

不同生境薇甘菊土壤种子库与幼苗库的特征

申时才, 徐高峰, 张付斗^①, 李天林, 金桂梅, 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: 通过野外定点取样与萌发试验相结合的方法, 研究云南德宏州陇川县不同生境薇甘菊入侵地区的土壤种子库与幼苗库的特征。结果表明, 根据土壤种子库萌发后的植物鉴定结果, 橡胶林、林地、灌丛、草地和河岸边这 5 种生境共统计到 40 种植物, 隶属 18 科。不同生境薇甘菊入侵群落的物种组成、种子萌发特性与空间分布及其幼苗库存在明显差异, 橡胶林、林地、灌丛、草地和河岸边的薇甘菊种子密度分别为 75、109、165、124 和 53 粒 · m⁻², 且各生境间差异显著 ($P < 0.05$)。室内萌发试验表明, 薇甘菊土壤种子库萌发时间持续 8 周, 其中第 3~5 周的萌发速度最快; 土壤垂直方向上, 0~2、>2~5、>5~10 cm 深度土层薇甘菊种子分别占 0~10 cm 土层种子总数的 81%、17% 和 2%。野外薇甘菊土壤幼苗库萌发时间持续 6 个月 (5—10 月), 其中 6—8 月萌发速度较快。

关键词: 薇甘菊; 生物入侵; 土壤种子库; 幼苗库

中图分类号: X176 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4831(2013)04-0483-06

Characteristics of the Seed Banks and Seedling Banks of *Mikania micrantha*-Invaded Soils Different in Type of Habitat. SHEN Shi-cai, XU Gao-feng, ZHANG Fu-dou, LI Tian-lin, JIN Gui-mei, ZHANG Yu-hua (Agricultural Environment and Resource Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China)

Abstract: Characteristics were studied of the seed banks and seedling banks of the five places that are different in habitats but all invaded by *M. micrantha* in Longchuan County, Dehong Prefecture of Yunnan Province, China, using the method of field sampling and germination test in laboratory. Results show that seeds in the soil samples germinated and were identified to be of 40 plant species belonging to 18 families. They differed in species composition, characteristics and spatial distribution of seed germination and seedling bank between habitats. The *M. micrantha* seed density of rubber forest, woodlot, bushland, grassland, and river bank, the five different habitats, was 75, 109, 165, 124, and 53 seed · m⁻², respectively, showing significant difference between them ($P < 0.05$). The in-laboratory germination experiment shows that germination of *M. micrantha* seeds may last for 8 weeks, and concentrated during the period from the 3rd to the 5th weeks. Vertically, its seeds were concentrated mainly in the 0-2 cm soil layer, and then in the >2-5 cm layer, and the >5-10 cm layer, accounting for 81%, 17%, and 2% of the total seeds in the 0-10 cm soil layer, respectively. In the field, germination of *M. micrantha* seeds may last for 6 months, that is, from May to October, and was concentrated mainly in the period from June to August.

Key words: *Mikania micrantha*; biological invasion; soil seed bank; seedling bank

薇甘菊 (*Mikania micrantha*) 是世界上最具入侵性和危害性的恶性杂草之一^[1], 原产于南美洲中部^[2], 19 世纪后传播至东南亚以及我国香港和广东, 20 世纪 50 年代由缅甸边境传入云南^[3-5]。在入侵地区, 薇甘菊能通过快速生长、攀援和化感作用与农作物争夺资源, 影响林木生长和森林的自然更新, 改变土壤微生物的结构和功能属性, 使土壤理化性质发生改变, 从而导致本地物种灭绝和生物多样性降低^[4-5]。在中国, 薇甘菊主要分布于广东、云南、海南、广西和香港等地^[6], 它的入侵给我国农业、林业和生态环境等造成了严重危害^[3-7]。

土壤种子库是指土壤及土壤表面的落叶层中所有具有生命力的种子总和^[7]。土壤中的植物种

子具有长期或短期休眠的特殊性, 这使得种子在一些自然环境或干扰条件下常常具有比植物成株更强的忍耐胁迫能力^[8]。土壤种子库对维持植物多样性和遗传变异有重要作用^[7], 植物入侵造成的土壤种子库变化可能有助于个别或更多外来物种的入侵和拓殖^[9]。入侵植物薇甘菊种子数量巨大, 有报道指出其种子密度达 17 万粒 · m⁻²^[10] 或 23 673~52 616 粒 · (0.25 m²)⁻¹^[11]。在适宜的实验室条件下, 薇甘菊种子萌发率较高, 可达 83.3%~

