

寄生植物菟丝子防治外来种薇甘菊研究初探

邓 雄¹ 冯惠玲^{1,2} 叶万辉^{1*} 杨期和¹ 许凯扬¹ 曹洪麟¹ 傅 强¹

(1.中国科学院华南植物研究所, 广东 广州 510650; 2. 深圳市仙湖植物园, 广东 深圳 518000)

摘要: 利用寄生植物田野菟丝子(*Cuscuta campestris* Yunker)作为外来杂草薇甘菊(*Mikania micrantha* H. B. K.)的生物防治手段,研究了田野菟丝子对薇甘菊的光合作用及生长的影响。结果表明:田野菟丝子寄生于薇甘菊 30 d 左右,薇甘菊单株叶片数、地上茎长度和生物量开始减少,光合速率、蒸腾速率、气孔导度、叶绿素含量以及叶绿素荧光 Fv/Fm 也开始降低。经过约 2 个月时间,以上的几个生长指标和生理指标均显著降低。在野外自然状态下,田野菟丝子由最初撒播面积约 0.01 m²,很快发展到 20 m² 左右的大块面积,离侵染源中心的最大扩散距离达到 5 m 以上。田野菟丝子寄生可以严重影响薇甘菊茎叶生长及开花结实,可望成为根本上解决薇甘菊危害的一种生物控制技术,而且也可以缓解药用菟丝子资源匮乏的问题。结合国内外最新进展,提出有关田野菟丝子与其寄主相互关系中亟待解决的几个问题。

关键词: 薇甘菊; 田野菟丝子; 寄生植物; 寄主

中图分类号: Q948.9

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395 (2003) 02-0117-06

A Study on the Control of Exotic Weed *Mikania micrantha* by Using Parasitic *Cuscuta campestris*

DENG Xiong¹ FENG Hui-ling^{1,2} YE Wan-hui^{1*} YANG Qi-he¹

XU Kai-yang¹ CAO Hong-lin¹ FU Qiang¹

(1. South China Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China;

2. Shenzhen Xianhu Botanic Garden, Shenzhen 518000, China)

Abstract: Parasite *Cuscuta campestris* Yunker was examined for controlling the growth and spread of harmful weed *Mikania micrantha* H. B. K. The experiments were carried out to estimate biomass production by sowing the seeds of *M. micrantha* in sample plots in Shenzhen Xianhu Botanic Garden where this weed grew densely, and for physiological study by cultivation of both plants in pots. The result exhibited that the leaf number, stem length, and biomass dry weight of individual of the host *M. micrantha* began to decrease after the host was parasitized for about 30 days. Such decrease was obvious after 2 months of parasitism, so did the photosynthetic rate (P_n), transpiration rate (E), stomatal conductance (g_s), water use efficiency (WUE), chlorophyll content, and Fv/Fm. The parasite could spread rapidly extending to an area of 20 m² with longest distance of 5 m within 2 months. The parasite hampered the growth and reproduction of the host and depressed it even to die. It is suggested that *C. campestris* might be a promising plant for controlling this weed.

Key word: *Mikania micrantha*; *Cuscuta campestris*; Parasitic plant; Host

薇甘菊(*Mikania micrantha* H. B. K.)属菊科假泽兰属,原产中、南美洲,为攀援藤本,生长非常快,

能够迅速缠绕住一些小树并形成“幕罩”,被遮盖植物因为光线不足而光合能力减弱,生长受损直到枯死。因为其对作物、果园、草场及树林造成严重破坏,被认为是世界上危害最大的热带恶性杂草之一,引起广泛的关注^[1,2]。人们对其危害和防治问题作了大量研究,防治方法包括机械方法、化学方法和生物防治^[3,4]。其中生物防治是国内外学者认为最

收稿日期:2002-09-09 接受日期:2003-12-23

基金项目:广东省自然科学基金重点项目(021536);深圳城市管理办计划项目;广东省科技百项工程项目(2KB068015);国家重点基础研究发展项目(G2000046803)

