

不同生境条件下沙冬青种群分布格局与特征的初步研究

尉秋实¹ 王继和¹ 李昌龙¹ 庄光辉² 陈善科²

(1 甘肃省治沙研究所, 武威 733000) (2 内蒙古阿拉善盟草原站, 左旗 750300)

摘 要 对阿拉善荒漠区不同生境出现的 3 种沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)种群的生态格局、密度特征、形态格局和动态特征进行了对比研究。结果表明:1)沙冬青种群因生境异质性而形成了各自的生态格局。在流动和半固定风沙地上,种群呈均匀分布,在半固定及砾质沙地、冲积洪积坡地和古河床上,种群呈集群分布。2)单株生长状况因种群密度和区域环境特点而形成了不同的形态格局。种群密度按流动沙地→半固定沙地和砾质沙地交错带→冲积洪积砾质坡地的次序依次减小,不同生境条件下种群密度与个体高度、幅度间、个体高度与幅度间的相关性不同。3)种群年龄结构因生境异质性形成了各自的年龄格局。在流动沙地上,种群内中、老龄个体数分布较均匀,但缺少幼龄个体,种群走向老龄化。半固定和砾质沙地交错带的种群内不但幼龄个体极少,而且种群内不同龄级个体数的分布不均匀,种群趋于衰退。砾质坡地上的种群内不同高度级和幅度级的个体数分布极不均匀,种群严重退化。4)3 种生境中以沙冬青为优势种组成单优群落,种群内均出现严重断代现象,表现为老龄个体多,幼龄、中龄个体极少,种群缺乏后备资源的势态。

关键词 种群生态 沙冬青 分布格局 濒危植物

A PRELIMINARY STUDY ON THE DISTRIBUTION PATTERNS AND CHARACTERISTICS OF *AMMOPIPTANTHUS MONGOLICUS* POPULATIONS IN DIFFERENT DESERT ENVIRONMENTS

YU Oiu-Shi¹ WANG Ji-He¹ LI Chang-Long¹ ZHUANG Guang-Hui² and CHEN Shan-Ke²

(1 Gansu Desert Control Research Institute, Wuwei, Gansu 733000, China)

(2 Alashan Grassland Station of Inner Mongolia, Alashan Zuoqi, Inner Mongolia 750300, China)

Abstract *Ammopiptanthus mongolicus*, which is an endemic and endangered species in China listed in the Red Data book, is a type of evergreen broad-leaved shrub in dry deserts of Asia. *A. mongolicus* is distributed mainly in the Alashan region of Inner Mongolia, but, for unknown reasons, the range of the population has been declining. We studied the distribution patterns and characteristics of *A. mongolicus* as a preliminary step in understanding the dynamic changes of the population and community and the factors causing the population decline. In Alashan Zuoqi, 36 quadrats (20 m × 20 m) and 150 grids (5 m × 5 m) were set up at 3 sites (Dongqingliang, Sumutu and Luanjingtang). There were at least 12 quadrats and 50 grids in every plot. The distribution patterns, stand density characteristics, morphological characteristics, and dynamic changes of the *A. mongolicus* populations at the 3 sites were compared. The results showed that *A. mongolicus* populations formed different distribution patterns under environmental conditions. The population was distributed evenly on flowing-sand or semi-fixed windy sand but was distributed contagiously on ancient riverbeds or stone slopes caused by seasonal floods. Individuals of *A. mongolicus* had different morphologies based on the population density and environment characteristics. On flowing-sand, individuals had shorter heights and smaller diameters but the relationship between height and width was not significant ($R_1 = 0.096$). There was a negative relationship between population density and the height and diameter of individuals in the population on flowing-sand ($R_2 = -0.214$, $R_3 = -0.339$). Individuals growing on semi-fixed windy sand and stone slopes had significantly greater heights and diameters, but there was no significant relationship between population density, and the diameter and the height. On stone slopes, the relationships between individual diameters and the

heights were not significant ($R_1 = 0.886$), and there were no significant relationships between population density and height and width ($R_2 = 0.089$, $R_3 = 0.055$). The densities of *A. mongolicus* populations were the highest at the flowing-sand site and the lowest at the stone slope population where seasonal floods occurred. Populations of *A. mongolicus* had different age structures at the different sites. At the flowing-sand site, there were even numbers of mid- to old-aged individuals but few young individuals, indicating that the population was senescing. At the semi-fixed windy sand and stone slope sites, there were also very few young individuals, and the number of individuals in the different age classes was distributed very unevenly. All three populations had limited the regeneration questioning the long-term viability of these populations.

