红火蚁专栏

红火蚁防控药剂使用后对草坪节肢动物群落的影响*

于 鑫** 王 磊 梁广文 曾 玲***

（华南农业大学红火蚁研究中心，广州 510642）

摘 要 **【目的】** 化学防治是目前控制红火蚁 *Solenopsis invicta* 为害的最有效的方法。化学药剂在对红火蚁起到良好防效时，也会对发生区的其他节肢动物群落造成一定的影响。本文研究了红火蚁常用防治药剂施用后对红火蚁典型发生区域-草坪生境中节肢动物群落的影响。**【方法】** 使用网捕法和陷阱取样法调查处理和对照区的节肢动物。**【结果】** 调查表明，施用推荐剂量的 0.015%多杀菌素饵剂 35 g/巢、0.045%茚虫威饵剂 5 g/巢、0.096%氟虫腈粉剂 30 g/巢和 4.5%高效氯氰菊酯乳油 2 000 倍液后，对草坪上节肢动物群落产生不同的影响。研究发现，在农药处理后，各处理区节肢动物的 Shannon-Wiener 多样性指数得到不同程度的提高，在处理后 45 d 后，多杀菌素饵剂、茚虫威饵剂、氟虫腈粉剂和高效氯氰菊酯乳油处理区的 Shannon- Wiener 多样性指数分别为 2.1、2.0、1.8 和 2.1，显著高于对照区的 1.5。通过主成份分析得到施用 30 g/巢 0.096%氟虫腈粉剂和 2 000 倍液的高效氯氰菊酯乳油灌巢对节肢动物群落恢复产生一定的负面影响，即造成节肢动物群落中的非靶标生物的死亡。**【结果】** 红火蚁种群在被药剂压制后，各药剂处理区中的生物多样性得到不同程度的恢复；35 g/巢的 0.015%多杀菌素饵剂和 5 g/巢的 0.045%茚虫威饵剂对节肢动物群落相对安全，节肢动物群落相比对照区在防治后表现为物种相对丰富和群落结构稳定。

关键词 红火蚁，药剂，生物多样性

Population dynamics of a *Solenopsis invicta* population and associated nontarget arthropod community in a lawn after pesticide application

YU Xin** WANG Lei LIANG Guang-Wen ZENG Ling***

(Red Imported Fire Ant Research Centre, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract **[Objectives]** Chemicals are an efficient method of fire ant control but also have adverse impacts on nontarget arthropods. In this study, we investigated the population dynamics of a *Solenopsis invicta* population and nontarget arthropod community in a lawn after the application of 0.015% spinosad, 0.045% indoxacarb, 0.096% fipronil and 0.00225% β-cypermethrin. **[Methods]** Arthropods were collected by sweep sampling and traps. **[Results]** Shannon-Wiener indices of the arthropod community after spinosad, indoxacarb, fipronil and β-cypermethrin treatments were 2.1, 2.0, 1.8 and 2.1, respectively, significantly higher than in the control which was only 1.5. This indicates that the biodiversity of the arthropod community recovered after pesticide application. **[Conclusion]** The biodiversity of a lawn arthropod community recovered after pesticide application. Results of principal component analysis showed that the application of 0.096% fipronil and 0.00225% β-cypermethrin adversely affected the arthropod communities' recovery.

Key words *Solenopsis invicta*, pesticides, biodiversity

* 资助项目 Supported projects：国家自然科学基金项目（305712427）

**第一作者 First author，E-mail：27763967@qq.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：zengling@scau.edu.cn

收稿日期 Received：2015-11-01，接受日期 Accepted：2015-11-09

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 是一种对农林业生产、公共安全、人体健康及生态环境都具有严重危害的危险性害虫，也是国际公认的极为重要的危险性检疫有害生物。2004 年底发现红火蚁已经入侵中国大陆广东吴川并发生为害（曾玲等，2005），目前已入侵了广东、广西、海南、福建、台湾、香港、澳门、云南、四川、重庆、江西、湖南等 12 个省份（地区）的累计 156 个县级区域（陆永跃和曾玲，2015）。

红火蚁具有明显的种群竞争优势，在红火蚁入侵区节肢动物的物种丰富度下降到原来的 40%（Allen *et al.*，1995）。红火蚁的入侵导致生态系统内生物和非生物因子的急剧变化，这些变化将改变生态系统内的动物区系结构，对生态系统及生物多样性产生严重的影响（Wojcik *et al.*，2001）。已有大量研究表明，入侵红火蚁造成了一个严重的生态学问题，是导致生物多样性丧失的主要威胁之一。

