

内蒙古典型草原蝗虫食性的研究

I. 罩笼供食下的取食特性*

李鸿昌 席瑞华 陈永林

(中国科学院动物研究所)

欧亚大陆东部的我国内蒙古地区空间, 系由生命系统及其无机环境组成的复合草原生态系统, 并在其内部进行着能量与物质的新陈代谢, 它包括全部生命和无生命物质的繁衍演替及传递, 以及人为活动所施加的可能影响。蝗虫 *Acridoids*——动物亚系统结构中的功能单位之一, 做为生态系统中的次级生产者(消费者), 通过对不同植物群落中一些植物类群的取食、掉落、食物利用以及排泄等形式, 将部分能量与物质元素加以传递和转移。为要确定蝗虫在系统中所承担的功能作用, 除需确定其蝗虫群落本身以及在系统中与之密切关联的网络结构部分外, 显然, 首先应该明确认识不同蝗虫种群在各植物群落中的取食特性。

自Kuenckel首次指出(Roonwal, 1953)沙漠蝗*Schistocerca gregaria* (Forsk.) 取食具一定程度“选择性”的概念以后, 众多学者(Duck, 1944; Clark, 1947; Pfadt, 1949; Gangwere, 1966, 1965; Kaufmann, 1965; Abushama, 1968; Muranliangan, 1978)曾首先于实验室内及野外, 以罩笼人为供食方式, 研究了世界各地(美洲、欧洲、非洲及亚洲)的多种重要蝗虫 [*Schistocerca* spp., *Melanoplus* spp., *Arphia surl-phurea* (Fbricius), *Chorthippus* spp., *Poecilocerus hieroglyphicus* (Klug.), *Eyp-repocnimis alacris alacris* (Serville)] 的取食特性, 多以植物的生物量消耗量计算各供试植物的选择值(P. V.), 据此, 再将蝗虫的可食植物划分为若干个不同取食等级。Chapman (1957) 为更精确认识蝗虫取食的选择值, 曾将各供试植物切成碎片以等量、均匀混合供食。Singh (1961) 据蝗虫对供试植物的选择值, 制出了*Chrotogonus trachyp-gerus* (Blanchard) 在一定食物条件下的相对取食排序。Roonwal (1953) 和 Misra (1962) 则以蝗虫取食的频数(FN) 分别计算了沙漠蝗及*Camnula pellucid* (Scudder) 对供试植物的选择值及取食等级的划分。然而, 迄今为止, 纵观既往的全部研究方法, 仍如 Mulkern (1967) 曾指出的那样: “……所有揭示蝗虫对植物选择取食的研究, 都没能采用标准化的方法, 致使对不同种蝗虫所表现出的差异, 难于相互比较。”

本文研究则是, 在我国北部蒙古草原的典型草原亚带内, 以选定的8种蝗虫(4优势种及4个具科属代表性蝗种) 为对象, 采用野外罩笼人为供食植物方式进行系统观测。研究它

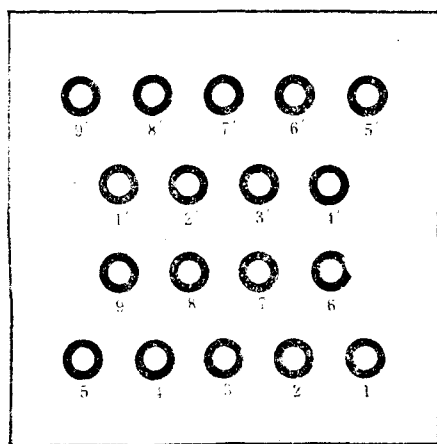
* 承丁岩钦副教授、刘举鹏同志惠示宝贵意见, 谨此致谢。

们的取食特性。除首先观察取食的植物种类、器官部位外, 鉴于优势蝗种的个体及食量较小、草原的多风而食物极易干燥等特点, 以及为便于在蝗虫种内或种间, 在相同或不同的时间及空间内, 对蝗虫所反应的食性差异进行比较分析, 本文所采用的方法是: 系统测定了 8 种蝗虫对供试植物取食的“频数(FN)*”值及“相对频数(RFN)”值, 以此为据, 对蝗虫的取食进行等级划分。采用方差分析 (Analysis of variance) 计算处理, 以求证各种蝗虫在一定的供试植物种类组合条件下, 对不同植物的取食是否有“选择性”? 继而提出所研究的 8 种蝗虫在上述条件下取食的不同选食程序, 用以表达它们选择取食的定性定量内容。

