

DOI: 10.5846/stxb201411132248

陈正霞, 刘彤, 刘尊驰, 何文琴, 汤景光, 郝晓冉, 孙园园, 曾勇. 沙生植物倒披针叶虫实在古尔班通古特沙漠的分布. 生态学报, 2016, 36(13):

Chen Zhengxia, Liu Tong*, Liu Zunc Hi, He Wenqin, Tang Jingguang, Hao Xiaoran, Sun Yuanyuan, Zeng Y. Spatial and temporal distribution characteristics of ephemeral *Corispermum lehmannianum* in the Gurbantunggut Desert. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(13):

沙生植物倒披针叶虫实在古尔班通古特沙漠的分布

陈正霞, 刘彤*, 刘尊驰, 何文琴, 汤景光, 郝晓冉, 孙园园, 曾勇

石河子大学生命科学学院, 石河子 832003

摘要:倒披针叶虫实(*Corispermum lehmannianum*)在古尔班通古特沙漠广泛分布,重要值仅次于该沙漠建群种白梭梭(*Haloxylon persicum*),对沙面的稳定起着非常重要的作用。本文采用固定样方法对自然条件下该植物的分布特征和种群数量动态进行了研究。结果表明:1)倒披针叶虫实在沙丘各坡位均占有较高重要值,尤其活化程度较高的中部和上部优势度更明显;2)生长季节的不同阶段,除坡顶外,其他各坡位种子主要分3批萌发出苗,不同时期种子萌发出苗数量存在差异,3月份有大量种子萌发出苗,4月份种子萌发出苗数最多,5月份萌发出苗量逐渐减少。而坡顶3月份种子萌发出苗量最多,4月至5月均无种子萌发出苗。因此,除坡顶外,种子萌发出苗数量和种群密度在其他各坡位呈先增后减的趋势。生长季结束时各坡位种群密度表现为:中部和上部>底部和丘间>顶部;3)成熟植株单位面积种子产量为:中部和上部>丘间和底部>顶部,且中部和上部单位面积种子数量极显著多于与丘间、坡底和坡顶($P<0.01$);4)通过对0—5 cm和6—10 cm土壤种子库密度研究发现,沙丘中部和上部种子库密度显著高于其他坡位。综合以上研究表明,倒披针叶虫实在沙面较活化的中部和上部呈优势分布,对沙漠环境具有良好适应性。因此,该植物是一种极具开发潜力的沙生植物。

关键词:短命植物;倒披针叶虫实;种群时空变化;土壤种子库

Spatial and temporal distribution characteristics of ephemeral *Corispermum lehmannianum* in the Gurbantunggut Desert

CHEN ZhengXia, LIU Tong*, LIU Zunc hi, HE Wenqin, TANG Jingguang, HAO Xiaoran, SUN Yuanyuan, ZENG Yong

College of Life Science, Shihezi University, Shihezi 832003, China

Abstract: *Corispermum lehmannianum*, which ranks only second to *Haloxylon persicum* in terms of Importance Value, is a valuable component of the desert flora. It is widely distributed in the Gurbantunggut Desert and plays a very important role in the stabilization of sand dunes. Consequently, this study investigated the distribution characteristics and dynamics of the population of *C. lehmannianum* under natural conditions, adopting the method of fixed quadrant. The results showed the following: 1) *C. lehmannianum* has a higher Importance Value on all slope positions of the dunes, especially in the middle and upper parts of sand dunes where sand is more unstable compared with other slope positions. 2) Throughout the entire growth season, germination rate and emergence of seedlings on each slope position, aside from the top of the dunes, differentiates three groups. Different levels of seed germination are observed in different periods; a large number of seeds germinate and a large number of seedlings emerge in March. The highest levels of seed germination and emergence of seedlings occur in April, gradually decreasing in May. However, on the top of sand dunes, germination and emergence are the highest in March, whereas no germination and emergence were observed from April to May. Therefore, seed germination

基金项目:国家自然科学基金委-新疆联合基金重点项目(U1130304);新疆生产建设兵团工业科技计划项目(2012BA012)

收稿日期:2014-11-13; **网络出版日期:**2015-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: betula@126.com

and population density on other slope positions, except at the top of sand dunes, increase, and then decrease. At the end of the growth season, population density demonstrates the following tendency in variation: the middle and upper parts of sand dunes > the lower part of sand dunes and interdunes > the top of sand dunes. 3) The seed yield per unit area of mature plants shows the same tendency as the population density. Seed number per unit area in the middle and upper parts of sand dunes are significantly higher than those in the interdunes, the bottom of the sand dunes, and the top of the sand dunes ($P < 0.01$). 4) Given the seed bank densities at depths of 0—5 cm and 6—10 cm, the experimental results suggest that the number of viable seeds in the central and upper parts of sand dunes is significantly higher than those in other slope positions. In summary, *C. lehmannianum* are dominant in the middle and upper parts of sand dunes where sand is less stable compared with other slope positions of sand dunes and the species is well adapted to the desert environment. Thus, *C. lehmannianum* is one of the plants with the most potential to contribute to the stabilization of sand dunes.