化学药剂是目前防治红火蚁的主要而且是最有效的手段。当红火蚁入侵我国后，科研人员在室内和田间开展了大量关于药剂防治红火蚁的工作。曾鑫年（2006）开展了多杀菌素对红火蚁的毒力及传导毒杀作用研究并研究了 11 种毒饵对红火蚁的嗜食性及传导毒力测定。黄俊（2007）探讨了氟虫胺、胺菊酯、苯氧威和多杀菌素 4 种毒饵对红火蚁的防治效果，田伟金等（2006）和庄天勇等（2007）研究了锐劲特粉剂、红蚁净粉剂和奋斗呐粉剂对红火蚁的防治效果，得到锐劲特粉剂对田间红火蚁工蚁的控制作用达到 92.07%。陈焕瑜（2006）做了关于防治红火蚁触杀型药剂的筛选。

在使用化学药剂防治有害生物的时候，药剂不但对靶标生物产生杀伤作用，对非靶标的节肢动物也会带来不同程度的影响。对化学杀虫剂对春甘蓝田害虫的防治调查发现，药剂使得节肢动物群落物种丰富度、多样性指数及均匀度均降低，而天敌的丰富度和多样性指数比害虫的丰富度和多样性指数降低更大，从而使春甘蓝田节肢动物群落的稳定性减弱，生态系统被严重破坏（周洪旭等，2003）。通过植物源杀虫剂 KKY 对李园和枣园节肢动物群落特征参数的干扰表明：植物源杀虫剂 KKY 对李树和枣树节肢动物群落有显著的抑制作用，但对蜘蛛类天敌亚群落杀伤力低，是一种较理想的植物源杀虫剂（丁程成等，2004；高彩球等，2004）。虽然化学药剂会对生境中节肢动物群落有负面影响，但在药剂选择正确、用量合理的情况下，也可以达到有效的控制靶标生物，降低对非靶标生物影响。

在红火蚁的发生区，通过药剂防治对红火蚁种群有很好控制作用的同时，药剂可能对生境中其他节肢动物产生不同程度的影响（刘杰等，2006）。本文研究了在草坪生境下，化学药剂防治红火蚁种群时，对红火蚁发生区中其他节肢动物的影响，为合理使用化学药剂防治红火蚁提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地点是在广州市番禺区大学城外环路的草坪，环境隔离较好，受到人为干扰较小。植被为细叶结缕草 *Zoysia tenuifolia*，每块面积约为 3 000 m^2，红火蚁蚁巢密度为每 100 m^2 为 4~5 个。试验小区面积不小于 200 m^2，包含活动蚁巢数 10 个以上。药剂处理前用红色小旗标记已清点的蚁巢，每个小区间设置隔离带 10 m 以上，整个试验区设置 10 m 的隔离带。施药时间为 2007 年 9 月 12 日。

1.2 试验药剂及田间使用量

根据红火蚁化学防治的 4 种方法，我们分别选择常用于灌巢的高效氯氰菊酯乳油、市场出售的撒施粉剂 0.096%氟虫腈粉剂及毒饵 0.015%多杀菌素饵剂和 0.045%茚虫威饵剂为研究对象。

4.5%高效氯氰菊酯（绿福乳油，广东省江门市大光明农化有限公司），按推荐使用量先将蚁巢周围施出一条 20 cm 宽的药带，其余药液向蚁巢的中心迅速灌入，每巢使用 20 L，使用量为 2 000 倍。

0.096%氟虫腈（“红蚁净”粉剂，广东省昆虫研究所），施用前先破坏红火蚁蚁巢，然后按

推荐使用量将粉剂均匀施撒在涌出的红火蚁工蚁体表，每巢用量 30 g。

0.015%多杀菌素（“正舒”饵剂，广东省珠海瑞农植保技术有限公司），按推荐使用量环施在距离蚁巢中心 30~50 cm 处，每巢 35 g。

0.045%茚虫威（“茚虫威”饵剂，美国杜邦化学有限公司），按推荐使用量环施在距离蚁巢中心 30~50 cm 处，每巢 5 g。

1.3　节肢动物群落调查方法

1.3.1　网捕法　采用平行跳跃法，9 月 12 日开始，每 15 d 进行 1 次调查，共调查 8 次。捕虫网的口径为 45 cm，网扫幅度范围约 1.5 m，每次的取样点相对固定。收集的标本放于 75%的酒精瓶中保存，并于室内统计种类和数量。

