

综述和进展

杀虫剂使用失当是甜菜夜蛾大发生的重要原因*

林珠凤^{1,2} 罗礼智^{2*} 潘贤丽¹

(1. 华南热带农业大学植物保护学院 海南 571737;
2. 中国农业科学院植物保护研究所 国家病虫害生物学重点实验室 北京 100094)

Insecticide abuse is an important cause of beet armyworm outbreak. LIN Zhu-Feng^{1,2}, LUO Li-Zhi^{2*}, PAN Xian-Li¹ (1. College of Plant Protection, South China University of Tropical Agriculture, Hainan 571737, China; 2. State Key Laboratory of Biology of Disease and Pest, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China)

Abstract The improper application of insecticide is one of the most important causes for the resurgence of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (H. bner). The insecticides have double effects. On the one hand, it reduces the population density of pest temporarily, and increases the insecticide resistance. On the other hand, its side-effects on natural enemies are negative which could destroy the balance of pest-natural enemies system, and provides the opportunity for the beet armyworm to escape natural controls. Insecticides could influence behavior of natural enemies including mating, foraging and so on. Some insecticides also disturb emergence, longevity, fecundity, and prolong the developmental period, in natural enemies. It's very important to consider cautiously that how to use insecticides in the right way. In order to protect natural enemies, insecticides should be used safely without affecting natural enemies. Only if insecticides were used properly in field, that can bring the IPM program into effect.

Key words *Spodoptera exigua*, insecticide, natural enemy, insecticide resistance, outbreak

摘 要 近年来,甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (H. bner) 在我国危害面积越来越广,造成的损失越来越大。为了更好地了解甜菜夜蛾的发生和成灾规律,改善和提高预测与防治技术,文章就杀虫剂对甜菜夜蛾及其天敌的影响进行了分析。结果表明,杀虫剂使用失当是甜菜夜蛾大发生的重要原因。甜菜夜蛾对杀虫剂的抗药性水平超过天敌,而天敌的飞行、搜索、攻击和产卵等行为,以及生长、发育、生殖和寿命等又容易受杀虫剂的干扰,产生负面影响,从而降低天敌对甜菜夜蛾的控制能力。因此,如何合理使用杀虫剂,在有效控制甜菜夜蛾种群的同时,达到保护天敌的目的,将是我们面临的新课题。

关键词 甜菜夜蛾, 杀虫剂, 天敌, 抗药性, 大发生

甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (H. bner) 是一种世界性害虫,在各地均有严重危害或成灾的记录^[1~3]。在我国,甜菜夜蛾过去仅是一种零星发生,但自20世纪80年代末以来,经常暴发成灾,并造成过巨大的经济损失^[4]。因此,研究和阐明甜菜夜蛾的成灾规律,对于改善和提高预测预报技术和防治效果都具有十分重要的意义。

研究结果表明,高温干旱是甜菜夜蛾大发生的主要气候因子^[1,4,5]。杀虫剂的使用不当,

造成甜菜夜蛾抗性上升,也是大发生的重要原因。甜菜夜蛾对有机磷、拟除虫菊酯、氨基甲酸酯、蜕皮激素类似物^[6~11]、苯甲酰脲及多杀菌素等多种杀虫剂^[8~11]都已经产生了抗性,使得大部分原本对甜菜夜蛾十分有效的杀虫剂的防效越来越差^[2,12~14]。另外,由于甜菜夜蛾的抗药

* 国家科技平台重点项目(2003DIAGN004), 国家科技攻关专题(2002BA516A08-03), 国家十五攻关课题(2004DA509B0601)。
** 通讯作者, E-mail: lizhuo@ippcaas.cn

收稿日期: 2006-03-20, 修回日期: 2006-05-19

性通常由多基因控制^[15]。例如,对灭多威和硫双威的抗性,一旦产生抗性便难以消除^[8,13]。因此,当前许多化学农药,甚至是一些生物农药,对甜菜夜蛾的防治效果都不很理想^[16-18]。更为重要的是杀虫剂严重杀伤甜菜夜蛾的天敌,使甜菜夜蛾失去天敌的控制而暴发成灾^[19]。但杀虫剂如何影响天敌,并进一步诱导甜菜夜蛾大发生并没有深入的报道,大部分报道也仅仅说明杀虫剂对甜菜夜蛾天敌产生不利影响。因此,研究杀虫剂对甜菜夜蛾大发生的诱导作用,还有许多工作要做,这对于指导合理用药,充分利用天敌的控制作用,协调化学防治与生物防治,实施 IPM 都具有重大意义。

