

张掖湿地蝗虫多样性调查研究

陈广泉,王淑艳,郑天翔,张 勇,秦伯颖

(河西学院 农业与生物技术学院,甘肃 张掖 734000)

摘 要:在张掖湿地采用随机抽样调查,对蝗虫群落组成以及发生规律进行研究。根据张掖湿地植被生态情况,将调查区域植被划分为芦苇湿地、碱荒地、人工绿化地 3 种生境。结果表明:张掖湿地蝗虫种类有 3 个总科,8 科,18 种。其中优势种有 4 种,即中华稻蝗、无齿稻蝗、东亚飞蝗、日本蚱,其捕获量占总捕获量的百分比依次为 31.14%、17.04%、16.13%、10.73%。不同生境蝗虫群落的丰富度指数、多样性指数、均匀度 3 项特征指数,由大到小依次为碱荒地> 人工绿化地> 芦苇湿地,优势度指数由高到低依次为芦苇湿地>人工绿化地>碱荒地。张掖湿地蝗虫群落的发生规律为:5 月中下旬蝗虫出现,主要活动期出现在 7 月至 10 月,8 月下旬种类和种群数量均达到高峰期,11 月上旬蝗虫完全消失,不再活动。

关键词:湿地;蝗虫;多样性;群落组成;发生规律

中图分类号:S763.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2016)05-0211-06

Diversity of Locusts in the Wetlands of Zhangye

CHEN Guang-quan, WANG Shu-yan, ZHENG Tian-xiang, ZHANG Yong, QIN Bo-ying

(College of Agriculture and Biotechnology, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000, China)

Abstract: The occurrence regulation and community composition of locusts occurring in the wetlands of Zhangye were investigated by random sampling methodology. The investigated areas were separated to 3 parts, reed wetland, alkali wasteland, and artificial greenland according to the vegetation ecological situations. The results showed that there were 3 super families, 8 families and 18 species of locusts, among them, there were 4 dominant species, namely Japan itself, the Chinese rice locust, toothless rice locust, east Asia migratory locusts, and the percentages of catch to total catch were 10.73%, 31.14%, 17.04%, and 31.14%, respectively. The richness index, diversity index, evenness index of grasshopper community in different habitat were alkali wasteland > artificial green land > reed wetland. The dominant indexes were reed wetland > artificial green land > alkali waste land. Hoppers appeared in the last ten-day of May, the main activities emerged from July to October, both the species and populations peaked in the late August, and the locusts completely disappeared in the first ten days of November.

Key words: wetland; locust; diversity; community composition; occurrence regulation

张掖湿地位于张掖市甘州区城郊北部,与市区紧密相连。湿地面积约 $1.75 \times 10^7 \text{ m}^2$,张掖湿地多样化的生态类型成为张掖绿洲这一内陆干旱区脆弱生态系统的重要组成部分,发挥着水源涵养和水资源调蓄、净化水质、维护湿地生物多样性、防止沙漠化和改善区域气候等重要生态功能。

蝗虫是张掖湿地植被中主要的有害生物,目前全世界已知种类约在 10 000 种以上,我国已报道有 900 种以上。蝗虫栖居的生境极为多样,几乎凡是有植物生存分布的地方,都会有蝗虫的存在^[1]。全世界蝗灾常年发生面积达 4 680 万 km^2 ,全球约 18 亿人口遭到袭扰^[2]。由于全球性气候变化和人类对

自然资源过度开发导致生态环境逐渐恶化,使得蝗灾发生频率及灾害程度加剧^[3],蝗灾会使草地退化、沙化和盐碱化日益加重,草地面积锐减,导致生物多样性的丧失^[4]。

国外学者在蝗虫的多样性、生物学、生态学、监测、预测与评价、防治和综合管理与控制策略等方面做了大量研究工作^[5-8]。国内对蝗虫多样性以及与环境因素相关性的研究起步较晚,且调查研究主要倾向于草原蝗虫^[9-14],针对河西走廊黑河中游的张掖湿地蝗虫群落组成状况研究则未见相关报道。本研究旨在调查张掖湿地蝗虫群落的多样性现状、群落结构状况以及不同生境引起的蝗虫群落多样性变化,为有效保护湿地生物多样性,科学防治湿地蝗灾,合理开发和利用蝗虫资源奠定一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 调查区概况

