洪湖湿地退耕初期种子库的季节动态

王相磊 周 进* 李 伟 刘贵华 张学江

(中国科学院武汉植物研究所水生植物生物学实验室 武汉 430074)

摘 要 为了研究水田退耕初期种子库的特征,在两个不同水位条件下通过幼苗萌发法对洪湖的滨湖退耕田种子库的结构和季节动态进行了研究。结果表明,种子库季节变化明显,种子库的密度于12月达到最大值 $2.61 \times 10^5 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$,6月时最小,为 $2.90 \times 10^4 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 。而萌发的物种数则相反,6月时最大,12月时最小。Simpson 和 Shannon-Wiener 多样性指数及 Shannon 均匀度指数表现出较为一致的季节变化规律,在6月最高,12月和3月最低。该种子库类型属于持续性种子库。种子库与地表植被群落种相似性系数变化较大。0~5 cm 和 5~10 cm 土层中的种子库萌发的物种数差异不显著,但在数量上有明显分层现象,上层种子库占总数的 78%。One-way ANOVA 分析表明,萌发时的水位条件可显著影响种子库萌发的种类和数量。结合种子库研究的结果,讨论了种子库在退田还湖后湿地植被恢复过程中的重要性。

关键词 弃耕水田 洪湖 恢复 种子库 湿地植被

SEASONAL DYNAMICS OF SOIL SEED BANK IN HONGHU WETLAND WITHDRAWN FROM LONG-TERM RICE CULTURE

WANG Xiang-Lei ZHOU Jin* LI Wei LIU Gui-Hua and ZHANG Xue-Jiang

(Laboratory of Aquatic Plant Biology, Wuhan Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China)

Abstract Germination tests of two water regimes were used to evaluate traits, mainly community structure, of the soil seed bank of Honghu wetland withdrawn from long-term rice culture. One-way ANOVA was employed by means of diversity, richness and evenness indices, and seed density. To evaluate the role of seed bank in restoration of wetland communities, a soil core was sampled in June 2000, December 2000, March 2001 and May 2001. Furthermore, the delamination of the seed bank was conducted by comparing seed densities at different depths in the soil in the March 2001 sample. The results showed that: 1) seed density in different seasons varied a lot, from $2.90 \times 10^4 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ in June 2000 to $2.61 \times 10^5 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ in December 2000. The size of the seed bank in Honghu wetland is the largest among all the types of seed banks. The seed bank belonged to the IV type of the Thompson and Grime model of soil seed banks of different habitats. 2) For the community of the soil seed bank of Honghu wetland, Simpson and Shannon-Wiener diversity indices, and Shannon evenness index were maximal in June 2000, and minimal in December 2000. 3) The number of species had no significant difference between soil depths of 0-5 cm and 5-10 cm. The seed density in the upper layer accounted for 78% of the total seed number of the two layers, which indicated that it was creditable to study only the upper level (0-5 cm) in this kind of research. 4) Seed germination was affected by water depths in both number of species and number of individuals of seedlings. 5) Degrees of similarity between species composition of soil seed banks and that of the wetland vegetation during December, March and May were 33.3%, 20.8% and 15.4%, respectively. They were considerably high compared to those of some other types of habitats. 6) Seeds of typical wetland species were scarce in all sampling periods, suggesting that in order to restore the vegetation of the disturbed wetland more quickly, external seed banks with abundant wetland species need to be introduced rather than only depending on the original ones.

Key words Abandoned rice field, Lake Honghu, Restoration, Seed bank, Wetland vegetation

