

# 持久种子库在黄土高原植被恢复中的作用

赵凌平<sup>1</sup>,程积民<sup>2</sup>,王占彬<sup>1</sup>

(1. 河南科技大学动物科技学院, 河南 洛阳 471003; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:**通过对荒漠草原 11 个植被群落持久种子库特征及其与地上植被、地理位置关系的研究,探讨了持久种子库在植被恢复重建中的作用。结果表明,荒漠草原持久种子库以草本植物为主,密度为 31.5~482.3 粒·m<sup>-2</sup>,群落类型和土壤分层对持久土壤种子库密度影响显著( $P < 0.05$ )。持久土壤种子库密度与纬度之间呈显著负相关,而与经度的相关性不显著( $P > 0.05$ );经纬度对持久种子库物种丰富度、多样性以及地上植被—土壤种子库的相似性影响不显著;海拔对持久种子库密度影响不显著,但对持久种子库的物种丰富度、多样性以及地上植被—土壤种子库的相似性影响显著,随着海拔的升高,物种丰富度、多样性以及地上植被—土壤种子库的相似性降低。持久种子库与地上植被的相似性较低,依靠持久种子库恢复灌木层植被的潜能很小。

**关键词:**持久种子库;植被恢复;荒漠草原;地理位置

**中图分类号:**S812.6<sup>+</sup>8      **文献标识码:**A      **文章编号:**1001-0629(2013)01-0104-06

荒漠草原干旱少雨、风大、沙多,生境条件极为严酷,生态系统极其脆弱,加之长期以来,人类对草地资源的掠夺性利用和对草地的大肆破坏,使原本脆弱的生态环境更加恶化,风沙危害频繁发生,草地承载能力越来越低。因此,改善和恢复荒漠草原生态系统的功能已成为非常迫切的任务。土壤种子库是指在土壤上层凋落物和土壤中全部的存活种子<sup>[1]</sup>,是植物种群生活史中的一个重要阶段。在严酷荒漠气候条件下,土壤种子库对缓冲物种灭绝具有重要作用。土壤种子库可简单分为瞬时土壤种子库和持久土壤种子库,持久土壤种子库是指在土壤中存活 1 年以上的种子<sup>[2]</sup>,对于保存和恢复植被物种与群落的多样性具有重要的作用<sup>[3-4]</sup>。研究表明,种源的缺乏是影响植被恢复的关键因素<sup>[5]</sup>。在退化生态系统中,植被恢复部分依赖于原始群落残留在土壤中的种子持久性<sup>[3]</sup>。但是,需要恢复的目标物种常常不能形成持久种子库<sup>[6-7]</sup>。退化群落中的物种是否有能力形成持久种子库需要进一步研究。目前,关于持久种子库在植被恢复过程中的作用存在很大争议。一些研究表明,干扰后的植被可以通过持久种子库来恢复<sup>[8-9]</sup>,而也有与之相反的观点认为持久种子库在植被恢复与更新过程中发挥的作用很小,植被更依赖于克隆生长来更新和恢复<sup>[10]</sup>。

持久种子库在荒漠草原生态系统中的作用如何,能否依靠持久种子库成功恢复已经严重退化的植被等一系列问题尚不清楚,需要进一步研究。本研究基于对荒漠草原 11 个群落类型的土壤种子库物种组成、多样性、大小,及其与地上植被和地理位置的关系的研究,揭示该草地类型土壤种子库的基本特征,探讨土壤种子库在荒漠草原退化植被恢复重建中的作用与潜力,以为退化荒漠草原的恢复治理提供一定的理论依据。

## 1 研究地点与方法

**1.1 研究区自然概况** 研究样点位于陕西省与内蒙古自治区境内的荒漠草原(35°59'~39°45' N, 108°52'~110°49' E),海拔范围为 1 010~1 523 m。年均气温 2~5 °C,≥10 °C 的积温 2 200~3 000 °C·d,最高达 3 400 °C·d。平均年降水量 200~400 mm,7-9 月降水量占全年降水量的 60%~70%。蒸发量大,湿润系数小于 0.13。土壤类型主要为灰钙土、淡灰钙土、漠钙土和棕钙土,肥力很低。组成草地的植物丰富度、草群高度、盖度及生物产量等指标均明显低于典型草原。植被低矮、稀疏,覆盖度 15%~25%,种类单调,以强旱生、多年生、矮丛禾草(或蒿类半灌木)与强旱生的多年生草本、小灌

