应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(4):909—914

三种几丁质合成抑制剂对意大利蝗的防治研究*

赵忠伟[1,2**] 张 洋[2] 曹广春[2] 高 松[2] 牙森·沙力[2] 张泽华[2***]

(1. 沈阳农业大学植物保护学院 沈阳 110161;2. 中国农业科学院植物保护研究所农业部生物防治重点开放实验室 北京 100081;农业部锡林浩特草原有害生物防治重点野外科学观测试验站 锡林浩特 026000)

摘 要 本文用3种几丁质合成抑制剂卡死克、噻嗪酮和灭幼脲对意大利蝗 *Calliptamus italicus*(L.)卵和3龄蝗蝻进行药剂试验。实验结果显示卡死克对意大利蝗药效最高:LC_{50}、LC_{90}分别为1.34、14.17 mg/L。灭幼脲次之LC_{50}、LC_{90}分别为2.09、45.22 mg/L。灭幼脲和卡死克在50 mg/L浓度处理14 d后虫口减退率分别达到了87%和100%。噻嗪酮对意大利蝗的虫口减退率最低,50 mg/L的噻嗪酮处理意大利蝗的虫口减退率还没达到50%。结果显示灭幼脲与卡死克对意大利蝗蜕皮均有明显的抑制作用。

关键词 意大利蝗,几丁质合成抑制剂,致死浓度,蜕皮率

The toxicity of three chitin synthesis inhibitors to *Calliptamus italicus* (Othoptera: Acridoidea)

ZHAO Zhong-Wei[1,2**] ZHANG Yang[2] CAO Guang-Chun[2] GAO Song[2]
Yasen·Shali[2] ZHANG Ze-Hua[2***]

(1. College of ShenYang Agricultural University, Shenyang 110161, China; 2. Key Laboratory for Biological Control of Ministry of Agriculture, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; Xilinhot Key Field Station for Grassland Pest Control of Ministry of Agriculture, Xilinhot 026000, China)

Abstract The effectiveness of three chitin synthesis inhibiting insecticides; Flufenoxuron, Diflubenzuron and Buprofezin, were tested on the eggs and 3rd instar larvae of *Calliptamus italicus*(L.). The results show that Flufenoxuron had the highest control efficacy with LC_{50} and LC_{90} of 1.34 mg/L and 14.17 mg/L respectively. Diflubenzuron was the next most toxic, with LC_{50} and LC_{90} of of 2.09 mg/L and 45.22 mg/L respectively and Buprofezin the least toxic with a rate of population decrease < 50% at a concentration of 50 mg/L. Flufenoxuron and Diflubenzuron also decreased the larval molting and egg hatching rate of *C. italicus*.

Key words *Calliptamus italicus*, chitin synthesis inhibitor, lethal concentration, molting rate

意大利蝗 *Calliptamus italicus*(L.),属直翅目(Orthoptera),蝗总科(Acridoidea),斑腿蝗科(Acridoidea)星翅蝗属(*Calliptamus* Serville)(李鸿昌和夏凯龄,2006)。主要分布于从西欧到中亚的许多地区,从地中海沿岸的东北部到中亚地区一直延伸到蒙古,在伊朗和阿富汗也频繁暴发(Larami,1967)。在世界范围内意大利蝗不仅发生面积广,其造成的危害也相当严重,在2000年哈萨克斯坦达到防治指标的面积就有685.7万hm^2(黄辉,2001)。我国意大利蝗则主要分布于新疆和青海的部分荒漠、半荒漠地区(李鸿昌和夏凯龄,2006),其取食范围达17科45种植物(陈永林,2000),喜食冷蒿、新疆鼠尾草、黄花苜蓿等,因此对草原破害巨大,据新疆畜牧信息网报道,2010年新疆塔城地区裕民县意大利蝗大暴发,发生面积1.33万hm^2,平均虫口密度40~50头/m^2,最高密度达100~130头/m^2,其中有6 667 hm^2草原遭到严重危害。

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(20090321、201003079)、农业部现代农业专项(nycytx-2009-37)。

