DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2020.02.011

广东省中山市2种红树林有害生物风险分析及防控策略

陈志云[1], 李东文[1], 王 玲[1], 莫 羡[1], 孔达卿[1], 陆建康[2], 杨 华[2,3*]
[1]中山市林业有害生物防治检疫站,广东 中山 528403; [2]广东省林业科学研究院,广东 广州 510520;
[3]华南农业大学农学院,广东 广州 510642

摘要:【目的】了解红树林有害生物风险及其防控,维护红树林健康生长,发挥红树林的生态功能。【方法】2018—2019年,连续2年对广东省中山市红树林有害生物种类进行系统调查监测,并对薇甘菊和星天牛2种有害生物在中山市的分布状况、定殖和扩散的可能性、潜在危害性、受害对象的重要性、防控难度等进行分析,结合红树林的生态效益,参照国际有害生物风险性分析方法对两者在中山市红树林的危害风险性进行综合分析评估。【结果】调查发现,中山市红树林主要有害生物有23种,其中薇甘菊、星天牛最为严重,评估风险性 R 值分别为1.63和1.61,属中度危险的林业有害生物。【结论】薇甘菊和星天牛目前仅在中山市红树林局部地区发生危害,但具有明显扩散蔓延趋势,应该建立以应急除治、生物防治、生态修复等多种技术相结合的生态控制技术体系。

开放科学标识码(OSID码)

关键词: 风险分析; 红树林; 星天牛; 薇甘菊; 防控

Hazard risk analysis and prevention strategy of two forest pests in mangrove forest in Zhongshan City, Guangdong Province

CHEN Zhiyun[1], LI Dongwen[1], WANG Ling[1], MO Xian[1], KONG Daqing[1], LU Jiankang[2], YANG Hua[2,3*]
[1]*Forest Pest Management and Quarantine Station of Zhongshan City, Zhongshan, Guangdong* 528403, *China*;
[2]*Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong* 510520, *China*;
[3]*College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong* 510642, *China*

Abstract:【Aim】The study examined the risk of mangrove pests and their prevention and control in order to maintain mangroves health , and their ecological function.【Method】The species of mangrove pests in Zhongshan City, Guangdong Province, were systematically investigated and monitored for two consecutive years (2018 and 2019). Combined with the ecological benefits of mangrove forests, according to the rule of pest risk analysis (PRA) of international standards for pest measurements (ISPM) and the relational model of PRA, this paper dealt with the quantitative and qualitative analysis of the risk level of *Mikania micrantha* and *Anoplophora chinensis* according to five aspects: distribution, spreading possibility, potential damaged degree, economical value of damaged host plants, and risk management difficulty.【Result】Results of the survey revealed 23 species of major pests. *M. micrantha* and *A. chinensis* were the most serious forest pests, with risk (R) values of 1.63 and 1.61, respectively. The risk analysis showed that *M. micrantha* and *A. chinensis* belonged to the middle risk level.【Conclusion】At present, *M. micrantha* and *A. chinensis* have only caused damage in the local area of mangrove in Zhongshan City, but they have an obvious tendency of spreading. It is necessary to establish an ecological control technology system that combines various technologies such as emergency elimination, biological control and ecological restoration.

Key words: risk analysis; mangrove forests; *Anoplophora chinensis*; *Mikania micrantha*; prevention and control

红树林是生长在热带亚热带、处于水陆交界处 的特殊生态系统,具有海岸防护、防风消浪的作用。

收稿日期(Received): 2019-11-06 **接受日期(Accepted)**: 2020-03-23
基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC1201100); 中央引导地方科技发展专项资金(桂科ZY1949013)
作者简介: 陈志云, 男, 林业高级工程师。研究方向: 林业有害生物防控。E-mail: chenzhiyun1979@163.com
*通信作者(Author for correspondence), E-mail: yanghua@sinogaf.cn

我国红树林自然分布于海南、广西、广东、福建和台湾五省区沿海，主要植物有木榄 *Bruguiera gymnorhiza*（L.）Lam.、桐花 *Aegiceras corniculatum* L.、秋茄 *Kandelia candel* L.、白骨壤 *Avicennia marina*（Forsk.）Vierh、海桑 *Sonneratia caseolaris*（L.）Engler、无瓣海桑 *Sonneratia apetala* Buch.Ham 等。近年来，全球气温持续上升、地区环境恶化、群落生物多样性减少等因素为红树林有害生物的发生创造了有利条件，红树林遭受有害生物严重危害的报道也相继增多，如桐花毛颚小卷蛾 *Lasiognatha cellirera* Meytick（丁琇等，2004）、八点广翅蜡蝉 *Ricanias peculum* Walker（李志刚等，2015）、广州小斑螟 *Oligochroa cantonella* Caradja（刘文爱和范航清，2011）、迹斑绿刺蛾 *Latoia pastorlis* Butler（张文英等，2012）、棉古毒蛾 *Orgyia postica* Walker、栗黄枯叶蛾 *Trabala vishnou gigantina* Yang（邓艳等，2012）、星天牛 *Anoplophora chinensis* Forster（揭育泽等，2012）等一些重大病虫害频繁发生，互花米草 *Spartina alterniflora* Loisel.、薇甘菊 *Mikania micrantha* H.B.K.（陈权和马克明，2015）等外来入侵生物也严重威胁着红树林群落的生长发育，大大降低其生态功能。

