

地中海沿岸沙丘种子大小对植物及其种子多度的影响

于顺利¹, Marcelo Sternberg², 蒋高明¹, 刘美珍¹, Pua Kutiel³

(1. 中国科学院植物研究所植被数量生态学重点实验室, 北京 100093; 2. 特拉维夫大学, 以色列; 3. 巴依兰大学, 以色列)

摘要:分析了地中海沿岸沙丘 3 种微生境(灌丛下、灌丛之间的开阔地、路径)以及整个沙丘生态系统的种子大小与土壤种子库中休眠种子的数量、土壤种子库中总种子的数量、地上植被中各个植物种的个体数量和幼苗数量、每种植物在小样方中的出现频率等方面之间的关系,也分析了种子尺寸(长、宽、高之和的平均值)与土壤种子的长久性、土壤种子库中休眠种子数量之间的关系;还分析了具有不同种子大小的植物在沙丘生态系统和各微生境的分布比率,验证了生活周期短的植物的种子在土壤中更长久和被干扰的微生境具有更多的休眠种子这种假说。结果发现,在地中海沿岸沙丘生态系统中,具有特别大的种子和特别小种子的植物种类都很少,不同植物种子的大小呈现近正态分布,但绝大多数植物的种子重量都不超过 10mg;微生境影响种子尺寸与种子长久性的关系,在灌丛下、开阔地区域等两个微生境以及整个的沙丘生态系统都呈现显著的正向关系($p < 0.05$),而在路径这种关系不很明显;种子多度与植被物种出现频率呈现强烈的正相关($p < 0.05$),没有发现种子大小与土壤种子库中休眠种子数量、种子库中总的种子数量、植被物种出现频率、植被的物种多度、幼苗植物多度等方面有显著的关系;具有中度大小种子(0.1~10mg)的植物在总的土壤种子库、休眠种子库和幼苗中分布最多且最广;具有不同大小种子的植物种在不同的微生境中的分布比率具有差异;土壤种子库中较大种子的数量并不总是稀少,个别优势植物的大种子也具有较多的数量;寿命较长的多年生植物在土壤中具有较少的休眠种子,仅占有所有休眠种子的 1/4,而 1 年生植物的休眠种子占 3/4;被干扰的微生境如路径区的土壤种子库中小种子的比率较高。

关键词:地中海沿岸沙丘;种子大小;土壤种子库;种子长久性;植物多度;植物分布频率

The effects of seeds size on the distribution and abundances of plants and seed banks in a Mediterranean coastal sand dune

YU Shun-Li¹, Marcelo Sternberg², JIANG Gao-Ming¹, LIU Mei-Zhen¹, Pua Kutiel³ (1. Quantitative Vegetation Ecology Laboratory, Institute of Botany, Chinese Academy of Science, Beijing 100093, China; 2. Bar-Ilan University, Ramat Gan 52900, Israel; 3. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(4): 749~755.

Abstract: In order to explore the effect of seed dimension (average values of sum of length, width and height) or seed size on plant or seed distribution and abundances, the vegetation and seedling banks as well as soil seed banks were investigated in Mediterranean coastal sand dunes in Poleg Stream Nature Reserve, Israel. Three representative microhabitats were selected: 1) open patches in a stabilized sand dune, 2) shrub understory in a stabilized sand dune, and 3) trail in an unstabilized sand dune. Seedling emergence was monitored in each microhabitat during the growing season from November 2000 to April 2001. At the end of the rainfall season and before seed dispersal (May 2000), the upper 5 cm of the soil of the sampling subplots was collected. The soil was sieved and ungerminated viable seeds were identified and counted. Then the persistent soil seed banks in each microhabitat and the whole ecosystem were estimated. The plant composition and abundance of aboveground vegetation was also investigated in each microhabitats.

基金项目:中国科学院重大创新资助项目(KSCX 1-08-02);国家重大基础研究与发展计划资助项目(G1998010100)

收稿日期:2003-11-10; **修订日期:**2004-11-11

作者简介:于顺利(1965~),男,山东临朐人,博士,副研究员,主要从事植物生态学研究。

致谢:工作完成于以色列巴·依兰大学地理系生态学实验室,在此深表谢意。

Foundation item: Knowledge Innovation Program of Chinese Academy of Sciences (No. KSCX1-08-02), the State Key Basic Research and Development Plan of China (No. G1998010100) and Babara KORT Fund.

Received date: 2003-11-19; **Accepted date:** 2004-11-10

Biography: YU Shun-Li, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in plant ecology. E-mail: yushunli2002@yahoo.com or shunliyu@ibcas.ac.cn

The relationships between seed dimensions and seed persistence, dormant seeds number and total seeds number in soil seed bank, plant abundance of vegetation and seedling, plant distribution frequency of vegetation in three microhabitats and in whole sand dune community in a Mediterranean coast sand dune were analyzed by use of Pearson's relative analysis. The correlations between seed size and seed persistence, dormant seeds number in soil seed banks were also checked. The constraints on the percentage of sized seeds and plant species of seed size in the microhabitats and over whole sand dune ecosystem were construed. Two hypothesis of that short-lived plants have more dormant seeds in soil seed banks and long-lived plants easily occurred at the disturbed microhabitat were tested.