** E-mail: zhaozhong1985@163.com

*** 通讯作者,E-mail: lgbcc@263.net

收稿日期:2011-4-20,接受日期:2011-5-16

昆虫生长调节剂(insect growth regulator,IGR)的发现是昆虫防治史上的重大突破,Fresco 于 1995 年国际植保大会上提出"从植物保护到保护农业生产系统"后,昆虫生长调节剂成为农药研究与开发的重要领域(Licht,2004;白小军和王晓箐,2006)。这类药剂可以通过干扰昆虫体内天然激素的平衡,影响其变态发育,进而达到控制害虫为害的目的(黄大昉,1993;Garside,1997)。几丁质合成抑制剂作为昆虫生长调节剂的一种,数量众多仅专利中报道的这类几丁质合成抑制剂化合物已有几千个(刘长令,1998),该种药剂具有独特的杀虫机制:能有效抑制几丁质酶活力,阻止几丁质的生物合成,与常规的杀虫剂作用不一样,蝗蝻在受药后不立即死亡,而主要在蜕皮时期死亡(Post *et al.*,1974)。因为哺乳动物没有几丁质代谢系统,所以用几丁质酶抑制剂对意大利蝗进行试验可以筛选出对人体和牲畜无害的杀虫剂。

本研究首先根据意大利蝗生长发育所需的条件及生物学习性(吴文君,1999),在实验室中对其进行孵化并建立意大利蝗实验种群。在此基础上,选择噻嗪酮、灭幼脲、卡死克 3 种几丁质合成抑制剂来对其进行药效试验,选择出对意大利蝗防治效果好的药剂,为控制意大利蝗为害奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试蝗虫 蝗卵于 2010 年 8 月采集于新疆自治区阿勒泰地区。带回实验室后经过 3 个月的低温处理完成滞育后,用培养箱(宁波海曙赛福)完成孵化,蝗卵孵化条件:30℃,孵化蛭石湿度约为 20%。蝗蝻饲养条件为:温度(33 ± 1)℃;相对湿度 RH≈45%。饲养到 3 龄的意大利蝗蝗蝻从培养箱转移到养虫框(长 21 cm,宽 16.5 cm,高 4.6 cm),试虫在试验的整个过程饲喂新鲜小麦。

1.1.2 原药 灭幼脲由河南安阳瑞泽农药厂提供(95.09%),卡死克(氟虫脲)(95%)由威海韩孚生化药业有限公司提供,噻嗪酮(>99%)由江阴振博农化提供。

1.2 试验方法

1.2.1 3 种几丁质合成抑制剂对意大利蝗卵的处理 用丙酮将药剂根据其溶解度配成母液卡死克 100 mg/L;灭幼脲 300 mg/L;噻嗪酮 300 mg/L。使用时用灭菌水稀释成 100、10、1、0.1、0.01 mg/L。每个处理设 20 粒意大利蝗卵,重复 3 次。将卵放到纱网中浸入药液 10 s 后取出 2 h,待丙酮挥发后开始孵化。孵化时将无菌水加入到灭菌蛭石,湿度控制约为 20%(以用手捏蛭石可成团,松手即散为宜),然后把灭菌蛭石加到蛭石钵底层并压实。将卵在蛭石钵底层撒一层之后再盖 1 cm 蛭石。孵化条件设定为温度 30℃,光周期 L∶D = 14∶10(张嵬和崔娟,2010)。待其孵化后及时用毛笔刷将蝗蝻挑出。

1.2.2 3 种几丁质合成抑制剂对意大利蝗 3 龄蝗蝻的处理 3 种药剂的作用机理均为胃毒作用(吴文君,1999),故本实验选择饵剂进行饲喂:麦麸在 80℃烘箱中烘干 2 h 之后按照与药剂质量比 1∶1 混配拌匀并称重记录。

试验药剂浓度的设置:

处理 1 为蒸馏水作为对照;

处理 2 中卡死克 0.08 mg/L、噻嗪酮 0.08 mg/L、灭幼脲 3.125 mg/L;

处理 3 卡死克 0.4 mg/L、噻嗪酮 0.4 mg/L、灭幼脲 6.25 mg/L;

