

# 腾格里沙漠南缘荒漠霸王群落演替特征

宁德年, 马廷选, 王天河, 安耕, 周明三, 李能丽

(甘肃省古浪县草原工作站, 甘肃 古浪 733100)

**摘要:**依据霸王(*Zygophyllum xanthoxylon*)群落的外貌特征及霸王个体数量和冠幅, 将霸王演替分为先锋群落阶段[猫头刺(*Oxytropis aciphylla*) + 霸王]、郁闭群落阶段[霸王 + 猫头刺 + 荒漠锦鸡儿(*Caragana roborovskyi*)]和衰退阶段(猫头刺 + 荒漠锦鸡儿 + 霸王), 研究了腾格里沙漠南缘霸王群落在不同演替阶段的物种组成、种群分布格局及优势物种重要值变化特征。结果表明, 霸王群落演替过程中共有 17 种植物, 分属 7 科 14 属; 在 3 个演替阶段, 物种丰富度变化不明显, 而物种多样性指数呈先上升后下降趋势, 生态优势度则相反; 在先锋群落阶段霸王群落呈均匀分布, 郁闭阶段和衰退阶段呈集群分布; 郁闭稳定阶段霸王重要值最高, 先锋群落阶段和衰退阶段次之。

**关键词:**腾格里沙漠; 霸王群落; 演替特征

**中图分类号:** Q948.15

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-0629(2012)07-1148-05

\* 1

霸王(*Zygophyllum xanthoxylon*)属蒺藜科霸王属沙生灌木, 是古老荒漠残遗植物, 在我国分布于内蒙古、甘肃、新疆、西藏等省(区)。霸王枝条粗壮, 根系发达, 叶片肥厚, 储存大量水分, 抗风沙、耐干旱, 适应性极强, 常见于砾质荒漠及草原荒漠, 在年降水量 110~200 mm 的流沙地、沙质荒地、古河床以及干旱黄土高原上均有分布。由于霸王的特殊背景和丰厚的利用价值, 在荒漠植物区系研究、系统发育、流沙治理和沙生植物资源利用方面均具有较高的研究和开发价值。对霸王的研究报道常见于种子萌发、营养成分、生长特性、组织培养等方面<sup>[1-8]</sup>, 有关霸王群落演替更新方面的资料鲜有报道。为此, 对霸王群落演替更新规律、演替阶段生物多样性变化以及不同演替阶段物种组成及数量特征等进行系统的调查研究, 摸清霸王草地演替规律, 以期为霸王草地资源的恢复和合理开发利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

**1.1 研究区概况** 研究区位于腾格里沙漠南缘的早麻岗草地, 地理位置为 103°05'~103°50' E, 37°37'~37°55' N, 海拔 1 600~1 850 m, 年均温度 6.6 °C, 极端最高温度 37.2 °C, 极端最低温度 -26.4 °C; 年均降水量 207.7 mm, 年均蒸发量 2 807.4 mm, 是降水量的 13.5 倍; 平均风速 3.8

m·s<sup>-1</sup>, 最大风速 130 m·s<sup>-1</sup>, 年大风时间 182 d, 年沙尘暴时间 30.5 d, 多发生在冬春季节; 无霜期 153 d。地貌类型属风力吹蚀堆积而成的风沙地貌, 主要有流动沙丘、固定半固定沙丘、平缓覆沙地等地貌类型, 土壤以风沙土和覆沙灰钙土为主, 土层深厚, 质地沙壤, 粒状或块状, 土壤 pH 值 8.1~9.1。植物种类有沙蒿(*Artemisia desertorum*)、驼绒藜(*Ceratoides latens*)、籽蒿(*A. salsoloides*)、唐古特白刺(*Nitraria tanggutorum*)、霸王、红砂(*Reaumuria soongarica*)、戈壁针茅(*Stipa tianschanica*)、白茎盐生草(*Halogeton arachnoideus*)和沙蓬(*Agriophyllum arenarium*)等, 土壤沙层深厚, 肥力很差, 含盐量 0.146%, 有机质为 0.197 5%, 全氮 0.007 9%, 全磷 0.116%, pH 值为 8.3, 地下水埋深 63 m 左右<sup>[9]</sup>。

**1.2 研究方法** 在霸王种群分布区依据群落外貌特征及霸王个体数量、冠幅将霸王演替分为 3 个阶段, 即先锋群落阶段(猫头刺 + 霸王), 郁闭群落阶段(霸王 + 猫头刺 + 荒漠锦鸡儿)和衰退阶段(猫头刺 + 荒漠锦鸡儿 + 霸王)。于 2010 年 9 月在霸王当年生长量最大的时段开展调查, 在腾格里沙漠南缘霸王集中分布的早麻岗草地, 沿着霸王分布的主方向每隔 100 m 依次设置 5 个样地, 样地面积 50 m×