种子库是指土壤基质中有活力种子的总和。种子库在植物群落的保护和恢复中起着重要的作用,是植物响应土地利用和气候变化的重要指示者。种

子库作为繁殖体的储备库,可以减小种群灭绝的几率,成为种群、群落乃至生态系统演替过程和趋势的重要影响因子(Levin, 1990)。

湿地是我国目前最受威胁的生境类型之一(陈宜瑜, 1995)。长江中下游是我国湖泊相对集中的地区, 历史上的围湖造田等人类干扰打乱了湖区及滨湖湿地的生态平衡, 已经带来了严重的生态灾难。恢复和重建受损湿地生态系统的重要性已越来越被人们所认识, 并逐渐成为研究的热点(周进等, 2001)。退田还湖是恢复长江中下游湿地功能的重要手段。农田退耕以后, 如何使它的次生演替方向向着人们预期的方向进行, 以期快速恢复湿地植被, 成为湿地恢复成功的关键。湿地恢复的目的是恢复到接近湿地受损以前的状态, 如果待恢复的湿地中有完整的繁殖体库存在, 则没有必要进行广泛的植被种植, 只要进行适当的人工管理, 恢复其原有的水文模式, 通过生态系统的自设计就可达到湿地植被恢复的目的(Zedler, 2000)。而如果目标植物的繁殖体库严重破坏, 难以满足自我修复的需要, 就必须通过引进外源繁殖体库的方法作为补充。因此在湿地恢复初期, 对待恢复的湿地内的植物繁殖体库进行详细的本底调查, 据此来确定恢复策略是十分必要的。

近几十年来, 国外众多学者分别对冰川沼泽、河岸湿地、季风性湿地中的种子库进行了广泛的研究(van der Valk & Davis, 1978; Schneider & Sharitz, 1986; Welling *et al.*, 1988; Middleton *et al.*, 1991; Grelsson & Nilsson, 1991; Cabin *et al.*, 1998)。然而在众多关于湿地种子库研究的文献中, 尚未见到有关退耕湿地的种子库的研究。

本研究选择洪湖的滨湖退耕田为研究对象。洪湖是长江中下游流域典型的泛滥湖泊, 其周边农田属于围湖造田后经过多年农业耕作的湿地类型。通过研究这类湿地的种子库结构、季节动态及萌发条件, 将有利于我们掌握农田退耕初期的种子库的基本特征, 为退田还湖后如何快速恢复湿地植被提供理论指导, 具有重要的理论意义和现实意义。

本研究的主要内容为: 1) 退耕初期的种子库结构; 2) 退耕初期种子库在土壤中的分层分布特征; 3) 种子库在一个生长周期内的变化特征; 4) 水位对

种子库萌发的影响。

1 研究地及研究方法

1.1 研究地概况

洪湖(湖心位于 29°49' N, 113°17' E)是江汉湖群最大的湖泊, 属亚热带季风气候。年均降雨量 1 000 ~ 1 300 mm, 年均气温 16.6 °C, 无霜期 264 d。植被区划上属于华北平原、长江中下游平原芦苇湿地和浅水植物湿地区, 长江中下游浅水植物湿地亚区(郎惠卿等, 1998)。该地区地势低洼, 具泛滥平原的特征。从 1956 年到 1988 年, 洪湖湖区被大量围垦, 湖泊面积从 637.3 km² 降低到 344.4 km², 减少近 46%, 湖区植被覆盖面积亦大大减少。2000 年开始, 我们在洪湖东的洪湖市柏枝村选择面积 3 000 m² 的水田退耕, 进行退田还湖后湿地植被快速恢复的技术研究。该处水田是 20 世纪五六十年代围湖造田而成, 以种植水稻为主。本研究即在该退耕水田内面积约 3 000 m² 的固定样方中进行。

1.2 研究方法

1.2.1 种子库取样及萌发

取样 在样地内随机选取 15 个样点, 每点用圆柱形种子库采样器(采样面积 21 cm²)采两个土柱。2001 年 3 月的采样分上下两层, 每层 5 cm, 以研究种子库的分层分布特点。其它研究只取上层 5 cm。

萌发 种子库萌发在中国科学院武汉植物研究所温室内进行。将采集的土样混匀, 均分为两份, 平铺于装有厚度约 1.5 cm 基质(高温灭活过的塘泥土层)的培养皿内。培养皿随机排放在不供热的温室(与外来繁殖体隔离)萌发。其中一组培养皿内保持湿润, 另一组培养皿内保持水淹(4 cm 水深)。萌发时间持续 6 个月。2000 年 6 月和 12 月的土样采回后未立即进行种子萌发, 在 4 °C 光照培养箱中黑暗保存。采样和萌发开始时间见表 1。

幼苗计数 实验期间每周统计每个培养皿内每种植物萌发的个体数。对于无法立即鉴定的物种, 移栽至另外的培养皿培养至可鉴定为止。

表 1 洪湖退耕湿地种子库采样及萌发时间
Table 1 Sampling and germination dates of seed bank in Honghu wetland withdrawn from long-term culture

