

入侵害草薇甘菊的防除研究进展

张玲玲^{1,3}, 韩诗畴^{2*}, 李丽英², 刘文惠²

(1. 中国科学院华南植物园, 广州 510650; 2. 广东省昆虫研究所, 广州 510260;

3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:对薇甘菊 *Mikania micrantha* H. B. K. 防除的最新研究进展进行了综述。薇甘菊的防除, 目前主要采用人工清除、化学防除、生态防除和生物防治等方法, 其中生物防治是最有效的防治方法之一。生物防治中艳婀珍蝶 *Actinote thalia pyrha* 和婀婀珍蝶 *A. anteas* 是较有前途的两种昆虫; 柄锈菌 *Puccinia spegazzini* de Toni 能使薇甘菊生长受阻、矮化、枯萎和死亡, 在中国有利用的可能; 凤凰木 *Delonix regia*、血桐 *Macaranga tanarius*、椴伞枫 *Heteropanax fragrans* 可以利用植物相克作用控制薇甘菊; 菟丝子属 *Cuscuta* 的 3 种菟丝子能侵染薇甘菊, 其中田野菟丝子 *Cuscuta campestris* 对薇甘菊控制作用较强, 是以草治草的一种新方法。

关键词: 综述; 薇甘菊; 杂草防除

中图分类号: S451.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2006)02-0162-07

Progress in Studies on the Control of Invasive Weed *Mikania micrantha* H. B. K.

ZHANG Ling-ling^{1,3}, HAN Shi-chou^{2*}, LI Li-ying², LIU Wen-hui²

(1. South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2. Guangdong Entomological Institute,

Guangzhou 510260, China; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: This paper reviews the recent advances in the studies of the control of invasive weed *Mikania micrantha* H. B. K. in tropical and subtropical Asia. At present, manual removal, herbicides, ecological control and biological control are included in the control of *M. micrantha*, in which biological control is one of the most promising ways. Insects *Actinote thalia pyrha* and *A. anteas* are effective for the control of the weed. The fungus *Puccinia spegazzini* can inhibit the weed growth and even kill it, so it may be useful in China. Trees such as *Delonix regia*, *Macaranga tanarius*, and *Heteropanax fragrans* have allelopathic effect on *M. micrantha*, which could inhibit the regeneration of *M. micrantha*. Parasites of three species of *Cuscuta*, i.e. *C. campestris*, *C. Chinensis* and *C. australis* can effectively kill the aerial parts of the host weed *M. micrantha* within 72 days.

Key words: Review; *M. micrantha*; Weed control

薇甘菊(*Mikania micrantha* H. B. K.)是菊科假泽兰属植物, 全世界约有 430 种^[1,2]。薇甘菊原产中美洲和南美洲^[3-6], 目前在热带非洲、亚洲, 澳大利亚及南太平洋岛屿以及亚热带许多国家和地区均有薇甘菊的存在, 对茶园、香蕉园、橡胶林、柚木林、森林

等造成极大的危害^[7-9], 被称为“植物杀手”, 是世界最具危害性的杂草之一。薇甘菊有营养繁殖和有性生殖方式, 茎节可以生根形成新植株, 它能快速覆盖生境, 通过竞争或他感作用抑制作物或其他天然植被生长。薇甘菊的扩散和危害已经引起人们的

收稿日期: 2005-07-08 接受日期: 2005-10-30

基金项目: 广东省科技计划资助项目(2KB06801S); 广东省自然科学基金资助项目(020322)

* 通讯作者 Corresponding author

广泛关注,而如何防除这种恶性杂草目前还没有很好的方法。本文对薇甘菊的防除最新研究进展进行综述,希望能为防控薇甘菊提供参考。

1 生态生物学特性

薇甘菊为多年生草质或稍木质藤本,茎细长,匍匐或缠绕,多分枝。在广东,薇甘菊在3-10月生长旺盛,11月至翌年2月开花结实,种子细小,千粒重只有0.0892 g,花的数量很大,在0.25 m²内,有头状花序20 535-50 297个,小花82 140-201 188朵,繁殖期花的生物量占植株地上总生物量的38.4%-42.8%^[10]。对巴西不同地区采集的12个薇甘菊种群的有丝分裂染色体用Feulgen染色和C-带观察发现,这些种群有8个为二倍体(2n=36,42)和4个四倍体(2n=72)的细胞型,其中2n=36和42的染色体数目是第一次在薇甘菊中报道^[4]。薇甘菊在原产地常分布在弃耕地、湿润或沼泽地,极少在贫瘠的土壤中生长^[11]。在我国,薇甘菊在光照较强和水分条件较好的地区生长旺盛^[1,12,13]。邓雄等^[14]的研究表明,外来种薇甘菊比本地种蔓泽兰*M. cordata*表现出更强的光合能力,且更易侵入生境而对其他植物造成伤害。此外,薇甘菊可以利用化感作用抑制周围植物的生长^[9,15,16]。张茂新等^[13]用GC/MS分析了薇甘菊的化学成分,共鉴定出22个化合物,单萜和倍半萜及其衍生物是其主要成分。