随着海岸线周边人口的不断增加，人类活动导致沿岸的红树林生态系统不断衰弱。中山市（22°11′-22°47′N，113°09′-113°46′E）位于广东省珠三角地区，属亚热带季风气候。据记载，20 世纪 50 年代，中山市南朗、坦洲等镇的河口区域分布着成片的红树林，面积达 600 hm^2，主要由秋茄、桐花树、木榄等树种组成。但是 20 世纪七八十年代的大规模围垦，使中山市红树林遭到了大面积的破坏，根据 2002 年开展的广东省红树林资源调查，南朗镇崖口村保存红树林面积仅 7.5 hm^2。自 2007 年起，国家逐步完善海岸红树林防护体系、恢复湿地系统风貌，分别在南朗、坦洲及板芙镇等地投入资金 1400 多万元，完成人工种植红树林面积 295 hm^2，种植品种主要有无瓣海桑、海桑、拉观木 *Laguncularia racemosa*（L.）Gaertn.F.、白骨壤、红海榄 *Rhizophora stylosa*、木榄、秋茄等。随着红树林种植面积的扩大，其有害生物也日益出现种类多、危害严重的现象。

2018—2019 年，连续 2 年对中山市红树林有害生物进行了系统、全面的调查和监测，并设立了中山市翠亨新区、南朗镇和坦洲镇 3 条调查路线，其中，翠亨新区线设置了大浪底、西三围、西四围、西五围、湿地公园、围垦种植基地、三茅岛和拜排内河 8 个有害生物调查样地，南朗镇线设置了老红树林和燕石围 2 个调查地，坦洲镇线设置了马角水闸、联石湾水闸和中珠帘海堤 3 个调查地。调查结果表明，在桐花、无瓣海桑、秋茄等几种植物上共发现主要有害生物 23 种，包括虫害 6 种、病害 7 种、草害 10 种，其中星天牛和薇甘菊危害最为严重。因此，根据国际植物检疫措施标准规定的有害生物风险性分析程序，对这 2 种有害生物进行了危险性综合评价。结合中山市红树林具体情况，提出了综合防控措施，为维护红树林健康生长、发挥红树林的生态功能提供了有利保障，对生物多样性及环境保护等具有重要现实意义。

1　红树林有害生物风险性分析

1.1　红树林的生态地位

红树林是热带和亚热带海湾河口泥滩盐渍化沼泽上的盐生森林植物群落，是沿海防治林的重要组成部分，生长在陆地与海洋交界的低能海岸潮间带的滩涂上，是陆地向海洋过渡的特殊生态系统，兼具陆地生态和海洋生态特征。红树林长期受到海水的浸泡和台风的袭击，形成了独特的生存方式和繁殖能力，有“海上森林”、“海岸卫士”和“海水淡化器”之称，具有防风消浪、促淤造陆、固岸护堤、净化环境、保护和维持海岸河口的生物多样性等多种生态价值，同时还具有独特的社会和经济价值。

1.2　红树林有害生物分布状况

薇甘菊是菊科 Compositae 假泽兰属 *Mikania* 的一种多年生草质藤本植物，是世界十大恶性杂草之一（Day *et al.*，2016），是强阳性植物（魏巍等，2017），多生长于光照较强、水分条件较好的环境中，如湿润的森林边缘、荒废掉的果园农田、公路路旁、水沟及淡水沼泽等边缘（Kaur *et al.*，2012）。调查发现，红树林遭受薇甘菊的危害比较严重，尤其是翠亨新区的湿地公园及南朗镇老红树林 2 个调查地，危害面积达 7 hm^2。此外，在其他调查点也偶有发现无瓣海桑、秋茄及桐花被大面积覆盖危害的现象，且危害面积呈现不断蔓延扩散的趋势。

星天牛属鞘翅目 Coleoptera 天牛科 Cerambycidae，是一种分布较广的蛀干性害虫，寄主植物多达上百种，该害虫在中山市红树林广泛分布，其中在

靠近近海区域发生情况较重,局部地区如湿地公园发生情况严重,危害率达到 50%。

1.3 红树林有害生物危害分析

1.3.1 *薇甘菊危害分析* 薇甘菊(图 1)在入侵地中具有显著的有性生殖和克隆繁殖特点,且具有十分强大的攀援能力,会严重破坏生态系统(Hu & Li,2014)。藤茎沿枝干快速传播并覆盖其他乔灌木,消弱树木的光合作用,同时争夺其他植物的水分和养分,严重影响树木生长,甚至致使全株枯死。薇甘菊还可以产生出抑制其他植物生长的化感物质(Kaur *et al.*,2012),使侵入地其他植物大量死亡,改变侵入地生态系统的结构,影响群落生物多样性。调查发现,其大面积缠绕并覆盖无瓣海桑、秋茄和桐花,致使植株枯死。薇甘菊入侵后与土著植物之间的相互作用改变了土壤中的微生态环境(张震等,2018),使得土壤呼吸加快(李伟华等,2008),植被生物量减少,生态系统的碳汇功能大大削弱(毛子龙等,2011)。

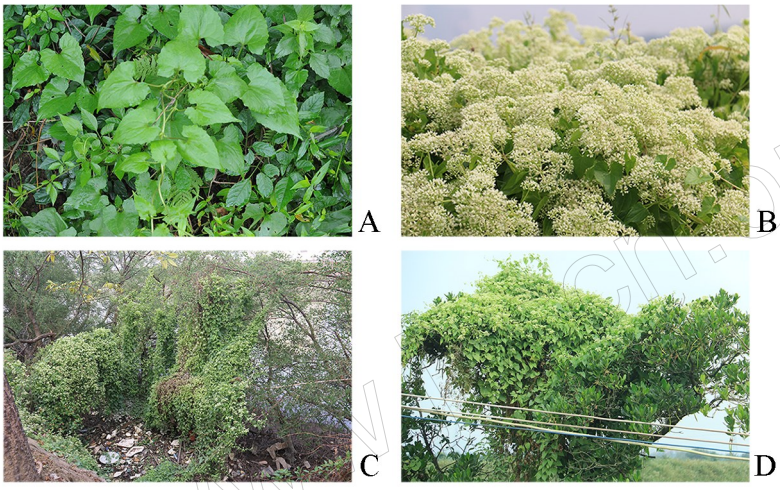

图 1 薇甘菊及其对红树植物的危害状

Fig.1 The *M. micrantha* and its damage to the mangrove plants

A:叶片;B:花序;C,D:危害状。

A: Blade; B: Inflorescence; C, D: Hazard.