	I	II	III	IV
采样时间 Sampling time	2000 年 6 月 June 2000	2000 年 12 月 Dec. 2000	2001 年 3 月 Mar. 2001	2001 年 5 月 May 2001
萌发开始时间 Starting date of germination	2001 年 3 月 Mar. 2001	2001 年 3 月 Mar. 2001	2001 年 3 月 Mar. 2001	2001 年 5 月 May 2001

1.2.2 植被调查

2000 年 6 月未开始进行植被调查。植被调查采用随机样方调查法,每次种子库采样时进行地上植被的随机样方调查,大小为 1 m²,共计 15 个小样方,每月记录地上植被的物种及其盖度和高度。

1.2.3 数据分析

利用萌发的幼苗密度和物种数来评价种子库的规模,参照彭军等(2000)的研究,选用两种应用较为广泛的 α 生物多样性指数,即 Shannon-Wiener 和 Simpson 多样性指数,来反映不同时期种子库的变化特征;并选用彼此独立性较好的 Margalef 丰富度指数和 Shannon 均匀度指数进一步比较生物多样性在两个不同组分上的反映程度(蒋志刚等,1997;陈廷贵等,1999)。

Shannon-Wiener 多样性指数 $H = - \sum_{i=1}^S P_i \lg P_i$

Simpson 多样性指数 $D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2 = 1 - \sum_{i=1}^S (N_i / N)^2$

Margalef 丰富度指数 $D = (S - 1) / \lg N$ 。

Shannon 均匀度指数 $E = H / H_{\max}$,其中 $H_{\max} = \lg S$

式中, S 为群落内物种总数; N_i 为第 i 个物种在群落中的个数; N 为群落中观察到的个体总数; P_i

为第 i 种的相对多度。

地上植被与种子库中的种相似性采用群落系数 $R = [c / (a + b - c)] \times 100\%$ 。

式中 a 为仅出现于群落 A 中的物种数; b 为仅出现于群落 B 中的物种数; c 为群落 A 和 B 中的共有种数。

统计分析用 SPSS 软件辅以 Excel 实现。

2 结 果

2.1 种子库萌发情况及季节动态

不同时期萌发的物种数依次是 14、9、13、12 个(表 2)。4 次共萌发了 19 种植物,其中 84.2 % 的物种为一年生草本植物,多年生草本植物仅 3 种,无木本植物萌发。

各时期种子库群落结构指数变化动态见图 1。6 月的种子库萌发的物种数最多,12 月最少,种子库密度则相反,12 月的种子库最大,6 月最小。物种丰富度指数、多样性指数和均匀度指数均在 6 月最高,12 月最低。

2.2 种子库与地表植被的比较

2000 年 12 月、2001 年 3 月和 5 月调查到的地上植被的物种数均高于同期种子库萌发的物种数(图 2)。种子库与地表植被的物种相似性系数分别为 33.3%、20.8% 和 15.4%。其中,3 个时期共有的物

表 2 洪湖退耕湿地各季节种子库组成及其密度

Table 2 Species composition and densities of seed bank in different seasons in Honghu wetland withdrawn from long-term culture

类别 Item	物种 Species	种子密度 Seed density (ind. · m ⁻²)			
		June 2000	Dec. 2000	Mar. 2001	May 2001
多年生 Perennial	1 牛毛毡 <i>Hleocharis acicularis</i>	345.5	439.7	282.7	188.4
	2 野慈姑 <i>Sagittaria trifolia</i>	0.0	0.0	62.8	62.8
	3 北水苦蕒 <i>Veronica anagallis-aquatica</i>	62.8	0.0	0.0	0.0
一年生 Annual	1 异形莎草 <i>Cyperus difformis</i> ¹⁾	3 768.9	230 750.4	220 385.9	59 611.3
	2 稗 <i>Echinochloa crusgalli</i>	4 616.9	10 615.7	2 669.6	2 229.9
	3 通泉草 <i>Mazus japonicus</i>	11 715.0	8 134.5	1 193.5	0
	4 节节菜 <i>Rotala indica</i>	5 433.5	6 658.4	4 177.2	7 537.8
	5 烟台飘拂草 <i>Finbristylis stauntoni</i>	31.4	3 988.7	3 894.5	3 360.6
	6 丁香蓼 <i>Ludwigia prostrata</i>	533.9	345.5	0	62.8
	7 小茨藻 <i>Najas minor</i>	0.0	188.4	31.4	0.0
	8 看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	1 853.0	62.8	31.4	0.0
	9 金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	31.4	0.0	125.6	94.2
	10 密齿苦草 <i>Vallisneria denseserrulata</i>	31.4	0.0	31.4	94.2
	11 水马齿 <i>Callitriche stagnalis</i>	0.0	0.0	31.4	314.1
	12 蓼子草 <i>Polygonum criopolitanum</i>	0.0	0.0	62.8	31.4
	13 石龙芮 <i>Ranunculus sceleratus</i>	31.4	0.0	0.0	0.0
	14 碎米荠 <i>Cardamine hirsuta</i>	62.8	0.0	0.0	0.0
	15 空心莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	0.0	0.0	0.0	502.5
	16 未知种一种 <i>Unknown sp.</i> ²⁾	439.7	0.0	0.0	0.0
总数 Total		28 957.7	261 184.2	232 980.3	74 090.1

