

文章编号: 1001-4675(2008)04-0502-05

## 荒漠绿洲边缘区泡泡刺灌丛土壤种子库研究

李秋艳<sup>1</sup>, 方海燕<sup>2</sup>

(1 中国科学院烟台海岸带可持续发展研究所, 山东烟台 264003; 2 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 通过研究黑河中游荒漠绿洲边缘区泡泡刺灌丛的土壤种子库特征, 结果表明, 无论5月, 还是9月, 迎风坡和背风坡的土壤种子平均数量, 都受到水平距离和土壤深度的显著影响。水平方向上, 种子密度从灌丛下面到灌丛间地逐渐减少, 而且大部分种子分布在灌丛下面, 几乎没有种子分布在灌丛间地。垂直方向上, 在0~10 cm范围内, 5月份种子数量随着土壤深度的增加而增加。5~10 cm种子数量最多, 然后随着土壤深度的增加而降低。5~10 cm迎风坡和背风坡的种子密度分别为4 292 粒/m<sup>2</sup>和28 119 粒/m<sup>2</sup>, 显著大于其他深度的种子密度, 占总种子数量的82.4%左右。9月份, 无论迎风坡和背风坡, 种子数量随着土壤深度增加而降低, 大约有84%的种子集中在0~5 cm, 很少有种子存在于10~20 cm土层。

**关键词:** 灌丛; 泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*); 土壤种子库; 荒漠绿洲; 过渡带; 黑河

**中图分类号:** Q948.1 **文献标识码:** A

植物种子成熟后, 不管以何种方式传播, 最终都会散落到地面上, 有的刚好遇到合适的环境而萌发, 有的被动物摄食, 或失去活力, 而大部分保持活力并进入土壤中, 形成土壤种子库。Thompson 和 Grime<sup>[1]</sup>定义土壤种子库为“某一特定时间, 存在于土壤表面及其下的土层中具有活力的种子总数”。土壤种子库内所含的种子是特定生态系统的潜在植物种群, 是种群定居、生存、繁衍和扩散的基础。土壤种子库在植被的发生和演替、更新和恢复过程中起着重要的作用。土壤种子库在连接过去、现在和将来植物种群和群落结构、动态中起着重要的生态和进化作用。

干旱和半干旱地区占世界大陆面积的30%, 干旱与半干旱区的植物群落是维持土壤种子库很好的“候选者”。灌丛对荒漠生态系统的植被恢复及稳定性的影响表现在多个方面, 如肥岛效应<sup>[2]</sup>、种子的分散和传播模式<sup>[3]</sup>、土壤种子库的分布格局<sup>[4]</sup>、枯枝落叶层的形成<sup>[5]</sup>, 以及植物根系对水分和营养的吸收<sup>[6]</sup>等。国内外的生态学家开展了大量有关种子库方面的实验研究<sup>[7-10]</sup>, 土壤种子库的调查已成为植物生态学研究不可缺少的一部分。在干旱荒漠生态系统中, 泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*) 是重要的固沙灌木, 而有关它的土壤种子库的研究还未见报道。

本文选择甘肃省临泽县北部荒漠绿洲外围区的泡泡刺灌丛, 揭示其土壤种子库的水平和垂直分布特征, 分析土壤种子库的时间动态, 为荒漠区的生态恢复提供理论依据。

## 1 研究区概况及方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于甘肃省临泽县北部绿洲边缘, 地处黑河流域中游, 地理坐标为39°22'N, 100°09'E。研究区属温带大陆性荒漠气候, 年平均降水量119.1 mm, 年蒸发量2 337.6 mm。全年日照时间3 053.9 h, 年总辐射量146.2 kJ/cm<sup>2</sup>; 年平均气温7.7 °C, ≥0 °C活动积温3 544.6 °C, ≥10 °C活动积温3 092.4 °C, 无霜期152 d。年平均风速3.2 m/s, 大风日数(≥17 m/s) 15 d。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。天然植被以泡泡刺为主, 主要分布在丘间低地, 伴生有沙拐枣(*Calligonum mongolicum*)、雾冰藜(*Bassia dasyphylla*)、白茎盐生草(*Halogeton arachnoideus*)、碱蓬(*Suaeda glauca*)、沙米(*Agriophyllum squarrosum*)等。