处理 4 卡死克 2 mg/L、噻嗪酮 2 mg/L、灭幼脲 12.5 mg/L;

处理 5 卡死克 10 mg/L、噻嗪酮 10 mg/L、灭幼脲 25 mg/L;

处理 6 卡死克 50 mg/L、噻嗪酮 50 mg/L、灭幼脲 50 mg/L;

每个试验框内放 15 头蝗蝻做为施药基数,4 次重复,一个对照。将麦麸饵剂放到养虫框内 48 h 后取出,将饵剂 80℃烘干 2 h 记录意大利蝗取食饵剂的量,根据浓度计算出取食药剂的量。在将饵剂取出后对处理蝗虫加喂 6% 玉米油的麦麸。每天早上 8∶00 和 20∶00 连续 14 d 调查意大利蝗的死亡率和蜕皮率。在整个实验过程中,养虫框内铺一层干小麦秸,增加蝗虫的活动空间和取食以减少其自残。

1.2.3 数据处理 参照侯纯强等(2010)的方法计算蜕皮率等。

$$\text{蜕皮率}(\%) = \frac{\text{蜕皮数}}{\text{活虫数} \times \text{天数}} \times 100,$$

虫口减退率(%) =

$$\frac{\text{处理区药前活虫数} - \text{处理区药后活虫数}}{\text{处理区药前活虫数}} \times 100。$$

用 DPSV7.05 软件进行统计分析(唐启义, 2010),显著性测定采用 Duncan 氏新复极差法。

2　结果与分析

2.1　3 种几丁质合成抑制剂对意大利蝗卵孵化率的影响

从图 1 可以看出药剂处理过的意大利蝗卵与正常蝗卵间存在差别。其中灭幼脲处理后的蝗卵,蝗蝻孵出时在褪去卵壳的过程中不能正常合成体壁,高浓度药剂处理后的虫卵不发育,且卵变浑浊。用卡死克处理的卵在孵化之后,活动减弱,体色变深,即刻死亡。

从表 1 可以看出,噻嗪酮对意大利蝗卵孵化不存在抑制作用。卡死克和灭幼脲在 0.01、0.1、1 mg/L 3 种浓度水平上对意大利蝗卵孵化的抑制作用均不明显,而当这 2 种药剂浓度分别达到 10 mg/L 和 100 mg/L 时与 1 mg/mL 间均存在极显著性差异。卡死克和灭幼脲在 10 mg/L 时意大利蝗的孵化率仅为 3% 和 5%,而经过 100 mg/L 的灭幼脲处理的意大利蝗卵没有出现蝗蝻孵化。

表 1　意大利蝗卵在 3 种几丁质酶合成抑制剂干扰下的孵化率

Table 1　The egg hatching rate of *Calliptamus italicus* effected by Buprofezin, Chlorbenzuron and Flufenoxuron

药剂浓度(mg/L) Concentration	丙酮 Acetone	噻嗪酮 Buprofezin	灭幼脲 Chlorbenzuron	卡死克 Flufenoxuron
0.01	0.63 ± 0.10a	0.58 ± 0.12a	0.52 ± 0.2a	0.65 ± 0.18a
0.1	0.50 ± 0.13a	0.55 ± 0.28a	0.53 ± 0.2a	0.73 ± 0.13a
1	0.57 ± 0.13a	0.57 ± 0.08a	0.42 ± 0.08a	0.52 ± 0.26a
10	0.68 ± 0.28a	0.50 ± 0.26a	0.05 ± 0.05b	0.03 ± 0.06b
100	0.52 ± 0.15a	0.77 ± 0.32a	0.00 ± 0.00b	0.0017 ± 0.003b

注: 表中数据为平均值 ± 标准差; 同一列中不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。下表同。

Data in the table are mean ± SD, and followed by different letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2　不同浓度的 3 种几丁质合成抑制剂对意大利蝗虫口减退率的影响

由图 2 可以看出,药剂处理后意大利蝗死亡不正常,其中灭幼脲处理后的意大利蝗死亡前虫体蜕皮困难,死亡后虫体干瘪,但是虫体颜色基本没有改变。卡死克处理后的意大利蝗蜕皮困难,出现大龄蝗蝻,蜕皮自蜕裂线裂开后,在前胸背板处即终止了蜕裂,并且死亡虫体颜色变深,虫体变软,最后变黑腐烂。

