

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 13 期 Vol.33 No.13 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 13 期 2013 年 7 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 强度干扰后退化森林生态系统中保留木的生态效应研究综述..... 缪 宁,刘世荣,史作民,等 (3889)
- AM 真菌对重金属污染土壤生物修复的应用与机理..... 罗巧玉,王晓娟,林双双,等 (3898)

个体与基础生态

- 东灵山不同林型五角枫叶性状异速生长关系随发育阶段的变化..... 姚 婧,李 颖,魏丽萍,等 (3907)
- 不同温度下 CO₂ 浓度增高对坛紫菜生长和叶绿素荧光特性的影响..... 刘 露,丁柳丽,陈伟洲,等 (3916)
- 基于 LULUCF 温室气体清单编制的浙江省杉木林生物量换算因子..... 朱汤军,沈楚楚,季碧勇,等 (3925)
- 土壤逐渐干旱对菖蒲生长及光合荧光特性的影响..... 王文林,万寅婧,刘 波,等 (3933)
- 一株柠条内生解磷菌的分离鉴定及实时荧光定量 PCR 检测..... 张丽珍,冯利利,蒙秋霞,等 (3941)
- 一个年龄序列巨桉人工林植物和土壤生物多样性..... 张丹桔,张 健,杨万勤,等 (3947)
- 不同饵料和饥饿对魁蚶幼虫生长和存活的影响..... 王庆志,张 明,付成东,等 (3963)
- 禽畜养殖粪便中多重抗生素抗性细菌研究..... 祁诗月,任四伟,李雪玲,等 (3970)
- 链状亚历山大藻赤潮衰亡的生理调控..... 马金华,孟 希,张 淑,等 (3978)
- 基于环境流体动力学模型的浅水草藻型湖泊水质数值模拟..... 李 兴,史洪森,张树礼,等 (3987)

种群、群落和生态系统

- 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..... 李学斌,陈 林,李国旗,等 (3995)
- 宁夏六盘山三种针叶林初级净生产力年际变化及其气象因子响应..... 王云霓,熊 伟,王彦辉,等 (4002)
- 半干旱黄土区成熟柠条林地土壤水分利用及平衡特征..... 莫保儒,蔡国军,杨 磊,等 (4011)
- 模拟酸沉降对鼎湖山季风常绿阔叶林地表径流水化学特征的影响..... 丘清燕,陈小梅,梁国华,等 (4021)
- 基于改进 PSO 的洞庭湖水源涵养林空间优化模型..... 李建军,张会儒,刘 帅,等 (4031)
- 外来植物火炬树水浸液对土壤微生物生态系统的化感作用..... 侯玉平,柳 林,王 信,等 (4041)
- 崇明东滩抛荒鱼塘的自然演替过程对水鸟群落的影响..... 杨晓婷,牛俊英,罗祖奎,等 (4050)
- 三峡水库蓄水初期鱼体汞含量及其水生食物链累积特征..... 余 杨,王雨春,周怀东,等 (4059)
- 元江鲤种群遗传多样性..... 岳兴建,邹远超,王永明,等 (4068)

景观、区域和全球生态

- 中国西北干旱区气温时空变化特征..... 黄 蕊,徐利岗,刘俊民 (4078)
- 集水区尺度下东北东部森林土壤呼吸的模拟..... 郭丽娟,国庆喜 (4090)
- 增氮对青藏高原东缘高寒草甸土壤甲烷吸收的早期影响..... 张裴雷,方华军,程淑兰,等 (4101)
- 基于生态系统服务的广西水生态足迹分析..... 张 义,张合平 (4111)
- 深圳市景观生态安全格局源地综合识别..... 吴健生,张理卿,彭 建,等 (4125)

庐山风景区碳源、碳汇的测度及均衡..... 周年兴,黄震方,梁艳艳 (4134)

气候变化对内蒙古中部草原优势牧草生长季的影响 李夏子,韩国栋,郭春燕 (4146)

民勤荒漠区典型草本植物马蔺的物候特征及其对气候变化的响应..... 韩福贵,徐先英,王理德,等 (4156)

血水草生物量及碳贮量分布格局..... 田大伦,闫文德,梁小翠,等 (4165)

5 种温带森林生态系统细根的时间动态及其影响因子 李向飞,王传宽,全先奎 (4172)

资源与产业生态

干旱胁迫下 AM 真菌对矿区土壤改良与玉米生长的影响..... 李少朋,毕银丽,陈咄圳,等 (4181)

城乡与社会生态

上海环城林带保健功能评价及其机制..... 张凯旋,张建华 (4189)

研究简报

北京山区侧柏林林内降雨的时滞效应 史 宇,余新晓,张佳音 (4199)

采伐剩余物管理措施对二代杉木人工林土壤全碳、全氮含量的长期效应
..... 胡振宏,何宗明,范少辉,等 (4205)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 326 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 35 * 2013-07



封面图说: 岳阳附近的水源涵养林及水系鸟瞰——水源涵养林对于调节径流,减缓水、旱灾害,合理开发利用水资源具有重要的生态意义。洞庭湖为我国第二大淡水湖,南纳湘、资、沅、澧四水,北由岳阳城陵矶注入长江,是长江上最重要的水量调节湖泊。因此,湖周的水源涵养林建设对于恢复洞庭湖调节长江中游地区洪水的功能,加强湖区生物多样性的保护是最为重要的举措之一。对现有防护林采取人为干扰的调控措施,改善林分空间结构,将有利于促进森林生态系统的正向演替,为最大程度恢复洞庭湖水源林生态功能和健康经营提供重要支撑。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201211051542

李学斌, 陈林, 李国旗, 安慧. 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. 生态学报, 2013, 33(13): 3995-4001.

