



东北师范大学

长白山综合野外实习研究课题

蝗虫的数值分类研究

学 院： 生命科学学院

指导老师： 朱慧

小组组长： 尹金辉

小组成员： 罗婷、陈先美、王婧妞、姜希卿、

尚斌、李春霞、谭申梅

日 期： 2017年10月

蝗虫的数值分类研究

摘要:

蝗虫是重要的无脊椎动物和初级消费者，是蝗总科（Acridoidea）昆虫的通称全世界已记载的蝗虫有 1 万种左右，其中可以造成灾害的有几十种。目前估计中国已知有蝗虫一千余种，对农、牧、林业可造成不同程度危害的约 60 余种。东北地区幅员辽阔，境内名山大川很多，植被复杂，生态环境多种多样，尤其是小生境千差万别，为蝗虫的栖息、生存提供了良好条件，因而本地区的蝗虫种类和数量较多。

本次研究对象为长白山露水河地区的蝗虫。研究小组经过野外捕捉共计捉到 259 只蝗虫，并对其体长、体高、体宽、前翅长、后足胫节长、复眼长、复眼间距七项数量性状特征进行测量以及雌雄性别的鉴定。在实习结束后将 259 只蝗虫送至实验室鉴定种属，同时利用 spss 软件进行聚类分析得到聚类树状图，从而对不同种蝗虫的亲缘关系进行测定。

关键词：蝗虫、形态特征、聚类分析、数值分类

1 前言

1.1 研究背景

长白山由于具有复杂而特殊的地理环境及独特的气候条件，使得该地区拥有许多珍惜独有的动植物资源，是整个欧亚东大陆北半球最大的种子基因库。长白山位于大陆东部，濒临海洋，但因山地阻隔，受海洋影响较小。该地区的气候属于温带大陆性山地气候，除此之外还有明显的垂直气候变化带。总的特点是：冬季漫长凛冽，夏季短暂温凉，春季风大干燥，

秋季多雾凉爽^[1]。由于长白山山地地区生态环境多样，使得物种丰富度很高。尤其是昆虫种类，要比东北其他地区明显丰富得多。此次实习我们主要研究的就是长白山露水河地区蝗虫的分类情况及其对其生境的研究。

蝗虫，俗称“蚂蚱”，属直翅目，包括蚱总科（Tetragoidea）、蝗总科（Eumastacoidea）、蝗总科（Locustoidea）的种类，全世界有超过 10,000 种，我国有 1000 余种，分布于全世界的热带、温带的草地和沙漠地区。蝗虫主要包括飞蝗和土蝗。在我国飞蝗有东亚飞蝗（Locusta

migratoria manilensis (Meyen))、亚洲飞蝗 (*Locusta migratoria migratoria* (Linnaeus)) 和西藏飞蝗 (*Locusta migratoria tibitensis* Chen) 3 种, 其中东亚飞蝗在我国分布范围最广。

直翅目特征: 体中至大形, 体长 100~1100 毫米, 仅少数种类小形。口器为典型咀嚼式口器, 多数种类为下口式, 少数穴居种类为前口式。上颚发达, 强大而坚硬。触角长而多节, 多数种类触角丝状, 有的长于身体, 有的较短; 少数种类触角为剑状或锤状。复眼发达, 大而突出, 单眼一般 2—3 个, 少数种类缺单眼。前翅狭长、革质, 停息时覆盖在体背, 称为覆翅; 后翅膜质, 臀区宽大, 停息时呈折扇状纵褶于前翅下, 翅脉多平直。

蝗总科, 解放前, 我国蝗虫的研究, 主要是由外国人来进行, 如 B. Bienko(1929)、Uvarov(1931, 1932, 1935)、Willemse(1932, 1933)、古川晴男(1939)、Tinkham(1936, 1940) 等都发表了一些在中国的调查研究, 而中国人在这方面进行的研究很少。1929 年蔡邦华在他的日本东京大学的博士论文“中国蝗虫名录和新种”中, 记载了当时已知的 52 属 112 种, 其中

