

文章编号 :1003-8701(2009)01-0036-04

寄生蜂抗药性研究进展

李增梅,岳 晖,邓立刚,赵平娟

(山东省农业科学院中心实验室,济南 250100)

摘 要 抗性寄生蜂的应用是 IPM 中生防和化防相结合的重要措施之一。本文综述了寄生蜂与杀虫剂的关系、寄生蜂抗药性与其性别的关系、寄生蜂抗药性的稳定性及其抗性机理。

关键词 寄生蜂;抗药性;杀虫剂

中图分类号 :S481⁺.4

文献标识码 :A

Advance of Studies on Pesticides Resistance of Parasitoids

LI Zeng- mei, YUE Hui, DENG Li- gang, ZHAO Ping- juan

(Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China)

Abstract: Use of pesticide-resistance parasitoids is an important aspect of pest management systems integrating chemical and biological control technologies. In this paper, interactions of pesticides and parasitoids, the sex differences, the stability and the mechanism in pesticide resistance of parasitoids were reviewed.

Key words: Parasitoids; Pesticide resistance; Pesticides

自有机药剂出现以来,目标害虫的再猖獗、次要害虫的大爆发、农药用量的增加、害虫抗药性发展加速等问题越来越严重,造成了大量的经济损失和环境污染。生物防治加强型的 IPM 策略备受重视,生防与化防相结合则至关重要,解决这一问题的主要方法有:一是从生理和生态上来选择对天敌有利的药剂;二是自然或人工筛选抗性天敌。抗性天敌是非常宝贵的财富,它可提高天敌在 IPM 中的地位。寄生蜂是害虫的主要天敌,种类繁多,资源丰富,在施药情况下也可产生抗药性,这些抗性寄生蜂能有效地控制害虫,这可作为生物防治的重要策略。

1 寄生蜂与杀虫剂之间的关系

药剂与寄生蜂之间的作用是相互的,药剂可以导致寄生蜂的死亡,但同时寄生蜂也会对药剂产生相应的抗性,发展为抗药性,对于两者的关系已进行了大量的研究。

1.1 寄生蜂的抗性水平^[1]

收稿日期 :2008-09-11

作者简介 :李增梅(1978-),女,博士,主要从事害虫生物防治和昆虫生态学研究。

由于药剂的非选择性和寄生蜂抗性发展的滞后性,田间产生抗性的寄生蜂非常少。目前报道的至少有 20 种寄生蜂已对杀虫剂产生抗性,多是在室内筛选产生,但是抗性倍数以田间自然发生的高于实验室内筛选的。田间产生抗性的米象金小蜂(*Anisopteromalus calandrae*)对马拉硫磷产生高达 2 500 倍抗性,比其寄主米象的抗性还要高 200 倍,是迄今发现的抗药性最高的寄生蜂^[2-3];其次是双带巨角跳小蜂(*Comperiella bifasciata*)对氯菊酯产生 66 倍抗性,而实验室筛选的种群中以广赤眼蜂(*Trichogramma evanescens*)22 倍抗性较高^[6],背负潜蝇姬小蜂(*Diglyphus begini*)对氯菊酯、氰戊菊酯的抗性分别是 10 倍、29 倍。其他大多寄生蜂抗性倍数都在 10 倍左右。一般认为寄生蜂是在寄主产生抗性后产生抗性,并且抗性产生的速度和程度要比寄主慢。

1.2 寄生蜂的交互抗性

寄生蜂不仅对杀虫剂产生抗药性,并且也能产生交互抗性。田间未施过甲基砒硫磷、甲基嘧啶磷,但抗马拉硫磷的米象金小蜂对其分别产生了 5.1、7.3 倍的交互抗性^[3];Spollen & Johnson 检测出抗甲萘威的印巴黄蚜小蜂对杀扑磷、乐果、杀虫

豚产生了交互抗性^[17]；室内筛选的抗保棉磷的白三叉蚜茧蜂(*Trioxys pallidus*)对毒死蜱、硫丹、杀扑磷、乐果、杀虫脒也产生了交互抗性^[10]。交互抗性有利于寄生蜂的应用，抗性品系在果园中的维持依赖于它的抗性适合性、抗性稳定性、遗传模式，与周围敏感品系杂交的几率和利于抗性发展的选择压等，产生交互抗性后，施用其中一种或几种药剂，都有利于寄生蜂抗性的维持。

