

# 宁夏荒漠草原针毛收获蚁对植物种子的觅食作用

贺达汉<sup>1</sup>, 辛 明<sup>1</sup>, 长有德<sup>2</sup>, 李秋霞<sup>3</sup>

(1. 宁夏大学农学院, 宁夏 永宁 750105; 2. 中国科学院动物研究所, 北京 100080; 3. 陕西师范大学体育学院, 陕西西安 710062)

**摘要:**针毛收获蚁 *Messor aciculatus* (F. Smith) 是西北荒漠地区典型的食种子蚂蚁种类之一。以宁夏中卫县沙坡头自然保护区红卫固定沙丘地段为主要研究基地。由田间系统调查和室内饲养得出: 针毛收获蚁可取食的植物种子达 30 余种以上。在红卫固定沙丘草地针毛收获蚁的自然种群收获的植物种子主要有 6 种: 狗尾草 *Setaria viridis*、猪毛菜 *Salsola collina*、雾冰藜 *Bassia dasyphylla*、地锦 *Euphobia humifuse*、刺沙蓬 *Salsola ruthenica*、叉枝鸦葱 *Scorzonera divaricata*。被收获的种子大小主要在 1.20~2.50mm 之间, 或有棱角、扁平、易于衔夹的种子。在蚁巢中种子以种类和形态的不同被分类、分层保存于不同深处的巢室, 总贮量随工蚁和蚁后数量的增加而增加。在自然条件下, 收获的种子种类及数量与穴巢附近环境中的植物种类及分布有关。蚂蚁对种子的收集贮藏在一定程度上可影响种子的萌发力, 特别是对一些 1 年生质量较轻的种子影响力较大。蚂蚁觅食对土壤中种子库种子密度的影响因植物种类的不同而异, 其中对 1 年生草本植物影响较大, 间接的影响到植物群落的组成和空间分布的变化。

**关键词:**针毛收获蚁; 荒漠草原; 植被分布; 土壤种子库; 觅食作用

## Studies on the foraging function of *Messor aciculants* (F. Smith) on plant seeds in desert steppe ecosystem of Ningxia, China

HE Da-Han<sup>1</sup>, XIN Ming<sup>1</sup>, CHANG You-De<sup>2</sup>, LI Qiu-Xia<sup>3</sup> (1. Agricultural College, Ningxia University, Yongning, Ningxia 750105; 2. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080; 3. Shanxi Normal University, Shaanxi, Xian 710062). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(6): 1063~1070.

**Abstract:** *Messor aciculatus* (F. Smith) is a seed harvester dominant ant in the desert steppe ecosystem of northwest China. The investigation and experiment site lay in the fixed sand hill grassland of Hongwei at the Sha Po-tou Protected Region in Zhongwei County in Ningxia. We dug 6 colonies of ants among which there were 600 ant workers fed on 30 kinds of plant seeds, among which 22 kinds were harvested and fed by the ant workers in the artificial raising experiment. Six dominant seeds were found in natural nest of *Messor aciculatus*, including *Setaria viridis*, *Salsola collina*, *Bassia dasyphylla*, *Euphobia humifuse*, *Salsola ruthaeoides*, *Scorzonera divaricata*. *Setaria viridis* and *Salsola collina* were dominant in number and weight in total preservation. The seed size is 1.20~2.50mm with edges and corners. They may be

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(30060014);教育部高等骨干教师资助计划资助项目

**收稿日期:**2002-05-06; **修订日期:**2002-12-25

**作者简介:**贺达汉(1954~),男,陕西蓝田县人,博士,教授,主要从事昆虫生态学研究。E-mail:hedahan@163.com

**致谢:**中国科学院动物研究所梁爱萍研究员帮助修改,在此致谢

**Foundation item:** National Natural Science Foundation of China(No. 30060014) and the Foundation for University Key Teacher by Ministry of Education

**Received date:** 2002-05-06 **Accepted date:** 2002-12-25

**Biography:** HE Da-Han, Ph. D., Professor, mainly engaged in the insect ecology. E-mail: hedahan@163.com

easy to be carried and foraged. The seed amount in nest was increased with the increasing of workers and queens' numbers. The amount of seeds in the nest was increased with the numbers of workers and greens. The number of storage seeds varied according to the depth of the nest. The germination rate of seeds could be reduced remarkably by the storage of *Messor aciculatus*, especially for some annual plant seeds with small quality. The deeper the storage depth, the lower the germination rate.

Under the natural condition, the kinds and quantities of seeds are correlative with the varieties and distribution of seeds within the area of 8m surrounding the nest. The number of preferred seeds accounted for 50 percent of the total number of preferred seeds in the soil seed bank. The effect of the forage on the density of seeds in the soil seed bank was different with the different kinds of plants, especially, the distribution of preferred seeds, which further effected the composition and space distribution of plant community. The main effect is the farther distance from the nest, the higher the numbers of *Setaria viridis*, *Salsola collina*.

