

云南省林地薇甘菊防控研究进展

李云琴¹, 季梅¹, 刘凌¹, 户连荣¹, 张知晓¹, 泽桑梓^{1,2*}

¹云南省林业科学院, 云南昆明 650201; ²云南省林业有害生物防治检疫局, 云南昆明 650224

摘要: 薇甘菊是世界十大有害杂草之一, 引起广泛关注, 因其入侵能力强, 给入侵地的生态系统造成了极大威胁。本文系统总结云南省林地薇甘菊防治研究进展; 开发出“林地薇甘菊监测预警信息系统”和“薇甘菊风险评估管理信息系统”, 提高了薇甘菊在云南省潜在分布区域预测的可靠性; 筛选及复配出林地防效好的森草净+2,4-D 钠盐, 对土壤相对较为安全的 2,4-D+敌草快复合药剂; 选用旱冬瓜、千果榄仁、柱花草等替代控制薇甘菊, 防控的同时还能创造更大的经济效益; 发现薇甘菊颈盲蝽是控制薇甘菊的专化性强且取食量大的重要天敌昆虫, 实现了对薇甘菊种子扩散和无性传播的有效控制。对薇甘菊的防治, 集成了监测预警、应急除治、生物防治、生态修复技术, 形成林地薇甘菊绿色防控技术体系, 但其防控仍是局部的, 未来还需要不断突破, 使对薇甘菊的局部应急防控逐步转为大面积的持续生态控制。

关键词: 云南省; 林地; 薇甘菊; 防治技术

Progress in prevention and control of *Mikania micrantha* in Yunnan forestland

LI Yunqin¹, JI Mei¹, LIU Ling¹, HU Lianrong¹, ZHANG Zhixiao¹, ZE Sangzi^{1,2*}

¹Yunnan Academy of Forestry, Kunming, Yunnan 650201, China; ²Bureau of Forestry Pest Control and Quarantine of Yunnan Province, Kunming, Yunnan 650224, China

Abstract: As one of the ten most harmful weeds in the world, *Mikania micrantha* has attracted wide research attention. Because of its strong invasion ability, it poses a great threat to ecosystems. Aiming at the prevention and control of *M. micrantha* in forests, this paper summarized the research progress of *M. micrantha* control in forest ecosystems of the Yunnan Province. The progress so far includes: (1) Risk assessment, monitoring and early warning information systems have been developed to improve the prediction of potential distribution area of *M. micrantha* in the province. (2) Sulfometuron-methyl+2,4-D sodium salt and 2,4-D+Diquat compound have been deemed to be the most efficient control agents. (3) *Alnus nepalensis*, *Terminalia myriocarpa* and *Stylosanthes guianensis* seem suitable to control *M. micrantha* and can create greater economic benefits. (4) *Pachypeltis micranthus* has been identified as an important natural enemy insect, which effectively limits seed dispersal and asexual propagation of *M. micrantha*. The integration of monitoring and early warning, emergency treatment, biological control and ecological restoration have been useful control systems against *M. micrantha*, but prevention and control remain partial.

Key words: Yunnan Province; forest ecosystem; *Mikania micrantha*; prevention and control technologies

薇甘菊 *Mikania micrantha* Kunth 属菊科 Compositae 假泽兰属多年生草质藤本, 为无性或两性生殖, 生命力强, 生长极其迅速, 故有“Mile-a-minute-weed”之称 (Waterhouse, 1994)。薇甘菊主要通过攀援缠绕绞杀其他植物以争夺阳光或分泌化感物质, 阻碍附主植物的生长甚至导致附主死亡, 被认为是世界十大有害杂草之一 (邵婉婷等, 2002)。我

国自 1884 年从香港引种, 现已扩散或局部传入广东、广西、海南、云南以及澳门、台湾地区 (管启杰和李鸣光, 2010; 于飞等, 2012), 并有进一步扩散蔓延的趋势, 对我国农林产业的健康发展构成极大的威胁 (郭琼霞等, 2005)。

