

文章编号: 1000-4025(2003)11-1963-06

青海湖区针茅草原植物群落特征 及群落多样性研究^{*}

孙 菁, 彭 敏, 陈桂琛, 王顺忠, 周国英

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

摘 要: 根据样方调查资料, 采用聚类分析法, 研究了青海湖区针茅草原围栏封育后植物群落特征及群落多样性变化。结果表明, 草原经过长期围栏后, 群落内优势种发生了不同程度的分异, 由围栏外的紫花针茅(*Stipa purpurea*) + 青海苔草(*Carex ivanovae*) 草原演变成围栏内的冷地早熟禾(*Poa crymophila*) + 猪毛蒿(*Artemisia scoparia*) 草原群落, 导致了群落结构特征的变化; 长期的围栏活动对提高草原群落的盖度和生产能力是有益的, 但却降低了群落的物种丰富度和多样性; 草原开垦后, 对周围草原有明显的影响, 所形成土垄的群落特征和多样性变化都发生了极大的差异, 成为赖草(*Leymus secalinus*) + 大籽蒿(*Artemisia sieversiana*) 群落类型, 群落的物种丰富度和多样性均降低。

关键词: 青海湖区; 针茅草原; 围栏; 群落特征; 群落多样性

中图分类号: Q 948.15.8 **文献标识码:** A

Study on community characteristics and community diversity in *Stipa* steppe of Qinghai Lake region

SUN Jing, PENG Min, CHEN Gui-chen, WANG Shun-zhong, ZHOU Guo-ying

(Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

Abstract: *Stipa* steppe is one of the important ecosystems in Qinghai Lake region. Changes of its community characteristics and community diversity under the condition of long-term enclosure were studied in this paper. The results showed: during the long-term enclosure, the community species composition had developed differently from *Stipa purpurea* + *Carex ivanovae* community to *Poa crymophila* + *Artemisia scoparia* community. Long-term enclosure can benefit for the increase of the steppe productivity and its coverage, while the community diversity is reduced. The cultivation activity in the steppe community also led to great changes about the community characteristics and its diversity. The dominant species had been changed into *Leymus secalinus* and *Artemisia sieversiana*. The above-ground biomass and its coverage are much higher than that in the inside and the outside community, although its species number are greatly reduced.

Key words: Qinghai Lake region; *Stipa* steppe; enclosure; community characteristics; community diversity

草原是青海湖地区重要的生态系统类型之一, 广泛分布于湖盆及河谷地带^[1]。近几十年来, 由于全球气候变化和人类活动的综合影响, 该区草原植被

在过度放牧以及不合理开垦等利用方式下, 草地生物多样性和稳定性急剧下降, 草地生态系统明显衰退, 牧草产量下降, 鼠虫危害加剧, 退化现象十分严

* 收稿日期: 2003-01-20; 修改稿收到日期: 2003-06-02

基金项目: 国家中西部专项(K99-05-11); 国家科技部基础研究快速反应支持项目; 中国科学院西北高原生物研究所知识创新工程领域前沿项目(CXL Y-2002-7)

作者简介: 孙 菁(1976-), 女(汉族), 在读硕士。

重,甚至沙化,导致本区草地生态环境日益恶化^[2,3],阻碍了区域草地畜牧业的可持续发展。

相关研究已证明^[4],围栏封育是恢复退化草原植被,保护濒危物种资源,维护人工改良草原的一项可行而又有效的措施。它可以使群落组成比例发生明显的变化,增加群落植物的高度、密度和盖度,使主要群落类型发生变化;亦可改善该区域的生态环境,促进退化草原的恢复,提高生态系统的生产力,增加草原生态系统的生物多样性。

国外在退化生态系统及草地植物群落多样性变化方面已做了大量的研究工作^[5-11],国内在此方面的报道主要集中在内蒙古草原和东北地区^[4,12-15],有关青海湖地区的相关研究尚未有系统的报道。我们选择了青海湖北部的那仁草原作为研究对象,对草原长期围栏封育后的植物群落特征及其群落多样性进行了初步探讨,以期揭示其封育后的变化规律。

