

西藏飞蝗九个地理种群群居型 形态特征的数量分析^{*}

牙森·沙力^{1**} 高松¹ 格桑罗布² 尼玛次仁³ 张泽华^{1***}

- (1. 中国农业科学院植物保护研究所,北京 100193;农业部生物防治重点开放实验室,北京 100081;
农业部锡林浩特草原有害生物防治重点野外科学观测试验站,内蒙古锡林浩特 026000;
2. 西藏自治区畜牧兽医总站,拉萨 850000;3. 西藏自治区阿里地区畜牧局,阿里 859000)

Numerical analyses on morphometrics of nine geographical populations for gregarious *Locusta migratoria tibetensis*. YA SEN · Sha Li^{1**}, GAO Song¹, GE Sang Luo Bu², Ni Ma Ci Ren³, ZHANG Ze-Hua^{1**} (1. Key Laboratory for Biological Control of Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China; Xilinhot Key Field Station for Grassland Pest Control of Ministry of Agriculture, Xilinhot, Inner Mongolia 026000; Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Tibet Autonomous Region Animal Husbandry Station, Lasa 850000, China; 3. Ali District Agricultural and Animal Husbandry Bureau of Tibet Autonomous Region, Ali 859000, China)

Abstract A morphological index was used to quantify the morphological similarity 9 geographical populations of the gregarious phase of *Locusta migratoria tibetensis* Chen. The morphological indicators eleytron length (E), femur length (F), maximum width of head (C), and the ratio E/F, F/C, can be used as morphological markers to determine the relationship between geographical populations. The results obtained by two different statistical methods were similar, which suggests this method is an improvement in analyzing relationships between geographical populations of locusts. The 9 geographical populations were divided into three groups; the first including the Bai ba (BB) and Ba mei (BM) populations. The second group included the Pu lan (PL), Zha nang (ZN), Luo xu (LX) populations. The third group included the Ga er (GE), Xiang zi (XZ), Ri tu (RT) and Na ga (NG) populations.

Key words phase gregarious *Locusta migratoria tibetensis* geographical population numerical analyses

摘 要 为探讨群居型西藏飞蝗 *Locusta migratoria tibetensis* Chen 地理种群数量性状关系,从青藏高原 9 个地区采集到不同地理种群,以数值分析对形态指标及其比值进行了分析。结果表明,前翅长度 (E)、后足股节长度 (F)、头宽 (C) 形态指标和 E/F、F/C 两个比值可以作为分析种群关系的参数。聚类分析和主成分分析结果相似,能够较好地说明青藏高原 9 个种群的地理变异和种群相互关系,9 个地理种群可以分三个类群,即第 I 类群包括百巴 (BB) 与八美 (BM) 种群;第 II 类群包括普兰 (PL)、扎囊 (ZN)、洛须 (LX) 种群;第 III 类群包括噶尔 (GE)、香孜 (XZ)、日土 (RT)、那嘎 (NG) 种群。

关键词 群居型,西藏飞蝗,地理种群,数量性状

西藏飞蝗 *Locusta migratoria tibetensis* Chen 属于直翅目 Orthoptera,蝗总科 Acridoidea,斑翅蝗科 Oedipodidae,飞蝗属 *Locusta*,是一种青藏高原重大害虫^[1,2]。主要分布西藏阿里地区狮泉河流域、象泉河流域、孔雀河流域、日喀则地区、山南地区、林芝地区雅鲁藏布江流域,四川

西部甘孜州雅砻江流域、阿坝州、青海省南部玉

^{*} 资助项目:公益型行业(农业)科研专项“我国迁移性蝗害绿色防控技术与示范”(200903021)、国家科技支撑计划“农林重大生物灾害防控技术研究”(2006BAD08A02)、全国畜牧总站、农业部专项(2007)“农作物病虫害疫情检测与防治”。

