

# 黄土丘陵植被恢复过程中土壤种子库 萌发数量特征及动态变化

郭 曼<sup>1,2</sup>, 郑粉莉<sup>1,2</sup>, 安韶山<sup>1,2</sup>, 刘 雨<sup>1,2</sup>, 白文娟<sup>2</sup>

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:** 采用野外定点采样与室内土壤种子萌发试验相结合的研究方法, 选取黄土丘陵区典型草原带宁夏固原地区不同植被恢复年限(2, 5, 12, 24, 35, 55, 75 a)及当年农地(对照)的 8 个样地, 研究该区土壤种子库萌发数量特征及动态变化。结果表明, 8 个不同植被恢复年限样地土壤中可萌发的种子的平均数量为 3542.5 粒/m<sup>2</sup>, 可萌发种子以双子叶植物为主, 约占萌发总数的 90%。0~5 cm 土层可萌发种子数量变化于 166.7~9100.0 粒/m<sup>2</sup>; 5~10 cm 土层变化于 133.38~2120.02 粒/m<sup>2</sup>。土壤中可萌发种子数量随着恢复年限的增加表现先增加后下降的趋势。土壤中可萌发的种子数量随时间的变化近似单峰型, 双子叶植物峰值主要出现在第 4~6 周, 而单子叶植物萌发高峰在 5~6 周。表明在环境、气候等条件适宜时, 黄土丘陵区典型草原带可萌发的土壤中的种子可形成萌发高峰。

**关键词:** 植被恢复年限; 土壤种子库; 种子萌发; 数量特征; 萌发动态

**中图分类号:** S154.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)02-0233-06

土壤种子库(soil seed bank, SSB)指一定面积土体中有生活力或发芽能力种子的总和<sup>[1]</sup>。种子库内的种子作为潜在的植物种群, 是群落过去状况的记录, 也是反映群落现在和将来特点的一个重要因素<sup>[2]</sup>。作为植被潜在更新能力的重要组成部分, 土壤种子库在植被自然恢复过程中起着重要的作用。它是植被重建与恢复的重要种源, 在很大程度上决定了植被恢复的进度和方向<sup>[3~5]</sup>。土壤种子库中种子的萌发量及萌发能力对退化生态系统植被恢复有重要作用, 苏德毕力格<sup>[6]</sup>等称这部分种子为可萌发种子库。因此对种子库中植物种子的组成和密度以及动态等特征的研究, 可为揭示植被演替机理提供科学依据。国内、外学者在不同区域对不同植被类型土壤种子库的大小与组成、放牧对种子库的影响以及土壤种子库在植被恢复中的作用<sup>[7]</sup>等内容进行了大量深入的研究。而对黄土丘陵区植被在不同恢复阶段土壤种子库状况研究较少。本文以黄土丘陵区典型草原带—宁夏固原地区为研究对象, 阐明不同植被恢复年限下土壤种子库的萌发数量特征及萌发动态, 以说明土壤种子库在黄土丘陵区草地植被恢复演替中的作用, 为该地区快速进行恢复植被提供理论依据。

## 1 研究区自然概况

研究区位于宁夏固原市东北部, 地理位置为 106°24′~106°28′E, 36°13′~36°19′N, 海拔 1 800~2 100 m。该区山体浑圆, 山坡平缓, 黄土层深厚。地势南低北高, 南坡平缓, 北坡较陡, 为典型黄土覆盖的低山丘陵区。地带性土壤类型为山地灰褐土和黑垆土。该区处于中温带半干旱气候区, 具有典型的半干旱气候特征, 气候特点是干燥, 雨量少而集中, 年降雨量 400~450 mm<sup>[8]</sup>。研究区自然植被主要以本氏针茅(*Stipa bungeana*)、百里香(*Thymus mongolicus*)、铁杆蒿(*Artemisia vestita*)、大针茅(*S. grandis*)、冷蒿(*A. frigida*)群落类型为主, 伴生种以猪毛蒿(*A. scoparis*)、厚穗冰草(*Aneurolepidium dasystachys*)、星毛委陵菜(*Potentilla acaulis*)等群落类型为主<sup>[9]</sup>。

