

黑河上游草地蝗虫群落特征及其与植被的关系

周伟, 赵成章, 王科明, 王小鹏, 李丽丽

(西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃兰州 730070)

摘要: 蝗虫与植被间存在复杂的耦合关系, 蝗虫群落特征变化是蝗虫对植被群落重要的生态响应过程。2009 年 6—8 月在黑河上游白大坂草原, 通过野外实地调查研究了黑河上游天然草地蝗虫的种类组成、分布频度、群落多样性与植被的相关性。在海拔 2 400~2 800 m 的 7 个植物群落采集到蝗虫 13 种, 隶属于 3 科 10 属, 亚洲小车蝗(*Oedaleus decoratus*)、李氏大足蝗(*Gomphocerus licenti*)和白纹雏蝗(*Chorthippus albonemus*)是优势种, 分别在驴驴蒿(*Artemisia dalailamae*)、狼毒(*Stellera chamaejasme*)占优势的群落分布最多; 不同植物群落中蝗虫组成、优势种差异明显, 蝗虫群落多样性和优势度差异显著($p < 0.05$), 均匀度差异不显著($p > 0.05$); 蝗虫多样性与植被盖度、多样性呈正相关, 与高度和优势度呈负相关, 蝗虫群落均匀度与植物群落多样性呈负相关, 蝗虫多度与植物多样性呈正相关。蝗虫分布和发生数量受蝗虫生物学特性和植物群落组成差异的影响, 蝗虫对植物群落选择的多样性反映了蝗虫对生境具有较强的适应能力以及种群内部的协同作用。

关键词: 蝗虫群落多样性; 蝗虫优势种; 植被群落; 祁连山地

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)01-0035-05

中图分类号: Q968

Community Characteristics of Grasshopper and Its Relationship with Plant Community in Upper Reaches of Heihe River

ZHOU Wei, ZHAO Cheng-zhang, WANG Ke-ming, WANG Xiao-peng, LI Li-li

(College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: A complex coupled relationship between grasshopper and vegetation is often recognized. The characteristic change of grasshopper community is an important ecological response to the plant community. In the Baidaban grassland of the upper reaches of Heihe River, sample investigation methods were used to study grasshopper community composition, diversity and its relationship with the plant community from June to August, 2009. Thirteen species of grasshoppers were identified among seven plant communities. The grasshoppers was composed of ten genera of three families, within which *Oedaleus decoratus*, *Gomphocerus licenti* and *Chorthippus albonemus* were the dominant species in the research area. The highest populations were found in the plant communities dominated by *Artemisia dalailamae* or *Stellera chamaejasme*. The community composition and dominant species were significantly different in seven plant communities. However, no significant difference was found for evenness index ($p > 0.05$). Grasshopper community diversity and species richness had positive correlation with vegetation coverage and diversity, but related negatively with plant height and plant dominance index. Meanwhile, grasshopper abundance was high in species-enriched plant communities. Negative relationships were identified between grasshopper Pielou evenness index and plant community diversity, and grasshopper dominance index had positive correlation with plant dominance index. Grasshopper distribution and population were affected by biology characteristics of grasshopper and plant community composition. Grasshopper choice diversity to plants reflected strong adaption and cooperation function of the grasshopper population.

Keywords: grasshopper community diversity; dominant species of grasshopper; plant community; Qilian Mountains

收稿日期: 2010-05-29

修回日期: 2010-08-10

资助项目: 国家自然科学基金项目“高寒退化草地主要毒杂草更新特征与机理研究”(40971039); 甘肃省科技支撑计划项目“祁连山地毒杂草型高寒退化草地形成机理与植被修复技术研究”(1011FKCA157)