收稿日期: 2012-01-02 接受日期: 2012-03-07

基金项目: 甘肃省自然科学基金(096RJZH016)

作者简介: 宁德年(1968-), 男, 甘肃古浪人, 畜牧师, 学士, 主要从事草地保护与建设工作。E-mail: gswwgldn@163.com

通信作者: 马廷选 E-mail: glxycz@163.com

50 m;在每个样地随机布设5个样方,样方面积5 m×5 m,在样方内进行调查与取样。调查内容主要包括植物名称、植物种数、株数、冠幅、高度、新枝生长量等。同时在每个样地内沿对角线设置3个1 m×1 m的小样方,观测小样方内所有草本植物的种类、数量、高度、冠幅等指标。

在分析中,采用重要值作为综合数量测度指标,计算公式:

$$\text{重要值} = \frac{\text{相对密度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}}{3}$$

对不同演替阶段霸王群落数量特征从物种丰富度、物种多样性、群落生态优势度、种间相遇率、群落均匀度6个指数对灌木群落结构和稳定性进行描述和评价。计算公式如下<sup>[10]</sup>:

物种丰富度( $S$ ),即群落中物种总数。

$$\text{Simpson 指数}(D) = 1 - \sum P_i^2$$

$$\text{Shannon-Wiener 指数}(H') = - \sum P_i \ln P_i$$

$$\text{种间相遇率}(PIE) = \sum \frac{N_i / N(N - N_i)}{(N - 1)}$$

$$\text{Pielou 群落均匀度}(R) = - \sum P_i \ln P_i / \ln S$$

$$\text{群落优势度}(D_1) = \sum P_i^2$$

采用 $D + H' + PIE + R$ 之和进行排序来比较不同群落多样性之间的差别。其中, $N$ 为样地内植物个体总数; $N_i$ 为第 $i$ 种的个体数; $P_i = N_i / N$ 。

采用方差/均值比率法判断优势种群的分布格局,该检验方法的统计学基础严密,效果也较好,应用比较广泛。其原理是一个Poisson分布的总体方差 $V$ 与平均值 $m$ 相等的性质。当 $V/m = 1$ 时,种群表现为Poisson型(随机)分布,如果 $V/m$ 大于1,则为集群分布,如果 $V/m$ 小于1,则为均匀分布。计算公式:

$$V = \sum_{i=1}^A \frac{n_i - m^2}{A - 1}; m = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^A n_i$$

式中, $n_i$ 为第 $i$ 个样地的个体数, $A$ 为样方数。 $V/m$ 对1离差的显著程度用 $t$ 检验确定。

## 2 结果与分析

### 2.1 物种组成及数量特征

霸王群落演替过程中共有17种植物,分属7科14属,其中灌木8种,多年生草本6种,一年生草本3种(表1)。在先锋群落阶段灌木植物主要由霸王和猫头刺组成,而且猫头刺占绝对优势,随着演替的进行,霸王数量逐渐增加,猫头刺数量相对稳定,同时出现了荒漠锦鸡

儿,到衰退阶段,霸王数量逐渐减少,猫头刺和荒漠锦鸡儿呈增加趋势。多年生草本主要以骆驼蒿、戈壁针茅和骆驼蹄瓣为主,黄芪在群落各演替阶段都有,骆驼蓬和沙葱仅在先锋群落阶段出现。一年生草本猪毛蒿在群落先锋群落阶段数量较多,后逐渐减少,其余一年生植物仅2种,而且仅出现在演替的某个阶段,数量占整个演替阶段物种数量的1.0%以下,对群落稳定性几乎没有影响。

不同演替阶段霸王种群密度及生长量指标也不尽相同(表2)。在先锋群落阶段,霸王数量较少,随着演替的进行,霸王数量逐渐增加,占据了较大空间,当霸王群落达到演替高峰时,霸王数量由于竞争开始逐渐死亡,数量下降,而其他物种数量不断增加,霸王群落逐渐趋向衰退。从生长量指标来看,高度、冠幅在3个演替阶段都是随群落演替而逐渐增加,而新枝生长量则正好相反,在先锋群落阶段较大,随着群密度的增加,对水分养分的竞争加剧,新枝生长量逐渐下降。霸王群落盖度在郁闭稳定阶段最大,在先锋群落阶段最小。