Key words Population, *Ammopiptanthus mongolicus*, Environmental heterogeneity, Distribution pattern, Endangered species

沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)是亚洲大陆中部荒漠地区的特有种,属于第三纪亚热带常绿阔叶林旱生化类型的残遗种(朱宗元等,1999),是荒漠地区唯一的常绿阔叶灌木(安尼瓦尔等,2000)。沙冬青种群集中分布在腾格里沙漠沙葱湾-通湖山一带的荒漠地区(刘家琮等,1995),常形成单优群落。由于起源古老(刘玉红等,1996)、抗逆性强(蒋进,1991;蒋志荣,2000;王烨和尹林克,1991;冯金朝等,2001),沙冬青具有重要的科学价值(刘家琮等,1995;安尼瓦尔等,2000)和开发利用前景(李慧卿等,2000)。沙冬青在进化上的特殊性和生态上的强适应性,先后引起了国内众多学者的关注,相继开展的研究可概括为生物学特征与系统进化研究(孙祥和于卓,1994;尹林克和王烨,1992)、以抗旱抗寒机理和光合水分生理特征为主的生理生态学研究(李文瑞等,1999;刘家琮和丘新民,1982;张涛,1988;周宜君等,2001;冯金朝等,2001)、细胞生物学研究(冯显逵和宋玉霞,1988;潘伯荣和黄少甫,1993)、生殖生物学与繁育技术研究(丁晓莉,1998;王继林等,2000)、濒危原因、引种保护与开发利用研究(刘果厚,1998;尹林克等,1988)、生物化学成分研究(许国英等,1994;费云标等,1994;许国英,1997)等几个方面。这些研究均是在沙冬青种或属的层次上进行的,为沙冬青的系统进化、种质保护和资源利用提供了科学依据。刘家琮等(1995)初次在群落层次上研究了沙冬青植物群落的结构和特征,为沙冬青的保护、开发和利用提供了一定的导向。而在种群层次上,目前还未见过相关的研究报道。研究不同生境条件下濒危植物种群表现结构可以揭示种群建立和发展过程中的某些机理,反映植物与环境之间的适合度(张文辉等,2004)。沙冬青是第一批受国家重点保护的植物(国家环保局,1985),分布区狭小,生态环境独特,许多调查资料和研究结果(安尼瓦尔等,2000;尹林克等,1988)表明,沙冬青种群在不断

衰败,自然种质资源趋于枯竭。研究沙冬青种群的分布格局与特征,对于定量描述种群结构,揭示格局的成因,阐述种群及群落的动态变化,探索种群衰败和致濒的外在因素具有重要意义。基于此,本文就不同生境条件下沙冬青种群的分布格局、密度特征、种群动态等生态特征进行了初步研究。

1 研究区概况

研究区选在阿拉善左旗嘉尔嘎勒区境内,地理位置为 $105^{\circ}16' \sim 105^{\circ}30' \text{ E}$, $37^{\circ}50' \sim 37^{\circ}56' \text{ N}$,东部被贺兰山余脉环抱,西部为腾格里沙漠。该区域属温带干旱大陆性气候。年均降雨量 $100 \sim 200 \text{ mm}$,年均蒸发量 $2\ 700 \sim 3\ 000 \text{ mm}$,年均气温 $8\ ^{\circ}\text{C}$ 左右,平均海拔为 $1\ 308 \text{ m}$ 。研究区地形坡度在 $1.5 \sim 10^{\circ}$ 之间,土壤多为灰漠土和灰棕漠土。

现场踏查发现,沙冬青种群在流动风沙地、半固定风沙地、冲积、洪积砾质坡地上均有分布,但不同生境条件下其种群的表现结构不同。冬青梁为流动的风沙地貌环境,沙丘延绵起伏,具有大的沙梁、沙湾和不规则的沙丘链,沙粒细小,分布的沙冬青种群密度高,盖度大,水平分布均匀,个体分枝稠密,枝条斜依,叶密集,但高度小;苏木图位于半固定沙地和砾质沙地的过渡带,沙地较平缓,地面以大粒径的砾质为主,分布的沙冬青种群密度明显较前者小,水分分布不均,个体幅度、高度较前者大,分枝疏,枝条斜伸;滦井滩地貌多属于山前冲积洪积坡和古河床,地形坡度大,地面粗糙,多砾石、戈壁,分布的沙冬青种群密度很小,水平分布极不均匀,种群内病虫害严重。3个调查区内沙冬青种群均形成单优群落,沙冬青为优势种。群落盖度在 $15\% \sim 40\%$ 之间,组成群落的伴生植物(样方中)18种,分属8科15属,可分为灌木层和草本层,生活型以矮高位芽植物占优势,表现出典型的干旱荒漠植被类型。

