

# 松嫩草地水淹干扰后的土壤种子库特征及其与植被关系

王正文<sup>1,2</sup>, 祝廷成<sup>2</sup>

(1. 中国科学院植物研究所植被数量生态学开放研究实验室, 北京 100093; 2. 东北师范大学植被科学教育部重点实验室, 长春 130024)

**摘要:**研究了松嫩平原羊草草地不同强度水淹干扰对土壤种子库种类组成、物种多样性及其与植被物种组成的相似性关系等的影响。结果表明:(1)随着水淹强度的加重或水淹持续时间的延长,相应地段的土壤种子库物种数目和种子存量都呈减小趋势;(2)土壤种子库的种类成分在干扰样带和对照样带间差异明显,而受水淹干扰的样带之间种子库的种类组成差异不大,表明洪水漂移行使了繁殖体传播和散布的功能;(3)随水淹干扰强度增加,种子库物种多样性指数减小;(4)种子库与地上植被物种组成相似性普遍较低,其原因是主要靠营养繁殖以更新种群的多年生根茎植物经常在植被中出现而不在种子库中出现;(5)种子库与地上植被物种组成相似性随水淹干扰强度增加而下降,表明了水淹干扰对种子库与地上植被物种组成相似性有一定程度的影响。

**关键词:**土壤种子库;水淹;干扰;松嫩平原

## The Seedbank Features and Its Relations to the Established Vegetation Following Flooding Disturbance on Songnen Steppe

WANG Zheng-Wen<sup>1,2</sup>, ZHU Ting-Cheng<sup>2</sup> (1. *Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China*; 2. *Key Laboratory for Vegetation Science, Ministry of Education, Northeast Normal University, Changchun 130024, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(9): 1392~1398.

**Abstract:** The paper examined the impacts of flooding on species composition and diversity of seedbanks and on the similarities of species composition between seedbanks and established vegetation in *Aneurolepidium chinense* grassland of Songnen Plain, Northeastern China. The objectives were to look at the effects of the intensity and duration of flooding disturbance on the species composition in seedbanks and its relation to the species composition of established vegetation. The study site (45°25'~45°30'N, 124°10'~124°21'E) was located in Sanjiadian National Rangeland in the territory of Da'an city, Jilin Province, which was partly flooded in 1998. On the site, four 0.2hm<sup>2</sup>(100m×20m) sized transects subjected to the flooding of different durations and intensities, and a same sized control transect were designed for the comparative study among them. Germination method was used to detect the seeds in the seed banks.

Compared to the congeneric studies, the seed quantity stored in the seed banks were far less, which could mainly attributed to the followings: 1) Some component species such as *Anerolepidium chinense*, *Phragmite australis*, which were dominant species in the communities, depended mainly on vegetative propagation to regenerate, so leave little seeds to the soil; 2) For the control transect, the previous year (1999) to the seed bank sampling, was a very dry year, and the little precipitation influenced the seed production of the immediate year, thus decreased the quantity of the seed rain, and consequently decreased the seed quantity stored in the seed banks; While for the four flooded transects, the seed bank input of the

基金项目:国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000018603);中国科学院知识创新工程重大资助项目(KSCX1-08)

收稿日期:2001-08-13;修订日期:2002-04-10

作者简介:王正文(1969-),男,山东人,博士。主要从事植物种间关系及草地扰动生态学研究。E-mail:wangzhengwen@263.net

three consecutive years from 1997 to 1999 was exclusively low because of drought in 1997 and 1999, and the seed destruction by flood in the August of 1998, when many species had not seeded yet or their seeds had not ripened.

