

文章编号: 1000-694X(2010)04-0903-06

干旱区拟步甲水分散失速率的特征

钟晓英¹, 吕昭智^{1*}, 钱翌², 梁宏斌³, 宋菁¹, 张江国⁴

(1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 干旱区生物地理与生物资源重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 青岛科技大学 环境与安全工程学院, 山东 青岛 266042; 3. 中国科学院 动物研究所, 北京 100101; 4. 新疆阿拉山口出入境检验检疫局, 新疆 阿拉山口 833418)

摘要: 不同时空分布的拟步甲(*Tenebrionidae*)抗干旱能力存在着差异性,其抗干旱能力主要采用水分散失速率进行评价。在室内 30 °C 恒温处理下,采用重量法测定了不同季节典型干旱环境下 13 种拟步甲水分散失速率,同时采用陷阱捕获法在野外调查了拟步甲种群动态,分析了不同时空拟步甲抗干旱能力。结果表明,夏季活动高峰种的拟步甲水分散失速率明显小于春季活动高峰种,但夏季活动高峰种致死中时间(LT_{50})与最大死亡时间(T_{max})比春季活动高峰种大;不同干旱环境下的拟步甲水分散失速率也存在差异性,表现为干旱绿洲区 > 干旱荒漠区 > 极度干旱区,而 LT_{50} 与 T_{max} 的大小顺序与水分散失速率相反,表明了夏季活动高峰种的拟步甲抗干旱能力大于春季活动高峰种,极度干旱地区的拟步甲更能忍耐干旱环境。

关键词: 水分散失速率; 种群动态; 抗干旱; 拟步甲

中图分类号: Q958.11 文献标识码: A

拟步甲是昆虫中适应干旱能力最强的类群,其绝对含水量为 17%~89%^[1],在高温环境下水分减少 25%~40% 仍然可以存活^[2]。拟步甲经过长期进化,其通过形态与行为、体壁结构、生理作用等生存策略来减少水分散失^[3]。拟步甲遇到水源时腹部背面与鞘翅的亚鞘窝鼓起,容量增加,有效减少虫体受热程度^[4],防止体内水分的散失;在夏季正午时奇台光漠王通过穴居或选择在石块、土皮等垫状物下方来躲避高温、干旱的环境。有效控制水分散失是拟步甲适应干旱环境的生态策略之一。

拟步甲抗干旱能力的差别是由环境中有效水分的长期变化而引起的,拟步甲主要通过表皮失水、呼吸失水、分泌失水的水分散失方式来维持不同环境下体内水分的平衡^[3],呼吸失水占水分散失的比率很小,一般小于 5%^[5]。相关研究指出不同时空分布的拟步甲抗干旱能力存在差异性,干旱与半干旱区域分布的拟步甲水分散失速率低于湿润区域,同种拟步甲生存在高纬度水分散失速率低于低纬度分布的,干旱区和高纬度分布的拟步甲种群更适应干旱环境^[6-7],同时降雨量大地区的昆虫抗干旱的能力小于降雨量小地区的种类^[8]。新疆为典型温带内陆荒漠,是拟步甲多样性及其丰富度最集中区域^[9],水分平衡是拟步甲适应干旱环境的重要策略之一,

但不同季节和不同气候区域的拟步甲如何利用环境有效水分及其与水分散失有何关系? 以上问题探索,有助于理解拟步甲对荒漠高温和干旱环境的适应机制。笔者以准噶尔盆地和吐鲁番盆地的 13 种拟步甲为研究对象,比较和分析拟步甲水分散失速率与其时空分布的关系,从而为深入理解拟步甲适应性及其维护生物多样性机制提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 供试拟步甲

供试甲虫分别在 2008 年 4 月至 7 月期间采集,采集地点、地理环境等信息如表 1 所示。

1.2 采集方法

种群动态监测采用陷阱法捕获。陷阱用直径 7.5 cm、容积 100 ml 的硬塑料杯埋设在地下,杯口与地面齐平。在准噶尔盆地南缘荒漠区域不同生境下共布设 600 个陷阱,从 2008 年 4—8 月每隔 10 d,收集一次陷阱中捕获的甲虫,统计每个拟步甲种群总量以及春季和夏季各占的比例,若春季比例大于 50% 定义为春季活动高峰种,若小于为夏季活动高峰种,获得拟步甲种群动态。本研究中将 4 月、5 月

