

温州裂叶月见草入侵群落和土壤种子库 种类组成的季节动态

南康武^{1,2}, 吴庆玲², 胡仁勇², 陈素珍², 丁炳扬^{2*}

(1. 蒲鞋市小学, 浙江 温州 325027; 2. 温州大学生命与环境科学学院, 浙江 温州 325027)

摘要: 通过野外调查和萌发实验, 研究了浙江温州地区裂叶月见草(*Oenothera laciniata*)入侵群落和土壤种子库种类组成的季节动态, 结果表明: 裂叶月见草土壤种子库中共有种子植物 46 种, 种子库各层储量与物种数量不同, 呈现为上层(0~2 cm) > 中层(2~5 cm) > 下层(5~10 cm), 层间差异较明显; 裂叶月见草入侵群落地上植被与土壤种子库群落组成相似性系数为 0.632, 表明该群落裂叶月见草入侵时间不长, 处在演替的初期阶段; 裂叶月见草种子具有休眠特性, 并在萌发的过程中阶段性破除休眠; 裂叶月见草的重要值与群落的物种多样性存在着正相关性, 但未达显著水平($P > 0.05$); 在每年的 11 月至次年 4 月裂叶月见草营养生长期铲除是控制裂叶月见草传播和扩散的有利时机。

关键词: 裂叶月见草; 土壤种子库; 地表植被; 物种多样性; 浙江

中图分类号: Q948.12

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2009)06-0535-08

Seasonal Dynamics of Species Composition of Community and Soil Seed Bank Invaded by *Oenothera laciniata* Hill in Wenzhou, Zhejiang

NAN Kang-wu^{1,2}, WU Qing-ling², HU Ren-yong², CHEN Su-zhen², DING Bing-yang^{2*}

(1. Puxieshi Primary School, Wenzhou 325027, China; 2. College of Life & Environmental Science, Wenzhou University, Wenzhou 325027, China)

Abstract: To accumulate the information for research on diffusion mechanism and ecological effect of *Oenothera laciniata* Hill, the community invaded by *O. laciniata* in Wenzhou, Zhengjiang Province and the seasonal dynamics of species composition in soil seed bank were studied based on field investigation and germination experiment. The results showed that there were 46 species in the soil seed bank, and the species richness and their abundance among the soil layer showed remarkable difference, in the order as 0~2 cm > 2~5 cm > 5~10 cm. The Sorensen's similarity coefficient for species composition aboveground and in the seed bank was 0.632, showing that the invaded community was at the initial stages of succession. The seed of *O. laciniata* had a characteristic of dormancy, and seed could periodically break dormancy at the process of bud. The importance value of *O. laciniata* in the community had positive correlation with the species diversity of community, but not significantly ($P > 0.05$). It is proper time to control the spread of *O. laciniata* by eradicating it at its vegetative growth phase from November to next April.

Key words: *Oenothera laciniata* Hill; Soil seed bank; Aboveground vegetation; Species diversity; Zhejiang

土壤种子库是指存在于土壤表面和土壤中的全部存活种子的总和^[1]。土壤种子库时期是植物

种群生活史的一个阶段, 又称为潜种群阶段。土壤种子库与地上植被关系密切, 后者的种子雨是前者

收稿日期: 2009-01-13 接受日期: 2009-06-10

基金项目: 温州市科技计划项目(S2004A015); 浙江省科技计划重点项目(2005C22081)资助

* 通讯作者 Corresponding author

的主要来源,反过来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。研究土壤种子库的组成、动态以及它在植被的恢复和演替中的作用,有助于对农田、森林和自然保护区的管理,帮助人们在环境治理方面做出合理的决策^[2-3]。

近年来,外来物种入侵现象在世界范围内普遍存在,植物群落被扰乱后的恢复涉及到种子库中种子的萌发、种苗的补充和群落的重建,因此入侵植物在土壤种子库中所占的比重成为入侵生态学研究的重要内容。党伟光等^[4]对四川攀枝花市紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)入侵地区的植被组成和土壤种子库的变化进行了研究,结果表明紫茎泽兰在当地植被和土壤种子库中都占绝对优势,其他物种从种子阶段就开始亏缺,认为这是紫茎泽兰不断更新和难以彻底控制的重要原因。张炜银等^[5]研究了内伶仃岛不同群落中薇甘菊土壤种子库动态,在薇甘菊土壤种子库中从地表向下随着深度的增加,活力种子逐渐减少,群落所处的演替阶段影响薇甘菊种群的开花结实。

裂叶月见草(*Oenothera laciniata*)为柳叶菜科(Onagraceae)月见草属(*Oenothera*)草本植物,原产北美洲,在日本、我国的台湾和上海早就成为归化种,近年在浙江丽水、温州、金华等地有发现^[6-7]。蒋明等^[8]的研究表明裂叶月见草繁殖系数大、适应性强,具有一定入侵性。因此,裂叶月见草的扩散机制、入侵的生态过程、土壤种子库特征、对群落种类组成和物种多样性的影响等均是值得探索的生态学问题。