2 危害

由于多种自然因素的综合作用,薇甘菊在原产地能有序地自然生长,对其它生物不造成危害。但在热带、亚热带地区如印度、印度尼西亚、马来西亚、菲律宾和泰国等地却成为危害性极强的恶性杂草,如马来西亚在用薇甘菊作为地面覆盖物时,橡胶树干茎围比用豆科植物覆盖时少27%,乳胶产量减少27%-29%^[17]。20世纪40年代薇甘菊在印度出现后就迅速蔓延,致使茶园、蕉园、柚木林受到严重侵蚀,并造成人工林系统持续减产^[8,9,18,19]。在尼泊尔薇甘菊已入侵到自然林,包括常绿林、半常绿林和潮湿的落叶林,威胁到当地自然生态系统和生物多样性。

在我国1884年薇甘菊引种于香港动植物公园^[20],1919年在香港野外发现逸生的薇甘菊;20世纪80年代末到90年代已广泛分布于广东省沿海

各地,尤其在珠江三角洲地区,造成了极大危害^[6,21]。现在深圳市区内的许多公园、大道及自然保护区都有薇甘菊的踪迹,据不完全统计薇甘菊在深圳的危害面积已达2 700 hm²,其中以内伶仃岛的危害最严重,在全岛海拔6-160 m都有分布,覆盖面积在50%-60%,岛上的生态平衡被破坏,香蕉、荔枝、龙眼等果树因薇甘菊的覆盖而难以生存,导致600多只国家级保护动物猕猴的食物缺乏而只能靠人工饲喂^[22]。在东莞,大片的荔枝园被薇甘菊覆盖而致死,在广州郊外已经发现不少地方有薇甘菊攀爬在树木和农作物上。因此,加紧薇甘菊的防除研究刻不容缓。

3 防除

3.1 人工清除

Muniappan等^[18]报道对薇甘菊用人工砍伐的方法来防除,但收效甚微,并且耗费人力。咎启杰等^[23]曾于1998年7月对内伶仃岛焦坑湾2 000 m²样方内密布的薇甘菊组织人工清除,将地上营养体及根茎挖出放在烈日下曝晒,但6个月后薇甘菊即完全恢复,原因是雨季雨水充足,茎节很难晒干,新的植株很快萌发生长。郭耀纶等^[23]曾用连续切蔓法防治薇甘菊,在夏秋连续切蔓三次可以达到较好的防除效果,但耗时费力,清除面积有限。

3.2 化学防除

化学防除由于见效较快,多在受害严重的地区采用。Dutta等在1968年就对薇甘菊的化学防治进行了研究^[24]。Ipor和Price等也进行了一系列薇甘菊化学防除的研究^[25,26],结果表明,在强光照下,薇甘菊对imazapyr除草剂的吸收和在体内的运输和活性明显得到增强,而对百草枯除草剂paraquat(对草快)的吸收和在体内的运输和活性却在弱光照条件下得到增强。胡玉佳等认为,除莠剂“兰达”(Roundup)、“草坝王”(Bentazon)、“毒莠定”(TORDON)和“恶草灵”(RONSTAR)都对薇甘菊的种子和幼苗有杀灭作用,其中以浓度为0.4%的“草坝王”和0.2%的“毒莠定”效果较佳^[10],此外,NaCl和CH₃COOH对薇甘菊种子萌发、植株生存和生长有明显的抑制作用^[27]。

咎启杰等^[28]的野外实验证明50-500倍液的2,4-D和草甘膦均只能杀灭薇甘菊的地上营养体,

但不能杀死根部;用 25% 森泰水剂注射薇甘菊主根,每株 0.1–3 ml 的用量,可以在 5–6 个月内彻底杀灭薇甘菊;用森草净水溶性粉剂配制成的溶液,喷洒薇甘菊的茎叶,用药量在 1–1 000 g hm⁻² 时,可在 2–3 个月内彻底杀灭薇甘菊,所以森草净是一种防效相对较好的药剂。

