

三唑磷和毒死蜱亚致死剂量对大螟种群增长和卵黄蛋白含量的影响*

杨国庆** 李 丽 戈林泉 吴进才***

(扬州大学园艺与植物保护学院, 扬州 225009)

摘 要 【目的】 本文研究了三唑磷和毒死蜱 LC_{20}/LD_{20} 浓度对大螟 *Sesamia inferens* (Walker) 种群增长和卵黄蛋白含量的影响, 为揭示大螟田间种群猖獗的生态机制提供科学依据。【方法】 分别采用浸渍和点滴法测定了三唑磷和毒死蜱对大螟 1 龄和 3 龄幼虫的毒力, 并测定了 LC_{20}/LD_{20} 的两种药剂处理后大螟种群增长参数和卵黄蛋白含量的变化。【结果】 大螟幼虫对三唑磷的敏感性显著高于毒死蜱。三唑磷 LC_{20} 处理大螟幼虫 1 龄期显著增加了蛹重和产卵量, 且 1 龄、3 龄期的两次处理除了明显增加蛹重和产卵量外, 还显著增加了卵黄蛋白含量。毒死蜱 LC_{20}/LD_{20} 浓度对大螟种群增长影响不明显。【结论】 三唑磷亚致死剂量刺激大螟生殖, 有利其种群的增长。

关键词 三唑磷, 毒死蜱, 大螟, 种群增长

Effects of sublethal doses of triazophos and chlorpyrifos on the population growth and yolk protein content of *Sesamia inferens* (Walker)

YANG Guo-Qing** LI Li GE Lin-Quan WU Jin-Cai***

(Horticulture and Plant Protection College, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract [Objectives] To understand the ecological mechanisms of natural population growth of the pink stem borer (PSB) *Sesamia inferens* (Walker), and the effects of sublethal doses of triazophos and chlorpyrifos on its population growth and yolk protein content. [Methods] The toxicity of triazophos and chlorpyrifos, and their effect on population growth parameters and yolk protein content, were assessed using the dipping and topical application methods for 1st and 3rd instar larvae respectively. [Results] Our results indicate that larvae were more sensitive to triazophos than chlorpyrifos. The weight of pupae developed from 1st and 3rd instar larvae treated with LC_{20} or LD_{20} of triazophos, the number of eggs laid by emergent adult females, and the yolk protein content of females all increased significantly. In contrast, chlorpyrifos had no obvious effect on population growth. [Conclusion] Our findings indicate that sublethal doses of triazophos stimulate the reproduction of PSB and may thereby promote outbreaks of this pest.

Key words triazophos, chlorpyrifos, *Sesamia inferens*, population growth

大螟 *Sesamia inferens* (Walker) 是一种分布范围较广的杂食性害虫, 过去仅是水稻的一种常

发性次要害虫。但近年来, 大螟在我国江苏、浙江、安徽、湖北等省为害迅速增加 (黄诚华等,

* 资助项目: 扬州大学自主创新项目 (206030106)

** E-mail: gqyang@yzu.edu.cn

*** 通讯作者, E-mail: jincaiwu1952@sina.com

收稿日期: 2014-09-11, 接受日期: 2014-09-23

2005; 徐修龙等, 2009), 在一些地区如江苏沿海、安徽沿江等地大螟种群数量甚至超过二化螟 *Chilo suppressalis* Walker (李秀钰, 2013), 成为水稻的主要害虫。类似的危害趋势在国外也已被报道 (Mahesh *et al.*, 2013)。一般认为, 大螟种群数量的快速增加主要与近年来种植业结构调整、耕作制度改变、品种更换、防治措施革新和气候变化等因素有关, 但这其中内在的促进机制还鲜见报道。