The results showed that with the intensification and prolonging of flooding, both species number and the amount of seeds in the seedbanks tended to decrease. This difference was significant between the flooded transects and the control, but this was not true among the flooded transects, which might be explained by the fact that the flooding disturbance had imposed a comparatively great impacts on the species composition of the seed banks, and the flood drift had functioned as a disseminator for propagules. Intensified and prolonged flooding resulted in a decline in species diversity indices, directly caused by the decline of species number and the increasing dominance of the dominant species. We also found that the similarities between seed banks and the established vegetation were low, mainly due to the frequent presence of some perennial rhizomatous plants in the established vegetation but not in seed banks. Moreover, with intensification of flooding disturbance, the similarity between seed banks and established vegetation declined, suggesting that the flooding disturbance had imposed some effects on either seedbanks or their developmental processes or both. In conclusion, the flooding disturbance exerted influences on the similarity between seed banks and established vegetation through two ways: influencing the species number or changing the species composition of the vegetation. In addition, climatic factors such as drought and precipitation sometimes influence the similarity in species composition between the seed banks and its succedent vegetation by influencing the output of the seed banks and the reestablishment of seedlings, or influence that similarity between the established vegetation and the succedent seed banks by influencing the seed production of some plant species in the present vegetation.

**Key words:** soil seedbank; flooding; disturbance; Songnen plain

文章编号:1000-0933(2002)09-1392-07 中图分类号:Q948.1,S812 文献标识码:A

由于土壤种子库在生态学以及种群统计和进化上的意义,国外学者对种子库的研究十分重视。Harper 在 1977 年出版的“植物种群生态学”一书中,对土壤种子库的研究作了一些讨论<sup>[1]</sup>。近年来,土壤种子库的研究已成为植物种群生态学中比较活跃的领域<sup>[2]</sup>,不同植被类型的土壤种子库研究频见报道<sup>[3~10]</sup>,然而我国在这方面的的工作尚少<sup>[11~13]</sup>,尤其是对我国半干旱草原区<sup>[14]</sup>和较湿润的草甸草原区<sup>[12]</sup>。

植被的动态特征与土壤种子库中的植物种类组成及其数量特征有着不可分割的制约关系。一方面,地上植被是土壤种子库中许多种类的直接种源,地上植被的生物学节律及季节变化影响着土壤种子库的动态。另一方面,土壤种子库中的种子能够直接参与地上植被的更新和演替,其中的种类、数量以及多样性指数可以携带较多的群落演替潜在趋势的信息<sup>[15]</sup>。草地土壤种子库及其与地上相应植被间的相似性或差异性近年来人们争论的又一热点问题。更清楚地了解土壤种子库在改变草地物种组成和生产力方面的潜在作用及其对于恢复物种丰富的草场,维持物种多样性的潜力,是促使研究者在土壤种子库与相应地上植被组成之间进行比较研究的主要原因。因此,了解调查土壤种子的种类和数量,可为深入揭示植被动态提供理论依据<sup>[12]</sup>。同时,土壤中各物种种子数目的稳定对于植物群落的恢复及保护具有重要意义<sup>[16]</sup>。本文对土壤种子库调查的主要目的是研究不同强度水淹干扰对土壤种子库种类组成、物种多样性及其与植被物种组成的相似性关系等的影响。

## 1 研究样地与研究方法

### 1.1 实验地概况

研究地点位于松嫩平原南部、吉林省大安市三家甸子草场内。地理坐标为  $124^{\circ}10' \sim 124^{\circ}21' \text{E}$ ,  $45^{\circ}25' \sim 45^{\circ}30' \text{N}$ , 位于半干旱、半湿润季风型气候,其气候特点具有典型的大陆性气候特征。年平均降水量为 411mm,年平均气温  $4.3^{\circ}\text{C}$ 。该地区属松嫩平原南部较低洼的冲积平原,主要是由冲积的泛滥地和低

阶地构成,地势平坦,表面起伏不大,只有微地形起伏。地带性土壤为淡黑钙土,非地带性土壤为有风沙土、草甸土、盐土、碱土和沼泽土。土壤大部分出现次生盐碱化,地下水位高。这里的主要植被为羊草草甸草原,这种植被是东部森林与西部内蒙古典型草原之间的过渡地带,也是欧亚大陆温带草原带的最东端。