有三个新种。张光朔在 1934-1940 年间, 发表了我国蝗虫 2 个新属 24 新种。到 1935 年胡经甫的《中国昆虫名录》记载了当时已知蝗虫 74 属 4 亚属 197 种和亚种。解放后, 1958 年夏凯龄以 B. Bienko 在 1951 年出版的《苏联及其邻国蝗虫区系》为主要参考材料, 结合中国实际情况编写了《中国蝗科分类概要》, 系统地记述了我国蝗虫 6 亚科 91 属 211 种和 17 亚种。这本书对今后国内的蝗虫分类工作的发展起了重要作用。60 年代后, 开展了广泛的调查工作, 蝗虫分类工作得到了很大的发展。全国 33 位蝗虫分类专家在国内外刊物上发表了蝗总科 90 个新属, 670 新种。其中由郑哲民^[2]发表的新属 37 个, 占国内发表总数的 41.1%。发表新种 341 个, 占总数的 50.9%。至此全国共有蝗总科 8 科 253 属 1053 种。

蚱总科, 分类蚱总科的工作比蝗总科少。解放前, Tinkham(1935-1939 年) 记载 15 属 37 种, Gunther(1938-1941 年) 记录福建、台湾等省 22 属 46 种, B. Bienko 和 Mistshenko(1951) 记载 6 属 8 种, 这其中都没有中国人的工作。胡经甫(1935) 在“中国昆虫名录”中记载了 9 属 27 种。解放后, 蚱总科的分类研究一直无人进行。而到 80 年代, 蚱总科的研究工

作得到了发展。目前全国已知 7 科 52 属 310 种。如今，又有 22 新属发表，247 种，其中郑哲民^[3]发表了 14 新属，占总数的 63.4%，206 新种，占总数的 83.4%。

随着科学的发展，奚耕思、郑哲民（1986）对锥头蝗科和癞蝗科的 38 种蝗虫进行了数值分类研究，所得的结果与现行的分类系统相近似。依据前人的研究前景，所以此次实习分类我们也采取了数值分类的方法。

本次实习，通过采集、调查和分析，对长白山露水河地区直翅目昆虫蝗虫进行分类研究，并了解直翅目昆虫蝗虫在不同环境下的多样性，同时对不同蝗虫的生境进行深入研究。

1.2 研究现状

数值分类因其在生物分类学上的可行性及有效性，已成为一门独立的学科。数值分类学以表型特征为基础，利用有机体大量性状（包括形态学的、细胞学的和生物化学等的各种性状）、数据，按一定的数学模型，应用电子计算机运算得出结果，从而作出有机体的定量比较，客观的反映出分类群之间的关系。

数值分类法是根据数值分析，借助计算机将拟分类的微生物按其性状

的相似程度归类的方法。

数值分类法的主要分类原则是：

①分类时视每个性状为同等重要，以避免分类者的主观偏见，使结果比较客观。②根据尽可能多的性状分类，以揭示分类单位间的真实关系。③按性状的相似度归为等同分类单元^[4]。

数值分类在微生物分类、动物分类、方面应用较广，植物方面应用较少。下面我们就来看看数值分类在动物分类方面的应用。

数值分类学派起源于本世纪初植物分类学者（Adanson）的工作，至电子计算机技术发展后，由索尔卡（Sokal）和斯尼思（Sneath）二人加以发展，形成今日的体系。数值分类学派认为其他学派在分类时给各种特征以不同的加权（即对各种特征在分类上的重要性不是平等看待，而是认为某一特征重要，某些则不重要等），这样做主观因素太大，是不科学的。他们主张不应给特征以任何加权。通过大量的不加权特征所得到的总体相似度，可以反映分类单元之间的近似程度。

数值分类学（numerical taxonomy）又称表征分类学。电子计算机发明后，有分类学家提出用电子计算机将类似性加以数量化，并以此建立分类系统。

他们主张不应给特征以任何加权，通过大量不加权特征将特征状态数值化，借助电子计算机求得各分类单元之间的总体相似度，以此反映彼此之间的关系。

数值特征：用自然数或实数表示的特征，如长度、比例值、生理指标数据等，这类性状无须加以编码处理，即可使用。

二态特征：即一特征的两种状态是相互对立的，非此即彼，不存在过渡状态。如某种器官或构造的有或无、完全变态与不完全变态等。在编码时，可用1或0分别表示两种状态。为了夸示其客观性，数值分类学家提出抛弃种作为分类单位，代之以“运算的分类单位”(operational taxonomic units, OTU)。