收稿日期: 2013-01-30

基金项目: 云南省应用基础研究重点项目 (2010CC002)

① 通信作者 E-mail: fdzh@vip.sina.com

95.3%^[12-13]。薇甘菊种子小且轻,具冠毛,成熟后随风飘散,落于土壤中,成为薇甘菊的潜在种群^[12]。张炜银等^[14]开展了薇甘菊土壤种子库的动态研究,但鲜见关于薇甘菊土壤种子库与幼苗库特征的报告。笔者采用野外定点取样与萌发试验相结合的方法,研究不同生境条件下薇甘菊土壤种子库的植物组成、种子萌发与分布以及幼苗特征,以期科学防控薇甘菊入侵提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地位于云南省德宏州陇川县,地理位置为24°08'~24°39' N,97°39'~98°17' E。研究区为南亚热带季风气候区,雨量充沛,日照充足,热量丰富,四季不分明,年平均气温18.9℃,年均降水量1595 mm,降水集中在6—9月,年日照时数超过2316 h,全年基本无霜,空气湿度较大,月均相对湿度在79%以上。地貌类型为丘陵山地,高海拔地区为森林,中海拔地区为森林和旱地混合区,低海拔地区为水田和旱地。薇甘菊分布广泛,基本上覆盖所有的生境类型,海拔800~1600 m之间均有分布。因此,无论是开展相似气候条件下的不同生境还是不同气候条件下的相似生境的薇甘菊对比研究,该区域都是比较理想的。

在陇川县张凤镇选择地理、气候和海拔基本一致的生态区,地理位置为24°11'~24°14' N,97°47'~97°50' E,海拔为970~1008 m。共选择5种不同的生境,即橡胶林、林地、灌丛、草地和河岸边,各生境薇甘菊种群盖度为70%~95%。橡胶林为人工林,橡胶树种植5~6 a,遮荫较大,土壤黏性大,每年进行1次人工除草管理;林地为自然林,遮荫大,土壤腐殖质含量高,湿度大;灌丛和草地遮荫小,腐殖质较多,少量草地有放牧;河岸边遮荫小,两侧为水稻田,土壤中沙子和碎石较多。

1.2 土壤取样和种子萌发

1.2.1 野外取样

于2012年4月5—10日,当薇甘菊种子成熟飘落(种子雨)后进行野外土壤取样。在上述5种生境中选择薇甘菊覆盖度比较均匀的区域分别设置4条样带,在样带上设5个10 cm×10 cm的小样方,共计100个;分深度为0~2 cm(上层)、>2~5 cm(中层)和>5~10 cm(下层)3层取样,共计300份土壤样品。将每条样带上5个小样方采集的土样混装在一起,按各生境和土层深度分开包装。将样品带回室内风干,于8~19℃条件下密封保存2个月后进

行种子萌发试验。

1.2.2 室内萌发

于2012年6月中旬,将室内风干土样置于直径34 cm的铁盆中旋转晃动,打碎较大的土块,拣去尚未分解的凋落物以及土壤小动物、石块等杂物。将种子库土样分别均匀放入高6.2 cm、半径15 cm的圆形花盆(底部设有小孔以利透水通气),每盆的土壤厚度为1~4 cm。浇足水,全部花盆置于一间温室大棚,定期适时浇水以保持盆内湿度,让种子自然萌发。定期(每周)观测种子萌发情况,对已萌发出的幼苗进行种类鉴定、计数后清除,暂时不能鉴定的幼苗进行标记后移栽至盆外,直至幼苗长到能鉴定为止。如连续2周没有种子萌发,再将土样搅拌均匀,继续观察,直到连续2周不再有种子萌发便结束萌发试验,萌发试验总持续时间为75 d。

1.3 幼苗库调查

于2012年5—10月,对薇甘菊土壤种子库在野外条件下的幼苗动态进行监测调查。在上述土壤取样的基础上,在剩余的样带上标注5个50 cm×50 cm的样方,一共设置100个;每月月底(25—29日)统计样方中薇甘菊土壤种子萌发的幼苗数量。试验过程中尽量减少人为活动对生境造成的干扰,以免影响薇甘菊幼苗数量。10月进行最后一次调查时,对样方中地上植被的物种丰富度进行粗略统计。

1.4 数据处理

所有数据采用DPS 9.01软件进行分析,采用单因素方差分析(One-Way ANOVA)和Duncan's新复极差法比较不同数据组间的差异。对土壤种子库中物种种类和种子密度的分析,采取同一生境不同深度土壤种子库的累加值。土壤种子库储量以密度表示,该研究中薇甘菊土壤种子库密度为单位面积不同深度土壤中所有物种的活力种子密度值,以出苗数量计算。

