

松嫩草地牛粪中大型节肢动物种类组成及种群动态变化

姜世成, 周道玮*

(吉林省生态恢复与生态系统管理重点实验室, 东北师范大学植被生态科学教育部重点实验室, 东北师范大学草地研究所, 长春 130024)

摘要: 研究并分析了松嫩草地牛粪中大型节肢动物种类组成及动态变化。结果表明, 在草地牛粪中共调查到大型节肢动物 7 目 20 科 43 种, 以鞘翅目、膜翅目和双翅目为主。依其食性不同, 分为粪食性型(8 科 19 种)、腐食性型(4 科 4 种)、植食性型(4 科 6 种)、捕食性型(5 科 11 种)、杂食性型(2 科 5 种)、尸食性型(1 科 1 种)和寄生性型(1 科 1 种)。根据鞘翅目金龟总科中粪食性型生活的粪甲虫对牛粪利用方式的不同, 分为外生粪甲虫(6 种)、内生粪甲虫(5 种)、远生粪甲虫(2 种)和偷窃寄生粪甲虫(1 种)。除了双顶喙蜣螂, 牛粪中大型节肢动物数量与鲜牛粪重量具有显著正相关关系($p < 0.01$)。粪食性型种类数和个体数量随鲜牛粪堆置时间的延长而迅速减少, 7d 后消失, 其个体总数量与鲜牛粪堆积时间呈显著的负相关关系($p < 0.01$), 而与牛粪含水量呈显著正相关关系($p < 0.01$), 各种大型节肢动物因其食性不同在鲜牛粪中占据不同的生态位。鲜牛粪中大型节肢动物以粪食性型占绝对优势, 而干牛粪中则以捕食性型和杂食性型为主。牛粪中大型节肢动物种群季节动态变化受温度、降水量与牛粪含水量影响, 鲜牛粪中大型节肢动物优势种为直蜉金龟(69.25%) 和肖秋家蝇与东方角蝇幼虫(25.12%)。4、5、6 月份和 9 月份, 优势种为直蜉金龟, 7 月和 8 月份, 优势种为蝇幼虫。

关键词: 牛粪; 大型节肢动物; 粪甲虫; 粪食性型

文章编号: 1000-0933(2005)11-2983-09 中图分类号: Q 958 文献标识码: A

Composition and seasonal variations of macro arthropod fauna associated with cattle dung pats in Songnen Grassland, China

J IANG Shi-Cheng, Z HOU Dao-W ei* (Key Laboratory for Ecological Restoration and Ecosystem Management of Jilin Province, Key Laboratory of Vegetation Ecology of Ministry, Education, China, Institute of Grassland Science, Northeast Normal University, Changchun 130024, China). Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(11): 2983~ 2991

Abstract: The species and seasonal variations of macro Arthropod fauna associated with cattle dung pats were studied and analyzed based on the results obtained from field investigation and experiments in Songnen Grassland, China. The result showed that the macro Arthropod fauna associated with cattle dung consisted of 43 species from 19 families, including 32 Coleoptera, 4 Hymenoptera, 2 Diptera, 2 Deramptera, 1 Orthoptera, 1 Araneae and 1 Acariformes. The macro arthropod fauna included 19 coprophagy species, 4 saprophagy species, 6 phytophagous species, 11 predatism species, 5 omnivorey species, 1 corpse-eating species and 1 parastitism species according to their feeding habits. The adults of Scarabaeoidea whose

基金项目: 国家重点基础研究规划资助项目(2000018602); 国家自然科学基金资助项目(203263); 东北师范大学自然科学青年基金资助项目(203263)

收稿日期: 2005-04-25; **修订日期:** 2005-09-24

作者简介: 姜世成(1970~), 男, 辽宁人, 博士, 主要从事恢复生态学和草地管理研究. E-mail: Jiangsc943@nenu.edu.cn

* 通信作者 Author for correspondence. E-mail: Zhoudw@nenu.edu.cn

致谢: 中国科学院动物研究所章有为教授为本研究中鞘翅目中粪金龟总科种类进行鉴定; 沈阳师范学院薛万琦教授对双翅目蝇科种类进行鉴定; 广西师范大学周善义教授、西南林学院徐正会教授对膜翅目蚁科种类进行鉴定; 沈阳农业大学张治良教授对其它大型节肢动物进行鉴定, 在此一并致谢

Foundation item: Supported by the State Key Basic Research and Development Plan of China (No. G2000018602), National Natural Science Foundation of China(No. 30500355) and Science Foundation for Young Teachers of Northeast Normal University

Received date: 2005-04-25; **Accepted date:** 2005-09-24

Biography: J IANG Shi-Cheng, Ph. D. candidate, mainly engaged in restoration ecology and grassland management. E-mail: Jiangsc943@nenu.edu.cn

feeding habits depended on the liquid in the fresh cattle dung were called dung beetles. There were four contrasting patterns of dung use by dung beetles: 6 species paracoprids, 5 species endocoprids, 2 species telecoprids and 1 species kleptoparasites.

Statistical analysis showed that except for *Onthophagus bivertex*, the number of arthropod fauna species of *Aphodius rectus* (Y_1), fly larva (Y_2), *Ocyptus parvulus* (Y_3), *Tetramorium caespitum* (Y_4) and Total number of arthropod fauna species (Y_5) were all significantly related to the weight of the fresh cattle dung pats (X). The relationships could be fitted into the linearity function, $Y_1 = 6.49X + 0.04$ ($R = 0.84$, $p < 0.01$), $Y_2 = 8.84X - 3.20$ ($R = 0.87$, $p < 0.01$), $Y_3 = 5.20 + 0.09$ ($R = 0.86$, $p < 0.01$), $Y_4 = 45.73 - 12.65$ ($R = 0.93$, $p < 0.01$), $Y_5 = 74.87X - 3.58$ ($R = 0.91$, $p < 0.01$) respectively.

The species and amount of coprophagy species decreased rapidly, and nearly disappeared after 7 days of fresh cattle dung pats disposition. There was a significantly negative correlation between the amount of coprophagy species (Y) and the days (X_1) after the dung pats disposition in 7 days, and a significantly positive correlation between the amount of coprophagy (Y) and the water content of the cattle dung pats (X_2). The relationships could be fitted into the linearity function, $Y = -33.52X_1 + 146.01$ ($R = -0.95$, $p < 0.01$), $Y = 5.16X_2 - 237.31$ ($R = 0.92$, $p < 0.01$). The variations of the different feeding habit species were relative to the dung water content, and it indicated that the arthropod species occupied different niches according to their different feeding habits.