收稿日期:2012-04-11      接受日期:2012-06-19  
基金项目:河南科技大学博士基金项目(09001634);高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室专项(10502-Z8)  
作者简介:赵凌平(1983-),女,河南漯河人,讲师,博士,主要从事草地生态学研究。E-mail:zlp19830629@163.com

木和小半灌木、半灌木为主。荒漠草原的主要优势植物为白沙蒿(*Artemisia sphaercephala*)、白刺(*Nitraria tangutorum*)、野葱(*Allium chrysanthum*)、苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、猫头刺(*Oxytropis aciphylla*)和红砂(*Reaumuria songarica*)等。

## 1.2 试验方法

**1.2.1 样地选择与设置** 在大面积踏查的基础上,共调查 11 个荒漠草原样地。样地的编号、经纬度、海拔高度和优势种详见表 1。每个样地面积设为 200 m×200 m,按照统一的标准和方法对研究区内

表 1 样地基本情况  
Table 1 Site descriptions of sampling plots

样地 Plot code	位置 Location	经度 Longitude(E)	纬度 Latitude(N)	海拔 Altitude/m	优势种 Dominant species
S <sub>1</sub>	陕西神木 Shenmu, Shaanxi	110°49'28.72"	38°47'26.95"	1 171	白沙蒿 <i>Artemisia sphaercephala</i>
S <sub>2</sub>	陕西神木 Shenmu, Shaanxi	109°56'10.42"	39°02'27.64"	1 234	白沙蒿 <i>A. sphaercephala</i> 、 扁穗冰草 <i>Agropyron cristatum</i>
S <sub>3</sub>	陕西甘泉 Ganquan, Shaanxi	109°23'15.58"	36°08'28.40"	1 106	牛心朴子 <i>Cynanchum Komarovii</i> 、 白颖苔草 <i>Carex rigescens</i>
S <sub>4</sub>	陕西富县 Fuxian, Shaanxi	109°22'46.96"	35°59'16.84"	1 042	杠柳 <i>Periploca sepium</i> 、 白草 <i>Pennisetumcent rasiaticum</i>
S <sub>5</sub>	陕西靖边 Jingbian, Shaanxi	108°52'46.53"	37°29'12.18"	1 523	白沙蒿 <i>A. sphaercephala</i> 、 小花棘豆 <i>Oxytropis glabra</i>
S <sub>6</sub>	陕西靖边 Jingbian, Shaanxi	108°54'04.33"	37°25'54.06"	1 518	白沙蒿 <i>A. sphaercephala</i> 、 冷蒿 <i>Artemisia frigida</i>
S <sub>7</sub>	陕西横山 Hengshan, Shaanxi	109°41'00.54"	38°01'56.53"	1 010	散穗早熟禾 <i>Poa subfastigiata</i> 、 阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus</i>
S <sub>8</sub>	内蒙古伊金霍洛旗 Ejin Horo Banner, Inner Mongolia	109°44'57.64"	39°12'51.06"	1 292	白沙蒿 <i>A. sphaercephala</i> 、 芨草 <i>Arthraxon hispidus</i>
S <sub>9</sub>	内蒙古伊金霍洛旗 Ejin Horo Banner, Inner Mongolia	109°45'56.44"	39°28'06.64"	1 323	白颖苔草 <i>C. rigescens</i> 、 扁穗冰草 <i>A. cristatum</i>
S <sub>10</sub>	内蒙古伊金霍洛旗 Ejin Horo Banner, Inner Mongolia	109°47'41.78"	39°21'59.73"	1 355	白沙蒿 <i>A. sphaercephala</i> 、 猫头刺 <i>O. aciphylla</i>
S <sub>11</sub>	内蒙古东胜区 Dongsheng, Inner Mongolia	109°56'48.42"	39°45'57.01"	1 433	白沙蒿 <i>A. sphaercephala</i> 、 小花棘豆 <i>O. glabra</i>

