

# 黄花蒿对紫茎泽兰竞争效应的影响

孙娜娜 谭永钦 马洪菊 周兴苗 王永模

昆虫资源利用与害虫可持续治理湖北省重点实验室/华中农业大学植物科学技术学院, 武汉 430070

**摘要** 采用复合 De Wit 取代试验设计方法, 分析入侵杂草紫茎泽兰 (*Eupatorium adenophorum*) 与本土植物黄花蒿 (*Artemisia annua*) 的竞争关系, 观察不同种植密度和种植比例对紫茎泽兰生长特性的影响。结果表明: 在紫茎泽兰和黄花蒿混种样地中, 紫茎泽兰相对产量 (RYg) 和相对密度 (RDg) 均小于 1; 随着黄花蒿混种比例的增加, 紫茎泽兰的 RYg 和 RDg 均逐渐减小, 同时紫茎泽兰的茎宽、分枝数、生物量逐渐降低; 紫茎泽兰与黄花蒿之间的竞争大于紫茎泽兰的种内竞争, 黄花蒿的存在抑制了紫茎泽兰种群数量的扩增; 在黄花蒿混种比例较高的情况下, 随着种群密度的增加, 紫茎泽兰的根冠比逐渐降低, 同时紫茎泽兰的株高逐渐增加; 紫茎泽兰能采取地上优先生长策略应对黄花蒿的强大竞争压力; 在紫茎泽兰入侵早期利用黄花蒿进行替代控制, 可获得较好的防治效果。

**关键词** 紫茎泽兰; 黄花蒿; 种植密度; 竞争

**中图分类号** S 451.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2015)01-0038-07

紫茎泽兰 (*Eupatorium adenophorum*) 为菊科泽兰属植物, 是一种草本或半灌木杂草, 原产于中美洲的墨西哥和哥斯达黎加, 20 世纪 40 年代由缅甸、越南传入中国云南南部, 现在已成为中国危害最严重的外来入侵物种之一<sup>[1]</sup>。紫茎泽兰能进行有性繁殖, 也能进行无性繁殖, 且环境适应性极强。在新入侵地, 紫茎泽兰同本地植物争夺资源, 并通过较强的化感作用抑制本地植物的种子发芽和幼苗生长, 形成紫茎泽兰单种优势群落, 给农、林、牧业生产和生态带来极大危害<sup>[2]</sup>。

目前, 对紫茎泽兰的防控有多种措施, 如化学防治、人工与机械防除、生物防治等, 但均有诸多不足。化学防治具效率高、见效快等优点, 但存在地域性和时空性, 且人力和财力消耗较大<sup>[3]</sup>; 人工与机械防除, 因紫茎泽兰根和茎有强大的无性繁殖能力, 若防除不彻底, 其根、茎随处都可长出新的植株<sup>[4]</sup>, 故效果不佳; 生物防治主要采用从紫茎泽兰的原产地引进专食性天敌泽兰实蝇 (*Procecidochares utilis*), 或利用某些微生物的致病作用, 将紫茎泽兰种群密度控制在生态和经济危害之下, 但野外调查发现, 泽兰实蝇对紫茎泽兰寄生很难造成植株的直接

死亡, 而微生物防治受环境因素的影响较大, 防控周期也较长, 故难以达到理想效果<sup>[5-6]</sup>。

在紫茎泽兰的防治中, 替代控制方法效果持久, 且生态效益和经济效益具佳, 故应用较广泛<sup>[7-8]</sup>。替代控制所选用的植物多是经济价值较高、生长迅速、环境适应性强的植物<sup>[9]</sup>。研究表明, 白喜草 (*Paspalum rotatltm*)<sup>[10]</sup>、皇竹草 (*Pennisetum sinense*)<sup>[11]</sup>、非洲狗尾草 (*Setaria aphaelata*)<sup>[12]</sup>、拉巴豆 (*Dolichos lablab*) 和宽叶雀稗 (*Paspalum wetsfeteini*)<sup>[5]</sup> 等在替代控制紫茎泽兰中均有一定效果。

黄花蒿 (*Artemisia annua*) 为紫茎泽兰的伴生物种<sup>[13]</sup>, 也是重要的中药材, 从中提取的黄花蒿素 (青蒿素) 是抗疟疾特效药。黄花蒿和紫茎泽兰一样具有较强的化感抑制作用<sup>[14]</sup>。本试验采用复合 De Wit 取代试验设计方法, 观察种群密度和种植比例对黄花蒿和紫茎泽兰竞争效应的影响, 旨在为紫茎泽兰的替代控制提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