1983 年, 昆明植物所林芹在云南省盈江县铜壁关采集到中国大陆第一份薇甘菊标本 (Lin Qin

收稿日期 (Received): 2018-09-04 接受日期 (Accepted): 2019-01-03

基金项目: 云南省重点研发项目 (2018BB009); 中央财政林业科技推广项目 (云 [2017] TG 07 号)

作者简介: 李云琴, 女, 助理研究员。研究方向: 生物多样性保护与利用。E-mail: liyunqin1@126.com

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: zesangzi@163.com

770805, 1983-10-26)。截至 2015 年, 薇甘菊在云南分布于 5 个州(市)13 个县(区)(付小勇等, 2015a, 2015b), 并且呈逐年扩散的趋势。当下, 薇甘菊在云南省发生面积常年在 3033 万 hm^2 左右, 尤以林地薇甘菊危害最为严重, 已经对我国边境生态安全构成严重威胁。

云南省多位涉林专家在林地薇甘菊的监测预警、化学防治、物理防治、生物防治等方面开展了大量研究工作, 取得了显著成果。本文以薇甘菊的生态、安全、快速、有效防治为目的, 总结云南省林地薇甘菊的防控研究进展, 以期为森林生态系统中薇甘菊的防控提供更为科学有效的技术手段。

1 监测预警

薇甘菊在云南南部地区广泛发生, 受害林地类型复杂多样, 依靠传统调查手段来实现规模化监测, 并做出预警存在较大困难, 对其进行较为准确的监测并为防控决策提供依据有着极为重要的现实需求。生态位模型以已知样本点为基础, 分析物种在生态位空间或环境空间中的特征或潜在分布区, 并进一步研究物种的环境耐受能力, 是一个以生态位理论为基础的新研究领域(乔慧捷等, 2013)。前人已开展了大量的生态位模型预测薇甘菊的潜在空间分布探索(陈利等, 2014; 郭琼霞, 2013; 邱罗等, 2010; 张海娟等, 2011; 周伟等, 2012)。但由于对云南的气候、土地利用、森林资源分布等实际情况不完全掌握, 以上研究未能作出较为准确的研判。

付小勇等(2015a, 2015b)应用最大熵生态位模型, 通过采集云南省薇甘菊的已有 78 个分布点及其相关的海拔、坡向、光照、坡位、坡度、温度、土地利用、人为影响、森林资源分布等环境数据(主要为气候因子)组成训练样本, 使用 MaxEnt 模型分析采集的数据, 预测薇甘菊在云南的潜在空间分布, 并利用 ROC(receiver operating characteristic curve) 曲线等方法对预测结果进行分析。结果表明, 影响薇甘菊分布的主要环境因子包括最湿季降雨量(贡献率 28.8%)、海拔(贡献率 22.1%)、土地覆盖现状(贡献率 15.3%)以及最湿季平均温、年均降水量和年平均温。云南薇甘菊最适宜生长的环境为海拔 1100 m、最湿季平均温 22 $^{\circ}\text{C}$ 、最湿季降雨量 760 mm 的灌木林地、荒地和未郁闭林地等。ROC 曲线的 AUC(area under curve) 值均在 0.9 以上, 表明预

