

3种荒漠植物群落物种组成与丰富度的 季节变化及地上生物量特征

陶冶^{1,2}, 张元明^{1*}

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所 干旱区生物地理与生物资源重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830011;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:对古尔班通古特沙漠 36 个蛇麻黄群落、28 个白茎绢蒿群落及 13 个准噶尔沙蒿群落物种组成与丰富度的季节变化及现存生物量的研究表明, 初夏时蛇麻黄和白茎绢蒿群落的科数和物种数均高于准噶尔沙蒿群落, 而秋季时 3 个群落科、种数均明显较少。初夏时期, 各群落均有 5 种植物生活型, 其中短命植物种类最多; 而秋季短命和类短命植物消失, 仅剩 3 种生活型, 以一年生草本的种类最多。3 种群落的物种丰富度也表现为夏季高于秋季; 夏季时, 准噶尔沙蒿群落物种丰富度显著低于蛇麻黄和白茎绢蒿群落, 而秋季时三者差异均不显著; 各群落不同季节的物种丰富度间均显著正相关, 体现了群落结构的稳定性。夏季草本层生物量(0.67~6.99 g/m²)稍大于秋季(0.89~4.20 g/m²)。秋季 3 类群落总地上生物量分别为 73.19, 85.38 和 54.21 g/m², 其中建群种分别占 86.03%, 84.07% 和 89.65%, 而草本生物量均小于 5%。夏季和秋季草本植物丰富度与生物量间均表现为显著的“单峰型关系”, 表明中等生物量时丰富度最高。尽管研究群落内草本层生物量较低, 但时间上交错出现的短营养期和长营养期草本植物对维持荒漠生态系统物种多样性及地表稳定均具有重要意义。总体上, 与中国同纬度的其他荒漠相比, 本研究区 3 类群落物种组成和丰富度具有明显的季节变化特征, 但表现出较低的生物量。

关键词:蛇麻黄; 白茎绢蒿; 准噶尔沙蒿; 灌木; 草本植物; 生活型; 生物量

中图分类号:Q948 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5759(2011)06-0001-11

* 群落结构与物种组成是群落演替的结果, 它与生态系统的稳定性有密切关系^[1,2]。研究发现, 多数群落内的物种组成与多样性均随季节而变化, 只是幅度不同而已^[1,3-7]。荒漠是世界陆地生态系统的重要组成部分, 约占陆地总面积的 18.5%^[8]。相比于森林生态系统, 荒漠生态系统具有生物多样性和生态系统稳定性较低的特点, 因而极易受到外力干扰, 而且扰动破坏后很难恢复^[9]。因此, 加强荒漠生态系统相关研究, 对于人类深入认识和保护荒漠景观具有重要而深远的意义。

生物量是生态系统物质循环(碳循环)的重要载体, 是植被生产力的体现, 也是评价生态系统结构和功能的重要指标^[10-12], 越来越受到重视^[13]。虽然全球荒漠地区的平均生物量较低(约 7 Mg/hm²), 但其在世界碳循环中的重要地位逐渐被人们认识并引起重视^[8]。以北美 Sonoran 沙漠为例, 其面积约占世界荒漠面积的 1%, 而生物量储量却占 4.4%, 表现出了较强的、潜在的碳汇能力^[13]。草地综合顺序分类法(comprehensive and sequential classification system of rangeland, CSCS)预测表明, 到 2050 年, 世界森林面积将有一定的减小, 而草地和荒漠面积会明显增加^[16]。我国荒漠化土地约占国土面积的 27.46%, 其潜在面积更是达到 47.1%^[17], 因而, 荒漠地区生物量的研究对了解荒漠生态系统的生产力和承载力也十分重要。

准噶尔荒漠位于天山(南)和阿尔泰山(北)之间, 东西分别以北塔山和塔尔巴哈台山为界, 属于典型温带荒漠类型^[18,19]。与天山南部的塔克拉玛干沙漠及世界同纬度地区的其他荒漠相比, 该荒漠植物物种最为丰富, 因而构成了多样的荒漠植物群落类型^[20]。而且该荒漠还具有我国其他荒漠区没有的植物生活型——短命和类短命植物(即短营养期植物), 其在早春时期还能形成短命植物层片, 表现出短暂的分布优势。因而, 它们的存在使准噶尔荒漠物种组成及其季节变化更具特色^[21,22]。此外, 准噶尔荒漠中心的古尔班通古特沙漠也是我国几大沙源

* 收稿日期:2011-07-18; 改回日期:2011-10-09

基金项目:国家重点基础研究发展计划(2009CB825104)资助。

作者简介:陶冶(1983-), 男, 安徽宿州人, 在读博士。E-mail:xishanyeren@163.com

* 通讯作者。E-mail:zhangym@ms.xjb.ac.cn

地之一,故人们对防沙治沙的重视也使得该地区成为研究的热点区域^[23]。近年来,关于荒漠地区植物群落结构与多样性的研究较多^[5,24-27],但对其季节动态的研究较少;对荒漠植被生物量分配与估算的研究虽有不少^[12,28-30],但将生物量与物种丰富度相结合的研究极少^[31]。为此,本研究选择古尔班通古特沙漠 3 种典型植物群落,即蛇麻黄(*Ephedra distachya*)、白茎绢蒿(*Seriphidium terrae-albae*)和准噶尔沙蒿(*Artemisia songarica*)群落,通过研究其物种组成、丰富度的季节变化及不同生活型植物生物量特征,以探知不同季节群落结构变化特点,维持群落结构稳定的基础及群落生物量分配格局,为深入了解该地区生态系统稳定机制奠定基础,并为完善干旱荒漠区不同植被类型碳循环和碳储量相关研究提供可靠的数据支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于古尔班通古特沙漠(44°11'~46°20' N,84°31'~90°00' E),处于准噶尔荒漠的中心。古尔班通古特沙漠面积约 4.88×10⁴ km²,是我国第二大沙漠,也是我国最大的固定和半固定沙漠。年均蒸发量>2 000 mm,而年均降水量仅 70~150 mm,且主要集中于冬季(降雪)和春季(降雨);年均温 5~8℃,极端高温为 40℃以上,极端最低气温小于-40℃,≥10℃的年积温可达 3 000~3 500℃,空气相对湿度平均 50%~60%,5—8 月通常<45%;该沙漠分布有各种形态的沙垄和一些新月型沙丘链、蜂窝状沙丘,高度 10~50 m,沙丘主要为南北方向延伸;控制本区域的风系主要是西风气流和蒙古高压形成的西北和东北风系,起沙风(≥6 m/s)集中于 4—9 月,其中以 4—6 月最为强盛^[23]。

