

盐池荒漠草地拟步甲昆虫群落时间结构和动态^{*}

杨贵军^{1**} 贺海明² 王新谱^{3,4}

(1. 宁夏大学生命科学学院 银川 750021; 2. 宁夏大学科学技术处 银川 750021; 3. 宁夏大学农学院 银川 750021; 4. 宁夏大学西北退化生态系统恢复与重建省部级共建教育部重点实验室 银川 750021)

摘 要 从2009年3月到10月采用巴氏罐诱导法调查了宁夏盐池四墩子6个不同生境中的拟步甲的群落组成以及时间动态,结果表明,本次调查共采集拟步甲昆虫5 431只,计10属20种,个体数最多的是弯齿琵甲 *Blaps femoralis femoralis* Fischer-Waldheim 和克小鳖甲 *Microdera kraatzi kraatzi* Reitter,分别占总数的47.30%和40.66%,不同季节的优势种类不同。从时间动态上看,拟步甲物种数和个体数成显著正相关($r=0.887$, $P=0.003$),表现为5月和7—8月2个发生高峰期,且5月最高。从整个景观来看,优势种克小鳖甲的盛发期在5月和7月,弯齿琵甲的盛发期在5月和8月,不同景观样地略有差异。物种-时间对应分析表明,拟步甲成虫发生可以分为春季发生型、春夏发生型、夏季发生型、夏秋发生型和全年发生型5类。5月拟步甲群落多样性和丰富度最高,不同月的拟步甲群落相似性可以聚为3类,由于植被类型和干扰程度的差异,月间拟步甲群落相似性会有所差异。

关键词 拟步甲, 荒漠草地, 群落组成, 时间动态

The time structure and population dynamics of the desert-steppe darkling beetle community in Yanchi, Ningxia, China

YANG Gui-Jun^{1**} HE Hai-Ming² WANG Xin-Pu^{3,4}

(1. School of Life Science, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. Department of Science and Technology, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 3. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 4. Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in Northwestern China of Ministry of Education, Yinchuan 750021, China)

Abstract The community composition and seasonal dynamics of darkling beetles in six zones of desert steppe in Sidunzi, Yanchi, Ningxia were investigated using pitfall trapping. A total of 5 431 darkling beetles were collected from 20 species and 10 genera. The dominant species were *Blaps femoralis femoralis* Fischer-Waldheim and *Microdera kraatzi kraatzi* Reitter which accounted for 47.30% and 40.66% of all beetles captured. Various dominant species had different seasonal trends. The abundance of *M. kraatzi kraatzi* peaked in May and July, whereas that of *B. femoralis femoralis* peaked in May and August. There was little fluctuation in the abundance of dominant species between different sampling plots. Bio-plots of seasonal variables and the number of darkling beetles individuals from detrended correspondence analysis suggests that darkling beetles can be divided into five types, i. e., spring, spring-summer, summer, summer-autumn and perennial. The species diversity and abundance index of darkling beetles was higher in May than in other months. Hierarchical cluster analysis indicates that the darkling beetle community could be classified into three groups in different months, and that this classification reflects vegetation type and degree of disturbance.

Key words darkling beetles, desert steppe, community composition, seasonal dynamics

我国北方荒漠半荒漠地区是拟步甲科昆虫的主要分布地(任国栋和毕秋香, 1996; 任国栋等

1998; 任国栋和于有志, 1999), 国内已知45%的种类分布于该地区, 其原因主要在于: 一是该甲虫的

^{*} 资助项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划资助(NCET-07-0470)、宁夏自然科学基金项目(NZ1116)、国家自然科学基金项目(31160435)。

^{**} 通讯作者, E-mail: yang_gj@nxu.edu.cn

收稿日期: 2011-08-05, 接受日期: 2011-10-20

同化功能增加;二是自我保护功能十分完善,即可用亚鞘窝贮水、拒热和过滤水分,又可以用身体的色泽、昼夜活动节律加以调节,可通过潜土、钻洞等获得水分;三是用精密的体躯结构减少失水。它们与环境之间形成了平行进化关系,故被视为植被退化程度高低和土壤沙化轻重的指标虫类(任国栋和于有志,1999)。

宁夏盐池四墩子位于宁夏中东部,处于荒漠、半荒漠地区,以干旱少雨、风大沙频、昼夜温差悬殊、植被稀疏但群落性极强为基本特点,是特殊耐干旱昆虫的栖息繁衍地(杨贵军等,2010;贺奇等,2011)。拟步甲昆虫群落在其生存环境当中群落随季节的变化在数量和种类上有一定波动并呈现一定节律,本文通过6种植被拟步甲昆虫多样性的研究,分析和比较不同植被区的昆虫群落结构、时间动态及昆虫多样性,从生态学的角度出发,以探讨植物多样性与昆虫群落间的生态关系,为植被恢复提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究地自然环境