调查的区域围绕张掖国家湿地公园展开。张掖国家湿地公园规划区处于(100°06′—100°54′E、38°32′—39°24′N)黑河中游祁连山洪积扇前缘和黑河古河道及泛滥平原的潜水溢出地带,东至昆仑大道,西至312国道新河桥段及黑河东岸,南至城区北一环路,北至兰新铁路,由河流、草本沼泽等天然湿地和人工湖、池塘、沟渠等人工湿地为主体构成的复合湿地生态系统。

湿地面积 $1.75\times10^7\text{ m}^2$,南高北低,自然落差22 m。土壤类型主要有草甸土、潮土、溪淤土、草甸盐土、沼泽土等。张掖国家湿地公园区气候属明显的温带大陆性气候^[15],其显著特点是:降水稀少而集中,年降水量仅129 mm,在时间分布上,多集中在6—9月,约占全年降水总量的71.9%,春季降水仅占14%,年内降水分布很不均匀,年际变化较大;蒸发强烈,区域内年平均蒸发量2 047 mm,干旱指数高达10.3。湿地植被丰富,挺水植物、浮水植物、沉水植物与陆生乔灌木、草原植被、荒漠植被镶嵌分布,形成了我国西北干旱区独具特色的绿洲湿地生态系统,具有特殊的生态保护和利用价值。

1.2 调查方法

在所选调查区每间隔500 m设置1个样方(10 m×10 m),共设置24个样方。在每个样方四角取1 m×1 m样方调查草本植物,灌丛4 m×4 m;乔木10 m×10 m。由于张掖湿地3种生境所占比例存在差异,芦苇湿地面积最大,所以选取12个样方,碱荒地次之,选取8个样方,人工绿化地最少,但其对张掖湿地生物景观和物种多样性意义重大,选取样方4个。如遇水域等障碍,样方统一向正西方向移

出水域。从2014年4—11月每隔10 d进行1次调查,遇有阴雨天向后顺延。用捕虫网(网径30 cm)平行扫捕30网,每网扫过植被弧度180°,分种类记录扫捕的蝗虫个数^[16],不能当场鉴定的蝗虫投入瓶中,带回室内进一步鉴定记录。

1.3 数据分析方法

1.3.1 各类群数量多度的划分 个体数占总捕获量10%以上的种类为优势类群(+++);个体数占总捕获量1%~10%之间的种类为常见类群(++);个体数占总捕获量1%以下的种类为稀有类群(+)^[17]。

1.3.2 群落多样性指数测定

1.3.2.1 丰富度指数 采用Margalef物种丰富度模型测定丰富度指数公式 $d_{Mk}=(S-1)/\ln N$,式中, S 为物种数目; N 为物种个体数总和。

1.3.2.2 优势度指数 采用Berger-parker优势度公式: $D=N_{\max}/N_i$,式中, N_{\max} 为优势种的种群数量, N_i 为全部物种的种群数量。

1.3.2.3 多样性指数 采用Shannon-wiener公式 $H'=-\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$,式中, $P_i=N_i/N$, N_i 是第*i*种的个体数, N 是全部物种的个体总数。

1.3.2.4 均匀度指数 Pielen均匀度指数公式 $J=H'/\ln S$,其中, H' 为Shannon-Wiener指数, S 为物种数。

2 结果与分析

2.1 张掖湿地不同生境植被分布

由表1可知,芦苇湿地的植被主要以湿生和沼生植物为主,以芦苇+草本群落为代表,植被组成的建群种主要有芦苇、香蒲、冰草等。盐碱地主要有碱蓬、盐爪爪等盐生植物类群,植物种类相对较少。人工湿地以菊科、豆科、十字花科、莎草科、鸢尾科等植物为主,在3类湿地生境中植物种类最多。

2.2 张掖湿地蝗虫群落组成

由表2可知,张掖湿地蝗虫有3个总科,8科,18种,即蚱总科、蝗总科、螽斯总科。蚱总科中包括蚱科的长翅长背蚱、日本蚱;蝗总科中有斑腿蝗科的中华稻蝗、无齿稻蝗、长翅素木蝗、短星翅蝗、黑腿星翅蝗;斑翅蝗科的东亚飞蝗、大垫尖翅蝗、沼泽蝗;网翅蝗科的北方雏蝗、白纹雏蝗、小翅雏蝗;剑角蝗科的中华剑角蝗;锥头蝗科的短额负蝗;槌角蝗科的宽须蚁蝗、长翅蚁蝗;螽斯总科纺织娘科的纺织娘。其中蝗总科种类最多,蝗总科中斑腿蝗科所属种类有5种,斑翅蝗科和网翅蝗科种类有3种。而锥头蝗科、剑角蝗科和槌角蝗科的蝗虫种类分别只有1种、1种和2种。

