应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(4):862—871

散居型西藏飞蝗九个地理种群形态特征的数量分析*

牙森·沙力[1**] 高 松[1**] 白 松[2] 农向群[1] 涂雄兵[1] 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)

摘 要 为阐明西藏飞蝗 *Locusta migratoria tibetensis* Chen 散居型地理种群数量性状的地理变异,将散居型西藏飞蝗 9 个地理种群雌、雄个体的前翅长度(E)、后足股节长度(F)、头宽(C)、前翅长度与后足股节长度比值(E/F)、后足股节长度与头宽比值(F/C) 5 项形态特征参数进行系统聚类分析和主成分分析。结果表明,系统聚类分析和主成分分析结果有显著差异。应用这些参数对地理种群形态特征的地理变异进行分析时难以提供明确的结果,无法解释其形态特征变异与自然地理条件之间的关系,说明西藏飞蝗不同地理种群的散居型尚未形成自然类型。

关键词 散居型,西藏飞蝗,数量性状,地理变异

Numerical analysis on morphometrics of nine geographical populations of Tibetan migratory locust: *Locusta migratoria tibetensis* Chen phase solitarious

Yasen · Shali[1**] GAO Song[1**] BAI Song[2] NONG Xiang-Qun[1]
TU Xiong-Bing[1] ZHANG Ze-Hua[1***]

(1. Key Laboratory for Biological Control of Ministry of Agriculture, Beijing 100081; Xilinhot Key Field Station for Grassland Pest Control of Ministry of Agriculture, Xilinhot 026000; Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Tibet Autonomous Region, Animal Husbandry Station, Lhasa 850000, China)

Abstract The morphometrics of nine geographical populations of the solitary Tibetan migratory locust: *Locusta migratoria tibetensis* Chen were analyzed using Hierarchical Cluster Analysis (HCA) and Principal Component Analysis (PCA). Variables examined were tegmen length (E), posterior femur length (F), maximum width of head (C), tegmen length and posterior femur length ratio (E/F), posterior femur length and maximum head width ratio (F/C). There was a significant difference between the results obtained from HCA and PCA making it difficult to explain morphological variation in the above 5 parameters. Variation in the 5 morphometric parameters did not correspond to variation in either geography or environmental conditions. The results imply that the solitary Tibetan migratory locust does not display consistent geographic variation in the morphometric variables measured.

Key words solitaria, *Locusta migratoria tibetensis*, numerical characteristics, geographical variation

飞蝗 *Locusta migratoria* Linnaeus 是世界范围内的重要害虫。广泛分布于热带、亚热带、温带及冷带,具有环境和密度相关的生态型(Farrow, 1977)。目前可分为东亚飞蝗 *L. m. manilansis* Meyen、亚洲飞蝗 *L. m. migratoria* Linnaeus、西藏飞蝗 *L. m. tibetansis* Chen、俄罗斯飞蝗 *L. m. rossica* Uvarov & Zolotarevsky、西欧飞蝗 *L. m. gallicca* Remaudiere、地中海飞蝗 *L. m. cineracens* Febricius、非洲飞蝗 *L. m. migratorioides* Reiche & Fairmaire、何氏飞蝗 *L. m. remaudiere* Harz、马达加斯加飞蝗 *L. m. capito* Saussure、缅甸飞蝗 *L. m. burmana* Ramme 10 个亚种(李春选和马恩波,

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200903021、20100379)。
** 并列第一作者,E-mail: sycaas@gmail.com; E-mail: sgao@ippcaas.cn
*** 通信作者,E-mail: lgbcc@263.net
收稿日期:2011-04-26,接受日期:2011-05-19

2003;陈永林,2007)。其中东亚飞蝗、亚洲飞蝗、西藏飞蝗是国内分布的亚种。西藏飞蝗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,青海省南部玉树州通天河流域(陈永林,1963;王保海等,1992;苏红田等,2007)。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(唐昭华等,1992,1993,1994;杨群芳等,2008)。

Uvarov(1921,1936)首次利用飞蝗的前翅长度(E)、前胸背板长度(P)、后足股节长度(F)、前胸背板最宽处宽度(Mx)、后足股节长度与前翅长度比值(F/E)、前胸背板宽度与长度比值(Mx/P)等一系列形态测量数据及其比例对飞蝗的两型问题进行研究。Plotnikov(1927)认为将前翅长度与后足股节长度比值(E/F)作为参数时更精确地反应飞蝗形态变化。Uvarov(1966)从19项形态指标中指出了雌雄性有显著差异的8项形态指标作为参数研究其形态变化。Farrow 和 Colles(1980)应用E、F、C 3种形态指标,雌雄性共6个参数对世界飞蝗亚种31个散居型地理种群进行形态特征的数量分析,将飞蝗不同地理种群归纳了4个大组,解释了亚种之间差异。牙森·沙力(2010)等对群居型西藏飞蝗9个地理种群形态特征进行系统聚类分析和主成分分析,解释了群居型地理种群数量性状的地理变异关系。本文通过数值分类学的方法,试图说明西藏飞蝗散居型地理种群形态特征的地理变异,并与群居型地理种群进行比较,探讨了气候因素与散居型地理种群数量性状变异相互关系。

1　材料与方法

1.1　供试虫源及其地理分布

西藏飞蝗成虫散居型活体标本于2007—2010年夏季成虫阶段分别采集于9个蝗区。将标本带回实验室,制作干制标本,烘干后进行形态测量。成虫标本在体色和体型上是典型的散居型个体标本。采集地点具体信息见表1,标本采集点地理分布见图1。

