

荒漠绿洲边缘区泡泡刺种群对风沙干扰的响应

李秋艳¹, 赵文智^{1*}, 李启森¹, 常学礼²

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 中国生态系统研究网络临泽内陆河流域综合研究站, 甘肃 兰州 730000;
2. 山东烟台师范学院地理旅游系, 烟台 264025)

摘要:研究了位于黑河中游荒漠绿洲外缘(荒漠与绿洲过渡带)戈壁与沙漠两种生境下泡泡刺种群对风沙干扰的响应。结果表明,因风沙干扰的响应,泡泡刺种群以斑块状格局形式存在;独立灌丛沙堆的形成途径主要有 4 种:种子发育、根茎繁殖、较大的沙堆退化(生境破碎化)和邻近沙堆的兼并。水分条件是泡泡刺种群生长的重要制约因素,长期对有限的水分资源竞争,使其大小和空间分布都形成了明显的特征。绿洲与戈壁交错带(类似戈壁生境)样地的泡泡刺种群的沙埋深度、种群高度、种群盖度、种群大小、生物量都小于绿洲与沙漠交错带(类似沙漠生境)样地的泡泡刺种群的相应的种群特征变量,而绿洲与戈壁交错带样地的泡泡刺种群密度却大于绿洲与沙漠交错带样地的相应的种群特征变量。绿洲与戈壁交错带样地的泡泡刺种群密度为 33.3 株/m²,而绿洲与沙漠交错带样地的泡泡刺种群密度为 25.4 株/m²。两样地泡泡刺种群的沙埋深度、种群高度、盖度、密度及大小存在着显著差异,只有生物量无显著差异。两样地中泡泡刺的沙埋深度对泡泡刺种群特征的影响明显,无论戈壁还是沙漠生境,沙埋深度与种群高度、种群大小、种群生物量明显正相关。适度沙埋可以促进泡泡刺种群的生长,但当沙埋深度超过 100cm 时,又会对泡泡刺种群的生长有所抑制,这是泡泡刺种群对风沙环境的适应。

关键词:荒漠绿洲过渡带;泡泡刺;斑块格局;沙埋深度;种群特征

Responses of *Nitraria sphaerocarpa Maxim.* population to disturbance of blown sand in the edge of Desert Oasis

LI Qiu-Yan¹, ZHAO Wen-Zhi¹, LI Qi-Sen¹, CHANG Xue-Li² (1. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Science, Chinese Ecosystem Network Research Linze Inland River Basin Comprehensive Research Station, Lanzhou 730000, China; 2. Department of Geography and Tourism, Yantai Normal College, Yantai 264025, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(11): 2484~2491.

Abstract: *Nitraria sphaerocarpa Maxim.* is one of the major sand binding species in the sand lands, which mainly distributes in the arid and semi-arid area of China. The study was conducted to evaluate how the *Nitraria sphaerocarpa Maxim.* population responds to the disturbance of blown wind, and to establish the relationships between the depth of sand burial and the population height, coverage, density, size, and biomass, respectively. The results show as follows:

Nitraria sphaerocarpa Maxim. population shows patchy and discontinuous distribution pattern. Sand burial makes the population relative independent shrub coppice dune. And the independent shrub coppice dunes can be formed by four ways, that is: 1) seedling reproduction; 2) sprouting reproduction; 3) habitat fragmentation; 4) combination of neighboring shrub coppice dunes.

Water condition is one of the most important factors to control the growth of *Nitraria sphaerocarpa Maxim.* population, which has significant characters in size and spatial distribution, due to competing for the limited water resource.

基金项目:中国科学院知识创新工程资助项目(KZCX1-09-2);中国科学院知识创新工程方向性资助项目(KZCX3-SW-329);国家自然科学基金重点资助项目(40235053)

收稿日期:2004-02-15; **修订日期:**2004-08-10

作者简介:李秋艳(1978~),女,山东金乡人,硕士生,主要从事生态水文学研究。E-mail:liqiuyan@ns.lzb.ac.cn

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zhaowzh@ns.lzb.ac.cn

Foundation item: the Western China Action Program of Chinese Academy of Sciences (No. KZCX1-09-02); the Knowledge Innovation Program of Chinese Academy of Sciences (No. KZCX3-SW-329); National Natural Science Foundation of China (No. 40235053)

Received date: 2004-02-15; **Accepted date:** 2004-08-10

Biography: LI Qiu-Yan, Master candidate, mainly engaged in eco-hydrology in arid region.

Except for the biomass, there are significant differences between population height, coverage, density, and size in Gobi and those of the population in the desert, respectively. The height, coverage, size, and biomass of the population in the desert are bigger than those in Gobi, however, the density of the population in desert is less than that in Gobi.

The population height, density, size and biomass are significantly correlated with the depth of sand burial in Gobi, and the height, coverage, size and biomass are significantly correlated with the depth of the sand burial in the desert, respectively. Population height increases with increasing sand depth. Population coverage increases with increasing sand depth in desert. Also the density increases with increasing depth of sand burial in the desert, however, there is a steady decrease when the depth of sand burial is more than 100cm. The result illustrates that the depth of sand burial that is fittest for the growth of *Nitraria sphaerocarpa Maxim.* population is 100cm. In Gobi, the population density increases with increasing depth of sand burial. The size of the population is significantly correlated with the sand depth, which increases with increasing depth both in Gobi and the desert.