该沙漠共计 208 种植物,有 18 种植物群落类型和 11 种植物生活型,其中沙漠腹地主要由白梭梭(*Haloxylon persicum*)、蛇麻黄、白茎绢蒿、准噶尔沙蒿和准噶尔无叶豆(*Eremosparton songoricum*)等群落类型组成^[22]。短命和类短命植物广泛分布,成为早春荒漠生态系统的重要组成部分。此外,沙漠地表发育有良好的生物土壤结皮(包括藻结皮、地衣结皮、苔藓结皮等),成为维持地表稳定的重要生物因子^[18,32]。

1.2 研究方法

1.2.1 植被调查与草本植物生物量获取 由于古尔班通古特沙漠(准噶尔荒漠)不同类型物种的花果期(生长期)具有明显的不同时性^[20-22],因此,本研究在时间尺度上分为初夏和秋初 2 个季节进行。初夏调查时(2010 年 5 月底—6 月初),在古尔班通古特沙漠中东部设置若干采样点(图 1),位于昌吉回族自治州北部和阿勒泰地区(主要是福海县)南部区域。每个采样点附近调查 1~3 种群落。共调查蛇麻黄样地 36 个、白茎绢蒿样地 28 个、准噶尔沙蒿样地 13 个,样地大小均为 20 m×20 m,以 2 条对角线上的 8 个 5 m×5 m 小样方记录样地内的物种数、植株数,并在样地内采集混合土样(5 次混合) 1 份。所有样地四角均用木桩标记,然后用 GPS 定位。上述数据作为计算群落物种丰富度的原始数据。同时对角线样方内各设置 1 个 1 m×1 m 草本小样方(共 8 个),用剪刀齐地面刈割获取小样方内所有短命和类短命植物地上部分,按不同物种分装在布袋内,标记好后带回实验室冲洗干净,于 70℃烘 48 h,然后用精度 0.000 1 g 天平称重。小样方内的草本数据用于估算样地内初夏草本地上生物量。本研究中植物地上生物量均指现存量(standing biomass)。

秋季调查时(2010 年 8 月),利用 GPS 定位信息,准确找到原始样地,以 5 m×5 m 为小样方详细测量所有灌木的高度、冠幅(长轴长和短轴长),以估算灌木地上生物量。在每个样地的 8 个对角线样方内各设置 1 个 1 m×1 m 小样方,收获草本植物并分装,带回实验室冲洗干净后烘干称重。小样方内的草本数据用于估算秋季时样地内的草本植物地上生物量。

1.2.2 灌木地上生物量估测方法 前期植被调查发现,3 种群落共出现 5 种灌木,即蛇麻黄、白茎绢蒿、准噶尔沙蒿、准噶尔无叶豆和淡枝沙拐枣(*Calligonum leucocladum*)。除矮小灌丛蛇麻黄外,其他 4 种均可利用地上形态指标(株高、冠幅等)进行估算,这样也减少了对植被的破坏。异速生长方程广泛应用于树木和灌木的生物量估算,其变型众多^[33]。本研究采用 $Y = aCV^b$ 模型估算灌木生物量^[33,34],其中, Y 为地上生物量, a 为异速生长常数, b 为异速生长指数, CV (cm³) 为冠幅面积(cm²)×高(cm)。4 种灌木地上生物量的拟合方程见表 1。

因蛇麻黄为丛片状分布,而且同一个样地内的蛇麻黄高度分布较为均匀,因而本研究通过盖度估算其地上生物量。首先测量得到样地内蛇麻黄灌丛的总面积,随后在样地内随机获取 3 丛(0.5 m×0.5 m)蛇麻黄的盖度和

地上生物量,最后结合样地内蛇麻黄灌丛总盖度,进而估算出样地内的蛇麻黄地上生物量。所有灌木样品均置于 70℃ 烘箱内烘 72 h 后称重(天平精度 0.01 g)。

1.2.3 物种生活型的确定及丰富度计算 物种生活型的判别有很多标准^[35],本研究以张立运和陈昌笃^[22]对古尔班通古特沙漠 208 种植物的划分方法为准。为方便起见,本研究将灌木、半灌木和小半灌木统称为灌木。物种丰富度以样地内的物种数表示,分初夏和秋初 2 个季节计算和比较。

