

## 不同密度五种植物对薇甘菊幼苗的竞争效应

徐高峰, 张付斗\*, 李天林, 申时才, 张玉华

云南省农业科学院农业环境资源研究所, 云南 昆明 650205

**摘要:** 以入侵植物薇甘菊(*Mikania micrantha* H.B.K)和多年生植物高羊茅(*Festuca elata* Keng ex E. Alexeev)、黑麦草(*Lolium perenne*)、黄花蒿(*Artemisia annua* L.)、杂三叶(*Alsike clover*)和紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)为试验材料, 温室条件下采用密度添加系列设计, 研究了5种植物在不同密度下对薇甘菊幼苗的竞争效应, 为薇甘菊生物替代提供理论依据。结果表明, (1)5种受试植物及其不同种植密度对薇甘菊幼苗的生物量、株高和分枝数具有极显著影响( $P < 0.001$ ), 但两者互作除对薇甘菊幼苗的株高显著影响外, 对其幼苗的生物量和分枝数均无显著影响。(2)同等密度条件下, 供试5种植物中的黑麦草和黄花蒿对薇甘菊幼苗的生物量、株高和分枝数的抑制作用最强, 高羊茅次之, 杂三叶和紫花苜蓿对薇甘菊幼苗的生长抑制作用最弱。(3)5种植物与薇甘菊混种组合中薇甘菊的相对产量(RY)均显著小于1, 说明供试5种植物对薇甘菊的种间竞争作用强于其种内竞争; 不同密度的黑麦草、黄花蒿和高羊茅与薇甘菊混种, 3种竞争植物的竞争平衡指数(CB)均显著大于0; 而杂三叶和紫花苜蓿仅在其与薇甘菊的混种密度分别大于200和300株/m<sup>2</sup>时, 其竞争平衡指数(CB)大于0, 而低密度时均小于0; 说明供试5种植物中, 黑麦草、黄花蒿和高羊茅的竞争能力强于薇甘菊幼苗, 而杂三叶和紫花苜蓿在低密度条件下的竞争能力较薇甘菊幼苗弱。可见黑麦草、黄花蒿和高羊茅有望被作为替代竞争植物用来对薇甘菊进行替代控制。

**关键词:** 薇甘菊; 高羊茅; 黑麦草; 黄花蒿; 杂三叶; 紫花苜蓿; 替代控制

**中图分类号:** Q948

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-5906(2011)05-0798-07

外来生物入侵导致生态系统的破坏和生物多样性资源的丧失, 并造成巨大的经济损失, 受到国际社会广泛关注, 控制外来入侵生物的蔓延与危害已成为人们面临的迫切任务<sup>[1-6]</sup>。替代控制是一种主要针对外来入侵植物的生态防治方法, 其原理是利用植物的种间竞争规律, 用一种或多种植物的生长优势抑制外来入侵植物的生长, 达到防治或减轻其危害的目的并促进自然生态系统的逐渐恢复<sup>[7]</sup>。替代控制具有经济、高效、安全和可持续等优点, 近年来被广泛探索研究<sup>[8]</sup>。如利用白蝶合果芋(*Syngonium podophyllum*)、细叶萼距花(*Cuphea hyssopifolia*)形成密集植被控制外来入侵植物猫爪藤(*Macfadyena unguis-cati*)的萌发和生长<sup>[9]</sup>; 利用地毯草(*Axonopus affinis*)<sup>[10]</sup>、黑麦草(*Lolium perenne*)<sup>[11]</sup>、非洲狗尾草[*Setaria sphacelata* (Schum)Stapf ex Massesey cv. Narok]<sup>[12]</sup>和紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)<sup>[13]</sup>等替代控制外来入侵植物紫茎泽兰的研究也取得一定进展。

薇甘菊(*Mikania micrantha* H.B.K)是菊科(Compositae)、假泽兰属(*Mikania*)多年生草质或稍木质藤本植物, 原产于中南美洲, 现广泛分布于东南亚以及太平洋周边等地区<sup>[14-16]</sup>。薇甘菊具有生长速度快、适应能力强, 以及很强的营养繁殖能力、

开花结实能力和化感作用<sup>[17]</sup>, 严重威胁着入侵地生态系统和生物多样性的安全, 被列为世界上100种最具入侵力的外来物种之一<sup>[18]</sup>。我国于上世纪70—80年代在香港和深圳先后发现薇甘菊<sup>[19]</sup>, 目前, 该入侵物种已在我国广东、云南和海南等地大面积发生危害。为控制薇甘菊的蔓延与危害, 多年来, 国内外学者对其开展了人工防治<sup>[20]</sup>、化学防治<sup>[21-22]</sup>、生物防治<sup>[23-25]</sup>等各种防治技术研究。薇甘菊在入侵地具有长久性土壤种子库<sup>[26]</sup>, 防治后的生境极有可能被再次入侵, 难以从根本上控制其蔓延与危害。但薇甘菊在苗期生长缓慢, 且对入侵地环境也存在较多不适应性<sup>[27]</sup>。因此在苗期探索采取替代控制的生态恢复方法, 即利用替代植物的种间竞争特性来抑制薇甘菊幼苗的生长发育, 逐步恢复本土植被群落具有一定的科学和应用价值。