表 1 张掖湿地 3 种生境主要植被种类

Table 1 Main vegetation types of three kinds of habitats

名称	主要植物种类/种	主要植物
芦苇湿地	13	芦苇(<i>Phragmites australis</i>);猪毛菜(<i>Salsola collina</i>);地肤(<i>Kochia scoparia</i>)水葱(<i>Scirpus tabernaemontani</i>);香蒲(<i>Typha orientalis</i>);菖蒲(<i>Acorus calamus</i>);水麦冬(<i>Triglochin palustre</i>);角果藻(<i>Zannichellia palustris</i>);川蔓藻(<i>Ruppia</i> ceae);球穗扁莎(<i>Pycnus flavidus</i>);水芹(<i>Oenanthe javanica</i>);冰草(<i>Agropyron cristatum</i>);垂柳(<i>Salix babylonica</i>)
碱荒地	10	芦草(<i>P. australis</i>);羊茅(<i>Festuca ovina</i>);马唐(<i>Digitaria sanguinalis</i>);蒲公英(<i>Herba Taraxaci</i>);碱蓬(<i>Suaeda glauca</i>);酸模叶蓼(<i>Polygonum lapathi folium</i>);水蓼(<i>Polygonum hydropiper</i>);鹅绒藤(<i>Cynanchum chinense</i>);盐爪爪(<i>Kalidium foliatum</i>);黄鹌菜(<i>Youngia Japonica</i>)
人工绿化地	18	五叶地金(<i>P. thomsoni</i>);菊花(<i>Chrysanthemum</i>);羊茅(<i>Festuca ovina</i>);芦苇(<i>Phragmites australis</i>);蒿蓍(<i>Polygonum aviculare</i> L),狗牙根(<i>Cynodondactylon</i>);翠雀(<i>Delphinium grandiflorum</i>);藜(<i>Chenopodium album</i>);灰绿藜(<i>Ch. glaucum</i>);马齿苋(<i>Portulaca oleracea</i>);狗尾草(<i>Setairaviridis</i>);山苦荬(<i>Ixeris denticulata</i>);黄花蒿(<i>Artemisia annua</i>);鸢尾(<i>Iris tectorum</i>);旋覆花(<i>Inula japonica</i>);地肤(<i>Kochia scoparia</i>);蒲公英(<i>Herba taraxaci</i>);金露梅(<i>Potentilla fruticosa</i>)

表 2 张掖湿地蝗虫群落组成名录

Table 2 List of alkaline saline wetlands locust community composition

总科	科	种	学名
蚱总科	蚱科	长翅长背蚱	<i>Paratettix uvarovi</i> Semenov
		日本蚱	<i>Tettix japonica</i> (Bolivar)
蝗总科	斑腿蝗科	中华稻蝗	<i>Oxya chinensis</i> (Thunberg)
		无齿稻蝗	<i>Ox. adentata</i> Willemsle
		长翅素木蝗	<i>Shirakiacris shirakii</i> (I. Bol)
		短星翅蝗	<i>Calliptamus abbreviatus</i> Ikovnn
		黑腿星翅蝗	<i>Ca. barbarous</i> (Costa)
		东亚飞蝗	<i>Locusta migratoria manilensis</i> (Meyen)
	网翅蝗科	大垫尖翅蝗	<i>Epacromius coerulipes</i> (Ivan.)
		沼泽蝗	<i>Mecostethus grossus</i> (Linnaeus)
		北方雏蝗	<i>Chorthippus hammarstroemi</i> (Mirm)
		白纹雏蝗	<i>Ch. albonemus</i> Cheng et Tu
		小翅雏蝗	<i>Ch. Fallas</i> (Zub.)
	锥头蝗科	短额负蝗	<i>Atractomorpha sinensis</i> . Bol.
	剑角蝗科	中华剑角蝗	<i>Ac.</i> Thunberg
	槌角蝗科	长翅蚁蝗	<i>Myrmeleotettix longipennis</i> Zhang
		宽须蚁蝗	<i>My. Palpalis</i> (Zubovsky)
螽斯总科	纺织娘科	纺织娘	<i>Mecopoda elongata</i>

2.3 张掖湿地各种生境蝗虫多度划分

由表 3 可知,在张掖湿地生境中蝗虫优势种类有 4 种,分别是中华稻蝗、无齿稻蝗、东亚飞蝗和日本蚱;常见种类有 8 种,分别是长翅长背蚱、长翅素木蝗、短星翅蝗、沼泽蝗、北方雏蝗、小翅雏蝗、中华剑角蝗、纺织娘;稀有种类有 6 种,分别是黑腿星翅蝗、大垫尖翅蝗、白纹雏蝗、短额负蝗、长翅蚁蝗、宽须蚁蝗。

