

赵永田,王兴娥. 四川省 3 种入侵害虫的危害、风险评估及管理对策[J]. 江苏农业科学,2018,46(10):103-106.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.10.027

四川省 3 种入侵害虫的危害、风险评估及管理对策

赵永田¹, 王兴娥²

(1. 四川广播电视大学农林卫生学院, 四川成都 610073; 2. 四川文化产业职业学院纪委办, 四川成都 610213)

摘要:为建立和完善四川省入侵物种的早期预警、灾害应急控制、阻断与扑灭,在介绍 3 种外来入侵害虫危害的基础上,定性分析采用国际通用的有害生物风险性分析方法(pest risk analysis,简称 PRA),定量分析参考蒋青等制定的入侵生物风险评估方法,并结合有害生物多指标综合评估体系对它们的入侵风险进行评估。结果表明,扶桑绵粉蚧、桉树枝瘿姬小蜂、红火蚁的 R 值分别为 2.23、2.37、2.36,均为高度危险等级入侵生物。根据风险等级提出提高危害认识,加大生态宣传;阻断传播途径,加强检疫和预警;加大经费投入,加强基础研究;综合防治,开发利用等管理对策,对保护四川省生态环境、农林牧业的健康发展及贸易的正常进行具有重要意义。

关键词:入侵生物;危害特征;风险评估;管理对策;扶桑绵粉蚧;桉树枝瘿姬小蜂;红火蚁

中图分类号: S41-30 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)10-0103-03

扶桑绵粉蚧(*Phenacoccus solenopsis* Tinsley)、桉树枝瘿姬小蜂(*Leptocybe invasa* Fisher & La Salle)、红火蚁(*Solenopsis invicta* Buren)作为外来入侵害虫,给我国农林业生产造成了重大损失。其中,扶桑绵粉蚧、桉树枝瘿姬小蜂发生严重地区,在寄主植株上的发生率均高达 100%,减产率高达 20%~40%^[1-3]。红火蚁是极具破坏力的入侵生物之一,该虫占据了美国约 15 万 hm^2 的土地,入侵 12 个州,经济损失数十亿美元^[4]。目前我国已有十多个省份发现该虫,对我国农林业、生态环境、人类健康、经济发展等造成了极大威胁^[5-7]。自以上 3 种害虫入侵以来,我国学者多从其分布、寄主、生物学特性、危害与防治等开展了相关研究^[8-10]。

四川省作为南北过渡的走廊,植被丰富、温度适宜,为各类生物的入侵提供了较好的适生环境。研究表明,四川省大部分地区是扶桑绵粉蚧、桉树枝瘿姬小蜂、红火蚁的适生区^[11-13],且根据《全国农业植物检疫性有害生物分布行政区名录(2016)》^[14]和《四川省人民政府关于公布 2017 年全省林业检疫性有害生物疫区名单的通知》^[15]可知,扶桑绵粉蚧、桉树枝瘿姬小蜂、红火蚁已经入侵四川省的个别地州市,但未造成大面积的蔓延扩散。在全球贸易日益密切、物流行业日益发达的今天,生物入侵已是无法避免,而消灭已入侵物种也几乎是不可能的事情。因此,加强对入侵生物的风险预测,提前制定相应的治理对策就显得尤为重要,往往比暴发后的控制更加有效、及时、经济可行。为建立和完善四川入侵物种的早期预警、灾害应急控制、阻断与扑灭,本研究在概述 3 种外来入侵生物危害特征的基础上,进一步对它们的入侵风险进行评估,根据风险等级提出管理对策,对保护四川省生态环境、农林牧业的健康发展及贸易的正常进行具有重要意义。