1) 可能混有极少数其它莎草科植物如水莎草 There might be some other species of Cyperaceae such as *Juncellus serotinus* that as misidentified as *Cyperus difformis* 2) 一年生草本,未发育至花期即枯死 Annual herb, died before flowering to be identified

图1 洪湖退耕湿地种子库群落结构指数的季节变化趋势图

Fig.1 Dynamics of indices of community structure of seed bank in Honghu wetland withdrawn from long-term culture
I . June 2000 II . Dec. 2000 III . Mar. 2001 IV . May 2001

种有 3 种:异形莎草(*Cyperus difformis*)、牛毛毡(*Hleocharis acicularis*)、稗(*Echinochloa crusgalli*)、节节菜(*Rotala indica*)、烟台飘拂草(*Fimbristylis stauntoni*)、丁香蓼(*Ludwigia prostrata*)为其中两个时期的共有种。如果与 2001 年全年(3 ~ 11 月)植被调查结果比较,则种子库中萌发的物种除水马齿(*Callitriche stagnalis*)外,其它物种均在植被调查中

被发现。

2.3 种子库的分层

2000 年 3 月的上下两层(0 ~ 5 cm , 5 ~ 10 cm)种子库密度比较(表 3),上层平均密度是下层的 3.5 倍,占种子库总数的 78%。上下两层萌发的物种数差异不显著($p > 0.05$)而个体数则存在极显著差异($p < 0.05$)。值得注意的是,通泉草(*Mazus japonicus*)

表 3 洪湖退耕湿地种子库分层分布(2001 年 3 月)
Table 3 Vertical structure of seed bank in Honghu wetland withdrawn from long-term culture(Mar. ,2001)

生活型 Life form	物种 Species	密度 Seed densities(ind. · m ⁻²)	
		0 ~ 5 cm	5 ~ 10 cm
多年生 Perennial	1 牛毛毡 <i>Heocharis acicularis</i>	282.7	345.5
	2 野慈姑 <i>Sagittaria trifolia</i>	62.8	31.4
	3 北水苦蕒 <i>Veronica anagallis-aquatica</i>	0.0	31.4
一年生 Annual	1 异型莎草 <i>Cyperus difformis</i>	220 385.9	58 700.5
	2 节节菜 <i>Rotala indica</i>	4 177.2	3 517.6
	3 烟台飘拂草 <i>Fimbristylis stauntonic</i>	3 894.5	31.4
	4 稗 <i>Echinochloa crusgalli</i>	2 669.6	785.2
	5 通泉草 <i>Mazus japonicus</i>	1 193.5	2 135.7
	6 金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	125.6	157.0
	7 蓼子草 <i>Polygonum criopolitanum</i>	62.8	62.8
	8 水马齿 <i>Callitriche stagnalis</i>	31.4	188.4
	9 小茨藻 <i>Najas minor</i>	31.4	31.4
	10 密齿苦草 <i>Vallisneria denseserrulata</i>	31.4	0.0
	11 看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	31.4	0.0
	12 荸荠 <i>Heleocharis dulcis</i>	0.0	31.4

表 4 水位对种子库萌发影响的 One-way ANOVA 分析结果
Table 4 Effects of water level on seed germination from the seed bank