## 1.2 样带设置

研究地点设在吉林省西部大安市畜牧局黄牛发展公司所辖的大面积草场内,其中受水淹干扰的 4 个样带  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  和  $T_4$  设在自牛场场部所处的漫岗上一直到场部北距场部约 1km 的低平地之间的平缓坡地上,经历水淹的持续时间依次为 3、5、7、9 个月,其坡度  $<1^\circ$ ,1998 年水灾之前植被分布较均匀一致,基本上都是以羊草为优势种的群落。对照样带  $T_0$  设置于牛场场部西南方向距厂部约 1km 而未遭受水淹的地段,其土壤、植被组成与水淹干扰样地受灾前差异不大,也是以羊草为优势的群落。4 个水淹干扰样带均为  $0.2\text{hm}^2$  ( $100\text{m} \times 20\text{m}$ ) 的长方形样带,样带平行排列,长边与洪水撤退方向垂直,间距约 150~250m 不等(依撤水时间而定)。对照样带  $T_0$  同样设置为  $0.2\text{hm}^2$  ( $100\text{m} \times 20\text{m}$ ) 的长方形样带。

## 1.3 植被取样

在上述 4 个水淹干扰样带和一个对照样带内,于 1999 年、2000 年的生长季盛期调查样带内的群落组成。取样大小为  $1\text{m}^2$ ,每个样带每次随机取重复样方 20 个。调查并记录每个样方内的植物种类,各物种在样方中的多度、高度、盖度以及各植物种在样带内出现的频度。并从中选取 5 个有代表性的样方,齐地面剪下,带回实验室,分种标记装入纸袋,  $80^\circ\text{C}$  下烘干称重。

## 1.4 土壤种子库取样

土壤种子库取样于 2000 年 4 月 20 日进行。在对照样带  $T_0$  及 4 个受水淹干扰的样带内,分别随机选取 10~15 个取样点,在每个取样点采集用于土壤种子库分析的土柱,面积为  $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ ,深度为 6cm。将采集的土柱样品装入布袋带回。在室温下将种子库土柱样品放入样盘中,铺成一薄层(厚约 3cm),浇入适量水,使种子发芽,于 5~10 月份连续 6 个月观察,记录每份样品中出土幼苗的种类和数量。经常浇水保持土壤湿润,并在每次将种苗拔净后,翻动土壤,尽量使种子萌发完全。

## 1.5 数据分析

采用 Simpson 多样性指数和 Shannon-Weiner 多样性指数计算种子库物种多样性(species diversity);利用 Ochiai 指数、Dice 指数和 Jaccard 指数计算土壤种子库与植被物种组成的相似性。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤种子库的物种组成及种子存量的变化

研究结果表明(表 1):①随着水淹强度的加重或水淹持续时间的延长,相应地段的土壤种子库物种数目呈减少趋势,对照样带  $T_0$  为 9 种; $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  三样带土壤种子库的物种数目与对照样带  $T_0$  相比,大幅度减少,仅为 3 种;至受水淹干扰最严重的  $T_4$  样带,减少为 1 种;②土壤种子库的种类成分在干扰样带和对照样带间差异明显,表现在所有样带的土壤种子库中都有野稗的出现,但受干扰样带中野稗种子的数量远远大于对照样带; $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  三个受干扰样带的种子库中都有碱茅种子的出现,而且存量也相对较大,但对照样带  $T_0$  和受干扰最严重的  $T_4$  样带种子库中却没有碱茅种子的出现;③土壤种子库的种子存量,随受干扰程度的减小而显著增加;④种子库的种子存量与同类研究相比,普遍较小。