1 3 种入侵害虫的危害

1.1 扶桑绵粉蚧的危害

扶桑绵粉蚧在四川境内寄主种类广泛,除危害扶桑、棉花等植物外,还可以危害蔬菜、杂草、观赏植物等,如番茄、茄、辣椒、苦瓜、冬瓜、飞蓬、马齿苋、木槿等^[16-17],为多食性害虫。一般以雌性成虫和若虫吸食嫩枝、花芽等幼嫩部位,导致植株生长缓慢、矮小,嫩茎、叶片、花蕾干枯,严重时脱落。该虫危害时会分泌白色蜡质物质,除影响寄主的光合作用外,还会诱发煤污病^[18],导致叶片脱落甚至植株死亡。此外,该虫可以通过其他媒介昆虫(蚂蚁)进行扩散,还可以通过风、水流、农事操作等传播^[8]。

1.2 桉树枝瘿姬小蜂的危害

桉树枝瘿姬小蜂可以危害几十种桉属植物以及酸藤果、野牡丹、岗松、漆树等植物^[19],而四川省是我国重要的桉树和漆树主产区,它们具有重要的经济价值^[20-21]。该虫对 1~2 年生林区和苗圃危害较重^[22],主要在寄主的嫩茎和叶片上产卵,并完成发育过程。幼虫在生长过程中,在叶脉、叶柄、幼嫩枝条等部位易形成虫瘿,甚至布满瘤状突起,导致叶片生长畸形、扭曲,长势缓慢或停止生长^[23]。新梢部位的叶片、枝条细小,树冠从枝状严重,导致主梢不明显,严重时苗木易倒伏、叶片脱落、枝梢枯死,导致无法成林,严重影响林木质量。此外,桉树枝瘿姬小蜂为孤雌生殖,适应温度范围较广、扩散迅速,一旦侵入新的地区非常容易建立种群,气流和成虫飞行是自然扩散的主要方式^[24]。

1.3 红火蚁的危害

红火蚁是杂食性害虫^[25],一般隐匿在花盆、草皮、苗木等植物的土壤中,破坏农林植物的根、种子、幼嫩茎、芽以及果实,严重影响植物的正常生长发育,导致产量下降^[26]。蚁巢形成的大量蚁丘不仅妨碍农事操作,而且影响生境景观。该虫还会破坏灌溉系统、堤坝、电力设施等,给农林业安全生产等带来极大的安全隐患^[6,27]。除危害植物外,红火蚁经常袭击其他动物,如蚂蚁、金龟子、蜥蜴和海龟的卵等,甚至攻击人类^[5],还会严重破坏土壤微生态,造成物种多样性丧失、丰富

收稿日期:2017-09-25

基金项目:四川广播电视大学校级科研课题(编号:KTKYC2016009Q);四川省教育厅一般课题(编号:17ZB0273)。

作者简介:赵永田(1982—),男,山东菏泽人,博士研究生,讲师,从事病虫害综合治理研究。E-mail:zyttian@163.com。

度降低等。此外,红火蚁释放的毒液可引起人体过敏反应,甚至死亡,严重危害人体健康。红火蚁生命力强、繁殖快,可通过爬行、飞行扩散,亦可随流水、搬巢等扩散^[28]。

2 3 种入侵害虫的风险评估

对外来入侵生物进行风险评估是制定风险管理的前提,从而进一步预防和控制其危害和蔓延。国际植物检疫措施标准(international standard phytosanitary measure,简称 ISPM)对外来生物风险评估有严格的程序要求,本研究采用国际通用的有害生物风险性分析方法(pest risk analysis,简称 PRA)^[29],

在省内 3 种入侵害虫的分布状况、潜在经济危害性、寄主植物经济重要性、传播扩散的可能性及危险性管理难度等 5 个一级指标的基础上,再细分为 15 个二级指标进行评估,并参考蒋青等制定的人侵生物风险评估的定量分析方法^[30],对 15 个二级指标赋予一定的分值。3 种入侵害虫的风险评估指标、分值及赋值理由见表 1。结合有害生物多指标综合评估体系,按照 $P1 = P1, P2 = 0.6P21 + 0.2P22 + 0.2P23, P3 = \max(P31, P32, P33), P4 = \sqrt[5]{P41 \times P42 \times P43 \times P44 \times P45}, P5 = (P51 + P52 + P53)/3, R = \sqrt[5]{P1 \times P2 \times P3 \times P4 \times P5}$, 计算一级指标值(P 值)和综合风险值(R 值)(表 2)。