^{**} E-mail: sycas@gmail.com

^{***} 通讯作者, E-mail: zhzhang@ippcaas.cn

收稿日期:2010-01-05,修回日期:2010-10-22

树州通天河流域^[3]。主要为害青稞、小麦、狗尾草、蒿草、异针茅、披碱草、芦苇、燕麦、白羊草、早熟禾等作物和杂草^[4~7]。据记载,1828-1952年在西藏45处曾发生蝗灾,1846-1857年连续发生,并严重影响了农作物产量^[8]。2003年开始连续3年大面积暴发,虫口密度一般在50~150头/m²,有2000头/m²的高密度区,且面积逐年扩大,灾害逐年加重,年成灾面积已近 2.7×10^9 m²。西藏飞蝗灾害具有突发性、暴发性、毁灭性的特点,严重威胁着农牧民的生产^[9,10]。

用形态测量方法研究飞蝗的变型,并以群居型区别飞蝗亚种是Uvarov开始的^[11]。群居型飞蝗具有明显的发生空间和时间间断的特点,不同地区的地理种群的差别较散居型为明显,故Uvarov的形态测量是有效的分析群居型飞蝗种群的方法^[12]。陈永林首次根据散居型

标本数量性状及其它特征测量观察,对国内西藏飞蝗、亚洲飞蝗和东亚飞蝗进行比较研究分析,确定西藏飞蝗的分类地位,并定名为西藏飞蝗 *L. m. tibetensis* Chen^[1]。Farrow和Colless(1980)认为飞蝗的散居状态在形态上趋于较小的变化,而在群居型种群中,因有变型程度的不同而变异较大^[14]。康乐等^[12,13]及Farrow和Colless^[14](1980)分别对飞蝗亚种种群地理变异、种群相互关系及亚种地位,通过形态标记法进行了数值分析。研究结果表明,不同地理种群的数量性状有可比性,而且很好的表现出地理适应性。但迄今为止有关群居型西藏飞蝗种群数量性状关系的数值分析未见研究报道。为此,作者于2007-2008年对西藏飞蝗9个地理种群群居型数量性状进行数值分析,试图说明青藏高原西藏飞蝗9个群居型地理种群数量性状的地理变异。

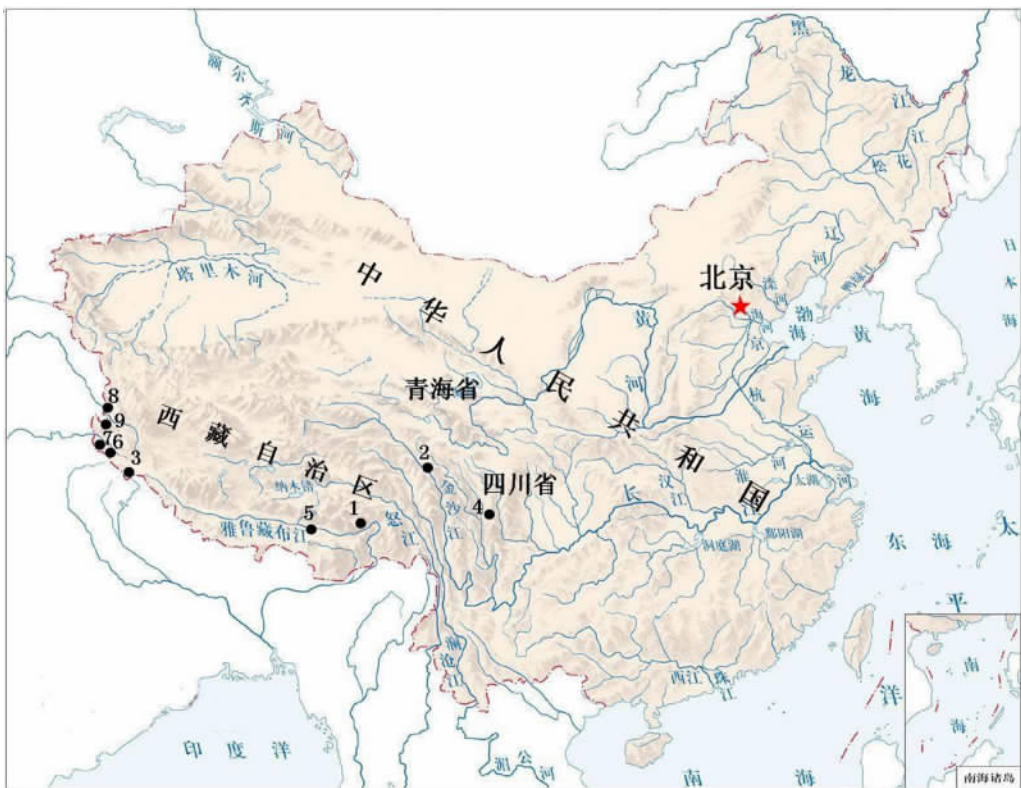


图1 西藏飞蝗群居型9个地理种群地理分布

1 材料与方法

1.1 供试材料

西藏飞蝗成虫标本分别采集于四川(2007年)、青海(2007年)和西藏(2007年,2008年)等省(自治区)西藏飞蝗群居型9个地理中群地理分布见图1,标本采集信息见表1。

