DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2016.04.006

入侵植物飞机草与4种牧草的竞争效应

岳茂峰, 崔 烨, 冯 莉, 张 纯, 田兴山*
广东省农业科学院植物保护研究所/广东省植物保护新技术重点实验室, 广东 广州 510640

摘要:【背景】飞机草是我国危害最严重的入侵植物之一,目前仍缺乏可持续的控制手段。【方法】运用 De Wit 取代试验研究法,设置 2 株·盆$^{-1}$(42.42 株·m^{-2})、4 株·盆$^{-1}$(84.84 株·m^{-2})和 8 株·盆$^{-1}$(169.68 株·m^{-2})3 种密度,分别研究杂交狼尾草、木豆、山毛豆和宽叶雀稗与飞机草的竞争效应,以明确 4 种牧草对飞机草的替代控制潜力。【结果】3 种密度下,杂交狼尾草和木豆均可以显著抑制飞机草的生长,其竞争平衡指数显著大于 0,说明杂交狼尾草和木豆的竞争力均大于飞机草;山毛豆和宽叶雀稗的相对产量均显著小于 1,其竞争平衡指数均显著小于 0,说明山毛豆和宽叶雀稗的竞争力小于飞机草。【结论】杂交狼尾草和木豆可用作飞机草的替代控制植物。

关键词: 飞机草; 牧草; 替代控制; 竞争效应

Competitive effects between the invasive plant *Chromolaena odoratum* (L.) R. King et H. Rob. and four forage grasses

Mao-feng YUE, Ye CUI, Li FENG, Chun ZHANG, Xing-shan TIAN*
Institute of Plant Protection, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou, Guangdong 510640, *China*

Abstract:【Background】*Chromolaena odoratum* (L.) R. King et H. Rob. is one of the most serious invasive weeds in China. There exists no currently available, sustainable control technology.【Method】Competitive effects were studied between *C. odoratum* and four forage grasses, *Pennisetum americanum*×*P. purpureum*, *Cajanus cajan* (Linn.) Millsp., *Tephrosia candida* DC., and *Paspalum wettsteinii* Hackel. Using the De Wit's method, replacement series at the densities of 2 plants·pot^{-1}(42.42 plants·m^{-2}), 4 plants·pot^{-1}(84.84 plants·m^{-2}), and 8 plants·pot^{-1}(169.68 plants·m^{-2}) were planted to determine their potential of controlling *C. odoratum*.【Result】*P. americanum*×*P. purpureum* and *C. cajan* inhibited the growth of *C. odoratum* significantly and the competitive balance indexes (CB) of *P. americanum*×*P. purpureum* and *C. cajan* were significantly higher than 0 at three densities, suggesting that *P. americanum*×*P. purpureum* and *C. cajan* had strong competitiveness. The relative yields (RY) of *T. candida* and *P. wettsteinii* were all less than 1 and their CB were significantly below 0 at three densities, indicating that these plants have weaker competitiveness than *C. odoratum*.【Conclusion】*P. americanum*×*P. purpureum* and *C. cajan* are potentially appropriate as replacement plants against *C. odoratum*.

Key words: *Chromolaena odoratum*; forage grass; replacement control; competitive effect

飞机草 *Chromolaena odoratum* (L.) R. King et H. Rob.,又名香泽兰,为菊科 Compositae 香泽兰属 *Chromolaena* 丛生型的多年生草本或亚灌木,原产于中、南美洲,现已广泛分布于非洲、亚洲、大洋洲和西太平洋群岛的大部分热带及亚热带地区(曹洪麟等,2004; Omokhua *et al.*, 2016)。在我国,飞机草已入侵台湾、广东、海南、广西、云南等多个省区(黄榕娣和蔡笃程,2009)。该植物繁殖能力强,种子数量多,萌发生长快,分枝与克隆繁殖能力强,在适宜的环境下密集成丛,极易形成单优势群落,排

收稿日期(Received): 2016-05-21 **接受日期(Accepted)**: 2016-07-04
基金项目: 科技部伙伴计划项目(KY201402015); 广东省科技计划项目(2014B020206003)
作者简介: 岳茂峰, 男, 副研究员。研究方向: 外来入侵植物生理生态与防控技术
* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: xstian@tom.com

