

中国百种杰出学术期刊  
中国精品科技期刊  
中国科协优秀期刊  
中国科学院优秀科技期刊  
新中国 60 年有影响力的期刊  
国家期刊奖

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 2 期  
Vol.31 No.2  
**2011**



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 31 卷 第 2 期      2011 年 1 月    (半月刊)

## 目 次

长白山山杨种群的性比格局及其空间分布 .....	潘春芳,赵秀海,夏富才,等 (297)
冬季融冻过程中白三叶叶片抗氧化酶活力和渗透调节物含量变化与抗冻性的关系 .....	赵 梅,周瑞莲,刘建芳,等 (306)
黄土高原主要森林类型自然性的灰色关联度分析 .....	王乃江,刘增文,徐 钊,等 (316)
两种抗生素对龙须菜的光合生理效应 .....	简建波,邹定辉,刘文华,等 (326)
典型喀斯特峰丛洼地植被群落凋落物 C:N:P 生态化学计量特征 .....	潘复静,张 伟,王克林,等 (335)
塔里木河下游地下水埋深对胡杨气体交换和叶绿素荧光的影响 .....	陈亚鹏,陈亚宁,徐长春,等 (344)
基于 MODIS/NDVI 的陕北地区植被动态监测与评价 .....	宋富强,邢开雄,刘 阳,等 (354)
火因子对荒漠化草原草本层片植物群落组成的影响 .....	贺郝钰,苏洁琼,黄 磊,等 (364)
4 种阔叶幼苗对 PEG 模拟干旱的生理响应 .....	冯慧芳,薛 立,任向荣,等 (371)
城市带状绿地宽度与温湿效益的关系 .....	朱春阳,李树华,纪 鹏,等 (383)
西藏斧钗水鸟多样性及斑头雁繁殖活动区的变化 .....	张国钢,刘冬平,钱法文,等 (395)
王朗自然保护区大熊猫生境选择 .....	康东伟,康 文,谭留夷,等 (401)
东方田鼠警觉对其功能反应的作用格局 .....	陶双伦,杨锡福,邓凯东,等 (410)
台州市路桥区重金属污染对土壤动物群落结构的影响 .....	白 义,施时迪,齐 鑫,等 (421)
青岛湾小型底栖生物周年数量分布与沉积环境 .....	杜永芬,徐奎栋,类彦立,等 (431)
叉尾斗鱼种群遗传变异与亲缘地理 .....	王培欣,白俊杰,胡隐昌,等 (441)
C <sub>3</sub> 和 C <sub>4</sub> 植物寄主对华北地区棉铃虫越冬代和第一代的影响 .....	叶乐夫,付 雪,戈 峰 (449)
3 种海拔高度茶园中 2 种害虫与其天敌间的数量和空间关系 .....	毕守东,柯胜兵,徐劲峰,等 (455)
坝上地区农田和恢复生境地地表甲虫多样性 .....	刘云慧,宇振荣,王长柳,等 (465)
若尔盖高寒湿地干湿土壤条件下微生物群落结构特征 .....	牛 佳,周小奇,蒋 娜,等 (474)
红枣贮藏期果面微生物多样性 .....	沙月霞 (483)
CO <sub>2</sub> 和温度升高情况下白粉菌侵染对西葫芦生长特性的影响 .....	刘俊稚,葛亚明,Pugliese Massimo,等 (491)
丛枝菌根真菌对中性紫色土土壤团聚体特征的影响 .....	彭思利,申 鸿,袁俊吉,等 (498)
新疆断裂带泉水中细菌群落结构的 PCR-DGGE 分析 .....	吴江超,高小其,曾 军,等 (506)
石油污染对海洋浮游植物群落生长的影响 .....	黄逸君,陈全震,曾江宁,等 (513)
不同耐性水稻幼苗根系对镉胁迫的形态及生理响应 .....	何俊瑜,任艳芳,王阳阳,等 (522)
基于 CLUE-S 模型的密云县面源污染控制景观安全格局分析 .....	潘 影,刘云慧,王 静,等 (529)
基于生态足迹的生态地租分析 .....	龙开胜,陈利根,赵亚莉 (538)
深圳市植被受损分级评价及其与景观可达性的关系 .....	刘语凡,陈 雪,李贵才,等 (547)
<b>专论与综述</b>	
美国、加拿大环境和健康风险管理方法 .....	贺桂珍,吕永龙 (556)
植物蜡质及其与环境的关系 .....	李婧婧,黄俊华,谢树成 (565)
油田硫酸盐还原菌酸化腐蚀机制及防治研究进展 .....	庄 文,初立业,邵宏波 (575)
叶际微生物研究进展 .....	潘建刚,呼 庆,齐鸿雁,等 (583)

# 火因子对荒漠化草原草本层片植物群落组成的影响

贺郝钰<sup>1,2</sup>, 苏洁琼<sup>2</sup>, 黄磊<sup>2</sup>, 贾荣亮<sup>2</sup>, 李新荣<sup>2</sup>

(1. 中国科学院国家科学图书馆兰州分馆/中国科学院资源环境科学信息中心, 兰州 730000;

2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 沙坡头沙漠研究试验站, 兰州 730000)