1.3.2　陷阱取样法　第 1 次采样随机选定药剂处理区内的 6 个蚁巢，陷阱按东南西北 4 个方向设在距离蚁巢中心 30~50 cm 处，此后调查选用相同的蚁巢和陷阱地点。陷阱大小为 100 mL（口直径×底直径×高=6.6 cm×4.4 cm×6.8 cm）的一次性塑料杯。加入半杯肥皂水，陷阱口设置与地面平齐，放置 24 h 后收回。标本分别保存，于室内统计种类和数量。

1.3.3　节肢动物群落特征评价方法

1）个体总数 $N=\sum_{i=1}^{s} n_i$，式中 n_i 为第 i 个物种的个体数。

2）相对丰盛度（牟吉元等，1997）：$P_i=N_i/N$，式中 N_i 为第 i 物种的个体数，N 为全部物种的个体数。

3）优势集中度：$C=\sum(N_i/N)^2$，N_i 为第 i 种的个体数，N 为全部物种的个体总数。

4）Shannon-Wiener 的多样性指数：$H'=-\sum P_i \ln P_i$。

5）Pielou 的均匀度：$J=H/H_{max}=H'/\ln S$ 其中，H_{max} 为最大多样性指数。

6）物种丰富度：$R=S/\mathrm{Ln}(N)$，其中 S 为物种数，N 为群落中总个体数。

7）Berger-Parker 优势度指数：$D=N_{max}/N$，其中 N_{max} 为优势种的个体数数，N 为全部物种的个体数。

1.4　数据处理

节肢动物群落的数据是将网捕法和陷阱法获得的节肢动物合并处理；各参数的计算采用 Matlab 2000（程序见附录）；方差分析、主成份分析和聚类分析主要采用 SAS 8.01；数据整理应用 Microsoft Excel 2003。T^2 检验是多元统计中常用的一种差异性检验法，它既可以综合分析群落各分量指数，对群落进行综合评价，还可以对动态变化的参数进行显著性检验（宋心远和廖红文，1996；毛润乾等，2001）。

2　结果与分析

通过节肢动物群落 7 个指数的统计（表 1），可以得到节肢动物群落的物种数 S、多样性指数 H'、个体数量 N、均匀度指数 J 及丰富度指数 R 均表现为相同的变化规律，即施用化学药剂之前各处理区的群落指数差异不大，随着红火蚁种群被药剂控制后，处理区的节肢动物群落开始恢复，4 个指数逐渐增大，但各药剂处理区间存在一定差异，说明在施用相同药剂时，不同剂量会对化学药剂区域中包括红火蚁在内的节肢动物群落产生较大影响。优势集中度指数 C 和 D 则是在施用化学药剂 30 d 后，对照区 > 4 种药剂处理区，说明对照区中红火蚁种群的优势度非常高。通过节肢动物群落调查结果得到不同时间各处理区的 Shannon-Wiener 多样性指数，表明在未被化学药剂防治时即 9 月 12 日，各处理间差异不明显，均在 1~1.5 之间。在化学药剂后 30 d 各处理区间节肢动物群落多样性也处于 1.3~2.0 之间。到第 45 天，节肢动物群落出现显著差异，药剂处理的 Shannon-Wiener 多样性指数都在 1.8~2.2 之间，而对照区域的多样性指数仅为 1.5，并且之后的多样性指数一直低于处理区，11 月 15 日（即其他处理区施药后 60 d）最低仅为 0.8，表明对照区与药剂处理区之间的 Shannon-Wiener 多样性指数存在较大差异，即药剂处理区的节肢动物群落相比红火蚁发生对照区的得到不同程度的恢复。在 4 种药剂处理区之间，Shannon-Wiener 多样性指数均在增加，但增加幅度不同。高效氯氰菊酯 2 000 倍在第 60 天调查后，Shannon-