挤本地植物而成功入侵,对入侵地的农业生产和生物多样性造成严重的危害(全国明等,2009)。虽然当前已有一些关于飞机草防控技术的研究(刘金海等,2006; 岳茂峰等,2014),但可用作替代控制该杂草的本地或经济植物仍然较少。

替代控制方法效果持久,且生态效益和经济效益良好,是有效控制入侵植物的方法之一(闫素丽等,2011)。当前,我国已经筛选出一批能够有效控制入侵植物的替代植物,如杂交狼尾草 *Pennisetum americanum*×*P. purpureum* 可用于替代控制豚草 *Ambrosia artemisiifolia* L.(岳茂峰等,2013),非洲狗尾草 *Setaria sphacelata* (Schum) Stapf ex Massesy cv. Narok 可替代控制紫茎泽兰 *Ageratina adenophora* (Sprengel)(蒋智林等,2008),红薯 *Dioscorea esculenta* (Lour.) Burkill 可控制薇甘菊 *Mikania micrantha* Kunth(Shen *et al.*, 2015)。此外,奎嘉祥等(1997)研究指出,采用豆科牧草大叶千斤拔 *Flemingia macrophylla* (Willd.) Merr.、多年生落花生 *Arachis pintoi* cv. *Amarillo* 及禾本科的伏生臂形草 *Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk* 进行混播处理,能够有效控制云南南部牧场中飞机草的入侵。然而,针对华南地区控制飞机草的替代植物仍较少。

为此,本试验研究华南地区常见的 4 种牧草即杂交狼尾草、木豆 *Cajanus cajan* (Linn.) Millsp.、山毛豆 *Tephrosia candida* DC. 和宽叶雀稗 *Paspalum wettsteinii* Hackel.,与飞机草的竞争效应,以便筛选出可在华南地区控制飞机草的替代植物。

1　材料与方法

1.1　试验地状况

试验地点位于广东省农业科学院植物保护研究所内,地理位置为 23°8′46″N、113°20′52.4″E,海拔高度 14 m,属于南亚热带气候,年平均气温 21.4~21.9 ℃,年平均降雨量 1623.6~1899.8 mm。

1.2　试验材料

飞机草种子于 2013 年 2 月采自广东省广州市火炉山。杂交狼尾草种子购自河南华丰种业有限公司;木豆、山毛豆、宽叶雀稗种子均购自广州爵门贸易有限公司。

1.3　试验设计

运用 De Wit 取代试验研究法(De Wit,1960),分别研究飞机草与杂交狼尾草、木豆、山毛豆、宽叶雀稗之间的竞争关系。2013 年 5—7 月开展杂交狼尾草、木豆与飞机草的竞争试验;2013 年 6—8 月开展山毛豆、宽叶雀稗与飞机草的竞争试验。试验共设置低、中、高 3 个密度,分别为 2 株·盆$^{-1}$(42.42 株·m^{-2})、4 株·盆$^{-1}$(84.84 株·m^{-2})和 8 株·盆$^{-1}$(169.68 株·m^{-2}),每个密度设置植物单种和1∶1混种,每个处理 4 个重复,共计 144 盆。在植物发芽生长 2 周后,按照试验设计移植幼苗;对未成活的幼苗补充移栽大小相似的植株。在生长过程中,拔除其他植物。3 个月后收获栽培植物,并于烘箱 80 ℃烘干至恒重,测量其生物量。

1.4　数据计算与分析

采用相对产量(relative yield, RY)(De Wit, 1960)和竞争平衡指数(competitive balance index, CB)(Wilson,1988)测度物种间资源竞争利用效能和竞争影响。

$$RY_a=\frac{Y_{ab}}{Y_a}\qquad RY_b=\frac{Y_{ba}}{Y_b}\qquad CB_a=\ln\frac{RY_a}{RY_b}$$