表1　西藏飞蝗标本采集地信息

Table 1　Sampling sites information of the Tibetan migratory locust

采集地点 Collection sites	种群 Population	代码 Code	经度 Longitude	维度 Latitude	海拔高度 Altitude	河流 River	样本数 Sample
西藏林芝百巴 Baiba Nyingchi Tibet	百巴 Baiba	BBNT	29° 43′ 23.06″	094° 18′ 06.72″	3 018 m	雅鲁藏布江 Brahmaputra River	49
四川甘孜石渠洛须 Luoxu Serxfi Garze Sichuan	洛须 Luoxu	LSGS	32° 31′ 02.00″	097° 49′ 14.50″	3 358 m	金沙江 Jinsha River	88
西藏阿里普兰 Burang Ngari Tibet	普兰 Burang	BNT	30° 31′ 12.70″	101° 29′ 75.30″	3 485 m	孔雀河 Majiazangbu River	15
四川甘孜道孚八美 Bamei Dawu Garze Sichuan	八美 Bamei	BDGS	30° 35′ 42.50″	101° 26′ 45.00″	3 541 m	雅砻江 Yalong River	19
西藏山南扎囊 Chatang Shannan Tibet	扎囊 Chatang	CST	29° 14′ 35.49″	091° 19′ 59.25″	3 584 m	雅鲁藏布江 Brahmaputra River	27
西藏阿里扎达那嘎 Nag Zanda Ngari Tibet	那嘎 Nag	NZNT	31° 05′ 33.70″	079° 07′ 98.50″	3 756 m	象泉河 Langqinsangbu River	8
西藏阿里扎达香孜 Xiangzi Zanda Ngari Tibet	香孜 Xiangzi	XZNT	31° 07′ 09.25″	079° 51′ 53.70″	4 029 m		63
西藏阿里日土 Rutog Ngari Tibet	日土 Rutog	RNT	33° 09′ 25.64″	079° 09′ 34.27″	4 154 m	狮泉河 Sengezangbu River	18
西藏阿里噶尔 Gar Ngari Tibet	噶尔 Gar	GNT	32° 26′ 42.60″	079° 09′ 06.10″	4 225 m		11

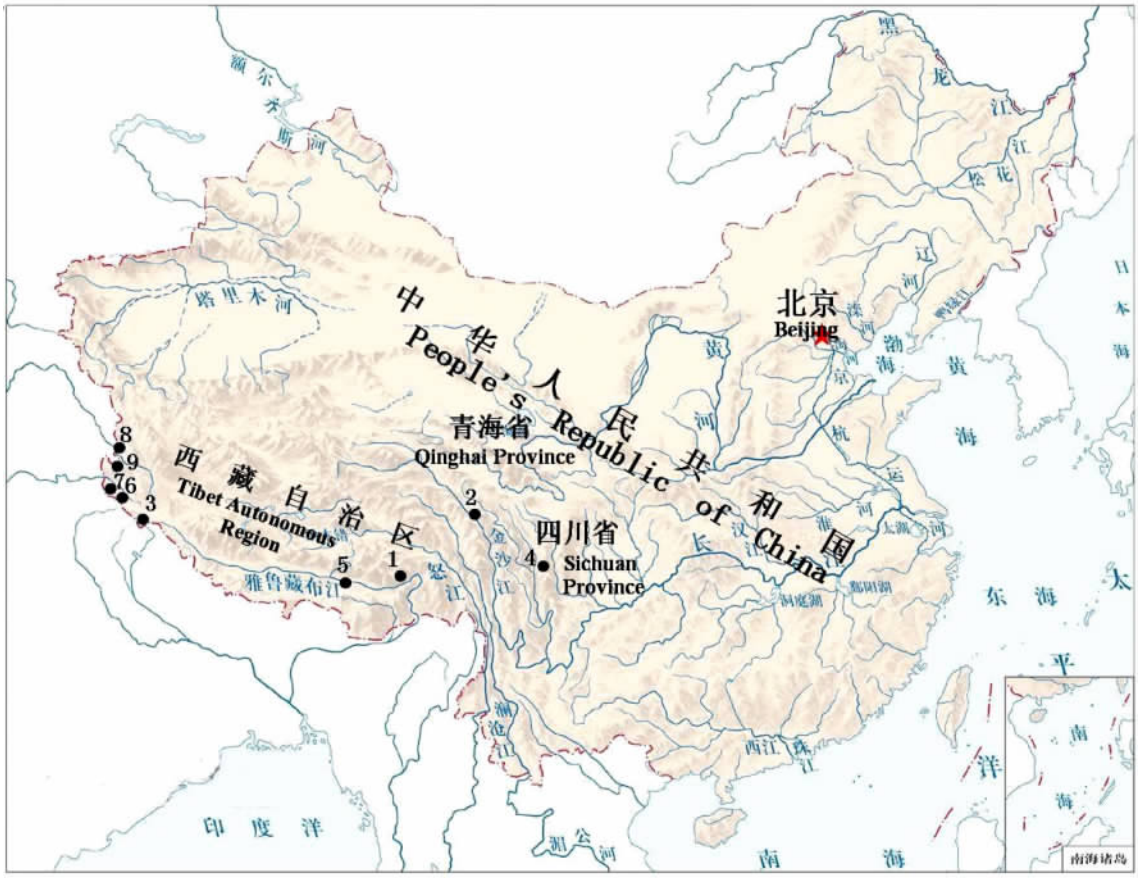

图 1 西藏飞蝗标本采集点地理分布

Fig. 1 Geographical distribution of sampling collection sites of *Locusta migrtoria tibetensis*

1-BBNT、2-LSGS、3-BNT、4-BDGS、5-CST、6-NZNT、7-XZNT、8-RNT、9-GNT

1.2 形态指标及其测量原理

飞蝗形态测量标准以第四届国际蝗虫学会议(1936)所规定的标准形态测量指标作为参考,将青藏高原西藏飞蝗 9 个地理种群散居型成虫形态特征以游标卡尺(精确度: 0.01 mm)进行测量而获得(Uvarov,1966)。形态测量指标有①前翅长度(tegmen or elytron length - E)、②后足股节长度(posterior femur length - F)、③头宽(maximum width of head - C)(图 2)。

