

# 退化羊草草原在浅耕翻处理后植物群落演替动态研究

宝音陶格涛<sup>1 2</sup> 刘美玲<sup>2</sup> 李晓兰<sup>2</sup>

(1 中国科学院植物研究所植被数量生态学重点实验室, 北京 100093)

(2 内蒙古大学生态与环境科学系, 呼和浩特 010021)

**摘要** 在中国科学院生态中心草原站利用统计方法研究了退化羊草(*Leymus chinensis*)草原浅耕翻后群落演替规律。通过对 18 年数据的分析, 结果表明: 由于过度放牧而退化的羊草草原在浅耕翻处理后群落密度恢复较快, 尤其是羊草与处理前相比已有很大变化, 从而使群落得到了恢复。群落植物种的多样性、均匀性指数在这 18 年中均呈抛物线状分布。羊草、冰草(*Agropyron michnoi*)、变蒿(*Artemisia commutata*)、黄蒿(*A. scoparia*)、星毛委陵菜(*Potentilla acaulia*)的生物量与多样性指数和均匀性指数有显著的相关性。羊草的相对密度在第五年达到最高水平, 然后逐渐下降, 自第十五年后羊草的相对密度基本趋于平衡, 其重要值呈单峰型曲线。退化羊草草原 18 年恢复过程可划分为 4 个阶段: 第一阶段(1~3 年)为根茎禾草+一、二年生杂类草群落, 第二阶段(4~9 年)为纯羊草群落, 第三阶段(10~13 年)为羊草+冰草+多年生杂类草过度型群落, 第四阶段(14~18 年)为羊草+冰草+丛生禾草、多年生杂类草群落。经过处理后 18 年的恢复演替, 退化群落仍未恢复到原生群落, 演替将继续进行。

**关键词** 退化羊草草原 浅耕翻 植物群落 演替动态

## THE STUDY ON DYNAMICS SUCCESSION OF COMMUNITY IN DEGENERATED STEPPE OF *LEYMUS CHINENSIS* AFTER SHALLOW PLOUGHING

BAOYIN Taogetao<sup>1 2</sup> LIU Mei-Ling<sup>2</sup> and LI Xiao-Lan<sup>2</sup>

(1 Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

(2 Department of Ecological and Environmental Science, Inner Mongolia University, Huhhot 010021, China)

**Abstract** The study was conducted at Inner Mongolia Grassland Ecosystem Research Station of the Chinese Academy of Sciences in Xilingol Region, 43°20'-44°00'N, 116°06'-117°05'E. The goal of the study was to provide some scientific basis for the restoration of degenerated grassland. Many statistical methods were used to study the succession laws of degenerated steppe of *Leymus chinensis* after shallow ploughing. After the data over a period of 18 years were analyzed, the results showed that the method of shallow ploughing could improve community density in degenerated steppe of *L. chinensis* due to overgrazing. The index of diversity and homogeneity of plant species resulted in a open-up parabola for 18 years. The relative density reached maximum at the fifth year, then gradually decreased. It tended to horizon since the fifteenth year. The important value of *L. chinensis* appeared open-down parabola. The process of community succession can be divided into four stages. The first stage was a community of *L. chinensis* + annual and biennial synusia (1-3 years after shallow ploughing). The constructive synusia was rhizome grass. Dominant synusia were annual and biennial synusia. The second stage was a community of *L. chinensis* (4-9 years after shallow ploughing). The constructive synusia was rhizome grass. Dominant synusia were thick grass and rhizome *Carex*. The third stage was a transition community of *L. chinensis* + *Agropyron michnoi* + rosette grasses (10-13 years after shallow ploughing). The constructive synusia was rhizome grass. Dominant synusia were short thick grass and rosette grass. The fourth stage was a community of *L. chinensis* + *A. michnoi*, thick grasses, rosette grasses (14-18 years after shallow ploughing). The constructive synusia was rhizome grass. Dominant synusia were thick grass and rosette grass. Through 18 years of restoration, the degenerated steppe was different from the primary communities of *L. chinensis*. Therefore, it is predicted that succession will continue until a stable community establishes.

**Key words** Degenerated steppe, *L. chinensis*, Shallow ploughing, Succession dynamics

羊草(*Leymus chinensis*)为广幅旱生根茎禾草, 由它建群所形成的羊草草原为欧亚大陆草原区东缘所

特有羊草草原群系广泛分布在我国东北、内蒙古东部,是在森林草原带与典型草原带的偏湿润一侧分布面积很广的草原群系之一,是发展畜牧业的物质基础(李博等,1988;聂素梅等,1991)。长期以来,由于人们对草地的经营管理不善,尤其是由于过度的放牧利用,导致草原不同程度的退化,使草场生产力和质量均有不同程度的下降。为了探索和寻求改良退化羊草草原、提高群落生产力和恢复草地群落的有效途径和方法,人们做了很大的努力并设计和使用了许多方法,例如,围栏封育、松土改良(包括轻耙处理和浅耕翻处理)、补播羊草等。本文的研究对象是采用浅耕翻处理后恢复演替了18年的放牧退化草场样地。该退化草地处理前为羊草草原群落因过度放牧而形成的退化变体。群落为含小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)灌丛的冷蒿(*Artemisia frigida*) + 羊草 + 丛生小禾草群落。虽然以前曾经有许多关于浅耕翻处理后羊草草原恢复情况的文章(马志广,1982;宝音陶格涛等,1992;1996;1997;1999;陈敏等,1997;保平,1998;聂素梅,1986;聂素梅等,1991),但上述研究都是针对草地质量变化及生产力水平的研究,且观测年限较短。而本文是对18年监测结果的研究,对种类组成、群落密度及多样性、均匀性、重要值都进行了分析,并用18年数据结合群落组成等指标研究了群落结构的变化情况和植物群落动态演替规律,划分了演替阶段。进行本研究除了可为退化草地的恢复改良提供依据外,其长期演替的研究还可为退化草地的恢复演替理论提供依据。放牧退化草地恢复的基本理论依据是Clements的“顶极和植物演替理论”。但有关恢复演替的过程和演替轨迹则存在着单稳态模式(Mono-stable state)(Dystershuis,1949)和复合稳态模式及阈值(Metastablestates)(Hobbs & Norton,1996)两种观点。同时组成群落的有关个体的行为特征,群落的功能群组成更是演替研究不可缺少的内容(Tilman,1994;Grime,1997a;1997b;王伟等,2000;白永飞等,2001)。本研究的长期监测结果既可为恢复演替的模式提供实例,又通过个体行为的动态研究为种群演替轨迹提供科学依据。