采样时间 Sampling time	个体数 Seedling number			物种数 Species number		
	df	F	p	df	F	p
June 2000	29	9.92	0.004 **	29	25.82	0.000 **
Dec. 2000	29	4.42	0.045 *	29	25.30	0.000 **
Mar. 2001	29	0.51	0.481	29	0.80	0.376
May 2001	29	8.76	0.006 **	29	4.32	0.047 *

** 极显著差异 Significant differenc ($p < 0.01$) * 显著差异 Significant difference ($p < 0.05$)

图 2 洪湖退耕湿地地上植被与种子库物种数
Fig.2 Number of species in vegetation and seed bank in Honghu wetland withdrawn from long-term culture

在下层土壤中萌发的幼苗数明显多于上层。

2.4 水位对种子库萌发的影响

2000 年 6 月、12 月种子库对水位的变化较敏感 ,不同水位条件下萌发的物种数呈极显著差异(表 4)。6 月深浅水位中平均每皿内萌发的物种数分别

为 2.3 和 5.4 种 ,12 月深浅水位萌发的物种数分别为 3.6 和 5.4 种 ,2001 年 5 月种子库呈显著差异 ,深浅水位中萌发的物种数分别为 3.6 和 4.7 种。从萌发的个体数来看 ,2000 年 6 月和 2001 年 5 月种子库在不同水位条件下呈极显著差异。6 月深浅水位中萌发的个体数分别为 16 和 53 株 ,5 月深浅水位中萌发的个体数分别为 68 和 136 株 ,2000 年 12 月种子库 呈显著差异 ,深浅水位中萌发的个体数分别为 534 和 347 株 ,2000 年 3 月种子库对水位变化反应不明显 ,无论萌发的个体数还是物种数都无显著差异 ,深水位中萌发物种数和个体数分别为 3.7 和 384.7 株 ,浅水位中分别为 4.3 和 252.9 株。

3 讨 论

本文利用两种水位条件下的种子库萌发试验 ,在一个生长季内多次取样 ,通过几个关键群落结构指数 ,研究了经过长期耕作后待恢复的洪湖湿地种子库的群落结构特征。综合各指数的变化曲线图发现 ,洪湖湿地种子库特征季节间差异明显。

3.1 洪湖退耕湿地种子库特征

洪湖退耕湿地种子库密度季节性变化较大,最高时密度达到 $2.61 \times 10^5 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$,最低时为 $2.90 \times 10^4 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 。吴竞仑等(2000)对耕作中稻田的种子库研究结果是 $2.98 \times 10^3 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$,可见农业耕作方式不仅可以显著抑制耕地中杂草群落,而且还强烈地影响种子库的形成。而张志权(1996)归纳,各种类型种子库密度在 $10^2 \sim 10^6 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 之间,其中耕作地种子库含量在 $10^3 \sim 10^5 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 之间,湿地种子库的密度则在 $0 \sim 10^4 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 之间。本研究样地种子库规模介于两者之间,与已有结果相符合,是各种生境种子库中最大的类型之一。

12月和3月种子库密度远大于5月和6月的种子库,说明种子库季节变化明显。对于大部分湿地物种而言,秋季是种子成熟的季节,种子雨散落后,除小部分立即萌发外,大量种子进入休眠状态保存在种子库中,此时种子库的量最大,即处于种子库赢期。5、6月,种子库中的部分种子已经萌发,因而种子库的量减小,进入种子库亏期。

Thompson 和 Grime(1979)将种子库归纳为4种主要类型,即暂存性种子库(Transient seed bank,类型I和II)和持续性种子库(Persistent seed bank,类型III和IV)。持续性种子库的两种类型中,类型III的特点是种子库的大多数种类的种子在散落后立即萌发。而类型IV的特点正好相反,其组成成分主要是一些能产生大量而具休眠特性种子的植物,其中一些极端类型,在繁殖策略上趋于强烈地发展其土壤种子库的策略。据此,本湿地的种子库应属于持续性种子库的一种类型。考虑到种子库中的几个主要植物异形莎草、烟台飘拂草、稗、通泉草、节节菜等的种子都有一个明显的高峰萌发期,而这几个种在种子库的季节性动态监测中几乎始终保持着相当数量的种子,故洪湖退耕湿地中的种子库类型属于持续性种子库中的类型IV。

