

祁连山高山草地蝗虫群落组成、发生 时间动态及生物学特性*

孙涛¹ 龙瑞军^{2**} 刘志云²

(¹中国科学院西北高原生物研究所 西宁 810008)

(²兰州大学草地农业科技学院, 青藏高原生态系统管理国际中心 兰州 730020)

摘要 于2007~2009年间用网罩法全面调查祁连山高山草地蝗虫群落, 用野外笼罩法观测优势种蝗虫的发生时间、发育历期和栖境选择, 用每雌虫产卵数来说明其生殖力特性. 结果表明: 该草地蝗虫群落有蝗虫15种、分属4科10属, 优势种有红翅皱膝蝗、亚洲小车蝗、宽须蚁蝗、小翅雏蝗和白纹雏蝗. 按虫卵孵化时间和成虫发生期, 可将草地蝗虫划分为早期发生和混合发生2种类型. 发育历期在不同种类之间和龄期之间差异较大, 不同种类的相同发育期差异也较大, 红翅皱膝蝗若虫1~3龄、成虫期和整个世代发育时间显著长于其它蝗虫 ($P<0.05$); 同一种类蝗虫不同龄期的发育历期也不相同. 草地蝗虫繁殖力在不同种类间差异较大, 亚洲小车蝗和白纹雏蝗每头雌虫含卵囊数显著高于其它种类 ($P<0.05$), 红翅皱膝蝗和亚洲小车蝗卵囊中含有卵粒数显著大于其它种类 ($P<0.05$). 蝗虫的栖境主要有植栖型、地栖型和兼栖型3种类型, 蝗虫个体大小、植被结构和对其栖境选择有重要影响. 表3 参44

关键词 草地蝗虫; 群落组成; 发育历期; 生殖力; 栖境选择; 时间动态; 祁连山

CLC Q969.265.108 (24)

Community Composition, Temporal Dynamics and Biological Characteristics of Grasshoppers on Alpine Grassland of the Qilian Mountains, China*

SUN Tao¹, LONG Ruijun^{2**} & LIU Zhiyun²

(¹Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China)

(²International Centre for Tibetan Plateau Ecosystem Management, College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China)

Abstract The community composition, developmental time and duration, and habitat selection of grasshoppers on alpine grassland of the Qilian Mountains, China were investigated using net-sweep method from 2007 to 2009, and their fecundity character was indicated by the number of eggs per female. During the investigation 15 species (or species groups), belonging to 10 genera in 4 families were collected, and of them *Angaracri rhodopa* (F.-W.), *Oedaleus asiaticus* B.-Bienko, *Myrmeleotettix palpalis* Zub, *Chorthippus fallax* (Zub.) and *Ch. albonemus* Cheng et Tu were dominant species. According to the egg-hatching times and dominant period of the adults, the grasshopper species can be divided into 2 groups, the early-period and the mixed-period species. Obvious differences in developmental duration were found among the species and between each instar. Based on the duration of 1st~3rd instars and adult stage, the whole generation period of *A. rhodopa* was the longest among all 15 species ($P<0.05$). The fecundity was evidently dissimilar among the species, and the females of *O. asiaticus* and *Ch. albonemus* produced more egg capsules than other species ($P<0.05$). The greatest number of eggs per egg capsule were held by the two species *A. rhodopa* and *O. asiaticus* ($P<0.05$). The habitat selection of grassland grasshoppers were affected by vegetation structure and its individual size, and which could mainly divided into terricoles, planticoles and terri-planticoles. Tab 3, Ref 44

Keywords grassland grasshopper; community composition; developmental duration; fecundity; habitat selection; temporal dynamic; Qilian Mountains

CLC Q969.265.108 (24)

草地蝗虫作为草地生态系统中主要初级消费者和重要组成成分^[1-2], 在调节营养循环^[3]、加快营养循环周转率^[4]、维护草地生态系统结构和功能中发挥重要作用^[2]. 然而, 一旦蝗虫大规模爆发成灾, 可对草地造成严重的经济损失. 一般来说, 草地蝗虫每年平均可消耗19%~30%的高寒草地上生物量^[5], 能够转化的能量相当于同一地区鸟或哺乳动物