有关裂叶月见草入侵群落和土壤种子库的研究还未见报道,本文通过野外调查和萌发实验,研究了温州地区裂叶月见草入侵群落及其土壤种子库种类组成和数量特征的季节动态,不仅可为该入侵种的扩散机制及生态效应研究提供基础资料,还可为科学管理和控制提供参考依据。

1 研究方法

1.1 样地自然概况

根据我们调查,裂叶月见草在温州地区有 2 个分布点:一个位于温州市区温州大学学院路校区操场边荒地,于 2005 年首次发现,面积约 2 000 m²,裂叶月见草是群落优势种之一;另一个于 2008 年 7 月在瑞安市花岩森林公园发现,只有少量个体。本

研究选取温州大学学院路的裂叶月见草入侵群落为研究样地,位于 28°0.560'N, 120°19.045'E,土壤为沙土。样地所在的温州市属于亚热带海洋季风湿润性气候,冬夏季风交替显著,温度适中,四季分明,雨量充沛,年平均气温 16.1~18.2℃,年降水量 1 500~1 900 mm,降水日数 175.4 d,全年日照时数 1 700~2 000 h,年均蒸发量为 1 431.9 mm,无霜期为 260~280 d。

1.2 种子库取样

采用样线法进行取样,即在裂叶月见草入侵群落内设置 20 个 1 m×1 m 的小样方,于 2006 年 1 月 4 日、4 月 8 日、7 月 6 日、10 月 18 日代表 4 个季度进行取样,分别在每个小样方内的 4 个对角处按照离地面 0~2 cm、2~5 cm、5~10 cm 三层分别采取样土,取样的土壤面积为 10 cm×10 cm,每次共 60 个土样。

1.3 物种组成鉴定

采用种子萌发法^[9]进行种子库种类鉴定。取口径为 20 cm 的花盆编号,在底部铺上一层煤渣,将 60 份土样对号均匀放入花盆,置于校园实验地常温下萌发,并于四周设置遮阳网防止周围环境的种子进入。适时浇水,保持盆内的湿度。从第一株幼苗出现后,每隔 1 周记录萌发种子的种类和数量,对已萌发出的幼苗进行种类鉴定、计数后清除,对不能鉴定的幼苗继续培养,直到可以鉴定为止,持续观测 4 周直至土样中不再有种子萌发结束实验。

1.4 地上植被调查

分别于取样的同时对该样地植物群落组成进行调查,详细记录每个小样方内植物种类,各物种多度、盖度、生长情况。

1.5 数据处理

在种子鉴定、计数的基础上,统计裂叶月见草入侵群落土壤种子库的种类组成、数量特征和重要值。

(1)种子库的种类组成:对各物种所属的科、属、生活型进行统计分析。

(2)种子库的数量特征:对各层土壤萌发的种子数量以及各个季节萌发的种子数量进行统计分析。

(3)重要值:该指标是衡量某个物种在群落中的地位 and 作用的综合数量指标,计算公式为:重要

值(地上植被) = 相对多度 + 相对频度 + 相对盖度^[10]

重要值(种子库植物) = 相对多度 + 相对频度

(4)地上植被与土壤种子库多样性指数采用辛普森多样性指数(Simpson's diversity index):

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

式中, S 为物种数。

(5)土壤种子库与地上植被的种类组成相似性采用 Sorensen 相似性系数(similarity coefficient, SC)^[11]来计算: $SC = 2w/(a + b)$

式中 SC 为相似性系数; w 为种子库与地上植被共有的植物种数; a 、 b 分别为土壤种子库与地上植被各自拥有的植物种数。

2 结果和分析

2.1 土壤种子库的季节动态

裂叶月见草入侵群落土壤种子库中共有种子植物 46 种,隶属于 17 科 38 属,其中 45 种为草本植物,1 种乔木,草本植物中有 36 种为 1 a 或 2 a 生草本,9 种属于多年生草本。禾本科(Gramineae)、菊科(Compositae)、石竹科(Caryophyllaceae)植物为优势科,分别有 11、7 和 5 种。

经统计,裂叶月见草入侵群落中土壤种子库 4 个季度萌发的幼苗总数是 1 781 株,大都为草本植物。第二季度(4 月)采集的土壤中总共萌发了 597 株幼苗,萌发量最多,而第一季度(1 月)采集的土壤只萌发了 251 株幼苗,萌发量最少。种子萌发量以