李小川等<sup>[20]</sup>通过人为干预群落试验证实了生态措施控制薇甘菊的可行性, 咎启杰<sup>[28]</sup>和王伯荪<sup>[25]</sup>通过研究也初步证实了菟丝子属(*Cuscuta campestris*)植物对薇甘菊具有替代控制作用。为探索薇甘菊的替代控制技术, 本文选取了4种多年生优良牧草品种高羊茅(*Festuca elata* Keng ex E. Alexeev)、黑麦草、杂三叶(*Alsike clover*)、紫花苜蓿和1种经济植物黄花蒿(*Artemisia annua* L.)作为供试替代竞

**基金项目:** 云南省应用基础研究重点项目(2010CC002)

**作者简介:** 徐高峰(1979年生), 男, 助理研究员, 硕士, 从事入侵生态学研究。E-mail: xugaofeng1059@163.com

\*通讯作者: 张付斗(1971年生), 副研究员, 硕士, 从事杂草学和生态学研究。E-mail: fdzh@vip.sina.com

**收稿日期:** 2011-03-20

争植物, 温室条件下在幼苗期通过单种和混种方式, 测定评价5种竞争植物对薇甘菊幼苗的竞争作用, 旨在为替代控制外来入侵植物薇甘菊提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验样地概况与试验材料特性

试验样地概况: 试验地位于昆明北郊云南省农业科学院日光温室(25°48'N, 102°17'E, 海拔1964 m)。试验地土壤类型属于南方红壤, 肥力均等, 其0~20 cm土层土壤理化性质为: 全氮0.24 g·kg<sup>-1</sup>, 全磷0.19 g·kg<sup>-1</sup>, 全钾0.47 g·kg<sup>-1</sup>, 速效氮126.48 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效磷86.88 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾398.67 mg·kg<sup>-1</sup>, 有机质3.34 g·kg<sup>-1</sup>, pH 7.61。

试验材料特性: 薇甘菊幼苗采用离体扦插方式获得。选取鲜重在3.0~3.5 g, 长度在10~12 cm具叶芽的单节薇甘菊茎秆作为扦插体, 将其插入1倍Hoagland's营养液中培养7 d后选取生长一致的幼苗备用。高羊茅、黑麦草、黄花蒿、杂三叶和紫花苜蓿的幼苗采用种子苗方式获得。种子购于昆明市种子分公司, 发芽率≥90%。2009年4月分别在温室苗圃中播种, 30 d后作为移植苗备用。

### 1.2 试验设计

2009年5月—2009年10月, 采用薇甘菊密度固定而各竞争物种密度增加的添加系列设计<sup>[29]</sup>, 在日光温室分别建立各竞争物种高羊茅、黑麦草、黄花蒿、杂三叶和紫花苜蓿与薇甘菊的单种与混种试验种群。其中薇甘菊的种植密度为25株/m<sup>2</sup>, 均匀等间距分布于试验小区中。各竞争物种处理设置5个密度水平, 分别为50、100、150、200和300株·m<sup>-2</sup>, 均匀分布于薇甘菊周围; 目标种和各竞争物种的对照为相应密度水平下的单种处理。试验采用完全随机设计, 供试各小区面积均为2.0 m<sup>2</sup> (1 m×2 m), 每密度水平4次重复, 共计220个小区。2009年5月上旬, 按照试验设计要求将供试的目标种薇甘菊幼苗和各竞争物种幼苗进行同期移植。幼苗移栽后的1个月内每天10:00—15:00打开遮阴网和滴灌装置以保持土壤湿润, 提高幼苗植株的存活率; 并对未成活的幼苗补充移栽大小相似的植株。在生长过程中, 人工拔除其它植物。在整个试验中均不施肥。

### 1.3 生物量测定

幼苗移栽4个月后, 在每个小区内随机选取15株薇甘菊和45株各竞争植物。测量薇甘菊的主茎长度和分枝数(侧芽长度大于5 cm即为分枝), 然后分别将选取的薇甘菊和5种竞争植物的地上部剪下和地下根系全部挖出(深约30 cm), 用自来水将根系洗净后将植株分开为地上、地下部分, 在烘箱75℃烘干至恒质量。薇甘菊和各竞争物种的生物量分

别为其地上部和地下部干重之和。

## 1.4 数据分析

采用相对产量<sup>[30]</sup>(RY)和竞争平衡指数<sup>[31]</sup>(CB)来测度物种间资源竞争利用效能和竞争影响, 计算公式如下, 计算中生物量产量为整株植株干物质质量。

$$RY_a = Y_{ab} / Y_a; RY_b = Y_{ba} / Y_b; CB_a = \ln(RY_a / RY_b)$$

式中: a、b代表两物种名称; RY<sub>a</sub>、RY<sub>b</sub>分别为物种a和物种b在混种时的相对产量; Y<sub>a</sub>、Y<sub>b</sub>分别为物种a和物种b在单种时的单株产量(或单位面积产量); Y<sub>ab</sub>、Y<sub>ba</sub>分别为物种a和物种b在混种时的单株产量。

RY值表明不同种所经历竞争的类型, 通常单种种群的RY值为1.0。RY<sub>a</sub>=1.0, 说明两物种种内、种间竞争相等, 即2个物种竞争力相同; RY<sub>a</sub>>1.0, 表示种内竞争大于种间竞争; RY<sub>a</sub><1.0, 表示种间竞争大于种内竞争。

CB<sub>a</sub>>0, 说明物种a的竞争能力比物种b强; CB<sub>a</sub>=0, 说明物种a和物种b竞争能力相等; CB<sub>a</sub><0, 说明物种a的竞争能力比物种弱; CB<sub>a</sub>越大, 说明物种a的竞争能力越强。