的5~10倍^[6]. 1985年我国北方9省区因蝗灾造成的经济损失为3.2亿元^[7], 2003年我国西部的内蒙古、新疆、青海、西藏和甘肃等地, 草原蝗灾面积高达 1.1×10^6 hm²^[8]. 随着人口不断增长, 草地资源不合理利用以及全球气候温暖化和干旱化, 草地生态环境条件遭到严重破坏, 草地大面积退化、沙化与盐碱化, 给草地蝗虫提供了有利于产卵、栖息和活动的场所^[9]. 蝗灾发生频度和危害程度日益加重, 蝗灾过后草地生态环境恶化, 生产能力下降, 给当地畜牧业可持续发展和牧民生产生活带来严重影响. 因此, 如何有效预测和防治草地蝗虫

收稿日期: 2009-10-22 接受日期: 2009-11-30

*国家自然科学基金项目 (No. 30730069) 资助 Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30730069)

**通讯作者 Corresponding author (E-mail: longrj@lzu.edu.cn)

成为一项亟待解决的课题,已有科研人员和广大草地管理经营者在长期的研究和实践中对此进行了长期而富有成效的研究,取得一系列卓有成效的成果,在草地蝗虫预测防治中也发挥了重要作用。但目前草地蝗虫研究主要集中在局部地带,而在一些蝗虫发生危害严重地区,由于特殊的地理位置、生态环境条件和植被气候特征,形成与之相适应的较为独特的蝗虫时空分布和生物学特性,这些最基本和最重要的基础研究资料仍极为匮乏,蝗虫预测防治往往具有很大的盲目性和不确定性,严重影响到草地蝗虫的防治效果以及草地生态系统的健康和可持续发展。

祁连山高山草地为甘肃、青海两省重要的畜牧业发展基地,在维系农牧民生活水平和维护草地生态服务功能方面发挥着重要作用。在其独特的地理位置、地形地貌、水热资源状况、植被类型和气候条件的影响下,形成具有该种生境特色的草地蝗虫群落组成、发生时间动态和生物学特性。国内外有关草地蝗虫发生动态^[10-11]、空间分布^[12-15]、群落组成^[16]、生物学特性^[16-18]和防治措施^[19-22]等已有大量且深入的研究;但对祁连山高山草地蝗虫的研究极少,目前所见报道仅仅局限于蝗虫成虫期食物消耗^[23]、种群组成^[24]等,尚未见有关蝗虫群落组成、发生时间动态及生物学特性的研究,因此,于2007~2009年对其进行系统研究,以期为该地草地蝗虫准确预测预报和采取安全有效防治措施提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区自然概况

研究区域位于甘肃省肃南县皇城西域(38°02'N, 101°34'E),属祁连山高山草地,海拔2 500~2 800 m,年平均气温0~3℃,最热和最冷月气温分别为12~15℃和-11~-13℃,年降水量350 mm左右,主要集中在6~9月,蒸发量1 500~1 800 mm,相对湿度65%,年日照时数2 200 h以上,相对无霜期80~110 d。土壤为山地栗钙土,pH值7.6~8.3。天然植被主要物种有多年生禾本科牧草如西北针茅(*Stipa krylovii* Roshev.)、扁穗冰草[*Agropyron cristatum* (L.) Gaertn]、赖草(*Leymus secalinus*(Georgi) Tzvel.)以及多年生杂草如冷蒿(*Artemisia frigida* Willd.)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus* (Willd.) Novopokr.)和多茎萎陵菜(*Potentilla multicaulis* Bunge)等。

1.2 调查方法

1.2.1 蝗虫群落组成 在该草地类型上,定期网捕鉴定种类。按Evens描述的方法^[25],用昆虫采集网以“Z”字型快速扫网采样法取样,沿约为5 m间距选择3个样条,在晴朗、无风的天气下,于每天上午9点到下午4点,每个样地扫100网,为确保调查到不同物候期物种,每年6~9月每月调查3次。蝗虫标本参照文献^[26~27]鉴定。