黄华枝等^[29]用苯氧羧酸类除草剂防除薇甘菊小区药效试验表明:2,4-D 丁酯、2,4-D 钠盐等对薇甘菊有极好的灭除效果,而且作用快速,用药后 7 d 枝条死亡率均在 90% 以上,14 d 后枝条死亡率可达 100%,但 2 甲 4 氯灭除效果不好。不同部位施药的效果比较表明,药液喷到植株中上部比基部的杀灭效果好。化学防除虽然比较快捷,但除草剂对生态环境及生物多样性会造成一定的影响,所以在使用化学防除时应慎重考虑。

3.3 生态防除

薇甘菊在原产地热带美洲生长于林缘、河岸及受干扰破坏的路边,并未成灾,说明薇甘菊只在某些条件下才能迅速生长造成危害,因此,营造不利于薇甘菊生长的条件来控制薇甘菊的危害是可能的^[30],温达志等^[31]和殷祚云等^[32]对广东省次生林和人工林的调查也发现,薇甘菊在林木稀疏的群落中危害严重,在郁闭的群落则发生较少,更支持了生态防除薇甘菊的可能。殷祚云等^[32]的试验表明,种植薇甘菊入侵地适生的乔灌木植物,如大叶相思 *Acacia auriculaeformis*、马占相思 *Acacia mangium*、米老排 *Mytilaria laosensis*、蜆蚌菊 *Wedelia chinensis* 等或促进野生植物生长,通过林相改变,调整群落结构,可持续有效地抵御薇甘菊的侵害。生态防除能增加生物多样性,对薇甘菊入侵地的植被恢复起一定作用,但能否持久控制薇甘菊的生长,以及控制的机理等都还需要深入研究。

3.4 生物防治

由于薇甘菊的人工清除和化学防除成本高,效果不明显,不能持久,而且可能造成生态环境的破坏,生物防治薇甘菊可能是一种安全、经济、有效的方法^[8,19,33]。

3.4.1 天敌昆虫的筛选与利用

早在 1978 年英国生物科学中心就开始了昆虫天敌对薇甘菊的生物防治的研究。Cock 及 Freitas 等^[34,35]发现,在薇甘菊原产地热带美洲有 9 种主要

天敌,22 种次要天敌,这 9 种主要天敌是:假泽兰滑蓟马 *Liothrips mikaniae*,网蝽科的 *Teleonemia* sp.,叶甲科的 *Desmogramma conjuncta*,*Echoma quadristillata*,*Physimerus pygmaeus*,梨象甲科的长喙小蝽 *Apion luterirostre*,象甲科的 *Pseudoderelomus baridiiformis*,瘿蚧科的下毛瘿蚧 *Acalitus* sp.。Cock 等 1982 年在特立尼达岛完成对假泽兰滑蓟马的研究^[34],Cock 和 Liao 等 1988 年分两次在所罗门群岛释放假泽兰滑蓟马,1990–1992 年在马来西亚也释放了 32 660 头成虫,但由于存在较多的捕食性天敌如捕食蓟马以及释放季节等原因,使其不能建立自然种群而影响大面积应用^[7,36,37]。

1974 年,McFadyen^[38]首先报道安婀珍蝶 *Actinote antea* 可以作为一种潜在的生物防治因子。1996 年印度尼西亚油棕研究所分别从哥斯达黎加和巴西引进艳婀珍蝶 *A. thalia pyrria* (Fabricius) 和安婀珍蝶,并在实验室内实现成功繁殖,建立了一套完善的饲养方法^[39]。他们还进行野外释放试验,结果表明:艳婀珍蝶和安婀珍蝶在野外均能正常取食薇甘菊和飞机草,完成世代发育,并能产卵进入下一世代的生长^[40],对薇甘菊有较好的控制作用,已成为获得野外繁殖与利用天敌昆虫控制薇甘菊和飞机草成功的例子。

为了控制薇甘菊的危害,广东省昆虫研究所从 2001 年 12 月开始从印度尼西亚引进艳婀珍蝶和安婀珍蝶,两种婀珍蝶隶属鳞翅目 (Lepidoptera) 蛱蝶科 (Nymphalidae) 婀珍蝶属 (*Acraeinae*)。在严格检疫条件下,对其生物学和生态学特性进行研究。两种婀珍蝶幼虫有 6–7 个龄期,历时约 60 d,蛹期约 11 d,成虫期约 8 d^[41]。艳婀珍蝶和安婀珍蝶的大量繁殖可以用盆栽薇甘菊的方法^[42],在实验室内已成功进行繁殖。李志刚等^[41]对 42 科 86 种植物进行的寄主专一性测试表明:安婀珍蝶仅在薇甘菊和飞机草两种植物上取食完成世代发育,白菜 *Brassica chinensis* (品种为港种矮脚奶白菜) 可以饲养至蛹期,但当薇甘菊和白菜一起供安婀珍蝶选择时,发现安婀珍蝶对薇甘菊有较强的选择性,撤除薇甘菊叶片 48 h 后,没有发现安婀珍蝶在白菜上取食。两种安婀珍蝶对饥饿的耐受力的研究^[43]表明:初孵幼虫、2 龄和 4 龄幼虫在完全饥饿状态下死亡率随饥饿时间的延长而升高,三个龄期的幼虫都在化蛹前死亡。1–3 龄幼虫取食量较小,集中在叶片上取食;4 龄中后期取