在张掖湿地不同生境中,蝗虫群落种类与数量分布有明显差异,碱荒地蝗虫种类数量最多,有 17 种,种群数量也最大、捕获数量占捕获总数的 52.29%。其中优势种类有 4 种,即日本蚱、中华稻蝗、无齿稻蝗、东亚飞蝗;常见种类有 10 种,即长翅

长背蚱、长翅素木蝗、大垫尖翅蝗、短星翅蝗、沼泽蝗、北方雏蝗、小翅雏蝗、短额负蝗、中华剑角蝗、纺织娘;稀有种类有 4 种,即黑腿星翅蝗、白纹雏蝗、长翅蚁蝗、宽须蚁蝗。芦苇湿地蝗虫群落种类有 7 种,捕获数量比例占捕获总数的 43.51%。其中优势种类有 3 种,即中华稻蝗、无齿稻蝗、东亚飞蝗;常见种类有 3 种,即长翅长背蚱、日本蚱、长翅素木蝗;稀有种类有 1 种,即沼泽蝗。人工绿化地捕获蝗虫种类 11 种,捕获数量仅占总捕获量的 8.77%。其中优势种类有 3 种,即日本蚱、中华稻蝗、无齿稻蝗;常见种类有 7 种,即长翅长背蚱、长翅素木蝗、东亚飞蝗、北方雏蝗、小翅雏蝗、短额负蝗、中华剑角蝗;稀有种类有 1 种,即短星翅蝗。

表 3 各种生境蝗虫多度划分
Table 3 All kinds of habitat locusts partition table

种类	总体		芦苇湿地		碱荒地		人工绿化地	
	所占比例/%	多度划分	所占比例/%	多度划分	所占比例/%	多度划分	所占比例/%	多度划分
长翅长背蚱	2.44	++	1.01	++	3.54	++	5.28	++
日本蚱	10.73	+++	9.40	++	11.56	+++	14.96	+++
中华稻蝗	31.14	+++	41.63	+++	22.19	+++	36.66	+++
无齿稻蝗	17.04	+++	22.41	+++	12.30	+++	20.23	+++
长翅素木蝗	6.69	++	2.19	++	10.63	+++	5.57	++
短星翅蝗	2.93	++	0.00		5.46	++	0.88	+
黑腿星翅蝗	0.39	+	0.00		0.74	+	0.00	
东亚飞蝗	16.13	+++	23.06	+++	10.78	+++	7.62	++
大垫尖翅蝗	0.69	+	0.00		1.33	++	0.00	
沼泽蝗	1.78	++	0.30	+	3.15	++	0.00	
北方雏蝗	4.71	++	0.00		8.91	++	2.93	++
白纹雏蝗	0.41	+	0.00		0.79	+	0.00	
小翅雏蝗	1.03	++	0.00		1.82	++	2.05	++
短额负蝗	0.80	+	0.00		1.28	++	1.47	++
中华剑角蝗	1.06	++	0.00		1.62	++	2.35	++
长翅蚁蝗	0.51	+	0.00		0.98	+	0.00	
宽须蚁蝗	0.28	+	0.00		0.54	+	0.00	
纺织娘	1.24	++	0.00		2.36	++	0.00	
总数	3 886		1 691		2 032		341	
比例/%			43.51		52.29		8.77	

注：“0.00”表示有分布,但所测数量为 0。

2.4 张掖湿地蝗虫群落特征指数

分析张掖湿地蝗虫群落特征指数结果(表 4)可知,张掖湿地各生境蝗虫群落丰富度指数、多样性指数、均匀度指数 3 项特征指数由大到小依次为碱荒地>人工绿化地>芦苇湿地;优势度指数由大到小依次为芦苇湿地>人工绿化地>碱荒地;碱荒地中蝗虫群落的丰富度指数、多样性指数、均匀度指数均大于张掖湿地整体生境中的蝗虫群落各项指数,表明碱荒地蝗虫种类最多,群落组成最为复杂。优势度指数芦苇湿地最大,表明优势种群主要在芦苇湿地分布。而人工绿化地的优势度指数与均匀度指数与整体生境相差不大。

表 4 张掖湿地蝗虫群落特征指数
Table 4 Locust community characteristic index

指数	Z	A	B	C
d_{Mi}	2.06	0.81	2.23	1.71
D	0.75	0.87	0.67	0.72
H'	2.1	1.41	2.41	1.86
J	0.73	0.72	0.83	0.77