的地上植被和土壤种子库进行调查和取样。

**1.2.2 野外地上植被调查与土壤种子库取样** 土壤种子库具有强烈的季节动态和年季动态。研究目的不同,取样时间也大不相同。在多年生植物和夏季一年生植物占优势的群落中,判定持久土壤种子库的土样应该在夏天采集,即在萌发完成之后种子成熟和散布开始之前<sup>[11]</sup>。该区以强旱生、多年生、矮丛禾草(或蒿类半灌木)与强旱生的多年生草本为主,故将该区持久种子库的野外取样时间确定于 2008 年 7 月初。在每个样地,依据典型性原则,选择能够代表整个样地植被、地形及土壤等特征的地段。按一定方向设置 150 m 样线,每隔 20 m 布设一个 1 m×1 m 样方,重复 6 次,进行地上植物群落学的基本调查。记录样方内物种的种类、多度、盖度等。同时每个样方内按对角线原则选取 5 个样点,然后用 9 cm 直径土钻分 0~5、5~10、10~15

cm 3 层采集土壤样品,然后将同一层土样混合成为一个混合样,装袋,带回实验室供试。

**1.2.3 室内分析** 采用直接萌发法来测定土壤种子库的物种组成及大小<sup>[12]</sup>,该方法可以检测出土壤种子库中 90% 以上的物种<sup>[13]</sup>。萌发之前,先将土样中的根、石头等杂物检出,然后将土样均匀地平铺在萌发的发芽盘(27.5 cm×20.5 cm×4.0 cm)内,土样厚度约为 1.0 cm。发芽盘底部预先装有约 5.0 cm 厚的无种子细沙作基垫,细沙预先在 140 °C 的鼓风干燥箱内经过 24 h 的处理以灭有活力的种子,防止污染。然后用 10 个填满无种子细沙的萌发盘作为对照,来监测是否有空中传播的种子污染萌发装置。萌发盘置于有自然光照条件的温室内(18~30 °C),并适时撒水以保持土壤湿润。幼苗开始萌发后,逐日观察,用牙签标记幼苗,记录种子萌发情况。可以鉴定的幼苗立即进行鉴定,鉴定后立即拔除;无

法鉴定的幼苗移栽到别的发芽盘内让其继续生长,直至能识别为止。定期翻土以促进种子萌发,直至连续3周无苗出现。再喷洒赤霉素来打破种子休眠,促进其萌发。最后直至连续3周土样中不再有种子萌发即可结束试验。土壤种子库密度用单位面积( $1\text{ m}^2$ )内有活力的种子个数来表示。

**1.3 数据处理** 根据各群落中土壤种子库的物种数和种子数量,分别采用丰富度指数(Species Richness)和 Shannon-Wiener 多样性指数来分析土壤种子库中物种的多样性特征。

$$\text{Shannon-Wiener 指数}(H): H = -\sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i).$$

式中, $S$  为物种总数, $P_i$  为物种  $i$  的个体数占所有物种个体总数的比例。

采用 Jaccard 相似性指数进行计算土壤种子库与地上植被的相似性。

$$\text{Jaccard 相似性指数}: C_j = \frac{j}{a+b-j}.$$

式中, $a$  为样地 A 的物种数, $b$  为样地 B 的物种数, $j$  为样地 A 和 B 共有物种的数量。

用单因素方差分析(ANOVA)比较分析了不同样地土壤种子库的物种丰富度、多样性指数和密度的差异。用双因素方差分析植被类型和分层对土壤种子库密度的影响。方差分析之前,先对数据进行转换以满足正态分布检验和方差齐性检验。分别用 Shapiro-Wilk test 和 Levene's test 来处理正态分布检验和方差齐性检验。用 Tukey's HSD 进行多重比较。用 Pearson 相关来分析地上植被密度以及土壤种子库物种多样性、密度与地理位置之间的相关性。 $P < 0.05$  表示差异显著。以上所有分析均用 SPSS 16.0 软件进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤种子库物种组成及其物种多样性

