

斜纹夜蛾抗药性及其防治对策的研究进展

周晓梅 黄炳球*

(华南农业大学昆虫毒理研究室 广州 510642)

Insecticide resistance of the common cutworm(*Spodoptera litura*) and its control strategies. ZHOU Xiao Mei, HUANG Bing Qiu (Laboratory of Insect Toxicology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China).

Abstract The common cutworm, *Spodoptera litura*, a major pest to a variety of crops, is known to be resistant to many kinds of insecticides, such as organochlorines, organophosphorus, carbamates, pyrethroid and *Bacillus thuringiensis* (Bt) formulations, etc. The factors affecting the formation and development of insecticide resistance include genetic factor, biological factor and operational factor. The biological factor in *S. litura* is shown by its productivity, polyphagy, migration and activities. Mechanisms of pyrethroid resistance in *S. litura* was accompanied by enhanced metabolic detoxification of multifunctional oxygenase (MFO). And that of organophosphorus had relation with increased activity of MFO and esterase. Bacteriostatic and inducible bactericidal activities were the factors involved in the resistance of *S. litura* to Bt. The control strategies of insecticide resistance on *S. litura* consist of IPM, appropriate application of insecticides, use of natural enemies and nuclear polyhedrosis viruses (NPV).

Key words common cutworm, insecticide resistance, control strategies

摘要 斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 是多种作物的重要害虫,对有机氯、有机磷、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类以及 Bt 制剂等杀虫剂均产生抗药性。本文对斜纹夜蛾抗药性的形成与发展、抗性机理及其防治对策等方面进行了综述。

关键词 斜纹夜蛾 *Spodoptera litura*, 抗药性, 防治对策

斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius 是一种间歇性发生的世界性害虫,幼虫危害猖獗,食性杂,可危害多种作物。蒙显标等^[1]报道斜纹夜蛾在南宁市郊区暴发,在 7.3 hm² 莲藕田内,每 hm² 虫数达 30 ~ 60 万头,田埂草丛每 m² 有虫 10 ~ 50 头,有 4.6 hm² 藕田荷叶被吃掉 1/10 左右,还有 2.7 hm² 荷叶被害率达 30 % 以上。常彭阳等^[2]报道,在江西,斜纹夜蛾危害姜苗严重,一般被害株率为 30 % ~ 50 %,严重者可达 85 %,百蔸有幼虫 571 头。1990 年常彭阳再次报道了斜纹夜蛾严重危害姜苗。张法清^[3]报道,斜纹夜蛾在广东危害芦笋严重,一般被害率为 20 % ~ 40 %,严重者可达 90 %,百丛笋中有幼虫 496 头,几天时间可将笋叶及嫩茎咬食光,造成严重减产,甚至失败。仵均祥等^[4]报道,1996 年 6 ~ 7 月和 9 ~ 10 月,斜纹夜蛾两度在西

安市部分草坪上暴发成灾,幼虫虫口密度达 500 ~ 700 头/ m²,草叶几乎被全部吃光,仅留残秆,个别单位院内遍地皆虫,甚至造成了毁灭性危害。2001 年,刘春贵等^[5]又报道了斜纹夜蛾在扬州地区危害草坪的情况。近年来,斜纹夜蛾在广州、深圳等地的蔬菜上为害猖獗;在南方十字花科蔬菜上严重为害^[6]。此外,张羽^[7]报道了 1998 年 8 月在湖北省黄梅县五埠乡发现斜纹夜蛾进入水稻田为害,据调查,斜纹夜蛾幼虫虫口密度达 150 ~ 521 头/ m²,最高达 521 头/ m²,且其幼虫每天以 200 m 的距离在大范围迁徙为害。

* 通讯作者, E-mail: huangbq @public.guangzhou.gd.cn

收稿日期: 2001-05-31, 修回日期: 2001-09-10

由于斜纹夜蛾每年可发生的世代数多,发生量大,易暴发成灾,所以目前防治措施仍以使用化学农药为主。但由于化学农药的大量使用,加上操作上的不规范,使斜纹夜蛾普遍产生了抗药性。有关这方面的研究国内外均有报道,尤其是埃及、印度、日本等国。国内关于其药效试验方面的研究较多,同时,有关斜纹夜蛾的抗性监测及防治对策方面也开展了许多工作。本文就斜纹夜蛾的抗性形成与发展、抗性机理及其防治对策等方面的研究作一综述。