2 结果与分析

2.1 土壤种子库植物种类组成

根据土壤种子库萌发后的植物鉴定结果(表1),5种研究生境共统计有40种植物,隶属18科。禾本科和菊科植物种数最多,分别占物种总数的27.5%和22.5%,此外莎草科植物3种,茄科和马鞭草科植物各2种,其余13科分别只有1种。生活型分析表明,一年生草本植物占物种总数的50.0%,多年生草本植物占37.5%,一年或多年生草本植物占7.5%,灌木植物占5.0%,未发现乔木种子。从物种在生境的出现频率和密度看,5种生境类型均

出现的植物有 15 种, 为土荆芥、藿香蓟、三叶鬼针草、小白酒草、野苘蒿、薇甘菊、异型莎草、香附子、苳草、马唐、水蜈蚣、尼泊尔蓼、阔叶丰花草、马鞭草和红花酢浆草, 从密度看, 这些植物也是各生境中

的主要物种; 而密度较高的紫茎泽兰则只出现于林地和灌丛中。从物种的入侵性分析, 有 23 种为外来入侵植物, 占物种总数的 57.5%, 17 种为本地物种, 占物种总数的 42.5%。

表 1 不同生境土壤种子库主要植物及种子密度

Table 1 Major plant species and seed densities of the seed banks of the soils different in type of habitat