为研究不同密度的高羊茅、黑麦草、黄花蒿、杂三叶和紫花苜蓿混种对薇甘菊幼苗生长的影响, 用t测验分别比较RY与1的差异显著性以及混种处理各生长性状(薇甘菊的生物量、株高和分枝数)与同密度下单种性状值的差异显著性, 然后采用两因素双向分组完全随机设计对物种、试验密度及物种×密度进行方差分析; 所有分析用SAS(9.2)软件统计分析完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 5种植物在不同密度下对薇甘菊生物量的影响

研究表明, 物种和种植密度对薇甘菊的生物量有极显著极影响( $P < 0.001$ ), 但物种和种植密度互作对薇甘菊的生物量( $P = 0.067$ )影响不显著(表1)。薇甘菊单种时, 其平均生物量为89.82 g; 5种植物与薇甘菊混种, 薇甘菊的平均生物量显著降低。同等密度下, 各混种处理组薇甘菊的平均生物量分别为杂三叶>紫花苜蓿>高羊茅>黑麦草>黄花蒿(表2)。各物种的种植密度对薇甘菊的生物量也有显著影响, 薇甘菊的生物量随着5种植物种植密度的增加而逐渐减小。其中黄花蒿、杂三叶和紫花苜蓿在混种密度低于200株/m<sup>2</sup>, 随着种植密度的增加, 薇甘菊的生物量显著降低, 但后期随着混种密度增加到300株/m<sup>2</sup>时, 生物量无显著差异。而高羊茅和黑麦草在混种密度为300株/m<sup>2</sup>, 薇甘菊的生物量显著低于其它密度处理(表2)。

植物大小特征是预测植物相对竞争能力强弱

表1 不同密度5种植物对薇甘菊生物量、株高和分枝数二因素方差分析结果

Table 1 Results of a two-way ANOVA with 5 species and planting density on biomass, plant height and branch number of *M. micrantha*

因变量	自由度	平方和	均方	F	P
生物量					
物种	4	7 617.40	1 904.35	256.51	< 0.000 1
密度	4	8 772.89	2 193.22	295.42	< 0.000 1
物种×密度	16	208.02	13.00	1.75	0.067
误差	50	371.20	7.42		
株高					
物种	4	86 816.89	21 704.22	105.49	< 0.000 1
密度	4	104 875.24	26 218.81	127.43	< 0.000 1
物种×密度	16	16 703.89	1 043.99	5.07	< 0.000 1
误差	50	10 287.70	205.75		
分枝数					
物种	4	143.95	35.99	48.81	< 0.000 1
密度	4	275.07	68.77	92.7	< 0.000 1
物种×密度	16	12.93	0.81	1.09	0.390
误差 Error	50	37.09	0.74		

最为重要的参数之一<sup>[32]</sup>。研究表明5种植物中,黑麦草和黄花蒿对伏地生长的薇甘菊幼苗有较强的竞争作用,高羊茅次之,而杂三叶和紫花苜蓿对薇甘菊竞争作用较弱。

## 2.2 5种植物在不同密度下对薇甘菊株高的影响

研究表明,物种、种植密度以及物种和种植密度互作对薇甘菊的株高均有极显著影响(P

< 0.001)(表1)。薇甘菊单种时,其平均株高为247.68 cm; 5种植物与薇甘菊混种,薇甘菊的株高受到明显影响。其中黑麦草和黄花蒿与薇甘菊混种处理组,薇甘菊的株高明显小于其单种和同等密度下其它3种竞争植物的混种处理组株高(表2)。

5种植物的种植密度对薇甘菊的株高也产生显著影响。当邻居种密度为50株/m<sup>2</sup>时,杂三叶和紫花苜蓿处理组薇甘菊的株高相对于对照分别降低了7.99%和8.52%,无显著差异,但高羊茅、黑麦草和黄花蒿处理组薇甘菊的株高相对于对照则分别降低了14.75%、17.46%和32.22%,显著减小。后随邻居种植密度的逐渐增加,薇甘菊的株高逐渐降低。当密度分别为300株/m<sup>2</sup>时,各处理组薇甘菊株高分别为紫花苜蓿(173.86 cm) > 杂三叶(148.65 cm) > 高羊茅(72.79 cm) > 黄花蒿(64.15 cm) > 黑麦草(57.04 cm),显著小于对照(表2)。

## 2.3 5种植物在不同密度下对薇甘菊分枝数的影响

研究表明,物种和种植密度对薇甘菊的分枝数有极显著影响(P < 0.001),但物种和种植密度互作对薇甘菊的分枝数(P = 0.390)影响不显著(表1)。单种时,薇甘菊的平均分枝数为11.78个,显著大于混种处理组薇甘菊的分枝数;其中同等密度条件下,黑麦草和黄花蒿的混种处理组薇甘菊分枝数最小(表2)。

5种植物的种植密度对薇甘菊的分枝数也有显著影响。当邻居种密度为50株/m<sup>2</sup>时,各混种处理

表2 5种植物在不同密度下对薇甘菊的生物量、株高和分枝数的影响

Table 2 The effect of 5 species in different densities to biomass, plant height and branch number of *M. micrantha*