研究发现大螟在稻田的危害加重与它的化学防治现状有着重要的关联。一方面, 大螟在很多地区稻田中一般作为兼治对象, 田间用药主要针对二化螟和稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee, 但由于大螟属夜蛾科害虫, 对药剂的反应与三化螟和二化螟并不相同, 如大螟对 21 世纪初作为二化螟主治药剂推广的氟虫腈并不敏感 (黄诚华等, 2006; 冯晓慧等, 2011), 难以达到实际防效。另一方面, 一些研究证实, 稻田常用的一些化学农药在一定剂量 (尤其如亚致死剂量) 下会刺激一些害虫的种群增殖, 如一些农药诱导褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål 的再猖獗 (顾中言等, 1996), 吡虫啉刺激三化螟的产卵 (Wang *et al.*, 2005), 而这与稻田兼治大螟时常出现的农药品种与剂量不对称使用 (张海艳等, 2012) 的现状是相符的。此外, 近来有研究通过在稻株上先接虫后喷雾的方法, 发现三唑磷等药剂处理促进了大螟的产卵 (Yang *et al.*, 2014), 但这可能与药剂直接接触虫体刺激生殖有关, 也可能是药剂处理改变了水稻生理生化指标间接促进了大螟生殖。为此, 本文采用浸渍和点滴法, 在室内研究了三唑磷和毒死蜱两种药剂对大螟种群增长和卵黄蛋白含量的亚致死效应。

1 材料与方法

1.1 供试虫源和药剂

虫源: 大螟幼虫采自扬州大学农牧场试验田, 室内以茭白喂养, 繁殖 1 代后的同代幼虫供实验使用。

农药: 80% 三唑磷原药 (扬州长青农化有限

公司)、95% 毒死蜱原药 (扬州先锋农化有限公司)。

1.2 室内毒力测定

参考冯晓慧等 (2011) 的方法测定两种农药对大螟 1 龄和 3 龄幼虫的毒力。

1 龄幼虫浸渍法: 将茭白切成大小相近的圆块, 置于药液浸渍 5 s, 晾干后放在培养皿内, 用毛笔将大螟 1 龄幼虫挑到茭白上, 置于培养箱 (27℃、16L: 8D) 内, 72 h 后检查幼虫死亡情况, 记录死亡数, 分别计算两种农药的 LC_{20} 和 LC_{50} 剂量。每个药剂 6 个浓度, 每个处理 30 头幼虫, 重复 4 次, 以清水为对照。

3 龄幼虫点滴法: 将供试药剂用丙酮稀释配置成 6 个系列浓度, 选取大小一致的 3 龄幼虫, 用微量点滴器将 0.4 μ L 药液点滴于幼虫前胸背板, 处理后的幼虫用新鲜茭白饲养, 置于同上条件的培养箱内, 72 h 后分别检查幼虫死亡情况, 记录死亡数, 分别计算两种农药的 LD_{20} 和 LD_{50} 剂量。每个药剂 6 个浓度, 每个处理 30 头幼虫, 重复 4 次, 以丙酮为对照。

1.3 亚致死效应的农药处理

根据农药毒力测定结果, 使用两种农药分别对大螟 1 龄和 3 龄幼虫的 LC_{20} 和 LD_{20} 剂量, 分 3 种方式处理大螟幼虫: 1 龄期 1 次处理, 3 龄期 1 次处理, 和 1 龄、3 龄各处理 1 次, 其中 1 龄处理方法为浸渍法, 3 龄处理方法为点滴法。每个处理 30 头幼虫, 4 次重复, 1 龄处理以水为对照, 3 龄处理以丙酮点滴为对照。

1.4 大螟种群参数和卵黄蛋白的测定

分别将 3 种方式处理的大螟幼虫及其对照饲养于培养箱内, 定期更换新鲜茭白, 至幼虫化蛹, 将蛹移至垫有滤纸的培养皿中, 少量喷水保湿。成虫羽化后配对接入桶装水稻, 后罩纱网, 至成虫死亡后记录产卵量, 过程中分别记录幼虫历期、蛹历期、成虫历期和蛹重。

同时设置和种群参数测定的一个平行组处理, 至成虫羽化后, 取雌成虫测定其卵黄蛋白含量, 方法参考龚和等 (1980)。

1.5 统计分析

毒力测定数据分析采用 DPS v7.05 软件分析拟合, 计算出两种杀虫剂对大螟幼虫的致死剂量。杀虫剂对大螟种群生长参数和卵黄蛋白含量影响的亚致死效应分析中, 以成对数据 *t*-检验法分析杀虫剂不同方式处理与相应对照的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 三唑磷和毒死蜱对大螟幼虫的毒力