1.3 数据统计

将每个地理种群的雌性和雄性个体的形态指标平均值和比值平均值,共 10 个参数组合一起作为一个整体观察值(表 2),以 SAS8.0 软件进行系统聚类分析(Hierarchical Cluster Analysis,HCA)和主成分分析(Principal Component Analysis,PCA)。形态测量指标有①前翅长度(tegmen length-E)、②后足股节长度(posterior femur length-F)、③头宽(maximum width of head-C);换算比值有①前翅长度与后足股节长度比值(the ratio between tegmen length and posterior femur length-E/F)、②后足股节长度与头宽比值(the ratio between posterior femur length and maximum width of dead-F/C)。聚类分析主要采用了系统聚类分析(Hierarchical Cluster Analysis)方法,其中系统聚类分析的距离系数为类平均法(惠大丰和姜长鉴,1996)。

2 结果与分析

2.1 系统聚类分析

根据系统聚类分析的原理将 9 个地理种群(9 个操作单元)亲疏程度进行分类,首先聚类的是象泉河流域的香孜地理种群(XZNT)和狮泉河流域的日土地理种群(RNT),这 2 个地理种群相似程

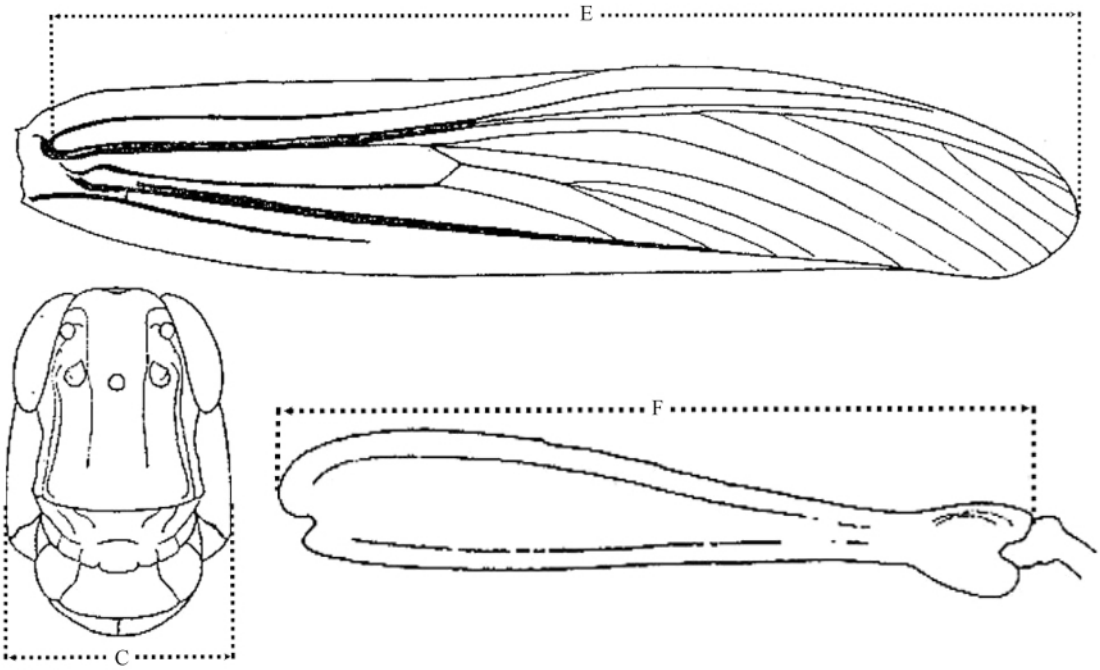

图 2　3 种形态指标的形态测量标准图解(Dirsh,1953)

Fig. 2　Standard scheme of morphometric measurements of three morphometric measurements (Dirsh,1953)

E 为前翅长度 Tegmen (elytron) length; F 为后足股节长度 Posterior femur length; C 为头宽度 Maximum width of head.

表 2　西藏飞蝗 9 个地理种群散居型成虫形态参数

Table 2　Morphometric parameters of adults of 9 geographical populations of *Locusta migratoria tibetensis* phase solitarious

种群代码 Population Code	前翅长度 Elytron length E (mm)		后足股节长度 Posterior femur length F (mm)		头宽度 Maximum width of head C (mm)		前翅长度与后足股节长度比值 Elytron length and posterior femur length ratio E/F		后足股节长度与头宽度比值 Posterior femur length and maximum head width ratio F/C	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
BBNT	30.99 ± 0.29	25.61 ± 0.08	17.25 ± 0.24	14.53 ± 0.10	5.62 ± 0.04	4.45 ± 0.09	1.80 ± 0.02	1.76 ± 0.02	3.07 ± 0.04	3.29 ± 0.05
LSGS	38.78 ± 0.40	31.51 ± 0.08	20.49 ± 0.19	16.96 ± 0.16	6.42 ± 0.06	4.95 ± 0.04	1.88 ± 0.01	1.86 ± 0.01	3.19 ± 0.02	3.43 ± 0.02
BNT	41.43 ± 0.65	32.52 ± 0.13	21.52 ± 0.22	17.16 ± 0.17	6.27 ± 0.07	4.67 ± 0.11	1.92 ± 0.02	1.90 ± 0.02	3.43 ± 0.03	3.68 ± 0.07
BDGS	37.77 ± 1.42	30.20 ± 0.09	20.37 ± 0.61	16.42 ± 0.20	6.11 ± 0.17	4.72 ± 0.04	1.85 ± 0.03	1.84 ± 0.02	3.33 ± 0.03	3.48 ± 0.03
CST	38.83 ± 1.20	32.21 ± 0.08	20.84 ± 0.45	18.06 ± 0.13	6.30 ± 0.23	5.11 ± 0.07	1.86 ± 0.03	1.78 ± 0.01	3.33 ± 0.08	3.54 ± 0.04
NZNT	38.43 ± 0.70	34.09 ± 0.35	19.00 ± 0.50	17.72 ± 0.56	5.95 ± 0.14	5.13 ± 0.14	2.02 ± 0.03	1.93 ± 0.05	3.19 ± 0.02	3.46 ± 0.04
XZNT	38.17 ± 0.34	32.21 ± 0.07	20.22 ± 0.15	17.04 ± 0.10	6.00 ± 0.09	4.78 ± 0.05	1.89 ± 0.02	1.88 ± 0.01	3.39 ± 0.06	3.59 ± 0.03
RNT	38.56 ± 0.48	31.97 ± 0.09	20.48 ± 0.23	17.33 ± 0.14	6.23 ± 0.07	4.89 ± 0.07	1.88 ± 0.02	1.84 ± 0.03	3.29 ± 0.03	3.55 ± 0.05
GNT	40.24 ± 0.81	32.89 ± 0.13	20.46 ± 0.47	16.92 ± 0.39	6.44 ± 0.15	5.76 ± 0.67	1.97 ± 0.05	1.95 ± 0.04	3.19 ± 0.08	3.02 ± 0.25