## 2 材料与方法

### 2.1 试验设计

试验于 2006 年 8 月下旬在黄土丘陵区典型草原带宁夏固原地区进行, 根据对该区不同恢复年限的草地进行调查及草地承包户访问和查阅地契, 确

收稿日期: 2008-07-10

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40335050); 国家 973 计划项目(2007CB407201)

作者简介: 郭 曼(1979—), 女, 陕西礼泉人, 在读博士, 主要从事土壤质量评价方面的研究。E-mail: mg\_2003@yahoo.com.cn。

通讯作者: 郑粉莉(1960—), 陕西蓝田人, 女, 研究员, 博士生导师, 主要从事土壤侵蚀过程、预报和土壤侵蚀环境效应评价研究。

E-mail: zhenfl@ms.iswc.ac.cn。

定了 7 个恢复年限的撂荒地及 1 个对照((农地)为 本状况如表 1 所示。  
研究样区,并对样区内植被类型进行调查。样区基

表 1 样地基本状况

Table 1 Basic characteristic of the research Samples

编号 Number	恢复年限(a) Restoration years	海拔 h <sub>ah</sub> (m)	地理位置 (N), (E)		坡度 Slopeness	坡向 Slope aspect	样地面积 Area (m <sup>2</sup> )	植被 Vegetation
1	0	1882	36 11 16	106 24 20	7°	西偏北 12°	30 ×30	农地(胡麻)
2	2	2078	36 15 48	106 23 13	6°	北偏东 11°	50 ×50	猪毛蒿 + 虫实
3	5	2080	36 15 48	106 23 14	10°	北偏西 10°	50 ×50	铁杆蒿 + 赖草
4	12	1903	36 11 57	106 24 36	12°	北偏西 20°	50 ×50	香茅草 + 百里香
5	23	2033	36 15 6	106 23 21	11°	北偏东 50°	50 ×50	百里香 + 长芒草
6	35	2082	36 15 45	106 23 25	17°	西偏南 14°	50 ×50	铁杆蒿 + 大针茅
7	50	2097	36 15 13	106 22 56	14°	北偏东 62°	50 ×50	长芒草 + 大针茅
8	70	2058	36 15 9	106 23 12	10°	东偏南 20°	50 ×50	大针茅 + 长芒草

注(Note): 农地(胡麻) *Cropland (Linum usitatissimum)*; 猪毛蒿 *Artemisia scoparia*; 虫实 *Corispermum chinganicum Iljin*; 铁杆蒿 *Artemisia vestitay*; 赖草 *Leymus scalinu*; 香茅草 *Cymbopogon citrates*; 百里香 *Thymus mongolicus*; 长芒草 *Stipa bungeana Trin*; 大针茅 *S. grandis*.

## 2.2 采样及测定方法

采用样线法采样<sup>[10-12]</sup>。具体为在每个样地上,等距离(10 m)设置 2 条长 10 m 的样线,在每条样线上等距离(5 m)分坡上、坡中、坡下设置 3 个 10 cm ×10 cm 的土样,共计 6 个重复。在各土样内,用自制的方形铁制的土壤种子库取样器(容积 10 cm ×10 cm × 10 cm,5 cm 处有刻度线)分两层(0~5 cm;5~10 cm)采集土壤,分别装入土袋,带回实验室<sup>[13]</sup>。

室内试验采用萌发法<sup>[14]</sup>。将土样在室温条件下自然干燥后,过筛(5 mm)剔除杂物,并用手工把土样碾开,使其尽量分散,并保证种子的完整性。然后将土样置于铺垫无种沙子(沙子经 115 °C 烘箱处理 48 h,厚度约为 1 cm)的带有通气孔的 30 cm ×25 cm ×5 cm 的塑料盘中,再将其置于日光室(室温为 15~20 °C)中,每日定时浇水并提供 12 h 光照,使其

充分萌发。每周记录塑料盘中出苗数量,直至每个盘中再无种子萌发时结束试验。在试验过程中,由于幼苗很小无法鉴定物种,仅记录为单子叶和双子叶植物。整个室内萌发试验于 2006 年 9 月~2007 年 1 月进行,为期 5 个月。