作者简介: 周伟(1985—), 女(汉族), 山东省泰安市人, 硕士研究生, 研究方向为生物地理。E-mail: zhouw866@163.com。

蝗虫与植物群落有着密切的关系,其已成为生态学家多年来研究的热点^[1-2]。植被为蝗虫提供食物、适宜的微气候和栖息地等资源^[3],蝗虫的采食选择性可以改变植物群落的种间竞争格局,从而影响植物群落结构和多样性。不同草地群落的植物种类组成、种群特征及其种群数量都存在着不同变化规律,导致了不同环境中生态条件的多样性,从而决定或影响了蝗虫的生存种类及群落多样性^[4]。国内外学者从不同尺度或草地类型等角度对蝗虫群落组成、多样性与植被关系进行了大量研究^[5-11],而研究过程中只着眼于植物群落多样性对蝗虫物种丰富度和个体数的影响,应该考虑植物群落组成、生态地理特征、蝗虫生物学和生态特征等因子对蝗虫分布和发生数量的影响。

西北温带干旱草原地区生境复杂,蝗虫种类多样,蝗虫空间分布与草原植被的分布格局、群落多样性等变量之间存在复杂的耦合关系。黑河上游祁连山中山区的山地草原和荒漠草原是西北地区蝗虫发生的核心区^[12],周期性的蝗虫发生常造成严重的生态灾害和牧业损失。基于黑河中上游天然草地蝗虫生态分布特征的研究,本文进一步分析植被群落对蝗虫群落多样性的影响,研究不同植被群落中蝗虫组成、优势种、群落多样性及其与植被的关系,探讨蝗虫对生境的选择适应性以及种群内部的生态关系,从而为草原蝗虫灾害治理提供参考,并为生态脆弱区生态恢复工程提供新的理论视角。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

研究区域位于祁连山北坡黑河支流梨园河南侧的白大坂草原(38°48′19″—38°49′35″N, 9°37′28″—99°38′49″E),海拔 2 400~2 800 m,属于典型的大陆性气候,同时又具有水热显著的垂直地带性变化的山地气候特点,年平均气温 1~2.5℃,7 月均温 14℃,1 月均温 -12.5℃,≥0℃积温为 1 688.8℃,年均降水量 270~350 mm,降水主要集中在 6—8 月。土壤以栗钙土和黑钙土为主,受地势起伏的影响,植被分布具有明显的垂直分异性,植被以旱生多年生禾本科植物和湿中生灌木为主,禾本科针茅(*Stipa krylovii*)占优势。多样的植被类型为草地蝗虫种群提供了异质性生存和繁殖生境,造就了丰富的生物多样性。祁连山中山区草原是西北地区蝗虫发生的核心区,周期性的蝗灾常常造成严重的生态经济损失。

1.2 样地设置

2009 年 6—8 月,在白大坂草原根据地质地貌和植被群落特征,从海拔 2 400~2 800 m 的荒漠草原、

山地草原、草甸草原,根据张掖市草地类型划分^[13]和多年实地观测资料,调查了 7 个植物群落类型。在每个植被型内选择代表性地段设置样地 3~8 个,共 36 个样地。这 7 个植物群落类型为:Ⅰ西北针茅(*Stipa. Krylovii*) + 赖草(*Leymus secalinus*)—紫菀(*Aster tataricus*)。位于海拔 2 640~2 755 m 的山地草原的河谷倾斜地,植被稀疏矮化,最高可达 16.8 cm,总盖度 60%~94%,针茅是群落优势种。Ⅱ星毛委陵菜(*Potentilla acaulis*) + 针茅—赖草。位于海拔 2 684~2 742 m 的山地草甸,植物高度较低,为 3~24 cm,总盖度为 84%~91%,优势种为星毛委陵菜。Ⅲ针茅 + 狼毒(*Stellera chamaejasme*)—杂类草。位于海拔 2 725~2 755 m 退化严重的山地草原,植物高度较低,为 2.5~20.8 cm,总盖度为 52%~82%。Ⅳ芨芨草(*Achnatherum splendens*) + 针茅—杂类草。位于海拔 2 400~2 688 m 河谷倾斜地,植被稀疏,总盖度为 45%~63%,高度较大,可达 63 cm。Ⅴ醉马草(*Achnatherum inebrians*) + 芨芨草—杂类草。位于海拔 2 516~2 735 m 的疏丛型退化草地,植物高大,平均高度达 44 cm,总盖度为 50%~80%。Ⅵ驴驴蒿(*Artemisia dalailamae*) + 针茅—杂类草。位于海拔 2 482~2 529 m 的低山坡地,总盖度为 38%~57%,高度为 2~27 cm。Ⅶ苔草(*Carex kansuensis*) + 金露梅(*Potentilla fruticosa*)—小檗(*Berberis thunbergii* D C)。位于海拔 2 774~2 800 m 的灌丛草甸,植被茂密,总盖度为 84%~95%,高度为 3.0~110 cm。