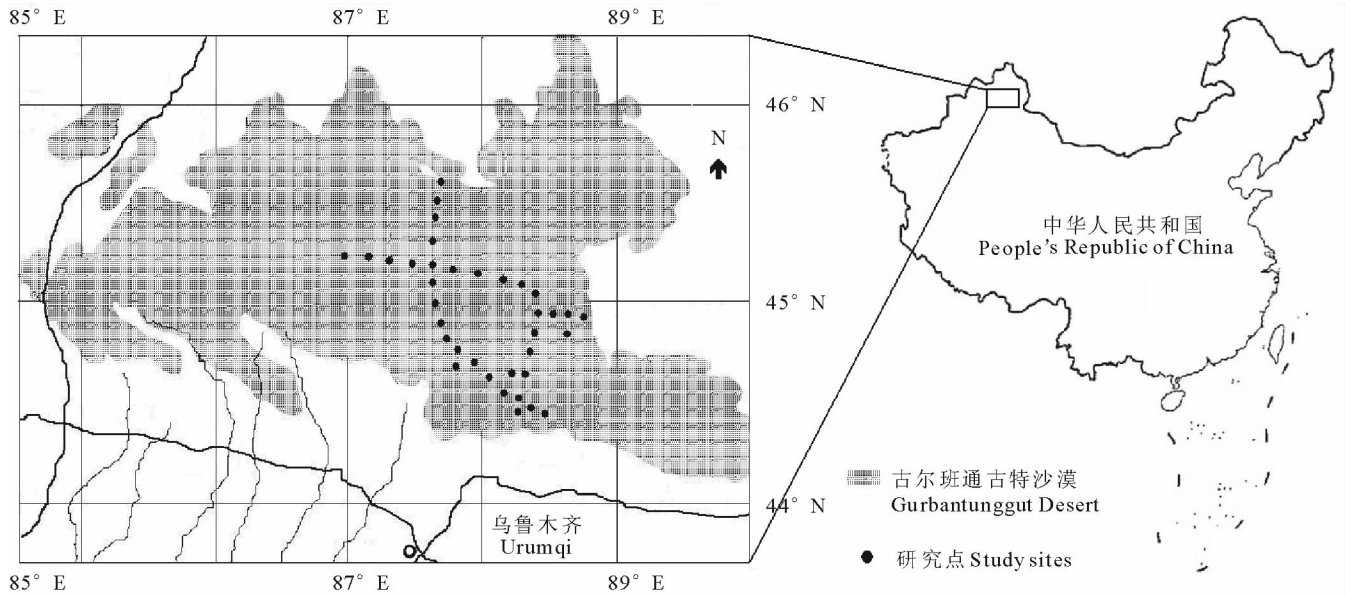


图 1 研究区及样点分布

Fig. 1 Study area and the collection sites distribution in Gurbantunggut Desert

表 1 古尔班通古特沙漠 4 种灌木地上生物量的拟合方程

Table 1 Mathematical fitting equations of aboveground biomass for four shrubs in Gurbantunggut Desert

灌木种类 Shrub types	拟合方程 Equations	<i>n</i>	<i>R</i> ²	<i>P</i>
白茎绢蒿 <i>S. terrae-albae</i>	$7.98 \times 10^{-3} \times CV^{0.817}$	25	0.907	<0.000 1
准噶尔沙蒿 <i>A. songarica</i>	$5.23 \times 10^{-4} \times CV^{1.011}$	25	0.840	<0.000 1
准噶尔无叶豆 <i>E. songoricum</i>	$4.27 \times 10^{-7} \times CV^{2.130}$	20	0.940	<0.000 1
淡枝沙拐枣 <i>C. leucocladum</i>	$8.48 \times 10^{-2} \times CV^{0.562}$	20	0.894	<0.000 1

1.3 统计分析

对不同季节物种丰富度间进行 Pearson 相关分析,对物种丰富度与其地上生物量间进行二次曲线拟合;对不同群落类型物种丰富度、地上生物量间及初夏时 3 种群落中不同生活型植物物种数间进行 One-way ANOVA 分析,当方差为齐性时,采用 LSD 法进行多重比较,否则采用 Tamhane's T2 方法。上述分析均采用 SPSS 13.0 统计软件完成,常规数据处理和作图在 Excel 2003 软件上完成。

2 结果与分析

2.1 群落物种组成特征

3 种灌木群落生境存在一定差异,蛇麻黄、白茎绢蒿群落主要存在于沙丘中下部和丘间平地,地表多存在以地衣和藻结皮为主的生物结皮,而准噶尔沙蒿群落主要存在于流动沙地、车辙和人工固沙区(沙障),其自然生境中的地表鲜见生物结皮。在夏季物种最丰富时期,3 种群落分别记录到 63,61 和 40 个物种,分属于 23,23 和 14

科(表 2),准噶尔沙蒿群落的物种数及科数明显少于其他 2 种群落;秋季物种数及科数均迅速减少,主要存留一些菊科、藜科、禾本科和豆科植物,此时 3 种群落物种数(分别为 15,14 和 16 种)和科数(分别为 9,8 和 7 科)较为接近。夏季时,3 种群落内菊科植物种数最多,所占比例均在 21%以上;菊科、藜科、十字花科、禾本科、紫草科及豆科 6 个主要科的物种数分别占各群落总物种数的 66.67%,63.93%和 75%。总体来讲,蛇麻黄和白茎绢蒿群落物种组成较为丰富,结构较为复杂,而准噶尔沙蒿群落物种组成和结构相对较简单。

表 2 初夏和秋初 3 种群落的科数和物种数及主要科内物种数的贡献率

Table 2 Total number of families and species and the relative contribution of species in main families of the three community types at early summer and early autumn

项目 Item	初夏 Early summer			秋初 Early autumn		
	蛇麻黄群落	白茎绢蒿群落	准噶尔沙蒿群落	蛇麻黄群落	白茎绢蒿群落	准噶尔沙蒿群落
	<i>E. distachya</i>	<i>S. terrae-albae</i>	<i>A. songarica</i>	<i>E. distachya</i>	<i>S. terrae-albae</i>	<i>A. songarica</i>
总科数 Total No. of families	23	23	14	9	8	7
总物种数 Total No. of species	63	61	40	15	14	16
菊科 Compositae (%)	20.63	22.95	22.50	20.00	26.32	20.00
藜科 Chenopodiaceae (%)	15.87	14.75	20.00	30.00	31.58	30.00
十字花科 Brassicaceae (%)	11.11	8.20	5.00	/	/	/
禾本科 Poaceae (%)	7.94	6.56	12.50	15.00	15.79	15.00
紫草科 Boraginaceae (%)	6.35	8.20	2.50	/	/	5.00
豆科 Leguminosae (%)	4.76	3.28	12.50	5.00	5.26	15.00
伞形科 Umbelliferae (%)	3.17	3.28	2.50	10.00	/	/
石竹科 Caryophyllaceae (%)	3.17	1.64	/	5.00	5.26	/
百合科 Liliaceae (%)	3.17	4.92	5.00	/	/	/
其他 Others (%)	23.81	26.23	17.50	15.00	15.79	15.00

“/”:不存在 Nonexistence. 下同 The same below.

从植物生活型角度来看,各群落的物种均可划分为多年生草本、一年生草本(二者属于长营养期草本)、类短命植物、短命植物(二者属于短营养期草本)和灌木共 5 种生活型。不同季节物种生活型组成不同(表 3),但不同群落间变化趋势一致。以蛇麻黄群落为例,夏季植物生活型组成最丰富(5 种),以短命植物和一年生草本植物居多;而到了秋季,短命和类短命植物均已凋亡,仅剩 3 种生活型,此时一年生草本植物占据最大比例。3 种群落中,不同生活型植物的数量比例也有所不同,其中蛇麻黄群落和白茎绢蒿群落较为相似,即灌木多草本少;而准噶尔沙蒿群落内的灌木和多年生草本的数量比例相对较高。

表 3 初夏和秋初 3 种群落中植物生活型组成及其贡献率

Table 3 Life-form composition and relative contributions of the three community types at early summer and early autumn