## 3 结果与讨论

### 3.1 植被恢复不同年限土壤种子萌发的数量特征

根据各样地萌发幼苗数计算出单位面积土壤种子库萌发数量,结果见表 2。从表 2 中可知,8 个样地土壤种子库可萌发种子的平均数量为 3 542.5 粒/m<sup>2</sup>。0~5 cm 土层中可萌发种子数量变动于 166.7~9 100.0 粒/m<sup>2</sup>,5~10 cm 土层变动于 133.3~2 120.0 粒/m<sup>2</sup>。0~5 cm 层的土壤中可萌发种子数量要远远大于 5~10 cm 层的,平均是 5~10 cm 层的 3.2 倍。

表 2 不同植被恢复年限土壤种子库萌发数量特征

Table 2 The characteristic of the germinated Seeds of soil seed bank under different vegetation restoration years

恢复年限(y) Restoration years	不同土层土壤种子库萌发数量(粒/m <sup>2</sup> ) Germinated Seedsof soil seed bank		萌发总数(粒/m <sup>2</sup> ) Total germinated seeds	P<0.05	P<0.01
	0~5 cm	5~10 cm			
0	166.7 ±57.7	133.3 ±152.8	300 ±200.0	d	B
2	1940.0 ±1262.1	820.0 ±481.7	2760 ±1705.3	bc	B
5	8200.0 ±2331.3	1380.0 ±769.4	9580 ±2986.1	a	A
12	2520.0 ±855.6	260.0 ±251.0	2780 ±957.6	bc	B
23	1580.0 ±906.6	680.0 ±311.4	2260 ±991.5	bcd	B
35	9100.0 ±4622.2	2120.0 ±545.0	11220 ±4967.6	a	A
55	2080.0 ±1545.0	1140.0 ±753.7	3220 ±2080.1	b	B
75	360.0 ±270.2	240.0 ±167.3	600 ±406.0	cd	B

其中,恢复 35 和 5 a 的铁杆蒿群落可萌发的种子数量明显高于其他样地,但二者之间的差异性不显著 ( $P < 0.05$ ),却与其他恢复年限的样地之间存在极显著的差异 ( $P < 0.01$ );恢复 2、12、23、55 a 的样地之间的差异不显著 ( $P < 0.05$ ),这四个样地种子库中可萌发的种子数量次之;当年农地和恢复 75 a 的样地之间的差异性不显著 ( $P < 0.05$ ),二者种子库中可萌发的种子数量明显少于其他样。植被恢复不同年限的土壤种子库密度差异较大,最大值约为最小值的 38 倍。

对于不同植被恢复年限而言,土壤中可萌发种子数量并不是随着恢复年限而增加。总体上看,以封育 35 年及 5 年形成的铁杆蒿为优势种的群落土壤种子库萌发数量相对较大,这主要是与铁杆蒿的生态学特性有关。铁杆蒿抗旱力较强,结实数量较大,种子繁殖力较强,再生途径为可广泛散布的种

子,在草甸草原中也常以亚建种出现<sup>[15]</sup>。

### 3.2 土壤种子库的植物组成特征

从图 1 可以看出,8 个样地土壤种子库可萌发种子中,单子叶植物数量为 2 620 粒/ $m^2$ ,双子叶植物 25 720 粒/ $m^2$ 。说明可萌发种子以双子叶植物占绝大多数,约为萌发总数的 90%。从恢复年限看,在恢复 5 a 和 35 a 时,土壤种子库中双子叶植物萌发的数量达到峰值,而单子叶植物仅在恢复 5 a 时有峰值出现,土壤种子库萌发数量并非是随着恢复年限的增加呈线性上升趋势,而是随着恢复年限的增加表现先增加后下降的趋势。这说明试验区土壤种子库在恢复初期呈上升趋势,而在后期,随着生态恢复力度的加强,该地区生态环境得到大幅度改善,地上植被生长数量及物种大大增加,土壤中储存的种子大量萌发,致使土壤种子库数量下降。