竞争物种	竞争种密度/(株·m <sup>-2</sup> )					
	0	50	100	150	200	300
薇甘菊生物量/g						
高羊茅 <i>F. Alexeev</i>	89.82±3.54a	47.09±1.86b	34.96±1.84c	27.54±1.60d	23.29±1.19d	12.42±1.15e
黑麦草 <i>L. perenne</i>	89.82±3.54a	42.48±1.71b	26.08±0.82c	22.02±1.81c	13.44±1.79d	8.28±1.26e
黄花蒿 <i>A. annua</i> L.	89.82±3.54a	37.35±1.95b	27.95±0.91c	20.66±1.29d	10.55±1.14e	9.73±1.43e
杂三叶 <i>A. clover</i>	89.82±3.54a	62.84±1.49b	51.53±1.66c	43.95±1.31d	38.20±1.99e	36.89±1.82e
紫花苜蓿 <i>M. sativa</i> L.	89.82±3.54a	56.98±2.46b	50.54±2.27c	39.30±1.69d	31.80±1.36e	30.36±1.12e
薇甘菊株高/cm						
高羊茅 <i>F. Alexeev</i>	247.68±6.52a	211.14±7.28b	185.89±7.88c	165.74±9.39cd	147.92±8.45d	72.79±5.58e
黑麦草 <i>L. perenne</i>	247.68±6.52a	204.44±9.95b	167.05±8.73c	145.99±5.36d	63.37±4.56e	57.04±5.22e
黄花蒿 <i>A. annua</i> L.	247.68±6.52a	167.87±9.88b	142.82±8.80c	118.28±9.62c	68.62±3.91d	64.15±5.15d
杂三叶 <i>A. clover</i>	247.68±6.52a	226.58±6.67ab	213.95±6.78bc	196.16±6.33c	169.46±5.06d	148.65±5.74d
紫花苜蓿 <i>M. sativa</i> L.	247.68±6.52a	227.90±8.76ab	214.09±7.80bc	200.06±7.64cd	188.68±7.33de	173.86±6.41d
薇甘菊分枝数/株 <sup>-1</sup>						
高羊茅 <i>F. Alexeev</i>	11.78±0.93a	7.72±0.44b	4.41±0.55c	3.65±0.32cd	2.53±0.28d	1.73±0.20e
黑麦草 <i>L. perenne</i>	11.78±0.93a	6.64±0.71b	2.78±0.48c	2.05±0.42d	1.69±0.47e	1.45±0.30f
黄花蒿 <i>A. annua</i> L.	11.78±0.93a	5.66±0.73b	4.41±0.51b	2.35±0.36c	1.80±0.33c	1.45±0.21c
杂三叶 <i>A. clover</i>	11.78±0.93a	9.75±0.58b	6.64±0.92c	5.77±0.37cd	4.21±0.58de	3.61±0.29e
紫花苜蓿 <i>M. sativa</i> L.	11.78±0.93a	9.16±0.60b	7.63±0.46b	5.59±0.69c	4.84±0.51cd	3.62±0.36d

表中数据为平均值±标准误,同一行数值后小写字母相同表示在5%水平上差异不显著,反之则显著

组薇甘菊的分枝数显著小于对照，其中杂三叶和紫花苜蓿处理组薇甘菊的分枝数最大，分别为9.75和9.16；黄花蒿处理组薇甘菊的分枝数最小，仅为5.66。后随邻居种植密度的逐渐增加薇甘菊的分枝数逐渐降低。当竞争物种小区密度分别为300株/m<sup>2</sup>时，高羊茅、黑麦草和黄花蒿的分枝数明显小于杂三叶和紫花苜蓿处理组，其中黑麦草和黄花蒿混种处理组薇甘菊平均分枝数相同，均为1.45个，而杂三叶和紫花苜蓿处理组薇甘菊平均每株分枝数为3.61和3.62个（表2）。

#### 2.4 不同密度下5种植物与薇甘菊的竞争关系

表3显示，不同密度下，薇甘菊的相对产量均显著小于1.0 ( $P < 0.001$ )，且随竞争物种密度的增大，相对产量逐渐变小，说明5种植物对薇甘菊均具有种间竞争作用，且随混种密度的增加而增强。其中在竞争物种密度为50株/m<sup>2</sup>时，5种植物对薇甘菊的种间竞争能力分别为黄花蒿 > 黑麦草 > 高羊茅 > 紫花苜蓿 > 杂三叶。后随着竞争物种密度的增加，5种植物对薇甘菊的种间竞争能力逐渐增强，在密度为300株/m<sup>2</sup>，相对于其它竞争植物，黑麦草对薇甘菊的种间竞争能力最强。5种竞争植物中，除高羊茅外黑麦草、黄花蒿、杂三叶和紫花苜蓿的相对产量随其混种植密度的增加无显著变化，表明

除高羊茅外，其余4种植物的种内竞争作用随密度的增加变化不显著。

5种植物在混种密度为50株/m<sup>2</sup>时，高羊茅、黑麦草和黄花蒿对薇甘菊的竞争平衡指数均大于0，其中黄花蒿对薇甘菊的竞争平衡指数最大，为0.65；而杂三叶和紫花苜蓿的竞争平衡指数均小于0，说明低密度下高羊茅、黑麦草和黄花蒿对薇甘菊的竞争力强于薇甘菊，而杂三叶和紫花苜蓿的竞争力小于薇甘菊。后随着密度的增加，竞争物种的竞争平衡指数均在逐渐增大，在密度为300株/m<sup>2</sup>是，各处理组的竞争平衡指数均大于0，其中黑麦草和黄花蒿的竞争平衡指数分别为2.13和1.90，明显大于其它3种植物。表明黑麦草和黄花蒿对薇甘菊的竞争能力强与其它3种植物，且密度越大其相对竞争力越强。