2 研究方法

2.1 样地设置

嘉尔嘎勒区由于受贺兰山山脉和腾格里沙漠的综合影响,在不大的水平范围内具有明显可区别的冲积洪积坡地、半固定沙地和冲砾质沙地交错区、流动风积沙地等地形地貌特征,由于该区域的气温、降雨、湿度等气候条件基本相似,本研究主要参考种群分布区的地形地貌、土壤等生境因子,同时参考林分、坡向等生境因子。1999 年经过充分踏查,应用代表性样地法,选定了滦井滩(冲积、洪积砾质坡地和古河床,坡度 > 10°)、苏木图(半固定风沙地、砾质沙地交错区,坡度 < 5°)和冬青梁(流动和半固定风沙地、沙丘、沙梁、沙湾,坡度 < 5°)3 个类型的沙冬青种群作为代表性样地,确定种群边界,在每个样地内布设 20 m×20 m 的大样方 12 个,共设置大样方 36 个,在大样方内设置 5 m×5 m 的小样方,每个样地内设小样方 50 个,共设小样方 150 个,每个大样方内的小样方数不少于 5 个。

2.2 调查方法

应用样方法(李明辉等,2003),在每个样地内逐级随机抽取 15~20 个小样方,调查 0~40 cm 土层范围内的土壤 pH 值、土质、含水量、盐分、养分和草本植物种的组成、数量和盖度;每样地随机抽取 10 个大样方,调查每个大样方内灌木种的组成、数量、盖度(总盖度和分盖度)和所有沙冬青个体的高度、幅度(东西向和南北向幅度的平均值);应用小样方调查每个物种出现的频度。同时测定样地内地形坡度、记录林地特征和沙冬青的长势、开花结实、病虫害和人为破坏等情况。

2.3 统计分析

在侯平等(1994)研究结果的基础上,结合沙冬青种群在自然环境下的生长特点,划分其高度级和幅度级。以 10 cm 为一个高度级,20 cm 为一个幅度级,分别统计各大样方内不同高度级和幅度级的个体数量,再将同一样地内的大样方合并,绘制高度级-个体数量分布图和幅度级-个体数量分布图,分析其年龄结构和种群动态。应用空间指数法(Greig-Smith, 1983)分析其水平分布格局。

3 结果与分析

3.1 样地生境与种群特征

种群表现结构是物种对立地条件优劣及其对环境适应性的反应(张文辉等,2004),不同的生境对于

同一物种的种群结构具有重要的影响。沙冬青种群主要分布在荒漠地带的山前平原、山麓洪积砾质坡地、石质山地、固定半固定沙地和干河床上(蒋志荣,1994)。根据地貌特征,分别选择冬青梁(种群 A)、苏木图(种群 B)和滦井滩(种群 C)3 地调查种群的生境和特征,调查和统计结果见表 1。

从表 1 可知,种群 A 的平均高、幅度相对较小,而种群密度和盖度明显高于种群 B 和 C,其调查样方内沙冬青的分盖度为 39%,相对盖度为 92%,重要值比亚优种高 71.4%,在群落内占绝对优势,种群内的主要伴生种为白刺(*Nitraria tangutorum*)、霸王(*Zygophyllum xanthoxylum*)和矮脚锦鸡儿(*Caragana brachypoda*),另外还有少量的红砂(*Reaumuria soongorica*)、绵刺(*Potaninia mongolica*)、猫头刺(*Oxytropis aciphylla*)和沙葱(*Allium mongolicum*)。种群 B 和 C 的密度小,但单株的高度和幅度较大。种群 B 分盖度为 17%,相对盖度为 72%,重要值比亚优种高 53.4%,主要伴生种是猫头刺、白刺和霸王,次要伴生种有矮脚锦鸡儿、骆驼蓬(*Peganum harmala*)、沙葱、红砂等;种群 C 的分盖度为 7%,相对盖度为 76%,重要值比亚优种高 38.4%,主要伴生种是珍珠(*Salsola passerina*)、红砂和冷蒿(*Artemisia frigida*),另外有稀疏的无芒隐子草(*Cleistogenes soongorica*)、绵刺和多根葱(*Allium polyrhizum*)。在 3 个样地中,沙冬青均为优势种,但由于地貌环境不同,导致种群结构不同。种群 A 由于处在风沙环境中,株体经受风吹沙埋,枝条斜倚,群落高度较低,但沙埋促进了枝条的萌蘖和生长,枝叶较密集。群落 B 和 C 生长在无流沙或有较少流沙的砾质坡地,植株不受或轻微受到流沙埋压,因而分枝稀疏,侧枝斜伸,株体较高。

3.2 种群的分布格局

种群分布格局是植物种群生物学特性对环境条件长期适应和选择的结果(Gittins, 1985),研究沙冬青种群的水平分布格局对于确定种群特征以及种群与环境之间的关系具有重要的意义。结合沙冬青自身的特点,在调查不同样地样方内的沙冬青株丛数的基础上,采用目前较为常用的空间分布指数法(Greig-Smith, 1983)研究沙冬青种群的水平分布格局。空间指数法的计算公式为:

$$I(\text{空间分布指数}) = \frac{V(\text{方差})}{X(\text{均数})}$$

当 $I = 1$ 时,种群为随机分布;当 $I > 1$ 时,种群为集群分布;当 $I < 1$ 时,种群为均匀分布。

表 1 种群生境与特征
Table 1 Characteristics and habitat of *Ammopiptanthus mongolicus* population