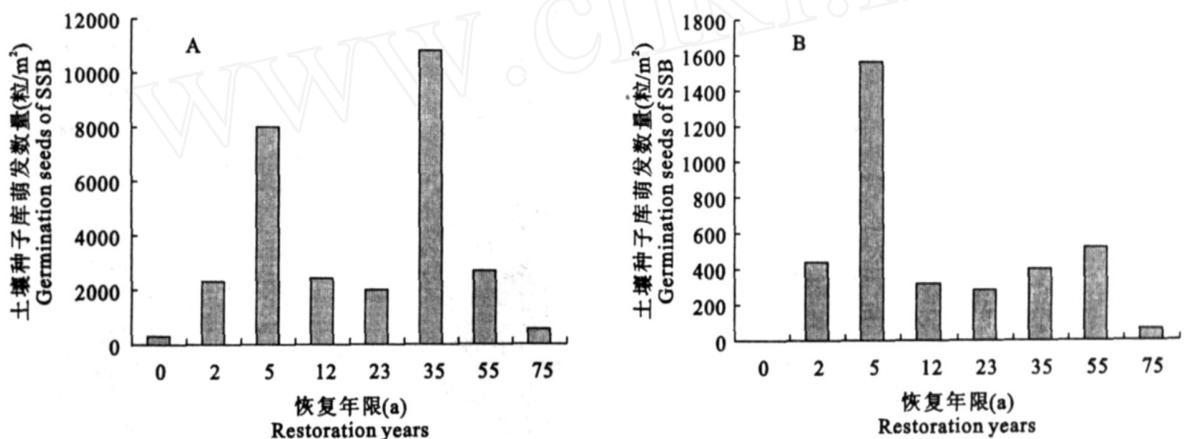


图 1 不同植被恢复年限土壤种子库植物组成特征 (A: 双子叶; B: 单子叶)

Fig. 1 The characteristic of vegetation composing in the soil seed banks at different restoration years

(A: Dicotyledon; B: Moncotyledon)

### 3.3 不同植被恢复年限土壤种子库萌发动态特征

种子的萌发动态可以反映土壤种子库中种子萌发的时间格局,对草地演替、发展和建设的预见性很大。土壤种子库的萌发动态特征或节律直接表达了各种植物种子对生境或环境的适应对策,也体现了生态系统中植被的更新序列在其更新过程中时间的特征<sup>[16]</sup>。

从图 2 可以看出,在培养时间 2 周左右时盘中的土壤种子开始萌发,双子叶植物较单子叶植物提前 1 周左右开始萌芽。8 个样地种子库可萌发种子数量的时间格局都近似单峰型,除对照当年农地外,双子叶植物萌发峰值主要出现在第 4~7 周;单子叶植物萌发高峰在 5~6 周。此后单子叶植物萌发的机率很小,而双子叶植物在 6 周之后还有几个小萌发波峰。在 8 个样地中,农地种子持续萌发时间滞

后于其他样地。从曲线的波动趋势看,当年农地、植被恢复 2 a 的猪毛蒿群落、23 a 的百里香群落及 75 a 的大针茅群落种子萌发变化趋势较稳定。由于单子叶植物萌发数量所占比例较少,因此,土壤种子萌发动态基本上被双子叶植物种子的萌发趋势所主导。所有样地的种子约从 112 d (16 周) 起基本不再萌芽。已有研究表明,植物群落中先锋物种的种子萌发之时间特征常呈单峰型格局,在环境恶劣,生长季节很短的条件下,呈高萌发能力的物种都具有与恶劣气候及物候节律相适应的机制<sup>[17]</sup>。这里的研究结果说明了黄土丘陵区典型草原带可萌发的土壤种子库内种子有可能形成萌发高峰,植被潜在的更新能力较大,只是由于当地自然环境、气候等因素影响使种子未能完全萌发。