Key Words: ephemeral plant; *Corispermum lehmannianum*; temporal population dynamics; spatial population dynamics; seed bank

一年生植物是全球荒漠植物区系中重要而独特的组成部分^[1-5],具有生活史短暂、高光合能力、繁殖力强、抗干扰能力强、种群持续力强、盖度大、生物量高等特点^[6]。在荒漠地区的植被恢复过程中发挥着重要作用,对荒漠生态系统的稳定和生物多样性的维持也有重要影响。

古尔班通古特沙漠位于新疆北部准噶尔盆地腹地,是位于塔克拉玛干沙漠之后的我国第二大沙漠,并且是我国最大的固定与半固定沙漠,面积为 $4.88 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中 97% 呈固定与半固定状态。本沙漠一年生植物占优势,已统计到有 97 种,约占该沙漠植物总种数的 47%^[7]。而短命植物是一种特殊类型的一年生植物,在生长季节的 4、5、6 三个月是北疆沙漠风沙活动强盛期,此时该类植物的盖度分别达到 13.9%、40.2% 和 14.1%,能够有效阻止地表风沙流动,对保持沙漠稳定、防风固沙起到重要作用,是植被稳定沙面的主要贡献者^[8]。

虫实属 (*Corispermum*) 是藜科 (Chenopodiaceae) 的一个大属,约有 60 余种,均为一年生沙生植物。全都分布在北半球温带的干旱地区,除少数种类出现于北美外,绝大多数分布于欧亚大陆而以亚洲最多^[9]。我国有 20 余种,沙漠地区常见有 11 种。新疆分布有 3 种,即:中亚虫实 (*C. heptapotamicum*)、蒙古虫实 (*C. mongolicum*) 和倒披针叶虫实 (*C. lehmannianum*),前两者分布于塔里木盆地。而倒披针叶虫实集中分布于准噶尔盆地南缘的古尔班通古特沙漠,为一年生短命植物,株高常 10—30 cm,花果期 4—6 月^[10-11]。张荣^[5]等人通过对古尔班通古特沙漠植物多样性近 5 年的调查研究结果显示,倒披针叶虫实在古尔班通古特沙漠广泛分布,且其重要值达到 31.45,仅次于该沙漠的建群种白梭梭 (*Haloxylon persicum*),防风固沙的生态功能显著。因此对该植物进行深入研究具有重要的生态学意义。

目前关于虫实属植物的研究国外主要集中在分类学方面^[12-14],而国内学者则对虫实属植物的研究主要有,He Y H et al^[15]对不同类型沙地一年生植物长穗虫实的繁殖分配及其与个体大小的关系进行了研究;Huang Y X et al^[16]研究了土壤养分、水分及种群密度对大果实异速生长的影响;Wang Y H et al^[17]研究了机械扰动对蒙古虫实植株机械压力的影响;刘有军等^[18]对碟果虫实种子萌发对策及生态适应性进行了研究;Liu Y J et al^[19]研究了不同储藏温度对碟果虫实种子萌发和休眠特性的影响。但是对于古尔班通古特沙漠广泛分布的倒披针叶虫实时空分布规律的研究目前尚未见报道。

通过野外调查发现,古尔班通古特沙漠不同坡位沙面稳定性存在差异,一般丘间和坡底呈固定状态,中部和上部较活化,坡顶呈流动状态。因此,不同坡位植被分布也就存在差异,固定的丘间和坡底物种丰富度高,活化的中部和上部位次之,流动的顶部几乎没有植被分布。而倒披针叶虫实在古尔班通古特沙漠广泛分布,那么其在沙丘不同坡位的分布特征是怎样的?在整个生长季节,不同坡位倒披针叶虫实的种群数量动态又是怎样的?这是本研究要解决的关键问题。

为了解决上述问题,本文在对古尔班通古特沙漠 51 个样地进行广泛调查的基础上,选取倒披针叶虫实分布的典型样区——莫索湾地区为研究区,定点对比研究了沙丘不同坡位该植物一个生长季种群统计学(幼苗萌发出苗,死亡和存活,种群密度,单株种子数量,单位面积植株种子总产量)、土壤种子库特征及不同坡位物种组成,以期了解倒披针叶虫实在沙丘上的分布特征及种群数量动态,有助于理解倒披针叶虫实能在古尔班通古特沙漠中成为短命植物片层中优势种的原因。

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腹地莫索湾地区,经纬度为 $45^{\circ}06'N, 86^{\circ}19'E$,海拔为 350 m。该地区属典型的温带大陆性干旱荒漠气候。全年降雨量小于 120 mm,平均积雪深度 17 cm,年蒸发量为 1942.1 mm。全年日照 2777 h,年积温 $3594^{\circ}C$,春夏季为风季,最大风速 20 m/s,地下水位 13 m 左右。沙丘丘间和坡底沙面固定,上部和中部呈活化状态,顶部呈流动状态。

调查沙丘的主要物种组成有白梭梭(*H. persicum*)、梭梭(*H. ammodendron*)、淡枝沙拐枣(*Calligonum leucocladium*)、准噶尔沙蒿(*Artemisia songarica*)及其他一些草本植物。倒披针叶虫实在其间广泛分布,调查沙丘划分为 9 个坡位,具体如图 1。

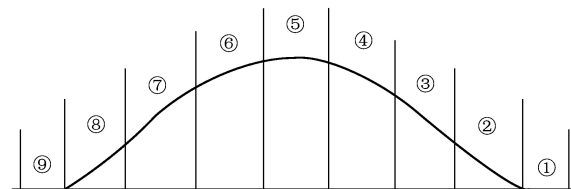


图 1 研究区调查样地沙丘地貌分布图

Fig.1 Landforms map of study area dunes

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置

在古尔班通古特沙漠南部的莫索湾沙地中选择— ①阴坡丘间(P_1);②阴坡底部(P_2);③阴坡中部(P_3);④阴坡上部(P_4);⑤坡顶部(P_5);⑥阳坡上部(P_6);⑦阳坡中部(P_7);⑧阳坡底部(P_8);⑨阳坡丘间(P_9)

1.2.2 种群统计学的观测方法

从 3 月底到 6 月初,共进行了 4 次调查。每个观测时间点上,记录样方内倒披针叶虫实存活数、新萌数和死亡数及种群密度,同时记录其他物种名、数量、株高及冠幅。植株成熟时,在各个坡位的每个样方采集大(≥ 15 cm)、中(10—15 cm)和小(≤ 10 cm)三种类型的植株,每种类型至少 10 株带回实验室,进行种子产量的测定。