表 1 3 种入侵害虫的风险评估指标、分值及赋值理由

一级评价指标	二级评价指标	扶桑绵粉蚧		桉树枝瘿姬小蜂		红火蚁	
		赋分值	赋值理由	赋分值	赋值理由	赋分值	赋值理由
省内分布状况(P1)	省内分布情况 P1	2	只在攀枝花东区和米易县有分布	2	在成都、攀枝花、凉山州、德阳、眉山等 5 市 13 区县有分布	2	在攀枝花、泸州、凉山州等 3 市 5 县(市、区)有分布
	潜在经济危害性(P2)	3	减产率高达 20% ~40%	3	减产率高达 20% ~40%	3	可导致产量下降达 50%
	是否为其他有害生物的传播媒介 P22	0	不传带任何检疫性有害生物	0	不传带任何检疫性有害生物	0	不传带任何检疫性有害生物
寄主植物经济重要性(P3)	国外重视程度 P23	0	无	3	已被欧洲和地中海植物保护组织(european and mediterranean plant protection organization,简称 EPPO)成员国 34 个国家列为检疫害虫	3	世界自然保护联盟(international union for conservation of nature,简称 IUCN)收录的危害最为严重的入侵生物之一
	受害栽培寄主的种类 P31	3	寄主植物多达 60 多种	3	受害的栽培寄主达 25 种以上	3	杂食性,可危害 200 种以上农林植物
	受害栽培寄主的种植面积 P32	—	该层指标 P31 值已经最大,根据评判方法可知 P32 值对结果无影响,可以不赋值	—	该层指标 P31 值已经最大,根据评判方法可知 P32 值对结果无影响,可以不赋值	—	该层指标 P31 值已经最大,根据评判方法可知 P32 值对结果无影响,可以不赋值
传播扩散的可能性(P4)	受害栽培寄主特殊经济价值 P33	—	该层指标 P31 值已经最大,根据评判方法可知 P33 值对结果无影响,可以不赋值	—	该层指标 P31 值已经最大,根据评判方法可知 P33 值对结果无影响,可以不赋值	—	该层指标 P31 值已经最大,根据评判方法可知 P33 值对结果无影响,可以不赋值
	截获难易度 P41	2	偶尔被截获	1	未见有被截获的报道	3	经常报道被截获
	运输中有害生物存活率 P42	3	耐饥饿能力强,运输中几乎无死亡,存活率在 40% 以上	3	运输中幼虫和蛹的存活率在 80% 以上	3	抗逆性强、耐饥耐寒性强,运输中几乎无死亡
危险性管理难度(P5)	国内分布是否广泛 P43	2	在广东、广西、云南、浙江、福建、海南、江苏、江西、湖南、湖北等 10 多个省份分布	2	在广西、海南、广东、福建、云南、江西、湖南等省份有分布	2	在福建、江西、广东、广西、海南、湖南、云南、香港、澳门等省份有分布
	省内的适生范围 P44	3	省内大部分地区为适生范围,在 50% 以上	3	繁殖能力强,发育温度范围广,在省内适生范围在 50% 以上	3	省内的生态环境和气候环境提供充足的食物和空间,适生范围在 50% 以上
	传播力 P45	3	可通过气流、水、土、动物及人为运输传播	3	可通过气流和飞行传播	2	自然传播靠飞行和人流,人为传播是最主要的
	检验鉴定的难度 P51	3	已发布的检验鉴定方法可靠,但花费时间很长且检验不便捷	2	现有的检验鉴定方法可靠性一般,培训过的技术人员可以鉴定	2	外部特征不明显,须蚁丘确认,皮肤伤害须要镜检等,非专业人员难于鉴定
	除害处理的难度 P52	1	大多数药剂除害在 70% 以上	2	药剂除害率一般在 40% 左右	1	毒饵药剂除害率在 55% ~79%
	根除难度 P53	2	田间防治成本较高,施药后耐药性增强,药效期短,后期防治有一定的难度	3	田间防治效果差、成本高;桉树树体高大,喷药操作难度大	3	田间防治须逐个蚁丘投放毒饵;红火蚁有清除死蚁习性,且繁殖力强,增加了防治难度