### 3 讨论

替代控制技术治理外来入侵有害生物的关键是替代物种的选择。目前，利用土著植物和具有经济价值较高的物种来实施竞争性抵御外来物种的入侵正成为国、内外研究热点<sup>[32,33]</sup>。本研究以高羊茅、黑麦草、黄花蒿、杂三叶和紫花苜蓿作为替代竞争物种开展对薇甘菊的控制试验，其中高羊茅、黑麦草、杂三叶和紫花苜蓿均可作为优良牧草而大

表3 不同密度条件下薇甘菊和5种植物的相对产量，5种植物的竞争平衡指数

Table 3 Effects of different densities on the relative yield of *M. micrantha* and 5 species in mixture, and competitive balance index (calculated for competition species vs. *M. micrantha*)

竞争物种	竞争物种密度/(株·m <sup>-2</sup> )				
	50	100	150	200	300
薇甘菊相对产量(RY <sub>M</sub> )					
高羊茅 <i>F. Alexeev</i>	0.52±0.042aA**	0.39±0.024bB**	0.31±0.016cBC**	0.26±0.013cC**	0.14±0.007dD**
黑麦草 <i>L. perenne</i>	0.47±0.038aA**	0.29±0.022bB**	0.25±0.018bBC**	0.15±0.015cCD**	0.09±0.008cD**
黄花蒿 <i>A. annua</i> L.	0.42±0.032aA**	0.31±0.023bB**	0.23±0.017cB**	0.12±0.015dC**	0.11±0.012dC**
杂三叶 <i>A. clover</i>	0.70±0.046aA**	0.57±0.038bAB**	0.49±0.023bcBC**	0.43±0.020cdC**	0.37±0.015dC**
紫花苜蓿 <i>M. sativa</i> L.	0.63±0.043aA**	0.56±0.032aA**	0.44±0.020bB**	0.35±0.020bcB**	0.34±0.012cB**
竞争物种相对产量(RY <sub>F</sub> , RY <sub>L</sub> , RY <sub>Aa</sub> , RY <sub>Ac</sub> , RY <sub>MS</sub> )					
高羊茅 <i>F. Alexeev</i>	0.56±0.039aA**	0.50±0.031abAB**	0.44±0.019bcAB**	0.39±0.016cB**	0.25±0.012dC**
黑麦草 <i>L. perenne</i>	0.82±0.061aA**	0.80±0.055aA**	0.79±0.049aA**	0.79±0.052aA**	0.77±0.043aA**
黄花蒿 <i>A. annua</i> L.	0.80±0.064aA**	0.82±0.069aA**	0.71±0.052aA**	0.70±0.046aA**	0.72±0.046aA**
杂三叶 <i>A. clover</i>	0.48±0.032aA**	0.49±0.035aA**	0.47±0.029aA**	0.53±0.038aA**	0.53±0.046aA**
紫花苜蓿 <i>M. sativa</i> L.	0.34±0.023aA**	0.34±0.020bAB**	0.31±0.020bAB**	0.31±0.017bAB**	0.41±0.023bB**
竞争平衡指数(CB)					
高羊茅 <i>F. Alexeev</i>	0.07±0.006dD**	0.24±0.023cC**	0.37±0.029bB**	0.41±0.023bB**	0.59±0.041Aa**
黑麦草 <i>L. perenne</i>	0.56±0.023eE**	1.02±0.017dD**	1.18±0.029cC**	1.66±0.029bB**	2.13±0.017aA**
黄花蒿 <i>A. annua</i> L.	0.65±0.015dC**	0.97±0.026cB**	1.13±0.012bB**	1.78±0.026aA**	1.90±0.092aA**
杂三叶 <i>A. clover</i>	-0.37±0.012eE	-0.15±0.014dD	-0.05±0.006cC	0.22±0.017bB	0.38±0.014aA
紫花苜蓿 <i>M. sativa</i> L.	-0.62±0.012eE*	-0.49±0.009dD*	-0.35±0.021cC*	-0.13±0.012bB*	0.18±0.09aA*

\*\*\*表示RY<sub>M</sub>、RY<sub>F</sub>、RY<sub>L</sub>、RY<sub>Aa</sub>、RY<sub>Ac</sub>、RY<sub>MS</sub>与1比较、CB与0比较分别在 $P < 0.001$ 水平的差异显著性；\*\*表示CB与0比较在 $P < 0.05$ 水平的差异显著性；同一行数值后小写字母相同表示在5%水平上差异不显著，大些字母相同表在0.01水平上差异不显著，反之则显著

面积种植,而黄花蒿由于其具有独特的药理功能和经济价值近年来被广泛种植<sup>[34]</sup>。这些物种不仅具有一定经济或药用价值,易于被社会接受和推广;还有较强的种间竞争能力,用作替代竞争物种可避免因引种带来的二次生物入侵风险。

竞争物种类型和种群密度常是影响物种竞争能力的重要因素<sup>[35-36]</sup>。本研究结果表明,5种替代植物高羊茅、黑麦草、黄花蒿、杂三叶和紫花苜蓿对薇甘菊幼苗的竞争能力存在较大差异。其中黑麦草和黄花蒿对薇甘菊幼苗的竞争作用最强,明显优于其它3种供试植物,而杂三叶和紫花苜蓿的竞争能力最弱。研究也表明随着竞争物种种植密度的增加,目标种薇甘菊的生物量、株高和分枝数受到的抑制作用明显增强,结果也证实了竞争物种的种植密度对其竞争能力存在重要影响。