**Key words:** *Messor aciculatus*; desert steppe ecosystem; plant distribution; soil seed bank; foraging function

文章编号:1000-0933(2003)06-1063-08 中图分类号:Q958,Q968 文献标识码:A

在干旱半干旱的荒漠环境中,植物种子是蚂蚁最重要的食物来源<sup>[1]</sup>。蚂蚁每年可搬运荒漠土壤中可食性种子的 9%~26%,喜食种子的 100%<sup>[2]</sup>。蚂蚁对种子的选择与种子的形态、大小及可获性等有关<sup>[3,4]</sup>。多数喜欢选择“小而健全的种子”贮藏<sup>[2]</sup>。每年有大量种子被储藏起来,其储藏量是取食量的 5~10 倍<sup>[5]</sup>。蚂蚁对种子的贮藏会引起种子窒息、影响发芽,或霉烂<sup>[3,6]</sup>。对于一些 1 年生质量较轻的种子在 5mm 深的土壤下就能抑制其萌发<sup>[3]</sup>。蚂蚁的觅食活动主要发生在距巢穴 2m~12m 范围内,随着距离的增大,觅食活动明显的降低,从而造成沙漠种子区域性分布的不均匀性<sup>[7]</sup>。这种作用能以直接影响到荒漠地区植物种子库种子的密度和植被组成的分布<sup>[1~10]</sup>。

针毛收获蚁 *Messor aciculatus* (F. Smith) 隶属切叶蚁亚科收获蚁属。多分布于华北、西北的各类草地,取食多种植物种子,亦是宁夏人工固沙草地的优势种蚂蚁之一<sup>[13,15]</sup>。Haseguwa 曾对其性比分配机制进行过研究<sup>[13]</sup>,其它方面则未见研究报道。作者于 1996~2002 年对该蚂蚁的取食行为等进行了调查与试验研究,旨在探讨针毛收获蚁取食行为对荒漠种子库的影响,了解其与荒漠植被分布的关系。

1 调查与试验方法

1.1 调查地基本情况

调查设在宁夏沙坡头自然保护区红卫固定沙丘地段,位于北纬 37°28',东经 104°57'。因受内蒙古高压的影响,这里气候呈现干燥、多风等特点。年平均气温 9.6℃,年降雨量 186mm,年蒸发量 3000mm 以上。土壤为风沙土。沙丘已被固定,沙面结皮厚 2~3mm,地面生有苔藓和藻类。土壤有机质含量 2%~3%。植被:多年生灌木、半灌木有柠条锦鸡儿 *Caragana korshinskaii*、黑沙蒿 *Artemisia ordosica*;1 年生草本植物有圆头蒿 *Artemisia sphaerocephala*、猪毛菜 *Salsola collina*、雾冰藜 *Bassia dasyphylla*、地锦 *Euphorbia humifusa*、蓝刺头 *Echinopsis latifolius*、顶羽菊 *Acroptilon repens*、狗尾草 *Setaria viridis*、虎尾草 *Chloris virgata*、蒙古沙葱 *Allium mogolicum*、叉枝鸦葱 *Scorzonera divaricata*、中国菟丝子 *Euscata chinesis*、刺沙蓬 *Salsola ruthaeoides*、小画眉草 *Eragrostis poaeoides* 等;多年生草本植物有糙隐子草 *Cleistogenes squarrosa*、短花针茅 *Stipa breiciflora*、赖草 *Leymus secalinus*、冰草 *Agropyron cristatum*、白草 *Pennisetum centrasiaticum*。植被盖度 50%~60%。

1.2 蚂蚁觅食特性的调查与试验

1.2.1 野外调查 每年 4~10 月份,在调查区内,根据蚁巢口遗弃的种子情况,统计新旧蚁巢分布情况。以蚁巢口为中心,东南西北 4 个方向,在  $r = 1m, 5m, 10m$  处,取  $1m \times 1m$  样方调查植物种类分布和数量 [株(丛)数],采集各种植物种子带回烘干,做好记录和标签,保存(供种子库种子鉴定时对照参考)。每月选

择 1 个成熟蚁巢剖挖,以 5~30cm、30~50cm、50~80cm、巢底(>80cm)分 4 段,分别收集所贮藏种子,记载各类种子的堆放特征、发霉、腐烂和被啃食情况,用标号小瓶封装后带回。用孔径为 0.5mm 细筛筛去沙土,除去杂物,在解剖镜下进行种类鉴定,统计粒数,并称重。

在调查的基础上,对蚂蚁所收藏的种子进行单株年产量测定。方法为随机选取各种植物 10 株(或单株花序),统计单株种子粒数、千粒重,结合田间植株密度,测算种子年产量。

土壤种子库种子密度测定,采用 18.5cm×18.5cm×2cm(深)的方形环刀,每月在调查地随机抽取 20 个土样,带回后用 0.5mm 孔径细筛过筛,除去细沙土,在清水中漂洗,获取种子,晾干后在解剖镜下鉴定种类,统计数量和称重。

1.2.2 室内饲养试验 用玻璃制作成两种饲养缸,一种为长(50cm)×宽(50cm)×深(5~10cm);另一种为长(30cm)×宽(5~8cm)×深(30cm、50cm、100cm)。缸内盛有潮湿沙土,四周外套黑布套,缸口涂有凡士林,并加盖中央有  $D=3\sim5\text{cm}$  的圆形通气孔的玻璃盖,以保持缸内湿度,防止蚂蚁逃逸。野外采集蚂蚁自然社群(每年 5~10 巢,每巢 100~150 头工蚁,2~3 头蚁后,共计 34 巢),用饲养缸室内饲养。第 1 种主要用于蚂蚁在巢外活动的观察及试验,第 2 种主要用于蚂蚁在巢内活动情况的观察。