表 2 3 种入侵害虫的 R 值及风险等级

物种	P1	P2	P3	P4	P5	R 值	风险等级
扶桑绵粉蚧	2.00	1.80	3.00	2.55	2.00	2.23	高度危险
桉树枝瘿姬小蜂	2.00	2.40	3.00	2.22	2.33	2.37	高度危险
红火蚁	2.00	2.40	3.00	2.55	2.00	2.36	高度危险

根据我国有害生物的危险性综合评价标准,有害生物的危险程度可分为 4 个等级。综合风险值(R)在 1.0 ~ 1.4 之

间的为Ⅳ级低度危险;综合风险值(R)在 1.5 ~ 1.9 之间的为Ⅲ级中度危险;综合风险值(R)在 2.0 ~ 2.4 之间的为Ⅱ级高度危险;综合风险值(R)在 2.5 ~ 3.0 之间的为Ⅰ级特别危险。经计算,扶桑绵粉蚧 R 值为 2.23、桉树枝瘿姬小蜂 R 值为 2.37、红火蚁 R 值为 2.36,均为高度风险等级。由风险等级可知,以上 3 种入侵害虫的入侵风险非常高,虽然目前在四川省只是零星分布,但它们有大量的适生区,如果不引起重视,将可能导致快速蔓延,造成不可估计的损失。

3 3 种入侵害虫的管理对策

3.1 提高危害认识,加大生态宣传

研究表明,无论是人为有意引进还是无意带人,这 2 种途径分别占我国外来物种入侵途径的 49.80%、49.39%^[31],人类活动是目前导致生物入侵的重要来源。但普通民众对入侵生物的概念很模糊,对它们的危害性也不了解,更不知道如何避免自身无意携带。所以,相关部门一定要加强对普通民众的科普培训工作,使更多的民众认识到入侵生物的巨大破坏力和危害性,尽量减少人为传播扩散的机会。这就须要从事入侵生物检疫和治理的相关机构及时公布入侵生物的相关信息,还可以充分利用电视、网络等媒体加大对各地区禁止入境生物和已入侵生物的识别特征、危害、传播途径及防治的宣传,加强民众的判断能力。

3.2 阻断传播途径,加强检疫和预警

外来入侵生物一旦在新的生境定殖,由于没有了天敌的威胁,将会对当地的生态环境造成极大的破坏,尤其是对当地生物多样性的影响,进而影响到经济和社会等各方面^[32]。目前,最为经济有效的阻止外来生物入侵的方式就是从传播途径入手,严格检验检疫,这是防止入侵的第一道防线。四川省作为西南地区商贸中心和交通枢纽,检疫工作显得尤为重要。攀枝花和凉山州是重点监测和检疫源地,而与之接壤的宜宾、内江、自贡等地更是重点检疫区。各地区要成立相应的机构,配备专门的技术人员,建立网格化监控平台或体系,定期监控发生情况,对入侵动态形成定期上报制度。在做好信息收集的同时,制定外来入侵生物的预警机制。对新发现的入侵生物,及时上报并及时启动预警系统,开展灭除工作。

3.3 加大经费投入,加强基础研究

对从事检疫工作的人员进行相关法规、专业知识技能等培训,对民众开展科普教育以及宣传等工作,此外还应包括检疫设备的购置等,这些都须要一定的财力支撑。为更好地开展工作,须要各级部门共同出资,提供充足的资金用于软硬件设施的运行。开展对入侵生物的监测、生物学特性分析、风险分析、入侵途径、危害与防治等的基础研究,在充分掌握其生物学规律的基础上,努力从源头上切断其入侵途径,避免扩散,也为后期大暴发的治理提供依据。