The conclusion can be drawn that the characteristics of *Nitraria sphaerocarpa Maxim.* population are significantly correlated with the depth of sand burial due to the disturbance of blown wind and the limited water resource. Sand burial can improve its growth, however, when the depth of sand burial is more than 100cm, its growth will be gradually restrained.

Key words: Desert Oasis; *Nitraria sphaerocarpa Maxim.*; patch pattern; depth of sand burial; population characteristics
文章编号:1000-0933(2004)11-2484-08 中图分类号:P338 文献标识码:A

风沙对植物的干扰主要表现在风积(沙埋)和风蚀两种过程对植物的干扰。沙埋可以促进植物生长,特别是灌木的生长^[1]。但也有研究指出,沙埋可以降低植物的存活和生物量^[2],但风蚀却限制植物的生长^[3]。植物特别是生长在风沙环境中的灌木表现出了各种各样的响应方式。例如,砂生槐(*Sophora moorcroftiana*)以其强的种子繁殖、根蘖繁殖以及沙埋情况下强的新枝萌发能力来适应沙地环境^[4,5];木岩黄芪(*H. fruticosum*)以其强的块状茎繁殖方式适应沙地环境^[6];差不嘎蒿(*Artemisia halodendron*)以其强的嫩枝繁殖适应沙地^[7];小黄柳(*Salix gordejewii*)以其耐沙埋的方式来抵抗流沙环境^[1];沙蓬(*Agrophyllum squarrosus*)以其对水分的高效利用在较短的雨季内完成其生活史以适应沙地环境的^[8]。这些研究都证明植物对风沙干扰的响应因物种而异。

泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa Maxim.*)属于白刺属,是广泛分布在戈壁、山前平原和沙砾质平坦沙地的灌木植物,与其它白刺属植物具有很多相似特点,都具有耐干旱、盐碱、抗风蚀、耐沙埋等特点。特别是,泡泡刺在沙埋后能迅速长出不定根,进而扩展枝叶、积沙成丘,形成固定和半固定的泡泡刺灌丛沙包,这种景观往往分布在绿洲与荒漠的过渡带,这对防止流沙入侵绿洲、保持绿洲环境的稳定具有很大的生态作用。对类似于泡泡刺这样的白刺属植物的生态特性^[9]、生态位^[10]、光合和呼吸特征^[11]、土壤水分变化特征及定时空分布格局^[12,13]、地下水埋深的响应方面^[14]已有大量研究。但有关泡泡刺种群对风沙干扰的响应的研究还较少。

本文在甘肃省的临泽县北部荒漠绿洲外围区,选择绿洲与沙漠交错带(类似沙漠的生境,以沙埋为主)和绿洲与戈壁交错带(类似戈壁的生境,总体上风蚀与沙埋平衡,灌丛沙堆间风蚀,灌丛周围堆积)两种生境,探讨泡泡刺对风沙干扰的响应,确定泡泡刺种群特征与沙埋深度的数量关系。

1 研究区概况

研究区位于甘肃省临泽县北部绿洲边缘,介于100°06'49"~100°09'14"E,39°22'41"~39°24'01"N,地处黑河流域中游。以戈壁和沙漠两种生境条件下的泡泡刺种群为研究对象。戈壁生境的地势平坦,地表有少量小砾石及灰棕色细土结皮,其下为较均一的青灰色细沙,1~0.25mm的沙粒占73%~91%。地下水位超过10m,有机质含量很低,一般为0.1%~0.4%。天然植被以泡泡刺和红砂(*Reaumuria soongorica (Pall.) Maxim.*)为主,长期风沙干扰使泡泡刺形成簇生状,并有灌丛沙堆发育,而红砂零星分布,生长矮小。沙漠生境位于巴丹吉林沙漠延伸带,绿洲内部多为固定、半固定沙地;外部为流动沙丘,沙丘高度为3~6m。主要以新月形沙丘或沙丘链形式存在,为浅黄棕色或微红棕色细沙,0.25~0.05mm的颗粒占80%~90%,有机质含量0.12%~0.83%,可溶性盐含量不到0.1%。天然植被以泡泡刺为主,主要分布在丘间低地,伴有沙拐枣(*Calligonum mongolicum Turcz.*)、雾冰藜(*Bassia dasyphylla (Fisch. et Mey.) Kuntze*)、白茎盐生草(*Halogeton arachnoideus Miq.*)、碱蓬(*Suaeda glauca (Bunge) Bunge*)、沙米(*Agriophyllum squarrosus (L.) Moq.*)等。研究区属温带大陆性荒漠气候,气候干燥,降水少而集中,年平均降水量119.1mm;蒸发量大,年蒸发量2337.6mm。光照充足,热量丰富,日照长、辐射强、昼夜温差大。全年日照时间3053.9h,年总辐射量10224.6kJ/cm²;年平均气温7.7℃,≥0℃活动积温3544.6℃,≥10℃活动积温3092.4℃,无霜期152d。风大沙多,风沙活动强烈,年平均风速3.2m/s,大风日数(≥17m/s的日数)15d。土壤以灰棕漠土和风沙土为主,其中灰棕漠土为地带