## 1 实验样地概况与研究方法

### 1.1 样地概况

研究在内蒙古锡林郭勒盟白音锡勒牧场中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站退化样地内进行,研究区域位于43°30′~48°30′N,113°30′~117°

30′E。本地区属于温带半干旱大陆性气候(温带草原气候),年均温-0.4℃,年降水量300~400mm,雨量多集中在6~8月,占全年降水量的70%,且年蒸发量大于降雨量。本样地的土壤类型为砂质栗钙土(陈佐忠,1988;陈敏等,1989)。处理前植被为羊草+大针茅草原,由于过度放牧而导致退化变体,即含小叶锦鸡儿灌丛的冷蒿+丛生小禾草+羊草群落。草群低矮,垂直成层性不明显,盖度为30%,1983年产草量是546 kg·hm<sup>-2</sup>。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 处理和取样方法

实验处理开始于1983年7月,用机引四铧犁对退化草地进行耕翻,深度18~20cm。在1984~2000年间,每年7月和8月两次在固定区域用样方法调查种群高度、密度和地上生物量等群落特征指标,每次10个重复样方,对各种特征指标进行统计分析,并在处理的同时以同类型退化草地同期围封后的自然恢复群落作为对照。

#### 1.2.2 多样性指数

Shannon-Wiener 指数

$$H = -\sum P_i \ln P_i$$

其中, $P_i$ 是第*i*种的概率(Cox,1979)。

#### 1.2.3 均匀度指数

$$E = H/\ln S$$

其中*H*为Shannon-Wiener指数,*S*为样方中植物种数。

#### 1.2.4 重要值

$$I = R_n + R_w + R_f$$

其中*R<sub>w</sub>*、*R<sub>n</sub>*、*R<sub>f</sub>*分别为相对生物量、相对密度、相对频度,一个群落中所有种的重要值之和为300。

## 2 研究结果与分析

### 2.1 土壤特征

如表1所示,浅耕翻处理的土壤,经过18年的恢复,其土壤容重低于对照土壤,且20~30cm深土层差异较表层大。土壤孔隙度也表现出相似特点。此结果表明浅耕翻处理对原土壤结构产生了严重的破坏,虽经过18年的恢复,土壤结构仍和未经处理自然恢复的对照土壤存在着差异,且处理土壤优于对照土壤。土壤水分含量也表现出处理群落优于对照群落的特点。

### 2.2 群落种类组成的变化

如表2、表3所示,退化羊草草原在浅耕翻处理后的恢复过程中,植物群落种类组成有明显地变化,

表 1 浅耕翻处理与对照间土壤特征的比较  
Table 1 The comparison on soil characteristic between shallow ploughing and control

土层深度 Depth of soil ( cm )	土壤容重( g·cm <sup>-3</sup> ) Bulk density of soil		土壤孔隙度 Porosity of soil ( % )		土壤水分 Moisture of soil ( % )	
	浅耕翻	对照	浅耕翻	对照	浅耕翻	对照
	Shallow ploughing	Control	Shallow ploughing	Control	Shallow ploughing	Control
0 ~ 10	1.07 ± 0.11	1.09 ± 0.05	60.11 ± 4.15	59.02 ± 1.99	16.00 ± 2.12	10.10 ± 0.99
10 ~ 20	1.28 ± 0.12	1.33 ± 0.06	51.69 ± 4.50	50.04 ± 2.26	9.91 ± 1.76	6.34 ± 1.47
20 ~ 30	1.40 ± 0.09	1.53 ± 0.24	46.83 ± 3.40	42.09 ± 9.06	5.62 ± 0.89	4.86 ± 0.25

表 2 退化草原浅耕翻处理后群落种类组成  
Table 2 The changes of species after shallow ploughing on degenerated steppe

年份 Year	科数 Family number	属数 Genus number	种数 Species number
1983	10	18	22
1984	11	19	23
1993	12	19	27
2000	15	26	32
2000 (对照 Control)	11	20	26