由表 2 可看出,用卡死克饲喂后 6 d 试虫死亡很少,之后虫口减退率迅速上升,10 d 左右死亡趋势变缓。50 mg/L 噻嗪酮对意大利蝗的虫口减退率仅为 43%,而 12.5 mg/L 灭幼脲饲喂蝗虫第 6 天虫口减退率即达到 47%,用 10 mg/L 卡死克处理蝗蝻第 10 天,虫口减退率即达到了 97%。50 mg/L 卡死克处理意大利蝗第 12 ~ 14 天虫口减退率达到 100%。

表 3 可以看出,3 种几丁质合成抑制剂对意大利蝗的致死中浓度以卡死克为最低仅 1.34 mg/L,其次为灭幼脲致死中浓度 2.09 mg/L。卡死克对意大利蝗的 LC_{90} 为 14.17 mg/L,灭幼脲为 45.22 mg/L。而噻嗪酮对意大利蝗 3 龄幼虫致死率很难达到 50%。

从表 4 可看出,3 种几丁质合成抑制剂对意大利蝗 3 龄蝗蝻的致死剂量存在较大差异,其中卡死克的致死剂量 LD_{50} 和 LD_{90} 最低,说明卡死克防治意大利蝗高效。灭幼脲的致死剂量 LD_{50} 和 LD_{90} 分别是卡死克的 5.6 倍和 3.32 倍。尽管噻嗪酮对意大利蝗的亚致死剂量低于卡死克和灭幼脲,但是其 LD_{50} 和 LD_{90} 太大,实际操作中不能达到。

图 1　意大利蝗卵孵化

Fig. 1　Egg hatching *Calliptamus italicus*

A: 对照 CK; B: 卡死克处理 Flufenoxuron; C: 灭幼脲处理 Chlorbenzuron

图 2　意大利蝗死亡状态

Fig. 2　Dead performance of *Calliptamus italicus* effected by Chlorbenzuron and Flufenoxuron

A: 对照 CK; B: 灭幼脲 Chlorbenzuron; C: 卡死克 Flufenoxuron

表 2　3 种几丁质合成抑制剂对意大利蝗 3 龄蝗蝻的虫口减退率

Table 2　The population decline rate of 3rd instar larvae of *Calliptamus italicus* effected by Buprofezin, Chlorbenzuron and Flufenoxuron

不同处理 Different treatments	噻嗪酮 Buprofezin			灭幼脲 Chlorbenzuron			卡死克 Flufenoxuron		
	6 d	10 d	14 d	6 d	10 d	14 d	6 d	10 d	14 d
1	0.07 ± 0.06b	0.06 ± 0.03a	0.17 ± 0.06b	0.07 ± 0.06c	0.17 ± 0.06d	0.17 ± 0.06bc	0.067 ± 0.06c	0.17 ± 0.06d	0.17 ± 0.06d
2	0.07 ± 0.06b	0.10 ± 0.06a	0.27 ± 0.15ab	0.27 ± 0.06c	0.50 ± 0.17bc	0.70 ± 0.26b	0.20 ± 0.10bc	0.20 ± 0.10cd	0.33 ± 0.06bc
3	0.27 ± 0.12ab	0.23 ± 0.13a	0.43 ± 0.15ab	0.17 ± 0.06bc	0.40 ± 0.10c	0.40 ± 0.10a	0.20 ± 0.10bc	0.40 ± 0.17bc	0.40 ± 0.17c
4	0.30 ± 0.20ab	0.15 ± 0.09a	0.47 ± 0.06ab	0.47 ± 0.21ab	0.70 ± 0.10ab	0.77 ± 0.15a	0.37 ± 0.12ab	0.53 ± 0.21b	0.60 ± 0.20ab
5	0.30 ± 0.20ab	0.30 ± 0.17a	0.50 ± 0.26a	0.57 ± 0.12a	0.77 ± 0.06a	0.77 ± 0.06a	0.50 ± 0.10a	0.97 ± 0.06a	0.97 ± 0.06a
6	0.40 ± 0.17a	0.15 ± 0.09a	0.43 ± 0.15ab	0.53 ± 0.12a	0.83 ± 0.21a	0.87 ± 0.23a	0.50 ± 0.10a	0.87 ± 0.06a	1.00 ± 0a