食性、觅食方式的试验,用玻璃制作 10cm×10cm×5cm 的小缸,为食物缸,用  $D=3\text{cm}$  透明塑料软管将食物缸和第一种饲养缸连通。在食物缸内投放食物,通过管道观察记载蚂蚁觅食活动,3 个月后捣毁蚁巢,统计种子情况。

1.2.3 贮藏种子发芽力的测定 野外挖蚁巢,取巢内贮藏种子和周围土壤中相对应的各类种子,取  $D=9\text{cm}$  的培养皿,以滤纸为发芽床,加蒸馏水,在室内自然条件下(20~25℃)培养。每天观察 1 次,记录发芽数,直到连续 1 周内不再发芽为止,分析不同贮藏深度对种子萌发力的影响。

2 结果与分析

2.1 针毛收获蚁取食种子的种类

室内饲养得出,针毛收获蚁为严格的食种子蚂蚁。在供试的各类食物中,除对 20% 蜂蜜水有少量取食外,对米饭粒、馒头碎屑和昆虫尸体等均不取食或收藏,对供试的植物种子则有选择性的不停地搬运入巢。表 1 是室内供试种子被搬运入巢的情况。可以看出,供试 30 种种子中,日收获种子数≥30 粒 14 种,10~30 粒 4 种,1~10 粒 4 种,不收藏的 8 种(包括:箭 豌豆 *Vicia sativa*、蜀葵 *Althaea rosea*、大针茅 *Stipa grandis*、萎陵菜 *Potentilla nudicaulis*、冷蒿 *Artemisia frigida*、冰草 *Agropyron cristatum*、垂穗披碱草 *Elymus natans*、苘麻 *Abutilon theophrasti*)。

对 30 种种子的形态分析表明,被大量收获的种子均为个体较小,或有棱角、扁平、易于衔夹的。如狗尾草、草地早熟禾、黑麦草。不被收获的种子有的过长,如大针茅;有的过小,如冷蒿;有的过大而圆,如箭 豌豆。少量被收获的种子其形态多介于上述两者之间。说明种子的大小和外部形态是影响针毛收获蚁对种子选择性的的重要因素之一。

2.2 自然穴巢中贮藏种子种类及特性

2.2.1 贮藏种子的种类及组成比率 表 2 为在调查区剖挖蚁巢获得的种子情况。可以看出,在 10 个穴巢中被收藏种子为 6 种,有狗尾草、猪毛菜、地锦、雾冰藜、叉枝鸦葱、刺沙蓬,重量为 0.8~2.2g/千粒。蚁巢中种子总贮量随社群工蚁数和蚁后数的增大而增加,一般为 2343.34 粒(2.89g)/100 头工蚁,1218.55 粒(1.41g)/蚁后。蚁巢中种子总贮量随社群中蚂蚁总数量的增加而增长,经对 10 个蚁穴工蚁和贮藏种子的总量拟合后,得种子总贮存量与工蚁数的关系式为:  $Y_{(\text{种子贮藏量})} = -4.7135 + 0.02922x_{(\text{工蚁数})}$  ( $r = 0.9571, r > r_{0.05} = 0.950, p < 0.05$ )。

经检验,表明种子贮藏量与工蚁数量的关系呈显著性正相关。

各社群对各类种子的贮藏量取决于觅食区域内被收获的种源植物种类、数量、种子成熟期及脱落速度等。其中狗尾草的种子大小和重量均适宜,成熟早又易脱落,土壤种子库相对密度较大,在贮藏数量上和总重量上均占优势,平均为 1210.38 粒(1.25g)/100 头工蚁,629.4 粒(0.65g)/蚁后;其次为猪毛菜,调查区内零星性分布,土壤种子分布不均匀,其收藏量相对较低,平均为 661.54 粒(1.07g)/100 头工蚁,344 粒

表 1 室内人工饲养下针毛收获蚁对不同种子的收获量  
Table 1 Seeds numbers are harvested by *M. aciculatus* in the artificial experiment