由表 1 可见, 两种药剂对大螟幼虫的毒力差异比较明显, 其中大螟对三唑磷的敏感性大于毒死蜱, 表现在毒死蜱对大螟 1 龄幼虫的 LC_{20} 和 LC_{50} 值分别是三唑磷的 53.3 倍和 47.9 倍, 对 3 龄幼虫的 LD_{20} 和 LD_{50} 分别是三唑磷的 74.7 倍和 44.4 倍。

2.2 三唑磷和毒死蜱处理对大螟发育历期的影响

两种杀虫剂处理后, 大螟实验种群的发育历期变化见图 1。其中, 大螟的蛹和成虫的发育历期在两种杀虫剂 3 种处理方式下均没有发生明显变化。但是, 三唑磷处理 1 龄幼虫和毒死蜱在

1 龄、3 龄两次处理后, 大螟幼虫的发育历期与相应的对照相比显著增加。

2.3 三唑磷和毒死蜱处理对大螟蛹重和产卵量的影响

图 2 表明, 两种杀虫剂处理对大螟的蛹重产生了一定的影响。三唑磷在 1 龄期处理, 和 1 龄、3 龄两次处理后, 大螟的蛹重均显著高于对照, 而毒死蜱处理 3 龄幼虫后, 其蛹重明显低于对照。

通过每雌产卵量比较可见(图 3), 毒死蜱 3 种处理方式下对大螟产卵量均没有明显影响, 而三唑磷处理则不同程度地促进了大螟的产卵, 其中 1 龄期处理和 1 龄、3 龄两次处理的产卵量显著高于对照。

2.4 三唑磷和毒死蜱处理对大螟卵黄蛋白含量的影响

三唑磷和毒死蜱处理对大螟的卵黄蛋白含量也产生了一定的影响(图 4), 其中三唑磷表现出一定的促进作用, 尤其是 1 龄、3 龄两次处理的卵黄蛋白量显著高于对照。但毒死蜱在 3 龄期处理时, 大螟的卵黄蛋白含量显著下降。

表 1 两种杀虫剂对大螟幼虫的毒力

Table 1 Toxicity of two insecticides against the larvae of *Sesamia inferens*

杀虫剂 Insecticide	处理 Treatment	毒力回归方程 ($y =$) Toxicity regression equation	相关系数 Correlative coefficient	致死剂量 ($mg \cdot L^{-1}$) Lethal dose (95% confidence limit)
三唑磷 Triazophos	1 龄浸渍 Dipping method for 1st instar larvae	$1.770x+3.958$	0.949	$LC_{20}=1.299 (0.355-2.302)$ $LC_{50}=3.88 (2.199-20.882)$
	3 龄点滴 Topical application for 3rd instar larvae	$1.611x+1.499$	0.984	$LC_{20}=44.768 (16.384-82.199)$ $LC_{50}=149.064 (81.148-364.945)$
毒死蜱 Chlorpyrifos	1 龄浸渍 Dipping method for 1st instar larvae	$1.962x+0.548$	0.977	$LD_{20}=69.25 (27.408-114.870)$ $LD_{50}=185.948 (112.330-626.339)$
	3 龄点滴 Topical application for 3rd instar larvae	$2.8372x+5.839$	0.997	$LD_{20}=3\ 344.678 (1\ 249.288-5\ 107.531)$ $LD_{50}=6\ 622.832 (4\ 064.3095-9\ 857.591)$

