

# Study on the Characteristics of Soil Seed Bank of Degraded Grassland in Zhangchuan County

Wenjin Jin

Gansu Industry Polytechnic College, Tianshui Gansu  
Email: jinwenjin06@163.com

Received: Jun. 26<sup>th</sup>, 2020; accepted: Jul. 8<sup>th</sup>, 2020; published: Jul. 15<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Soil seed bank plays an important role in the restoration and succession of vegetation in degraded ecosystems. In order to identify the characteristics of soil seed bank of degraded grassland in Zhangchuan County, soil seed bank in three different degraded grasslands, lightly degraded, moderately degraded, heavily degraded were studied and its' vertical distribution dynamics analyzed. 1) Based on the results, 12, 9 and 4 plants species were identified in moderately degraded, heavily degraded successively, and Gramineae were the most dominant families. 2) Soil seed bank was mainly stored in the 0 - 2.5 cm soil layer in three different degraded grasslands, there was significant difference of seed reserve in each layer ( $P < 0.05$ ); soil seed bank density of degraded grassland was negatively correlated with the biomass, soil W, soil V, soil N, soil K and Soil RP ( $P < 0.05$ ), and there was no significant correlation between the density of soil seed bank and other factors ( $P > 0.05$ ). The biomass was negatively correlation with soil P ( $P < 0.05$ ).

## Keywords

Degraded Grassland, Soil Seed Bank, Restoration and Succession

---

# 张川县退化草地土壤种子库特征研究

金文进

甘肃工业职业技术学院, 甘肃 天水  
Email: jinwenjin06@163.com

收稿日期: 2020年6月26日; 录用日期: 2020年7月8日; 发布日期: 2020年7月15日

## 摘要

在退化草地植被的恢复和演替中,土壤种子库在起着重要作用,为搞清楚张家川县退化草地土壤种子库特征,调查了从轻度、中度到重度三种不同退化草地土壤种子库特征,分析了三种不同退化程度草地土壤种子库的垂直分布动态,以期为张家川县退化草地生态恢复提供理论依据。结果表明:1) 三种不同退化草地依次鉴定出12、9和4种植物,禾本科为优势科;2) 三种退化草地种子随土层深度的增加而减少;每层种子数量差异明显( $P < 0.05$ ),种子库密度与地上植被的生物量、土壤含水量、土壤总氮含量、总钾、土壤速效磷含量均呈显著负相关( $P < 0.05$ ),但与其它土壤因素之间相关性不显著( $P > 0.05$ )。地上植被生物量与土壤全磷呈极显著负相关( $P < 0.05$ )。

## 关键词

退化草地, 土壤种子库, 恢复演替

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在一定面积的土壤上层凋落物和土壤中全部种子的总和叫土壤种子库[1] [2],它在退化草地植被的恢复和演替中起着非常重要的作用,所以人们通过研究土壤种子库,达到对某一区域植被更新的了解和有效估测,为区域草地生态系统的修复提供一定的理论依据[3]。由于人为因素和自然因素的双重影响,张家川县草地出现了不同程度的退化,天然草原利用率约为 50.3%,饲草利用率为 60.7%,年饲草缺口达 25.27 万吨,严重影响了畜牧业的持续发展。因此,要提高天然草地单位面积草产量,退化草地植被恢复是重点和难点,利用土壤种子库对其进行自然恢复已成为退化草地生态系统恢复和重建的重要途径之一[4] [5] [6]。本文以张家川县草地为对象,通过研究退化草地土壤有效种子库的基本特征,评价该地区土壤种子库在退化草地恢复中的应用潜力,为张家川县草地生态恢复提供一定的技术支撑。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 研究区概况

试验地位于对张家川县靠近关山牧场的草地(北纬 34°44', 东经 105°54')进行,平均海拔 2011 m,年际和季节降雨量变化均较大,年平均降水量为 593.6 mm,年平均蒸发量为 14049.5 mm。年平均气温为 6.9℃,昼夜温差较大,多年平均气温 7.45℃,年日照总时数为 2022 小时,年无霜期为 163 天,土壤类型是粉沙质粘壤土和黑垆土,草原类型为高寒草甸草原。该地区植物在 3 月下旬开始返青,6 月中下旬到 8 月下旬生长最旺盛,9 月中下旬逐渐枯黄。