由 1983 年末处理前的 10 科 18 属 22 种 ,到处理后第二年( 1984 年 )的 11 科 19 属 23 种 ,1993 年 12 科 19 属 27 种 ,到 2000 年 15 科 26 属 32 种 ,分别比 1983 年增加了 50%、44% 和 45%。处理后总的趋势是种类组成有所增加。处理前 ,群落中禾本科含 5 属 5 种居首位 ,其次为豆科( 含 3 属 3 种 )、菊科( 含 2 属 3 种 )、蔷薇科( 含 1 属 3 种 )、藜科( 含 2 属 2 种 )。在处理前后 3 年 ,由于植被和土壤结构遭受耕翻扰动 ,地表原有的植被受到破坏 ,使得一、二年生植物( 以藜科、菊科植物为主 )大量侵入 ,在群落中占有很大比例 ,其中处理后第二年( 1984 年 )藜科含 4 属 5 种居首位 ,其次为菊科( 含 2 属 4 种 )、禾本科( 含 3 属 3 种 )、豆科( 含 2 属 2 种 )。其中藜科植物中以灰绿藜( *Chenopodium glaucum* )和猪毛菜( *Salsola collina* )所占比例最大 ,大约占群落总生物量的 30%。菊科植物中主要以蒿属( *Artemisia* )植物为主。随着恢复过程的延续 ,一二年生植物逐渐被多年生植物代替。在处理后 16、17 年时藜科植物和菊科植物又有增加趋势 ,因为此时羊草种群规模已经更趋于原生群落 ,即处于向原生草原群落的演替阶段 ,在单位面积内种的丰富度也有所增加。到 2000 年禾本科含 5 属 5 种居首位 ,其次是菊科( 含 2 属 5 种 )、藜科( 含 3 属 4 种 )、豆科( 含 3 属 3 种 )、百合科( 含 1 属 3 种 )、蔷薇科( 含 1 属 3 种 )。与此同时 ,各个种在群落中的比例也发生了变化 ,即发生了种的替代 ,退化群落中原

来占优势的种群作用下降 ,而与原生群落组成相同的种类增加。群落组成逐渐向与原生群落相类似的群落类型恢复。从植物功能群组成来看根茎禾草表现出持续增加 ,后期稍有回落的趋势 ,且一直处于建群的主导地位 ,丛生禾草后期增加。一、二年生植物在处理后的 2 ~ 3 年所占比例较高 ,然后迅速降低。

2.3 群落密度年度变化

如图 1 所示 ,在退化草原浅耕翻处理后 18 年的恢复过程中群落密度变化呈先上升再回落又上升接着又回落的多峰型变化趋势 ,表现出密度变化的波动性特点。其中藜科植物特别是猪毛菜、灰绿藜、刺穗藜( *Chenopodium aristatum* )在处理后的 3 年内大量增加 ,形成了群落密度的第一个高峰期 ,然后随着演替的进行 ,一、二年生植物消失 ,密度下降。随后 ,因为根茎禾草在浅耕翻时根茎被切断 ,从而刺激了地下更新芽的生长 ,随着根茎禾草羊草地上枝条逐渐增加 ,使得群落总密度随后几年呈现逐年增加的趋势。从调查数据可知 ,羊草由处理前( 1983 年 )的 44 株·m<sup>-2</sup>增加到处理后第二年( 1984 年 )的 212 株·m<sup>-2</sup> ,1986 年又增长到 380 株·m<sup>-2</sup> ,此时已经较 1983 年增长了 760% ,较 1984 年增长了 70%。而到了 1988 年竟达 520 株·m<sup>-2</sup> ,占群落密度的 90% 以上 ,这时的群落羊草已占绝对优势 ,近乎为“纯羊草群落” ,远远高于原生羊草草原群落和同期自然恢复的退化群落中羊草的水平 ,形成了密度的第二个高峰。在演替后期 ,由于羊草枝条数的下降 ,群落总密度相应也有所降低 ,但此时其它多年生植物的密度有所增加 ,因此出现总密度的又一个高峰。由此可见 ,浅耕翻处理后群落得到了很好地恢复 ,密度有了明显的变化 ,特别是羊草在不同的恢复阶段其密度所占的比例是不相同的 ,致使群落组成、结构和外貌最终发生了明显的变化。

2.4 群落多样性的变化

生态系统中生物多样性的维持是全球生物多样性与生态系统管理的中心目标之一( West ,1993 ) ,同

表 3 退化草原浅耕翻处理后群落种类组成及各种群相对生物量( % )  
Table 3 The changes of species and biomass after shallow ploughing on degenerated steppe