盐池县(N37°04′~38°10′, E106°30′~107°41′)地处宁夏回族自治区东部,北与毛乌素沙地相连,南接黄土高原,属典型中温带大陆性气候,年均气温为8.1℃,年降水量为250~350 mm。植被分布类型是从干草原向荒漠逐步过渡,主要植被类型有灌丛、草原、草甸、沙地和荒漠。其中灌丛、草原、沙地植被数量较大,分布也广,草原又分干草原和荒漠草原,群落中常见植物种类以旱生和中旱生植物类型为主(杨贵军等,2010;贺奇等,2011)。因而,该地点具有研究荒漠草原拟步甲的良好环境。依据干扰程度和植被类型不同,分6种不同样带。

样带A为长芒草带(*Stipa bungeana* grassland),是没有开垦过的原始荒漠草本植物带,主要植物有长芒草(*Stipa bungeana*)、牛枝子(*Lespedeza potaninii*)、匍根骆驼蓬(*Peganum nigellastrum*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)等,夏季群落高度约11 cm,盖度约为58%。

样带B为蒙古冰草带(*Agropyron mongolicum* grassland),为撂荒2年后形成的荒漠草本植物带,主要植物有蒙古冰草(*Agropyron mongolicum*)、牛枝子、黄花角蒿(*Incarvillea sinensis*)、赖草(*Leymus*

secalinus)等,夏季群落高度约24 cm,盖度约为74%。

样带C苜蓿与柠条混种带(mixed plantation with *Alfalfa* sp. and *Caragana microphylla*),苜蓿(*Alfalfa* sp.)与柠条(*Caragana microphylla*)混植,柠条行间距约10 m,之间种植苜蓿,苜蓿生长良好。

样带D为柠条带(*Caragana microphylla* shrubs),此带是人工种植6~8年的柠条地,柠条行间距约4 m,株间距约60 cm,平均株高约1.1 m,平均树冠约1.2 m,柠条行间主要有栉叶蒿(*Neopallasia pectinata*)、猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)、牛枝子、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)等草本植物,夏季行间草本植物的盖度约58%。

样带E为猪毛蒿和甘草混交带(grassland with *Artemisia blepharolepis* and *Clycyrrhiza uralensis*),此带柠条没有成活或是严重退化,杂草侵入,猪毛蒿和甘草(*Clycyrrhiza uralensis*)占优势,其他植物有老瓜头(*Cynanchum komarovii*)、牛枝子、阿尔泰狗娃花等,夏季草本群落高度约21 cm,盖度约65%。

样带F为围栏放牧带(fence grazing dominated by *Caragana microphylla* and *Cynanchum komarovii*),此带每隔2年有定额的羊在此放养(调查当年没有放牧),植被主要有柠条、老瓜头、牛枝子、猪毛蒿,夏季植物的盖度约为40%~65%。

1.2 调查方法

昆虫调查采用巴氏罐诱法,在6个样地内每个样地下设5个20 m×10 m小样方,共设定30个小样方。每个样方内沿四条边及对角线每1 m间距放置1个诱杯,共设诱杯50个。小样方之间的间隔距离至少20 m以上。诱杯用一次性塑料水杯(高9 cm,口径7.5 cm)作为巴氏罐诱法容器,将诱捕器埋入土中,杯口与地面平齐,杯壁上方1/4处(杯口下方约2.5 cm)打一小孔(直径约0.5 cm),以免由于雨水过多使标本流失。引诱剂为醋、糖、医用酒精和水的混合物,重量比为2:1:1:20,每个诱杯内放引诱剂约60 mL(Irmler and Hoernes, 2003;于晓东和罗天宏,2003;王玉等,2009;杨贵军等,2010;贺奇等,2011)。

采集时间从2009年3—10月,每月中旬采集1次,放置诱杯时间为3 d,采集到的标本放在

75% 的酒精中, 带回实验室, 制成针插标本, 进行种类鉴定(任国栋和于有志, 1999; 任国栋和杨秀娟, 2006; 任国栋和巴义彬, 2010) 和统计分析。

1.3 数据分析方法

物种多样性(H') 分析采用 Shannon-Wiener 多样性指数, 计算公式为: $H' = -\sum P_i \ln P_i$, 其中 $P_i = N_i/N$, P_i 是第 i 种个体数占总个体数的比率, N_i 是第 i 种的个体数, N 是总个体数; 均匀度(J) 分析采用 Pielou 均匀度指数, 计算公式为: $J = H'/\ln S$; Margalef(D) 丰富度指数, 计算公式为: $D = (S-1)/\ln N$; 优势度(C) 分析采用 Simpson 优势度指数, 计算公式为: $C = \sum (n_i/N)^2$ (赵志模和郭依泉, 1990; 马克平和刘玉明, 1994)。

对应分析 (detrended correspondence analysis, DCA) 使用软件 CANOCO4.5 和 CANODRAW4.0 数据进行采用 $\log_{10}(x+1)$ 进行处理后排序分析 (Jan and Petr, 2003; 张金屯, 2004)。