The coprophagy species dominated the fresh cattle dung pats, and the predaceous and omnivorous species dominated the dry cattle dung pats. The dominant species associated with cattle dung were *Aphodius rectus* (69.25%) and the fly larvae of *Musca domestica* and *Haemaphysalis exiguus* (25.12%) from April to September. Dung beetles dominated the fresh dung pats in April, May, June and September, the fly larvae of *Musca domestica* and *Haemaphysalis exiguus* dominated the dung pats in July and August. The seasonal variations of dung beetles and the fly larvae of *Musca domestica* and *Haemaphysalis exiguus* were affected by temperature, precipitation and the dung water content.

Key words: cattle dung; macro arthropod fauna; dung beetles; coprophagy

在草地上放牧牛,产生大量牛粪。牛粪堆积对草地生态系统产生众多不利的影响:导致草地营养元素,特别是氮的暂时性丧失^[1],造成营养物质失衡和周转率降低^[2];影响牲畜取食其周围牧草^[3,4],间接造成草地资源浪费;是牲畜各种肠道寄生虫在传染时期的生长场所,因而能大量地传播疾病^[5,6];最为重要的是,牛粪是有害蝇类幼虫的孳生地^[7,8],蝇类叮咬牲畜,骚扰牲畜,降低牲畜营养,给畜牧业发展带来巨大的经济损失。

牛粪还是一些粪食性、捕食性节肢动物的取食和繁殖场所,这些动物,特别是鞘翅目中的粪甲虫(dung beetle)对牛粪的破碎化和分解起到关键作用^[1],并且粪甲虫对牛粪的掩埋活动能改善土壤物理特性^[9],增加土壤有机质含量^[10],从而提高植物初级生产力^[11]。粪甲虫取食牛粪,能直接破坏掉蝇卵,同时对牛粪的破碎化能迅速干燥牛粪,破坏掉有害蝇类的繁殖场所,对有害蝇类的繁殖起到了生物控制作用^[12~14]。

松嫩草地是中国重要畜牧业发展基地,牲畜每年产生大量粪便,对草地产生一系列影响。因此,研究草地牛粪及其节肢动物的种类和种群动态变化,对草地管理及畜牧业的发展具有重要的意义。

1 自然概况和研究方法

1.1 自然概况

研究地区位于吉林省长岭种马场境内。地理位置北纬 44°40′~44°44′,东经 123°44′~123°47′。该地区地势平坦,海拔高度 140~160m,地形变化相对高度 5~20m,以低地平原为主,有带状固定沙丘分布。气候属于温带半湿润季风气候,具有明显的大陆性季风气候特征:春季干旱多风,降水稀少,地表蒸发剧烈;夏季降水集中,造成地表径流和积水;冬季降雪较少。年降水量 310~580mm,70%集中在 6、7、8 月份,年蒸发量 1135~1565mm,约为降水量的 3 倍。年均气温 4.9℃,≥10℃的活动积温在 2549.9~3374.9℃,无霜期 136~163d。研究地点为种马场常年放牧草场,土壤类型多为草甸土和盐碱化土,含盐量较高,排水较差,多形成严重退化的碱斑地。植被类型以 1 年生植物虎尾草(*Chloris virgata*)为主,水稗(*Echinochloa crusgalli*)、狗尾草(*Setaria viridis*)和多年生植物芦苇(*Phragmites communis*)和羊草(*Neurolepis chinensis*)稀疏存在。放牧牲畜为牛和羊,放牧压较大。

1.2 研究方法

1.2.1 牛粪中大型节肢动物种类调查 在 1999 年 5~11 月和 2000 年 3~10 月,每个月中旬解剖 50 堆不同堆放时间的牛粪堆及牛粪下 10cm 深的土壤,采用手捡法获得大型节肢动物^[15],制成标本并鉴定。

1.2.2 大型节肢动物随鲜牛粪堆置时间的变化 在 2000 年 5 月 22 日清晨收集鲜牛粪 40kg,搅拌均匀后,于 11:00 人工模拟

35 堆牛粪堆置于放牧草地上, 直径为 15cm, 重量为 1.0 kg。牛粪堆排成 5 行, 行、间距均为 5m。分别于 1、2、3、4、5、7、9、14d 的 12: 00, 随机取 4 堆牛粪, 同时取牛粪下 10cm 深土壤, 室内采用手捡法获取大型节肢动物并进行种类鉴定。采用烘干法测定牛粪含水量。

1.2.3 不同重量鲜牛粪堆中大型节肢动物调查 2000 年 5 月 30 日收集新排出的牛粪 50kg, 搅拌均匀后, 于 11: 00 人工模拟牛粪堆置于放牧草地上, 每种重量牛粪堆重复 3 次, 排成 3 行, 行距 5m, 间距 5m, 牛粪重量与直径如表 1 所示。第 2 天 11: 00 将牛粪堆全部取回, 同时取牛粪下 10cm 深的土壤, 采用手捡法获取大型节肢动物并进行种类鉴定。

表 1 不同重量的人工模拟牛粪堆的直径
Table 1 Diameters of the different weight of artificial fresh cattle dung pats

牛粪重量 Cattle dung weight(kg)	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25
牛粪堆直径 Dung pat's diameter(cm)	12.0	14.0	15.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	27.0

1.2.4 牛粪中大型节肢动物的季节动态变化 2000 年 3~ 10 月, 每月中旬在放牧草地上选取 6 堆直径约为 25cm, 排出时间为 2~ 3d 的鲜牛粪和干牛粪堆, 同时取牛粪下 10cm 深的土壤, 采用手捡法获取大型节肢动物并进行种类鉴定。

2 结果与分析

2.1 牛粪中大型节肢动物的种类组成及食性分析

2a 的调查结果表明, 牛粪中大型节肢动物共有 7 目 20 科 43 种(表 2)。其中鞘翅目种类最多, 共计 12 科 32 种; 膜翅目 1 科 4 种; 双翅目和革翅目分别为 2 科 2 种; 其它目各为 1 种。根据牛粪中大型节肢动物对营养物质利用情况, 将其划分为 7 种食性型, 即粪食性型、腐食性型、植食性型、捕食性型、杂食性型、尸食性型和寄生性型:

(1) 粪食性型 是指一种动物以其它动物粪便为食物的类群。牛粪中粪食性型种类主要啮吸鲜牛粪中的液体成分, 对牛粪快速破碎化及营养固定和转移起到关键的作用。粪食性型种类有 8 科 19 种, 包括粪金龟科中的戴锤角粪金龟、粪堆粪金龟和费氏角粪金龟; 蜉金龟科中红亮蜉金龟、直蜉金龟、黑蜉金龟、哈氏蜉金龟和弱蜉金龟; 金龟子科中的台风扁蜉金龟、臭蜉金龟、墨侧裸蜉金龟、小驼喙蜉金龟、双顶喙蜉金龟, *Onthophagus* sp. 1; 皮金龟科中的祖氏皮金龟; 闫甲科中的半纹腐闫甲; 拟步甲科中的达氏琵琶甲; 蝇科中肖秋家蝇和螫蝇科中东方角蝇的幼虫。

(2) 腐食性型 是指以凋落的植物、植物源腐败物及腐殖质为食物的类群。牛粪中腐食性型种类主要取食干牛粪中牲畜未消化的植物成分, 共有 4 科 4 种, 分别为犀金龟科中的阔胸禾犀金龟, 步甲科中的单齿蝼步甲, 蠋螋科中的大蠋螋和大尾蠋螋科中的大尾蠋螋。

(3) 植食性型 是指以植物活组织为食物的类群。牛粪里植食性型种类主要把干牛粪作为栖息场所, 共有 4 科 6 种, 分别为犀金龟科中的阔胸禾犀金龟; 丽金龟科中的黄褐异丽金龟; 鳃金龟科中的东方绢金龟和阔胫玛绢金龟; 象甲科中的甜菜象甲和日本小眼象。

(4) 捕食性型 是指一种动物以其他动物为食物的类群, 这类动物称为“肉食动物”或“捕食者”。牛粪中捕食性型种类主要取食孳生于牛粪中的其他动物成虫、卵、幼虫等, 这种动物共有 5 科 11 种, 分别为隐翅甲科中的迅脚小隐翅虫; 闫甲科中的谢氏闫甲和双斑闫甲; 步甲科中的通缘步甲、谷婪步甲、黄鞘婪步甲、绿铜婪步甲和小翅甜步甲; 蠋螋科中的大蠋螋; 大尾蠋螋科的大尾蠋螋和蜘蛛目的蜘蛛(种类未鉴定)。

(5) 杂食性型 是以植物性食物和动物性食物为营养的类群。牛粪中杂食性型种类主要取食未消化的种子碎片或攻击其他节肢动物的成虫、幼虫、卵及蛹。这类节肢动物共有 2 科 5 种, 分别是蜣螂科中的单刺蜣螂; 蚁科中的玉米毛蚁、黄墩蚁、红林蚁和铺道蚁。

(6) 尸食性型 是以死亡动物柔软组织为食的类群。这类动物在牛粪中比较少见, 仅为皮金龟科中的祖氏粪金龟一种, 并且其食性有时还可为粪食性型。

(7) 寄生性型 是一种生物体依附在另一生物体中以求供给养料、提供保护或进行繁衍等而得以生存的类群。这类动物为真螨目(种类未鉴定), 主要寄生在台风扁蜉金龟、臭蜉金龟等昆虫体上营寄生生活。

松嫩草地牛粪中大型节肢动物种类以粪食性型为主, 为 19 种, 占总种数的 44. 2%, 其中鞘翅目金龟总科(Scarabaeoidea)中营粪食性型生活的种类称为粪甲虫(dung beetles)。根据对牛粪利用方式的不同, 将粪甲虫分为 4 种类型^[16, 17]: 外生粪甲虫(paracoprids): 直接在牛粪下掘洞, 将牛粪搬运到洞中作为食物球(food ball), 或产卵于其中, 作为孵化球(brood ball), 成为后代繁殖场所和食物来源, 种类有戴锤角粪金龟、粪堆粪金龟、费氏角粪金龟、小驼喙蜉金龟、祖氏皮金龟和臭蜉金龟; 内生粪甲虫(endocoprids), 直接在牛粪中取食, 种类有直蜉金龟、黑蜉金龟、哈氏蜉金龟、弱蜉金龟和双顶喙蜉金龟; 远生粪甲虫

(telecoprids), 将牛粪团成球状, 滚到一定距离后掘洞并把粪球埋到洞中, 作为食物球或孵化球, 种类有台风扁蜣螂和墨侧裸蜣螂; 偷窃寄生粪甲虫 (kleptoparasites), 它们争抢其他粪甲虫的粪球作为食物, 这类粪甲虫仅一种为红亮蜣金龟, 在臭蜣螂和台风扁蜣螂洞里的牛粪球中获得。