注:表中数据为平均值和标准误。

Data in the table are means ± SE.

度最高。这 2 个地理种群逐渐与金沙江流域的洛须地理种群(LSGS)、雅鲁藏布江中游的扎囊地理种群(CST)、雅鹿江流域的八美地理种群(BDGS)聚在一起,并且相似程度依次降低。第 2 次聚类

的是象泉河流域孔雀河支流的普兰地理种群(BNT)与狮泉河流域的噶尔地理种群(GNT)聚在一起,相似程度低于第1次聚类的象泉河流域香孜地理种群(XZNT)和狮泉河流域日土地理种群(RNT)的相似程度。然后象泉河流域那嘎地理种群(NZNT)逐渐与第1次聚类的象泉河流域香孜地理种群(XZNT)和狮泉河流域日土地理种群(RNT)、象泉河流域孔雀河支流普兰地理种群(BNT)和狮泉河流域噶尔地理种群(GNT)合并在一起,整体形态特征相似程度较低,差异逐渐显著。最后分出来的是,数量性状与其它地理种群间有显著差异的最小体型的雅鲁藏布江流域尼洋河支流的百巴地理种群(BBNT)(图3)。

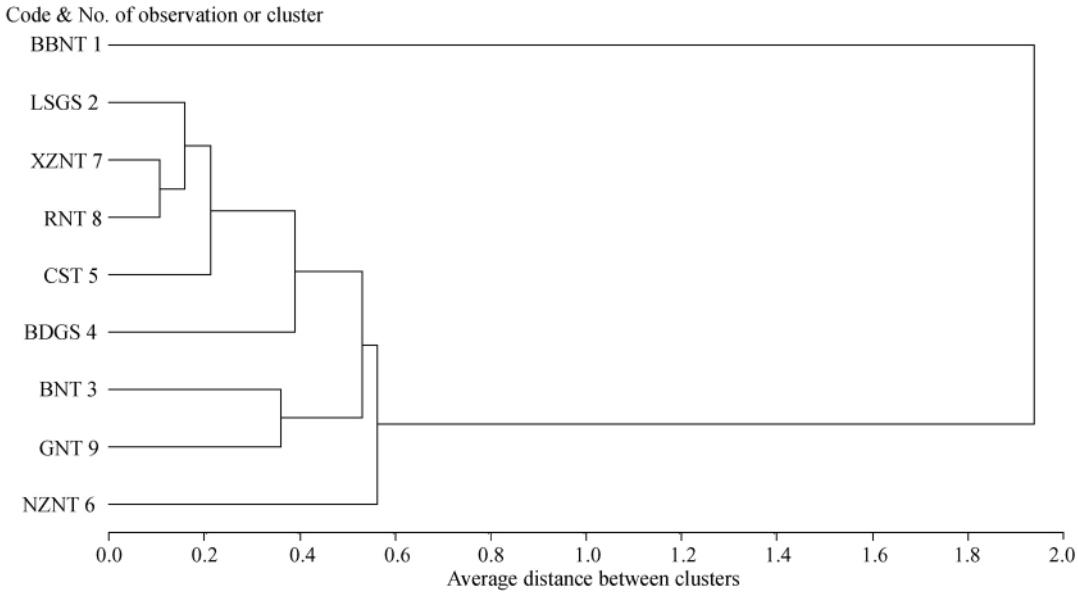

图3 散居型飞蝗9个操作单元系统聚类分析树系图

Fig. 3 Phenogram of group average clustering (UPGMA) for 9 OTU's in the solitarious phase

2.2 主成分分析

主成分分析结果表明,前3个主成分占总信息量的93.06%,因此就用前3个主成分可以说明数量性状变异情况(表3)。

表3 主成分分析相关系数矩阵的特征值

Table 3 Eigenvalues of the correlation matrix of PCA

主成分 Prin	特征值 Eigenvalue	特征值差数 Difference	贡献率 Proportion	累计贡献率 Cumulative
Prin 1	5.7614	3.2545	0.5761	0.5761
Prin 2	2.5069	1.4687	0.2507	0.8268
Prin 3	1.0381	0.5566	0.1038	0.9306
Prin 4	0.4815	0.2961	0.0482	0.9788
Prin 5	0.1854	0.1597	0.0185	0.9973
Prin 6	0.0257	0.0249	0.0026	0.9999
Prin 7	0.0008	0.0006	0.0001	1.0000
Prin 8	0.0002	0.0002	0.0000	1.0000
Prin 9	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

