围封年限对沙化草地群落结构及物种多样性的影响

刘小丹[1], 张克斌[1], 王 晓[1], 马福江[2]

(1. 北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 宁夏哈巴湖国家级自然保护区管理局, 宁夏 盐池 751500)

摘 要: [目的] 了解围封年限对宁夏回族自治区盐池县沙化草地群落结构及物种多样性的影响,揭示围封沙化草地植被变化规律。[方法] 在半干旱区运用空间代替时间法选取不同围封年限区(5, 10, 20 a)和未封育区(对照)的沙化草地为研究对象,进行群落结构及物种多样性的对比研究。[结果] 1 年和 2 年生草本是未封育区的优势种。灌木是封育 5 a 区的优势种,而封育10 a区的优势种是灌木和多年生草本,在封育 20 a 区,优势种是多年生草本。与未封育区相比,围封 5 a, 10 a 区植被数量特征值均有显著提高,而围封 20 a 区特征值稍高,但相差不大。[结论] 并不是围封时间越长,植被生长状况就越好。小于 5 a 的封育年限可以提高群落的物种多样性,封育年限大于 10 a,反而使物种多样性下降。围封措施对植被恢复起到了先促进后抑制的作用。

关键词: 半干旱区; 沙化草地; 围封年限; 群落结构; 物种多样性

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2015)03-0039-05 **中图分类号**: Q948

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.03.014

Influence of Enclosure Ages on Community Structure and Species Diversity of Sandy Grassland

LIU Xiaodan[1], ZHANG Kebin[1], WANG Xiao[1], MA Fujiang[2]

(1. *College of Soil and Water Conservation, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing* 100083, *China*; 2. *Bureau of Ningxia Habahu National Nature Reserve, Yanchi, Ningxia* 751500, *China*)

Abstract: [Objective] To investigate the influence of enclosure ages on community structure and species diversity of sandy grassland in Yanchi County of Ningxia Hui Autonomous Region, for revealing the change rule of vegetation restoration in the enclosed sandy grassland. [Methods] Taking the non-enclosure and enclosed sandy grasslands in 5, 10, 20 years as research objects, the influence of different enclosure ages on the community structure and species diversity in semi-arid region was carried out by using the method ofspace-for-time subotitution. [Results] The dominant species in not enclosed areas were annual and biennial herbs. In enclosed areas, they were shrubs enclosed for 5 years, perennial herbs and shrubs for 10 years, perennial herbs for 20 years, respectively. Compared with not enclosed area, the index values of vegetation cover, community density and biomass were increased obviously in 5 and 10 year enclosed areas, while decreased a little in 20 year enclosed area. [Conclusion] The long-term enclosure could not improve the productivity of sandy grassland vegetation. The enclosure ages less than 5 years can promote vegetation restoration, but it plays an inhibitory role when the enclosure ages was more than 10 years. In the short term, enclosing measures promote vegetation restoration, but for long term, enclosure plays an inhibitory role.

Keywords: semi-arid region; sandy grassland; enclosure ages; community structure; species diversity

收稿日期:2014-04-18 **修回日期**:2014-05-08

资助项目:国家自然科学基金项目"半荒漠湿地植被群落时空分布特征研究"(30771764); 国家林业局资助项目"宁夏盐池荒漠化定位监测项目"(322340)