土壤种子库的取样于 2000 年初春(4 月 20 日)进行,因此,其物种组成与上一年即 1999 年生长季末的植被组成有密切关系。对照样带  $T_0$  的植被组成中几乎没有野稗的出现,所以其土壤种子库中野稗种子存量很小,远远小于其它 4 个受干扰样带。受干扰最严重的  $T_4$  样带种子库中仅有一种野稗,这是因为 1999 年生长季末样带  $T_4$  植被组成中占优势且大量结实的植物仅野稗一种。同时,从以上的研究结果也可以推测,原有的土壤种子库在水淹干扰发生后受到了很大影响,因为从对照样带的情况来看,对照样带土壤种子库中出现的 9 个物种中,有 5 个种并不出现在 1999 年生长季末的地上植被中。这 5 个种是:蔓萎陵菜、旋覆花、马唐、伏萎陵菜和野稗。这说明对照样带原有的土壤种子库中的种子保持稳定,基本上没有被破坏。而 4 个受水淹干扰样带种子库中所有种类都在 1999 年生长季末的地上植被中出现,说明所取土壤种子库的物种组成依赖于 1999 年生长季末的植被组成,而水淹干扰发生前土壤中既已存在的种子在水淹之后

可能遭到了毁灭性的破坏。

表 1 土壤种子库物种组成及种子库存量  
Table 1 Species composition and seed quantities of soil seedbanks

样带号 Transects	植物种类 Plant species	种子库存量(mean±SD) Seed densities (grains/m <sup>2</sup> )	百分比 Percentage (%)
T <sub>0</sub>	画眉 <sup>①</sup>	4288±1247	43.98
	黄蒿 <sup>②</sup>	2841±832	29.14
	蔓委陵菜 <sup>③</sup>	1440±548	14.77
	旋覆花 <sup>④</sup>	320±106	3.28
	马唐 <sup>⑤</sup>	219±89	2.25
	伏菱陵菜 <sup>⑥</sup>	212±69	2.17
	鸡眼草 <sup>⑦</sup>	203±97	2.08
	寸草苔 <sup>⑧</sup>	183±61	1.88
	野稗 <sup>⑨</sup>	43±11	0.44
	碱茅 <sup>⑩</sup>	3050±845	62.62
T <sub>1</sub>	野稗 <sup>⑨</sup>	1471±329	30.20
	角碱蓬 <sup>⑪</sup>	350±102	7.18
	野稗 <sup>⑨</sup>	1935±298	84.02
T <sub>2</sub>	碱茅 <sup>⑩</sup>	368±76	15.98
	角碱蓬 <sup>⑪</sup>	97±34	4.21
	野稗 <sup>⑨</sup>	1654±201	88.64
T <sub>3</sub>	碱茅 <sup>⑩</sup>	109±55	5.84
	角碱蓬 <sup>⑪</sup>	103±49	5.52
	野稗 <sup>⑨</sup>	967±117	100.00

① *Eragrostis pilosa*; ② *Artemisia scoparia*; ③ *Potentilla flagellaris*; ④ *Inula japonica*; ⑤ *Digitaria sanguinalis*; ⑥ *Potentilla paradoxa*; ⑦ *Kummerowia striata*; ⑧ *Carex duriuscula*; ⑨ *Echinochloa crusgalli*; ⑩ *Puccinellia chinampoensis*; ⑪ *Suaeda. corniculata*

水淹干扰对种子库-植被相似性大小的影响,目前尚未见报道。更清楚地了解这种相似性关系的影响因素,才能有效地利用土壤种子库这一潜在的植被加快植被受干扰后的恢复演替进程,这也是本研究的目之一。

对土壤种子库的取样是在 2000 年初春(4 月 20 日)进行,其物种组成应当是上一年即 1999 年生长季末种子雨的反映<sup>[17]</sup>,所以在一定程度上也应当反映 1999 年生长季末植被的物种组成状况,同时,土壤种子库又将输出,形成下一个生长季的植被或至少一部分(因为植被中有些部分是多年生植物,靠营养繁殖完成更新),所以,它们之间也一定存在着紧密的联系。因此,本研究将 2000 年初春所取的土壤种子库与取样前一年(1999 年)和取样后一年(2000 年)同期(9 月 23~25 日调查)的植被组成进行了比较分析,结果表明:①相似性普遍较小;②土壤种子库与植被的 3 种相似性指数(Jaccard, Dice, Ochiai)基本上是随着水淹干扰减小而增加,与 1999 年植被样带 T<sub>3</sub> 的相似性稍偏高;③ 3 种相似性指数在受水淹干扰的四