3.4 综合防治,开发利用

已经在某地大暴发的入侵生物,往往难以采取单一的根除手段,须要结合各种防治手段综合治理。首先检疫部门要进一步加强检疫,严格限制疫区苗木进入,同时也要严格检疫本区苗木的输出,防止入侵生物的进一步扩散蔓延。其次,结合入侵生物的生物学研究特点,综合运用农防、物防、化防、生防等手段,尽量根除。实在无法根除的,努力挖掘其开发价值,变废为宝。如利用福寿螺蛋白质开发为饲料,提取福寿螺消化酶开发酶制剂^[33];利用红火蚁的浸出液开发抑制细菌和真菌的制剂等^[34]。

除采取以上手段外,还可以通过国家或地方立法,开展国内国际交流等手段,联合贸易、旅游、渔业等部门,以保护生物多样性、生态环境为目的,共同做好对外来入侵生物的防治工作。

参考文献:

[1] 周 湾,林云彪,许凤仙,等. 浙江省扶桑绵粉蚧分布危害调查

[J]. 昆虫知识,2010,47(6):1231-1235.

[2] 唐 超,王小君,万方浩,等. 桉树枝瘿姬小蜂入侵海南省[J]. 昆虫知识,2008,45(6):967-971.

[3] 武三安,张润志. 威胁棉花生产的外来入侵新害虫——扶桑绵粉蚧[J]. 昆虫知识,2009,46(1):159-162,169.

[4] Callcott A M A, Collins H L. Invasion and range expansion of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in north America from 1918—1995[J]. Florida Entomologist, 1996, 79(2):240-251.

[5] 赵静妮,许益铸. 基于互联网的红火蚁在中国伤人事件调查[J]. 应用昆虫学报,2015,52(6):1409-1412.

[6] 王福祥,张润志,侯有明,等. 依法防控红火蚁的若干思考[J]. 植物检疫,2016,30(1):77-81.

[7] Wang L, Lu Y Y, Xu Y J, et al. The current status of research on *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) in mainland China[J]. Asian Myrmecology, 2013, 5(1):125-137.

[8] 吴定发,李迎红,杨奇志,等. 扶桑绵粉蚧在中国的研究现状及其防治[J]. 作物研究,2011,25(3):295-298.

[9] 谷 平,蒋新革,李坦优,等. 桉树枝瘿姬小蜂研究现状与展望[J]. 江西林业科技,2012(1):32-34,42.

[10] 蒋冬荣. 中国红火蚁研究进展[J]. 广西植保,2008,21(3):20-22.

[11] 马 骏,胡学难,彭正强,等. 基于 CLIMEX 模型的扶桑绵粉蚧在中国潜在地理分布预测[J]. 植物检疫,2011,25(1):5-8.

[12] 朱银飞,马 荣,温俊宝. 新入侵种桉树枝瘿姬小蜂的危险性评估[J]. 昆虫知识,2009,46(6):957-960.

[13] 陈 林, Korzukhin M D, 程登发,等. 基于 GIS 和气候、种群动态模型的红火蚁适生性分析[J]. 植物保护学报,2006,33(4):384-390.

[14] 农业部种植业管理司. 农业部办公厅关于印发《全国农业植物检疫性有害生物分布行政区名录(2016)》和《各地区发生的全国农业植物检疫性有害生物名单(2016)》的通知[EB/OL]. (2017-04-07)[2017-06-25]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/201704/t20170407_5552482.htm.

[15] 四川省人民政府办公厅. 四川省人民政府关于公布 2017 年全省林业检疫性有害生物疫区名单的通知[EB/OL]. (2017-03-23)[2017-06-25]. <http://zcwj.sc.gov.cn/cxgk/NewT.aspx?i=20170327092904-180083-00-000>.

[16] 周 湾,仇智灵,周 平,等. 扶桑绵粉蚧寄主植物与发生特点[C]//第三届全国生物入侵大会论文摘要集——“全球变化与生物入侵”. 海口,2010.

[17] 曹 婧,肖铁光,秦 琳,等. 扶桑绵粉蚧寄主植物种类调查及危害研究[J]. 作物研究,2013,27(3):269-272.