植物名称 Species	1983	1984	1988	1993	2000	2000 ( 对照 Control )
羊草 <i>Leymus chinensis</i>	65.0 ± 29.3	47.5 ± 12.0	95.5 ± 3.4	64.0 ± 11.0	47.0 ± 9.1	44.2 ± 6.0
冰草 <i>Agropyron michnoi</i>	3.6 ± 2.1	5.5 ± 3.4	1.2 ± 0.3	3.0 ± 1.6	11.6 ± 2.8	27.7 ± 5.3
糙隐子草 <i>Cleistogenes squarrosa</i>	10.9 ± 1.2	0	0.1 ± 0.3	0.9 ± 0.4	1.3 ± 1.1	9.0 ± 5.5
草 <i>Koeleria cristata</i>	5.1 ± 2.3	0	0	0	1.1 ± 0.2	4.1 ± 1.4
针茅 <i>Stipa grandis</i>	2.3 ± 1.7	0	0	0	4.4 ± 2.5	7.0 ± 1.5
苔草 <i>Carex korshinskyi</i>	0.1 ± 0.1	2.2 ± 1.7	0.9 ± 0.8	3.5 ± 1.6	3.9 ± 1.9	10.1 ± 6.8
双齿葱 <i>Allium anisopodium</i>	12.0 ± 2.3	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.6 ± 0.5	0.5 ± 0.4	4.1 ± 1.4
细叶葱 <i>A. tenuissimum</i>	0.4 ± 0.3	0	0	0.1 ± 0.1	0.3 ± 0.2	0.9 ± 0.5
山葱 <i>A. senescens</i>	0	0	0	0.2 ± 0.5	0	0
野韭 <i>A. ramosum</i>	0	1.4 ± 0.7	0.6 ± 0.1	0	0.1 ± 0.2	1.4 ± 0.6
鸢尾 <i>Iris tenuifolia</i>	0	0	0.1 ± 0.1	0	0.1 ± 0.1	0
变蒿 <i>Artemisia commutata</i>	7.6 ± 3.9	0.2 ± 0.4	0	5.3 ± 3.4	2.2 ± 1.4	3.4 ± 2.3
黄蒿 <i>A. scoparia</i>	0	0	0.4 ± 0.2	8.4 ± 8.3	1.7 ± 1.3	0.4 ± 0.3
冷蒿 <i>A. frigida</i>	35.1 ± 7.4	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.1	1.7 ± 0.8	2.6 ± 1.3	40.1 ± 16.6
阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappua altaicus</i>	0.3 ± 0.2	0	0.1 ± 0.3	3.9 ± 3.6	0.2 ± 0.2	2.2 ± 1.3
大籽蒿 <i>Artemisia sieversiana</i>	0	0	0	0	0.1 ± 0.1	0
麻花头 <i>Serratula centauroides</i>	0	0	0	0.1 ± 0.4	0	0
锦鸡儿 <i>Caragana microphylla</i>	4.6 ± 3.1	0	0.1 ± 0.1	0	2.5 ± 1.8	3.4 ± 2.9
扁蓿豆 <i>Melissitus ruthenica</i>	3.6 ± 3.1	0.3 ± 0.5	0.1 ± 0.1	0.3 ± 0.8	0.3 ± 0.8	0.2 ± 0.1
乳白花黄芪 <i>Astragalus galactites</i>	0.2 ± 0.2	0.8 ± 1.1	0	0.3 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0
星毛委陵菜 <i>Potentilla acaulis</i>	2.2 ± 1.3	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.5	0.6 ± 0.8	2.9 ± 2.2	7.8 ± 2.2
菊叶委陵菜 <i>P. tanacetifolia</i>	4.5 ± 5.2	0	0.1 ± 0.1	0	2.0 ± 2.1	4.2 ± 4.3
二裂委陵菜 <i>P. bifurca</i>	0.1 ± 0.3	1.1 ± 1.1	0.7 ± 0.5	3.4 ± 3.1	4.3 ± 3.3	2.7 ± 2.6
唐松草 <i>Thalictrum petaloideum</i>	0.1 ± 0.2	1.4 ± 1.8	0.2 ± 0.3	0.1 ± 0.1	0.3 ± 0.4	0.1 ± 0.1
女娄菜 <i>Melandrium apricum</i>	0	0.1 ± 0.4	0	0	0.2 ± 0.7	0.1 ± 0.1
轴藜 <i>Axyris amaranthoides</i>	0	0.1 ± 0.1	0	0	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.2
灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i>	0.1 ± 0.2	10.7 ± 6.6	0	0.9 ± 0.9	0.7 ± 1.7	0.2 ± 1.2
木地肤 <i>Kochia prostrata</i>	0.8 ± 1.1	0	0	0	0.9 ± 1.1	1.4 ± 1.2
猪毛菜 <i>Salsola collina</i>	0	23.4 ± 6.0	0	0	1.6 ± 1.0	0
刺穗藜 <i>Chenopodium aristatum</i>	0	0.3 ± 0.2	0	0	0	0
花旗竿 <i>Dontostemon egladulosum</i>	0.1 ± 0.2	3.5 ± 3.8	0	0.7 ± 1.6	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.2
防风 <i>Saposhnikovia divaricata</i>	0	0.2 ± 0.3	0.4 ± 0.9	1.0 ± 0.6	5.2 ± 4.4	0.1 ± 0.2
田旋花 <i>Convolvulus arvensis</i>	0	0.5 ± 1.3	0.4 ± 0.1	0	0	0
鹤虱 <i>Lappula redonskii</i>	0.1 ± 0.3	0	0	0	0.5 ± 0.2	0
苳芭 <i>Cymbaria dahurica</i>	0	0	0	0	0	1.9 ± 0.7
二色补血草 <i>Limonium bicolor</i>	0	0	0	0.9 ± 0.3	0.3 ± 0.9	0

时 ,理论、实验研究也显示出生物多样性对草地生态系统的变化过程有着重要影响和作用( Tilman , 1994 )。因此 ,对人为扰动下恢复过程多样性及变化规律的研究具有重要的理论和实践意义( 白永飞等 , 2000 )。从图 2 可以看出在处理后第一年( 1984 年 )和处理后第七年( 1990 年 ) ,第十六年( 1999 年 )出现多样性指数的 3 个高峰期。第一个高峰的产生是由于处理初期和一、二年生植物的侵入 ,尤其是藜科植物占有一定的优势 ,群落的均匀程度和丰富度较高。随后一、二年生植物逐渐被原生群落中建群种、优势种代替 ,所以形成了多样性的又一个高峰期。随着恢复过程的延续 ,建群种羊草和优势种的优势度逐渐增强 ,各种群在群落中所占比例差距增加 ,多样性

指数下降。多样性指数在处理后的总变化趋势为开口向上的抛物线状 ,其回归方程为  $DI = 1.624 - 0.16t + 0.12t^2$  (  $R^2 = 0.621$   $r_{0.01,16} = 0.590$  ) ,式中  $DI$  为多样性指数 , $t$  为处理后的年限。这一结果说明 ,物种多样性可作为丰富度与均匀度的一个综合反映 ,在退化草地改良恢复过程中均匀度起着更主导的作用。同时 ,相关分析表明 ,群落主要植物种群生物量与多样性指数存在着明显的相关关系( 图 4 )。从图 4 中可以看出 ,羊草、冰草( *Agropyron michnoi* )、变蒿( *Artemisia commutata* )、星毛委陵菜( *Potentilla acaulis* )的生物量与多样性指数呈线性关系。