测结果具有较高的可信度。并且根据预测研究的流程, 开发一个基于 ArcGIS Engine 的可用于网络环境全过程的薇甘菊潜在空间分布预测信息系统。利用全球 1172 个薇甘菊分布点、27 个环境因子及 MaxEnt 模型, 预测并定量分析云南省薇甘菊不同等级适生区域及其面积。结果表明, 云南省薇甘菊适生区为海拔 1780 m 以下, 年平均温度 16.8 $^{\circ}\text{C}$ 以上, 极端最高温度 34.9 $^{\circ}\text{C}$ 以下, 极端最低温度 -4.7 $^{\circ}\text{C}$ 以上, 1 月份平均温度 10.2 $^{\circ}\text{C}$ 以上, 7 月份平均温度 20.8 $^{\circ}\text{C}$ 以上, ≥ 10 $^{\circ}\text{C}$ 有效积温为 4744 $^{\circ}\text{C}$ 以上, 年均降雨量 866 mm 以上, 最暖季降雨量 517 mm 以上。云南省薇甘菊适生区面积 105984 km^2 , 其中高适生区面积 12816 km^2 , 中等适生区面积 41312 km^2 , 低适生区面积 51856 km^2 。云南省薇甘菊适生区主要分布于北纬 25 $^{\circ}$ 以南地区, 德宏州、红河州、普洱市有大范围高适生区; 文山州、西双版纳州和临沧市有大范围的中等适生区; 大理州、楚雄州、玉溪市有较大面积的低适生区(付小勇等, 2015b)。基于上述研究成果, 付小勇等(2015a)构建了云南省林地薇甘菊监测预警技术体系, 研发出“基于 GIS 的云南省林地薇甘菊监测预警信息系统”, 准确研判了 2015 年以后云南的 6 个薇甘菊新增分布区孟连县、沧源县、勐海县、澜沧县、耿马县、江城县, 为林地薇甘菊防控提供了技术支持。

2 防治技术

2.1 化学农药高效、减量防控

长期以来, 化学防治是有效控制有害生物灾害的速效手段, 林地薇甘菊的发生环境较为复杂, 存在坡高路陡、施工难度大等客观问题, 应急防控迫切需要与之匹配的专用药剂。早期防除薇甘菊的化学药剂主要包括森草净(陈素芳等, 2003; 王勇军等, 2003; 咎启杰等, 2007)、草甘膦(黄华枝等, 2004; 汪东彬和胡长顺, 2000)、灭薇净(林绪平等, 2009)、草灌净(徐声杰, 2001)、2, 4-D 钠盐、2, 4-D 丁酯、甲磺隆、氯磺隆、使它隆、克无踪、百草枯、森泰、兰达、草坝王、毒莠定(Tordon)、恶草灵等(咎启杰, 2001; 泽桑梓等, 2010a, 2010b)。这些药剂使用时要求药液浓度较高, 会造成严重的环境污染, 且不能有效致死薇甘菊茎节和土壤中的种子, 会出现“越防越多”的现象。

泽桑梓等(2010b)发现, 草甘膦类除草剂添加 2, 4-D 钠盐对薇甘菊的防除效果最佳。该研究既考

考虑到药液对薇甘菊盖度的影响,同时还研究了对薇甘菊种子萌发和茎死亡率的影响。实验结果表明,用各种药剂处理 14 d 的种子,仅有森草净+2,4-D 钠盐复合药剂能在浓度稀释到 100000 倍时仍能薇甘菊种子萌发率控制为 0;供试药剂在薇甘菊初始盖度大致一样的地块施药 80 d,仅有森草净+2,4-D 钠盐复合药剂在浓度稀释为 100000 倍液时能将薇甘菊盖度控制为 0;常用药剂如森草净、草甘膦等在浓度低于 100 倍液时均无法完全致死薇甘菊茎节,而森草净+2,4-D 钠盐复合药剂可以将茎节完全灭杀,其校正死亡率为 $(100.00 \pm 0)\%$,且药剂浓度越大茎致死速度越快。因此,自制森草净+2,4-D 钠盐复合药剂效率高、用量小,是可用于防控薇甘菊的一种高效、减量药剂。

泽桑梓等(2017)选取紫薇清、2,4-D、敌草快、百草枯、草甘膦、森草净、扑草净以及由以上药剂自制复合的 2,4-D+敌草快、2,4-D+百草枯、2,4-D+草甘膦、2,4-D+森草净、2,4-D+扑草净、敌草快+百草枯、敌草快+草甘膦、敌草快+森草净、敌草快+扑草净、百草枯+草甘膦、百草枯+森草净、百草枯+扑草净、草甘膦+扑草净、森草净+扑草净共 21 种复合药剂(药剂复合比例 1:1),进一步探索防除薇甘菊的高效、安全药剂。21 种供试药剂对薇甘菊施药 10 d 后,只有 2,4-D+敌草快能在较低浓度 10000 倍液致死薇甘菊叶片、茎节,表现出对薇甘菊极强的毒杀作用;将 2,4-D+敌草快和各单组分敌草快、百草枯、2,4-D、紫薇清、扑草净、森草净、草甘膦药剂,稀释 1000 倍喷施薇甘菊,60 d 后取 10 cm 表土进行农药残留检测,检测结果表明,未检测出敌草快、百草枯、2,4-D、紫薇清、森草净在土壤中的残留量。据此,可确定 2,4-D+敌草快复合药剂是防除薇甘菊高效、减量且对土壤较为安全的优选药剂。