本文根据我们的研究结果,以及对相关文献的分析,就杀虫剂对天敌的杀伤作用及诱导甜菜夜蛾大发生的问题进行综述。

1 甜菜夜蛾猖獗的主要原因

甜菜夜蛾的猖獗日渐引起人们的关注,各专家对甜菜夜蛾暴发的原因的观点亦比较一致^[4,5,20,21]。主要有以下几点。

1.1 气象因子

气象因子包括大气温度、湿度(降水)、光照、气压等,这些因素综合地对昆虫的生存发育、分布等发生作用^[22]。就甜菜夜蛾发生的环境特征,国内外专家均有共识^[1,4,5],即甜菜夜蛾在夏秋季节高温干旱的情况下,发生最为严重。

1.1.1 温度:夏季高温干旱正是甜菜夜蛾大发生的重要原因之一。甜菜夜蛾原产亚洲南部^[23],性喜高温干旱。2001 年温州地区甜菜夜蛾大暴发时,6~9 月份的平均气温较常年同期高 0.9°C ^[20]。

甜菜夜蛾适应温度范围很广,在 $18\sim 38^{\circ}\text{C}$ 范围内各虫期的生长发育速度与温度成线性相关^[24],温度越高,生长速度越快,这使得甜菜夜蛾在短期内数量大幅度增长成为可能。在高温条件下,甜菜发育历期短,存活率高^[25,26]。在高温情况下,甜菜夜蛾生殖力旺盛,容易造成世代重叠,进一步增加防治难度。高温为甜菜夜蛾的大发生提供了前提条件。

温度的变化对甜菜夜蛾成虫的交配高峰期、交配持续时间和交配率均有影响^[27]。在 30°C 、 35°C 的高温条件下,甜菜夜蛾还可以保持较高的繁殖能力,而粘虫 *Leucania separata* 在 33°C 也不能交配^[28], 35°C 几乎不能产卵^[29],棉铃虫在 35°C 的高温下也失去了生殖能力^[30]。在我国夏季,各地均可长期保持在 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ 的高温,加上此时食物充足,甜菜夜蛾易暴发成灾。

在高温条件,甜菜夜蛾飞行、交配、产卵等活动较为活跃。甜菜夜蛾飞行时要求较高的温度。江幸福等研究发现,甜菜夜蛾在 $16\sim 32^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内均能进行飞行活动,但 24°C 左右是其最佳的飞行温度。温度在 20°C 以下或者 28°C 以上,甜菜夜蛾成虫飞行能力均显著降低^[31]。

温度主要是通过影响甜菜夜蛾对主要的能源飞行物质的利用从而影响甜菜夜蛾飞行能力。甜菜夜蛾的飞行能力也关系到甜菜夜蛾的生殖。此外,高温使甜菜夜蛾加速虫体水分蒸发,因而需要大量取食以保持体内的水分平衡,从而进一步加重为害,同时虫伤也加大作物水分的蒸发,进一步扩大经济损失。另一方面,高温往往伴随着干旱发生,在高温干旱的情况下,甜菜夜蛾的病原菌难以存活、繁殖、传播,失去了对甜菜夜蛾的控制作用,降低了甜菜夜蛾的生存压力,容易暴发成灾。蒋杰贤等研究表明甜菜夜蛾核型多角体病毒的热抑制温度在 27°C ,最高流行水平 k 与温度呈抛物线型关系, $23\sim 29^{\circ}\text{C}$ 之间 k 值最大,低温、高温都不利于病毒流行^[32]。

1.1.2 降雨:降雨能提高大气湿度,不利甜菜夜蛾的生长发育,这在一定程度上限制了甜菜夜蛾的繁殖速度。同时雨后湿度大病原菌的大量繁殖、传播,从而降低甜菜夜蛾发生数量。陆致平报道甜菜夜蛾在大田的发生轻重与当年入梅雨季早迟和 7、8、9 三个月的气候关系密切。凡是当年入梅早,夏季炎热少雨,则秋季甜菜夜蛾发生重。6~8 月的总降雨量少于常年,并有 2 或 3 个月的降雨少于常年的年份,当年