1 研究地区概况

青海湖地区位于青藏高原东北部,为大通山、日月山、青海南山等高山所环绕,地理范围为 36°15'~38°20'N, 97°50'~101°20'E。全区共有布哈河等 50 余条河流^[16]。研究区位于青海湖北岸的刚察县境内。刚察县是青海湖地区的重点牧区之一,其可利用草场面积为 72.06 万 hm^2 ,占全县土地总面积的 88.96%^[17]。

研究区气候寒冷干燥,全年以西北风和西风为主,光照充足,太阳辐射强烈,具有明显的高原大陆气候特征。年平均气温为 -0.6~-5.7,极端最低温度可达到 -31.0,极端最高气温为 25.0。年平均降水量为 324.5~522.3 mm,且多集中于 6~9 月份。年平均蒸发量为 1273.7~1847.8 mm。研究区地貌属山地缓坡,整个地势自北向南渐低,主要的土壤类型为高山草甸土、山地草甸土、黑钙土、风沙土和盐渍土等。

2 研究方法

2.1 实验样地与调查方法

本研究中的围栏样地建于 1984 年,样地面积 96 hm^2 ,位于青海湖区刚察县那仁草原,平均海拔 3300 m 左右;主要植被类型为针茅(*Stipa*)草原,共有植物 23 科,56 属,65 种,群落优势种为紫花针茅(*Stipa purpurea*),主要的伴生种为青海苔草(*Carex ivanovae*)、冰草(*Agropyron cristatum*)、西北针茅(*Stipa krylovii*)、冷地早熟禾(*Poa crymophi-*

la)、赖草(*Leymus secalinus*)、落草(*Koeleria cristata*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、乳白香青(*Anaphalis lactea*)等。围栏后,围栏外仍有放牧活动进行,围栏内只作为冬季产羔草场利用。受天然草地的农田开垦影响,在耕地下风向的围栏内部边缘地带因表土堆积而形成土垄。土垄的存在成为围栏内外的一个过渡类型。

野外调查工作于 2001 年 8 月进行。此时,生物量积累接近达到高值,依据植物生长状况和该区小生境条件,选取微地形差异较小,植物生长相对均匀,面积较大的围栏内外草原植物群落作为取样对象,以区分封育效应。

采用规则样线布点的样方法调查,每条样线上设置 10 个小样方,间隔 5 m,样方面积为 1 m × 1 m。详细记录观测样方内植物名称、种类组成、盖度、海拔和物候期等群落因子,取其群落的相关参数的算术平均值进行计算和分析。群落的地上生物量采用刈割法(取样面积为 25 cm × 25 cm),样品收集后带回实验室,用烘干法测其干重(文中生物量以 1 m × 1 m 烘干重计)。

2.2 数据分析

对所调查的 22 个群落样方,采用 PCORD 生态学软件进行聚类分析。

利用 Shannon-Wiener 多样性指数^[18]和物种丰富度指数计算群落多样性的相关指数。具体计算公式如下:

$$H = - \sum (P_i \ln P_i) \quad (\text{Shannon, 1949})$$

$$E = H / \ln(S) \quad (\text{Pielou, 1975})$$

$$R_1 = (S - 1) / \ln N \quad (\text{Margalef, 1958})$$

式中, S 为群落中物种个数, P_i 为种 i 的重要值。

P_i 根据下式计算:

$$P_i = (RF_i + RC_i) / 200$$

式中, RF_i 和 RC_i 分别为种 i 在群落中的相对频度和相对盖度^[19]。

3 结果分析

3.1 草原群落聚类分析

利用 PCORD 生态学软件,对所调查的群落样方进行聚类分析。使用 $2W/(A+B)$ 距离计算公式以及最近邻体法,取距离系数为 13.82,得出结果如下(图 1):所调查群落样方分为三类:围栏外的紫花针茅+青海苔草原群落(系列 1),原始样方号为: sample 04、sample 06、sample 12、sample 15、sample

17、sample 19、sample 22, 共 7 个样方, 其中紫花针茅和青海苔草的总盖度占群落盖度的 64%; 围栏内的冷地早熟禾+ 猪毛蒿(*Artemisia scoparia*) 草原群落(系列 2), 原始样方号为: sample 01、sample 02、sample 03、sample 05、sample 16、sample 18、sample 20、sample 21, 共 8 个样方, 其中冷地早熟禾与猪毛