科	种名	生活型	种子密度/(粒·m ⁻²)					入侵种
			橡胶林	林地	灌丛	草地	河岸边	
苋科 (Amaranthaceae)	反枝苋 (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	AH	0±0 ^b	0±0 ^b	9±5 ^b	102±21 ^a	5±2 ^b	Y
藜科 (Chenopodiaceae)	土荆芥 (<i>Chenopodium ambrosioides</i>)	AH/PH	5±2 ^d	15±5 ^d	57±8 ^b	26±5 ^c	68±12 ^a	Y
鸭跖草科 (Commelinaceae)	鸭跖草 (<i>Commelina communis</i>)	AH	7±3 ^b	15±5 ^a	0±0 ^c	12±6 ^{ab}	0±0 ^c	N
菊科 (Compositae)	紫茎泽兰 (<i>Ageratina adenophora</i>)	PH	0±0 ^c	1 054±127 ^a	761±104 ^b	0±0 ^c	0±0 ^c	Y
	藿香蓟 (<i>Ageratum conyzoides</i>)	AH	1 005±199 ^a	153±17 ^d	691±65 ^{bc}	551±45 ^c	766±42 ^b	Y
	三叶鬼针草 (<i>Bidens pilosa</i>)	AH	29±9 ^{bc}	18±5 ^c	64±12 ^a	59±12 ^a	41±12 ^b	Y
	小白酒草 (<i>Conyza canadensis</i>)	AH	17±5 ^c	15±5 ^c	71±10 ^a	35±6 ^b	83±14 ^a	Y
	野苘蒿 (<i>Crassocephalum crepidioides</i>)	AH/PH	46±9 ^b	21±6 ^c	36±10 ^{bc}	26±8 ^c	126±22 ^a	Y
	飞机草 (<i>Eupatorium odoratum</i>)	PH	0±0 ^b	28±8 ^a	25±7 ^a	0±0 ^b	0±0 ^b	Y
	鼠麴草 (<i>Gnaphalium affine</i>)	AH	25±6 ^b	0±0 ^c	0±0 ^c	21±8 ^b	74±11 ^a	N
	薇甘菊 (<i>Mikania micrantha</i>)	PH	75±5 ^d	109±7 ^c	165±12 ^a	124±8 ^b	53±5 ^c	Y
	肿柄菊 (<i>Tithonia diversifolia</i>)	S	0±0 ^b	0±0 ^b	23±6 ^a	0±0 ^b	0±0 ^b	Y
旋花科 (Convolvulaceae)	牵牛 (<i>Ipomoea nil</i>)	AH	23±6 ^b	0±0 ^c	31±7 ^a	0±0 ^c	0±0 ^c	Y
莎草科 (Cyperaceae)	异型莎草 (<i>Cyperus difformis</i>)	AH	261±34 ^a	131±22 ^c	171±47 ^{bc}	207±27 ^b	191±32 ^b	N
	香附子 (<i>Cyperus rotundus</i>)	PH	38±6 ^b	55±11 ^b	41±10 ^b	95±20 ^a	43±9 ^b	Y
	水蜈蚣 (<i>Kyllinga cylindrica</i>)	PH	5±2 ^d	246±25 ^b	6±2 ^d	86±12 ^c	352±35 ^a	N
大戟科 (Euphorbiaceae)	叶下珠 (<i>Phyllanthus urinaria</i>)	AH	5±2 ^d	0±0 ^d	41±10 ^a	15±7 ^c	24±6 ^b	N
禾本科 (Gramineae)	看麦娘 (<i>Alopecurus aequalis</i>)	AH	0±0 ^c	0±0 ^c	15±5 ^b	24±7 ^a	5±2 ^c	N
	苳草 (<i>Arthraxon hispidus</i>)	AH	18±6 ^c	41±11 ^b	55±10 ^a	34±8 ^b	35±9 ^b	N
	地毯草 (<i>Axonopus compressus</i>)	PH	0±0 ^c	17±5 ^b	31±9 ^a	25±4 ^a	12±4 ^b	Y
	马唐 (<i>Digitaria sanguinalis</i>)	AH	289±25 ^{ab}	57±12 ^d	136±28 ^c	258±48 ^b	323±31 ^a	N
	稗 (<i>Echinochloa crusgalli</i>)	AH	0±0 ^c	12±6 ^b	11±4 ^b	35±6 ^a	0±0 ^c	Y
	牛筋草 (<i>Eleusine indica</i>)	AH	0±0 ^b	0±0 ^b	15±8 ^b	0±0 ^b	150±26 ^a	Y
	白茅 (<i>Imperata cylindrical</i>)	PH	0±0 ^c	0±0 ^c	24±6 ^b	105±26 ^a	0±0 ^c	Y
	刚莠竹 (<i>Microstegium ciliatum</i>)	PH	0±0 ^b	0±0 ^b	0±0 ^b	85±19 ^a	0±0 ^b	N
	铺地黍 (<i>Panicum repens</i>)	PH	0±0 ^c	0±0 ^c	31±7 ^b	81±13 ^a	0±0 ^c	Y
	奇异鹧草 (<i>Phalaris paradoxa</i>)	AH	9±3 ^a	0±0 ^b	0±0 ^b	0±0 ^b	0±0 ^b	Y
	滇西早熟禾 (<i>Poa wardiana</i>)	AH	0±0 ^c	30±7 ^b	0±0 ^c	182±17 ^a	0±0 ^c	N
唇形科 (Labiatae)	夏枯草 (<i>Prunella vulgaris</i>)	PH	0±0 ^c	0±0 ^c	15±6 ^b	35±7 ^a	0±0 ^c	N
豆科 (Leguminosae)	含羞草 (<i>Mimosa pudica</i>)	PH	0±0 ^b	0±0 ^b	22±6 ^a	0±0 ^b	0±0 ^b	Y
桑科 (Moraceae)	水蛇麻 (<i>Fatoua villosa</i>)	AH	0±0 ^b	0±0 ^b	5±3 ^b	0±0 ^b	31±7 ^a	N
酢浆草科 (Oxalidaceae)	红花酢浆草 (<i>Oxalis corymbosa</i>)	PH	21±9 ^c	41±9 ^b	35±6 ^b	67±14 ^a	16±5 ^c	Y
车前科 (Plantaginaceae)	平车前 (<i>Plantago depressa</i>)	AH/PH	0±0 ^b	0±0 ^b	0±0 ^b	53±12 ^a	0±0 ^b	N
蓼科 (Polygonaceae)	尼泊尔蓼 (<i>Polygonum nepalense</i>)	AH	15±6 ^b	5±3 ^c	5±3 ^c	29±8 ^a	1±1 ^c	N
茜草科 (Rubiaceae)	阔叶丰花草 (<i>Spermacoce latifolia</i>)	PH	178±23 ^c	51±10 ^d	371±40 ^a	310±37 ^b	221±35 ^c	Y
茄科 (Solanaceae)	曼陀罗 (<i>Datura stramonium</i>)	PH	0±0 ^b	0±0 ^b	24±6 ^a	0±0 ^b	0±0 ^b	Y
	龙葵 (<i>Solanum nigrum</i>)	AH	15±6 ^b	32±6 ^a	0±0 ^c	5±4 ^c	0±0 ^c	N
马鞭草科 (Verbenaceae)	马缨丹 (<i>Lantana camara</i>)	S	5±3 ^b	0±0 ^b	26±7 ^a	0±0 ^b	0±0 ^b	Y
	马鞭草 (<i>Verbena officinalis</i>)	PH	11±4 ^{bc}	4±3 ^c	21±8 ^a	15±5 ^{ab}	19±7 ^{ab}	N
堇菜科 (Violaceae)	紫花地丁 (<i>Viola philippica</i>)	AH	12±5 ^a	0±0 ^b	0±0 ^b	0±0 ^b	0±0 ^b	N