样地 Plot	冬青梁 Dongqingliang	苏木图 Sumutu	滦井滩 Luanjingtan
地貌特征 Surface feature	流动和半固定沙丘、沙梁、沙湾地貌 Flowing-sand, semi-fixed windy sand, sand gulf	半固定风沙地、砾质沙地交错带 Interlaced belt of semi-fixed windy sand and stone slopes	冲积、洪积砾质坡地、古河床 Ancient riverbeds, stone slopes caused by seasonal floods
林地坡度 Stands slope	4	3	11
林地土质 Soil quality	风沙土 Windy sand soil	风砾质沙土 Windy stone-sand soil	冲积、洪积砾质沙土 Stone-sand soil caused by seasonal floods
土壤含水量 Soil water content (%)	2.8	1.9	2.1
土壤 pH 值 pH value	8.14	8.2	8.10
土壤全盐量 Salt content (%)	0.032 4	0.039 5	0.052 9
土壤全 N Nitrogen content (%)	0.025 6	0.032 6	0.039 6
土壤全 P Phosphor content (%)	0.015 0	0.012 5	0.012 2
土壤有机质 Organic matter content (%)	0.231 2	0.330 4	0.330 4
种群平均高度 Mean height (cm)	76.8	99.8	104.4
种群平均幅度 Mean wide (cm)	186.6	240.2	234.0
种群平均密度 Mean density (株丛·hm ⁻²)	1 177.5	465	201
共优种重要值 Importance value of dominants	沙冬青 (<i>Ammopiptanthus mongolicus</i>) 133, 白刺 (<i>Nitraria tangutorum</i>) 38, 霸王 (<i>Zygophyllum xanthoxylon</i>) 29	沙冬青 (<i>Ammopiptanthus mongolicus</i>) 88, 猫头刺 (<i>Oxytropis acphylla</i>) 41, 白刺 (<i>Nitraria tangutorum</i>) 40	沙冬青 (<i>Ammopiptanthus mongolicus</i>) 86, 珍珠 (<i>Salsola passerina</i>) 53, 红砂 (<i>Reamuria soongorica</i>) 40

对 3 个类型的沙冬青种群的统计分析结果见表 2。由表 2 可知,不同样地的沙冬青种群其分布格局不同,在冬青梁成均匀分布,在苏木图和滦井滩均成集群分布。沙冬青种群要在严酷的环境中延续下来,除了体内具有特殊的抗逆机制以外(蒋志荣, 2000;周宜君等, 2001;冯金朝等, 2001;费云标等, 1994),还必须能进行种族繁衍。刘果厚(1998)认为,沙冬青是第三纪的古热带气候条件下孕育发展起来的喜温嗜湿类群,其旱生特征是后来逐步适应干旱荒漠气候的结果,自然条件下只能进行有性繁殖,其种子在 30℃左右才能萌发。同时,沙冬青种子光滑、颗粒大(千粒重 50 g 左右),种皮坚硬,吸胀速度缓慢,浸水 10 d 的种子吸胀率为 60%。沙冬青的这种繁殖特性和种子特点对其种群的分布至关重要。固定和半固定沙地对于沙冬青种子的传播和保藏具有积极的作用,而且沙面下的固定湿沙层能有效促进种子的萌发(类似于人工沙藏催芽处理)。在

特殊年份,当土壤温度和水分在一定时段达到有效耦合时,沙冬青种子会大量萌发成苗,从而使种群延续和扩大,密度增加,在密度效应的影响下,种群保持均匀分布状态;而砾质沙地和冲积坡地等地面环境对于沙冬青种子的保藏和土壤水分的保持均不利。因此,当土壤温度和水分达到有效耦合时,只有母株附近脱落的新鲜种子才能萌发成苗,导致沙冬青成集群分布。

3.3 种群的密度特征与形态格局

将每个大样方中调查的沙冬青个体高度、幅度取其平均值,同时将大样方中调查的密度资料中的株丛/400 m²转换成株丛·hm⁻²,统计结果见表 3。由表 3 可知,种群 A 的密度最高,其平均密度为 1 177.5 株丛·hm⁻²,最高密度可达 1 320 株丛·hm⁻²;种群 B 密度最小,其平均值为 201 株丛·hm⁻²,种群 C 的密度介于二者之间,为 465 株丛·hm⁻²,不同种群高度的变化顺序是 C > B > A,幅度

的变化顺序是 $B > C > A$ 。对同样地沙冬青种群的高度、幅度和密度进行方差分析,结果均达到显著水平($p = 0.05$)。种群密度、高度和幅度之间的相关性在一定程度上能反应种群自身的生态特点及其与环境的关系,表 3 中 R_1 、 R_2 、 R_3 为三者之间的相关系数,从不同的 R 值可以看出同一地段种群密度、高度和幅度相互间的相关程度。