### 2.2. 取样及试验设计

综合考虑不同退化草地分布面积和地位、群落生境的差异,根据盖度不同,对张家川县靠近关山牧场的草原,选取不同退化程度草地土壤种子库分别进行取样,每个样地面积为 1 m<sup>2</sup>,取样时间为 2019 年 4 月,使用管径为 3 cm、有效长度 15 cm 的土钻,采用五点取样法取样,土壤种子库样通过打土钻法

分为三层：0~2.5 cm 为最上层，2.5~5 cm 为中间层，5~10 cm 为最底层，分别装入塑料自封袋，共计 48 个样品。每个取样重复 4 次。另外，地上植被在 2018 年 6 月 28~7 月 5 日设置样方进行调查。将草地按照目测盖度随机测定 15 个样方，各个样方面积为 1 m<sup>2</sup>。

### 2.3. 测定指标方法

取回的土样过筛、去杂和回干。未过筛的主要用于土壤种子库评价。过筛的土样用于土壤理化性质的测定(土层为 0~10 cm 混合)，主要测定不同退化草地土壤全氮、全磷、全钾、有机碳、速效磷、硝态氮、铵态氮等土壤理化性质[7]，具体方法如下：

(1) 土壤全氮含量的测定：用凯氏定氮法测定。土壤过筛后取 0.5 g 放入干燥的消煮管中，加入 1.5 g 的还原性混合催化剂，在通风橱中加入 10 mL 浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>，在 220℃ 条件下消煮 1.5 h，直至内容物呈清澈的淡蓝色为止。消煮完毕后进行冷却，用 0.001 N 的盐酸标准溶液滴定至红色为主。

(2) 土壤全磷含量测定：样品处理同全氮含量测定，消煮结束待冷却后，定容至 100 mL，用流动注射仪进行测定。

(3) 土壤全钾含量的测定：采取火焰光度计法进行测定。

(4) 土壤有机碳的测定：称取 0.5 g 过筛后的土样置于硬质试管中，加入 5 mL 1 N K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 溶液，然后再加入 10 mL 浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>，油浴 5 min，冷却后在加入 0.2 N 的浓硫酸亚铁滴定。

(5) 土壤氨态氮和硝态氮的测定：称取 10 g 新鲜的土壤倒于 150 mL 的三角瓶中，然后再加入 50 mL 2 N KCl，将三角瓶置于摇床上，过滤到 100 mL 的容量瓶中，用流动注射分析仪进行测定。

(6) 土壤含水量：采用烘干法进行测定。

(7) 土壤种子库调查：采用冲洗土壤法，将种子采用纸上发芽法，统计发芽的种子数，进而通过鉴定评估土壤种子库中可以萌发种子的种类和数目。

(8) 统计样方中出现的物种数目、地上植被的生物量：样品带回实验室，先在烘箱 105℃ 杀青 0.5 h，然后在 70℃ 条件下烘干至恒重，最后再用电子天平对样品进行称重。统计生物量。

### 2.4. 数据处理

所有数据统计与分析、相关性分析采用 Excel2013、采用 SPSS17.0 等软件完成。对地上植被的多样性特征采用 Shannon. Wiener 多样性指数( $H$ )、Simpson 生态优势度指数( $D$ )和 Pielow 均匀度指数( $E$ )计算。公式如下：

$$\text{Shannon. Wiener 多样性指数: } H = -\sum_{i=1}^S (p_i \times \ln p_i)$$

$$\text{Simpson 生态优势度指数: } D = 1 - \sum_{i=1}^S (p_i)^2$$

$$\text{Pielow 均匀度指数: } E = H / \ln S$$

式中， $i = 1 \sim S$ ； $S$  群落物种总数； $N_i$  为第  $i$  种的个体数目； $N$  为群落中所有种的个体总和； $p_i = N_i/N$  [8]。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 张家川县草地地面植被多样性分析