1.3.2 *星天牛危害分析* 星天牛(图 2)在我国南方每年发生 1 代,成虫取食寄主植物的细枝皮层,幼虫侵入树木主干,取食枝干及根部的木质部分,破坏和切断有机养分的运输,严重影响寄主植物的营养生长,使树木长势衰弱,使用价值降低,易被吹折或枯死。本次调查发现,星天牛对红树植物无瓣海桑破坏严重。尤其在 2018 年,台风“山竹”过境后,无瓣海桑部分树木整株被折断,90%以上被折断的树木在断裂处发现蛀孔或者蛀道,均为天牛危害导致。

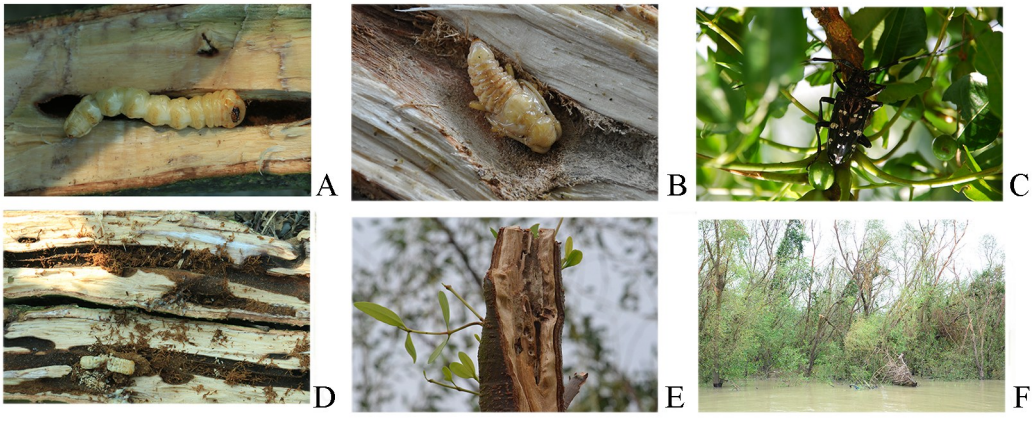

图 2 星天牛及其对无瓣海桑的危害状

Fig.2 The *A.chinensis* and its damage to the *Sonneratia apetala*

A:幼虫;B:蛹;C:成虫;D:蛀道及虫粪;E,F:危害状。

A: Larva; B: Pupa; C: Adult; D: Gallery and Frass; E,F: Hazard.

1.4　红树林有害生物传播扩散的可能性

薇甘菊种子细小而轻盈，基部有冠毛，易借风力、水流、动物、昆虫以及人类的活动进行自然扩散；还可通过鸟类等动物取食种子后到其他地方排泄而传播；人为产品运输、园林花卉交流、苗木调运等是其远距离传播途径。由于管理措施不到位，人工铲除后所剩余的大量薇甘菊藤茎未及时清除，其断茎极易快速生根定植（Li *et al.*，2013），也加速了薇甘菊的扩散。此外，短时间的低盐海水浸泡对薇甘菊种子萌发率和生长并没有影响（胡亮等，2014），这些种子还能通过海流沿海岸传播。

星天牛自然扩散能力不强，可通过短距离飞翔进行近距离扩散。但在苗木调运过程中，各虫态可以随寄主植物的调运在不同地区间进行远距离扩散，从而增强了星天牛的扩散能力。

1.5　危险性管理难度

薇甘菊是一种藤本植物，主要依靠林本作为攀爬支撑。因其一年四季都能生长，花期长，种子、根系生命力、萌芽力较强等原因，无法彻底根除。

星天牛多以幼虫形态隐蔽在树干内取食，较难被发现。成虫具备一定的飞翔能力，因此会呈跳跃式扩散，防控难度大，很难根除。此外，无瓣海桑多种于海岸，防治星天牛所使用的有毒药剂容易被潮水的涨落带入海中，污染环境，祸害海边众多的鱼类及贝类。同时，红树林因潮水涨落，地面多淤泥，不利于防治作业，为星天牛的防治带来一定难度。

1.6　危险性综合评价值的计算

按有害生物风险性分析定量计算公式，分别将相关因子在分析中所占比重，赋予不同的分值进行计算。其中，P_i 根据表内的评判标准得到：

P_1 = 表内赋值

$$P_2 = \sqrt[5]{P_{21} \times P_{22} \times P_{23} \times P_{24} \times P_{25}}$$

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

$$P_4 = \max(P_{41}, P_{42}, P_{43})$$

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

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

根据上述公式计算出各项指标值和风险值（表 1）。参照我国有害生物的危险性综合评价标准，薇甘菊和星天牛对中山红树林的危险性 R 值分别为 1.63 和 1.61，属中度危险（R = 1.9 ~ 1.5）的林业有害生物。

2　红树林有害生物管理对策

2.1　薇甘菊的防控

2.1.1　监测　首先应对其进行较为准确的监测，结合气候、森林资源分布及遗传信息等情况对入侵物种的潜在分布进行预判。生态位模型是预测入侵物种潜在分布的有效工具，Banerjee *et al.*（2019）将遗传信息与生态模型相结合，生成了入侵物种薇甘菊在南亚和东南亚的预测分布，描述了薇甘菊在南亚和东南亚的入侵趋势，并提出了针对当前和未来气候变化下的薇甘菊管理建议。张海娟等（2011）基于生态位模型预测出中国薇甘菊的适生区分布在广东、广西、海南、香港、澳门、福建、云南和台湾等省。张付斗等（2018）对云南省 516 个薇甘菊预警监测点进行监测，根据监测结果及构建的薇甘菊扩散预测分析模型，正确预测出薇甘菊入侵点，整体准确度为 82.6%，为阻截防控薇甘菊在云南的扩散提供了技术支持。