表 1 化学药剂处理后草坪上不同小区的节肢动物群落结构参数

Table 1 Indices of arthropod community at different treatments in lawn

时间 Time	药剂 Pesticides	*H'*	*D*	*J*	*S*	*N*	*C*	*R*
未施药 Before insecticides application	高效氯氰菊酯 2 000 倍 β-cypermethrin 2 000×	1.468	12.353	0.612	11	417	0.312	1.823
	红蚁净 30 g/巢 0.096% fipronil 30 g/nest	1.254	20.278	0.523	11	327	0.470	1.890
	正舒 35 g/巢 0.015% spinosyns 35 g/nest	1.351	21.207	0.487	16	630	0.395	2.482
	茚虫威 5 g/巢 0.045% indoxacarb 5 g/nest	1.659	18.992	0.647	13	201	0.253	2.451
	对照 Control	1.144	29.413	0.392	14	522	0.515	2.237
施药后 15 d 15 days after insecticides application	高效氯氰菊酯 2 000 倍 β-cypermethrin 2 000×	1.969	5.248	0.746	14	153	0.181	2.783
	红蚁净 30 g/巢 0.096% fipronil 30 g/nest	1.808	11.745	0.704	13	93	0.280	2.868
	正舒 35 g/巢 0.015% spinosyns 35 g/nest	2.011	5.900	0.710	17	219	0.189	3.155
	茚虫威 5 g/巢 0.045% indoxacarb 5 g/nest	1.847	7.841	0.700	14	101	0.227	3.034
	对照 Control	1.368	7.384	0.631	12	122	0.277	2.498
施药后 30 d 30 days after insecticides application	高效氯氰菊酯 2 000 倍 β-cypermethrin 2 000×	1.834	5.913	0.738	12	266	0.227	2.149
	红蚁净 30 g/巢 0.096% fipronil 30 g/nest	2.037	6.802	0.735	16	250	0.174	2.898
	正舒 35 g/巢 0.015% spinosyns 35 g/nest	1.826	7.202	0.658	16	484	0.216	2.588
	茚虫威 5 g/巢 0.045% indoxacarb 5 g/nest	2.113	5.000	0.762	16	228	0.155	2.947
	对照 Control	1.610	3.833	0.786	10	77	0.202	2.302
施药后 45 d 45 days after insecticides application	高效氯氰菊酯 2 000 倍 β-cypermethrin 2 000×	2.119	7.500	0.764	16	201	0.169	3.017
	红蚁净 30 g/巢 0.096% fipronil 30 g/nest	1.858	13.826	0.656	17	343	0.255	2.912
	正舒 35 g/巢 0.015% spinosyns 35 g/nest	2.145	6.511	0.729	19	320	0.165	3.294
	茚虫威 5 g/巢 0.045% indoxacarb 5 g/nest	2.012	6.504	0.743	15	186	0.178	2.870
	对照 Control	1.551	5.720	0.746	8	149	0.288	1.599
施药后 60 d 60 days after insecticides application	高效氯氰菊酯 2 000 倍 β-cypermethrin 2000×	1.770	5.908	0.690	13	194	0.224	2.468
	红蚁净 30 g/巢 0.096% fipronil 30 g/nest	1.697	15.453	0.643	14	116	0.323	2.945
	正舒 35 g/巢 0.015% spinosyns 35 g/nest	1.822	17.927	0.562	15	374	0.162	2.532
	茚虫威 5 g/巢 0.045% indoxacarb 5 g/nest	2.072	3.903	0.834	12	84	0.160	2.708
	对照 Control	0.863	30.439	0.393	9	394	0.638	1.506
施药后 75 d 75 days after insecticides application	高效氯氰菊酯 2 000 倍 β-cypermethrin 2 000×	1.580	10.500	0.659	11	164	0.310	2.157
	红蚁净 30 g/巢 0.096% fipronil 30 g/nest	1.673	5.070	0.726	10	111	0.161	2.123
	正舒 35 g/巢 0.015% spinosyns 35 g/nest	1.603	14.204	0.609	10	379	0.311	1.684
	茚虫威 5 g/巢 0.045% indoxacarb 5 g/nest	1.735	4.835	0.754	10	186	0.233	1.914
	对照 Control	1.083	19.520	0.493	9	258	0.523	1.621
施药后 90 d 90 days after insecticides application	高效氯氰菊酯 2 000 倍 β-cypermethrin 2 000×	1.284	11.016	0.618	8	314	0.409	1.392
	红蚁净 30 g/巢 0.096% fipronil 30 g/nest	1.222	6.023	0.682	6	97	0.371	1.312
	正舒 35 g/巢 0.015% spinosyns 35 g/nest	1.827	3.029	0.878	8	149	0.188	1.599
	茚虫威 5 g/巢 0.045% indoxacarb 5 g/nest	1.629	4.937	0.783	8	162	0.255	1.573
	对照 Control	1.114	26.958	0.448	12	245	0.524	2.181