注:Z:张掖湿地整体;A:芦苇湿地;B:碱荒地;C:人工绿化地; d_{Mi} :丰富度指数; D :优势度指数; H' :多样性指数; J :均匀度指数。下同。

2.5 张掖湿地蝗虫群落时间动态

2.5.1 张掖湿地蝗虫种类发生时间 试验由表 5 可知,张掖湿地蝗虫发生时间一般出现在 5 月中、下旬,蝗蛹开始活动,主要活动期为 7—10 月,8 月下

旬张掖湿地蝗虫种类数量和种群数量均达到高峰期,11 月上旬蝗虫完全消失。其中中华稻蝗、无齿稻蝗发生时间为 6—11 月,东亚飞蝗、日本蚱发生为 5—11 月。长翅长背蚱和长翅素木蝗发生在 6—10 月。北方雏蝗、长翅蚁蝗、白纹雏蝗发生在 7—10 月。纺织娘、中华剑角蝗、黑退星翅蝗发生在 9—11 月。沼泽蝗、小翅雏蝗、短额负蝗、大垫尖翅蝗发生在 8—10 月。沼泽蝗发生在 7—9 月。而宽须蚁蝗发生月份不确定。

2.5.2 张掖湿地蝗虫优势种类发生时间变化 由图 1 可知,张掖湿地优势蝗虫种类 5 月中旬开始出现,随着气温升高,种类迅速增多。7 月上旬芦苇湿地和碱荒地中的蝗虫种类基本保持稳定状态,种类数目不再大幅度变化。而碱荒地蝗虫种类依然持续增加。到 8 月中旬时 3 种生境蝗虫种类数目均达到高峰期,9 月以后种类数目快速下降。3 种生境中碱荒地种类最多,变化幅度最大,芦苇湿地和人工绿化地到 6 月中旬后种类变化不大,到 9 月一直保持平稳,9 月以后蝗虫种类缓慢减少。

2.5.3 张掖湿地优势蝗虫种类数量发生时间变化 从图 2 可以看出,张掖湿地优势蝗虫种类 5 月中旬开始出现之后数量不断增长,8 月和 9 月达到高峰期,之后迅速下降。其中人工绿化地蝗虫数量相对较少,而且从 6—9 月数量一直保持稳定;芦苇湿地和碱荒地蝗虫数量从 5 月开始快速增多,7 月中

旬到 9 月末保持稳定。湿地总体蝗虫数量变化幅度 后又快速下降。3 种小生境蝗虫数量从 9 月末开始
极大,5—8 月一直上升,到 8 月中旬时达到高峰,之 均快速下降。

表 5 张掖湿地蝗虫发生月份
Table 5 Locusts occur rence in table

种类	5			6			7			8			9			10			11		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
中华稻蝗					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
无齿稻蝗				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
东亚飞蝗			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
日本蚱	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
长翅素木蝗					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
北方雏蝗							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
短星翅蝗				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
长翅长背蚱				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
沼泽蝗							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
纺织娘										—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
中华剑角蝗										—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
小翅雏蝗									—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
短额负蝗									—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
大垫尖翅蝗							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
长翅蚁蝗							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
白纹雏蝗									—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
黑退星翅蝗									—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
宽须蚁蝗				—			—			—					—						