式中:a、b 代表 2 个物种的名称;RY_a、RY_b 分别为物种 a、物种 b 在混种时的相对产量;Y_a、Y_b 分别为物种 a、物种 b 在单种时的单株产量;Y_{ab}、Y_{ba} 分别为物种 a、物种 b 在混种时的单株产量。由于 2 个物种竞争平衡指数具有 $CB_a=-CB_b$ 的关系,因此只需计算其中之一。生物量产量为整株植株的干物质质量。$RY_a=1$,说明 2 个物种种内、种间竞争力相等,即 2 个物种竞争力相同;$RY_a>1$,说明物种 a 对物种 b 的竞争力大于对物种 a 本身的竞争力,即种内竞争大于种间竞争;$RY_a<1$,说明物种 a 对物种 b 的竞争力小于对物种 a 本身的竞争力,即种间竞争大于种内竞争。单种种群的 RY 值为 1。$CB_a>0$,说明物种 a 的竞争能力比物种 b 强;$CB_a=0$,说明物种 a 和物种 b 竞争能力相等;$CB_a<0$,说明物种 a 的竞争能力比物种 b 弱;CB_a 越大,说明物种 a 的竞争能力越强。

飞机草与杂交狼尾草、木豆、山毛豆、宽叶雀稗在单种与混种处理间生物量的差异采用 SPSS 16.0 进行单因素方差分析(One-Way ANOVA; LSD test);飞机草与 4 种牧草在不同密度间的 RY 及 CB 的差异采用单因子方差分析,并比较 RY 与 1、CB 与 0 的差异性。

2 结果与分析

2.1 不同密度下飞机草与 4 种牧草的生物量

3 种密度下,与杂交狼尾草和木豆混种时,飞机草的生物量均显著小于其单一种植时的生物量(P<0.05)(图 1A、B);与杂交狼尾草混种时其生物量分别下降 11.81%、48.06%和 39.06%,与木豆混种时其生物量分别下降 48.61%、51.09%和 41.38%,说明飞机草受到这 2 种植物的抑制。而 3 种密度下,飞机草与山毛豆和宽叶雀稗混种时的生物量与其单一种植时的生物量无显著差异(除与山毛豆以 8 株·盆$^{-1}$的密度混种外),说明这 2 种植物对飞机草无显著抑制作用(P>0.05)(图 1C、D)。

2 和 4 株·盆$^{-1}$密度下,与单种相比,在与飞机草混种时,杂交狼尾草的生物量显著增大(P<0.05)(图 1A),但山毛豆和宽叶雀稗的生物量显著降低(P<0.05)(图 1C、D),而木豆的生物量无明显变化(P>0.05)(图 1B)。当混种密度为 8 株·盆$^{-1}$时,宽叶雀稗生物量显著下降(P<0.05),其余 3 种牧草生物量不受影响(P>0.05)(图 1)。