1.2 方法

1.2.1 测量指标及比值 根据第四届国际蝗虫学会(1936)所规定的测量标准,以游标卡尺

测量了1 019个干制标本的形态指标^[11]。形态指标有前翅长度(Eleytron length,E)、后足股节长度(Femur length,F)和头宽(Maximum width of head,C)。形态指标比值有前翅长度与后足股节长度比值(Ratio between eleytron length and femur length,E/F)和后足股节长度与头宽比值(Ratio between femur length and maximum width of head,F/C)。将3个形态指标和2个形态指标比值以雌雄分组共10个参数(变量)进行运算。

表1 西藏飞蝗标本采集信息

序号	采集地点	地理种群	种群代码	海拔高度 (m)	分布河流	样本数(头)
1	西藏林芝百巴	百巴	BB	3018	雅鲁藏布江	99
2	四川甘孜石渠洛须	洛须	LX	3358	金沙江	39
3	西藏阿里普兰	普兰	PL	4135	孔雀河	27
4	四川甘孜道孚八美	八美	BM	3541	雅砻江	35
5	西藏山南扎囊	扎囊	ZN	3584	雅鲁藏布江	38
6	西藏阿里扎达那嘎	那嘎	NG	3756	象泉河	15
7	西藏阿里扎达香孜	香孜	XZ	4029	象泉河	137
8	西藏阿里日土	日土	RT	4154	狮泉河	28
9	西藏阿里噶尔	噶尔	GE	4225	狮泉河	403

1.2.2 数据统计 原始数据的数值分析采用标准的数值分类(Numerical taxonomy)程序。对表2的形态指标及其比值用SAS 8.0进行系统聚类分析(Hierarchical Cluster Analysis)和主成分分析(Principal Component Analysis)。系统聚类分析(Hierarchical Cluster Analysis)用于将一批样本量(参数)的亲疏程度进行分类。一般依据样本间的距离或相似系数进行,按样本距离定义类间距离,将n个样本各自看作一类,对两类距离最小的样本合并,重新计算类间距离。如此反复进行,直到所有样本合并为一类,最后用聚类系谱图反映。主成分分析(Principal Component Analysis)是一个简化数据结构、减少变量个数的有效工具,有简化运算的特点,在多个变量的数据分析中,各变量之间往往存在一定的相关性,对这些多个变量同时进行多元分析较为复杂,如果能利用已有变量构造一个综合参数(变量),再对此进行分析。它

可以将身体上各性状所起的作用即综合起来,又可以分离出与之相关性最小,而信息含量大的性状组合。假设有p个数值变量,主成分分析将产生p个主分量。其中每一个分量是原始变量的一个线性组合,其系数为数值变量的相关系数矩阵(或方差-协方差矩阵)的特征向量,方差为特征值。主分量按特征值大小排序,特征值最大为第一主分量,具有最大的方差^[15]。

2 结果与分析

2.1 西藏飞蝗种群形态参数及其比值

群居型西藏飞蝗9个地理种群,雌性、雄性测量指标及其比值平均值见表2和表3。

2.2 种群数量性状系统聚类分析

通过SAS进行的系统聚类分析将群居型西藏飞蝗9个地理种群形成9个操作单元或分类单元(Operational taxonomic units,简称OTU)

(图 2)。从图 2 中可以看出 ,由 9 个操作单元可形成 3 个类群。第Ⅰ类群由西藏林芝雅鲁藏布江支流尼洋河流域百巴种群与四川甘孜雅砻江流域八美种群组成。第Ⅱ类群由四川甘孜金沙江流域洛须种群、西藏山南雅鲁藏布江流域