表 2 牛粪中的大型节肢动物种类

Table 2 Macro arthropod fauna species associated with cattle dung			
目 Orders	科 Families	种类 Species	食性 Feeding habits*
鞘翅目 Coleoptera	粪金龟科 Geotrupidae	戴锤角粪金龟 <i>Bolbotrypes davidis</i>	粪食性
		粪堆粪金龟 <i>Geotrupes stercorarius</i>	粪食性
		费氏角粪金龟 <i>Ceratophyus fischeri</i>	粪食性
	蜣金龟科 Aphodiidae	红亮蜣金龟 <i>Aphodius impunctatus</i>	粪食性
		直蜣金龟 <i>Aphodius restus</i>	粪食性
		黑蜣金龟 <i>Aphodius brevisculus</i>	粪食性
		哈氏蜣金龟 <i>Aphodius Haroldianus</i>	粪食性
		弱蜣金龟 <i>Aphodius languidulus</i>	粪食性
		台风扁蜣螂 <i>Scarabaeus typhon</i>	粪食性
	金龟科 Scarabaeidae	臭蜣螂 <i>Copris ochus</i>	粪食性
		墨侧裸蜣螂 <i>Gymnopleurus mopus</i>	粪食性
		小驼喙蜣螂 <i>Onthophagus gubbulus</i>	粪食性
		双顶喙蜣螂 <i>Onthophagus bivertex</i>	粪食性
		<i>Onthophagus</i> sp. 1	粪食性
		祖氏皮金龟 <i>Trox zoufali</i>	粪食性、尸食性
		阔胸禾犀金龟 <i>Pentodon mongolicus</i>	植食性、腐食性
		黄褐异丽金龟 <i>Anomala exoleta</i>	植食性
		东方绢金龟 <i>Serica orientalis</i>	植食性
		阔胫玛绢金龟 <i>Maladera verticalis</i>	植食性
	隐翅甲科 Staphylinidae	迅脚小隐翅虫 <i>Ocypus parvulus</i>	捕食性
	闫甲科 Histeridae	谢氏闫甲 <i>Hister sedakovi</i>	捕食性
		双斑闫甲 <i>Atholus bimaculatus</i>	捕食性
		半纹腐闫甲 <i>Saprinus semistriatus</i>	粪食性
	步甲科 Carabidae	单齿婪步甲 <i>Scarites terrecola</i>	腐食性
		通缘步甲 <i>Pterostichus gebleri</i>	捕食性
		谷婪步甲 <i>Harpalus corporosus</i>	捕食性
		黄鞘婪步甲 <i>Harpalus pallidipennis</i>	捕食性
		绿铜婪步甲 <i>Harpalus chalcensis</i>	捕食性
		小翅甜步甲 <i>Pterostichus dulcius</i>	捕食性
		达氏琵琶甲 <i>Bolaps davidea</i>	粪食性
	象甲科 Curculionidae	甜菜象甲 <i>Boltonioides punctiventris</i>	植食性
		日本小眼象 <i>Eumyllocerus gralliosus</i>	植食性
膜翅目 Hymenoptera	蚁科 Formicidae	玉米毛蚁 <i>Lasius alienus</i>	杂食性
		黄墩蚁 <i>Lasius flavus</i>	杂食性
		红林蚁 <i>Formica sinensis</i>	杂食性
		铺道蚁 <i>Tetramorium caespitum</i>	杂食性
		肖秋家蝇 <i>Musca autumnalis</i>	幼虫粪食性
双翅目 Diptera	蝇科 Muscidae	东方角蝇 <i>Haematobia exigua</i>	幼虫粪食性
革翅目 Dermaptera	螻蛄科 Stomatopodidae	大螻蛄 <i>Labidura japonica</i>	捕食性、腐食性
	大尾螻蛄科 Pygidicranidae	大尾螻蛄 <i>Challia fletcheri</i>	捕食性、腐食性
直翅目 Orthoptera	螻蛄科 Gryllotalpidae	单刺螻蛄 <i>Gryllotalpa orinipalis</i>	杂食性
蜘蛛目 Araneae			捕食性
真螨目 Acariformes			寄生性

* 粪食性型 Coprophagy; 腐食性型 Saprophagy; 植食性型 Phytophagous; 捕食性型 Predatism; 杂食性型 Omnivory; 尸食性型 Compe-eating; 寄生性型 Parasitism

2 2 大型节肢动物随鲜牛粪堆置时间的变化

鲜牛粪中大型节肢动物种类总数随牛粪堆置时间延长变化较小, 但个体总数量却随着牛粪堆置时间延长而减少(表 3)。

粪食性型种类总数和个体总数随鲜牛粪堆置时间而逐渐减少。粪食性型种类中个体数量最多为直蜉金龟, 其次为双顶喙蛭螂和蝇幼虫, 其他种类个体数量极少。台风扁蛭螂为远生粪甲虫, 仅在实验的当天取食牛粪。根据牛粪被取食痕迹可以判断台风扁蛭螂的个体数量, 在实验第 2 天, 35 堆牛粪中有 21 堆牛粪被台风扁蛭螂取食, 在以后的时间内, 没有发现台风扁蛭螂取食痕迹。直蜉金龟和双顶喙蛭螂在第 1 天数量最多, 然后数量锐减, 第 5 天时基本消失。蝇幼虫从第 2 天开始出现, 第 3 天达到高峰, 然后迅速降低, 第 7 天消失, 其它粪食性型种类基本上在前两天出现。鲜牛粪中粪食性型种类活动规律说明了 3 个问题: 一是粪食性型种类取食和进入牛粪的有效时间段仅在牛粪堆置当天内, 以后由于牛粪表面快速失水, 形成一层坚硬的外壳, 阻止了气味挥发和粪甲虫的进入; 二是进入到牛粪里的粪食性型种类由于食物资源的不足导致其快速离开; 三是粪甲虫对蝇幼虫具有破坏作用, 它们取食活动减少了其个体数量。

牛粪中捕食性型种类数量随着牛粪堆置时间而逐渐增多, 其中迅脚小隐翅虫数量最多, 并且在牛粪堆置第 2 天和第 5 天时数量较大, 而到了第 7 天消失。步甲科昆虫的数量随着牛粪堆置时间的延长有增多的趋势, 杂食性型的铺道蚁在整个实验过程中都能获得, 数量较多并且起伏不定。

表 3 牛粪中节肢大型动物数量随鲜牛粪堆置时间的变化(4 堆牛粪合计)

Table 3 Change of macro arthropod fauna species in the fresh cattle dung pats(data were pooled from 4 dung pats)										
种类 * Species	时间 Time(d)								合计 Total	百分比(%) Percent
	1	2	3	4	5	7	9	14		
台风扁蛭螂	2 4	0	0	0	0	0	0	0	2 4	0 1
直蜉金龟	357	183	97	3	0	1	0	0	641	23 4
双顶喙蛭螂	277	196	16	7	1	0	5	0	502	18 3
蝇幼虫	0	67	187	71	21	1	0	0	347	12 6
臭蛭螂	2	2	0	0	0	0	0	0	4	0 1
小驼喙蛭螂	1	2	0	0	0	0	0	0	3	0 1
粪堆粪金龟	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0 1
迅脚小隐翅虫	81	139	62	68	144	0	3	0	497	18 1
绿铜变步甲	6	2	2	4	15	7	18	18	72	2 6
谷变步甲	0	0	2	6	6	8	10	14	46	1 7
大螳螂	0	0	1	0	0	0	0	8	9	0 3
大尾螳	0	0	0	0	0	1	1	3	5	0 2
单刺螳蛄	0	1	0	0	0	0	0	4	5	0 2
铺道蚁	49	94	105	94	30	139	43	44	598	21 8
蜘蛛 Araneae	0	0	0	3	2	1	1	4	11	0 4
合计 total	777. 4	686	472	256	219	158	81	95	2744. 4	100 0

* 见表 2 See table 2

2. 3 不同重量鲜牛粪堆中大型节肢动物

在 27 堆不同重量鲜牛粪和其下 10cm 深土壤中, 共发现 5 种 2430 个大型节肢动物个体。除了双顶喙蛭螂外, 各种大型节肢动物数量与牛粪堆重量呈显著的正相关关系($p < 0. 01$) (图 1)。牛粪作为草原一些大型节肢动物取食、繁殖和栖息的场所, 其牛粪堆大小影响了节肢动物种群数量^[18]。