The results showed that the seed size of vascular plants varies greatly in Mediterranean coastal sand dunes ecosystem. Especially large or small seeds are very scarce in the community. Most of plant seeds weight was not greater than 10mg. The seed sizes of various plants showed normal distribution. Seed dimensions were strongly related to seed sizes ($p < 0.05$). The microhabitats affected the relationship between seed dimensions (or sizes) and seed persistence. The seed dimensions have a positive correlation with seed persistence in the open area and shrub understorey as well as in the whole community ($p < 0.05$). But in the trail this correlation was very weak. A positive relationship was also found between seed size and seed persistence in trail, shrub understorey and whole community ($p < 0.05$). But no significant correlation was found in the open area. No significant correlation was found between seed size and number of dormant seeds and total seeds, abundance of species in vegetation and seedlings and species distribution frequency in vegetation in the three microhabitats. The middle sized seeds (0.1~10mg) were both abundant and broadly distributed in vegetation, total soil seed banks, seedling banks and persistent seed banks. The microhabitats affected distribution patterns of plants species that possess various seed mass. Larger seeds were not always less in soil seed banks in the sand dune ecosystem. The dormant seed banks of perennial plants were much less than those of annual plants. This proved the hypothesis that annual plants had much more persistent soil seed banks, and that plants which have smaller seed weight tend to distribute in unstablized microhabitat such as trail.

Key words: Mediterranean coastal sand dune; seed size; soil seed banks; seed persistence; plant abundance; plant distribution frequency

文章编号:1000-0933(2005)04-0749-07 中图分类号:Q948 文献标识码:A

土壤种子库是指存在于土壤上层凋落物和土壤中全部存活种子的总和^[1]。简单地说,土壤种子库通常分为两种类型,即瞬时土壤种子库(Transient soil seed banks)和长久土壤种子库(Permanent soil seed banks or persistent soil seed banks)^[2]。瞬时土壤种子库是指种子在土壤中存活不超过 1a,而长久土壤种子库是指种子在土壤中休眠期至少 1a。

虽然植物的种子大小在种内个体之间有一定的变异,但物种间种子大小存在的变异更大,种间变异幅度比种内变异幅度大得多;种子的大小(重量)可以说是植物的一个关键和相对稳定的生活史特性,它与种子的散布能力强烈有关,以及与另外的生活史特征如竞争力^[3,4]、散布^[5]、分布^[6]、丰富度^[7]、植物的寿命^[8]以及种子在土壤中的长久性(指种子在土壤中休眠时间的长短)^[9]等有关。国内关于种子大小变异的研究甚少,尤其是在群落学水平上,把进化生物学和生态学两方面结合的研究还鲜为发现,因此开展这方面的工作,有利于促进和推动我国相关领域的研究。

生命史理论预测有机体的众多特征具有非随机分布的格局,其中之一就有相反关系这一结果^[10]。最近的研究显示:在沙漠生态系统中,种子的大小与植物的空间分布及植物的丰富度就反应上面的预测;空间上,小种子的植物种类具有宽范围的分布和多度,而大种子的植物总是具有较低的多度和较窄的分布^[7],在较小的尺度上如地中海沿岸沙丘生态系统是否具有相似的分布格局,即:由重量较大的种子萌发的幼苗和植株是否具有较低的多度,由重量较小的种子萌发的幼苗和植株是否具有较高的多度,需要进行检验。关于种子大小与每种植物种个体的分布频率是否具有特别的关系,在以前的研究中还未见报道,本文对此进行了分析。

在地中海沿岸沙丘生态系统上不同的微生境,其地上凋落物、土壤质地、地上植被等都有差异^[11],因而可能影响不同大小种子的分布,不同大小或重量的种子在不同的微生境具有怎样的分布比例?

Thompson 等人很早就发现长久土壤种子库(persistent soil seed banks)中的种子数量与种子的大小和形状有关^[3,10],在 1993 年通过检验英国草本植物后发现,长久性的种子趋向于较小和压紧,而寿命短的种子一般较大且饱满或延长^[9]。Rees 通过对英国植物调查研究发现,种子休眠与种子的大小呈现负相关,大种子物种具有较少的种子休眠,而小种子的植物具有较多的休眠种子;种子具有有效空间散布的物种具有较少的种子休眠^[12];随后,他又认为,没有特殊空间散布结构的植物种子,种子重量与休眠无关,而风及动物散布的种子,较重的种子具有较小的休眠^[13]。Leishman 和 Westoby 用相同的研究方式通过比较澳

大利亚的植物发现:长久休眠的种子并不比瞬时性休眠种子小且紧密,种子的大小和形态与种子的长久性休眠无关,针对这种争论,需要对更多的植被区系进行比较和研究^[14]。

Rees 也认为寿命长的植物的休眠种子,在土壤中具有较低的比率^[12]。更早的研究也显示,与 1 年生植物相比较来说,多年生植物对土壤种子库具有较小的贡献^[15]。研究还发现被干扰的栖居地具有较多的休眠种子^[16],地中海沙丘生态系统及几种微生境在这方面具有怎样的分布格局,被干扰的栖居地是否具有较多的休眠种子,本文进行了统计分析和比较。