竞争物种大小及其种植方式对植物种间竞争结果常有重要影响<sup>[36]</sup>。薇甘菊成株生长速度快,竞争力强,且具有较强的化感作用<sup>[17,27]</sup>,难以通过物种竞争方式对其进行控制。但薇甘菊苗期生长缓慢,竞争力较弱,因此幼苗期将是替代控制薇甘菊的最佳时期。为客观评价各替代竞争物种对薇甘菊幼苗生长的影响,本文在幼苗期选取大小一致的各竞争物种和薇甘菊进行同期共植栽培,排除了因物种大小带来的种间竞争差异。通过计算不同密度下各竞争物种和薇甘菊的相对产量和竞争平衡指数,发现薇甘菊的生物量和相对产量随着竞争物种密度的增加而显著降低;而5种供试替代竞争物种中,除高羊茅外其余4种植物的相对产量(RY)随密度的增大变化并不显著;黑麦草、黄花蒿和高羊茅对薇甘菊的竞争平衡指数也显著大于0。研究结果为判断评价5种植物和薇甘菊的种内、种间竞争关系及其对薇甘菊的竞争能力具有重要意义。

植株生物量和形态特征常作为评价植物竞争能力的有效指标<sup>[37]</sup>。薇甘菊具有强的无性(克隆)繁殖能力,茎秆为其主要的营养繁殖器官。在不同密度下观测各供试替代竞争物种对薇甘菊的主茎和分枝数的影响,不仅可评价替代物种对薇甘菊的竞争能力,而且对了解其对薇甘菊的表型可塑性和种群动态也有一定科学价值。本研究结果表明竞争物种黑麦草和黄花蒿对目标种薇甘菊幼苗的生物量、株高和分枝数具有显著的抑制作用,且强于同等条件下其它3种植物,表明其对薇甘菊具有较强的竞争能力。研究还发现,在测量指标生物量、株高、分枝数中,薇甘菊株高受影响程度明显弱于生物量和分枝数,这与前人研究结果相似<sup>[38]</sup>。但生态系统中植物之间的竞争作用十分复杂,温室条件下很难能模拟出自然界的真实状况,要确认供试5种

植物对薇甘菊的替代作用还需要野外进一步实验验证。

## 参考文献:

- [1] 万方浩. "973"项目“农林危险生物入侵机理与控制基础研究”简介[J]. 昆虫知识, 2007, 44(6):790-797.  
WAN Fanghao. An introduction to "973" program "invasion biology and control strategy of alien species in agriculture and forest"[J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2007, 44(6): 790-797.
- [2] 万方浩,郑小波,郭建英.重要农林外来入侵物种的生物学与控制[M]. 北京: 科学出版社, 2005,820.  
WAN Fanghao, ZHEN Xiaobo, GUO Jianyin. *Biology and Management of Invasive Alien Species in Agriculture and Forestry*[M]. Beijing: Science Press, 2005, 820.
- [3] CHRISTIAN C E. Consequences of a biological invasion reveal the importance of mutualism for plant communities[J]. *J Ecol*, 2001, 88:528-534.
- [4] HAWKES C V, Wren I F, Herman D J, Fireston M K. Plant invasion alters nitrogen cycling by modifying the soil nitrifying community[J]. *Ecology Letters*. 2005. 8: 976-985.
- [5] TRAVESSET A, Richardson D M. Biological invasions as disruptors of plant reproductive mutualisms[J]. *Trends in Ecology and Evolution*. 2006. 21: 208-216.
- [6] RICCIARDI A. Assessing species invasions as a cause of extinction[J]. *Trends in Ecology and Evolution*. 2004, 19: 619
- [7] 桂富荣, 马骏. 外来入侵杂草的防治[J]. 大自然, 2004, (2): 38-39.  
GUI Furong, MA Jun. The control of exotic invasive weeds[J]. *Big Nat.*, 2004, (2): 38-39.
- [8] 蒋智林. 入侵杂草紫茎泽兰与非入侵草本植物竞争的生理生态机制研究[D]. 北京: 中国农业科学院博士论文, 2007. 22-36.  
JIANG Zhilin. *Ecophysiological Mechanisms of Competition between Invasive Weed Ageratina Adenophora (Asteraceae) and Non-invasive Herbaceous Plants*[D]. Beijing: The Ph D thesis of Chinese Academy of Agriculture Science, 2007, 22- 36.
- [9] 卢昌义, 胡宏友, 张明强, 等. 人工清除结合生态替代根除外来入侵植物猫爪藤[J]. 植物保护, 2005, 31 (3):53-56.  
LU Changyi, HU Hongyou, ZHANG Mingqiang, et al. Studies on the control of alien invasive plant *Macfadyena unguis-cati* with ecological substitution[J]. *Plant Protection*, 2005,31 (3):53 -56.
- [10] AULD BA, Martin PM .The autecology of *Eupatorium adenophorum* Spreng. in Australia[J]. *Weed Res.*, 1975,15: 27-31.
- [11] 朱宏伟, 孟玲, 李保平. 黑麦草与入侵杂草紫茎泽兰苗期的相对竞争力[J]. 应用与环境生物学报,2007, 13 (1): 29-32.  
ZHU Hongwei, MENG Ling, LI Baoping. The relative competition between the *Lolium perenne* and the exotic invasive *Eupatorium adenophorum* seedling[J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2007, 13(1): 29-32.
- [12] 蒋智林, 刘万学, 万方浩, 等. 非洲狗尾草与紫茎泽兰的竞争效应[J]. 中国农业科学,2008,41(5): 1347-1354.  
JIANG Zhilin, LIU Wanxue, WAN Fanghao, et al. Competitive Effects Between *Ageratina adenophora* (Asteraceae) and *Setaria sphacelata* (Gramineae) [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008,41(5): 1347-1354.
- [13] 于亮, 李世吉, 桂富荣, 等. 黑麦草和紫花苜蓿对紫茎泽兰的竞争