### 1.2 实验设计与取样方法

取样点位于甘肃省临泽县北部绿洲边缘的沙漠生境, 2005年9月(当年的种子已经散落)和2006

收稿日期: 2007-08-13; 修订日期: 2007-10-12

基金项目: 中国科学院烟台海岸带可持续发展研究所前沿领域项目(hg-065007)和中国科学院地理科学与资源研究所创新三期领域前沿课题(066U0104SZ)资助

作者简介: 李秋艳(1978-), 女, 助理研究员, 博士, 主要从事生态修复研究。E-mail: qyli@yic.ac.cn

年5月(种子萌发前而没有新种子散落),选择了5个大小基本相同的灌丛沙堆(沙包高度约为1 m),并在其迎风坡和背风坡分别取样。沿水平和垂直方向取土样,土芯为直径7 cm。水平方向上,在灌丛沙堆迎风坡和背风坡的不同位置处,灌丛下面(N1),灌丛边缘(N2)和灌丛间地(N3, N4, …)。N2, N3, …每点相距0.5 m(图1),每点取样设5个重复。垂直方向上,在上述各取样点,每个土芯分为4层,即0~2, 2~5, 5~10 cm和10~20 cm,地表面的枯枝落叶等包括在0~2 cm土层中。将土样装入编号的纸袋中带回实验室,用直径为1, 0.5 mm和0.2 mm的土壤筛子分别过筛,记录每个土芯中的泡泡刺种子数量。

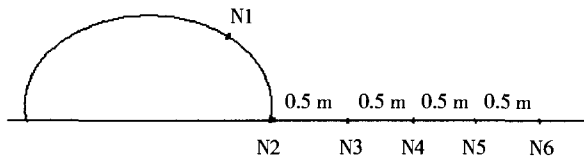


图1 土壤种子库水平方向(灌丛沙堆迎风坡或背风坡)取样示意图

Fig. 1 Sketch figure of horizontal sampling sites of soil seed bank (leeward or windward slope of coppice dune)

### 1.3 数据分析方法

不同水平位置和土壤深度对种子数量大小的影响用双因素方差分析,如果方差分析结果差异显著,在 $P=0.05$ 水平上用Tukey检验方法进行均值多重比较。

## 2 结果分析

### 2.1 水平分布格局

5月,灌丛下面迎风坡和背风坡的土壤种子密度分别达到4 132 粒/ $m^2$ 和25 699 粒/ $m^2$ ,灌丛边缘迎风坡和背风坡的种子密度分别为2 580 粒/ $m^2$ 和11 760 粒/ $m^2$ ,灌丛下面和灌丛边缘的土壤种子密度没有显著区别( $P>0.05$ ),但显著大于灌丛间地的土壤种子数量( $P<0.05$ )(图2A)。9月,灌丛下面迎风坡和背风坡的土壤种子密度分别达到24 896 粒/ $m^2$ 和24 435 粒/ $m^2$ ,灌丛边缘迎风坡和背风坡的土壤种子密度分别为1 896 粒/ $m^2$ 和8 080 粒/ $m^2$ ,灌丛下面和灌丛边缘的土壤种子密度具有显著差异( $P<0.05$ )(图2B)。2次取样结果表明,土壤种子库密度从灌丛下面到灌丛间地逐渐减少,

而且大部分种子分布在灌丛下面,几乎没有种子分布在灌丛间地。

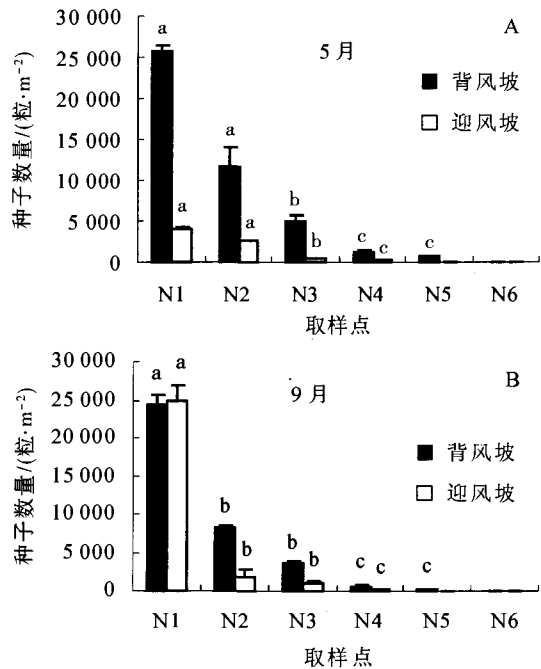


图2 水平方向上种子数量(不同字母间差别显著, $P<0.05$ )  
Fig. 2 Horizontal distribution of seeds ( $P<0.05$ )