1.3 植被调查和蝗虫群落取样

6—8 月在每个样地内进行每隔半月 1 次的抽样调查,2 名调查人员分别在每个样地内用捕虫网(网径 30 cm)平行扫网 200 次,每网扫过植被弧度 180°,分种类记录扫捕的蝗虫个数,不能当场鉴定的蝗虫投入毒瓶,带回室内进一步鉴定、记录。

每个样地内用 50 cm×50 cm 样方框进行群落调查,3 次重复。用针刺法测定草地群落总盖度,用计数法观测植物密度,用卷尺测量植物自然高度。

1.4 数据分析

各类群数量优势度的划分:个体数占总捕获量 10% 以上者为优势类群,个体数占总捕获量 1%~10% 为常见类群,个体数占总捕获量 1% 以下为稀有类群^[14]。

群落多样性测度采用 Shannon—Wiener 多样性指数(H)、Simpson 优势度指数(C)、Pielou 均匀度指数(J'):

$$H = -\sum P_i \ln P_i \quad (i=1,2,3,\dots,S)$$

$$C = \sum (N_i/N)^2 \quad (i=1,2,3,\dots,S)$$

$$J' = H/\ln S$$

式中: N ——所有种类的个体数量之和; S ——物种数; P_i ——第 i 种类的个体数量与总个体数之比。蝗虫和植被数据的显著性检验:对服从正态分布或转换后服从正态分布的数据,采用单因素方差分析方法;对转换后仍不服从正态分布的数据,采用非参数检验方法。数据分析在 SPSS 16.0 中完成。

2 结果与分析

2.1 不同植被类型的群落特征

研究区域地形复杂,地势起伏,气候垂直地带性明显,植物种类和植物群落组成复杂多样。研究样地

海拔波动在 2 400~2 800 m,原生植物群落物种丰富,多样性较高,而退化植物群落优势度较高,但群落多样性低。不同植物群落的高度差异大,群落 V 最高,群落 I 最低;植物群落盖度波动在 54%~89.5% 之间;针茅和星毛委陵菜占优势的原生植物群落 I, II 以及退化的狼毒群落 III 的植物种类数和 Shannon—Wiener 多样性较高,与其它植物群落差异显著或极显著($p<0.05$, $p<0.01$);群落 IV, V, VI 分别以芨芨草、醉马草和驴驴蒿为优势种,植物种类数和多样性较低;苔草占优势的群落 VII 物种最贫乏,多样性最低;优势度以群落 V 的优势度最大,群落 II 最低(见表 1)。

表 1 不同植被群落的环境因子与群落特征

植物群落	高度/cm	盖度/%	物种数	Shannon—Wiener 指数	Simpson 指数
I	6.02±1.7 ^a	76.0±3.5 ^a	13.1±0.6 ^{bc}	1.9±0.10 ^c	0.18±0.030 ^{ab}
II	15.5±2.0 ^a	87.5±1.2 ^b	10.5±1.1 ^b	2.0±0.30 ^c	0.15±0.030 ^a
III	7.8±0.6 ^a	67.0±10.0 ^b	9.2±0.3 ^b	1.9±0.08 ^c	0.18±0.020 ^{ab}
IV	18.1±10 ^b	54.0±9.0 ^a	8.4±1.5 ^b	1.5±0.30 ^b	0.28±0.060 ^b
V	37.1±9.9 ^b	73.8±8.0 ^b	9.0±0.4 ^b	1.1±0.10 ^a	0.35±0.060 ^b
VI	14.4±2.3 ^a	47.5±5.8 ^a	8.0±0.7 ^b	1.5±0.20 ^b	0.18±0.050 ^{ab}
VII	45.2±17.8 ^b	89.5±7.5 ^{bc}	5.8±1.0 ^a	1.6±0.06 ^b	0.23±0.001 ^{ab}