相似性分析以欧式距离平方为测度系数, 对各类型荒漠草地拟步甲多样性指数的差异采用组

间连接法 (between groups link-age) 进行聚类分析。

利用 Spearman 秩相关系数进行相关分析, 采用 Duncan 多重检验法分析不同时间多样性的差异, 以上数据均在 SPSS16.0 统计软件上完成。

2 结果与分析

2.1 拟步甲群落的时间动态

2.1.1 总体时间动态 6 个样点 3—10 月共采集拟步甲 5 431 只, 计 10 属 20 种 (表 1)。个体数最多的是弯齿琵甲 *Blaps femoralis femoralis* Fischer-Waldheim 和克小鳖甲 *Microdera kraatzi kraatzi* Reitter, 分别占总数的 47.30% 和 40.66%; 其次是蒙古漠王 *Platyope mongolica* 和小皮鳖甲 *Scytosoma pygmaeum*, 分别占总数的 3.59% 和 1.33%; 其余种类占总数的比例都小于 1%。不同季节的优势类群不同, 3—5 月的优势类群是蒙古漠王、克小鳖甲和弯齿琵甲, 6—9 月的优势类群是克小鳖甲和弯齿琵甲, 10 月的优势类群是奥氏真土甲、弯齿琵甲、边粒琵甲和扁长琵甲。

表 1 盐池四墩子不同月拟步甲昆虫组成

Table 1 Numbers of darkling beetles in different months in Sidunzi, Yanchi, Ningxia, China

序号 No.	拟步甲种类 Species	个体数 Number of individuals								比例 Percentage (%)
		3	4	5	6	7	8	9	10	
1	中华砚甲 <i>Cyphogenia chinensis</i>	0	0	0	2	0	4	0	0	0.11
2	蒙古漠王 <i>Platyope mongolica</i>	25	60	108	1	1	0	0	0	3.59
3	谢氏宽漠王 <i>Mantichorula semenowi</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0.02
4	克小鳖甲 <i>Microdera kraatzi kraatzi</i>	3	279	785	106	765	260	10	0	40.66
5	小皮鳖甲 <i>Scytosoma pygmaeum</i>	0	0	2	18	31	19	2	0	1.33
6	小丽东鳖甲 <i>Anatolica amoenula</i>	0	10	18	6	10	7	0	0	0.94
7	宽突东鳖甲 <i>Anatolica sternalis</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0.04
8	尖尾东鳖甲 <i>Anatolica mucronata</i>	0	4	2	0	0	0	0	0	0.11
9	宽腹东鳖甲 <i>Anatolica gravidula</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0.06
10	奥氏真土甲 <i>Eumylada oberbergeri</i>	0	0	0	0	10	6	4	2	0.41
11	网目土甲 <i>Gonocephalum reticulatum</i>	0	0	0	7	9	8	1	0	0.46
12	异距琵甲 <i>Blaps kiritshenkoi</i>	0	2	21	8	1	0	3	0	0.64
13	弯齿琵甲 <i>Blaps femoralis femoralis</i>	4	289	1 080	365	154	539	117	21	47.30
14	达氏琵甲 <i>Blaps davidea</i>	0	0	31	0	0	17	0	0	0.88
15	皱纹琵甲 <i>Blaps rugosa</i>	0	0	15	0	1	13	5	1	0.64
16	戈壁琵甲 <i>Blaps gobiensis</i>	0	0	1	0	6	0	2	0	0.17
17	边粒琵甲 <i>Blaps miliaria</i>	0	0	13	11	0	5	7	4	0.74
18	异形琵甲 <i>Blasp variolosa</i>	0	0	14	0	7	5	0	0	0.48
19	扁长琵甲 <i>Blasp variolaris</i>	0	1	13	4	4	2	0	2	0.48
20	淡红毛隐甲 <i>Crypticus rufipes</i>	0	0	1	13	26	12	0	0	0.96
	合计 Total	33	648	2 106	541	1 025	897	151	30	5 431

由图 1 可以看出,从 3—10 月,陷阱法捕获的拟步甲种数数和个体数显著正相关($r = 0.887$, $P = 0.003$)。物种数在 3 月为 4 种,在 5 月达到高峰,为 16 种,而后呈下降趋势,7、8 月略有上升,9、10 月又降低。个体数而言,5 月是拟步甲个体数出现的高峰期,该月共捕获甲虫 2 106 只,占全年拟步甲总个体数的 38.78%,其次是 7 月和 8 月,分别占总个体数的 18.87% 和 16.52%,3 月和 10 月捕获得到的个体数最低,分别占总个体数的 0.61% 和 0.55%。

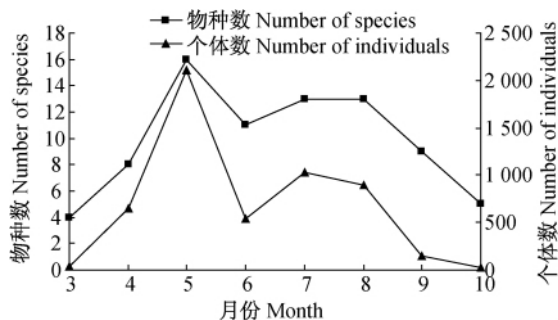


图 1 盐池四墩子荒漠草地拟步甲群落的时间动态
Fig.1 Seasonal dynamics of darkling beetles in Sidunzi desert steppe

