

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2014.02.010

茚虫威在红火蚁工蚁间的横向接触传导效应

潘达强, 曾鑫年*, 鄢勤

华南农业大学红火蚁研究中心, 广东 广州 510642

摘要:【背景】红火蚁是我国重要的外来入侵害虫。利用其相互清洁和交哺行为等社会性昆虫特有的生活习性,使杀虫剂在巢群内传导,可以达到全巢药剂控制的目的。然而,有关茚虫威在红火蚁巢群内的传导效应尚未见有详细报道。【方法】采用供药蚁/受药蚁模型,研究了药剂剂量、供药蚁—受药蚁比例、处理时间对茚虫威在红火蚁工蚁间横向传毒的影响。【结果】剂量越高,受药蚁的死亡率越高,25 ng·头⁻¹处理组受药蚁死亡率为14.1%~70.0%,而50 ng·头⁻¹处理组的受药蚁死亡率最高可达100%;供药蚁—受药蚁比例显著影响茚虫威的传毒,比例为1:1时,50、100、250、500 ng·头⁻¹处理组受药蚁死亡率可达100%;随着时间延长,受药蚁的死亡率升高,但在12 h后,供药蚁死亡率最高仅为8.0%,表明茚虫威具缓效特性。【结论与意义】本研究明确了在红火蚁工蚁间茚虫威横向传毒的剂量、时间和供药蚁—受药蚁比例的效应,为应用该药剂提供了依据。

关键词: 红火蚁; 茚虫威; 横向传毒

Horizontal transfer of indoxacarb among red imported fire ant workers

Da-qiang PAN, Xin-nian ZENG*, Qin YAN

Red Imported Fire Ant Research Center, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China

Abstract: 【Background】The red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren, is an invasive pest of economic importance. Whole nest chemical eradication can be achieved by horizontal transfer of insecticides through contact mediated by the habits of grooming or trophallaxis. The potential of horizontal transfer of the insecticide indoxacarb within fire ant nest is unclear. 【Method】The effects of dose, donor-recipient ratio, and time allocated for horizontal transfer indoxacarb among fire ant workers were studied by using a donor-recipient model. 【Result】Higher doses of indoxacarb resulted in greater recipient mortality. The mortality of the recipients ranged from 14.1 to 70.0% when exposed to 25 ng·worker⁻¹. A dose of 50 ng·worker⁻¹ killed 100% of the recipients. Donor-recipient ratio significantly affected the exchange rate of indoxacarb. With a 1:1 donor-recipient ratio, mortality reached 100%. Recipient mortality increased as exposure time increased. The highest 8.0% mortality occurred after exposed 12 h indicating a delayed activity of indoxacarb. 【Conclusion and significance】The effects of dose, time, and donor-recipient ratio on the horizontal transfer of the indoxacarb among the fire ant workers provided a basis for the application of the insecticide.

Key words: red imported fire ant; indoxacarb; horizontal transfer

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 能造成重大经济、社会和环境危害(曾玲等,2005a; Callcott & Collins, 1996; Jemal & Hugh-Jones, 1993; Pimentel *et al.*, 2000; Vinson, 1997), 已经被国际上列为最具入侵性和破坏性的一百种外来有害生物之一。控制红火蚁发生为害和扩散蔓延是一项艰巨的任务, 主要以化学杀虫剂为主(曾玲等, 2005a; 曾鑫年等, 2006; Lofgren *et al.*, 1975; Williams *et al.*, 2001)。

杀虫剂横向传毒法是灭杀社会性昆虫的主要

技术之一,用于防治白蚁等害虫的这种对策与技术正在不断完善中(Myles, 1996)。白蚁等社会性昆虫都有着独特的习性,如相互清洁(grooming)、交哺(trophallaxis)等,杀虫剂的横向传毒正是利用了这些习性。Soeprono & Rust(2004)最早研究了联苯菊酯、β-氟氯氰菊酯和氟虫腈等3种杀虫剂在阿根廷蚁 *Linepithema humile* Mayr 巢内的传导毒力,发现氟虫腈具有良好的传导毒杀作用;此后亦陆续有杀虫剂在白蚁巢内传导毒力的报道(Appel, 2003;