甜菜夜蛾均为偏重发生^[33]。

夏季多雨年份,甜菜夜蛾发生较轻。一方面甜菜夜蛾的幼虫和蛹耐湿性较差,土壤湿度过大,影响蛹的成活和正常羽化;并进一步影响幼虫的存活数量,雨天幼虫食用带水的寄主叶片后,其成活率降低。连续喂养 5 d 带水的叶片,其成活率降低 80%~100%;另一方面多雨的年份有利于白僵菌的繁衍,从而使甜菜夜蛾幼虫的被寄生率大大提高,对甜菜夜蛾种群数量起到较好的控制作用^[20]。

总的说来,降雨对于甜菜夜蛾的种群数量有两方面的作用。一方面,降雨增加环境湿度,从而影响甜菜夜蛾的发生情况。降雨大幅度增加了大气中的湿度,有利于病原菌的生长繁殖。大部分的病原细菌和部分病原真菌的孢子,均借助雨水的飞溅和流动进行传播,从而有效地控制甜菜夜蛾的数量。另一方面,大雨冲刷或淹死甜菜夜蛾幼虫,减少田间的虫口密度。1991 年 7 月 31 日在衡阳市降雨 58 mm,豇豆地甜菜夜蛾百株虫口数由原来的 285 头下降到 19 头,下降了 93%。另外,降雨也影响了成虫的飞行活动,从而降低田间卵量^[34]。

1.2 甜菜夜蛾的抗药性

杀虫剂的过度使用是甜菜夜蛾猖獗的重要原因。一方面,频繁、大量的使用杀虫剂使甜菜夜蛾产生抗药性,使得大多数杀虫剂失效,特别是有机磷类和拟除虫菊酯类杀虫剂^[6,7,35]。另一方面,杀虫剂大量杀伤天敌,大大削弱了天敌对甜菜夜蛾的控制作用,从而使甜菜夜蛾从天敌的控制之下解脱出来,暴发成灾。

甜菜夜蛾产生抗性的杀虫剂种类包括有机磷、有机氯、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯、苯甲酰脲及多杀菌素等多类杀虫剂^[8-11]。甜菜夜蛾对杀虫剂逐渐产生抗性后,越来越不敏感,使得大部分已注册的用于防治甜菜夜蛾的杀虫剂已失去或逐渐失去防治效果^[2,12,13]。1984 年在路易斯安娜州(Louisiana),防治甜菜夜蛾最有效的杀虫剂硫双威(thiodicarb),防治效果高达 95%^[36]。到了 20 个世纪 90 年代中期,硫双威的防治效果越来越不尽如人意^[37]。甜菜夜蛾 4

龄幼虫对顺式氯氰菊酯的抗性均已在 435.4 倍以上,最高的 615.2 倍,使用拟除虫菊酯类药剂已不能有效控制该虫害^[37]。调查发现 1986 年,氯氰菊酯、灭菊酯在田间 72 h 的防效达 70%~86%,但是到了 1993~1994 年间,氯氰菊酯对甜菜夜蛾已基本失效,甜菜夜蛾对拟除虫菊酯类杀虫剂的抗性已十分严重^[6,37]。

昆虫一旦从杀虫剂的选择压力下解脱出来,对杀虫剂的毒力反应也会发生相应的变化,其抗性逐渐的减弱甚至变成相对敏感品系^[38]。但是甜菜夜蛾的抗性一旦产生便难以消退。研究发现,甜菜夜蛾在室内不接触药剂的情况下,连续饲养多代后,对灭多威的抗性并不随之消退^[9]。在不接触药剂情况下人工饲养多代后的甜菜夜蛾,大部分品系对硫双威的 LC_{50} 仍远远高于相对敏感品系^[13]。

目前,不管是化学农药还是生物农药,对甜菜夜蛾的防治效果都不是很理想^[16,17]。甜菜夜蛾的抗药性产生速度快,产生之后又难以消退,是甜菜夜蛾能在相对较短的时间内连连暴发成灾的关键因子。

1.3 甜菜夜蛾的生物学特性

甜菜夜蛾的生物学特性,也是它暴发成灾的重要原因之一。(1)甜菜夜蛾昼伏夜出,低龄幼虫聚集在底层叶片的背面,若不清楚这些特性,在施药防治的时候则事倍功半,达不到较好的防治效果。(2)生殖能力强。室内饲养平均每头雌蛾产卵 455 粒(328~1571 粒)^[35],雄蛾可以多次交尾。(3)食性杂。甜菜夜蛾可危害多种作物。因此其具有充裕的食料来源。(4)甜菜夜蛾迁飞能力强。3 日龄的雌蛾在 15 h 的吊飞过程中,累计最远飞行距离达 67.89 km,最大飞行速度可大 1.33 m/s,最长持续时间为 14.93 h^[31]。可以在某个地方在短时间内聚集大量的虫口,造成巨大的损失。