2.1.2 不同景观样地拟步甲的时间动态 不同景观样地拟步甲个体数和物种数的变化趋势见图 2 和图 3。样地 A,物种数和个体数在 5 月(7 种, 291 只)和 8 月(8 种,291 只)出现 2 个高峰,最低值在 3 月和 10 月,夏季物种数有所降低,其中在 7 月最低(5 种),个体数在 6 月最低(99 只)。样地 B,物种数和个体数在 5 月(7 种,457 只)和 7 月(5 种,207 只)出现 2 个高峰,但 7 月要低于 5 月,在 6 月降低,物种数在 8—10 月处于同一水平。样地 C,物种数和个体数高峰期也在 5 月(11 种,451 只)和 8 月(10 种,245 只)。样地 D,物种数在 5 月出现高峰(9 种),6 月以后逐渐降低,个体数在 5 月(368 只)和 7 月(212 只)出现 2 个高峰。样地 E,物种数逐渐升高,在 8 月达到最高(10 种),之后缓慢降低,个体数量在 5 月出现 1 个高峰(335 只),之后降低,在 8 月又出现 1 个小高峰(131 只),10 月降到最低。样地 F,物种数和个体数变化趋势基本相似,5 月最高(9 种,204 只),之后个体数量逐渐降低,物种数在 7 月稍有回升,然后逐渐降低。

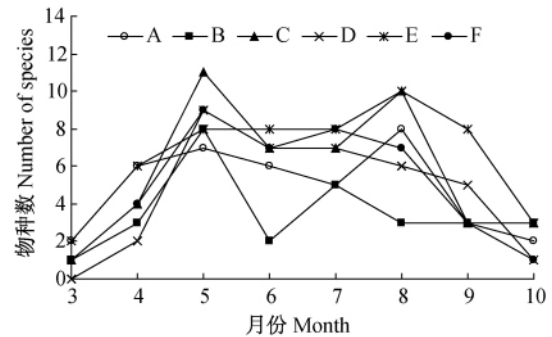


图 2 不同样地拟步甲群落物种数时间变化

Fig.2 Time change of number of darkling beetle species in different desert steppe

注:A~F 分别代表样地 A~F;下同。

A~F indicate plot A~plot F respectively. The same below.

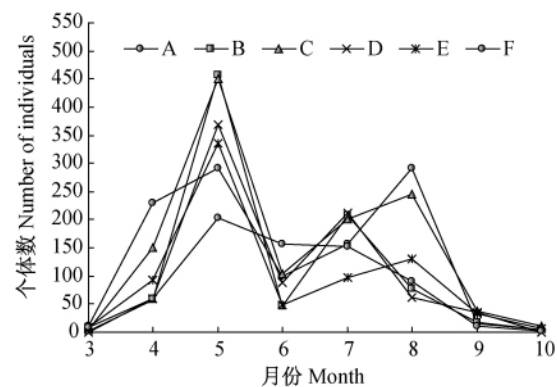


图 3 不同样地拟步甲群落数量时间变化

Fig.3 Time change of number of darkling beetle individuals in different desert steppe

2.1.3 优势类群的时间动态 优势种克小鳖甲和弯齿琵甲在不同样地出现的高峰期见图 4。克小鳖甲在样地 A 的盛发期在 4 月和 7—8 月,且 8 月最高,在样地 B、C、D、E 和 F 的盛发期在 5 月和 7 月,且在样地 B、C 和 E 中,5 月的数量要高于 7 月。弯齿琵甲在样地 A、B、C、D 和 E 的盛发期在 5 月和 8 月,5 月的数量要高于 8 月,在样地 F 的高峰期在 6 月和 8 月,6 月的发生量要远高于 8 月。

2.2 拟步甲的分布与季节的对应分析

根据拟步甲物种在每个月的发生频度数据,对 8 个月进行对应分析,得到图 5,从图 5 可以看出,在排序图从右到左的位置关系基本上反映了拟步甲在不同月的发生趋势。在研究区域拟步甲成虫发生的季节特征方面可以分为 5 类:①春季发生,如蒙古漠王、谢氏宽漠王、宽突东鳖甲、尖尾