第一作者:刘小丹(1983—),男(汉族),山西省临县人,在读博士,研究方向为荒漠化防治与监测。E-mail:liuxiaodan831121@163.com。

通信作者:张克斌(1957—),男(汉族),陕西省咸阳市人,博士,教授。主要从事荒漠化防治与监测研究。E-mail:ctccd@bjfu.edu.cn。

草地退化已成为中国生态环境恶化的突出问题之一。20世纪中后期天然草地的退化与沙化促进了恢复生态学在草地生态系统中的应用，草地生态恢复与重建成为生态环境恢复的主要内容[1]。在退化草地的恢复和植被重建过程中，草地围栏封育以其投资少、见效快的特点，已经成为退化草地恢复的重要措施之一，并被世界各国广泛采用[2]。围栏封育促进植被恢复效果研究方法很多，其中通过研究植被的群落特征及物种多样性来阐述恢复状况仍是比较有效的手段。物种多样性是群落结构和功能复杂性的一种度量[3]，是最能反映生态系统恢复程度的生态学指标，植物多样性的有关指数包含着许多复杂的生态学信息[4-5]。物种多样性作为植被群落的重要特征，标示群落系统内部及其与周围环境关系的变化，不仅受物种数量的影响，而且受物种内空间分布均匀性的影响[6]。研究植物群落的物种多样性，有助于更好地认识群落的组成、变化和发展趋势，同时也可以反映群落及其环境的保护状况，所以物种多样性及其与生态环境关系的研究已成为生态学关注的热点[7]。对于某个群落或生境内部的物种多样性来说，多样性指数是最常用的定量评价生物多样性现状并为其保护提供理论依据的重要工具[8]。

目前，草地群落物种多样性的研究主要集中于人类活动及放牧对群落多样性的影响方面[9]。国内对于围封的短时序效果研究较多，但对于半干旱区不同封育年限沙化草地植被恢复效果研究仍较少。本文结合国家荒漠化定位监测项目(宁夏盐池)，以空间代替时间法，对半干旱区典型沙化草地围封措施下，封育5，10，20 a区、未封育区(对照区)的群落结构及物种多样性进行研究，以揭示围封沙化草地植被恢复变化规律，为草地资源的可持续利用、生物多样性的保护等提供参考依据。

1 研究方法

1.1 研究区自然概况

盐池县位于宁夏回族自治区东部，地处东经106°30′—107°39′，北纬37°05′—38°10′，北与毛乌素沙地相连，南靠黄土高原，地势南高北低，所辖地区属于典型的农牧交错带。该县属于典型中温带大陆性气候，年均气温为8.1 ℃，极端最高温为34.9 ℃，极端最低温为－24.2 ℃，年均无霜期为165 d；年降水仅250～350 mm，且从南向北，从东南向西北递减。土壤类型以灰钙土为主，其次是黑垆土和风沙土，此外还有黄土、少量的盐土、白浆土等。植被类型有灌丛、草原、草甸、沙地植被和荒漠植被，其中灌丛、草原、沙地植被数量较大，分布也广。草原分干草原和荒漠草原，常见植物种类以旱生和中旱生类型为主，主要有黑沙蒿(*Artemisia ordosica*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、刺沙蓬(*Salsola ruthenica*)等。

1.2 样地设置与取样方法

研究区位于半干旱荒漠化地区的盐池县，其位于毛乌素沙地西南边缘，由于生态环境脆弱，沙化草地植被极易被破坏。按照空间代替时间法，选取不同封育年限样地，其中封育20 a区为90年代初第一批全国防沙治沙试验示范区域，此区域采用铁丝网围栏，完全排除人为和牲畜的干扰。2000年以后盐池县分阶段实施大规模围栏封育，选取5 a和10 a封育区，同时在封育区相邻外围选取未封育区作为对照区(此区常受到人类活动及牲畜的扰动)，各类型区样地相邻，地势均较平坦，土壤类型基本一致。调查时间为2013年7月植物生长季，在4类样地内，采用样线和样方结合法，分别布设4条样线，每条样线上每隔30 m左右布设1 m×1 m样方，4条样线共布设40个样方，每个样方分别调查植物群落种类及各特征值，包括：种数、株数、盖度、高度、生物量等。

