

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2014.02.003

红火蚁在云南的入侵风险分析

陈晓燕¹, 马平², 余猛³, 李正跃¹, 黄正鸿⁴, 桂富荣^{1*}

¹云南农业大学植物保护学院, 农业生物多样性与病虫害控制教育部重点实验室, 云南昆明 650201;
²云南省农业科学院农业经济与信息研究所, 云南昆明 650203; ³云南省玉溪市国土资源局
红塔分局, 云南玉溪 653100; ⁴云南省宁蒗县植保植检站, 云南宁蒗 674300

摘要:【背景】红火蚁是一种严重威胁公共设施、动植物和人类安全的重要害虫,在国际上被列为极具破坏性和攻击性的入侵生物之一。自2004年在我国大陆广东省首次发现以来,其发生范围急剧扩大,目前已扩散至南方多个省份。【方法】通过分析该虫进入、定殖和扩散的可能性、危害影响和危害管理难度等5个方面,依据国际植物检疫措施标准(ISPM)中的有害生物风险分析原则,利用云南外来入侵有害生物多指标综合评价体系,对红火蚁在云南的入侵风险进行评估。【结果】通过定性和定量风险分析,对其入侵云南的风险做出综合评价,得出风险评估值 $R=2.25$ 。【结论与意义】红火蚁在云南属高度风险的有害生物,需在云南各口岸进境检疫中实施相应的风险管理,分析结果可为云南省开展红火蚁的检疫防控提供参考。

关键词: 红火蚁; 多指标综合评价体系; 云南; 风险分析

Invasive risk analysis of *Solenopsis invicta* Buren using integrated multi-index evaluation system in Yunnan Province

Xiao-yan CHEN¹, Ping MA², Meng YU³, Zheng-yue LI¹, Zheng-hong HUANG⁴, Fu-rong GUI^{1*}

¹Key Laboratory for Agricultural Biodiversity and Pest Management of Ministry of Education, College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China; ²Institute of Agricultural Economy and Information, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming, Yunnan 650203, China;
³Hongta Branch of Yuxi Land Resources Bureau in Yunnan Province, Yuxi, Yunnan 653100, China;
⁴Ninglang Plant Protection and Quarantine Station, Ninglang, Yunnan 674300, China

Abstract: 【Background】The red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren, is a significant pest that seriously threatens plants and animals, and humans. It was listed as one of the most destructive and aggressive invasive alien species in the world. Since its first appearance in Guangdong Province of mainland China in 2004, it has spread rapidly to other regions. 【Method】In accordance with the guidelines for pest risk analysis of the International Standards for Phytosanitary Measures (ISPM) of FAO, an integrated multi-index evaluation system was performed in the Yunnan Province. It examined five aspects of invasion risk: possibility of introduction, establishment and diffusion, harmful influence and hazard management. 【Result】The risk assessment value for red imported fire ant in Yunnan Province was 2.25. 【Conclusion and significance】Red imported fire ants belong to high risk of harmful pest, and it is essential to implement the corresponding risk management and quarantine in the entry port of Yunnan Province.

Key words: *Solenopsis invicta* Buren; multi-index evaluation system; Yunnan; risk analysis

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 是一种杂食性土栖蚁类害虫,属膜翅目 Hymenoptera 蚁科 Formicidae 家蚁亚科 Mymicinae 火蚁属 *Solenopsis*,原产于南美洲巴拉那河流域(Buren,1974),具有很强的隐蔽性和繁殖、扩散能力(Allen *et al.*,1995)。该虫不仅危害农业生产、公共安全和公共卫生,而且能利用其巨大的生态位优势对被入侵地的生态环境造成极大破坏,产生巨大经济损失。随着经济全球化

收稿日期(Received): 2014-04-03 接受日期(Accepted): 2014-05-11
基金项目: 云南省科技创新团队计划(2011HC005); 国家自然科学基金项目(31260450); 云南省科技人才培养计划(2013HB072); 云南省农业厅项目(云财农[2014]50号-2130106)
作者简介: 陈晓燕,女,硕士研究生。研究方向: 外来生物入侵。E-mail: cxy_05@163.com
* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: furonggui18@sina.com