生活型 Life-form	初夏 Early summer			秋初 Early autumn		
	蛇麻黄群落	白茎绢蒿群落	准噶尔沙蒿群落	蛇麻黄群落	白茎绢蒿群落	准噶尔沙蒿群落
	<i>E. distachya</i>	<i>S. terrae-albae</i>	<i>A. songarica</i>	<i>E. distachya</i>	<i>S. terrae-albae</i>	<i>A. songarica</i>
灌木 Shrub	13.74	14.75	25.18	33.98	39.04	40.28
多年生草本 Perennial herb	3.63	1.01	11.51	8.98	2.67	19.28
类短命植物 Ephemeroïd plant	16.43	18.99	7.19	/	/	/
短命植物 Ephemeral plant	45.33	37.58	31.33	/	/	/
一年生草本 Annual herb	20.87	27.68	24.78	57.04	58.29	40.44

2.2 物种丰富度特征

各类群落的物种丰富度值均表现为夏季高于秋季,其中蛇麻黄和白茎绢蒿群落的物种丰富度在 2 个季节之间均差异显著,而准噶尔沙蒿群落则无明显差异(图 2),表明后者短命和类短命植物贡献度较小(表 3)。夏季时,3 种群落间物种丰富度(物种数)总体上差异显著($F=10.75, P<0.0001$),其中蛇麻黄和白茎绢蒿群落的物种丰富度均显著高于准噶尔沙蒿群落;秋季时,3 类群落间物种丰富度总体差异不显著($F=1.12, P=0.332$),此时,3 类群落的物种丰富度均较低。同一季节,蛇麻黄和白茎绢蒿群落的物种丰富度均无显著差异,表明二者物种组成和变化规律较为相似。

对初夏不同生活型植物物种数对比发现,在蛇麻黄和白茎绢蒿群落中,短命植物个数在各群落类型中均最大,其次是一年生草本,而多年生草本的物种数最少(图 3)。准噶尔沙蒿群落内的短命植物、一年生植物及灌木种类相当,而多年生草本和类短命植物种类最少。不同群落类型之间对比发现,蛇麻黄群落内的短命植物平均物种数最多,显著高于白茎绢蒿群落,后者又显著高于准噶尔沙蒿群落。

此外,各群落类型的物种丰富度在夏季和秋季之间均具有极显著的正相关关系(表 4)。这表明,群落内物种数的多少在季节上呈正相关,即如果一个群落内的夏季物种丰富度大,那么秋季也大,避免出现物种数在不同季节上的突然增多或减少的现象,因而体现了荒漠植物群落在物种组成和结构上也具有较强的稳定性。

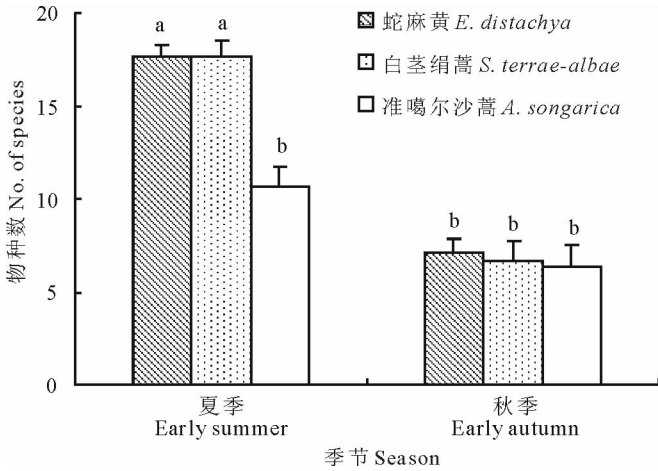


图 2 初夏和秋初 3 种群落不同季节的物种丰富度(平均值±SE)对比

Fig. 2 Richness (mean±SE) of the three community types at early summer and early autumn

不同字母表示差异显著($P<0.05$),下同。Different letters indicate significant differences ($P<0.05$), the same below.

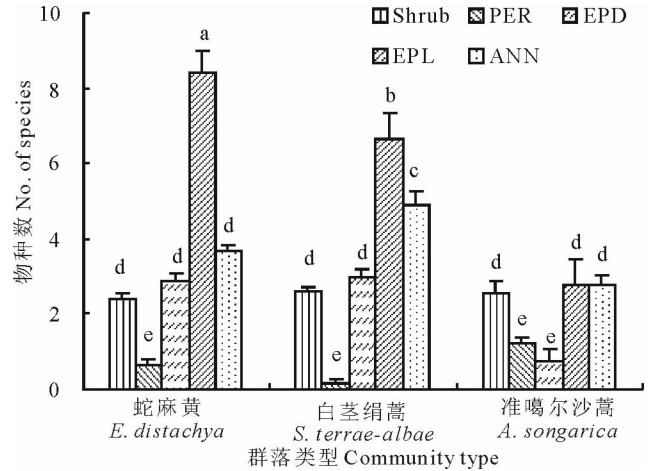


图 3 初夏 3 种群落不同生活型植物物种数(平均值±SE)比较

Fig. 3 Number of species (mean±SE) of different life-forms of the three community types at early summer

Shrub: 灌木; PER: 多年生草本 Perennial herb; EPD: 类短命植物 Ephemeroïd plant; EPL: 短命植物 Ephemeral plant; ANN: 一年生草本 Annual herb.

表 4 3 种群落物种丰富度在季节间的相关系数

Table 4 Pearson correlation coefficients among species richness at early summer and early autumn

群落类型 Community type	蛇麻黄 <i>E. distachya</i>	白茎绢蒿 <i>S. terrae-albae</i>	准噶尔沙蒿 <i>A. songarica</i>	3 类群落综合 Total
相关系数 Correlation coefficients	0.602**	0.517**	0.808**	0.612**

** 表示极显著相关($P<0.01$). ** indicates greatly significant correlation ($P<0.01$).

2.3 地上生物量特征

初夏时期,蛇麻黄群落中草本层植物(指短命和类短命植物)生物量最高(为 6.99 g/m^2),白茎绢蒿群落次之(6.10 g/m^2),准噶尔沙蒿群落最低,仅为 0.67 g/m^2 (表 5)。不同群落短命和类短命植物生物量所占比例不同,蛇麻黄和白茎绢蒿群落以短命植物为主(70%左右),而准噶尔沙蒿群落以类短命植物为主(占 67.09%)。