经萌发试验共统计到 21 种物种,隶属 8 科 17 属。其中禾本科、菊科和藜科植物最多,分别占到 25.2%、15.4% 和 11.9%。在持久土壤种子库中,草本植物占优势,特别是一年生草本,占到总物种的 50.4%。灌木在种子库中很少发现,仅见白沙蒿、猫头刺和达乌里胡枝子 (*Lespedeza davurica schindl*)。灌木植物在持久土壤种子库中所占比例较小,主要有 3 个原因:1)与草本植物相比,灌木植物种子比较大,更易集中在土壤表层而形成瞬时种子库,在土壤中的寿命比较短;2)灌木种子在形成植冠种子库的时候容易遭受动物捕食、虫蛀,使落入土壤种子库中有活力的种子数量大大降低;3)与草本植物相比,灌木种子质量比较大,数量比较少,在土壤种子库中的空间异质性高,不易被发现。

土壤种子库物种丰富度的变化范围为 2~8,均值为 4.2; Shannon-Wiener 指数的变化范围为 0.271~2.002,均值为 1.118。在不同群落土壤种子库中,物种丰富度( $F=3.041, P < 0.05$ )和 Shannon-Wiener 指数( $F=2.967, P < 0.05$ )差异显著。用 Pearson 相关分析土壤种子库物种多样性与地理位置之间的关系发现,土壤种子库物种多样性与经度、纬度均无显著相关关系( $P > 0.05$ )。但海拔与物种丰富度( $r = -0.322, P < 0.05$ )和 Shannon-Wiener 指数( $r = -0.265, P < 0.05$ )均呈显著负相关,即随着海拔的升高,土壤种子库物种丰富度和 Shannon-Wiener 指数呈下降趋势(图 1)。

**2.2 土壤种子库密度变化** 荒漠草原土壤种子库密度变化范围为 31.5~482.3 粒· $\text{m}^{-2}$ ,均值为

图 1 土壤种子库物种多样性与海拔的相关性

Fig. 1 Relationship between species diversity in soil seed bank and altitude

178.7±13.3 粒·m<sup>-2</sup>。0~5 cm 土层的种子库密度范围为 0~283.1 粒·m<sup>-2</sup>,均值为 88.5±7.8 粒·m<sup>-2</sup>。5~10 cm 土层的种子库密度变化范围为 0~209.7 粒·m<sup>-2</sup>,均值为 67.5 粒·m<sup>-2</sup>。10~15 cm 土层的种子库密度变化范围为 0~94.3 粒·m<sup>-2</sup>,均值为 21.1 粒·m<sup>-2</sup>。用双因素方差分析植被类型和分层对土壤种子库密度的影响,结果表明,植被类型( $F=5.301, P<0.05$ )和土壤分层( $F=41.298, P<0.05$ )均对土壤种子库密度影响显著,且二者之间无交互作用( $F=1.101, P>0.05$ )。不同群落之间土壤种子库密度在 0~15 cm 土层( $F=2.755, P<0.05$ ),0~5 cm 土层( $F=3.298, P<0.05$ ),10~15 cm 土层( $F=2.632, P<0.05$ )差异显著,而在 5~10 cm 土层( $F=1.680, P>0.05$ )差异不显著,说明不同群落之间土壤种子库的密度差异主要是由 0~5 cm 土层和 10~15 cm 土层中的种子密度差异引起。但是 10~15 cm 土层中的种子密度非常小,只占到总密度的 11%左右,而 0~5 cm 土层中的种子密度占到总密度的 47%。因此,荒漠草原不同群落之间持久土壤种子库密度的差异主要是由 0~5 cm 土层中的种子密度的差异引起。