1.2.2 发生时间动态调查 参照康乐和刘长仲等的方法^[2,16],在蝗虫发生草地设置样区,面积约为50 hm²。在样地中采用一个1 m²的无底样框,每年从5月开始到10月中旬,每5~7 d随机取样30个。在群落调查和发生期捕捉的蝗蛹和成虫立刻投到95%的酒精瓶中,带回实验室进行分类鉴定和计数统计。

1.2.3 生物学特性观测 2008年在该草地类型草地上笼罩1 m × 1 m × 0.6 m尼龙纱无底罩,将人工网捕的成虫投入到笼罩中,每个种类为40头(♀ : ♂ = 1 : 1)。等其产卵完成后,去掉笼罩。次年5月将笼罩继续罩在同一位置,之后在整个生长期每1~2 d观察其生物学特性,记录孵化、脱皮和羽化时间,观测栖息场所、行为习性,直至成虫死亡为止。等所有雌虫完成产卵后,将整个产卵草层(0~5 cm)带回室内,计算每头雌虫所产卵囊数和卵粒数(试验期在产卵前死去的蝗虫在计算繁殖力时从起始数量中减去)。

1.3 数据统计

用方差分析检验各不同处理间的效应,方差分析差异显著者,以LSD法比较各平均数间的差异显著性,数据用EXCEL和SPSS 13.0软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 蝗虫群落组成

调查到蝗虫群落组成15种(表1),分别属斑翅蝗科(Oedipodidae)、斑腿蝗科(Catantopidae)、网翅蝗科(Arcypteridae)和槌角蝗科(Gomphoceridae)4科10属。网翅蝗科为所含种类最多的科,有3属6种;其次为斑翅蝗科,3属4种;槌角蝗科3属3种;斑腿蝗科所含种类最少,仅1属2种。尽管调查到15种草地蝗虫,但在该地发生虫口密度高、危害大、分布广、食量大的种类主要有红翅皱膝蝗、亚洲小车蝗、白纹雏蝗、狭翅雏蝗和宽须蚁蝗。前2种尽管虫口密度不高,

表1 草地蝗虫群落组成
Table 1 Community composition of grasshoppers on the investigated alpine grassland

科 Family	属 Genus	种 Species	
斑腿蝗科 Catantopidae	星翅蝗属 <i>Calliptamus</i> Serv	短星翅蝗 <i>Calliptamus abbreviatus</i> Ikonn 黑腿星翅蝗 <i>C. barbarus cephalotes</i> Costa	
	小车蝗属 <i>Oedaleus</i> Fieb	亚洲小车蝗 <i>Oedaleus asiaticus</i> B.-Bienko	
斑翅蝗科 Oedipodidae	痴蝗属 <i>Bryodema</i> Fieb	白边痴蝗 <i>Bryodema luctuosum luctuosum</i> Stoll 祁连山痴蝗 <i>B. qilianshanensis</i> Lian et Zheng	
	皱膝蝗属 <i>Angaracri</i> B.-Bienko	红翅皱膝蝗 <i>Angaracri rhodopa</i> (F.-W.)	
	曲背蝗属 <i>Pararcyptera</i> Tarb 牧草蝗属 <i>Omocestus</i> I, Bol	宽翅曲背蝗 <i>Pararcyptera microptera</i> Meridionalis (Ikonn.) 红腹牧草蝗 <i>Omocestus haemorrhoidalis</i> (Charp.)	
网翅蝗科 Arcypteridae	雏蝗属 <i>Chorthippus</i> Fieb	褐色雏蝗 <i>Chorthippus brunneus</i> (Thunb.) 狭翅雏蝗 <i>Ch. dubius</i> (Zub.) 小翅雏蝗 <i>Ch. fallax</i> (Zub.) 白纹雏蝗 <i>Ch. albonemus</i> Cheng et Tu	
		蚁蝗属 <i>Myrmeleotettix</i> I. Bol	宽须蚁蝗 <i>Myrmeleotettix Palpalis</i> Zub
		大足蝗属 <i>Gomphocerus</i> Thunb. 棒角蝗属 <i>Dasyhippus</i> Uv	李氏大足蝗 <i>Gomphocerus licenti</i> (Chang) 毛足棒角蝗 <i>Dasyhippus barbipes</i> F.W.

