。雷公藤物质对菜青虫具有较强的拒食、胃毒和抑制生长发育的作用。试验表明，雷公藤次碱对菜青虫幼虫的呼吸节律有显著的影响，处理幼虫释放CO₂量和耗氧量都比对照要低，与完全饥饿的幼虫呼吸变化相似。非洲山毛豆的试验结果表明，这是一种极为高效的杀虫植物，其植株各个部位的丙酮浸提液都具有生物活性，尤以叶的活性最高，对菜青虫具有拒食、胃毒、抑制生长发育及杀卵等作用。其叶的丙酮抽提物对菜青虫五龄幼虫的LD₅₀为0.29mg/g，幼虫取食处理叶片后4小时左右开始出现中毒死亡，绝大部分幼虫在24小时内死亡。同时也表现很强的抑制生长发育作用，用其叶的丙酮抽提物点滴幼虫(100μg/虫)，结果产生畸形蛹达95.1%；用此抽提物0.1%每卵点滴0.5μl，对前、中、后期卵的杀卵率分别达98.2%、91.4%和84.7%，与0.1%灭幼脲Ⅰ号的效果接近。可见非洲山毛豆是一种高效的、有开发前途的植物性杀虫剂。对于这种植物有效成份的分离、鉴定、杀虫作用机理及生产上的应用问题值得继续深入研究。

我们今后的工作计划从下列几个方面开展：

- ①与有关单位协作，从化学方面深入研究，鉴定高效杀虫植物活性有效成份的分子结构，合成模拟化合物，为中国农药合成创一条新路。
- ②利用本国资源，设杀虫植物加工厂，生产植物性杀虫剂(包括鱼藤制剂、苦楝油等)，就地推广利用，为合理用药及农业环境保护提供新方法。
- ③筛选出更高效的杀虫植物，可能供治虫、治病及杀线虫等多种用途。
- ④从昆虫毒理机制研究出作用于昆虫内分泌系统或其他靶子的化合物。特别是昆虫生长发育抑制剂在田间应用，控制害虫种群及保护天敌，为害虫综合治理提供新途径。