续表 1 (Table 1 continued)

时间 Time	药剂 Pesticides	*H'*	*D*	*J*	*S*	*N*	*C*	*R*
施药后 105 d 105 days after insecticides application	高效氯氰菊酯 2 000 倍 β-cypermethrin 2 000×	1.601	7.167	0.668	11	412	0.272	1.827
	红蚁净 30 g/巢 0.096% fipronil 30 g/nest	1.959	4.762	0.817	11	124	0.184	2.282
	正舒 35 g/巢 0.015% spinosyns 35 g/nest	2.126	4.250	0.856	12	122	0.154	2.498
	茚虫威 5 g/巢 0.045% indoxacarb 5 g/nest	1.751	5.186	0.761	10	186	0.223	1.914
	对照 Control	1.492	12.209	0.566	14	223	0.318	2.589

H'：Shannon-Wiener 多样性指数 Diversity index；*D*：Berger-Parker 指数 Berger-Parker index；*J*：Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index；*S*：物种数 Species；*N*：个体数量 Number；*C*：优势集中度 Concentration；*R*：丰富度 Abundance. 表 2 同 The same with Table 2.

Wiener 多样性指数一直处于一种下降趋势，可能原因是由于高效氯氰菊酯的施用方法是灌巢，药剂大量渗入土壤中，残留量较大，并且降解速度较慢，对在其上活动的节肢动物群落有一定的负面影响。施用的饵剂方面，正舒 35 g/巢、和茚虫威 5 g/巢与其他处理相比较均表现为多样性指数较高，说明这 2 种药剂对节肢动物群落其他物种影响相对较小。

通过对节肢动物群落各项指数进行差异显著性比较（表 2），得出在不同处理区的各项指数间存在一定差异。以 8 次调查的数据为重复，运用方差分析的方法，得到高效氯氰菊酯 2 000 倍液、红蚁净 30 g/巢、正舒 35 g/巢和茚虫威 5 g/巢处理区的多样性指数和均匀度指数显著大于对照区。说明药剂使用后，处理区的群落的物种丰富度得到恢复，节肢动物群落结构也趋于复杂化。4 个药剂处理区与对照区间的种群优势度和优势集中度均存在显著差异，说明对照区的节肢动物群落趋于单一化和简单化，其中主要原因是红火蚁种群占群落中相当高的比例，表明通过药剂的处理，对降低节肢动物群落中种群优势度和优势集中度有显著作用。

通过对处理区和对照区草坪上常见且发生量较大的节肢动物种类进行了方差分析（表 3），结果表明在药剂使用后，处理的物种数量较红火蚁发生对照区明显上升，其中以本地蚂蚁的数量上升最为明显。而研究发现，饵剂处理区，节肢动物群落的非靶标生物的数量最丰富。正舒、茚虫威、高效氯氰菊酯和红蚁净处理区内黑头酸臭蚁的数量分别为 21.75、16.88、13.88 和 15.55 头，显著高于红火蚁发生对照区的 3.12 头。而所施用的灌巢药剂高效氯氰菊酯乳油对节肢动物群落的非靶标生物影响较大。红火蚁发生区对照区的鼠妇 *Porceeio laevis* 的数量为 23.25 头，高效氯氰菊酯和高效红蚁净处理区中鼠妇仅为 9.20 头，说明高效氯氰菊酯对鼠妇产生的杀伤作用显著大于红火蚁种群对试验区内鼠妇造成的伤害。

3　讨论

红火蚁入侵会破坏入侵地区的生态环境，取代本地蚂蚁（Porter and Savignano，1990；吴碧球等，2008）。对红火蚁进行化学防治会对生态环境和本地生物群落等产生一系列的负面影响（Markin *et al.*，1974；Wojcik *et al.*，1992；Vogt *et al.*，2005）。选择红火蚁防治效果好同时又对非靶标生物伤害小的化学药剂在红火蚁防治中显得异常重要。本文结果表明，在施药后的 4 个月的时间里，选用的氟虫腈、多杀菌素、高效氯氰菊酯和茚虫威 4 种药剂对草坪上的节肢动物群落都有一定的积极影响。较为明显的规律是饵剂在防治红火蚁种群时，对其他节肢动物比较安全，节肢动物群落的得到不同程度的恢复。说明化学防治能降低红火蚁种群密度，从而降低对其其他节肢动物的竞争力，而使其他节肢动物种群得以恢复，从而增加药剂处理区的生物多样性和丰富度。然后，高效氯氰菊酯和红蚁净处理区节肢动物群落多样性得到一定程度的恢复，但是两