洪湖退耕湿地的种子库物种丰富度指数、物种多样性指数和均匀度指数均较低。原因是群落处于次生演替初期,原来生境中的种子库由于长期耕作和除草剂的使用而使其物种丰富度大大降低,新的群落类型尚处在形成中,种子库丰富度的提高在很大程度上依赖于植物产生种子的输入。而在群落次生演替初期,地表植被的来源主要是邻近生境中的植物的繁殖体。由于植被与种子库之间的相互补充、相互影响的关系尚未健全,故种子库中的物种数还未达到较高的水平。此外,各种植物在生活史策

略上的差异性使得部分物种如异形莎草等个体数量极大,造成了种子库物种组成上的不均匀性,均匀度指数偏低。从种子库各群落结构指数的季节变化趋势图中(图1)可以看出,多样性指数和均匀度指数表现出较为一致的季节变化规律,而丰富度指数则与之有较大出入,可见,在反映生物多样性的两个主要指标中,物种均匀度成了主导因子。

已有的对种子库的研究集中在地表以下0~5 cm的土层。因为大多数研究已经证明,没有或长期不受干扰的生境中的种子库大部分集中在地下0~5 cm深度内,5 cm以下的种子库往往被忽略不计(van der Valk & Davis, 1978; Grelsson & Nilsson, 1991; Sudebilige *et al.*, 2000)。根据对退耕湿地中的种子库分层现象的研究结果,我们认为对此类生境中的种子库的研究可以使用上述经验规律,虽然长期耕作打乱了土壤中的种子库分布格局,使种子库的分布范围向下延伸了一定深度,但是下层种子库的规模较上层小得多。分析表明,下层种子库与上层种子库物种数不存在显著性差异,而两者萌发的个体数差异极显著。因此下层种子库是可以忽略不计的。通泉草在下层种子库中萌发出的幼苗数明显多于上层,可能有两种原因:第一,天敌动物的破坏。或许存在一种或几种喜食通泉草种子的动物,由于采取了就近取食上层易得种子的摄食策略,而下层种子则较容易逃脱被摄食的命运,使得上层保存的种子数明显少于下层。第二,或许自身的生理特性决定了其在上层容易受到物理环境的胁迫(比如严寒)而失去萌发能力。

3.2 种子库与植被种类组成的相似性

按照 Thompson 和 Grime(1979)的理论,持续性种子库的特征之一就是种子库的结构和功能与同期植被之间往往会存在较大的差异。原因是此类种子库中的物种组成中,有些植物产生的种子散落后并不能立即萌发,而是存在一个休眠期,可能会在随后的合适季节或是遇到合适的萌发条件才能萌发成幼苗。种子萌发的这种滞后效应就形成了植被与种子库的结构组成之间的差异。张志权(1996)也认为种子库与地表植被之间在种类组成上并不存在必然的联系。但一般演替早期或经常受干扰的生境中,植被与种子库之间存在一定的相似性。随着演替的进行,二者间的差异会慢慢变大,相似性变小。

在对洪湖退耕湿地进行地上植被调查研究期间,种子库与植被之间的种相似性系数变化幅度较大,从12月的33.3%到3月的20.8%,再到5月的

15.4%。二者之间的相似性程度在 3 个月中都比较低,种子库中的物种数比同期地表植被中的物种数少得多。种子库与地表植被间相似性的季节性差异,主要来源并不是二者之间共有植物种数的绝对值的变动,而可能是地表植被中总植物种数上的季节性变化,这种变动主要是由各种植物的内在生长节律决定的季节性荣枯引起的。Grelsson 和 Nilsson (1991) 对瑞典北部一个浅水淹没的湖滨的研究认为,地上植被与种子库的种相似性系数是 14%,与我们的结果基本吻合。刘济明等(2000)对梵净山栲树群落研究中,种子库与地表植被的种相似性系数为 24%,而 Hall 和 Swaine(1980)等对加纳的几个成熟林的研究中,植被与种子库的相似性系数最高者仅为 9%,可见,洪湖湿地种子库与植被的相似性虽然很低,但与其它生境类型相比,已经是相当高的了。Schneider 和 Sharitz(1986)对美国南卡罗来那州的河岸沼泽林中的种子库研究发现,草本植物种子库中的物种多样性明显高于地上植被的。而我们的研究结果则相反,地上植被的物种多样性明显高于种子库的,而且 Grelsson 和 Nilsson(1991)的研究结果也与我们的结果相吻合。可见,在植被与种子库的关系上,尚无定论(李伟等,2002)。