第一主成分特征值为 5.7614,其方差贡献率为 57.61%,是形态指标及其比值的综合效应,其中雌性前翅长度、后足股节长度、头宽度,雄性前翅长度、后足股节长度、前翅长度与后足股节长比值的系数较接近,其作用是基本上相等较高,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,雄性头宽度、后足股节长度与头宽度比值系数较小,起作用相对前者来说是较小的。

Prin 1 = (0.4077 E + 0.3473 F + 0.3317 C + 0.2952 E/F + 0.2376 F/C) ♀ + (0.3992 E + 0.3679 F + 0.2625 C + 0.3013 E/F + 0.0719 F/C) ♂

第二主成分特征值为 2.5069,其方差贡献率为 25.07%,是雌性前翅长度、后足股节长度、后足股节长度与头宽度比值和雄性后足股节长度、后足股节长度与头宽度比值的作用。其中雌性前翅长度、后足股节长度、后足股节长度与头宽度比值,雄性后足股节长度、后足股节长度与头宽度比值与雌性头宽度、前翅长度与后足股节长度比值(E/F),雄性前翅长度、头宽度、前翅长度与后足股节长度比值是相互对比。Prin 2 中雌性和雄性成虫前翅长度与后足股节长度比值系数相对其它参数的系数来看相互接近而较大,分别为 0.4683、0.5703,因此前翅长度与后足股节长度比值的作用最大,其次为雌性和雄性成虫后足股节长度,其作用系数分别为 0.2596、0.1085,最小的为雌性成虫前翅长度的作用系数,即 0.0728。其它参数系数都为负值,因此在 Prin 2 中起着负作用。

Prin 2 = (0.0728 E + 0.2596 F − 0.0100 C − 0.3193 E/F + 0.4683 F/C) ♀ + (−0.0390 E + 0.1085 F − 0.4329 C − 0.2828 E/F + 0.5703 F/C) ♂

第三主成分特征值为 1.0381,其方差贡献率为 10.38%,其中雌性前翅长度、后足股节长度、头宽度、雄性头宽度具有负系数,而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,雄性前翅长度、后足股节长度、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具有正系数,因此前者与后者具有相互对比关系。Prin 3 中主要是雌性西藏飞蝗成虫前翅长度与后足股节长度比值起着显著的作用,作用系数为 0.4707,其次为雄性西藏飞蝗成虫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,作用系数分别为 0.3342、0.3409,然后是雄性西藏飞蝗前翅长度,其作用系数为 0.2166。作用最小的为西藏飞蝗雌性成虫头宽度和雄性成虫后足股节长度,作用系数分别为 0.0551、0.0894。

Prin 3 = (−0.0721 E − 0.3315 F − 0.5605 C + 0.4707 E/F + 0.0551 F/C) ♀ + (0.2166 E + 0.0894 F − 0.2518 C + 0.3342 E/F + 0.3409 F/C) ♂

通过主成分分析得到每个地理种群前 3 个主成分的得分,以 Prin1 和 Prin2 组合、Prin2 和 Prin3 组合、Prin1 和 Prin3 组合而呈现二位排序图,解释不同参数在各地理种群归类中的效应。

Prin 1 和 Prin 2 组合而成的二位排序图可知,普兰(BNT)、香孜(XZNT)、扎囊(CST)、日土(RNT)形成一组,其中香孜(XZNT)、扎囊(CST)、日土(RNT)地理种群的形态指标和比值的综合效应接近,其次洛须(LSGS)、那嘎(NZNT)、噶尔(GNT)等地理种群数量性状变异逐渐加大,体型较小的八美(BDGS)和百巴(BBNT)地理种群中,百巴(BBNT)与普兰(BNT)、香孜(XZNT)、扎囊(CST)、日土(RNT)、香孜(XZNT)、扎囊(CST)、日土(RNT)之间差异明显大于八美(BDGS)与普兰(BNT)、香孜(XZNT)、扎囊(CST)、日土(RNT)、香孜(XZNT)、扎囊(CST)、日土(RNT)地理种群之间差异(图 4)。

Prin1 和 Prin3 组合而成的二位排序图可知,香孜(XZNT)、普兰(BNT)地理种群为一组,其中前翅长度、前翅长度与后足股节长度比值的贡献率极大,洛须(LSGS)、噶尔(GNT)、扎囊(CST)地理种群主成分得分组合效应较接近而聚集为一组,但与日土(RNT)地理种群之间有差异。日土(RNT)地理种群和八美(BDGS)地理种群向中心点接近,是因为其前翅长度、前翅长度与后足股节长度比值在 Prin3 和 Prin1 的组合作用基本接近。由于百巴(BBNT)地理种群的前翅长度作用系数较高,与其它地理种群之间差异较大(图 5)。

Prin2 和 Prin3 组合而呈现的二位排序图可知,由于 Prin2 和 Prin3 中地理种群的聚类主要由雌性后足股节长度与头宽度比值和雌性前翅长度与后足股节长度比值而起作用,作用系数不均匀,差异明显大于 Prin1 和 Prin2、Prin1 和 Prin3 组合。其中香孜(XZNT)、普兰(BNT)地理种群的主成分得分最大,而 Prin2 和 Prin3 的综合作用显著高于