**摘要:** 火烧是世界许多地区关键的生态因子,也是人工和自然生态系统重要的干扰因素和管理工具,对格局与过程有着深刻的影响。采用人为放火试验研究了春季不同时间火烧对典型温带荒漠化草原草本植物群落组成的影响,结果表明:晚春火烧后当年,草本植物层片物种多度显著高于未火烧样地( $P < 0.05$ ),而晚春火烧后第2年和早春火烧当年草本植物层片物种多度与未火烧样地差异不显著( $P > 0.05$ );晚春火烧后当年和第2年及早春火烧后当年,草本植物物种丰富度、多样性和均匀度均有所降低,且晚春火烧对植物群落组成的影响大于早春火烧。晚春火烧当年草本植物层片地上部分生物量显著大于未火烧样地( $P < 0.05$ ),而晚春火烧后第2年和早春火烧当年草本植物层片地上部分生物量大于未火烧样地,但差异不显著( $P > 0.05$ );不同物种多度、高生长对火因子的响应不同。表明春季不同时间火烧处理对荒漠化草原草本植物层片植物群落组成的影响存在差异。

**关键词:** 火因子; 荒漠化草原; 生物多样性; 多度; 地上部分生物量

## Effects of fire on the structure of herbage synusia vegetation in desertified steppe, North China

HE Haoyu<sup>1,2</sup>, SU Jieqiong<sup>2</sup>, HUANG Lei<sup>2</sup>, JIA Rongliang<sup>2</sup>, LI Xinrong<sup>2</sup>

1 The Lanzhou Branch of the National Science Library/The Scientific Information Center for Resources and Environment, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

2 Shapotou Desert Experimental Research Station, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

**Abstract:** Fire is a powerful and rapidly acting modifier of the environment, which is of global importance in natural and man-managed ecosystems both as a destructive force and management tool. It plays an important role in moulding the key plant features, population dynamics, community structures and plant species diversity, and contributing to the evolution and maintenance of plant communities. The aim of this paper is to understand the effects of fire on the vegetation structure of herbage synusia in desertified steppe and to offer a solid basis for scientific and sustainable management of desertified lands.

We take the herbaceous vegetation in desertified steppe occurring in the southeast fringe of temperate Tengger desert, north China as a case study and collected the related data through field survey after artificial fire in the spring. The species, individual number, height were investigated monthly, using these data, we analyzed the plant species diversity, the abundance and the aboveground biomass, and elucidate the influence of different spring fire regimes on herbage vegetation composition by introducing some indices, such as the abundance index, the Simpson index, the Shannon-Wiener index and the Pielou index.

Results from this study showed that: in the first year after both late and early spring fire treatment, the species abundance and the aboveground biomass of the herbage vegetation in burned plots was greater than that of unburned plots (control), but no significant differences were found between the early spring fire treatment and the control. In comparison

**基金项目:** 国家自然科学基金(40825001,40701002); 国家科技支撑计划专题(2006BAD26B02-1)

**收稿日期:** 2009-11-26; **修订日期:** 2010-09-15

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hehaoyu0904@163.com

with the unburned plots, the species abundance increased by 26% and 5.8% and the aboveground biomass increased by 76.7% and 17.5% in late and early spring fire treatments, respectively. In the second year after late spring fire treatment, the species abundance and the aboveground biomass in burned plots decreased by 10.8% and 20.5%, respectively, in comparison with the unburned plots, and no significant differences were found between them. The species richness, diversity and evenness of herbage vegetation in the first year of both early and late spring burning treatment and in the second year of late spring burning treatment decreased in comparison with the unburned plots, and the effects of fire treatment in late spring on herbaceous vegetation composition were greater than those in the early. The response of the abundance and height of different plant species varied. The understanding of the influences of fire on herbaceous vegetation structure in this study indicated that the responses of herbage synusia vegetation in the desertified steppe to fire treatments at different times are far different, which implies timing of fire treatment and the careful management of desertified ecosystem by using fire as a tool.

**Key Words:** fire; desert grassland; biodiversity; abundance; aboveground biomass

火烧是世界许多地区的关键生态因子,也是生态系统重要的干扰因素,对植物的关键性状、种群动态、群落组成和结构、生物多样性特征及植物生长发育有显著的影响<sup>[1-3]</sup>,而植物则通过形态和生理上的适应机制确保其在火烧后的存活或更新<sup>[4]</sup>。已有研究表明,一些稀有植物种需要在火因子的驱动下才能够萌发和定居,然而许多植物种则因受火烧影响丧失生境而无法存活<sup>[5-6]</sup>。因此,研究植物种群和群落对火因子的响应对实现可持续生态系统管理有重要意义<sup>[7]</sup>。