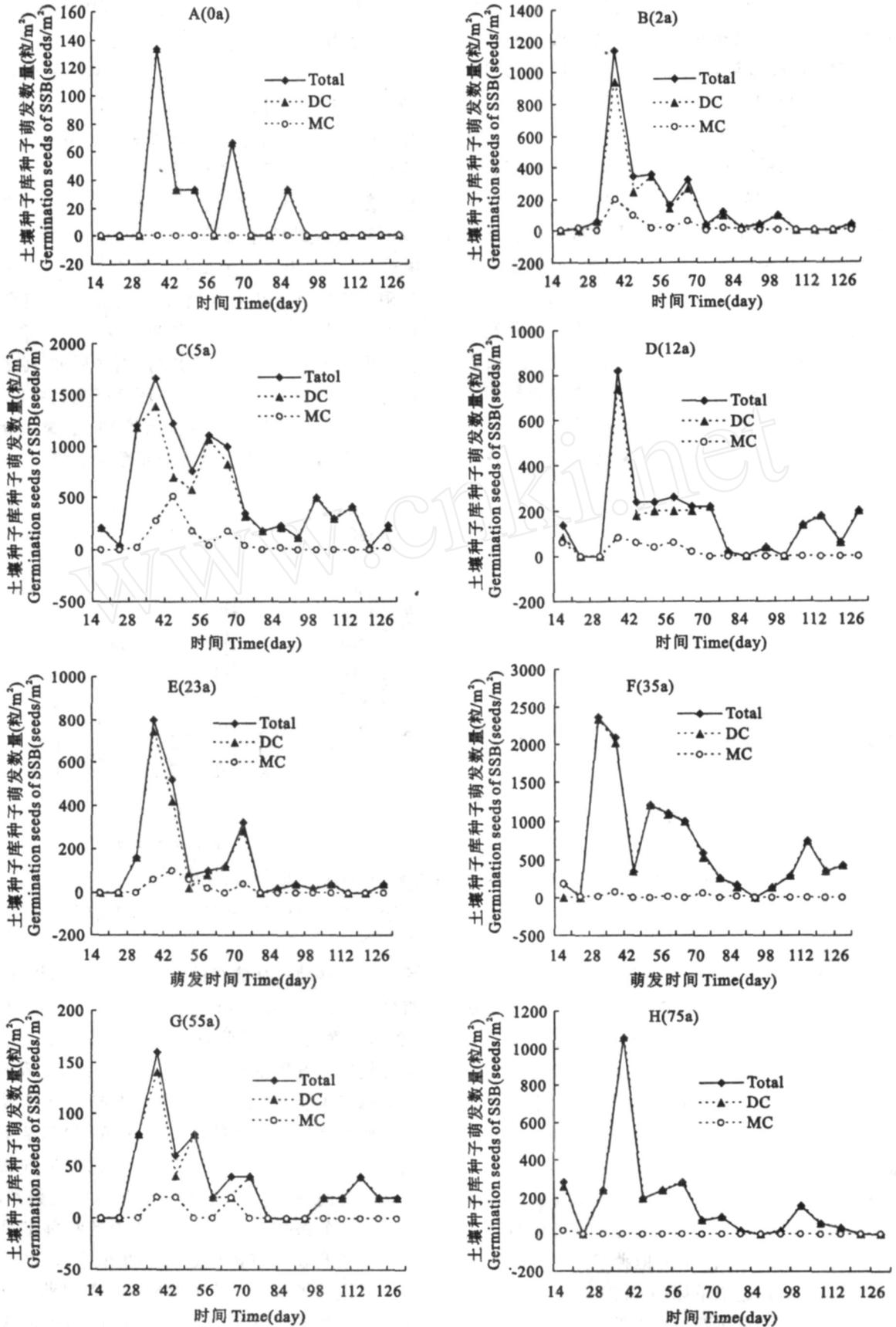


图 2 不同恢复年限土壤种子库种子萌发动态 (Total: 萌发总数; DC: 双子叶植物; MC: 单子叶植物)

Fig. 2 Germinating dynamic of the soil seed bank at different restoration years

(Total: germination total; DC: Dicotyledon; MC: Moncotyledon)

## 4 结 论

本文分析了黄土丘陵区典型草原带宁夏固原市不同植被恢复年限下土壤种子库萌发的数量特征与动态变化,取得以下研究结果:

1) 黄土丘陵区典型草原带土壤种子库在实验室条件下土壤种子库种子萌发数量并非随着恢复年限的增加呈线性上升趋势,而是呈先增大后减少的变化趋势。 $0 \sim 5 \text{ cm}$  土层种子萌发数量变化于  $166.7 \sim 9100.0 \text{ 粒}/\text{m}^2$ ,  $5 \sim 10 \text{ cm}$  土层变化于  $133.3 \sim 2120.0 \text{ 粒}/\text{m}^2$ ,仅为  $0 \sim 5 \text{ cm}$  土层种子萌发数量的 31%。

2) 研究区土壤种子库可萌发种子的植物组成以双子叶植物占绝大多数,其种子的萌发数量为  $25720 \text{ 粒}/\text{m}^2$ ,占种子萌发总数的 90%;而单子叶种子萌发数量为  $2620 \text{ 粒}/\text{m}^2$ ,仅占种子萌发总数的 10%。

3) 8 个样地土壤种子库可萌发种子数量的时间格局都近似单峰型。除当年对照农地外,双子叶植物峰值主要出现在第 4~7 周,而单子叶植物萌发高峰在 5~6 周,表明在环境、气候等条件适宜时,黄土丘陵区典型草原带可萌发的土壤种子库内种子可形成萌发高峰。由于室内培养条件远远优于野外自然条件,故该实验所得土壤种子库的萌发数量可能远远大于自然状态下可萌发的种子数量。

本文未对萌发的植物进行种属鉴定,故不能预测研究区土壤种子库中各植物的可萌发种子在草地植被更新过程的动态机制,后续工作将在这方面进行展开。

### 参 考 文 献:

- [1] Roberts H A. Seed Banks in Soil. *Advances in Applied Biology*, 1981, 6:1—55.
- [2] Coffin D P, Lauenroth W K. Spatial and temporal variation in the seed bank of semiarid grassland[J]. *American Journal of Botany*, 1989, 76:53—58.
- [3] Adel J, Behnam H, Younes A, et al. Soil seed Bank in the Arasbaran proested area of Iran and their significance for conservation management[J]. *Boil conserve*, 2003, 109:425—431.
- [4] Falinska K. Seed Bank Dynamics in Abandoned Meadows during a 20 - year period in the Bialowieza National Park[J]. *Ecol*, 1999, 87:461—475.
- [5] Peco B, Ortega M, Levassor C. Similarity between seed bank and vegetation in Mediterranean grassland: a predictive mode[J]. *Veg. Sci.*, 1998, 9:815—828.
- [6] Su DBL G, Li Yonghong, Yong Shipeng, et al. Germinasle soil seed bank of arte misiu grassland and its response to grazing[J]. *Acta Ecol Sin*, 2000, 20(1):43—48.
- [7] 孙建华,王彦荣,曾彦军. 封育和放牧条件下退化荒漠草地土壤种子库特征[J]. *西北植物学报*, 2005, 25(10):2035—2042.
- [8] 宁夏云雾山草原自然保护区管理处. 宁夏云雾山自然保护区科学考察与管理文集[M]. 银川:宁夏人民出版社, 2001:1—131.
- [9] 程积民,万惠娥. 黄土高原草地土壤种子库与草地更新[J]. *土壤学报*, 2006, 43(4):679—683.
- [10] Holmes P M. Depth distribution and composition of seed bank in alian - invaded and uninvaded fynbos vegetation[J]. *Austral Ecology*, 2002, 27:110—120.
- [11] 曹敏,唐勇,张建侯,等. 西双版纳热带森林土壤种子库储量和优势成分[J]. *云南植物研究*, 1997, 19(2):177—183.
- [12] 唐勇,曹敏,张建侯,等. 刀耕火种对山黄麻林土壤种子库的影响研究[J]. *云南植物研究*, 1997, 19(4):423—428.
- [13] 白文娟,焦菊英,张振国. 安塞黄土丘陵沟壑区退耕地的土壤种子库特征[J]. *中国水土保持科学*, 2007, 5(2):65—72.
- [14] Leck M A, Parker V T, Simpson R L. *Ecology of Soil Seed Banks*[M]. London: Academic Press, 1989:328—310.
- [15] 天然牧草知识库. 地球系统科学数据共享网. 草业开发与生态建设专题库. <http://159.226.111.21/grass/grass02>. 2007. 06
- [16] Foster SA, Janson CH. The relationship between seed size and establishment condition in tropical woody plants[J]. *Ecology*, 1985, 66:773—780.
- [17] Carwood NC. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study[J]. *Ecol Monographs*, 1983, 3:159—181.