1.2.3 土壤种子库及种子活力分析

2013 年 3 月 13 日(植物种子萌发之前)采用随机取样的方法取样,在沙丘的不同坡向(阴坡和阳坡)的各个坡位(丘间、底部、中部、上部和顶部)的 3 个重复样方内,采集深度 0—5 cm 和 6—10 cm 土样,每个土层均取 3 个重复,采样面积 50 cm $\times$ 50 cm。土样带回实验室,采用不同目的土壤筛筛选倒披针叶虫实的种子。对筛出的种子采用萌发法进行活力测定,并统计土壤中具活力种子数量。土壤种子库密度用单位面积土壤内所含具活力种子数量来表示,将取样面积内的种子数量换算成 1 m²的数量,计算出不同坡位 0—5 cm 和 6—10 cm 土层中土壤种子库密度(粒/m²)。

1.3 数据处理方法

实验同时收集当地降雨资料。实验所得数据采用 Excel 和 SPSS17.0 软件进行处理。对沙丘不同坡位倒披针叶虫实种子库密度、成熟植株单株种子数量和单位面积种子数量进行单因素方差分析(One-way ANOVA),并采用邓肯法(Duncan)进行多重比较。

计算出样方内各植物种的多度、相对多度、盖度、相对盖度、频度、相对频度、高度、相对高度以及每个种在样方中的重要值。重要值的计算公式:重要值(IV)=(相对盖度+相对频度+相对多度+相对高度)/4。制图采

用 origin8.5 软件(origin Inc.)。

2 结果与分析

2.1 沙丘不同坡位物种组成特征

我们在研究区沙丘 9 个坡位共调查到 18 个物种,隶属 8 科 18 属(表 1)。在阴坡,丘间和底部各有 14 个物种,占调查样地总物种数的 77.78%,其中丘间重要值较高物种有:倒披针叶虫实(*C. lehmannianum*)、弯花黄耆(*Astragalus flexus*)、梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、硬萼软紫草(*Arnebia decumbens*)、狭果鹤虱(*Lappula semiglabra*)、弯曲四齿芥(*Tetracme recurvata*)和卷果涩芥(*Malcolmia scorpioides*);坡底重要值较高物种有:倒披针叶虫实、梭梭、弯花黄耆、狭果鹤虱和弯曲四齿芥。中部和上部物种数分别为 9 种和 7 种,占总物种数的 50%和 38.89%,重要值较高物种均为:倒披针叶虫实、白梭梭(*Haloxylon persicum*)。在阳坡,丘间和底部物种数分别为 12 种和 11 种,分别占总物种数的 66.67%和 61.11%,其中丘间重要值较高的物种有:倒披针叶虫实、梭梭、弯花黄耆、狭果鹤虱和卷果涩芥;坡底重要值较高的物种有:倒披针叶虫实、梭梭、弯花黄耆、狭果鹤虱、沙蓬(*Agriophyllum squarrosum*)、早熟猪毛菜(*Salsola praecox*)和弯曲四齿芥。中部和上部均有 8 个物种,占总物种数的 44.44%,中部和上部重要值较高的物种均为:倒披针叶虫实和白梭梭。而顶部仅分布有 3 个物种,占总物种数的 16.67%,重要值高的物种为倒披针叶虫实。

进一步分析发现,倒披针叶虫实在沙丘各个坡位均占有较高的重要值,但不同坡位重要值大小存在差异:在阴坡,丘间为 45.58,底部为 56.01,中部为 63.79,上部为 63.60;顶部为 69.82;在阳坡,丘间为 42.13,底部为 44.14,中部 68.21,上部为 69.82。由此可以看出,在沙丘中上部倒披针叶虫实的重要值明显大于丘间和坡底,说明在沙丘中上部倒披针叶虫实分布的重要性要高于在丘间和坡底的重要性。

表 1 沙丘不同坡位植被组成及其重要值

Table 1 Species composition and their Important Value (IV) on different slope positions

物种 Species	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉
倒披针叶虫实 <i>Corispermum lehmannianum</i>	45.58	56.01	63.79	63.60	67.65	69.82	68.21	44.14	42.13
弯花黄耆 <i>Astragalus flexus</i>	37.38	27.65	—	—	—	—	—	29.55	32.87
疏齿千里光 <i>Senecio sub dentatus</i>	20.92	19.62	—	—	—	—	—	—	9.47
硬萼软紫草 <i>Arnebia decumbens</i>	26.47	7.26	—	—	—	—	—	18.23	17.33
狭果鹤虱 <i>Lappula semiglabra</i>	27.17	25.86	20.19	19.67	—	11.03	16.33	28.46	26.37
沙蓬 <i>Agriophyllum squarrosum</i>	20.58	19.22	13.27	7.35	10.72	11.54	16.63	25.89	18.33
早熟猪毛菜 <i>Salsola praecox</i>	15.62	7.11	7.07	7.02	—	6.85	11.47	26.37	—
簇花芹 <i>Soranthus meyeri</i>	7.22	—	—	—	—	—	—	—	—
弯曲四齿芥 <i>Tetracme recurvata</i>	27.58	28.27	14.18	20.37	—	21.54	28.28	38.86	43.54
淡枝沙拐枣 <i>Calligonum leucocladum</i>	18.13	18.06	20.08	10.77	—	16.09	15.17	16.43	21.25
沙大戟 <i>Chrozophora sabulosa</i>	10.87	—	13.47	—	21.62	—	—	17.65	—
准噶尔沙蒿 <i>Artemisia songarica</i>	12.53	9.40	—	—	—	—	—	—	—
梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>	33.18	41.54	—	—	—	—	—	42.83	43.53
卷果涩芥 <i>Malcolmia scorpioides</i>	26.75	19.90	—	—	—	—	—	19.21	27.72
白梭梭 <i>Haloxylon persicum</i>	—	—	40.79	52.47	—	37.29	43.00	—	—
螺喙芥 <i>Spirorhynchus sabulosus</i>	—	7.04	—	—	—	—	—	—	—
蓝刺头 <i>Echinops sphaerocephalus</i>	—	6.82	—	—	—	—	—	—	—
对节刺 <i>Horaninowia ulicina</i>	—	—	13.43	—	—	15.84	5.91	9.05	9.15