紫茎泽兰采集地点为四川省西昌市袁家山。

收稿日期: 2014-03-11

基金项目: 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (201103027)

孙娜娜, 硕士研究生。研究方向: 入侵植物与昆虫的互作。E-mail: sunnana19888@163.com

通信作者: 王永模, 博士, 副教授。研究方向: 昆虫生态学。E-mail: ymwang@mail.hzau.edu.cn

此地属亚热带高原季风气候区,年平均气温 13℃,年平均降雨量 1013.1 mm,降雨量多集中在 5 月中旬至 10 月中旬,占全年总降雨量的 93% 左右。2012 年 12 月上旬,在袁家山同一地带(N 27°52'670'',E 102°13'733'')设 3 个点,每个点相距 200 m,从距地面 20 cm 处开始剪新生枝条,茎宽约 6~8 mm,每个点采集 200 根枝条,共 400 根枝条。采集带回后在温室大棚用塑料钵(直径 16 cm,高 14 cm)进行扦插栽培。首先在塑料钵中加入 4/5 体积的混合土,混合土按黄土:护花土=3:1(体积比)的比例混合,然后将每根枝条剪成 3 段同等长度的枝条(包含 2 个节),每根长约 25 cm,扦插到已盛好混合土的塑料钵中,定期浇水、除草。2013 年清明前后选择茎宽 5 mm 左右新萌发的枝条在试验小区进行再次扦插,定期浇水、除草。

黄花蒿采集地点在湖北省武汉市华中农业大学校园内。2012 年 10 月收集黄花蒿的种子,晒干储存备用。2013 年 3 月上旬,在塑料大棚中将种子撒到含 4/5 体积混合土的塑料钵中,混合土按黄土:护花土=3:1(体积比)的比例混合,定期浇水、锄草。清明前后将长势一致的黄花蒿幼苗与紫茎泽兰扦插幼苗按不同密度、不同比例种植在华中农业大学试验田,每隔 2 d 浇 1 次水,定期除草。

## 1.2 小区设置

采用复合 De Wit 取代试验设计方法,设 3 个种植密度:低密度 12 株/m<sup>2</sup>、中密度 28 株/m<sup>2</sup>、高密度 64 株/m<sup>2</sup>,每个种植密度下设 4 个种植方式:紫茎泽兰与黄花蒿比例分别为 1:0、3:1、1:1 和 1:3。所有处理均设 6 个重复,每个重复小区均为 0.5 m×2.0 m,每个小区间隔 1 m,并采用完全随机区组排列。

## 1.3 测定方法

在紫茎泽兰与黄花蒿共同生长到约 5 个月时,分别测定紫茎泽兰的株高、茎宽、分枝数、叶面积和比叶面积,然后将植株连根拔起,用流水将根系的泥土冲洗干净,带回实验室用剪刀减下地下部分(根)和地上部分,并装入已标记好的孔径 0.15 mm 纱网中,置于 80℃ 的烘箱中烘干,用电子天平(BS-300<sup>+</sup>,上海友声)称其干质量。低密度下的所有紫茎泽兰植株均进行测定,中密度和高密度下每个小区只测定一半紫茎泽兰植株(隔株测量)。

## 1.4 数据处理

紫茎泽兰相对产量(relative yield,RY)计算公

式<sup>[15]</sup>: $RYg=Ygl/(pYg)$ ;紫茎泽兰相对密度(relative density,RD)计算公式: $RDg=Dgl/(pDg)$ 。式中,Ygl 和 Dgl 是在混种条件下紫茎泽兰的单位面积产量和分枝数,Yg 和 Dg 是在单种条件下紫茎泽兰的单位面积产量和分枝数,p 是紫茎泽兰在混种地中的比例。

RYg=1 表明紫茎泽兰的种内竞争和与黄花蒿的种间竞争相似;RYg>1 表明紫茎泽兰的种内竞争大于其种间竞争;RYg<1 表明种间竞争要大于种内竞争<sup>[16]</sup>。RDg=1 表明种内竞争和与黄花蒿的种间竞争对紫茎泽兰种群数量影响相似;RDg>1 表明紫茎泽兰在与黄花蒿混种时扩大了自己的种群;RDg<1 表明黄花蒿的存在限制了紫茎泽兰种群数量的扩展。