过去的研究发现,在美国西南部的沙漠生态系统中,小种子数量多且分布广或分布稀少且只占有几个较少的地点,较大的种子数量总是很少且分布狭窄^[17],地中海沿岸沙丘生态系统在这方面具有怎样的格局,本文进行了分析比较。

本研究的主要内容有:(1) 在地中海沿岸沙丘种子的重量和尺寸是否与种子的长久性有关? 微生境影响二者的关系。(2) 种子的大小与土壤种子库休眠种子的数量或总种子的数量是否具有明显的相关性?(3) 种子的大小与植被、幼苗中物种个体数是否具有明显的相关性?(4) 种子大小与成熟植被、幼苗中物种出现频率是否相关?(5) 在不同的微生境,种子大小是否影响物种组成的分布。

1 区域概况和研究方法

1.1 研究区域概况:本研究的地点位于以色列特拉维夫以北的 Poleg 自然保护区 (The Poleg Stream Nature Reserve) 的地中海沿岸沙丘上,海拔在 20~50m 之间,经度为:34°45', 纬度为 32°03'。气候为典型的地中海式气候,平均年降雨量是 600 mm,降雨主要集中在秋季和冬季,一般从 10 月~翌年 5 月份,在时间和雨量方面具有高度的不可预测性,月平均最高温度一般在 7 月份,可达 32℃,平均最低温度在 1 月份,可至 5℃。土壤分布在硅质的岩石上,沙化严重。整个保护区有 144 个植物种,其中 22 个种是以色列特有的,整个植被由灌丛 (*Retama raetam*, *Pistacia lentiscus*)、多年生草本植物和 1 年生草本植物组成。此自然保护区曾向公众开放,大量的人行小道散布在本区域,人行小道主要是大量的步行者多年走路和偶尔的机动车行驶形成的。这些人行小道的一部分(包括在本研究中监测的)由于自然恢复的目的在一年前已对公众关闭。

1.2 研究方法

1.2.1 固定样地的实验设计 首先在本自然保护区选择 4 个地点作为重复,这些地点大约相距 250 m。在每一个地点选择 3 个微生境:① 开阔地,② 灌丛 (*Retama raetam*) 下,③ 路径。在每一个微生境内,随机选择 10 个 25 cm × 25cm 大小的小样方,设成固定样地,共有 120 个小样方。这样每个微生境都有 40 个小样方作为重复。

1.2.2 幼苗的出现观测 分别在 4 个日期监测了 120 个小样方的幼苗出现,即:2000 年 11 月的 13 至 15 日,2000 年 12 月的 18 至 20 日,2001 年 1 月 30 日和 2001 年 3 月 4 日。每次取样,均记录出现幼苗的种类和数目,并把每次出现的幼苗的地上部分去掉。监测直至雨季结束而无新幼苗出现为止,统计幼苗的总数。

1.2.3 休眠的土壤种子库调查以及土壤中种子的长久性估算 在 5 月雨季结束,新种子散布之前,收集 120 个样方上层 5 cm 的土壤(包括凋落物层)。在实验室把土壤层层筛选,分离未萌发的种子。随后鉴定并统计有活力的种子,腐烂且损坏的种子以及胚被损害种子都被看作没有活力,而胚完整饱满且具油性的种子被认为是具有活性的种子。这样每一个样方的长久土壤种子库就得到了,总的土壤种子库即由种子萌发的幼苗数目与未萌发的活性种子数目之和。土壤中每种植物种子的长久性等于土壤中长期休眠的种子数量除以每种植物的总种子库。

1.2.4 植被的调查 在草本植物开花的顶峰(4 月份),开始调查邻近固定样地的植被,在 4 个地点的每一个微生境,随机选择 4 个 25 cm × 25cm 大小的植被小样方,一共选择了 48 个临时小样方,所有植物被鉴定和统计数目,这样每一个样方的植物组成、物种多度、物种丰富度以及每个植物种在小样方中的出现频率就得到了。

1.2.5 种子的大小和体积 在开花季节结束的时候,从不同的微生境收集所有物种的种子。把果实和种子放在盘子里,在室温下放置 1 个月,使其干燥。用精度天平称取 (PB303, Mettler Toledo) 每个物种 100 粒种子,如种子太小,就多取种子至数百个,精度至 0.01g,计算单个种子平均重量。每种植物选取 10 粒种子,用游标卡尺称取其长、宽、高,计算平均值,就可得到植物的尺寸。

1.2.6 统计分析 应用相关性分析分析了地中海沿岸沙丘种子尺寸和种子重量之间的关系,并分析了不同微生境种子大小与土壤种子长久性、土壤种子库中休眠种子数量、土壤种子库中总的种子数量、成年植被的物种多度、成年植被物种出现频率、幼苗植物多度等之间的协方差关系,也分析了种子尺度与土壤种子长久性、种子库中休眠种子数量之间的协方差关系 (EXCEL 软件;以及 JMP 软件,美国 SAS 研究所)。

2 结果和分析

2.1 种子的重量和尺寸

在地中海沿岸沙丘群落共收集了 50 个植物的种子,其单个种子重量分布范围在 0.038 ~147.37 mg 之间(见图 1 和附录 1),最大种子的重量是最小种子的 3878 倍。按照种子的重量大小,把植物的种子分为 5 类(表 1),各占比例分别为:0~0.1mg