Li X B, Chen L, Li G Q, An H. Influence of enclosure on *Glycyrrhiza uralensis* community and distribution pattern in arid and semi-arid areas. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(13): 3995-4001.

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

李学斌*, 陈 林, 李国旗, 安 慧

(宁夏大学西北土地退化与生态恢复国家重点实验室培育基地, 银川 750021)

摘要:长期的封育禁牧引起甘草种群退化已受到越来越多的学术关注。选取采挖后不同封育年限的甘草群落为研究对象,以样地调查数据为基础,应用方差均值比率和聚集强度指数的测定方法进行围栏封育对甘草群落特征及其分布格局的影响进行分析,结果表明:(1)随着围栏封育年限的增加,甘草群落物种丰富度指数、多样性指数均呈增加的趋势,均匀度指数则呈先增加后降低的趋势;(2)随着围栏封育年限的增加,甘草群落内甘草、冰草、黄蒿和猪毛蒿 4 种主要种群空间格局均发生了变化。甘草和冰草种群由随机分布变为聚集分布,但种间竞争却呈相反的变化趋势;黄蒿和猪毛蒿种群则由聚集分布变为随机分布;(3)干旱、半干旱地区野生甘草种群的恢复期为 5a 左右,其鲜草产量及地上生物学指标均为最佳,截时应进行合理的采挖与利用,以促进其种群的发展与生产力的提升。

关键词:封育;甘草;空间格局;种群

Influence of enclosure on *Glycyrrhiza uralensis* community and distribution pattern in arid and semi-arid areas

LI Xuebin*, CHEN Lin, LI Guoqi, AN Hui

Breeding Base for State Key Lab. of Land Degradation and Ecological Restoration of Northwestern China; Ningxia University; Yinchuan 750021, China

Abstract: With the policies of conversion of cropland to forest and grassland and enclosure under no grazing carried on, the desert steppe ecosystems is under restoration and regeneration to some extent. However, long-term enclosure did not assure the restoration of plant communities in desert steppe. As was concerned, *Glycyrrhiza uralensis* community tended to degrade. Taking the *Glycyrrhiza uralensis* community under enclosure of different ages after excavation as a subject, the influence of enclosure on *Glycyrrhiza uralensis* population community and distribution pattern was discussed, by the method of the mean variance ratio and indices of aggregation intensity. The result showed: 1) Under enclosure along with the increasing ages, species richness index and diversity index of *Glycyrrhiza uralensis* community tended to increase. Evenness index firstly increased and then decreased. 2) The spatial pattern of *Glycyrrhiza uralensis*, *Agropyron cristatum*, *Artemisia sieversiana* and *Artemisia scoparia* population were all changed. That of *Glycyrrhiza uralensis* population and *Agropyron cristatum* population changed from random into aggregation, but the intercompetition was opposite. That of *Artemisia sieversiana* and *Artemisia scoparia* population changed from aggregation into random. 3) In arid and semi-arid region, the recovery of *Glycyrrhiza uralensis* species needed 5 years, and the grass yield and the ground biological indexes are better. At that time, *Glycyrrhiza uralensis* should be reasonably excavated, thus beneficial for the improvement of population development and related productivity.

基金项目:国家科技支撑计划项目(2011BAC07B03)

收稿日期:2012-11-05; 修订日期:2013-03-15

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lixuebin@nxu.edu.cn

Key Words: enclosure; *Glycyrrhiza uralensis*; spatial pattern; population

甘草属(*Glycyrrhiza* L)植物为干旱、半干旱地区重要的药用植物资源,是我国三北地区重要的防风固沙植物,对我国北方地区的环境保护与生态安全有着不可替代的重要作用^[1]。然而由于甘草是常用的大宗药材,多年以来,我国甘草的收购与贸易长期未能实行“生长量必须超过采挖量”与“限额出口”的基本原则,以及过度的放牧,致使野生甘草资源过量消耗,资源储量急剧下降^[2]。2001年,宁夏率先在全国试点全面封育禁牧、禁止采挖。随着封育政策的实施,荒漠草原生态系统得到了不同程度的休养生息和自我更新,大部分草地生态环境出现逆转。然而,长期的封育禁牧又使得荒漠草原大片草地出现“黑皮”现象,部分优势种群如甘草群落等衰退严重^[3-4]。李连芳等认为,滥垦滥伐、过渡放牧与长期的封育禁牧等极端的管理方式都会加剧生态系统的恶化,合理的利用与保护既能维持各生物功能团正常的互作关系与群落演替,又维持物种多样性与进化过程的目的^[5];同时根据课题组的农户采访:甘草采挖有利于甘草的生长,如果不采挖,甘草将逐步消亡。作为干旱、半干旱地区主要以地下根茎进行无性繁殖的甘草来说,近年来在长期封育禁牧条件下,种群逐步退化是否符合以上结论与农民的实际反映,需要科学验证。本研究以不同封育年限甘草群落为研究对象,通过对群落特征调查、甘草产量的测定,运用数学模型的方法拟合分析群落结构及空间格局变化,辨识封育禁牧对甘草种群的影响,以期为甘草种群的保护与合理利用提供科学依据。