* 通讯作者 Corresponding author

有前景的方法之一,主要通过引入薇甘菊原产地的天敌昆虫及真菌来控制薇甘菊蔓延^[5,6]。虽然取得了一定的成果,但都未有突破性的进展,未能达到从根本上防治和推广的目的^[7]。

田野菟丝子(*Cuscuta campestris* Yunker) 属旋花科或菟丝子科,菟丝子属。一年生茎寄生植物,又名无根草,兔儿丝。无根,叶退化。幼苗出土后成丝状,与寄主接触后产生吸器,与土相连部分逐渐断开而营寄生生活。它能大量吸收寄主的养分迅速生长且很快蔓延,导致寄主因养分不足生长受抑制甚至死亡^[8]。它的寄主植物包括豆科、菊科、蓼科和藜科植物。它还是常用的药材之一,入药有补肝肾,益精明目的功能^[9]。

近期我们在薇甘菊的野外调查时发现了田野菟丝子寄生薇甘菊的现象,田野菟丝子寄生后生长速度快,分枝多,能够缠绕在薇甘菊的茎上争夺其养分和水分,使薇甘菊叶片变黄甚至整株枯死。虽然田野菟丝子本身也是一种杂草,但国内外对其防治的措施已经比较成熟,其不足以对农林业及生态环境构成大的威胁^[8]。本文选取田野菟丝子作为薇甘菊的生物防治手段,研究它对外来种薇甘菊生长、繁殖的抑制机理,希望提供一种控制薇甘菊蔓延的新途径,为有害外来种生物防治提供一条新的思路。

1 材料和方法

1.1 野外样地实验

2002年4月初在深圳仙湖植物园林果场薇甘菊入侵区设立样地,所选地段较为平坦,薇甘菊覆盖下的植物大多已经被遮荫至死,未完全覆盖的有少量杂草。为了防止当田野菟丝子寄生薇甘菊后其它杂草长得太快,实验受到干扰,在不影响薇甘菊正常生长的情况下拔除其它杂草。薇甘菊开始旺盛生长时撒播田野菟丝子种子,设12个1m×1m样方,作为田野菟丝子侵染处理区,同时设12个相同的样方作为非侵染对照区。以田野菟丝子开始撒播的地点为中心,从田野菟丝子发芽后长出细丝约10cm起,每隔10d观测其扩散的最大距离和扩散面积。在寄生30d时,采用收割烘干法分别对侵染区和非侵染区各6个样方的薇甘菊和田野菟丝子生物量干重进行统计,余下的样方在60d时再次收割烘干统计干重。

1.2 温棚内栽培实验

利用薇甘菊插条(约5cm长)扦插200盆,每盆1株,待幼苗长至20cm,其中100盆种上3条约

10cm长的田野菟丝子(均从野外采取),作为侵染处理区,其余100盆作为非侵染对照材料。从田野菟丝子开始寄生起定期观测单株薇甘菊和田野菟丝子的生长及生理生态指标,包括生长速率(叶片数和地上茎长度),光合速率和蒸腾速率等。选其中6盆每隔3d左右记录其叶片数和茎干长度。

每隔10d左右于晴朗天气清晨8:00左右光照强度达到薇甘菊饱和点(约 $800\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)时,用LCA4系统(Analytical Development Co. Ltd., U. K.)测定光合速率(P_n)、蒸腾速率(E)、气孔导度(g_s)等气体交换指标。每次测定6片叶(自顶端数第6-8片健康向阳叶),每片叶重复记录3次。其中水分利用效率 $WUE=P_n/E$ ($\mu\text{mol CO}_2\text{ mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$)。

叶绿素荧光观测 每隔3-5d于晴朗天气清晨8:00左右观测一次,每次选5-6片自顶端数第6-8片健康向阳叶,暗适应10min后同时用OS-30叶绿素荧光仪(U.S.A)测定薇甘菊叶的 F_v/F_m 。其中 $F_v=F_m-F_o$ 。