注:同列不同小写字母表示差异显著($p<0.05$);I 为西北针茅+赖草—紫菀,II 为星毛委陵菜+针茅—赖草,III 为针茅+狼毒—杂类草,IV 为芨芨草+针茅—杂类草,V 为醉马草+芨芨草—杂类草,VI 为驴驴蒿+针茅—杂类草,VII 为苔草—小檗,下同。

2.2 蝗虫群落特征

2.2.1 蝗虫群落种类组成 经过鉴定和数量统计,在 36 个样方中共采集蝗虫 1 149 头,隶属于 3 科 10 属 13 种。优势类群为丝角蝗科和槌角蝗科,其中丝角蝗科 7 属 10 种,占总捕获个体数的 74.33%;槌角蝗科 2 属 2 种,占总捕获个体数 24.10%;常见类群是痲蝗科,1 属 1 种,仅占总捕获个体数的 1.57%。亚洲小车蝗 (*Oedaleus decoratus*)、李氏大足蝗 (*Gomphoceris licenti*)、白纹雏蝗 (*Chorthippus albonemus*) 个体数较多,是研究区的优势种,分别占总数量的 31.58%,21.24% 和 11.82%。小翅雏蝗 (*Chorthippus fallax*) 和异爪蝗 (*Euchorthippus*) 是稀有种,优势度分别为 0.55% 和 0.98%,其余蝗虫属常见种。

2.2.2 不同植被群落蝗虫组成和分布频度 蝗虫组成和优势种在不同植物群落中差异明显(表 2),植物群落 I, II 和 VI 的蝗虫物种数最多,为 11 种,种类比较接近,但优势种差异明显。群落 III, IV 和 V 蝗虫物种数较少,除小翅雏蝗和痲蝗外,物种组成相同,优势种组成不同。群落 VII 的蝗虫物种数最少,优势种有痲蝗和李氏大足蝗。

从蝗虫在 7 种植物群落的分布频度上看,小翅雏蝗是独布种,仅分布在群落 III,异爪蝗仅分布在群落

I 和 II 中,且多度较低。短鼻蝗分布在高度较大疏丛型植物群落 IV, V, VI,并且在驴驴蒿群落 VI 分布最多。华北雏蝗和宽须蚁蝗分布在群落 I, II 和 VI 中,且多度较低。宽须蚁蝗在退化的驴驴蒿群落分布最多。李氏大足蝗、白纹雏蝗、狭翅雏蝗和宽翅曲背蝗在 7 个植物群落中均有分布,是研究区的全布种。调查统计中发现李氏大足蝗在针茅和狼毒占优势的群落 III 中多度最大,且分布均匀,白纹雏蝗在群落 III 中分布最多,狭翅雏蝗和宽翅曲背蝗虽然在每个样地均有分布但优势度低。亚洲小车蝗、星翅蝗、痲蝗和皱膝蝗在 6 个群落均有分布,是广布种。亚洲小车蝗在驴驴蒿群落 VI 中多度最大,且显著高于其它植物群落($p<0.05$);星翅蝗在芨芨草群落 IV 中多度最大,与其它植物群落间差异极显著($p<0.01$);痲蝗在苔草群落 VII 中分布最多,并且与其它群落间均存在显著差异($p<0.05$);皱膝蝗在每个群落分布多度均较低。

2.2.3 蝗虫群落多样性比较 在不同植物群落,蝗虫赖以生存的植物群落物种组成和群落结构复杂多样,决定和影响了蝗虫群落的多样性。方差分析显示,蝗虫 Shannon—Wiener 多样性指数和 Simpson 优势度指数在不同植物群落中差异显著($p<0.05$),Pielou 均匀度指数差异不显著($p>0.05$)。