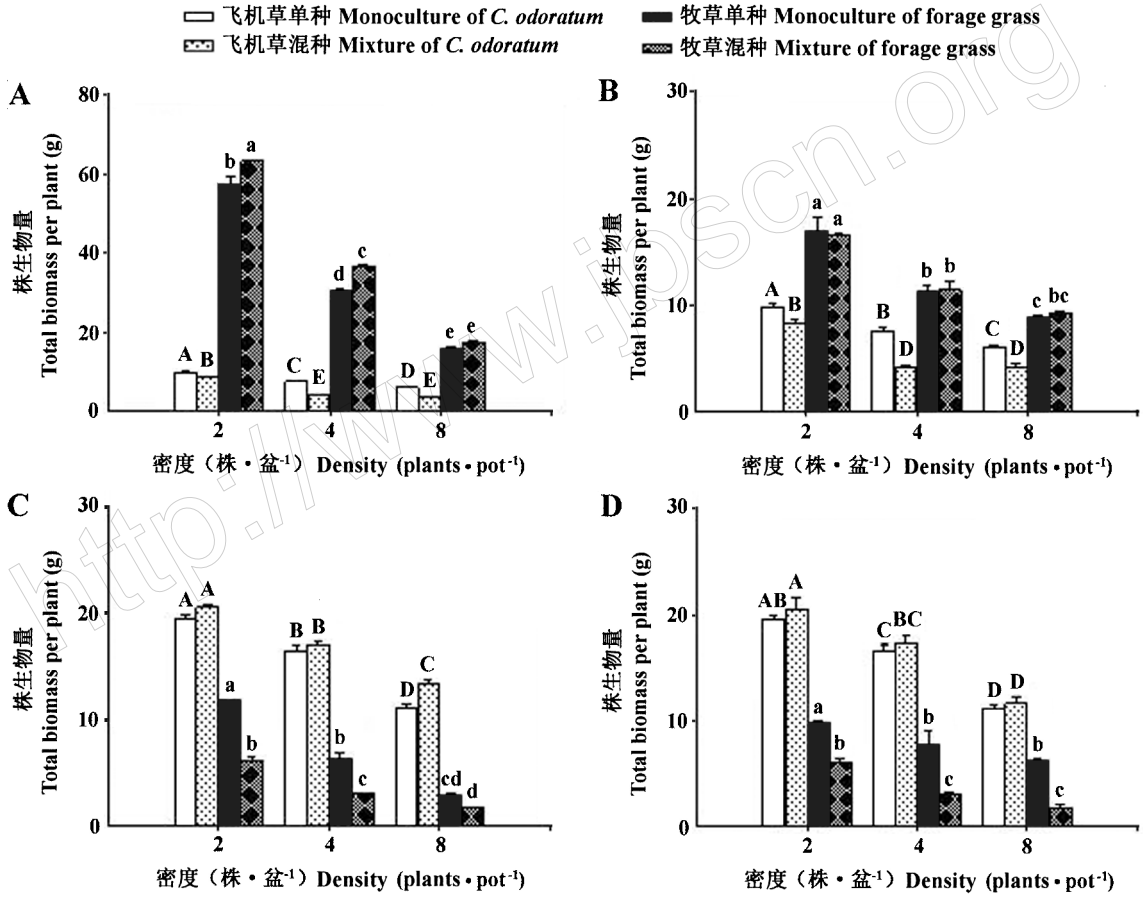

图 1 不同种植密度下单种与混种时飞机草和 4 种牧草的生物量

Fig.1 Total biomass per plant of *C. odoratum* and 4 forage grasses at different densities in monoculture and mixtures

A:杂交狼尾草;B:木豆;C:山毛豆;D:宽叶雀稗。柱上大写字母表示飞机草在单种和混种时在 0.05 水平的差异显著性;柱上小写字母表示 4 种牧草在单种和混种时在 0.05 水平的差异显著性。

A: *P. americanum* × *P. purpureum*; B: *Cajanus cajan*; C: *Tephrosia candida*; D: *Paspalum wettsteinii*. Different capital letters above the column show significant differences between monoculture and mixture of *C. odoratum* at P<0.05; different small letters above the column show significant differences between monoculture and mixture of 4 forage grasses at P<0.05.

2.2 不同密度下飞机草与 4 种牧草的相对产量和竞争平衡指数

从竞争效应(表 1)来看,3 种密度下,与杂交狼尾草和木豆混种时,飞机草的相对产量均显著小于 1(P<0.05);与山毛豆混种时,飞机草的相对产量显著大于 1(P<0.05);而与宽叶雀稗混种时,飞机草的相对产量与 1 无显著差异。这说明飞机草对杂交狼尾草和木豆的竞争力小于飞机草本身的竞争力,

对山毛豆的竞争力大于飞机草本身的竞争力,而对宽叶雀稗的竞争力与飞机草本身的竞争力相似。

3 种密度下,杂交狼尾草的相对产量均显著大于 1($P<0.05$),而木豆的相对产量与 1 无显著差异,山毛豆和宽叶雀稗的相对产量均显著小于 1($P<0.05$)(表 1)。杂交狼尾草和木豆的竞争平衡指数显著大于 0($P<0.05$),而山毛豆和宽叶雀稗的竞争平衡指数显著小于 0($P<0.05$)。可见,杂交狼尾草和木豆的竞争力大于飞机草,而山毛豆和宽叶雀稗的竞争力小于飞机草。

表 1　不同种植密度下飞机草和 4 种牧草的相对产量及 4 种牧草的竞争平衡指数

Table 1　The relative yield (RY) and competitive balance index (CB) of *C. odoratum* and four forage grasses in mixtures