2.2 土壤种子库物种多样性的变化

对土壤种子库的物种多样性进行了计算,结果如表 2 所示。很明显可以看出,从无干扰的对照样带 T<sub>0</sub> 开始,随着干扰强度的增加,相应土壤种子库物种多样性指数(Simpson 指数和 Shannon-Weiner 指数)均呈减小趋势,与种子库存量及物种数目的变化格局一致。这种变化格局来源于两个因素:一是随干扰强度加大,物种数目减少,二是随干扰强度加大,优势种比例也随之增大(表 1),物种之间的均匀度必然降低。

2.3 土壤种子库与地上植被物种组成的相似性

至于干扰因素对种子库与植被间相似性的影响,这方面的研究甚少,西班牙学者 Peco & Ortega 等对西班牙地中海沿岸草地的土壤种子库-植被相似性大小与放牧干扰、海拔高度及地形等因子的关系进行了研究,发现种子库-植被相似性基本不受放牧干扰的影响<sup>[17]</sup>;我国某些学者在内蒙古冷蒿草原进行土壤种子库与放牧关系的研究中,发现种子库-植被相似性关系受放牧干扰影响不显著,但轻度放牧可稍稍提高种子库与地上植被的相似性<sup>[13]</sup>。

对于多年生禾草占优势的草地的许多研究都发现土壤种子库与其相应植被的物种组成之间具有较低的相似性<sup>[3,4,13]</sup>。这种差异的产生是由于占优势的多年生物种对土壤种子库的贡献甚微所致。这些物种一般说来,种子生产量低,因为它们有营养繁殖能力,甚至有些物种几乎全部靠营养繁殖实现自我更新,或者它们的种子在土壤中仅具有短期的稳定性。

表 2 不同水淹干扰强度下土壤种子库的物种多样性  
Table 2 Species diversity of soil seedbanks exposed to different flooding disturbance

样带号 Transects	种类数 Species number	种子总数 Seed ensities (grains/m <sup>2</sup> )	辛普森指数 Simpson index	香农-威纳指数 Shannon-Weiner index
T <sub>0</sub>	9	9749	0.697	1.463
T <sub>1</sub>	3	4871	0.512	0.844
T <sub>2</sub>	3	2303	0.269	0.439
T <sub>3</sub>	3	1866	0.208	0.433
T <sub>4</sub>	1	967	0	0

个样带间差异不大,但它们与对照样带间差异明显,即对照样带的相似性指数显著高于受干扰样带(表4)。

从表1可以看出,受干扰最严重的T<sub>4</sub>样带与其它样带种子库种类组成差异稍大,仅有一种野稗,而其它受水淹干扰的3个样带(T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>)土壤种子库种类组成差异不大,即都由3种组成,且种子存量最多的两个种都是野稗和碱茅。但由于受水淹干扰强度的不同,导致样带间水分状况的差异,从而影响各样带营养繁殖体及种子的萌发、生长的种类及数量差异,最终形成样带间植被的梯度变化。样带间种子库种类组成的相似性及相应植被的梯度变化是导致二者相似性随干扰强度减小而逐渐升高的直接原因。受干扰最严重的T<sub>4</sub>样带种子库中仅检出一种野稗,而其相应的地上植被中除野稗外,还有占据相当优势地位的多年生湿生植物,如芦苇、扁秆草及香蒲等,导致其种子库与植被物种组成相似性最低。