占 8.1%，0.1~1.0 mg 占 40.3%，1.0~10.0mg 占 40.3%，10.0~100.0mg 占 9.7% 和 100.0~100.0mg 占 1.6%。从以上统计可以看出绝大多数植物种子的重量在 0.1~10.0mg 之间(图 1)。把种子的长、宽、高之和计算平均值,就为种子的尺寸,其范围在 0.48 mm to 4.75 mm 之间(见附录 1),二者相差 10 倍左右。通过相关分析得知:种子的大小与其尺寸呈现正相关 ($F=0.6027, p<0.01$),种子尺寸越大,则种子的重量越高。

2.2 休眠种子的植物组成

在整个长久性种子库中,1 年生植物的休眠种子占 74.9%,多年生植物的休眠种子占 25.1%,1 年生植物的休眠种子数量远多于多年生植物的休眠种子。本结果支持生活周期短的植物的种子在土壤中更长久这种假说。

2.3 种子的尺寸与种子的长久性

微生境影响种子尺寸与种子在土壤中的长久性的关系,在两个微生境灌丛下 ($F=6.13, p=0.017$)、开阔地区域 ($F=6.40, p=0.015$)和整个的沙丘样地 ($F=8.15, p=0.0066$),种子尺度与种子的长久性都呈现显著的正向关系;但是在路径地区这种关系非常微弱 ($F=3.90, p=0.059>0.05$) (图 3)。