紫茎泽兰与黄花蒿在不同密度、不同混种比例间的株高、茎宽、分枝数、叶面积、比叶面积、生物量(地上、地下和全株)和根冠比的差异均采用双因素的方差分析(SPSS,two-way ANOVA LSD Test);采用 t 检验法分别比较 RY 和 RD 与 1 之间的差异显著性(显著水平 0.05)。所有数据分析均用 SPSS 软件(v18.0)完成。

## 2 结果与分析

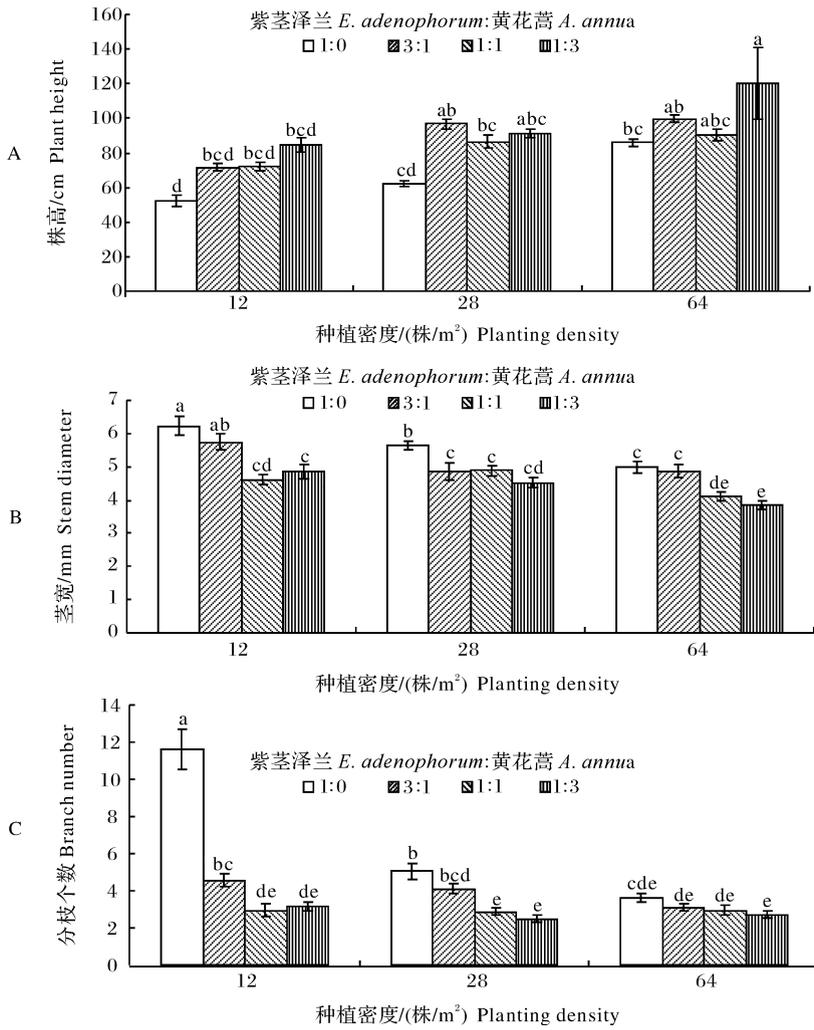
### 2.1 竞争效应对紫茎泽兰植株生长的影响

随着种植密度的增加,无论混种比例如何,紫茎泽兰株高一般呈现增加趋势,而茎宽和分枝数一般呈现降低趋势(图 1),在种植密度为 64 株/m<sup>2</sup>,紫茎泽兰混种比例在 1:4 时株高最高,为 120.15 cm,茎宽和分枝数最低,分别为 3.86 mm 和 2 个分枝(图 1-A);在同一种种植密度下,随紫茎泽兰所占比例的降低,紫茎泽兰的茎宽和分枝数一般逐渐减小(图 1-B,C);在高密度条件下,紫茎泽兰的分枝数不受种植比例的影响(图 1-C)。

由表 1 可知,不同的种植密度和种植比例对紫茎泽兰株高、茎宽、分枝数均有影响,种间竞争明显大于种内竞争,且种植密度越大,种间竞争越强,抑制作用越大。

### 2.2 竞争效应对紫茎泽兰叶及其干物质的影响

随着种植密度的增加,无论混种比例如何,紫茎泽兰的叶面积和叶干物质含量一般出现先增加后降低的趋势,在中密度时最高(图 2-A,B),但紫茎泽兰的比叶面积没有显著变化(图 2-C);在中密度或高密度条件下,随紫茎泽兰所占比例的降低,紫茎泽兰



图中数据为平均值±标准误差,不同字母表示在5%水平上差异显著(下图同)。Data in the figure were the average±SE, the data with the different letters are significantly difference at 5% level (the same as following figures).