秋季短命和类短命植物已凋亡,仅剩灌木、一年生和多年生草本。3类群落中,总地上生物量以白茎绢蒿群落最大(85.38 g/m²),蛇麻黄群落次之(73.19 g/m²),准噶尔沙蒿群落最低(54.21 g/m²)(表6);3类群落的地上生物量均以灌木为主(均在95%以上),草本植物(指一年生和多年生草本)生物量比例很小(5%以下),其中以准噶尔沙蒿群落最小,其草本植物生物量仅为0.89 g/m²,占1.65%。建群种生物量在各群落中均占绝对优势,其分别占总地上生物量的86.03%,84.07%和89.65%。

与初夏相比,秋季蛇麻黄和白茎绢蒿群落内的草本层地上生物量均呈降低趋势(分别降低57.65%和31.15%),而准噶尔沙蒿群落则有所增加(32.84%),但由于该群落夏季和秋季草本植物生物量均低于1 g/m²,因而这种增长意义不大。调查显示,3种群落在该沙漠的分布范围为蛇麻黄>白茎绢蒿>准噶尔沙蒿,故总体来讲,3种群落夏季草本层地上生物量大于秋季。

表5 初夏时期3种群落内短命和类短命植物的地上生物量及其比例(平均值±标准误)

Table 5 Aboveground biomass of ephemeral plant and ephemeroïd plant and their percentages of the three community types at early summer (mean±SE)

群落类型 Community	总生物量 Total	短命植物 Ephemeral plant		类短命植物 Ephemeroïd plant	
		生物量 Biomass (g/m ²)	比例 Proportion (%)	生物量 Biomass (g/m ²)	比例 Proportion (%)
蛇麻黄群落 <i>E. distachya</i>	6.99±0.93 a	4.91±0.91 a	70.25	2.08±0.32 a	29.75
白茎绢蒿群落 <i>S. terrae-albae</i>	6.10±0.68 a	4.23±1.46 a	69.37	1.87±0.45 a	30.63
准噶尔沙蒿群落 <i>A. songarica</i>	0.67±0.19 b	0.22±0.05 b	32.91	0.45±0.10 b	67.09

注:同列不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Different letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$).

表6 秋初3种群落的总地上生物量、灌木和草本植物地上生物量及其贡献率(平均值±标准误)

Table 6 Aboveground biomass of total species, shrubs and herbs and their relative contributions of the three community types at early autumn (mean±SE)

群落类型 Community	蛇麻黄群落 <i>E. distachya</i> community		白茎绢蒿群落 <i>S. terrae-albae</i> community		准噶尔沙蒿群落 <i>A. songarica</i> community	
	生物量	比例	生物量	比例	生物量	比例
	Biomass (g/m ²)	Proportion (%)	Biomass (g/m ²)	Proportion (%)	Biomass (g/m ²)	Proportion (%)
蛇麻黄 <i>E. distachya</i>	66.01±3.91	86.03	7.71±1.21	9.03	1.14±0.84	2.11
白茎绢蒿 <i>S. terrae-albae</i>	3.05±0.70	5.93	71.78±7.10	84.07	0.36±0.12	0.67
准噶尔沙蒿 <i>A. songarica</i>	0.11±0.06	0.22	0.68±0.58	0.79	48.60±7.30	89.65
淡枝沙拐枣 <i>C. leucocladum</i>	1.06±0.14	2.05	0.77±0.21	0.91	0.23±0.09	0.42
准噶尔无叶豆 <i>E. songoricum</i>	/		0.25±0.25	0.29	2.99±2.12	5.51
灌木总生物量 Shrub biomass	70.23±3.91 ab	95.95	81.18±7.25 a	95.08	53.32±7.98 b	98.35
草本生物量 Herbs biomass	2.96±0.26 a	4.05	4.20±0.49 a	4.92	0.89±0.26 b	1.65
群落总生物量 Total biomass	73.19±3.86 ab		85.38±7.24 a		54.21±7.87 b	

注:同行不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Different letters in horizontal rows indicate significant differences ($P<0.05$).

2.4 地上生物量与物种丰富度的关系

无论夏季还是秋季,77个研究群落内的草本植物物种丰富度与其地上生物量之间均呈显著的“单峰型关系”(图4),说明起初草本植物丰富度随着草本植物生物量的增加而增加,但到一定程度时反而呈降低趋势,也说明中等生物量时草本植物丰富度最高。该结论与陈生云等^[36]、Chalcraft等^[37]及Oba等^[38]的研究结果一致。与秋

季相比($P=0.0121$),这种规律在初夏时最为显著($P<0.0001$),主要归因于该时期较丰富的草本植物种类(主要是短命植物)。但是,若把灌木生物量考虑进来,那么无论夏季还是秋季,物种丰富度与生物量间均无规律可循,这可能是灌木生物量较大但种类稀少的缘故。

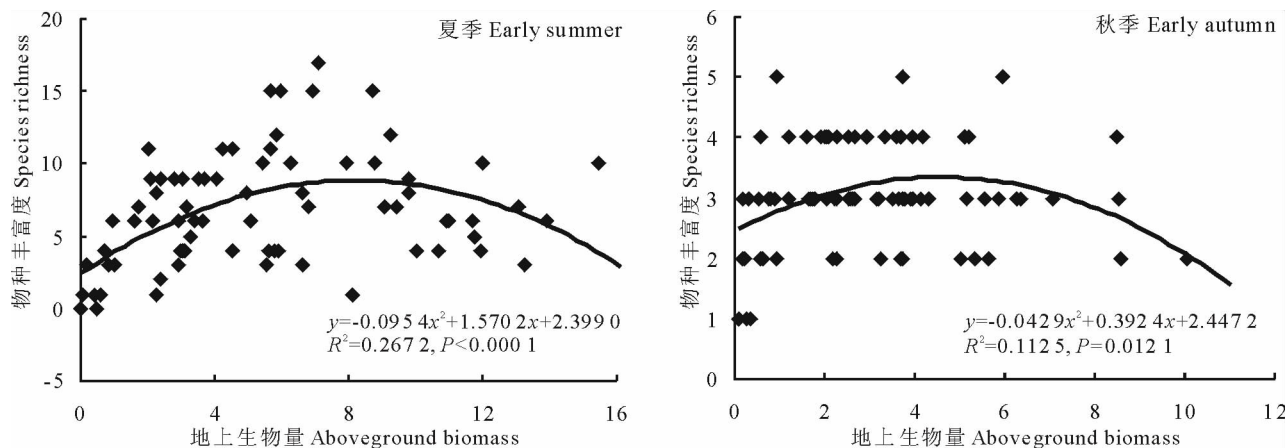


图 4 初夏和秋初草本植物物种丰富度与其地上生物量的关系

Fig. 4 Relationships between herbaceous richness and their aboveground biomass at early summer and early autumn