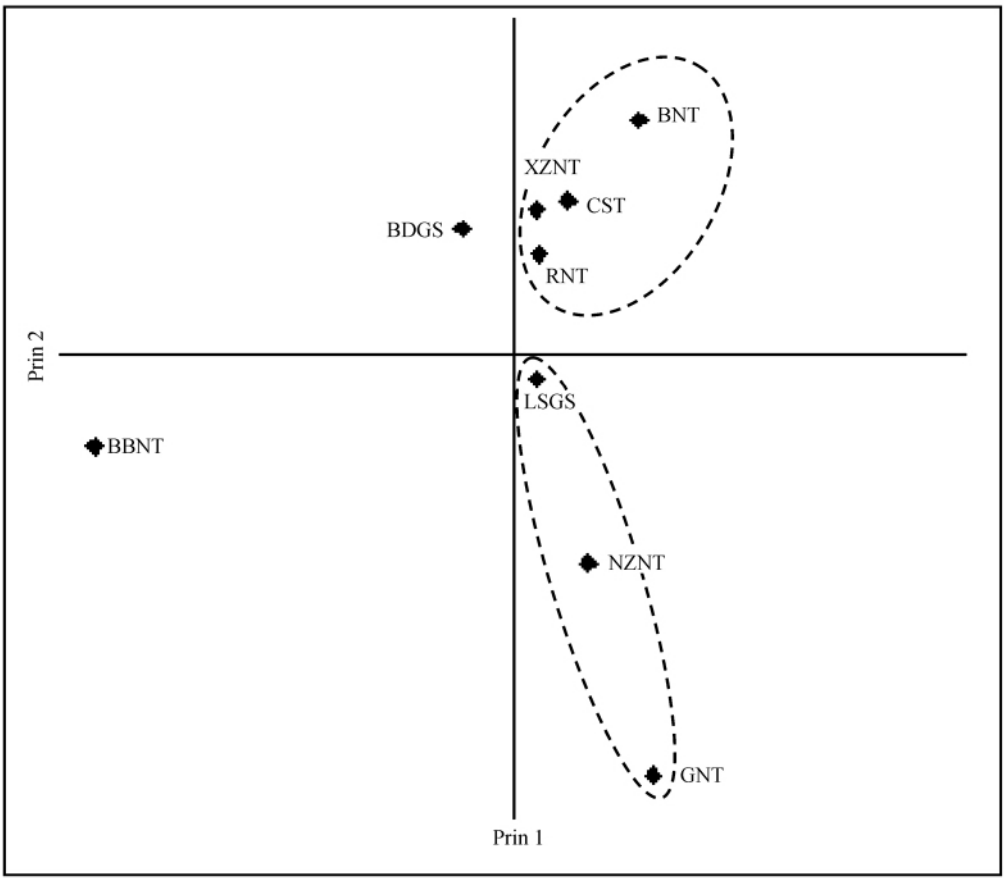

图 4　9 个操作单元主成分分析二位排序图(Prin 1 & Prin 2)

Fig. 4　Ordination on principal component coordinates Prin 1 and Prin 2 for 9 OTU's

其它地理种群。日土(RNT)和八美(BDGS)地理种群在 Prin2 中的主成分得分较高,在 Prin3 中的主成分得分较低,因此其变异在 Prin2 和 Prin3 的综合作用下趋向于香孜(XZNT)和普兰(BNT)地理种群的变异。扎囊(CST)地理种群与日土(RNT)、八美(BDGS)地理种群在 Prin3 中主成分得分相互接近,但在 Prin3 中的主成分得分与日土(RNT)、八美(BDGS)地理种群差异较大,与噶尔(GNT)、洛须(LSGS)地理种群之间接近,说明以上 3 个地理种群的数量性状变异中 Prin2 的前翅长度与后足股节长度和后足股节长度与头宽度的主成分得分起主要作用。百巴(BBNT)地理种群在 Prin2 和 Prin3 中的主成分得分均与其它地理种群的主成分得分有显著差异,Prin2 中雌性成虫前翅长度与后足股节长度比值,雄性成虫前翅长度具有较小的值,因此百巴(BBNT)地理种群不能与其它地理种群聚集在一起(图 6)。

3　讨论

本项研究中采用数值分类学的方法,将 E、F、C、E/F、F/C 等参数投入运算,进行系统聚类分析和主成分分析,分别在观察值整体的相似程度和各变量作用尺度下,对不同地理种群散居型成虫进行聚类,揭示了散居型地理种群形态变异。从数值分析的结果中可以得出以下特点:

(1)聚类分析和主成分分析的结果之间差异较大,聚类分析中除了百巴地理种群(BBNT)之外,大部分地理种群雌性和雄性成虫各形态参数在整体上相似性较高,在主成分分析的时候,各参数在不同地理种群相互归类时起的作用不一致,在 Prin1 和 Prin2、Prin1 和 Prin3、Prin2 和 Prin3 不同的组合分析中表现出不同的聚类结果,一些地理种群在聚类分析时具有较高相似性,但在主成分分析中有较大的差异。比如在系统聚类分析中象泉河流域的香孜(XZNT)地理种群与狮泉河流