图1 种植密度和混种比例对紫茎泽兰株高、茎宽和分枝数的影响

Fig. 1 Effects of different planting densities and mixture proportions on plant height, stem diameter and branch number of *E. adenophorum*

表1 种植密度和混种比例对紫茎泽兰生长特性影响的双因素方差分析

Table 1 Two-way analysis of variance for effects of different planting densities and mixture proportions on growing character of *E. adenophorum*

性状 Trait	种植密度 Planting densities			混种比例 Mixture proportions			种植密度×种植比例 Planting densities×Mixture		
	df	F	P	df	F	P	df	F	P
	株高 Plant height	2	6.390	0.002	3	3.968	0.009	6	0.301
茎宽 Stem diameter	2	22.267	0.000	3	24.377	0.000	6	1.326	0.247
分枝数 Branch number	2	39.381	0.000	3	58.228	0.000	6	22.964	0.000
叶面积 Leaf area	2	12.668	0.000	3	5.179	0.002	6	3.982	0.001
叶干物质含量 Leaf dry matter content	2	12.343	0.000	3	9.247	0.000	6	3.517	0.002
比叶面积 Specific leaf area	2	0.099	0.906	3	3.868	0.010	6	0.860	0.525
地上生物量 Aboveground biomass	2	21.532	0.000	3	59.783	0.000	6	1.642	0.137
地下生物量 Belowground biomass	2	29.334	0.000	3	50.948	0.000	6	2.030	0.063
根冠比 Root/Shoot ratio	2	8.426	0.000	3	0.340	0.796	6	6.383	0.000
总生物量 Total biomass	2	25.200	0.000	3	65.098	0.000	6	1.672	0.129

的叶面积、叶干物质含量一般表现为先增加后降低；在低密度条件下，紫茎泽兰所占比例在 1 : 4 时其叶面积和叶干物质含量均最高，分别为 8.97 cm<sup>2</sup>、38.1 mg(图 2-A,B)。在高、低密度下，紫茎泽兰的比叶面积未受种植比例的影响；在中密度下，紫茎泽兰单种时的比叶面积最高为 28.18 kg/cm<sup>2</sup>(图 2-C)。

由表 1 可知，种植密度和种植比例分别对紫茎泽兰的叶面积和叶干物质含量均有显著影响，但紫茎泽兰比叶面积只受种植比例的影响。这说明黄花蒿抑制了紫茎泽兰获取了更多的光照资源，且随着种植密度和黄花蒿种植比例的增加，其抑制作用更加显著。