收稿日期: 2009-10-11; 改回日期: 2009-12-20

基金项目: 中国科学院“西部之光”东西部联合学者计划项目(LHXZ200603)资助

作者简介: 钟晓英(1983-A),女,新疆博乐人,硕士,主要从事环境科学研究, E-mail: zxy168992@163.com, http://www.cnki.net

* 通讯作者: 吕昭智(E-mail: zhaozhi@ms. xjb. ac. cn)

表 1 供试拟步甲虫采集地地理信息

Table 1 Geographical information of collecting places of *Tenebrionidae*

种	采集地	地理位置	地理环境
洛氏脊漠甲(<i>Pterocomma loczyi</i>)	新疆石河子	(44°53'N, 85°27'E)	绿洲
阿苇长足甲(<i>Adesmia aweiensis</i>)	新疆阜康	(44°39'N, 88°86'E)	荒漠
阿尔泰漠王(<i>Prosodes gracillis</i>)	新疆阜康	(44°39'N, 88°86'E)	荒漠
中华漠王(<i>Platyope proctoleuca chinensis</i>)	新疆阜康	(44°39'N, 88°86'E)	荒漠
奇台光漠王(<i>Platyope gitaiensis</i> sp. nov)	新疆阜康	(44°39'N, 88°86'E)	荒漠
高脊漠甲(<i>Podhomala fausti</i>)	新疆阜康	(44°19'N, 88°07'E)	荒漠
亚洲鳖甲(<i>Tentyria asiatica</i>)	新疆阜康	(44°39'N, 88°86'E)	荒漠
宽颈小鳖甲(<i>Microdera laticollis</i>)	新疆阜康	(44°39'N, 88°86'E)	荒漠
细长侧琵甲(<i>Prosodes gracillis</i>)	新疆奎屯	(44°58'N, 84°08'E)	绿洲
伪东鳖甲(<i>Anatolica pseudiduma</i>)	新疆阜康	(44°39'N, 88°86'E)	荒漠
光滑胖漠甲(<i>Trigonoscelis sublaevigata</i>)	新疆阜康	(44°19'N, 88°07'E)	荒漠
谢氏宽漠王(<i>Mantichorula semenowi</i>)	新疆吐鲁番	(42°50'N, 90°12'E)	沙漠
何氏胖漠甲(<i>Trigonoscelis holdereri</i>)	新疆吐鲁番	(42°50'N, 90°12'E)	沙漠

划为春季, 6 月、7 月划为夏季^[10]; 未连续监测洛氏脊漠甲、细长侧琵甲、谢氏宽漠王和何氏胖漠甲种群动态, 根据多年野外观测, 确定其属于不同类群。在野外人工采集所有供试甲虫, 均在当天带回实验室, 进行饥饿处理, 室内进行甲虫水分散失测定。

1.3 体内水分损失与干重的测定

野外采集的拟步甲在实验室内禁食 12 h 后, 每种重复各 30 头, 用电子天平(Chyo Balance Corporation, IPN200W, Kyoto, Japan, 精度 ± 0.0001 mg) 称重(原重, Fresh Weight, FW)后将试虫单个放入 100 ml 的烧杯中, 将该烧杯放入培养箱中(永光明医疗仪器厂, DHP-500, 北京), 控制湿度为 40%~50%, 温度恒定为 30 °C, 并在培养箱内放入干燥剂 CaCl₂ 250 g。拟步甲禁食, 每 24 h 称重(W_t)一次同时记录试虫的死亡时间, 称重结束后活体继续放入烧杯内, 死体放在干燥通风处, 每种试虫死亡数达到 15 头时停止称量, 但继续记录剩余试虫的死亡时间; 待各种试虫全部死亡后, 将其置于烘干箱内, 60 °C 烘干 72 h, 恒重后称重, 即为干重(Drought Weight, DW)。