### 2.2 垂直分布格局

5月,土壤种子数量随着土壤深度的增加而增加,在土壤深度为5~10 cm时,土壤种子数量最多,然后随着土壤深度的增加而降低。5~10 cm深度迎风坡和背风坡的种子密度分别为4 292 粒/ $m^2$ 和28 119 粒/ $m^2$ ,显著大于其他深度的种子密度( $P<0.05$ ),约占总种子数量的82.4%,而0~2, 2~5, 10~20 cm深度分别仅占2.2%, 9.0%, 6.3%(图3A)。9月,无论迎风坡还是背风坡,种子数量随着土壤深度增加而降低。0~2 cm深度迎风坡和背风坡的种子密度分别为18 824 粒/ $m^2$ 和14 680 粒/ $m^2$ , 2~5 cm深度迎风坡和背风坡的种子密度分别为5 876 粒/ $m^2$ 和15 572 粒/ $m^2$ 。0~2 cm和2~5 cm深度的种子密度没有显著差异( $P>0.05$ ),但明显大于5~10 cm深度的种子密度( $P<0.05$ )。约有84%的种子集中在0~5 cm,很少有种子存在于10~20 cm(图3B)。

## 3 讨论

沙漠生境中,风、洪水、动物、微地形等是影响种子散布和分布的主要因子<sup>[10]</sup>。很多关于沙漠生态系

统土壤种子库的研究表明,种子分布格局具有较强的时空变化<sup>[11-14]</sup>。任一地点的种子都要经过从母株上散布阶段和在土壤中水平和垂直运动阶段。

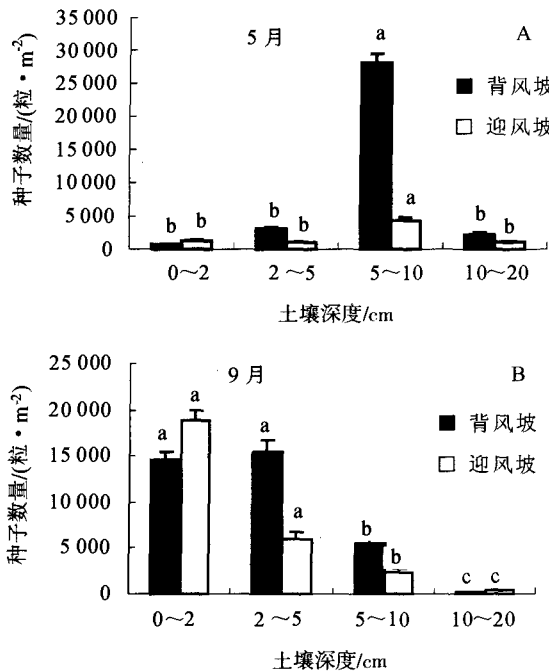


图3 垂直方向上种子数量(不同字母间差别显著, $P < 0.05$ )

Fig.3 Vertical distribution of seeds ( $P < 0.05$ )

因为灌丛植物种子的大量散布、灌丛沙堆处的风速降低、摄食者不容易掠夺等<sup>[10]</sup>,种子就沉积在灌丛下面<sup>[11]</sup>,并从灌丛中心向灌丛间地逐渐减少<sup>[12]</sup>。笔者发现,在水平方向上,土壤种子库密度从灌丛下面向灌丛间地逐渐减小,而且大部分种子聚集在灌丛下面。这与其他荒漠土壤种子库的研究结果相似,如在 Sevilleta 生态站调查的灌丛下面和灌丛之间芥菜 (*Lesquerella fendleri*) 的种子数量差别很大,分别为 2 400 粒/m<sup>2</sup> 和 169 粒/m<sup>2</sup><sup>[13]</sup>。Fuentes 等<sup>[15]</sup>发现,西班牙中部的常绿有刺灌木丛下的种子数量是灌丛间地的 10 倍。Russell 和 Schupp<sup>[16]</sup>也发现,桃花心木 (*Cercocarpus ledifolius*) 灌丛下的种子数量是灌丛间地的 4 倍多。但也有一些研究得出了相反的结果,如于顺利等<sup>[17]</sup>对地中海沿岸沙丘土壤种子库的研究发现,灌丛间地区具有最大的种子密度,而灌丛下和路径具有较小的种子密度,且微生境对总的土壤种子库和各功能群的土壤种子库的分布格局具有显著的影响。所以干旱荒漠区的土壤种子库特征与植物种类有很大关系。