1 研究区概况

实验区位于宁夏回族自治区盐池县高沙窝镇禹记圈自然村(37°57′01.34″N, 107°00′44.99″E)。该地区属中温带大陆性气候,年平均气温 8.1℃,年降水量在 250—350 mm,为典型干旱、半干旱地区,且降雨主要集中在 7—9 月,约占全年降水量的 60% 以上,年蒸发量却达 2710 mm。冬春风沙天气较多,年平均风速 2.8 m/s,每年 5 m/s 以上的扬沙达 323 次,年均无霜期为 165 d。土壤类型主要是灰钙土,其次是风沙土。植被优势种为甘草、冰草、黄蒿、黑沙蒿、牛枝子等。该自然村于 2001 年草地全部承包到户,并实施围栏封育。

2 研究方法

2.1 野外取样

样方大小的选取会对种群分布格局的分析造成较大影响。对一个集群分布的种群,不同的样方大小会得到完全不同的结果。如果样方大小远大于集群分布的斑块大小,那么测定结果会是一个均匀分布的格局;如果样方面积太小,那么取样资料会得出一个随机分布格局;只有当样方面积与斑块大小接近甚至相等时,测定结果才可能正确^[6]。实验选取立地条件相似的围栏封育 1a、3a、5a 和 8a 的甘草群落样地(采用空间序列替代时间序列的方法)。通过采访,围栏封育前均为无序过度采挖和放牧,地下甘草量基本采完,地上植物被完全沙化。实验前进行野外观察,4 个种群的斑块面积均在 1 m² 以内,故取样样方的大小为 1 m×1 m。实验于 2012 年 8 月 20 日进行样方调查。每个样地随机选取了 20 个样方(样方最小距离为 15 m,最大距离为 136 m),记录每种植物的种名、高度、株数,并测定群落的分盖度与总盖度、地上生物量等。

甘草采挖在 4 个样地分别选取 3 个 2 m×2 m 的样方对其进行彻底采挖,做到尽可能挖尽(样方内地上植株不能遗漏;地下残留根茎直径必须小于 0.7 cm 以下,小于甘草标准分级的毛草标准以下),取甘草干重进行称重测量。

2.2 数据分析

2.2.1 主要种群的重要值分析

$$\text{重要值}(Iv) = (\text{相对高度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度}) / 3$$

2.2.2 群落多样性分析

群落丰富度指数(Gleason's index 和 Margalef's index):

$$IGI = S / \ln A$$

式中, S 为物种数, A 为样方面积(m²)

$$\text{IMa} = (S - 1) / \ln N$$

式中, S 为群落中的总种数, N 为观察到的物种数目。

群落香农 (Shannon-Wiener) 多样性指数:

$$H' = \frac{1}{N} (N \log N - \sum_{i=1}^s n_i \log n_i)$$

式中, S 为物种数, N 为样地中所有种的个体数, n_i 为样地中第 i 个种的个体数。

群落均匀度指数 (Pielou's index):

$$J = H' / \ln S$$

式中, H' 多样性指数, S 为种数。

2.2.3 群落空间格局分析^[6]

群落空间格局分析采用格局定量分析法。本试验采用常用的方差均值比率和聚集强度指数法。

方差均值比率法:该方法建立在 Poisson 分布的预期假设上,一个 Poisson 分布的总体有方差 V 和均值 m 相等的性质,即 $V/m=1$,如果 $V/m>1$,则偏离 Poisson 分布呈聚集分布;如果 $V/m<1$,则呈均匀分布。 V 和 m 的计算方法如下:

$$V = \sum_{i=1}^N (X_i - m)^2 / (N - 1) \quad m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

式中, N 为样方数, X_i 为每样方中的个体数。为检验实测样本是否接受预期的假设,需要以 $[2/(N-1)]^{1/2}$ 为标准差进行 t 检验。 t 值的计算公式为:

$$t = (V/m - 1) / [2/(N - 1)]^{1/2}$$

然后通过检查 $N-1$ 自由度和 95% 的置信度 t 分布表,进行显著性检验。

聚集强度指数方法:

(1) 丛生指数 (I),其计算公式为:

$$I = (V/m - 1)$$

式中, V 为样本方差, m 为样本均值。当 $I=0$ 时,为随机分布;当 $I>0$ 时,为聚集分布;当 $I<0$ 时,为均匀分布。

(2) 负二项参数 (K),其计算公式为:

$$K = m^2 / (V - m)$$

式中, V 为样本方差, m 为样本均值。当 $K>0$ 时,种群聚集度越大,呈聚集分布;当 K 势于无穷大(一般为 8 以上),则逼近泊松分布;当 $K<0$ 时,为均匀分布。