1.4 计算方法

不同时间下试虫绝对脱水率(P_n)计算公式为:

$$P_n = (FW - W_t) / FW \times 100$$

绝对含水量(WC):

$$WC = (FW - DW) / FW \times 100$$

式中: FW 为试虫鲜重(mg); W_t 为不同记录时间试虫中体重(mg); t 为称重与观测时间(h), $t = 24, 48, 72, 96 \dots$; DW 为试虫干重(mg)。

1.5 分析方法

采用最小二乘法建立每种试虫每 24 h 的绝对脱水率(P_n)与称重时间的线性回归, 其中回归系数为水分散失速率(Water loss rates, WR)^[6,11]。应用 Probit 法计算试虫的致死中时间(LT_{50}), 当 $P = 0.50$ 时, 即为致死中时间(LT_{50})^[6,11]; 同时记录每种供试甲虫中的最后一头死亡的时间, 为每个种最大忍受死亡时间(T_{max})^[6]。利用单因素方差分析(one-way ANOVA)比较供试拟步甲在绝对含水量(WC)的差异, 若各个种之间存在显著性差异, 采用 Tukey's HSD 的方法比较各项指标的差异性。

2 结果与分析

2.1 不同季节拟步甲种群动态

2008 年 4 月至 7 月期间在准噶尔盆地南缘荒漠区域布置的陷阱中, 春季捕获宽颈小鳖甲(*Microdera laticollis*) 的数量占该种捕获总量的 75.16%; 而阿尔泰漠王(*Prosodes gracillis*) 和高脊漠甲(*Podhomala fausti*) 均采集在春季; 夏季捕获伪东鳖甲和光滑胖漠王分别占各自捕获量的 89.86% 和 68.11% (图 1)。因此, 除伪东鳖甲和光滑胖漠王为夏季优势种外, 其他 7 种均为春季优势

种。通过野外实地观察确定洛氏脊漠甲仅活动在 4 月底,将其归为春季活动高峰种,而细长侧琵甲、谢

氏宽漠王、何氏胖漠甲均出现在 6—7 月,并根据多年的野外观测确定这 3 个种为夏季活动高峰种。

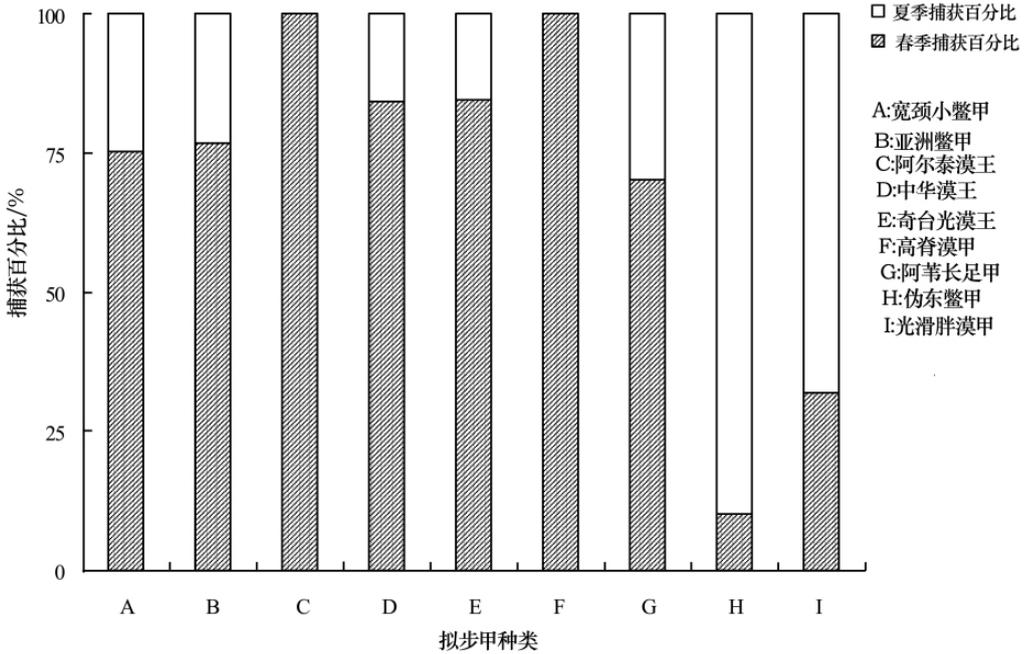


图 1 准噶尔盆地南缘拟步甲种群季节动态分布

Fig. 1 The temporal distribution of *Tenebrionidae*s in the southern of Junggar Basin