风对沙物质的运动和沉积具有重要的影响,所

以,沙堆的位置和土壤深度影响了土壤种子库的种子数量。Kemp<sup>[18]</sup>发现大部分种子分布于沙漠的表面。Bai 等<sup>[19]</sup>发现,沙米 (*Agriophyllum squarrosum*) 在迎风坡和坡顶的种子密度大于背风坡。但是,笔者发现,无论 5 月,还是 9 月,迎风坡和背风坡的种子平均数量受水平距离和土壤深度的显著影响 ( $P < 0.01$ )。在同一水平位置,2 次取样结果显示,迎风坡和背风坡的种子密度并没有显著区别 ( $P > 0.05$ ),灌丛沙堆迎风坡的种子虽然被风吹到背风坡,但同时从远处把种子也吹到了迎风坡。

在沙漠生态系统中,种子分布格局具有较强的时空变化。如在阿根廷 Monte 沙漠中部,常绿草种子密度在夏末为 2 400 粒/m<sup>2</sup>,早春为 2 700 粒/m<sup>2</sup>,秋冬季为 3 000 粒/m<sup>2</sup>;而一年生植物种子密度为早春 6 500 粒/m<sup>2</sup>,夏末 5 500 粒/m<sup>2</sup><sup>[14]</sup>。研究发现,9 月,无论背风坡还是迎风坡,随着深度的增加,种子的数量减少。而且大约 84% 的种子集中在 0~5 cm 的表层,10~20 cm 很少有种子。这个结果与 Guo 等<sup>[4]</sup>关于北美沙漠土壤种子库的结果一致。但是,到了 5 月份,种子散落还没有萌发时,因为风沙的沉积作用,土壤种子库的大部分种子位于 5~10 cm 深度,而不是 0~5 cm 的表层。

垂直分布上,随着土壤深度的增加,单位面积种子数量减少。美国西北部的沙漠中绝大部分种子存在于土壤表层,而美国南部的沙漠中种子大部分存在于 1~2 cm<sup>[4]</sup>。沙漠中绝大部分种子在 0~2 cm,5 cm 深度以下很少有种子。而且种子的垂直运动和在土层的最终分布主要由种子形状、土壤结构和种子大小、动物干扰或其他物理过程决定。某一特定深度含有特定大小的种子,因为大种子很难进入土壤深处,而小种子易进入土壤深处。土壤表面和土壤内部的种子位置影响了种子的萌发和幼苗定植,进而影响了植物群落的结构。无论生物因素还是非生物因素,又控制了种子库的分布和种子的命运。

沙漠中土壤种子库的水平 and 垂直分布格局影响了植物种群和群落的分布。种子生态学家已经研究了种子的位置对萌发、被掠夺和再分布的影响<sup>[20]</sup>。如沙漠中很多一年生植物的种子不能在大于 1 cm 的深度下萌发<sup>[21]</sup>,沙漠中灌木的种子不能在 4 cm 深度之下出苗<sup>[22]</sup>,但是在 7 cm 的深度下种子才不被动物摄食<sup>[23]</sup>。因为 5 月份,是种子萌发时间,土壤种子库的大部分种子位于 5~10 cm 深度,虽然可

防止动物摄食,但 6 cm 已经是泡泡刺幼苗出土的最大沙埋深度<sup>[24]</sup>,所以在自然环境中,种子很难有合适的条件萌发。

种子分布的格局影响了干旱生态系统中地上植被的斑块格局,因为地上的杂物或草本阻止了种子在土壤表层的运动。地上植被的斑块格局也成为吸收水分和营养的源泉<sup>[25]</sup>,或积聚沙尘和根枝<sup>[26]</sup>,这种状况又加强了植被的异质性<sup>[27]</sup>,增强了斑块的营养动态<sup>[28]</sup>、生物多样性和生产力<sup>[25]</sup>,从而提高了植被斑块维持生态过程的重要性,并影响了泡泡刺种群的定居。