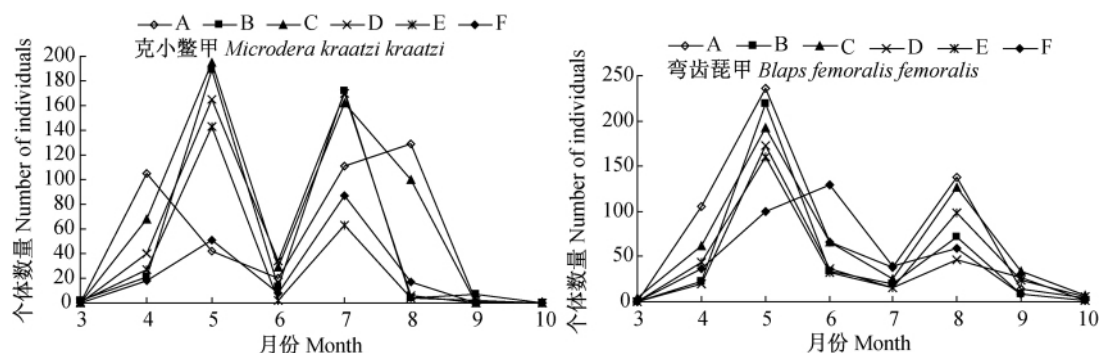


图4 克小鳖甲和弯齿琵甲个体数量的月间变化

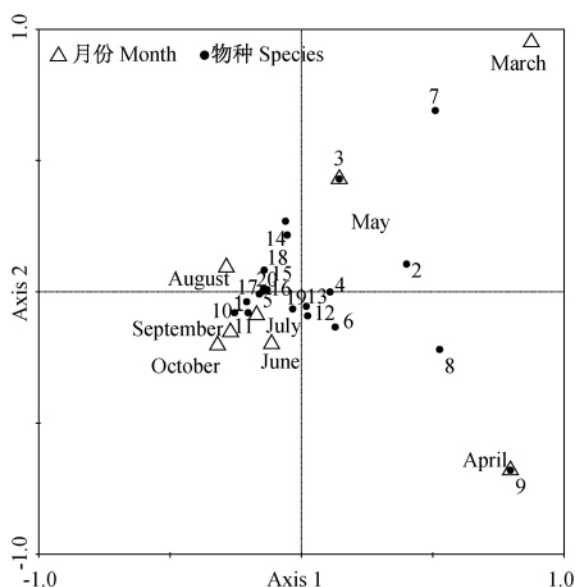
Fig. 4 Monthly changes of individuals number of *Blaps femoralis femoralis* and *Microdera kraatzi kraatzi*图5 拟步甲物种-月对应分析
二维图(物种代码同表1)

Fig. 5 Bio-plot of seasonal variables and number of darkling beetles individuals from detrended correspondence analysis (the series of species are the same as Table 1)

东鳖甲和宽腹东鳖甲。谢氏宽漠王、宽腹东鳖甲分别与5月和4月重合,因为这2种甲虫只在对应的月采集到。宽突东鳖甲与3月和5月的距离较近,主要集中在3、5月,蒙古漠王和尖尾东鳖甲高峰期在4月和5月。②夏季发生:如中华砚甲,只在6月和8月采集到。③春夏发生:如小丽东鳖甲、达氏琵甲、异形琵甲和淡红毛隐甲。达氏琵甲、异形琵甲距离5月和8月较近,主要集中在5月和8月发生,淡红毛隐甲距离5—8月较近,小丽东鳖甲在4—8月采集到,距离这几个月相对较近。④夏秋发生:如奥氏真土甲和网目土甲,奥氏

真土甲在7—9月采集到,网目土甲在6—9月采集到,在图5中与对应月的距离较近。⑤全年发生:克小鳖甲、小皮鳖甲、弯齿琵甲、异距琵甲、边粒琵甲、戈壁琵甲、皱纹琵甲和扁长琵甲,这些种在图5中位于原点附近,距离5—9月的距离相对都较近,即这些种类时间生态位较宽,适应的时间幅较广,适应性较强。

2.3 拟步甲群落多样性时间变化和相似性

2.3.1 总体拟步甲群落多样性和相似性 在时间序列过程中,拟步甲群落总体多样性见表2。多样性指数(H')5月最高,但与4月、6—8月差异不显著,3月最低,并与其他月差异显著。不同月Margalef丰富度指数(D)与多样性指数(H')显著正相关($r = 0.832, P = 0.010$),变化趋势基本相同,5月最高,8月次之,二者差异不显著,3月和10月最低,且与其他月差异显著。这一点符合物种数越多,多样性越高的说法。10月均匀度指数(J)最高,5—8月较低且变化不大,它们与10月差异显著。Simpson优势度指数(C)的变化趋势与多样性指数(H')和Margalef丰富度指数(D)大致相反,并与多样性指数(H')呈极显著负相关($r = -0.929, P = 0.001$),3月优势度指数(C)最高,与其他月差异显著,10月次之,4月最低。

将多样性指数、丰富度指数、均匀度指数、优势度指数、个体数和物种数作为变量,对不同月的拟步甲昆虫群落进行相似性分析(图6),3月、9—10月为第1类,反映了春初和秋末昆虫种类少和数量小的情况,5月为第2类,反映了昆虫种类和数量最多的情况,4月和6—8月为另外一类。

2.3.2 不同景观样地不同月拟步甲群落相似性分析 将不同月多样性指数、丰富度指数、均匀度

表 2 不同月拟步甲昆虫群落多样性变化(平均值 ± 标准误)

Table 2 The season change of the diversity of darkling beetles (mean ± SE)

月 Month	多样性指数 Shannon-Wiener (H')	丰富度指数 Margalef (D)	均匀度指数 Piebu's evenness (J)	优势度指数 Simpson's dominance (C)
3	0.1123 ± 0.18 ^c	0.1027 ± 0.16 ^c	0.6621 ± 0.04 ^{abc}	0.7704 ± 0.11 ^c
4	0.9984 ± 0.09 ^a	0.4375 ± 0.13 ^b	0.7681 ± 0.06 ^{ab}	0.4193 ± 0.10 ^{ab}
5	1.0880 ± 0.07 ^a	0.9126 ± 0.07 ^a	0.5031 ± 0.08 ^{bc}	0.4362 ± 0.06 ^{bc}
6	0.9639 ± 0.11 ^a	0.8062 ± 0.06 ^{ab}	0.5875 ± 0.03 ^c	0.5171 ± 0.06 ^{abc}
7	0.8783 ± 0.11 ^a	0.7757 ± 0.14 ^{ab}	0.4627 ± 0.06 ^c	0.5752 ± 0.05 ^{abc}
8	0.9204 ± 0.11 ^a	0.8920 ± 0.09 ^a	0.4701 ± 0.07 ^c	0.5529 ± 0.05 ^{abc}
9	0.7311 ± 0.11 ^{ab}	0.6811 ± 0.09 ^{ab}	0.5420 ± 0.04 ^{bc}	0.6323 ± 0.05 ^{abc}
10	0.5230 ± 0.12 ^b	0.4575 ± 0.15 ^c	0.8538 ± 0.17 ^a	0.6910 ± 0.03 ^{ab}