3 讨论

3.1 植物生活型与丰富度的季节变化及其生态学意义

本研究中,初夏植物生活型有 5 种,秋季仅 3 种;同时,物种丰富度在 3 类群落内也表现出夏季大、秋季小的规律,这与草本植物,尤其是短命和类短命植物的出现与消失密切相关。可见,草本植物对荒漠植物群落物种生活型和丰富度的变化起到至关重要的作用,而且这种作用与群落类型无关。早春短命和类短命植物是第三纪末第四纪初,古地中海退却以后,由热植物区系衍生出来的年轻植物类群。其分布中心为中亚,地中海沿岸、西亚、北非等地也有。我国仅新疆北部有分布(约 205 种),为其分布区的最东端^[21]。在古尔班通古特沙漠,由于冬季有一定的降雪和早春一定的降雨,使早春时期土壤较为湿润^[22]。此时,虽然温度较低,但短命和类短命植物已开始萌发(3 月底或 4 月初),一般在 5—6 月开花结果,随即完成生活史^[39]。王雪芹等^[23]报道,该沙漠起沙风(≥ 6 m/s)集中于 4—9 月,其中以 4—6 月最为强盛,该时期正是短命植物大量生长的时期。因而,无论沙尘暴发生的频率还是强度,该沙漠都要比我国其他沙尘暴源区小得多。那么,短命和类短命植物的存在无疑成为沙尘暴危害降低的一个主要原因。本区短命和类短命植物还能形成层片或小群落,以致枯死后其生存的一些地带性群落才逐渐显露出本来面目^[21,22]。这表明短命和类短命植物不仅能有效维持地表稳定,还能参与和改变荒漠植物群落的物种构成,对维持生物多样性和荒漠生态系统稳定性均具有重要意义。

此外,当夏末短命植物消亡后,一年生草本便迅速生长,并逐渐占据群落下层的优势地位,填补了短命和类短命植物死亡后留下的资源位空缺。可见,短营养期草本植物和长营养期草本植物存在的这种时间上的交错,不仅使它们在资源利用上尽可能减少竞争,也促使它们形成了不同时间段上的“相似功能群”。因而,一年生草本植物同样对维持荒漠生态系统稳定起重要作用。

3.2 几种荒漠类型生物量对比及其影响因素

荒漠是世界生态系统的重要组成部分。在世界众多生态系统类型中,荒漠生态系统平均生物量(地上+地下)为 7 Mg/hm^2 ^[8],其中以北美典型热荒漠——Sonoran 沙漠最高,达到 32 Mg/hm^2 ,该地区主要建群种为仙人掌(*Opuntia*)类植物^[13]。相比之下,北美的 2 个温带荒漠——Mojave 和 Chihuahuan 沙漠生物量较低,仅为 $1.8 \sim 2.47 \text{ Mg/hm}^2$ ^[40]和 $1.6 \sim 3.2 \text{ Mg/hm}^2$ ^[41]。对比我国几种温带荒漠发现,乌兰布和东南缘沙漠梭梭(*Haloxylon*)群落($6.42 \sim 16.41 \text{ Mg/hm}^2$)^[28,29]和准噶尔荒漠东南缘沙漠的梭梭群落($6.69 \sim 19.39 \text{ Mg/hm}^2$)^[30]的生物量均接

近或高于世界平均水平,鄂尔多斯荒漠的油蒿(*Artemisia ordosica*)群落也较高(4.7~10.9 Mg/hm²)^[42],但毛乌素沙地的油蒿群落(0.12~2.35 Mg/hm²)^[34]却远低于世界平均值。由于本研究未测定地下生物量,因此,准确估计这3类群落生物量还比较困难。但是,即使按照根冠比1:1(实际值可能小于1:1)计算地下生物量^[13],3类群落秋季总生物量(地上+地下)也仅接近于毛乌素沙地的油蒿群落,但仍低于已知其他荒漠类型和世界荒漠生物量的平均值。

影响生物量的可能因素主要为:1)在全球尺度上,由气候条件所决定的生态系统(群落)类型。生物量表现为热带森林>温带森林>地中海灌丛>北方森林>萨王纳群落>温带草地>荒漠=北极苔原>农田的规律^[8]。可见,荒漠地区的生物量远远小于其他绝大部分生态系统类型。2)中小尺度上,除气候条件外,小地形、微气候等环境因子可能直接影响小尺度上的植被结构与物种组成,进而影响植被生物量。降水、温度、地下水位、土壤类型等因素在小尺度上对植物多样性及生物量均有不同影响,这在各类控制或野外试验中均得到证实^[43-47]。对于短命植物类群来讲,冬季降雪、早春降水、气温、土壤含水量等可能是最主要影响因素^[39]。3)人为干扰,如放牧、刈割、工程活动等。众多研究认为,中度刈割和放牧有利于提高草地地上生物量产量及物种多样性,而高强度干扰则显著降低生物量和多样性^[38,48]。就本研究而言,3类群落处在相同的气候和土壤类型条件下,那么影响群落生物量差异的主要原因可能是坡位、地表稳定性、土壤水分等因素引起的群落结构的差异。

3.3 荒漠植物群落中草本植物生物量贡献度

本研究中,秋季蛇麻黄群落、白茎绢蒿群落和准噶尔沙蒿群落中草本植物生物量分别为2.96,4.20和0.89 g/m²,即使夏季时,其生物量也仅为6.99,6.10和0.67 g/m²。从比例上看,3类群落中草本植物生物量在群落总生物量中的比例均<5%。王春玲等^[30]、宋朝枢和贾昆峰^[29]对吉木萨尔地区及乌兰布和地区的梭梭群落生物量研究发现,其林下层植物(包含林下小灌木、多年生草本、一年生草本)生物量比例仅占1.13%~2.39%和2.01%~4.21%;那么,仅就林下草本层而言,其生物量比例在梭梭群落中更小。因而认为,在大尺度生物量估算时,草本植物生物量可以忽略不计。但即便如此,草本植物尤其是短命和类短命植物的生态作用是不可忽视的。

致谢:中国科学院新疆生态与地理研究所周晓兵博士、吴林硕士及新疆农业大学赵伟、丁阳、刘星等同学在野外数据采集方面给予大力帮助,新疆农业大学邱东女士在数据录入与处理上给予无私帮助,新疆额尔齐斯河流域开发工程建设管理局沙漠一站也提供了诸多便利,在此一并感谢!