注：“—”表示所在时期有蝗虫发生。

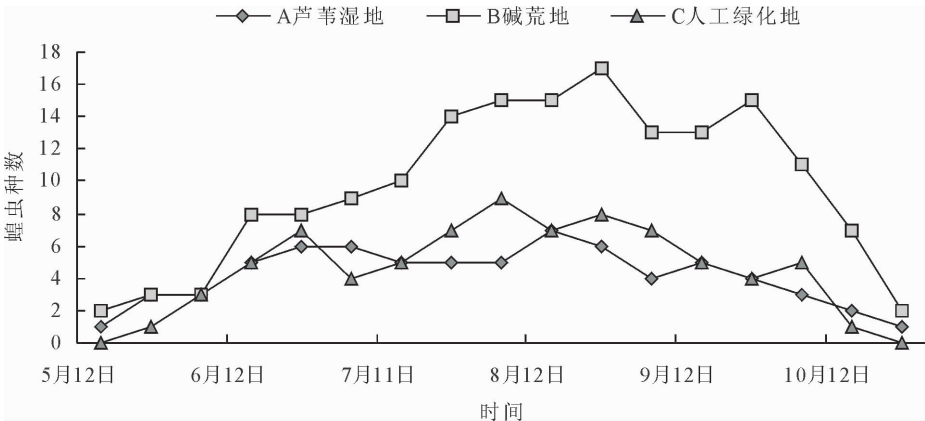


图 1 各生境蝗虫种类变化时间动态

Fig. 1 Dynamics of locust types in different habitats and dates

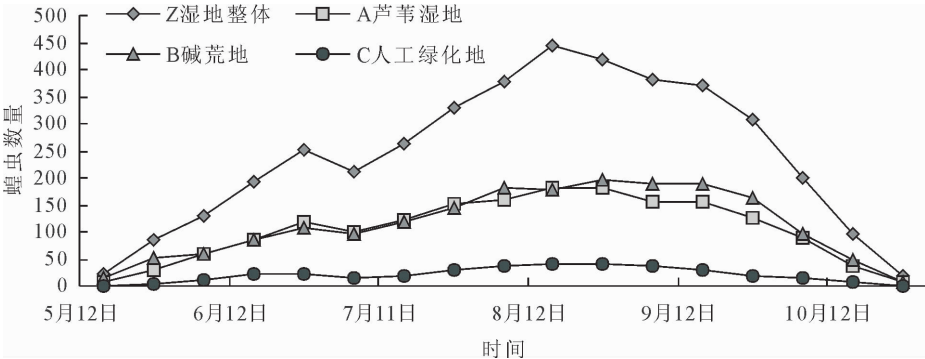


图 2 各生境蝗虫种类变化时间动态

Fig. 2 Dynamics of locust number in different habitats and dates

3 结论与讨论

通过野外调查,采集并鉴定出张掖湿地蝗虫有 3 个总科、8 科、18 种,其中优势种 4 种,常见种 8 种,稀有种 6 种。说明张掖湿地蝗虫群落种类多样,种群数量丰富,对湿地植物具有潜在的危害性和突发、暴发成灾的可能性。

张掖湿地蝗虫群落组成与国内其他相关报道相比有明显不同,如宁夏黄河湿地蝗虫有 44 种^[18],而张掖湿地蝗虫只有 18 种,种类数量相对较少,但张掖湿地螽斯总科纺织娘科纺织娘(*Mecopoda elongata*)种为首次报道。

张掖湿地蝗虫群落组成与同属黑河流域的黑河上游祁连山北坡黑河支流梨园河南侧的白大坂草原^[19]蝗虫群落相比差异也及其明显,张掖湿地蝗虫有 8 科,而黑河上游蝗虫仅有 3 科。黑河上游优势类群为丝角蝗科和槌角蝗科,常见类群是癩蝗科。张掖湿地蝗虫优势种为斑腿蝗科和斑翅蝗科,且未发现丝角蝗科和癩蝗科分布。这说明两者同属于黑河流域,由于海拔、生态环境和植被分布不同,而蝗虫种类和类群分布明显不同,其蝗虫种群存在着极大差异。

在张掖湿地 3 种生境中,蝗虫群落丰富度指数、多样性指数、均匀度指数 3 项特征指数由大到小依次为碱荒地>人工绿化地>芦苇湿地;优势度指数由大到小依次为芦苇湿地>人工绿化地>碱荒地。由此可知,在张掖湿地由于不同生境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的多样性^[20]。

张掖湿地蝗虫群落的优势种为中华稻蝗、无齿稻蝗、东亚飞蝗和日本蚱,这 4 种优势种在生境中所占数量比例达到 75.04%,其种群的数量主导作用十分明显。因此,控制优势种的种群数量尤为重要,且从 6 月中旬全部出现,6 月下旬到 7 月中旬是其数量快速上升期,由此建议在对湿地有害生物综合防治时,7 月初是蝗虫防治的最佳时间,应重点进行 1 次药剂普防,从而消灭大量的优势种蝗蛹。到 8 月中旬时蝗虫数量和种类均达到高峰时,再进行 1 次补防,从而降低常见种及其优势种的危害。由于湿地部分区域属于水域,人工喷施药及其困难,建议推广使用飞机或飞行器施药技术,确保防治效果。

参考文献:

[1] 陈永林. 中国蝗虫灾害[M]. 北京: 科学技术出版社, 1992: 235-252.

[2] 康乐,张爱国,毛文华,等. 内蒙古锡林河滩地蝗虫群落变化的梯度分析[C]//中国生态学会青年研究会. 青年生态学者论丛(一). 北京: 中国科学技术出版社, 1991: 231-239.