[18] 张珏玲,李月红,何月平,等. 金华市扶桑绵粉蚧的发生与防治[C]//第三届全国生物入侵大会论文摘要集——“全球变化与生物入侵”. 海口,2010.

[19] 袁 强. 桉树枝瘿姬小蜂危害的识别[J]. 中国科技纵横,2015(15):223.

[20] 李晚清,龚毅红,辜云杰. 四川桉树发展现状及评价[C]//首届全国林业学术大会桉树分会论文集. 北京:中国林业出版社,2006:63-67.

[21] 黄文丁. 我国桉树产业发展的现状,问题与对策[C]//第三届全国林业学术大会论文集. 福州,2013:3-4.

[22] Mendel Z, Protasov A, Fisher N, et al. Taxonomy and biology of *Leptocybe invasa* gen. & sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae), an invasive gall inducer on *Eucalyptus*[J]. Australian Journal of

陈德鑫, 张安盛, 毛晓红, 等. Q 型烟粉虱对不同白肋烟品种的选择性[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(10): 106–108.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.10.028

Q 型烟粉虱对不同白肋烟品种的选择性

陈德鑫¹, 张安盛², 毛晓红², 黄广华³, 张兴伟¹, 张小强⁴, 徐立国⁵

(1. 中国农业科学研究院烟草研究所, 山东青岛 266101; 2. 山东省农业科学院植物保护研究所, 山东济南 250100;

3. 浙江中烟工业有限责任公司, 浙江杭州 310009; 4. 贵州省烟草公司贵阳市公司, 贵州贵阳 550000;

5. 中国烟草总公司山东省公司, 山东济南 250101)

摘要:为明确 Q 型烟粉虱(*Bemisia tabaci*)对不同白肋烟品种的选择性差异, 筛选出抗 Q 型烟粉虱的烟草品种或种质, 在室内温度为(26±1)℃, 相对湿度(relative humidity, 简称 RH)为 60%~80%, 光—暗周期为 14 h—10 h 的条件下, 研究 Q 型烟粉虱对不同白肋烟品种的选择性以及不同白肋烟品种对烟粉虱生长发育的影响及 Q 型烟粉虱生长发育与烟草叶背茸毛数量的关系。结果表明, 白肋烟品种对 Q 型烟粉虱成虫的选择性、产卵趋性及发育历期影响明显; 烟草叶背茸毛密度与成虫数量显著相关, 在生产上可以选育少毛的烟草品种增加对烟粉虱的抗性。Q 型烟粉虱对鄂烟 209 的选择性强, 说明鄂烟 209 抗性弱, 而 Q 型烟粉虱对五峰 1 号的选择性弱, 说明五峰 1 号的抗性强。

关键词:烟草; Q 型烟粉虱; 白肋烟品种; 选择性; 抗性; 烟草叶背茸毛数量

中图分类号: S435.72

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2018)10-0106-03

烟粉虱[*Bemisia tabaci* (Gennadius)]属半翅目粉虱科, 是一种世界性的重要害虫, 除南极洲外, 烟粉虱广泛分布于其他大洲的多个国家和地区^[1-2]。烟粉虱寄主植物分布范围广, 高达 600 余种, 尤其对烟草、棉花、花卉、蔬菜等多种作物危害严重^[3-7]。自然界中烟粉虱具有多种生物型, 入侵性最强的为 B 型和 Q 型。其中, Q 型烟粉虱因在某些寄主植物上的适应性以及获毒、传毒能力更强及其自身生物学优势, 最近几年

已经成为多种植物上的优势生物型^[8-12]。周尧于 1949 年最早发现并记载了我国烟粉虱的发生^[13], 但在生产上烟粉虱一直不是主要害虫。近年来, 大量使用化学农药防治烟粉虱加强了烟粉虱的抗药性, 同时也伤害了烟粉虱的天敌, 造成农业生态系统调控能力的削弱和烟粉虱的迅速传播蔓延。目前, 烟粉虱在我国华北和其他地区多次暴发, 已发展上升为主要的农业害虫, 对农业生产造成严重的危害。