种群 A 由于受到沙埋的影响,其高度和幅度之间无明显的相关性($R_1 = 0.096$),但由于种群密度较大,个体间的营养竞争较强,其幅度和密度之间($R_2 = -0.214$)、高度和密度之间($R_3 = -0.339$)均表现出一定的负相关性;种群 B 密度相对较小,但部分种群仍然受到沙埋的影响,因而 3 个指标间的相关性均不明显, R_1 、 R_2 、 R_3 分别为 0.094、 -0.021 、 -0.169 。种群 C 由于不受沙埋的影响,其幅度和高度之间表现出明显的正相关性($R_1 = 0.886$),小的种群密度也降低了个体间的营养竞争,表现为幅度和密度间、高度和密度间的相关性不明显。

3.4 种群动态分析

年龄结构是反应种群动态的一个重要指标(谢宗强等,1999),为了避免科研活动给珍稀濒危植物造成破坏,目前多采用单株的大小结构(乔木树种多采用径级)代替年龄结构(闫桂琴等,2001;谢宗强等,1995),取得较好的结果。沙冬青属于灌木树种,基部分枝多,无明显的主干,年轮不易辨别,应用生长锥或径级研究种群动态的难度较大。侯平等(1994)应用人工栽培的植株研究了沙冬青的生物量,认为 8~10 年生的沙冬青高生长基本停止,达到稳定的高度为 121~160 cm。以此为依据,结合沙冬青种群在自然条件下的生长特性,应用天然沙冬青种群中个体的高度和幅度分析种群动态。

图 1 是沙冬青天然种群株数-高度级和株数-幅度级分布图。可以看出,3 个地段的种群均表现为缺少中、幼龄个体,老龄个体较多,种群缺乏后备资源的势态。种群 A(冬青梁)中最小个体的高度大于 40 cm,幅度大于 100 cm,种群中高度在 50~110 cm

表 2 沙冬青种群的水平分布格局
Table 2 Distribution patterns of *Ammopiptanthus mongolicus* population

样地 Plot	样方数 No. of quadrats	均数 \bar{X}	方差 V	空间分布指数 I	分布格局 Distribution pattern
冬青梁 Dongqingliang	10	78.5	14.0	0.358	均匀分布 Even
苏木图 Sumutu	10	31.0	32.4	1.574	集群分布 Contagious
滦井滩 Luanjingtian	10	13.4	168.24	12.56	集群分布 Contagious

表 3 不同地段沙冬青天种群的高度、幅度与密度分布
Table 3 Distribution of height, wide and density of *Ammopiptanthus mongolicus* population in different sites

冬青梁 Dongqingliang				苏木图 Sumutu				滦井滩 Luanjingtian			
S	MH	MW	MD	S	MH	MW	MD	S	MH	MW	MD
1	79.7	190.4	1110	11	97.2	247.2	525	21	79.0	183.5	480
2	82.9	185.9	1215	12	103.1	234.1	405	22	88.0	225.7	210
3	80.0	184.2	1035	13	96.3	233.2	495	23	91.0	231.6	120
4	79.8	186.2	1215	14	96.8	243.5	630	24	105.6	236.6	180
5	77.1	183.1	1320	15	95.8	245.3	270	25	121.0	243.5	75
6	81.0	204.5	1155	16	105.0	232.0	600	26	122.9	256.0	405
7	73.0	152.8	1275	17	106.2	256.2	375	27	123.0	261.0	540
8	70.0	176.0	1125	18	98.5	229.2	375	28	—	—	0
9	54.5	201.8	1200	19	103.0	240.5	465	29	—	—	0
10	90.0	201.0	1125	20	96.4	241	510	30	—	—	0
\bar{X}	76.80	186.59	1177.5		99.83	240.22	465		104.4	234.0	201
R_1		0.096				0.094				0.886	
R_2		-0.217				-0.021				0.089	
R_3		-0.35				-0.169				-0.055	

S: 样方号 No. of samples MH: 平均高 Mean height (cm) MW: 平均幅度 Mean wide (cm) MD: 平均密度 Density (individuals·hm⁻²)
X: 均值 Mean value R₁: 高度-幅度相关系数 Correlation coefficient of height and wide R₂: 高度-密度相关系数 Correlation coefficient of height and density
R₃: 幅度-密度相关系数 Correlation coefficient of wide and density