### 2.2 植被类型变化

根据生活型相同的植物对环境具有相同适应性的特性,把生活型相同的植物作为一个整体进行讨论,来研究霸王群落植被的变化规律。从霸王群落3个演替阶段来看(图1),在先锋群落阶段,有灌木植物4种,相对密度仅为13.5%,多年生草本6种,相对密度为50.3%,一年生草本1种,相对密度为36.2%;郁闭稳定阶段灌木植物5种,相对密度为25.9%,多年生草本植物5种,相对密度为73.9%,一年生草本2种,相对密度仅为0.3%;衰退阶段有灌木植物4种,相对密度为46.5%,多年生草本6种,相对密度为53.3%,一年生草本1种,相对密度为0.2%。从先锋群落阶段到衰退阶段,灌木植物种类基本稳定,草本植物种类也基本稳定,多年生草本5~6种,一年生植物仅有1~2种,多年生草本相对密度先增后减,一年生植物相对密度呈减少趋势。在先锋群落阶段,灌木种类少,占据空间也少,为草本植物的生长提供了空间,因此草本植物相对数量大,衰退阶段随着灌木相对密度增多,草本植物相对密度逐渐减少。灌木和多年生植物在群落演替中扮演了重要角色,一年生植物相对密度在不同演替阶段变化差异较大。

### 2.3 物种多样性变化

从物种多样性变化角度分析,在不同演替阶段植被演替表现出一定的规律

表 1 不同演替阶段霸王群落物种组成及数量特征

Table 1 Composition and quantity characteristic of species in different succession stages

生活型 Life form	物种 Species	先锋群落阶段 Pioneer stage	郁闭稳定阶段 Canopy closure stage	衰退阶段 Recession stage
灌木 Shrub	霸王 <i>Zygophyllum xanthoxylon</i>	2.0	9.2	5.2
	猫头刺 <i>Oxytropis aciophylla</i>	32.4	31.8	56.8
	荒漠锦鸡儿 <i>Caragana roborovskiyi</i>	0	18.2	47.0
	合头草 <i>Sympegma regelii</i>	0	0.2	0.4
	泡泡刺 <i>Nitraria sphaerocarpa</i>	1.8	0.0	0.0
	戈壁天门冬 <i>Asparagus gobicus</i>	0	0.2	0.4
	白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	0.2	0	0.0
	刺旋花 <i>Convolvulus tragacanthoides</i>	0	0	0.4
所占比例 Rate		13.5%	25.8%	46.4%
多年生草本 Perennial herb	骆驼蒿 <i>Peganum nigellastrum</i>	71.0	1.0	23.6
	黄芪 <i>Astragalus steinbergianus</i>	8.6	16.4	3.6
	沙葱 <i>Allium mongolicum</i>	2.4	7.8	0
	戈壁针茅 <i>Stipa tianschanica</i>	43.6	141.4	93.2
	骆驼蹄瓣 <i>Zygophyllum fabago</i>	8.6	3.8	6.6
	骆驼蓬 <i>Peganum harmala</i>	1.2	0	0
所占比例 Rate		50.3%	73.9%	53.5%
一年生草本 Annual herb	猪毛蒿 <i>Artemisia scoparia</i>	97.4	0.2	0
	刺头菊 <i>Cousinia affinis</i>	0.0	0	0.4
	猪毛菜 <i>Salsola collina</i>	0.0	0.4	0
所占比例 Rate		36.2%	0.3%	0.2%

表 2 不同演替阶段霸王数量特征

Table 2 Quantitative characteristics of *Zygophyllum xanthoxylon* community in different succession stages

演替阶段 Succession stage	密度 Density/ 株 Plant · 667 m <sup>-2</sup>	高度 Height/ cm	冠幅 Crown/ cm <sup>2</sup>	新枝长度 Length of new shoot/cm	分盖度 Species coverage/%	总盖度 Total coverage/%
先锋群落阶段 Pioneer stage	53.36	33.95	2 652.83	8.55	2.06	23.59
郁闭稳定阶段 Canopy closure stage	245.46	34.6	2 951.37	6.53	10.49	32.37
衰退阶段 Recession stage	138.74	38.7	3 677.12	5.65	6.67	29.52

性(表3)。物种丰富度随群落演替呈增加趋势,增幅有限,多样性指数、种间相遇率、群落均匀度均呈先下降后增加趋势,生态优势度则相反。在先锋群落阶段,优势种霸王不明显,其他物种种类较多,多样性指数较高,均匀度和种间相遇率也高,而在郁闭稳定阶段,优势种霸王数量明显增加,由于竞争作用,其他物种消退,多样性指数、种间相遇率和群落均匀度下降,生态优势度增加,在霸王衰退阶段,其