数值分类学家必须将同一物种的不同性别、年龄段和形态看作不同的OTU，才能运算得出真正有意义的结论。而这还得用到传统分类学的物种概念和分类成果。由于特征数量巨大，数值分类学强烈依赖计算机和统计学方法。选取特征数量通常是100~200，以保证取样误差较小。选取的特征最好分布于各种不同的体段、组织、机体水平。在形态复杂的节肢动物中可以找到如此大量的性状，但是在其他

生物中有用的性状极少。妨碍了数值分类学的应用。数值分类法在为大类中种的归类和某些混淆不清类别的分类中最为有用。而在分类已趋于完善的分类单元如目、纲和门的分类中没有作出实质性贡献。代表人物：美国的Sokal和英国的Sneath，他们二人联合在1963年出版了经典著作《数值分类学原理》(Principles of Numerical Taxonomy)。数值分类学家提倡同等权重来避免分类特征选择中的主观性这一缺陷。但是，同等权重也是加权，即所有的特征都有相同的权重。不同性状含有不同的信息量，选择不同性状组合时就会产生不同的分类结果。只要对分类特征有所选择，分析结果就有偏差，对类似性就作出不同的估价^[6]。

数值分类学不做关于系统发育的假设，不做关于祖先的暗示，不做类群进化的陈述。它并不真正试图使所得到的分类单元基于共同的血缘。就是说，数值分类学产生的分类单元根本不基于系统发育。这也是目前很少有分类学家使用这种方法的重要原因。但是，数值分类学基本原理的缺陷不能作为理由去否定由数值分类学家所首创并采用的很多数值方法，特别是多变量方法的有效性。数值分

类学家首创的这些方法已在很多科学领域中广泛应用,对其他分类学派也有积极影响。

1.3 研究意义

长白山北地区幅员辽阔,植被复杂,生态环境多种多样,尤其是小生境千差万别,为蝗虫的栖息、生存提供了良好的条件,因此本地区的蝗虫种类及数量均比较多。同时,蝗虫是直翅目昆虫中一个比较大的类群,种类多,数量大,是世界农林牧业上的一类重要害虫。因此,为了更好地预防和防止蝗灾的发生,研究蝗虫的分布规律、生物学特性、以及不同种类同植物间的关系则是必不可少的。

通过本次研究,为长白山地区蝗虫的分类提供一些基础的数据,为不同种蝗虫与植物的关系的研究做进一步研讨提供证据。

2 研究方法

2.1 研究地点

2.1.1 露水河国际狩猎场

露水河国际狩猎场位于长白山主峰西北麓的原始森林深处,整个猎区面积达 30800 公顷,由南至北呈不规则的三角形^[6]。东邻白河林业局和长白山自然保护区,西与桦甸县接壤,南与泉阳林业局相连,北部与敦化林业局

隔江相望。狩猎场地势由西南向东北倾斜,由陡峭变平坦开阔,狩猎场内既有山脊、沟谷台地,又有大面积的开阔地,地形复杂。场内平均海拔高度为 700 公尺,水源丰富,并且有两条河流是暖流,常年不冻^[7]。

猎区内森林茂密、沟壑交错、水草丰茂,为各种野生动物、植物的生存繁衍提供了得天独厚的优良环境和条件。狩猎场植被属玄武岩台,地上针阔叶混林带,是长白山林业植物科最为丰富的景观带,有高等植物 1400 多种^[8]。

2.1.2 种子园

露水河林业局处长白山北部台地边缘地带,地理坐标:127° 29' ~ 128° 02' E, 42° 24' ~ 42° 49' N,地势东南部起伏不大,比较平坦,西北部起伏较大,平均海拔高 600~800,老秃顶子海拔高 1359 m^[9]。露水河林业局拥有 12 万多公顷的经营辖区,2000 多万立方米的活立木覆盖着境内 95.4%的土地。这里不仅保存了全国最大、最完整的原始红松母树林 1 万多公顷,还建成了占地 182.3 公顷,拥有红松分布区南、中、北亚地带的 1012 个家系,红松单树种面积亚洲最大的红松种子园^[10]。