2.5 群落均匀性的变化

如图3所示 ,其均匀度的变化与多样性的变化

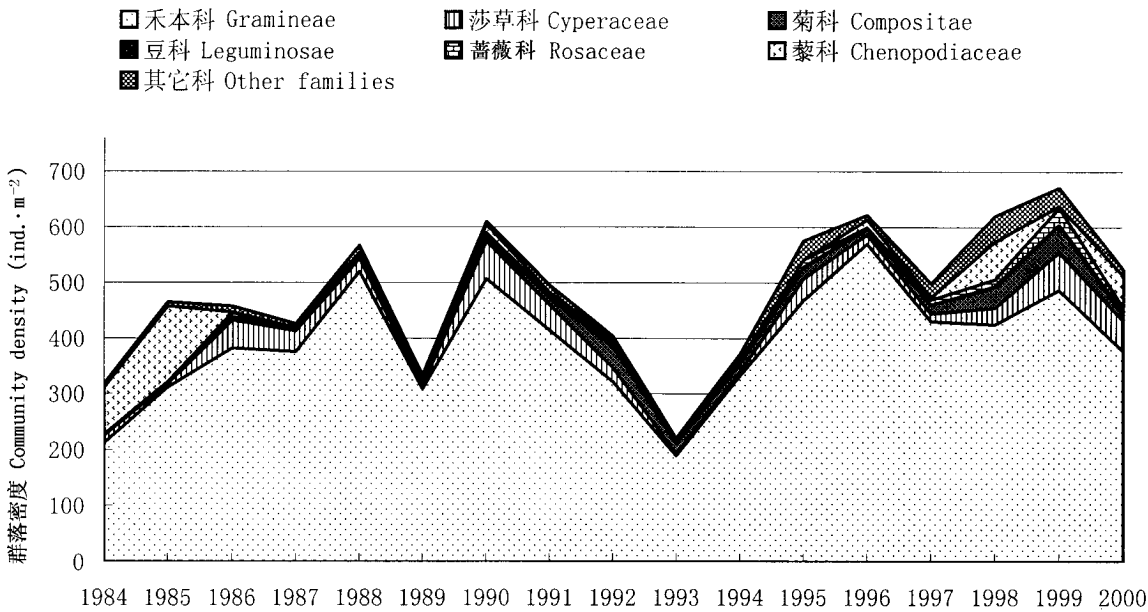


图 1 退化草原浅耕翻处理后演替过程中密度变化  
Fig.1 The change of density of degenerated steppe after shallow ploughing

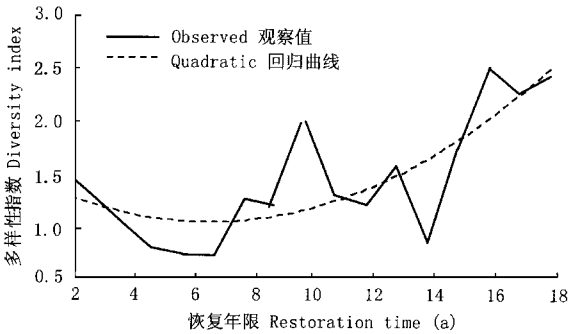


图 2 多样性指数在演替过程中的变化  
Fig.2 The changes of diversity index during succession

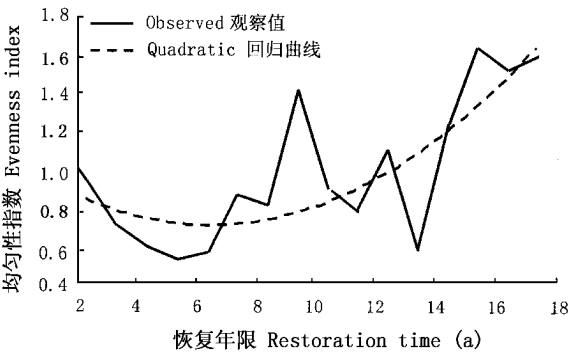


图 3 均匀性指数在演替过程中的变化  
Fig.3 The changes of evenness index during succession

相对应,在浅耕翻处理后由于根茎禾草的根茎被切断,刺激了这些种群增长,因而使群落的均匀度下降。在处理后的第五年(1988年)羊草种群增加到顶峰,个别种群的富集使均匀性和多样性指数降到最

低;以后随着演替的进行,刚处理时比较占优势的藜科和菊科植物的作用逐渐被适应地带性气候条件的禾草所代替,羊草在草群中的比例下降,群落的均匀性和多样性指数有所回升,以后羊草所占比例将基本趋于稳定。此后的一段时间内藜科植物、羊草、冰草等禾草基本趋于一个稳定的状态,所以均匀度又呈现上升状态。这一现象表明原生草原群落中优势种为羊草,由于放牧等干扰羊草种群降低,从而造成了处理前及处理初期的几年间群落的均匀度较高。随着退化群落的恢复,优势种群逐渐占据优势,均匀度也随之下降。羊草种群在整个演替过程中所占比例由恢复前期的逐年上升到后期有所下降,所以整体趋势是均匀度呈现一个开口向上的抛物线状,其回归方程为  $EI = 1.16 - 0.11t + 0.01t^2$  ( $R^2 = 0.574$ ,  $r_{0.05,16} = 0.482$ ),式中  $EI$  为均匀性指数,  $t$  为处理后年限。

2.6 主要种群重要值的变化

重要值是用来表示某个种在群落中的地位和作用的综合特征指标。植物种群作为群落的基本组成成分,它的动态变化规律在一定程度上反映了群落的变化。特别是去除放牧干扰后退化群落的恢复过程中种群的变化情况。为了描述种群在恢复演替过程中的变化,我们利用重要值这一指标选择了几种主要植物种群,从其变化情况(表4)可以看出:羊草作为退化前的原生群落的建群种在退化草原群落中并不占优势地位,但经浅耕翻处理后,使得原来因放