2. 4 牛粪中大型节肢动物季节动态变化

2. 4. 1 鲜牛粪中大型节肢动物种类和数量季节动态变化 鲜牛粪中大型节肢动物活动期从 4 月中旬到 9 月中旬, 3 月和 10 月份由于气温较低, 没有大型节肢动物活动。在野外调查 48 堆排出时间约为 2d 的鲜牛粪中, 共获得大型节肢动物 3 目 8 科 15 种, 共计 31175 个个体(表 4), 其中粪食性型种类数量占绝对优势。牛粪中大型节肢动物优势种为直蜉金龟, 6 个月共获得个体数量为 21590 个, 占总数的 69. 25%, 其个体数量最大时出现在 9 月中旬, 6 堆牛粪中共获得个体数为 11775 个, 其次为 4 月和 5 月中旬, 而 7 月和 8 月中旬个体数较少, 6 堆牛粪中仅获得 10 个和 63 个个体。牛粪中另一个数量较多的种类为肖秋家蝇和东方角蝇的幼虫, 6 个月共获得个体总数为 7832 个, 占总数的 25. 12%, 其个体数量最大值出现在 8 月, 其次为 7 月, 其他的月份数量较少或没有获得。隐翅甲科的迅脚小隐翅虫个体数量也较多, 6 个月共获得个体数量为 1028 个, 占总数的 3. 30%, 其出现的高峰值为 6 月。其他大型节肢动物种类个体数量较少, 有的月份甚至没有获得。

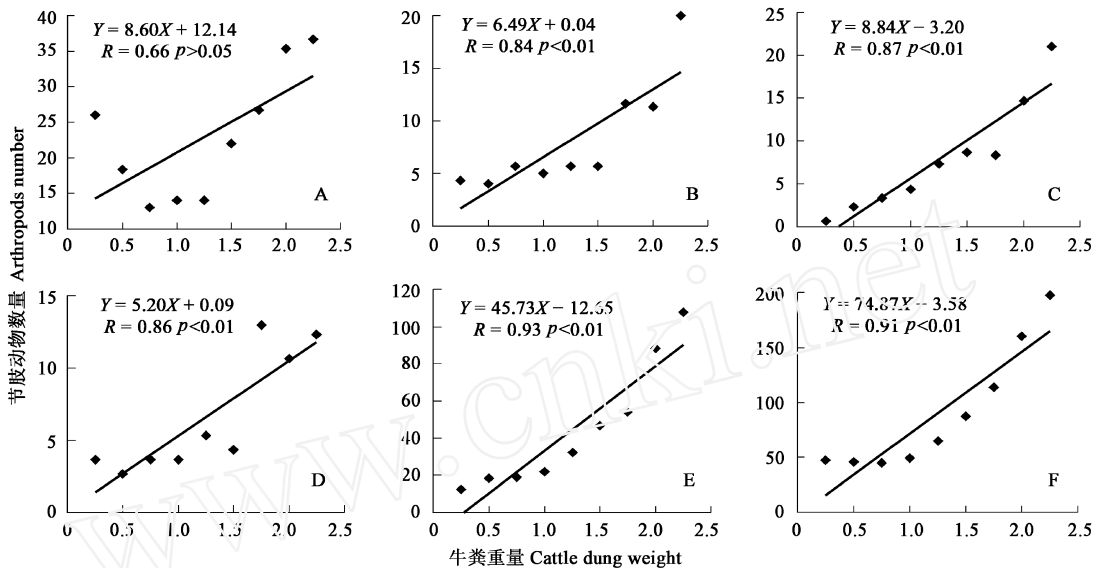


图 1 不同重量鲜牛粪中节肢动物的数量

Fig 1 The number of arthropod fauna species in the different weight of fresh cattle dung pats

A 双顶喙蜉螋 *Onthophagus bivertex* Heyden; B 直蜉金龟 *Aphodius restus* Motschulsky; C 蝇幼虫 *Fly larva*; D 迅速小隐翅虫 *Ocypus parvulus* Sharp; E 铺道蚁 *Tetramorium caespitum* (L.); F 节肢动物总数量 F Total number of arthropod fauna species

表 4 鲜牛粪中大型节肢动物年动态变化(6 堆牛粪合计)

Table 4 Seasonal variation of the Arthropod fauna species associated with fresh cattle dung (data were pooled from 6 dung pats)

科* Family	种类** Species	月份Month								合计 Total	百分比(%) Percent
		3	4	5	6	7	8	9	10		
蜉金龟科	直蜉金龟	0	3262	4055	2425	10	63	11775	0	21590	69.25
	黑蜉金龟	0	0	2	4	0	0	3	0	9	0.03
	哈氏蜉金龟	0	0	2	1	0	0	6	0	9	0.03
	弱蜉金龟	0	0	0	40	1	14	7	0	62	0.20
金龟科	臭蜉螋	0	0	0	15	3	0	0	0	18	0.06
	小驼喙蜉螋	0	0	13	7	1	0	3	0	24	0.08
	双顶喙蜉螋	0	0	84	141	2	0	27	0	254	0.81
隐翅甲科	迅脚小隐翅虫	0	204	55	536	29	53	151	0	1028	3.30
闫甲科	谢氏闫甲	0	1	5	61	17	12	61	0	157	0.50
	双斑闫甲	0	0	0	3	2	5	4	0	14	0.04
	半纹腐闫甲	0	0	3	4	1	5	7	0	20	0.06
步甲科	谷婪步甲	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0.01
	绿铜婪步甲	0	3	2	4	0	0	6	0	15	0.05
蚁科	铺道蚁	0	73	65	0	3	0	0	0	141	0.45
蝇科和螫蝇科	蝇幼虫	0	0	77	30	1182	6543	0	0	7832	25.12
合计 Total		0	3543	4364	3271	1251	6695	12051	0	31175	100.00

*; ** : 见表 2 See table 2

2.4.2 干牛粪中大型节肢动物种类和数量季节动态变化 干牛粪中大型节肢动物的活动期与鲜牛粪中大型节肢动物活动期类似,即活动期从每年的 4 月到 9 月。在 48 堆干牛粪中共获得大型节肢动物 5 目 8 科 15 种,个体总数为 522 个,主要以捕食性型(8 种)和杂食性型种类(4 种)为主,植食性型(2 种)和粪食性型(1 种)种类和数量均较少。优势种为铺道蚁,占总数的 49.04%。从每月月中旬获得的大型节肢动物种类和数量上来看,5,6 月和 9 月份牛粪中大型节肢动物种类和数量较多,7,8 月份动物种类和数量较少(表 5)。