2.3　3 种几丁质合成抑制剂对意大利蝗蜕皮的抑制

从表 5 可看出，卡死克对意大利蝗的蜕皮表现出低浓度(0.08、0.4 mg/L)下抑制作用不明显，甚至在 2 mg/L 水平与对照没有显著性差异，但当浓度达到 10 mg/L 和 50 mg/L 时对意大利蝗的蜕

表 3　3 种几丁质酶合成抑制剂对 3 龄意大利蝗致死浓度

Table 3　The lethal concentration of 3 chitin synthesis inhibitors on 3rd larvae of *Calliptamus italicus*

药剂 Pesticides	毒力回归式 Virulence regression	相关系数 Related coefficient	LC_{10}(mg/L)	LC_{50}(mg/L)	LC_{90}(mg/L)
卡死克 Flufenoxuron	$y = 4.84073 + 1.25124x$	0.9179	0.127 ± 0.033	1.34 ± 0.62	14.17 ± 5.54
噻嗪酮 Buprofezin	$y = 4.3073 + 0.2611x$	0.66216	0.0056 ± 0.135	450.13 ± 12.65	—
灭幼脲 Chlorbenzuron	$y = 2.90616 + 2.03906x$	0.9477	0.81 ± 0.2451	2.09 ± 0.76	45.22 ± 17.85

表 4　3 种几丁质酶合成抑制剂对 3 龄意大利蝗致死剂量

Table 4　The lethal dose of 3 chitin synthesis inhibitors on 3rd larvare of *Calliptamus italicus*

药剂 Pesticides	毒力回归式 Virulence regression	相关系数 Related coefficient	LD_{10}(μg)	LD_{50}(μg)	LD_{90}(μg)
卡死克 Flufenoxuron	$y = 5.024 + 1.1613x$	0.9744	0.075 ± 0.0123	0.95 ± 0.37	12.1 ± 4.34
噻嗪酮 Buprofezin	$y = 4.434 + 0.1839x$	0.6687	0.00013 ± 0.13	—	—
灭幼脲 Chlorbenzuron	$y = 3.942 + 1.4577x$	0.9163	0.70 ± 0.091	5.32 ± 2.1	40.27 ± 7.16

表 5　3 种几丁质合成抑制剂对意大利蝗蜕皮率的抑制作用

Table 5　The molting rate of *Calliptamus italicus* effected by 3 chitin synthesis inhibitors

药剂 Pesticides	噻嗪酮 Buprofezin	卡死克 Flufenoxuron	灭幼脲 Chlorbenzuron
处理 1	13.71 ± 0.01a	13.71 ± 0.01a	13.71 ± 0.01a
处理 2	12.28 ± 0.01a	12.49 ± 0.04a	12.51 ± 0.03a
处理 3	13.87 ± 0.02a	14.9 ± 0.04a	11.31 ± 0.02a
处理 4	12.69 ± 0.02a	13.2 ± 0.05a	9.21 ± 0.02ab
处理 5	12.43 ± 0.06a	1.19 ± 0.02b	8.42 ± 0.01ab
处理 6	13.15 ± 0.02a	0.71 ± 0.01b	5.69 ± 0.04b

皮抑制作用明显且与低浓度存在显著的差异。灭幼脲在低浓度水平上与对照没有差异显著性，而仅在 50 mg/L 这个水平上与其它处理之间存在显著性差异。噻嗪酮对意大利蝗的蜕皮不存在抑制作用且各个浓度之间亦没有差异显著性。