食量开始增大,之后进入暴食期且分散取食^[41]。引进天敌的生物安全性非常重要,由于用白菜可以饲养安婀珍蝶至蛹期,我们对它的利用必须谨慎。艳婀珍蝶和安婀珍蝶幼虫只取食薇甘菊的叶片与嫩茎,对老茎和地下的茎节并没有造成影响,在广东,薇甘菊的生长量很大,如果没有足够数量的幼虫很难控制薇甘菊的生长速度。因此,这两种婀珍蝶能否在中国应用,以及幼虫只取食叶片能否控制住薇甘菊的生长等还有待研究和评估。

另外,邵华等^[2]报道小蓑蛾 *Acanthopsyche* sp.能取食薇甘菊,但由于小蓑蛾是森林害虫,其应用还需慎重考虑。陈瑞屏等^[44]发现紫红短须螨 *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes)是一个新的防治效果较好的本地薇甘菊天敌。室内室外试验表明^[44],每瓶或每盆薇甘菊接种 50–200 头紫红短须螨,经过 45–89 d,薇甘菊茎叶全部黄化或死亡,在野外大田中接种 159 d 后,形成明显的中心枯死区,并且枯死区逐渐扩大。但紫红短须螨在其他植物上为次要害虫^[45]。所以,紫红短须螨应用的可行性及释放地点的选择等都须慎重考虑。

3.4.2 致病微生物的利用

Barreto 等^[46]进行了以致病真菌为生物防治剂的实验,列举了侵染薇甘菊的 43 种真菌。1996 年,英国生物科学中心开始研究用真菌来防治薇甘菊,柄锈菌 *Puccinia spegazzini* de Toni 是首选的引入亚洲热带作为薇甘菊生防因子的一种真菌^[36]。Cock 和 Eillison^[36,47]在热带南美洲调查收集了 11 个 *P. spegazzini* 菌株,并从中筛选出对薇甘菊有强感染力的菌株。温室和田间的实验结果说明,这种菌有如下优势:寄主的高度专一性,只寄生于薇甘菊一种杂草;能造成寄主植物死亡。Eillison^[48]报道,*P. spegazzini* 是一种短生活周期和单主寄生柄锈菌。在野外,只有冬孢子和担孢子,没有发现春孢子、夏孢子和性孢子。这种锈菌能感染叶柄、茎、叶片,使植物组织产生溃疡,坏死,破坏输导组织而引起植物生长受阻、矮化、枯萎和死亡。他们已经与印度合作,开展将这些菌株用于防治薇甘菊的试验。2004 年,英国生物科学中心 Eillison 与中国农科院农业环境与可持续发展研究所和广东省昆虫研究所合作,将 *P. spegazzini* 引进到中国,作为生物防治南方薇甘菊的新因子。*P. spegazzini* 对其它植物的安全性试验已经在北京检疫条件下进行。

3.4.3 相克作用植物的利用

郭耀纶等^[23]报道,凤凰木 *Delonix regia* 叶片及花瓣对受试的薇甘菊小苗有强烈的相克作用,1 g 叶片及花瓣粉末即有 80%–90% 的致死率,连续喷洒凤凰木叶片 4% 水萃取液 6 d,可杀死 90% 的薇甘菊小苗,但在野外试验的效果不佳。在深圳,血桐 *Macaranga tanarius* 和幌伞枫 *Heteropana fragrans* 对抑制薇甘菊有特殊功能,它们能发出某种气味,让薇甘菊生长困难,如果能在防除后的空地上种植这种树,薇甘菊就再也难以重新入侵^[49]。利用植物之间的相克作用来控制薇甘菊是一种安全、经济的方法,但是否有充足的相克植物源以及野外控制的效果如何还需要进一步的研究。

3.4.4 菟丝子的利用

2000 年底,韩诗畴等^[50]在调查薇甘菊的分布时,在粤东、香港等地发现菟丝子能寄生于薇甘菊,后在深圳、惠州、东莞等地均发现菟丝子寄生在薇甘菊上,甚至造成薇甘菊植株死亡。试验表明:菟丝子能够使薇甘菊致死,并且致死速度相当快。菟丝子主要是从薇甘菊茎枝吸收养分、水分和影响薇甘菊进行光合作用,致使薇甘菊枯死。