2.1.2　人工防除　在广东省，薇甘菊在 3—4 月开始萌芽，6—8 月进入生长旺盛期，9 月出现花蕾，此时生长速度减缓；10 月进入开花期，花期可以持续至 12 月，果期 1—2 月，2 月后种子成熟，花枝枯萎，生长期达 8 个月，茎枝每周生 30 cm 以上，一个节一年中所有分枝茎节生长 1007 cm（范志伟等，2016）。所以薇甘菊的最佳防治时期是每年 10—12 月种子成熟前。利用人工割除、拔除或机械铲除，先将植株割除，再耕翻晒根，必须尽可能连根拔起，尽量将残留在土壤中的根茎等集中焚烧销毁，务必做到斩草除根。否则，虽然外露的部分可能会枯萎，但下面的部分避免了阳光的照射，可能重新繁殖（张付斗等，2018）。在夏秋 2 季，连续进行 3 次清除，可清除 90%以上的藤茎；但若在首次清除后，不连续进行后续清除，效果将大打折扣。

2.1.3　化学防除　目前对于有害生物灾害最有效的控制手段就是化学防治，可以采取喷洒除草剂进行防治。紫薇清（24% 2,4-滴 · 二氯吡啶酸水剂）是一种比较好的防治薇甘菊的药剂，为内吸传导型除草剂，可以通过茎叶吸收传导至植株的各个部位，引起植株枯萎、坏死，最终导致整株死亡，因此可以清理薇甘菊地下部分的根部；并且其选择性强，对大部分硬阔叶类幼树安全（梁晨等，2017）。

表 1　2 种林业有害植物评估指标体系

Table 1　Risk analysis index and value assignment of two forest pests

准则层 Criterion categories	指标层 P_{ij} Index categoriesr	评分具体指标 Specific indices of scoring	赋分值/分 Score	
			薇甘菊 *M. micrantha*	星天牛 *A.chinensis*
分布情况 Distribution (P_1)	红树林内分布情况 Distribution in mangrove (P_1)	分布面积占其适生面积的百分率 5%～20%, The distribution area of harmful organisms accounts for 5%～20% of their host area, P_1 = 1.1～2.0	1.5	1.2
传入、定殖和扩散的可能性 Possibility of entry, establishment and diffusion (P_2)	被截获的频次 Frequency of check (P_{21})	经常被截获 The pest detected at high frequency at port, P_{21} = 2.01～3.00; 从未被截获 Seldom or never be detected, P_{21} = 1.0	1	3
	运输过程中种子存活率 (P_{22}) Survival rate of pestin transportation (P_{22})	存活率≥40% Over 40% of the survival rate of the pest during transportation P_{22} = 2.1～3.0	3	3
	传播方式(介体) Potential for spread (P_{23})	由活动能力很强的介体传播 Vector transmission with strong mobility, P_{23} = 2.1～2.9; 通过气流传播 Airborne pest, P_{23} = 3.0	2.2	3
	红树林内适生范围 Suitable areas in mangrove (P_{24})	≥50%的地区能够适生 Suitable in more than 50% inland, P_{24} = 2.1～3.0	2	2.5
	区外分布情况 Distribution in other provinces (P_{25})	在 25%～0%的省区有分布 Between 25%～0% of other provinces, P_{25} = 0.1～1.0	1	0.5
潜在危害性 (P_3) Potential damage	潜在经济危害性 Potential damage (P_{31})	产量损失 5%～1%,质量影响较小 Production loss that between 5%～1%, and /or causing smaller production loss, P_{31} = 0.1～1.0	1	1
	是否为其他检疫性有害生物的传播媒介 Vector for other quarantine pests (P_{32})	不传带其他有害生物 No transmission of any quarantine pest, P_{32} = 0	0	0
	官方重视程度 Official emphasis (P_{33})	列入我国林业检疫性有害生物名录 Listed in China's forestry quarantine pests list, P_{33} = 2.01～3.00; 列入我国林业危险性有害生物名单 On the list of hazardous forest pests in China, P_{33} = 0.6～1.00	1	3
受害对象的重要性 Importance of host (P_4)	受害寄主的种类 Host plant species (P_{41})	受害寄主达 10 种以上 More than 10 varieties of the damaged host plants, P_{41} = 3.0	3	3
	受害寄主的面积 Planting area of host (P_{42})	占全面积 20%以上 More than 20% of the area, P_{42} = 2.1～3.0	–	–
	受害寄主特殊经济价值 Special value of host (P_{43})	根据其应用价值、出口创汇等方面,由专家进行判断定级 According to its application value, foreign exchange-earning, etc. classified by experts, P_{43} = 3,2,1	–	–
危险性管理难度 Difficulty of harmful management (P_5)	检疫鉴定难度 Identification (P_{51})	现有鉴定方法非常可靠,简便快速 The current inspection and identification methods are fast and easy with high reliability, P_{51} = 0.01～1.00	0.5	0.5
	除害处理难度 Treatment (P_{52})	常规方法不能杀死 Nearly impossible to kill the pest, P_{52} = 2.01～3.00; 50%≤常规方法的除害效率<100% The conventional method of disinfection efficiency is less than 100% or equal to 50%, P_{52} = 0.01～1.00	2	1
	根除难度 Eradication (P_{53})	效果差,成本高,难度大 Field control with bad effect, high cost and much difficulty, P_{53} = 3.00	3	2.5

P_{41}为最大,根据评判方法,P_{42}和 P_{43}结果无影响。

P_{41} had the highest values, according to the evaluation method, P_{42} and P_{43} results had no influence.