性土壤。

2 研究方法

在野外踏查的基础上,于8月中旬分别在绿洲与戈壁交错带和绿洲与沙漠交错带选择一块100m×100m的样地,两样地相距5km。绿洲与戈壁交错带的样地,由于地表沙物质较少,尽管风力强劲,但风沙活动相对较弱,主要是戈壁表层细颗粒物质的搬运和在泡泡刺灌丛附近的堆积,因此可以看作是蚀积平衡的代表样地。而绿洲与沙漠交错带上的样地由于沙物质丰富,沙物质在灌丛附近堆积,为沙埋的代表样地。沙堆的具体位置的确定方法是以样地一个角为原点,该原点的 x,y 坐标定为(0,0),然后测定样地内每个沙堆的坐标值(图1)。在泡泡刺灌丛中,又选择0.5m×0.5m和1.0m×1.0m的小样方(视灌丛大小而定)。调查灌丛的沙包高度、泡泡刺种群的高度、盖度、大小、密度、生物量及伴生种等。分别选择长轴和短轴,测出4个点的高度,然后求平均值,即沙包高度,它可以被认为是沙埋深度;密度以地上部分的枝条数为准;生物量为烘干重(g/m²)。

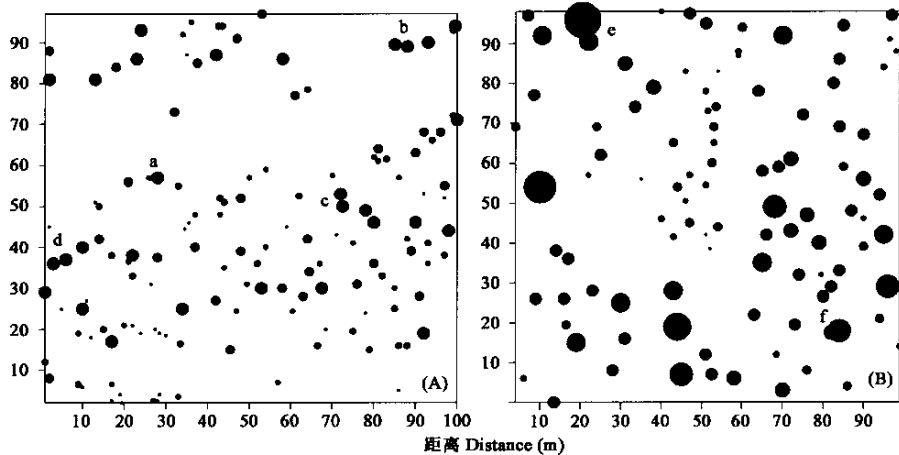


图1 样地内泡泡刺沙堆的空间分布图,(A)戈壁生境;(B)沙漠生境

Fig. 1 Spatial distribution of *Nitraria sphaerocarpa* Maxim. dune, (A) Gobi habitat; (B) desert habitat

3 结果与分析

3.1 泡泡刺种群特征的描述统计

在绿洲与戈壁交错带样地的泡泡刺种群的沙埋深度、种群高度、种群盖度、种群大小、生物量都小于绿洲与沙漠交错带样地的泡泡刺种群的相应的特征变量,而绿洲与戈壁交错带样地的泡泡刺种群密度却大于绿洲与沙漠交错带样地的泡泡刺种群密度。两样地的沙埋深度分别为27.5cm和57.2cm,种群高度分别为21.8cm和36.7cm,种群盖度分别为30.6%和49.8%,种群密度分别为33.3株/m²和25.4株/m²,种群大小分别为4.7m²和15.9m²,生物量分别为283.6g/m²和309.2g/m²(表1)。经 t 检验分析,两样地泡泡刺种群的沙埋深度、种群高度、种群盖度、种群密度以及种群大小的差异在0.01水平上是显著的,而两样地的种群生物量差异并不显著,即两样地泡泡刺种群的沙埋深度、种群高度、盖度、密度及大小存在着显著差异,但生物量没有显著差异。

3.2 泡泡刺种群特征与沙埋深度的相关分析

利用Spss10.0分别对戈壁和沙漠生境中的泡泡刺种群的特征与沙埋深度进行相关分析。结果表明,在绿洲与戈壁交错带样地中,沙埋深度与种群高度、种群密度、种群大小、种群生物量明显正相关,但与种群盖度的相关性并不显著。种群高度与种群盖度、种群大小、种群生物量正相关,说明植株较高的种群具有较大的盖度、较大的冠幅和生物量;但种群高度与种群密度成负相关,说明密度越大,高生长越小(表2)。