(3) 平均拥挤度指标和聚块性指标

平均拥挤度指标,是指平均每一个体有多少个在同单位的其它个体。其计算公式为:

$$m^* = m + (V/m - 1)$$

式中, V 为样本方差, m 为样本均值。

聚块性指标,为 m^*/m ,即平均拥挤与平均密度之比。当 $m^*/m>1$ 时,为聚集分布; $m^*/m=1$ 时,为随机分布; $m^*/m<1$ 时,为均匀分布。

(4) 扩散系数 (C),其计算公式为:

$$C = \sum_{i=1}^N (x_i - m)^2 / [m(m - 1)] = V/m$$

式中, V 为样本方差, m 为样本均值。当 $C>1$ 时,为聚集分布; $C=1$ 时,为随机分布。但 C 值有时与种群密度有关,所以结果需作谨慎分析,或用负二项参数 K 值作补充。

(5) Cassie 指标, Cassie 指出用 Ca 作指标来判断分布状态比较方便。

$Ca=1/K$, K 为负二项分布的参数;当 $Ca=0$ 时,为随机分布;当 $Ca>0$ 时,为聚集分布;当 $Ca<0$ 时,为均匀分布。

3 结果与分析

3.1 围栏封育对甘草群落物种多样性的影响

2012 年 8 月调查结果表明,通过围栏封育后,已经沙化的退化草场植物群落特征、盖度、密度、地上生物量等均有明显的变化(表 1)。植被覆盖度由恢复 1a 的 55.1% 提高到恢复 8a 的 91.4%,植物组成种数也由 9 种增加至 20 种左右,开放草场一些消失的草种如长芒草、草木樨状黄芪等得到了很好地恢复,特别是豆科、禾本科草种变化尤为显著,比例明显增加。草地生产力有了极大的提高,生物量由 $0.087\text{kg}/\text{m}^2$ 提高至 $0.267\text{kg}/\text{m}^2$ 。以菊科(蒿类)、1 年生禾草为主的植物群落向以甘草、牛枝子、冰草、针茅等多年生的豆科、禾本科为主的群落演替。

表 1 围栏封育对甘草群落数量特征的影响

Table 1 Influence of fencing on quantitative characteristics of *Glycyrrhiza uralensis* community

样地类型 Site	植物种类 Species /(种/ m^2)	盖度 Coverage /%	干生物量 Dry biomass /(kg/m^2)	所占比例 Ratio/%			
				豆科 Leguminosae	禾本科 Gramineae	菊科 Compositae	其它科 Other
封育 1a Fencing 1a	9	55.1	0.087	8.1	7.3	38.5	46.1
封育 3a Fencing 3a	16	73.3	0.163	13.8	9.7	33.2	43.3
封育 5a Fencing 5a	19	85.7	0.212	15.6	14.1	30.8	39.5
封育 8a Fencing 8a	20	91.4	0.267	15.3	15.4	30.5	38.8

为了充分说明围栏封育对群落物种多样性的影响,通过群落的丰富度指数、多样性指数和均匀度指数作进一步分析(表 2)。

表 2 围栏封育对甘草群落物种多样性的影响

Table 2 Influence of fencing on species diversity of *Glycyrrhiza uralensis* community

样地类型 Site	丰富度指数 Richness index		多样性指数 H' Diversity index	均匀度指数 J Evenness index
	IGI	IMa		
封育 1a	3.0043	4.5512	1.5972	0.6782
封育 3a	5.3409	6.1315	1.8846	0.7988
封育 5a	6.3424	7.4717	1.9361	0.8023
封育 8a	6.6762	7.6776	1.9325	0.4125

由表 2 可以看出,围栏封育明显改变了甘草群落的物种多样性。群落物种丰富度指数、多样性指数变化均随着围栏封育年限的增加呈增加的趋势,均匀度指数则随着围栏封育年限的增加呈先增加后降低的趋势。可以看出,随着围栏封育年限的增加,甘草群落物种种类不断增加。但是由于封育 1—5a,群落处于快速恢复期,物种种类相对较少,分布较为均匀。当封育 5—8a 时,尽管物种种类趋于稳定(多样性指数变化很小),但此时物种丰富度指数增加,种间竞争加剧,物种聚集性增加,均匀度降低。

3.2 围栏封育对甘草种群特征的影响

研究结果表明(表 3),采挖后的甘草群落经过围栏封育,在 1—5a 时期,甘草密度、盖度和生物量均呈增加的趋势,密度由封育 1a 的 $6.5\text{株}/\text{m}^2$ 增加到封育 5a 的 $15.1\text{株}/\text{m}^2$ (封育 1a 与封育 3a、封育 5a 差异均呈极显著 $P<0.01$);盖度由封育 1a 的 8.8% 增加到封育 5a 的 49.9%(封育 1a 与封育 3a、封育 5a 差异均呈极显著 $P<0.01$);生物量由封育 1a 的 $0.054\text{kg}/\text{m}^2$ 增加到封育 5a 的 $0.182\text{kg}/\text{m}^2$ (封育 1a 与封育 3a、封育 5a 差异均呈极显著 $P<0.01$)。但当围栏封育 5a 后,甘草密度、盖度和蓄积量却均呈现降低的趋势。