1.3 指标计算及数据处理

1.3.1 重要值计测

(1) 重要值[10]是综合衡量物种在群落中地位和作用的有效指标，通过对物种重要值的分析可以了解群落种群的动态变化情况。

重要值＝(相对生物量＋相对盖度＋相对多度＋相对频度＋相对高度)/5

(2) 物种丰富度是指在群落中植物种丰富程度，本文采用Margalef测定物种的丰富度指数[11]。

$$M_a=(S-1)/\ln N$$

(3) 物种多样性 本文选用以下指标计算物种多样性指数[12-14]：

① Shannon—Wiener指数：

$$H=-\sum_{i=1}^{s}P_i\ln P_i$$

其中：$P_i=N_i/N$

② Simpson多样性指数：

$$D=1/\sum_{i=1}^{s}P_i^2$$

③ 群落均匀度Pielou指数：

$$E=H/\ln S。$$

式中：S——所调查的样地中的物种数量；N_i——调查样方中第i种物种的重要值；N——调查样地中所有植物种的重要值和；P_i——第i个植物种的相对重要值。

(4) 群落Sorenson相似系数(CS)[15]：

$$C_S=2c/(a+b)$$

式中:α——样地 A 的物种数;b——样地 B 的物种数;c——样地 A 和 B 共有的物种数。

1.3.2　统计分析　采用 SPSS 16.0 对群落植被特征进行方差分析及 Duncan 多重比较。

2　结果与分析

2.1　围封年限对群落物种组成的影响

对不同围封年限区调查群落物种进行统计归类,并计算各物种重要值见表 1。

由表 1 知,未封育区以刺沙蓬为优势种,封育后,刺沙蓬优势地位先降后增,其重要值由 20.64 降到封育 10 a 区的 6.57,到封育 20 a 时又提高到 14.36;封育 5 a 区,群落以黑沙蒿为优势种,重要值 23.00,其它主要植被重要值比未封育区的重要值普遍降低,同时数值变得均匀。封育 10 a 区以黑沙蒿、阿尔泰狗娃花为主,重要值分别为 28.36,19.61,其中阿尔泰狗娃花优势地位升高明显。围封 20 a 区优势种为阿尔泰狗娃花,重要值 20.85,一年生草本刺沙蓬重要值也较高达 14.36。

从植物功能群角度分析,与未封育区相比,封育 5 a 区多年生草本的优势地位降低,且主要植被的优势地位逐渐变得均匀,而围封 10 a,20 a 区多年生草本的优势地位又逐渐提高,尤其是多年生草本阿尔泰狗娃花的优势地位增加明显。与未封育区相比,围封 5 a,10 a 区灌木、半灌木的优势地位逐渐增高,到围封 20 a 时又大幅降低。围封后一、二年生草本优势地位先降低后逐渐增高。总得来说,采取围封措施后,可增加群落功能群多样性。

表 1　不同围封年限群落物种组成及重要值

植物种类	植物名称	科 名	属 名	不同封育年限区重要值			
				5 a	10 a	20 a	未封
多年生草本	草木樨状黄芪(*Astragalus melilotoides*)	豆 科	黄芪属	—	2.32	3.85	3.58
	丝叶山苦荬(*Ixeris chinensis*)	菊 科	野苦荬属	10.81	9.82	10.25	6.84
	冰 草(*Agropyron cristatum*)	禾本科	冰草属	9.66	—	0.94	8.43
	赖 草(*Leymus secalinus*)	禾本科	赖草属	—	—	12.07	—
	沙 鞭(*Psammochloa villosa*)	禾本科	沙鞭属	—	—	3.64	—
	叉枝鸦葱(*Scorzonera divaricata*)	菊 科	鸦葱属	10.97	—	8.07	—
	阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)	菊 科	狗娃花属	7.28	28.36	20.85	4.13
	蒙古虫实(*Corispermum mongolicum*)	藜 科	虫实属	4.79	4.18	0.59	15.96
	苦荬菜(*Ixeris polycephala*)	菊 科	苦荬菜属	2.67	—	1.73	—
	苦豆子(*Sophora alopecuroides*)	豆 科	槐 属	1.57	3.67	1.55	5.65
	草地凤毛菊(*Saussurea amara*)	菊 科	凤毛菊	—	—	0.15	—
	沙芦草(*Agropyron mongolicum*)	禾本科	冰草属	—	—	0.50	6.08
	砂珍棘豆(*Oxytropis racemosa*)	豆 科	棘豆属	—	—	0.43	—
	中华隐子草(*Cleistogenes chinensis*)	禾本科	隐子草属	—	1.38	0.95	1.38
	北拟芸香(*Haplophyllum dauricum*)	芸香科	拟芸香属	—	1.18	—	1.27
	刺儿菜(*Crisium setosum*)	菊 科	蓟 属	—	—	—	0.18
	乳浆大戟(*Euphorbia esula*)	大戟科	大戟科	1.36	—	—	—
半灌木、灌木	黑沙蒿(*Artemisia ordosica*)	菊 科	蒿 属	23.00	28.36	2.22	12.50
	达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica*)	豆 科	胡枝子属	0.67	0.46	3.82	—
	老瓜头(*Cynanchum mongolium*)	萝藦科	鹅绒藤属	—	—	—	0.44
	柠 条(*Caragana korshinskii*)	豆 科	锦鸡儿属	—	0.87	—	—
	角 蒿(*Incarvillea sinensis*)	紫葳科	角蒿属	1.11	7.55	1.47	3.40
一、二年生草本	刺沙蓬(*Salsola ruthenica*)	藜 科	猪毛菜属	8.57	6.57	14.36	20.64
	狗尾草(*Setaria viridis*)	禾本科	狗尾草属	10.48	6.53	7.09	5.24
	地锦草(*Euphorbia humi fusa*)	大戟科	大戟属	2.46	0.60	1.25	3.98
	臭 蒿(*Artemisia hedinii*)	菊 科	蒿 属	—	6.55	3.97	—
	菟丝子(*Cuscuta chinensis*)	旋花科	菟丝子属	2.15	0.35	0.23	—
	雾冰藜(*Bassia dasyphylla*)	藜 科	雾冰藜属	—	—	—	0.30
	大花蒿(*Artemisia macrocephala*)	菊 科	蒿 属	2.45	—	—	—