表 1 裂叶月见草入侵群落土壤种子库的科属组成

Table 1 Family and genus composition of soil seed bank in community invaded by *Oenothera laciniata*

| 科 Families | 属 Genera | 科 Families | 属 Genera |
|----------------------|---|---------------------|---|
| 大戟科 Euphorbiaceae | 叶下珠属 <i>Phyllanthus</i> (1) 铁苋菜属 <i>Acalypha</i> (1) 大戟属 <i>Euphorbia</i> (1) | 石竹科 Caryophyllaceae | 卷耳属 <i>Cerastium</i> (1) 漆姑草属 <i>Sagina</i> (1) 繁缕属 <i>Stellaria</i> (1) |
| 菊科 Compositae | 藿香蓟属 <i>Ageratum</i> (1) 白酒草属 <i>Conyza</i> (1) 醴肠属 <i>Eclipta</i> (1) 鼠麴草属 <i>Gnaphalium</i> (1) 裸柱菊属 <i>Soliva</i> (1) 黄鹌菜属 <i>Youngia</i> (1) | 禾本科 Gramineae | 狗牙根属 <i>Cynodon</i> (1) 马唐属 <i>Digitaria</i> (1) 稗属 <i>Echinochloa</i> (1) 稗属 <i>Eleusine</i> (1) 蜈蚣草属 <i>Eremochloa</i> (1) 千金子属 <i>Leptochloa</i> (1) 早熟禾属 <i>Poa</i> (1) 棒头草属 <i>Polypogon</i> (1) 狗尾草属 <i>Setaria</i> (1) |
| 玄参科 Scrophulariaceae | 婆婆纳属 <i>Veronica</i> (3) 通泉草属 <i>Mazus</i> (1) | 十字花科 Brassicaceae | 芥属 <i>Capsella</i> (1) 碎米荠属 <i>Cardamine</i> (1) 臭芥属 <i>Coronopus</i> (1) 蔊菜属 <i>Rorippa</i> (1) |
| 茜草科 Rubiaceae | 拉拉藤属 <i>Galium</i> (2) | 柳叶菜科 Onagraceae | 月见草属 <i>Oenothera</i> (1) |
| 莎草科 Cyperaceae | 莎草属 <i>Cyperus</i> (1) | 桑科 Moraceae | 构属 <i>Broussonetia</i> (1) |
| 伞形科 Umbelliferae | 天胡荽属 <i>Hydrocotyle</i> (1) | 马齿苋科 Portulacaceae | 马齿苋属 <i>Portulaca</i> (1) |
| 唇形科 Labiatae | 水苏属 <i>Stachys</i> (1) | | |
| 豆科 Leguminosae | 鸡眼草属 <i>Kummerowia</i> (1) | | |
| 茄科 Solanaceae | 茄属 <i>Solanum</i> (1) | | |
| 百合科 Liliaceae | 葱属 <i>Allium</i> (1) | | |
| 酢浆草科 Oxalidaceae | 酢浆草属 <i>Oxalis</i> (1) | | |

括号内的数字表示属的种数。The number of species present in brackets.

表 2 裂叶月见草入侵群落土壤种子库的数量

Table 2 Quantative attributes of soil seed bank in the community invaded by *Oenothera laciniata*

| 土层深度 Soil depth (cm) | 一季度 Quarter one | 二季度 Quarter two | 三季度 Quarter three | 四季度 Quarter four | % | 种数 Number of species |
|-------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-------|-------------------------|
| 0 ~ 2 | 130 | 310 | 113 | 401 | 53.57 | 34 |
| 2 ~ 5 | 82 | 170 | 138 | 97 | 27.34 | 28 |
| 5 ~ 10 | 39 | 117 | 108 | 76 | 19.09 | 20 |
| 合计 Total | 251 | 597 | 359 | 574 | 100 | 46 |