2.2 不同季节拟步甲体内水分散失特性的比较

在 30 °C 恒温条件下,每种供试甲虫的水分散失速率的趋势相同(图 2)。春季出现的拟步甲的水分散失速率在 2.84~3.98 之间,远大于夏季优势种水分散失速率(0.98~1.79),但夏季活动高峰种的细长侧琵甲的水分散失速率(WR=3.11)接近春季活

动高峰种(表 2);春季活动高峰种中宽颈小鳖甲与亚洲鳖甲(*Tentyria asiatica*)的水分散失速率相近(图 2A);夏季活动高峰种中伪东鳖甲、谢氏宽漠王与光滑胖漠甲脱水前 6 d 内绝对脱水率有显著性差异($df=29, P<0.05$),脱水 8 d 后无显著差异,且脱水率相近(图 2B),而何氏胖漠王的水分散失速率是最小的(WR=0.98)(表 2)。

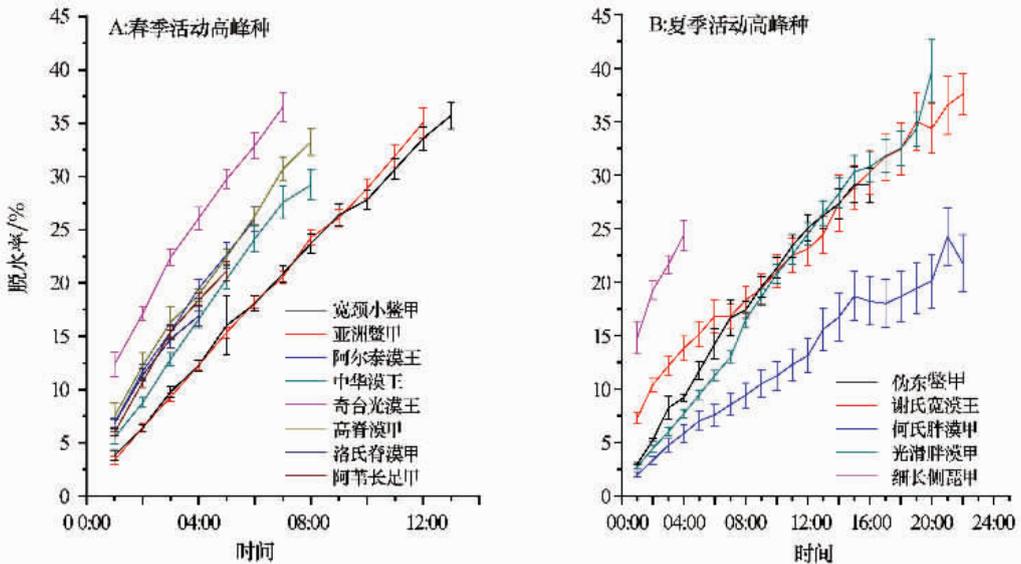


图 2 不同季节拟步甲绝对脱水过程

Fig. 2 Comparison of absolute water-loss rates of *Tenebrionidae*s at Spring and Summer

宽漠王与何氏胖漠甲的绝对含水量要高于同一季节其他干旱区的拟步甲,表明干旱区的拟步甲保水能力强于相对湿润地区的拟步甲。夏季活动高峰种的 LT_{50} 与春季活动高峰种之间的 LT_{50} 明显不同,夏季活动高峰种除细长侧琵甲以外其余种的 LT_{50} 均大于春季活动高峰种的 LT_{50} 值, LT_{50} 时间最长的何氏

胖漠甲为 27 d,比春季活动洛氏脊漠甲、阿苇长足甲多出 22 d(表 2)。因此,除细长侧琵甲以外,拟步甲夏季活动高峰种的水分散失速率小于春季活动高峰种,而夏季活动高峰种的 LT_{50} 与 T_{max} 均大于春季活动高峰种,夏季活动高峰种存活时间长于春季活动高峰种,更能忍耐干旱、高温的环境。