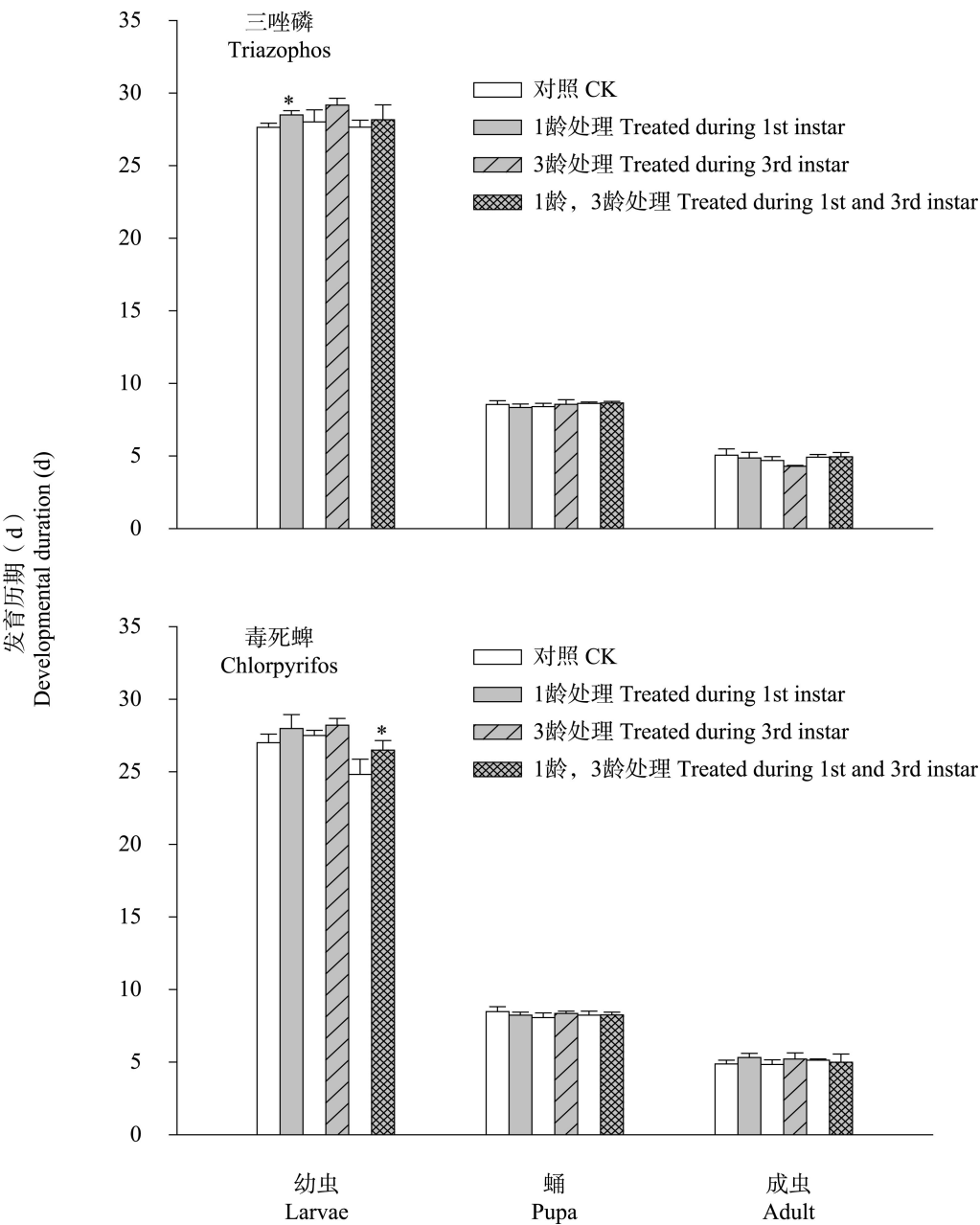


图 1 三唑磷和毒死蜱对大螟发育历期的影响

Fig. 1 Effect of triazophos and chlorpyrifos on developmental duration of *Sesamia inferens*

*表示处理与相应的对照之间存在 5%水平上的差异。下图同。

* shows that there is a significant difference at the 5% level compared to untreated control. The same below.

3 讨论

杀虫剂施用于田间后,除了对昆虫直接杀死作用以外,由于个体间接触药量的差异以及随时间推移,对部分个体会存在亚致死效应(Desneux *et al.*, 2007)。近年来,关于农药对害虫亚致死

影响的研究已成为生产上评价农药使用技术和揭示害虫种群猖獗机制一个新的热点问题(吴进才, 2011)。三唑磷自 20 世纪 90 年代以来一直延用至今,虽然二化螟等水稻害虫在一些地区对它已经产生了较高的抗性水平,但在低抗性地区仍然是防治水稻螟虫的有效药剂之一(胡君等,