| 供试植物种子种类<br>Species of<br>experimental seeds | 社群及个体数<br>Colonies &<br>individuals | 日供种子数<br>(粒)Num. of<br>experiment<br>seed a day | 种子形态特征<br>Feature character of seeds |                                 |                    | 收藏种子数<br>Storage<br>amount<br>of seed | 日收获种子数<br>Foraging<br>numbers of<br>seed a day |                  |
|----------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------|------------------|
|                                              |                                     |                                                 | 长×宽<br>Size(mm)                      | 形态特征<br>Feature<br>character    | 生活型<br>Lify form   |                                       | 社群<br>Colony                                   | 个体<br>Individual |
|                                              |                                     |                                                 |                                      |                                 |                    |                                       |                                                |                  |
| 灰绿藜 <i>Chenopodium<br/>glaucum</i>           | 600/6                               | 100                                             | 1.0×0.75                             | 扁球形<br>Spheroid                 | 1 年生<br>Annual     | 117                                   | 39                                             | 0.260            |
| 独行菜 <i>Lepidium<br/>apetalum</i>             | 600/6                               | 100                                             | 1.5×0.8                              | 矩圆形<br>Rectangular              | 1 年生<br>Annual     | 162                                   | 54                                             | 0.360            |
| 地锦 <i>Euphobia<br/>humifusa</i>              | 600/6                               | 100                                             | 1.2×0.7                              | 卵圆形,具<br>三棱①                    | 1 年生<br>Annual     | 300                                   | 100                                            | 0.667            |
| 多年生黑麦草<br><i>Lolium perenne</i>              | 600/6                               | 100                                             | 2.8×1.1                              | 矩圆形,扁<br>平②                     | 多年生<br>Perennation | 123                                   | 41                                             | 0.273            |
| 草地早熟禾<br><i>Poa pratensis</i>                | 600/6                               | 100                                             | 1.5×0.6                              | 纺锤形,具<br>三棱③                    | 多年生<br>Perennation | 123                                   | 41                                             | 0.273            |
| 鳍蓟 <i>Olgaea<br/>leucophylla</i>             | 600/6                               | 100                                             | 8.0×1.0                              | 梭形<br>Spindle                   | 1 年生<br>Annual     | 18                                    | 6                                              | 0.040            |
| 碱茅 <i>Puccnellia<br/>distans</i>             | 600/6                               | 100                                             | 2.5×0.6                              | 卵圆形<br>Ovate                    | 多年生<br>Perennation | 141                                   | 47                                             | 0.313            |
| 刺儿菜 <i>Cephalanoplos<br/>segetum</i>         | 600/6                               | 100                                             | 4.0×1.0                              | 椭圆形或长<br>卵形、扁平<br>④             | 多年生<br>Perennation | 141                                   | 47                                             | 0.313            |
| 狗尾草 <i>Setaria viridis</i>                   | 600/6                               | 100                                             | 2.0×1.0                              | 扁卵圆形<br>Ovate                   | 1 年生<br>Annual     | 267                                   | 89                                             | 0.593            |
| 沙打旺 <i>Astragalus<br/>adsurgens</i>          | 600/6                               | 100                                             | 2.0×1.2                              | 倒卵形、两<br>侧扁⑤                    | 多年生<br>Perennation | 69                                    | 23                                             | 0.153            |
| 高羊茅 <i>Festaca<br/>elata</i>                 | 600/6                               | 100                                             | 4.5×1.0                              | 披针形、具<br>棱⑥                     | 多年生<br>Perennation | 42                                    | 14                                             | 0.093            |
| 车前 <i>Plantago<br/>depressa</i>              | 600/6                               | 100                                             | 1.3×0.5                              | 椭圆形<br>Ellipse                  | 多年生<br>Perennation | 150                                   | 50                                             | 0.333            |
| 湖南稗子 <i>Echinochloa<br/>crusgalli</i>        | 600/6                               | 100                                             | 3.0×2.0                              | 卵形<br>Ovate                     | 1 年生<br>Annual     | 42                                    | 14                                             | 0.093            |
| 长芒草 <i>Stipa<br/>bungeana</i>                | 600/6                               | 100                                             | 5.0×1.0                              | 披针形<br>Lanceolate               | 多年生<br>Perennation | 300                                   | 100                                            | 0.667            |
| 野西瓜籽 <i>Hibiscus<br/>trionum</i>             | 600/6                               | 100                                             | 3.5×2.0                              | 肾形<br>Reniform                  | 1 年生<br>Annual     | 15                                    | 5                                              | 0.033            |
| 猪毛菜 <i>Salsola<br/>collina</i>               | 600/6                               | 100                                             | 2.0×2.0                              | 倒卵形、扁<br>平⑦                     | 1 年生<br>Annual     | 300                                   | 100                                            | 0.667            |
| 雾冰藜 <i>Bassia<br/>dasyphylla</i>             | 600/6                               | 100                                             | 2.0×1.6                              | 星形,扁平<br>⑧                      | 1 年生<br>Annual     | 129                                   | 43                                             | 0.287            |
| 虎尾草 <i>Chloris virgata</i>                   | 600/6                               | 100                                             | 3.0×1.5                              | 纺锤形,具<br>二棱⑨                    | 1 年生<br>Annual     | 138                                   | 46                                             | 0.307            |
| 小画眉草 <i>Eragrostis<br/>poeoides</i>          | 600/6                               | 100                                             | 9.0×0.2                              | 小画眉草以<br>小穗做实验,<br>小穗扁平,较<br>长⑩ | 1 年生<br>Annual     | 99                                    | 33                                             | 0.220            |
| 刺沙蓬 <i>Salsola<br/>ruthacoides</i>           | 600/6                               | 100                                             | 4.0×4.0                              | 扁平,有棱,<br>碟形⑪                   | 1 年生<br>Annual     | 39                                    | 13                                             | 0.087            |
| 马齿苋 <i>Tortulaca<br/>oleracea</i>            | 600/6                               | 100                                             | 1.0×1.0                              | 倒卵形<br>Oboval                   | 1 年生<br>Annual     | 12                                    | 4                                              | 0.027            |

\* 供试天数 days of experiment;3d; ①Ovate with three ribs;②Rectangular and round with deplanate;③Atractoid with three ribs;④Ellipse or Ovate-oblong with deplanate;⑤Oboval with bilateral deplanate;⑥Lanceolate with rib;⑦Oboval with deplanate;⑧Starlike with deplanate;⑨Atractoid with two ribs;⑩Spilelet for experiment with deplanate and long;⑪Cotyledons with rib and deplanate