表 2 不同植被群落类型蝗虫组成和其优势度

群落类型	I	II	III	IV	V	VI	VII
狭翅雏蝗	5.7±1.5	3.7±1.5	6.5±2.5	10.5±6.4 ^①	5.3±2.4	5.6±1.0	5.6±5.6
白纹雏蝗	10±2.5 ^①	18.7±2.4 ^①	27.7±3.5 ^①	2.0±1.4	13.3±4.4 ^①	7.2±2.5	7.7±7.7
小翅雏蝗	0	0	1.9±1.9	0	0	0	0
华北雏蝗	2.7±0.8	3.1±1.3	0	0	0	1.0±1.0	0
宽须蚁蝗	1.9±0.7	2.4±1.8	0	0	0	6.0±3.7	0
亚洲小车蝗	25.8±7.3 ^①	3.7±2.5	4.0±0.6	30.5±15 ^①	18.1±4.3 ^①	45.0±10 ^①	0
星翅蝗	7.4±1.5	5.5±2.9	6.4±2.4	21.3±10 ^①	6.7±3.2	15.0±6.1 ^①	0
痲蝗	8.9±5.4	12.2±1.9 ^①	8.0±0.7	7.25±7.3	3.7±2.4	2.0±1.3	37.6±6.8 ^①
皱膝蝗	4.4±1.3	8.0±2.7	4.0±1.0	6.0±3.3	7.4±2.2	4.6±1.0	0
李氏大足蝗	26.3±7.4 ^①	38.2±7.7 ^①	38.7±4.4 ^①	10.5±7.6 ^①	38.4±5.8 ^①	1.4±1.0	39.7±6.4 ^①
宽翅曲背蝗	2.6±1.1	2.7±1.2	1.8±0.9	4.8±4.1	6.1±2.9	1.6±0.7	9.4±1.7
异爪蝗	3.0±1.7	1.8±1.8	0	0	0	0	0
短鼻蝗	0	0	0	7.25±7.3	1.3±0.8	10.0±3.5 ^①	0
多度/200网 ^②	40.0±4.3	27.2±3.1	34.0±4.0	37.0±13.5	26.0±2.5	44.0±12.3	12.0±2.0

注:①表示优势种:个体数占总捕获量 10%以上;②200网指平行扫描蝗虫 200 次,每网过植物弧度 180°,2 个人扫描蝗虫个体数的平均值即是蝗虫多度。

不同植物群落间蝗虫群落多样性相比,群落 I 多样性最高,群落 II 次之,群落 VII 最低;优势度变化基本相反,群落 VI 优势度最高,群落 I 最低;均匀度指数以群落 V 最高,群落 VII 次之,群落 VI 最低,群落 I 植物盖度和高度较低,优势种针茅为广布种蝗虫提供丰富的食物资源和栖息地,因此蝗虫群落多样性最高;星毛委陵菜群落 II,植物丰富为蝗虫提供充足的食物资源,蝗虫多样性较高;醉马草占优势的群落 V 虽然植物种类贫乏,但是较大的植物高度为蝗虫在时间和空

间上提供了更大的结构复杂性和更多的资源,多样性较高,均匀度最高且显著高于其它群落($p < 0.05$),说明蝗虫在植物种类少优势度大的群落分布最均匀,反应了蝗虫分布具有聚集性特点;驴驴蒿占优势的群落 VI,植物种类贫乏,高度较高,蝗虫多样性较低,优势度最大,与其它群落差异极显著($p < 0.01$);苔草和金露梅占优势的群落 VII,由于植物盖度达 90.4%,植物种类贫乏,蝗虫多样性最低。图 1 为不同植物群落蝗虫的多样性指数。