烟草作为我国重要的经济作物, 受到了烟粉虱严重的危害, 烟叶产量及质量受到严重影响。烟粉虱刺吸寄主烟草汁液对其造成直接危害, 而分泌蜜露引起煤污病, 传播多种病毒病等造成间接危害, 其中烟粉虱在不同作物间传播多种病毒病的危害最为严重^[14-16]。近年来, 烟粉虱在河南省、山东省等烟草种植区暴发, 对产区烟叶生产造成了巨大的经济损失^[17]。Q 型烟粉虱对烟草、番茄、棉花、甘蓝、茄等作物的选择性及适应性差异已有研究, 而国内外关于 Q 型烟粉虱以白肋烟为寄主植物的研究还很少。因此, 本研究从 Q 型烟粉虱对不同白肋烟品种的选择性, 在这些品种上的发育情况以及烟草

收稿日期: 2016-11-29

基金项目: 国家烟草专卖局重点科技项目(编号: 110201202003); 贵州省贵阳市烟草专卖局科技项目(编号: GZYC201606); 四川省烟草专卖局重点科技项目(编号: SCYC201604); 山东省现代农业产业技术体系(编号: SDAIT-25-03); 山东省烟草专卖局(公司)重点项目(编号: KN238)。

作者简介: 陈德鑫(1974—), 男, 陕西商州人, 博士, 副研究员, 从事烟草植物病理及病害生物防治研究。E-mail: chendxtob@126.com。

通信作者: 徐立国, 农艺师, 从事烟叶生产技术研究和管理工作。E-mail: xulg@sd-tobacco.com.cn。

Entomology, 2004, 43(2): 101–113.

[23] 吴耀军, 常明山, 盛双, 等. 桉树枝瘿姬小蜂虫瘿结构解剖研究[J]. 林业科技开发, 2012, 26(1): 63–65.

[24] 吴耀军, 李德伟, 常明山, 等. 桉树枝瘿姬小蜂生物学特性研究[J]. 中国森林病虫, 2010, 29(5): 1–3.

[25] 陈晓燕, 马平, 李永川, 等. 基于 CLIMEX 和 ArcGIS 预测红火蚁在云南的潜在适生区[J]. 植物检疫, 2015, 29(3): 34–39.

[26] 黄俊, 吕要斌. 重大外来有害生物红火蚁入侵杭州的风险分析及防控对策[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(4): 676–682.

[27] 江世宏, 黄胜先, 陈晓琴, 等. 深圳市红火蚁自然消长的动态规律[J]. 华中农业大学学报(自然科学版), 2011, 30(3): 318–321.

[28] 陆永跃, 梁广文, 曾玲, 等. 华南地区典型入侵事件中红火蚁的局域扩散规律[C]//第二届全国生物入侵学术研讨会论文集

要集. 海口, 2008.

[29] International Plant Protection Convention. International Standards Phytosanitary Measures No. 11: pest risk analysis for quarantine pests [S]. Roma: FAO, 2004.

[30] 蒋青, 梁忆冰, 王乃扬, 等. 有害生物危险性评价的定量分析方法研究[J]. 植物检疫, 1995(4): 208–211.

[31] 丁晖, 徐海根, 强胜, 等. 中国生物入侵的现状与趋势[J]. 生态与农村环境学报, 2011, 27(3): 35–41.

[32] 李俊生, 赵彩云. “主要入侵生物生态危害评估与防治修复技术示范研究”项目介绍[J]. 生物多样性, 2016, 24(10): 1200.

[33] 陈晓娟, 高平, 何忠全, 等. 外来入侵生物福寿螺的防控及利用研究[J]. 西南农业学报, 2011, 24(6): 2424–2428.

[34] 李薇, 廖坤宏, 林圣, 等. 红火蚁生物防治与资源利用初探[J]. 石家庄学院学报, 2007, 9(6): 63–66.