表4 1999年、2000年植被与土壤种子库物种组成的比较\*

Table 4 Comparison between species composition of vegetation and seedbanks for 1999 and 2000			
样带号 Transects	土壤种子库出现的植物种类 Species present in soil seedbanks	1999 年植被 Vegetation of 1999	2000 年植被 Vegetation of 2000
T <sub>0</sub>	画眉 <i>Eragrostis pilosa</i>	+	+
	黄蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	+	
	蔓委陵菜 <i>Potentilla flagellaris</i>	—	+
	旋覆花 <i>Inula japonica</i> Thunb.	—	+
	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	—	+
	伏菱陵菜 <i>Potentilla paradoxa</i> L.	—	+
	鸡眼草 <i>Kummerowia striata</i>	+	+
	寸草苔 <i>Carex duriuscula</i>	+	+
	野稗 <i>Echinochloa crusgalli</i>	—	+
出现的种类总数 Total of species number	9	8	16
T <sub>1</sub>	碱茅 <i>Puccinellia chinampoensis</i>	+	+
	野稗 <i>Echinochloa crusgalli</i>	+	+
	角碱蓬 <i>S. corniculata</i>	+	+
出现的种类总数	3	14	19
T <sub>2</sub>	野稗 <i>Echinochloa crusgalli</i>	+	+
	碱茅 <i>Puccinellia chinampoensis</i>	+	+
	角碱蓬 <i>S. corniculata</i>	+	+
出现的种类总数	3	15	21
T <sub>3</sub>	野稗 <i>Echinochloa crusgalli</i>	+	+
	碱茅 <i>Puccinellia chinampoensis</i>	+	+
	角碱蓬 <i>Suaeda. corniculata</i>	+	+
出现的种类总数	3	14	12
T <sub>4</sub>	野稗 <i>Echinochloa crusgalli</i>	+	+
出现的种类总数	1	12	8

\* “+”为植被与土壤种子库的共有种 stands for the species present in both seedbank and the established vegetation; “—”为非共有种 for those present in the seedbank but not in the vegetation

万方数据

虽然种子库总的种子存量由于水淹对种子的破坏而有所变化,然而受干扰样带间土壤种子库种类差

表3 土壤种子库与植被物种组成的相似性比较  
Table 3 Similarity of species composition of soil seedbanks and the established vegetations

样带号 Transects	与 1999 年植被相似性 指数 Similarity with 1999 vegetation			与 2000 年植被相似性 指数 Similarity with 2000 vegetation		
	Jaccard	Dice	Ochiai	Jaccard	Dice	Ochiai
T <sub>0</sub>	0.308	0.471	0.471	0.563	0.720	0.750
T <sub>1</sub>	0.158	0.273	0.397	0.214	0.353	0.463
T <sub>2</sub>	0.143	0.250	0.378	0.200	0.333	0.447
T <sub>3</sub>	0.158	0.273	0.397	0.133	0.222	0.309
T <sub>4</sub>	0.125	0.222	0.354	0.083	0.154	0.289



异不大,这说明洪水漂移(Flood drift)行使了作为繁殖体传播和散布的一种方式,同时也作为新的植被散布单元的供体。洪水漂移将繁殖体尤其是种子重新散布,使之较均匀分布<sup>[18]</sup>。从表 4 中也可以看出,对照样带  $T_0$  土壤种子库中的 9 个物种仅有 4 种与 1999 年植被相同,而在 2000 年的植被组成中囊括了种子库中出现的全部种类(共 9 种)。造成种子库—植被相似性低的另外可能的原因是土壤中许多物种的种子在种子库中数量不稳定,而且也可能由于种子库中出现的种子未能被所采用的方法检出<sup>[2]</sup>。

$T_1$ 、 $T_2$  两样带,其种子库—植被相似性的年度变化与对照样带  $T_0$  一样,也是 2000 年大于 1999 年,但原因却完全不同,因为 1999 年虽然是干旱年份(图 1),但  $T_1$ 、 $T_2$  两样带由于上一年的水淹不但不缺水,而且地下水位较高,土壤含水量大,其生境对于中旱生的羊草来说,适宜度大幅度下降,即羊草原有的优势地位在一定程度上受到了抑制,这使得一些中生、甚至湿生的植物种类得到了更多的生长空间,从而在植被中出现了较多的种类, $T_1$ 、 $T_2$  样方累计物种数分别达到 19 种和 21 种;而 2000 年,经过了 1999 年一年的蒸发、蒸腾, $T_1$ 、 $T_2$  两样带的生境有了一定程度的恢复,对于原优势种