第一层土壤(0~2 cm)最多, 占了 53.57%, 而且种类也最丰富, 第二层和第三层种类和数量均依次减少。

用重要值表示样地中土壤种子库 4 个季度优势种和裂叶月见草的数量特征(图 1)。

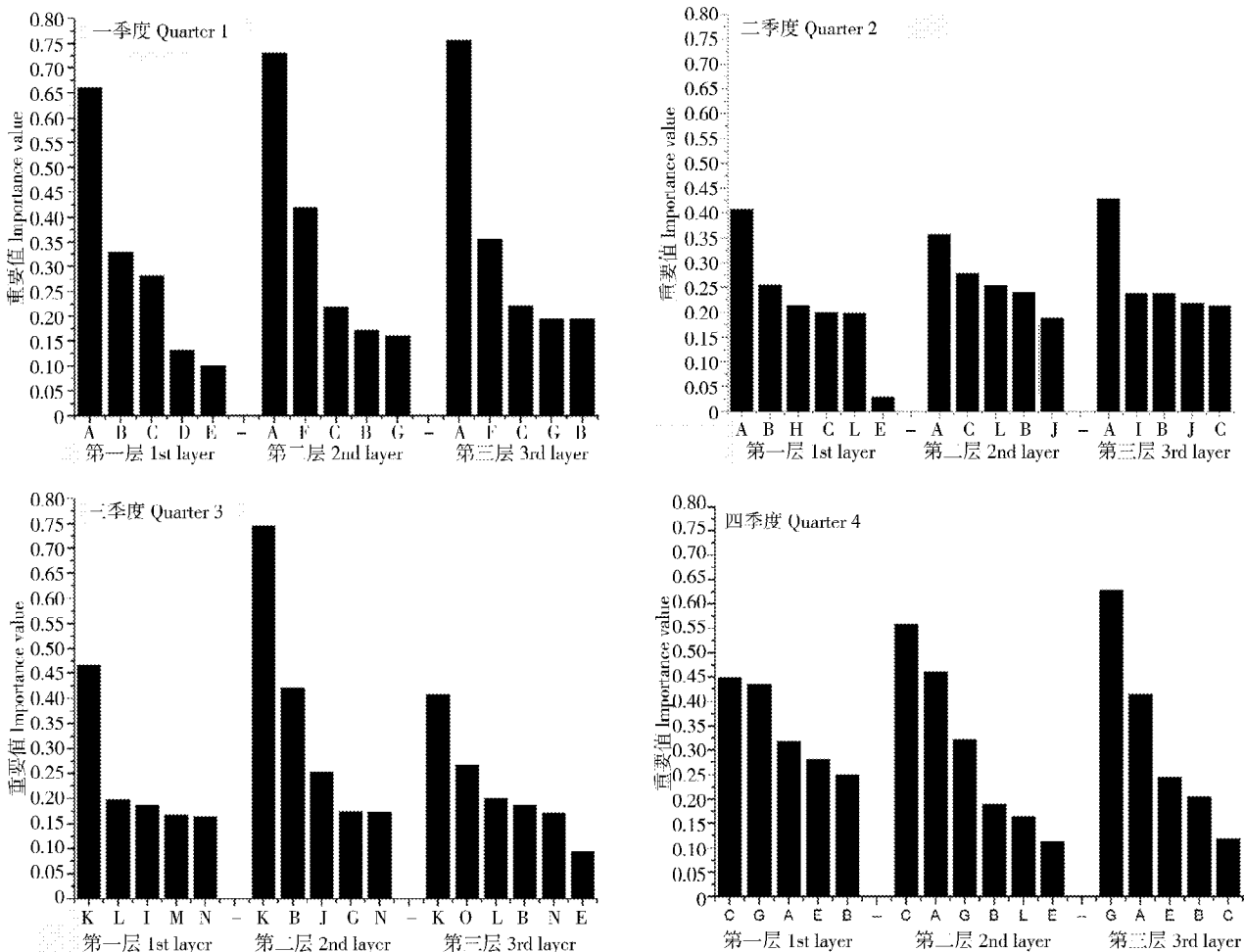


图 1 土壤种子库各个季度中的优势种

Fig. 1 Dominant species in soil seed bank in four quarters

A: 裸柱菊 *Soliva anthemifolia*; B: 通泉草 *Mazus japonicus*; C: 漆姑草 *Sagina japonica*; D: 直立婆婆纳 *Veronica arvensis*; E: 裂叶月见草 *Oenothera laciniata*; F: 蚊母草 *Veronica peregrina*; G: 早熟禾 *Poa annua*; H: 牛筋草 *Eleusine indica*; I: 碎米莎草 *Cyperus iria*; J: 斑地锦 *Euphorbia maculata*; K: 酢浆草 *Oxalis corniculata*; L: 球序卷耳 *Cerastium glomeratum*; M: 雀舌草 *Stellaria uliginosa*; N: 薺菜 *Rorippa indica*; O: 苏门白酒草 *Conyza sumatrensis*.

裂叶月见草入侵群落土壤种子库中 4 个季度的优势种不同, 第一季度为裸柱菊 (*Soliva anthemifolia*)、通泉草 (*Mazus japonicus*)、漆姑草 (*Sagina japonica*)、蚊母草 (*Veronica peregrina*)、早熟禾 (*Poa annua*); 第二季度为裸柱菊、通泉草、碎米莎草 (*Cyperus iria*)、漆姑草、斑地锦 (*Euphorbia maculata*)、牛筋草 (*Eleusine indica*); 第三季度为薺菜 (*Rorippa indica*)、酢浆草 (*Oxalis corniculata*)、球序卷耳 (*Cerastium glomeratum*)、通泉草; 第四季度为漆姑草、裸柱菊、早熟禾、裂叶月见草、通泉草。而各季度各层土壤种子库中的优势种基本上相同。上述

优势种除酢浆草外全部属于 1、2 a 生植物。

土壤种子库萌发实验中, 裂叶月见草在 4 个季度的土壤种子库中均有出现, 一共萌发了 92 株, 并在第四季度的土样中成为优势种, 萌发了 79 棵, 占总数的 85.87%, 而在其余 3 个季度的种子库中出现较少。

由图 2 可以看出, 在第四季度采集的土壤中裂叶月见草萌发量有 3 个峰值, 分别在第 2 周、第 4 周和第 6 周, 说明在第四季度不断有种子解除休眠并萌发。