P₁:阴坡丘间 interdune of shady slope;P₂:阴坡底部 the lower part of dune of shay slope;P₃:阴坡中部 the middle part part of dune of shay slope;P₄:阴坡上部 the upper part of dune of shay slope;P₅:坡顶部 the top of dune;P₆:阳坡上部 the upper part of dune of sunny slope;P₇:阳坡中部 the middle part of dune of sunny slope;P₈:阳坡底部 the lower part of dune of sunny slope;P₉:阳坡丘间 interdune of sunny slope

2.2 不同坡位倒披针叶虫实种子萌发出苗及死亡情况

图 2 是莫索湾 2013 年 3 月到 6 月的逐日降雨量图(数据来自石河子气象局网站),这一时间是当地一年

生植物的主要生长季节,从图中看出 4 月和 5 月有大量的降雨,总体的降雨特征具有很强的随机性和不确定性。而 4 月和 5 月份的温度也是该地区大多数一年生植物种子萌发的适宜温度。

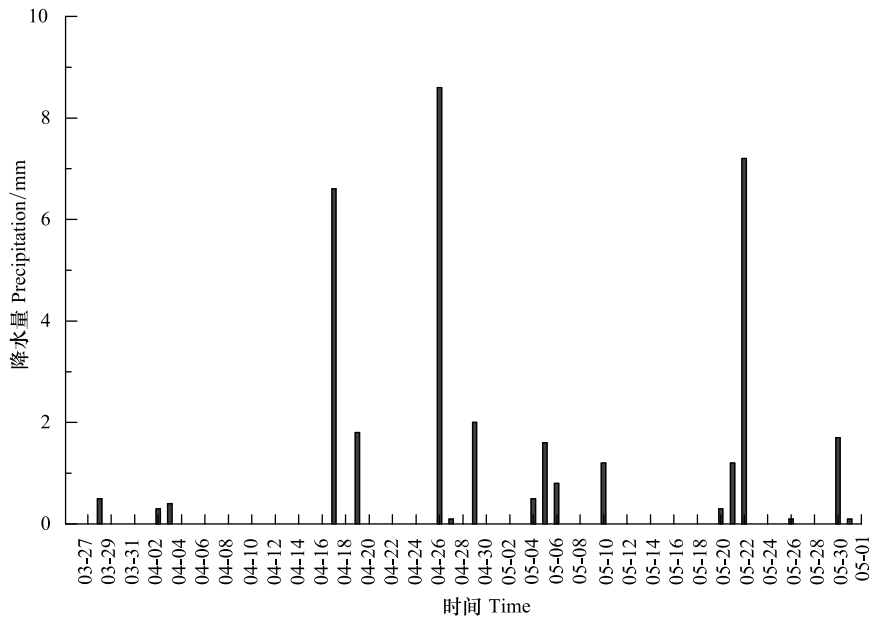


图 2 2013 年 3—6 月莫索湾逐日降雨量
Fig.2 Daily precipitation in mosuowan from March to June, 2013

由表 2 可以看出,流动状态的坡顶除外,从丘间(沙面固定样地)到坡上部(沙面活化样地),倒披针叶虫实种子萌发数量均逐渐增多,种子萌发数量表现出随沙面的活化程度增加逐渐增加的变化趋势。从 3 月份到 6 月份,除坡顶部外,其他各个坡位倒披针叶虫实出苗数量呈先增加后减少的趋势。其中,4 月份出苗数量在除坡顶部外的其他 8 个坡位均达到最大值。当月各坡位的幼苗数量,在阴坡为:丘间(251±43)株,底部(293±78)株,中部(502±67)株,上部(805±53)株;坡顶部为:(0)株;在阳坡为:丘间(167±48)株,底部(278±23)株,

表 2 9 个坡位调查样方内倒披针叶虫实种子萌发出苗及死亡情况(平均值±标准误)

Table 2 Germination and death of <i>Corispermum Lehmannianum</i> on 9 slope positionsin in different periods (Mean Value±SE)										
时间 Time	植株数量 Number of plants	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉
3 月 Mar.	萌发数	214± 31	286±84	409±26	438±103	222±65	194±23	134±19	200±20	82±23
	死亡数	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
	存活数	214± 31	286±84	409±26	438±103	222±65	194±23	134±19	200±20	82±23
4 月 Apr.	萌发数	251±43	293±78	502±67	805±53	0±0	509±62	472±69	278±23	167±48
	死亡数	10±4	4±2	6±2	5±2	42±8	7±2	4±2	8±6	13±5
	存活数	455±24	575±125	905±75	1238±120	180±58	696±81	602±55	469±32	236±25
5 月 May	萌发数	67±12	73±13	175±32	179±45	0±0	131±36	126±36	35±13	18±6
	死亡数	213±48	249±49	95±20	82±17	53±25	91±19	103±27	143±46	87±13
	存活数	309±62	399±104	985±106	1335±124	127±65	736±81	625±30	362±34	167±33
6 月 Jun.	萌发数	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
	死亡数	16±4	14±3	14±3	16±5	17±9	14±4	23±2	19±6	12±5
	存活数	293±62	386±104	971±109	1319±123	110±64	722±77	602±31	343±36	155±35