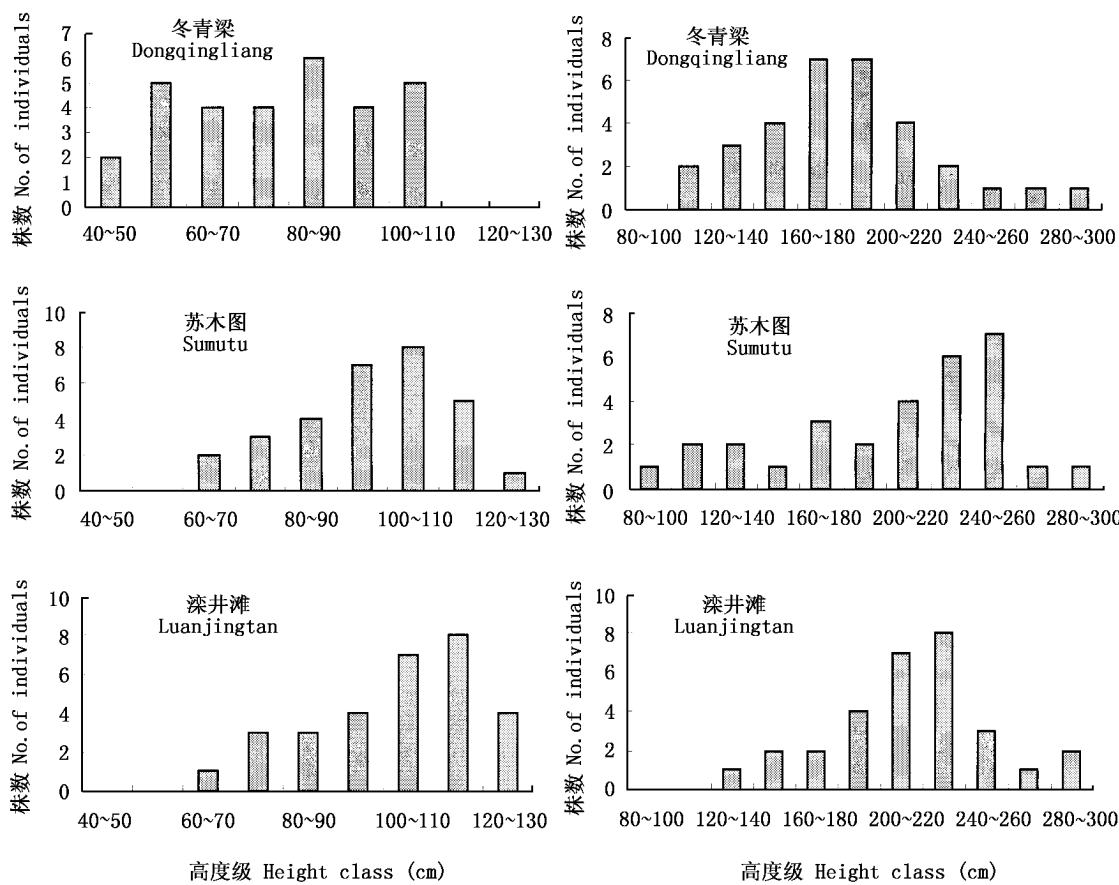


图 1 沙冬青天然种群个体高度、幅度级数量(株丛·400 m⁻²)分布图
Fig.1 The individual number(ind. ·400 m⁻²) distribution of different *Ammopiptanthus mongolicus* populations

之间的个体数分布较均匀,但几乎没有幼林个体(高度 < 40 cm),说明在过去一段时间内种群呈现增长态势,但随着气候的旱化,在目前已经出现了断代的现象,种群逐渐走向老龄化。种群 B(苏木图)不但幼林个体极少,而且种群内不同龄级的个体分布极不均匀,种群趋于衰退。种群 C(滦井滩)的表现与种群 B 相似,其不同高度级和幅度级的个体数分布极不均匀,种群严重退化。出现这种差异的主要原因是气候逆变和环境差异综合作用的结果。气候旱化导致沙冬青种群出现断代和衰退现象,而不同地段林地环境导致不同种群内部表现结构的不同。与苏木图和滦井滩相比,冬青梁的风沙地面环境对于沙冬青种子的保藏、萌发和种群结构的稳定更为有利,因而更适合沙冬青种群的生存和发展。野外调查时发现,分布在苏木图和滦井滩的沙冬青个体高度大但树冠疏漏,部分个体还遭受严重的虫害,种群密度小,总体长势较差,而分布在冬青梁的沙冬青个体较低矮,但枝叶繁茂密集,树冠紧密,长势旺盛。

4 初步结论

不同生境条件下沙冬青种群因生境异质性而形成了各自的生态格局、形态格局和年龄格局。在流动和半固定风沙地上,种群呈均匀分布,在砾质沙地、冲积洪积坡地和古河床上,种群呈集群分布。种群密度按流动沙地→半固定沙地和砾质沙地交错带→冲积洪积砾质坡地次序依次减小,但由于受沙埋的影响和密度效应,其个体的高度和幅度依次增大。不同生境条件下种群密度与个体高度、幅度间、个体高度和幅度间的相关性不同。流动沙地上个体高度和幅度之间相关性不明显($R_1 = 0.096$),种群密度与个体幅度、高度间表现为一定的负相关性($R_2 = -0.214$, $R_3 = -0.339$)。半固定风沙地、砾质沙地交错带的沙冬青个体高度与幅度间、种群密度与个体高度、幅度间的相关性均不高($R_1 = 0.094$, $R_2 = -0.021$, $R_3 = -0.169$)。砾质坡地上个体高度和幅度间具有较大的相关性($R_1 = 0.886$),种群密度与个