林木种子园是以生产遗传品质较

高的种子为目的的林木良种繁育基地，它是用经过严格选择的多个优良无性系或优良家系按一定的配置方式建立起来的特用人工林。自 20 世纪 80 年代初，露水河林业局开始建立红松实生种子园^[11]。露水河红松遗传改良研究已有 30 年，现有红松母树林总面积 11307 hm²，分布于东升，红光，西林河，永清 4 个林场。种子园 1 个，即宏伟，入园无性系 685 个，实生园家系 232 个，子代测定林半同胞家系 529 个。保存红松全部分布范围（辽宁、吉林、黑龙江）的 24 个种源。

2.2 蝗虫取样与特性测定

2.2.1 取样

取样工具和药品：扫网、毒瓶、PC 管、乙酸乙酯

取样步骤和方法

1. 在研究地点进行目测法与扫网法对蝗虫成虫进行采集取样，共捕获

259 头蝗虫。

2. 将被抓捕的蝗虫置入盛有乙酸乙酯的毒瓶中进行麻醉处死。

3. 选择已死的完整的蝗虫成虫放入 PC 管中进行妥善保存并进行特性测定和种类鉴定。

2.2.2 特性测定

工具：游标卡尺、记号笔、记录本、电脑

1. 将所有 PC 管中的蝗虫标本进行编号。

2. 将已编号的蝗虫标本用游标卡尺（精度 0.01mm）进行形态指标的测量并记录测量数据于记录本上，形态指标包括体长、体高、体宽、前翅长、后足胫节长、复眼长、复眼间距、雌雄。

3. 将记录本上的数据转至电脑进行分析保存。

蝗虫各形态指标如示意图

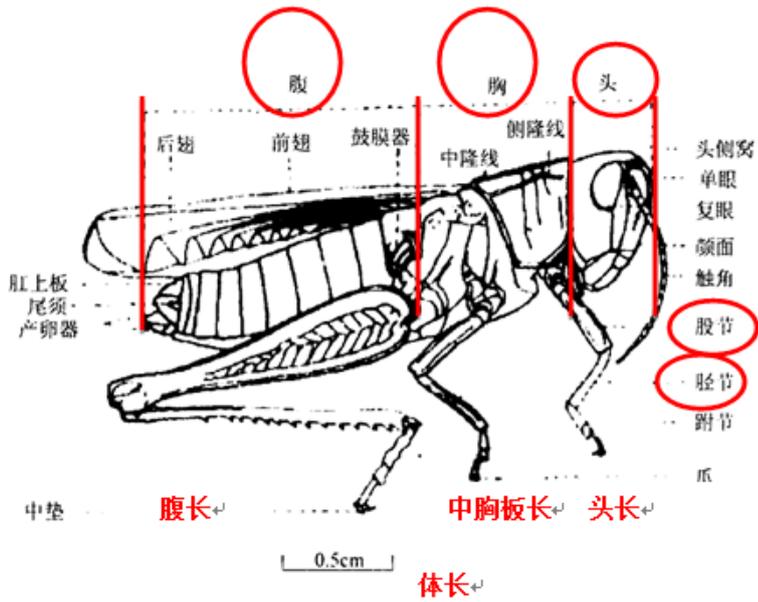


图 1-1 网翅蝗 *Acryptera fusca fusca* (Pallas) ♀ 侧观 (右翅已除去) (仿夏凯龄)