中部(472 ± 69)株,上部(509 ± 62)株。5月份各坡位有少量种子萌发,6月份各坡位无种子萌发。由表2也可以看出,倒披针叶虫实主要分3批萌发出苗,大量出苗集中在4月份,之后出苗量逐渐减少。

从4月份到6月份,沙丘不同坡位倒披针叶虫实植株死亡数量呈先增加后减少的趋势。其中,5月份各坡位植株死亡数量均达到最大值,该月9个坡位植株死亡数量,阴坡为:丘间(213 ± 48)株,底部(249 ± 49)株,中部(95 ± 20)株,上部(82 ± 17)株。坡顶部为:(53 ± 25)株。阳坡为:丘间(87 ± 13)株,底部(143 ± 46)株,中部(103 ± 27)株,上部(91 ± 19)株(表2)。

从3月份到6月份,沙丘各坡位样方内倒披针叶虫实存活植株数量变化情况为,阴坡丘间、阴坡底部、阳坡丘间和阳坡底部样方内存活植株数量4月份达到最大值,分别为:(455 ± 24)株、(575 ± 125)株、(236 ± 25)株、(469 ± 32)株,5、6月份植株数量逐渐减少;而阴坡中部、阴坡上部、阳坡中部和阳坡上部样方内存活植株数量5月份达到最大值,分别为:(985 ± 106)株、(1335 ± 124)株、(625 ± 30)株、(736 ± 81)株,6月份几乎保持不变;坡顶部在3月份样方内存活植株数量最多为(222 ± 65)株,4月份到6月份样方内植株数量呈明显的下降趋势(表2)。

综上所述,整个生长季,从空间尺度上来看,除沙面呈流动状态的坡顶外,丘间到沙丘上部,随着沙面的活化,倒披针叶虫实植株数量增加,沙面呈活化状态的中部和上部植株数量明显多于丘间和坡底;从时间尺度上来看,沙丘各坡位倒披针叶虫实种子萌发出苗规律为:4—5月份各坡位均具有很高的幼苗死亡率,同时在这个时间段又有大量的新植株补充进来,高的出生率来补偿死亡数量,当到达6月份后,死亡数量逐渐减少,种群数量趋于稳定。

2.3 倒披针叶虫实幼苗种群密度变化

同一时期不同坡位,倒披针叶虫实幼苗种群密度存在差异(图3)。除3月份外,各时期种群密度大小总体表现为:中部和上部>底部和丘间>顶部。5月份沙丘各坡位种群密度均达到最大值,其中中上部密度最大值达到(148 ± 14)株/ m^2 ,而下部(底部和丘间)的最大密度仅为(64 ± 14)株/ m^2 ,沙丘中上部最大密度是下部最大密度的2.32倍。在整个生长季结束时,各个坡位种群密度分别为:阴坡丘间(33 ± 7)株/ m^2 ,阴坡底部(43 ± 12)株/ m^2 ,阴坡中部(108 ± 12)株/ m^2 ,阴坡上部(147 ± 14)株/ m^2 ,坡顶部(12 ± 7)株/ m^2 ,阳坡丘间(17 ± 4)株/ m^2 ,阳坡底部(38 ± 4)株/ m^2 ,阳坡中部(67 ± 3)株/ m^2 ,阳坡上部(80 ± 9)株/ m^2 。

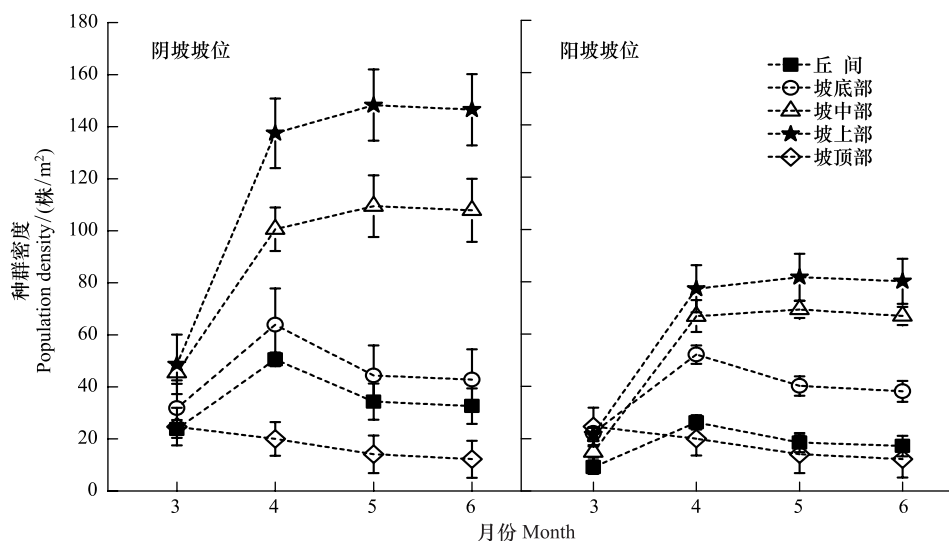


图3 不同坡位各时期倒披针叶虫实种群密度曲线(平均值±标准误)

Fig.3 Population density of *Corispermum Lehmannianum* of different slope positions in different periods (Mean Value±SE)

同一坡位不同时期,除坡顶倒披针叶虫实种群密度呈直线下降趋势外,其他各坡位整体呈现先增加后下降的趋势:下部(丘间和坡底),4月份种群密度达到最大值,5月份下降,6月份趋于稳定;中部和上部,5月份