2.2 生态修复

2.2.1 群落改造防治

薇甘菊发生危害的林区,受害较为严重的情况多发生在林缘、林窗、林间空地和林木生长势较弱的林分。针对这些受害林分进行群落改造,选择气候条件适应、更新能力强的地带性树种和乡土树种,可以有效修复森林生态系统,遏制薇甘菊危害,实现持续控制。

云南省林业科学院在薇甘菊发生灾害区德宏州瑞丽市,选择旱冬瓜 *Alnus nepalensis* D. Don、重阳木 *Bischofia polycarpa* (Levl.) Airy Shaw、合果木 *Pa-*

ramichelia baillonii (Pierre) Hu、千果榄仁 *Terminalia myriocarpa* Vaniot Huerck et Muell.-Arg.、桃花心木 *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.、降香黄檀 *Dalbergia odorifera* T. Chen、菠萝蜜 *Artocarpus heterophyllus* Lam.、萝芙木 *Rawolfia verticillata* (Lour.) Baill.、云南藤黄 *Garcinia yunnanensis* Hu 等 9 个树种,按千果榄仁+旱冬瓜、重阳木+合果木+旱冬瓜、重阳木+合果木+旱冬瓜+菠萝蜜、云南藤黄+菠萝蜜+重阳木+合果木、合果木+旱冬瓜+萝芙木、降香黄檀+桃花心木+重阳木+旱冬瓜、重阳木等 7 种模式营建了生态调控试验示范林。通过对薇甘菊抑制效果的比较,并结合试验树种树高、冠幅的比较研究,发现旱冬瓜、千果榄仁、桃花心木、重阳木、降香黄檀、合果木可以抵御薇甘菊的危害,是用于修复薇甘菊发生区森林生态系统的优良树种。

2.2.2 环境改造防治

针对薇甘菊入侵林间空地和林木生长势较弱的林分,选育对薇甘菊有较强竞争作用的树种,通过其对光照、养分和水分等的竞争,遏制薇甘菊生长,实现持续防治薇甘菊,并应用到需改造的林分,恢复林间空地森林植被。张知晓等(2018)营建并持续调查了人工抚育 3 年的麻竹 *Dendrocalamus latiflorus* Munro、勃氏甜龙竹 *Dendrocalamus brandisii* (Munro) Kurz.、杉木 *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. 和西南桦 *Betula alnoides* Buch.-Ham. ex D. Don 等 4 种薇甘菊林间替代控制试验基地,研究表明,勃氏甜龙竹、麻竹和杉木 3 种树种对薇甘菊均有控制作用,并以勃氏甜龙竹控制效果最佳。因此,可选用勃氏甜龙竹、麻竹和杉木为造林树种替代控制薇甘菊。其替代控制持续性较强,在防控薇甘菊的同时还可促进树种的资源化利用,创造更大的经济效益和生态效益。

2.2.3 牧草替代控制

针对薇甘菊入侵新造林地导致种苗受到抑制甚至大量死亡的情况,张知晓等(2018)选取对土壤条件要求不严、侵占性及适应性强、具有一定生态经济效益的草本植物柱花草 *Stylosanthes humilis* HBK.、东非狼尾草 *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.、多年生黑麦草 *Lolium perenne* L.、鸭茅 *Dactylis glomerata* L.、杂三叶 *Trifolium hybridum* L.、紫花苜蓿 *Medicago sativa* L.、苇状羊茅 *Festuca arundinacea* Schreb. 等 7 种牧草,进行草本植物替代控制薇甘菊试验。通过研究牧草在不同密度下对薇甘菊主茎长度、分枝数量、主