华南地区侵染薇甘菊的菟丝子共有 3 种,即田野菟丝子 *Cuscuta campestris* Yunker、菟丝子 *C. chinensis* Lam. 和南方菟丝子 *C. australis* R. Br.^[51],以田野菟丝子的寄生能力最强,致死效果最好。胥启杰等^[52]的研究表明,田野菟丝子寄生并致死薇甘菊,使样地群落中薇甘菊的盖度由 75%–95% 降到 18%–25%,较好地控制了薇甘菊的危害,并使受害群落的物种多样性明显增加,且其它植物未发生致死现象,初步认为田野菟丝子控制薇甘菊危害的方法基本上是可行的、安全的。沈浩等研究了田野菟丝子对薇甘菊生长和生物量分配的影响^[53],结果表明,田野菟丝子对薇甘菊的控制作用随时间延长而增强,寄生 60 d 后薇甘菊生物量只有对照的 1.8%,寄生 72 d 时薇甘菊地上部分几乎全部死亡,之后薇甘菊虽然会再生但生物量明显低于对照,田野菟丝子的寄生使薇甘菊的生物量减少,生物量分配格局改变,开花受阻,也证明了田野菟丝子是控制薇甘菊的一种潜在的方法。

2002–2003 年,我们在东莞、珠海,利用菟丝子控制薇甘菊面积达 4 hm²,在菟丝子扩散处,薇甘菊已经明显失去生长优势,并且枯萎死亡,而且原来

被薇甘菊覆盖的地方很快地由其它植物占领。在深圳内伶仃岛,从2004年3月开始移植100个接种了菟丝子的薇甘菊营养杯到野外,至11月,约500 m²的薇甘菊死亡,薇甘菊覆盖区已经被其它植物代替,薇甘菊失去生长优势。野外调查还发现,菟丝子对薇甘菊有一种跟随关系,前者可以随后者生长量的状况而相应调节生长、开花、结果期,在薇甘菊生长旺盛时期,菟丝子也旺盛生长,薇甘菊衰弱时,菟丝子开花、结果之后也枯死,对周围的植物并未造成影响。因此利用菟丝子米对薇甘菊进行防除是以草治草的一种新方法。菟丝子与薇甘菊之间跟随关系的原因以及菟丝子对薇甘菊控制作用的机理等还需要深入的研究。

4 结语

多年来受薇甘菊入侵危害的国家都在积极寻找防除薇甘菊的方法,但目前还没有十全十美的解决途径。有专家建议^[6,54]在薇甘菊未入侵地采取预防措施,首先杜绝传染源,再种植马占相思、米老排、樟树等冠幅增长较快,对薇甘菊有防除作用的物种。对薇甘菊已入侵地可通过群落改造,提高生境郁闭度,营造不利于薇甘菊生长的生境,从而达到控制薇甘菊的目的。薇甘菊侵入形成面积尚小的地区可进行人工清除,防止其迅速扩散。

生物防治是防除薇甘菊危害的重要途径之一。目前菟丝子是薇甘菊在中国发现并能够应用的最好的本地寄生性植物,因此在薇甘菊严重危害而又无粮食作物的地区,可利用菟丝子进行防除,同时也可以增加药用菟丝子的来源。由于菟丝子的吸器很难在木本植物上吸附,对木本植物生长不会造成严重影响,所以可以用生态防除和菟丝子防除相结合的方法来防除薇甘菊,防除的效果会更快且有益于生物多样性的增加。

利用植物之间相克作用来控制薇甘菊的生长也是一种可以尝试的方法,将薇甘菊不能危害的植物茶叶或者花果提取液对薇甘菊进行培养,从中筛选出对薇甘菊生长控制作用较强的植物提取液并加以应用,这是一种生态安全的方法。

在薇甘菊危害严重的耕作区,可以尝试用牲畜啃食来控制薇甘菊,这样既可以防除薇甘菊又可以为牲畜提供食物,且控制速度较快,但是否会对牲

畜的生长造成影响还有待进一步研究。

引进天敌艳婀珍蝶和安婀珍蝶需深入研究,包括它们的天敌调查,野外抗逆能力研究,及其对薇甘菊的控制作用效果研究及安全性评估等工作有待进行,在完成大量研究的基础上,才能进一步考虑能否应用于野外释放以控制薇甘菊的蔓延和危害。