调查结果显示，15 个样地植物共有 16 科 38 属 41 种。分析各科属的种类组成可知，菊科植物种类最多，为 6 种分属 6 个属；其次依次是禾本科 5 种 5 属，蔷薇科 6 种 5 属种，豆科 3 种 3 属，苣荬科 3 种 3 属，其余科所含种数均在 2 种及以下，仅含 1 种的有 8 科。地面植被出现频率最高的有草地早熟禾，

其次是车前草、龙牙草、野草莓、路边青、白三叶、雀麦、委陵菜、老鹳草、毛茛等，这些应该是该地区内的优势种(表 1)。经计算，15 个样地群落的多样性指数平均为 0.759，生态优势度指数平均为 1.456，均匀度均值是 0.486，三个指数不高，可能与每个样地植物多样性差异较大且每种植物个体数量不均匀有关。样地内的草地早熟禾、黑麦草、雀麦等，能够产生大量籽粒饱满的种子并进入当年的土壤种子库。

**Table 1.** Composition and proportion of ground vegetation  
**表 1.** 地面植被组成及所占比例

序号	科	占比(%)	属	占比(%)	序号	科	占比(%)	属	占比(%)
1	菊科	19.51	1. 蒿属	7.32	9	禾本科	12.19	1. 黑麦草属	2.44
			2. 香青属	2.44				2. 早熟禾属	2.44
			3. 薊属	2.44				3. 雀麦属	2.44
			4. 蒲公英属	2.44				4. 鹅观草属	2.44
			5. 无名精属	2.44				5. 穆属	2.44
			6. 苦菊菜属	2.44				1. 毛茛属	2.44
2	蔷薇科	14.63	1. 委陵菜属	4.88	10	毛茛科	7.32	2. 银莲花属	2.44
			2. 龙牙草属	2.44	11	十字花科	4.88	3. 唐松草属	2.44
			3. 路边青属	2.44				1. 碎米荠属	2.44
			4. 野草莓属	2.44				2. 芥菜	2.44
			5. 地榆属	2.44	1. 苔草属	2.44			
3	石竹科	7.32	1. 卷耳属	2.44	12	莎草科	4.88	2. 莎草属	2.44
			2. 无心菜属	2.44	13	车前	2.44	1. 车前属	2.44
4	蓼科	7.31	1. 酸模属	2.44	14	豆科	9.76	1. 车轴草属	2.44
			2. 蓼属	2.44				2. 草木樨属	2.44
5	报春花科	2.44	1. 报春花属	2.44				3. 野豌豆	2.44
6	天南星科	2.44	1. 麻芋子属	2.44	4. 苜蓿属	2.44			
7	牻牛儿苗科	2.44	1. 老鹳草属	2.44	15	唇形科	2.44	1. 水苏属	2.44
8	龙胆科	7.32	1. 龙胆属	2.44	16	茜草科	2.44	1. 水杨梅属	2.44

### 3.2. 不同退化草地土壤种子库物种多样性

张家县草地土壤种子库共鉴定出 15 种植物，隶属于 8 科 15 属。三种不同退化草地中，A (轻度退化草地)有 12 种植物、B (中度退化草地)有 9 种植物，C (重度退化草地)有 4 种植物，三个类型草地共有物种 4 种，它们组成该退化草地的持久种子库。与对照相比，随着草地退化程度的增加，土壤种子库活性种子种类和数量在逐渐减少(表 2)，表明草地的持久种子库物种组成多样性在逐渐降低。

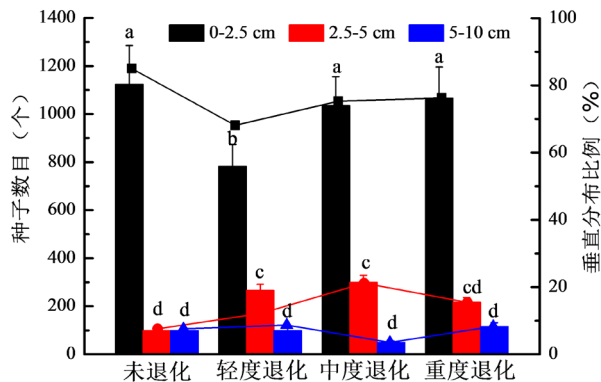
### 3.3. 不同退化草地土壤种子库物种垂直分布

在垂直方向上，三种不同退化程度的草地土壤种子库密度与丰富度均随着土壤深度的增加而减少，各个样地土壤种子库种子变化为 0~2.5 cm 层>2.5~5 cm 层>5~10 cm 层。不同退化程度土壤层中种子分布数量在 0~2.5 cm 层比例最高，随着深度增加，种子数量及所占比例下降。与对照相比，在 0~2.5 cm 层，土壤种子库密度随退化程度增加出现先降低后增加趋势。轻度退化草地 0~2.5 cm 土壤种子库数量为平均