体高度、幅度间的相关性不明显($R_2 = 0.089$, $R_3 = -0.055$)。分布在流动沙地上的种群中, 中老龄个体数分布较均匀, 但几乎没有幼龄个体, 种群走向老龄化。半固定和砾质沙地交错带的种群中不但幼龄个体极少, 而且种群内不同龄级个体数的分布极不均匀, 种群年龄(高度级)结构呈明显的金字塔型, 种群趋于衰退。砾质坡地上的种群其不同高度级和幅度级的个体数分布极不均匀, 种群严重退化。3 种生境中的种群均出现严重断代现象, 表现为老龄个体多, 中、幼龄个体极少, 种群缺乏后备资源的势态。

参 考 文 献

- Anivar (安尼瓦尔), Yin LK (尹林克), Pan BR (潘伯荣) (2000). Causes of endangerment, ex situ conservation and sustainable use of *Ammopiptanthus* endemic to central Asia. *Plant Introduction and Acclimatization* (植物引种驯化集刊), 13, 1 – 9. (in Chinese)
- Ding XL (丁晓莉) (1998). A primary study on the tissue culture of *Ammopiptanthus mongolicus*. *Arid Zone Research* (干旱区研究), 15(4), 44, 54. (in Chinese with English abstract)
- Fei YB (费云标), Sun LH (孙龙华), Huang T (黄涛), Shu NH (舒念红), Gao SQ (高素琴), Jian LC (简令成) (1994). Isolation and identification of antifreeze protein with high activity in *Ammopiptanthus mongolicus*. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), 36, 649 – 650. (in Chinese with English abstract)
- Feng JC (冯金朝), Zhou YJ (周宜君), Zhou HY (周海燕), Zhang JG (张锦光) (2001). Physiological responses of *Ammopiptanthus mongolicus* (Maxim) to change of soil moisture. *Journal of Desert Research* (中国沙漠), 21, 223 – 226. (in Chinese with English abstract)
- Feng XK (冯显达), Song YX (宋玉霞) (1988). A study on the nucleolus form of *Ammopiptanthus mongolicus*. *Ningxia Journal of Agro-forestry Science and Technology* (宁夏农林科技), 3, 29. (in Chinese with English abstract)
- Gittins R (1985). *Canonical Analysis, a Review with Applications in Ecology*. Springer Verlag, Berlin, 75.
- Greig-Smith P (1983). *Quantitative Plant Ecology*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 54 – 104.
- Hou P (侯平), Yin LK (尹林克), Yan C (严成) (1994). Study on biomass of *Ammopiptanthus mongolicus*. *Arid Zone Research* (干旱区研究), 11(1), 16 – 22. (in Chinese with English abstract)
- Jiang J (蒋进) (1991). Studies on resisting drought abilities of 8 endangered species. *Arid Zone Research* (干旱区研究), 8(2), 39 – 43. (in Chinese with English abstract)
- Jiang ZR (蒋志荣) (1994). The usefulness of evergreen shrub (*Ammopiptanthus mongolicus*) on soil improving, sand fixation and wind break in sand regions. *Journal of Gansu Agriculture University* (甘肃农业大学学报), 29, 83 – 86. (in Chinese with English abstract)
- Jiang ZR (蒋志荣) (2000). A study on resisting drought mechanism of *Ammopiptanthus mongolicus*. *Journal of Desert Research* (中国沙漠), 20, 72 – 74. (in Chinese with English abstract)
- Li HQ (李慧卿), Ma WY (马文元), Li HY (李慧勇) (2000). The resistant capability and prospects of *Ammopiptanthus*. *World Forestry Research* (世界林业研究), 13, 67 – 71. (in Chinese with English abstract)
- Li MH (李明辉), He FH (何风华), Liu Y (刘云), Pan CD (潘存德) (2003). Analysis methods of stand spatial distribution pattern. *Ecologic Science* (生态科学), 22, 77 – 81. (in Chinese with English abstract)
- Li WR (李文瑞), Feng JC (冯金朝), Jiang TR (江天然), Zhang LX (张立新), Liu XM (刘新民) (1999). Seasonal changes in photosynthetic characteristics of *Ammopiptanthus mongolicus*. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), 41, 190 – 193.
- Liu GH (刘果厚) (1998). Study on the endangered reasons of *Ammopiptanthus mongolicus* in the desert of Alashan. *Bulletin Botanical Research* (植物研究), 18, 341 – 345. (in Chinese with English abstract)
- Liu JQ (刘家琼), Qiu MX (丘明新) (1982). Ecological, physiological and anatomical traits of *Ammopiptanthus mongolicus* grown in desert of China. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), 24, 568 – 573. (in Chinese with English abstract)
- Liu JQ (刘家琼), Qiu MX (丘明新), Yang K (杨), Shi QH (石庆辉) (1995). Studies on the plant community of *Ammopiptanthus mongolicus*. *Journal of Desert Research* (中国沙漠), 15, 109 – 115. (in Chinese with English abstract)
- Liu YH (刘玉红), Wang SM (王善敏), Wang HS (王荷生) (1996). A study on the chromosomal geography of *Ammopiptanthus* genus. *Geographical Research* (地理研究), 15, 44 – 47. (in Chinese with English abstract)
- Pan BR (潘伯荣), Huang SP (黄少甫) (1993). Studies on the cytology of *Ammopiptanthus* genus. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), 35, 314 – 317. (in Chinese with English abstract)
- Sun X (孙祥), Yu Z (于卓) (1994). Studies on root system of *Ammopiptanthus mongolicus*. *Arid Zone Research* (干旱区研究), 11(1), 53 – 56. (in Chinese with English abstract)
- State environmental protection administration of China (国家环保局) (1985). *List of preserved endangered species in China* (I) (中国珍稀濒危植物保护名录 I). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Wang JL (王继林), Guo ZZ (郭志中), Yu HB (于洪波), Wang SY (王三英), He HL (何虎林) (2000). Comparative trial of 4 cultivating seedlings methods for *Ammopiptanthus mongolicus*. *Journal of Desert Research* (中国沙漠), 20, 320 – 322. (in Chinese with English abstract)
- Wang Y (王焱), Yin LK (尹林克) (1991). Determination on enduring salt ability of two species of *Ammopiptanthus* genus. *Arid Zone Research* (干旱区研究), 8(2), 20 – 22. (in Chinese with English abstract)