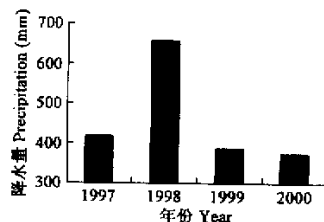


图 1 1997~2000 年降水量

Fig. 1 Precipitation of 1997~2000

羊草的适宜度也随之而有所提高,所以植被中羊草优势度较 1999 年有所提高,竞争力增强,在一定程度上抑制了少数物种的出现,从而使  $T_1$ 、 $T_2$  两样带的物种数目明显减少,样方累计物种数分别为 14 种和 15 种,又 1999 年、2000 年植被组成中都囊括了两样带土壤种子库中出现的全部物种,而 3 个相似性指数都是根据物种数目来计算的,所以就出现了  $T_1$ 、 $T_2$  样地种子库—植被相似性 2000 大于 1999 年的变化格局。受水淹干扰最严重的两样带  $T_3$ 、 $T_4$  的种子库—植被相似性变化格局是 2000 年小于 1999 年。这是因为这两个样带遭受水淹的时间较长,强度较大,但到 2000 年经过了一年的蒸发和蒸腾,土壤及生境有一定程度的恢复,致使一些在 1999 年过湿生境条件下不能萌发生长的一些中生类植物在植被中出现,导致物种数比 1999 年有所增加,而  $T_3$ 、 $T_4$  种子库中的物种全部都在 1999 年、2000 年的植被组成中出现。 $T_3$ 、 $T_4$  植被中样方累计物种数分别由 1999 年的 12 种和 8 种增加至 2000 年的 14 种和 12 种。这是导致  $T_3$ 、 $T_4$  两样带种子库—植被相似性 2000 年小于 1999 年的直接原因。

### 3 讨论

与其它在草地进行的同类研究<sup>[5,6]</sup>相比,本研究种子库存量普遍偏小,其可能的原因有:①某些组分物种主要依靠营养繁殖进行更新,如羊草、光稃茅香、芦苇等;②土壤种子库取样(2000 年初春)的前一年即 1999 年是一个干旱年份,相对低的降水量影响了当年种子的生产,减少了种子雨的数量,从而影响到种子库存量。而对于其它 4 个受水淹干扰的样带,其原因之一与对照样带原因 1)相同外,另一原因就是强度的水淹干扰对土壤中种子的破坏。另外,1997 年极度干旱,种子产量小,1998 年虽雨量充沛,但 8 月份发水,很多种类尚未结实,1999 年又干旱少雨(图 1),连续 3a 种子库输入都较少。

造成种子库与地上植被相似性较低的物种一方面包括那些经常在植被中出现而不在种子库中出现的多年生植物,可能的原因是它们几乎仅靠营养繁殖来更新,如苔草及某些地下芽植物以及根茎禾草。另一方面,也包括这样一些物种,它们具有一个稳定的种子库,但其中的种子在所进行研究的年份由于气候条件所限或者由于多年生植物占优势而得不到足够的空间,因而没有机会萌发。这样,这些种类就不会在植被中出现。

### 4 结论

(1)随着水淹强度的加重或水淹持续时间的延长,相应地段的土壤种子库物种数目和种子存量都呈减小趋势,且种子数量最大的物种所占的种子数量百分比逐渐增大;土壤种子库的种类成分在干扰样带与对照样带间差异明显,说明水淹对土壤种子库的物种组成产生了较大的影响;而受水淹干扰的样带之间在种类组成上却差异不大,说明洪水漂移行使了繁殖体传播和散布的功能。

(2)随着水淹干扰增强,相应样带土壤种子库物种多样性指数呈减小趋势,这应当归因于水淹干扰所引起的两个方面的变化:物种数目的减少和优势种比例的增加。

(3)水淹干扰对种子库—植被物种组成相似性的影响最终可以归结为两个方面:一方面还是水淹干扰对土壤种子库中物种数目的影响;另一方面则是水淹干扰对植被物种组成的影响。另外,气候因素(干旱或降水)也会通过影响种子库的输出(种子的萌发)和种苗的重建而影响该种子库与其将要输出建成的植被间在物种组成上的相似性,或者通过影响现生植被中植物的种子生产而影响该现生植被将要形成种子库的物种组成,从而影响二者物种组成的相似性。