致谢:感谢中国生态系统研究网络临泽内陆河研究站为本研究提供了实验和生活条件,感谢赵文智研究员在论文写作中给予的指导。

#### 参考文献 (References):

- [1] Thompson K, Grime J P. Seasonal variation in the seed bank of herbaceous species in ten contrasting habitats [J]. *Journal of Ecology*, 1979, 67: 893 - 921.
- [2] Reynolds J F, Virginia R A, Kemp P R, et al. Impact of drought on desert shrubs: effects of seasonality and degree of resource island development [J]. *Ecological Monographs*, 1999, 69(1): 69 - 106.
- [3] Facelli J M, Temby A M. Multiple effects of shrubs on annual plant communities in arid lands of South Australia [J]. *Austral Ecology*, 2002, 27: 422 - 432.
- [4] Guo Q F, Rundel P W, Goodall D W. Horizontal and vertical distribution of desert seed banks: Patterns, causes and implications [J]. *Journal of Arid Environments*, 1998, 38: 465 - 478.
- [5] Pugnaire F I, Lázaro R. Seed bank and understorey species composition in a semi-arid environment: the effect of shrub age and rainfall [J]. *Annals of Botany*, 2000, 86: 807 - 813.
- [6] Garner W, Steinberger Y. A proposed mechanism for the formation of fertile islands' in the desert ecosystem [J]. *Journal of Arid Environments*, 1989, 16: 257 - 262.
- [7] 赵丽娅, 李锋瑞. 沙漠化过程土壤种子库特征的研究 [J]. *干旱区研究*, 2003, 20(4): 317 - 321. [Zhao Liya, Li Fengrui. Study on the characteristics of soil seed banks in desertification process [J]. *Arid Zone Research*, 2003, 20(4): 317 - 321.]
- [8] 刘建立, 袁玉欣, 彭伟秀, 等. 河北丰宁坝上孤石牧场土壤种子库与地上植被的关系 [J]. *干旱区研究*, 2005, 22(3): 295 - 300. [Liu Jianli, Yuan Yuxing, Peng Weixiu, et al. Relationship between the soil seed banks and vegetation in Gushi pasture, Bashang, Fengning, Heibei province [J]. *Arid Zone Research*, 2005, 22(3): 295 - 300.]
- [9] 孙宗玖, 安沙舟, 马金昌. 围栏封育对草原植被及多样性的影响 [J]. *干旱区研究*, 2007, 24(5): 669 - 674. [Sun Zongjiu, An Shazhou, Ma Jinchang. Effect of fencing on vegetation and diversity of steppe in the middle section of northern slope of the Tianshan mountains, China [J]. *Arid Zone Research*, 2007, 24(5): 669 - 674.]
- [10] Reichman J. Spatial and temporal variation of seed distributions in Sonoran desert soils [J]. *Journal of Biogeography*, 1984, 11: 1 - 11.
- [11] Aguiar M R, Sala O E. Seed distribution constrains the dynamics of the Patagonian steppe [J]. *Ecology*, 1997, 78: 93 - 100.
- [12] Okubo A, Levin S A. A theoretical framework for data analysis of wind dispersal of seeds and pollen [J]. *Ecology*, 1989, 70: 329 - 338.
- [13] Cabin R J, Marshall D L. The demographic role of soil seed banks I. Spatial and temporal comparisons of below- and above-ground populations of the desert mustard *Lesquerella fendleri* [J]. *Journal of Ecology*, 2000, 88: 283 - 292.
- [14] Marone L, Rossi B E, Horno M E. Timing and spatial patterning of seed dispersal and redistribution in a south American warm desert [J]. *Plant Ecology*, 1998, 137: 143 - 150.
- [15] Fuentes E R, Otaiza R D, Alliende M C, et al. Shrub clumps of the Chilean matorral vegetation-structure and possible maintenance mechanisms [J]. *Oecologia*, 1984, 62: 405 - 411.
- [16] Russell S K, Schupp E W. Effects of microhabitat patchiness on patterns seed dispersal and seed predation of *Cercocarpus ledifolius* (Rosaceae) [J]. *Oikos*, 1998, 81: 434 - 443.
- [17] Yu S L, Marcelo S, Jiang G M, et al. Heterogeneity in soil seed banks in a Mediterranean coastal sand dune [J]. *Acta Botanica Sinica*, 2003, 45(5): 536 - 543.
- [18] Kemp P R. Seed bank and vegetation processes in deserts [A]. Leck M A, Parker V T, Simpson R L. *Ecology of Soil Seed Bank* [C]. San Diego: Academic Press, 1989. 257 - 282.
- [19] Bai W M, Bao X M, Li L H. Effects of *Agriophyllum squarrosum* seed banks on its colonization in a moving sand dune in Hunsandake sand land of China [J]. *Journal of Arid Environments*, 2004, 59: 151 - 157.
- [20] Chambers J C, MacMahon J A. A day in the life of a seed: movements and fates of seeds and their implications for natural and managed systems [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1994, 25: 263 - 292.
- [21] Freas K E, Kemp P R. Some relationships between environmental reliability and seed dormancy in desert annual plants [J]. *Journal of Ecology*, 1983, 71: 211 - 217.
- [22] Williams W A, Cook O D, Kay B L. Germination of native desert shrubs [J]. *California Agriculture*, 1974, 28: 13.
- [23] Reichman J. Desert granivore foraging and its impact on seed densities and distribution [J]. *Ecology*, 1979, 60: 1 085 - 1 092.
- [24] Li Q, Zhao W, Fang H. Effects of sand burial depth and seed mass on seedling emergence and growth of *Nitraria sphaerocarpa* [J]. *Plant Ecology*, 2006, 185: 191 - 198.
- [25] Burke I C, Lauenroth W K, Coffin D P. Soil organic-matter recovery in semiarid grasslands: implications for the conservation reserve program [J]. *Ecological Applications*, 1995, 5: 793 - 801.
- [26] Pugnaire F I, Haase P, Puigdefábregas J, et al. Facilitation and succession under the canopy of *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss. in a semi-arid environment in South-east Spain [J]. *Oikos*, 1996,