表 2 拟步甲 WC(%), T_{max} (d), LT_{50} (d) 及 WR 的比较

Table 2 Comparison of WC(%), T_{max} (d), LT_{50} (d), WR in *Tenebrionidae*s

分类	种	WC/%	T_{max} /d	LT_{50} /d	WR
春季活动高峰种	洛氏脊漠甲	65.80±1.29 ^a	14	5	3.37
	阿苇长足甲	65.37±0.68 ^a	15	6	3.08
	阿尔泰漠王	73.89±0.82 ^c	12	7	3.79
	中华漠王	80.46±0.59 ^f	12	8	3.54
	奇台光漠王	76.64±0.73 ^d	11	8	3.98
	高脊漠甲	82.70±0.72 ^e	12	10	3.64
	亚洲鳖甲	70.59±0.51 ^b	15	12	2.84
夏季活动高峰种	宽颈小鳖甲	69.00±0.63 ^b	16	13	2.84
	细长侧琵甲	69.80±0.32 ^b	9	5	3.11
	伪东鳖甲	70.80±0.61 ^b	19	16	1.79
	光滑胖漠甲	75.45±0.81 ^{cd}	28	21	1.88
	谢氏宽漠王	76.39±1.26 ^{de}	26	23	1.39
	何氏胖漠甲	78.71±0.48 ^f	37	27	0.98

表中数据为平均值±标准误,同列数据后不同小写字母表示经 Tukey's HSD 检测在 $P<0.05$ 水平差异显著。

3 讨论

荒漠昆虫长期对严酷环境的适应使荒漠昆虫在其种类组成、分布和格局等方面具有独特性,是荒漠生态系统不可或缺的重要组成成分^[12-13]。不同时空分布的拟步甲采取不同的适应方式来增强其抗旱能力^[14]。水分散失是干旱地区生物环境适应性的指标之一,甲虫表皮水分散失速率与其体表构造、生理适应模式、形态与行为均有关^[3]。实验结果表明,同一季节不同干旱环境下生存的甲虫,其体腔内贮水程度不同,极端干旱区的拟步甲的保水功能要强于干旱绿洲区、干旱荒漠区,极端干旱区拟步甲高含水量、低的水分散失速率(表 2)的特征有利于其在恶劣环境中贮存水分。来自相对干旱环境拟步甲的血淋巴渗透调节能力强,这一特征维持了拟步甲体内与环境水分的平衡^[6]。

拟步甲抗旱能力与环境有效水分是密切联系的^[8]。目前研究表明,甲虫在高温的环境下水分散失速率要大于低温环境下水分散失速率,拟步甲在 28 °C 时水分散失速率为 $3.3\% \cdot h^{-1}$,而在 12 °C 时水分散失速率仅为 $1.0\% \cdot h^{-1}$ ^[11];同种拟步甲随着环境湿度的升高水分散失速率逐渐升高,而 LT_{50} 与 T_{max} 的时间逐渐缩短^[11]。温度、湿度、降水量等环境有效水分的变化引起了拟步甲抗旱能力的不同。

不同季节出现的拟步甲维持体内水分平衡能力不同,拟步甲夏季活动高峰种的水分散失速率低于春季活动高峰种,但是 LT_{50} 与 T_{max} 均大于春季活动高峰种(表 2),表明夏季活动高峰种对高温环境的抗能力强于春季活动高峰种。在准噶尔盆地南缘的荒漠地区,春季荒漠地区温度适宜,降雨量大,冬季积雪于早春季节融化,空气湿度大,土壤水含量为 7%~12%,土壤有机质含量丰富^[15],植被生活型多样^[16]。春季准噶尔盆地短命、类短命植物群落植被

盖度可以达到 35%~50%^[17],短命、类短命植物为拟步甲提供了水分来源,丰富的植被盖度为拟步甲提供了庇荫处,减少了其体内水分的散失。夏季该区大气平均温度为 40~42℃,地表平均温度高达 55~60℃,降雨量较少,地表蒸发量加大,土壤平均含水量在 3%~5%之间^[18]。因此春季活动高峰种拟步甲容易获取水分,夏季活动高峰种水分来源有限,利用自身结构特征以及较发达的生理调节机制,更好的维持了体内水分平衡,在高温环境下保持了正常的生理状态。总之,季节性环境水分差异是影响拟步甲春季和夏季类群水分散失差异性的主要因素之一。