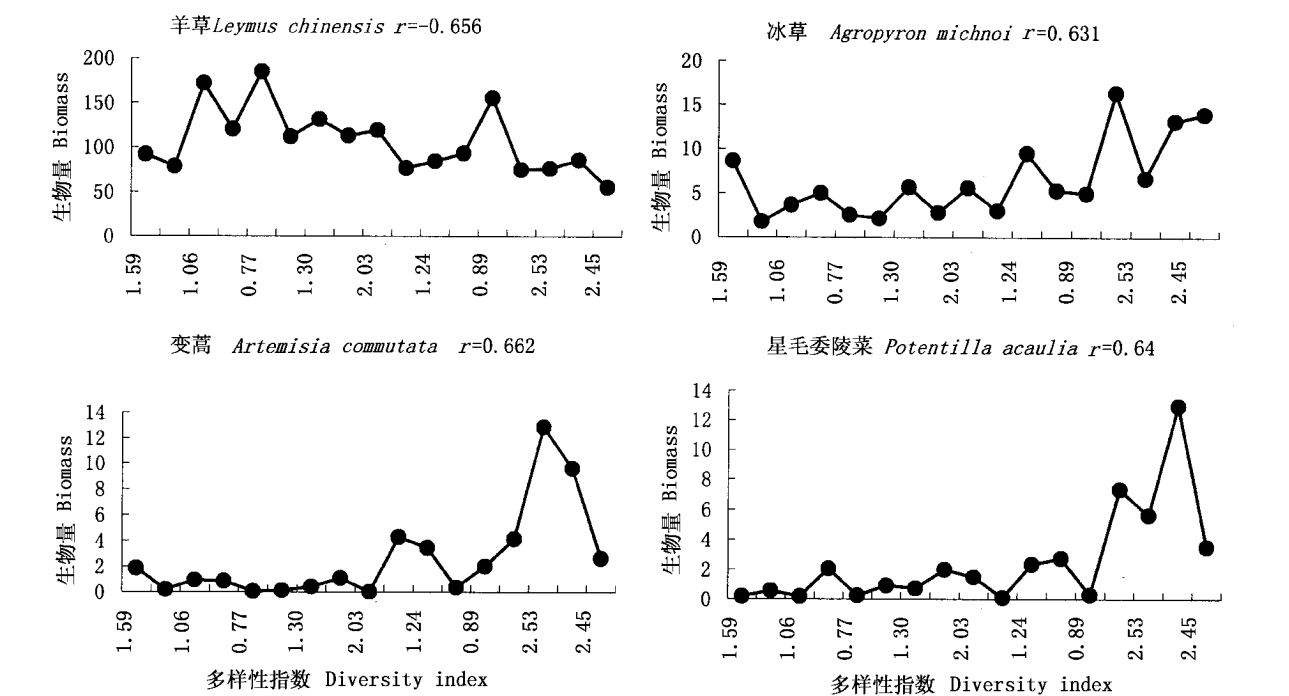


图 4 主要植物种群生物量与多样性指数的相关关系

Fig.4 The relationship of main plant population biomass and diversity (  $r_{0.01,46} = 0.590$  )

表 4 退化羊草草原浅耕翻处理后各恢复阶段群落特征变化

Table 4 The characteristic changes of community in different restoration succession stages

群落特征 Community characteristics	恢复演替阶段 Restoration succession stages			
	第一阶段 First stage	第二阶段 Second stage	第三阶段 Third stage	第四阶段 Fourth stage
恢复时间 Years after shallow ploughing ( a )	1-3 years ( 1983-1985 )	4-9 years ( 1986-1991 )	10-13 years ( 1992-1995 )	14-18 years ( 1996-2000 )
群落类型 Community type	羊草 + 一、二年生杂类草 <i>L. chinensis</i> + annual or biennial forbs	羊草群落 <i>L. chinensis</i> community	羊草 + 冰草 + 多年生杂类草过渡型群落 <i>L. chinensis</i> + <i>A. michnoi</i> + perennial forbs transitional community	羊草 + 冰草 + 丛生禾草多年生杂类草群落 <i>L. chinensis</i> + <i>A. michnoi</i> + bunch grass community
群落密度 Density ( No. · m <sup>-2</sup> )	300 ~ 450	330 ~ 600	220 ~ 620	500 ~ 670
地上生物量 Aboveground biomass ( g · m <sup>-2</sup> )	100 ~ 219	130 ~ 198	115 ~ 185	115 ~ 170
重要值 Importance value				
羊草 <i>Leymus chinensis</i>	118 ~ 155	172 ~ 197	160 ~ 180	108 ~ 130
冰草 <i>Agropyron michnoi</i>	7 ~ 12	9 ~ 16	11 ~ 60	25 ~ 40
猪毛菜 <i>Salsola collina</i>	4 ~ 25	3 ~ 10	0 ~ 8	2 ~ 10
糙隐子草 <i>Cleistogenes squarrosa</i>	0 ~ 1	4 ~ 7	5 ~ 9	7 ~ 9
黄蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	2 ~ 3	5 ~ 13	6 ~ 30	8 ~ 20
苔草 <i>Carex korshiskyi</i>	12 ~ 13	10 ~ 24	7 ~ 16	9.5 ~ 22