2.2 地表植被的季节动态

裂叶月见草入侵群落地上植被共有种子植物39种,隶属于38属16科。禾本科植物为主要优势科,有9种植物;其次是菊科和十字花科(Cruciferae),分别有5种和4种植物。此外,除裂叶月见草外,样地中还有其他7种外来入侵种:臭芥(*Coronopus didymus*)、北美独行菜(*Lepidium virginicum*)、阿拉伯婆婆纳(*Veronica persica*)、裸柱菊、一年蓬(*Erigeron annuus*)、苏门白酒草(*Conyza sumatrensis*)、北美车前(*Plantago virginica*)^[12]。

用重要值表示样地中地表植被4个季度优势种和裂叶月见草的数量特征(表3)。

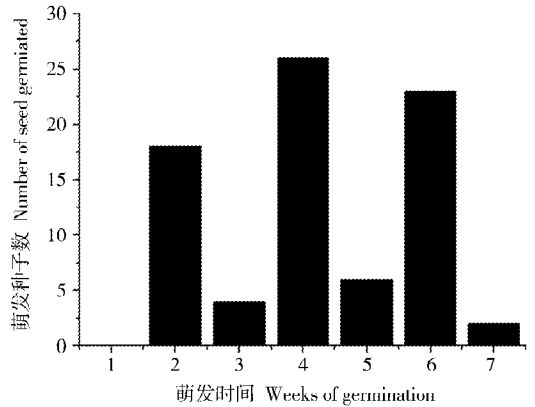


图2 第四季度裂叶月见草萌发总量变化

Fig. 2 Amount of seed germination of *Oenothera laciniata* in the fourth quarter

表3 地表植被的优势种及重要值

Table 3 The importance value (IV) of aboveground vegetation

| 月份 Month | 物种 Species | IV | 月份 Month | 物种 Species | IV |
|----------------------------------|---|--------|-------------|---|--------|
| 1 | 早熟禾 <i>Poa annua</i> | 0.332 | 4 | 裂叶月见草 <i>Oenothera laciniata</i> | 0.291 |
| | 裸柱菊 <i>Soliva anthemifolia</i> | 0.287 | | 棒头草 <i>Polypogon fugax</i> | 0.252 |
| | 狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i> | 0.260 | | 漆姑草 <i>Sagina japonica</i> | 0.202 |
| | 阿拉伯婆婆纳 <i>Veronica persica</i> | 0.243 | | 狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i> | 0.176 |
| | 裂叶月见草 <i>Oenothera laciniata</i> | 0.214 | | 早熟禾 <i>Poa annua</i> | 0.166 |
| | 水苏 <i>Stachys japonica</i> | 0.116 | | 水苏 <i>Stachys japonica</i> | 0.148 |
| | 漆姑草 <i>Sagina japonica</i> | 0.114 | | 中华结缕草 <i>Zoysia sinica</i> | 0.129 |
| | 北美车前 <i>Plantago virginica</i> | 0.108 | | 芥菜 <i>Capsella bursapastoris</i> | 0.125 |
| | 猪殃殃 <i>Galium aparine</i> var. <i>echinospermum</i> | 0.101 | | 猪殃殃 <i>Galium aparine</i> var. <i>echinospermum</i> | 0.120 |
| | 球序卷耳 <i>Cerastium glomeratum</i> | 0.095 | | 球序卷耳 <i>Cerastium glomeratum</i> | 0.077 |
| 7 | 牛筋草 <i>Eleusine indica</i> | 0.429 | 10 | 狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i> | 0.697 |
| | 棒头草 <i>Polypogon fugax</i> | 0.358 | | 斑地锦 <i>Euphorbia maculata</i> | 0.324 |
| | 狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i> | 0.283 | | 糠稷 <i>Panicum bisulcatum</i> | 0.154 |
| | 铁苋菜 <i>Acalypha australis</i> | 0.1563 | | 牛筋草 <i>Eleusine indica</i> | 0.140 |
| | 斑地锦 <i>Euphorbia maculata</i> | 0.135 | | 铁苋菜 <i>Acalypha australis</i> | 0.115 |
| | 叶下珠 <i>Phyllanthus urinaria</i> | 0.110 | | 通泉草 <i>Mazus japonicus</i> | 0.0974 |
| | 稗 <i>Echinochloa crusgalli</i> | 0.0865 | | 稗 <i>Echinochloa crusgalli</i> | 0.0938 |
| | 通泉草 <i>Mazus japonicus</i> | 0.0714 | | 酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i> | 0.0799 |
| | 鸡眼草 <i>Kummerowia striata</i> | 0.0709 | | 叶下珠 <i>Phyllanthus urinaria</i> | 0.0725 |
| | 碎米莎草 <i>Cyperus iria</i> | 0.0703 | | 鸡眼草 <i>Kummerowia striata</i> | 0.0618 |
| 裂叶月见草 <i>Oenothera laciniata</i> | 0.0261 | | | | |