用 Pearson 法分析土壤种子库密度与地理位置之间的关系,结果表明,种子库密度与经度( $r=0.192, P>0.05$ )和海拔之间( $r=-0.226, P>0.05$ )相关性均不显著,而与纬度呈显著负相关( $r=-0.269, P<0.05$ ),即随着纬度的增加,荒漠草原土壤种子库密度呈递减趋势(图 2)。

**2.3 土壤种子库与地上植被的关系** 通过对荒漠草原 11 个样地地上植被与土壤种子库的物种组成发现,二者之间的共有物种非常少,其中 4 个样地地上植被与土壤种子库的共有物种均仅有 1

种,其他样地最多的也只有 6 种。在这些样地中,仅发现 3 种灌木为地上地下的共有物种,即猫头刺、达乌里胡枝子和白沙蒿,其余均为草本植物,如芨草、小画眉草(*Lespedeza davurica*)、山苦荬(*Ixeris chinensis*)、苔草和早熟禾(*Poa annua*)等。但是地上植被中属于灌木的柠条(*Caragana korshinskii*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)、驼绒藜(*Ceratoides latens*)、雾冰藜(*Bassia dasyphylla*)、短叶假木贼(*Anabasis brevifolia*)、小叶悬钩子(*Rubus taiwanicola*)和短叶锦鸡儿(*Caragana brevifolia*)等物种均未在持久土壤种子库中发现。可见,地上植被中草本植物对土壤种子库的贡献要大于灌木对土壤种子库的贡献。由于灌木植物在持久土壤种子库中的缺乏,其对退化荒漠草原灌木植物的恢复贡献比较小,更多的是为草本植物的恢复提供种源。

荒漠草原地上植被与持久土壤种子库的 Jaccard 相似性指数范围为 0.05~0.27,可见荒漠草原地上植被与持久种子库的相似性极低。用 Pearson 相关分析地上植被—土壤种子库的相似性与地理位置之间的相关性,结果表明地上植被—土壤种子库的相似性与经度和纬度之间相关性不显著,而与海拔呈显著负相关( $r=-0.469, P<0.05$ )。随着海拔的升高,土壤种子库与地上植被的相似性降低,表明土壤种子库在高海拔地区对地上植被的贡献小,而在低海拔地区对地上植被的贡献大(图 3)。

图 2 土壤种子库密度与纬度的相关性

Fig. 2 Relationship between soil seed bank density and latitude

图 3 土壤种子库—地上植被之间的相似性与海拔的相关性

Fig. 3 Relationship between similarity of vegetation-soil seed bank and altitude

### 3 讨论与结论

荒漠草原持久种子库以草本植物为主,特别是一年生草本,占到总物种的 50.4%,仅见 3 种灌木,为白沙蒿、猫头刺和达乌里胡枝子。这与王宁等<sup>[14]</sup>对黄土高原安塞退耕地持久种子库,以及曾彦军

等<sup>[15]</sup>、何明珠<sup>[16]</sup>对阿拉善干旱荒漠区土壤种子库的研究结果相似。虽然多年生草本和灌木具有有性繁殖方式,但在群落形成过程中更依赖于无性繁殖,是植物在长期适应环境过程中形成的生活史对策。

荒漠草原土壤种子库密度变化范围为 31.5~482.3 粒·m<sup>-2</sup>,均值为 178.7 粒·m<sup>-2</sup>。植被类型和土壤分层均对持久土壤种子库密度影响显著。不同群落之间持久土壤种子库的密度差异主要是由 0~5 cm 土层的种子密度差异引起。荒漠草原持久土壤种子库的密度明显小于黄土高原丘陵沟壑区持久种子库密度<sup>[14]</sup>,但大于内蒙古乌兰察布西部温性荒漠草地土壤种子库的密度<sup>[17]</sup>。荒漠草原土壤种子库密度低可能与降水量小、动物捕食、土壤含水量低和肥力差等原因有关<sup>[16,18]</sup>。