AH 为一年生草本, PH 为多年生草本, S 为灌木。Y 为是, N 为否。同一行英文小写字母不同表示不同生境类型间种子密度差异显著 ($P < 0.05$)。

由表2可知,5种不同生境中外来入侵植物种子密度占物种总密度的60.02%~84.51%,本地物种种子密度占物种总密度的15.49%~39.98%,而薇甘菊

种子密度仅占物种总密度的2.01%~5.44%,薇甘菊的种子密度严重低于地上植物盖度。

表2 不同生境土壤种子库的入侵植物、本地植物与薇甘菊种子密度

Table 2 Seed densities of invasive plants, native plants and *Mikania micrantha* in the seed banks of the soils different in type of habitats

生境	入侵植物		本地植物		薇甘菊		总密度/ (粒·m ⁻²)
	种子密度/ (粒·m ⁻²)	占总密度比例/ %	种子密度/ (粒·m ⁻²)	占总密度比例/ %	种子密度/ (粒·m ⁻²)	占总密度比例/ %	
橡胶林	1 451±197 ^b	68.64	663±56 ^b	31.36	75±5 ^d	3.55	2 114±250 ^e
林地	1 589±132 ^b	73.91	561±17 ^c	26.09	109±7 ^c	5.07	2 150±138 ^e
灌丛	2 564±176 ^a	84.51	470±50 ^d	15.49	165±12 ^a	5.44	3 034±172 ^a
草地	1 641±72 ^b	60.73	1 061±72 ^a	39.27	124±8 ^b	4.59	2 702±90 ^b
河岸边	1 584±81 ^b	60.02	1 055±25 ^a	39.98	53±5 ^e	2.01	2 639±106 ^b

同一列英文小写字母不同表示不同生境类型间种子密度差异显著(P<0.05)。

2.2 薇甘菊种子库萌发与分布

2.2.1 种子萌发特性

由图1可见,室内萌发试验结果显示薇甘菊土壤种子库的萌发过程大约持续8周。不同生境薇甘菊土壤种子库的萌发特性有明显区别,1周内只有林地薇甘菊种子库开始萌发;2周时其余4种生境薇甘菊种子库也都出现萌发,其中林地、灌丛和草地的萌发密度较大。所有生境第1~2和6~8周的种子萌发速度缓慢,第3~5周的萌发速度较快,至第7周时基本停止萌发。从萌发过程中薇甘菊土壤种子库的种子数看,林地、灌丛和草地密度较大,橡胶林和河岸边较小。萌发试验中各生境的湿度和光照等环境因子基本一致,说明造成薇甘菊种子萌发速度差异的主要原因是土壤结构和养分差异。灌丛、草地和林地腐殖质多,土壤疏松,湿度较大,有利于促进种子萌发时的呼吸作用,并提供充足营养;而橡胶林和河岸边腐殖质少,土壤黏性高或过于干燥,不利于种子萌发。

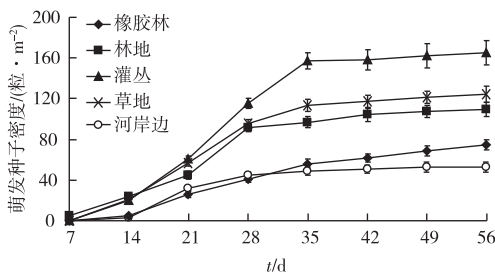


图1 室内条件下不同生境薇甘菊种子的萌发过程
Fig. 1 In-laboratory germination test of *Mikania micrantha* seeds in soil samples collected from areas different in type of habitat

2.2.2 种子的空间分布

由表3可知,不同生境薇甘菊土壤种子库密度存在明显区别。比较不同土层深度可知,0~2 cm土层薇甘菊种子最多,占种子总密度的81%;其次为>2~5 cm土层,占种子总密度的17%;>5~10 cm土层薇甘菊种子最少,只占种子总密度的2%。比较不同生境可知,0~2 cm土层各生境间薇甘菊种子密度差异显著(P<0.05),其中灌丛最高,河岸边最低。>2~5 cm土层中,草地薇甘菊种子密度较高,这可能与牲畜放牧所致的践踏有关。>5~10 cm土层中,橡胶林和河岸边土壤中未出现薇甘菊种子,林地、草地和灌丛土壤薇甘菊种子密度仅为3~4粒·m⁻²,且各处理间差异不显著。