参考文献:

- [1] 娄彦景, 赵魁义, 马克平. 洪河自然保护区典型湿地植物群落组成及物种多样性梯度变化[J]. 生态学报, 2007, 27(9): 3883-3891.
- [2] 祝燕, 赵谷风, 张俐文, 等. 古田山中亚热带常绿阔叶林动态监测样地——群落组成与结构[J]. 植物生态学报, 2008, 32(2): 262-273.
- [3] 陈文河, 刘学东, 卢伙胜. 南沙群岛海域鱼类群落结构的季节性变化研究[J]. 热带海洋学报, 2011, 29(4): 118-124.
- [4] 陈莹, 马鸣, 李维东, 等. 新疆阜康荒漠区不同生境鸟类群落的季节变化[J]. 生态学杂志, 2011, 30(2): 273-280.
- [5] 杜茜, 马琨. 宁夏荒漠草原恢复演替过程中物种多样性与生产力的变化[J]. 生态环境, 2007, 16(4): 1225-1228.
- [6] 费永俊, 鲁文俊, 韩烈保. 荆江大堤护坡草本植物物种多样性及其季节动态[J]. 草业科学, 2007, 24(10): 1-5.
- [7] 李步杭, 张健, 姚晓琳, 等. 长白山阔叶红松林草本植物多样性季节动态及空间分布格局[J]. 应用生态学报, 2008, 19(3): 467-473.
- [8] Houghton R A, Hall F, Goetz S J. Importance of biomass in the global carbon cycle[J]. Journal of Geophysical Research, 2009, 114: G00E03, doi: 10.1029/2009JG000935.
- [9] 李博. 生态学[M]. 北京: 高等教育出版, 2000.
- [10] 韩龙, 郭彦军, 韩建国, 等. 不同刈割强度下羊草草甸草原生物量与植物群落多样性研究[J]. 草业学报, 2010, 19(3): 70-75.

- [11] 李士美, 谢高地, 张彩霞. 典型草地地上现存生物量资产动态[J]. 草业学报, 2009, 18(4): 1-8.
- [12] 再努拉·热和木都拉, 陈亚宁, 艾里西尔·库尔班, 等. 准噶尔盆地梭梭群落地上生物量及季节变化研究——以克拉玛依农业综合开发区为例[J]. 干旱区地理, 2006, 29(3): 375-380.
- [13] Búrquez A, Martínez-Yrizar A, Núñez S, *et al.* Aboveground biomass in three Sonoran Desert communities: Variability within and among sites using replicated plot harvesting[J]. *Journal of Arid Environments*, 2010, 74: 1240-1247.
- [14] Fang J Y, Chen A P, Peng C H, *et al.* Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998[J]. *Science*, 2001, 292: 2320-2322.
- [15] 方精云, 唐艳鸿, Son Y. 碳循环研究: 东亚生态系统为什么重要[J]. 中国科学: 生命科学, 2010, 40(7): 561-565.
- [16] 任继周, 梁天刚, 林慧龙, 等. 草地对全球气候变化的响应及其碳汇潜势研究[J]. 草业学报, 2011, 20(2): 1-22.
- [17] 吴波, 苏志珠, 陈仲新. 中国荒漠化潜在发生范围的修订[J]. 中国沙漠, 2007, 27(6): 911-917.
- [18] 张元明, 王雪芹. 准噶尔荒漠生物结皮研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [19] 赵白. 准噶尔盆地的形成与演化[J]. 新疆石油地质, 1992, 13(3): 192-196.
- [20] 张新时. 天山北部山地—绿洲—过渡带—荒漠系统的生态建设与可持续农业范式[J]. 植物学报, 2001, 43(12): 1294-1299.
- [21] 毛祖美, 张佃民. 新疆北部早春短命植物区系纲要[J]. 干旱区研究, 1994, 11(3): 1-26.
- [22] 张立运, 陈昌笃. 论古尔班通古特沙漠植物多样性的一般特点[J]. 生态学报, 2002, 22(11): 1923-1932.
- [23] 王雪芹, 蒋进, 雷加强, 等. 古尔班通古特沙漠短命植物分布及其沙面稳定意义[J]. 地理学报, 2003, 58(4): 598-605.
- [24] 柴永青, 曹致中, 蔡卓山. 肃北地区裸木荒漠群落构成特征及物种多样性研究[J]. 草业学报, 2010, 19(1): 21-27.
- [25] Zhu W B, Lv A F, Jia S F. Spatial distribution of vegetation and the influencing factors in Qaidam Basin based on NDVI[J]. *Journal of Arid Land*, 2011, 3(2): 85-93.
- [26] Qian Y B, Zhang H Y, Wu Z N, *et al.* Vegetation composition and distribution on the northern slope of Karlik Mountain to Naomaohu Basin, East Tianshan Mountains[J]. *Journal of Arid Land*, 2011, 3(1): 15-24.
- [27] 何明珠. 阿拉善高原荒漠植被组成分布特征及其环境解释 V. 一年生植物层片物种多样性及其分布特征[J]. 中国沙漠, 2010, 30(3): 528-533.
- [28] 李钢铁, 张密柱. 梭梭林生物量研究[J]. 内蒙古林学院学报, 1995, 17(2): 35-43.
- [29] 宋朝枢, 贾昆峰. 乌拉特梭梭林自然保护区科学考察集[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [30] 王春玲, 郭泉水, 谭德远, 等. 准噶尔盆地东南缘不同生境条件下梭梭群落结构特征研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1224-1229.
- [31] 郑晓翾, 靳甜甜, 木丽芬, 等. 呼伦贝尔草原物种多样性与生物量、环境因子的关系[J]. 中国草地学报, 2008, 30(6): 74-81.
- [32] Zhang Y M, Wu N, Zhang B C, *et al.* Species composition, distribution patterns and ecological functions of biological soil crusts in the Gurbantunggut Desert[J]. *Journal of Arid Land*, 2010, 2(3): 180-189.
- [33] Djomo A N, Ibrahima A, Scaborowski J, *et al.* Allometric equations for biomass estimation in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa[J]. *Forest Ecology and Management*, 2010, 260: 1873-1885.
- [34] Li C P, Xiao C W. Above- and belowground biomass of *Artemisia ordosica* communities in three contrasting habitats of the Mu Us desert, northern China[J]. *Journal of Arid Environments*, 2007, 70: 195-207.
- [35] Cain S A. Life-forms and phytoclimate[J]. *Botanical Review*, 1950, 16(1): 1-32.
- [36] 陈生云, 刘文杰, 叶柏生, 等. 疏勒河上游地区植被物种多样性和生物量及其与环境因子的关系[J]. 草业学报, 2011, 20(3): 70-83.
- [37] Chalcraft D R, Wilsey B J, Bowles C, *et al.* The relationship between productivity and multiple aspects of biodiversity in six grassland communities[J]. *Biodiversity and Conservation*, 2009, 18: 91-104.
- [38] Oba G, Vetaas O, Stenseth N S. Relationships between biomass and plant species richness in arid-zone grazing lands[J]. *Journal of Applied Ecology*, 2001, 38: 836-845.
- [39] 兰海燕, 张富春. 新疆早春短命植物适应荒漠环境的机理研究进展[J]. 西北植物学报, 2008, 28(7): 1478-1485.