叶绿素含量测定 按照Arnon^[10]的方法。由田野菟丝子开始寄生于薇甘菊起,每隔10d测定一次,寄生处理区和对照区每次都作5个重复测定。

2 结果和分析

田野菟丝子寄生处理与对照的比较实验表明:田野菟丝子处理区的薇甘菊在约2个月后,叶子变黄脱落,有的甚至地上茎干枯,对照区薇甘菊却生长旺盛。

2.1 田野菟丝子寄生对薇甘菊生长的影响

田野菟丝子刚开始寄生于薇甘菊上1-20d,因其数量少,对薇甘菊生长的影响不大,田野菟丝子寄生处理的薇甘菊叶片数和茎长度与对照区没有显著差别(图1)。但随着田野菟丝子的分枝增多,寄生进一步加强,薇甘菊的生长显著受损($P<0.05$)。在寄生30d左右,薇甘菊的单株叶片数以及枝生长长度开始呈下降趋势,而对照区薇甘菊仍保持较高的增长。经过60d左右,侵染区的薇甘菊单株叶片数和茎干长均大幅度减少,而对照区仍保持增长趋势。

对野外侵染区和对照区的生物量干重进行统计表明(图2),30d时对照区与侵染区的薇甘菊生物量差别不大,而田野菟丝子虽然已经开始对薇甘菊生长构成威胁,但其生物量干重并不多。60d时对照区的薇甘菊总生物量增加1倍以上,侵染的反而减少,侵染区与对照区薇甘菊生物量差异显著

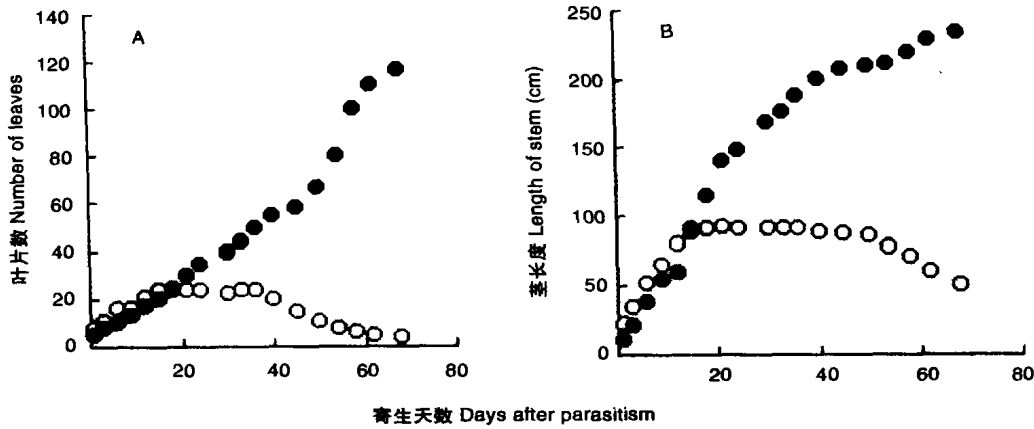


图 1 田野菟丝子寄生对薇甘菊叶片数(A)和茎长度(B)的影响
 Fig.1 Leaf number(A) and stem length (B) of *Mikania micrantha* parasitized by *Cuscuta campestris*
 ○ 寄生 Parasitized ● 对照 Control

($P < 0.05$), 而且侵染区的薇甘菊和田野菟丝子的生物量总和比对照区的 1/2 还少。这是因为田野菟丝子抑制了薇甘菊的生长, 而田野菟丝子自身没有或者只有微弱的光合作用^[8,9], 虽然田野菟丝子生物量增加了, 但总生物量还是大大减少。