在荒漠草原,持久土壤种子库密度与纬度之间呈显著负相关,而与经度和海拔的相关性不显著;土壤种子库物种丰富度、多样性与经纬度之间无显著相关,但与海拔呈显著负相关;土壤种子库一地上植被的相似性与经纬度相关不显著,但与海拔呈显著负相关。可见,海拔对荒漠草原持久种子库的密度影响不显著,但显著影响物种组成。这与何明珠<sup>[16]</sup>对阿拉善高原荒漠土壤种子库的研究结果类似,即土壤种子库的密度与海拔无显著相关。但是一些研究表明海拔显著影响土壤种子库的大小<sup>[19-23]</sup>。马妙君<sup>[22]</sup>研究青藏高原高寒草甸的土壤种子库发现,物种丰富度随着海拔的升高而降低。Peco 等<sup>[24]</sup>研究发现种子库一地上植被的相似性与海拔呈负相关,并指出主要原因是高海拔地区的优势物种在土壤中持续的时间短,不易形成持久种子库。但 Cavieres 和 Arroyo<sup>[20]</sup>认为,高海拔地区的寒冷气候提高了种子在土壤中的持久性,物种更易形成持久种子库。另外一种观点则认为种子库对策是植物本身的内在特征,不会因外界环境的改变而改变<sup>[12,25]</sup>。因此,目前海拔对土壤种子库的影响具体机制尚不清楚,还需进一步研究。

以灌木为主的荒漠草原,依靠持久种子库恢复退化荒漠草原灌木层植物的潜能很小,而恢复草本层植物是可能的。草本层植被的恢复,阻止了水土流失,在截留灌木层种子、避免动物捕食方面也可起到积极作用,一定程度上有利于灌木层植被的恢复。在干旱、半干旱环境中,灌木植物在群落形成过程、幼苗更新和恢复上更依赖于无性繁殖方式,如铁杆蒿(*A. sacrorum*)的根蘖繁殖,绵刺(*Potaninia mongolica*)的“劈裂”繁殖。

## 参考文献

- [1] Harper J L. Population biology of plant[M]. London: Amercia Press,1977:256-263.
- [2] 闫巧玲,刘志民,李荣平.持久土壤种子库研究综述[J].生态学杂志,2005,24(8):948-952.
- [3] Bakker J P,Poschlod P,Strykstra R J,*et al.* Seed bank and seed dispersal: Important topics in restoration Ecology[J]. Acta Botanica Netherlandica,1996,45(4):461-490.
- [4] Timothy J K. The roles of seed mass and persistent seed banks in gap colonisation in grassland[J]. Plant Ecology,2007,193:233-239.
- [5] Bakker J P,Berndse F. Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities[J]. Trends in Ecology & Evolution,1999,14:63-68.
- [6] Bekker R M,Bakker J P,Grandin U,*et al.* Seed size, shape and vertical distribution in the soil: Indicators of seed longevity[J]. Functional Ecology,1998,12:834-842.
- [7] McDonald A W,Bakker J P,Vegelin K. Seed bank classification and its importance for the restoration of species-rich flood-meadows[J]. Journal of Vegetation Science,1996,7:157-164.
- [8] Freedman B,Hill N,Svoboda J,*et al.* Seed banks and seedling occurrence in a high arctic oasis at Alexandra Fjord, Ellesmere Island, Canada[J]. Canadian Journal of Botany,1982,60:2112-2118.
- [9] Leck M A,Simpson R L. Tidal freshwater wetland zonation; seed and seedling dynamics[J]. Aquatic Botany,1994,47:61-75.
- [10] Welling P,Tolvanen A,Uine K. The alpine soil seed bank in relation to field seedlings and standing vegetation in Subarctic Finland[J]. Arctic Antarctic and Alpine Research,2004,36:229-238.
- [11] Warr S J,Kent M,Thompson J P. Seed bank composition and variability in five woodlands in south-west England [J]. Journal of Biogeography,1994,21:152-168.
- [12] Thompson K,Grime J P. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats [J]. Journal of Ecology,1979,67:893-921.
- [13] Ter Heerdt G N J,Verweij G L,Bekker R M,*et al.* An improved method for seed-bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving [J]. Functional Ecology,1996,10:144-151.