一、试验材料和方法

本项试验研究分别于 1980—1981 两年, 在内蒙古自治区锡林郭勒盟锡林河中游益和乌拉山地区的丘陵宽谷内——中国科学院内蒙古草原生态系统定位站进行的。

首先, 通过对羊草 *Aneurolepidium chinensis*、大针茅 *Stipa grandis*、冷蒿 *Artemisia frigida* 及山地冷蒿 4 种主要植被群落的调查, 据蝗种在群落中的相对数量大并广布于各植被群落的特征, 选定了该地典型草原蝗虫的优势种 [*Myrmeleotettix palpalis* (Zub.), *Dasyhippus barbipes* (F.-W.), *Chorthippus dubius* (Zub.), *Chorthippus fallax* (Zub.)] 及具科属代表性的蝗种 [*Calliptamus abbreviatus* Ikonn., *Pararcyptera microptera meridionalis* Ikonn., *Oedaleus asiaticus* B.-Bienko, *Angaracris barabensis* (Pall.)] 共计 8 种。



(以短星翅蝗为例, 供试植物为 9 种的排列重复原理; 其他蝗虫的供试种数不同但原理类推。)

图 1 野外罩笼内供试植物的排列 (以短星翅蝗为例, 供试植物为 9 种时的排列重复原理; 其他蝗种的供试种数不一, 但原理类推)

由于室内试验条件 (温、湿和光照) 近于恒定的局限性, 为使蝗虫的取食条件更接近于自然状况, 本试验观测均以 $100 \times 100 \times 100$ 厘米铁纱笼, 在野外自然条件下罩笼进行; 各蝗种的取食试验均重复三次。为 8 种蝗虫供试的植物种数及种类组合彼此并不完全相同, 是根据其各自最适生境内植被中的优势种、建群种及有科属代表意义而又可能被取食的, 累计 20 种, 隶属于 18 属 9 科 (表 1)。试验观测前, 先彻底清除笼内地表全部植被; 48 小时前引入蝗虫饲养以适应环境, 引入之数量视其个体大小和食量特点之不同而异; 将采自野外的不同种新鲜食料植物 (枝条或全株) 修剪后分别插入装有清水的小玻璃瓶内, 以瓶口齐地表埋入土中, 使植株 (丛) 接近其自然高度, 每种供试植物的

生物量力求均衡以能充分供应任其取食为度。为消除 (至少减少) 因蝗虫的向光性所造成的取食频次误差, 试验中将各供试植物于笼内依次排列并重复一次, 保持株丛间距、边距均等

* FN=frequency number

表 1 典型草原蝗虫优势种及具科属代表性蝗种对草

供试植物属种	试验蝗种 学名缩写 观测项目		星翅蝗亚科				大							
			短星翅蝗				宽翅曲背蝗				宽须蚁蝗			
			检查株数	株高	植物发育期	取食部位	检查株数(厘米)	株高	植物发育期	取食部位	检查株数(厘米)	株高	植物发育期	取食部位
毛茛科	1.白头翁	PTK	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
蔷薇科	2.二裂萎陵菜	PBL	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3.菊叶萎陵菜	PFL	35	6	花蕾	叶片	55	6	营养	叶片、小枝	—	—	—	—
	4.星毛萎陵菜	PAL	—	—	—	—	—	—	—	—	62	2—3	营养	叶片缺刻
	5.小叶锦鸡儿	CML	37	12—15	营养	叶片、小枝	38	12—15	花	叶片、小枝	40	12—15	营养	叶片缺刻
豆科	6.扁蓿豆	MRL	—	—	—	—	98	7	营养	无	—	—	—	—
	7.野豌豆	Vsp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
伞形科	8.柴胡	BCD	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
桔梗科	9.细叶沙参	ASH	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
菊科	10.冷蒿	AFW	137	10—30	花穗	叶、蕾、花及小枝	110	10—13	营养	无	188	10—13	营养	叶
	11.变蒿	ACB	169	13—15	花穗	叶、蕾、花及小枝	83	10—15	营养	叶、花、小枝茎、甚至基部	117	13—15	营养	叶
禾本科	12.早熟禾	Psp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13.糙隐子草	CSK	139	8—10	营养	叶片	228	8—10	营养	叶片	228	8—10	营养	叶片,嫩茎
	14.冰草	ACL	114	13—15	营养	无	216	13—15	营养	叶片、茎	—	—	—	—
	15.羊草	ACK	154	30—35	营养	叶片	144	30—35	营养	叶片	182	30—35	营养	叶片,茎
	16.落草	KCL	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	17.芨芨草	AST	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	18.大针茅	SGS	264	26	营养	针叶	429	26	营养	针叶	400	26	营养	针叶
莎草科	19.寸草苔	CDM	—	—	—	—	—	—	—	—	272	9	营养	叶片
百合科	20.双齿葱	ABF	173	7	花	叶	—	—	—	—	—	—	—	—