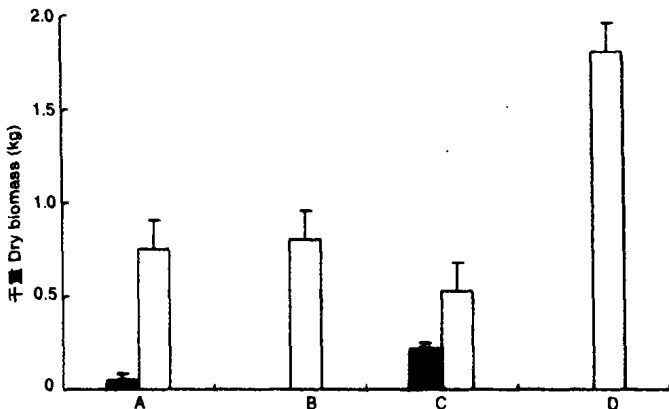


图 2 田野菟丝子寄生对薇甘菊生物量的影响 (生物量干重均为 6 个 1m × 1 m 样方平均值 ± 标准误差)
 Fig. 2 Compararison of dry biomass accumulation in *M. micrantha* and *C. campestris* (Values are calculated from the means ± SE of dry biomass in the six 1 m × 1 m plots)
 A 为寄生 30 d, B 为其对照, C 为寄生 60 d, D 为其对照。
 A and C represent 30 and 60 days after parasitism, respectively, while B and D the controls of A and C, respectively
 ■ 田野菟丝子 *Cuscuta campestris* □ 薇甘菊 *Mikania micrantha*

2.2 田野菟丝子寄生对薇甘菊叶绿素含量的影响

对照区的薇甘菊叶绿素含量在观测期内变化不大, 基本上保持平稳。寄生区薇甘菊则在 30 d 左右叶绿素含量开始下降, 至第 60 天时, 叶绿素含量降至开始时的 26% (图 3)。

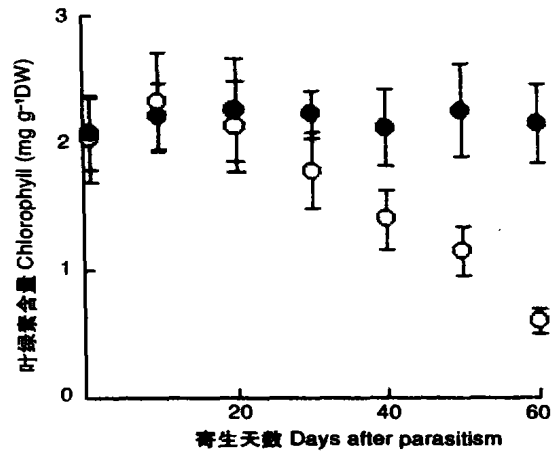


图 3 田野菟丝子寄生对薇甘菊叶片叶绿素含量的影响
 Fig. 3 Effect of parasitic *Cuscuta campestris* on chlorophyll content of *Mikania micrantha* leaves
 ○ 寄生 Parasitized ● 对照 Control

2.3 田野菟丝子寄生对薇甘菊气体交换的影响

田野菟丝子寄生对薇甘菊的气体交换产生显著影响 (图 4)。寄生初期 (约 10 d 左右) 薇甘菊早晨的光合速率最高达 $12.6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 寄生 60 d 后降到 $1.13 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 光合速率降低 90% 以上。蒸腾速率也由 $3.82 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 降到 $0.71 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 降低近 80%。气孔导度由 0.36 降到 0.033, 降低 92%。寄生区水分利用效率在前 40 d 内变化与对照区一样并不明显, 以后显著降低 ($P \leq 0.05$)。

2.4 田野菟丝子寄生对薇甘菊叶绿素荧光的影响

田野菟丝子寄生后叶绿素荧光 Fv/Fm 值也发生显著下降 ($P \leq 0.05$), 寄生 20 d 以内 Fv/Fm 为 0.80, 寄生 60 d 后降至 0.43 (图 5)。Fv/Fm 是开放