在绿洲与沙漠交错带样地中,沙埋深度与种群高度、种群盖度、种群大小、种群生物量明显正相关,其中,与种群大小的相关系数最大可达到0.818,而与种群密度相关性并不显著;种群高度与种群盖度、种群大小、种群生物量明显正相关,与种群密度成负相关;种群盖度与种群生物量明显正相关;种群密度与种群生物量成负相关;种群大小与种群生物量明显正相关(表3)。

3.3 沙埋对泡泡刺种群的影响

3.3.1 沙埋深度对种群高度的影响 绿洲与戈壁交错带样地中泡泡刺种群的植株高度大部分集中在15~30cm(图2a),而绿洲与沙漠交错带样地中泡泡刺种群的植株高度大部分在30cm左右,有的植株高度可达80cm(图3a)。

表1 戈壁与沙漠生境中泡泡刺种群特征描述统计

Table 1 Description statistics of characteristics of <i>Nitraria sphaerocarpa</i> Maxim. in Gobi and desert								
生境 Habitat	变量 Variable	平均值 Average	标准误差 Standard error	变异系数 Coefficient of variation	中值 Median	最小值 Mix.	最大值 Max.	样本数 Number of samples
戈壁 Gobi	沙埋深度(cm) ^①	27.5a	14.1	0.51	25.5	2	64.8	142
	种群高度(cm) ^②	21.8 a	5.9	0.27	22	8	37	142
	种群盖度(%) ^③	30.6 a	12.1	0.40	30	5	70	142
	种群密度(株/m ²) ^④	33.3 a	19.2	0.58	32	4	124	142
	种群大小(m ²) ^⑤	3.7 a	3.2	0.89	3.3	0.3	16.8	142
	生物量(g/m ²) ^⑥	283.6b	125.8	0.44	266.4	14.4	799.3	142
沙漠 Desert	沙埋深度(cm) ^①	57.2 a	38.7	0.68	48	3.5	172.5	101
	种群高度(cm) ^②	36.7 a	12.7	0.35	34	15	76	101
	种群盖度(%) ^③	49.8 a	21.5	0.43	45	10	95	101
	种群密度(株/m ²) ^④	25.4 a	13.5	0.53	24	4	80	101
	种群大小(m ²) ^⑤	12.5 a	13.1	1.05	11.2	0.6	73.5	101
	生物量(g/m ²) ^⑥	309.2b	204.9	0.66	289	51	1190	101

a 在0.01水平上显著Significantly different at the 10% level;b 不显著No significantly different at the 5% level;①Sand burial depth; ②Population height; ③Coverage; ④Population density; ⑤Population size; ⑥Biomass

表2 戈壁生境中泡泡刺种群特征相关分析

Table 2 Correlation coefficient matrix among <i>Nitraria sphaerocarpa</i> Maxim. population characteristics in Gobi						
	沙埋深度 Depth of sand burial	种群高度 Population height	种群盖度 Population coverage	种群密度 Population density	种群大小 Population size	生物量 Population biomass
沙埋深度 Depth of sand burial	1					
种群高度 Population height	0.235 **	1				
种群盖度 Population coverage	—0.005	0.182 *	1			
种群密度 Population density	0.543 **	—0.020	0.088	1		
种群大小 Population size	0.840 **	0.201 *	—0.059	0.353 **	1	
生物量 Population biomass	0.320 **	0.482 **	0.231 **	0.112	0.252 **	1

** 在0.01水平上显著Significantly different at the 10% level;* 在0.05水平上显著Significantly different at the 5% level

表3 沙漠生境中泡泡刺种群特征相关分析

Table 3 Correlation coefficient matrix among <i>Nitraria sphaerocarpa</i> Maxim. population characteristics in desert						
	沙埋深度 Depth of sand burial	种群高度 Population height	种群盖度 Population coverage	种群密度 Population density	种群大小 Population size	生物量 Population biomass
沙埋深度 Depth of sand burial	1					
种群高度 Population height	0.371 **	1				
种群盖度 Population coverage	0.356 **	0.325 **	1			
种群密度 Population density	0.171	—0.206 *	0.119	1		
种群大小 Population size	0.818 **	0.306 **	0.015	0.184	1	
生物量 Population biomass	0.420 **	0.645 **	0.416 **	—0.111	0.341 **	1

** 在0.01水平上显著Significantly different at the 10% level;* 在0.05水平上显著Significantly different at the 5% level

3.3.2 沙埋深度对种群盖度的影响 绿洲与戈壁交错带样地中的种群盖度并没有对沙埋深度的变化作出响应,且种群盖度多集中在15%~40%,平均值为31%。但绿洲与沙漠交错带样地中,种群盖度与沙埋深度呈显著正相关,说明沙埋越深,种群盖度越大。回归分析表明,种群盖度随着沙埋深度的增加而增加,且种群盖度多集中在30%~80%,平均值为50%,可达到90%以上(图4)。