- 作用研究[J]. 云南农业大学学报, 2009, 24(2): 164-168.
- YU Liang, LI Shijie, GUI Furong, et al. Study on competitive effects of *Lolium perenne* and *Medicago sativa* on *Agera tina adenophora*[J]. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 2009, 24(2): 164-168.
- [14] CRONK Q C B, Fuller J L. Plant Invaders: the threat to natural ecosystems[M]. London, UK: Chapman and Hall, 1995, 241.
- [15] 邵志芳, 赵厚本, 邱少松, 等. 深圳市主要外来入侵植物调查及治理状况[J]. 生态环境, 2006, 15(3): 587-593.
- SHAO Zhifang, ZHAO Houben, QIU Shaosong, et al. Study on the most harmful exotic plants in Shenzhen city[J]. *Ecology and Environment*, 2006, 15(3): 587-593.
- [16] 冯惠玲, 曹洪麟, 梁晓东, 等. 薇甘菊在广东的分布与危害[J]. 热带亚热带植物学报, 2002, 10(3): 263-270.
- FENG Huilin, CAO Hongling, LIANG Xiaodong, et al. The distribution and harmful effect of *Mikania micrantha* in Guangdong [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*. 2002, 10(3): 263-270.
- [17] 赵厚本, 邵志芳, 杨义标, 等. 华南地区几种常见植物对薇甘菊的化感作用研究[J]. 生态环境, 2007, 16(1): 130-134.
- ZHAO Houben, SHAO Zhifang, YANG Yibiao, et al. Allelopathy of several common plants in South China on *Mikania micrantha* [J]. *Ecology and Environment*, 2007, 16(1): 130-134.
- [18] LOWE S, BROWNE M, BOUDJELAS S. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. *IUCN-ISSG*, 2001.
- [19] HOLM L G, PLUCKNETT D L, PANCHO J V. The worlds worst weeds: distribution and biology[M]. Honolulu: University Press of Hawaii, 1977, 320-327.
- [20] 李小川, 殷作云, 何立平, 等. 人为干预群落对薇甘菊的影响[J]. 福建林学院学报, 2003, 23(3): 214-218.
- LI Xiaochuan, YIN Zuoyun, HE Liping, et al. The Effect of intervening artificially *Mikania micrantha* Population[J]. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2003, 23(3): 214-218.
- [21] IPOR I B, PRICE C E. Effect of shade on up take, trase location, distribution and activity of imazapyr on *Mikania micrantha* H.B.K[J]. *Plant Protect Trop*, 1992, 9 (2): 161-168.
- [22] 笱启杰, 王伯荪, 廖文波, 等. 几种除草剂对薇甘菊的杀灭试验[J]. 生态科学, 2001, 20(1/2): 32-36.
- ZAN Qijie, WANG Bosun, LIAO Wenbo, et al. Effectiveness of four herbicides on the harmful weed *Mikania micrantha*[J]. *Ecologic Science*, 2001, 20(1/2): 32-36.
- [23] 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 (3): 343-352.
- [24] 邵华, 彭少麟, 刘运笑, 等. 薇甘菊的生物防治及其天敌在中国的发现[J]. 生态科学, 2002, 21(1): 33-36.
- SHAO Hua, PENG Shaolin, LIU Yunxiao, et al. The biological control and the natural enemy of *Mikania micrantha* H.B.K in China[J]. *Ecologic Science*, 2002, 21(1): 33-36.
- [25] 王伯荪, 李鸣光, 余萍, 等. 菟丝子属植物的生物学特性及其对薇甘菊的防除[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2002, 41(6): 49-53.
- WANG Bosun, LI Mingguang, YU Ping, et al. The Parasitic characteristics of *Cuscuta spp.* and their utilization[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2002, 41(6): 49-53.
- [26] 张炜银, 李鸣光, 臧润国, 等. 外来杂草薇甘菊种群土壤种子库动态[J]. 武汉植物学研究, 2005, 23(1), 49-52.
- ZHANG Weiyin, LI Mingguang, ZANG Runguo, et al. Dynamics of seeds bank of *Mikania micrantha* populations[J]. *Wuhan Botanical Research*, 2005, 23(1), 49-52.
- [27] 徐高峰, 张付斗, 李天林, 等. 5种植物对薇甘菊化感作用研究[J]. 西南农学报, 2009, 22(5): 1439-1444.
- XU Gaofeng, ZHANG Fudou, LI Tianlin, et al. Allelopathy of 5 associated species on *Mikania micrantha* H.B.K[J]. *Southwest China journal of agricultural sciences*, 2009, 22(5): 1439-1444.
- [28] 笱启杰, 王伯荪, 王勇军, 等. 田野菟丝子控制薇甘菊的生态评价[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2002, 41(6): 60-63.
- ZAN Qijie, WANG Bosun, WANG Yongjun, et al. The ecological evaluation on the controlling *Mikania micrantha* by *Cuscutacampetris*[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2002, 41(6): 60-63.
- [29] 李博. 植物竞争-作物与杂草相互作用的实验研究[M]. 北京: 中国高等教育出版社, 2001, 40-71.
- LI Bo. Plant Competition- Experiments on Interactions between Crops and Weeds[M]. Beijing: China Higher Education Press, 2001 40-71.
- [30] De Wit C T. On Competition. *Verslagen Landbouwkundige Onderzoekigen*, 1960, 66: 1-82.
- [31] Wilson J B. Shoot competition and root competition. *Journal of Applied Ecology*, 1988, 25: 279-296.
- [32] 董仲生, 杨国荣, 俞浩. 东非狼尾草替代紫茎泽兰的建议[J]. 中国草地学报, 2006, 28(4): 118-120.
- DONG Zhongsheng, YANG Guorong, YU Hao. Preliminary report on substituting *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex. Chiov for *Eupatorium adenophorum* Spreng[J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2006, 28(4): 118-120.
- [33] 刘伦辉, 刘文耀, 郑征, 等. 紫茎泽兰个体生物及生态学特性研究[J]. 生态学报, 1998, 9(1): 66-70.
- LIU Lunhui, LIU Wenyao, ZHENG Zheng, et al. The characteristic research of autecology ecology of Pamakani (*Eupatorium adenophorum*) [J]. *Acta Ecological Sinica*, 1998, 9(1): 66-70.
- [34] 杨丽英, 李绍平, 董志渊, 等. 黄花蒿良种选育和繁育技术初步研究[J]. 西南农学报, 2009, 22(4): 1069-1072.
- YANG Liyin, LI Shaoping, DONG Zhiyuan, et al. Study on Breeding and Propagation Methods of *Artemisia annua* L. in Yunnan[J]. *Southwest China journal of agricultural sciences*, 2009, 22(4): 1069-1072.
- [35] KEDDY P, NIELSEN K, WEIHER E, et al. Relative competitive performance of 63 species of terrestrial herbaceous plants[J]. *Journal of Vegetation Science*, 2002, 13: 5-16.
- [36] WATKINSON A R. Density dependence in single-species populations of plants[J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1980, 83: 354-357.
- [37] GAUDENT C L, KEDDY P A A. Comparative approach to predicting competitive ability from plant traits[J]. *Nature*, 1988, 34: 242-243.
- [38] 喻大昭, 魏守辉, 朱文达, 等. 空心莲子草对水稻生长的影响及其经济阈值[J]. 植物保护学报, 2008, 35(1): 69-73.
- YU Dazhao, WEI Shouhui, ZHU Wenda, et al. Influence of *Alternanthera philoxeroides* on the growth of paddy rice and its economic threshold[J]. *Acta Phytopylacica Sinica*, 2008, 35(1): 69-73.