表2 几种草地蝗虫发育历期(天)(±标准差)
Table 2 Developmental duration of several grassland grasshopper species (day) (±SD)

种类 Species	若虫 Nymphs				成虫 Adult	一生 Whole life
	1~3龄 1st~3rd instar	4龄 4th instar	5龄 5th instar	整个蛹期 Nymph stage		
亚洲小车蝗 <i>O. asiaticus</i>	38.9 (4.7) ^b	16.8 (2.6) ^b	14.3 (3.6) ^a	74.8 (8.2) ^a	34.5 (5.6) ^c	109.4 (11.5) ^b
红翅皱膝蝗 <i>A. rhodopa</i>	46.9 (7.2) ^a	23.5 (4.2) ^a		73.1 (7.4) ^a	42.5 (3.5) ^{ab}	115.6 (10.7) ^a
宽须蚁蝗 <i>M. Palpalis</i>	41.7 (5.1) ^b	12.3 (2.3) ^c	13.5 (3.4) ^{ab}	69.5 (6.9) ^b	37.6 (5.1) ^{bc}	107.1 (9.1) ^b
小翅雏蝗 <i>Ch. fallax</i>	38.3 (3.2) ^b	12.2 (1.6) ^c	13.8 (2.4) ^{ab}	64.2 (5.7) ^c	39.6 (5.9) ^b	103.8 (12.3) ^c
白纹雏蝗 <i>Ch. albonemus</i>	41.6 (4.8) ^b	14.4 (2.2) ^c	11.8 (3.2) ^b	67.8 (6.1) ^{bc}	44.5 (6.2) ^a	112.3 (9.6) ^{ab}

同列具有完全不同上标字母时为差异显著 ($P<0.05$)。下同

The different letters within the same column show significant difference ($P<0.05$) between the means. The same below

但由于其体型大、食量大,对牧草的采食危害较为严重。而后3种小型蝗虫尽管食量小,但发生密度高,分布广,危害也大。

2.2 发生时间动态

野外调查表明,祁连山高山草地蝗虫以卵在土壤中越冬。依据虫卵孵化时间和成虫发生期可将蝗虫分为早期发生种和混合发生种2种类型。早期发生种:这类蝗虫一般在5月中上旬开始孵化出土(由于2009年该处草地上半年极度干旱,孵化出土蝗虫在5月中旬降雨后才开始孵化),主要种类有李氏大足蝗、毛足棒角蝗(在2008年调查中有发现,2009年没有调查到)、宽须蚁蝗等。李氏大足蝗通常在5月初开始孵化,中下旬为出土盛期,6月中下旬为羽化盛期,7月上旬交尾产卵。宽须蚁蝗发生时间和李氏大足蝗比较接近。混合发生种:此类蝗虫在5月下旬一直到9月中下旬整个期间均有孵化出土现象,孵化期持续时间较长,孵化出土、羽化没有较为集中和一致的时间界限,主要有红翅皱膝蝗、小翅雏蝗、白纹雏蝗、亚洲小车蝗等,在10月中旬依然能够发现这些种类当中的一些若虫。

2.3 生物学特性

2.3.1 发育历期 野外单体隔离观测试验结果见表2。从表中可以看出,不同种类蝗虫相同龄期发育历期有很大差异:红翅皱膝蝗若虫1~3龄发育时间显著大于其它种类蝗虫 ($P<0.05$);亚洲小车蝗和红翅皱膝蝗的整个蛹期最长,而小翅雏蝗和白纹雏蝗蛹期最短 ($P<0.05$);成虫期和整个世代发育历期表现为白纹雏蝗和红翅皱膝蝗最长,与其它种类间差异达到显著水平 ($P<0.05$)。同一种类蝗虫不同龄期发育历期也有差异,所有种类1~3龄期持续时间与成虫期发育时期相仿,但长于其它龄期。