冬季(1月)样地地表植被的优势种为早熟禾、裸柱菊、狗牙根(*Cynodon dactylon*)、阿拉伯婆婆纳、裂叶月见草等;春季(4月)的优势种与冬季大致相同,但裂叶月见草成为绝对优势种;夏季(7月)的优势种与前2个季度不同,为牛筋草、棒头草(*Polypogon fugax*)、狗牙根、铁苋菜(*Acalypha australis*)、斑地锦等,裂叶月见草重要值大幅下降;秋季(10月)的优势种与夏季基本相同,但裂叶月见草绝迹。上述优

势种中除狗牙根、猪殃殃(*Galium aparine* var. *echinospermum*)、酢浆草为多年生外,其它均为1、2 a生植物,反映了荒地的群落特征。

地表植被中裂叶月见草重要值的季节变化见图3,裂叶月见草1月份处于营养生长阶段,在群落中占据一定优势,重要值较高;4月份为繁殖生长旺盛期,重要值明显上升,成为地表植被中重要值最大的优势种;7月份之后经历结实期后逐渐枯

死;10 月份之后基本消失。

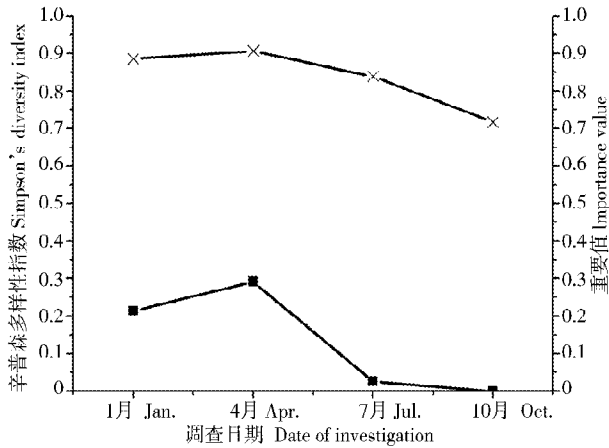


图 3 裂叶月见草入侵群落物种多样性和裂叶月见草重要值变化
Fig. 3 The changes in importance value of *Oenothera laciniata* and species diversity in community invaded by *Oenothera laciniata*
x: 地表植物辛普森指数 Simpson's diversity index of aboveground vegetation; ■: 地表裂叶月见草重要值 Importance value of aboveground *Oenothera laciniata*.

2.3 土壤种子库与地上植被的关系

裂叶月见草入侵群落地上植被与土壤种子库中共有植物有 30 种, Sorensen 的相似性系数(SC)为 0.632, 4 个季度中的优势种基本相同, 表现出较高的相似性。

裂叶月见草入侵群落地上植被辛普森多样性指数的四季变化趋势是冬、春、夏季较高(分别为 0.89325、0.91266、0.83957), 秋季较低(0.72233)。

3 讨论

3.1 土壤种子库的时空分布

大多数研究表明, 土壤种子库中植物种子的垂直分布规律为表层土壤中比例高, 随着土层的加深而减少^[13], 本文的研究结果与此一致, 第一层土壤的种子数量与种类最多, 占总数的 53.57%, 而第二层次之, 占 27.34%, 第三层最少, 只占 19.09%, 层间储量的差异较明显。原因是样地近几年基本未有翻动, 各种植物的种子脱落后大部分保留在第一层, 只有少数种子随偶然的翻动进入第二、三层; 而早年进入下层的种子会随时间的消逝也逐渐失去活力, 因此数量和种类都会比第一层的少。

经种子萌发试验发现 4 月和 10 月土壤种子库种子数量较大, 并且物种数量也是明显多于其他两个季度。这主要与该样地中的植被主要由 1 a 生或 2 a 生杂草组成有关, 2 a 生植物在 3~4 月为结

实高峰, 而 1 a 生植物则在 9~10 月为结实高峰, 并且这些植物大多无明显的休眠期, 而温度、水分等环境因素也会造成种子库产生季节性变化^[14]。

3.2 土壤种子库和地上植被的关系

土壤种子库的种子来源于地上成熟植株, 土壤种子库的种类组成与地上植被物种组成之间的关系是一个值得探讨的问题, 土壤种子库对地上幼苗种类的影响在决定群落演替的方向方面作用甚大。裂叶月见草入侵群落土壤种子库和地上植被关系密切, 地上植被所散布的种子雨是土壤种子库中种子的直接来源, 两者在种类组成上具有很大的相似性。裂叶月见草入侵群落的地上植被和土壤种子库的共有种类达到 30 种, 占地上植被种类的 76.92%, 种子库种类的 65.22%, 地上植被中的优势种在土壤种子库中也有较大的种子储量。由于土壤种子库在发育上具有一定的滞后性, 它的种子储藏库由过去很长一段时期内土壤中种子累积而成, 所以其种子种类较当年的地上植被的种类较多。