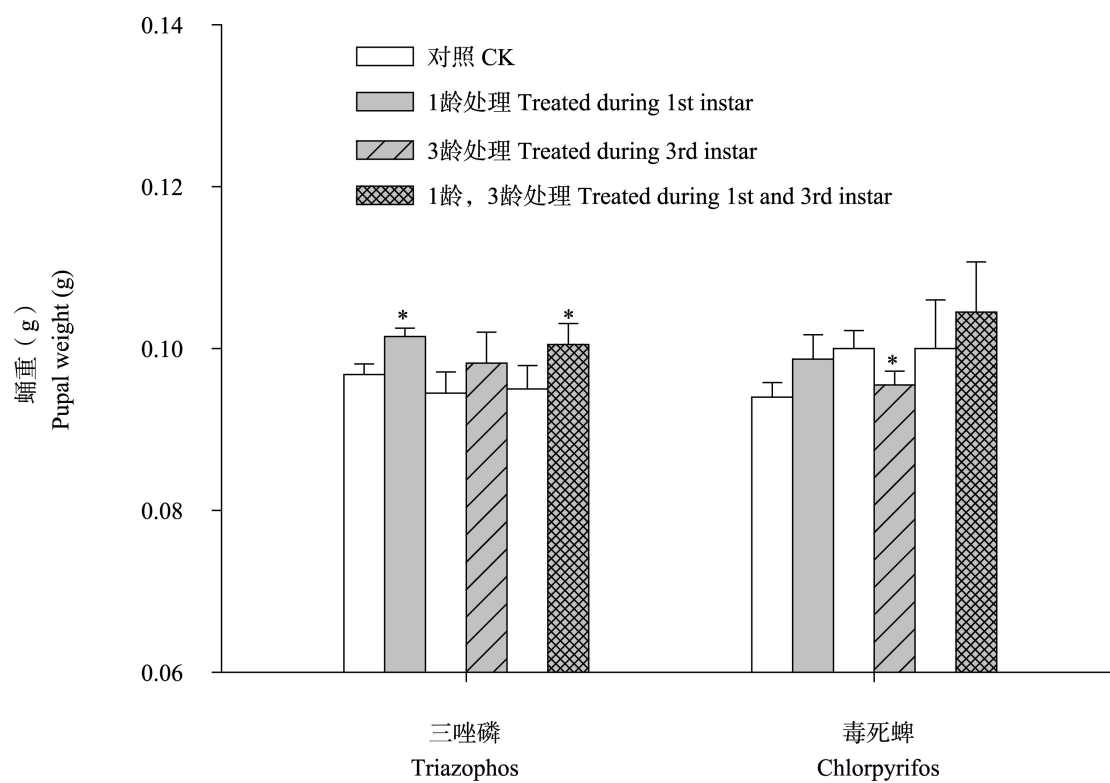


图 2 三唑磷和毒死蜱处理对大螟蛹重的影响

Fig. 2 Effect of triazophos and chlorpyrifos on pupal weights of *Sesamia inferens*