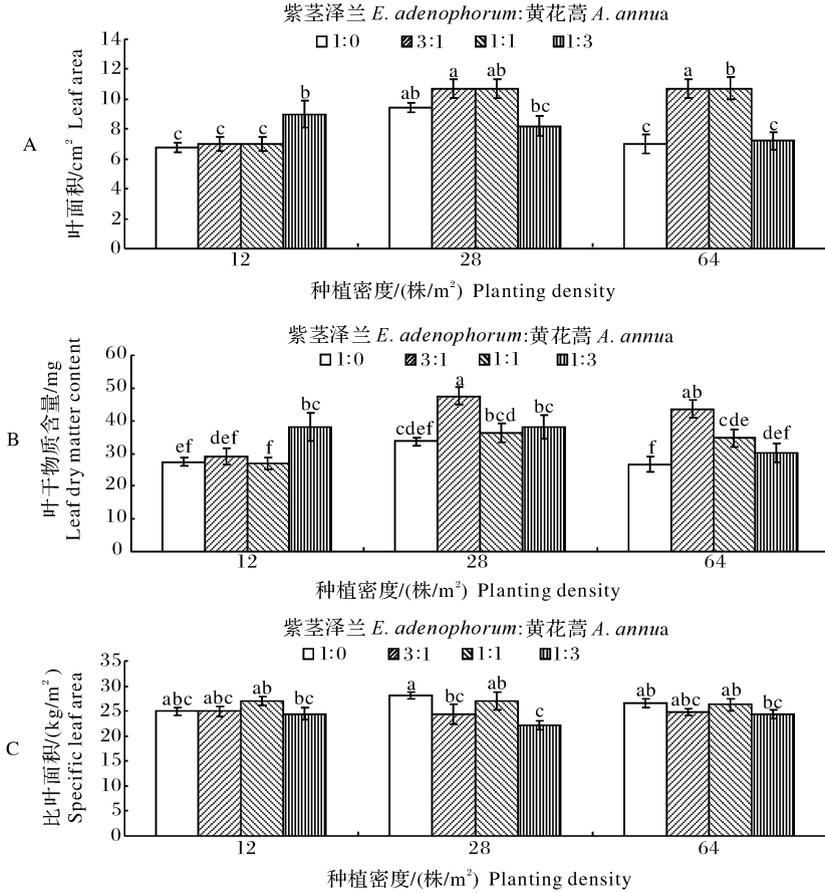


图 2 种植密度和混种比例对紫茎泽兰叶面积、干物质含量和比叶面积的影响

Fig. 2 Effects of different planting densities and mixture proportions on leaf area, leaf dry matter content and specific leaf area of *E. adenophorum*

### 2.3 竞争效应对紫茎泽兰生物量和根冠比的影响

随着种植密度的增加，无论混种比例如何，紫茎泽兰地上和地下生物量均呈下降趋势，在紫茎泽兰所占比例为 1 : 2 和 1 : 4 时，其地上生物量和地下生物量随种植密度的增加没有显著差异。在同一种种植密度下，紫茎泽兰单种时的地上和地下生物量均显著大于混合种植时的相应值。在中密度下，随着紫茎泽兰所占比例的减少，地上和地下生物量均显著下降；在低密度下，紫茎泽兰所占比例为 3 : 4 的地上和地下生物量均显著大于比例为 1 : 2 和 1 : 4 时的生物量；在中密度下，紫茎泽兰所占比例在 1 : 4 时的生物量；在中密度下，紫茎泽兰地上和地下生物量分别在混合种植比例间均无显著差异(图 3)。

随着种植密度的增加，无论混种比例如何，紫茎泽兰的生物总量一般呈降低趋势，而根冠比无变化规律，在紫茎泽兰所占比例为 1 : 2 时的生物总量无显著差异(图 4)。在低密度条件下，紫茎泽兰所占比例为 1 : 2 时的根冠比最高；在中密度条件下，紫茎泽兰的根冠比随着紫茎泽兰种植比例的减少逐渐降低；在中密度下，紫茎泽兰所占比例在 1 : 4 时的根冠比最高，为 0.198(图 4)。在同一种种植密度下，紫茎泽兰单种时的总生物量显著大于混合种植比例下的总生物量，在低、中密度下，紫茎泽兰的生物量随着所占比例的减少逐渐降低；在中密度下，混种比例对紫茎泽兰的生物量无显著影响。紫茎泽兰的

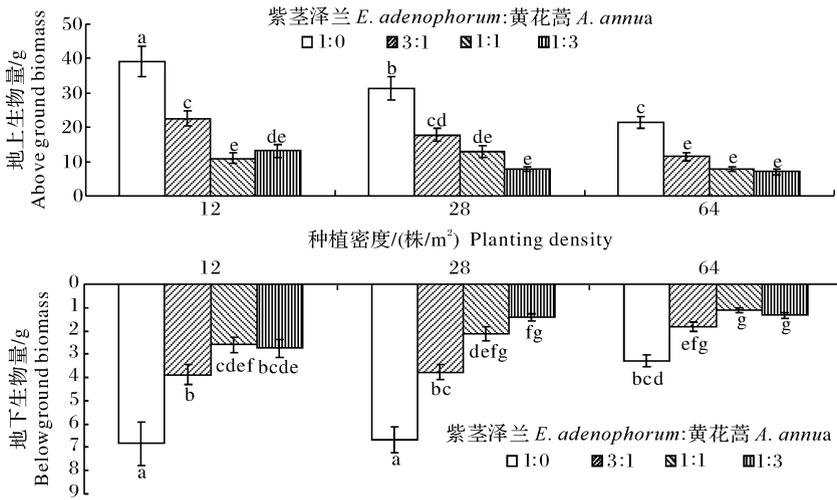


图 3 种植密度和混种比例对紫茎泽兰地上和地下生物量的影响

Fig. 3 Effects of different planting densities and mixture proportions on aboveground biomass and belowground biomass of *E. adenophorum*