荒漠化草原生态系统十分脆弱,对干扰相对比较敏感。火烧是荒漠化草原生态系统大尺度的干扰因素,驱动着导致植被变化的非线性过程<sup>[8]</sup>。尽管国际上针对荒漠化草原生态系统草本植物生长对火烧的响应开展了大量的研究,但这些研究主要集中在非洲荒漠草原<sup>[9]</sup>、热带稀树草原区(Savanna)<sup>[10]</sup>、地中海气候区<sup>[11]</sup>、澳洲<sup>[12]</sup>等地。我国的研究主要集中于火因子对以羊草和大针茅为建群种的典型草原生态系统的影响<sup>[13-14]</sup>,针对荒漠化草原中草本层片对火因子的响应研究尚未见报道。另一方面,由于火烧后的植被恢复过程受火烧对土壤C、N等养分含量的改变以及火烧干扰后降水的时空格局等因素的影响,因此,火烧对荒漠化草原草本层片的种群结构和群落动态的影响表现出不确定性<sup>[15]</sup>。我国荒漠化草原区草本植物的发育受到了有限降水、土壤贫瘠、风蚀和沙化等因素的限制,虽然其覆盖较低,但在防风固沙中起着十分重要的作用,仍然是初级生产力和生物多样性维持的重要组成部分<sup>[16]</sup>。本文以腾格里沙漠东南缘的典型温性荒漠化草原草本植物为研究对象,分析了不同时间火烧处理对荒漠植被草本植物物种组成的影响,探索火因子对这一地区草本植物的干扰及其恢复机理,为温带荒漠生态系统可持续管理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

试验地设在中国科学院寒区旱区环境与工程研究所沙坡头沙漠研究试验站以西40km处的翠柳沟(37°25'N,104°35'E)。该区位于腾格里沙漠东南缘,海拔1250m,地处阿拉善高原荒漠与荒漠草原过渡地带,属草原化荒漠,以高原地貌为主体,多数为起伏不大的低山丘陵。通过近50a的气象观测,全年降雨日数49.8d,年降雨量186.2mm(干旱年份不足100mm),主要分布在7—9月份;空气平均湿度为40%,年平均风速为2.8m/s,大于5m/s的起沙风每年有200d左右。年蒸发量3000mm以上,是降雨量的16倍多;年平均气温10.0℃,极端最低气温为-25.1℃,极端最高气温是38.1℃,全年日照时数为3264h。土壤基质为松散贫瘠的风沙土,地下水埋藏较深,不能为植物所利用,土壤的持水能力很弱。地带性植被包括木本植物层片和草本植物层片。主要有红砂(*Reaumuria soongorica* Maxim)、珍珠(*Salsola passerina* Bse)、狭叶锦鸡儿(*Caragana stenophylla* Pojark)、刺叶柄棘豆(*Oxytropis aciphylla* Ledeb)、驼绒藜(*Ceratoides lateens* Revealet)、短花针茅(*Stipa breviflora* Linn)、锋芒草(*Tragus berteronianus* Linn)、无芒隐子草(*Cleistogonnes songorica* Roshev)、多根葱

(*Allium polyrhizum* Ex Regel)、刺蓬(*Cornulaca alaschanica* Tsien)冠芒草(*Enneapogon brachystachyus* Honda)和茵陈蒿(*Artemisia capillaris* Thunb)等<sup>[17-18]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 实验设计

在翠柳沟选择地势相对平坦、土壤质地相对均一的样地中设置 12 个样方(10m×10m),其中 8 个样方分别于 2008 年 4 月底(返青后)和 2009 年 2 月底(返青前)进行火烧处理(每年 4 块样方,将地上干枯草本层植物原地充分燃烧),另 4 个样方为未烧的对照样方。在火烧处理后,分别在每块样方中设置 6 个 1m×1m 的小样方,共 72 个样方。在 2008、2009 年的生长季节,对样方中草本层片进行逐月调查,分别记录每个样方中当月的物种数、每种个体数,并测定每种草本植物株高(5 个重复),在生长季节结束时采用收割法测定不同样方中草本植物地上部生物量。

### 2.2 数据分析

采用记名计算法计算了物种多度  $A$ ;应用 Simpson 指数  $D$ , Shannon-Wiener 指数  $H'$  和 Pielou 的均匀度指数  $J$  进行  $\alpha$  多样性的测度,分析不同时间火烧对草本层片植物群落的影响:

$$A = \frac{S}{N} \times 100 \quad (1)$$

$$D = 1 - \sum p_i^2 \quad (2)$$

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \quad (3)$$

$$J = \frac{- \sum p_i \ln p_i}{\ln S} \quad (4)$$

式中, $P_i$ 为种  $i$  的相对重要值(相对高度+相对盖度),  $S$  为种  $i$  所在样方的物种总数,即丰富度指数, $N$  为样方中同一生活型所有物种个体数之和<sup>[19]</sup>。