中游扎囊种群与西藏阿里南部孔雀河流域普兰种群组成。第Ⅲ类群由西藏阿里象泉河流域那嘎和香孜种群与西藏阿里狮泉河流域日土和噶尔种群逐渐归并而形成。

表 2 群居型雌性西藏飞蝗 9 个地理种群形态参数

种群	代号	前翅长度 E (mm)	后足股节长度 F (mm)	头宽度 C (mm)	前翅长度与后足 股节长度比值 E/F	后足股节长度与 头宽度比值 F/C
百巴	BB	30.67 ± 0.38	16.54 ± 0.26	5.55 ± 0.07	1.86 ± 0.03	2.99 ± 0.05
洛须	LX	39.26 ± 0.35	20.55 ± 0.17	6.53 ± 0.06	1.72 ± 0.13	3.15 ± 0.03
普兰	PL	40.72 ± 0.40	21.27 ± 0.22	6.18 ± 0.09	1.91 ± 0.02	3.44 ± 0.05
八美	BM	35.07 ± 0.05	18.21 ± 0.10	5.95 ± 0.01	1.93 ± 0.01	3.06 ± 0.01
扎囊	ZN	38.98 ± 0.56	21.07 ± 0.46	6.61 ± 0.11	1.85 ± 0.03	3.19 ± 0.07
那嘎	NG	38.71 ± 0.64	19.42 ± 0.19	5.99 ± 0.09	1.99 ± 0.02	3.24 ± 0.05
香孜	XZ	39.30 ± 0.43	19.65 ± 0.18	6.17 ± 0.07	2.00 ± 0.02	3.19 ± 0.02
日土	RT	38.95 ± 0.11	20.16 ± 0.29	6.05 ± 0.08	1.93 ± 0.01	3.34 ± 0.09
噶尔	GE	38.80 ± 0.18	19.32 ± 0.13	6.23 ± 0.03	2.01 ± 0.03	3.10 ± 0.01
平均	37.83 ± 0.34	19.58 ± 0.22	6.14 ± 0.06	1.91 ± 0.03	3.19 ± 0.04	

注:表中数据为平均值 ± 标准误。(下表同)

表 3 群居型雄性西藏飞蝗 9 个地理种群形态参数

种 群	代 号	前翅长度 E (mm)	后足股节长度 F (mm)	头宽度 C (mm)	前翅长度与后足 股节长度比值 E/F	后足股节长度与 头宽度比值 F/C
百巴	BB	26.67 ± 1.37	14.73 ± 0.57	4.59 ± 0.21	1.81 ± 0.04	3.21 ± 0.04
洛须	LX	31.71 ± 0.46	16.86 ± 0.12	4.97 ± 0.05	1.88 ± 0.02	3.40 ± 0.02
普兰	PL	33.54 ± 0.64	17.55 ± 0.06	4.70 ± 0.05	1.91 ± 0.01	3.74 ± 0.04
八美	BM	29.99 ± 0.34	15.92 ± 0.14	4.60 ± 0.02	1.88 ± 0.02	3.46 ± 0.03
扎囊	ZN	32.60 ± 0.81	17.72 ± 0.41	5.12 ± 0.09	1.84 ± 0.02	3.46 ± 0.05
那嘎	NG	34.09 ± 0.26	16.83 ± 0.33	5.05 ± 0.07	2.03 ± 0.02	3.33 ± 0.04
香孜	XZ	33.28 ± 0.67	17.40 ± 0.16	5.10 ± 0.08	1.91 ± 0.02	3.42 ± 0.05
日土	RT	34.31 ± 0.65	17.09 ± 0.24	5.21 ± 0.12	2.01 ± 0.02	3.29 ± 0.08
噶尔	GE	34.00 ± 0.13	17.14 ± 0.13	5.27 ± 0.04	1.97 ± 0.01	3.28 ± 0.03
平均	32.24 ± 0.59	16.80 ± 0.3	4.96 ± 0.08	1.92 ± 0.02	3.40 ± 0.04	

2.3 种群数量性状主成分分析

主成分分析结果表明:前三个主成分占总信息量的 93.31% ,第 1 个主成分 Prin1 = (0.391E + 0.402F + 0.275C + 0.229E/F + 0.198F/C) 雄性 + (0.408E + 0.384F + 0.303C + 0.078E/F + 0.327F/C) 雌性 ,特征值为 5.8642 ,能说明总变异的 58.64% 为前翅长度、后足股节长度、头宽度、前翅长度与后足股节长