注: 同列数据间不同上标字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Data followed by different small letters in the same column indicate significantly different at 0.05 level.

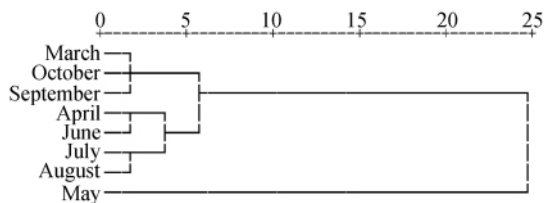


图 6 不同月拟步甲群落相似性聚类

Fig. 6 The results of clustering analysis of darkling beetles communities of different months

指数、优势度指数、个体数和物种数作为变量,对不同月的拟步甲昆虫群落进行相似性分析,结果见图 7。样地 A 为没有开垦过的长芒草带,3 月、9—10 月为第 1 类,反映了在春初和秋末昆虫种类少和数量小的情况;5 月、4 月和 8 月为第 2 类,反映了拟步甲昆虫每年的 2 个活动高峰期,4—5 月是越冬成虫开始大量活动,越冬幼虫开始逐渐化蛹羽化,到 8 月雨量增多,能适当促进拟步甲活动,但种类和数量略低于 5 月;6 月和 7 月为第 3 类,这个阶段气温高,光照强烈,拟步甲活动频率较低。

样地 B 和样地 C 是人工干扰的荒漠草地,5 月是第 1 类,反映了 5 月是拟步甲的 1 个高峰期。样地 B 中,7 月是第 2 类,反映了拟步甲活动另一个小高峰期;其他月归为第 3 类,拟步甲的活动基本相似。样地 C 是苜蓿和柠条混种草地,4 月和 6—8 月为第 2 类,夏季该样带湿度较大,且刈割苜蓿 1~2 次,人工干扰较大,夏季拟步甲活动的情况接近春季中期;3 月、9—10 月为第 3 类,反映了在春初和秋末昆虫种类少和数量小的情况。

样地 D、样地 E 和样地 F 为半干扰人工草地。D 样地 5 月和 7 月为第 1 类,反映了春季和夏季 2 个拟步甲活动的高峰期;4 月、6 月和 8—9 月为第 2 类,反映在此样带拟步甲在 5 月和 7 月 2 个活动高峰期前后相对稳定的阶段;3 月和 10 月为第 3 类,同样反映了春初和秋末昆虫种类少和数量小的情况。E 样地的生境特点是柠条没有成活或是严重退化,杂草侵入,拟步甲活动情况接近于样地 B 和 C,5 月为第 1 类,4 月和 7—8 月为第 2 类;3 月、6 月、9—10 月为第 3 类,6 月气温高,拟步甲活动情况与春初和秋末相同。F 样地为围栏放牧带(调查当年没有放牧),此带采集数量最低,5—7 月为第 1 类,反映拟步甲活动的季节干旱高温的特点;4 月和 8 月为第 2 类,8 月虽然降雨增多,会略促进拟步甲的活动,但数量却接近于春季中期的情况,3 月、9—10 月为第 3 类。

3 结论与讨论

研究表明,在盐池四墩子荒漠草地景观,共捕获 10 属 20 种拟步甲,全部为适应干旱环境的物种,拟步甲群落结构简单,物种数少,个体数量也不多,但优势种明显,其组成和数量在不同植被类型的环境下有所分化。

拟步甲物种数和个体数成显著正相关,表现为 5 月和 7—8 月 2 个发生高峰期,且 5 月最高。从整个景观来看,优势种克小鳖甲的盛发期在 5 月和 7 月,弯齿琵甲的盛发期在 5 月和 8 月。不同景观样地略有差异,克小鳖甲在样地 A 的第 1 个高峰期相比其他样带提前到 4 月出现,可能原因

表 2 不同月拟步甲昆虫群落多样性变化(平均值 ± 标准误)

Table 2 The season change of the diversity of darkling beetles (mean ± SE)