2.2　围封年限对群落植被特征的影响

不同围封年限草地植被数量特征统计分析结果见表 2。由表 2 可知,不同植被数量特征呈现出一定的变化趋势。围封 5 a,10 a 区生物量、盖度、密度、高度均是最大,封育 20 a 区次之,未围封区植被特征值最低。方差分析及 Duncan 多重比较结果表明,不同围栏封育区植被数量特征有差异,但在 0.05 水平上差异不显著。

表 2 不同围封年限草地植被数量特征

植被数量特征	封育 5 a 区	封育 10 a 区	封育 20 a 区	未封育区
生物量/(g·m^{-2})	241.92±194.22^{a}	269.1±197.71^{a}	196.75±161.97^{a}	160.3±59.28^{a}
盖 度/%	30.82±21.62^{a}	36.67±25.06^{a}	22.44±10.52^{a}	20.7±11.37^{a}
密 度/(株·m^{-2})	143.5±117.08^{a}	137.6±165.82^{a}	118.4±84.33^{a}	115.5±67.25^{a}
高 度/(cm)	16.38±4.50^{a}	16.49±6.55^{a}	15.32±14.02^{a}	14.09±4.17^{a}

注:表中数据为各区域植被特征值的均值±标准差,同行中不同上标小写字母表示各围封样地间在 0.05 水平上差异显著。

2.3 围封年限对植物群落物种多样性的影响

不同围封年限草地群落物种多样性计算结果见表 3,群落物种相似性计算见表 4。

表 3 不同围封年限草地群落物种多样性指数

多样性指标	未封育区	封育 5 a 区	封育 10 a 区	封育 20 a 区
丰富度指数 M_a	2.261	2.445	2.076	2.889
物种多样性 H	2.398	2.421	2.494	2.316
物种多样性 D	8.706	8.957	9.088	8.040
群落均匀度 E	0.865	0.855	0.835	0.807

由表 3 知,不同封育年限物种丰富度指数呈波动变化趋势,物种多样性指数则先增后降,而群落均匀度指数则一直在降低,但降低幅度变化较小。在围封 5 a 区,群落丰富度、物种多样性均增加,但随围封年限的延长,到封育 20 a 区物种多样性又降低,此区形成以阿尔泰狗娃花为单优势种的群落,导致物种分布的均匀度及多样性降低。实施封育后,所受干扰减少,植物多样性必然增加。但由于植被生态适应性不同,竞争能力各异,经多年围封后,群落形成具有少量优势种的群落,其均匀度和多样性逐渐降低,群落不稳定,少量一、二年生杂草植物入侵。

由表 4 可知,对群落相似性系数来说,未封育区与各封育区物种的相似性表现出波动变化。5 a 区物种与未封育区相似性最低,这是由于通过封育措施物种由一、二年生杂草逐渐演替到以黑沙蒿为优势种群落,物种发生变化最大,群落相似性最低。10 a 区物种发生了演替,逐渐由黑沙蒿向阿尔泰狗娃花过渡,优势种地位被削弱,受到抑制的物种得到生长,使得其与未封育区物种相似性较高。而到 20 a 区物种逐渐过渡到以阿尔泰狗娃花为优势种群落,虽然有部分一、二年生杂草出现,但与未封育区物种差别较大,相似性降低。5 a 封育区物种与 10 a 区群落优势种出现过渡,同时其它物种种类也出现变化导致相似性降低,而 20 a 区变为阿尔泰狗娃花种群,由于与 5 a 封育区非优势物种生长的条件适宜,使得 2 类型区相似性较高。