茎粗度、生物量的影响等,认为控制作用由强到弱依次为东非狼尾草、柱花草、多年生黑麦草、杂三叶、苇状羊茅、鸭茅和紫花苜蓿,东非狼尾草和柱花草控制作用较好。

2.3 寄生防治

寄生防治即利用菟丝子属 *Cuscuta* Linn. 植物的强寄生能力来防治薇甘菊。廖文波等(2002)研究认为,该属的金灯藤 *Cuscuta japonica* Choisy(又名日本菟丝子)、菟丝子 *C. chinensis* Lam.、南方菟丝子 *C. australis* R. Br. 及田野菟丝子 *C. campestris* Yuncker 能寄生并致死薇甘菊。

2008年,泽桑梓等在云南省薇甘菊发生区进行菟丝子种类及能否寄生薇甘菊调查,首次发现大花菟丝子 *C. reflexa* Roxb. 能寄生并致死薇甘菊。泽桑梓等(2013)选取云南省薇甘菊发生区仅有的大花菟丝子、菟丝子、金灯藤,通过释放菟丝子繁殖组块和抛撒线状茎尖2种方法侵染寄生薇甘菊,以探索菟丝子控制薇甘菊的能力和最佳人工侵染方法。结果表明,3种菟丝子均可寄生薇甘菊,其中大花菟丝子对薇甘菊的寄生率最高,扩散速度最快;人工制作菟丝子繁殖组块侵染薇甘菊,可以显著提高其侵染能力;大花菟丝子侵染能力最强。释放菟丝子控制薇甘菊的最佳模式为6月初以直接抛撒的方式在4 m×4 m 样方释放8支日本菟丝子茎尖,8月初以繁殖组块缠绕3圈薇甘菊嫩茎辅助寄生的方式,在4 m×4 m 样方释放8支大花菟丝子茎尖。

目前,关于利用菟丝子属植物防控薇甘菊的安全性仍有不少争议。通过菟丝子生物安全性研究表明,菟丝子整体上对本土其他植物的影响较小,但是仍需要有条件地利用菟丝子进行薇甘菊防控,在菟丝子扩散速度过快成灾时可以利用6%菟丝特 AS 333.3 mg·kg⁻¹ 控制菟丝子。在云南省薇甘菊发生区,建议在薇甘菊盖度达90%以上且无重要经济作物伴生的林窗空地内,将大花菟丝子制成繁殖组块用于防控薇甘菊。

2.4 天敌昆虫防治

最初,学者们主要研究薇甘菊原产地的天敌昆虫。Cock(1982a, 1982b)对薇甘菊的天敌进行了系统调查研究,报道薇甘菊原产地热带美洲有31种天敌。但是原产地天敌昆虫对入侵地的薇甘菊防治效果并不理想。随后不少学者开展了入侵地的天敌昆虫研究:艳婀珍蝶 *Actinote thalia pyrrha*

(Fabricius)的取食能破坏薇甘菊叶片功能,但其侵扰能力有限,薇甘菊在侵染后的一段时间恢复后,其抗氧化酶含量又会下降(张玲玲等,2006);小蓑蛾 *Acanthopsyche* sp. Butler 为薇甘菊的又一天敌,但应用小蓑蛾时会对其他植物造成破坏(邵华等,2002);紫红短须螨 *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) 对薇甘菊有很好的防治效果,该虫繁殖速度快、繁殖量大,但仅能较快地杀死薇甘菊的茎叶(陈瑞屏等,2003)。