蒿的总盖度占群落盖度的 55%; 以及围栏边缘土垄上形成的赖草+ 大籽蒿(*Artemisia sieversiana*) 过渡类型群落(系列 3), 原始样方号为: sample 07、sample 08、sample 09、sample 10、sample 11、sample 13、sample 14, 共 7 个样方, 赖草与大籽蒿的总盖度占群落盖度的 45%。

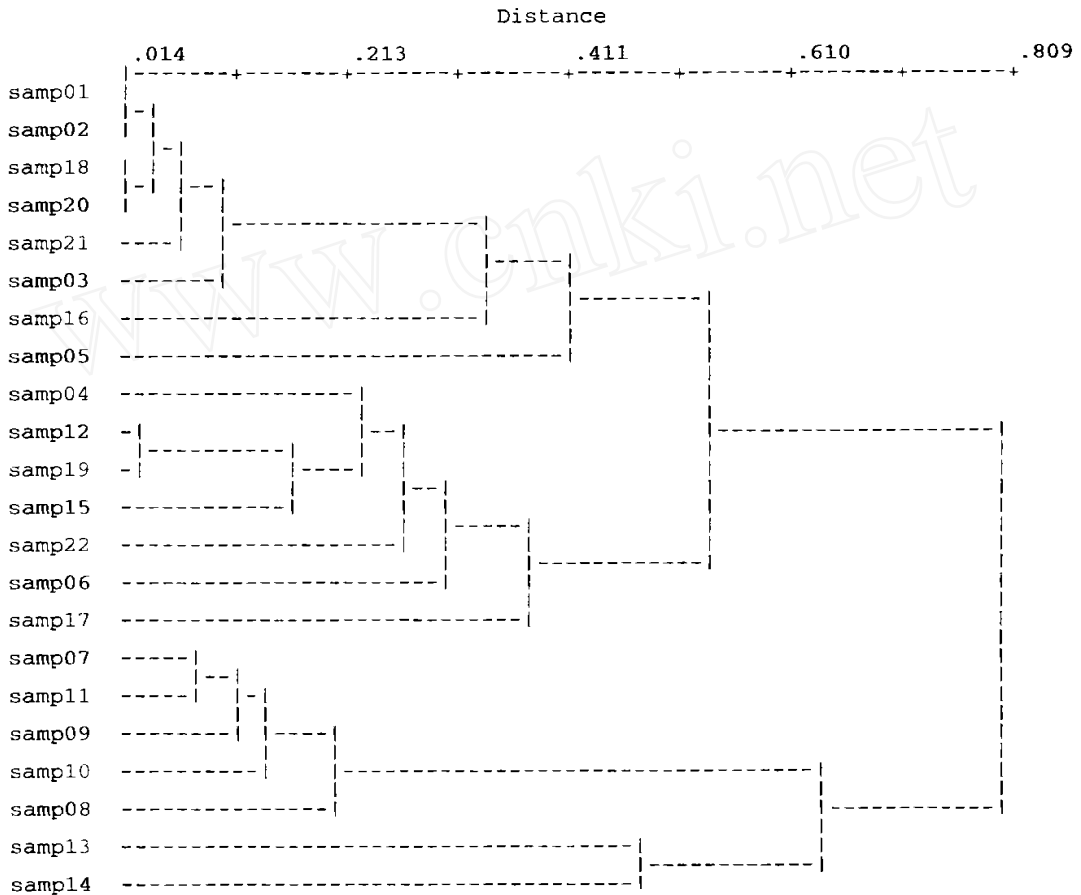


图 1 聚类分析结果

Fig 1 The results of cluster analysis

3.2 草原群落特征变化

表 1 列出了经过围栏封育后, 所研究草地群落的主要特征。可以看出, 围栏内群落的地上生物量大

致为围栏外的 2 倍, 围栏内群落的总盖度也大于围栏外草原群落, 但在组成物种的数上没有很大变化。这说明围栏有助于增加植物群落的盖度和生物量。

表 1 青海湖区草原群落主要特征

Table 1 The steppe community characteristics in the Qinghai Lake region

群落类型 Community types	种数 Species number	平均总盖度 Total coverage	优势种 Dominant species	地上总生物量 Biomass (g/m ²)
系列 1 Series 1	23	51	紫花针茅 <i>Stipa purpurea</i> 青海苔草 <i>Carex ivanovae</i>	42.0
系列 2 Series 2	20	62	冷地早熟禾 <i>Poa crymophila</i> 猪毛蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	86.9
系列 3 Series 3	19	79	赖草 <i>Leymus secalinus</i> 大籽蒿 <i>Artemisia sieversiana</i>	305.8