演替影响土壤种子库与地上植被种类组成的关系, 唐永等^[15]在对西双版纳几类热带森林的土壤种子库与地上植被的关系的研究发现, 森林演替初期土壤种子库与地上植被共有的种类和种子储量较多, 因为此时植被的优势种种子大都细小而具休眠性, 易被埋藏在种子库中。有研究表明, 以 1 a 生草本植物为主的草原植物群落, 土壤种子库与地上植被的相似性比较大^[16], 这是因为 1 a 生植物繁殖周期短、种子产量大^[17]。本试验显示裂叶月见草入侵群落地上植物与土壤种子库物种组成的相似性系数为 0.632, 地上植被与土壤种子库群落组成相似性高, 可以认为裂叶月见草入侵时间不长, 群落处在演替初期阶段。

3.3 裂叶月见草的种子萌发特性

样地地表植被调查(表 3)可知, 1 月份就可见大量的裂叶月见草幼苗, 说明其种子是上年植株所结, 4 月上旬调查时成为群落中的绝对优势种, 5~6 月进入开花结实期, 之后种子逐渐成熟脱落进入种子库, 7 月份植株逐渐枯死, 到 10 月调查时已不见踪迹。由种子库实验可知, 4 个季度采集的土样均有裂叶月见草的幼苗出现, 但以在第四季度采集的土样中出现最多。综合分析上述结果表明裂叶月见草种子具有休眠特性, 5~6 月份成熟脱落后休

眠直至11~12月才大量萌发出苗,以渡过夏季的高温。

对于大多数田间杂草来说,它们难以被根除的主要原因就是种子库储量丰富,有比较完善的休眠习性,以防条件适宜时全部萌发,之后却因遭遇不良环境变化而种群骤减。种子数量多且具有发芽不整齐性的特点是裂叶月见草抵抗干扰的策略之一。裂叶月见草种子在土壤中休眠的解除规律有待进一步研究,也许可以在防止裂叶月见草的再次爆发和入侵方面有所帮助。

3.4 裂叶月见草重要值与群落物种多样性的关系

干扰在自然界是普遍存在的现象,干扰对植物群落影响的研究已有较多的积累,植物群落的两个重要特征——物种组成和多样性是研究的两个重要方面^[18]。已有研究对此提出了一些假说和理论,其中得到广泛证实的是 Connell 提出的“中度干扰假说”^[19-20],它认为中等程度的干扰有利于群落物种多样性水平的提高。

由图3可以看出,除种子库与地表植被相互影响之外,裂叶月见草的重要值与群落的物种多样性的变化曲线存在着一定相似性,相关系数为0.849,但未达显著水平($P>0.05$)。本研究结果与“中度干扰学说”相吻合。一方面,该样地被抛荒缺乏管理,处于操场边缘导致被轻度践踏,阻碍了原来优势种的生长,这些都为裂叶月见草的入侵提供了有利条件;另一方面,由于裂叶月见草的入侵,占据了一定的光照、水分、营养物质及生长空间等自然资源,对群落的生境也产生一定的干扰,一些新的物种或外来物种,尚未完成发育就受到干扰,难以在群落中形成新的优势种,而一些原来的优势种也受到干扰,优势度受到抑制,使得群落的物种多样性较高。在不同环境条件下,裂叶月见草的入侵和扩展对群落的物种多样性是否会产生负面影响有待进一步研究。

3.5 裂叶月见草的防除与管理

杂草种子可以通过多种途径进入土壤种子库,其中最主要的方式是田间杂草植株结实。杂草种子还可以通过各种媒介进入土壤种子库中,如各种生物、农用器具、作物种子、风力、灌溉用水或肥料等^[21]。杂草能够持续不断地在农田中产生危害,主要根源在于土壤中杂草种子库的存在^[22],强胜教授^[23]根据种子库的理论提出了“断源、截流、竭库”

的杂草综合管理体系。目前,裂叶月见草在我国入侵范围还不广,需要我们对它采取严格的内检措施,防止其扩散与蔓延。同时对裂叶月见草的分布、扩散蔓延和危害进行风险评估与预警,加强监测与实施有效的技术予以扑灭、根除和控制^[24]。

从裂叶月见草的生长和萌发特性来看,它在温州地区属于2a生植物,以种子进行繁殖,且种子大多于当年秋末冬初萌发。在对样地裂叶月见草的生长周期观察中发现,裂叶月见草于11月初幼苗出土到次年4月为营养快速生长期,之后进入开花结实期。因此,在防止裂叶月见草蔓延进而大范围扩散到其他区域,必须在11月幼苗出土到次年4月营养快速生长阶段进行清除,以避免植株产生种子进入土壤。通过几年连续的防除与管理,有可能控制或缩小裂叶月见草的入侵范围与程度。