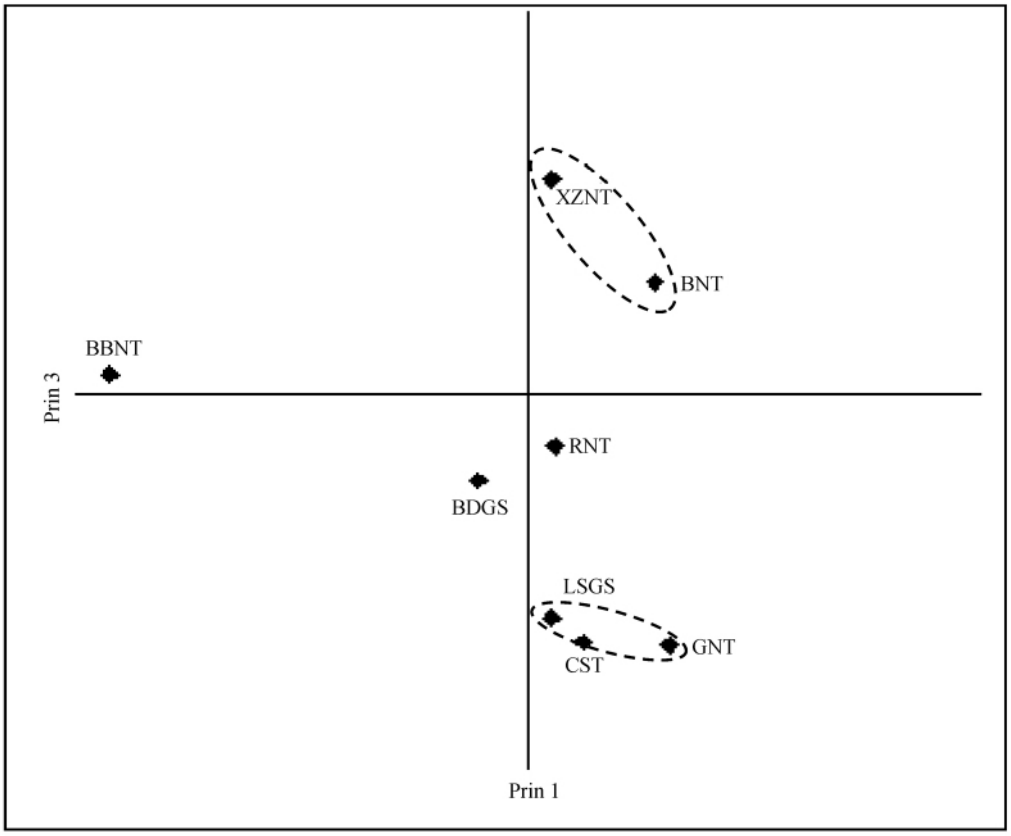

图 5　9 个操作单元主成分分析二位排序图(Prin 1 & Prin 3)

Fig. 5　Ordination on principal component coordinates Prin 1 and Prin 3 for 9 OTU's

域的噶尔(RNT)地理种群聚在一起,说明 2 个地理种群之间数量性状的整体相似性最高、象泉河流域支流孔雀河流域的普兰(BNT)地理种群与狮泉河流域的噶尔(RNT)地理种群第 2 次聚在一起,其数量性状整体的相似程度同样高,但在主成分分析中各变量在聚类过程中表现出不同效应而与系统聚类分析结果加大了差异。主成分分析时形态指标和比值的综合效应与比值的独立做效应较接近,结果将象泉河流域的香孜(XZNT)地理种群和象泉河流域支流孔雀河流域的普兰(BNT)地理种群聚在一起。这一结果与牙森·沙力(2010)研究的群居型西藏飞蝗 9 个地理种群的数量性状的数值分析中得到结果有较大的差异,群居型地理种群性状的系统聚类分析和主成分分析结果有较高的一致性,其中主成分分析 Prin1 和 Prin2 组合分析结果与系统聚类分析结果完全一致,在 Prin1 和 Prin3、Prin2 和 Prin3 组合分析结果中除了普兰地理种群(BNT)外,其它地理种群的聚类结果与系统聚类分析有较高的一致性。根据散居型和群居型地理种群的数量性状的聚类结果,可以肯定群居型地理种群形态变异具有地理变异特征,而散居型地理种群的形态变异与其地理位置没有关系。

(2) 9 个地理种群的分布无相对独立性,主要地理种群之间关系不密切,象泉河流域的香孜地理种群(XZNT)和狮泉河流域的日土地理种群(RNT),孔雀河流域的普兰地理种群(BNT)和狮泉河流域的噶尔地理种群(GNT)在地理位置上具有较远距离和地理阻隔,在数量性状整体变异中具有较高的相似性。同样金沙江流域的洛须地理种群(LSGS)和雅鲁藏布江流域的扎囊地理种群(CST)、雅砻江支流庆大河上游的八美地理种群(BDGS)距离较远但有一定程度的相似性、而象泉河流域的香孜(XZNT)地理种群和那嘎地理种群(NZNT)地理位置较近,但数量性状上有较大的差异。雅鲁藏布江流域尼洋河支流的百巴地理种群(BBNT)分布区域与雅砻江流域的八美地理种群(BDGS)分布区域气候温和潮湿具有相似的气候