收稿日期(Received): 2014-02-06 接受日期(Accepted): 2014-03-10
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30771443); 广东省科技计划项目(2007B020710014)
作者简介: 潘达强, 男, 硕士研究生。研究方向: 农药学与害虫防治
* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: zengxn@scau.edu.cn

Hu, 2005; Banks *et al.*, 1981)。

茚虫威(indoxacarb)是杜邦公司研发的神经毒性二噁类杀虫剂,兼具触杀及胃毒活性(Lahm *et al.*, 2001; McCann *et al.*, 2001)。该药剂对德国小蠊 *Blattella germanica* (L.)、台湾乳白蚁 *Coptotermes formosanus* (Shiraki)、黄胸散白蚁 *Reticulitermes flaviceps* (Kollar) 及几乎所有的鳞翅目害虫有效(Appel, 2003; Hu, 2005)。杜邦公司研制了 0.045% 茚虫威饵剂用于红火蚁的防治(黄俊等, 2009; Barr, 2003)。安徽省合肥福瑞德生物化工厂也于 2014 年在中国登记了以红火蚁为防治对象的 0.1% 茚虫威饵剂。红火蚁是一种典型的社会性昆虫,但关于该药剂在红火蚁群体内个体间传毒的规律和效率等尚未见报道。因此,本试验研究茚虫威剂量、供药蚁—受药蚁比例、处理时间对茚虫威在红火蚁工蚁间横向传毒的影响,以期对红火蚁或营社会及群居生活害虫的防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试红火蚁

供试红火蚁采自广东省广州市增城华南农业大学教学科研基地。参照 Banks *et al.* (1981) 的方法,将蚁群转入盆口涂有爽身粉的塑料盆(7.0 L)中,在室内(温度 22~28 °C, RH 65%~80%)用人工饲料饲养供试。

1.2 供试杀虫剂

茚虫威:95% 原药,由深圳诺普信农化股份有限公司提供。

1.3 试验设计

1.3.1 茚虫威剂量和处理时间对供/受药蚁死亡率影响的测定 从蚁群中取健康的红火蚁工蚁置于一次性杯中,杯口涂抹适量爽生粉,用去除盖子的 1.5 mL 离心管盛装 20% 蔗糖水溶液供红火蚁取食,离巢适应 3 d。将茚虫威原药溶于丙酮,配成浓度为 1000、500、200、100、50 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的溶液。用适量无毒白色油漆涂抹于红火蚁工蚁腹部作为标记(预试验结果表明,白色油漆对红火蚁死亡率无影响)。使用手动微量点滴仪(Burkard, UK)将 0.5 μL 上述浓度茚虫威溶液点滴于红火蚁前胸背板上,处理后的工蚁即为供药蚁,以丙酮作为对照。这样每头供药蚁上茚虫威有效成分剂量分别为 500、250、100、50、25 ng。不做任何处理的工蚁为受药蚁。供

药蚁—受药蚁比例为 1:1,每个处理和对照分别重复 3 次,处理完成后将红火蚁置于上述放 20% 蔗糖水的一次性杯中饲养。分别于 12、24、48、72、96 h 观察、记录供药蚁、受药蚁死亡数量并更换糖水,不移走死亡的红火蚁。

1.3.2 供药蚁—受药蚁比例对供/受药蚁死亡率影响的测定 设置供药蚁与受药蚁数量比例分别为 1:9、1:4、1:1,总数量均为 100 头。共有 15 个处理(5 个剂量 $\times$ 3 组比例)和 3 个对照,每个处理和对照分别重复 3 次。于处理后 96 h 观察、记录供药蚁、受药蚁死亡数量,具体药剂处理方法以及试验记录方法同 1.3.1。