在薇甘菊大面积覆盖的非经济林地，使用 1000 ~ 1500 倍 24% 紫薇清水剂进行非定向喷雾；对薇甘菊与其他植物混合生长在一起的区域，应采用针对茎、叶定向喷药方法。此外，五氟磺草胺、噻吩磺隆、单嘧磺脂（刘晓燕等，2012）、25% 辛酰溴苯腈乳油、48% 麦草畏水剂、80% 2，4-滴钠盐可湿性粉剂、氯氟吡氧乙酸乳油、20% 氯氟吡氧乙酸异辛酯乳油、10% 草铵膦水剂、48% 灭草松水剂和 41% 草甘膦异丙胺盐水剂（郭成林等，2014）等对薇甘菊也有一定的防效。

2.1.4　生物防除　除草剂化学防除虽然经济高效，但却存在“3R”（抗性 resistance、再增猖獗 resurgence 和残留 residue）问题，因此生物防治也是另一种有效控制薇甘菊危害的方法。已有大量关于利用菟丝子 *Cuscuta chinensis* Lam. 强寄生能力来防治薇甘菊的报道，研究者认为菟丝子属 *Cuscuta* spp. 植物（廖文波等，2002）、大花菟丝子 *Cuscuta reflexa* Roxb 及田野菟丝子 *Cuscuta campestris* Yuncker（Li *et al.*，2012；Wu *et al.*，2013）能寄生并致薇甘菊死亡。但是利用菟丝子属植物防控薇甘菊目前仍存在一定的争议。在深圳 7 个森林公园的薇甘菊危害区投放田野菟丝子并开展野外监测，本地菟丝子对本土其他植物整体上的影响远远小于薇甘菊的影响，因此，可在薇甘菊高度覆盖（覆盖度>90%）且无重要经济作物生长的空地内利用菟丝子防控薇甘菊（宋雪等，2018）。甘薯 *Dioscorea esculenta*（Lour.）Burkill 在植物生长和养分利用方面都比薇甘菊具有竞争优势，因此，可在热带和亚热带地区种植甘薯从而减少薇甘菊的生长（Shen *et al.*，2015）。据报道，在薇甘菊原产地美洲地区有天敌 31 种（Cock，1982），但是早期引入原产地天敌的防治效果并不理想，随后相继开展了本地天敌昆虫的研究，艳婀珍蝶 *Actinote thaliapyrrha* Fabricius（张玲玲等，2006）、小蓑蛾 *Acanthopsyche*. sp（邵华等，2002）、紫红短须螨 *Brevipalpus phoenicis* Geijskes（陈瑞屏等，2003）等均被报道对薇甘菊具有一定威胁，但其侵扰能力有限。本土天敌昆虫薇甘菊颈盲蝽 *Pachypeltis micranthus* Mu and Liu 对薇甘菊具有显著的控制效应（泽桑梓等，2013；张传光等，2019）。薇甘菊挥发物对薇甘菊颈盲蝽具有引诱作用（王大伟等，2016），薇甘菊颈盲蝽取食薇甘菊叶片，并破坏叶片正常生理功能，导致其最终的叶片萎蔫坏死。薇甘菊颈盲蝽具有取食能力强、取食量大、取食频率高等特点，对薇甘菊的茎、花生长均具有一定影响，抑制其无性繁殖、开花结实量，是一种有效控制薇甘菊传播、扩散的重要天敌昆虫。

2.1.5　营林措施　加强林间管理，及时对薇甘菊发生区域的生态系统进行修复。可以在造林时搭配种植一些阔叶树如幌伞枫 *Heteropanax fragrans*（Roxb.）Seem.、血桐 *Macaranga tanarius* 等，不仅可以提高郁闭度，还可抑制薇甘菊的生长，阻止其入侵（李鸣光等，2012）。也可以利用替代控制技术治理薇甘菊的危害，利用本土植物和具有一定生态价值的草本植物来抵御薇甘菊的入侵。黄花蒿 *Artemisia annua* Linn.、高羊茅 *Festuca elata* Keng ex E. Alexeev、黑麦草 *Lolium perenne* L.、杂三叶 *Trifolium hybridum*、紫花苜蓿 *Medicago sativa* L.、柱花草 *Stylosanthes guianensis* SW. 等不仅具有一定经济价值，还可被用作替代植物进行种植（徐高峰等，2011；张知晓等，2018）。

上述这些防治技术都不能单一有效地将薇甘菊彻底清除，人工防治耗时耗力；化学防治会对环境造成污染；菟丝子对薇甘菊抑制时间只有一个月左右，生长期过后，被缠住的薇甘菊反而会沿着干枯的菟丝子继续攀爬；薇甘菊颈盲蝽虽然可以取食薇甘菊，但目前还没有系统的人工培育技术，大量推广应用还有待于进一步研究。因此，应积极采取综合防治措施，加大巡查监测力度，在平坦开阔或便于操作的小面积发生区域以人工或机械清除为先导，务必做到斩草除根，清除彻底；对于大面积发生区域以化学防治为主，对已经攀爬至树冠的植株，可以对薇甘菊根部进行施药；应积极开发利用天敌、替代物种资源等，科学管理，统一防治，同时结合营林措施，对清理过的山坡地及时种植物速生树种，提高林分郁密度，抑制其生长扩散，才可以达到长期控制薇甘菊的目标。

2.2　星天牛的防控

2.2.1　监测　星天牛在中山市所有红树林分布范围均有发生，星天牛寄主种类多，适生能力强，具有一定的扩散能力，且在红树林保护区的防治较难，所以未被星天牛危害的红树林区，应做到以预防为主，实时监测。可利用昆虫性引诱剂等技术手段对其固定样地进行监测。Hansen *et al.*（2015）发现，星天牛雄性成虫的挥发物 4-庚氧基-1-丁醇可吸