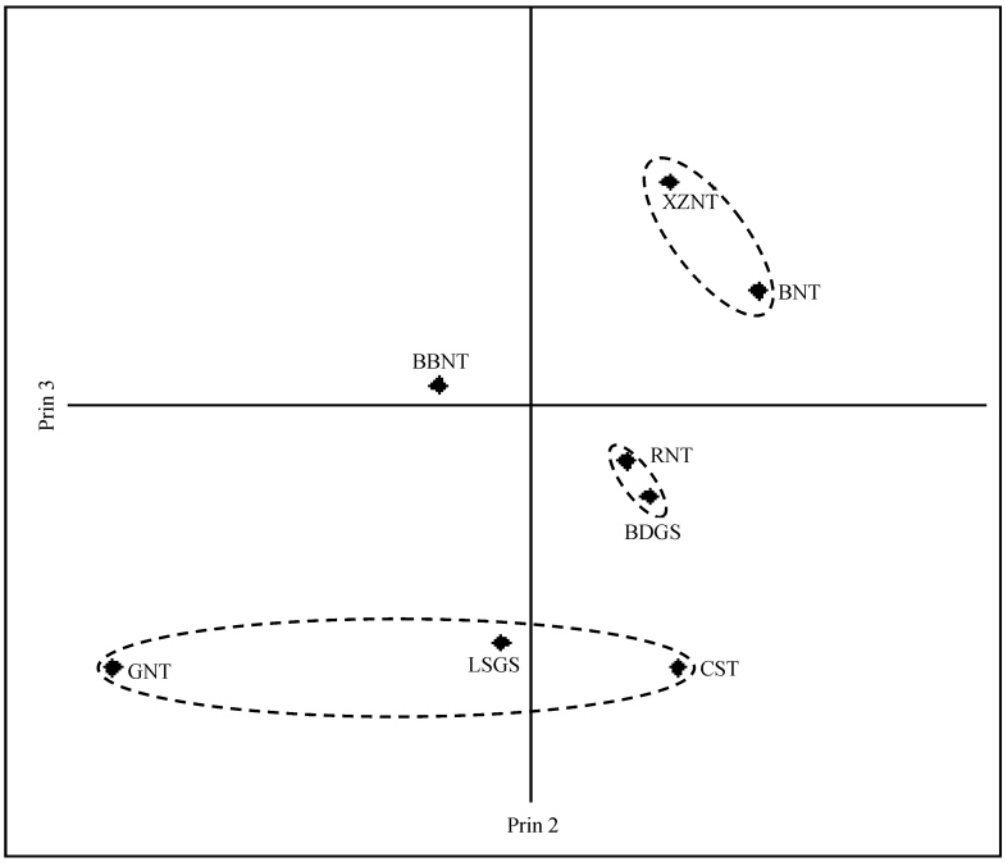

图 6 9 个操作单元主成分分析二位排序图(Prin 2 & Prin 3)

Fig. 6 Ordination on principal component coordinates Prin 2 and Prin 3 for 9 OTU's

特征,但 2 个地理种群数量性状间有较大的差异(尚可政等,2006;杜军等,2007;方海东等,2009)。

(3)散居型地理种群的聚类结果与其分布相应的地理位置气候特征之间没有相似特征,相互归类的地理种群的地理位置和气候特征有较大的差异,因此散居型地理种群数量性状的变异不依赖于气候因素的变化。第 1 次聚类的金沙江流域的洛须(LSGS)地理种群、象泉河流域的香孜地理种群(XZNT)、狮泉河流域的日土地理种群(RNT)、雅鲁藏布江流域的扎囊地理种群(CST)、雅砻江支流庆大河上游的八美地理种群(BDGS)组内的洛须(LSGS)和扎囊(CST)地理种群分布区域气候特征较为相似,但与八美(BDGS)、香孜(XZNT)、日土(RNT)地理种群分布区域气候特征有显著差异。与群居型地理种群的组合间相比散居型地理种群组合内也存在显著地差异。康乐等(1989,1991)研究结果表明国内 21 种飞蝗亚种散居型地理种群数量性状地理变异与其自然分界线很吻合,明显分出 4 种类型,其中西藏飞蝗单独作为一个独立亚种讨论。散居型飞蝗的发生在时间和空间上都是连续的,地理种群之间数量性状的重迭和身体各器官长度随环境条件变化而发生波动,使地理种群形态特征的地理变异难于提供明确的结果。因此亚种下将散居型地理种群的形态参数作为变量进行其地理变异分析无法说明其规律。

参考文献(References)

陈永林,1963. 飞蝗新亚种—西藏飞蝗 *Locusta migratoria tibetensis* ssp.. 昆虫学报,12(4):463—475.

陈永林,2007. 中国主要蝗虫及蝗灾的生态学治理. 北京,科学出版社. 62—138.

杜军,边多,胡军,廖健,周明君,2007. 西藏近 35 年日照时数的变化特征及其影响因素. 地理学报,62(5):492—500.

Dirsh VM, 1953. Morphometrical studies on phase of the desert locust (*Schistocerca gregaria* Forskal). *Anti-Locust*

Bull.,16:342—386.

方海东,段昌群,潘志贤,2009. 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,2(1):5—9.

Farrow RA, 1977. First captures of the migratory locust, *Locusta migratoria* L., at light traps and their ecological significance. *Journal of the Australian Entomological Society*, 16:59—61.

Farrow RA, Colles DH, 1980. Analysis of the interrelation of geographical races of *Locusta migratoria* (Linnaeus) (Prthoprera, Acrididae) by numerical taxonomy, with special reference to subspeciation in the tropics and affinities of the Australian race. *Acrida*, 9:77—99.

惠大丰,姜长鉴,1996. 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. 1—180.

康乐,陈永林,1991. 散居性飞蝗地理种群相互关系的数量分析. 动物学集刊,8:71—82.

康乐,李鸿昌,陈永林,1989. 中国散居性飞蝗地理种群数量性状变异的分析. 昆虫学报,32(4):418—426.

李春选,马恩波,2003. 飞蝗研究进展. 昆虫知识,40(1):24—30.

尚可政,韩晶晶,杨德保,王式功,2006. 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),42(6):27—32.

苏红田,白松,姚勇,2007. 近几年西藏飞蝗的发生与分布. 草业科学,27(1):78—80.

唐昭华,王保海,王成明,1993. 食料结构对西藏飞蝗生殖的影响. 西藏农业科技,15(2):25—27.

唐昭华,王保海,王成明,代完安,1994. 西藏飞蝗为害麦作的防治指标探讨. 西藏农业科技,15(1):18—21.

唐昭华,王保海,王成明,袁维红,1992. 西藏飞蝗蝗蝻的习性. 西藏农业科技,13(1):37—40.

Uvarov BP, 1921. A revision of the genus *Locusta*, L. (= *pachytylus* Fieb.), with a new theory as to the periodicity and migrations of locusts. *Bull. Entomol. Res.*, 12(2):135—163.

Uvarov BP, 1936. The oriental migratory locust (*Locusta migratoria manilansis*, Meyen 1835). *Bull. Entomol. Res.*, 27(1):91—104.

Uvarov BP, 1966. Grasshoppers and Locusts. Vol. 1. Cambridge University Press. 332—386.

王保海,袁维红,王成明,黄复生,唐昭华,林大武,1992. 西藏昆虫区系及其演化. 郑州:河南科学技术出版社. 1—366.

牙森·沙力,高松,格桑罗布,尼玛次仁,张泽华,2010. 西藏飞蝗九个地理种群群居型形态特征的数量分析. 昆虫知识,47(6):1201—1207.

杨群芳,廖志昌,李庆,杨刚,封传红,蒋春先,2008. 西藏飞蝗食性及其防治指标. 植物保护学报,35(5):399—404.