泽桑梓等(2013)发现薇甘菊本土天敌昆虫薇甘菊颈盲蝽 *Pachypeltis micranthus* Mu et Liu (Hemiptera: Miridae)对薇甘菊具有显著的控制效应。田间调查发现,薇甘菊颈盲蝽各虫态均通过刺吸式口器取食薇甘菊叶片叶肉组织汁液,不取食薇甘菊嫩茎、老茎、叶柄、花、嫩梢部分;被颈盲蝽取食后,薇甘菊的直立茎长度和花序数显著小于未受害薇甘菊,说明薇甘菊颈盲蝽可以很好地抑制薇甘菊种子和无性传播的扩散。

薇甘菊颈盲蝽对薇甘菊控制机理的研究结果表明,颈盲蝽取食后,薇甘菊叶片中的过氧化物酶(peroxidase, POD)呈下降趋势,可见颈盲蝽取食可损伤薇甘菊叶片组织、破坏细胞膜系统结构和降低功能,薇甘菊叶片将因生理功能丧失而衰老死亡。被取食叶的苯丙氨酸解氨酶(phenylalaninammonialyase, PAL)活性总体呈下降趋势,而且低于对照叶,这说明在颈盲蝽的取食过程中能很好地抑制PAL的活性,阻止中间产物(酚类物质)以及终产物(木质素、黄酮、异黄酮类)等物质的产生,降低植物的抗虫性。被取食叶的多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)活性一直低于对照叶,说明颈盲蝽取食能较快地诱导薇甘菊叶片的PPO活性而参与酶促褐变(季梅等,2014)。

现有研究表明,薇甘菊颈盲蝽主要取食薇甘菊,此外还少量取食菊科的革命菜 *Gynura crepidioides* Benth.、飞机草 *Eupatorium odoratum* L. 及紫茎泽兰 *Ageratina adenophora* (Sprengel) R. K. H.;薇甘菊颈盲蝽取食能力极强,1头薇甘菊颈盲蝽成虫一天可以取食薇甘菊叶片(333.00±59.18) mm²;无论是以同为菊科的薇甘菊近缘植物,还是以菊科以外非近缘植物胁迫饲养10头薇甘菊颈盲蝽,5 d后均全部死亡,仅以薇甘菊叶片饲养的薇甘菊颈盲蝽成虫还有(9.00±0.57)头存活;结合薇甘菊颈盲蝽

选择性取食试验和薇甘菊颈盲蝽成虫识别植物 Y 型嗅觉试验,证明薇甘菊颈盲蝽对薇甘菊表现出极强的选择趋向性和取食选择性。由此可初步确定,薇甘菊颈盲蝽是控制薇甘菊的专化性强且取食量大的重要天敌资源昆虫。

3 讨论

云南省薇甘菊的防控技术将生态学原理应用于受薇甘菊影响或为害的森林生态系统恢复与管理中,开展监测预警、应急除治、生物防治、生态修复等林地薇甘菊绿色防控关键技术研究,突破林地薇甘菊防控技术瓶颈问题,开发出“林地薇甘菊监测预警信息系统”和“薇甘菊风险评估管理信息系统”用于林地薇甘菊监测预警,更好地预测薇甘菊的潜在空间分布和适生环境及区域,为薇甘菊的防控提供依据。研发森草净+2,4-D 钠盐、2,4-D 钠盐+敌草快的复配剂防控林地薇甘菊,不仅高效快速且低浓度灭杀薇甘菊,将化学药品对土壤的污染降到最低。选择乔灌木如旱冬瓜、千果榄仁、勃氏甜龙竹、麻竹、东非狼尾草和柱花草等对林地薇甘菊危害区进行生态修复,不仅安全有效,还能产生经济效益;利用本土天敌昆虫薇甘菊颈盲蝽控制薇甘菊,实现了对薇甘菊种子和无性传播扩散的有效控制。基于现有工作基础,集成薇甘菊的监测预警、应急除治和持续控制技术,形成林地薇甘菊绿色防控技术体系,大面积应用后薇甘菊覆盖度、生物量平均降低 95%;基本实现林地薇甘菊绿色持续控制,但仍然存在诸多亟待解决的科学问题。