引雌雄成虫,并建议将其尽快应用到检疫监测中。随后朱宁等(2017)的研究也表明,聚集信息素配方 M(4-庚氧基丁醇+4-庚氧基丁醛) 与苦楝 *Melia azedarach* Linn.挥发物配方 K(茨烯+顺-3-己烯-1-醇+罗勒烯+β-石竹烯) 混合后,对星天牛具有很好的诱捕效果。美国化学工业公司开发的光肩星天牛性诱剂在美国马萨诸塞州成功监测到了新入侵的光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis*,并及时根除,避免了光肩星天牛在该地区的进一步扩散(Nehme *et al.*,2010)。

2.2.2 化学防治 对于已经发生该虫危害的地区,应着重进行化学防治。星天牛的生活史中大部分时间在树干内生活,防治难度较大,可以考虑在红树林林缘种植对星天牛具有引诱作用的苦楝作为诱木(刘佳敏和徐华潮,2014),并且在诱木上进行喷药防治,可有效减少用药量和防治难度。星天牛在广东珠海淇澳岛上以幼虫在无瓣海桑树干内越冬,3 月中旬化蛹,3 月中下旬成虫出现,5 月中旬达到虫口高峰,随后下降,7 月底基本不见成虫(揭育泽等,2012)。中山市距离珠海淇澳岛最近直线距离 3.5 km,气候条件相近,星天牛生物学特性相近。每年 4—5 月为成虫高峰期,是防治的最佳时期。4 月底—5 月初防治初孵成虫,持续控制羽化的初期虫口数量及产卵量,防止虫口数量大暴发,是成功控制林间虫口数量的关键。红树植物多生长于海边,对其进行药物处理时药剂易被潮水带入海中,污染海洋环境,并且对海边众多人工海产品养殖场造成威胁,所以在选择使用药剂时应着重注意其对鱼、藻类的安全性。目前已经筛选出一些对鱼虾低毒的药剂如噻虫啉(徐金柱等,2012)、氯虫苯甲酰胺、氟虫双酰胺(王嘉冰等,2017)等应用到星天牛的林间防治研究中。可以在成虫活动盛期采取林间喷药防治措施(桑巴叶和朱玉伟,2019),也可以采用向树干中注射药剂的方法杀灭幼虫(付林巨等,2015)。

2.2.3 生物防治 生物防治是另一种控制星天牛种群数量的有效方法,包括利用寄生性昆虫、昆虫病原真菌、昆虫病原线虫、捕食性天敌等自然控制因子对其种群数量进行抑制。林间投放花绒寄甲 *Dastarcus helophoroides* (Fair-maire) 卵卡(严巍等,2017)和川硬皮肿腿蜂 *Scleroderma sichuanensis* Xiao (杜开书等,2006)对星天牛幼虫防治效果较好。利用白僵菌粘膏涂孔法林间防治星天牛平均死亡率达 77.8%(黄金水等,1997),也可以将白僵菌制成无纺布菌条在星天牛羽化初期捆绑至树干下部,从而有效抑制星天牛产卵及个体生长(徐金柱等,2003)。蔡守平等(2012, 2008)筛选出了多株针对星天牛幼虫和成虫的高致病力菌株,并将其作为优良菌株推广应用。

由于红树林生态系统的特殊性,化学防治方法仅限于那些已经造成严重危害的区域,对于其他区域建议以预防监测为主,生物防治方法为辅的林间管理对策。

3 结论与讨论

经过连续 2 年的调查和监测发现,在靠近岸边的红树林尤其是无瓣海桑遭受薇甘菊危害情况比较严重。薇甘菊属于林业检疫性有害生物,在整个中山市红树林地区都有分布,主要分布在人为活动较多的步道两侧、蕉林及荒地等。通过对薇甘菊危险性的定性和定量分析,结果表明,目前仅在中山市红树林局部地区发生危害,但具有明显扩散蔓延趋势,对红树林资源造成严重威胁。2019 年薇甘菊发生面积约 1.5 hm^2,较 2018 年扩大 1 倍。其中湿地公园、围垦基地和老红树林危害情况比较严重,是目前危害严重、防治难度较大的有害生物。

星天牛被列入了林业危险性有害生物名单。在中山市除了老红树林以外所有红树林地区均有分布,并且危害严重。具有一定的虫口基数,因为寄主单一,应为主要防控对象。并且 2019 年星天牛分布和发生范围较 2018 年有所扩大,根据目前调查情况,预测 2020 年星天牛发生情况与 2019 年相当,应作为重点防治对象。

随着气候的变化,沿海防护林的作用越来越大,而有害生物对沿海防护林的破坏也越来越严重。华南地区的酸性土壤有利于薇甘菊定植,而该区域土壤酸化的加剧可能进一步加重薇甘菊的潜在危害(胡亮等,2016)。无瓣海桑是中山市红树林保护区主要树种之一,大量遭受星天牛危害,部分林区由于台风以发生倒伏,严重破坏了林相。因此,针对有害生物危害的严重性,需要做出科学的预防和防治策略。首先,要建立一套立体化的有害生物监测体系,对于特定主要林业有害生物进行地面、无人机、卫星监测相结合的立体化、全方位监测。其次,积极建立以应急除治、生物防治、生态修

复等多种技术相结合的生态控制技术体系。另外，还需要加强害生物防控宣传力度，提高和增强公众的防控意识。坚持“预防为主、防治结合、群防群治”的工作原则。最后，要加强对苗木调运等的产品检疫，严格把关，防止林业有害生物外传和扩散。对沿海防护林有害生物的科学防治和有效治理，是关系到沿海居民生命财产安全的大事，因此，针对沿海防护林有害生物危害频发的原因提出相应对策，能够对高质高效海防林建设起到保障作用，对于我国沿海防护林发展具有重大作用。

参考文献

蔡守平，何学友，曾丽琼，黄金水，钟景辉，嵇保中，2012. 感染星天牛幼虫高致病力金龟子绿僵菌菌株的筛选. 中国生物防治学报，28(2)：293-297.