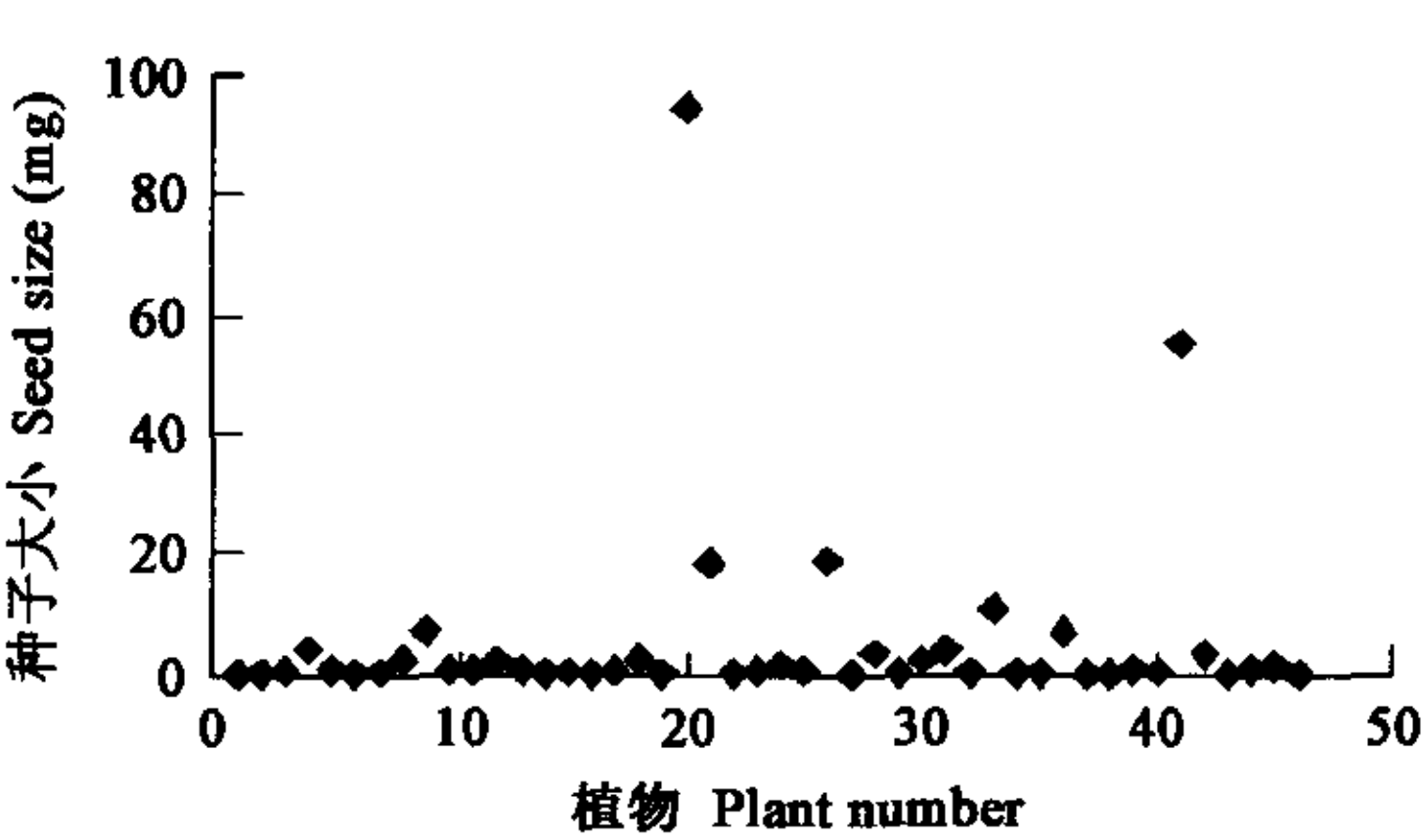


图 1 植物与其种子的大小

Fig. 1 The plant species and their seed sizes

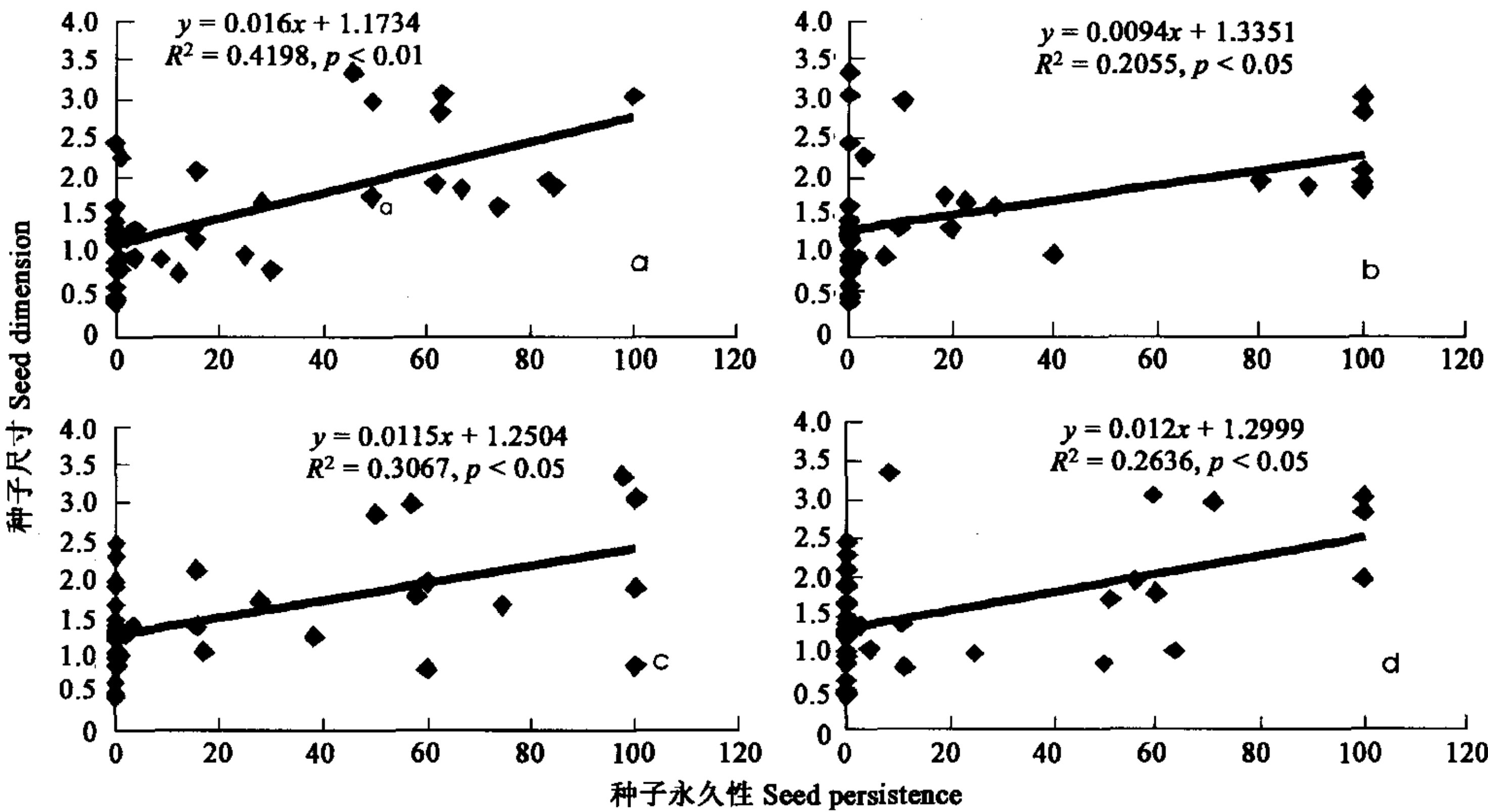


图 2 3 个微生境及整个沙丘生态系统种子尺寸与种子长久性的关系

Fig. 2 The relationship between seed dimension and seed persistence in the three microhabitats and over whole sand dune ecosystem

a 整个生态系统 The whole ecosystem; b 路径区 The trail; c 开阔地 The open area; d 灌丛下 Shrub understory

2.4 种子大小和休眠种子的数量

通过分析发现:在各微生境如开阔地区域 ($F=0.17, p=0.678$)、灌丛下 ($F=0.022, p=0.883$)、路径区域 ($F=0.34, p=0.561$)及整个生态系统 ($F=0.22, p=0.639$),种子重量和长久性种子数量方面没有明显的关系。这表明:种子重量越小并不意味着种子越容易休眠或者说种子重量越大越不容易休眠。