同时,造成种子库与地上植被的物种多样性差异如此之大的原因,除了客观的环境和生物因素之外,还可能是由于取样及检测方法的误差造成的。如果要对种子库与地上植被的物种多样性差异做进一步的研究,种子库的取样规模还需适当增大,萌发的基质厚度要适当降低。因为采用萌发法检测种子库时,种子的萌发与否在很大程度上受到其埋藏深度的制约。

双穗雀稗(*Paspalum distichum*)在植被调查中一直表现出较高的优势度,但是在一年的种子库调查中却始终没有萌发的个体出现,而此物种并非不能萌发(Middleton *et al.*, 1991)。双穗雀稗是克隆速度极快的多年生杂草,在退耕后的第一年中,相邻生境和退耕地自身宿存的繁殖体便迅速以克隆生长占据了较大面积的生境范围,而土壤中并没有检测到种子。象双穗雀稗这样的物种,它们或许本身极易丧失活力,或许要求的萌发条件比较苛刻,因此没有萌发出来。它在种子库中的优势能否在随后的时间表现出来,尚待进一步的研究。

3.3 种子库研究给湿地植被恢复带来的启示

Johnson(1975)曾经指出,大规模种子库的存在使得经历过剧烈干扰后森林植被的快速恢复成为可

能,而 van der Valk 和 Davis(1978)在对美国普列利冰川沼泽的种子库进行了系统研究后指出,因为有了种子库的存在,才使得冰川沼泽植被在水淹、虫害、牲畜牧食等各种胁迫下仍能不断更新和再生。张志权等(2000)在国内较早地进行了种子库的应用实验,他们在铅锌尾矿地植被恢复中的成功也说明了种子库在受损植被恢复中的巨大潜能。

洪湖湿地经历了长期耕作后,通过一年的恢复,虽然种子库的总体密度较大,但其物种丰富度、多样性指数相对偏低,部分散布能力较强的物种,虽然在退耕后的一年内便积累了较大的种子库规模,并且地上植被覆盖度也较高,但水生和湿生植物无论在个体数还是物种数上,都还处在较低的水平。研究过程中,意外出现的几种水生植物,即小茨藻(*Najas minor*)、密齿苦草(*Vallisneria denseserrulata*)和金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*),可能来源于灌溉水。这提示我们,在植被恢复过程中,可选取灌溉水的引入来源和引入时间,充分利用湖水中丰富的种子库源,对恢复中的植物种类是一个有效的补充。为提高次生群落的稳定性,在较短时间内提高其自我修复能力,就不得不尽快恢复和调整适应退耕湿地生境的未受干扰种子库。由于种子库是一个典型的潜在植物群落,如果选取自然湿地群落的土壤种子库作为种源进行植被恢复,那么就可以从群落水平迅速重建已经受干扰的植被,同时,种子库的引入也有利于重建植被自我修复能力的提高。邻近自然植被的种子库移植技术将是进行退化植被快速恢复的必要途径。

当然,引入的种子库源对新生境的适应性,引入种与本地种之间的竞争,如何调节待恢复湿地生境以利于新种子库萌发定居是依靠种子库恢复湿地所必须解决的理论和技术问题。

参 考 文 献

- Cabin, R. J., R. J. Mitchell & D. L. Marshall. 1998. Do surface plant and soil seed bank multipopulation study differ genetically? A multipopulation study of the desert mustard *Lesquerella fendleri* (Brassicaceae). *American Journal of Botany*, **85**: 1098 ~ 1109.
- Chen, T. G. (陈廷贵) & J. T. Zhang (张金屯). 1999. A comparison of fifteen species diversity indices. *Henan Science (河南科学)*, **17**: 55 ~ 57, 71. (in Chinese with English abstract)
- Chen, Y. Y. (陈宜瑜). 1995. Study of wetlands in China. Changchun: Jilin Science and Technology Press. (in Chinese)
- Grelsson, G. & C. Nilsson. 1991. Vegetation and seed-bank relationships on a lakeshore. *Freshwater Biology*, **26**: 199 ~ 207.
- Hall, J. B. & M. D. Swaine. 1980. Seed stocks in Ghanaian forest soil. *Biotropica*, **12**: 256 ~ 263.