体长：从头最前端至产卵期最末端的整个长度。

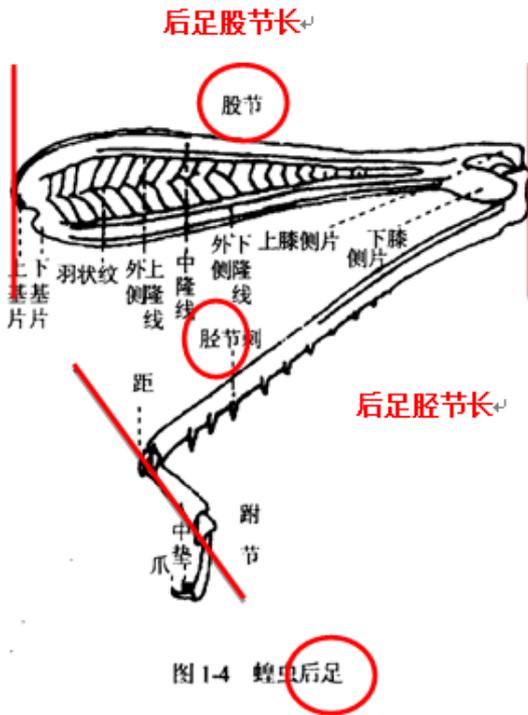
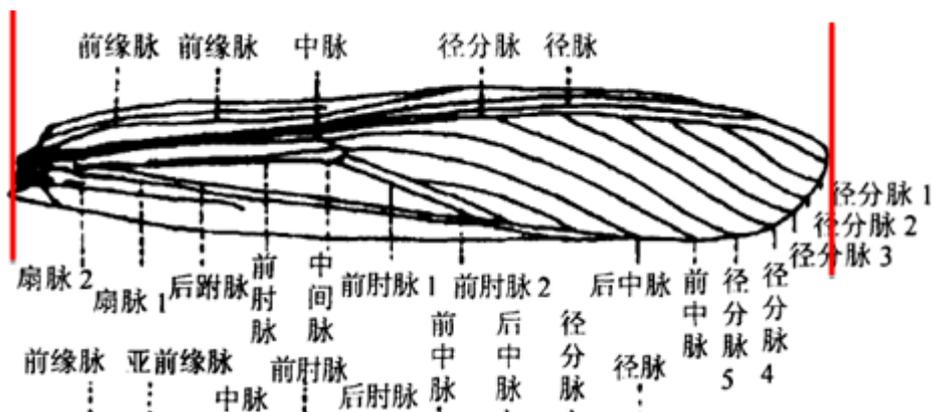


图 1-4 蝗虫后足

后足胫节长如图所示



前翅长

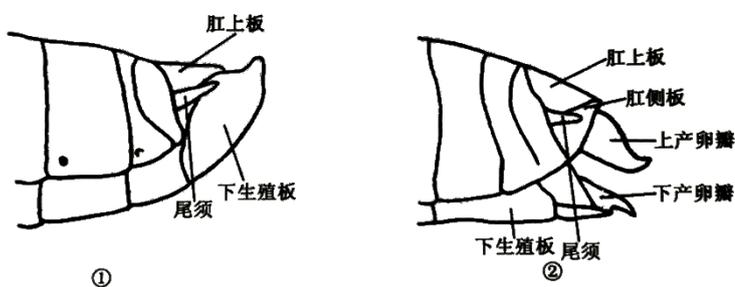


图 10 蝗虫的腹部末端侧面观
① 雄性腹端侧面 ② 雌性腹端侧面

3 聚类分析

3.1 分类单元

采用在野外抓取的跃度蝗属、鸣蝗属、无翅蝗属、幽蝗属、雏蝗属共五个属的蝗虫作为分类单元 (operational taxonomic units, OTU), 见表 1。经过认真分析、考查, 最后确定了 8 个性状。其中数量性状 7 个, 质量

性状 1 个, 见表 2。

对各个 OTU 的所有性状进行观察、测量、记录和整理, 从而获得原始数据矩阵。

研究小组在野外共抓取 259 只蝗虫, 其中 5 号、7 号、44 号为跃度蝗属; 17 号、43 号为鸣蝗属; 36 号为条纹无翅蝗属; 46 号为幽蝗属, 47 号、259 号为雏蝗属; 其余均为华北雏蝗。

表 1 分类单元名称与编号 Numbers and names of OTU'S

编号	名称	学名
No.	Chinese name	Scientific Name
1	华北雏蝗	<i>Chorthippus brunneus huabeiensis</i>

2	跃度蝗属	<i>Podismopsis</i>
3	鸣蝗属	<i>Mongolotettix</i>
4	无翅蝗属	<i>Zubovskia</i>
5	幽蝗属	<i>Ognevia</i>
6	锥蝗属	<i>Chorthippus</i>

表 2 分类性状及其编码 Characters and Numbers of Classification

编号 No.	性状 Character	赋值方法 Valuation Method	类型 Type
1	体长	实测值	Q
2	体高	实测值	Q
3	体宽	实测值	Q
4	前翅长	实测值	Q
5	后足胫节长	实测值	Q
6	复眼长	实测值	Q
7	复眼间距	实测值	Q
8	雌雄	雌—0 雄—1	T