为  $765 \pm 74$  粒/m<sup>2</sup>，占 0~10 cm 的 56.65%，而 2.5~10 cm 土壤种子库数目占 0~10 cm 土壤种子库数目的 43.36%。中度退化和重度退化草地在 0~2.5 cm 土壤种子库数量分别为 1046 粒/m<sup>2</sup>、1172 粒/m<sup>2</sup>，分别占 0~10 cm 土壤种子库种子数的 74.62%和 76.87%，表明不同退化程度草地土壤种子库主要集中于表层的土壤中，轻度退化草地差异显著( $P < 0.05$ )，在垂直方向的每一层，未退化草地土壤种子库的数量远高于轻度退化草地的土壤种子库数量，但比中度和重度退化草地土壤种子库数量少，但差异不显著(图 1)。

**Table 2.** Species composition and seed number characteristics of the different soil seed bank  
**表 2.** 不同土壤种子库各物种组成及种子数量特征

序号	种类 Species	科 Family	种子数量(粒/m <sup>2</sup> ) Seed density (seeds/m <sup>2</sup> )			
			未退化	轻度退化	中度退化	重度退化
1	1. 黑麦草	禾本科	784.7 ± 179.2	187.2 ± 49.5	219.7 ± 69.1	31.7 ± 12.2
2	2. 草地早熟禾	禾本科	3171.4 ± 823.4	2141.7 ± 121.4	2315.7 ± 549.4	1117.1 ± 126.3
3	3. 雀麦	禾本科	539.7 ± 149.5	196.2 ± 82.3	221.7 ± 22.5	3.7 ± 72.2
4	4. 鹅观草	禾本科	91.7 ± 34.2	-	-	-
5	7. 委陵菜	蔷薇科	198.3 ± 82.1	62.7 ± 34.3	23.6 ± 21.2	-
6	8. 龙牙草	蔷薇科	181.7 ± 84.7	13.2 ± 14.1	-	-
7	9. 路边青	蔷薇科	213.7 ± 104.2	62.2 ± 42.1	83.7 ± 71.7	4.3 ± 1.2
8	10. 野草莓	蔷薇科	117.2 ± 74.5	13.8 ± 4.9	25.4 ± 1.3	-
9	11. 白三叶	豆科	173.1 ± 89.7	42.5 ± 13.4	-	-
10	12. 草木樨	豆科	54.1 ± 13.7	-	-	-
11	11. 蒲公英	菊科	40.3 ± 19.1	-	-	-
12	12. 车前	车前科	81.7 ± 23.5	21.1 ± 4.3	27.4 ± 1.2	-
13	13. 毛茛	毛茛科	79.1 ± 57.3	21.3 ± 3.2	19.2 ± 1.1	-
14	14. 老鹳草	牻牛儿苗科	181.2 ± 87.3	72.4 ± 72.1	61.2 ± 11.4	-
15	15. 水杨梅	茜草科	165.3 ± 74.1	92.1 ± 23.2	-	-



Note: Different lowercase letters indicate significant differences at 0.05 level. 注：图中不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

**Figure 1.** Vertical distribution of soil seed bank of in different degraded grassland

**图 1.** 不同退化草地土壤种子库的垂直分布格局

### 3.4. 不同退化程度草地土壤理化性质

中度退化草地土壤有机碳最低, 为 0.42%, 与未退化程度土壤差异显著( $P < 0.05$ )。轻度退化土壤速效磷含量最高为, 7.12 mg/kg, 但不同处理之间无显著性差异( $P > 0.05$ )。硝态氮含量在不同退化草地之间无显著性差异。硝态氮含量在未退化草地上含量最高, 为 8.79 mg/kg (表 3)。