## Quantitative characteristics and germination dynamic variation of soil seed bank during the course of restoration at Loess gully region

GUO Man<sup>1,2</sup>, ZHENG Fen-li<sup>1,2</sup>, AN Shao-shan<sup>1,2</sup>, LIU Yu<sup>1,2</sup>, BAI Wei-juan<sup>2</sup>

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling Shaanxi 712100, China;

2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming in Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation CAS & MWR Yangling Shaanxi 712100, China)

**Abstract :** Taking the pasture zone of Loess gully region (Guyuan Area of Ningxia Hui Municipality) as a case study, this paper selected eight research sites according to the different vegetation restoration years (2, 5, 12, 24, 35, 55, 75 a and cropland control) to study quantitative characteristics and dynamic change of soil seed bank germination through field survey and a laboratory experiment of seed germination. The research results showed at the different vegetation restoration years, average amount of seed sprout was 3 542.5 seeds/m<sup>2</sup>, and the amount of dicotyledon vegetation accounted for 90% of the total. The seed sprout amount in 0~5 cm soil layer varied 166.7 to 9 100.0 seeds/m<sup>2</sup> and in 5~10 cm soil layer changed 133.3 to 2 120.0 seeds/m<sup>2</sup>. At the different restoration years, an order of seed germination amount was increase before and decreases after; the temporal pattern of seed germination amount was approximate unimodal. Except cropland, the peak value of seed germination for dicotyledon appeared in 4 to 6 weeks; the peak value of seed germination for monocotyledon occurred in 5 to 6 weeks. This show that seed in the soil come into being a peak value of germination under the appropriate condition of environment, climate and so on in the pasture zone of Loess gully region.

**Key words :** vegetation restoration years; soil seed bank; seed germination; quantitative characteristics; germination dynamic variation

(上接第 226 页)

[14] WANG L L, WANG E T, LIU J, et al. Endophytic occupation of root nodules and root of *Melilotus dentatus* by *Agrobacterium tumefaciens*[J]. *Microbiol Ecol*, 2006, 52:436—443.

[15] De Lajudie P, Willems A, Pot B, et al. Polyphasic taxonomy of

rhizobia: emendation of the genus *Sinorhizobium* and description of *Sinorhizobium meliloti* comb. nov., *Sinorhizobium saheli* sp. nov., and *Sinorhizobium teranga* sp. Nov[J]. *Int. J. Syst. Bacteriol*, 1994, 44:715—733.

## Physiological and biochemical characters and 16S rDNA PCR-RFLP of Rhizobia isolated from *Medicago lupulina* in mining regions of Northwest China

WEI Xiu-li, FU Yun-yun, WEI Ge-hong

(College of Life Science, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract :** 68 rhizobia strains isolated from *Medicago lupulina* in mining regions of Northwest China were analyzed to study their physiological and biochemical characters and 16S rDNA PCR-RFLP. The only carbon source use results show that all the tested strains can use 7 kinds of carbon sources including sodium succinate, but cannot use 4 kinds of carbon sources including sodium hippurate. When the phenol is used as the only carbon source, all the tested strains can grow under 400 mg/L, but can't grow under 800 mg/L or more than that, 5 strains can grow under 700 mg/L. The tested strains have different resistibility to heavy metal. One isolate, CCNWGS0037, with the best resistibility to heavy metal is obtained. All the 16S rDNA fingerprints are divided into three types, and the full-length sequences and PCR-RFLP of 16S rDNA show that the tested strains belong to *Sinorhizobium* and *Rhizobium* and *Agrobacterium* respectively. From this study, it can be concluded that the diversity of the tested strains is poor.

**Key words :** Rhizobia; 16S rDNA; PCR-RFLP; *Medicago lupulina*