1.4 统计分析

数据分析软件为 SPSS Statistics 17.0。将供药蚁与受药蚁死亡率转化为反正弦平方根后再分析。

2 结果与分析

2.1 茚虫威剂量和处理时间对杀虫剂横向传导的影响

随着处理时间的延长,供药蚁死亡率不断增大;剂量越大,死亡率增大的速度越快(图 1A)。12 h 各处理死亡率均较低;24 h 时 250、500 $\text{ng} \cdot \text{头}^{-1}$ 处理供药蚁死亡率迅速增大;48 h 时 500、250 $\text{ng} \cdot \text{头}^{-1}$ 处理供药蚁死亡率接近 100%,100 和 50 $\text{ng} \cdot \text{头}^{-1}$ 处理死亡率分别为 92% 和 81%,25 $\text{ng} \cdot \text{头}^{-1}$ 处理组死亡率则较低,为 29%,各剂量处理供药蚁死亡率之间差异显著($F = 166.7, P < 0.05, df = 17$);72 h 后 5 个剂量处理供药蚁死亡率均接近 100%。

受药蚁死亡率所呈现的时间、剂量规律与供药蚁相似,但相近大小死亡率的出现时间有所推迟(图 1B)。24~72 h 同一剂量处理供药蚁死亡率均高于受药蚁。

2.2 茚虫威处理不同比例供药蚁和受药蚁的死亡率

各个剂量处理后 96 h 所有比例中供药蚁死亡率均为 100%(图 2A);而对于受药蚁,50~500 $\text{ng} \cdot \text{头}^{-1}$ 剂量处理比例为 1:1 中的死亡率达到 100%,且同一剂量处理下,比例为 1:1 时死亡率最高,1:4 次之,1:9 死亡率最小($F = 90.1, P < 0.05, df = 17$)(图 2B)。

对影响死亡率的 3 个因素(剂量、时间、比例)作用的多因素方差分析结果表明,时间对供药蚁死亡率影响最大($F = 1867.2, P < 0.05, df = 4$),剂量次之($F = 513.1, P < 0.05, df = 5$),比例对供药蚁死

亡率影响不显著 ($F = 0.029, P > 0.05, df = 2$); 时间对受药蚁死亡率影响最大 ($F = 2309.7, P < 0.05, df = 4$), 比例次之 ($F = 701.4, P < 0.05, df = 2$), 剂量影响最小 ($F = 668.4, P < 0.05, df = 5$)。

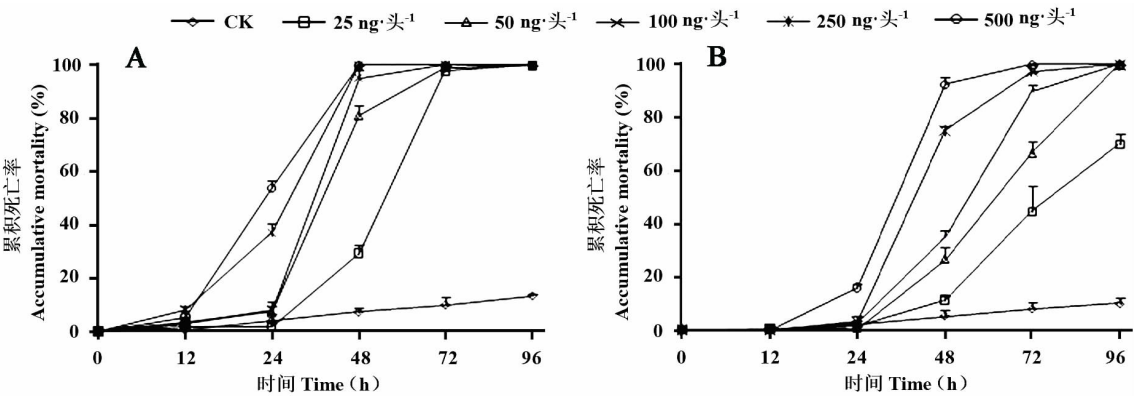


图1 不同剂量茛虫威处理比例为1:1的供药蚁(A)、受药蚁(B)的累积死亡率
Fig.1 Accumulative mortality curves of donor workers (A) and recipient workers (B) with ratio of 1:1 after treated by different doses of indoxacarb