1.3 杀虫剂对寄生蜂的亚致死效应

杀虫剂对寄生蜂不仅有致死效应，还有亚致死效应，如影响寄生蜂的产卵、性比、进攻效率等。Flanders 等发现马拉硫磷残留可使跳小蜂(*Metaphycus helvolus*) 永远地失去识别寄主的能力^[7]；印巴黄蚜小蜂(*Aphytis melinus*)在甲萘威、毒死蜱、乐果、杀扑磷、马拉硫磷的 LC_{50} 浓度的药液作用下，甲萘威没有明显的亚致死效应，其他几种有机磷杀虫剂使寄生蜂寿命缩短了 73%~85%，生殖力降低了 82%~90%，毒死蜱还影响了后代性比，使其更偏向于雄性^[15]；麦蛾茧蜂(*Bracon hebetor*)在保棉磷和杀虫脒的 LC_5 浓度的药液作用下，并不影响生殖力，但严重的改变了性比，更偏向于雌性^[13]；广赤眼蜂在硫丹、氯菊酯的 LC_{99} 浓度的药液作用下对后代性比、生殖力等都无影响^[11]；菜少脉蚜茧蜂(*Diaeretiella rapae*)在灭多威 LC_{7-16} 、乙酰甲胺磷 LC_{22-29} 、氯菊酯 LC_{28-51} 浓度的药液作用下，对寿命和生殖力没有影响，在灭多威 LC_{60} 浓度的药液作用下可导致寿命下降 50%，生殖力下降 93%^[9]。

从以上例子，不能总结出某特殊化合物、某类药剂、某种蜂的亚致死效应的类型或程度，可能是研究还不够，很有可能存在着一定的模式。多数田间调查和实验室研究都将死亡率和亚致死效应结合在一起，因此不能用来解释亚致死效应的单独作用。

2 寄生蜂抗药性与性别的关系

在有些寄生蜂中发现，不同性别的寄生蜂，抗药性也有差异，一般的是雄性比雌性的敏感性高。米象金小蜂对马拉硫磷的抗性中，雄蜂要比雌蜂敏感^[4]；麦蛾茧蜂对很多杀虫剂的抗性是雄蜂比雌蜂低^[4]；*Urolepis rufipes* 的雄蜂对几种杀虫剂的抗性要比雌蜂低 1.3~2.8 倍^[16]；潜蝇姬小蜂(*Diglyphus begini*)的雄蜂对氰戊菊酯、灭多威、杀线威^[17]。麦蛾茧蜂对马拉硫磷的抗性中雌蜂是雄蜂的 1.2~1.4 倍(Mendoza et al., 2000)，这些例子中，

抗性不同与雄性个体小有关，然而，还与雌蜂的代谢机制、生测时的行为不同有关，这很可能增加了雄性的敏感性。

3 抗性品系寄生蜂的适合度

适合度(fitness)指一个生物能生存并把它的基因传给下一代的相对能力，表现为对生态环境的适应、生存和繁殖能力^[1]。在处于药剂选择压下抗性基因适合度一般比敏感基因的高，如抗性品系寄生蜂比敏感品系具有较快的发育速率和较快的分散活动能力等，但在停止用药后，抗性基因型的适合度通常表现为劣势。Liu & Philip 用吡丙醚处理斑纹恩蚜小蜂(*Encarsia pergandiella*)、浅黄恩蚜小蜂(*Encarsia transvena*)时，发现处理后寄生蜂从卵到蛹的发育速率大大加快，分别增加了 10.2%和 20.7%^[12]。Baker 等检测抗马拉硫磷的米象金小蜂的适合度，它虽然具有 2 500 倍抗性，抗性品系与敏感品系在许多发育参数上如发育历期、后代性比等都无差异^[2]。Spollen & Hoy 测定抗甲萘威的黄蚜小蜂的相对适合度，抗性品系和敏感品系除了后代性比不同外，其他发育参数并无显著差异^[17]。