3.3.3 沙埋深度对种群密度的影响 一定程度的沙埋,可以促进泡泡刺的生长密度,但在绿洲与沙漠交错带样地中,当沙埋深度达到100cm时,种群密度随着沙埋深度的增加而逐渐减小(图3b)。适度的沙埋可增强泡泡刺种群的固着土壤的能力。当沙埋深度超过100cm时,抑制了泡泡刺种群萌发新枝的能力,或萌发的新枝没有露出地面而埋在沙包内。由此可以推断适宜泡泡刺种群生长的沙埋深度约为100cm。在绿洲与戈壁交错带样地中,种群密度随着沙埋深度的增加而增加,但在所调查的样方内,沙埋深度最大为64cm(图2b)。

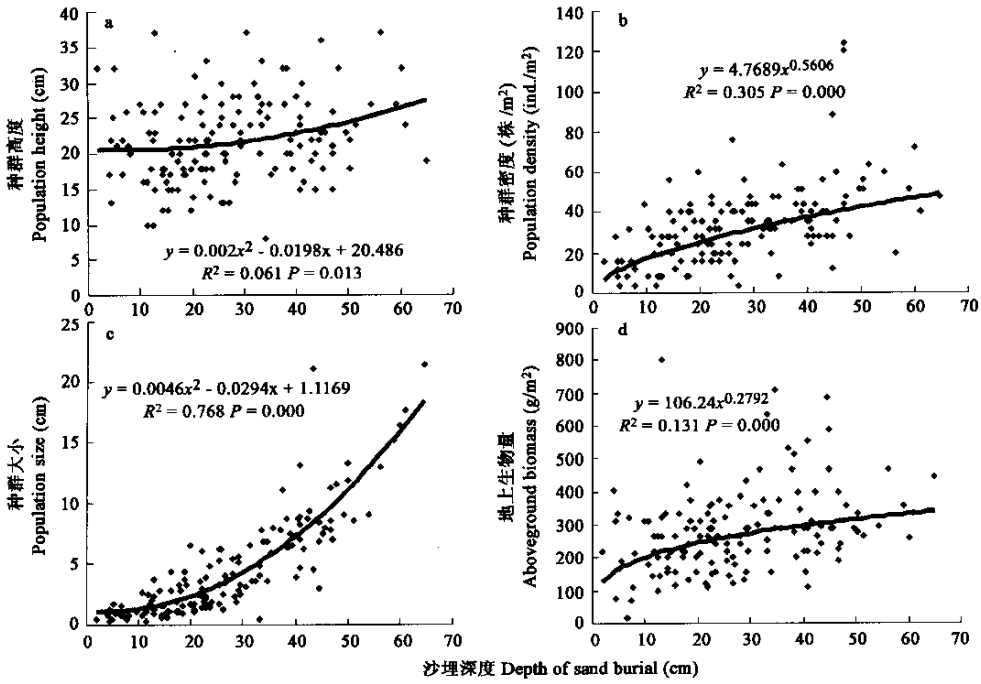


图2 戈壁生境沙埋深度与种群各变量的回归方程

Fig. 2 Regression equations between depth of sand burial and some parameters of *Nitraria sphaerocarpa* Maxim. population in Gobi habitat

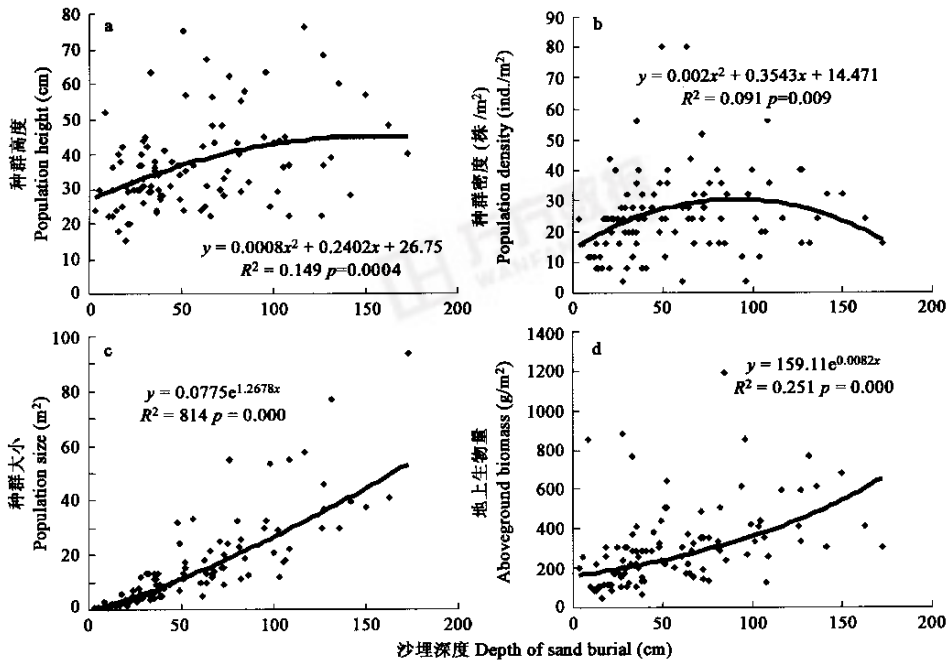


图3 沙漠生境沙埋深度与种群各变量的回归方程

Fig. 3 Regression equations between depth of sand burial and some parameters of *Nitraria sphaerocarpa* Maxim. population in desert habitat