*——该种植物未予供试

笼内不同供试植物及其不同器官部位的取食*

(1980—1981年, 益和乌拉)

足 蝗 亚 科												斑 翅 蝗 亚 科							
毛 足 棒 角 蝗				狭 翅 雏 蝗				小 翅 雏 蝗				亚 洲 小 车 蝗				鼓 翅 雏 膝 蝗			
检查 株数	株高 (厘米)	植物 发育 期	取食 部位	检查 株数	株高 (厘米)	植物 发育 期	取食 部位	检查 株数	株高 (厘米)	植物 发育 期	取食 部位	检查 株数	株高 (厘米)	植物 发育 期	取食 部位	检查 株数	株高 (厘米)	植物 发育 期	取食 部位
—	—	—	无	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	5—7	营 养、 花	叶片缺 刻	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	6	营养	无	24	6—7	花	叶片	20	6	花	叶片	25	6	花	叶片	37	6	营养	叶片、 花蕾
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	12—15	营养	无	—	—	—	—	—	—	—	无	30	12—15	营养	无	20	12—15	结实	叶片
17	7	营养	叶片	20	7	结实	叶片	—	—	—	—	61	7	花	叶片缺 刻	85	7	花	叶片
13	5—8	营养	无	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	6—7	营养	叶片	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	9	营养	叶片	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	10—13	营养	叶	70	14	花	花蕾、 叶	76	10—13	穗	叶	83	10—13	花蕾	叶小缺 刻	92	10—13	营养	叶、花 蕾、小 枝
9	13—15	营养	无	—	—	—	—	89	13—15	穗	叶、花、 小枝及 茎	72	10—15	花	无	81	13—15	营养	叶、花 蕾、小 枝
74	10	花穗	茎、叶、 穗	—	—	—	—	108	10	营养	穗茎	—	—	—	—	—	—	—	—
62	8—10	营养	叶片	130	8—9	花	叶片	112	8—10	营养	叶、花 穗	224	8—10	营养	叶片、 茎	174	8—10	营养	无
32	—	穗	叶片	45	11—12	结实	叶片	104	13—15	营养	叶、小 枝	104	13—15	营养	叶片	—	—	—	—
43	30—35	营养	叶片	40	22—25	结实	叶片	60	30—35	营养	叶片	79	30—35	营养	叶片	38	30—35	营养	叶片
38	7—8	花穗	叶片、 穗、茎	75	7—8	结实	叶片	—	—	—	叶片	58	7—8	营养	叶片	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	186	18	穗	叶片	—	—	—	—	—	—	—	—
87	26	营养	针叶	230	20—30	结实	针叶	—	—	—	针叶	402	26—30	营养	针叶	350	26	营养	针叶
—	—	—	—	200	7—8	营养	叶片	108	9	营养	叶片、 茎	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	125	8—9	结实	叶	—	—	—	无	186	—	营养	无	253	7	营养	叶、茎

(图1);并在各蝗种的重复试验中,供试植物仍按原排列次序,但相反地调换于笼内的置放位置(并重复排列一次)。现测中,随时注意更换萎焉了的植株,保持新鲜程度一致。

试验观测,通常于每日8:00—12:00和15:00—18:00时进行(12:00—15:00时取食不显著),每间隔15分钟测定记录一次笼内各株丛上的取食虫数(以真食为准),即获得一组取食的“频数分配值”;同时记录近地表1.5米处气温、相对湿度、光照度及风速;各蝗种的每次试验中,共测定8—16次不等(视天气而定),平均12.6次。