2.3.2 栖境选择 通过野外调查结合单体隔离观测发现,在本草地类型采集到蝗虫的栖境主要有植栖型、地栖型和兼栖型3种类型。植栖型蝗虫主要分布在植被盖度大、植株较高的植被类型,主要是体型较小种类,如白纹雏蝗、小翅雏蝗等;地栖型则选择分布在盖度较小、低矮的植被类型,主要是大中型体型的种类,如红翅皱膝蝗、亚洲小车蝗、短星翅蝗等;兼栖型介于前两者之间,如红腹牧草蝗、宽须蚁蝗和毛足棒角蝗等。

2.3.3 生殖力 野外单体隔离蝗虫繁殖力试验结果(表3)表明,不同种类草地蝗虫之间繁殖力差异较大。每头雌虫所产卵囊数在不同种类间有一定差异,亚洲小车蝗和白纹雏蝗含有最多卵囊数,两者均为2.6个/雌虫,显著大于小翅雏蝗和红翅皱膝蝗 ($P<0.05$)。不同种类间每个卵囊中含有的卵粒数

和每个雌虫所产卵粒数均存在极显著差异,红翅皱膝蝗和亚洲小车蝗卵囊中含有卵粒数显著大于其它种类 ($P<0.05$),而宽须蚁蝗每雌虫所产卵粒数明显低于其它种类 ($P<0.05$)。

表3 几种草地蝗虫繁殖力
Table 3 Fecundity of several grassland grasshopper species

种类 Species	卵囊数/雌虫 (个)	卵粒数/卵 囊(粒)	卵粒数/雌虫 (粒)
	Egg capsule / female	Egg / egg capsule	Egg / female
亚洲小车蝗 <i>O. asiaticus</i>	2.6 (0.7) ^a	15.2 (5.9) ^a	39.5 (12.1) ^a
红翅皱膝蝗 <i>A. rhodopa</i>	1.4 (1.0) ^b	16.9 (6.3) ^a	23.7 (9.7) ^{bc}
宽须蚁蝗 <i>M. Palpalis</i>	2.7 (0.9) ^a	4.7 (3.5) ^c	12.7 (5.8) ^d
小翅雏蝗 <i>Ch. fallax</i>	1.8 (0.8) ^b	12.5 (4.1) ^b	22.5 (4.6) ^c
白纹雏蝗 <i>Ch. albonemus</i>	2.6 (0.6) ^a	10.9 (3.7) ^b	28.4 (11.2) ^b

3 讨论

气候条件、植被状况、地形地貌和草地管理措施等因素对草地蝗虫群落组成和时空分布具有重要影响^[28-30]。本试验区地处祁连山中部,该地地貌复杂,气候和植被垂直分异现象明显。受气候、植被和地形等因素影响,草地蝗虫在漫长进化过程中形成了与其所处生境相适应的群落类型和生物学特性。在调查到的15种草地蝗虫中,只有部分种分布广、数量多、危害重,需要进行重点研究、监测和治理。与前人对其它类似草地类型的研究相比,本试验区调查的蝗虫物种数大于天祝高山草地^[24],而小于甘加高山草场蝗虫物种数^[31]。这与不同样地间水热资源状况、植物群落组成、放牧活动以及取样范围、调查时间等因素有关^[12, 14, 31]。

草地蝗虫发生时间动态还受虫卵胚胎发育、气候条件、天敌捕食和食料资源等因素影响^[32-36]。Zhao等将内蒙古草原蝗虫依成虫期优势种虫卵孵化发生时间划分为早期、早中期、中期、晚中期和晚期5种类型,认为蝗虫发生时期与越冬卵滞育前胚胎不同发育阶段和滞育终止期有很大关系^[37]。但在本研究区,依优势种蝗虫发生期和虫卵孵化期为依据分为早期发生和混合发生2种类型,这与内蒙古草原的5种类型^[37]和甘加高山草原的3个发生时期均不一致^[16]。除了早期发生种与之相符外,本区更多种类没有为较集中和一致的孵化发生期,从6月中旬到9月下旬整个期间,除早期种外,其它种类在这个时期几乎都能调查到,甚至10月中旬仍有一些种类的幼虫出现。之所以出现这种情况,可能与本区虫卵越冬前胚胎发育阶段和滞育解除时期有很大关系。首先是虫卵越冬滞育前胚胎发育阶段的影响,由于当年不同种类蝗虫产卵时间分化明显,越冬前卵的胚胎发育阶段不尽相同,来年一旦滞育