2.5 种子大小和植物种在成熟植被中的分布频度

通过分析发现:在不同微生境如开阔地区域 ($F=2.38, p=0.13$)、灌丛下 ($F=1.83, p=0.18$)、路径区域 ($F=0.60, p=0.44$)及整个生态系统 ($F=2.04, p=0.16$),种子重量和成熟植被中的植物的分布频度没有明显的关系。这表明:种子重量越小并不意味着这种植物在每个小样方中出现的几率越大或越小。

2.6 种子大小和植物种在幼苗中的个体数量

通过分析发现:在不同微生境如开阔地区域 ($F=1.24, p=0.27$)、灌丛下 ($F=0.09, p=0.77$)、路径区域 ($F=0.49, p=0.49$)及整个生态系统 ($F=0.88, p=0.35$),种子重量和物种在幼苗中的个体数量方面没有明显的关系。

2.7 种子大小和植物种在植被中的个体数量

在各微生境如开阔地区域 ($F=1.24, p=0.27$)、灌丛下 ($F=0.09, p=0.77$)、路径区域 ($F=0.49, p=0.49$)及整个生

态系统 ($F=0.88$, $p=0.35$),种子重量和植物种在成熟植被中的个体数量方面没有明显的关系。

2.8 种子大小和植物区系组成

总的来说,具有不同种子大小的植物种分布在不同微生境(除了最大和最小的种子外),种子大小对植物个体多度和分布的影响是巨大的(表1)。在总的土壤种子库中,路径区域较小种子($<1\text{ mg}$)的物种种子数量占总种子数的84.13%,开阔地区占62.53%,灌丛下占37.49%,在成熟植被和幼苗方面也有类似的格局。在长久种子库方面,中度大小的种子在路径区和开阔地区占的比例最高;而灌丛下较大的种子占的比例最高。

2.9 植物多度和出现的频度之间的关系

植物多度和成年植被的物种在样地的分布频率之间在开阔区域 ($F=52.7$, $p<0.001$)、灌丛下 ($F=16.03$, $p=0.002$)、路径区域 ($F=61.53$, $p<0.001$)等各个微生境和总的样地区域 ($F=92.77$, $p<0.001$)具有显著的关系。

3 讨论

本研究调查了一个生态系统中植物种子的大小概况,组成群落的植物的种子大小很不均一,有时相差上千倍,但是绝大多数植物的种子重量不超过10mg,个别植物的种子重量有时很大(图1)。种子的重量和尺寸呈正相关,即种子体积越大,种子重量越高,说明种子密度(单位体积的种子重量)相对均匀性。

表1 地中海沿岸3个微生境以及整个沙丘群落不同大小的种子和由不同大小的种子萌发的植物在土壤种子库、幼苗库和植被所占的比例(%)
Table 1 The percentage of various sized seeds and plants in three microhabitats and whole sand dune community in a Mediterranean coastal sand dune (%)

种子大小 Seed size(mg)	土壤种子库 Soil seed banks				幼苗 Seedlings				长久土壤种子库 Persistent soil seed banks				植被 Vegetation			
	路径	开阔地	灌丛下	总群落	路径	开阔地	灌丛下	总群落	路径	开阔地	灌丛下	总群落	路径	开阔地	灌丛下	总群落
	Trail	Open	Shrub	Total	Trail	Open	Shrub	Total	Trail	Open	Shrub	Total	Trail	Open	Shrub	Total
10^{-1}	7.96	14.28	3.37	10.27	8.45	18.42	4.79	12.88	0	0	0	0	0.97	9.46	10.16	7.17
$10^{-1}\sim10^0$	76.17	48.25	34.12	54.28	78.57	49.83	44.31	56.63	36.89	11.26	9.92	12.50	85.65	69.36	79.30	74.60
$10^0\sim10^1$	15.42	35.53	41.58	32.69	12.75	30.877	49.02	29.59	59.22	87.60	24.08	64.05	13.15	21.27	9.38	18.00
$10^1\sim10^2$	0.45	0.94	20.82	5.45	0.23	0.88	1.88	0.91	3.88	1.14	65.63	23.32	0.24	0.11	1.72	0.23
$10^2\sim10^3$	0	0	0.11	0.11	0	0	0	0	0	0	0.38	0.13	0	0	0	0

本研究是通过统计种子当年在自然状态下的萌发数量和土壤种子库中种子休眠数量来计算各植物物种的种子在土壤中的长久性,并分析了在3个不同的微生境中种子的大小与种子长久性的关系以及在整个地中海沿岸沙丘和3个不同的微生境中种子的尺寸与种子长久性的关系,对以上关系的分析以前还未见报道,虽然有些文献也称长久性,也分析了种子长久性与种子大小的关系,但其长久性仅指种子数量^[3,9,14]。

从整个生态系统来看,种子的尺寸、大小与种子的长久性呈正相关,可能因为地中海沿岸沙丘生态系统的独特性,土壤种子库中豆科植物的种子占了长久种子库的很大比例,而且这些种子具有较大的尺寸和较高的重量,这些植物的种子也具有较高的休眠率,如植物种 *Retama raetum*, *Medicago constricta*, *Trigonella cylindraea*, *Vicia tetrasperma* 的种子。除一种微生境(路径区)种子尺寸与其长久性的关系不很显著外,其余两种微生境中种子尺寸和种子长久性都有明显的正向关系,说明微生境影响种子的尺寸与种子的长久性这种关系。微生境也影响种子的大小与种子的长久性的关系,但开阔地这种关系不明显,以上说明种子尺寸和大小的不尽一致。