3 讨论

3.1 粪甲虫的生态功能

牛粪堆积对草地生态系统产生重要影响。M aclusky^[19]估计,1 头牛 1 年放牧 180d 产生的牛粪占据草地面积高达 80~

200m², 并且牛粪影响牲畜取食其周围的牧草^[3,4], 造成部分草地资源的浪费和降低草地生产力。牛粪长时间堆积在草地上而没有被分解掉, 对草地生态系统中营养循环产生一定的影响, 牛粪中氮素主要以氨的形式挥发到大气中而从系统中损失掉^[1], 而其他元素则被长时间束缚在牛粪中不能被植物所利用, 从而降低草地生态系统中营养物质的周转率。环节动物和粪甲虫能加快牛粪破碎化和分解速率^[2,20], Lumaret 和 Kadiri^[2]报道说粪甲虫取食和掩埋活动能使牛粪完全消失时间缩短 1.7~ 2.2 倍。更为重要的是, 牛粪排出 5d 后, 大约有 80% 氨气从牛粪中挥发到大气中, 但有了大量的粪甲虫快速取食和掩埋活动, 氨气的损失降低到了 5%~ 15%^[1]。此外, 粪甲虫的取食和掩埋牛粪能提高土壤含水量、孔隙度、渗透性、通气性、土壤持水力, 降低土壤的紧实度、容重、表面穿透阻力^[9,21], 增加土壤有机质^[10], 利于植物对营养物质的利用, 提高植物初级生产力^[11]。

表 5 干牛粪中大型节肢动物年动态变化(6 堆牛粪合计)

Table 5 Seasonal variation of the macro arthropod fauna species associated with dry cattle dung (data are pooled from 6 dung pats)											
科 Family	种类* Species	3 月 Mar	4 月 Apr	5 月 May	6 月 Jun	7 月 Jul	8 月 Aug	9 月 Sep	10 月 Oct	合计 Total	百分比 Percent
步甲科	单齿婪步甲	0	3	8	2	0	0	5	0	18	3.45
	谷婪步甲	0	4	15	3	0	0	2	0	24	4.60
	绿铜婪步甲	0	17	27	7	2	3	47	0	103	19.73
	黄鞘婪步甲	0	2	2	1	0	0	4	0	9	1.72
	小翅甜步甲	0	0	3	0	0	0	1	0	4	0.77
	拟步甲科	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.19
象甲科	达氏琵琶甲	0	0	0	2	1	0	0	0	3	0.57
	甜菜象甲	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.19
蚁科	日本小眼象	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.19
	铺道蚁	0	52	58	72	11	7	56	0	256	49.04
	林红蚁	0	0	3	15	0	0	5	0	23	4.41
蠋蟥科	黄墩蚁	0	0	13	2	0	0	0	0	15	2.87
	大蠋蟥	0	0	5	3	0	0	7	0	15	2.87
大尾蠋科	大尾蠋	0	0	12	7	0	0	6	0	25	4.79
蝼蛄科	单刺蝼蛄	0	0	2	1	3	1	1	0	8	1.53
蜘蛛目	蜘蛛	0	0	5	3	3	1	5	0	17	3.26
合计 Total		0	78	154	119	20	12	139	0	522	100.00

* 见表 2 See the table 2

松嫩羊草草地土壤类型为盐碱化草甸土或盐碱土, 土壤呈强碱性, 没有蚯蚓生存^[22], 牛粪破碎化和营养物质转移主要由粪甲虫承担。通过两年野外调查, 在牛粪中共获得了 4 科 15 种粪甲虫, 这与其他一些研究结果相比^[23~ 26], 种类显得偏少。粪甲虫食物球(或孵化球)与粪甲虫重量呈正相关关系^[27], 因此体型较大、具有团球、掩埋牛粪的粪甲虫如台风扁蛱螂、臭蛱螂等对牛粪的破碎化和营养物质的转移就显得更为重要。从野外调查结果看, 这种粪甲虫个体数量极少, 并且活动具有季节性, 而体型相对较小的直孵金龟在 4、5、6 月份和 9 月份数量众多(表 6), 它们承担了牛粪的破碎化和营养物质的转移任务。在野外的调查中, 经常可以观察到被直孵金龟取食后的牛粪外部呈蓬松的 1~ 3cm 大小的碎片, 内部有众多直孵金龟穿行孔道的现象。

粪甲虫另一种重要的生态功能是控制有害蝇类繁殖^[12,14,17]。有害蝇类如水牛蝇(*Haematobia irritans exigua*)、角蝇(*Haematobia irritans irritans*)、灌木蝇(*Musca vetustissima*)、秋家蝇(*Musca autumnalis*)叮咬牲畜, 降低牲畜营养和传播疾病^[5,6], 对畜牧业的发展带来一定的经济损失。粪甲虫取食活动能有效地阻断有害蝇类的繁殖, Doube 等人^[13]研究结果表明在非洲 Boekenhoutskloof 地区粪甲虫等节肢动物对水牛蝇卵的致死率高达 97.6%。粪甲虫通过两种途径降低牛粪中蝇类繁殖: 一是粪甲虫对蝇卵、幼虫或蛹的直接取食作用; 另一是粪甲虫对牛粪的破碎化作用使牛粪快速干燥, 减少了蝇幼虫食物供应, 间接杀死蝇幼虫或降低成活幼虫的大小, 从而降低有害蝇类种群密度^[28]。松嫩草地牛粪也是有害蝇类肖秋家蝇和东方角蝇的繁殖场所, 这些蝇类常舔食家畜的分泌物和伤口的血液而骚扰牲畜、降低牲畜的营养或传播疾病, 因此对二者种群数量的控制对草地畜牧业发展也显得很重要。从草原鲜牛粪中节肢动物调查结果来看, 牛粪中这两种蝇类幼虫种群数量高峰出现在 7 月和 8 月, 在其他月份里出现数量极少或没有, 而粪甲虫活动规律和蝇幼虫恰恰相反(图 3c)。粪甲虫与蝇幼虫交替出现的季节规律以及粪甲虫和蝇幼虫在鲜牛粪中数量变化(表 3), 证明了粪甲虫对这两种蝇类种群繁殖起到了生物控制作用。