3.3.4 沙埋深度对种群大小的影响 沙埋对泡泡刺种群大小的影响很大。沙埋深度越大,种群大小也越大,且呈明显的上升规律。在绿洲与戈壁交错带样地中泡泡刺种群大小与沙埋深度的判定系数 r^2 可达0.768(图2c);绿洲与沙漠交错带样地中泡泡刺种群大小与沙埋深度的判定系数 r^2 达0.814(图3c)。一定程度的沙埋可促进泡泡刺种群的分布、生长。

3.3.5 沙埋深度对种群地上生物量的影响 沙埋深度越大,种群生物量越大(图2d和图3d)。在绿洲与戈壁交错带样地中泡泡刺种群的生物量与沙埋深度的判定系数 r^2 为0.131,绿洲与沙漠交错带样地中泡泡刺种群的生物量与沙埋深度的判定系数 r^2 为0.251,但两者的生物量在统计上并没有显著差异。

4 讨论

风蚀和沙埋是我国草原、荒漠化草原地带沙地和荒漠、半荒漠地带沙漠最普遍的干扰因子^[15]。在风沙环境中,沙埋和风蚀是种群演化的重要驱动力^[16]。沙埋一方面直接埋压了植物的枝条和营养器官,抑制了植物的生长,这对植物生长是不利的;另一方面沙埋使生境的土壤结构趋于疏松,土壤容重降低、孔隙度增加,沙埋使沙地植物种类减少,土壤水分状况得到改善^[3]。究竟哪方面作用大,这主要取決沙埋的程度和植物耐沙埋的能力。Sykes 和 Wilson 在1990年调查了新西兰30种沙地植物对于沙埋的响应,发现随着沙埋深度的增加,幼苗存活率也增加^[17]。就泡泡刺而言,只要沙埋达不到将其全部埋压的程度,沙埋还是促进了泡泡刺的生长。本文研究的两样地中泡泡刺种群最适的沙埋深度大约是100cm。

泡泡刺灌丛沙堆以斑块格局形式存在(图1)。在荒漠绿洲过渡区,尤其是绿洲与沙漠交错带,沙埋使泡泡刺种群成为优势种群,并形成相对独立的灌丛沙堆。这些沙堆大致有4种形成途径(图5):(1)种子发育①;(2)根蘖繁殖②,泡泡刺灌丛的不定根在扩展的过程中,当遇到适宜的环境不定根萌发形成新的灌丛,这类灌丛距离母体较近,如图1中a、e和f斑块;(3)较大的沙堆退化(生境破碎化)③④;一个较大灌丛沙堆的形状近似椭圆形,当干扰超出它的抵御能力时,该斑块上的植被退化,出现以风蚀为主导的发育过程,最终使斑块破碎化,如图1中的b、d和c斑块;(4)邻近沙堆的兼并⑤⑥。

除生物量之外,在绿洲与戈壁交错带样地的泡泡刺种群特征与绿洲与沙漠交错带的泡泡刺种群特征存在显著差异。两种生境种群特征表现出的显著差异,可能与生境受风沙干扰的程度有关,戈壁的下垫面多为小砾石,沙物质有限,不易形成沙包,而沙漠生境中沙物质丰富,易形成固定和半固定的沙包。泡泡刺种群经适量的沙埋后,在茎干和枝条上可萌发不定根,增强对土壤的固着能力,扩大对水分、养分的吸收面积,来适应沙埋环境。

在绿洲与戈壁交错带样地的泡泡刺种群的植株小于绿洲与沙漠交错带样地中的泡泡刺种群的植株,主要表现在植株高度上,但前者的种群密度大于后者的种群密度,所以两者的生物量并无显著差异。

相关分析表明,无论绿洲与戈壁交错带样地的泡泡刺种群,还是绿洲与沙漠交错带样地的泡泡刺种群,种群大小与沙埋深度高度正相关,且相关系数都达到了0.8以上。这是由泡泡刺种群的生长特性决定的,生长不定根、积沙成丘。这说明沙埋环境对泡泡刺种群的定居和生长分布是有益的。沙地水分条件决定着植被盖度和密度;盖度和密度影响着沙地含水量,二者互相制约。一个地区植被最大盖度与该地区年平均降水量有关^[18]。水分条件是白刺生长的重要制约因素,白刺群落的自然消长不但受降水的影响,而且地下水位的变化也极大地制约群落的发育^[14]。维持泡泡刺种群正常生长发育的年降水量在110mm左右,只有当个别年份连续两年降水量超过280mm时,降水对泡泡刺生长发育才有明显的促进作用^[14]。研究区多年平均降水量为119.1mm,年蒸发量为2337.6mm,从气候条件看,地带性植被处于不连续的斑块状植被分布区,而且这些不连续的植被斑块长期对有限的水分资源竞争,使其大小和空间分布都形成了明显的特征。绿洲与戈壁交错带样地的地下水埋深为13~14m,绿洲与沙漠交错带样地的地下水埋深为4.3~4.6m。灌丛沙包下与之相接触的丘间地表层较高的土壤水分,是沙包上白刺生长发育所依赖的主要水源^[12]。密度过大,势必造成沙丘水分供不应求,导致植物生长过早衰退乃至死亡;密度过小,植被覆盖不够,影响固沙效果。从沙埋深度与灌丛盖度的关系中,可知,盖度并没有随沙埋深度的变化而变化,也是因为戈壁的土壤质地相对稳定,不易积沙。从沙埋深度与种群密度的关系中,可看出,沙埋深度达到100cm后,种群密度从上升转为下降趋势,说明