注: 系列 1 代表围栏外的紫花针茅+ 青海苔草原, 系列 2 代表封育后恢复中的冷地早熟禾+ 猪毛蒿草原, 系列 3 代表土垄上的赖草+ 大籽蒿过渡类型群落。

Notes: Series 1 express *S. purpurea*+ *C. vanovae* steppe outer enclosure; series 2 express recovering *P. crymophila*+ *A. scoparia* after closure against grazing; series 3 express *L. secalinus*+ *A. sieversiana* transitional community on straddle

在恢复演替的过程中,组成群落的各种植物通过种内、种间的生存竞争和相互作用,导致群落的植物种类及其各自的群落学作用也发生明显变化。围栏生境的建立,结果使得围栏内形成了以冷地早熟禾和猪毛蒿等为优势种的草原类群;而围栏外由于放牧等干扰活动继续存在,仍然是以紫花针茅和青海苔草等为优势种的草原类型。

各优势种在围封后的重要值和相对盖度变化如图 2 所示。由图 2 可以看出,草原围栏封育后各优势种的重要值和相对盖度具有十分一致的变化趋势,

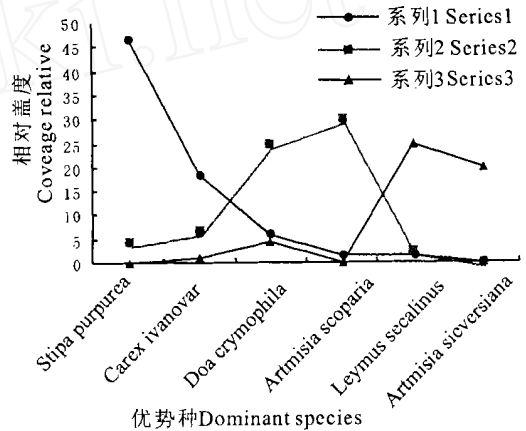
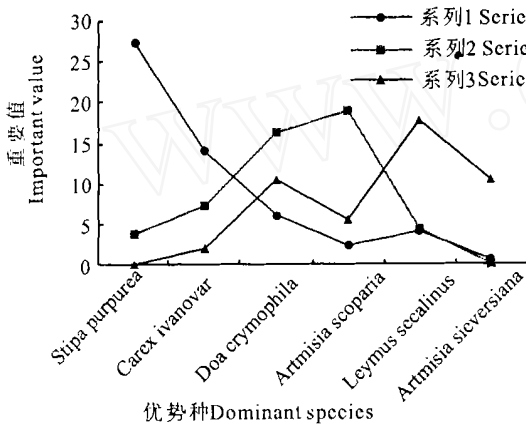


图 2 围栏后草原群落各优势种重要值和相对盖度变化

Fig 2 Changes of relative coverage and important value of the steppe dominant species after the enclosure

土垄作为围栏内周边草原开垦所形成的过渡类型,其群落特征明显异于围栏内外草原。土垄上植物群落的总盖度高达 79%,地上生物量达到 305.8 g/m²,远远大于围栏内外的草原群落。其优势种则为赖草和大籽蒿等。由于土垄形成时,其时空的波动性比较大,故而导致较少的物种,多样性比较贫乏^[22]。土垄受所开垦的农田影响,堆积了较多的农田表土,形成了异于围栏内外的小生境,使得其上的植物种类组成大大异于围栏内外的草原群落。因此,草原中农田的开垦所形成的土垄会对群落的植物组成产生显著影响。