(0.56g)/蚁后;地锦和雾冰藜在不同社群中的贮藏量差异较大,原因是其种子成熟较晚,长期宿存在植物上,脱落慢,分布不均匀。地锦种子平均为172.09粒(0.25g)/100头工蚁,89.49粒(0.13g)/蚁后;雾冰藜平均为238.82粒(0.19g)/100头工蚁,124.19粒(0.097g)/蚁后。刺沙蓬在不同社群中贮藏量差异也较大,原因可能是果实较大,占有较大的贮藏空间,贮藏量较少,平均为60.51粒(0.13g)/100头工蚁,31.47粒(0.06g)/蚁后。

表 2 贮藏种子的种类和数量及组成比率

| 种子种类<br>Species of seed        | 挖巢数<br>No of nest | 贮藏种子的数量(粒)<br>No of stored seed |             |               | 种子组成比率(%)<br>Component rate of seeds |              | 千粒重(g)<br>Weight of a thousand seeds |
|--------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------|---------------|--------------------------------------|--------------|--------------------------------------|
|                                |                   | 最高数<br>Max.                     | 最低数<br>Min. | 平均数<br>Verged | 个体数<br>Individual                    | 重量<br>Weight |                                      |
|                                |                   |                                 |             |               |                                      |              |                                      |
| 狗尾草 <i>S. viridis</i> (SV)     | 10                | 8053                            | 2413        | 5664.6        | 51.63                                | 43.12        | 1.03                                 |
| 猪毛菜 <i>S. collina</i> (SC)     | 10                | 6456                            | 2268        | 3096          | 28.22                                | 37.13        | 1.62                                 |
| 雾冰藜 <i>B. dasyphylla</i> (BD)  | 10                | 1676                            | 346         | 1117.7        | 10.19                                | 6.43         | 0.78                                 |
| 地锦 <i>E. humifusa</i> (EH)     | 10                | 2046                            | 201         | 805.4         | 7.34                                 | 8.73         | 1.47                                 |
| 叉枝鸦葱 <i>S. divaricata</i> (SD) | 10                | 21                              | 0           | 3.8           | 0.04                                 | —            | —                                    |
| 刺沙蓬 <i>S. ruthenica</i> (SR)   | 10                | 645                             | 0           | 283.2         | 2.58                                 | 4.59         | 2.2                                  |

2.2.2 自然穴巢中种子的贮藏格局 针毛收获蚁巢穴的深度一般在120cm左右,将巢穴划分为4层:浅层(1~29cm)种子贮量占总贮量29.6%,不同种子占各自贮量的比率为:猪毛菜20.38%,雾冰藜20.9%,狗尾草58.72%;中层(30~49cm)占总贮量18.7%,猪毛菜16.69%,雾冰藜5.51%,狗尾草28.9%,地锦26.37%,刺沙蓬占22.58%;深层(50~79cm)占总贮量的37.2%,狗尾草27.68%,地锦62.17%,刺沙蓬10.1%,没有猪毛菜和雾冰藜;底层(>80cm)占总贮量14.5%,狗尾草66.34%,地锦33.66%,没有其它种子。

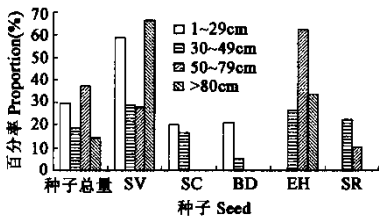


图 1 自然巢穴中储藏种子的组成比率

Fig.1 Proportion of seeds in natural nest

贮藏种子的大小主要在1.2~2.5mm之间,这与觅食工蚁的上颚生理开张度1.2~2.7mm基本一致。

表 3 种子储藏形式及特征

| 种子种类<br>Species of seed        | 剖挖巢穴数<br>Num. of nest | 种子大小<br>Seed size(mm) | 贮藏形式<br>Storage pattern | 堆放特征<br>Storage character | 混合方式<br>Mix pattern | 霉烂粒数<br>Rot number |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|
| 狗尾草 <i>S. viridis</i> (SV)     | 10                    | 1.0×2.0               | 种子 Seed                 | 集中整齐①                     | SV+EH               | 0                  |
| 猪毛菜 <i>S. collina</i> (SC)     | 10                    | 2.0×2.0               | 果 Fruit                 | 集中整齐①                     | SC+BD               | 2                  |
| 雾冰藜 <i>B. dasyphlla</i> (BD)   | 10                    | 1.6×1.6               | 种子 Seed                 | 散乱②                       | SC+BD               | 0                  |
| 地锦 <i>E. humifusa</i> (EH)     | 10                    | 0.7×0.8               | 种子 Seed                 | 集中整齐①                     | SV+EH               | 0                  |
| 叉枝鸦葱 <i>S. divaricata</i> (SD) | 10                    | 1.2×1.4               | 种子 Seed                 | 集中整齐①                     | SV+EH               | 0                  |
| 刺沙蓬 <i>S. ruthaeoides</i> (SR) | 10                    | 4.0×4.0               | 果 Fruit                 | 散乱②                       | —                   | 0                  |