1 斜纹夜蛾抗药性的形成和发展概况

昆虫对杀虫剂产生抗药性是杀虫剂的选择作用造成的。由于大量反复使用杀虫剂,逐渐杀死感性个体,保存下具有抗药力的个体,如此多代选择,就逐渐形成有显著抗性的个体、种群或抗性品系。

自60年代以来,在印度、埃及、日本、土耳其等地以及中国的台湾、上海等地区先后报道了斜纹夜蛾对多种杀虫剂均已产生了抗性,其中包括有机氯、有机磷、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯以及苏云金杆菌(Bt)等。

早在1965年 Srivastava 和 Joshi^[8]报道斜纹夜蛾对六六六产生了抗性。紧接着斜纹夜蛾对有机磷、氨基甲酸酯等杀虫剂也产生了不同程度的抗性^[9]。80年代以来,随着多种拟除虫菊酯类农药大量投入使用,斜纹夜蛾对其也很快产生了抗性。Ramakrisnan 等^[10]指出,斜纹夜蛾对甲萘威、林丹、除虫菊素和马拉硫磷分别产生了85.91, 16.25, 14.73, 5.73倍的抗药性。Er-Dob^[11]在斜纹夜蛾类抗氰戊菊酯和氟氰菊酯品系中发现对某些杀虫剂产生交互抗性的模式。周桃美^[12]报道,在台湾,斜纹夜蛾对克百威、速灭磷、氯氰菊酯和氰戊菊酯,分别产生了79, 63, 13和4.1倍的抗性。吴世昌等^[13]采用浸渍法测定上海地区斜纹夜蛾对拟除虫菊酯(1979~1994年试验)和有机磷(1982~1994年试验)的抗性,结果表明斜纹夜蛾对氯氰菊酯、溴氰菊酯和氰戊菊酯的抗性分别为43.9, 90.0和171.9倍;对敌敌畏、乙酰甲胺磷的抗性分别为

29.7和33.6倍。关于斜纹夜蛾对苏云金杆菌许多株系不敏感的报道也已很多。如 Inagaki 等^[14]报道了斜纹夜蛾对苏云金杆菌 δ -内毒素产生了抗性;Inagaki 和 Miyasono 等^[15]又将斜纹夜蛾对苏云金杆菌的敏感性与家蚕 *Bombyx mori* 幼虫进行了比较,发现斜纹夜蛾幼虫接种细菌后,在其血淋巴中要么被消除要么维持在很低的水平,而在家蚕血淋巴中细菌迅速繁殖,斜纹夜蛾幼虫对苏云金杆菌的抗性比家蚕幼虫高达2500倍。

斜纹夜蛾对杀虫剂的抗性水平因药剂种类、地区及使用时间、频率、强度等不同而不同。在斜纹夜蛾的不同为害区,由于其为害程度不同,对其防治使用的杀虫剂剂量、次数等都会有差异,由此引起害虫对一种或同类杀虫剂产生的抗性也就会有所不同。Rao 等^[16]报道在印度南部安德拉邦的 Guntur 地区的斜纹夜蛾对氯氰菊酯和氰戊菊酯的抗性比印度北部新德里地区斜纹夜蛾的抗性分别高4和5倍。从药剂种类来看,对有机磷、拟除虫菊酯类杀虫剂普遍产生抗性。Murugesan 等^[17]通过18种杀虫剂对斜纹夜蛾的药效比较,结果表明,与林丹相比较几种拟除虫菊酯类农药的 LC_{50} 值最小,有机磷类次之,只有其中的倍硫磷和乐果比其大,还有浓度为2%的西维因乳油对斜纹夜蛾的致死率仅为10%;在抗性水平上表现为拟除虫菊酯类的最高,有机氯类次之,有机磷最低。