度比值的综合效应 ,系数相接近 ,是形态指标及其比值的加权平均 ,代表 9 个种群在青藏高原的地理分化程度。第 2 个主成分 Prin2 = (0.212E - 0.059F + 0.324C + 0.492E/F - 0.429F/C) 雄性 + (- 0.043E - 0.238F - 0.295C + 0.522E/F - 0.057F/C) 雌性 ,特征值为 2.1793 ,能说明总变异的 21.79% 在雄性前翅长度、头宽、前翅长度与后足股节长度比

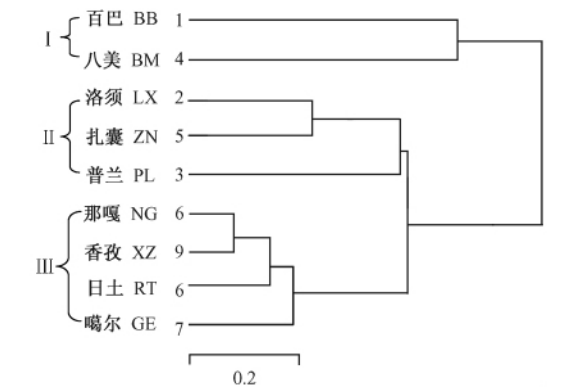


图2 群居型西藏飞蝗地理种群
系统聚类分析树系图

值,雌性前翅长度与后足股节长度比值上有正系数。在雄性后足股节长、后足股节长与头宽度比值,雌性前翅长度、后足股节长度、头宽、后足股节长度与头宽比值有负系数,其中前翅长度与后足股节长度系数比其它系数较大,第二主成分反应了雄性和雌性形态参数的差别。第3个主成分 $Prin3 = (0.022E - 0.063F - 0.487C + 0.14E/F + 0.5F/C)$ 雄性 + $(-0.003E - 0.043F - 0.427C + 0.351E/F + 0.425F/C)$ 雌性,特征值为 1.2874,能说明总变异的 12.87% 为雄性前翅长度、头宽、前翅长度与后足股节长度比值、后足股节长度与头宽比值,雌性前翅长度与后足股节长度比值、后足股节长度与头宽度比值与雄性后足股节长度、头宽,雌性前翅长度、后足股节长度、头宽的对比,其中前翅长度与后足股节长度和后足股节长度与头宽具有较高的系数,反应了形态指标比值的重要意义(表4)。

用表5中群居型西藏飞蝗不同地理种群数量性状及其参数平均值运算而得到的前三个主成分得分制作二位排序图(图3),从图3中可以看出群居型西藏飞蝗地理种群的相互关系。

根据二位排序图3中结果,作者将9个地理种群组合分成三个主要类群。结果表明第I类群由西藏林芝林芝尼洋河流域百巴种群和四川甘孜道孚雅砻江流域八美种群组成。第II类群由四川甘孜石渠金沙江流域洛须种群、西藏山南雅鲁藏布江流域中游扎囊种群和西藏阿里

扎达孔雀河流域普兰种群组成。第III类群由西藏阿里狮泉河流域那嘎和香孜种群,西藏阿里噶尔象泉河流域日土和噶尔种群组成。

表4 群居型西藏飞蝗地理种群数量性状主成分参数

主成分	特征值	方差贡献率	累计方差贡献率
Prin1	5.8642	0.5864	0.5864
Prin2	2.1793	0.2179	0.8044
Prin3	1.2874	0.1287	0.9331
Prin4	0.4946	0.0495	0.9826
Prin5	0.1539	0.0154	0.9979
Prin6	0.0189	0.0019	0.9998
Prin7	0.0013	0.0001	1.0000
Prin8	0.0003	0	1.0000
Prin9	0	0	1.0000