1.4 温室和大棚的发展

甜菜夜蛾没有滞育的习性,大棚和温室不断发展,为甜菜夜蛾在北方地区的越冬提供了充足的食物和安全的越冬条件。甜菜夜蛾的蛹在 0℃以下经 10~20 d 就死亡^[39],最近的研究

也表明甜菜夜蛾在冬季温度低于 0℃ 的时间多于 38 d 的地区不能越冬^[40]。温室和大棚使甜菜夜蛾能在比较寒冷的北方地区越冬, 加大了来年的越冬虫源基数, 并进一步造成严重为害^[41]。

2 天敌对甜菜夜蛾的控制作用

甜菜夜蛾的天敌资源极为丰富, 多种天敌的综合作用, 长期控制着甜菜夜蛾种群的消长^[42~45]。棉田中捕食性天敌可以使甜菜夜蛾卵块和幼虫数分别较用药的田块降低 96% 和 56%^[46]。斑腹刺溢蝽 *Podisus maculiventris* 大量捕食各个生长阶段的甜菜夜蛾, 特别是卵和低龄幼虫, 2 龄的斑腹刺溢蝽幼虫平均每天捕食甜菜夜蛾的卵 53.5 个, 雌成虫平均每天捕食甜菜夜蛾卵的个数达到 111.6 个^[47]。叉角厉蝽 *Cahtheconidae furcellata* 1 头成虫每天可以捕食甜菜夜蛾 4~5 龄幼虫 4~5 头, 3 龄幼虫 7~9 头^[48]。甜菜夜蛾天敌昆虫的寄生率, 在美国棉田中为 40.2%~46.8%^[49], 我国苏北地区仅赤眼蜂就达到 25%^[49]。另有研究发现, 白胫侧沟茧蜂 *Microplitis albotibialis* 和黑卵蜂 *Tecnomus* sp. 的寄生率高的达 42.5% 和 65%^[25,35]。此外一些真菌对甜菜夜蛾的种群数量控制中也起着重要作用。绿僵菌在甜菜夜蛾 4~5 代幼虫期的寄生率可达 40.7%~74.3%^[35]; 10 月中旬白僵菌的寄生率达 50% 以上^[26]。斯氏线虫 *Steinernema carpocapsae* 对甜菜夜蛾的侵染率很高, 处理 48 h 后死亡率可达 83.2%^[30]。由此可见, 天敌对甜菜夜蛾的控制作用十分明显。

3 杀虫剂对天敌的伤害

杀虫剂在防治害虫的同时也会对天敌造成不同程度的影响。在美国棉田中, 就是因为杀虫剂大量杀伤天敌, 严重破坏其多样性, 从而削弱对甜菜夜蛾的控制作用, 使得甜菜夜蛾暴发成灾。

3.1 直接影响

3.1.1 直接致死: 杀虫剂在防治害虫的同时也大量杀伤天敌, 降低田间天敌的种类和数量, 降

低天敌多样性, 破坏了害虫与天敌系统的平衡。在施药棉区的甜菜夜蛾捕食性天敌只有草蛉幼虫 *Chrysoperla rufilabris*, 远远小于在未施药区的 11 种不同种类的捕食性天敌, 另外田间捕食螨种类和比例也遭到破坏^[46]。红火蚁 *Solenopsis invicta* 作为甜菜夜蛾蛹期的主要天敌, 在施药棉田的数量也远远小于对照棉田。寄生蜂 *Cotesia marginiventris* 是美国棉田的优势寄生性天敌之一, 对甜菜夜蛾有很强的控制作用, 但是对有机磷类和拟除虫菊酯类的杀虫剂敏感^[19,46]。在 BWEP 计划期间及防治牧草盲蝽 *Lygus lineolaris*, 烟芽夜蛾 *Heliothis virescens* 和谷实夜蛾 *Heliothis zea* 而大量使用杀虫剂, 杀死寄生蜂 *Cotesia marginiventris* 在内的大量天敌, 丧失了天敌的控制作用, 因此造成美国南部甜菜夜蛾的大发生^[51,52]。