和国际贸易的不断发展,20 世纪 30 ~ 40 年代,红火蚁随船只被带入美国 (Lofgren *et al.*, 1975; Vinson, 1997; Vinson & Greenberg, 1986), 在美国南部以 $198 \text{ km} \cdot \text{a}^{-1}$ 的速度向外扩散 (Morrill, 1974), 并于 2001 年入侵澳大利亚 (Natrass & Vanderwoude, 2001; Solley *et al.*, 2002)。据报道,2003 年红火蚁已入侵中国台湾桃园与嘉义地区,2005 年曾玲等通过对红火蚁的形态特征进行鉴定,证实红火蚁入侵中国大陆。目前该虫已扩散至广西、福建、湖南等南方多个省、自治区。

2005 年,农业部将红火蚁定为中华人民共和国进境植物检疫性有害生物和全国植物检疫性有害生物[农业部公告(第 453 号)],2013 年国家林业局发布了 14 种“全国林业检疫性有害生物名单”,红火蚁位列其中[国家林业局公告(2013 年第 4 号)]。各级农业植物检疫机构迅速展开了疫情普查与封锁控制工作,相关研究工作也相继展开,对有关红火蚁在中国大陆的潜在分布区进行了分析和预测(薛大勇等,2005;陈晨等,2006;陈林等,2007)。

随着 2003 年中国加入 WTO,以及东盟自由贸易区的深入发展,云南已成为中国通向东南亚和南亚的桥头堡,成为中国参与东盟自由贸易区建设的重要力量。红火蚁一旦传入,将严重危害云南省农林生产安全,影响对外贸易的发展。本文依据国际植物检疫措施标准 (ISPM11) 中的有害生物风险分析原则,根据马平等(2008)提出的云南外来入侵有害生物多指标综合评价体系,在充分考虑其整体性、层次性、重要性和实用性原则的基础上,对红火蚁入侵云南的风险进行评估。通过风险分析,明确该虫对云南的入侵风险,为防止红火蚁的入侵,保护云南省农林生产安全和居民健康提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源

本文分析所引数据、文献材料均来源于 CNKI、CABI、SCI(科学引文索引)、NSTL 外文文献等数据库。

1.2 分析方法

依据 FAO/ISPM 规定的有害生物风险分析程序,参照徐汝梅(2003)制定的风险分析框架,根据马平等(2008)提出的云南外来入侵有害生物多指标综合评价体系,从进入可能性、定殖可能性、扩散

可能性、危害影响和危害管理难度等 5 个一级指标对红火蚁入侵云南的风险进行定性和定量分析,一级指标再细分为多个二级指标,计算总 R 值。

2 结果与分析

2.1 红火蚁定性分析

2.1.1 进入可能性 红火蚁喜湿并对极高的温度有较强的忍耐性,这一特性使其在储存期间存活率大大增加。其觅食的土壤表面温度范围为 $12 \sim 51 \text{ }^{\circ}\text{C}$,生长发育的最适宜温度范围为 $26 \sim 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因此,在活体植物运输或木材调运过程中,红火蚁对极端环境条件具有极强的适应性(陈乃中等,2005)。

2005 年,广东增城首次从澳大利亚进口废纸中截获红火蚁(韦昌华等,2005)。随后,我国其他各口岸频频有截获红火蚁的报道。马骏等(2010)对 2005 ~ 2007 年广东口岸截获红火蚁情况进行分析后发现,广东口岸近年截获红火蚁批次逐年增加,其传带货物来源的国家和地区多,种类复杂,检验检疫形式日益严峻。从广东口岸放眼全国乃至云南,由于地区贸易和对外出口贸易的不断增加,红火蚁一旦在云南成功定殖和扩散,将会带来不可估量的经济损失。

2.1.2 定殖可能性 从目前的分布区看,红火蚁集中在我国热带和亚热带地区,杜予州等(2007)研究认为,红火蚁在中国的适生范围为 $16.32^{\circ}\text{N} \sim 41.33^{\circ}\text{N}$ 、 $91.46^{\circ}\text{E} \sim 122.01^{\circ}\text{E}$,该虫筑巢趋向于靠近水源、阳光充足的开阔地带,在气温高于 $21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,觅食活动较频繁。就地理位置看,云南正处于该虫分布的纬度范围内。就气候条件看,云南立体气候明显,红火蚁在云南多地都能找到适宜的生存环境。就红火蚁自身生物学特性看,其抗逆性和繁殖力都很强,通过红火蚁的适生性分析,云南的部分地区属于红火蚁的入侵危险区。