4 寄生蜂抗药性的稳定性

实验室筛选的抗性寄生蜂的抗药性很不稳定，在没有选择压下抗性会降低。印巴黄蚜小蜂在实验室内 10 个月不进行筛选，它的抗性会慢慢降低^[15]。但目前发现也有些寄生蜂的抗药性是稳定的，其中最明显的是米象金小蜂，其田间种群在实验室内没有马拉硫磷选择压的情况下饲养 15 代后，其 2 500 倍的抗性仍很稳定，在实验室内用马拉硫磷、甲基吡硫磷、甲基嘧啶磷筛选 7 代，其抗性也没有增加，这是在田间长期暴露于马拉硫磷所产生的适合度和抗性基因纯合度较高等因素共同作用的结果。

5 寄生蜂抗药性的机理

根据昆虫抗性机理的性质将抗性分为行为抗性、生理抗性和代谢抗性。生理抗性涉及表皮穿透降低、靶标部位敏感度降低、惰性部位储存和加速排泄；代谢抗性是由于解毒酶活性增加而加速杀虫剂代谢所产生的抗性。其中最主要的是代谢抗性和由于靶标部位敏感度降低所引起的靶标抗性。寄生蜂的抗性机理也主要是这些，但内寄生蜂因其幼虫阶段在寄主体内，寄主对其有保护作用。

5.1 寄主保护机理

寄主的抗性机制对内寄生蜂有很大影响。如果寄主抗性机理是降低毒力积累(降低渗透,提高解毒、储存或代谢),那它对寄生蜂有许多益处;如果寄主抗性机理是靶标位点改变,那对寄生蜂就没有保护作用。

Furlong & Wringht 对高抗 2 龄小菜蛾寄主(4 000 倍)施用浓度高于敏感寄主 2~3 倍的氟苯脉时,对菜蛾绒茧蜂(*Cotesia plutellae*)和半闭弯尾姬蜂(*Diadegma semiclausum*)并没有明显的增效作用,只有当浓度增加到 10 倍时,半闭弯尾姬蜂的羽化率才大大减少,这表明高抗寄主对寄生蜂有保护作用^[8]。这个结果与增效剂 PB、DEF 的作用一致,意味着代谢机制是小菜蛾抗药性的主要机制。

5.2 代谢机理

目前对寄生蜂抗性的代谢机理研究并不多。Chiang & Sun 测定杀虫剂对菜蛾绒茧蜂、半闭弯尾姬蜂毒性时,发现菜蛾绒茧蜂对氰戊菊酯的 LC_{50} 值远高于半闭弯尾姬蜂,并且高于小菜蛾的 LC_{50} ;但测定羧酸酯酶(MCE)、谷胱甘肽转移酶(GST)、多功能氧化酶活性时,并未能与杀虫剂的敏感度建立联系^[5]。抗性最高的米象金小蜂对马拉硫磷的生化机理研究,发现抗性品系的 MCE 活性是敏感品系的 10~30 倍^[4],这与以前 Baker 的增效剂实验结果一致,GST 和细胞色素 P_{450} 的 4 种增效剂对马拉硫磷的毒力都未起到作用,而羧酸酯酶的两种增效剂 TPP 和 DEF 则能起到增效作用,表明 MCE 与抗性相关。同样,对另一种贮粮害虫的抗马拉硫磷寄生蜂麦蛾茧蜂做了酶活性测定,发现抗性品系和敏感品系的 MCE、GST、细胞色素 P_{450} 的活性并无明显差异^[14]。对寄生蜂抗性的代谢机制研究目前还处在初级阶段,需要进一步的探索。

80 年代以来,分子生物学研究大大丰富了人们对生命过程和本质的认识,昆虫学各分支学科的研究已逐渐推进到分子水平。利用生物技术,昆虫抗药性机制已有深入研究。对酯酶分子结构和其基因结构已经弄清,不同农药类的靶标受体基因均已进行克隆,如 Na^+ 通道基因、GABA 受体复合体、乙酰胆碱酯酶基因、激素受体等,细胞色素 P_{450} 的研究也深入到分子水平。但是这些技术在寄生蜂中的应用还不是很多,但随着人们生防意识的加强,寄生蜂的抗药性机制会得到进一步的研究,这有利于更好地保护寄生蜂,控制害虫。

参考文献:

- [1] 唐振华. 昆虫抗药性及其治理[M]. 北京:农业出版社,1993: 389.
- [2] Baker JE, Perez-Mendoza JB. Fitness of a Malathion-Resistant Strain of the Parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera:Pteromalidae)[J]. J. Econ Entomol, 1998 91(1):50-55.
- [3] Baker JE. Stability of Malathion Resistance in Two Hymenopterous Parasitoids[J]. J. Econ Entomol, 1995 88(2):232-236.
- [4] Baker JE, Fabrick JA, Zhu KY. Characterization of esterases in malathion-resistant and susceptible strains of the pteromalid parasitoid *Anisopteromalus calandrae* [J]. Insect Biochem Molec Biol, 1998 28:1039-1050.
- [5] Chiang Fang-ming, Sun Chih-ning. Detoxifying Enzymes and Susceptibility to Several Insecticides of *Apanteles plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) and *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae), Parasitoids of Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae) Larvae [J]. Envir Entomol, 1991 20(6):1687-1690.
- [6] Croft BA. Arthropod biological Control Agents and Pesticides. John Wiley & Sons, New York, 1990, 723pp.
- [7] Flanders RV, Bledsoe LW, Edwards CR. Effects of insecticides on *Pediobius foveolatus* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of the Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae)[J]. Envir Entomol, 1984, 13:902-906.
- [8] Furlong MJ, Wringht DJ. Effect of the Acylurea Insect Growth Regulator Teflubenzuron on the Endo-larval Stages of the Hymenopteran Parasitoids *Cotesia Plutellae* and *Diadegma semiclausum* in a Susceptible and an Acylurea-Resistant Strain of *Plutella xylostella*. Pestic Sci, 1993 39:305-312.
- [9] Heish CY. Effects of insecticides on *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) with emphasis of bioassay techniques for aphid parasitoids. PHD. dissertation, University of California, Berkeley, 1984.
- [10] Hoy, MA., Frances, E.C. Toxicity of Pesticides Used on Walnuts to a Wild and Azinphosomethl-Resistant Strain of *Trioxys pallidus* (Hymenoptera: Aphidiidae)[J]. J. Econ Entomol. 1989 82(1):1585-1589.
- [11] Jacobs RJ, Gross HR. Responses of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) to *metasystox* in relation to their species, host species, and ambient temperature [J]. Pol Ecol Stud, 1984(1):183-196.
- [12] Liu Tong-xian., Philip AS. Effects of Pyriproxyfen on Three Species of *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae) Endoparasitoids of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae)[J]. J. Econ Entomol, 1997 90(2):404-411.
- [13] O'Brien PJ, Elzen GW, Vinson SB. Toxicity of azinphosmethy and chlordimeform to the parasitoid *Bracon mellitor* (Hymenoptera: Braconidae): lethal and reproductive effects[J]. Envir Entomol, 1985(14):891-894.
- [14] Perez-Mendoza J, Fabrick JA, Zhu KY. Alterations in Esterases are Associated with Malathion Resistance in *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae)[J]. J. Econ. Entomol. 2000 93

(1) 31- 37.

[15] Roseheim JA, Hoy MA. Sublethal Effects of Pesticides on the Parasitoid *Aphytis melinus* (Hymenoptera:Aphelinidae)[J]. J. Econ Entomol, 1988, 81(2):476- 483.

[16] Scott JG, Rutz GL. Comparative toxicities of seven insecticides to house flies (Diptera: Muscidae) and *Urolepis rufipes* (Ash-

mead) (Hymenoptera: Pteromalidae) [J]. J. Econ Entomol, 1988, 81:804- 807.

[17] Spollen KV, Johnson MW. Stability of Fenvalerate Resistance in the Leafminer Parasitoid *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae)[J]. J. Econ Entomol, 1995, 88(2):192- 197.