3.1.2 缩短天敌寿命: 杀虫剂除直接杀死天敌之外, 它的残留也会明显降低幸存天敌的寿命。氟苯月尿和氯氰菊酯的不同处理均显著的降低优姬蜂 *Diadegma eucercophaga* 的成虫的寿命^[53]。红足侧沟茧蜂 *Microplitis croceipes* 取食用吡虫啉、乙酰甲胺磷或涕灭威处理过的花蜜后, 寿命会显著降低^[54]。

3.1.3 降低天敌繁殖能力: 某些亚致死量杀虫剂会显著降低寄生蜂雄蜂对雌蜂的交配行为反应和交配率^[53], 使雌蜂的产卵管伸缩性能受到损伤, 从而减弱天敌产卵能力, 降低其产卵量^[55~57], 并会进一步降低子代的孵化率, 初孵幼虫存活率和羽化率^[58]。这一系列的不利影响最终导致下一代天敌种群数量的大幅度减少, 不利于天敌种群的发展。施用杀虫剂, 影响到的不仅仅是当代的害虫和天敌, 而且进一步影响天敌的下一代种群数量, 从而进一步削弱它对害虫的控制作用。

3.1.4 影响天敌行为: 使用杀虫剂时, 天敌可主动躲避逃离施药区, 扩散到未施药的栖境中去^[59]。从而降低施药田块天敌数量和种类, 削弱天敌对害虫的控制作用; 另一方面, 降低杀虫剂对天敌的选择压, 导致天敌抗性发展滞后于害虫。研究发现菜蚜茧蜂 *Dicaeretiella*

rapae^[55,60]、拟水狼蛛 *Pirata sulpiraticus*^[61]、红足侧沟茧蜂^[62]对杀虫剂有明显忌避现象,对寄主的搜索起排斥反应,放弃对搜索区的搜索。寄生蜂接触低剂量的杀虫剂后,对寄主的气味、颜色及利它素反应的敏感性降低,搜索寄主的行为变得迟钝,对寄主的反应^[55]和搜索模式^[61]也发生变化,大大削弱了寄生蜂的寄生能力。

3.2 间接影响

菜蚜绒茧蜂对已经产生抗药性的寄主适应时间要长得多,此后在施药时寄主的抗药性会对体内的寄生天敌起保护作用^[63]。与没有产生抗药性的寄主相比,产生抗药性的寄主体内某些酶的活性及其它生理指标的变化,也会对体内的天敌产生不利影响。杀虫剂还可以延长寄主体内天敌昆虫的发育历期,如赤眼蜂^[56],蚜小蜂 *Encarsia pergandiella*, *E. Transvena* 和 *E. formosa* 等,并且还会导致所寄生的天敌发生畸形^[38]。

杀虫剂对捕食天敌的间接影响也很明显,已知 3 种步甲 *Pterostichus madidus*, *P. melanarius* 和 *Nebria brevicollis* 对是否用氧化乐果处理过的蚜虫没有辨别能力。只有在将猎物吃进去后才能辨别并把猎物吐出^[64],即使这样,也会对天敌产生不利的影响^[65]。

4 展望

自然界中,多种天敌共同作用,可将害虫的种群数量控制在经济允许的危害水平之下,大大地降低害虫大发生的严重程度和频率。但是杀虫剂的过度使用却大量地杀伤天敌,削弱了天敌的自然控害作用。许多研究结果表明,使用杀虫剂可提高害虫的繁殖能力,从而导致害虫再猖獗。杀虫剂对害虫天敌的杀伤作用是造成害虫再猖獗的另一个重要原因。对于杀虫剂是否会刺激甜菜夜蛾增殖,目前虽然还未搞清,但是可以断定,甜菜夜蛾大发生的一个重要原因与杀虫剂削弱天敌的控制作用有关。

杀虫剂在防治害虫的同时也对天敌产生一系列极为复杂的影响,少剂量的杀虫剂直接杀伤天敌,亚致死剂量的会干扰天敌生长、发育和

繁殖,并导致天敌死亡、降低天敌取食和活动能力、改变天敌的搜索行为等等。尽管如此,化学防治仍是生产中不可缺少的防治措施。因此,如何协调生物防治和化学防治是害虫综合治理中的重要问题^[56],也是我们目前亟待解决的一大难题。在生产中如何合理施用农药防治害虫,同时又保护好天敌,将是我们今后工作的重点。