2.1.3 扩散可能性 红火蚁的扩散主要通过人为传播和自然扩散来扩大其领地面积,一般几十公里以上的远距离传播都借助人方式。其传播途径多样,不仅可通过迁飞和随水流等方式自然扩散,而且能随受侵染的草皮、苗木、盆景等带有土壤的园艺产品和栽培介质等远距离快速扩散。在新地域定居下来后,局部空间内红火蚁主要依靠婚飞、短距离分巢、迁移等方式进行自然扩散、迁移。对于单蚁后型蚁群,通过大量形成有性生殖蚁婚飞、

落地建巢进行逐步扩张,逐渐占领临近空间。

2.1.4 危害影响 红火蚁作为一种危害严重的入侵物种,对被入侵地将造成极大经济损失,不仅取食危害农作物,还会妨碍农事操作,破坏灌溉系统,同时危害户外电子设备。该虫具有很强的攻击性,儿童、老人和过敏体质者是受红火蚁威胁的“高危人群”。由于红火蚁具有极强的生态适应力,与其他物种的竞争能力也特别强,其适生范围广,检疫难度大,一旦传入,势必严重影响一个地区甚至一个国家进出口经贸的往来,对当今国际经济一体化、经贸往来频繁的国家具有很大的潜在经济危害性。

2.1.5 危害管理难度 目前,国内对红火蚁的鉴定主要按照国家标准——红火蚁检疫鉴定方法(GB/

T 23634 – 2009),对来自疫区的有关植物材料及运输工具进行现场检验,主要根据红火蚁的形态学,再结合蚁丘大小和攻击性强等生物学特性作为辅助判断。不同季节铲除红火蚁的方法不同,在温度较高的春、夏、秋季,红火蚁的活动能力较强,诱饵诱杀的办法较好;而在温度较低的冬季,红火蚁活动较弱或基本不活动的时期,药剂灌巢效果较好。

2.2 红火蚁定量分析

2.2.1 风险指标层赋值 根据对红火蚁入侵风险的定性分析结果,应用马平等(2008)提出的云南外来入侵有害生物多指标综合评价体系的分析方法,对红火蚁入侵云南的风险指标层的各因子进行赋值(表 1)。

表 1 云南省红火蚁的多指标综合评价体系指标层评价
Table 1 The index layer evaluation of integrated multi-index evaluation system for *S. invicta* in Yunnan Province

序号 No.	评判指标 Index values	评判标准 Score criteria	赋分值 Score
进入可能性 P_1 Possibility of entry	传入地的发生程度 P_{11} Degree of the pest break out in PRA * area	国内分布面值大于 50% Distribution area in China is bigger than 50%	2
		国内分布面积占 20% ~ 50% Distribution area in China at 20 ~ 50%	
		国内分布面积占 0% ~ 20% Distribution area in China at 0% ~ 20%	
		国内无分布 No distribution in PRA area	
	各国的重视程度 P_{12} Degree of quarantine in other country	无 Without	1
		9 ~ 1 个 1 ~ 9 countries	
		19 ~ 10 个 10 ~ 19 countries	
		20 个以上的国家将其列为检疫对象 More than 20 countries listed it as quarantine pest	
	运输过程中红火蚁的存活率 P_{13} Survival rate of pest in transport	存活率为 0 Survival rate is 0	3
		在 10% ~ 0 之间 Between 10% ~ 0	
		在 40% ~ 10% 之间 Between 40% ~ 10%	
		运输过程中红火蚁的存活率在 40% 以上 More than 40%	
	截获频率 P_{14} Intercepted degree of the pest	从未被截获或历史上截获过少数几次 Not been intercepted or a few times	3
		偶尔被截获 Occasionally	
		经常被截获 Frequently	