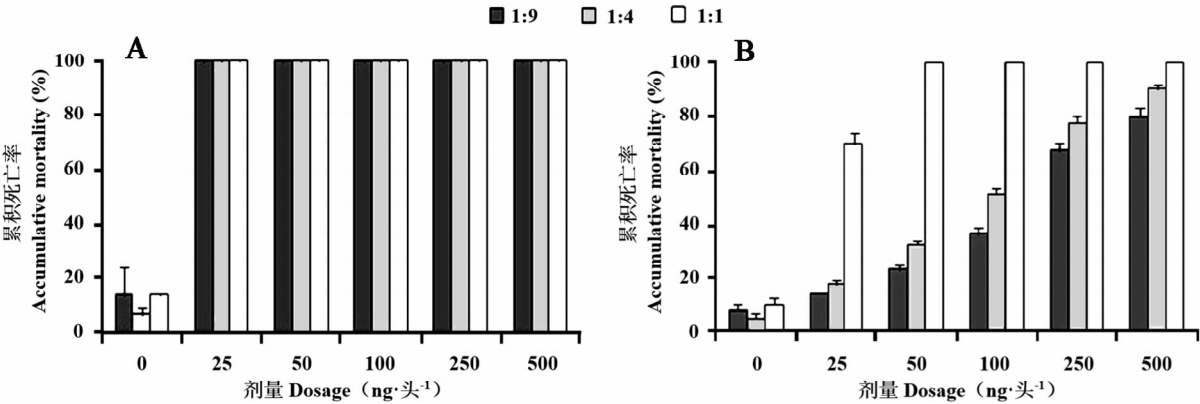


图2 不同剂量茛虫威处理不同比例供药蚁(A)、受药蚁(B)96 h后的累积死亡率
Fig.2 Accumulative mortality curves of donor workers (A) and recipient workers (B) with different ratios after 96 h of treatment at different doses of indoxacarb

3 结论与讨论

茛虫威剂量对供药蚁和受药蚁死亡率有显著影响。高剂量处理在较短时间供药蚁死亡率可达到100%,而低剂量处理死亡率达到100%需更长时间;处理12 h后供药蚁死亡率最高仅为8.0%,表明茛虫威具缓效特性。处理96 h后剂量 $\geq 50 \text{ ng} \cdot \text{头}^{-1}$ 受药蚁死亡率均可达到100%。相对于供药蚁,受药蚁获得致死剂量在时间上有所延迟,因此相同处理剂量与时间供药蚁的死亡率高于受药蚁。这与Shelton & Grace (2003)用氟虫腈处理台湾乳白蚁的研究结果相似。

供药蚁—受药蚁比例对供药蚁死亡率影响不显著,但对受药蚁的死亡率影响显著。这可能是由于各处理剂量都大于致死剂量,且在死亡之前供药蚁并未把足够剂量药剂传至受药蚁身上。各个剂

量受药蚁死亡率随比例增大而升高,可能是由于供药蚁的数量增多,获得足够药剂量的受药蚁数量也增多。当剂量为 $50 \text{ ng} \cdot \text{头}^{-1}$ 时,96 h使受药蚁死亡率达到100%至少需要50%的供药蚁。Ibrahim *et al.* (2003)研究表明,以 $2.5 \text{ ng} \cdot \text{头}^{-1}$ 氟虫腈处理台湾乳白蚁,72 h内使受药蚁死亡率超过95%至少需要20%的供药蚁。

受药蚁的死亡率随处理时间延长而升高。12 h后所有受药蚁的死亡率均未超过10%,而48 h后受药蚁死亡率最高达92.7%。这表明受药蚁不是一次性获得致死剂量,而是需要一个持续的过程(Suarez & Thorne, 2000)。

受药蚁的死亡证明茛虫威可以横向传毒。Tomalshi & Vargo (2004)用 ^{14}C 标记方法证明了相互清洁行为是吡虫啉在黄胸散白蚁间传毒的最主要原因。Choe & Rust (2008)用氟虫腈处理死亡的阿根

廷蚁,并将其置于觅食区,发现死亡的阿根廷蚁位置发生了变化,并引起其他阿根廷蚁的死亡,表明搬尸行为是主要的传毒机制。本试验也观察到了红火蚁的相互清洁和搬尸行为,此外,同类相残及红火蚁间的偶然接触也是昆虫威传毒的重要途径。