- Jiang, Z. G. (蒋志刚), K. P. Ma (马克平) & X. G. Han (韩兴国). 1997. Conservation biology. Zhejiang: Zhejiang Science and Technology Press. 40 ~ 45. (in Chinese)
- Johnson, E. A. 1975. Buried seed populations in the subarctic forest east of Great Slave Lake, North West Territories. Canadian Journal of Botany, **53**: 2933 ~ 2941.
- Lang, H. Q. (郎惠卿), P. Lin (林鹏) & J. J. Lu (陆健健). 1998. Conservation and research of wetlands in China. Shanghai: East China Normal University Press. 9 ~ 19. (in Chinese)
- Levin, D. A. 1990. The seed bank as a source of genetic novelty in plants. American Naturalist, **135**: 563 ~ 572.
- Li, W. (李伟), G. H. Liu (刘贵华), J. Zhou (周进) & D. S. Huang (黄德四). 2002. Studies on the seed bank of freshwater wetland: a review. Acta Ecologica Sinica (生态学报), **22**: 395 ~ 402. (in Chinese with English abstract)
- Liu, J. M. (刘济明) & Z. C. Zhong (钟章成). 2000. Nature of seed bank, the seed bank and regeneration of a *Castanopsis fargesii* community on Fanjing Mountain. Acta Phytocologica Sinica (植物生态学报), **24**: 402 ~ 407. (in Chinese with English abstract)
- Middleton, B. A., A. G. van der Valk, D. H. Mason, R. L. Williams & C. B. Davis. 1991. Vegetation dynamics and seed banks of a monsoonal wetland overgrown with *Paspallum distichum* L. in Northern India. Aquatic Botany, **40**: 239 ~ 259.
- Peng, J. (彭军), X. G. Li (李旭光), M. Dong (董鸣) & Y. C. Liu (刘玉成). 2000. Soil seed banks of subtropical evergreen broad-leaved forest on Simian Mountain, Chongqing. Acta Phytocologica Sinica (植物生态学报), **24**: 209 ~ 214. (in Chinese with English abstract)
- Schneider, R. L. & R. R. Sharitz. 1986. Seed bank dynamics in a southern riverine swamp. American Journal of Botany, **73**: 1022 ~ 1030.
- Sudebilige, Y. H. Li, S. P. Yong & R. Sa. 2000. Germinable soil seed bank of *Artemisia frigida* grassland and its response to grazing. Acta Ecologica Sinica (生态学报), **20**: 43 ~ 48.
- Thompson, K. & J. P. Grime. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. Journal of Ecology, **67**: 893 ~ 921.
- van der Valk, A. G. & C. B. A. Davis. 1978. The role of seed bank in the vegetation dynamics of prairie glacial marshes. Ecology, **59**: 322 ~ 335.
- Welling, C. H., R. L. Pederson & A. G. van der Valk. 1988. Recruitment from the seed bank and the development of zonation of emergent vegetation during a drawdown in a prairie wetland. Journal of Ecology, **76**: 483 ~ 496.
- Wu, J. L. (吴竞仑) & H. C. Zhou (周恒昌). 2000. Seed bank of weeds in paddy fields. Chinese Journal of Rice Science (中国水稻科学), **14**: 37 ~ 42. (in Chinese with English abstract)
- Zedler, J. B. 2000. Progress in wetland restoration ecology. Trees, **15**: 402 ~ 407.
- Zhang, Z. Q. (张志权). 1996. Soil seed banks. Chinese Journal of Ecology (生态学杂志), **15** (6): 36 ~ 42. (in Chinese with English abstract)
- Zhang, Z. Q. (张志权), W. S. Shu (束文圣), C. Y. Lan (蓝崇钰) & M. H. Huang (黄铭洪). 2000. Effect of introducing soil seed bank on revegetation at the lead/zinc mine tailings site. Acta Phytocologica Sinica (植物生态学报), **24**: 601 ~ 607. (in Chinese with English abstract)
- Zhou, J. (周进), H. Tachibana, W. Li (李伟) & G. H. Liu (刘贵华). 2001. An overview of studies on the restoration and reconstruction of disturbed wetland vegetation communities. Acta Phytocologica Sinica (植物生态学报), **25**: 561 ~ 572. (in Chinese with English abstract)

责任编辑: 王政权 责任编辑: 周玉荣