**Table 3.** Comparison of physical and chemical properties of soils in different degraded grasslands  
**表 3.** 不同退化草地土壤理化性质的比较

种类	未退化	轻度退化	中度退化	重度退化
有机碳(%)	0.62 ± 0.03ab	0.79 ± 0.06a	0.42 ± 0.05b	0.57 ± 0.15ab
速效磷(mg/kg)	6.03 ± 0.78a	7.12 ± 0.93a	6.57 ± 0.09a	6.42 ± 1.17a
氨态氮(mg/kg)	7.65 ± 1.92a	6.71 ± 1.84a	7.75 ± 1.53a	6.91 ± 2.03a
硝态氮(mg/kg)	8.79 ± 1.83a	4.62 ± 1.63b	2.62 ± 0.33c	3.39 ± 0.27b

注: 同行不同小写字母代表不同退化草地间指标差异显著性( $P < 0.05$ )。Note: Different lowercase letters in the same line indicate significant differences among different degraded grassland at 0.05 level.

### 3.5. 地上植被、土壤理化性质与土壤种子库密度的相关性分析

分析结果显示, 土壤种子库密度与地上植被的生物量、土壤含水量、土壤容重、土壤总氮含量、总钾、土壤有机碳、土壤速效磷含量均呈负相关。土壤种子库密度与土壤全磷、土壤氨态氮呈正相关, 地上植被生物量与土壤全磷呈极显著负相关(-0.81), 土壤全钾与硝态氮含量呈显著负相关(-0.652)。其它指标之间相关性不显著(表 4)。

**Table 4.** Correlation analysis of grassland vegetation, soil physical and chemical properties, and soil seed bank density  
**表 4.** 草地植被、土壤理化性质、土壤种子库密度的相关性分析

	SD	PY	SW	SV	SN	SP	SK	SC	SRP	SNN
SD	1									
PY	<b>-0.687</b>	1								
SW	<b>-0.556</b>	-0.11	1							
SV	-0.159	-0.22	0.085	1						
SN	<b>-0.546</b>	-0.402	0.056	-0.129	1					
SP	0.272	<b>-0.81</b>	-0.231	0.412	0.059	1				
SK	<b>-0.681</b>	-0.153	-0.117	-0.134	-0.116	0.254	1			
SC	-0.545	0.452	0.243	-0.376	-0.206	-0.568	0.062	1		
SRP	<b>-0.609</b>	0.339	-0.179	0.286	-0.281	-0.152	0.211	0.547	1	
SNN	-0.261	0.023	0.009	0.535	0.047	-0.054	<b>-0.652</b>	0.193	0.541	1
SAN	0.234	-0.188	-0.007	-0.233	-0.235	0.241	-0.155	-0.069	-0.377	-0.164

注: SD (Soil seed bank Density)表示土壤种子库的密度; PY (Plant Yield)表示地上生物量; SW (Soil Water)表示土壤含水量; SV (Soil Volume)表示土壤容重; SN (Soil N)表示土壤全氮; SP (Soil P)表示土壤全磷; SK (Soil K)表示土壤全钾; SC (Soil C)表示土壤有机碳; SRP (Soil RP)表示土壤速效磷; SNN (Soil NN)表示土壤硝态氮; SAN (Soil AN)表示土壤氨态氮。

## 4. 讨论和结论

### 4.1. 退化草地土壤种子库的密度

中度退化程度草地土壤种子库的密度最大, 为  $1172 \pm 134$  粒/ $m^2$ , 占 0~10 cm 种子总量的 74.62%。中度退化和重度退化种子库密度和数量差异不明显。轻度退化草地的土壤种子库密度最小, 为  $765 \pm 74$  粒/ $m^2$ 。其中某些物种分布广泛、种子储量符合该生境下种子库大小水平, 可用于当地草地植被恢复。但其中代表较高演替阶段的多年生植物比例较低, 说明张家川县草地植被恢复需要一定程度的人为干预。比如补播一些人工草种等。