3.2 影响牛粪中大型节肢动物种类和数量的因素

牛粪中大型节肢动物种类和数量变化与牛粪含水量有关。在鲜牛粪中, 以粪食性型种类为主, 而在干牛粪中, 则以捕食性型种类为主(表 4, 表 5)。在鲜牛粪堆积前 14d, 牛粪含水量随堆放时间呈直线性下降($Y = - 3.86X + 67.38, R = - 0.95, p < 0.01$)(图 2A), 特别是牛粪堆积 1d 后, 失水高达 18%, 表层结成硬壳, 阻止其他节肢动物的进入。粪食性型节肢动物以牛粪中汁液为食, 牛粪含水量下降, 意味着可利用食物资源减少, 粪食性节肢动物由于食物不足而逐渐离开牛粪堆。在牛粪堆放的前

7d, 粪食性型种类数量逐渐减少(图 2 B), 个体总数量与堆放时间呈显著的负相关关系($Y = -33.52X + 146.01, R = -0.97, p < 0.01$) (图 2 C), 而与牛粪含水量之间呈显著的正相关关系($Y = 5.16X - 237.31, R = 0.92, p < 0.01$)。鲜牛粪中粪食性型种类这种活动规律与一些报道的结果极为相似^[29,30]。其他食性型种类数量随堆放时间的延长而增多, 其中迅脚小隐翅虫活动期与粪食性型种类极为相似, 铺道蚁在松嫩草地上广泛分布^[31], 所以在整个取样时间内数量较多, 余下的种类个体总数量基本上随牛粪堆放时间的延长而增多。

鲜牛粪中的粪甲虫和蝇幼虫数量的季节动态, 主要是由气候因素决定的, 其中温度和降水影响着它们的活动和生长发育^[32]。Galante^[33]、Floate^[34]和 Piñero^[26]等人的研究结果显示, 粪甲虫活动与温度和降水量有关, 活动具有季节性。研究结果与上述研究类似, 粪甲虫活动呈现双峰曲线, 即在 5 月和 6 月数量较多, 而在 7 月和 8 月数量极少(图 3 C)。在研究地区, 7、8 月份雨热同季, 降水频繁, 降水量较大, 气温较高(图 3 B), 影响了粪甲虫的取食活动, 并且牛粪中较高的含水量也影响了粪甲虫的取食(图 3 A)。较高的温度和牛粪含水量对蝇幼虫生长和发育极为有利^[35], 因此在 7、8 月份能从鲜的牛粪中获得较多数量的蝇幼虫(图 3 C)。

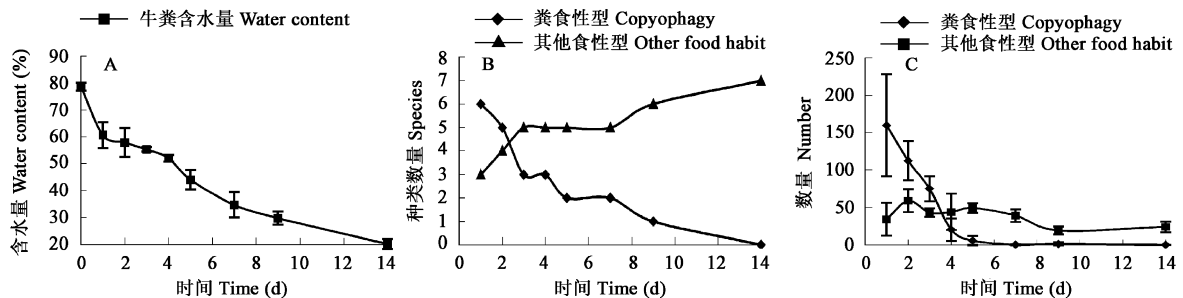


图 2 鲜牛粪的含水量随时间变化(A); 粪食性型和其它食性型种类数随时间变化(B) (种类数为 4 堆牛粪合计); 粪食性型和其它食性型随时间变化(C)

Fig 2 Daily variation of the water content (%) of freshly dropped cattle dung pats(A); daily variation of Coprophagy and other food habit species (B) (data were pooled from 4 cattle dung pats); activity of Coprophagy and other food habit species(C)

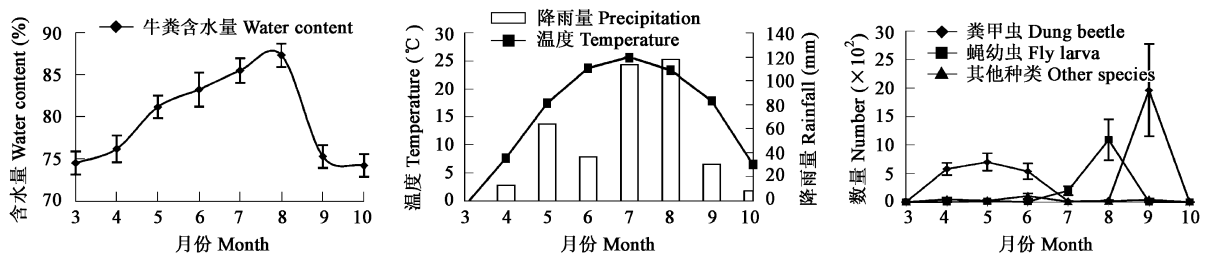


图 3 鲜牛粪含水量月变化(A); 2000 年 3 月至 10 月降雨量和气温月变化(B); 粪甲虫、蝇幼虫和其它食性型种类个体数量月动态变化(C)

Fig 3 Monthly variation of the water content (%) of freshly dropped cattle dung pats (A); monthly variations from March to October 2000 of precipitation and temperature (B); activity of dung beetles and fly larva and the rest species(C)

References

- [1] Gillard P. Coprophagous beetles in pasture ecosystem s *The Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, 1967, **33**: 30~34
- [2] Lumaret J, Kadiri N. The influence of the first wave of colonizing insects on cattle dung dispersal *Pedobiologia*, 1995, **39**: 506~517.
- [3] Omaliko C P. Dung deposition, breakdown, and grazing behavior of beef cattle at two seasons in a tropical grassland ecosystem. *J. Range M anage*, 1981, **34**: 360~362
- [4] Jiang S C, Zhou D W. Effect of cattle dung on the grazing behavior of livestock in Songnen Grassland *Glassland of China*, 2002, **24** (1): 41~45
- [5] Fincher G T. The potential value dung beetles in pasture ecosystem s *J. Ga. Entomol Soc*, 1981, **16**: 301~316
- [6] Fischer O, M álov á Ľ, et al. Diptera as vectors of mycobacterial infections in cattle and pigs *M edical and Veterinary Entomology*, 2001, **15**(2): 208~211
- [7] Cervenka V J, Moon R D. A rthropods associated with fresh cattle dung pats in M innesota *Journal of the Kansas Entom ological Society*,