参考文献

- [1] Roberts H A. Seed banks in soils [M]// *Advances in Applied Biology*. London: Academic Press, 1981: 1-55.
- [2] Zhang L(张玲), Li G H(李广贺), Zhang X(张旭). A review on soil seed banks study [J]. *Chin J Ecol(生态学杂志)*, 2004, 23(2): 114-120.(in Chinese)
- [3] Sun H Z(孙红召), Wang M(王萌), Dai L(代莉). The progress in soil seed storage research [J]. *J Henan For Sci Techn(河南林业科技)*, 2007, 27(2): 29-30.(in Chinese)
- [4] Dang W G(党伟光), Gao X M(高贤明), Wang J F(王瑾芳), et al. Soil seed bank traits in an area invaded by *Eupatorium adenophorum* [J]. *Biodiv Sci(生物多样性)*, 2008, 16(2): 126-132.(in Chinese)
- [5] Zhang W Y(张炜银), Li M G(李鸣光), Zang R G(臧润国), et al. Dynamics of seeds bank of *Mikania micrantha* populations [J]. *J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究)*, 2005, 23(1): 49-52.(in Chinese).
- [6] 蒋明, 丁炳扬, 曹家树, 等. 外来杂草——裂叶月见草 [J]. *植物检疫*, 2004, 18(5): 285-287.
- [7] Lai X Y(赖秀雅), Wu Q L(吴庆玲), Li X(李想), et al. New records of naturalized plant in Zhejiang Province [J]. *J Wenzhou Univ (Nat Sci)(温州大学学报: 自然科学版)*, 2008, 29(5): 13-16.(in Chinese)
- [8] 蒋明, 丁炳扬, 曹家树, 等. 新外来杂草——裂叶月见草的生物学特性及防控对策 [J]. *生物学通报*, 2004, 39(9): 20-21.
- [9] Yan Q L(闫巧玲), Liu Z M(刘志民), Li R P(李荣平). A review on persistent soil seed bank study [J]. *Chin J Ecol(生态学杂志)*, 2005, 24(8): 948-952.(in Chinese)
- [10] Su X Q(苏小青), Lin S Z(林思祖), Huang S D(黄石德). Interspecific association of dominant tree populations in *Phoebe bournei* forest with disturbance [J]. *Chin J Ecol-Agr(中国生态农业学报)*, 2007, 15(5): 7-10.(in Chinese)
- [11] Zhao L Y(赵丽娅), Li F R(李锋瑞). Characteristics of the soil seed bank and the seedling bank in fenced sandy meadow [J]. *Acta Bot Boreal-Occid Sin(西北植物学报)*, 2003, 23(10): 1725-1730.(in Chinese)

- [12] Li Z Y(李振宇), Xie Y(解焱). *Invasive Alien Species in China* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2002: 1–230.(in Chinese)
- [13] Zeng Y J(曾彦军), Wang Y R(王彦荣), Nan Z B(南志标), et al. Soil seed banks of different grassland types of Alashan arid desert region, Inner Mongolia [J]. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 2003, 14(9): 1457–1463.(in Chinese)
- [14] Liu X(刘旭), Cheng R M(程瑞梅), Xiao W F(肖文发). Review and prospect on soil seed bank research [J]. *World For Res(世界林业研究)*, 2008, 21(1): 27–33.(in Chinese)
- [15] Tang Y(唐勇), Cao M(曹敏), Cheng C Y(盛才余). Seasonal soil seed bank dynamics in tropical forests in Xishuangbanna [J]. *Guihaia(广西植物)*, 2000, 20(4): 371–376.(in Chinese)
- [16] Zhao L Y(赵丽娅), Li Z H(李兆华), Zhao J H(赵锦慧), et al. Comparison on the difference in soil seed bank between grazed and enclosed grasslands in Horqin sandy land [J]. *J Plant Ecol(植物生态学报)*, 2006, 30(4): 617–623.(in Chinese)
- [17] Maranon T. Soil seed bank and community dynamics in an annual dominated Mediterranean salt marsh [J]. *J Veget Sci*, 1998, 9: 371–378.
- [18] Mao Z H(毛志宏), Zhu J J(朱教君). Effects of disturbances on species composition and diversity of plant communities [J]. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, 2006, 26 (8): 2695–2701.(in Chinese)
- [19] Connell J H. Diversity in tropical rain forest and coral reefs [J]. *Science*, 1978, 199: 1302–1310.
- [20] Huston M A. General hypothesis of diversity [J]. *Amer Nat*, 1979, 113: 81–101.
- [21] Wei J G(韦继光), Zhao Q X(赵群星). A preliminary discussion on the turf-weed sustainable management from the soil weed seed bank [J]. *J Xinyang Agri Coll(信阳农业高等专科学校学报)*, 2006, 16(4): 113–115.(in Chinese)
- [22] 强胜. 杂草学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 8–29.
- [23] 强胜. 杂草科学面向生物科学时代的机遇与挑战(下) [J]. *世界农业*, 2001(5): 42–43.
- [24] Wan F H(万方浩), Guo J Y(郭建英), Wang D H(王德辉). Alien invasive species in China: Their damages and management strategies [J]. *Biodiv Sci(生物多样性)*, 2002, 10(1): 119–125.(in Chinese)