蔡守平，刘建波，何学友，李志真，吴柳清，2008. 金龟子绿僵菌、球孢白僵菌不同菌株对星天牛成虫的生物测定. 中国森林病虫，27(2)：1-3.

陈权，马克明，2015. 红树林生物入侵研究概况与趋势. 植物生态学报，39(3)：283-299.

陈瑞屏，徐庆华，李小川，刘清浪，2003. 紫红短须螨的生物学特性及其应用研究. 中南林学院学报，23(2)：89-93.

邓艳，张文英，李德伟，吴耀军，常明山，2012. 红树林自然保护区无瓣海桑主要害虫及其寄生性天敌种类调查研究. 西部林业科学，41(5)：73-76.

丁珌，黄金水，吴寿德，方柏州，柳其文，2004. 桐花树毛颚小卷蛾生物学特性及发生规律. 林业科学，40(6)：197-200.

杜开书，周祖基，杨伟，2006. 川硬皮肿腿蜂防治柳树星天牛试验初报. 安徽农业科学，34(13)：3104-3105.

范志伟，沈奕德，李晓霞，黄乔乔，2016. 入侵植物薇甘菊新枝在海南的月生长动态. 生物安全学报，25(1)：18-22.

付林巨，刘和平，张艳，秦强，王向霞，张宏明，李丽云，郝瑞琴，马仲慧，李刚，2015. 噻虫啉等几种药剂打孔注药防治光肩星天牛成虫效果对比. 内蒙古林业科技，41(1)：36-38.

郭成林，马跃峰，覃建林，马永林，2014. 30 种除草剂对豚草和薇甘菊的防效初步评价. 植物保护，40(2)：179-183.

胡亮，邓太阳，张庆生，李鸣光，2016. 入侵藤本薇甘菊对酸性土壤的适应性. 生态环境学报，25(9)：1439-1445.

胡亮，李鸣光，韦萍萍，2014. 入侵藤本薇甘菊的耐盐能力. 生态环境学报，23(1)：7-15.

黄金水，丁珌，黄海清，高美玲，何益良，1997. 星天牛白僵菌的侵染力测定与应用技术研究. 福建林学院学报，17(1)：30-34.

揭育泽，徐金柱，秦长生，杨华，赵丹阳，2012. 星天牛在红树植物无瓣海桑上的发生规律. 中国森林病虫，31(3)：11-13.

李鸣光，鲁尔贝，郭强，眷启杰，韦萍萍，蒋露，徐华林，钟填奎，2012. 入侵种薇甘菊防治措施及策略评估，生态学报，32(10)：3240-3251.

李伟华，韩瑞宏，高桂娟，2008. 薇甘菊入侵对土壤微生物生物量和土壤呼吸的影响，华南师范大学学报(自然科学版)，40(3)：95-102.

李志刚，王林聪，叶静文，徐华林，戴建青，韩诗畴，2015. 红树林八点广翅蜡蝉对不同颜色及寄主植物的趋性选择，南方农业学报，46(9)：1624-1627.

梁晨，刘涛，彭家昆，李步斌，罗基同，韦春强，2017. 林地薇甘菊防治研究. 中国森林病虫，36(5)：1-4.

廖文波，强凡，王伯荪，王勇军，周先叶，2002. 侵染薇甘菊的菟丝子属植物及其分类学鉴定. 中山大学学报(自然科学版)，42(6)：54-56.

刘佳敏，徐华潮，2014. 苦楝对星天牛的引诱研究. 浙江农林大学学报，31(3)：437-441.

刘文爱，范航清，2011. 广州小斑螟发生与环境因子的关系. 生态学报，31(23)：7320-7324.

刘晓燕，曹坳程，李园，郭美霞，王秋霞，周波，陈长伟，徐建，2012. 几种除草剂对薇甘菊的防控效果. 生物安全学报，21(3)：216-220.

毛子龙，赖梅东，赵振业，杨小毛，2011. 薇甘菊入侵对深圳湾红树林生态系统碳储量的影响. 生态环境学报，20(12)：1813-1818.

桑巴叶，朱玉伟，2019. 林间药剂喷雾防治新疆光肩星天牛的药效试验. 防护林科技，186(3)：10-12.

邵华，彭少麟，刘运笑，张弛，向言词，2002. 薇甘菊的生物防治及其天敌在中国的新发现. 生态科学，21(1)：33-36.

宋雪，蒋露，郭强，孙延军，眷启杰，2018. 应用田野菟丝子防治薇甘菊对其他植物的影响. 广西师范大学学报(自然科学版)，36(4)：139-150.

王大伟，泽桑梓，杨斌，赵宁，季梅，冯小飞，张煜，2016. 薇甘菊挥发物对薇甘菊颈盲蝽的引诱作用. 福建农林大学学报(自然科学版)，45(1)：14-18.

王嘉冰，徐智文，薛羿，刘英胜，严善春，2017. 3 种内吸性杀虫剂对光肩星天牛幼虫的林间防治效果. 北京林业大学学报，39(7)：62-68.

魏巍，侯玉平，彭少麟，陈鹏东，梁希平，张静，2017. 不同光照强度对入侵植物薇甘菊(*Mikania micrantha*)和飞机草(*Chromolaena odorata*)生长及生物量分配的影响. 生态学报，37(18)：6021-6028.