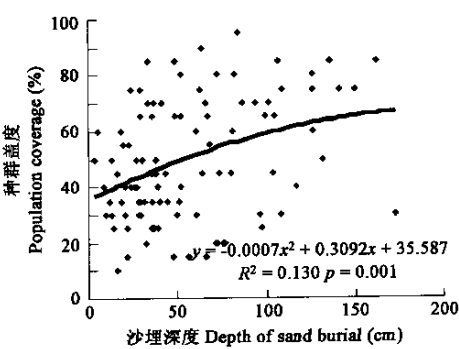


图4 沙漠生境沙埋深度与种群盖度的回归方程

Fig. 4 Regression equation between depth of sand burial and coverage of pupulation in desert

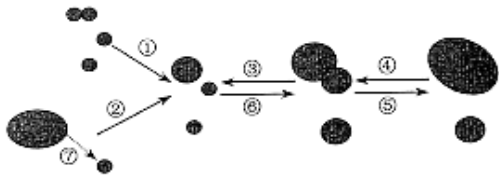


图5 泡泡刺灌丛沙堆的发育动态

Fig. 5 Dynamics of *Nitraria sphaerocarpa* Maxim. dune

适度沙埋可促进种群的生长,但沙埋深度过高,对种群密度又是一限制因素。由于干旱地区沙层水分有限,植物过密势必消耗大量水分。沙生植物根幅常大于冠幅数倍,特别是先锋植物,可达十多倍。密度过大,导致了植物生长不良或造成大量死亡。

均衡是在某一条件下授予适应特性的获得必然不可避免地导致另一条件下的适应的丧失^[20]。对于两个样地的泡泡刺种群,种群高度与种群密度都呈负相关,就说明了均衡问题。一般来说,植株高度大,年龄也大。表明植株高度大的种群,斑块大、密度小。

5 结论

泡泡刺种群以斑块状格局形式存在。沙埋使泡泡刺种群成为优势种群,并形成相对独立的灌丛沙堆。独立灌丛沙堆的形成途径主要有 4 种:种子发育、根蘖繁殖、较大的沙堆退化(生境破碎化)和邻近沙堆的兼并。

在绿洲与戈壁交错带的泡泡刺种群特征和绿洲与沙漠交错带的泡泡刺种群特征存在着显著差异,但是生物量并无明显差别。而且绿洲与戈壁交错带样地的泡泡刺种群的特征变量都小于绿洲与沙漠交错带样地的泡泡刺种群的相应的特征变量,除了两者的种群密度之外,前者的种群密度大于后者的种群密度。

无论是绿洲与戈壁交错带,还是绿洲与沙漠交错带,泡泡刺种群的各个特征与沙埋深度呈明显相关性,泡泡刺种群适应沙埋环境在形态、生态等方面表现了较强的响应。

一定的沙埋促进了泡泡刺种群的生长,这是泡泡刺种群对于风沙环境的适应。但当沙埋深度超过 100cm 时,又会对泡泡刺种群的生长有所抑制。泡泡刺对于绿洲环境的稳定起了重要的生态作用。

References:

- [1] Liu S E. *Corpus of Liu S E*. Beijing: Science Press, 1985. 136~138.
- [2] Franks S J, Peterson C J. Burial disturbance leads to facilitation among coastal dune plants. *Plant Ecology*, 2003, **168**:13~21.
- [3] Chang X L, Zhao X Y, Zhao W Z. Preliminary study on the effects of sand covering on poplar's water regime and growth. In: Lin X M, Zhao H L eds. *Research on comprehensive rehabilitation of desertified land in Horqin sandy land*. Lanzhou: Scientific and Technological Press, 1993. 215~219.
- [4] Zhao W Z, Liu Z M. Responses of growth and reproduction of *Sophora moorcroftiana* to altitude and sand-burying in Tibet. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(1): 134~138.
- [5] Zhao W Z. A preliminary study on the arenaceous adaptability of *Sophora moorcroftiana*. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, **22**(4):379~384.
- [6] Liu Z M. Relationship between receneration characteristics and arenaceous adaptability of *Hedysarum Fruticosum* var. *Lignosum*. *Acta Phytocologica et Geobotanica*, 1992, **16**(2):136~142.
- [7] Li J. Approach to some basic problems of reproduction of *Artemisia Halodendron*. *Journal of desert research*, 1994, **14**(3):56~61.
- [8] Li S G, Cheng X L, Zhao X Y. Study of *Agriophyllum squarrosum*——pioneering plant on shifting sand. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 1992, **6**(4):63~68.
- [9] Liu J Q. Ecological characteristics of *Nitraria tangutorum* community in Xishawo, Minqin of Gansu Province. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2002, **11**(3): 36~40.
- [10] Zhang Y D, Pan X L, Gu F X, *et al*. Shrub and under shrub niches in vegetation of the Fukang desert. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, **25**(6):741~745.
- [11] Cui X Y, Liu S R, Zhao G D, *et al*. Comparison of photosynthesis and respiration of plant communities in ecotone between desert and oasis in Minqin, Gansu. *Scientia Silva Sinicae*, 2003, **39**(3):6~14.
- [12] Jia B Q, Ci L J, Cai T J, *et al*. Preliminary research on changing soil water characters at ecotone between oasis and desert. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, **26**(2):203~208.
- [13] Wang B, Cui X H, Bai X L, *et al*. Research on temporal and spatial patterns and dynamic laws of soil water content in desert area. *Forest Research*, 2002, **15**(2):143~149.
- [14] Yang Z H, Gao Z H. Impact of precipitation and underground water level in the edge of oases on growth and decline of *Nitraria tangutorum* community. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, **11**(6):923~926.
- [15] Liu Y X. Phytoreclamation of sand dunes in the northwest, north, and northeast of China. *Journal of Desert Research*, 1988, **8**(4):11~17.
- [16] Zhang C Y, Yu F H, Dong M. Effects of Sand Burial on the Survival, Growth, and Biomass Allocation in Semi-shrub *Hedysarum leave* Seedling. *Acta Sinica*, 2002, **44**(3):337~343.
- [17] Sykes M T, Wilson J B. An experimental investigation into the response of New Zealand sand dune species to different depths of burial by

sand. *Acta Bot. Neerl*, 1990,**39**: 171~181.

[18] Liu Y X, Huang Z H. *Sand controlling by plants and grassland managing*. Lanzhou: Culture Press, 2000. 51.

[19] Huang Z C, Shen W S. *The relationship of water contents and their characters of fighting back against drought in arid regions*. Beijing: China Environmental Science Press, 2000. 78.

[20] Schenk H J. Clonal splitting in desert shrubs. *Plant Ecology*, 1999, **141**:41~52.

参考文献:

[1] 刘慎谔. 刘慎谔文集. 北京:科学出版社,1985. 136~138.

[3] 常学礼, 赵学勇, 赵文智. 沙埋对小叶杨水分生理状况及生长特性的影响研究. 见: 刘新民, 赵哈林主编. 科尔沁沙地生态环境综合整治研究. 兰州: 科学技术出版社, 1993. 215~219.

[4] 赵文智, 刘志民. 西藏特有灌木砂生槐繁殖生长对海拔和沙埋的响应. 生态学报, 2002,**22**(1): 134~138.

[5] 赵文智. 砂生槐沙生适应性初步研究. 植物生态学报, 1998,**22**(4): 379~384.

[6] 刘志民. 木岩黄芪的繁殖特点及其与沙生适应性的关系. 植物生态学与地植物学学报, 1992,**16**(2):136~142.

[7] 李进. 关于差把嘎蒿繁殖的若干问题的探讨. 中国沙漠, 1994,**14**(3):56~61.

[8] 李胜功, 常学礼, 赵学勇. 沙蓬——流动沙丘先锋植物研究. 干旱区资源与环境, 1992,**6**(4):63~68.

[9] 刘建泉. 甘肃民勤西沙窝唐古特白刺群落的生态特性. 植物资源与环境学报, 2002,**11**(3): 36~40.

[10] 张远东, 潘晓玲, 顾峰雪, 等. 阜康荒漠植被灌木与半灌木种群生态位的研究. 植物生态学报, 2001,**25**(6):741~745.

[11] 崔晓勇, 刘世荣, 赵广东, 等. 甘肃民勤绿洲-流沙过渡带植物群落光合和呼吸特征的比较研究. 林业科学, 2003,**39**(3):6~14.

[12] 贾宝全, 慈龙骏, 蔡体久, 等. 绿洲-荒漠交错带土壤水分变化特征初步研究. 植物生态学报, 2002,**26**(2):203~208.

[13] 王兵, 崔向慧, 白秀兰, 等. 荒漠化地区土壤水分时空格局及其动态规律研究. 林业科学研究, 2002,**15**(2):143~149.

[14] 杨自辉, 高志海. 荒漠绿洲边缘降水和地下水对白刺群落消长的影响. 应用生态学报, 2000,**11**(6):923~926.

[15] 刘 心. 我国三北地区的植物固沙. 中国沙漠, 1988,**8**(4):11~17.

[18] 刘 心, 黄兆华. 植物治沙和草原治理. 兰州: 甘肃文化出版社, 2000. 51.

[19] 黄子琛, 沈渭寿. 干旱区植物的水分关系与耐旱性. 北京: 中国环境科学出版社, 2000. 78.