## 3 统计分析

采用单因素方差分析(One-way ANOVA)和最小差异法(LSD),分析草本层片植物对不同处理的响应差异。

## 4 结果与分析

### 4.1 春季不同时间火烧对荒漠植被草本层片植物多度的影响

由表 1 可知,晚春火烧后当年(2008 年),火烧地群落多度比对照地增加 26%。由于不同物种的生物学和生态学特性不同,其多度增加和减少的规律及程度各不相同。从试验可得,火烧后当年,火烧地多根葱、刺蓬以及无芒隐子草多度与对照地相比有所增加;黄芪、冠芒草、虫实和茵陈蒿减少,其中,茵陈蒿减少最多(94%);而车前的多度则没发生明显变化。多根葱属多年生草本,其多度增加主要是由于当年生实生苗增多。刺蓬是藜科中以种子进行繁殖的 1 年生草本,它的数量与年度的水热条件密切相关,2008 年 8—9 月水分补充较好(图 1),且由于火烧后样地中阳光充足,致使其多度增加。无芒隐子草为多年生疏丛型小禾草,火烧后株丛分蘖数增加。冠芒草为 1 年生丛生矮草本,其在群落中的出现率和生长趋势受当年降水的制约。由于火烧地枯落物较少,阳光充足,火烧地土壤较未烧地干燥,造成其成丛性级差,表现为单枝或几枝相连系,导致多度降低。茵陈蒿是 1 年生地面芽植物,2008 年晚春火烧灼伤了地面芽植物的更新芽,导致多度降低。虫实为 1 年生草本,其多度减少与茵陈蒿减少的原因相似。

2008 年晚春火烧后第 2 年(2009 年)调查表明,火烧地草本层片植物多度比对照地减少 10.8%。在所设样地中,小画眉退出,但有沙兰刺头出现,这可能与该试验区所处的风蚀环境有关,风将沙兰刺头种子吹入样地。火烧地中刺蓬和车前多度少于对照地,黄芪和茵陈蒿则多于对照地,这与火烧当年情况相反。黄芪和茵陈蒿在所设样地中多度均多于当年,主要是因为 2009 年 8 月降水较 2008 年多(图 1),利于种子萌发和幼苗定居,使其多度增加。总体看来,2008 年晚春火烧地群落多度于火烧后第 2 年(2009 年)趋于恢复。

2009 年早春火烧处理后当年,多根葱、黄芪和狗尾草多度增加;茵陈蒿、小画眉草、车前、沙兰刺头和狗娃花减少;刺蓬、无芒隐子草和冠芒草多度无显著变化。

表 1 荒漠化草原火烧后草本层片植物种类组成的变化

Table 1 Change of herbage synusia vegetation composition after fire treatment in desertified steppe area

物种 Species	2008 年						2009 年		
	第 1 年 The first year			第 2 年 The second year			第 1 年 The first year		
	火烧 B /个	对照 C /个	增加率 I/%	火烧 B /个	对照 C /个	增加率 I/%	火烧 B /个	对照 C /个	增加率 I/%
多根葱 <i>A. polyrhizum</i>	1183	644	84	721	577	25	487	224	117
刺蓬 <i>C. alaschanica</i>	183	150	22	29	232	-87.5	130	122	6.6
无芒隐子草 <i>C. songorica</i>	181	120	51	40	36	11.1	121	113	7.1
黄芪 <i>A. membranaceus</i>	50	70	-29	157	96	63.5	28	12	133
冠芒草 <i>E. brachystachyus</i>	37	74	-50	62	248	-75	205	226	-9.3
茵陈蒿 <i>A. capillaris</i>	15	265	-94	896	704	27	215	373	-42
小画眉 <i>E. poaeoides</i>	44	1	4300	-	-	-	2	6	-67
虫实 <i>C. erum declinatum</i>	4	13	-69	2	1	100	2	3	-33
骆驼蓬 <i>P. harmala</i>	4	-	-	2	1	100	0	1	-100
天门冬 <i>A. sprengeri</i>	2	1	100	2	2	0	2	1	100
车前 <i>P. asiatica</i>	15	12	25	100	295	-66	12	37	-67.6
狗尾草 <i>S. viridis</i>	-	-	-	17	2	750	88	49	79.6
沙兰刺头 <i>E. gmelinii</i>	-	-	-	6	61	-90	1	36	-97.2
盐生草 <i>H. glomeratus</i>	-	-	-	1	4	-75	1	0	-
草霸王 <i>Z. lummucronatum</i>	-	-	-	3	1	200	4	11	-63.6
沙葱 <i>A. mongolicum</i>	-	3	-100	1	3	-67	0	2	-100
细叶苦菜 <i>I. gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	1	2	-50
狗娃花 <i>H. hispidus</i>	-	-	-	-	-	-	1	9	-88.9
其他	-	6	-100	1	1	0	1	3	-66.7
总计 Total	1703	1347	26	2040	2288	-10.8	1301	1230	5.8

B: 火烧 Burned C: 对照 Control

#### 4.2 春季不同时间火烧对荒漠植被草本层片植物多样性的影响

群落的物种丰富度及多样性是群落的重要特征,是任何一种干扰因子对群落结构影响的研究都不可能回避物种多样性的问题<sup>[20]</sup>。不同时间火烧干扰对植物群落物种多样性的影响不同<sup>[21]</sup>。春季不同时间火烧对荒漠植被草本层片植物  $\alpha$  多样性的测度表明,不同时间火烧处理后,其物种的多样性指数 Simpson 和 Shannon-Wiener 指数均比对照样地低,不同时间火烧处理后群落物种多样性表现为:晚春火烧当年 < 晚春火烧第 2 年 < 早春火烧 < 对照(表 2)。表明春季火烧后导致草本层片植物物种多样性减小,这与周道玮<sup>[22]</sup>等人的研究结论是一致的。