①Concentration and trimness; ②Dispersion

不同类型种子在贮藏小室中的堆放形式和混合方式不同,猪毛菜集中整齐堆放或与雾冰藜相互混合,且散乱堆放,并少量遗漏于各级巢室和隧道中;狗尾草与地锦相互混合,集中整齐堆放。刺沙蓬与其它种子混合,散乱堆放。不同种子贮藏形式不同。狗尾草、雾冰藜、地锦、叉枝鸦葱以种子形式贮藏。猪毛菜、刺沙蓬以果的形式贮藏。所贮藏的种子都为颗粒饱满,健全的种子,仅发现个别种子发生霉烂现象。



2.2.3 巢穴贮藏对种子发芽力的影响 从表 2 可知,贮藏狗尾草种子随蚁巢深度的增加,其发芽率明显下降。浅层、中层、深层的发芽率分别为 14.98%,12.45%和 10.03%,底层的种子仅为 1.65%,说明随着储藏深度的增加,狗尾草种子的活力明显下降。

巢穴贮藏对种子发芽力的影响因种子种类不同而有较大的差异。其中狗尾草贮藏种子的发芽率(9.7%)比同期土壤表层种子的发芽率(70.5%)大幅度降低( $\chi^2=22.29>\chi^2_{0.01}(1)=6.63, p<0.01$ );猪毛菜贮藏种子的发芽率为 17.8%,土壤表层种子为 33.36%,无明显差异( $\chi^2=1.23<\chi^2_{0.05}(1)=3.84, p>0.05$ );雾冰藜贮藏种子发芽率极低,几乎不发芽,土壤表层种子发芽率则为 51.10%,差异极显著( $\chi^2=24.56>\chi^2_{0.01}(1)=6.63, p<0.01$ );刺沙蓬贮藏种子发芽率为 32%,土壤表层种子发芽率为 69%,差异显著( $\chi^2=6.42<\chi^2_{0.01}(1)=6.63, p>0.01$ );地锦的 2 种种子均不发芽,这可能与该种子处于休眠状态,或试验条件没有满足发芽要求有关。

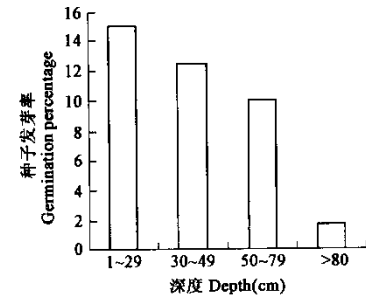


图 2 蚁巢不同深度的狗尾草种子发芽率

Fig. 2 Germination percentage for seed of *S. virides* stored in different depth of ant nest

2.3 蚂蚁巢穴分布对植被分布的影响

针毛收获蚁的觅食活动范围一般是以蚁巢为中心的 8m 以内。图 4 说明蚁巢周围植物的分布情况。在调查地蚁巢 1m 内的各种植物的数量都较少,特别是狗尾草和猪毛菜分布特别少,其原因可能是在这个区域工蚁的活动频繁,种子多被收获,造成种子的匮乏,形成植株稀少的小空地。随着距离的增加,工蚁的活动下降,植株数量开始增多。从 1m 到 10m,雾冰藜、地锦的数量逐渐增多,这 2 种种子虽然也被大量取食,但是雾冰藜种子产量大,成熟晚,脱落慢,长期宿存在植株上,种子又极易失水而硬化,不容易被取食;地锦种子产量大,脱落慢,种皮较硬,种子较小。从而使蚂蚁对种子的选择性收获,形成植株密度的梯度性变化。刺沙蓬的数量从 5~10m 变化不大,原因是其果实的大小差异很大,直径从 4.00~7.00mm 不等,大果实大于蚁巢入口直径(4mm),且较重,工蚁只能搬运较小的果子。针毛收获蚁不取食圆头蒿的种子,在巢口周围植株密度较高,在 5~10m 的范围内也没有明显的梯度变化。其它种类的植物数量少,分布也不广,这里不予讨论。

2.4 调查区植物种类、种子产量及土壤种子密度分布

共取样方 20 个,折合面积 65m<sup>2</sup>,获得草本植物种类共计 15 种(表 4),根据植物平均密度可分为 4 类:>6 株/m<sup>2</sup> 有猪毛菜、刺沙蓬;平均密度在 1~5 株/m<sup>2</sup> 的包括地锦、冰草、白草、雾冰藜、叉枝鸦葱、菟丝子;密度<1 株/m<sup>2</sup> 的包括有狗尾草、疾藜、短花针茅、骆驼蓬、蒙古沙葱、圆头蒿等。

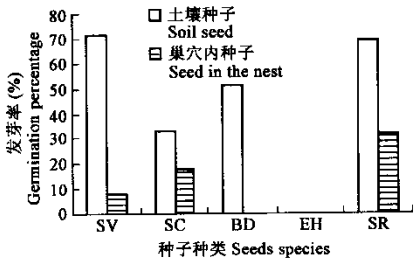


图 3 蚁巢内贮藏种子与同期土壤表层种子发芽率比较

Fig. 3 Germination percentage of 5 dominant seeds in ant nest and in soil of upper layer