3　结论与讨论

前人对意大利蝗研究主要针对其生物学特性，本文则将防治作为研究重点。同时为保障草原害虫天敌资源及其它生态安全，选择对环境压力较小的 3 种几丁质合成抑制剂: 卡死克、噻嗪酮、灭幼脲。据当地治蝗办调查，意大利蝗产卵土层仅为 2 cm 左右，在草原大风条件下，春天 4、5 月份的意大利蝗卵将大范围的暴露于地表，可以对蝗卵实施喷药处理，将损失减少到最低。因此本试验根据野外实际情况增加了药剂对卵的处理，效果显著，其中用灭幼脲和卡死克浓度均为 10 mg/L 时处理的意大利蝗卵孵化率均低于 5%，与低浓度药剂处理的孵化率存在显著性差异。

本试验还对意大利蝗 3 龄蝗蝻进行了室内防治。首先根据张泉等(1955) 对意大利蝗生物学特性的总结，建立意大利蝗实验室种群，并且选择适当的试验条件以保证对照组意大利蝗死亡率低于 20%。试验结果表明: 3 种几丁质合成抑制剂处理 3 龄蝗蝻后，12.5 mg/L 灭幼脲对 3 龄意大利蝗的饲喂第 6 天虫口减退率即达到 47%，10 mg/L 卡

死克在第 10 天，虫口减退率达到了 97%，其中只有50 mg/L卡死克对意大利蝗虫口减退率达到了 100%。同时，根据本研究药剂的作用机制在调查虫口减退率的同时，调查处理意大利蝗的蜕皮率。从蜕皮率来看，高浓度卡死克对意大利蝗蜕皮作用最为明显，10 mg/L 和 50 mg/L 对意大利蝗蜕皮抑制率超过了正常值(13.701%)的 10 倍，低浓度对意大利蝗蜕皮不存在明显的抑制作用。灭幼脲在低浓度下对意大利蝗也存在抑制作用，浓度越高抑制作用越大，当灭幼脲浓度达到 50 mg/L 时蜕皮率不及对照一半，而噻嗪酮对意大利蝗的蜕皮率却并没有明显的抑制作用。

参考文献(References)

白小军，王晓箐，2006. 昆虫生长调节剂的抗性治理策略. 农业科学研究，27(2)：88—91.

陈永林，2000. 蝗虫再猖獗的控制与生态学治理. 中国科学院院刊，(5)：341—345.

Garside CS，Hayes TK，Tobe SS，1997. Degradation of Dip-allatostains by hemolymph from the cockroach，*Diplpptera punctata*. *Peptides*，18(1)：17—25.

侯纯强，王芳，董双林，2010. 低钙浓度波动对凡纳滨对虾稚虾蜕皮、生长及能量收支的影响. 中国水产科学，17(3)：536—542.

黄大昉，1993. 遗传工程微生物农药研究进展. 植物保护，19(4)：31—33.

黄辉，朱恩林，2001. 哈萨克斯坦蝗灾严重发生. 世界农业，6：46—47.

Larami EG，1967. Locusts of Kazakhstan，Central Asia and Adjacent Territories. Larami：Association for Applied Akridology International，University of Wyoming. 387.

李鸿昌，夏凯龄，2006. 中国动物志. 北京：科学出版社. 576—578.

Licht O，Jungmann D，Ludwichowski K，Nagel R，2004. Long-term effects of fenoxycarb on two mayfly species in artificial indoorstreams. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*，58(2)：246—255.

刘长令，1998. 昆虫生长调节剂的开发现状与发展趋势. 农药科学与管理，3：29—31.

Post LC，De Jong BJ，Vincent WR，1974. 1-(2，6-disubstituted benzoyl)-3-phenylurea insecticides inhibitors of chitin synthesis. *Pestic. Biochem. Physiol.*，4(4)：73—83.

唐启义，2010. DPS 数据处理系统——实验设计、统计分析及数据挖掘(第二版). 北京：科学出版社. 315—398.

吴文君，1999. 农药学原理. 北京：中国农业出版社. 36—41.

张泉，乔璋，熊玲，巴哈提亚尔·达吾提，赵勇，党惠财，1955. 意大利蝗成虫生物学特性研究. 新疆农业科学，(6)：256—258.

张嵬，崔娟，2010. 温度和土壤含水量对东亚飞蝗卵孵化的影响. 山东农业科学，3：67—69.