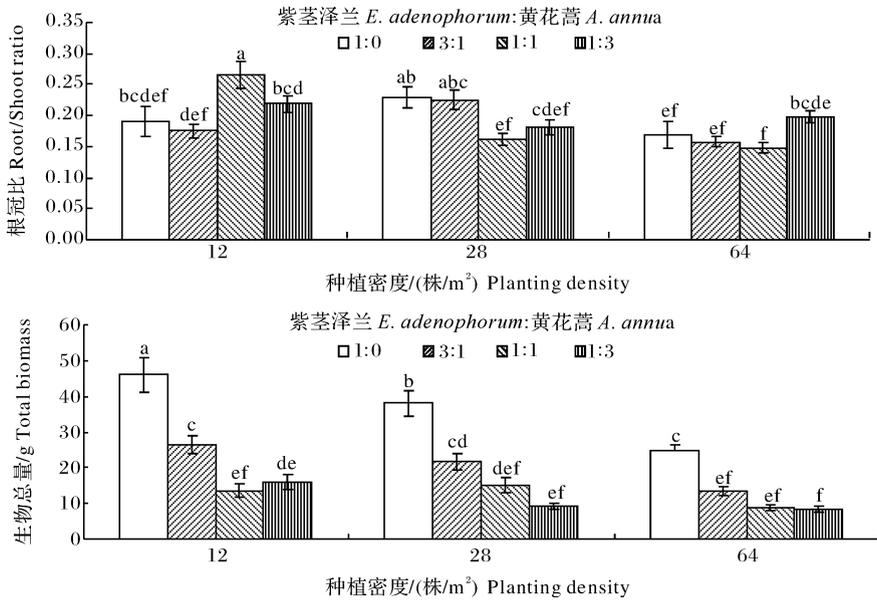


图 4 种植密度和混种比例对紫茎泽兰根冠比和总生物量的影响

Fig. 4 Effects of different planting densities and mixture proportions on root/shoot ratio and total biomass of *E. adenophorum*

总生物量随着种植密度的增加逐渐减少,在紫茎泽兰单种时,这种变化趋势非常显著,但随着紫茎泽兰所占比例的减少。这种变化趋势逐渐降低,在紫茎泽兰所占比例为 1:2 时,种植密度对紫茎泽兰的总生物量无显著影响(图 4)。

种植密度和种植比例分别对紫茎泽兰地上生物量、地下生物量和总生物量均有极显著影响(表 1)。植物密度竞争的最重要结果是生物量的变化,在本试验中,种间竞争大于种内竞争,随着种植密度的增加,抑制作用加强,总生物量降低,根冠比降低。

#### 2.4 竞争效应对紫茎泽兰 RYg 和 RDg 的影响

由表 2 可知,在紫茎泽兰与黄花蒿的混种地中,相对产量(RYg)和相对密度(RDg)都小于 1。当紫茎泽兰与黄花蒿的混种比值为 3:1 时,在不同的种植密度下,RYg 均显著小于 1,RDg 只在低密度下显著小于 1;当紫茎泽兰与黄花蒿的混种比值为 1:1 时,除 RDg 在高密度下与 1 无显著差异外,其余种植密度下 RYg 和 RDg 均小于 0.5;当紫茎泽兰与黄花蒿的混种比值为 1:3 时,在不同种植密度下,RYg 和 RDg 均显著小于 1。在 3 种植密度

下,RYg 和 RDg 均随着紫茎泽兰种植比例的减少而逐渐减少。

另外,紫茎泽兰与黄花蒿的混种比值为 1:0,即单种紫茎泽兰时( $p=1, Y_{g1}=Y_g, RY_g=1$ ),在 3 种植密度(种植比例为 1:0)下 RYg 均等于 1, RDg 也均等于 1,这种情况下紫茎泽兰的种内竞争和与黄花蒿的种间竞争相似。

表 2 种植密度和混种比例对紫茎泽兰相对产量(RYg)和相对密度(RDg)的影响<sup>1)</sup>

Table 2 Effects of different planting densities and mixture proportions on RYg and RDg of *E. adenophorum*

种植密度/ (株/m <sup>2</sup> ) Planting densities	3:1		1:1		1:3	
	RYg	RDg	RYg	RDg	RYg	RDg
12	0.576*	0.393*	0.296*	0.253*	0.347*	0.269*
28	0.569*	0.812	0.398*	0.569*	0.244*	0.489*
64	0.574*	0.855	0.385*	0.812	0.359*	0.750*

1) \*表示各值与 1 在  $P<0.05$  水平上差异显著。

\* indicates significantly different from 1 at  $P<0.05$ .