徐高峰，张付斗，李天林，申时才，张玉华，2011. 不同密度五种植物对薇甘菊幼苗的竞争效应. 生态环境学报，

20(5): 798-804.

徐金柱, 樊美珍, 李增智, 2003. 放菌方式对白僵菌防治光肩星天牛效果的影响. 中国生物防治, 19(1): 27-30.

徐金柱, 秦长生, 揭育泽, 杨华, 2012. 应用噻虫啉微胶囊悬浮剂防治无瓣海桑星天牛研究. 中南林业科技大学学报, 32(10): 151-153.

严巍, 朱春刚, 陈东旭, 张凯, 李丽, 韩嘉寅, 2017. 花绒寄甲对垂柳天牛的防治效果. 中国植保导刊, 37(2): 28-30.

泽桑梓, 苏尔广, 闫争亮, 翟雍善, 季梅, 2013. 薇甘菊颈盲蝽对薇甘菊的控制作用. 西部林业科学, 42(1): 46-52.

张传光, 泽桑梓, 朱家颖, 季梅, 刘凌, 张乃明, 2019. 薇甘菊颈盲蝽细胞色素 P450 *PmCYP4* 基因克隆及表达分析. 生物安全学报, 28(1): 13-18.

张付斗, 郭晋, 徐高峰, 申时才, 岳英, 木霖, 张玉华, 2018. 大湄公河次区域薇甘菊的防控技术. 生物安全学报, 27(4): 313-316.

张海娟, 陈勇, 黄烈健, 倪汉文, 2011. 基于生态位模型的薇甘菊在中国适生区的预测. 农业工程学报, 27(51): 413-418.

张玲玲, 韩诗畴, 李志刚, 刘楠, 李丽英, 罗莉芬, 彭统序, 刘文惠, 2006. 艳婀珍蝶取食对薇甘菊叶片生理指标的影响. 生态学报, 26(5): 1330-1336.

张文英, 邓艳, 吴耀军, 李德伟, 杨振德, 2012. 红树林植物无瓣海桑主要害虫迹斑绿刺蛾生物学特性研究. 植物保护, 38(4): 68-71.

张震, 代宇雨, 王一帆, 吕得林, 王瑞, 2018. 入侵植物替代控制中土著种选择机制的研究. 生物安全学报, 27(3): 178-185.

张知晓, 泽桑梓, 季梅, 刘凌, 户连荣, 2018. 薇甘菊替代控制技术研究. 西部林业科学, 47(3): 123-128.

朱宁, 张冬勇, 吴利平, 胡琴, 樊建庭, 2017. 聚集信息素和寄主植物挥发物对光肩星天牛和星天牛的引诱作用. 昆虫学报, 60(4): 421-430.

BANERJEE A K, MUKHERJEE A, GUO W X, NG W L, HUANG Y L, 2019. Combining ecological niche modeling with genetic lineage information to predict potential distribution of *Mikania micrantha* Kunth in South and Southeast Asia under predicted climate change. *Global Ecology and Conservation*, 20: e00800.

COCK M J W, 1982. The biology and host specificity of *Liothrips mikaniae* (Priesner) (Thysanoptera: Phlaeothripidae), a potential biological control agent of *Mikania micrantha* (Compositae). *Bulletin of Entomological Research*, 72(3): 523-533.

DAY M D, CLEMENTS D R, GILE C, SENARATNE W K A D, SHEN S, WESTON L A, ZHANG F, 2016. Biology and impacts of pacific islands invasive species 13. *Mikania micrantha* Kunth (Asteraceae). *Pacific Science*, 70(3): 257-285.

HANSEN L, XU T, WICKHAM J, CHEN Y, HAO D, HANKS L M, MILLAR J G, TEALE S A, 2015. identification of a male-produced pheromone component of the citrus longhorned beetle, *Anoplophora chinensis*. *PLoS ONE*, 10: e134358.

HU L, LI M, 2014. Climbing capacity of the invasive vine *Mikania micrantha* Kunth on vertical artificial poles. *Biological Invasions*, 16(2): 295-302.

KAUR R, MALHOTRA S, INDERJIT, 2012. Effects of invasion of *Mikania micrantha* on germination of rice seedlings, plant richness, chemical properties and respiration of soil. *Biology and Fertility of Soils*, 48(4): 481-488.

LI F, LI M, ZAN Q, GUO Q, ZHANG W, WU Z, WANG Y, 2012. Effects of the residues of *Cuscuta campestris* and *Mikania micrantha* on subsequent plant germination and early growth. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(11): 1852-1860.

LI X, SHEN Y, HUANG Q, FAN Z, HUANG D, 2013. Regeneration capacity of small clonal fragments of the invasive *Mikania micrantha* H.B.K.: effects of burial depth and stolon internode length. *PLoS ONE*, 8: e84657.

NEHME M E, KEENA M A, ZHANG A, BAKER T C, XU Z, HOOVER K, 2010. Evaluating the use of male-produced pheromone components and plant volatiles in two trap designs to monitor anoplophora glabripennis. *Environmental Entomology*, 39(1): 169-176.

SHEN S C, XU G F, CLEMENTS D R, JIN G M, CHEN A D, ZHANG F D, KATO-NOGUCHI H, 2015. Suppression of the invasive plant mile-a-minute (*Mikania micrantha*) by local crop sweet potato (I*pomoea batatas*) by means of higher growth rate and competition for soil nutrients. *BMC Ecology*, 15(1): 1-10.

WU Z, GUO Q, LI M, JIANG L, LI F, ZAN Q, ZHENG J, 2013. Factors restraining parasitism of the invasive vine *Mikania micrantha* by the holoparasitic plant *Cuscuta campestris*. *Biological Invasions*, 15(12): 2755-2762.

(责任编辑:郑姗姗 郭莹)

http://www.ibscn.org