表 4 不同围封年限间群落物种相似性矩阵

封育类型区	未封育区	封育 5 a 区	封育 10 a 区	封育 20 a 区
未封育区	1.000	0.606	0.750	0.649
封育 5 a 区		1.000	0.667	0.737
封育 10 a 区			1.000	0.703
封育 20 a 区				1.000

3 讨 论

围栏封育是恢复退化草地的有效手段之一。围封措施对退化草地生态系统的影响体现在改变植被群落结构、生物多样性及微生态环境[16]。本文研究发现围封在一定时期内可以促进植被的生长,如围封 5 a,10 a 区因避免外界干扰,植被生长良好。但随长时间封育,如 20 a 封育区植被演替由黑沙蒿变为阿尔泰狗娃花群落,同时 20 a 区由于长期封育土壤生物结皮大量形成,卢晓杰[17-18]等土壤结皮试验研究表明结皮盖度与植被盖度呈极显著负相关。由于封育 20 a 地段结皮盖度较高,结皮厚度也远大于封育时间短的地段,生物结皮与其周边植物开始争水争肥,相互争夺生存空间,两者由相互促进生长转变为相互竞争的关系,结皮抑制了植被的生长;而且结皮盖度与土壤入渗深度也呈现明显负相关。生物结皮的存在,阻止了水分向深层渗透,使土壤水分呈现浅层化趋势,导致深根系灌木种的衰退和浅根系半灌木以及一年生草本植物的蔓延,植被长势变差,植被盖度、密度等降低。另外长期围封也使得草地生态系统物质、能量交换减缓,导致植被生长所需土壤营养成分无法更新和补充,最终也导致草地生产力的下降。

关于围封对多样性影响的报道很多,围封禁牧有利于增加植被多样性[19-20],但随着封育围栏草地缺乏草食动物的影响,少量竞争力强的植物就会成为群落的优势种群,导致多样性下降[21-23]。这与本研究结论相似,围封 5 a,10 a 区物种多样性最高,说明群落内物种达到一定数量后,对资源的吸收和利用达到平衡,物种多样性及草地生产力增加到最大,到围封 20 a区随群落结构、微环境的变化,出现植被衰退现象,物种多样性降低。

在干旱半干旱区,蒋德明等[24]在科尔沁沙地封育研究表明 6 a 内可以提高群落的物种多样性,超过 11 a反而使物种多样性下降。单贵莲等[16]在内蒙古典型草原生长季围封,其他时间轻度放牧下研究表明,14 a 为较适宜的围封年限;在宁夏典型封育草地相关研究[25-27]表明,约 5 a 是适宜的围封年限。说明长期、单一的封育管理反而使草地生态系统呈现退化的趋势,在围封 5～10 a 后应对草场进行适度干扰,如进行翻耕、刈割以及季节性轻度放牧利用。

4　结 论

(1) 不同围封年限区优势种变化情况为:未封育区优势种为 1 年和 2 年生草本,封育 5 a 区优势种为灌木,封育 10 a 区优势种为灌木和多年生草本,封育 20 a 区优势种为多年生草本。

(2) 与未封育区相比,围封 5 a,10 a 区植被数量特征值均有显著提高,而围封 20 a 区特征值稍高,但相差不大。通过分析,并非封育时间越长,植被生长状况就越好。综合考虑群落结构及物种多样性研究认为 5～10 a 是较适宜的围封年限,其后应对草场进行适度干扰,这样利于提高其生产力,增强草地生态系统的稳定性。

[参 考 文 献]

[1] 米文宝,谢应忠. 生态恢复与重建研究综述[J]. 水土保持研究,2006,13(2):49-53.

[2] 何玉惠,赵哈林,刘新平,等. 封育对沙质草甸土壤理化性状的影响[J]. 水土保持学报,2008,22(2):159-161.