月 Month	多样性指数 Shannon-Wiener (H')	丰富度指数 Margalef (D)	均匀度指数 Piebu's evenness (J)	优势度指数 Simpson's dominance (C)
3	0.1123 ± 0.18 ^c	0.1027 ± 0.16 ^c	0.6621 ± 0.04 ^{abc}	0.7704 ± 0.11 ^c
4	0.9984 ± 0.09 ^a	0.4375 ± 0.13 ^b	0.7681 ± 0.06 ^{ab}	0.4193 ± 0.10 ^{ab}
5	1.0880 ± 0.07 ^a	0.9126 ± 0.07 ^a	0.5031 ± 0.08 ^{bc}	0.4362 ± 0.06 ^{bc}
6	0.9639 ± 0.11 ^a	0.8062 ± 0.06 ^{ab}	0.5875 ± 0.03 ^c	0.5171 ± 0.06 ^{abc}
7	0.8783 ± 0.11 ^a	0.7757 ± 0.14 ^{ab}	0.4627 ± 0.06 ^c	0.5752 ± 0.05 ^{abc}
8	0.9204 ± 0.11 ^a	0.8920 ± 0.09 ^a	0.4701 ± 0.07 ^c	0.5529 ± 0.05 ^{abc}
9	0.7311 ± 0.11 ^{ab}	0.6811 ± 0.09 ^{ab}	0.5420 ± 0.04 ^{bc}	0.6323 ± 0.05 ^{abc}
10	0.5230 ± 0.12 ^b	0.4575 ± 0.15 ^c	0.8538 ± 0.17 ^a	0.6910 ± 0.03 ^{ab}

注: 同列数据间不同上标字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Data followed by different small letters in the same column indicate significantly different at 0.05 level.

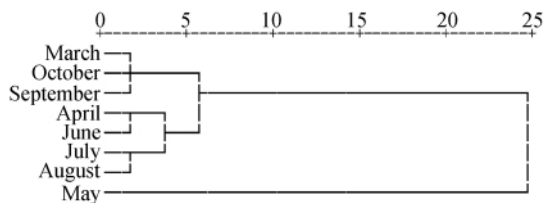


图 6 不同月拟步甲群落相似性聚类

Fig. 6 The results of clustering analysis of darkling beetles communities of different months

指数、优势度指数、个体数和物种数作为变量,对不同月的拟步甲昆虫群落进行相似性分析,结果见图 7。样地 A 为没有开垦过的长芒草带,3 月、9—10 月为第 1 类,反映了在春初和秋末昆虫种类少和数量小的情况;5 月、4 月和 8 月为第 2 类,反映了拟步甲昆虫每年的 2 个活动高峰期,4—5 月是越冬成虫开始大量活动,越冬幼虫开始逐渐化蛹羽化,到 8 月雨量增多,能适当促进拟步甲活动,但种类和数量略低于 5 月;6 月和 7 月为第 3 类,这个阶段气温高,光照强烈,拟步甲活动频率较低。

样地 B 和样地 C 是人工干扰的荒漠草地,5 月是第 1 类,反映了 5 月是拟步甲的 1 个高峰期。样地 B 中,7 月是第 2 类,反映了拟步甲活动另一个小高峰期;其他月归为第 3 类,拟步甲的活动基本相似。样地 C 是苜蓿和柠条混种草地,4 月和 6—8 月为第 2 类,夏季该样带湿度较大,且刈割苜蓿 1~2 次,人工干扰较大,夏季拟步甲活动的情况接近春季中期;3 月、9—10 月为第 3 类,反映了在春初和秋末昆虫种类少和数量小的情况。

样地 D、样地 E 和样地 F 为半干扰人工草地。D 样地 5 月和 7 月为第 1 类,反映了春季和夏季 2 个拟步甲活动的高峰期;4 月、6 月和 8—9 月为第 2 类,反映在此样带拟步甲在 5 月和 7 月 2 个活动高峰期前后相对稳定的阶段;3 月和 10 月为第 3 类,同样反映了春初和秋末昆虫种类少和数量小的情况。E 样地的生境特点是柠条没有成活或是严重退化,杂草侵入,拟步甲活动情况接近于样地 B 和 C,5 月为第 1 类,4 月和 7—8 月为第 2 类;3 月、6 月、9—10 月为第 3 类,6 月气温高,拟步甲活动情况与春初和秋末相同。F 样地为围栏放牧带(调查当年没有放牧),此带采集数量最低,5—7 月为第 1 类,反映拟步甲活动的季节干旱高温的特点;4 月和 8 月为第 2 类,8 月虽然降雨增多,会略促进拟步甲的活动,但数量却接近于春季中期的情况,3 月、9—10 月为第 3 类。

3 结论与讨论

研究表明,在盐池四墩子荒漠草地景观,共捕获 10 属 20 种拟步甲,全部为适应干旱环境的物种,拟步甲群落结构简单,物种数少,个体数量也不多,但优势种明显,其组成和数量在不同植被类型的环境下有所分化。

拟步甲物种数和个体数成显著正相关,表现为 5 月和 7—8 月 2 个发生高峰期,且 5 月最高。从整个景观来看,优势种克小鳖甲的盛发期在 5 月和 7 月,弯齿琵甲的盛发期在 5 月和 8 月。不同景观样地略有差异,克小鳖甲在样地 A 的第 1 个高峰期相比其他样带提前到 4 月出现,可能原因