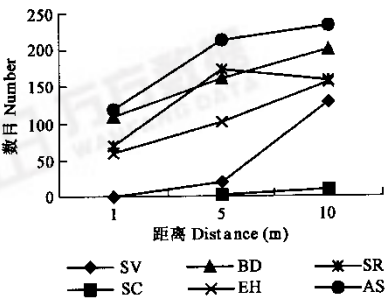


图 4 在蚁巢不同距离上的植物种类和数量

Fig. 4 Species and individuals of plants at the distance from an ant nest

表 4 调查地植物种类、密度分布状况及种子产量状况

| 植物种类<br>Plant species        | 植物密度及分布状况 Density<br>and distribution of plants |                                   |                   | 种子产量<br>Seed production |              |                          |
|------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------|--------------------------|
|                              | 样方数                                             | 平均密度                              | 均匀度               | 测定株数                    | 粒/株 Seeds    | 粒/m <sup>2</sup>         |
|                              | Num. of<br>plots                                | (株(丛)/m <sup>2</sup> )<br>Density | Evenness<br>index | Num. of per<br>plant    | of per plant | Seeds per m <sup>2</sup> |
| 狗尾草 <i>S. viridis</i>        | 20                                              | 0.82                              | 0.689             | 10                      | 151          | 124                      |
| 猪毛菜 <i>S. collina</i>        | 20                                              | 7.18                              | 1.331             | 10                      | 127          | 912                      |
| 雾冰藜 <i>B. dasyphylla</i>     | 20                                              | 1.18                              | 10.97             | 10                      | 124          | 146                      |
| 叉枝鸦葱 <i>S. divaricata</i>    | 20                                              | 1.09                              | 2.283             | 10                      | 45           | 4                        |
| 刺沙蓬 <i>S. ruthenica</i>      | 20                                              | 7.65                              | 14.63             | 10                      | 169.8        | 1299                     |
| 地锦 <i>E. humifusa</i>        | 20                                              | 3.27                              | 6.789             | 10                      | 335          | 1097                     |
| 疾藜 <i>T. terrestris</i>      | 20                                              | 0.36                              | 2.35              | —                       | —            | —                        |
| 地肤 <i>Kochia scoperia</i>    | 20                                              | 0.36                              | 2.35              | —                       | —            | —                        |
| 圆头蒿 <i>A. sphaerocephala</i> | 20                                              | 3.36                              | 8.934             | —                       | —            | —                        |
| 蒙古沙葱 <i>A. hamala</i>        | 20                                              | 0.09                              | 1.101             | —                       | —            | —                        |
| 冰草 <i>A. cristatum</i>       | 20                                              | 2.36                              | 0.669             | —                       | —            | —                        |
| 白草 <i>P. centasiaticum</i>   | 20                                              | 2.55                              | 8.2               | —                       | —            | —                        |
| 短花针茅 <i>S. breviflora</i>    | 20                                              | 0.18                              | 0.9               | —                       | —            | —                        |
| 骆驼蓬 <i>P. harmala</i>        | 20                                              | 0.27                              | 1.533             | —                       | —            | —                        |
| 菟丝子 <i>Cuscuta chinensis</i> | 20                                              | 2.09                              | 10.57             | —                       | —            | —                        |

根据贮藏种子特性、社群分布格局、社群密度<sup>[15]</sup>及 4~11 月份土壤种子库中种子密度的测算,所贮藏的种子量占土壤种子库种子量的比例分别为:地锦 16.85%;狗尾草 78.26%;猪毛菜 52.91%;雾冰藜 27.74%;叉枝鸦葱 2.81%;刺沙蓬 3.46%。根据植物种子年产量估计,贮藏种子量分别占狗尾草年产量的 79.56%、地锦年产量的 16.73%、猪毛菜年产量的 89.62%、雾冰藜年产量的 31.49%;刺沙蓬年产量的 3.49%。因此,针毛收获蚁的觅食活动对荒漠草原不同植物种子密度具有一定的影响,从而间接的影响到植被的组成和分布。

3 结论与讨论

针毛收获蚁是严格的食种子蚂蚁。调查发现,觅食时,先是由单个工蚁出巢寻找食源,当发现种子时,侦察蚁夹起 1 粒种子立即回巢。以发现种子的多少,召集数个、或整穴巢的工蚁涌向食源。在搬运食物中常见现象是成群结队的工蚁沿着一条路线来回搬运,直到整个种子搬完。搬运入穴巢内的种子,在贮藏前要经过严格的挑选,对于籽粒不饱满,或有损伤的种子又会被重新搬出巢,遗弃在巢口四周,所贮存种子是经过严格挑选的籽粒饱满的健康种子。

针毛收获蚁多分布在以针茅属植物占优势,伴生有少数短禾草和杂类草的干草原和以黑沙蒿、猪毛菜为建群种伴生有针茅属和 1 年生的短禾草的人工固沙草地。自然种群可收获狗尾草 *S. viridis*、雾冰藜 *B. dasyphylla*、刺沙蓬 *S. ruthenica*、灰绿藜 *C. glaucum*、猪毛菜 *S. collina*、马齿苋 *T. oleracea*、地锦 *E. humifusa*、短花针茅 *S. breviflora*、披碱草 *E. dahuricus*、蒙古鸦葱 *S. mongolica*、叉枝鸦葱 *S. divaricata*、大蓟 *Cephalanoplos setosum*、早熟禾 *Poa* spp. 等 10 余种植物种子,其中对狗尾草等 1 年生淀粉含量高的种子具有很高的嗜食性。实验种群还可收获碱茅 *Puccinillia distans*、独行菜 *L. apetalum*、高羊茅 *F. elata*、刺儿菜 *C. segetum*、多年生黑麦草 *L. perenne*、长芒草 *S. bungeana* 等 20 余植物的种子。说明针毛收获蚁对荒漠草原多数植物种子具有收获、贮藏和取食的习性。