同一季节出现在不同干旱环境下的拟步甲体抗干旱能力明显不同。极端干旱区的昆虫比生存在干旱荒漠区、干旱绿洲区的昆虫的水分散失速率要低^[19]。沙漠地区昆虫比绿洲地区昆虫更耐高温,不同温度处理 10 h 后,荒漠昆虫水分散失速率约为 2%~10%,绿洲昆虫水分散失速率约为 2%~30%^[13]。本实验所选 3 种环境下拟步甲水分散失速率大小为:干旱绿洲区>干旱荒漠区>极度干旱区,而 LT_{50} 的比较是干旱绿洲区<干旱荒漠区<极度干旱区(见表 2)。新疆石河子与新疆奎屯属于干旱绿洲区,夏季平均气温为 36.0℃,年均降水量 200 mm 左右^[20],准噶尔盆地南缘的荒漠地区夏天平均气温为 42.6℃,年均降水量 80~160 mm^[17],吐鲁番沙漠区域属于典型的极端干旱区,夏季最高气温为 48.0℃,年降水量只有 10~50 mm^[21]。干旱绿洲区温度相对低,植被盖度大,空气湿度大,而干旱荒漠区和极端干旱区高温降雨量小,植被盖度低,且含水量小,多为耐盐碱种类。降雨量大的地区昆虫的水分散失率也相应的增大^[8]。因此,不同地理位置的差异,决定了拟步甲获得环境水分的多少,长期适应干旱、缺水环境决定了极端干旱区拟步甲水分散失速率小于干旱区的种类。可以得出结论,拟步甲在空间(区域)和时间(季节)上水分散失的差异性影响的关键因子是一致的,即:拟步甲所处环境水分条件一定程度上决定了拟步甲水分散失能力,这种环境水分主要来源于降雨量、温度、湿度等环境指标在时间和空间上的分布。

以新疆荒漠区不同季节不同干旱环境下的 13 种拟步甲优势种群为对象,研究其抗干旱能力具有一定的代表性,文中所提供的拟步甲抗干旱的指标中拟步甲的种群动态、(T_{max})、 LT_{50} 与水分散失速率(WR)在一定范围可做为拟步甲抗干旱能力的主要

指标,是进一步研究拟步甲抗干旱能力重要依据。

今后的研究重点将放在不同环境下拟步甲体不同虫态、不同性别对干旱的抗能力和维持体内水分平衡差异性的研究。同时更深入地验证甲虫体内水分散失变化规律,进一步从生化分子探明拟步甲抗旱性调控机制。

致谢:感谢新疆大学黄人鑫教授对甲虫标本的鉴定。

参考文献 (References):

- [1] Benoit J B, Yoder J A, Rellinger E J. Prolonged maintenance of water balance by adult females of the American spider beetle, *mezium affine boieldieu*, in the absence of food and water resources[J]. *Journal of Insect Physiology*, 2005, 51(5): 565-573.
- [2] Danks H V. The elements of seasonal adaptations in insects [J]. *The Canadian Entomologist*, 2007, 139(1): 1-44.
- [3] Cloudsley-Thompson J L. Thermal and water relation of desert beetles[J]. *Naturwissenschaften*, 2001, 88: 447-460.
- [4] Slobodchikoff C N, Wismann B Y, Kim H R. A function of the subelytral chamber of tenebrionid beetles[J]. *Indian Journal of Experimental Biology*, 1981, 90: 109-114.
- [5] Quinlan M C, Lighton J R B. Respiratory physiology and water relations of three species of *pogonomyrmex* harvester ants (*Hymenoptera: Formicidae*) [J]. *Physiological Entomology*, 1999, 24(4): 293-302.
- [6] Lagadec M D Le, Chown S L, Scholtz C H. Desiccation resistance and water balance in southern African keratin beetles (*Coleoptera, Trogidae*): the influence of body size and habitat[J]. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*, 1998, 168(2): 112-122.
- [7] Ring R A, Block W, Somme L. Body water content and desiccation resistance in some arthropods from subantarctic south Georgia[J]. *Polar Biology*, 1990, 10: 581-588.
- [8] Addo-Bediako A, Chown S L, Gaston K J. Revisiting water loss in insects: a large scale view[J]. *Journal of Insect Physiology*, 2001, 47(12): 1377-1388.
- [9] 黄人鑫, 吴卫, 毛新芳, 等. 新疆荒漠昆虫区系及其形成与演变 [M]. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 2005: 36-47.
- [10] 夏厦根. 中国气候划分 [M]. 北京: 科学出版社, 1959: 71-79.
- [11] Bedick J C, Hoback W W, Albrecht M C. High water-loss rates and rapid dehydration in the burying beetle, *Nicrophorus marginatus* [J]. *Physiological Entomology*, 2006, 31(1): 23-29.
- [12] 陈进福, 李新荣, 陈应武, 等. 生物土壤结皮对荒漠昆虫多样性的影响 [J]. *中国沙漠*, 2006, 26(6): 986-992.
- [13] 李新荣, 陈应武, 贾荣亮. 生物土壤结皮: 荒漠昆虫食物链的重要构建者 [J]. *中国沙漠*, 2008, 28(2): 245-248.
- [14] Krasnov B, Shenbrot G. Seasonal variation in spatial organization of a darkling beetle (*Coleoptera: Tenebrionidae*) commu-