Kim 等^[18]在室内分别用一些常规的药剂对田间斜纹夜蛾种群进行抗性选择,结果对拟除虫菊酯类农药(氯氰菊酯、溴氰菊酯、氰戊菊酯等)的抗性达到100~2700倍,其中溴氰菊酯最高;对有机磷类杀虫剂(毒死蜱、甲基毒死蜱、EPN等)的抗性为2~32倍,其中对乐斯本的抗性倍数最高;对氨基甲酸酯类(甲萘威和灭多威)的抗性为4~80倍。吴世昌在用几种拟除虫菊酯和有机磷农药对斜纹夜蛾进行毒力测定的同时开展了田间防治效果试验,3种拟除虫菊酯1994年使用有效浓度(mg/L)为1979或1982年的8~10倍,2种有机磷1994年使用浓度为1982年的4~5倍,而防治效果则普遍下

降 40% ~ 60%。

斜纹夜蛾对多种杀虫剂产生的抗性问題不容忽视,也已在国内国际上引起了广泛的重视,并在其生物学、抗性监测及抗性机制等方面的研究已有了一些报道。

2 影响斜纹夜蛾抗药性形成与发展的因素

一般,影响昆虫抗药性形成与发展的因子可归纳为三大类即遗传学因子、生物学因子以及操作因子。遗传学因子包括抗性等位基因频率、数目,抗性等位基因的显性、外显性、表达性,抗性等位基因的相互作用,过去使用其它杀虫剂的选择作用以及抗性基因组与适合度因子整合作用的程度;生物学因子包括昆虫的繁殖力、生殖方式,食性种类,迁飞性等方面;操作因子包括杀虫剂的化学性质、残效期、剂型和施药方式、施药时间、施药次数等。遗传学和生物学因子是生物本身固有的特性,基本上不受人控制,但对它们的评估在测定抗性风险中是很重要的;操作因子是人为的,人们可以作合适的选择,使产生抗性的风险最小^[19]。

有关斜纹夜蛾这方面的研究主要集中在其生物学因子方面,国内外都有很多报道^[20~24]。其中影响斜纹夜蛾抗性形成与发展的生物学因素主要表现在以下几个方面。

2.1 繁殖力强

斜纹夜蛾 1 年发生代数因地而异。在我国,华北地区 1 年 4~5 代,华南地区 6~9 代不等。世代重叠严重。每雌一生产卵 8~17 块,约 1 000~2 000 粒,最多可达 3 000 粒以上。一般来说,繁殖力高的群体能经受较高的选择压力,即它们能承受较高的选择强度。

2.2 多食性

斜纹夜蛾是一种多食性害虫,已知可以危害的植物达 99 科 290 多种,其中喜食的植物在 90 种以上。主要危害棉花、烟草、甘薯、花生、芝麻、芋头、旱莲等。其次危害甜菜、玉米、高粱,蔬菜中的甘蓝、白菜、莲藕、茄、豆、葱、韭等;还加害绿肥、柑桔、桑、榆等。幼虫食叶为主,也危害花、果、嫩枝。

2.3 迁飞性

斜纹夜蛾与粘虫、小地老虎等害虫一样,是一种季节性长距离迁移发生的害虫。在我国,斜纹夜蛾各虫态在长江流域以北地区不能越冬,在福建、广东南部、台湾等地全年发生。1996 年秋季斜纹夜蛾在西安大发生后,通过室内外调查和饲养观察,12 月后,室内饲养幼虫全部死亡,室外找不到任何越冬虫态,证明西安地区的斜纹夜蛾是从外地迁入的。因为施药总是局部的,如果没有迁飞和扩散的影响,则害虫抗性的发生一般也是局部的。活动范围小的害虫,其抗药性就是局部的,而且抗性也较稳定,不易消失,如红蜘蛛和介壳虫等。反之,由于迁飞或扩散的影响,抗性的范围有一定程度的扩大,同时发生抗性的中心地的抗性程度也可能会有有一定程度的减弱,这种抗性极为复杂。