终止,胚胎继续发育所需时期也不一致,从而造成孵化出土期差异很大^[32-33, 38]。其次,虫卵滞育解除因素和时间对其发生的影响,尽管有研究认为温度、光周期、湿度和营养等因素均可有效解除虫卵滞育^[39-40],但对其相关作用机理尚不十分清楚,有待进一步深入研究。此外,本试验区地形复杂,不同坡向、坡度和海拔高度间温湿度、光照强度等气候因素分配不均以及不同年际间降水量、光热资源、极端天气、食料等的差异,均能影响虫卵滞育解除和孵化时间,从而间接地影响到其发生时间动态。再者,气候变化对蝗虫的发生也有影响^[36],气候变暖,虫卵胚胎可获更多发育热量,卵的孵化提前,从而导致其整个群落发生期改变,同时由于气候温暖化的作用,可使蝗虫发生期延长;而干旱化气候可降低虫卵孵化、减少蝗虫天敌病原微生物活性,从而干扰蝗虫发生动态^[9]。

草地蝗虫栖息选择是其对草地生态系统在漫长进化中的一种主动适应过程,有研究认为蝗虫栖息选择与其发育时期、个体大小和体重有关,同时也受气象因子影响^[41], Morris^[42]认为植被结构、植被高度和密度影响蝗虫栖息地微气候条件,因而为最重要的生境因子。致密高大植被延缓阻碍空气流通,因而其吸热和散热能力有较大滞后性;而稀疏植被则可为蝗虫活动和卵的发育提供较好的空间条件和热量资源^[43]。这些在我们的观察中也得到证实。此外,草地蝗虫对其栖境的选择还与土壤特性、优势种植物生活型以及草地利用方式也有关系^[44]。每头雌虫所产卵囊数其其所含卵粒数是衡量该种蝗虫生殖力的重要指标,也是预测来年蝗虫发生数量和危害程度的重要参考依据。与他人研究^[16]相比,同物种本试验区测该物种的生殖力指标较其它地方要小,这与试验期蝗虫食物资源、营养状况和气候因素有关。但有关这些因素各自对蝗虫生殖力更为具体的影响,仍需在今后进行深入研究。