表3 不同生境各土层薇甘菊土壤种子库密度的垂直分布
Table 3 Vertical distribution of *Mikania micrantha* seed density in soils different in type of habitat

土层深度/ cm	种子密度/(粒·m ⁻²)				
	橡胶林	林地	灌丛	草地	河岸边
0~2	67±4 ^d	84±3 ^c	135±8 ^a	94±4 ^b	48±5 ^e
>2~5	8±1 ^d	22±2 ^b	26±4 ^a	27±4 ^a	5±1 ^c
>5~10	0±0 ^a	3±1 ^a	4±2 ^a	3±2 ^a	0±0 ^a
合计	75±5 ^d	109±7 ^c	165±12 ^a	124±8 ^b	53±5 ^e

同一行英文小写字母不同表示不同生境类型间种子密度差异显著(P<0.05)。

2.3 薇甘菊幼苗库

由图2可见,野外条件下薇甘菊土壤种子萌发持续约6个月,5月初开始萌发,10月结束。从不同时间的幼苗动态看,6—8月萌发速度最快,5月和9—10月萌发速度较慢。不同生境中薇甘菊幼苗动态差异明显,5月仅灌丛和林地有幼苗出现,6月所有生境中均出现幼苗。林地和河岸边薇甘菊种子

萌发主要集中于6—7月,而橡胶林、灌丛和草地主要集中于6—8月,9—10月薇甘菊种子萌发基本进入休眠期或进入长久性土壤种子库。与室内试验相比,薇甘菊土壤种子在野外条件下的萌发条件更加苛刻,需要达到一定的光照、湿度和生境条件,否则将进入长久性土壤种子库。研究区光照充足,降水集中于6—9月,因此野外条件下薇甘菊土壤种子萌发主要受生境条件影响。林地遮荫最严重,其次为橡胶林,且橡胶林受人工影响较大,因此这2种生境中薇甘菊幼苗密度较低,分别为41和37株·m⁻²;灌丛和草地遮荫较少,故幼苗密度较高,分别为106和85株·m⁻²;河岸边遮荫最少,但由于种子雨绝大多数飘落到河流中,故幼苗密度最低,只有18株·m⁻²。不同生境薇甘菊幼苗密度的差异显著性分析表明,除林地和橡胶林间差异不显著外,其余各生境间均存在显著差异($P < 0.05$)。

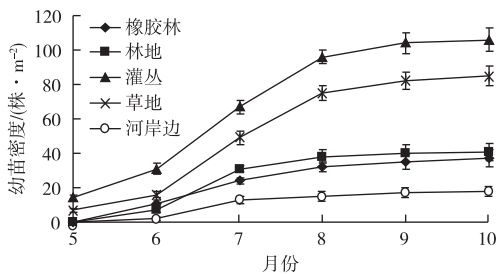


图2 野外条件下不同生境薇甘菊萌发的幼苗动态

Fig. 2 Germination of *Mikania micrantha* seeds in fields different in type of habitat

3 讨论

3.1 薇甘菊对土壤种子库植物群落的影响

大量研究证明,外来入侵植物会降低入侵地的物种丰富度、物种多样性指数和均匀性指数,影响植物群落组成和结构^[15-16]。土壤种子库与地上植被关系密切,地上植被的种子雨是土壤种子库的主要来源,反之,种子库通过参与群落的自然更新又影响着地上群落结构组成及物种多样性的维持^[17]。将研究区地上植被物种丰富度的粗略统计结果(10月)与土壤种子库对比发现,在薇甘菊入侵程度较重(盖度为70%~95%)的群落中土壤种子库的物种丰富度明显高于地上植被。其原因一方面可能是其他群落中植物种子飘散时零星落入;另一方面与入侵历史和其他植物种子的储藏特性有关,土壤种子库物种种类多,说明大多数物种的种子是长久性的^[18]。薇甘菊具有攀援和匍匐生长方式,生长过

程中几乎能覆盖群落中的所有植物,有利于其争夺光照和养分^[19],从而直接影响其他植物的生长和群落结构。薇甘菊土壤种子库中一年生草本植物的物种丰富度最高(表1),反映出在薇甘菊致密的植被覆盖层下多数一年生草本植物可以顺利完成有性繁殖,而多年生植物会受到明显影响。入侵种通常具有比本地种更强的形态可塑性和竞争力^[20],因此在同等条件下或是当造成本地物种灭绝和群落结构改变时,入侵种的存在也更利于其他外来种的入侵和扩散。笔者研究中外来入侵植物的物种丰富度和总密度明显高于本地物种,说明薇甘菊的入侵可能有助于个别或其他更多外来物种的入侵。