竞争组合 Competitive combination	密度(株·盆$^{-1}$) Density (plants·pot^{-1})	牧草的相对产量 RY of forage grass	飞机草的相对产量 RY of *C. odoratum*	牧草的竞争平衡指数 CB of forage grass
杂交狼尾草+飞机草	2	1.11±0.057b*	0.88±0.021a*	0.23±0.005c*
P. americanum×*P. purpureum*+*C. odoratum*	4	1.19±0.013a*	0.52±0.030c*	0.83±0.011a*
	8	1.09±0.029b*	0.61±0.012b*	0.58±0.026b*
木豆+飞机草	2	0.97±0.016	0.85±0.035a*	0.13±0.017c*
Cajanus cajan+*C. odoratum*	4	1.01±0.068	0.54±0.017b*	0.61±0.066a*
	8	1.03±0.029	0.68±0.066b*	0.40±0.028b*
山毛豆+飞机草	2	0.51±0.031*	1.05±0.016b*	−0.51±0.059b*
T. candida+*C. odoratum*	4	0.49±0.070*	1.03±0.016b*	−0.11±0.140a*
	8	0.59±0.038*	1.20±0.042a*	−0.16±0.070a*
宽叶雀稗+飞机草	2	0.61±0.037a*	1.05±0.057	−0.33±0.060a*
P. wettsteinii+*C. odoratum*	4	0.40±0.059b*	1.05±0.040	−0.30±0.038a*
	8	0.31±0.028b*	1.05±0.045	−0.79±0.087b*

* 表示 RY_F、RY_E 与 1 比较、CB_F 与 0 比较在 0.05 水平上差异显著;同列数据后附不同小写字母者表示同一组合内不同密度间在 0.05 水平上差异显著。

* indicate RY_F and RY_E are different from 1 and CB_F is different from 0 at $P<0.05$ respectively; different small letters show significant differences at $P<0.05$ among three densities within one competitive combination.

3　讨论

运用本土和经济价值较高的植物替代控制外来入侵植物具有可持续性,且已经成为一种防控入侵植物的重要手段(卢向阳等,2012; 徐高峰等,2011)。本研究结果表明,杂交狼尾草和木豆比飞机草具有更强的竞争力,而山毛豆和宽叶雀稗的竞争力低于飞机草。此前也有研究表明,杂交狼尾草具有较强的竞争性,能够有效抑制入侵植物豚草的生长(岳茂峰等,2013);而木豆作为牧草以及绿化植物,因其具有良好的抗逆能力在华南地区公路边坡绿化中广泛应用(邓辅唐等,2006)。因此,杂交狼尾草和木豆可作为飞机草的替代植物。

植株个体的大小在植物竞争过程中发挥着重要作用(Gaudet & Keddy,1988),如紫茎泽兰利用较大个体的荫蔽作用排斥其他本地植物,从而形成入侵(Keddy *et al.*,2002)。本研究所选择的 4 种植物中,木豆和杂交狼尾草的生物量均大于飞机草,而山毛豆和宽叶雀稗的生物量均小于飞机草。从这方面来看,杂交狼尾草和木豆可能通过其较大个体遮蔽飞机草,从而在竞争中形成优势。

种群密度影响着不同物种的竞争过程(Keddy *et al.*,2002; Watkinson,1980)。在本试验设置的 3 种密度中,中密度即 4 株·盆$^{-1}$(84.84 株·m^{-2})时 4 种牧草的竞争平衡指数均最高,其他密度下竞争力相对较低(表 1)。可见,种群密度影响了 4 种牧草的竞争力。马杰等(2010)研究黄顶菊 *Flaveria bidentis* (L.) Kuntze.与 3 种牧草的竞争效应时也发现,不同密度对牧草竞争力具有不同的影响。因此,在进行外来入侵植物替代过程中只有设定合理的种植密度,才能充分发挥替代植物的竞争潜力。

充足的水热资源使华南地区成为我国入侵植物种类最多的地区(林建永等,2012),而这种良好的水热资源也可以为牧草提供良好的生长条件。本研究结果表明,杂交狼尾草和木豆具有抑制飞机草生长的能力。因此,农技部门可以在飞机草的暴发区推广种植杂交狼尾草和木豆,一方面,杂交狼尾

http://www.jcsc.org

草和木豆可以抑制飞机草的生长;另一方面,农民可以通过收获杂交狼尾草和木豆获得经济效益,增加收入。

参考文献

曹洪麟, 葛学军, 叶万辉, 2004. 外来入侵种飞机草在广东的分布与危害. 广东林业科技, 20(2): 57-59.