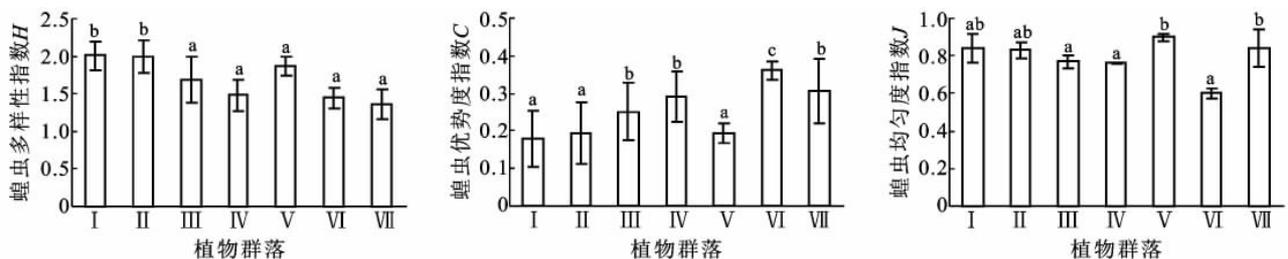


图 1 不同植物群落蝗虫多样性指数

注:图中柱体上方不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$)。

2.3 蝗虫群落多样性与植被的相关性分析

对 7 个植被群落的蝗虫群落多样性和植被因子间进行相关性分析(表 3),蝗虫物种数和多样性与植被盖度、物种数和多样性呈正相关性,其中与植物种类数分别呈显著和极显著正相关性($p < 0.05$, $p < 0.01$),与植物高度和优势度呈负相关性。蝗虫多度与植物盖度、优势度均呈负相关性,与高度呈极显著负相关($p < 0.01$),与物种数和多样性指数呈正相关性,说明植被稀疏、矮化和植物种类丰富的群落蝗虫分布多。蝗虫优势度与植物群落优势度呈正相关,与

其它因子呈负相关性。蝗虫均匀度与植物盖度、高度和优势度均呈正相关性,且相关系数比较高,与物种丰富度和多样性呈不显著负相关性,说明高度、盖度大且优势度突出的植物群落蝗虫分布均匀。

3 结论

(1) 蝗虫群落特征。环境因子在空间上的多样性是导致植物群落多样性的根本原因。地形、微气候条件和土壤的差异,导致微生境因子的异质性,从而形成了不同植被群落,蝗虫对栖息地的选择和发生数

量与蝗虫食性和生活型有密切关系^[15]。不同植被群落中蝗虫优势种和组成差异大,有些植物群落为蝗虫提供适宜的栖境,有些是蝗虫喜食的食物。亚洲小车蝗在驴驴蒿占优势的群落Ⅵ分布最多,且显著高于其它植物群落,由于它们食性广泛,喜栖在植被稀疏的干旱草原。李氏大足蝗在狼毒群落Ⅲ中分布最多,与其它植物群落差异显著。星翅蝗在芨芨草群落Ⅳ中多度最大,显著高于其它植物群落($p < 0.01$),以取食杂类草为主,喜栖在植被稀疏的退化草地。白纹雏蝗

在狼毒群落Ⅲ中分布最多。痂蝗在苔草群落Ⅶ的分布最多,由于它们除取食赖草和针茅外,还取食冷蒿、苔草、小旋花等,与其它群落间均存在显著差异($p < 0.05$)。小翅雏蝗只分布在盖度较大的狼毒群落Ⅲ中,与它喜栖在较潮湿和牧草茂密的环境有关。短鼻蝗仅分布在驴驴蒿群落Ⅵ中。异爪蝗分布在植物群落Ⅰ和Ⅱ且多度很低。蝗虫栖境选择受植物组成和蝗虫生活习性的共同影响,反应了蝗虫与植物间协同进化的生态关系。

表 3 蝗虫与植被相关性

项目	植物群落				
	盖度	高度	物种数	Shannon—Wiener 指数	Simpson 指数
物种数	0.192	-0.721	0.904**	0.601	-0.407
多度 Abundance	-0.633	-0.872**	0.710	0.564	-0.523
Shannon—Wiener 指数	0.154	-0.279	0.853*	0.391	-0.028
Simpson 指数	-0.395	-0.016	-0.692	-0.290	0.144
均匀度指数	0.645	0.619	-0.021	-0.205	0.477