参考文献

- [1] Kong G H(孔国辉), Wu Q G(吴七根), Hu Q M(胡启明), et al. Further supplementary data on *Mikania micrantha* H. B. K. (Asteraceae) [J]. J Trop Subtrop Bot (热带亚热带植物学报), 2000, 8 (2):128-130. (in Chinese)
- [2] Shao H(邵华), Peng S L(彭少麟), Liu Y X(刘运笑), et al. The biological control and natural enemy of *Mikania micrantha* H. B. K's. in China [J]. Ecol Sci(生态科学), 2002, 21(1):33-36. (in Chinese)
- [3] Soerjani M G, Kostermans A J G H, Tjitrosopomo G. Weeds of Rice in Indonesia [M]. Jakarta: Balai Pustaka, 1987. 732.
- [4] Maffei-Eliane M D, Marin-Morales M A, Ruas P M, et al. Chromosomal polymorphism in 12 populations of *Mikania micrantha* (Compositae) [J]. Gene Mol Biol, 1999, 22(3):433-444.
- [5] Li M G, Zhang W Y, Liao W B, et al. The history and status of the study on *Mikania micrantha* [J]. Ecol Sci, 2000, 19(3):41-45.
- [6] Feng H L(冯惠玲), Cao H L(曹洪麟), Liang X D(梁晓东), et al. The distribution and harmful effect of *Mikania micrantha* in Guangdong [J]. J Trop Subtrop Bot (热带亚热带植物学报), 2002, 10(3):263-270. (in Chinese)
- [7] Waterhouse D F. Biological Control of Weeds: Southeast Asia Prospects [M]. Canberra: ACIAR, 1994. 124-135.
- [8] San Sarma P K, Mishra S C. Biological control of forest weeds in India - retrospect and prospects [J]. Indian For, 1986, 112:1088-1093.
- [9] Holm L G, Plucknett D L, Pancho J V, et al. The Worlds Worst Weeds Distribution and Biology [M]. Honolulu: University Press of Hawaii, 1977. 609.
- [10] Hu Y J(胡玉佳), Bi P X(毕培曦). A study on life cycle and response to herbicides of *Mikania micrantha* [J]. Acta Sci Nat Univ Sunyatseni (中山大学学报(自然科学版)), 1994, 33(4): 88-95. (in Chinese)
- [11] Cock M J W. Potential biological control agents for *Mikania micrantha* H. B. K. from the Neotropical region [J]. Trop Pest Manag, 1982, 28:242-254.
- [12] Huang Z L(黄忠良), Cao H L(曹洪麟), Liang X D(梁晓东), et al. The growth and damaging effect of *Mikania micrantha* in different habitats [J]. J Trop Subtrop Bot(热带亚热带植物学报), 2000, 8 (2):131-138. (in Chinese)
- [13] Zhang M X(张茂新), Ling B(凌冰), Kong C H(孔垂华), et al.