蚂蚁大量收获的种子均为个体较小(直径<2.50mm),或有棱角、扁平、易于衔夹的种类;不被收获的都是一些过长、过小或过大而圆的种子;少量被收获的种子其形态多介于上述两者之间。说明种子的大小和外部形态是影响针毛收获蚁对种子选择的重要因素之一,这和 Whitford<sup>[3]</sup>及 Briese<sup>[4]</sup>等人的结论是一致的。

收获、储藏种子的种类受穴巢口周围 8m 以内的一年生草本植物种类及分布的直接影响。在调查区内,自然穴巢中贮藏的种子主要有 6 种,其中对狗尾草、猪毛菜种子的收藏量占到土壤种子库中各自总量的 50% 以上。试验表明:针毛收获蚁的觅食、储藏种子活动对荒漠草原一年生草本植物种子密度具有一定的影响,从而间接地影响到植被的组成和分布。

蚁巢中种子总贮量随社群工蚁数和蚁后数的增大而增加,一般为 2343.34 粒(2.89g)/100 头工蚁,1218.55 粒(1.41g)/蚁后。种子总贮藏量与社群中工蚁数量呈显著正相关:

$$Y_{\text{(种子贮藏量)}} = -4.7135 + 0.02922x_{\text{(工蚁数)}} \quad (r = 0.9571, r > r_{0.05} = 0.950, p < 0.05)$$

在调查区内,种子贮藏对不同种子萌发力的影响不同,对狗尾草、猪毛菜和雾冰藜 3 种种子的活力具有着较大的影响,使其发芽率显著下降。种子贮藏越深,发芽率越低。

## References:

- [1] Lloyd Tevis J R. Interrelations between the harvester ant *Veromessor pergandei* (Mayer) and some desert ephemerals. *Ecology*, 1958, **39**(4):695~704.
- [2] Crist T O and James A M. Harvester ant foraging and shrub-steppe seeds: interaction of seed resources and seed use. *Ecology*, 1992, **73**(5):1768~1779.
- [3] Whitford W G. Foraging in seed-harvester ant *Pogonomyrmex gonomyrmex* spp *Ecology*, 1978, **59**:185~189.
- [4] Brieshe D T and Macauley B J. Food collection within an ant community in semi-arid Australia with spatial reference to seed harvesters. *Australian Journal of Ecology*, 1985, **6**:1~19.
- [5] Reichman C J. Desert granivore foraging and it's impact on seed densities and distribution. *Ecology*, 1979, **60**:1085~1092.
- [6] Browa J H, Daridson J D W, Munger C, *et al.* Experimental community ecology: the desert granivore system. In: J. M. Diamond and T. J. Case, Editors, Community ecology. Harper & Row, New York, USA, 1986. 41~61.
- [7] Crist T O and Macmahon J A. Foraging patterns of *Pogonomyrmex occidentalis* (Hymenoptera:Formicidae) in a shrub-steppe ecosystem: the roles of temperature trunk trails and seed resource. *Environmental Entomology*, 1991, **20**:265~275.
- [8] Brown J H, Reichman O J. and Davidson D W. Granivore in desert ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematic*, 1979, **10**:210~207.
- [9] Rissing S W. Indirect effects of granivory by harvester ants: Plant species composition and reproductive increase near ant nests. *Oecologia*, 1986, **68**:231~234.
- [10] Hobbs R J. Harvester ant foraging and plant species distribution in annual grassland. *Oecologia*, 1985, **67**:519~523.
- [11] Davidson E A. Seed utilization by harvester ants. In: R. C. Buckley, editor. *Ant-plant interactions in Australia*. Dr. W. Junk, The Hague, The Netheland, 1982. 1~6.
- [12] Brown M J F. and Kathleen G H. Effects of harvester ants on plant species distribution and abundance in a serpentine grassland. *Oecologia*(Berlin), 1997, **112**(2):237~243.
- [13] He D H, Chang Y D. Review on behavioral ecology of ant. *Entomological Knowledge*, 1999, **36**(6):370~372.
- [14] Chang Y D, He D H, Li Q X. Study on behavioral ecological characteristics for the dominant species of ant in the desert grassland of Ningxia. *Journal of Ningxia Agriculture College*, 1999, **20**(1):7~10.
- [15] Chang Y D, He D H. Density and distribution patterns of seed harvester ant *Messor acicuatus* ant it's the seasonal moving behavior of castes in natural nest. *Entomological Knowledge*, 2002, **39**(1):23~27.

## 参考文献:

- [13] 贺达汉,长有德. 蚂蚁行为生态研究进展. *昆虫知识*, 1999, **36**(6):370~372.
- [14] 长有德,贺达汉,李秋霞. 宁夏荒漠草原优势种蚂蚁行为生态的初步观察. *宁夏农学院学报*, 1999, **20**(1):7~10.
- [15] 长有德,贺达汉. 针毛收获蚁社群密度与分布及社群各品级在自然穴巢中的季节转移行为. *昆虫知识*, 2002, **39**(1):23~27.