他物种增加,多样性指数、种间相遇率增加,生态优势度下降。

**2.4 不同演替阶段种群分布格局** 霸王在先锋群落阶段、稳定郁闭阶段和衰退阶段的 V/m 值分别为 0.75、1.11 和 4.40。先锋群落阶段霸王种群呈均匀分布,随着群落的演替,霸王数量的增加,群落趋于稳定,霸王种群呈集群分布,到衰退阶段,仍呈集群分布。

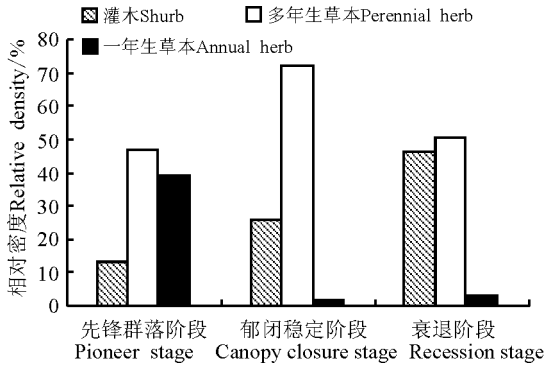


图1 不同演替阶段霸王群落植被类型相对密度变化  
Fig.1 Relative density of *Zygophyllum xanthoxylon* community in different succession stages

2.5 不同演替阶段灌木层重要值 从霸王不同演替阶段灌木层重要值可以看出,在先锋群落阶段,

猫头刺为群落优势物种,霸王仅处于次要地位,到郁闭稳定阶段,群落优势物种被霸王所替代,在衰退阶段,霸王优势地位又被猫头刺和荒漠锦鸡儿所替代。

### 3 结论

霸王群落演替过程中共有 17 种植物,分属 7 科 14 属,其中灌木 8 种,多年生草本 6 种,一年生草本 3 种。不同演替阶段霸王群落物种组成及数量差异明显。其中灌木层主要以霸王和猫头刺为主,在先锋群落阶段,霸王数量较少,猫头刺占有明显优势,郁闭稳定阶段霸王数量最多,猫头刺数量变化不大,到衰退阶段,霸王数量下降,猫头刺数量显著上升。多年生草本以骆驼蒿、戈壁针茅和骆驼蹄瓣为主,骆驼蒿在先锋群落阶段数量最大,郁闭稳定阶段又下降,衰退阶段数量上升,戈壁针茅先增后减,数

表 3 不同演替阶段霸王群落物种多样性

Table 3 Species diversity of *Zygophyllum xanthoxylon* community in different succession stages

演替阶段 Succession stage	物种丰富度 Richness	Simpson 指数 Simpson index	Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index	种间相遇率 Interspecific encounter rate	群落均匀度 Evenness	生态优势度 Ecological dominance(DI)
先锋群落阶段 Pioneer stage	7.8	0.69	1.42	0.71	0.70	0.31
郁闭稳定阶段 Canopy closure stage	7.6	0.55	1.18	0.56	0.57	0.45
衰退阶段 Recession stage	8.6	0.71	1.48	0.63	0.69	0.29

表 4 不同演替阶段霸王群落灌木层重要值

Table 4 Important value of shrub layer of *Zygophyllum xanthoxylon* community in different succession stages

演替阶段 Succession stages	种名 Species	相对频度 Relative frequency	相对盖度 Relative coverage	相对多度 Relative abundance	重要值 Important value
先锋群落阶段 Pioneer stage	霸王 <i>Zygophyllum xanthoxylon</i>	11.63	23.59	0.76	35.97
	猫头刺 <i>Oxytropis aciphylla</i>	11.63	19.55	12.59	43.77
	荒漠锦鸡儿 <i>Caragana roborovskyi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	合头草 <i>Sympegma regelii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	泡泡刺 <i>Nitraria sphaerocarpa</i>	6.98	10.35	0.82	18.15
郁闭稳定阶段 Canopy closure stage	霸王 <i>Zygophyllum xanthoxylon</i>	12.82	32.37	4.16	49.34
	猫头刺 <i>Oxytropis aciphylla</i>	12.82	5.04	13.72	31.57
	荒漠锦鸡儿 <i>Caragana roborovskyi</i>	7.69	6.86	6.88	21.43
	合头草 <i>Sympegma regelii</i>	2.56	0.06	0.09	2.72
	泡泡刺 <i>Nitraria sphaerocarpa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
衰退阶段 Recession stage	霸王 <i>Zygophyllum xanthoxylon</i>	12.82	29.52	2.39	44.73
	猫头刺 <i>Oxytropis aciphylla</i>	12.82	13.12	25.00	50.95
	荒漠锦鸡儿 <i>Caragana roborovskyi</i>	12.82	14.83	18.50	46.15
	合头草 <i>Sympegma regelii</i>	5.13	0.10	0.16	5.39
	泡泡刺 <i>Nitraria sphaerocarpa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00