- Chemical components of volatile oil from *Mikania micrantha* and its biological activity on insects [J]. *Chin J Appl Ecol (应用生态学报)*, 2003, 14(1):93-96. (in Chinese)
- [14] Deng X, Ye W H, Feng H L, et al. Gas exchange characteristics of the invasive species *Mikania micrantha* and its indigener *M. cordata* (Asteraceae) in South China [J]. *Bot Bull Acad Sin*, 2004, 45(3):213-220.
- [15] Bogidarmanti R. Impact of *Mikania* spp. on forestry and agriculture land (in Indonesian) [J]. *Bull Penelit Autan*, 1989, 511:29-40.
- [16] Shao H (邵华), Peng S L (彭少麟), Zhang C (张弛), et al. Allelopathic potential of *Mikania micrantha* [J]. *Chin J Ecol (生态学杂志)*, 2003, 22(5):62-65. (in Chinese)
- [17] Teoh C H, Chung G F, Liao S S, et al. Prospects for biological control of *Mikania micrantha* H. B. K. in Malaysia [J]. *Planter*, 1985, 61:515-530.
- [18] Muniappan R, Viraktanmath C A. Invasive alien weeds in the Western Ghats [J]. *Current Sci*, 1993, 64:555-557.
- [19] Choudhury A K. Controversial *Mikania* (Climber) - a threat to the forests and agriculture [J]. *Indian For*, 1972, 98:178-186.
- [20] Wang B X (王伯荪), Liao W B (廖文波), Miao R H (缪汝槐). Revision of *Mikania* from China and the key of four relative species [J]. *Acta Sci Nat Univ Sunyatseni (中山大学学报(自然科学版))*, 2001, 40(5):72-75. (in Chinese)
- [21] Zan Q J (曾启杰), Wang B X (王伯荪), Wang Y J (王勇军), et al. The distribution and harm of the exotic weed *Mikania micrantha* [J]. *Chin J Ecol (生态学杂志)*, 2000, 19(6):58-61. (in Chinese)
- [22] 周晓梅, 黄炳球. 蓼甘菊的发生与防治 [J]. *世界农业*, 2001(10):42-43.
- [23] Kuo Y L (郭耀纶), Chen Z D (陈志达), Lin J C (林杰昌). Using a Consecutive-cutting method and allelopathy to control the invasive vine *Mikania micrantha* H. B. K. [J]. *Taiwan J For Sci (台湾林业科学)*, 2002, 17(2):171-181. (in Chinese)
- [24] Dutta S K, Sarkar S K, Barbora B C. Control of *Mikania* in tea with 2,4-D and M.C.P.A [J]. *Two Bud*, 1968, 15:83-84.
- [25] Ipor I B, Price C E. Uptake, translocation and activity of paraquat on *Mikania micrantha* H. B. K. grown in different light conditions [J]. *Intern J Pest Manag*, 1994, 40(1):40-45.
- [26] Ipor I B, Tawan C S. The effect of shade on leaf characteristics of *Mikania micrantha* (Compositae) and their influence [J]. *Agri Sci*, 1995, 18(3):163-168.
- [27] Hu Y J, Wu J J. Allelopathic effect and responses to chemical stresses of *Mikania micrantha* Kunth [A]. In: *Proceedings of the International Symposium on Exotic Pest and Their Control* [C]. Guangzhou: Sun Yat Sen University Press, 2003. 180-186.
- [28] Zan Q J (曾启杰), Wang Y J (王勇军), Liang Q Y (梁启英), et al. Effectiveness of four herbicides on the harmful weeds *Mikania micrantha* [J]. *Ecol Sci (生态科学)*, 2001, 20(1,2):32-36. (in Chinese)
- [29] Huang H Z (黄华枝), Zhao J B (赵京斌), Huang B Q (黄炳球), et al. Phenoxy-hydroxy-acid herbicides for controlling the weed *Mikania micrantha* [J]. *J South China Agri Univ (Nat Sci) (华南农业大学学报自然科学版)*, 2004, 25(1):52-55. (in Chinese)
- [30] Wang B X (王伯荪), Wang Y J (王勇军), Liao W B (廖文波), et al. *The Invasion Ecology and Management of Alien Weed Mikania micrantha* [M]. Beijing: Science Press, 2004. 211.
- [31] Wen D Z (温达志), Ye W H (叶万辉), Feng H L (冯慧玲), et al. Comparison of basic photosynthetic characteristics between exotic invader weed *Mikania micrantha* and its companion species [J]. *J Trop Subtrop Bot (热带亚热带植物学报)*, 2000, 8(2):139-146. (in Chinese)
- [32] Yin Z Y (殷祚云), Li X C (李小川), He L P (何立平), et al. A preliminary study on ecological control of *Mikania micrantha* H. B. K. [J]. *Guangdong For Techn (广东林业科技)*, 2003, 19(4):17-22. (in Chinese)
- [33] Palit S. *Mikania* - a growing menace in plantation forestry in West Bengal [J]. *Indian For*, 1981, 107:97-107.
- [34] Cock M J W. The biology and host specificity of *Liothrips mikaniae* (Priesner) (Thysanoptera: Phlaeothripidae), a potential biological control agent of *Mikania micrantha* (Compositae) [J]. *Bull Entomol Res*, 1982, 72(3):523-533.
- [35] Freitas A V, Variation L. Life cycle and systematics of *Tegosactluidina* (Eschschdtz) (Lepidoptera, Nymphalidae, Melitaeinae) in Sao Paulo State, Brazil [J]. *Rev Brasileira De Entomol*, 1991, 35:301-306. (in Portuguese)
- [36] Cock M J W, Ellison C A, Evens H C, et al. Can failure be turned into success for biological control of mile-a-minute weed (*Mikania micrantha*)? [A]. In: *Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds* [C]. Montana, USA: Boseman, 2000. 155-167.
- [37] Liao S S, Tan C L, Ooi P A C, et al. Field release of *Liothrips mikaniae* (Priesner) for the control of *Mikania micrantha* H. B. K. experience in Malaysia [A]. In: *4th International Conference on Plant Protection in the Tropics* [C]. Malaysia: Kuala Lumpur, 1994. 116-119.
- [38] McFadyen R E. Insects and mites attacking *Eupatorium odoratum* in the Neotropics [J]. *C. I. B. C. Techn Bull Comm Inst Biol Contr*, 1974, 17:84-125.
- [39] Li L Y (李丽英), Peng T X (彭统序), Liu W H (刘文惠), et al. *Actinote anteus* D & H (Lepidoptera nymphalidae acraeinae) a new biological agent for controlling the weed *Mikania micrantha* [J]. *Nat Enem Insects (昆虫天敌)*, 2002, 24(2):49-52. (in Chinese)
- [40] Roch Desmier de Chenon. Feeding preference tests of two nymphalid butterflies, *Actinote thalia pyrrrha* and *Actinote anteus* from South America for the biocontrol of *Mikania micrantha* (Asteraceae) in South East Asia [A]. In: *Proceedings of the International Symposium on Exotic Pest and Their Control* [C]. Guangzhou: Sun Yat Sen University Press, 2003. 201.
- [41] Li Z G (李志刚), Han S C (韩诗畴), Guo M F (郭明昉), et al.