2.4 活动隐蔽,不易发现

成虫昼伏夜出,白天躲藏于植株茂密的叶丛中或土缝等隐蔽场所,黄昏后开始取食飞翔。幼虫孵化后群集在卵块附近取食,不怕光,稍遇惊扰就四处爬散或叶丛扩散。2 龄后分散,4 龄进入暴食期后出现避光性,晴天白天躲起来。由于斜纹夜蛾的这种行为特性,使其在药剂处理时,部分个体因未受到药剂的选择而幸存下来。许多事实表明,药剂处理后幸存的比例越大,抗性发展越慢。这说明,斜纹夜蛾用药防治难并非只因为其抗药性。

3 抗药性机理的研究

害虫产生抗药性的原因有多种,按其由遗传引起的种属特征的变化,或形态、生理生化特性的变化,可分为行为抗性、生理抗性和生化抗性(或代谢抗性)。行为抗性有两类:依赖刺激的行为回避(如应激性和驱避性)和非依赖刺激的行为回避;生理抗性包括表皮穿透速率降低和靶标部位敏感度降低如乙酰胆碱酯酶敏感度降低、神经敏感度降低和神经前突触敏感度降低等;生化抗性主要是指由解毒作用增加、代谢加速引起的,故又称代谢抗性,这主要表现为多功能氧化酶、水解酶、谷胱甘肽转移酶等解毒酶

的活性增强。

吴世昌对斜纹夜蛾的作用机理进行了初步探索^[13],提出该虫对拟除虫菊酯类杀虫剂的抗性与多功能氧化酶(MFO)的氧化代谢有很大关系;对有机磷类杀虫剂乙酰甲胺磷的抗性与多功能氧化酶和酯酶都有关,其中酯酶的作用更重要些;同时提出,对拟除虫菊酯、有机磷产生抗性的斜纹夜蛾,对昆虫几丁质合成抑制剂(IGR)不表现交互抗性。Kim等通过解毒酶测定得出^[18],斜纹夜蛾的田间种群体内的酯酶和谷胱甘肽转移酶的活性比室内敏感种群提高了2~6倍,此外,乙酰胆碱酯酶的活性有所下降。这说明,斜纹夜蛾广泛的抗药性是因为其多种抗性机制,包括对杀虫剂解毒性增强和乙酰胆碱酯酶的不敏感性。

Cho等^[25]研究了斜纹夜蛾田间相对敏感品系(HC)和室内药剂筛选品系(溴氰菊酯筛选品系DSR₅和甲基毒死蜱筛选品系CSR₄)幼虫体内酯酶的电泳图谱情况。结果发现DSR₅和CSR₄2个品系幼虫体内的酯酶活性高于HC品系的幼虫;通过聚丙烯酰胺凝胶电泳,HC品系分离出10个酯酶同工酶条带(E₁~E₁₀),而DSR₅和CSR₄2个品系均只有5个同工酶条带出现,但染色结果是2个室内筛选品系的E₄条带强于HC品系。根据酶抑制剂实验确定E₂和E₄分别是芳基酯酶(arylesterase)和羧酸酯酶(carboxyesterase),E₂在DSR₅品系幼虫体内的频率高于HC品系。因此,DSR₅和CSR₄品系幼虫体内酯酶同工酶条带数目的减少及强度的增强可能与抗药性有关。

另外,据Inagaki报道,斜纹夜蛾对苏云金杆菌产生抗性与其体内的抑菌和可诱导的杀菌作用有关;Kurihara等^[26]报道斜纹夜蛾体内较早地消除苏云金杆菌可能是因为其血淋巴中的细胞吞噬作用。