种群密度达到最大值,6 月份稍微下降并趋于稳定(图 3)。

2.4 不同坡位倒披针叶虫实单株及单位面积植株种子数量

沙丘不同坡位,倒披针叶虫实在成熟时期单株种子数量存在差异(图 4)。结果发现:在阳坡,中部和上部>底部和丘间>顶部;而在阴坡,丘间和底部>中部和上部>顶部。

进一步分析发现,在阳坡,中部单株种子数量最多,与其它坡位存在极显著性差异($P<0.01$),上部次之,与底部差异不显著($P>0.05$),而与丘间和顶部差异极显著($P<0.01$)。在阴坡,丘间单株种子数量最大,与其它坡位存在极显著性差异($P<0.01$),上部最少,与中部差异性不显著($P>0.05$)。

对不同坡位单位面积植株种子数量进行对比分析发现,阳坡和阴坡均为:中部和上部>丘间和底部>顶部(图 5)。且沙丘中部和上部单位面积种子数量与丘间、坡底和坡顶存在极显著性差异($P<0.01$),而中部与上部差异性不显著($P>0.05$)。

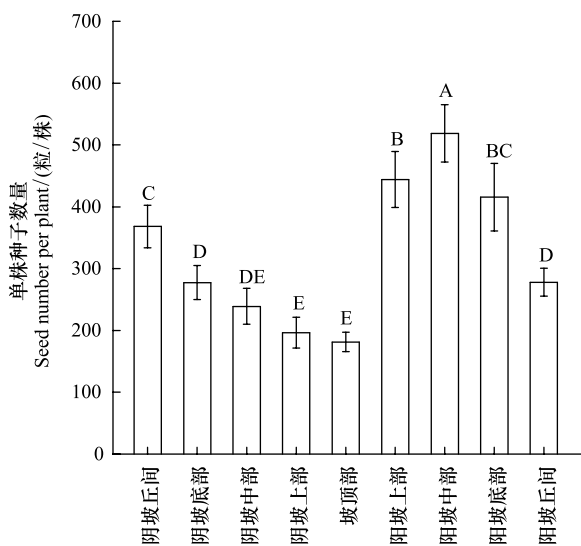


图 4 不同坡位倒披针叶虫实单株种子数量

Fig. 4 Seed numbers of individual plants of *Corispermum Lehmannianum* on different slope positions

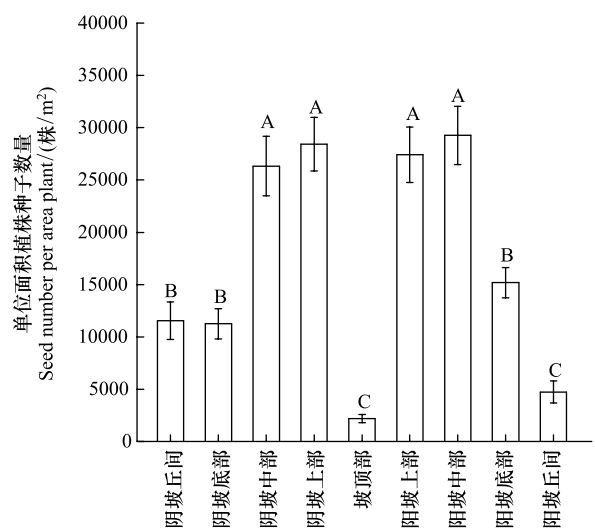


图 5 不同坡位倒披针叶虫实单位面积种子数量

Fig.5 Seed numbers of unit area of *Corispermum Lehmannianum* on different slope positions

2.5 不同坡位倒披针叶虫实种子库数量差异

沙丘不同坡位和不同土层,倒披针叶虫实土壤种子库密度均存在差异(表 3)。在 9 个不同坡位上,0—5 cm 和 6—10 cm 土层中,两个坡向土壤种子库密度均为,中上部>丘间和坡底>坡顶,且中部和上部极显著高于其他坡位。

表 3 沙丘不同部位 0—5 cm 和 6—10 cm 土层中倒披针叶虫实种子库密度差异(粒/m²±标准误)

Table 3 Seed bank density differences of *Corispermum Lehmannianum* on different positions of the sand dunes including two soil layers 0—5 cm and 6—10 cm

坡位 Slope positions	0—5 cm 种子库密度 Seed bank density	6—10 cm 种子库密度 Seed bank density	坡位 Slope positions	0—5 cm 种子库密度 Seed bank density	6—10 cm 种子库密度 Seed bank density
P ₁	770.67±34.95 D	565.33±67.21 D	P ₆	1088.00±55.43 C	1136.00±78.79 B
P ₂	1498.67±26.63 B	862.67±76.56 C	P ₇	1061.33±122.14 C	1084.00±129.80 B
P ₃	1762.67±141.78 A	1797.33±44.06 A	P ₈	718.67±109.57 D	609.33±76.35 D
P ₄	1794.67±108.10 A	1812.00±100.96 A	P ₉	692.00±98.06 D	554.67±89.20 D
P ₅	382.67±56.90 E	498.67±40.07 D			

在两个不同土层中,中上部 6—10 cm 土层土壤种子库密度高于 0—5 cm 土层,而丘间和坡底 0—5 cm 土层土壤种子库密度高于 6—10 cm 土层。

3 讨论

通过对研究区沙丘 9 个坡位物种组成特征进行分析发现,倒披针叶虫实在沙丘各坡位均占有较高的重要值,为该区域的优势物种,尤其沙丘中上部优势度更明显。因此,对保持该区域的沙漠稳定以及防风固沙发挥着重要作用。

在整个生长发育季节,对沙丘不同坡位倒披针叶虫实种子萌发出苗及死亡情况进行对比研究发现,除沙面呈流动状态的坡顶外,其他各坡位种子当年萌发出苗总量从丘间样地到坡上样地逐渐增加,这是由于沙丘中部和上部具有丰富的土壤种子库,为倒披针叶虫实在该坡位的分布提供了充足的种子资源。