- 1991, **64**(1): 131~ 145
- [8] Mart ínez-S áchez A, Rojo S, Marcos-Garc ía M A. Annual and spatial activity of dung flies and carrion in a Mediterraneanholm oak pasture ecosystem. *Medical and Veterinary Entomology*, 2000, **14**(1): 56~ 63
- [9] Macqueen A, Beirne B P. Effects of cattle dung and dung beetle activity on growth of beardless wheatgrass in British Columbia. *Can. J. Plant Sci.*, 1975, **55**: 961~ 967.
- [10] Rougon D, Rougon C, Trichet J, *et al*. Enrichissement en mati ère organique d'un sol sah érien au Niger par les Insectes coprophages (Coleoptera, Scarabaeidae). Implications agronomiques. *Rev. Ecol Biol Sol*, 1988, **25**(4): 413~ 434
- [11] Bormen issa G F, Williams C H. An effect of dung beetle activity on plant yield. *Pedobiologia Bd.*, 1970, **10**, S: 1~ 7.
- [12] Bormen issa G F. The Australian dung beetle project 1965~ 1975. *Australian Meat Research Comm ittee Review*, 1976, **30**: 1~ 30
- [13] Doube B M, Macqueen A, Fay H A C. Effects of dung fauna on survival and size of Buffalo flies (*Haematobia* spp.) breeding in the field in south Africa and Australia. *Journal of Applied Ecology*, 1988, **25**: 523~ 526
- [14] Walsh G C, Cordo H A. Coprophilous arthropod community from Argentina with species of potential use as biocontrol agents against pest flies. *Community and Ecosystem Ecology*, 1997, **26**(2): 191~ 200
- [15] Chen P. Collection and survey methods for soil animal. *Chin. J. Ecol.*, 1983, **3**: 46~ 51.
- [16] Klëmperer H G. The evolution of parental behavior in Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae): an experimental approach. *Ecological Entomology*, 1983, **8**: 49~ 59
- [17] Doube B M, Giller P S, Moola F. Dung burial strategies in some South African coprine and onitine dung beetles (Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Ecological Entomology*, 1988, **13**: 251~ 261.
- [18] Finn J A, Giller P S. Patch size and colonisation patterns: an experimnetal analysis using north temperate coprophagous dung beetles. *Ecography*, 2000, **23**: 315~ 327.
- [19] Macclusky D S. Some estimates of the areas of pasture fouled by the excreta of dairy cows. *J. Br. Grassld Soc.*, 1960, **15**: 181~ 188
- [20] Gittings T, Giller P S, Stakelum G. Dung decomposition in contrasting temperate pastures in relation to dung beetle and earthworm activity. *Pedobiologia*, 1994, **38**(5): 455~ 474
- [21] Herrick J E, Lal R. Soil physical property changes during dung decomposition in a tropical pasture. *Soil Science Society of America Journal*, 1995, **59**(3): 908~ 912
- [22] Wang H X, Yin X Q, Zhou D W. Ecological study on large-size soil animals in compound ecosystem of farmland, grassland and woodland in the grassland region of Songnen Plain. *Acta Prataculturae Sinica*, 2003, **12**(4): 84~ 89
- [23] Doube B M. The habitat preference of some bovine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in Hluhluwe Game Reserve, South Africa. *Bull. Ent. Res.*, 1983, **73**: 357~ 371.
- [24] Kirk A A, Wallace M M. Seasonal Variations in numbers, biomass and breeding patterns of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in Southern France. *Entomophaga*, 1990, **35**(4): 569~ 581.
- [25] Cervenká V J, Moon R D. Arthropods associated with fresh cattle dung pats in Minnesota. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 1991, **64**(2): 131~ 145
- [26] Piñero F S, Ávila J M. Dung-insect community composition in arid zones of south-eastern Spain. *Journal of Arid Environments*, 2004, **56**: 303~ 327.
- [27] Halffter G, Matthews E G. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). *Folia Entomol. Mex.*, 1966, **12~ 14**: 1~ 312
- [28] Kirk A A. The effect of the dung pad fauna on the emergence of *Musca tempestiva* (Dipt. Muscidae) from dung pads in Southern France. *Entomophaga*, 1992, **37**(4): 507~ 514
- [29] Men ández R, Gutiérrez D. Heterotrophic succession within dung-inhabiting beetle communities in northern Spain. *Acta Oecologica*, 1999, **20**(5): 527~ 535
- [30] Horgan F G. Shady field boundaries and the colonization of dung by coprophagous beetles in Central American pastures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2002, **91**: 25~ 36
- [31] Hou J H, Zhou D W, Jiang S C. Species composition and spatial distribution of ants in grassland region in the west of Jilin Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(10): 1781~ 1787.
- [32] Hanski I, Camberfort Y. *Dung Beetle Ecology*. Princeton: Princeton University Press, 1991.
- [33] Galante E, Mena J, Lumbreras C. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae, Geotrupidae) attracted to fresh cattle dung in wooded and open pasture. *Community and Ecosystem Ecology*, 1995, **24**(5): 1063~ 1068
- [34] Floate K D, Gill B D. Seasonal activity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) associated with cattle dung in southern Alberta and their geographic distribution in Canada. *The Canada Entomologist*, 1998, **130**: 131~ 151.
- [35] Palmer W A, Bay D E. Moisture content of the dung pat as a factor in the survival of larval stages of the horn fly, *Haematobia irritans irritans* (L.). *Protection Ecology*, 1982, **4**: 353~ 359

参考文献:

- [4] 姜世成, 周道玮. 草原牛粪对牲畜取食影响的研究. *中国草地*, 2002, **24**(1): 41~ 45 54
- [15] 陈鹏. 土壤动物的采集和调查方法. *生态学杂志*, 1983, **3**: 46~ 51.
- [22] 王海霞, 殷秀琴, 周道玮. 松嫩草原区农牧林复合系统大型土壤动物生态学研究. *草业学报*, 2003, **12**(4): 84~ 89
- [31] 侯继华, 周道玮, 姜世成. 吉林西部草原地区蚂蚁种类及分布. *生态学报*, 2002, **22**(10): 1781~ 1787.