对比群落多样性指数、丰富度指数,在封育的 1—8a 内均呈增加的趋势。可以看出,在恢复最初的 1—5a,群落整体处于恢复期,甘草在此时期恢复较快,采挖后土壤中剩余的水平根茎成长成新的植株。随着封育年限的增加,根茎不断扩散,密度进一步增加,因此甘草种群密度、盖度和地下生物量呈快速增加的趋势。但随着封育期的进一步延长,恢复期在 5—8a 时,群落内的种间竞争加剧,甘草群落的竞争受到抑制,部分甘草

原有的根茎营养耗尽,植株死亡,种群开始衰退,密度、盖度和地下生物量有所降低。进一步用甘草种群的重要值计算,也说明了这一点。随着甘草种群封育年限的延长,甘草种群的重要值降低的趋势。

表 3 围栏封育对甘草种群特征变化的影响
Table 3 Influence of fencing on population characteristics of *Glycyrrhiza uralensis* community

样地类型 Site	密度/(株/m ²) Density	高度/cm Height	盖度/% Coverage	地下生物量/(kg/m ²) Underground biomass	重要值 Importance value
封育 1a	6.5±1.8	31.29±5.6	8.8±2.2	0.054±0.031	29.11
封育 3a	11.8±1.2	34.17±4.9	39.7±3.2	0.141±0.003	24.56
封育 5a	15.1±1.5	34.82±3.9	49.9±4.2	0.182±0.004	9.38
封育 8a	11.6±1.3	34.05±4.5	31.5±3.8	0.131±0.003	7.13

甘草种群的高度随着封育时间的延长总体呈增加的趋势,但差异不显著($P>0.05$),这是由于甘草为多年生豆科草本植物,其生长年限、地下根茎生物量大小对地上植株高度影响不大。

3.3 围栏封育对甘草群落种群空间分布格局的影响

将不同封育年限甘草群落进行种群分布格局的拟合和聚集强度计算(表 4,表 5)结果发现,甘草种群由随机分布(封育 1—3a)变为均匀分布(封育 5a),最后变为聚集分布(封育 8a)。冰草的种群分布格局尽管与甘草种群分布格局整体呈相同的变化趋势,但种间竞争优势却呈相反的变化。黄蒿、猪毛蒿种群的分布格局则与甘草种群正好相反,由聚集分布变为随机分布。但是,随着封育年限的延长,多年生草本植物逐步在种间竞争中占得机遇,黄蒿、猪毛蒿等 1 年生草本植物逐步衰退,种群呈随机分布。

表 4 不同封育年限甘草群落主要种群方差均值比率法格局分析
Table 4 Spatial distribution patterns of dominant plant populations in *Glycyrrhiza uralensis* community under different years of fencing

种名 Species	样地类型 Site	V	m	V/m	T	结果 Result
甘草 <i>Glycyrrhiza uralensis</i>	封育 1a	6.52	6.27	1.04	2.05 *	随机分布
	封育 3a	3.86	2.84	1.36	2.94 *	随机分布
	封育 5a	5.31	6.17	0.86	1.99 *	均匀分布
	封育 8a	2.79	0.74	3.78	19.25 **	聚集分布
冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	封育 1a	4.81	4.34	1.11	2.31 *	随机分布
	封育 3a	2.33	1.08	2.16	10.02 **	聚集分布
	封育 5a	3.58	0.63	5.69	42.25 **	聚集分布
	封育 8a	3.59	0.59	6.12	44.48 **	聚集分布
黄蒿 <i>Artemisia sieversiana</i>	封育 1a	3.15	0.60	5.23	41.18 **	聚集分布
	封育 3a	5.68	0.84	6.76	48.12 **	聚集分布
	封育 5a	4.42	3.53	1.25	2.65 *	随机分布
	封育 8a	5.10	4.52	1.13	2.32 *	随机分布
猪毛蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	封育 1a	3.52	0.59	6.01	43.05 **	聚集分布
	封育 3a	5.24	0.98	5.33	41.98 **	聚集分布
	封育 5a	7.04	6.84	1.03	2.03 *	随机分布
	封育 8a	5.25	4.82	1.09	2.09 *	随机分布

* 表示显著水平; ** 表示极显著水平

4 结论与讨论

(1)本研究认为,甘草作为多年生草本植物,其种群及地下生物量恢复需要一定时间,基本在 5a 时期。这与陈红军、王巧娥等研究的梁外甘草最佳采收时间为 3—5a 相一致^[7-8]。也就是说,甘草在恢复期的 1—5a 生长速度较快,种群及地下生物量聚集达到最优。本研究不同封育年限地上植株、地下生物量的变化均验证了这一结论。同时,当地旱地人工种植甘草的最佳采收时间为 3—4a,这与野生甘草的生长周期也相吻合。