种子的大小与休眠种子的数目之间没有明显的关系,这与 Thompson 等人对英国草地的研究结果不同^[9],但与 Leishman 和 Westoby 等人具有相似的结论^[14]。原因可能有以下几点:(1) 英国植物区系大部分为草本植物,包括很多第四纪冰期以后易于扩散的植物种,具有小且致密的种子的植物生存特别成功,而在地中海沿岸沙丘,硬质的休眠种子且具有较高的重量(1.77~147.37mg 与小于1.77 mg 比较),如豆科的 *Retama raetum* 及百合科的天门冬等,就象澳大利亚的植物区系。(2) 风、地表洪水、取食种子的动物和土壤表面的微地形是影响种子散布的主要因子^[17,18],在地中海沿岸沙丘,种子的命运也受这些因子的影响,较小的种子易于被强风吹走或被土壤表面洪水带走^[19],因为在种子散布距离和种子重量之间有一种反向关系^[20]。(3) 种子休眠特性受制于很多因素如生理特性,不仅仅依赖种子重量^[21],虽然较大的种子更易被动物捕食^[22],但是哪一个因子更重要,每个因子的相对重要性需要进一步研究。所以认为这种关系的形成受制于很多因素,估计不同的生态系统有不同的分布格局。

1年生植物的休眠种子数量远多于多年生植物的休眠种子,这符合假说寿命长的植物种在土壤中具有较少比率的休眠种子,寿命短的植物种具有较大比率的种子休眠^[12],这可能是对环境的一种进化适应,地中海地区属于半干旱气候,每年有5~6个月没有降雨,1年生植物为了繁衍后代只能靠种子的休眠来渡过不利环境,而多年生植物可依靠根或根茎等地下器官渡过干

早期。

在不同的微生境不同大小的种子分布有不同的比例,对对有些植物的种子来说,大种子有时具有很多的数量,这与先前的研究不同,对沙漠生态系统的研究发现:小种子数量多且分布广或稀少且只分布在有限的地点,较大的种子数量总是很少且分布狭窄^[16]。而对地中海沿岸沙丘生态系统来说,优势物种 *Retama raetam* 的种子不仅有较大的重量,也有占优势的数量,所以说“较大的种子数量总是很少且分布狭窄”不是普遍规律。

种子重量和物种在幼苗中以及在植被中的个体数量没有明显的关系,原因可能如下:(1) 种子大小与种子数量的相反关系,(2) 稀有植物种的存在,所以具有较少的种子,(3) 植物种处于分布的边缘,因而造成较少的种子数量,(4) 优势植物种的存在,如果优势物种的种子具有较高的重量,大种子数量也会较多,因此造成的统计结果会是二者关系不明显。

研究发现,寿命长的种子是被干扰的生境的特性,被干扰的生境往往具有较多的休眠种子^[21],对被干扰的微生境来说,情况并不是这样的,其土壤种子库中的休眠种子数量反而比稳定的未被干扰的微生境少,原因可能为:被干扰的微生境比如路径区的地上植物的数量本来就少,产生的种子也少,另外种子更容易被破坏、捕食等。

植物多度和植物在各个小样方中出现的频度之间具有较强烈的正向关系,不难费解,一个植物物种的数量越多,它占有的空间越大,分布在各样方中的可能性也就越大,因此多度和频度呈现正相关。

References:

- [1] Simpson R L. *Ecology of soil seed bank*. San Diego: Academic Press, 1989. 149~209.
- [2] Thompson K, Grime J P. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *J. Ecol.*, 1979, **67**: 893~921.
- [3] Thompson K. Seeds and seed banks. *New Phytologist*, 1987, **106** (Suppl.): 23~24.
- [4] Rees M. Community structure in sand dune annuals: is seed weight a key quantity? *Journal of Ecology*, 1995, **83**: 857~863.
- [5] Venable D L, Brown J S. The selective interactions of dispersal, dormancy, and seed size as adaptations for reducing risk in variable environments. *American Naturalist*, 1988, **131**: 360~384.
- [6] Stearns S C. *The evolution of life histories*. Oxford University Press, Oxford, 1992.
- [7] Guo Q F, Brown J H, Valone T J, et al. Constraints of seed size on plant distribution and abundance. *Ecology*, 2000, **81**(8): 2149~2155.
- [8] Silvertown J W. Seed size, life span and germination date as co-adapted features of plant life history. *American Naturalist*, 1981, **118**: 860~864.
- [9] Thompson K, Band S R, Hodgson J G. Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology*, 1993, (7): 236~241.
- [10] Thompson K, Grime J P. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*, 1979, **67**: 893~921.
- [11] Yu S L, Sternberg M, Jiang G M, et al. Heterogeneity in soil seed banks in a Mediterranean coastal sand dune. *Acta Botanica Sinica*, 2003, **45**(5): 536~543.
- [12] Rees M. Trade-offs among dispersal strategies in British plants. *Nature*, 1993, **366**(11): 150~152.
- [13] Rees M. Evolutionary ecology of seed dormancy and seed size. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.*, 1996, **351**: 1299~1308.
- [14] Leishman M R, Westoby M. Seed size and shape are not related to persistence in soil in Australia in the same way as in Britain. *Functional Ecology*, 1998, **12**: 480~485.
- [15] Major J, Pyott W T. Buried viable seeds in two California bunchgrass sites and their bearing on the definition of a flora. *Vegetatio*, 1966, **13**: 253~282.
- [16] Thompson K, Bakker J P, Bekker R M, et al. Ecological correlates of seed persistence in soil in the north-west European flora. *Journal of Ecology*, 1998, **86**: 163~169.
- [17] Guo Q, Rundel P W, Goodall D W. Horizontal and vertical distribution of desert seed banks: patterns, causes and implications. *Journal of Arid Environments*, 1998, **38**: 465~478.
- [18] Goodall D W, Childs S, Wiebe H H. *Methodological and Validation Study of Seed Reserves in Desert Soils*. US/IBP Desert Biome Research Memorandum 72~78. Logan: Utah State University, 1972. 9~10.
- [19] Reichman J. Spatial and temporal variation of seed distribution in Sonoran desert soils. *Journal of Biogeography*, 1984, **11**: 1~11.
- [20] Garcia-Fayos P, Cerda A. Seed losses by surface wash in degraded Mediterranean environments. *Catena*, 1997, **29**: 73~83.
- [21] Werner P A, W J Platt. Ecological relationships of co-occurring goldenrods (*Solidago*: Compositae). *American Naturalist*, 1976, **110**: 959~971.