林地薇甘菊已经扩散蔓延到 12840 hm²,排除人为因素,尤其是近 10 年扩散速度异常迅猛,其内在的种群扩散蔓延机制至今尚未完全明了;薇甘菊监测预警方面,虽然已经建立数据模型,也准确研判了 2013 年以后云南省新增的 6 个县级分布区,但基于物联网、大数据实时准确的精细化测报尚未完全建立,还不能实时有效提供有针对性的定制防治技术措施;高效、低毒、低残留的薇甘菊防除药剂虽然不断被研发出来,但高度专一防治的药剂及以控制种子传播为目的超低量药剂的开发还需大量工作,薇甘菊防除药剂伤害机制也需要不断阐明;林地薇甘菊生态修复技术、模式、措施虽然不断提出,但结合薇甘菊发生区地理条件、气候特征等因素与物联网、大数据耦合,实时变化的可以精准到林班、小班的生态修复模型还未完全建立,尚不

能完全精准指导生产实践,仍然需要大量技术专家现场指导;可以寄生致死薇甘菊的大花菟丝子虽然已经被发现,也在局部区域探索出了可以推广应用的技术条件,但长期以来备受传统生态学安全观念的束缚而不能推广应用;已有研究表明,寄生薇甘菊的菟丝子黄酮含量显著高于寄生大豆等的菟丝子,但至今尚未形成规模和产业,观念的改变和接受还需要很长的路探索;天敌薇甘菊颈盲蝽对薇甘菊的控制作用能力、控制机理、生态安全性评价等方面已有一些探索,但至今还没有开发出人工繁育技术,人工饲料瓶颈尚未突破,还不能依靠人工繁育天敌来控制林地薇甘菊;薇甘菊颈盲蝽已经确定为新物种,一旦薇甘菊被彻底控制,颈盲蝽将何去何从的科学假说也未阐述清楚;先有薇甘菊还是先有薇甘菊颈盲蝽,这些科学问题都有待逐一剖析。

4 展望

随着科技手段的进步和科技工作者的努力,林地薇甘菊防控技术一定会在现有基础上不断取得新的突破。可以预见,在不久的将来,充分运用卫星、无人机、物联网、大数据等新兴信息化手段,林地薇甘菊可以实现空地一体精准监测、预报、预警,并提供实时动态的防控技术措施,不断提高防控技术水平;新型高效、低毒、低残留、专一的预防、除治药剂也将不断研发出来,为薇甘菊防控提供更多可选择药剂;更加环境友好的生物防治、生态修复技术逐步被生产实践单位接受、应用,使对薇甘菊现在的应急防控逐步实现到薇甘菊的持续生态控制。

参考文献

- 陈利,林辉,孙华,2014. 基于 WorldView-2 影像的外来物种薇甘菊入侵遥感监测. 浙江农林大学学报, 31(2): 185-189.
- 陈素芳,徐润林,王勇军,咎启杰,廖文波,2003. 化学防除薇甘菊对内伶仃岛土壤原生动植物群落的影响. 应用与环境生物学报, 9(4): 422-428.
- 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.
- 付小勇,泽桑梓,周晓,季梅,2015a. 基于 GIS 的云南省薇甘菊潜在适生区研究. 西部林业科学, 44(1): 98-102.
- 付小勇,泽桑梓,周晓,季梅,2015b. 基于 MaxEnt 的云南省薇甘菊分布预测及评价. 广东农业科学 (12): 159-162.
- 郭琼霞,强胜,林金成,虞贇,2005. 薇甘菊的生物学特性