参考文献

- 黄俊, 陆永跃, 许益鏊, 曾玲. 2009. 0.045% 昆虫威饵剂对红火蚁的田间防治效果评价. *植物保护*, 35(3): 145–148.
- 曾玲, 陆永跃, 陈忠南. 2005. 红火蚁监测与防治. 广州: 广东科技出版社.
- 曾鑫年, 熊忠华, 郭景, 黄田福, 吴上新. 2006. 多杀菌素对红火蚁的毒力及传导毒杀作用. *华南农业大学学报*, 27(3): 26–29.
- Appel A G. 2003. Laboratory and field performance of an indoxacarb bait against *German cockroaches* (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology*, 96: 863–870.
- Banks W A, Lofgren C S, Jouvenaz D P, Stringer C E, Bishop P M, Williams D F, Wojcik D P and Glancey B M. 1981. Techniques for collecting, rearing, and handling imported fire ants//United States Department of Agriculture. *Advances in Agricultural Technology*. New Orleans: USDA, 1–9.
- Barr C L. 2003. Fire ant mound and foraging suppression by indoxacarb bait. *Journal of Agriculture and Urban Entomology*, 20: 143–150.
- Callcott A M and Collins H L. 1996. Invasion and range expansion of red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) in North America from 1918 ~ 1995. *Florida Entomologist*, 79: 240–251.
- Choe D W and Rust M K. 2008. Horizontal transfer of insecticides in laboratory colonies of the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, 101: 1397–1405.
- Hu X P. 2005. Evaluation of the efficacy and non-repellency of indoxacarb and fipronil treated soil at various concentrations and thicknesses against two subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology*, 98: 509–517.
- Ibrahim S A, Henderson G and Fei H. 2003. Toxicity, repellency and horizontal transmission of fipronil in the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology*, 96: 461–467.
- Jemal A and Hugh-Jones M E. 1993. A review of the red imported fire ant (*Solenopsis invicta* Buren) and its impacts on plant, animal and human health. *Preventive Veterinary Medicine*, 17(1): 19–32.
- Lahm G P, McCann S F, Harrison C R, Stevenson T M and Shapiro R. 2001. Evolution of the sodium channel blocking insecticides: the discovery of indoxacarb//Baker D R and Umetsu N K. *Agrochemical Discovery: Insect, Weed, and Fungal Control*. Washington D. C.: American Chemical Society, 20–34.
- Lofgren C S, Banks W A and Glancey B M. 1975. Biology and control of imported fire ants. *Annual Review of Entomology*, 20: 1–30.
- McCann S F, Annis G D, Shapiro R, Piotrowski D W, Lahm G P, Long J K, Lee K C, Hughes M M, Myers B J, Griswold S M, Reeves B M, March R W, Sharpe P L, Lowder P, Barnette W E and Wing K D. 2001. The discovery of indoxacarb: oxadiazines as a new class of pyrazoline-type insecticides. *Pest Management Science*, 57: 153–164.
- Myles T G. 1996. Development and evaluation of a transmissible coating for control of subterranean termites. *Sociobiology*, 28: 373–457.
- Pimentel D, Lach L, Zuniga R and Morrison D. 2000. Environmental and economic costs associated with non indigenous species in the United States. *Bioscience*, 50(1): 53–65.
- Shelton T G and Grace J K. 2003. Effects of exposure duration on transfer of nonrepellent termiticides among workers of *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology*, 96: 456–460.
- Soeprono A M and Rust M K. 2004. Effect of horizontal transfer of barrier insecticides to control Argentine Ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, 97: 1675–1681.
- Suarez M E and Thorne B L. 2000. Rate, amount and distribution pattern of alimentary fluid transfer via trophallaxis in three species of termites (Isoptera: Rhinotermitidae, Termitidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 93(1): 145–155.
- Tomalshi M D and Vargo E L. 2004. Chain reaction. *Pest Control*, (5): 51–53.
- Vinson S B. 1997. Invasion of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) spread, biology and impact. *American Entomologist*, 43: 23–39.
- Williams D F, Collins H L and Oi D H. 2001. The red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae): an historical perspective of treatment programs and the development of chemical baits for control. *American Entomology*, 47: 146–159.