均匀度指数 Pielou evenness 反映的是样方内各个种分布的均匀程度,即每个物种个体数之间的差异,其意义为各物种个体数分布越均匀,均匀度越大<sup>[23]</sup>。由表 2 可知,Pielou 均匀度指数变化趋势与多样性指数相同,即晚春火烧均匀度小于早春火烧,主要是由于晚春火烧后多根葱、茵陈蒿、无芒隐子草以及刺蓬等群落优势种或亚优势种占总多度的 90%—92%,导致均匀度降低,而早春火烧后只占 85%。

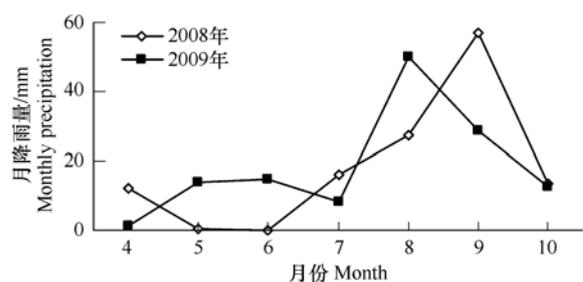


图 1 2008—2009 年月降水比较

Fig. 1 Comparison of monthly precipitation between 2008 and 2009

表 3 反映了不同时间火烧后植物物种种类的变化,2008 年晚春火烧后第 2 年,狗尾草、沙兰刺头、盐生草、草霸王以及沙葱进入所设样地,除沙兰刺头在对照地中为亚优势种外,其他种均在样地中均为偶见种;2009 年早春火烧后,在火烧样地中出现狗娃花和细叶苦菜,导致其物种多样性增加,这是一个平均结果,不排除其他不确定因素产生的影响。

表 2 不同时间火烧后物种丰富度和多样性指数

Table 2 Species richness and diversity indices after burning treatments at different times

指数 Index	晚春火烧				早春火烧	
	当年 The first year		第 2 年 The second year		当年 The first year	
	火烧 B	对照 C	火烧 B	对照 C	火烧 B	对照 C
Simpson 指数 $D$	0.4925	0.7065	0.6723	0.8002	0.7840	0.8192
Shannon-Wiener 指数 $H'$	0.4735	0.6683	0.6166	0.7972	0.7777	0.8599
Pielou 均匀度 $J$	0.3235	0.4469	0.3577	0.4607	0.4582	0.4999

B: 火烧 Burned C: 对照 Control

表 3 不同时间火烧后物种组成的变化

Table 3 Change of species composition after burning treatments at different times

物种 Species	晚春火烧				早春火烧	
	当年 The first year		第二年 The second year		当年 The first year	
	火烧 B	对照 C	火烧 B	对照 C	火烧 B	对照 C
多根葱 <i>Allium polyrhizum</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++
刺蓬 <i>Cornulaca alaschanica</i>	++	++	++	+++	++	++
无芒隐子草 <i>Cleistogenes songorica</i>	++	++	++	++	++	++
黄芪 <i>Astragalus membranaceus</i>	++	++	++	++	++	++
冠芒草 <i>Enneapogon brachystachyus</i>	++	++	++	++	++	++
茵陈蒿 <i>Artemisia capillaries</i>	++	+++	+++	+++	+++	+++
小画眉 <i>Eragrostis poaeoides</i>	++	++			+	+
虫实 <i>Corisp ermun declinatum</i>	+	++	+	+	+	+
骆驼蓬 <i>Peganum harmala</i>	+		+	+		+
天门冬 <i>Asparagus sprengeri</i>	+		+	+	+	+
车前 <i>Plantago asiatica</i>	+	+	++	++	+	+
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	+	+	+	+	+	+
沙兰刺头 <i>Echinops gmelinii</i>		+	+	++	+	+
盐生草 <i>Halogeton glomeratus</i>			+	+	+	
草霸王 <i>Zygophyl-lummucronatum</i>			+	+	+	+
沙葱 <i>Allium mongolicum</i>		+	+	+		+
细叶苦菜 <i>Ixeris gracilis</i>					+	+
狗娃花 <i>Heteropappus hispidus</i>					+	+

B: 火烧 Burned C: 对照 Control

#### 4.3 春季不同时间火烧对荒漠植被草本层片植物地上部生物量的影响

对 2008 年晚春火烧当年、第 2 年和 2009 年早春火烧样地地上部生物量进行比较。由图 2 可以看出,晚春火烧后当年,草本层片地上部生物量显著高于对对照样地 ( $P < 0.05$ ), 而第 2 年地上部生物量与对照趋于相等; 而早春火烧当年则略高于对对照样地。比较两年的降水量发现(图 1), 2009 年 7 月到 10 月降水量少于 2008 年, 导致 2009 年 10 月试验区地上部生物量总体较低。而早春火烧烧地地上部生物量高于对照是因为早烧去除了立枯草, 让出了部分空间裸地<sup>[22]</sup>, 并增加了阳光照射地面面积, 多年生草本多度增加; 而晚春火烧则由于火烧后减少了地表覆盖率, 为一些竞争力较弱的物种提供了生存空间, 使其数量增多, 从而导致地上部生物量增加<sup>[24-25]</sup>, 但火烧后第 2 年, 火烧样地中又落入了枯落物, 故其地上部生物量与对对照样地趋于相等。