- Biology and host specificity of *Actinote anteus*, a biocontrol agent for controlling *Mikania micrantha* [J]. Chin J Biol Contr(中国生物防治), 2004, 20(3):170–173. (in Chinese)
- [42] Li Z G(李志刚), Han S C(韩诗畴), Guo M F(郭明昉), et al. Rearing *Actinote thalia pyrha* and *Actinote anteus* on potted *Mikania micrantha* [J]. Entomol Knowledge (昆虫知识), 2003, 40(6):561–564. (in Chinese)
- [43] Li Z G(李志刚), Han S C(韩诗畴), Guo M F(郭明昉), et al. Starvation endurance ability of *Actinote anteus* and *Actinote thalia pyrha* larvae [J]. Entomol Knowledge (昆虫知识), 2005, 42(4):429–430. (in Chinese)
- [44] Chen R P(陈瑞屏), Xu Q H(徐庆华), Li X C(李小川), et al. Application of *Brevipalpus phoneicis* to the controlling of *Mikania micrantha* [J]. J Centr South For Univ (中南林学院学报), 2003, 23(2):89–93. (in Chinese)
- [45] Zhuang X Q(庄西卿). A report of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) on *Passiflora caerulea* Linn. and its natural enemy *Okiseius subtropicus* Ehara [J]. Fujian Sci Techn Trop Crops (福建热作科技), 1989, (2):13–14. (in Chinese)
- [46] Barreto R W, Evans H C. The mycobiota of the weed *Mikania micrantha* in southern Brazil with particular reference to fungal pathogens for biological control [J]. Mycolo Research, 1995, 99(3):343–352.
- [47] Ellison C A. Classical biological control of *Mikania micrantha* [A]. In: Alien Weeds in Moist Tropical Zones, Banes and Benefits [M]. UK Centre(Ascot), UK: Kerala Forestry Research Institute, India and CABI Bioscience, 2001.131–138.
- [48] Ryan M J, Ellison C A. Development of a cryopreservation protocol for the microcyclic rust fungus *Puccinia spegazzinii* [A]. Cryoletters, 2003, 24:49–56.
- [49] 蔡志军. 薇甘菊应科学防治 深圳有 2 种树可克薇甘菊 [J]. 草业科学, 2005, 22(7):62.
- [50] Han S C(韩诗畴), Li K H(李开焯), Luo L F(罗莉芬), et al. *Mikania micrantha* was destroyed by parasitic weed dodder, *Cuscuta chinensis*, in Guangdong [J]. Nat Enem Insects(昆虫天敌), 2002, 24(1):7–14. (in Chinese)
- [51] Liao W B(廖文波), Fan Q(凡强), Wang B X(王伯荪), et al. Discovery of three species of *Cuscuta* harming *Mikania micrantha* in South China and their taxonomical identification [J]. Acta Sci Nat Univ Sunyatseni(中山大学学报自然科学版), 2002, 41(6):54–56. (in Chinese)
- [52] Zan Q J(詹启杰), Wang B X(王伯荪), Wang Y J(王勇军), et al. The ecological evaluation on the controlling *Mikania micrantha* by *Cuscuta campestris* [J]. Acta Sci Nat Univ Sunyatseni(中山大学学报自然科学版), 2002, 41(6):60–63. (in Chinese)
- [53] Hao S, Wan H Y, Lan H, et al. Influence of the obligate parasite *Cuscuta campestris* on growth and biomass allocation of its host *Mikania micrantha* [J]. J Exper Bot, 2005, 56(415):1277–1284.
- [54] Lin C X(林翠新), Liao Q W(廖庆文), Zeng L M(曾丽梅). A review on the study of *Mikania micrantha* [J]. Guangxi For Sci(广西林业科学), 2003, 32(2):60–65. (in Chinese)