[3] 邱星辉,康乐,李鸿昌. 内蒙古草原主要蝗虫的防治经济阈值[J]. 昆虫学报, 2004, 47(5): 595-598.

QIU X H, KANG L, LI H C. The economic threshold for control of the major species of grasshoppers on Inner Mongolian rangeland [J]. Acta Entomologica Sinica, 2004, 47 (5): 595-598. (in Chinese)

[4] 卢辉,张泽华,龙瑞军. 蝗虫重度干扰下草地恢复演替过程中生物群落的变化[J]. 草原与草坪, 2005(3): 59-60.

[5] SOLOMON G, MICHAEL J S. Topographic heterogeneity plays a crucial role for grasshopper diversity in a southern African megabiodiversity hotspot[J]. Biodiversity and Conservation, 2006, 15: 231-244.

[6] CLARIDGE M F, SINGHRAO J S. Diversity and altitudinal distribution of grasshoppers (Acridoidea) on a Mediterranean Mountain [J]. Biogeography, 1978(5): 239-250.

[7] SAMWAYS M J. Land forms and winter habitat refugia in the conservation of montane grasshoppers in south Africa[J]. Conserv. Biol, 1990(4): 375-382.

[8] WACHTER D H, O'NEILL K M, KEMP W P. Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) communication an elevational gradient in southwestern Montana. J. Kansas Entomol [J]. Soc. , 1998, 71: 35-43.

[9] 中国生态学会, 北京农业大学有害生物综合防治研究所. 青年生态学者论丛(二)[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992: 56-64.

[10] 任炳忠,赵卓,郝锡联. 松嫩草原蝗虫群落结构多样性的初步研究[J]. 吉林农业大学学报, 2000, 22(专辑): 119-122.

[11] 刘继民,廉振民. 太白山南坡蝗虫群落排序及环境因素分析[J]. 西北林学院学报, 2002, 17(4): 57-61.

LIU C M, LIAN Z M. Ordination and regression of grasshopper communities on South-facing slope of the Taibai Mountain [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2002, 17(4): 57-61. (in Chinese)

[12] 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(3): 21-28.

LU H, HAN J G, ZHANG Z H. Study on the relationship between plant diversity and grasshopper population in the steppe of Xilinguole [J]. Grassland and Turf. , 2008(3): 21-28. (in Chinese)

[13] 张洪亮,倪绍祥,张红玉,等. GIS 支持下青海湖地区草地蝗虫发生的气候因子分析[J]. 地理学与国土研究, 2002, 18(1): 63-66.

ZHANG H L, NI Z X, ZHANG H Y, *et al.* An anaysis of the climatic factors of grasshopper outbreak in the region around Qinghai Lake aided by GIS [J]. Geography and Territorial Research, 2002, 18(1): 63-66. (in Chinese)

[14] 胡靖,韩天虎,刘长仲. 祁连山中段高山草原蝗虫与植物群落关系研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2014, 42(2): 113-121.

HU J, HAN T H, LIU C Z. Relationship between grasshopper and plant communities on alpine grassland of Qilian Mountains [J]. Journal of Northwest A & F University, 2014, 42(2): 113-121. (in Chinese)

上生物量模型[J]. 北京林业大学学报,2013,35(6):23-27.

ZHENG D M,ZENG W S. Using dummy variable approach to construct segmented above-ground biomass models for larch and oak in northeastern China[J]. Journal of Beijing Forestry University,2013,35(6):23-27. (in Chinese)

[20] 符利勇,唐守正,张会霁,等. 东北地区两个主要树种地上生物量通用方程构建[J]. 生态学报,2015,35(1):150-157.

FU L Y,TANG S Z,ZHANG H R,*et al.* Generalized above-ground biomass equations for two main species in northeast China[J]. Acta Ecologica Sinica,2015,35(1):150-157. (in Chinese)

[21] 杜纪山,唐守正,王洪良. 天然林区小班森林资源数据的更新模型 [J]. 林业科学 ,2000,36(2):26-32.

DU J S,TANG S Z,WANG H L. Update models of forest resources data for subcompartments in natural forest [J]. Scientia Silvae Sinicae,2000,36(2):26-32. (in Chinese)

[22] 贺姗姗. 北京山区油松人工林林分结构与生长模拟研究[D]. 北京:北京林业大学,2009 .

[23] 杜纪山,唐守正. 林分断面面积生长模型研究评述[J]. 林业科学研究,1997,10(6):599-606.

DU J S,TANG S Z. Review on the growth model of stand basal area[J]. Forest Research,1997,10(6):599-606. (in Chinese)

[24] 罗梅,郑小贤. 八达岭辽东栎、油松混交林空间结构及其多样性 [J]. 中南林业科技大学学报,2012,32(9):55-58.