- [14] 王宁,贾燕锋,焦菊英,等. 陕北安塞退耕地持久土壤种子库与地上植被的对应关系[J]. 中国水土保持科学, 2009, 7(6): 51-57.
- [15] 曾彦军,王彦荣,南志标,等. 阿拉善干旱荒漠区不同植被类型土壤种子库研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(9): 1457-1463.
- [16] 何明珠. 阿拉善高原荒漠植被组成分布特征及其环境解释IV. 土壤种子库特征研究[J]. 中国沙漠, 2010, 30(20): 287-295.
- [17] 赵萌莉,许志信. 内蒙古乌兰察布西部温性荒漠草地土壤种子库初探[J]. 中国草地, 2000(2): 46-48.
- [18] 李新荣,张志山,王新平,等. 干旱区土壤——植被系统恢复的生态水文学研究进展[J]. 中国沙漠, 2009, 29(5): 845-852.
- [19] Ortega M, Levassor C, Peco B. Seasonal dynamics of Mediterranean pasture seed banks along environmental gradients[J]. Journal of Biogeography, 1997, 24: 177-95.
- [20] Cavieres L A, Arroyo M T K. Persistent soil seed banks in *Phaeelia seecunda* J. f. Gmel. Hydrorhynchaceae: Experimental detection of variation along all altitudinal gradient in the Andes of central Chile[J]. Journal of Ecology, 2001, 81: 31-39.
- [21] Cummins R P, Miller G R. Altitudinal gradients in seed dynamics of *Calluna vulgaris* in eastern Scotland[J]. Journal of Vegetation Science, 2002, 13: 859-866.
- [22] 马妙君. 青藏高原东部高寒草甸的土壤种子库[D]. 兰州: 兰州大学, 2009.
- [23] 杨磊,王彦荣,余进德. 干旱荒漠区土壤种子库研究进展[J]. 草业学报, 2010, 19(2): 227-234.
- [24] Peco B, Ortega M U, Vassor C. Similarity between seed bank and vegetation in Mediterranean grassland: A predictive model[J]. Journal of Vegetation Science, 1998, 9: 815-828.
- [25] Funes G, Basconcelo S, Díaz S, *et al.* Seed bank dynamics in tall-tussock grasslands along an altitudinal gradient[J]. Journal of Vegetation Science, 2003, 14: 253-260.

## Potential role of persistent soil seed bank in vegetation restoration of degraded desert grasslands

ZHAO Ling-ping<sup>1</sup>, CHENG Ji-min<sup>2</sup>, WANG Zhan-bin<sup>1</sup>

(1. College of Animal Sciences, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Water Ministry Resources, Yangling 712100, China)

**Abstract:** In order to explore the potential role of persistent soil seed bank in the vegetation restoration and reconstruction, the characteristics of persistent soil seed bank, and its relationship with vegetation and geographic location were studied in 11 plots of the degraded desert grasslands. The result showed that soil seed bank was dominated by herbaceous plants. Soil seed bank density ranged from 31.5 to 482.3 seed · m<sup>-2</sup> in desert grasslands. Vegetation types and soil layer both had a significant effect on the density of persistent soil seed bank. Persistent seed bank density was negatively correlated with latitude, and had no significant correlation with longitude. Longitude and latitude had no significantly effect on the species richness and diversity of the persistent soil seed bank, and the similarity between the persistent soil seed bank and vegetation. Altitude had no significantly effect on the density of the persistent seed bank, but did affect the species richness and diversity of the persistent soil seed bank, and the similarity between the persistent soil seed bank and vegetation. With the increase of the altitude, the species richness and diversity of the persistent seed bank, and its similarity with vegetation decreased. Persistent soil seed bank and its similarity with vegetation were very low. It was unlikely that the potential of shrub layers restoration depending on soil seed bank.

**Key words:** persistent soil seed bank; vegetation restoration; degraded desert grassland; geographic location