- 及其综合治理. 武夷科学, 21: 72-76.
- 郭琼霞, 黄振, 于文涛, 虞贇, 鲁志彤, 黄可辉, 2013. 检疫性杂草薇甘菊在中国的适生性与分布. 热带作物学报, 34(1): 176-180.
- 黄华枝, 赵京斌, 黄炳球, 张玉贤, 颜玲, 2004. 3 种苯氧羧酸类除草剂防除薇甘菊药效研究. 华南农业大学学报(自然科学版), 25(1): 52-55.
- 季梅, 泽桑梓, 赵宁, 杨斌, 2014. 颈盲蝽取食对薇甘菊叶片防御性酶活性的影响. 浙江农业学报, 26(3): 748-751.
- 廖文波, 凡强, 王伯荪, 王勇军, 周先叶, 2002. 入侵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), 41(6): 54-56.
- 林绪平, 刘建锋, 黄莹, 常其钊, 2009. 灭薇净的安全性及防治薇甘菊效果研究初报. 中国森林病虫, 28(1): 30-31.
- 邱罗, 杨志高, 陈伟, 熊启明, 于洋, 2010. 广州薇甘菊潜在空间分布预测分析. 中南林业科技大学学报, 30(5): 128-133.
- 乔慧捷, 胡军华, 黄继红, 2013. 生态位模型的理论基础、发展方向与挑战. 中国科学: 生命科学, 43(11): 915-927.
- 邵婉婷, 韩诗畴, 黄寿山, 刘文惠, 李开煌, 彭统序, 李丽英, 2002. 控制外来杂草薇甘菊的研究进展. 广东农业科学(1): 43-45.
- 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.
- 王勇军, 廖文波, 管启杰, 王伯荪, 王彰九, 郭惠如, 2003. 除莠剂森草净防除薇甘菊的效果及其对植物多样性的影响. 中山大学学报(自然科学版), 42(S): 180-186.
- 汪东彬, 胡长顺, 2000. 森草净与草甘膦混合除草试验初报. 安徽林业科技(1): 24-26.
- 徐声杰, 2001. 草灌净防治薇甘菊初报. 林业科技通讯(1): 29-30.
- 于飞, 吴海荣, 鲁勇干, 罗卓军, 胡学难, 2012. 稔平半岛外来杂草入侵现状及防控措施. 杂草科学, 30(2): 11-14.
- 管启杰, 王勇军, 梁启英, 王勇军, 梁启英, 2001. 几种除草剂对薇甘菊的杀灭试验. 生态科学, 20(2): 32-36.
- 管启杰, 孙延军, 廖文波, 李鸣光, 王伯荪, 2007. 森草净杀灭薇甘菊(*Mikania micrantha*)及其安全性. 生态学报, 27(8): 3407-3416.
- 管启杰, 李鸣光, 2010. 薇甘菊防治实用技术. 北京: 科学出版社.
- 泽桑梓, 李浩然, 闫争亮, 陆志国, 许宏志, 徐本莲, 季梅, 2010a. 入侵生物薇甘菊防治技术及其对策概述. 福建林业科技, 37(3): 176-179.
- 泽桑梓, 季梅, 李浩然, 王笑颖, 陆志国, 许宏志, 许本莲, 2010b. 林业有害生物薇甘菊化学防除优选药剂研究. 安徽农业科学, 38(6): 3002-3003, 3006.
- 泽桑梓, 杨斌, 季梅, 马惠芬, 刘凌, 李浩然, 苏尔广, 2013. 3 种菟丝子对薇甘菊寄生及扩散能力的研究. 西部林业科学, 42(4): 73-76.
- 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.
- 泽桑梓, 季梅, 杨斌, 2017. 薇甘菊防治与资源化利用. 北京: 科学出版社.
- 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.
- 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(1): 413-419.
- 周伟, 赵衡, 杨熙, 2012. 利用 GARP 生态位模型预测牛蛙和薇甘菊在中国的地理分布. 西南林业大学学报, 32(1): 51-55.
- COCK M J W, 1982a. Potential biological control agents for *Mikania micrantha* H. B. K from the neotropical region. *Tropical Pest Management*, 28(3): 242-254.
- COCK M J W, 1982b. The biology and host specificity of *Liothrips mikania* (Priesner) (Thysanoptera: Phaeothripidae), a potential biological control agent of *Mikania micrantha* H. B. K (composition). *Bulletin of Entomological Research*, 72(3): 523-533.
- WATERHOUSE D F, 1994. *Biological control of weeds: south east Asia prospects*. Canberra: ACI AR.

(责任编辑:郭莹)

<http://www.jbscn.org>