### 3 讨论

本试验通过 De Wit 取代试验分析了黄花蒿对紫茎泽兰的竞争影响,结果表明黄花蒿的存在能限制紫茎泽兰种群数量的扩增。黄花蒿对紫茎泽兰的抑制作用大于紫茎泽兰种内的抑制作用,即种间竞争大于种内竞争,且种植密度越高时抑制作用越强,因此,用黄花蒿替代控制紫茎泽兰是可行性的。

青蒿素及其衍生物除有抗疟原虫的作用外,还对寄生虫抑制效果较好,并有显著的抗癌功能<sup>[17-22]</sup>。黄花蒿在世界广泛分布,但其青蒿素的含量随产地不同差异极大。目前,青蒿素及其衍生物的生产仍需依赖于天然资源,除中国少数地区外,世界绝大多数地区生长的黄花蒿中青蒿素含量都很低。用黄花蒿进行替代控制不仅能控制紫茎泽兰的传播扩散,而且能带来可观的药用价值,并带动地方产业的发展。另外,适当提前替代植物的播种时间,能增强该替代植物的控制效果<sup>[23]</sup>。黄花蒿为一年生草本植物,其生长季一般是 3 月份,早于紫茎泽兰的生长季,这不仅有利于黄花蒿对紫茎泽兰苗期的抑制作用,而且能更好地抑制紫茎泽兰种群数量的扩增。

竞争研究涉及到竞争效果和竞争结果。竞争效果是指竞争对植物产量的影响,常以单株(或面积)产量表达;竞争结果则涉及物种组成变化,常以植物密度表示<sup>[24-25]</sup>。相对产量 RYg 是物种对已占有资源量的评价,相对密度 RDg 是物种对未来种群

资源潜在的占有能力。黄花蒿和紫茎泽兰混生种群中 RYg 和 RDg 均小于 1,说明黄花蒿的存在限制了紫茎泽兰种群数量的扩增,种间竞争大于种内竞争。紫茎泽兰的茎宽、分枝数、生物量均随种植密度的增加而减少,都表现出密度制约效应,且种植密度与混种比例对紫茎泽兰的生长表现和竞争力有显著的互作效应。在今后的研究中,还应该进行广泛的野外调查,在掌握紫茎泽兰土壤种子库种子密度的基础上,预测紫茎泽兰可能发生的种群数量,选择一个适当的黄花蒿播种密度,使替代控制紫茎泽兰达到比较理想的效果。

紫茎泽兰在面对强大的竞争压力时,能将更多资源分配到地上部分,即地上优先生长,这种资源分配模式在入侵植物乌桕中也被发现<sup>[26]</sup>。地上优先的生长策略既可提高入侵植物的竞争力,又可增强入侵植物对地上昆虫取食的耐受性,因此,用黄花蒿替代控制紫茎泽兰时,要防止在替代生长的后期黄花蒿的竞争能力减弱,曾经被抑制的紫茎泽兰又有可能重新生长与蔓延。在今后的研究中,应在更长的时间跨度上观察黄花蒿对紫茎泽兰的控制效果。

### 参 考 文 献

- [1] 刘伦辉,谢寿昌,张建华.紫茎泽兰在中国的分布、危害与防治途径的探讨[J].生态学报,1985,5(1):1-6.
- [2] 杨国庆.紫茎泽兰淋溶主效化感物质的分离鉴定及其对早稻幼苗的作用机理[D].北京:中国农业科学院图书馆,2006.
- [3] 桂富荣,蒋智林,王瑞,等.外来入侵杂草紫茎泽兰的分布与区域减灾策略[J].广东农业科学,2012(13):93-97.
- [4] 洪锦波.紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)的生殖生物学研究及其离体快繁体系的建立[D].金华:浙江师范大学图书馆,2008.
- [5] 卢向阳,张锦华,左相兵,等.几种替代植物对入侵杂草紫茎泽兰的防控效果[J].贵州农业科学,2012,40(6):103-106.
- [6] 李丽萍,杨明嘉,谢响明.紫茎泽兰的微生物防治研究进展[J].中国农学通报,2008,24(5):348-350.
- [7] 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.
- [8] 华劲松.几种优质牧草替代种植对紫茎泽兰的防控效果分析[J].湖北农业科学,2013,52(10):2368-2370,2376.
- [9] 崔昌华,李扬,朱朝华.紫茎泽兰入侵机制及防治方法的研究进展[J].安徽农业科学,2009,37(20):9532-9534.
- [10] 龙忠富,刘华荣,孟军江,等.百喜草对紫茎泽兰的生物替代控制作用[J].贵州农业科学,2011,39(8):212-215.
- [11] 朝辉,张无敌,刘祖新.恶性有毒杂草紫茎泽兰的防治与利用[J].农业与技术,2003,23(1):23-28.
- [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.