二、蝗虫取食的植物科属种类,器官部位和取食的等级划分

Roonwal (1953) 早指出,沙漠蝗 *Schistocerca gregaria* (Forsk.) 即使对同一可食植物的不同部位其选择值(P.V.)是变异的,而对相同部位在不同生长期也是不同的。本文罩笼观测结果表明:8种蝗虫取食供试植物的科属种类和同种植物的不同器官部位并非都是均等的(表1)。每当试验初始,总是大量个体先广泛跳落在几乎包括各株丛上,即刻摇动口器的下颚须和下唇须,对各部位接触探测,以先获得是否适于取食的信息,相继很快集中到某几种科属的植株及其一定的器官部位上,迅速开始不停地咬食,从而表现出:8种蝗虫仅对不同属种的供食植物及同种植物的一定器官和部位取食并存在明显的差异和恒定性(表1),亦即蝗虫对某些种植物所具备的气或味有特殊的嗅觉和味觉趋性,而对另一些植物则相反。

依据蝗虫对供试植物中各组份所取食的不同“频数(FN)”(计算:由每次试验观测值的累计数,求出三次重复试验的平均值),可以明显地看出8种蝗虫对其供试植物组合中各个组份取食的频数分配状况(图2);由此,再计算求得蝗虫对各供试植物取食的“相对频数(RFN)¹⁾”,继而将8种蝗虫的取食划分为五个不同等级(表2),用以初步区别表示对各个可食植物的不同喜好程度。本文所采用的分级标准是基于8种蝗虫自身的取食特性而定(但事实颇近似于Kaufmann (1965) 所采用的标准):即当 $RFN > 0.5$ 时,称“嗜食”hobby feeding;当 $RFN = 0.5 - 0.25$ 时,称“喜食”prefer feeding;当 $RFN < 0.25$ 时,称“少食”little feeding;当 $RFN < 0.003 - 0.023$ 时,称“偶食²⁾”occasional feeding;在全部试验过程中无一取食者,即 $RFN = 0$,称“不食”no feeding。本文与前人(Kaufmann等, 1965)之不同处是,后者所采用的分级标准是以供试植物生物量的取食消耗量计算的。

1) $RFN = \text{relative frequency number}$

$$\text{相对频数}(RFN)_x = \frac{X}{\sum_{i=1}^n X}$$

2) “偶食”的RFN指标,其计算依据是:在三次重复试验中,取食的频数(FN)平均不达1次,或虽然超过但限于观测初始出现(饥饿导致);由此分别计算得出8种蝗虫的RFN指标值依次为,0.003(短星翅蝗)、0.016(宽翅曲背蝗)、0.009(宽须蚁蝗)、0.005(毛足棒角蝗)、0.006(狭翅肇蝗)、0.023(小翅肇蝗)、0.003(亚洲小车蝗)及0.009(鼓翅雏膝蝗)。

(1980—1981年, 益和乌拉)

表2 典型草原蝗虫优势种及具科属代表性蝗种对供试植物的不同取食等级*

供试植物	短翅蝗 <i>Callipterus abbreviatus</i> (konn.)	宽翅曲背蝗 <i>Paracrypta microptera meridionalis</i> (konn.)	宽须蚊蝗 <i>Myrmeleotetix palpalis</i> (Zub.)	毛足棒角蝗 <i>Dasyhippus barbipes</i> (F.-W.)	狭翅雄蝗 <i>Chorthippus dubius</i> (Zub.)	小翅雄蝗 <i>Chorthippus fallax</i> (Zub.)	亚洲小丰蝗 <i>Oedaleus asiaticus</i> B.-Blenko	鼓翅雄蝗 <i>Angaracris barabensis</i> (Fall.)
白头翁 <i>Pulsatilla furzaninovi</i>				-				
二裂萎陵菜 <i>Potentilla bifurca</i>				+				
菊叶萎陵菜 <i>Potentilla fragarioides</i>	+	+	+	-	+	+	+	+
星毛萎陵菜 <i>Potentilla acutis</i>								
小叶锦鸡儿 <i>Caragana microphylla</i>	+	+	+	-		-		+
扁蓿豆 <i>Pocockia ruthenica</i>		-		+	+		+	+
野扁豆 <i>Vicia</i> sp.				-				
柴胡 <i>Bupleurum chinensis</i>				+				
细叶沙参 <i>Adenophora stenophylla</i>				+				
冷蒿 <i>Atemisia frigida</i>	++	-	+	+	+	+	+	++
变蒿 <i>Atemisia commutata</i>	++	+	+	-			-	++
早熟禾 <i>Poa</i> sp.				+				
糙隐子草 <i>Cleistogenes squarrosa</i>	+	+	++	+	+	+	++	-
冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	-	+		+	+	+	+	
羊草 <i>Aneurolepidium chinensis</i>	+	+++	++	+++	++	++	++	+
落草 <i>Koeleria cristata</i>				+	+	+	+	
芨芨草 <i>Achnatherum splendens</i>								
大针茅 <i>Stipa grandis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
寸草苔 <i>Carex duriscula</i>			++		+	+		
双齿薹 <i>Allium bidentatum</i>	+				++	-	-	++