牧而硬结的土壤的通气透水性增加 ,同时又切断了根茎禾草的部分根茎 ,这对羊草种群的增长起了一定的促进作用 ,地下芽萌发加快。所以羊草的重要值在前几年持续快速增加 ,特别是前五、六年羊草重要值增长很快 ,然后其重要值趋于一个平缓的趋势。与此同时 ,处理开始时占优势的一、二年生植物猪毛菜、灰绿藜呈现逐渐下降的趋势 ,个别年份也会出现但并不多。冰草作为恢复演替的优势种群 ,其重要

值呈现前期平缓后期加速的总体波动上升的趋势。苔草( *Carex korshinskyi* ) 糙隐子草( *Cleistogenes squarrosa* ) 星毛委陵菜、二裂委陵菜( *P. bifurca* ) 的重要值基本趋于一个有起伏的相对缓慢上升状态。而退化群落的建群种冷蒿在处理后迅速减少,恢复过程中已经处于伴生地位。

## 2.7 植物群落的演替阶段

结合群落结构及种群特征可以把 18 年的恢复过程划分为 4 个演替阶段(表 4)。第一阶段,即处理初期(1983 ~ 1985),羊草刚刚开始恢复,群落中一、二年生植物较多,建群层片为根茎禾草层片,优势层片为一、二年生草本层片。群落类型为羊草 + 一、二年生杂类草。第二阶段,即 1986 ~ 1991 年,群落为波动的逆行演替,羊草种群增加,在 1988 年达到顶峰,群落趋于纯羊草群落,羊草的重要值由 172 上升到 197,建群层片为根茎禾草层片,优势层片为多年生杂类草、根茎苔草,此阶段为羊草群落阶段。第三阶段(1992 ~ 1995),羊草种群相对下降,群落演替方向趋于正向演替,此时群落的物种多样性、均匀性有所增加,羊草重要值略有下降,建群层片根茎禾草层片,优势层片为小丛生禾草、多年生杂类草层片,形成了羊草 + 冰草 + 多年生杂类草的过渡型群落类型。第四阶段,即演替后期(1996 ~ 2000),此阶段的建群层片根茎禾草层片,优势层片为丛生禾草、多年生杂类草层片,群落类型已完全成为羊草 + 冰草 + 丛生禾草、多年生杂类草群落,此时羊草的重要值已基本上趋于原生群落。

## 3 结论与讨论

通过对浅耕翻处理后 18 年的退化草地恢复过程的定位研究,目前可得到如下阶段性结论:1) 羊草草原由于过度放牧而退化,通过浅耕翻不仅提高了羊草的密度,而且使原退化群落得到不同程度恢复,其群落种类组成和结构有所改变且生产力的恢复先于群落结构的恢复。2) 由 18 年的观测可知,退化羊草草原群落的均匀性和多样性指数在浅耕翻处理后先下降后上升然后又下降,其回归方程为  $DI = 1.624 - 0.16t + 0.12t^2$  ( $R^2 = 0.621$ ) 和  $EI = 1.16 - 0.11t + 0.01t^2$  ( $R^2 = 0.574$ )。植物群落多样性变化主要取决于其物种的均匀性变化。3) 处理后第五年羊草的种群达最大值,此时群落的组成结构也发生了变化,羊草的重要值与恢复时间的关系可用方程  $IV = 78.04 + 34.2t - 3.2t^2 + 0.08t^3$  表示。4) 退化羊草草原 17 年恢复过程可划分为 4 个阶段,第一阶

段(1 ~ 3 年)为根茎禾草 + 一、二年生杂类草群落,第二阶段(4 ~ 9 年)为纯羊草群落,第三阶段(10 ~ 13 年)为羊草 + 冰草 + 多年生杂类草过渡型群落,第四阶段(14 ~ 18 年)为羊草 + 冰草 + 丛生禾草、多年生杂类草群落。5) 经过 18 年的恢复演替,退化群落仍未恢复到原生羊草草原群落,演替将继续进行。

浅耕翻处理作为退化草地改良措施之一,长期定位研究除得到上述结论外,仍有下列问题应引起注意。首先因其对地表原有植被破坏较厉害,所以应用必须具备一定的条件,即适用于草甸草原或水分条件较好的典型草原地区,以根茎型禾草为建群种的退化草地类型,如退化羊草草原。同时处理后需要一定的封育保护,以免在初期因干扰而影响其效果。同时因生产力的恢复先于群落结构的恢复,对草地改良措施的评价,不应只考虑其增产效果,应与其对整个退化生态系统功能的恢复联系起来,例如群落结构、群落多样性等综合指标。因为上述指标都对生态系统的过程产生影响并起到控制作用(Grime, 1997a; 1997b; Pimm, 1993; 白永飞等, 2001)。有关恢复演替的单稳态和多稳态问题,就本实验目前的结论来看,仍基本符合单稳态理论,即演替方向是向着原生羊草草原方向恢复,尽管在后期恢复速率减缓,但并未表现出明显的稳态阶段。只是不同的恢复阶段群落的组成、结构等发生了替代。种间竞争是群落演替的内在原因(Tilman, 1994),在本试验中就组成群落的物种而言,羊草是本项措施处理后恢复最快且在整个恢复演替过程中起双重作用的种群,即前期的率先恢复以至种群数量超过了原生羊草草原群落中羊草的水平并处于绝对优势地位,而后期由于竞争的结果羊草种群下降,直至种群更接近于原生羊草草原群落。可否把羊草在恢复后期的作用看作是对恢复演替的一种阻碍,因为其它相关研究结果表明,在同类退化群落的自然恢复演替过程中,羊草属于持续增长型种群(王伟等, 1999; 宝音陶格涛等, 1996),而在人为干扰下羊草种群对群落长期演替的作用尚待讨论。因为只有通过竞争降低羊草的优势度才能使其它物种的优势度逐渐提高,使整个群落的组成和结构以及多样性和均匀性更趋合理。