[3] 卜耀军,张雄,艾海舰,等. 榆林风沙草滩区物种多样性研究[J]. 水土保持通报,2008,28(4):80-85.

[4] 王震洪. 基于植物多样性的生态系统恢复动力学原理[J]. 应用生态学报,2007,18(9):1965-1971.

[5] 张继义,赵哈林. 短期极端干旱事件干扰下退化沙质草地群落抵抗力稳定性的测度与比较[J]. 生态学报,2010,30(20):5456-5465.

[6] 赵存玉,王涛,董治宝,等. 科尔沁沙地草场物种多样性特征及其与生境的关系[J]. 草业科学,2007,24(10):11-18.

[7] 张亮,邢福,于丽丽,等. 三江平原沼泽湿地岛状林植物多样性[J]. 植物生态学报,2008,32(3):582-590.

[8] 朱珣之,张金屯. 包含绝对多度的物种多样性测度方法的应用和评价[J]. 北京师范大学学报:自然科学版,2007,43(1):72-75.

[9] 蒙旭辉,李向林,辛晓平,等. 不同放牧强度下羊草草甸草原群落特征及多样性分析[J]. 草业学报,2009,17(2):239-244.

[10] 郑翠玲,曹子龙,赵廷宁,等. 浑善达克沙地南缘农牧交错带弃耕地植被的演替规律[J]. 中国水土保持科学,2005,3(1):72-76.

[11] 郭艳萍,张金屯,刘秀珍. 山西天龙山植物群落物种多样性研究[J]. 山西大学学报:自然科学版,2005,28(2):205-208.

[12] 张金屯. 数量生态学[M]. 2 版. 北京:科学出版社,2011.

[13] 王琳,张金屯,上官铁梁,等. 历山山地草甸的物种多样性及其与土壤理化性质的关系[J]. 应用与环境生物学报,2004,10(1):18-22.

[14] 马克平,黄建辉,于顺利,等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究(Ⅱ):丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报,1995,15(3):268-277.

[15] 王蕾,徐冬梅,张晶晶. 封育对荒漠草原植物群落组成和物种多样性的影响[J]. 草业科学,2012,29(10):1512-1516.

[16] 单贵莲,徐柱,宁发,等. 围封年限对典型草原群落结构及物种多样性的影响[J]. 草业学报,2008,17(6):1-8.

[17] 卢晓杰,张克斌,李瑞. 北方农牧交错带生物结皮的主要影响因子探讨[J]. 水土保持研究,2007,14(6):1-4.

[18] 卢晓杰,李瑞,张克斌. 农牧交错带地表覆盖物对土壤入渗的影响[J]. 水土保持通报,2008,28(1):1-5.

[19] 李璠,周国英,杨路存,等. 围栏封育对青海湖流域主要植物群落多样性与稳定性的影响[J]. 水土保持研究,2013,20(4):135-140.

[20] 赵哈林,张铜会,赵学勇,等. 放牧对沙质草地生态系统组分的影响[J]. 应用生态学报,2004,15(3):420-424.

[21] 高润梅,石晓东,郭跃东. 山西文峪河上游河岸林群落稳定性评价[J]. 植物生态学报,2012,36(6):491-503.

[22] Peco B, Isabel de Pables, Traba J, et al. The effect of grazing abandonment on species composition and functional traits: The case of dehesa grasslands[J]. Basic and Applied Ecology, 2005,6(2):175-183.

[23] 石福孙,吴宁,罗鹏,等. 围栏禁牧对川西北亚高山高寒草甸群落结构的影响[J]. 应用与环境生物学报,2007,13(6):767-770.

[24] 蒋德明,苗仁辉,押田敏雄,等. 封育对科尔沁沙地植被恢复和土壤特性的影响[J]. 生态环境学报,2013,22(1):40-46.

[25] 赵菲,谢应忠,马红彬,等. 封育对典型草原植物群落物种多样性及土壤有机质的影响[J]. 草业科学,2011,28(6):887-891.

[26] 庞吉林,张克斌,王海星,等. 干旱半干旱区人工封育对地表植被组成及多样性的影响[J]. 东北林业大学学报,2013,41(2):40-43.

[27] 李学斌,陈林,李国旗,等. 干旱半干旱地区围栏封育对甘草群落特征及其分布格局的影响[J]. 生态学报,2013,33(13):3995-4001.