3.2 不同生境薇甘菊土壤种子库与幼苗库特征

土壤种子库是植物种群生活史的一个潜种群阶段,是植被天然更新的物质基础^[21]。作为繁殖体的储备库,土壤种子库可以减小种群灭绝几率,成为影响种群、群落乃至生态系统演替过程和发展趋势的重要因子^[22]。种子传播是薇甘菊扩散蔓延的主要方式,其每年产生大量的细小种子^[10-11]。笔者研究发现5种生境中薇甘菊土壤种子库的平均密度仅为53~165粒·m⁻²,远小于薇甘菊产生的种子量(0.25%~1.74%)^[10-11],而且薇甘菊种子轻、具有冠毛而适于风力传播^[23],这说明薇甘菊种子的散布能力很强,能借助风将种子传播到较远的距离,在新生境或区域中形成新的入侵和扩散。根据种子在土壤中的储藏行为,种子植物至少可分为短暂种子库植物(存活时间不足1a)和具有长久性种子库植物(存活时间超过1a)^[24],不同类型种子库对植物种群恢复具有不同作用。张炜银等^[14]研究发现,薇甘菊具有短暂性和长久性土壤种子库。笔者研究中,在室内湿度和光照良好条件下,薇甘菊土壤种子库萌发过程持续约2个月,而野外条件下长达6个月;从室内和室外萌发的幼苗密度来看,野外条件下薇甘菊种子库当年雨季萌发率为33.92%~68.55%,很多未萌发的种子会进入长久性土壤种子库,这对薇甘菊的种群维持和发展具有重要意义。薇甘菊短暂性种子库的存在能促进其种群稳定或快速增长,进而有利于在某个时期形成大暴发;长久性种子库的存在和野外条件下较长的萌发过程能让薇甘菊在不良环境和人为干扰条件下也不会受到灭绝威胁。此外,不同土层深度都有薇甘菊种子库分布,这也有利于其种群的维持与恢复。

3.3 土壤种子库与生态系统管理

生态恢复的目标是使受破坏的植被恢复到原始状态^[25],即充分发挥土壤种子库的作用^[26],只有

本地植物在土壤种子库中占绝对优势时才能实现生态恢复。根据目前的研究结果,在薇甘菊土壤种子库中,外来入侵植物无论是物种种类还是种子密度都占绝对优势,表明在薇甘菊入侵严重的生境中本地植被自然恢复的可能性不大。因此,在未来的生态修复中需要同时加强对薇甘菊和其他外来入侵植物的防治,而且还需要适当增加本地物种的种类和种子数量。

幼苗是薇甘菊整个生活史中最脆弱的阶段,容易防治,而且自然条件下部分幼苗会死亡^[27]。然而,薇甘菊在0~10 cm土层均有种子分布且存在长久性土壤种子库,这极大地增加了薇甘菊生态管理的任务和难度。一方面,单一的化学除草剂或人工防除技术能在短期内一次性消灭或清除地表植株,但要根除土壤种子库中的长久性种子则非常困难,尤其是储存于较深层(>2~10 cm)土壤中的种子;另一方面,只有将整个薇甘菊入侵区域的地表植株和土壤种子全部耗尽时,薇甘菊才可彻底防治,但由于局部的单一防治无法彻底根除薇甘菊的土壤种子库,除草剂也难以杀死薇甘菊地下根茎,强大的茎节与叶片克隆繁殖能力及其大范围的种子随风传播,都增加了防治难度。因此,在薇甘菊的防治和生态管理中需要采取综合性措施,防治技术上以化学除草剂防治为主,机械防治、生态恢复和替代控制为辅^[28],防治策略上注重点面结合。

参考文献:

- [1] LOWE S, BROWNE M, BOUDJELAS S, et al. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species: A Selection From Global Invasive Species Database [M]. Auckland, New Zealand: IUCN/SSC Invasive Species Specialist Group, 2001: 6.
- [2] HOLM L G, PLUCKNETT D L, PANCHO J K, et al. The World's Worst Weeds: Distribution and Biology [M]. Honolulu: University Press of Hawaii, 1977: 320.
- [3] ZHANG L Y, YE W H, CAO H L, et al. *Mikania micrantha* H.B.K in China: An Overview [J]. Weed Research, 2004, 44(1): 42-49.
- [4] 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.
- [5] 杜凡, 杨宇明, 李俊清, 等. 云南假泽兰属植物及薇甘菊的危害 [J]. 云南植物研究, 2006, 28(5): 505-508.
- [6] 申时才, 张付斗, 徐高峰, 等. 云南外来入侵农田杂草发生与危害特点 [J]. 西南农业学报, 2012, 25(2): 554-561.
- [7] TEMPLETON A, LEVIN D. Evolutionary Consequences of Seed Pools [J]. The American Naturalist, 1979, 114(2): 232-249.
- [8] 王硕, 高贤明, 王瑾芳, 等. 紫茎泽兰土壤种子库特征及其对幼苗的影响 [J]. 植物生态学报, 2009, 33(2): 380-386.

- [9] GIORIA M, OSBORNE B. The Impact of *Gunnera tinctoria* Molina (Mirbel) on Soil Seed Bank Communities [J]. Journal of Plant Ecology, 2009, 2(3): 153-167.
- [10] 郭耀纶, 陈志达, 林杰昌. 藉连续切蔓法及相克作用防治外来入侵的小花蔓泽兰 [J]. 台湾林业科学, 2002, 17(2): 171-181.
- [11] 张炜银, 李鸣光, 王伯荪, 等. 外来杂草薇甘菊在不同群落中的种子生产特征 [J]. 武汉植物学研究, 2003, 21(2): 143-147.
- [12] 胡玉佳, 毕培曦. 薇甘菊生活史及其对除莠剂的反应研究 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 1994, 33(4): 89-89.
- [13] 李鸣光, 张炜银, 王伯荪, 等. 薇甘菊种子萌发特性的初步研究 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2002, 41(6): 57-59.
- [14] 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.
- [15] 丁晖, 徐海根, 刘志磊. 外来入侵植物紫茎泽兰对植物多样性的影响 [J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(2): 29-32.
- [16] 朱慧, 吴双桃. 杂草五爪金龙对入侵地植物群落和土壤肥力的影响 [J]. 生态与农村环境学报, 2012, 28(5): 505-510.
- [17] 杨跃军, 孙向阳, 王保平. 森林土壤种子库与天然更新 [J]. 应用生态学报, 2001, 12(2): 304-308.
- [18] 张咏梅, 何静, 潘开文, 等. 土壤种子库对原有植被恢复的贡献 [J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(3): 326-332.
- [19] BROOKS S J, PANETTA F D, GALWAY K E. Progress Towards the Eradication of *Mikania Vine (Mikania micrantha)* and *Limnorcharis (Limnorcharis flava)* in Northern Australia [J]. Invasive Plant Science and Management, 2008, 1(3): 296-303.
- [20] 耿宇鹏, 张文驹, 李博. 表型可塑性与外来植物的入侵能力 [J]. 生物多样性, 2004, 12(4): 447-555.
- [21] MOLES A T, DRAKE D R. Potential Contribution of the Seed Rain and Seed Bank to Regeneration of Native Forest Under Plantation Pine in New Zealand [J]. New Zealand Journal of Botany, 1999, 37(1): 83-93.
- [22] LEVIN D A. The Seed Bank as a Source of Genetic Novelty in Plants [J]. American Naturalist, 1990, 135(4): 563-572.
- [23] 杨逢建, 张衷华, 王文杰, 等. 八种菊科外来植物种子形态与生理生化特征的差异 [J]. 生态学报, 2007, 27(2): 442-449.
- [24] THOMPSON K, GRIME J P. Seasonal Variation in the Seed Banks of Herbaceous Species in Ten Contrasting Habitats [J]. Journal of Ecology, 1979, 67(3): 893-921.
- [25] MUNRO J W. Ecological Restoration and Other Conservation Practices: The Difference [J]. Ecological Restoration, 2006, 24(3): 182-189.
- [26] 张志权. 土壤种子库 [J]. 生态学杂志, 1996, 15(6): 36-42.
- [27] 张炜银, 王伯荪, 张军丽, 等. 薇甘菊种群幼苗结构和动态 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2002, 41(6): 65-67.
- [28] 常瑞英, 王仁卿, 张依然, 等. 入侵植物空心莲子草的入侵机制及综合管理 [J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29(1): 17-23.

作者简介: 申时才 (1979—), 男, 云南镇雄人, 助理研究员, 硕士, 主要从事植物生态学和外来生物入侵研究。E-mail: shenshicai2011@yahoo.com.cn