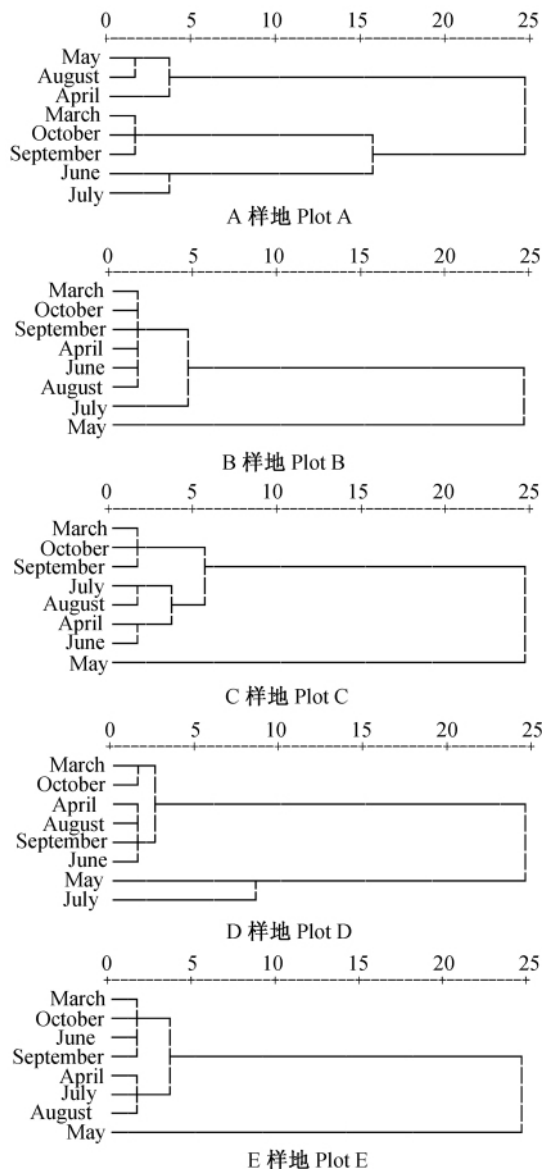


图7 不同生境拟步甲群落相似性聚类

Fig. 7 The results of clustering analysis of darkling beetles communities of different plots

是 A 样地是原始荒漠草地,未受人工干扰,草本层返青较早。弯齿琵甲在样地 F 的第 1 个高峰期出现在 6 月,因为此样地是围栏放牧带,植被受干扰较大,出现的高峰期较其他样带推迟 1 个月。克小鳖甲(漠甲亚科)在夏季的活动最弱期在 6 月,而弯齿琵甲(拟步甲亚科)在 6—7 月,这与它们的耐高温、抗旱能力紧密相关,因为从地理分布上看漠甲亚科的种类更倾向分布于高温干旱的地带(任国栋和于有志,1999)。

结合不同生境中物种与季节对应分析的结

果,研究区域拟步甲成虫发生可以分为春季发生型、春夏发生型、夏季发生型、夏秋发生型和全年发生型 5 类,反映了拟步甲种类在荒漠景观发生的季节规律。如春季发生的蒙古漠王和谢氏宽漠王,在春季是其越冬幼虫的化蛹、羽化高峰期,并随后成虫交配产卵,在 6 月上旬之后成虫基本上死亡。

从各植被类型的拟步甲种类和数量时间变化来看,各植被带的个体数量的高峰期在 5 月和 7 或 8 月,物种数最低值出现在 3 月,其次是 10 月,样地 A、B 和 C 峰值在 5 月、7 月或 8 月,样地 D、E 和 F 只有 5 月或 8 月 1 个高峰期,而且还表现为 5—8 月物种数变化比较平缓,在 6~10 种之间。样地 D、E 和 F 是半干扰荒漠草地,可见人类活动的适当干扰可以提高环境的空间异质性(Connell, 1978;于晓东等, 2001),为昆虫提供多样的栖息环境,从而提高了拟步甲物种的多样性,因此,在荒漠植被恢复中,应重视进行适度的人工干扰,保持生境类型的多样性,又要尽量避免人为过度干扰导致生境的简单化,增强植被和生境类型的多样性和异质性,在空间配置上提高景观多样性,才能提高昆虫物种多样性。

不同月拟步甲群落相似性分析,总体反映了 3 月、9—10 月即春初和秋末昆虫种类少和数量小的情况为一类,5 月昆虫种类和数量最多的情况为一类,4 月和 6—8 月为另外一类,由于植被类型和干扰程度的差异,月间拟步甲群落相似会有所差异。

参考文献(References)

- Connell JH, 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199 (4335): 1302—1310.
- Irmiler U, Hoernes U, 2003. Assignment and evaluation of ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages to sites on different scales in a grassland landscape. *Biodivers. Conserv.*, 12: 1405—1419.
- Jan L, Petr S, 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO*. Cambridge University Press, New York. 1—267.
- 贺奇, 王新谱, 杨贵军, 2011. 宁夏盐池荒漠草原步甲物种多样性. *生态学报*, 31 (4): 923—932.
- 马克平, 刘玉明, 1994. 生物多样性测度方法: α -多样性. *生物多样性*, 2 (4): 231—239.
- 任国栋, 巴义彬, 2010. 中国土壤拟步甲志(第二卷 鳖甲类). 北京: 科学出版社. 1—225.