* 资助项目：扬州大学自主创新项目（206030106）

** E-mail: gqyang@yzu.edu.cn

*** 通讯作者, E-mail: jincaiwu1952@sina.com

收稿日期：2014-09-11，接受日期：2014-09-23

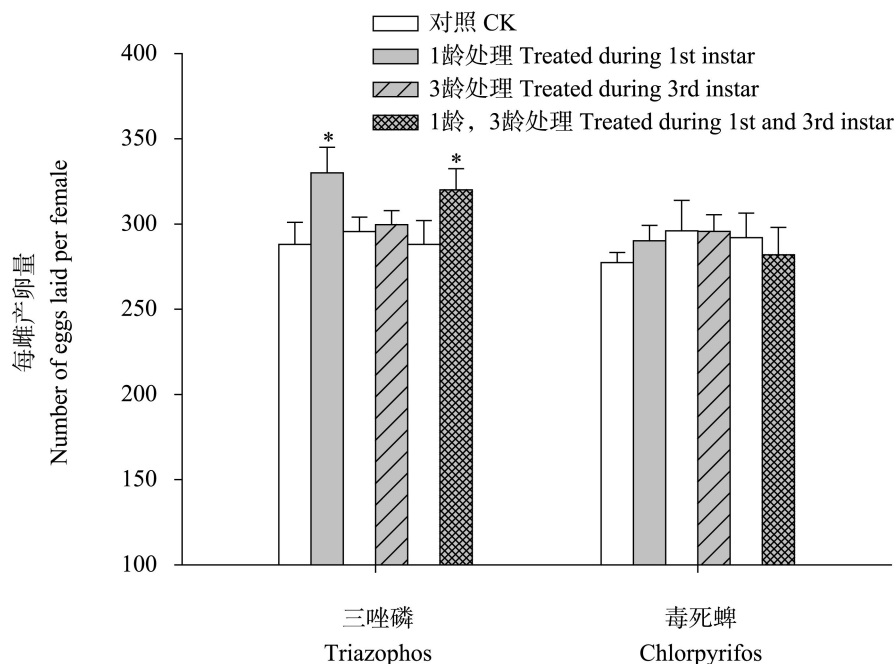


图 3 三唑磷和毒死蜱处理对大螟每雌产卵量的影响

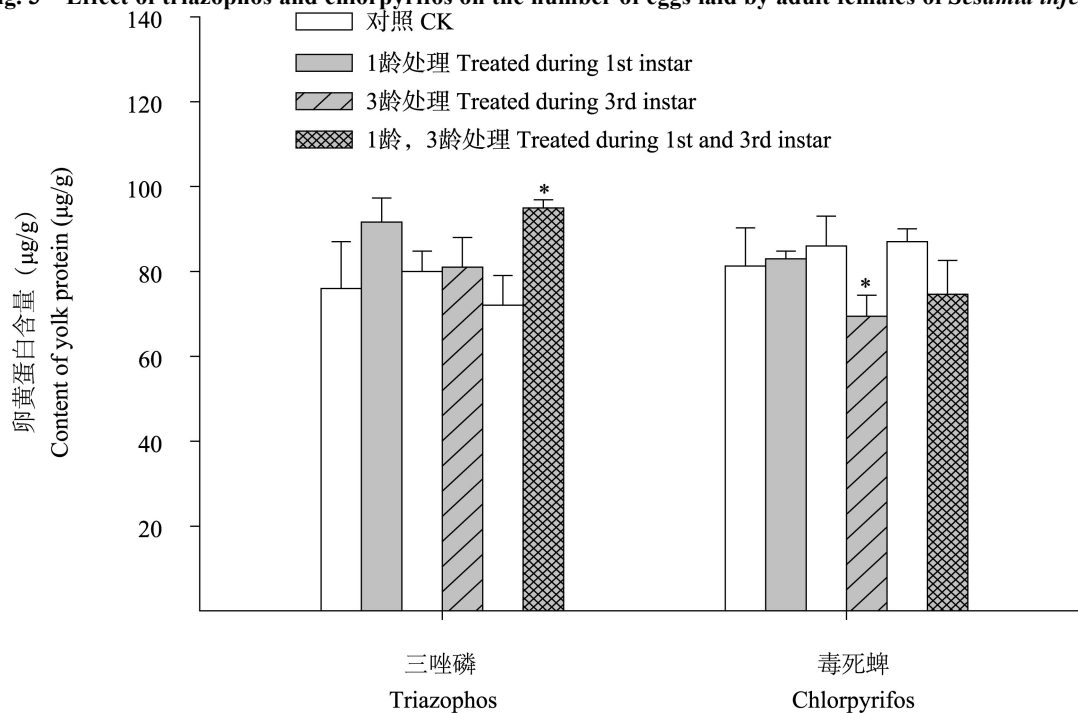
Fig. 3 Effect of triazophos and chlorpyrifos on the number of eggs laid by adult females of *Sesamia inferens*

图 4 三唑磷和毒死蜱处理对大螟卵黄蛋白含量的影响

Fig. 4 Effect of triazophos and chlorpyrifos on contents of yolk protein in adult females of *Sesamia inferens*