将上述 6 个分类单元的 8 项分类性状构成一个原始数据矩阵, 为了使不同量纲、不同数量级的数据能在一起进行比较, 对原始数据矩阵进行标准化变换处理。

3.2 计算距离系数

计算各 OTU 之间的距离, 本文采用卡方距离作为 OTU 间亲疏程度的数量指标。

$$\text{卡方距离: } d_{ij} = \sum_{k=1}^m \left\{ (x_{ik} - e_{ijk})^{2/e_{ijk}} + (x_{jk} - e_{ijk})^{2/e_{ijk}} \right\} \quad (1)$$

$$\text{其中: } e_{ijk} = (x_{ik} - x_{jk}) \frac{T_i}{T_j} \quad (2)$$

$$T_i = \sum_{k=1}^m x_{ik}, T_j = T_i + T_j \quad (k=1, 2, \dots, m; i, j=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

式中: m 为变量数; n 样本数; x 为性状值。

3.3 系统聚类

根据 OTU 间亲疏程度的数量指标对 OTU 进行归类。聚类方法是将相似系数最大或距离最近的两个类群先归为一类, 然后计算这个新类和其他各类之间的相似系数或距离, 再将距离最近的两类合并, 如此, 直至所有的类归为一类为止。本文采用类平均法进行聚类, 它是用两类之间的平均平方距离作为两类之间的距离^[12-14]。平均平方距离:

$$D_{pq} = \frac{1}{n_p n_q} \sum_{i \in G_p, j \in G_q} d_{ij}^2 \quad (4)$$

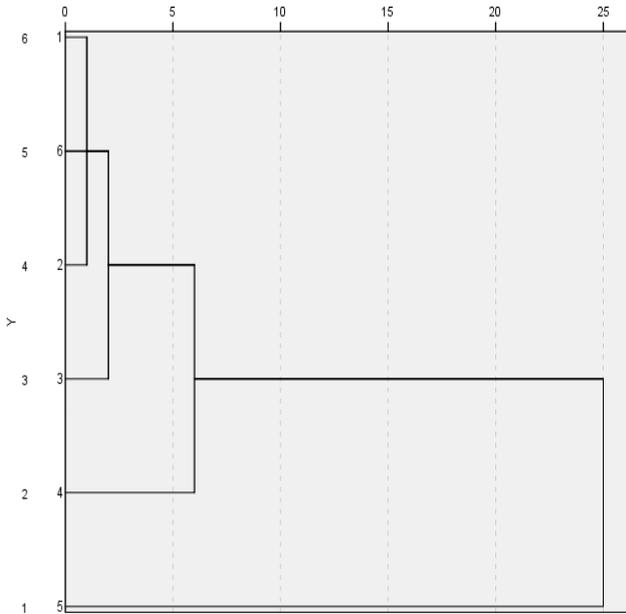
当 G_p 与 G_q 合并为新类 G_r 时, 即 G_r

$=\{G_p, G_q\}$, 且有 $n_r = n_p + n_q$, 则任一类 G_k 与

G_r 的距离为: $D_{kr} = \frac{n_p}{n_r} D_{kp}^2 + \frac{n_q}{n_r} D_{kq}^2$ 。

表 3 5 个 OUT 的聚类树状图

The cluster dendrogram of 5OTU



雏蝗属体中小型。头部较短，短于前胸背板；头顶宽短，顶端常钝角形或直角形，雄性有时呈锐角形；头侧窝四角形；颜面倾斜，颜面隆起宽平或具纵沟。触角丝状，细长，到达或超过前胸背板后缘。复眼卵形，前胸背板前缘平直，后缘弧形；中隆线低，侧隆线平行或在沟前区略弯曲或明显呈弧形、角形弯曲；后横沟较明显，切断中、侧隆线。前胸腹板在两前足之间平坦或前缘略隆起；后胸腹板侧叶在后端明显分开。前翅发达或短缩，有的雌性呈鳞片状，侧置，在背部分开，但雄性前翅在背部均相连；缘前脉域在基部扩大，顶端不到达或到达前翅的中部。后翅的前缘脉和亚前缘脉不弯曲，径脉近顶端部分正常，不增粗。后足股节膝侧

4 结果

通过计算卡方距离，采用类平均法进行系统聚类结果见表 3。

由表 3 可见，幽蝗属与其他 5 个属蝗虫亲缘关系最远，最独立。雏蝗属和跃度蝗属亲缘关系较近，都属于网翅蝗科，与实际相符。鸣蝗属与条纹无翅蝗属均属于剑角蝗科；幽蝗属属于斑腿蝗科。