致谢 感谢甘肃农业大学冯光翰教授和肃南县畜牧局马守伦高级畜牧师鉴定蝗虫标本。

Reference

- 1 Qiu XH (邱星辉), Li HC (李鸿昌). The structure and energy flow of grasshoppers on *stipa grassland* in Inner Mongolia. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 1997, **17** (1): 18-22
- 2 Kang L (康乐). Grasshopper-plant interaction under different grazing intensities in Inner Mongolia. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 1995, **15** (1): 1-11
- 3 Kitchell JF, O'Neill RV, Webb D, Gallepp GW, Bartell SM, Koonce JF, Ausmus BS. Consumer regulation of nutrient cycling. *Bioscience*, 1979, **29**: 28-34
- 4 Seastedt TR, Crossley, Jr DA. The influence of arthropods on ecosystems. *Bioscience*, 1984, **34**: 157-161
- 5 Pascale B, Matthias D. The occurrence and consequences of grasshopper herbivory in an Alpine Grassland, Swiss Central Alps. *Arctic Alpine Res*, 1996, **28** (4): 435-440
- 6 Samways MJ. Insects in biodiversity conservation: some perspectives and directives. *Biodiver Conserv*, 1993, **2**: 258-282
- 7 Li HC (李鸿昌), Qiu XH (邱星辉). A survey of acridological research works on grassland grasshoppers in northern China. *Entomol Knowl* (昆虫知识), 1992, **29** (3): 149-152
- 8 Chen YL (陈永林). 认识草原蝗害. *Discovery Nat* (大自然探索), 2003, **12**: 20
- 9 Sun T (孙涛), Long RJ (龙瑞军). The biological controlling technology and research advance of grasshoppers in Grassland in China. *Chin J Grassl* (中国草地学报), 2008, **30** (3): 88-93
- 10 Sergeev MG, Van'kova IA. The dynamics of a local population of the Italian locust (*Calliptatus italicus*.) in an anthropogenic landscape. *Contem Prob Ecol*, 2008, **1** (1): 88-95
- 11 Maria MC, Cigliano ST, Maria LDW. Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) community composition and temporal variation in the Pampas, Argentina. *J Orthoptera Res*, 2002, **11** (2): 215-221
- 12 Sergeev MG. Distribution patterns of Orthoptera in North and Central Asia. *J Orthoptera Res*, 1992, **1**: 14-24
- 13 Wang MW (王玮明). Analysis on the spatial pattern of grasshopper population in the alpine prairie. *Acta Pratacul Sin* (草业学报), 1999, **8** (2): 50-55
- 14 He DH (贺达汉), Zheng ZM (郑哲民). The study on spatial pattern of grasshopper community on the desert steppe in the Ningxia. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 1997, **17** (6): 660-665
- 15 Wang JC (王杰臣), NZX (倪绍祥). 环青海湖地区草地蝗虫空间分布研究. *Environ Sci & Technol* (环境科学与技术), 2003, **26** (2): 35-37
- 16 Liu CZ (刘长仲), Feng GH (冯光翰). Investigations of the species and biology of grasshoppers in high mountain grassland in Gansu province. *Acta Phytophyl Sin* (植物保护学报), 2000, **27** (1): 42-46
- 17 Kang L (康乐). 草原蝗虫生态学研究. *Bull Chin Acad Sci* (中国科学院院刊), 1998, **13** (3): 204-206
- 18 Yang YB (杨延彪), Wu XG (吴晓昊), Wan MJ (万玛吉), Zhao XX (赵学霞). Study on the biology and ecology of hoppergrass. *Sichuan Grassl* (四川草原), 2006, **5**: 37-40
- 19 Lockwood JA, Latchinsky AV, Sergeev MG. New strategy of rangeland grasshopper control. *Plant Prot Quar*, 2000, **7**: 10-11
- 20 El-Gammal AAM, Lockwood JA, Onsager JA, Pener MP. The future of grasshopper and locust pest management. *J Orthoptera Res*, 1995, **15** (4): 15-18
- 21 Li HC (李鸿昌), Yang CS (阎承守). 内蒙古草原蝗害调查与防治问题. *Entomol Knowl* (昆虫知识), 1977, **14** (4): 111-113
- 22 Wang ZJ (王正军), Qin QL (秦启联), Hao SG (郝树广), Chen YL (陈永林), Li HC (李鸿昌), Li DM (李典谟). Present status of locust outbreak and its sustainable control strategies in China. *Entomol Knowl* (昆虫知识), 2002, **39** (3): 72-75
- 23 Wang SG (王世贵), Lian ZM (廉振民). Food consumption and utilization by four species of acridoids (adult stage) in mountain steppe of Qianlianshan Mountain. *Acta Entomol Sin* (昆虫学报), 1998, **41** (2): 218-222
- 24 Lu T (鲁挺). Studies on composition of grasshopper community in alpine. *Acta Pratacul Sin* (草业学报), 2001, **10** (3): 60-64
- 25 Evans E. Grasshopper (Insecta: Orthoptera: Acrididae) assemblages of tallgrass prairie: influences of fire frequency, topography and vegetation. *Can J Zool*, 1988, **66**: 1495-1501