邓辅唐, 喻正富, 杨自全, 吕小玲, 曹明举, 黄少国, 邓辅商, 2006. 山毛豆、木豆、猪屎豆在高速公路边坡生态恢复工程中的应用. 中国水土保持 (4): 21-23.

黄榕娣, 蔡笃程, 2009.飞机草的生物防除与综合利用研究进展. 杂草科学 (1): 4-6.

蒋智林, 刘万学, 万方浩, 李正跃, 2008. 非洲狗尾草与紫茎泽兰的竞争效应. 中国农业科学, 41(5): 1347-1354.

奎嘉祥, 匡崇义, 和占星, 周自玮, 袁福锦, 吴文荣, 谢有标, 1997. 中国云南南部建植臂形草混播草场防治飞机草的研究. 中国草地 (5): 55-58.

林建勇, 梁瑞龙, 李娟, 黄应钦, 2012. 华南地区外来入侵植物调查研究. 广西林业科学, 41(3): 237-241.

刘金海, 黄必志, 罗富成, 2006. 飞机草的危害及防治措施简介. 草业科学, 23(10): 73-77.

卢向阳, 张锦华, 左相兵, 刘冰, 郑雅婧, 2012. 几种替代植物对入侵杂草紫茎泽兰的防控效果. 贵州农业科学, 40(6): 103-106, 109.

马杰, 易津, 皇甫超河, 杨殿林, 2010. 入侵植物黄顶菊与3种牧草竞争效应研究. 西北植物学报, 30(5): 1020-1028.

全国明, 章家恩, 徐华勤, 毛丹鹃, 谢俊芳, 2009. 外来入侵植物飞机草的生物学特性及控制策略. 中国农学通报, 25(9): 236-243.

徐高峰, 张付斗, 李天林, 申时才, 张玉华, 2011. 不同密度五种植物对薇甘菊幼苗的竞争效应. 生态环境学报, 20(5): 798-804.

闫素丽, 皇甫超河, 李刚, 左照江, 马杰, 杨殿林, 2011. 四种牧草植物替代控制对黄顶菊入侵土壤细菌多样性的影响. 植物生态学报, 35(1): 45-55.

岳茂峰, 冯莉, 田兴山, 杨彩宏, 2013. 杂交狼尾草与豚草的竞争效应. 广东农业科学, 40(8): 83-86.

岳茂峰, 田兴山, 冯莉, 曹坳程, 杨彩宏, 崔烨, 张泰劼, 高家东, 2014. 4 种吡啶类除草剂对不同生长期飞机草的防效评价. 广东农业科学, 41(1): 82-85.

De Wit C T, 1960. On competition. *Verslagen Landbouwkundige Onderzoekingen*, 66(8):1-82.

Gaudet C L and Keddy P A, 1988. A comparative approach to predicting competitive ability from plant traits. *Nature*, 334: 242-243.

Keddy P, Nielsen K, Weiher E and Lawson R, 2002. Relative competitive performance of 63 species of terrestrial herbaceous plants. *Journal of Vegetation Science*, 13(1): 5-16.

Omokhua A G, McGaw L J, Finnie J F and van Staden J, 2016. *Chromolaena odorata* (L.) RM King & H. Rob. (Asteraceae) in sub-Saharan Africa: a synthesis and review of its medicinal potential. *Journal of Ethnopharmacology*, 183: 112-122.

Shen S C, Xu G F, Clements D R, Jin G M, Chen A D, Zhang F D and Kato-Noguchi H, 2015. Suppression of the invasive plant mile-a-minute (*Mikania micrantha*) by local crop sweet potato (*Ipomoea batatas*) by means of higher growth rate and competition for soil nutrients. *BMC Ecology*, 15(1): 1.

Watkinson A R, 1980. Density-dependence in single-species populations of plants. *Journal of Theoretical Biology*, 83 (2): 354-357.

Wilson J B, 1988. Shoot competition and root competition. *The Journal of Applied Ecology*, 25(1): 279-296.

(责任编辑:杨郁霞)

http://www.jbsc.org