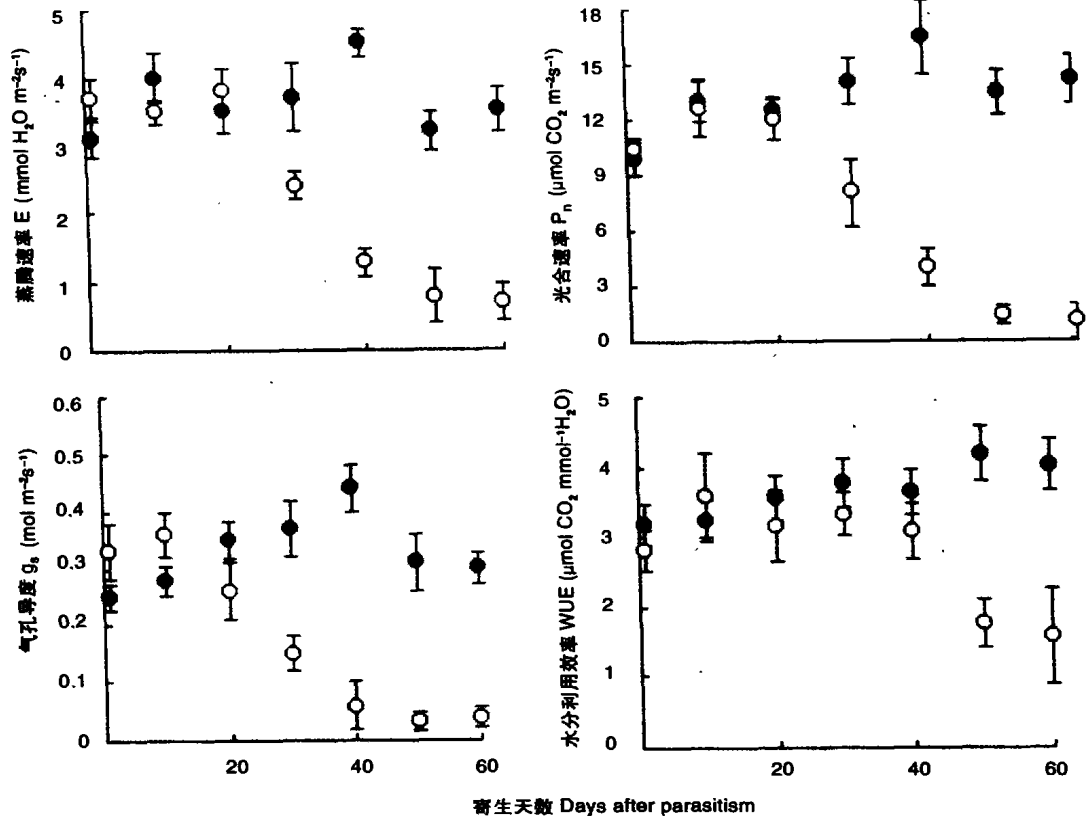


图 4 田野菟丝子寄生对薇甘菊气体交换的影响
 Fig.4 Effect of parasitic *Cuscuta campestris* on gas exchange of *Mikania micrantha* leaves
 ○寄生 Parasitized ●对照 Control

的 PS II 反应中心捕获激发能的效率,是研究植物受胁迫的参数。Fv/Fm 变化代表 PS II 反应中心光化学效率的变化,比值越高说明其胁迫程度越低^[1]。田野菟丝子寄生时间越长,对薇甘菊形成的胁迫(包括水分、有机养分和无机盐等胁迫)越严重,薇甘菊

Fv/Fm 值也越来越低。寄生 60 d 时,Fv/Fm 值仅为刚开始时的 54%。

2.5 田野菟丝子扩散速度

田野菟丝子幼苗期有根,主要起固着作用,幼苗长至 10 cm 左右,顶端开始寻找寄主,一旦接触到寄主,线状茎即以左旋方式缠绕于植物体上,产生吸器,当吸器的维管组织与寄主的维管组织相通时,吸器便源源不断地从寄主体内吸取有机养分、水分和无机盐。同时丝状茎不断侵染新的寄主植株,侵染面积得以扩展^[8,9]。在我们观测的两个多月里,田野菟丝子由最初撒播的很小的面积,很快发展到 20 m² 左右的大块面积,离侵染源中心点的最大扩展距离达到 5 m 以上(图 6)。

3 讨论

本文的研究结果表明:田野菟丝子对薇甘菊的生长、气体交换以及叶绿素含量和 PS II 光化学效率,都有显著的影响。田野菟丝子寄生后与寄主争

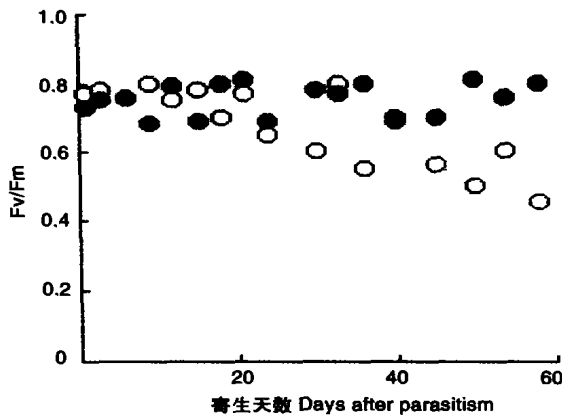


图 5 田野菟丝子寄生对薇甘菊 Fv/Fm 的影响
 Fig.5 Effect of *Cuscuta campestris* on Fv/Fm of *Mikania micrantha*
 ○寄生 Parasitized ●对照 Control