有关斜纹夜蛾抗性机理方面的研究开展的并不多,对其具体内容还有待进一步探索。

4 抗性治理对策

要防止或延缓昆虫对杀虫剂产生抗性,首

先必须了解抗性产生的原因与过程,以及抗性的消失与减弱的原因与过程,其次是了解抗性的机制,或者是基本上解决抗性形成的方法与策略。

在害虫抗药性治理过程中,及早采取治理对策极其重要。目前提出的防止抗性形成及延缓抗性发展的方法与策略有如下几点。

4.1 害虫综合治理,尽量少用杀虫药剂

化学防治法的一个缺点就是杀虫剂不但杀死害虫,也同时杀死害虫的天敌,因而反而削弱了自然控制,所以害虫综合治理这一策略中主张尽量用那些与自然控制因子不相矛盾的防治方法,化学方法尽可能不用,除非是万不得已。但是,实际情况是多数农林害虫及卫生害虫还不得不用化学防治法,因此就必须改进化学防治法,使杀虫剂的应用尽量不伤害害虫的天敌昆虫,这就是所谓的合理用药^[27]。如使用选择性较强的、对人畜低毒、对环境影响较小的植物性杀虫剂。近10多年来,国内外对植物性杀虫剂进行了广泛的研究。Koul^[28]用1.5~10 mg/L的印楝素处理斜纹夜蛾1龄幼虫24 h都达到100%的死亡率;Venkateswar等^[29]用8%和16%印楝素处理斜纹夜蛾幼虫,可达100%的拒食效果,用0.5%~4%的浓度,拒食活性随浓度的提高而增强;Murugan等^[30]报道印楝种核提取物和印楝油对斜纹夜蛾的生长和发育有明显的抑制作用,而且斜纹夜蛾核多角体病毒(NPV)与印楝产品混用比单用NPV时斜纹夜蛾幼虫死亡率提高3倍。Sharma等^[31]从白花蔓陀罗和光蔓陀罗、紫柳、番荔枝、暗罗等8种植物中分离的植物精油,在2.5%和5%的浓度下,对斜纹夜蛾幼虫的拒食活性可达95%和100%。张业光等^[32]用紫背金盘的氯仿提取物处理5龄斜纹夜蛾幼虫,0.5%浓度的选择性和非选择性拒食率分别为90.01%和60.25%。

4.2 改变施药方式

与不同作用方式的各种类型药剂轮用或混用,利用杀虫剂对生物的多位点作用机制,使杀虫剂的靶标不易产生抗性,或延缓抗性的发展。Kumari等^[33]指出,氯氰菊酯混西维因防治斜纹

夜蛾效果最好,其次是氯氰菊酯混久效磷,较差的是氯氰菊酯混硫丹。Muthiah 等^[34]指出,最好的防治效果的混用是氰戊菊酯混甲萘威,但获得最高利润的混用是 0.1% 的敌敌畏乳油 + 0.5% 甲萘威乳油 + 0.2% 代森锰锌乳油。Chari 等^[35]用 3% 印楝种核提取物与斜纹夜蛾 NPV、除虫脲、氯氰菊酯轮用,收到了很好的防治效果。近年来,随着斜纹夜蛾抗药性问题的日趋严重,在寻找新的高效药剂方面的工作开展很多,同时也发现了一些高效的新药剂,如拟除虫菊酯类的 2.5% 氟氯氰菊酯乳油、氨基甲酸酯类的 90% 灭多威可湿性粉剂以及昆虫生长调节剂类的 5% 定虫隆乳油和 20% 虫酰肼胶悬剂等药剂对斜纹夜蛾幼虫具有优良的防效,可作为首选杀虫剂进行交替使用。

4.3 利用负交互抗性防治抗性昆虫

这是防止抗性形成及发展的方法,也是克服已发生的抗性的理想方法,因为负交互抗性是利用了反选择作用:甲种杀虫剂选择了对甲种杀虫剂的抗性的基因,但是乙种杀虫剂正好淘汰了对甲种杀虫剂有抗性的基因,对乙种杀虫剂反而最敏感;反之亦然。此外,还有近几年来提出的 2 种杀虫剂的棋盘用药法,其理论根据是利用稀释作用,亦即利用感性个体与抗性个体的杂交防止抗性基因的积累增加。

害虫抗药性治理对策除了有计划、合理使用杀虫剂外,还可借助实施其他非化学防治的手段,如天敌的引入和培育、昆虫疾病的利用、作物栽培的改良、抗性作物及其他非化学措施来降低药剂的选择压。这不仅可减小对害虫的选择压,而且还可保护天敌及其他非目标生物,减少环境污染和农民对毒物的接触,以及减少对植物的药害和残留毒性等。

参 考 文 献

- 1 蒙显标,陈强,陆寿成. 植物保护, 1988, 14(6): 51.
- 2 常彭阳,杨同润. 植物保护, 1988, 16(1): 43.
- 3 张法清. 植物保护, 1989, 15(6): 56.
- 4 仵均祥,沈宝成,何成毅. 植物保护, 1996, 24(5): 31 ~ 32.
- 5 刘春贵,张春梅,储柏. 昆虫知识, 2001, 38(3): 238.