76:455-464.

- [27] Agnew A D Q. Switches, pulses and grazing in arid vegetation [J]. *Journal of Arid Environments*, 1997, 37:609-617.

- [28] Moro M J, Pugnaire F I, Haase P, et al. Mechanisms of interaction between *Retama sphaerocarpa* and its understory layer in a semi-arid environment [J]. *Ecography*, 1997, 20:175-184.

## Study on Soil Seed Bank of *Nitraria sphaerocarpa* Coppice Dune in a Desert-oasis Marginal Zone

LI Qiu-yan<sup>1</sup>, FANG Hai-yan<sup>2</sup>

(1. *Yantai Institute of Coastal Zone Research for Sustainable Development, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, Shandong Province, China;*

2. *Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)*

**Abstract:** *Nitraria sphaerocarpa*, one of the main psammophytes, grows in patches and is distributed in discontinuous pattern in the arid and semiarid areas of China. In this study, the soil seed bank of *Nitraria sphaerocarpa* in a desert-oasis marginal zone is lucubrated, and the horizontal and vertical distribution patterns of the seed bank are analyzed. The results show that the seed density of both windward and leeward slopes is closely related to the horizontal distance and the vertical depth of sampling in both May and September. Horizontally, the seed density decreases from the shrub canopy center to the inter-shrubbery area, and most seeds are distributed under shrub canopies. Vertically, the seed density in May increases with increasing soil depth, there are 4 292 and 28 119 seeds per square meter at soil depth of 5 ~ 10 cm in windward and leeward slopes respectively, the proportion of seeds at soil depth of 5 ~ 10 cm is 82.4%, and then the seed density decreases with increasing soil depth. The seed density in September decreases with increasing soil depth whether in windward or leeward slope, 84% seeds are distributed at soil depth of 0 ~ 5 cm, and few seeds can be found at soil depth of 10 ~ 20 cm.

**Key words:** shrub coppice dune; distribution pattern; soil seed bank; desert-oasis marginal zone.

### 欢迎订阅《干旱区研究》

《干旱区研究》是由中国科学院新疆生态与地理研究所主办,以我国干旱区水、土、生物、气候四种可再生资源的研究为主要内容的综合性学术期刊,其内容包括干旱区生态及其生态系统与环境;干旱区自然资源的动态变化及相互作用;干旱区与大气圈、水圈、生物圈、岩石圈和人类活动之间的相互作用;干旱区生态与建设;全球变化与干旱区;干旱区减灾、防灾;先进技术在干旱区开发与研究中的应用。依靠广大的科学工作者,开展广泛而深入的基础理论研究,为我国培养和造就大批的干旱区资源与环境科技人才。本刊适合从事干旱区研究的专家、学者、科技人员及相关院校师生阅读参考。

国内统一刊号:65-1095/X,本刊为国际大16开本,2007年改为双月刊,144页,单月15日出版,每期18元。

欢迎新老客户及时到当地邮局订阅,邮发代号:58-37。若有漏订者可直接汇款至编辑部补订。

编辑部地址:乌鲁木齐市北京南路818号;邮编:830011;电话:(0991-7885364);E-mail:azr@ms.xjb.ac.cn