表5 西藏飞蝗群居型地理种群数量性状主成分得分

种群	代号	主成分得分		
		Prin 1	Prin 2	Prin 3
百巴	BB	-5.541	-0.012	0.044
洛须	LX	0.395	-1.867	-1.516
普兰	PL	2.131	-1.685	2.199
八美	BM	-2.324	-0.440	0.810
扎囊	ZN	1.401	-1.523	-1.214
那嘎	NG	0.797	1.788	0.503
香孜	XZ	0.914	0.564	0.071
日土	RT	1.428	1.434	-0.018
噶尔	GE	0.799	1.739	-0.879

第I类群和第III类群的组成在图3(a、b、c)中基本一致,但在图3:b内象泉河流域的噶尔(GE)种群 $Prin1 + 3$ 组合值与第II类群内扎囊(ZN)种群接近,而与狮泉河流域的日土(RT)种群、象泉河流域的香孜(XZ)种群、那嘎(NG)种群间存在差异。普兰(PL)种群与洛须(LX)种群和扎囊(ZN)种群 $Prin1 + 3$ 组合值之间差异较大,而与那嘎(NG)种群之间差异最小。图3:c中第III类群内香孜(XZ)种群的组合值与第I类群内百巴(BB)种群组合值接近。普兰(PL)种群与洛须(LX)种群和扎囊(ZN)种群之间同样差异较大。

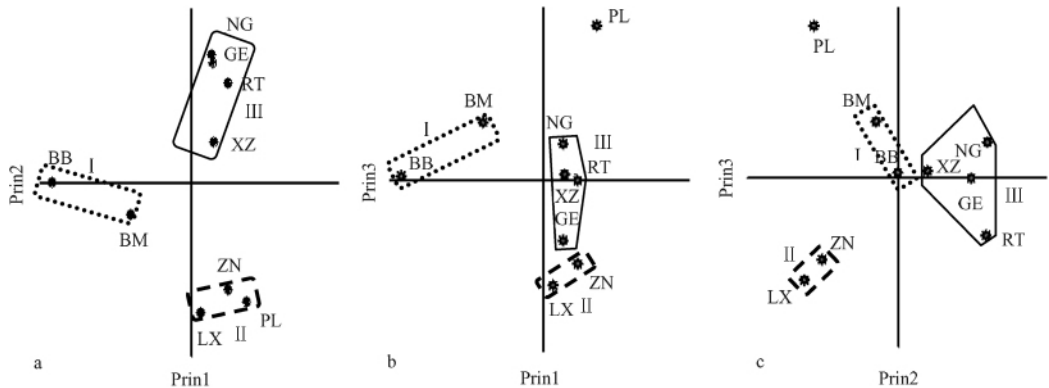


图3 群居型西藏飞蝗9个地理种群主成分分析(PCA)二位排序图

a 为第一和第二主成分得分 b 为第一和第三主成分得分 c 为第二和第三主成分得分

3 讨论

本项研究中采用 E、F、C 3 个形态指标和 E/F、F/C 2 个比值,共 10 形态参数(变量)进行运算,很好的揭示了 9 个地理种群数量性状变异和相互关系。将 E/F 和 F/C 2 个比值直接作为参数投入运算时效应明显,与康乐等所得结果一致^[12,13]。西藏林芝百巴具有温暖潮湿型气候,年平均降水量 650 mm 左右。四川甘孜道孚八美具有山地温带潮湿型气候特点,年平均降水量为 618 mm,以上两个分布区域每年 5~9 月为雨季^[16,17]。因此分布于林芝百巴雅鲁藏布江支流尼洋河流域和四川道孚八美雅砻江流域的西藏飞蝗生长发育比其它地区较晚而体型最小。西藏山南扎囊雅鲁藏布江流域具有高原温带半干旱季风气候特点、年平均降水量 345 mm。四川甘孜石渠洛须金沙江流域具有温带季风半干旱河谷生态气候特点^[18],而西藏阿里普兰孔雀河流域是温暖半干旱型气候与寒冷干旱型气候交叉点,因此普兰(PL)种群不仅是形态指标上发生变异,而且 F/C 有差异较大,形成特殊种群^[17]。阿里噶尔象泉河流域和狮泉河流域属于寒冷干旱型气候,夏季日照充足,从而为西藏飞蝗生长发育提供了良好的生态因素与环境条件^[19]。