2010), 且常和一些药剂混合施用防治二化螟和稻纵卷叶螟等, 如和苏云金杆菌(韩新才等,

2005)、氟虫脒、氟铃脒(杨廉伟等, 2008)等。同时, 大螟在一些地区对三唑磷的敏感性比二化

螟明显高(黄诚华等, 2005)。这些表明大螟在田间接触三唑磷的可能性还是很大的。实际上, 一些地区大螟 2 代的发生期常比二化螟 1 代迟, 而大螟 3 代发生期又以防治稻纵卷叶螟 4 代为主, 兼治大螟(李秀钰, 2013), 这使得大螟接触化学农药常常不在初孵幼虫期。另一方面, 作为钻蛀性害虫, 尤其是在化学防治时期与大螟幼虫龄期有明显错位之时, 药剂或药剂的代谢物也可能通过内吸传导至螟虫取食部位, 螟虫接触亚致死剂量后诱导刺激生殖。故此, 本文设计了分别在大螟 1 龄期、3 龄期和两个龄期的两次用药, 以探讨两种农药对大螟幼虫的亚致死效应, 结果发现三唑磷处理后大螟的蛹重、产卵量和卵黄蛋白均不同程度地增加, 有些显著地高于对照。毒死蜱处理对大螟除两次用药延长幼虫历期外, 无明显促进作用。这一结果与吡虫啉处理的水稻上三化螟 *Tryporyza incertulas* Walker 的产卵量明显增加(Wang *et al.*, 2005)相似, 尤其是, 从农药直接作用的角度印证了 Yang 等(2014)的结果, 即三唑磷亚致死剂量可以促进大螟种群的生殖, 表现在产卵量和卵黄蛋白的显著性增加, 但其促进的分子机理还有待于进一步研究。

农药诱导害虫种群数量上升主要由于直接和间接因素, 除了本文证实的直接作用外, 农药处理也可能负面影响了寄主植物的生理生化指标, 特别是一些抗虫或感虫性物质的含量, 使植物变得更加适合害虫取食, 如扑虱灵和吡虫啉处理后, 水稻植株的草酸含量有一定程度下降, 叶片光合速率显著下降, 可溶性糖含量上升, 有利于三化螟和褐飞虱的取食(吴进才等, 2003)。我们近来也确实发现三唑磷处理后水稻酚酸和类黄酮含量不同程度地下降(Yang *et al.*, 2014), 这对于钻蛀于水稻茎秆内部取食的大螟是有利的。但是, 有关农药处理后水稻生理和营养物质改变对大螟种群增加的贡献大小及其内在的生理联系尚需深入探究, 这是从田间综合揭示三唑磷等药剂在一定剂量下促进大螟种群增长机制的重要内容之一。

参考文献 (References)

- Desneux N, Decourtye A, Delpuech JM, 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 52: 81–106.
- Mahesh P, Chandran K, Srikanth J, Nisha M, Manjunatha T, 2013. Natural incidence of *Sesamia inferens* Walker, in sugarcane germplasm. *Sugar. Tech.*, 15(4): 384–389.
- Wang AH, Wu JC, Xu JF, Yang GQ, 2005. Selective insecticide-induced stimulation on fecundity and biochemical changes in *Tryporyza incertulas*. *J. Econ. Entomol.*, 98(4): 1144–1149.
- Yang GQ, Du SG, Li L, Jiang LB, Wu JC, 2014. Potential positive effects of pesticides application on *Sesamia inferens* (Walker) (Lepidoptera: Insecta). *Int. J. Insect Sci.*, (6): 61–67.
- 冯晓慧, 刘宝生, 郭慧芳, 方继朝, 2011. 几类药剂对大螟的室内毒力测定及田间防效评价. *南京农业大学学报*, 34(5): 67–72.
- [Feng XH, Liu BS, Guo HF, Fang JC, 2011. Study on efficacy of several kinds of insecticides on the pink rice borer, *sesamia inferens* (Walker), in laboratory and fields. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 34(5): 67–72.]
- 龚和, 翟启惠, 魏定义, 1980. 七星瓢虫的卵黄发生: 卵黄原蛋白的发生和取食代饲料的影响. *昆虫学报*, 23 (3): 252–257.
- [Gong H, Zhuo QH, Wei DY, 1980. On the vitellogenesis of *Coccinella septempunctata* L.: the occurrence of vitellogenin as influenced by artificial diet. *Acta Entomologia Sinicia*, 23 (3): 252–257]
- 顾中言, 韩丽娟, 王强, 许小龙, 苏建坤, 褚柏, 1996. 农药导致稻飞虱再猖獗的生态机制及生态调控研究. *华东昆虫学报*, 5(2): 87–92. [Gu ZY, Han LJ, Wang Q, Xu XL, Su JK, Chu B, 1996. The mechanism of outbreak of plant hopper caused by pesticide and ecological management. *Journal of Orient Entomology*, 5(2): 87–92]
- 韩新才, 黄志农, 蔡福民, 徐尚武, 肖国蓉, 张宁, 2005. 苏云金杆菌和三唑磷混剂防治水稻二化螟田间药效. *昆虫知识*, 42(4): 450–452. [Han XC, Huang ZN, Cai FN, Xu SW, Xiao GR, Zhang N, 2005. Mixed preparation of bacillus thuringiensis and triazophos in control of chilo suppressalis. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(4): 450–452.]
- 胡君, 陈文明, 张真真, 郑雪松, 靳建超, 苏建亚, 高聪芬, 沈晋良, 2010. 长江流域稻区二化螟抗药性监测. *中国水稻科学*, 24(5): 509–515. [u J, Chen WM, Zhang ZZ, Zheng XS, Jin JC, Su JY, Gao CF, Shen JL, 2010. Insecticide resistance monitoring of chilo suppressalis in the drainage area of the Yangtze river, China. *Chinese Journal of Rice Science*, 24(5): 509–515.]
- 黄诚华, 姚洪渭, 叶恭银, 程家安, 2006. 氟虫腈亚致死剂量处理对二化螟和大螟幼虫体内解毒酶系活力的影响. *中国水稻科*