注: ** 表示相关极显著 $p < 0.01$; * 表示相关显著 $p < 0.05$ 。

(2) 蝗虫群落多样性与植被的关系。植物及植物群落对昆虫多样性有极为重要的影响^[9]。蝗虫种群变化和植物物种多样性的变化是密切相关的,蝗虫发生早期,蝗虫多样性和植物多样性为负相关,中期为正相关,晚期相关性很低^[14]。本文研究发现内陆河干旱草原区不同植物群落中蝗虫的多样性和优势度差异显著($p < 0.05$),均匀度差异不显著($p > 0.05$)。蝗虫群落多样性和物种数与植被盖度、物种丰富度、多样性呈正相关性,其中与植物种类数分别呈显著和极显著正相关性($p < 0.05$, $p < 0.01$),与植物高度和优势度呈负相关性;蝗虫多度与盖度、高度、优势度均呈负相关性,其中与高度呈极显著负相关($p < 0.01$),与物种丰富度和多样性指数呈正相关性,说明植被稀疏、矮化和物种丰富的植物群落蝗虫种类丰富且分布多度较大。蝗虫均匀度与植物盖度、高度和优势度均呈正相关性,与物种丰富度和多样性呈不显著负相关性,说明牧草茂密,高度较大的植物群落为蝗虫在时间和空间上提供了更大的结构复杂性和更多的资源,蝗虫分布均匀。蝗虫群落多样性与植物物种丰富度显著相关,并且分布多度随植物物种丰富度而增大。上述结论与卢辉等^[4]的研究结果一致,而与 Sandra 等^[11]、Fielding 等^[7]不完全一致,这可能与研究尺度大小、蝗虫发生时间和草地利用强度等因素有关。

蝗虫群落多样性与植被群落多样性存在相关性,但是不同植物群落中蝗虫群落多样性的变化趋势与植物群落变化不完全一致。Fielding 等^[7]研究认为蝗

虫丰富度和植被丰富度间存在正相关关系,但是二者之间的机制不清楚。Kemp 等^[16]认为其可能是因为植被物种丰富度和群落多样性是一个比较笼统的概念,用它概括植被组成,物种丰富度相同的植被群落组成和功能群可能差异比较大,从而为蝗虫提供不同的食物资源和栖息地。因此这有待于从具体蝗虫的栖境选择、植物功能群、优势植物种的优势度等方面进一步探讨植被对蝗虫群落多样性的影响。

[参 考 文 献]

- [1] Stern V M. The integration of chemical and biological control of the spotted aphid [J]. Hilgarolid, 1995, 29 (2): 81-101.
- [2] Joern A. Grasshopper (*Orthoptera: Acridoidea*) communities respond to fire, bison grazing and weather in North American tallgrass prairie: A long term study. *Oecologia*, 2007, 153: 699-711.
- [3] Joern A. Resource utilization and community structure in assemblages of arid rangeland grasshoppers (*Orthoptera: Acridoidea*) [J]. *Transactions of American Entomological Society*, 1979, 105: 25-300.
- [4] 卢辉, 韩建国, 张泽华. 锡林郭勒典型草原植物多样性和蝗虫种群的关系[J]. *草原与草坪*, 2008, 25(3): 21-28.
- [5] Otte D. Species richness patterns of new world desert grasshoppers in relation to plant diversity [J]. *Journal of Biogeography*, 1976(3): 197-209.

(下转第 102 页)

考虑多种影响因素才能对该流域土地利用/覆被和气候变化的水文响应进行全面分析。

5 结论

对黄土高原第三副区藉河流域近 50 a 的径流资料进行统计分析发现,1960 年以来该区径流发生了明显变化。具体表现为:1960 年代径流量比较丰富,平均年径流为 $1.362 \times 10^8 \text{ m}^3$;1970 和 1980 年代年均径流分别为 7.53×10^7 , $8.34 \times 10^7 \text{ m}^3$,有一定程度下降但波动不大;1990 年代以来流域径流量呈现明显减少,特别是 1994—2002 年间急剧下降,连续为枯水年,1990—2008 年年均径流仅为 $3.68 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。同时,流域径流年际和年内分配不平衡,变差系数及不均匀系数分别为 0.75 和 1.13;径流主要集中于 5—10 月份,占全年的 50.8%~95.2%,对水资源利用带来不利影响。

藉河流域径流变化规律是气候变化和人类活动综合作用的结果,尤其 1990 年以来流域开展大规模水土保持综合治理措施后对降雨产流量,降雨—径流型的流域间水分大循环,降雨—入渗—蒸发型的流域内水分小循环等产生了很大影响。本研究为进一步深入了解流域水文因子变化及土地利用/覆被变化的水文响应功能研究提供了较好的基础数据支持。

[参 考 文 献]

[1] 姚治君,管彦平,高迎春. 潮白河径流分布规律及人类活动对径流的影响分析[J]. 地理科学进展,2003,22(6): 599-606.