自然界里在生物因素和环境因素的影响下,生物外部形态和遗传结构上发生变化,从而

种内和种间形成数量性状变异和遗传多态性。复杂多变的独特气候条件下,昆虫不仅在生长发育、种群密度中有较大的差异,而且在地理形态特征异质性也有显著差异。另外数量性状的变异与地理种群分布区域环境因素之间存在何种关系?反映各气候地带特征,西藏飞蝗生理生化变化规律等方面需要进一步深入研究。

致谢 非常感谢中国科学院动物研究所陈永林研究员对本项研究拟定计划到实行整个过程中给予的多方面指导和帮助。感谢中国科学院动物研究所李鸿昌研究员对数据统计所提的宝贵意见。四川省草原工作站周俗、侯仲、唐川江,甘孜州草原工作站马健生、谢红旗,青海省草原总站张生合,西藏自治区畜牧畜总站白松等同志在标本采集过程中提供便利,在此一并表示感谢!

参 考 文 献

- 1 陈永林. 飞蝗新亚种—西藏飞蝗 *Locusta migratoria tibetensis* ssp. 昆虫学报, 1963, 12(4): 463~475.
- 2 李庆, 封传红, 张敏, 等. 西藏飞蝗的生物学特性. 昆虫知识 2007, 44(2): 210~213.
- 3 王宝海, 袁维红, 王成明, 等. 西藏昆虫区系及其演化. 郑州: 河南科学技术出版社, 1992. 1~366.
- 4 唐昭华, 王保海, 王成明, 等. 西藏飞蝗蝗蝻的习性. 西藏农业科技, 1992, 2: 37~40.
- 5 唐昭华, 王保海, 王成明. 食料结构对西藏飞蝗生殖的影响. 西藏农业科技, 1993, 15(2): 25~27.
- 6 唐昭华, 王保海, 王成明, 等. 西藏飞蝗为害麦作的防治指

- 标探讨. 西藏农业科技, 1994, 15(1): 18 ~ 21.
- 7 杨群芳, 廖志昌, 李庆, 等. 西藏飞蝗食性及其防治指标. 植物保护学报, 2008, 35(5): 399 ~ 404.
- 8 Chen Y. L., Zhang D. E. Historical evidence for population dynamics of Tibetan migratory locust and the forecast of its outbreak. *Entomologia Sinica*, 1999, 6(2): 135 ~ 145.
- 9 Chen Y. L. The main achievement of research and control about migratory locust in China. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2000, 37(1): 55 ~ 59.
- 10 苏红田, 白松, 姚勇. 近几年西藏飞蝗的发生与分布. 草业科学, 2007, 27(1): 78 ~ 80.
- 11 Uvarov B. P. Revision of the genus *Locusta* L. (= *pachytylus* Fieb.), with a new theory as to the periodicity and migrations of locusts. *Bulletin Entomological Research*, 1921, 12: 135 ~ 163.
- 12 康乐, 李鸿昌, 陈永林. 中国散居型飞蝗种群数量性状变异的分析. 昆虫学报, 1989, 32(4): 418 ~ 426.
- 13 康乐, 陈永林. 散居型飞蝗种群相互关系的数量分析. 动物学集刊, 1991, 8: 71 ~ 82.
- 14 Farrow R. A., Colless D. H. Analysis of the interrelationships of geographical races of *Locusta migratoria* (Linnaeus) (Orthoptera: Acrididae), by numerical taxonomy, with special reference to sub speciation in the tropics and affinities of the Australian race. *Acrida*, 1980, 9: 77 ~ 99.
- 15 惠大丰, 姜长鉴. 统计分析系统 SAS 软件实用教程. 北京: 北京航空航天大学出版社. 1996. 1 ~ 180.
- 16 <http://www.weatherinfo.com.cn/qhbj/qh/NQQH.html>.
- 17 杜军, 边多, 胡军, 等. 西藏近 35 年日照时数的变化特征及其影响因素. 地理学报, 2007, 62(5): 492 ~ 500.
- 18 方海东, 段昌群, 潘志贤. 金沙江干热河谷生态恢复研究进展及展望. 三峡环境与生态, 2009, 2(1): 5 ~ 9.
- 19 尚可政, 韩晶晶, 杨德保, 等. 西藏西北高原气候变化趋势及预测——以狮泉河站为例. 兰州大学学报(自然科学版), 2006, 42(6): 27 ~ 32.