## Effects of 5 Species and planting density on *Mikania micrantha* H. B. K. growth and competitive traits

XU Gaofeng, ZHANG Fudou\*, LI Tianlin, SHEN Shicai, ZHANG Yuhua

Agricultural Environment & Resource Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China

**Abstract:** In a greenhouse, an additive design was used to determine competitive ability and competition relationship with the monoculture of *Mikania micrantha* H. B. K., *Festuca elata* Keng ex E. Alexeev, *Lolium perenne*, *Artemisia annua* L., *Alsike clover*., and *Medicago sativa* L. and mixed cultures of *M. micrantha* and other 5 species under different planting densities. The results as follow: (1) The biomass, plant height and branch number of *M. micrantha* seedling were significantly inhibited ( $P < 0.001$ ) by 5 test species and different planting densities. The interaction between species and planting density has a significant effect of the plant height on *M. micrantha*, but no significant effects of biomass and branch number. (2) Among the 5 species studied, the inhibitory effects of the biomass, plant height and branch number on *M. micrantha* were *Lolium perenne* > *Artemisia annua* L. > *Festuca elata* Keng ex E. Alexeev > *Alsike clover*. > *Medicago sativa* L.. (3) The *RY* values of *M. micrantha*, when mixed cultures with 5 test species, were significantly less than 1, which showed inter-specific competitions of 5 test species to *M. micrantha* seedling were stronger than intra-specific competitions. The *CB* values of *Lolium perenne*, *Artemisia annua* L. and *Festuca elata* Keng ex E. Alexeev. vs. *M. micrantha* were significantly greater than zero of all test densities, which showed the competitive ability of *Lolium perenne*, *Artemisia annua* L and *Festuca elata* Keng ex E. Alexeev was stronger than *M. micrantha* seedling. However, the *CB* values of *Alsike clover*. and *Medicago sativa* L. vs. *M. micrantha* were greater than zero only the planting density over 200 and 300 plant / m<sup>2</sup>, respectively; which showed at low density, competitive ability of *Alsike clover*. and *Medicago sativa* L. was weaker than *M. micrantha* seedling. Obviously, *Lolium perenne*, *Artemisia annua* L and *Festuca elata* Keng ex E. Alexeev have strong competitive ability, which were hopeful to develop the replacement species to inhibit the growth of *M. micrantha*.

**Key words:** *Mikania micrantha* HBK; *Festuca elata* Keng ex E. Alexeev; *Lolium perenne*; *Artemisia annua* L.; *Alsike clover*.; *Medicago sativa* L. Replacement control