- 学, 20(4): 447–450. [Huang CH, Yao HW, Ye GY, Cheng JA, 2006. Effects of sublethal dose of fipronil on detoxifying enzymes in the larvae of chilo suppressalis and sesamia inferens. *Chinese Journal of Rice Science*, 20(4): 447-450.]
- 黄诚华, 姚洪渭, 叶恭银, 蒋学辉, 胡萃, 程家安, 2005. 浙江省二化螟不同种群和大螟对三唑磷的敏感性研究. *农药学报*, 7(4):323–328. [Huang CH, Yao HW, Ye GY, Jiang XH, Hu C, Cheng JA, 2005. Susceptibility of different populations of chilo suppressalis and sesamia inferens to triazophos in Zhejiang province of China. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 7(4):323-328.]
- 李秀钰, 2013. 苏北沿海垦区水稻大螟重发原因及综合治理对策. *江苏农业科学*, 41(5): 112–113. [Li XY, 2013. The causes of *Sesamia inferens* Walker outbreak and integrated management in Subei region. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 41(5): 112–113]
- 吴进才, 2011. 农药诱导害虫再猖獗机制. *应用昆虫学报*, 48 (4): 799–803. [Wu JC, 2011. Pest resurgence induced by pesticides. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48 (4): 799-803.]
- 吴进才, 王爱华, 许俊峰, 杨国庆, 邱慧敏, 李东虎, 2003. 两种选择性农药的使用对刺激二化螟产卵及水稻生理生化影响的研究. *中国农业科学*, 36(10): 1163–1170. [Wu JC, Wang AH, Xu JF, Yang GQ, Qiu HM, Li DH, 2003. Studies on stimulating effect of two selective insecticides on the number of egg laid by rice yellow borer, tryporyza incertulas (walker) and their effects on biochemistry of rice plants. *Scientia Agricultura Sinica*, 36(10): 1163-1170.]
- 徐修龙, 王国田, 王广兰, 葛霞, 2009. 水稻大螟发生情况与防治措施. *现代农业科技*, (5): 134–135. [Xu XL, Wang GT, Wang GL, Ge X, 2009. Dynamics of *Sesamia inferens* Walker and management. *Modern Agricultural Technology*, (5): 134–135]
- 杨廉伟, 陈将赞, 杨坚伟, 戴以太, 陈素云, 叶晓明, 2008. 几种药剂及施药方式对稻纵卷叶螟的防治效果. *昆虫知识*, 45(4): 656–659. [Yang LW, Guan JZ, Yang JW, Dai YT, Chen SY, Ye XY, 2008. Effects of some insecticides and the application methods on the control of rice leaffolder, cnaphalocrocis medinalis. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(4): 656-659.]
- 张海艳, 李海东, 韩召军, 2012. 大螟田间种群对不同杀虫剂敏感性的差异. *中国稻米*, 18(1): 29–33. [Zhang HY, Li HD, Han ZJ, 2012. Difference in susceptibility of field populations of sesamia inferens (Walker) to various insecticides. *China Rice*, 18(1): 29-33.]