可见随着群落的自然恢复,围栏内外的草原群落已经逐步各自分异,不同的植物种在群落中的地

即从系列 1 到系列 2,各优势种的地位逐渐发生了相互替代。围栏外系列 1 上,紫花针茅的重要值和相对盖度远远大于其它种,其次是青海苔草,而冷地早熟禾和猪毛蒿则具有较低的重要值和相对盖度。说明此时紫花针茅和青海苔草在群落中占有较高的生态优势度;围栏封育后,系列 2 上紫花针茅和青海苔草的优势地位迅速下降,冷地早熟禾和猪毛蒿逐渐取代紫花针茅和青海苔草,成为群落中的优势种。群落中物种发生的不同程度消长,直接影响到群落结构的变化,导致了围栏内外草原群落的各自分异。

位和作用发生了不同程度的消长,即其结构的变化主要表现在不同种群优势度的消长上^[20, 21]。

从生物量和群落盖度的角度看,围栏有助于群落生物量和盖度的增加,在这一点上是符合草地资源的管理应以提高草地生产力为目标这一原则的。土垄在以往的草原研究工作中并未引起足够关注。尽管草原的开垦使得群落的盖度和地上生物量都有所增加,但同时也极大地改变了群落的种类组成,由原来适口性较好的牧草演变为牧草价值低的群落类型,不利于提高草地资源的管理利用。

3.3 草原群落多样性变化

利用物种多样性指数求得了青海湖区草原围栏内外群落多样性的变化趋势(表 2,图 3)。

表 2 青海湖区针茅草原群落多样性

Table 2 *Stipa* community diversity in the Qinghai Lake region

系列类型 Series	多样性指数 Diversity index	均匀度 Evenness	物种丰富度 Species richness
系列 1 Series 1	2.548 ± 5.729E-02	0.812 ± 1.328E-02	4.839 ± 0.3023
系列 2 Series 2	2.545 ± 6.070E-02	0.858 ± 1.028E-02	4.072 ± 0.2895
系列 3 Series 3	2.377 ± 0.1189	0.827 ± 1.461E-02	3.816 ± 0.5122

由表 2 和图 3 可见,围栏封育后,围栏内外草原

植物群落的多样性指数和均匀度指数并没有表现出

一致的变化趋势。这是因为多样性指数 H 和均匀度指数 E 之间不具有一般的相关性 ($r = 0.182, P = 0.884 > 0.05$, 相关性极不显著)。围栏内群落的均匀度指数大于围栏外草原, 但多样性指数无显著变化, 反而略有降低。物种丰富度指数的变化则比较明显。

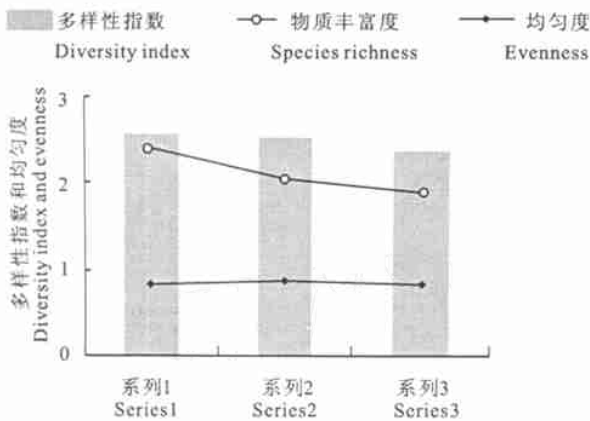


图 3 不同类型系列上群落多样性的变化

Fig. 3 Changes of community diversities in different series

由系列 1 到系列 2 到系列 3, 群落的物种丰富

度依次逐渐减小, 即系列 1 > 系列 2 > 系列 3。系列 3 为土垄过渡类型, 其多样性明显地都小于上述二者, 但均匀度则介于二者之间。

围栏后群落多样性的变化趋势为: 围栏内群落的均匀度有所增加, 但多样性指数和物种丰富度略有降低, 小于围栏外仍有放牧活动存在的草原类型。说明围栏封育对提高群落的均匀度是有益的, 但从群落的多样性角度出发, 封育的作用在此研究中并不明显。从生物多样性的角度出发, 草原的保护应有草食动物的适当放牧^[12]。关于北美混合草原的研究^[23-25], 也表明放牧能够增加草原的物种丰富度和植物多样性。长期的围栏活动并不利于草原植物群落物种丰富度的提高^[26]; 围栏对长期的研究工作是必需的, 但并不是衡量群落改善的唯一标准^[27]。