荒漠一年生植物为适应环境波动,种子萌发采用两头下注的萌发对策^[20,21],即一批生产的种子不会在一个生长季节全部萌发,而是分年和月份分批萌发。避免个体在一次降雨后随之而来的干旱中全部死亡,这是极端生境下植物长期适应自然选择的结果^[22,23]。本研究发现,除坡顶外,其他坡位倒披针叶虫实种子主要在 3—6 月间 3 批萌发出苗,不同时期种子萌发数量存在差异,3 月份有大量种子萌发,4 月份种子萌发数量最多,5 月份种子萌发量逐渐减少。坡顶 3 月份种子萌发数量最多,4 月至 5 月均无种子萌发。这可能受以下两个因素影响:1)坡顶流动性高,种子被埋得过深,土壤中的低温、低 O₂ 浓度、高湿和高 CO₂ 浓度会完全抑制种子萌发;2)种子萌发但由于沙埋过深幼苗没有出土。倒披针叶虫实种子的这种分批萌发策略对其种群的延续和更替具有非常重要的意义。

对于荒漠区来说降水是限制植物种子萌发的主要因素。在自然条件下,降水主要以两种方式输入到陆地生态系统——降雨和降雪,其中降雪是以固态的形式输入到生态系统,其累积与消融对植物的生长发育有着重要的作用^[24]。有研究表明古尔班通古特沙漠冬季积雪蒸发率极低。降雪及雪融水可以得到高效储存,有 78.8%—92% 的雪融水可以转化为土壤水,沙丘各部位在春季普遍有厚度不等的悬湿沙层。3 月沙丘各坡位倒披针叶虫实种子萌发主要利用的是融雪水。4—5 月份由于日照强度增加、地温上升沙层中的融雪水大量散失,干沙层开始形成。同时 4—6 月份是古尔班通古特沙漠风沙活动的频繁期,对沙面较活化的中部和上部而言水分散失更快。而对研究区 3—6 月份的逐日降雨量进行分析发现,4、5 月份均有一定份额的降雨,4、5 月份种子萌发主要依赖于这部分降雨。因此,早春雪融水和春雨对倒披针叶虫实种子萌发、幼苗定居和在沙丘不同坡向、不同坡位分布格局的形成过程中具有重要的作用和贡献。

在一个生长季,植物种群数量呈现动态变化,是出苗和死亡综合作用的结果。研究结果发现,3 月下旬出土的幼苗,由于有早春融雪的支持,没有死亡植株。4 月份降雨,促使第二批种子大量萌发,植株死亡数量也极少。5 月份虽然有降雨,但沙丘不同坡位倒披针叶虫实植株死亡情况明显不同,沙丘中部和上部死亡数量极少,而丘间和坡底幼苗大量死亡。造成该现象的原因可能是种间竞争和土壤种子库对沙丘不同坡位种群动态起到重要的调节作用,沙丘中部和上部物种丰富度低,种间竞争弱,而同时具有大量的土壤种子库,即使密度依赖的自疏导致植株死亡,土壤种子库中的种子也能利用降雨补充大量的幼苗;丘间和坡底由于物种丰富度高,种间竞争激烈植株大量死亡,土壤种子库密度低不能补充足够的幼苗,致使种群数量呈下降的趋势。幼苗经过两个多月的生长发育,到 6 月初大部分植株已经开始成熟,种群密度逐渐趋于稳定。上述分析说明倒披针叶虫实种群的续存与其种子库中种子的分批萌发对策密切相关,并且同一个生长季内制约种群数量变动的关键因素会随水分条件的不同而不同。另外,野外调查还发现倒披针叶虫实种子萌发后由于缺水干燥死亡的种子,当重新吸水后幼根能够继续生长;黄振英等^[25]的研究结果发现植株在丧失 50% 水分时仍能存活。这些特征能够解释倒披针叶虫实在沙丘中部和上部呈优势分布。研究发现植物群落幼苗存活与降雨量有关,尤其是荒漠一年生植物的种群动态可能是严酷的自然环境、竞争、生活史对策以及土壤特性等综合作用的结果。此外,除 3 月份外,在生长发育的不同阶段倒披针叶虫实种群密度大小在沙丘各坡位总体上均表现为:沙面活

化的中部和上部>沙面固定的丘间和坡底>流动的坡顶,不同坡位该植物种群密度不同还可能与土壤养分有关。

种子萌发后幼苗的生长和存活对于植物的丰富度和分布具有非常重要的意义,幼苗以及繁殖体的定居主要依赖于它们生存于合适的生境^[26,27]。而植物的种群数量是出苗和死亡综合作用的结果^[28]。本研究中,在集中出苗的4月份,沙丘中上部密度最大达到 (148 ± 14) 株/ m^2 ,下部(底部和丘间)的最大密度 (64 ± 14) 株/ m^2 。而生长季结束时,沙丘中上部最大密度为 (147 ± 14) 株/ m^2 ,下部(底部和丘间)的最大密度为 (43 ± 12) 株/ m^2 ,其种群密度往往小于集中出苗时的种群密度,并且种群密度从6月开始逐渐趋于稳定。沙丘不同坡位倒披针叶虫实种群动态曲线表明,倒披针叶虫实存活曲线属于C型曲线,而具有C型存活曲线的种群其特点是早期具有很高的死亡率,需要有高出生率来补偿,当到某一时间后,死亡率逐渐降低,种群密度趋于稳定^[22,29]。同时,研究认为,在生存竞争中,k对策者以“质”取胜,而r对策者,则是以“量”取胜^[30],本研究中,沙丘中部和上部单位面积植株产生种子数量极显著高于丘间、坡底和坡顶。因此,倒披针叶虫实是较为典型的r对策者。