[22] Fenner M. Relationships between seed weight, ash content and seedling growth in twenty-four species of Compositae. *New Phytologist*, 1983, **95**: 697~706

附录 1 Poled 自然保护区植物种子重量和尺寸
Appendix 1 The seed weight of plant species at the Poled Nature Reserve

植物种 Species	种子重量 (mg) Seed weight	种子尺寸 (mm) Seed dimension	植物种 Species	种子重量 (mg) Seed weight	种子尺寸 (mm) Seed dimension
<i>Maresia pulchella</i>	0.045	0.08	<i>Anagalis arvensis</i>	0.51	0.99
<i>Lathyrus maromoratus</i>	55.4	4.29	<i>Arenaria leptocladus</i>	0.04	0.43
<i>Retama raetum</i>	94.56	4.75	<i>Silene colorata</i>	0.15	0.68
<i>Trifolium palaestinum</i>	2.56	1.70	<i>Paronychina argentea</i>	0.84	1.23
<i>Trifolium campestre</i>	0.28	0.85	<i>Polycarpon succulentum</i>	0.35	1.02
<i>Medicago constricta</i>	2.2	1.78	<i>Prasium majus</i>	4.56	2.30
<i>Coronilla scorpioides</i>	0.76	1.27	<i>Erodium alnifolium</i>	2.44	2.45
<i>Hippocrepis unisiliquosa</i>	2.54	2.10	<i>Chrysanthemum corotarium</i>	2.088	2.40
<i>Vicia tetrasperma</i>	18.55	3.03	<i>Phagnalon rupestre</i>	0.057	0.64
<i>Trigonella cylindraea</i>	1.77	1.65	<i>Centaurea speciosa</i>	3.21	1.90
<i>Lotus halophilus</i> Var. <i>halophilus</i>	0.33	0.86	<i>Senecio vernalis</i>	0.175	1.01
<i>Ononis viscosa</i>	3.54	1.87	<i>Anthelis leucanthemifolia</i> var. <i>leucanthemifolia</i>	0.235	1.04
<i>Hymenocarpus circinnatus</i>	3.68	1.97	<i>Crepis aculeata</i>	0.39	2.28
<i>Nigella arvensis</i> var. <i>palaestina</i>	0.39	1.30	<i>Ifloga spicata</i>	0.038	0.51
<i>Fumaria judaica</i>	7.13	3.75	<i>Sonchus oleraceas</i>	0.26	1.24
<i>Plantago sacrophylla</i>	0.605	1.21	<i>Asparagus stipularis</i>	18.98	3.05
<i>Plantago albicans</i>	0.65	1.36	<i>Tulipa agensis</i>	1.55	3.34
<i>Papaver humile</i>	0.07	0.86	<i>Allium curtum</i> subsp. <i>curtum</i>	0.58	1.22
<i>Mercuriales anuua</i>	0.75	1.65	<i>Cutandia philistacea</i>	0.25	1.32
<i>Euphorbia peplus</i>	0.18	0.96	<i>Avena barbata</i>	9.12	2.60
<i>Rumex bucephalophorus</i>	0.34	1.37	<i>Lagarus ovatus</i>	0.63	1.38
<i>Galium philistaeum</i>	0.31	0.81	<i>Bromus rigidus</i>	7.29	5.19
<i>Pseudolaya pumila</i>	4.39	2.97	<i>Cyperus conglomeratus</i>	1.98	1.94
<i>Osyris alba</i>	147.37	7.40	<i>Ammochloa palaestina</i>	0.8	1.26
<i>Ainsworthia trachycarpa</i>	0.892	1.46			
<i>Lapula spinocarpus</i>	0.85	2.83			