此外, 草原开垦所形成的土垄类型上, 其多样性和均匀度的变化均异于上述二者。土垄上植物的物种丰富度较低, 物种比较单一, 多样性比较贫乏。

围栏封育后各群落优势种的多样性也发生了不同程度的变化(表 3)。结果表明, 草原围栏封育后群落优势种紫花针茅和青海苔草的多样性明显降低, 其优势逐渐被冷地早熟禾和猪毛蒿代替。

表 3 青海湖区草原群落优势种多样性

Table 3 The dominant species diversity of the steppe community in the Qinghai Lake region

系列类型 Series	优势种 Dominant species	多样性指数 Diversity index	
		围栏内 Inner enclosure	围栏外 Outer enclosure
系列 1 Series 1	紫花针茅 <i>Stipa purpurea</i>	0.138 ± 0.231E-02	0.350 ± 0.854E-03
	青海苔草 <i>Carex ivanovae</i>	0.185 ± 0.017E-02	0.265 ± 0.077E-02
系列 2 Series 2	冷地早熟禾 <i>Poa crymophila</i>	0.292 ± 0.301E-02	0.166 ± 0.968E-02
	猪毛蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	0.303 ± 0.260E-02	0.078 ± 0.8231E-02

4 结 论

(1) 青海湖区草原群落经过长时间的围栏封育后, 群落内的种类组成逐渐发生了不同程度的分异。主要表现在群落内不同优势种地位的消长上, 从而导致了群落结构特征的变化。对于草原群落特征变化的研究表明, 围栏后草原群落的盖度明显增加, 生物量的增加尤其明显, 约为围栏外退化草原的两倍。这说明围栏封育有助于群落生物量的增加, 对提高草原群落的生产力是有益的。

(2) 经过长期的围栏封育后, 青海湖区草原群落多样性也发生了变化。其中, 围栏内草原群落的多样性略有降低, 但其均匀度却高于围栏外的退化草

原群落。对于物种丰富度而言, 围栏内草原小于围栏外的草原群落。说明围栏对于提高退化草原群落的均匀度是有益的, 但从生物多样性的角度出发, 对青海湖区草原群落而言, 长期的围栏活动并不一定就有利于群落物种多样性的增加。

(3) 由于人类对草原的开垦活动而形成的土垄类型, 其群落特征和群落多样性均异于围栏内外的草原群落。其上的群落为以赖草和大籽蒿等为优势种的群落类型。群落的盖度和地上生物量远远大于上述二者。群落的多样性均小于围栏内外的草原群落, 均匀度介于二者之间, 物种丰富度则最小。这说明对草原的开垦活动, 造成了其周边草原群落极大的分异, 使得群落的多样性和物种丰富度大大减小。

参考文献:

- [1] CHEN G CH (陈桂琛), PENG M (彭敏). Types and distribution of vegetation in Qinghai Lake region[J]. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica* (植物生态学与地植物学学报), 1993, 17(1): 71- 81 (in Chinese).
- [2] HE D N (何东宁), ZHAO H B (赵鸿斌), ZHANG D SH (张登山), NIAN K (年奎), WANG B (王彬). On the characteristics of the sand-land and tendency of eolian sandification in Qinghai Lake basin[J]. *Scientia Geographica Sinica* (地理科学), 1993, 13(4): 382- 388 (in Chinese).
- [3] CHEN G CH (陈桂琛), PENG M (彭敏), ZHOU L H (周立华), MA SH ZH (马世震), WANG Y X (王玉学). Influence of human activities on ecological environment and countermeasures of environment protection in Qinghai Lake region[J]. *Arid Land Geography* (干旱区地理), 18(3): 57- 62 (in Chinese).
- [4] 陈敏主编 改良退化草地与建立人工草地的研究[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1998: 33- 40
- [5] GRMES J P. Control of species diversity in herbaceous vegetation[J]. *Environ Manage*, 1993, 1: 151- 167.
- [6] BRAAKHEKKE, WILLEM G & HOOFTMAN, DANNYA P. The resource balance hypothesis of plant species diversity in grassland[J]. *Journal of Vegetation Science*, 1999, 10: 187- 200.
- [7] SPEHN EM, JOSHI J, SCHMID B, DIEMER D, KORNER C. A above-ground resource use increases with plant species richness in experimental grassland ecosystems[J]. *Functional Ecology*, 2000, 14: 326- 337.
- [8] BARROW C J. Land degradation: development and breakdown of terrestrial environments[M]. New York: Cambridge University Press, 1994.
- [9] ARONSON J. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semiarid lands I A view from the south[J]. *Restoration Ecology*, 1993, 1(1): 8- 17.
- [10] EWEL J J. Restoration is the ultimate test of ecological theory[A]. Jordan III W R, Gilpin, M E, Albert J D, et al Restoration ecology [C]. New York: Cambridge University Press, 1987: 31- 33
- [11] KATO H, TAKEUCHI K, JIANG Deming, NAN Yin-hao, KOU Zhen-wu. Vegetation restoration by seasonal enclosure in the Kerqin Sandy Land, Inner Mongolia[J]. *Plant Ecology*, 1998, 139: 133- 144
- [12] LI Y H (李永宏). Grazing dynamics of the species diversity in *Artemisia chinense* steppe and *Stipa grandis* steppe[J]. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), 1993, 35(11): 877- 884 (in Chinese).
- [13] 李博, 杨持等著. 草地生物多样性保护研究[M]. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1995: 127.
- [14] WANG W (王炜), LIU ZH L (刘钟龄), HAO D Y (郝敦元), LIANG C ZH (梁存柱). Research on the restoration succession of the degenerated grassland in Inner Mongolia I. Basic characteristics and driving factor for restoration of the degenerated grassland[J]. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), 1996, 20(5): 449- 459 (in Chinese).
- [15] WANG W (王炜), LIU ZH L (刘钟龄), HAO D Y (郝敦元), LIANG C ZH (梁存柱). Research on the restoration succession of the degenerated grassland in Inner Mongolia II. A analysis of the restoration process[J]. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), 1996, 20(5): 460- 471 (in Chinese).
- [16] 中国科学院兰州地质研究所. 青海湖综合考察报告[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 1- 25.
- [17] 刚察县志编纂委员会. 刚察县志[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1997: 159.
- [18] ODUM E P. 生态学基础[M]. 孙儒泳等译. 北京: 人民教育出版社, 1981: 144- 149.
- [19] KURAMOTO R T, BLISS C. Ecology of subalpine meadows in the olympic mountains, Washington[J]. *Ecological Monographs*, 1970, 40: 317- 347.
- [20] LI Y H (李永宏). The divergence and convergence of *Artemisia chinense* steppe and *Stipa grandis* steppe under the grazing influence in Xilin river valley, Inner Mongolia[J]. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica* (植物生态学与地植物学学报), 1988, 12: 189- 197 (in Chinese).
- [21] LI Y H (李永宏). Restoration dynamics of degraded grasslands in the typical steppe zone of Inner Mongolia[J]. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), 1995, 3(3): 125- 130 (in Chinese).
- [22] DICASTRIF, HANSEN A J. The environment and development crises as determinants of landscape dynamics[A]. HANSEN A J, DICASTRIF, et al Landscape boundaries[M]. New York: Springer-Verlag, 1992: 3- 18
- [23] COLLINS S L, BARBER S C. Effects of disturbance on diversity in a mixed-grass prairie[J]. *Vegetatio*, 1985, 64: 87- 94
- [24] COLLINS S L. Interaction of disturbance in tallgrass prairie: a field experiment[J]. *Ecology*, 1987, 68(5): 1 243- 1 250
- [25] COLLINS S L, UNO G E. Seed predation, seed dispersal and disturbance in grassland: a comment[J]. *American Naturalist*, 1985, 125: 866- 872
- [26] GUFU OBA, OLER VETAA S, NLS C STEN SETH. Relationship between biomass and plant species richness in arid-zone grazing lands [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2001, 38: 836- 845
- [27] SAMIRA AHMAD S OMAR. Dynamics of range plants following 10 years of protection in arid rangelands of Kuwait[J]. *Journal of Arid Environment*, 1991, 21: 99- 111.