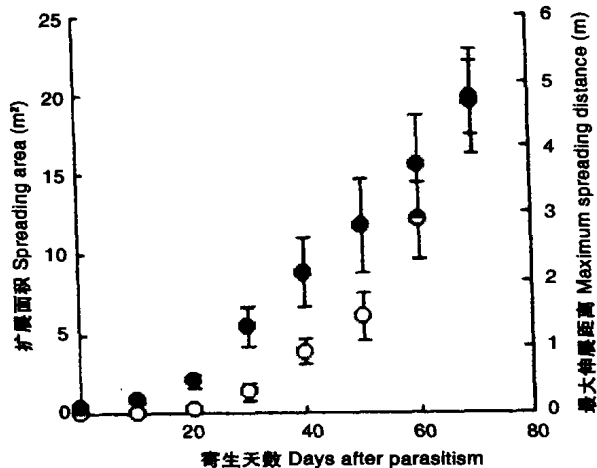


图 6 田野菟丝子扩展面积和最大伸展距离
 Fig. 6 Spreading area and maximum spreading distance of *Cuscuta campestris*
 ○ 扩展面积 Spreading area
 ● 最大伸展距离 Maximum spreading distance

夺水分和养料,导致薇甘菊叶片逐渐变黄,叶绿素含量降低,净光合速率、蒸腾速率和气孔导度显著下降,后期的水分利用效率也开始下降。而叶绿素荧光 Fv/Fm 值的下降,也意味着田野菟丝子对薇甘菊的生长环境构成一种胁迫,抑制薇甘菊的生长。

我们的研究结果可见,田野菟丝子寄生后,薇甘菊的叶片数量锐减,抑制了其地上茎的伸长。而薇甘菊对作物、果树等最主要的危害是地上茎快速生长,攀援缠绕而上,伸展大量叶片形成“幕罩”,截断植物的光照来源而不能进行正常的光合作用和蒸腾作用,无法提供足够有机物,影响水分和养分的运输,从而导致植物干枯死亡。田野菟丝子能抑制薇甘菊的叶片数量和地上茎生长,从而降低薇甘菊的危害。

我们在野外调查和实验过程中发现,田野菟丝子虽不是专性寄生于薇甘菊,但是当有其它一些植物和薇甘菊都可以寄生时,较多地选择寄生于薇甘菊上,并且能够在短时间迅速扩展侵染范围。

薇甘菊除了快速的营养繁殖之外,大量难以计数的、细小的、易于传播的种子也是薇甘菊迅速蔓延的主要原因。根据我们的观测,田野菟丝子寄生薇甘菊之后,薇甘菊虽然也能开花,但是花量很少,同时结实率也很低(数据未发表),可能是因为大多数营养物质都被田野菟丝子吸收,导致薇甘菊开花结实所必需的营养严重不足所致。因此田野菟丝子寄生可望成为根本上解决薇甘菊危害的一种途径。

菟丝子既是一种杂草又是一种重要的中药材。一方面人们采取了很多方法以防治菟丝子对农作物的危害,目前对于菟丝子的防治技术和措施已经比较完善,很多学者都提出对菟丝子的合理利用是最好的防除手段^[9]。而另一方面药用菟丝子资源日渐短缺,很多地方通过大量人工种植加以补充^[12]。因此我们认为在广东薇甘菊大面积爆发的地方合理地撒播菟丝子,既可以有效防治薇甘菊的蔓延又能解决菟丝子药用来源匮乏的问题。