- 26 Liu PJ (刘举鹏) ed in chief. The Identification of Grasshopper in China. Yanglin, China: Tianze Eldonejo (杨陵: 天则出版社), 1990. 1~206
- 27 Wei RW (卫润屋) ed in chief. Records and Map of Grasshoppers in Gansu. Lanzhou, China: Gansu People Press (兰州: 甘肃人民出版社), 1985. 174~189
- 28 Kemp WP, Cigliano MM. Drought and rangeland species diversity. *Can Entomol*, 1994, **126**: 1075~1092
- 29 Kang L (康乐), Li HC (李鸿昌), Chen YL (陈永林). Studies on the relationships between distribution of orthopterans and vegetation types in the Xilin River Basin district of Inner Mongolia Autonomous Region. *Acta Phytoecol Geobot Sin* (植物生态学与地植物学学报), 1989, **13**: 341~349
- 30 Wachter DH, O'Neill KM, Kemp WP. Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) communities on an elevational gradient in southwestern Montana. *J Kansas Entomol Soc*, 1998, **71**: 35~43
- 31 Lu T (鲁挺), Cai L (才老), Chang M (常明). Primary investigation of locust community of alpine pastureland in Gansu. *Chin Grassl* (中国草地), 1987, **1**: 34~37
- 32 Hao SG, Kang L. Postdiapause development and hatching rate of three grasshopper species (Orthoptera: Acrididae) in Inner Mongolia. *Environ Entomol*, 2004, **33**: 1528~1534
- 33 Belovsky G, Slade J. Dynamics of two Montana grasshopper populations: Relationships among weather, food abundance and intraspecific competition. *Oecologia*, 1995, **101**: 383~396
- 34 Ni SX (倪绍祥), Gong AQ (巩爱歧), Wang HJ (王薇娟). Ecological environment for incidence of grasshoppers in the Qinghai lake. *Rural Ecol Environ* (农村生态环境), 2000, **16** (1): 5~8
- 35 Branson DH. Direct and indirect effects of avian predation on grasshopper communities in Northern Mixed-grass prairie. *Environ Entomol*, 2005, **34** (5): 1114~1121
- 36 Sergeev MG. Conservation of orthopteran biological diversity relative to landscape change in temperate Eurasia. *J Insect Conserv*, 1998, **2** (3): 247~252
- 37 Zhao XY, Hao SG, Kang L. Variations in the embryonic stages of overwintering eggs of eight grasshopper species (Orthoptera: Acrididae) in Inner Mongolian Grasslands. *Zool Studies*, 2005, **44** (4): 536~542
- 38 Sun T (孙涛), Zhao JX (赵景学), Tian LH (田莉华), Liu ZY (刘志云), Long RJ (龙瑞军). Reasons for outbreak of grasshoppers and sustainable management strategies for them. *Acta Pratacul Sin* (草业学报), 2010, **19** (3): 220~227
- 39 Xu WH (徐卫华). Advances in insect diapause studies. *Acta Entomol Sin* (昆虫学报), 1999, **42** (1): 100~107
- 40 Chen GP (陈广平), Hao SG (郝树广), Pang BP (庞保平), Kang L (康乐). Effect of photoperiod on the development, survival, eclosion and reproduction of 4th instar nymph of three grasshopper species in Inner Mongolia. *Entomol Knowl* (昆虫知识), 2009, **46** (1): 51~56
- 41 Yan ZC (颜忠诚), Chen YL (陈永林). Observation of plant heath selection in 3 species of grasshoppers of the Xilin Gol River Basin, Inner Mongolia. *Entomol Knowl* (昆虫知识), 1997, **34** (4): 228~230
- 42 Morris MG. The effects of structure and its dynamics on the ecology and conservation of arthropods in British grasslands. *Biol Conserv*, 2000, **95**: 129~142
- 43 van Wingerden WKRE, Musters JCM, Maaskamp FIM. The influence of temperature on the duration of egg developmet in west European grasshoppers (Orthoptera: Actididae). *Oecologia*, 1997, **87**: 417~423
- 44 Gradiner T, Michelle P, Robin F, Julian H. The influence of sward height and vegetation composition in deterring the habitat preference of three *chorthippus* species (Orthoptera: Actididae). *J Orthoptera Res*, 2002, **11** (2): 207~213