- [13] 刘淑超,廖周瑜,何黎,等. 伴生植物青蒿及龙须草对紫茎泽兰化感效应的研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(12): 6167-6168.
- [14] 谭永钦,李丽,胡兵,等. 紫茎泽兰和黄蒿根际土壤对油菜化感作用的比较研究[J]. 云南农业大学学报, 2011, 26(5): 589-592, 611.
- [15] FOWLER N. Competition and coexistence in a North Carolina grassland: III mixtures of component species [J]. *Journal of Ecology*, 1982, 70: 77-92.
- [16] WILLIAMS A C, MCCARTHY B C. A new index of interspecific competition for replacement and additive designs [J]. *Ecological Research*, 2001, 16: 29-40.
- [17] 世界卫生组织. 2009年世界疟疾报告[R]. Geneva: WHO/HTM/GMP, 2009.
- [18] 张丽勇. 青蒿挥发油的提取及抗菌活性研究[D]. 长春: 东北师范大学图书馆, 2011.
- [19] SADAVA D, PHILLIPS T, LIN C, et al. Transferrin overcomes drug resistance to artemisinin in human small-cell lung carcinoma cells [J]. *Cancer Letters*, 2002, 179(2): 151-156.
- [20] EFFERTH T, DUNSTAN H, SAUERBREY A, et al. The anti-malarial artesunate is also active against cancer [J]. *International Journal of Oncology*, 2001, 18(4): 767-773.
- [21] 单琳琳,尚晓鹏,宋世震,等. 蒿甲醚治疗重症疟疾的 Meta 分析[J]. 中国病原生物学杂志, 2013, 8(7): 611-616.
- [22] 胡世林,徐起初,刘菊福,等. 青蒿素的植物资源研究[J]. 中药通报, 1981, 6(2): 13.
- [23] 鲍观娟. 替代牧草与紫茎泽兰的竞争机制及野外竞争效应研究[D]. 重庆: 西南大学图书馆, 2010.
- [24] GRACE J B. On the measurement of plant competition intensity [J]. *Ecology*, 1995, 76(1): 305-308.
- [25] WEIGELT A, JOLLEFFE P. Indices of plant competition [J]. *Journal of Ecology*, 2003, 91: 707-720.
- [26] HUANG W, CARRILLO J, DING J Q, et al. Invader partitions ecological and evolutionary responses to above-and below-ground herbivory [J]. *Ecology*, 2012, 93: 2343-2352.

## Influence of *Artemisia annua* on the competition effect of *Eupatorium adenophorum*

SUN Na-na TAN Yong-qin MA Hong-ju ZHOU Xing-miao WANG Yong-mo

*Hubei Province Key Laboratory of Insect Resources Utilization and Sustainable Pest Management / College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China*

**Abstract** The competition relation between *Eupatorium adenophorum* and *Artemisia annua* was studied by using the multiple De Wit replacement series design method, which discussed the effects of growing character of *E. adenophorum* in different planting densities and mixture proportions. The results showed that the relative yield (RYg) and the relative density (RDg) were less than 1 in mixture sample area between *E. adenophorum* and *A. annua*; with the increase of the mixture proportion of *A. annua*, the RYg and RDg of *E. adenophorum* were gradually decreasing, and stem diameter, branch number and biomass were also decreasing, which implied that the competition between *E. adenophorum* and *A. annua* was severer than intraspecific competition of *E. adenophorum* and the population expansion of *E. adenophorum* was restrained when *A. annua* existed. With the increase of the population density under the circumstance of higher mixture proportion of *A. annua*, root/shoot ratio of *E. adenophorum* had a trend of reduction, but plant height of *E. adenophorum* had a trend of increase, which suggested that *E. adenophorum* had to adopt the allocation of resources model, namely, the strategy of the ground priority growth in response to stronger pressure of competition of *A. annua*. Based on the above results, we should replace *E. adenophorum* with *A. annua* at the early stages of invasion to have a good effect on the control of *E. adenophorum*.

**Key words** *Eupatorium adenophorum*; *Artemisia annua*; planting density; competition

(责任编辑:陈红叶)