续表 1

序号 No.	评判指标 Index values	评判标准 Score criteria	赋分 Score
定殖可能性 P_2 Possibility of establishment	红火蚁生物学特性 P_{21} Biological characters of <i>S. invicta</i>	对红火蚁适生无影响 No influence on <i>S. invicta</i>	3
		抗逆性强,繁殖能力弱 With strong resistance, weak reproduce ability	
		繁殖能力强,抗逆性弱 With weak resistance, strong reproduce ability	
		繁殖能力和抗逆性都较强 Reproduce and resistance ability are both strong	
		繁殖能力和抗逆性都较弱 Reproduce and resistance ability are both weak	
	云南可适生地理环境 P_{22} Suitable area in PRA area	本地区没有适生地理环境条件 No suitable area in PRA area	2
		在 20% ~ 0 之间 Between 20% ~ 0%	
		在 50% ~ 20% 之间 Between 50% ~ 20%	
		在 50% 以上的地区能够适生 More than 50% in PRA area	
		在 50% 以下的地区能够适生 Less than 50% in PRA area	
扩散可能性 P_3 Possibility of diffusion	传播方式 P_{31} Means of diffusion	没有传播能力 No diffusion ability	3
		传播方式单一,传播能力较弱 Single diffusion mean, with weak diffusion ability	
		传播方式多,传播能力一般 Various diffusion means, with general diffusion ability	
		传播方式多,传播能力强 Various diffusion means, with strong diffusion ability	
		传播方式少,传播能力弱 Few diffusion means, with weak diffusion ability	
	国外的分布情况 P_{32} Distribution in other country	0 Without	1
		在 20% ~ 0 之间 Between 20% ~ 0%	
		在 50% ~ 20% 之间 Between 50% ~ 20%	
		在世界 50% 以上的国家有分布 More than 50% countries	
		在世界 50% 以下的国家有分布 Less than 50% countries	
	天敌存在可能性 P_{33} Likelihood of natural enemy to control pest in PRA area	存在有效的天敌,作用明显 Effective natural enemies, with obvious effect	2
		存在天敌,但作用不明显 Not obvious effect	
		不存在有效的天敌 No effective natural enemies	
		存在有效的天敌,作用不明显 Effective natural enemies, with not obvious effect	
		不存在天敌 Without natural enemies	
危害影响 P_4 Harmful effects	受害栽培寄主的种类 P_{41} Variety of hosts	无 Without	3
		4 ~ 1 种 1 ~ 4 kinds	
		9 ~ 5 种 5 ~ 9 kinds	
		受害的栽培寄主达 10 种以上 More than 10 kinds	
		受害的栽培寄主达 5 种以上 More than 5 kinds	
	受害栽培寄主的种植面积 P_{42} The planting areas of hosts	无 Without	2
		小于 150 万 hm^2 Less than $1.5 \times 10^6 \text{ hm}^2$	
		350 ~ 150 万 hm^2 $3.5 \times 10^6 \sim 1.5 \times 10^6 \text{ hm}^2$	
		受害栽培寄主面积达 350 万 hm^2 $3.5 \times 10^6 \text{ hm}^2$	
		受害栽培寄主面积 150 万 ~ 350 万 hm^2 $1.5 \times 10^6 \sim 3.5 \times 10^6 \text{ hm}^2$	

续表 1			
序号 No.	评判指标 Index values	评判标准 Score criteria	赋分值 Score
危害管理难度 P_5 Difficulty of harmful management	受害寄主的潜在损失水平 P_{43} Level of potential economic loss to pests	对寄主无影响 No influence	2
		损失面积占寄主栽培面积 0 ~ 1% Between 0 ~ 1%	
		1% ~ 10% Between 1% ~ 10%	
		10% ~ 100% Between 10% ~ 100%	
	是否为其他检疫性有害生物的传播媒介 P_{44} How likely is the pest to carry the other pest	不传带任何检疫性有害生物 No transmitting any quarantine pest	2
		传带 1 种 Transmitting 1 kind	
		传带 2 种 Transmitting 2 kinds	
		可以传带 3 种以上的检疫性有害生物 Transmitting more than 3 kinds	
	非经济方面的潜在损失水平 P_{45} Level of potential loss with non-economic factor	无社会 and 生态方面损失 No social and ecological damage	3
		仅防治手段对生态和社会资源造成严重损害 Only control mean causes serious damage	
		仅红火蚁本身对生态和社会资源造成严重损害 Only <i>S. invicta</i> itself causes serious damage	
		防治手段和红火蚁本身都对生态和社会资源造成严重损害 Both control mean and <i>S. invicta</i> itself cause serious damage	
	检疫鉴定难度 P_{51} Degree of the pest be quarantined	检疫鉴定方法简单,非常迅速且可靠 Simple inspection, with fasty and high reliability	1 或 2
		可以鉴定,但方法复杂 Complicated method	
		有方法,但不可靠 Low reliability	
		现有检疫鉴定方法可靠性低,花费时间长 Low reliability, with much time	
	除害处理难度 P_{52} Degree of the pest be cured	除害率为 100% 100%	2
		除害率在 50% ~ 100% 之间 Between 50% ~ 100%	
		除害率在 50% 以下 Less than 50%	
		现有的除害处理方法几乎完全不能除害 Nearly cannot kill the pest	
	根除难度 P_{53} Degree of the pest be eradicated	田间防治效果显著,成本很低,简便 Good effect, with low cost and easy work	1 或 2
		田间防治效果显著,简便,但成本很高 Good effect, with easy work and high cost	
		防效好,但方法复杂,难度大,成本高 Good effect, complicated, with much difficulty and high cost	
		田间防治效果差,成本高,难度大 Poor effect, with much difficulty and high cost	

* PRA 是有害生物风险分析。
* PRA means pest risk analysis.