表 2　各处理区间节肢动物群落指数差异性比较

Table 2　Indices of arthropod community compared with different treatments

药剂 Pesticides	节肢动物群落指标 Arthropod community indices						
	H′	*D*	*J*	*S*	*N*	*C*	*R*
高效氯氰菊酯 2 000 倍 β-cypermethrin 2 000×	1.70±0.097a	7.45±0.766b	0.69±0.021a	12.00±0.845ab	265.13±37.559ab	0.26±0.028b	2.20±0.190ab
红蚁净 30 g/巢 0.096% fipronil 30 g/nest	1.69±0.107a	10.49±2.022b	0.69±0.030a	12.25±1.250ab	182.63±37.672ab	0.29±0.035b	2.40±0.213a
正舒 35 g/巢 0.015% spinosyns 35 g/nest	1.78±0.112a	10.03±2.407b	0.68±0.048a	14.13±1.328a	334.66±60.699a	0.26±0.038b	2.48±0.213a
茚虫威 5 g/巢 0.045% indoxacarb 5 g/nest	1.85±0.067a	5.65±0.467b	0.75±0.020a	12.25±0.977ab	166.75±17.541b	0.21±0.014b	2.43±0.197a
对照 Control	1.31±0.118b	16.93±3.910a	0.56±0.054b	11.00±0.823ab	248.75±52.106ab	0.41±0.056a	2.07±0.152ab

表中数据为平均值±SE，同列数据后标有相同小写字母表示差异不显著（Duncan's 多重比较检验，$P>0.05$）。

Data are mean±SE, and followed by the same letters in the same column indicate no significant difference (Duncan's multiple range tset, $P>0.05$).

表 3　化学药剂处理后对草坪上非靶标节肢动物的影响

Table 3　Effect of no-target arthropods on the lawn by pesticides

目别 Orders	物种类别 Species	药剂名称 Names of pesticides				
		正舒 35 g/巢 0.015% spinosyns 35 g/nest	高效氯氰菊酯 2 000 倍 β-cypermethrin 2 000×	红蚁净 30 g/巢 0.096% fipronil 30 g/nest	茚虫威 5 g/巢 0.045% indoxacarb 5 g/nest	对照 Control
蜘蛛目 Araneida	老狡蛛 *Dolomedes senilis*	51.75±6.28a	35.88±3.20cd	43.75±2.25abc	47.25±3.35ab	28.22±3.22d
膜翅目 Hymenoptera	皮氏大头蚁 *Pheidole pieli*	28.50±2.25ab	24.88±2.78abc	24.75±2.25abc	31.75±3.72a	21.25±2.66bc
	黑头酸臭蚁 *Tapinomamel anocephalum*	21.75±4.33a	13.88±3.24ab	15.55±2.85ab	16.88±3.11ab	3.125±1.05c
半翅目 Hemiptera	六室叶蝉 *Tettigoniella speetra*	47.75±3.02a	36.85±2.78bcd	32.75±2.25cd	42.88±2.39ab	39.08±2.34abc
蜚蠊目 Blattaria	德国小蠊 *Blattella germanica*	8.87±2.09a	3.37±1.28ab	3.625±1.04ab	8.09±2.47a	3.62±1.33ab
直翅目 Orthoptera	蟋蟀 *Gryllus* sp.	15.75±3.42a	6.125±3.10bc	5.88±2.18bc	7.25±2.35bc	4.00±1.33bc
等足目 Isopoda	鼠妇 *Porceeio laevis*	27.75±4.38a	9.20±3.15de	16.75±3.25bc	23.25±2.67ab	20.13±2.26abc

表中数据为平均值±SE，同行数据后标有相同小写字母表示差异不显著（Duncan's 多重比较检验，$P>0.05$）。

Data are mean±SE, and followed by the same letters in the same row indicate no significant difference (Duncan's multiple range tset, $P>0.05$).