## 参 考 文 献

- Bai, Y. F. (白永飞), Z. X. Xu (许志信) & D. X. Li (李德新). 2000. Study on  $\alpha$  diversity of four *Stipa* communities in Inner Mongolia plateau. Chinese Biodiversity (生物多样性), 8: 353 ~ 360. (in Chinese with English abstract)  
Bai, Y. F. (白永飞), L. H. Li (李凌浩) & J. H. Huang (黄建

- 辉). 2001. The influence of plant diversity and functional composition on ecosystem stability of four *Stipa* community in Inner Mongolia plateau. *Acta Botanica Sinica*(植物学报), **43**: 280 ~ 287. (in Chinese with English abstract)
- Bao, P. (保平). 1998. Analysis about soil improvement for increasing output benefit in semi-dry grassland. *Grassland of China* (中国草地), **4**: 46 ~ 48. (in Chinese with English abstract)
- Baoyin, T. G. T. (宝音陶格涛) & M. Chen (陈敏). 1992. The study on dynamics restoration succession of community in degenerated steppe of *Leymus chinensis* after shallow ploughing. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol*(内蒙古大学学报), **23**: 204 ~ 207. (in Chinese with English abstract)
- Baoyin, T. G. T. (宝音陶格涛), M. Chen (陈敏) & J. H. Liu (柳景辉). 1996. The study on dynamics restoration succession of community in degenerated steppe of *Leymus chinensis* after enclosed. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol*(内蒙古大学学报), **27**: 103 ~ 110. (in Chinese with English abstract)
- Baoyin, T. G. T. (宝音陶格涛) & M. Chen (陈敏). 1997. The studies of changes of plant diversity on degenerated steppe in enclosed process. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol*(内蒙古大学学报), **28**: 87 ~ 91. (in Chinese with English abstract)
- Baoyin, T. G. T. (宝音陶格涛) & Gel Cheng (成格尔). 1999. The study on restoration succession of community on degenerated steppe of *Leymus chinensis* after shallow ploughing. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol*(内蒙古大学学报), **30**: 354 ~ 359. (in Chinese with English abstract)
- Chen, M. (陈敏) & T. G. T. Baoyin (宝音陶格涛). 1989. Research on improving degenerative steppe and methods for increasing productivity of the steppe region. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica* (植物生态学与地植物学学报), **13**: 379 ~ 386. (in Chinese with English abstract)
- Chen, M. (陈敏) & T. G. T. Baoyin (宝音陶格涛). 1997. Improvement of regressive grassland in semi-arid steppe region. *Pratacultural Science*(草业科学), **6**: 27 ~ 29. (in Chinese with English abstract)
- Chen, Z. Z. (陈佐忠). 1988. The landform and climate in Xilin river basin. *Research on Grassland Ecosystem*(草原生态系统研究), **3**: 19 ~ 20. (in Chinese with English abstract)
- Cox, G. W. (translated by Jiang, Y. X. (蒋有绪)). 1979. *Laboratory manual of general ecology*. Beijing: Science Press. 121 ~ 123. (in Chinese)
- Dysterhuis, E. J. 1949. Condition and management of rangeland based on quantitative ecology. *Journal of Rangeland Management*, **2**: 104 ~ 115.
- Grime, J. P. 1997a. Biodiversity and ecosystem function: the debate deepens. *Science*, **277**: 1260 ~ 1261.
- Grime, J. P. 1997b. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist*, **111**: 1119 ~ 1144.
- Hobbs, R. J. & D. A. Norton. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*, **4**: 93 ~ 110.
- Li, B. (李博), S. P. Yong (雍世鹏) & Z. H. Li (李忠厚). 1988. The vegetation of Xilin river basin and its utilization. *Research on Grassland Ecosystem*(草原生态系统研究), **3**: 84 ~ 183. (in Chinese with English abstract)
- Ma, Z. G. (马志广). 1982. The study about soil improvement grassland. *Grassland of China* (中国草地), **2**: 31 ~ 34. (in Chinese with English abstract)
- Nie, S. M. (聂素梅), Y. Q. Wang (王育青) & Z. W. Yang (杨志伟). 1991. A technology of shallow plowing to improve degenerated grassland. *Grassland of China*(中国草地), **4**: 31 ~ 34. (in Chinese with English abstract)
- Nie, S. M. (聂素梅). 1986. Using the method of shallow ploughing to improve steppe in semi-dry grassland. *Grassland of China*(中国草地), **4**: 27 ~ 29. (in Chinese with English abstract)
- Pimm, S. L. 1993. Biodiversity and balance of nature. In: Schulze, E. D. & H. A. Mooney eds. *Ecological studies*. Vol. 99. Berlin: Springer-Verlag. 348 ~ 359.
- Tilman, D. 1994. Competition and biodiversity in spatially structured habitats. *Ecology*, **75**: 2 ~ 16.
- Wang, W. (王炜), C. Z. Liang (梁存柱) & Z. L. Liu (刘钟龄). 1999. Research on restoring succession of degenerated grassland in Inner Mongolia. IV. Analysis of plant population dynamics during restoring succession. *Journal of Arid Land Resources and Environment*(干旱区资源与环境), **13**(4): 44 ~ 55. (in Chinese with English abstract)
- Wang, W. (王炜), C. Z. Liang (梁存柱) & Z. L. Liu (刘钟龄). 2000. Analysis of the plant individual behaviour during the degradation and restoring succession in steppe community. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **24**: 268 ~ 274. (in Chinese with English abstract)
- West, N. E. 1993. Biodiversity of rangelands. *Journal of Rangeland Management*, **46**: 2 ~ 13.

责任编辑：陈佐忠 责任编辑：周玉荣