量相对稳定。一年生植物主要以猪毛蒿为主,在前两个演替阶段均出现,其余一年生植物只出现在某个演替阶段,同时一年生草本受降水影响较大,对群落的稳定性贡献较小。

3个演替阶段霸王密度呈先增加后下降的趋势,高度和冠幅不断增加,新枝长度不断下降,说明在先锋群落霸王生长良好,随着霸王数量的增加,对环境空间的竞争加剧,生长量逐渐减小,到衰退阶段,霸王数量下降,存活物种生长量达到最大,但是新枝生长量却最小。从多样性指数来看,随群落演替呈增加趋势,多样性指数、种间相遇率、群落均匀度均呈先下降后增加趋势,生态优势度则相反。

### 参考文献

- [1] 曾彦军,王彦荣,保平,等.几种生态因子对红砂和霸王种子萌发与幼苗生长的影响[J].草业学报,2005,14(5):24-31.
- [2] 周向睿,周志宇,吴彩霞.霸王繁殖特性的研究[J].草业科学,2006,23(6):38-41.
- [3] 吴彩霞,周志宇,庄光辉,等.强干旱植物霸王和红砂地上部营养物质含量及其季节动态[J].草业科学,2004,

21(3):30-34.

- [4] 张志勇,胡相伟.霸王的组织培养和植株再生[J].植物生理学通讯,2007,43(3):495.
- [5] Wu Y P, Hu X W, Wang Y R. Growth, water relations, and stomatal development of *Caragana korshinskii* Kom. and *Zygophyllum xanthoxylum* (Bunge) Maxim. seedlings in response to water deficits[J]. New Zealand Journal of Agricultural Research, 2009(2):52.
- [6] 杨文智.强旱生灌木——霸王容器育苗技术[J].林业实用技术,2006(6):26.
- [7] 冯燕,王彦荣,胡小文.水分胁迫对幼苗期霸王叶片生理特性的影响[J].草业科学,2011,28(4):577-581.
- [8] 蔡建一,马清,周向睿,等.  $\text{Na}^+$  在霸王适应渗透胁迫中的生理作用[J].草业学报,2011,20(1):89-95.
- [9] 郭树江,徐先英,杨自辉,等.干旱荒漠区沙冬青茎干液流变化特征及其与气象因子的关系[J].西北植物学报,2011,31(5):1003-1010.
- [10] 李昌龙,王继和,孙坤,等.民勤连古城自然保护区群落结构和物种多样性特征分析[J].西北植物学报,2006,26(11):2338-2344.

## Succession characteristics of *Zygophyllum xanthoxylum* communities in the edge regions of Tengger Desert

NING De-nian, MA Ting-xuan, WANG Tian-he, AN Geng, ZHOU Ming-he, LI Neng-li  
(Grassland station of Gulang County of Gansu Province, Gulang 733100, China)

**Abstract:** Based on appearance of *Zygophyllum xanthoxylum* community, crown and numbers of individual plant, the succession processes of *Z. xanthoxylum* community were classified into three stages, and they were pioneer stage dominated by *Oxytropis aciphylla* and *Z. xanthoxylum* stage, canopy closure stage dominated by *Z. xanthoxylum* + *O. aciphylla* + *Caragana roborovskiyi* and recession stage dominated by *O. aciphylla* + *C. roborovskiyi* + *Z. xanthoxylum*, respectively. A field survey in the edge regions of Tengger Desert was conducted to determine the plant species composition, distribution pattern of population and important value of dominant species of different succession stages in this study. This study showed that 17 plant species were identified in this survey, and they belonged to 14 genera of 7 families. The species richness was not significantly different, and the species diversity firstly increased and then decreased when the *Z. xanthoxylum* community developed from pioneer stage to recession stage. The ecological dominance was inverse trend with the species diversity. The *Z. xanthoxylum* population was uniform distribution at pioneer stage, aggregation distribution in canopy closure stage and recession stage. The important value of *Z. xanthoxylum* was the biggest at canopy closure stage, and the others were the secondary.

**Key words:** Tengger desert; *Zygophyllum xanthoxylum* community; succession characteristic