种药剂还是会对部分非靶标生物造成负面影响，甚至是对造成严重的杀伤。

Markin 等（1974）调查发现灭蚁灵的大量施用导致本地蚂蚁的多样性显著下降。Vogt 等（2005）比较不同时间段施用氟蚁腙饵剂防治红火蚁可以导致本地蚂蚁多样性下降。欧阳卫民（2009）调查发现，在红火蚁发生区施用锐劲特、灭蚁灵、乐斯本和高效氯氰菊酯等后，本地蚂蚁群落得到不同程度的恢复，种群结构趋于稳定。而本文对两种本地蚂蚁的调查发现，在施用的 4 种药剂后，皮氏大头蚁 *Pheidole pieli* 的数量除茚虫威外，均与红火蚁发生区差异不显著；而黑头酸臭蚁 *Tapinoma melanocephalum* 的数量则快速上升，与对照差异显著。这可能是不同药剂对不同蚂蚁毒力不同造成的。因此为达到防治红火蚁并保护本地的蚂蚁的目的，应选择对红火蚁高效而对其他种类蚂蚁效果较差的化学药剂并同时注意用药剂量，以保证对其他节肢动物的安全性。

参考文献 (References)

Allen CR, Demarais S, Lutz RS, 1995. Red imported fire ants on northern bobwhite population. *Ecological Application*, 5(3): 632–638.

Chen HY, Feng X, Lu LH, Liu J, Zhou XM, Mo Y, 2006. Bioassay of contact insecticides to red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren. *Guangdong Agricultural Sciences*, (5): 28–30. [陈焕瑜, 冯夏, 吕利华, 刘杰, 周小毛, 莫严, 2006. 防治红火蚁触杀型药剂的筛选. 广东农业科学, (5): 28–30.]

Ding CC, Zou YD, Bi SD, Gao CQ, Li CG, Chen XY, Li F, 2004. The disturbance of pesticide from plant KKY on the characteristic parameters of arthropod community at plum orchards. *Journal of Anhui Agricultural University*, 31(4): 488–490. [丁程成, 邹运鼎, 毕守东, 高彩球, 李昌根, 陈向阳, 李芬, 2004. 植物源杀虫剂 KKY 对李园节肢动物群落特征参数的干扰. 安徽农业大学学报, 31(4): 488–490.]

Gao CQ, Gan DJ, Bi SD, Zou YD, Ding CC, Li F, Chen XY, 2004. Effect of crude composite pesticide from plant (KKY) on structure of arthropod community at jujube orchard. *Journal of Anhui Agricultural University*, 31(2): 148–150. [高彩球, 甘德俊, 毕守东, 邹运鼎, 丁程成, 李芬, 陈向阳, 2004. 植物源杀虫剂 KKY 对枣园节肢动物群落结构的影响. 安徽农业大学学报, 31(2): 148–150.]

Huang J, Zeng L, Lu YY, 2007. Infestation probability of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*, in nursery and stocks. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(2): 217–220. [黄俊, 曾玲, 陆永跃. 2007. 带土园艺植物传播红火蚁的风险调查. 昆虫知识, 44(2): 217–220.]

Liu J, Lu LH, Chen HY, Feng X, Zhou XM, He YR, 2006. Red imported fire ant control with firronil mound drenches and its impact in ant community. *Guangdong Agricultural Sciences*, (5): 24–27. [刘杰, 吕利华, 陈焕瑜, 冯夏, 周小毛, 何余容, 2006. 灌巢对红火蚁的防效评价及对蚂蚁群落的影响. 广东农业科学, (5): 24–27.]

Lu YY, Zeng L, 2015. 10 years after red imported fire ant found to invade China: history, current situation and trend of its infestation. *Plant Quarantine*, 29(2): 1–6. [陆永跃, 曾玲, 2015. 发现红火蚁入侵中国 10 年: 发生历史、现状与趋势. 植物检疫, 29(2): 1–6.]

Markin GP, 1974. Regional variation in the seasonal activity of the imported fire ant, *Solenopsis saevissima richter*. *Environmental Entomology*, 3(3): 446–452.

Mao RQ, Gu DX, Zhang GR, Zhang WQ, 2001. Dynamics of brown planthopper egg-parasitoid community in non rice habitats. *Acta Ecological Sinica*, 21(6): 942–947. [毛润乾, 古德祥, 张古忍, 张文庆, 2001. 非稻田生境褐飞虱卵寄生蜂群落动态. 生态学报, 6(6): 942–947.]