## 参考文献

- [1] Harper J L. *Population biology of plants*. Academic Press, London and New York, 1977.
- [2] Falínska K. Seed bank dynamics in abandoned meadows during a 20-year period in the Białowieża National Park. *J. Ecol.*, 1999, **87**: 461~475.
- [3] Thompson K & Grime J P. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *J. Ecol.*, 1979, **67**: 893~921.
- [4] Thompson K. Small-scale heterogeneity in the seed bank of an acidic grassland. *J. Ecol.*, 1986, **74**: 733~738.
- [5] Henderson C B, Petersen K E & Redak R A. Spatial and temporal patterns in the seed bank and vegetation of a desert grassland community. *J. Ecol.*, 1988, **76**: 717~728.
- [6] Coffin D P & Lauenroth W. K. Spatial and temporal variation in the seed bank of a semiarid grassland. *Ame. J. Bot.*, 1989, **76**(1): 53~58.
- [7] Poiani K A & Johnson W C. Effect of hydroperiod on seed-bank composition in semipermanent prairie wetlands. *Can. J. Bot.*, 1989, **67**: 656~864.
- [8] Graham A W & Hopkins M S. Soil seed banks of adjacent unlogged rainforest types in North Queensland. *Austral J. Bot.*, 1990, **38**: 261~268.
- [9] Hopkins M S, Tracey J G & Graham A W. The size and composition of soil seed-banks in remnant patches of three structural rainforest types in North Queensland. *Austral. J. Ecol.*, 1990, **15**: 43~50.
- [10] Ungar I A & Woodell S R J. The relation-ship between the seed bank and species com-position of plant communities in two British salt marshes. *J. Veg. Sci.*, 1993, **4**: 531~536.
- [11] Xiong L M(熊利民), Zhong Z C(钟章成), Li X G(李旭光), *et al.* A preliminary study on the soil seed banks of different successional stages of subtropical evergreen broadleaved forest. *Acta Phytoecologica et Geobotanica Sinica* (in Chinese)(植物生态学与地植物学学报), 1992, **16**(3): 249~257.
- [12] Yang Y F(杨允菲), Zhu L(祝玲), Zhang H Y(张宏一). Analysis on the flux of soil seed bank and the seedling mortality in the communities of two species of Suaeda in the Songnen Plain in China. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese)(生态学报), 1995, **15**(1): 66~71.
- [13] Sudebilige H(苏德毕力格), Li Y H(李永宏), Yong S P(雍世鹏), *et al.* Germinable soil seed bank of *Artemisia frigida* grassland and its response to grazing. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese)(生态学报), 2000, **20**(1): 43~48.
- [14] Sudebilige H. Experimental study on seed banks of XILINGOL steppe in Inner Mongolia, M. Sc. Thesis. Inner Mongolia University, Hohhot, 1996.
- [15] Yang Y F(杨允菲), Zhu L(祝玲). Comparative analysis of seed banks in saline-alkali communities in the Songnen Plain of China. *Acta Phytoecologica Sinica* (in Chinese)(植物生态学报), 1986, **10**(3): 279~282.
- [16] Keddy P A & Reznicek A A. The role of seed banks in the persistence of Ontario's coastal plain flora. *Ame. J. Bot.*, 1982, **69**: 13~22.
- [17] Peco B, Ortega M And Levassor C. Similarity between seed bank and vegetation in Mediterranean grassland; a predictive model. *J. Veg. Sci.*, 1998, **9**: 815~828.
- [18] Cellot B, Mouillot F And Henry C P. Flood drift and propagule bank of aquatic macrophytes in a riverine wetland. *J. Veg. Sci.*, 1998, **9**: 631~640.