- nity[J]. *Environmental Entomology*, 1997, 26(2): 178-190.
- [15] 宋菁, 吕昭智, 郭忠勇, 等. 沙漠昆虫体内水分散失特征研究[M]//李典谟, 武春生, 伍一军, 等. 昆虫学研究动态: 中国昆虫学会第八次全国代表大会暨2007年学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007: 242-245.
- [16] 钱亦兵, 吴兆宁, 张立运, 等. 古尔班通古特沙漠风沙土微量元素对植被格局的影响[J]. *中国沙漠*, 2009, 29(6): 1100-1108.
- [17] 张立运, 刘速. 古尔班通古特沙漠植被及工程行为影响[J]. *干旱区研究*, 1998, 15(4): 16-21.
- [18] 蒋进, 王雪芹. 古尔班通古特沙漠工程防护体系内土壤水分变化规律[J]. *水土保持学报*, 2003, 14(03): 74-77.
- [19] Hadley N F. *Water balance of the terrestrial arthropods*[M]. San Diego: Academic Press, 1994: 45-48.
- [20] 范丽红, 格丽玛, 何清, 等. 绿洲-过渡带-荒漠气候特征日变化分析[J]. *新疆农业大学学报*, 2006, 7(29): 5-9.
- [21] 夏训诚. 吐鲁番盆地[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1978: 5-9.

Water-loss Rate of Insect *Tenebrionidae* in Arid Region

ZHONG Xiao-ying¹, LÜ Zhao-zhi¹, QIAN Yi², LIANG Hong-bin³, SONG Jing¹, ZHANG Jiang-guo⁴

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Key Laboratory of Biogeography and Nioresource in Arid Land, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 2. College of Environment and Safety Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, Shandong, China; 3. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 4. Alataw Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau, Alataw 833418, Xinjiang, China)

Abstract: The drought resistance ability of insect *Tenebrionidae*s is different in space and time, and it can be assessed by water loss rate. The water loss rates of 13 kinds of *Tenebrionidae*s were evaluated by their weight loss at 30 °C in the laboratory, and the population dynamics of *Tenebrionidae*s were investigated by pitfall traps in field during 2008. The results indicated that summer's species of *Tenebrionidae*s had a lower water loss rate, a longer lethal time to 50% mortality (LT_{50}) and a longer dead time to maximum (T_{max}) than spring's species. The water loss rates of *Tenebrionidae*s were significantly different in different dry habitats, which showed a spatial sequence of arid oasis region > arid desert region > extremely drought region; while the spatial sequence of LT_{50} and T_{max} was opposite. The conclusion suggested that the drought resistance ability of summer's species of *Tenebrionidae*s was stronger than that of spring's species, and *Tenebrionidae*s from extremely drought regions could endure drier environment than other *Tenebrionidae*s.

Keywords: water-loss rate; population dynamics; drought resistance; *Tenebrionidae*