参 考 文 献

- 1 Smith R. H. In: Proc. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council, Memphis, TN. 1989. 273~ 275.
- 2 Layton M. B. In: Proc. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council, Memphis, TN. 1994. 854~ 856.
- 3 Williams M. R. In: Richter D. A., Armour J. (eds.), Proc. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council, Memphis, TN. 1996. 670~ 689.
- 4 罗礼智,曹雅忠,江幸福. 植物保护,2000, 26(3): 37~ 39.
- 5 江幸福,罗礼智. 植物保护,1999, 25(3): 32~ 34.
- 6 朱树勋,司升云,邹丰,刘小明. 昆虫知识,1996, 33(2): 82~ 85.
- 7 吴世昌,顾言真,沈忠良,顾惠忠. 植物保护学报,1995, 22(1): 95~ 97.
- 8 Moulton J. K., Pepper D. A., Dennehy T. J. Pest Manag. Sci., 2000, 56: 842~ 848.
- 9 Meinke L. J., Ware G. W. J. Econ. Entomol., 1978, 71: 645~ 646.
- 10 Brewer M. J., Trumble J. T. J. Econ. Entomol., 1989, 82: 1 520~ 1 526.
- 11 Brewer M. J., Trumble J. T., Rodriguez B. A., Chaney W. E. J. Econ. Entomol., 1990, 83: 2 136~ 2 146.
- 12 Sparks A. N., Norman J. W., Wolfenbarger D. A. In: Dugger P., Richter D. A. (eds.), Proc. Beltwide Cotton Production Conf., National Cotton Council, Memphis, TN. 1996. 844~ 846.
- 13 Mascarenhas V. J., Graves J. B., Leonard B. R., Burnis E. J. Econ. Entomol., 1998, 91: 827~ 833.
- 14 Graves J. B., Leonard B. R., White C. A. Arthropod Manage Tests, 1995, 20: 197~ 198.
- 15 Brewer M. J., Trumble J. T. J. Econ. Entomol., 1991, 84: 1 638~ 1 644.
- 16 吴淑秀. 植物保护, 1992 18(6): 53.
- 17 关雄,黄志鹏,彭建立,陈少伟,邱思鑫. 福建农业大学学报, 1996, 25(2): 168~ 172.
- 18 尹仁国. 中国蔬菜, 1993, (4): 35~ 36.
- 19 Willkinson J. D., Biever K. D., Ignoffo C. M. J. Econ.