## 5 结论

春季不同时间火烧处理后,荒漠草原草本植物群落结构发生了变化。晚春和早春火烧后当年,荒漠草本植物多度增加,晚春火烧后第2年,这种效应消失。不同生物学和生态学特性的物种对春季不同时间火烧的响应存在差异。总体来说,春季火烧后,草本层片植物多度的主要贡献者是多年生草本,而多度减少者主要是那些早春植物及对水分敏感的植物引起的。春季火烧导致荒漠化草原草本植物物种丰富度和物种多样性及均匀度降低,晚春火烧影响大于早春火烧。春季火烧使草本植物地上部分生物量增大,晚春火烧当年影响显著。早春火烧使土壤水分损失较多,导致地表长时间裸露,对植物个体发育和群落发展有不利影响。而植物萌动后的晚春火烧,能直接杀死生长活动的生物体,也产生诸多不利影响。因此,合理的时机选择是将火烧作为关键生态因子和管理工具对荒漠化草原生态系统进行科学的可持续性管理的关键。

## References:

- [ 1 ] Bond W J, Wilgen B W. Fire and Plants. London, UK: Chapman and Hall, 1996.
- [ 2 ] Naveh Z. Fire in the Mediterranean: A landscape ecological perspective// Goldammer J E, Jenkins M J, eds. Fire in Ecosystem Dynamics. The Hague: SPB Academic Publishing, 1990;1-20.
- [ 3 ] Silva J F, Raventos J, Caswell H, Trevisan M C. Population responses to fire in a tropical savanna grass, *Andropogon semiberbis*: a matrix model approach. *Journal of Ecology*, 1991, 79: 345-356.
- [ 4 ] Schwilk DW. Flammability is a niche construction trait: canopy architecture affects fire intensity. *The American Naturalist*, 2003, 162: 725-733.
- [ 5 ] Johnson A F, Abrahamson W G. A note on the fire responses of species in rosemary scrubs on the southern Florida Lake Wales Ridge. *Florida Scientist*, 1990, 53: 138-143.
- [ 6 ] Stone C P, Scott J M. Hawaii's Terrestrial Ecosystems; Preservation and Management. Manoa, Hawaii, USA: Cooperative National Park Resources and Studies Unit, University of Hawaii, 1985.
- [ 7 ] Hessl A, Spackman S. Effects of fire on threatened and endangered plants: an annotated bibliography. Washington, D. C., USA: U. S. Department of the Interior, National Biological Service, 1995.
- [ 8 ] Bond W J. Large parts of the world are brown or black: a different view on the 'Green World' hypothesis. *Journal of Vegetation Science*, 2005, 16:261-266.
- [ 9 ] Van Wilgen B W, Le Maitre D C, Kruger F J. Fire behavior in South African Fynbos (*Macchia*) and prediction from Rothermel's fire model. *Journal of Applied Ecology*, 1985, 22: 207-216.
- [ 10 ] Andersson M, Michelsen A, Jensen M, Kjoller A. Tropical savannah woodland: effects of experimental fire on soil microorganisms and soil emissions of carbon dioxide. *Soil Biology & Biochemistry*, 2004, 36: 849-858.
- [ 11 ] Luis M D, Raventós J, Gonzá'lez-Hidalgo J C. Factors controlling seedling germination after fire in Mediterranean gorse shrublands. Implications for fire prescription. *Journal of Environmental Management*, 2005, 76: 195-166.
- [ 12 ] Westbrooke M E, Florentine S K, Milberg P. Arid land vegetation dynamics after a rare flooding event: influence of fire and grazing. *Journal of Arid Environments*, 2005, 61: 249-260.
- [ 13 ] Zhou D W, Li Y Q, Sun G. Changes of community production and it's space structure following grassland burning in Hulunbeier steppe. *Journal of Northeast Normal University*, 1999, 4:83-90
- [ 14 ] Zhou D W, Zhu L, Zhang B T. Structural dynamics of aboveground biomass of communities on Songnen grassland after different burning time. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1996, 7(3): 280-282.
- [ 15 ] Allred B W, Snyder K A. Ecophysiological responses to Chihuahuan desert grasses to fire. *Journal of Arid Environments*, 2008, 72: 1989-1996.
- [ 16 ] He M Z, Zheng J G, Li X R, Qian Y L. Environmental factors affecting vegetation composition in the Alxa Plateau, China. *Journal of Arid Environments*, 2007, 69: 473-489.