- 6 常彭阳. 中国蔬菜, 1990, (4): 41.
- 7 张羽. 植保技术与推广, 1999, 19(2): 43.
- 8 Srivastava B. K., Joshi H. C. J. *Indian Entomol.*, 1965, 27: 102 ~ 104.
- 9 Abdel-Aal Y. A. I., Abdel-Racfaud T. K., Fahmy M. A. H. *Int. Pest Control*, 1977, 19(1): 6 ~ 7.
- 10 Ramakrisnan N. *Pesticides*, 1984, 18(9): 23 ~ 27.
- 11 El-Dob Y. N. *Int. Pest Control*, 1984, 26(4): 102 ~ 104.
- 12 周桃美. 中华农业研究, 1984, 33(3): 331 ~ 339.
- 13 吴世昌,顾言真,王冬生. 上海农业学报, 1995, 11(2): 39 ~ 45.
- 14 Inagaki S., Miyasono M., Ishiguro T., Takeda R., Hayashi Y. *J. Invertebr. Pathol.*, 1992, 60: 64 ~ 68.
- 15 Inagaki S., Miyasono M., Yamamoto M., Ohba K., Ishiguro T., Takeda R., Hayashi Y. *Appl. Entomol. Zool.*, 1992, 27(4): 565 ~ 570.
- 16 Rao G. R., Dhingra S. J. *Entomol. Res.*, 1996, 20(3): 225 ~ 227.
- 17 Murugesan K., Dhingra S. J. *Entomol. Res.*, 1995, 19(4): 313 ~ 319.
- 18 Kim Y. J., Kim Y. J., Yoo J. K., Lee J. O. *J. of Asia-Pacific Entomol.*, 1998, 1(1): 115 ~ 122.
- 19 唐振华. 昆虫抗药性及其治理. 北京: 中国农业出版社, 1993.
- 20 范怀忠,江佳培. 广州蔬菜病虫害综合防治. 广州: 广东科技出版社, 1987.
- 21 广东农科所植保系. 广东农业科学, 1960, (3): 58 ~ 62.
- 22 束炎南. 昆虫知识, 1959, 5(3): 106 ~ 107.
- 23 章士美,汪广. 昆虫知识, 1959, 5(2): 83 ~ 84.
- 24 何必基,钟敏芳. 昆虫知识, 1964, 8(3): 107 ~ 111.
- 25 Cho J. R., Kim Y. J., Kim J. J., Yoo J. K., Lee J. O. *J. Asia-Pacific Entomol.*, 1999, 2(1): 39 ~ 44.
- 26 Kurihara Y., Shimazu T., Wago H. *Appl. Entomol. Zool.*, 1992, 27: 237 ~ 242.
- 27 张宗炳. 植物保护, 1986, 12(6): 30 ~ 32.
- 28 Koul O. *Indian J. Exp. Biol.*, 1985, 23(3): 160 ~ 163.
- 29 Venkateswar P. *Indian J. Pulses Res.*, 1988, 1(2): 118 ~ 123.
- 30 Murugan K., Sivaramkrishnan S., Kumar N. S., Jayabalan D., Nathan S. S. *Insect Sci. and Its Appl.*, 1999, 19(2/3): 229 ~ 235.
- 31 Sharma R. N. *Indian Perfumer*, 1990, 34(3): 196 ~ 198.
- 32 张业光. 华南农业大学学报. 1992, 13(4): 63 ~ 68.
- 33 Kumari P. V. *Pesticides*, 1988, 22(12): 49 ~ 52.
- 34 Muthiah C. *Groundnut News*, 1991, 3(1): 7 ~ 8.
- 35 Chari M. S. *Tobacco Res.*, 1985, 11(2): 93 ~ 98.