表 5 不同封育年限甘草群落主要种群聚集指数分析

Table 5 Aggregation index of dominant plant populations in <i>Glycyrrhiza uralensis</i> community under different years of fencing							
种名 Species	样地类型 Site	负二项参数 <i>K</i> Negative binomial parameter	丛生指标 <i>I</i> Clumping index	扩散系数 <i>C</i> Diffusion coefficient	聚块性指标 Pachiness index m^*/m	<i>Ca</i>	结果 Result
甘草	封育 1a	9.85	0.04	1.04	1.01	0.10	随机分布
	封育 3a	8.21	0.36	1.36	1.13	0.12	随机分布
	封育 5a	-32.89	-0.14	0.86	0.98	-0.03	均匀分布
	封育 8a	1.12	2.78	3.78	4.76	0.89	聚集分布
冰草	封育 1a	8.97	0.11	1.11	1.03	0.11	随机分布
	封育 3a	1.45	1.16	2.16	2.08	0.69	聚集分布
	封育 5a	1.17	4.69	5.69	8.45	0.85	聚集分布
	封育 8a	1.03	5.12	6.12	9.74	0.97	聚集分布
黄蒿	封育 1a	0.92	4.23	5.23	8.03	1.09	聚集分布
	封育 3a	3.42	5.76	6.76	7.85	0.29	聚集分布
	封育 5a	11.02	0.25	1.25	1.07	0.09	随机分布
	封育 8a	11.98	0.13	1.13	1.03	0.08	随机分布
猪毛蒿	封育 1a	1.01	5.01	6.01	9.54	0.99	聚集分布
	封育 3a	4.12	4.33	5.33	5.40	0.24	聚集分布
	封育 5a	9.58	0.03	1.03	1.00	0.10	随机分布
	封育 8a	10.06	0.09	1.09	1.02	0.10	随机分布

(2)种群的分布格局是物种与环境长期相互适应,相互作用的结果,其与物种的生物学特性、种间竞争以及生境条件等密切相关^[9-10]。研究表明,由于在围栏封育前,甘草群落受到了破坏性的采挖,地表翻挖严重。在采挖过程中,一些甘草被挖断或扯断的细小根茎残留在土里,呈随机分布。由于甘草种子繁殖力极低(种子为硬实,萌发率不足5%),主要以无性繁殖为主。在无性繁殖中,甘草克隆植株的产生主要是依靠其根茎断裂脱离母体而形成^[11]。因此,围栏封育后,留在土里的细小根茎重新萌发,生成新的植株,也呈随机分布。在群落恢复初期,种间及种内竞争较小,甘草种群得到了快速恢复。

当围栏封育为5a时,地下根茎不断蔓延,地上植株呈均匀分布,甘草种群恢复基本达到顶盛时期。但是随着封育年限的进一步延长,群落内种间及种内竞争加剧,群落中几种重要种群空间分布格局发生明显变化,尤其多年生禾草,如冰草等丛生型禾草在群落空间中占得优势,加上部分小生境不适于甘草的生长,部分甘草被淘汰,甘草种群呈现出聚集分布。研究结果与实地调查极其吻合,同时也印证了调查过程中农民反映的实践经验,即甘草采挖有利于甘草的生长,如果不采挖,甘草将逐步消亡。

黄蒿、猪毛蒿种群的分布格局则与甘草种群正好相反,黄蒿、猪毛蒿均为1年生草本植物,具有较强的繁殖能力和适应能力,尤其黄蒿,果实数量相当大,平均每株果实数量可达1100个,其种子小且表面有胶质,遇水即与土壤颗粒黏结,使得种子得到了很好地保护,大大增加了土壤种子库的数量,同时可快速促进种子萌发;另一方面,由于采挖,使得土壤松软,土壤各种资源比较丰富,加快了1年生草本植物的生长。这些都是造成黄蒿、猪毛蒿等1年生草本植物恢复初期就聚集强度高的主要原因,但是随着封育年限的增加,多年生草本植物逐步在种间竞争中占得机遇,黄蒿、猪毛蒿等1年生草本植物逐步衰退,种群呈随机分布。

(3)张树川,李连芳等人研究认为,过渡放牧、滥采滥挖以及围栏禁牧都是草地极端的管理方式,都是一把双刃剑,对草原的生态保护与破坏都是双重性的,根本问题还是在一个“度”上,如何把握“禁”与“用”的合理尺度才是保护好草地的重要所在,本研究也印了该研究结论^[5,12]。随着封育年限的延长,甘草种群的密度、盖度、地下生物量均呈增加的趋势,但封育年限超过5a后,种群趋于平衡甚至退化。因此,长期的封育禁牧确实不利于野生甘草种群的繁衍,应进行适度的放牧与人为采挖。但其“度”的把握还需要大量的科学实验加以证明。

(4)将实验分析及计算验证结果与野外实地调查相对比,可以认为方差均值比率法对研究干旱、半干旱地区不同封育年限甘草群落分布格局是一种较为可信和实际应用价值较高的方法。因为分析结果与聚集强度方法的计算结果相互验证并与野外实地调查的结果极其吻合^[13]。

致谢:宁夏大学西部生态研究中心刘任涛博士对本文写作给予帮助,特此致谢。

References:

- [1] National pharmacopoeia committee. The pharmacopoeia of the people's Republic of China. 2000 version. Beijing: Chemical industry press, 2000
- [2] Guo S J. The grassland resources and grass planting in Ningxia. Ningxia: Ningxia people's Publishing, 1989.
- [3] Shen Yan, Zhang Kebin, Du Linfeng, Qiao Feng. Impacts of exclusion region on vegetation feature and diversity in Yanchi County, Ningxia. Ecology and Environment, 2007, 16(5): 1481-1484.
- [4] Shang X H, Yan Y N, Wang W Q. Effect of enclosure on community structure, yield and quality of *Glycyrrhiza uralensis* root in *G. uralensis* community. Journal of Agricultural University of Hebei, 2010, 33(5): 40-44.
- [5] Li Lianfang. Discussion on strategies of plant diversity management in grassland Natural Reservel China Academic Journal Electronic Publishing House. 2000, 11.
- [6] Wu J L, Wu C Z, Hong Wei, Lin C L. Weibull Model of Spatial Distribution Pattern of the Endangered and Rare Plant *Tsuga Longibracteata* and its Application. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2001, 23(3): 345-349.
- [7] Chen H J, Wang X Q, Zhang S B. Study on the optimal harvesting period of cultivated licorice outside bridge. Journal of Hebei Traditional Chinese Medicine and Pharmacology, 2007, (1): 35-36.
- [8] Wang Q E, Wang W S, Zhang J S, Frank Senchun, Wang X R. Study on Optimal Harvest Time of Semi-wild *Glycyrrhiza uralensis* at Liangwai, Inner Mongolia. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2004, (4): 235-237.
- [9] Luo S J, Liang S W, Zou H Y, Yu S M. A Study on the Spatial Distribution Pattern of *Pinus Taiwanensis* Hayata. Journal of Hubei Institute for Nationalities, 1998, 16(3): 72-76.
- [10] LI J X, ZHANG W H, LI H. Research on distribution pattern of rare and endangered plant *Kingdonia uniflora* population. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2001, 21(5): 879-884.
- [11] Wang W Q, Wu Q F. Licorice resource and cultivation technology in China. Research & Information of Traditional Chinese Medicine, 2001, 3(12): 18-19.
- [12] Zhang S C, Long Z P, Qi G B, Li X Y. Research on Grassland Community Management — A Case Study of Yanchi County. Acta Agrestia Sinica, 2007, 15(5): 479-484.
- [13] Zheng Y R. The Applicability of Various Methods in Analysis of *Picea Mongolica* Population Spatial Distribution Pattern. Acta Phytoecologica Sinica, 1997, 21(5): 480-484.

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 2000 年版(一部). 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [2] 郭思加. 宁夏草地资源与牧草种植. 宁夏: 宁夏人民出版社, 1989.
- [3] 沈彦, 张克斌, 杜林峰, 乔峰. 宁夏盐池封育区植物特征值及多样性影响. 生态环境, 2007, 16(5): 1481-1484.
- [4] 尚辛亥, 阎玉凝, 王文全. 封育年限对甘草群落及甘草产量、质量的影响. 河北农业大学学报, 2010, 33(5): 40-44.
- [5] 李连芳. 草地自然保护区植物多样性管理对策的探讨. 生物多样性保护与区域可持续发展-第四届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 2000, 11.
- [6] 吴继林. 不同方法在珍稀植物长苞种群分布格局分析中的适用性研究. 江西农业大学学报, 2001, 23(3): 345-349.
- [7] 陈红军, 王秀歧, 张尚斌. 家种梁外甘草最佳采收期研究. 河北中医药学报, 2007, (1): 35-36.
- [8] 王巧娥, 王文慎, 张吉树, 黎先春, 王小如. 梁外半野生甘草最佳采收期研究. 中药材, 2004, (4): 235-237.
- [9] 罗世家, 梁师文, 邹惠渝, 于盛明. 黄山松空间分布格局的研究. 湖北民族学院学报(自然科学版), 1998, 16(3): 72-76.
- [10] 李景侠, 张文辉, 李红. 稀有濒危植物独叶草种群分布格局研究. 西北植物学报, 2001, 21(5): 879-884.
- [11] 王文全, 吴庆丰. 我国的甘草资源与甘草栽培技术. 中药研究与信息, 2001, 3(12): 18-19.
- [12] 张树川, 龙治普, 齐顾波, 李小红. 草原社区管理模式研究——以宁夏盐池为例. 草地学报, 2007, 15(5): 479-484.
- [13] 郑元润. 不同方法在沙地云杉种群分布格局分析中的适用性研究. 植物生态学报, 1997, 21(5): 480-484.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 13 Jul. ,2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- A review of ecological effects of remnant trees in degraded forest ecosystems after severe disturbances MIAO Ning, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (3889)
- Mechanism and application of bioremediation to heavy metal polluted soil using arbuscular mycorrhizal fungi LUO Qiaoyu, WANG Xiaojuan, LIN Shuangshuang, et al (3898)