关于田野菟丝子本身能否进行光合作用,文献记载并不很统一^[8-17];寄生植物菟丝子属(*Cuscuta*)通常被认为不能进行光合作用,但是菟丝子属有 100 多种,种间的色素与叶绿体结构表现出相当大的变异^[9, 12, 13, 15, 17]。*Cuscuta* 被认为是处于非光合进化的早期阶段,所以该属植物包括了有叶绿体和无叶绿体两种类群。从而为研究光合能力丧失以及高度保守的光合机能的潜在修饰提供了一个很好的材料^[15, 17]。其中对 *Cuscuta reflexa* Roxb. (dodder) 的研究表明,其维管系统周围的一圈细胞能够进行光合作用^[15, 17]。综合前人的一些结论以及自己的实验(数据未发表)我们认为有以下的可能,菟丝子生长在寄主上时光合作用功能退化或者几乎完全消失,但是寄生于寄主植物前(如培养在蒸馏水中)或者未能形成吸器前以及寄主完全死亡无营养来源后会有很微弱的光合作用,当然这些设想还需要进一步研究证明。菟丝子寄生后,薇甘菊和菟丝子自身对寄生的响应,二者对寄生产生的生理生态、生活史对策的调节,以及这些调节对寄主和寄生植物双方的影响等都需要我们做更进一步的研究。

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] Holm L G, Plucknett D L, Pancho J V, et al. *The World's Worst Weeds: Distribution and Biology* [M]. USA: University Press of Hawaii, 1977. 320-327.
 [3] Wen D Z (温达志), Ye W H (叶万辉), Feng H L (冯惠玲), 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)
 [4] Maffei E M D, Marin M M A. Chromosomal polymorphism in 12 populations of *Mikania micrantha* (Compositae) [J]. *Gene Mol Biol*, 1999, 22(3):433-444.

- [5] Cock M J W. Potential biological control agents for *Mikania micrantha* H. B. K. from the Neotropical region [J]. Trop Pest Manag, 1982, 28(3):242-250.
- [6] 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]. Mycol Res, 1995, 99(3):343-352.
- [7] Cock M J W, Ellison C A, Evans H C, et al. Can failure be turned into success for biological control of mile-a-minute weed (*Mikania micrantha*)? [A] In: Neal R S. Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds [C]. USA: Montana State University Publications, 2000. 155-167.
- [8] Crocker J. The ecology and control of *Cuscuta campestris* [J]. Aust Weeds Res News, 1987, 36:51-55.
- [9] Malik C P, Singh M B. Physiological and biochemical aspects of parasitism in *Cuscuta*: a review [J]. Annu Rev Plant Sci, 1979, 1: 67-72.
- [10] Arnon D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris* [J]. Plant Physiol, 1949, 24:1-15.
- [11] Björkman O. High-irradiance stress in higher plants and interaction with other stress factors [J]. Photosyn Res, 1987, 10:51-62.
- [12] Dawson J H, Musselman L J, Wolswinkel P, et al. Biology and control of *Cuscuta* [J]. Rev Weed Sci, 1994, 6:265-317.
- [13] MacLeod D. Photosynthesis in *Cuscuta* [J]. New Phytol, 1963, 62: 257-263.
- [14] Pate J, Kuo S J, Davidson N J. Morphology and anatomy of the haustorium of the root hemiparasite *Oxalis phyllanthi* (Oxalaceae), with special reference to the haustorium interface [J]. Ann Bot, 1990, 65:730-737.
- [15] Nickrent D L, Duff R J, Colwell A E, et al. Molecular phylogenetic and evolutionary studies of parasitic plants DNA sequencing [A]. Soltis D, Soltis P, Doyle J. Molecular Systematics of Plants II [M]. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 1998. 211-241.
- [16] Haupt S, Oparka K J, Sauer N, et al. Macromolecular trafficking between *Nicotiana tabacum* and the holoparasite *Cuscuta reflexa* [J]. J Exp Bot, 2001, 52:173-177.
- [17] Hibberd J M, Bungard R A, Press M C, et al. Localization of photosynthetic metabolism in the parasitic angiosperm *Cuscuta reflexa* [J]. Planta, 1998, 205:506-513.