* ++ 嗜食; + 少食; - 偶食; - 不食。

(据累计数3次平均值, 1980—1981年, 益和乌拉)

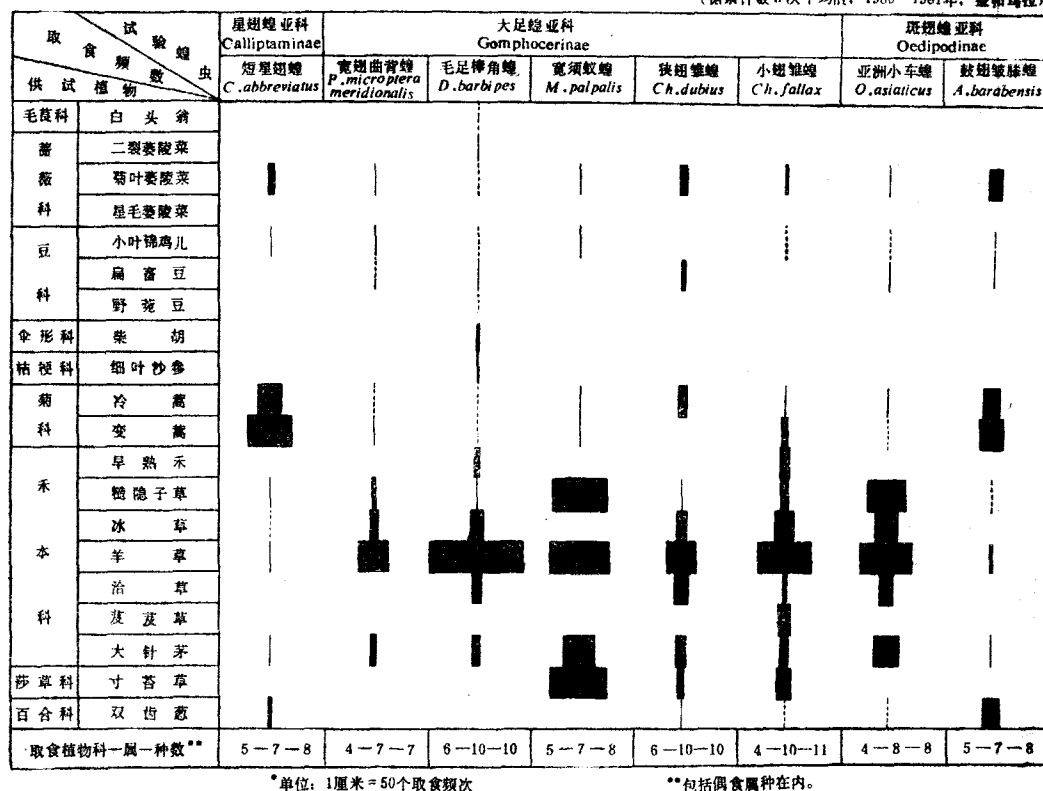


图2 典型草原蝗虫的优势种及具科属代表性蝗种对供试植物取食的频数 (FN) 分配值
(据累计数的3次平均值, 1980—1981年, 益和乌拉)

由图2及表2可知, 毛足棒角蝗、宽翅曲背蝗及亚洲小车蝗均嗜食羊草, 对其他禾本科 Graminae植物的取食, 分别为喜食和少食等级; 而短星翅蝗和鼓翅皱膝蝗, 则恰与之相反, 嗜食和喜食冷蒿、变蒿 *Artemisia commutata* (菊科 Compositae) 和双齿葱 *Allium bidentata* (百合科 Liliaceae), 对禾本科植物几乎无明显的取食反应。