幽蝗属雄性个体体长 18.0—27.3 毫米，前翅长 16.6—0.8 毫米。雌性个体体长 26.7—35.6 毫米，前翅长 20.2—24.2 毫米。体黄绿色。复眼红褐色，头顶沟黑色，触角黄褐色。前胸背板中隆线黑色，侧隆线处具黑色较宽纵带。前翅褐色，其后缘为黄色^[15]。

片顶圆形，内侧下降线具发达的音齿。后足胫节顶端缺外端刺，顶端内侧之下距与上距几等长^[16]。

跃度蝗属雄性前翅具宽的前缘脉域，其最宽处约为亚前缘脉域最宽处的 2.3—3.3 倍，雌性产卵瓣粗短，上产卵瓣之上外缘具凹口，下产卵瓣之下外缘基部具一明显的大齿雄性前翅极宽，其长度为最宽处的 1.7—3.2 倍^[17]。

鸣蝗属体中小型。颜面隆起明显且具纵沟。头顶短，等于（雄）或明显短于复眼前的最宽处（雌）。触角剑状，超过前胸背板后缘。前胸背板中隆线明显，侧隆线较弱。雄性前翅发达，雌性前翅不发达。后足股节细长，下膝侧片顶端锐角形。雄性后足股节

内侧下隆线具一系列音齿。后足第 1 跗节与第 3 跗节几等长。雄性下生殖板圆锥形。雌性上产卵瓣的外缘具细齿^[18]。

以上研究表明,数值分类方法可以较好

地反映蝗虫的自然系统关系和分类地位。如结合相关的基因序列分析,将有助于解决蝗虫传统形态分类学中存在的问题,促进蝗虫分类学的研究和发展。

参考文献

- [1] 吴艳光.长白山地区访花昆虫多样性及访花行为的研究[D]:[硕士学位论文].吉林长春.东北师范大学, 2006.
- [2] 郑哲民(1985),云贵川陕宁地区的蝗虫,记载西南和西北地区蝗虫 139 属 329 种.
- [3] 郑哲民(1993),龙栖山动物,记载 13 属 17 种,内有 4 个新种,1 个中国新纪录属,3 个中国新纪录种。
- [4] 陈斌《一门新兴的学科——数值分类学》昆虫知识 19880530
- [5] 鲍伟东,侯希贤,董维惠《内蒙古仓鼠科动物数值分类的初步研究》兽类学报 199502
- [6] 长白山狩猎场狩猎动物资源调查报告[J].李彤,孙传洲,蒋劲松.吉林林业科技.1986(05)
- [7] 建设中的露水河狩猎场[J].马书战.野生动物.1987(06)
- [8] 国际狩猎场[J].中国地名. 2013(05)
- [9] 露水河红松二代种子园营建方法[J].董元海,王元兴,王国玉,李奎友,李奎全,王秀琴,郑伟,张书仙.吉林林业科技.2011 (05)
- [10] 露水河:打造亚洲最大红松种子园[N].王玉斌.中国绿色时报.2012-02-03 (002)
- [11] 红松实生种子园建园效果分析[J].王元兴,董元海,吴培利,韩玉霞,吴殿华,吴钟智.吉林林业科技.2007(01)
- [12] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其计算机处理平台[M].北京:中国农业出版社,1997:1-250.
- [13] 王学民.应用多元分析[M].2 版.上海:上海财经大学出版社, 2004:192-230.
- [14] 何晓群.多元统计分析[M].2 版.北京:中国人民大学出版社, 2008:1-415.
- [15]张凤岭.中国蝗科新纪录属——幽蝗属[J]. 动物分类学报,1982,(03):333.

[16]郑哲民,孟江红,陈振宁. 中国雏蝗属的分类研究及二新种记述(直翅目:网翅蝗科)[J]. 商丘师范学院学报,2009,25(09):8-20.

[17]郑哲民,廉振民. 东北地区跃度蝗属的研究(蝗总科:网翅蝗科)[J]. 昆虫分类学报,1988,(Z1):87-96.

[18]鲁莹. 东北地区蝗总科昆虫特有属种的分类学研究(直翅目:蝗亚目)[D].东北师范大学,2012.