Mo JY, Li ZH, Zheng FQ, Mao XM, Qiu YQ, Liu SJ, Qu CH, 1997. Community structure of major insect pests and their natural enemies and ecological management of major insect pests in apple orchard. *Journal of Shandong Agricultural University*, 28(3): 253–261. [牟吉元, 李照会, 郑方强, 毛学明, 邱玉琴, 刘世江, 曲诚怀, 1997. 苹果园主要害虫及天敌群落结构和生态控制的研究. 山东农业大学学报: 自然科学版, 28(3): 253–261.]

Ouyang WM, 2008. The effect of chemical control on red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren and the community of native ant species. Master dissertation. Guangzhou: South China Agricultural University. [欧阳卫民, 2008. 化学防治对红火蚁控制作用及对蚂蚁群落的影响. 硕士学位论文. 广州: 华南农业大学硕士论文.]

Porter SD, Savignano DA, 1990. Invasion of polygyne fire ants decimates native ants and disrupts arthropod community. *Ecology*, 71(6): 2095–2106.

Song XY, Liao HW, 1996. T^2 test and its application in ecology. *Natural Enemies of Insects*, 18(4): 155–158. [宋心远, 廖红文, 1996. T^2 检验及其在生态学中的应用. 昆虫天敌, 18(4): 155–158.]

Tian WJ, Zhuang TW, Cheng SL, Wang CX, Liang MF, Zeng HB, 2006. The acute toxicity of pyragne, an insecticide for control of *Solenopsis invicta*, to sword fish (*Xiphophorus helleri*). *Journal of Bulletin Entomology*, 42(6): 650–653. [田伟金, 庄天勇, 程树兰, 王春晓, 梁梅芳, 曾环标, 2006. 红火蚁专性药剂红蚁净对剑尾鱼的急性毒性试验. 昆虫知识, 42(6): 650–653.]

Vogt JT, Reed JT, Brown RL, 2005. Timing bait applications for control of imported ants (Hymenoptera: Formicidae) in Mississippi: the effects on nontarget ants. *International Journal of Pest Management*, 51(2): 121–130.

Wojcik DP, 1983. Comparison of the ecology of red imported fire ants in North and South America. *Florida Entomology*, 66(1): 101–111.

Wojcik DP, Allen CR, Brenner RJ, Forys EA, Jouvenaz DP, Lutz RS, 2001. Red imported fire ants: impact on biodiversity. *American Entomologist*, 47(1): 16–23.

Wu BQ, Lu YY, Zeng L, Liang GW, 2008. Influence of *Solenopsis invicta* Buren invasion on the native ant communities in different habitats in Guangdong. *Chin*. *Journal of Applied Ecology*, 19(1): 151–156. [吴碧球, 陆永跃, 曾玲, 梁广文, 2008. 红火蚁入侵对广东多种生境中蚂蚁类群的影响. 应用生态学报, 19(1): 151–156.]

Zeng L, Lu YY, He XF, Zhang WQ, Liang GW, 2005. Identification of red imported fire ant Solenopsis invicta to invade mainland China and infestation in Wuchuan, Guangdong. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(2): 144–148. [曾玲, 陆永跃, 何晓芳, 张维球, 梁广文, 2015. 入侵中国大陆的红火蚁的鉴定及发生为害调查. 昆虫知识, 42(2): 144–148.]

Zeng XN, Xiong ZH, Guo J, Huang FT, Wu SX, 2006. Toxicity and transferring activity of spinosad against *Solenopsis invicta* Buren. *J. South China Agri. Univ*. , 26(3): 40–42. [曾鑫年, 熊忠华, 郭景, 黄福田, 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. 华南农业大学学报(自然科学版), 26(3): 40–42.]

Zhou HX, Xiao XM, Zhao CS, Sun LN, Li WZ, 2003. The effects of chemical pesticides on arthropod community in spring wild cabbage field. *Journal of Laiyang Agricultural College*, 20(3): 180–183. [周洪旭, 乔晓明, 赵春生, 孙立宁, 李文志, 2003. 化学杀虫剂对春甘蓝田节肢动物群落结构的影响. 莱阳农学院学报, 20(3): 180–183.]

Zhuang TY, Tian WJ, Li XN, Wang CX, Wu SH, Wang L, Liang MF, 2007. Efficacy of pyragne in controlling the red fire ant, *Solenopsis invicta*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(5): 746–748. [庄天勇, 田伟金, 李小妮, 王春晓, 吴仕豪, 王琳, 梁梅芳, 2007. 红蚁净防治红火蚁的药效试验. 昆虫知识, 44(5): 746–748.]