LUO M,ZHENG X X. Study of spatial structure and species diversity of *Quercus liaotungensis*-*Pinus tabulaeformis* mixed stand in Badaling forest farm[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology,2012,32(9):55-58. (in Chinese)

[25] 胡焕香,余济云,李俊,等. 湖北桂花林场櫟木次生林单木生长模型的研究 [J]. 中南林业科技大学学报,2013,33(4):61-65.

HU H X,SHE J Y,LI J,*et al.* Study on individual tree growth model of *Sassafras tsumu* secondary forest on *Osmanthus* forest farm in Hubei Province[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology,2013,33(4):61-65. (in Chinese)

[26] 唐守正. 广西大青山马尾松全林分整体生长模型及其应用 [J]. 林业科学研究,1991(4):8-21.

TANG S Z. Overall growth model and its application in the whole stand for *Pinus* in Mount Daqing, Guangxi[J]. Forest Research ,1991(4):8-21. (in Chinese)

[27] 李希菲,唐守正,王松龄. 大岗山实验局杉木人工林可变密度收获表的编制[J]. 林业科学研究,1988,1(4):382-389.

LI X F,TANG S Z,WANG S L. Preparation of Chinese fir plantation in Dagangshan experiment bureau of the variable density yield table[J]. Forest Research,1988,1(4):382-389. (in Chinese)

[28] 邓成. 林分生长和收获模型整体化研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2008.

[29] 高东启,邓华锋,王海滨,等. 基于哑变量的蒙古栎林分生长模型[J]. 东北林业学报,2014,42(1):61-64.

GAO D Q,DENG H F,WANG H B,*et al.* Dummy variables models in *Quercus mongolica* growth[J]. Journal of Nouth-east Forestry University,2014,42(1):61-64. (in Chinese)

[30] 朱伟杰,高光芹,黄家荣,等. 毛白杨农田防护林林分密度指数模型[J]. 西北林学院学报,2011,26(1):151-154.

ZHU W J,GAO G Q,HUANG J R,*et al.* Density index model of *Populus* shelterbelts [J]. Journal of Northwest Forestry University,2011,26(1):151-154. (in Chinese)

(上接第 216 页)

[15] 杨晓玲,丁文魁,董安祥. 河西走廊气候资源的分布特点及其开发利用[J]. 中国农业气象,2009,30(Supp.):1-5.

YANG X L,DING W K,DONG A X. Distribution and utilization of climatic resources in Gansu corridor[J]. Chinese Journal of Agrometeorology,2009,30(Supp.):1-5. (in Chinese)

[16] 叶恭银. 植物保护学[M]. 杭州:浙江大学出版社,2007:171-175.

[17] 吴东辉,尹文英,陈鹏. 刈割活动对松嫩草原碱化羊草草地土壤线虫群落的影响[J]. 生物多样性,2007,15(2):180-187.

WU D H,YIN W Y,CHEN P. Effect of mowing practice on soil nematode community in alkalized grasslands of *Leymus chinensis* in Songnen Plain[J]. Biodiversity Science,2007,15(2):180-187. (in Chinese)

[18] 张大治,安玉英,张志高. 宁夏黄河湿地蝗虫区系组成分析[J]. 昆虫知识,2007,44(6):890-895.

ZHANG D Z,AN Y Y,ZHANG Z G. Analysis of the fauna composition of grasshoppers in Yellow River wetland of Ningxia[J]. Chinese Bulletin of Entomology,2007,44(6):890-895. (in Chinese)

[19] 李丽丽,赵成章,殷翠琴. 黑河上游天然草地蝗虫物种丰富度与地形关系的 GAM 分析[J]. 昆虫学报,2011,54(11):1312-1318.

LI L L,ZHAO C Z,YIN C Q. Species richness of grasshoppers (Orthoptera: acrididae) on natural grasslands in relation with topography in the upper reaches of Heihe river, western China analyzed with generalized additive models (GAMs) [J]. Acta Entomologica Sinica,2011,54(11):1312-1318. (in Chinese)

[20] 颜忠诚,陈永林. 内蒙古锡林河流域不同生境中蝗虫种类组成的分析[J]. 昆虫学报,1997,40(3):271-275.

YAN Z C,CHEN Y L. Compositions of grasshopper species of different habitatsin Xilin river district, Inner Mongolia[J]. Acta Entomologica Sinica,1997,40(3):271-275. (in Chinese)