2.2.2 计算评价 根据表 1 中指标值的赋值和云南外来入侵有害生物多指标综合评价体系的计

算方法,计算红火蚁入侵云南的风险值。

$$P_1 = \sqrt[4]{P_{11} \times P_{12} \times P_{13} \times P_{14}} = 2.06$$

$$P_2 = 0.7 \times P_{21} + 0.3 \times P_{22} = 2.70$$

$$P_3 = 0.6 \times P_{31} + 0.2 \times P_{32} + 0.2 \times P_{33} = 2.60$$

$$P_4 = \text{Max}(P_{41}, P_{42}, P_{43}, P_{44}, P_{45}) = 3$$

$$P_5 = (P_{51} + P_{52} + P_{53}) / 3 = 1.33$$

$$R = \sqrt[5]{P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times P_5} = 2.25$$

红火蚁入侵云南的风险值 R 值为 2.25, 根据马平(2008)提出的外来有害生物风险评价等级划分标准, $R > 1.5$ 的有害生物可以被列为检疫性有害生物进行管理, 因此红火蚁在云南属于高风险的有害生物, 根据风险指标值, 其进入风险和定殖风险均较大, 有必要在云南口岸进境检疫中实施相应的风险管理。

3 讨论

“风险管理”原则[国际植检措施标准(ISPM)第1号出版物——与国际贸易有关的植物检疫原则](IPPC, 2004)指出:“由于检疫性有害生物的某种传入风险始终存在, 各国在制定植物检疫措施时应同意采用风险管理政策”。

通过对红火蚁入侵云南省多指标综合评价体系的风险分析可知, 红火蚁进入和定殖云南省的风险较大, 危害影响严重, 这一结果与邓铁军(2011)对广西红火蚁的风险分析和黄可辉(2010)对红火蚁入侵中国的定性与定量风险分析研究结果基本一致。云南省地势复杂, 海拔差异悬殊, 涵盖了寒带、温带、亚热带、热带等各种气候类型, 且由于地势复杂, 气候温暖, 境外危险性有害生物一旦传入, 均能在相应地区找到适合的寄主作物和适宜的栖息环境, 同时随着经济贸易的发展, 云南已成为中国通往东南亚和南亚最为便捷的通道。因此, 无论是从生境的可入侵性还是从传入的可能性出发, 红火蚁在云南扩散、蔓延的可能性均极高。此外, 由于红火蚁具有较强的抗逆性、适应性和破坏力, 对人民的人身安全和公共安全构成了严重的威胁, 其一旦传入将严重阻碍云南省农业生产和对外贸易的发展。因此, 为把好云南边境口岸一线的国门关, 建议有关部门加强对红火蚁进境检疫以及云南适生地的监测, 及时掌握红火蚁疫情的变化情况, 积极开展红火蚁在云南的适生区预测, 以有效降低和控制红火蚁入侵云南的概率。根据“风险管理”原则和国际公约 SPS 协议要求, 针对高度或极高潜在入侵风险的有害生物, 提出如下风险管理备

选方案:

(1) 依据云南省的实际情况, 根据进出境动植物检疫法的相关规定, 制定出有关红火蚁更为具体的检疫实施办法, 严格控制从其他国家和地区进口植物的草皮、苗木、种子等园艺产品, 从根源上降低红火蚁在云南省扩散蔓延的风险。

(2) 加强现场检疫, 现场检疫是口岸检疫中的重要手段之一, 它具有高效、灵敏度高、特异性强等特点。对来自疫区的农产品、包装材料和运输工具实施检疫, 一旦发现疫情, 应及时进行检疫除害处理。

(3) 除害处理, 加强对红火蚁的防控措施研究, 包括利用天敌对其进行防治等, 通过各种防治手段提高对红火蚁除害和根除处理的能力, 对云南已发现红火蚁的局部地区, 加大人力、物力投入, 对其进行综合治理, 以防止其进一步扩散、蔓延。