### 4.2. 土壤种子库垂直分布格局

土壤种子库种子分类研究的一个重要指标就是土壤种子库垂直分布格局。其中, 表层土和深层土中的种子分别组成了土壤短暂种子库和持久种子库, 而该地区地上植被是否可以恢复的重要种质资源库是否是持久种子库。因此, 研究退化草地土壤种子库的垂直分布格局非常有必要。该试验表明张川县不同退化草地种子主要分布于中上层(0~2.5 cm), 垂直分布 3 层种子数量差异较明显。人为和自然双重原因导致张家川部分草地出现不同程度的退化, 轻度退化草地表层由于突然的扰动导致(0~2.5 cm)层的地表的完整性, 使部分种子及植物的根茎均受到不同程度的破坏, 因而轻度退化区(0~2.5 cm)层土壤种子库中根茎型牧草种子资源大量减少, 而中度退化和重度退化在经历了轻度退化后部分种子逐渐打破休眠甚至逐渐适应了环境, 导致 0~2.5 cm 层土壤种子库相比轻度退化的略有增加, 但 2.5~10 cm 层与对照相比, 三种土壤均出现逐渐下降趋势。这与大多数研究中种子库的垂直分布规律相符合[8] [9] [10] [11]。

### 4.3. 退化草地土壤理化性质变化

土壤有机质结果也表明, 随着土壤种子库物种数量下降, 土壤有机质出现升高趋势, 这与土壤种子库密度变化相一致。研究表明, 硝态氮高, 物种数有增高趋势。国外学者的研究也发现在温带陆地生态系统中, 如果磷含量增加, 氮磷比下降, 则濒危物种更容易灭绝[5] [12]。本实验结果表明, 随着草地退化程度的增加, 土壤 N/P 比出现下降, 所以退化草地物种数出现逐渐下降。这些充分说明张家川县草地植被恢复需要一定程度的人为干预。比如补播一些人工草种等。

总之。研究表明张家川县草地种子库密度最大的是中度退化程度草地, 这说明利用土壤种子库对张川县草地进行自然恢复和重建是可行的。同时研究结果显示, 菊科、禾本科、豆科为当地优势种群, 不同退化草地种子主要分布于上层(0~2.5 cm)。张家川县草地植被恢复可以结合土壤种子库, 考虑利用当地优势草种进行补播或进行人工草地建设, 从而达到修复退化草地植被, 提高天然草地草产量目的。

## 基金项目

2018 年天水市科技支撑项目(2018-NCK-8113)。

## 参考文献

- [1] Keeley, J.E. (1977) Seed Production, Seed Populations in Soil, and Seedling Production after Fire for Two Congeneric Pairs of Sprouting and Nonsprouting Chaparral Shrubs. *Ecology*, **58**, 820-829. <https://doi.org/10.2307/1936217>
- [2] Roberts, H.A. (1981) Seed Banks in the Soil. *Advance in Applied Biology*, **6**, 1-55.
- [3] 张志权. 土壤种子库[J]. 生态学杂志, 1996, 15(6): 36-42.
- [4] 于顺利, 蒋高明. 土壤种子库的研究进展及若干研究热点[J]. 植物生态学报, 2003, 27(4): 552-560.
- [5] 尚占环, 任国华, 龙瑞军. 土壤种子库研究综述: 规模, 格局及影响因素[J]. 草业学报, 2009, 18(1): 144-154.
- [6] 王向涛, 高洋, 苗彦军, 等. 围栏和退化条件下西藏高山嵩草草甸土壤种子库的比较[J]. 西北农林科技大学学报

- (自然科学版), 2015, 43(4): 203-209.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [8] 刘琳. 冀北山地土壤种子库特征及其对植被自然恢复作用的研究[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北农业大学, 2012.
- [9] 李生, 姚小华, 任华东, 等. 黔中石漠化地区不同土地利用方式土壤种子库研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2008, 32(1): 32-37.
- [10] 李伟, 许可. 北京汉石桥湿地恢复区土壤种子库初探[J]. 湿地科学与管理, 2017, 13(1): 51-54.
- [11] 唐樱殷, 谢永贵, 余刚国, 等. 黔西北喀斯特土壤种子库季节动态及种子库对策[J]. 生态学杂志, 2011, 30(7): 1454-1460.
- [12] 杨军 孙磊 王向涛. 高寒草甸鼠丘种子库特征及其对退化草地恢复作用的研究[J]. 高原农业, 2019, 3(1): 90-93.