[2] 李丽娟,郑红星. 华北典型河流年径流演变规律及其驱动力分析:以潮白河为例[J]. 地理学报,2000,55(3): 309-316.

[3] 冯国章,李瑛,李佩成. 河川径流年内分配不均匀性的量化研究[J]. 西北农业大学学报,2000,28(4):50-53.

[4] 王金星,张建云,李岩,等. 近 50 年来中国六大流域径流年内分配变化趋势[J]. 水科学进展,2008,19(5):656-661.

[5] 尤卫红,吴湘云,郭志荣. 纵向岭谷区的怒江跨境径流量变化特征[J]. 山地学报,2008,26(1):22-28.

[6] 燕华云,杨贵林,汪青春. 长江源区径流年内分配时程变化规律分析[J]. 冰川冻土,2006,28(4):526-529.

[7] Wang S P, Zhang Z Q, Sun G, et al. Detecting water yield variability due to the small proportional land use and land cover changes in a watershed on the Loess Plateau, China [J]. Hydrological Processes, 2009,23:3083-3092.

[8] 吕玉香,王根绪. 贡嘎山东坡不同流域河川径流特征对比分析[J]. 山地学报,2008,26(2):196-206.

[9] 胡兴林. 甘肃省主要河流径流时空分布规律及演变趋势分析[J]. 地球科学进展,2000,15(5):516-521.

[10] 杨明金,张勃,王海青,等. 黑河流域 1950—2004 年出山径流变化规律分析[J]. 资源科学,2009,31(3):413-419.

[11] 张建军,纳磊,董煌标,等. 黄土高原不同植被覆盖对流域水文的影响[J]. 生态学报,2008,28(8):3597-3605.

[12] 张升堂,康绍忠,张楷. 黄土高原水土保持对流域降雨径流的影响分析[J]. 农业工程学报,2004,20(6):56-59.

[13] 任宗萍,杨勤科,胡志瑞,等. 基于项目驱动的藉河流域土地利用时空变化动态分析[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(3):239-244.

(上接第 39 页)

[6] Evans E W. Grasshopper (Insecta: Orthoptera: Acridoidea) assemblages of tallgrass prairie: influences of fire frequency, topography, and vegetation [J]. Canadian Journal of Zoology, 1988,66:1495-1501.

[7] Fielding D J, Brusven M A. Grasshopper (Orthoptera: Acridoidea) community composition and ecological disturbance on southern Idaho rangeland[J]. Environmental Entomology, 1993b,22:71-81.

[8] 刘慧,廉振民,常罡,等. 陕西洛河流域不同生境蝗虫的群落结构[J]. 昆虫知识,2007,44(2):214-218.

[9] 朱慧,彭媛媛,王德利. 植物对昆虫多样性的影响[J]. 生态学杂志,2008,27(12):2215-2221.

[10] 李巧,陈又清,陈彦林,等. 紫胶林—农田复合生态系统蝗虫群落多样性[J]. 应用生态学报,2009,20(3):729-735.

[11] Sandra T, Maria M, Maria L. Grasshopper (Orthop-

tera: Acridoidea) and plant community relationships in the Argentine Pampas [J]. Journal of Biogeography, 2009,29:221-229.

[12] 赵成章,周伟,王科明,等. 黑河中游草原蝗虫生态分布与生境的关系[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2009,45(4):42-47.

[13] 柴来智,张和平,李瑜年. 甘肃省张掖地区草地资源[J]. 中国草业科学,1988(S):49-87.

[14] 殷秀琴,王海霞,周道玮. 松嫩草原区不同农业生态系统土壤动物群落特征[J]. 生态学报,2003,23(6):1071-1078.

[15] 颜忠诚,陈永林. 草原蝗虫的栖境选择:栖境选择与水平结构的关系[J]. 武夷科学,1998,14:25-257.

[16] Kemp W P, o'Neill K M, Cigliano M M, et al. Field-scale variations in plant and grasshopper communities [J]. Transactions in GIS, 2002,6:115-133.