Xie ZQ(谢宗强), Chen WL(陈伟烈), Lu P(路鹏), Hu D(胡东)(1999). The demography and age structure of the endangered plant population of *Cathaya argyrophlla*. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 19, 523 – 528. (in Chinese with English abstract)

Xie ZQ(谢宗强), Chen WL(陈伟烈), Jiang MX(江明喜), Huang HD(黄汉东), Zhu RG(朱日光)(1995). A preliminary study on the population of *Cathaya argyrophlla* in Bamianshan mountain. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), 37, 58 – 65. (in Chinese with English abstract)

Xu GY(许国英), Pan BR(潘伯荣), Xie ML(谢明玲)(1994). Study on alkaloid in *Ammopiptanthus mongolicus*. *Arid Zone Research* (干旱区研究), 11(1), 50 – 52. (in Chinese with English abstract)

Xu GY(许国英)(1997). Study on the chemical components in *Ammopiptanthus mongolicus*. *Arid Zone Research* (干旱区研究), 14(3), 69 – 71. (in Chinese with English abstract)

Yan GQ(闫桂琴), Zhao GF(赵桂仿), Hu ZH(胡正海), Yue M(岳明)(2001). Population structure and dynamics of *Larix chinensis* in Qinling mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 12, 824 – 828. (in Chinese with English abstract)

Yin LK(尹林克), Wang Y(王烨)(1992). A primary study on the biological characteristics during florescence of *Ammopiptanthus mongolicus*. *Journal of Xinjiang Forestry Science and Technology* (新疆林业科技), 1, 19 – 22. (in Chinese)

Yin LK(尹林克), Pan BR(潘伯荣), Zhao ZD(赵振东), Wang Y(王烨), Yan C(严成)(1988). Introduction trial on the species of *Ammopiptanthus* genus. *Arid Zone Research* (干旱区研究), 5(4), 36 – 43. (in Chinese)

Zhang T(张涛)(1988). A study on the physiological structure characteristics of *Ammopiptanthus mongolicus*. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), 24, 508 – 509. (in Chinese with English abstract)

Zhang WH(张文辉), Wang YP(王延平), Kang YX(康永祥), Liu XJ(刘祥君)(2004). Study on the relationship between *Larix chinensis* population's structure and environment factors. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 24, 41 – 47. (in Chinese with English abstract)

Zhou YJ(周宜君), Liu CL(刘春兰), Feng JC(冯金朝), Jia XH(贾晓红)(2001). Progress in studies on resisting drought and cold mechanisms of *Ammopiptanthus mongolicus*. *Journal of Desert Research* (中国沙漠), 21, 312 – 315. (in Chinese with English abstract)

Zhu ZY(朱宗元), Ma YQ(马毓泉), Liu ZL(刘钟龄), Zhao YZ(赵一之)(1999). The proper species and plant system characteristics in Alashan-Eerduosi biodiversity center. *Journal of Arid Land Resources and Environment* (干旱区资源与环境), 13(2), 3 – 14. (in Chinese with English abstract)

责任编辑: 董 鸣 责任编辑: 姜联合