(上接第 26 页)造成的浪费和水污染。与水中溶出率法相同,包膜量对养分的释放起着关键的作用,6

种肥料的溶出量由小到大依然是 $A_3 < A_2 < A_1$, $B_3 < B_2 < B_1$ 。

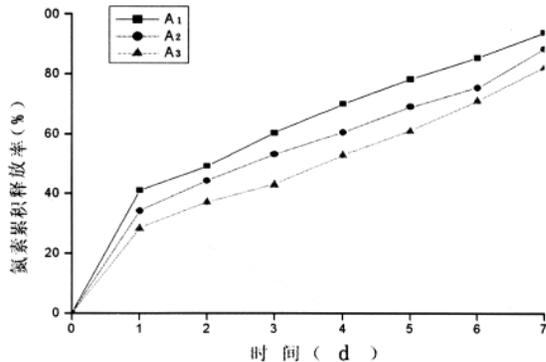


图 1 A 系列肥料在水中的养分释放曲线

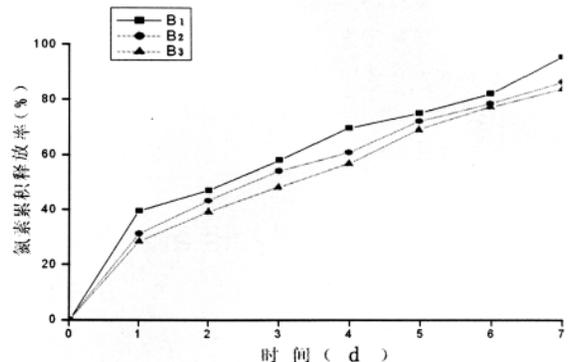


图 2 B 系列肥料在水中的养分释放曲线

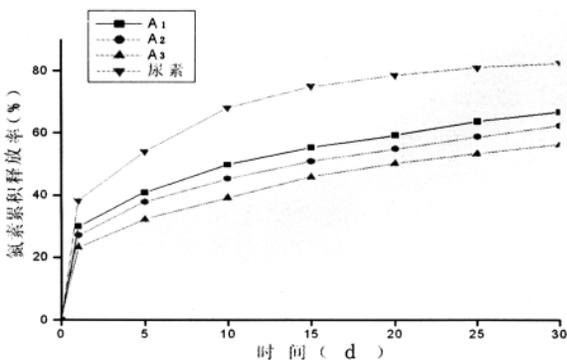


图 3 A 系列肥料在土壤中的养分释放曲线

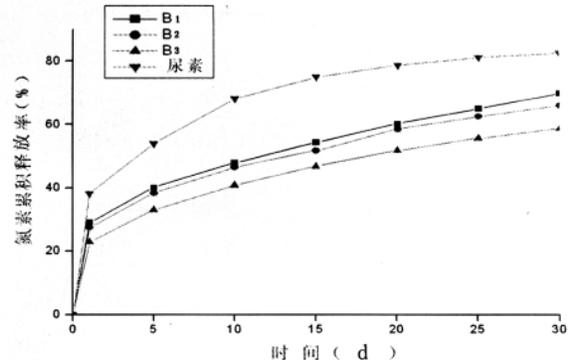


图 4 B 系列肥料在土壤中的养分释放曲线

3 结 论

本研究中所设计的乙酸乙酯体系、乙酸乙酯和甲苯体系,配制 A、B 两种包膜液,同一包膜量下,初期溶出率相差甚小,除 A_1 外,其他 5 种肥料初期溶出率均低于 40%,可以确认用此两种体系溶剂溶解聚苯乙烯皆可行。

不同包膜量下,氮素溶出率相差很大,说明包膜量是包膜肥料养分释放的重要影响因素,且肥料的控释性是随着包膜量的增大而增大的。

本研究认为,两种溶剂体系的包膜肥料,包膜量均以 10%时溶出率最低,根据不同需要也可以调整包膜量,达到控制养分释放的效果。

参考文献:

[1] 张 民,史衍玺,杨守祥,等.控释和缓释肥的研究现状与进展[J].化肥工业,2001,28(5):27-30.

[2] 赵世民,唐 辉,王亚明,等.包膜型缓释/控释肥料的研究现状和发展前景[J].化工科技,2003,11(5):50-54.

[3] 冯元琦.21 世纪理想肥料-缓释/控释肥料[J].化肥设计,2003,41(6):53-55.

[4] 楚 召.缓释/控释化肥的研究现状及进展[J].磷肥与复肥,2007,22(2):14-16.

[5] 魏正方,曾黎明,胡 兵.回收聚苯乙烯泡沫再生利用的研究现状及发展趋势[J].国外建材科技,2006,27(3):3-6.

[6] 徐和昌,柯以侃,郭立新,等.几种缓释肥料包膜的性质和分析方法[J].中国农业科学,1995,28(4):72-79.

[7] 杜建军,廖宗文,毛小石,等.包膜控/缓释肥养分释放特性评价方法的研究[J].磷肥与复肥,2003,18(2):11-14.