倒披针叶虫实在古尔班通古特沙漠广泛分布,且在莫索湾地区其在沙丘各坡位的重要值是所有植物中最高的,该植物是一类抗逆性极强的沙生植物,对该地区沙面的稳定起到极其重要的作用。

参考文献 (References):

- [1] Goldblat P. An analysis of the flora of southern Africa: its characteristics, relationships, and origins. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 1978, 65(2): 369-436.
- [2] Ludwig J A, Cunningham G, Whitson P D. Distribution of annual plants in North American deserts. *Journal of Arid Environments*, 1988, 15: 221-227.
- [3] Brown G. Species richness, diversity and biomass production of desert annuals in an ungrazed *Rhanterium epapposum* community over three growth seasons in Kuwait. *Plant Ecology*, 2003, 165(1): 53-68.
- [4] 梁存柱, 刘钟龄, 朱宗元, 王伟. 阿拉善荒漠区一年生植物层片物种多样性及其分布特征. *应用生态学报*, 2003, 14(6): 897-903.
- [5] 张荣, 刘彤. 古尔班通古特沙漠南部植物多样性及群落分类. *生态学报*, 2012, 32(19): 6056-6066.
- [6] Grime J P. *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. New York: John Wiley & Sons, 2006.
- [7] 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. *生态学报*, 2002, 22(11): 1923-1932.
- [8] 王雪芹, 蒋进, 雷加强, 张伟民, 钱亦兵. 古尔班通古特沙漠短命植物分布及其沙面稳定意义. *地理学报*, 2003, 58(4): 598-605.
- [9] Mosyakin S L. New subsections in *Corispermum* L. (*Chenopodiaceae*). *Thaizsia*, 1997, 7(1): 9-15.
- [10] 刘斌心. 中国沙漠植物志(第一卷). 北京: 科学出版社, 1985.
- [11] 毛祖美, 张佃民. 新疆北部早春短命植物区系纲要. *干旱区研究*, 1994, 11(3): 1-26.
- [12] Mosyakin S L. New taxa of *Corispermum* L. (*Chenopodiaceae*), with preliminary comments on the taxonomy of the genus in North America. *Novon*, 1995, 5(4): 340-353.
- [13] Sukhorukov A P. Fruit anatomy and its taxonomic significance in *Corispermum* (*Corispermoidae*, *Chenopodiaceae*). *Willdenowia*, 2007, 37(1): 63-87.
- [14] Robson D B. An analysis of the distribution, ecology, and status of bugseeds (*Corispermum*) in Canada. *Canadian Field-Naturalist*, 2010, 124(3): 246-255.
- [15] He Y H, Zhao H L, Liu X P, Zhao X Y, Zhang T H, Draker S. Reproductive allocation of *Corispermum elongatum* in two typical sandy habitats. *Pakistan Journal of Botany*, 2009, 41(4): 1685-1694.
- [16] Huang Y X, Zhao X Y, Zhou D W, Luo Y Y, Mao W. Allometry of *Corispermum macrocarpum* in response to soil nutrient, water, and population density. *Botany*, 2010, 88(1): 13-19.
- [17] Wang Y H, He W M, Yu F H, Zhang L L, Cui Q G, Chu Y, Dong M. Brushing effects on the growth and mechanical properties of *Corispermum mongolicum* vary with water regime. *Plant Biology*, 2009, 11(5): 694-700.
- [18] 刘有军, 刘世增, 纪永福, 马全林, 张德魁, 张锦春, 魏林源. 碟果虫实种子萌发对策及生态适应性. *生态学报*, 2010, 30(24): 6910-6918.
- [19] Liu S Z, Liu Y J, Ji Y F, Li Z Y, Zhang J H, Chen F. Seed germination of *Corispermum patelliforme* in different storage length at room temperature: a dominant annual species in the deserts of northern China. *Pakistan Journal of Botany*, 2013, 45(3): 737-742.

- [20] Venable D L. Bet hedging in a guild of desert annuals. *Ecology*, 2007, 88(5): 1086-1090.
- [21] Donohue K, Rubio de Casas R, Burghardt L, Kovach K, Willis C G. Germination, postgermination adaptation, and species ecological ranges. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2010, 41: 293-319.
- [22] Tielbörger K, Petruš M, Lampei C. Bet-hedging germination in annual plants: a sound empirical test of the theoretical foundations. *Oikos*, 2012, 121(11): 1860-1868.
- [23] Gremer J R, Venable D L. Bet hedging in desert winter annual plants: optimal germination strategies in a variable environment. *Ecology Letters*, 2014, 17(3): 380-387.
- [24] 范连连, 马健, 吴林峰, 徐贵青, 李彦, 唐立松. 古尔班通古特沙漠南缘草本层对积雪变化的响应. *植物生态学报*, 2012, 36(2): 126-135.
- [25] 黄振英, 吴鸿, 胡正海. 30 种新疆沙生植物的结构及其对沙漠环境的适应. *植物生态学报*, 1997, 21(6): 521-530.
- [26] Jennifer A, Dunne V, Thomas P. Species-mediated soil moisture availability and patchy establishment of *Pseudotsuga menziesii* in chaparral. *Oecologia*, 1999, 119(1): 36-45.
- [27] 曾晓玲, 刘彤, 沈雪莹, 牛攀新. 古尔班通古特沙漠种子秋萌的环境依赖性. *生态学杂志*, 2011, 30(8): 1604-1611.
- [28] 杨慧, 娄安如, 高益军, 宋宏涛. 北京东灵山地区白桦种群生活史特征与空间分布格局. *植物生态学报*, 2007, 31(2): 272-282.
- [29] 尚玉昌, 蔡晓明. 普通生态学 (上册). 北京: 北京大学出版社, 1992.
- [30] 张大勇. 植物生活史进化与繁殖生态学. 北京: 科学出版社, 2004.