Autecology & Fundamentals

- Changes of allometric relationships among leaf traits in different ontogenetic stages of *Acer mono* from different types of forests in Donglingshan of Beijing YAO Jing, LI Ying, WEI Liping, et al (3907)
- The combined effects of increasing CO₂ concentrations and different temperatures on the growth and chlorophyll fluorescence in *Porphyra haitanensis* (Bangiales, Rhodophyta) LIU Lu, DING Liuli, CHEN Weizhou, et al (3916)
- Research on biomass expansion factor of chinese fir forest in Zhejiang Province based on LULUCF greenhouse gas Inventory ZHU Tangjun, SHEN Chuchu, JI Biyong, et al (3925)
- Influence of soil gradual drought stress on *Acorus calamus* growth and photosynthetic fluorescence characteristics WANG Wenlin, WAN Yinjing, LIU Bo, et al (3933)
- Isolation, identification, real-time PCR investigation of an endophytic phosphate-solubilizing bacteria from *Caragana korshinskii* Kom. roots ZHANG Lizhen, FENG Lili, MENG Qixia, et al (3941)
- Plant's and soil organism's diversity across a range of *Eucalyptus grandis* plantation ages ZHANG Danju, ZHANG Jian, YANG Wanqin, et al (3947)
- Effects of diet and starvation on growth and survival of *Scapharca broughtonii* larvae WANG Qingzhi, ZHANG Ming, FU Chengdong, et al (3963)
- Multidrug-resistant bacteria in livestock feces QI Shiyue, REN Siwei, LI Xueling, et al (3970)
- Physiological regulation related to the decline of *Alexandrium catenella* MA Jinhua, MENG Xi, ZHANG Shu, et al (3978)
- Numerical simulation of water quality based on environmental fluid dynamics code for grass-algae lake in Inner Mongolia LI Xing, SHI Hongsen, ZHANG Shuli, et al (3987)

Population, Community and Ecosystem

- Influence of enclosure on *Glycyrrhiza uralensis* community and distribution pattern in arid and semi-arid areas LI Xuebin, CHEN Lin, LI Guoqi, et al (3995)
- The interannual variation of net primary productivity of three coniferous forests in Liupan Mountains of Ningxia and its responses to climatic factors WANG Yunni, XIONG Wei, WANG Yanhui, et al (4002)
- Soil water use and balance characteristics in mature forest land profile of *Caragana korshinskii* in Semiarid Loess Area MO Baoru, CAI Guojun, YANG Lei, LU Juan, et al (4011)
- Effect of simulated acid deposition on chemistry of surface runoff in monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan QIU Qingyan, CHEN Xiaomei, LIANG Guohua, et al (4021)
- A space optimization model of water resource conservation forest in Dongting Lake based on improved PSO LI Jianjun, ZHANG Huiru, LIU Shuai, et al (4031)
- Allelopathic effects of aqueous extract of exotic plant *Rhus typhina* L. on soil micro-ecosystem HOU Yuping, LIU Lin, WANG Xin, et al (4041)
- The impact of natural succession process on waterbird community in a abandoned fishpond at Chongming Dongtan, China YANG Xiaoting, NIU Junying, LUO Zukui, et al (4050)
- Mercury contents in fish and its biomagnification in the food web in Three Gorges Reservoir after 175m impoundment YU Yang, WANG Yuchun, ZHOU Huaidong, et al (4059)

- Microsatellite analysis on genetic diversity of common carp, *Cyprinus carpio*, populations in Yuan River
 YUE Xingjian, ZOU Yuanchao, WANG Yongming, et al (4068)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Research on spatio-temporal change of temperature in the Northwest Arid Area HUANG Rui, XU Ligang, LIU Junmin (4078)
- Simulation of soil respiration in forests at the catchment scale in the eastern part of northeast China
 GUO Lijuan, GUO Qingxi (4090)
- The early effects of nitrogen addition on CH₄ uptake in an alpine meadow soil on the Eastern Qinghai-Tibetan Plateau
 ZHANG Peilei, FANG Huajun, CHENG Shulan, et al (4101)
- Analysis of water ecological footprint in Guangxi based on ecosystem services ZHANG Yi, ZHANG Heping (4111)
- The integrated recognition of the source area of the urban ecological security pattern in Shenzhen
 WU Jiansheng, ZHANG Liqing, PENG Jianet al (4125)
- Carbon sources and storage sinks in scenic tourist areas: a Mount Lushan case study
 ZHOU Nianxing, HUANG Zhenfang, LIANG Yanyan (4134)
- Impacts of climate change on dominant pasture growing season in Central Inner Mongolia
 LI Xiazi, HAN Guodong, GUO Chunyan (4146)
- Phenological Characteristics of Typical Herbaceous Plants (*Lris lacteal*) and Its Response to Climate Change in Minqin Desert
 HAN Fugui, XU Xianying, WANG Lide, et al (4156)
- Biomass and distribution pattern of carbon storage in *Eomecon chionantha* Hance
 TIAN Dalun, YAN Wende, LIANG Xiaocui, et al (4165)
- Temporal dynamics and influencing factors of fine roots in five Chinese temperate forest ecosystems
 LI Xiangfei, WANG Chuankuan, QUAN Xiankui (4172)

Resource and Industrial Ecology

- Effects of AMF on soil improvement and maize growth in mining area under drought stress
 LI Shaopeng, BI Yinli, CHEN Peizhen, et al (4181)

Urban, Rural and Social Ecology

- Health function evaluation and exploring its mechanisms in the Shanghai Green Belt, China
 ZHANG Kaixuan, ZHANG Jianhua (4189)

Research Notes

- Time lag effects of rainfall inside a *Platycladus Orientalis* plantation forest in the Beijing Mountain Area, China
 SHI Yu, YU Xinxiao, ZHANG Jiayin (4199)
- Long-term effects of harvest residue management on soil total carbon and nitrogen concentrations of a replanted Chinese fir
 plantation HU Zhenhong, HE Zongming, FAN Shaohui, et al (4205)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 彭少麟

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 13 期 (2013 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 13 (July, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元