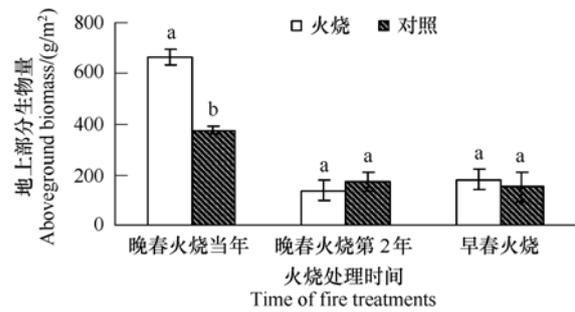


图2 不同时间火烧处理后地上部分生物量比较

Fig.2 Comparison of the aboveground biomass between burned and unburned plot after fire treatments at different times

不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

- [17] Li X J, Li X R, Song W M, Gao Y P, Zheng J G, Jia R L. Effect of crust and shrub patches on runoff, sedimentation, and related nutrient (C, N) redistribution in the decertified steppe zone of the Tengger Desert, Northern China. *Geomorphology*, 2008, 96: 221-232.
- [18] Li X J, Tan H J, Zhang Z S, Li X R. Water relations of different parts of *Artemisia ordosica*. *Journal of Desert Research*, 2007, 27(3): 448-454.
- [19] Li X R, Zhang J G, Liu L C, Chen H S, Shi Q H. Plant diversity in the process of succession of artificial vegetation types and environment in an arid desert region of China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24(3): 257-261.
- [20] Wang Z W, Xing F, Zhu T C, Li X C. The responses of functional group composition and species diversity of *Aneurolepidium chinensis* grassland to flooding disturbance on Songnen Plain, northeastern China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(6): 708-716.
- [21] Goudelis G, Ganatsas P P, Spanos I, Karpi A. Effect of repeated fire on plant community recovery in Penteli, central Greece//Stokes A, Spanos I, Norris J E, Cammeraat E, eds. *Eco- and Ground Bio-engineering: The Use of Vegetation to Improve Slope Stability*. Springer, 2007, 337-343.
- [22] Li X B, Zhou D W, Jiang S C. Effects of fire factors on plant diversity of Songnen *Aneurolepidium chinensis* grassland. *Pratacultural Science*, 1997, 14(4): 61-64.
- [23] Zhou D W, Zhang B T, Zhang H Y, Lu J M. Community variation in Songnen grassland after different burning time. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1996, 7(1): 39-43.
- [24] Zhou D W. Ecological effects of fire on grassland. *Grassland of China*, 1992, 2: 74-77.
- [25] Zhou D W, Ripley E A. Change of environmental factors after burning in Songnen grassland. *Acta Prataculturae Sinica*, 1996, 5(3): 68-75.

#### 参考文献:

- [13] 周道玮, 李亚芹, 孙刚. 草原火烧后植物群落生产及其产量空间结构的变化. *东北师大学报自然*, 1999, 4: 83-90.
- [14] 周道玮, 祝玲, 张宝田. 不同时间草地火烧后群落地上生物量结构的变化. *应用生态学报*, 1996, 7(3): 280-282.
- [18] 李小军, 谭会娟, 张志山, 李新荣. 油蒿不同部位水分关系研究. *中国沙漠*, 2007, 27(3): 448-454.
- [19] 李新荣, 张景光, 刘立超, 陈怀顺, 石庆辉. 我国干旱沙漠地区人工植被与环境演变过程中植物多样性的研究. *植物生态学报*, 2000, 24(3): 257-261.
- [20] 王正文, 邢福, 祝廷成, 李宪长. 松嫩平原羊草草地植物功能群组成及多样性特征对水淹干扰的响应. *植物生态学报*, 2002, 26(6): 708-716.
- [22] 李晓波, 周道玮, 姜世成. 火因子对松嫩羊草草原植物多样性的影响. *草业科学*, 1997, 14(4): 61-64.
- [23] 周道玮, 张宝田, 张宏一, 陆静梅. 松嫩草原不同时间火烧后群落特征的变化. *应用生态学报*, 1996, 7(1): 39-43.
- [24] 周道玮. 火烧对草地的生态影响. *中国草地*, 1992, 2: 74-77.
- [25] 周道玮, Ripley E A. 松嫩草原不同时间火烧后环境因子变化分析. *草业学报*, 1996, 5(3): 68-75.

CONTENTS

Sex ratio and spatial pattern in *Populus davidiana* in Changbai Mountain ..... PAN Chunfang, ZHAO Xiuhai, XIA Fucui, et al (297)

The relationship between freeze-tolerance and changes in activities of antioxidant enzymes and osmolyte content in the leaves of white clover during early winter freeze-thaw cycles ..... ZHAO Mei, ZHOU Ruilian, LIU Jianfang, et al (306)

Gray correlation analysis on naturalness of the primary forest types on the Losses Plateau ..... WANG Naijiang, LIU Zengwen, XU Zhao, et al (316)

Photosynthetic responses of *Gracilaria lemaneiformis* to two antibiotics ..... JIAN Jianbo, ZOU Dinghui, LIU Wenhua, et al (326)

Litter C:N:P ecological stoichiometry character of plant communities in typical Karst Peak-Cluster Depression ..... PAN Fujing, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (335)

Effects of groundwater depth on the gas exchange and chlorophyll fluorescence of *Populus euphratica* in the lower reaches of Tarim River ..... CHEN Yapeng, CHEN Yaning, XU Changchun, et al (344)

Monitoring and assessment of vegetation variation in Northern Shaanxi based on MODIS/NDVI ..... SONG Fuqiang, XING Kaixiong, LIU Yang, et al (354)