(4) 建立疫情定期调查制度, 建立健全红火蚁动态监测网络, 及时掌握红火蚁疫情的变化情况, 以便相关检疫部门对其进行防控。

(5) 国内检疫部门应重视对其疫情的交流, 及时掌握防治红火蚁的最新防控技术, 同时召开相关的交流会议, 最大力度将红火蚁带来的损失降到最低。

(6) 积极开展红火蚁在云南的适生区预测, 为开展有效的风险管理措施和重点区域的疫情监测提供一定的依据。

上述备选风险管理方案的不同措施有其特定的效用, 同时又相互补充, 缺一不可, 这样才能有效地降低红火蚁入侵的风险, 防止其在云南省进一步扩散、蔓延。

参考文献

- 陈晨, 龚伟荣, 胡白石, 周国梁, 包云轩, 刘凤权. 2006. 基于地理信息系统的红火蚁在中国适生区的预测. 应用生态学报, 17(11): 2093–2097.
- 陈林, Michael D, Korzukhin, 程登发, 陆庆光, 王福祥. 2007. 基于 GIS 和气候、种群动态模型的红火蚁适生性分析. 植物保护学报, 33(4): 384–390.
- 陈乃中, 施宗伟, 张生芳. 2005. 红火蚁的发生及有关建议的研究与实践. 植物检疫, 19(2): 93–95.
- 邓铁军. 2011. 广西红火蚁定性和定量的风险分析研究. 广西植保, 24(1): 1–5.
- 杜予州, 顾杰, 郭建波, 戴霖, 鞠瑞亭, 胡学难. 2007. 入

侵害虫红火蚁在中国的适生性分布研究. 中国农业科学, 40(1): 99 – 106.

黄可辉. 2010. 红火蚁入侵中国的定性与定量风险分析. 武夷科学, 26: 85 – 90.

马骏, 胡学难, 吴佳教, 赵菊鹏, 陈乃中. 2010. 广东口岸进境红火蚁截获动态分析. 环境昆虫学报, 32(1): 122 – 124.

马平, 杜宇, 李正跃, 蒋小龙. 2008. 云南外来入侵有害生物多指标综合评价体系的建立. 植物保护, 34(3): 99 – 104 .

韦昌华, 伍亮标, 潘海强. 2005. 增城局从进境废纸中截获我国首例红火蚁疫情. 植物检疫, 19(3): 178.

徐汝梅. 2003. 生物入侵——数据集成、数量分析与预警. 北京: 科学出版社.

曾玲, 陆永跃, 何晓芳, 张维球, 梁广文. 2005. 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(3): 341 – 345.

薛大勇, 李红梅, 韩红香, 张润志. 2005. 红火蚁在中国的分布区预测. 昆虫知识, 42(1): 57 – 60.

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 23634 – 2009, 红火蚁检疫规程. 北京: 中国标准出版社.

Allen C R, Lutz R S and Demaris S. 1995. Red imported fire ant impacts on Northern Bobwhite populations. *Ecological Apply*, 5: 632 – 638.

Buren W F. 1974. Zoogeography of the imported fire ants. *Journal of Entomological Society in New York*, 82: 113 – 124.

IPPC. 2004. Pest risk analysis for quarantine pests including analysis of environmental risks and living modified organisms // *International Standards for Phytosanitary Measures*. No: 11. Rome. FAO.

Lofgren C S, Banks W A and Glancey B M. 1975. Biology and control of imported fire ant. *Annual Review of Entomology*, 29: 1 – 30.

Morrill W L. 1974, Dispersal of red imported fire ants by water. *Florida Entomologist*, 57: 39 – 42.

Natrass R and Vanderwoude C. 2001. A preliminary investigation of the ecological effects of fire ants (*Solenopsis invicta*) in Brisbane. *Ecological Management and Restoration*, 2: 220 – 223.

Solley G O, Vanderwoude C and Knight G K. 2002. Anaphylaxis due to red imported fire ant sting. *Medical Journal of Australia*, 176: 521 – 523.

Vision S B. 1997. Invasion of the red imported fire ant: spread, biology, and impact. *American Entomologist*, 43: 23 – 39.

Vision S B and Greenberg L. 1986. The biology, physiology, and ecology of imported fire ant//Vinson S B. *Economic Impact and Control of Social Insects*. New York: Pareger, 193 – 226.

(责任编辑:郭莹)