- [40] Rundel P W, Gibson A C. Ecological Communities and Processes in a Mojave Desert Ecosystem, Rock Valley Nevada[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- [41] Huenneke L F, Schlesinger W H. Patterns of net primary production in Chihuahuan Desert ecosystems[A]. In: Havstad K M, Huenneke L F, Schlesinger W H. Structure and Function of a Chihuahuan Desert Ecosystem[M]. New York: Oxford University Press, 2006.
- [42] Jin Z, Qi Y, Dong Y. Storage of biomass and net primary productivity in desert shrubland of *Artemisia ordosica* on Ordos Plateau of Inner Mongolia, China[J]. Journal of Forestry Research, 2007, 18: 298-300.
- [43] 何丹, 李向林, 万里强, 等. 施用尿素当年对退化天然草地物种地上生物量和重要值的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(3): 154-158.
- [44] 冯燕, 王彦荣, 胡小文. 水分胁迫对两种荒漠灌木幼苗生长与水分利用效率的影响[J]. 草业学报, 2011, 20(4): 293-298.
- [45] 苏丹, 孙国峰, 张金政, 等. 水分胁迫对费菜和长药八宝生长及生物量分配的影响[J]. 园艺学报, 2007, 34(5): 1317-1320.
- [46] 王丽, 胡金明, 宋长春, 等. 水分梯度对三江平原典型湿地植物小叶章地上生物量的影响[J]. 草业学报, 2008, 17(4): 19-25.
- [47] 蔡仕珍, 李璟, 潘远智, 等. 不同种植密度对乌头生长发育的影响[J]. 草业学报, 2011, 20(2): 278-282.
- [48] 呼格吉勒图, 杨劼, 宝音陶格涛, 等. 不同干扰对典型草原群落物种多样性和生物量的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(3): 6-11.

Seasonal changes in species composition, richness and the aboveground biomass of three community types in Gurbantunggut Desert, Northwestern China

TAO Ye^{1,2}, ZHANG Yuan-ming¹

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Key Laboratory of Biogeography and Bioresource in Arid Land, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Desert zones, accounted for approx. 18.5% of the total land area, was the important component of the land ecosystem. Desert ecosystem was characterized by low biodiversity and low stability, so it was easily disturbed by external forces, and it was difficult to recover. The structure and species composition of a community were the result of community succession, and they were closely relevant to the stability of ecosystem. Biomass was an important carrier of material cycle (carbon cycle) of ecosystem, it was an expression of the productivity, also was a key index evaluating the structure and function of ecosystem. Thus, the study on biomass in desert areas was very important for understanding the productivity and capacity of desert ecosystems. In this study, three types of widely distributed plant communities in Gurbantunggut Desert, Northwestern China were chosen: 36 *Ephedra distachya* communities, 28 *Seriphidium terrae-albae* communities and 13 *Artemisia songarica* communities. Vegetation investigation was conducted two times (seasons) in early summer and early autumn, respectively, to get the data of species composition and species richness. Then the standing aboveground biomass of herbs was gained by cutting at the ground level, and the biomass of shrubs by estimating models. The aims were to explore the seasonal changes in species composition and species richness, and to compare the aboveground biomass of different life-forms and to understand the relationship between biomass and richness of herbs in different seasons. The numbers of families and species in *E. distachya* and *S. terrae-albae* communities were more than those in *A. songarica* communities in early summer, whereas the numbers reduced greatly in all the three communities in early autumn. There were five life-forms in summer, and the ephemeral plant had most species. In autumn, the ephemeral and ephemeroid plants disappeared, and there were only three life-forms left, and the annual plant had most species at this time. The richness value of each community types in summer was more than that in autumn. Species richness of *A. songarica* communities in summer was significantly higher than those of *E. distachya* and *S. terrae-albae* communities; while in autumn, there was no difference between the three community types. In each community types, species richness in summer was positively correlated with that in autumn, indicating the structural stability of desert communities. The aboveground biomass of herbs (0.67–6.99 g/m²) was slightly more than that (0.89–4.2 g/m²) in autumn. The total aboveground biomasses of three types of communities were 73.19, 85.38 and 54.21 g/m², respectively; and the three constructive species accounted for 86.03%, 84.07% and 89.65%, respectively; while the percentages of herbs were all less than 5%. There were “Single-hump Type” relationships between herbaceous richness and their aboveground biomass both in summer and autumn, indicating highest richness at middle biomass. Although herbaceous biomasses were lower, the time crisscross of short vegetated and long vegetated plants showed an important ecological significance in maintaining biodiversity and surface stability of desert ecosystem. Totally, compared with other deserts in similar latitude in China, the three desert communities in Gurbantunggut Desert had the characteristics of obviously seasonal changes in species composition and richness, but low biomass.

Key words: *Ephedra distachya*; *Seriphidium terrae-albae*; *Artemisia songarica*; shrub; herb; life-form; biomass