Effects of fire on the structure of herbage synusia vegetation in desertified steppe, North China ..... HE Haoyu, SU Jieqiong, HUANG Lei, et al (364)

Physiological responses of four broadleaved seedlings to drought stress simulated by PEG ..... FENG Huifang, XUE Li, REN Xiangrong, et al (371)

Effects of the different width of urban green belts on the temperature and humidity ..... ZHU Chunyang, LI Shuhua, JI Peng, et al (383)

Diversity of waterbirds and change in home range of bar-headed geese *Anser indicus* during breeding period at Hangcuo Lake of Tibet, China ..... ZHANG Guogang, LIU Dongping, QIAN Fawen, et al (395)

The habitat selection of Giant panda in Wanglang Nature Reserve, Sichuan Province, China ..... KANG Dongwei, KANG Wen, TAN Liuyi, et al (401)

Effects of vigilance on the patterns of functional responses of foraging in voles (*Microtus fortis*) ..... TAO Shuanglun, YANG Xifu, DENG Kaidong, et al (410)

Influence of heavy metal pollution on soil animal community in Luqiao, Taizhou City ..... BAI Yi, SHI Shidi, QI Xin, et al (421)

Annual quantitative distribution of meiofauna in relation to sediment environment in Qingdao Bay ..... DU Yongfen, XU Kuidong, LEI Yanli, et al (431)

Population genetic variations and phylogeography of *Macropodus opercularis* ..... WANG Peixin, BAI Junjie, HU Yinchang, et al (441)

Contribution of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> host plants for the overwintering and 1<sup>st</sup> generation of *Helicoverpa armigera* (Hübner) in Northern China ..... YE Lefu, FU Xue, GE Feng (449)

Relationships between two species of insect pests and their natural enemies in tea gardens of three different altitudes ..... BI Shoudong, KE Shengbing, XU Jinfeng, et al (455)

The diversity of ground-dwelling beetles at cultivated land and restored habitats on the Bashang plateau ..... LIU Yunhui, YU Zhenrong, WANG Changliu, et al (465)

Characteristics of soil microbial communities under dry and wet condition in Zoige alpine wetland ..... NIU Jia, ZHOU Xiaoqi, JIANG Na, et al (474)

Microbial diversity of the jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) fruits surface during harvesting and storage stages ..... SHA Yuexia (483)

Effects of powdery mildew infection on zucchini growth under elevated CO<sub>2</sub> and temperature ..... LIU Junzhi, GE Yaming, Pugliese Massimo, et al (491)

Impacts of arbuscular mycorrhizal fungi on soil aggregation dynamics of neutral purple soil ..... PENG Sili, SHEN Hong, YUAN Junji, et al (498)

The bacterial community structures in Xinjiang fault belt spring analyzed by PCR-DGGE ..... WU Jiangchao, GAO Xiaoqi, ZENG Jun, et al (506)

The impact of oil pollution on marine phytoplankton community growth change ..... HUANG Yijun, CHEN Quanzhen, ZENG Jiangning, et al (513)

Root morphological and physiological responses of rice seedlings with different tolerance to cadmium stress ..... HE Junyu, REN Yanfang, WANG Yangyang, et al (522)

Non-point pollution control for landscape conservation analysis based on CLUE-S simulations in Miyun County ..... PAN Ying, LIU Yunhui, WANG Jing, et al (529)

Analysis on ecological land rent based on ecological footprint ..... LONG Kaisheng, CHEN Ligen, ZHAO Yali (538)

Relationship of vegetation degradation classification and landscape accessibility classification in Shenzhen ..... LIU Yufan, CHEN Xue, LI Guicai, et al (547)

**Review and Monograph**

Risk management approaches for environmental and human health risks in the United States and Canada ..... HE Guizhen, LÜ Yonglong (556)

Plant wax and its response to environmental conditions: an overview ..... LI Jingjing, HUANG Junhua, XIE Shucheng (565)

Acid corrosion mechanism of the sulfate-reducing bacteria and protecting studies in oilfield ..... ZHUANG Wen, CHU Liye, SHAO Hongbo (575)

Advance in the research of phyllospheric microorganism ..... PAN Jiangang, HU Qing, QI Hongyan, et al (583)

# 2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊\*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 2 期 (2011 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 31 No. 2 2011

**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

**主 编** 冯宗炜  
**主 管** 中国科学技术协会  
**主 办** 中国生态学会  
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

**出 版** 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

**印 刷** 北京北林印刷厂  
**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

**订 购** 全国各地邮局  
**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

**广告经营** 京海工商广字第 8013 号  
**许 可 证**

**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

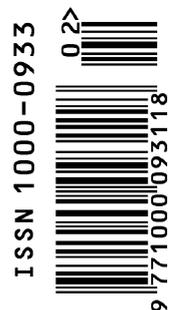
**Editor-in-chief** FENG Zong-Wei  
**Supervised** by China Association for Science and Technology  
**Sponsored** by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

**Published** by Science Press  
Add:16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

**Printed** by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

**Distributed** by Science Press  
Add:16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel:(010)64034563  
E-mail:journal@cspg.net

**Domestic** All Local Post Offices in China  
**Foreign** China International Book Trading  
Corporation  
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



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 70.00 元