- Entomol.*, 1979, **72**: 473~ 475.
- 20 陈永兵. 植物医生, 2004, **17**(1): 5~ 6.
 - 21 王睿文, 姜京宇, 李永山, 陈国生, 封素英. 华北农学报, 1997, **12**(专辑): 153~ 156.
 - 22 邹钟林. 昆虫生态学. 上海: 上海科学技术出版社, 1980. 14.
 - 23 Mitchell E. R. In: Pabp R. L. Kennedy (eds.). Raleigh: North Carolina State University, 1979. 386~ 393.
 - 24 Abbs A., Gaylor M. J. *Environ. Entomol.*, 1992, **21**(4): 780 ~ 786.
 - 25 马骏, 柏连阳, 陈永年. 植物保护学报, 2000, **27**(3): 215~ 220.
 - 26 刘效明, 凌万开, 熊桂和, 章炳旺, 金思明. 植物保护, 1995, **21**(6): 29~ 30.
 - 27 王兹晟, 徐洪富, 崔峰, 许永玉, 周真. 生态学报, 2004, **24**(1): 162~ 166.
 - 28 江幸福, 罗礼智, 胡毅. 生态学报, 2000, **20**(2): 288~ 292.
 - 29 刘增义, 陈瑞鹿, 李绵春. 粘虫农业科学通讯, 1956, **3**: 167 ~ 172.
 - 30 张孝羲. 昆虫知识, 1996, **33**(2): 121~ 125.
 - 31 江幸福, 罗礼智, 李克斌, 曹雅忠, 胡毅, 等. 昆虫学报, 2002, **45**(2): 275~ 278.
 - 32 蒋杰贤, 王冬生, 曾爱平, 季香云, 刘劲军. 生态学报, 2004, **24**(8): 1 726~ 1 733.
 - 33 陆致平. 中国植物保护研究进展. 北京: 中国科技出版社, 1995. 191~ 193.
 - 34 尹仁国. 长江蔬菜, 1994, **2**: 41~ 42.
 - 35 冯殿英, 任兰花, 郝伟, 王继藏, 徐春明. 植保技术与推广, 2000, **20**(3): 36~ 37.
 - 36 Burris E. *Proc. Mississippi Entomol. Assoc.*, 1983, **3**: 14~ 15.
 - 37 Graves J. B., Leonard B. R., White C. A. *Arthropod Manag. Tests*, 1995, **20**: 197~ 198.
 - 38 Roush R. T., Daly J. C. In: Roush R. T., Tabashnik B. E. (eds.), *Pesticide Resistance in Arthropods*. Chapman & Hall, New York, 1990. 97~ 152.
 - 39 H. B 柯熾齐科夫(忻六介译). 昆虫学译报, 1956, 44~ 46.
 - 40 江幸福, 罗礼智, 李克斌, 赵廷昌, 胡毅. 生态学报, 2001, **21**(10): 1 575~ 1 582.
 - 41 Gho H. K., Choi J. S., Uhm K. B., Choi K. M., Kim J. W. *J. Appl. Entomol.*, 1993, **32**: 389~ 394.
 - 42 苏建亚. 昆虫天敌, 1997, **19**(4): 180~ 187.
 - 43 许再福, 丘雪红, 宋丽群, 任顺祥. 昆虫天敌, 2001, **23**(2): 95~ 96.
 - 44 何俊华, 施祖华, 刘银泉. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2002, **28**(5): 473~ 479.
 - 45 Kolodney-Hirsch D. M., Warkentin K. L., Alvarez-Rodriguez B., Kirkland R. J. *Econ. Entomol.*, 1993, **86**: 314~ 321.
 - 46 Ruberson J. R., Herzog G. A., Lambert W. R., Lewis W. J. *Flor. Entomol.*, 1994, **77**: 440~ 453.
 - 47 De Clercq P., Degheele D. J. *Econ. Entomol.*, 1994, **87**: 76 ~ 83.
 - 48 戴淑慧, 杨亚萍. 植物保护, 1993, **19**(2): 20~ 21.
 - 49 夏志贤. 中国棉花 1995, **22**(9): 24.
 - 50 余向阳, 王冬兰, 刘济宁. 江苏农业学报, 2003, **19**(1): 13 ~ 17.
 - 51 Eveleens K. G., Vanden B. K., Ehler L. E. J. *Environ Entomol.* 1973, **2**: 497~ 503.
 - 52 Gaylor M. J., Graham L. C. In: *Proc. Beltwide Cotton Conf.*, National Cotton Council. Memphis, TN. 1991. 775~ 776.
 - 53 古德就, Wright D. J., Wagge J. K. 华南农业大学学报, 1995, **16**(2): 55~ 59.
 - 54 Stapel J. O., Cortesero A. M., Lewiis W. J. *Biol. Contr.*, 2000, **17**: 243~ 349.
 - 55 古德就, 余明恩, 侯任环, 李哲怀. 生态学报, 1991, **11**(4): 324~ 330.
 - 56 Consoli F. L., Parra J. R. P., Hassan S. A. *J. Appl. Entomol.*, 1998, **122**: 43~ 47.
 - 57 Banhen J. O., Stark J. D. *J. Econ. Entomol.*, 1998, **91**: 1~ 6.
 - 58 Liu T. X., Stansly P. A. *J. Econ. Entomol.*, 1997, **90**: 404 ~ 411.
 - 59 Croft B. A., Brown W. A. *Ann. Rev. Entomol.*, 1975, **20**: 285~ 335.
 - 60 Gu D. J., Wagge J. K. *Entomophaga*, 1990, **35**: 49~ 56.
 - 61 郑少雄, 章正楼, 朱瑞良. 昆虫天敌, 1985, **7**(2): 100~ 103.
 - 62 Elzen G. W., O'Brien P. J., Powell J. E. *Entomophaga*, 1989, **34**(1): 87~ 94.
 - 63 李元喜, 刘树生, 刘银泉. 昆虫学报, 2002, **45**(4): 459~ 464.
 - 64 Wiles J. A., Jepson P. C., 1993. *Pestic. Sci.*, **38**, 329~ 334.
 - 65 Mauchline A. L., Osborne J. L., Powell W. *Agricul. For. Entomol.*, 2004, **6**: 99~ 104.