三、蝗虫取食植物具“选择性”的统计分析

Thompson (1965) 曾用变异分析研究了草原田鼠 *Microtus pennsylvanicus* 的食物选择与生境适度的关系。本文在对蝗虫取食进行的连续观测取样基础上, 获得在一系列不同观测时间内蝗虫对各供试植物取食的频数 (FN) 分配值 (细表从略), 继而分别求出各植物 b*次观测的累计值。作者采用“一种方式分组的方差分析”计算处理 (表3), 以求证: 在罩笼内, 供试植物种类对蝗虫取食的频数 (FN) 是否有影响? 亦即蝗虫对供试植物的取食, 有否“选择性”。

* b代表各种蝗虫取食试验中的观测次数, 因草原天气晴雨无常, 故分别为8—16次不等。

表3 典型草原蝗虫优势种及其科属代表性蝗种取食具“选择性”的方差分析表*

试 验 蝗 种 (成 虫)	试 验 次 数	组 间			组 内 (误 差)			F 值	显 著 性
		平 方 和	自 由 度	均 方	平 方 和	自 由 度	均 方		
短 星 翅 蝗 <i>Calliptamus abbreviatus</i> Ikonn.	I	1359.2936	8	169.9117	1209.2498	63	19.1944	8.8521	**
	II	1474.0068	8	184.2509	415.4282	54	7.6931	23.9502	**
	III	123.3830	8	15.4229	76.9231	108	0.7123	21.6523	**
宽翅曲背蝗 <i>Paracryptera microptera meridionalis</i> (Ikonn.)	I	382.2488	8	47.7811	81.2501	63	1.2897	37.0482	**
	II	346.2496	8	43.2812	351.6250	63	5.5813	7.7547	**
	III	—	—	—	—	—	—	—	—
宽须蚁蝗 <i>Myrmeleottix palpalis</i> (Zub.)	I	876.3480	7	125.1926	300.4000	72	4.1722	30.0064	**
	II	752.7504	7	107.4286	265.0000	56	4.7321	22.7021	**
	III	4327.8372	7	618.2625	1499.7347	136	11.0275	56.0655	**
毛足棒角蝗 <i>Dasyhippus barbipes</i> (F. -W.)	I	1208.1832	15	80.5455	4259.1761	256	16.6373	4.8412	**
	II	3579.8753	15	238.6584	745.3775	256	2.9116	81.9681	**
	III	1088.2128	15	72.5475	410.9138	240	1.7121	42.3734	**
狭翅雏蝗 <i>Chorthippus dubius</i> (Zub.)	I	157.3024	9	17.4780	136.9376	150	0.9129	19.1450	**
	II	—	—	—	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—	—	—	—
小翅雏蝗 <i>Chorthippus fallax</i> (Zub.)	I	609.3976	8	76.1747	504.2851	54	9.3386	8.1570	**
	II	878.7030	8	109.8379	557.7143	54	10.6350	10.6350	**
	III	1163.5536	8	145.4442	418.9999	135	3.1037	46.8616	**
亚洲小丰蝗 <i>Oedaleus asiaticus</i> B. -Bienko	I	3082.5816	8	385.3227	703.5001	45	15.6333	24.6474	**
	II	2001.6654	9	222.4073	1019.4283	60	16.9905	13.0901	**
	III	581.6868	8	72.7109	359.0002	99	3.6263	20.0510	**
鼓翅敏膝蝗 <i>Angarecris barabensis</i> (Pall.)	I	123.5097	8	15.4387	92.2227	72	1.2809	12.0530	**
	II	161.7504	8	20.2188	114.1251	63	1.8115	11.1614	**
	III	420.0004	8	52.5001	326.9474	162	2.0182	26.0133	**

* a——供试植物组合的种数 b——按一定时间间隔观测的次数, “—”表示未予供试。

由分析结果可知, 8 种蝗虫的 F 值均远大于 F 分布表中当显著性水平为 0.01 的临界值 $F_{0.01}$ 值, 这表明: 由于供食植物之种类不同, 而使蝗虫对各供试植物取食的频数 (FN) 显著不同 (用**表示); 换言之, 8 种蝗虫对其供试植物的取食均具有特别明显的选择性, 而并非是偶然机遇所决定的。

四、蝗虫的选食程序

由于蝗虫对供试植物的取食, 具有显著的选择特性, 因而对各可食植物的取食程度存在明显差异及先后次序, 许多学者曾多次讨论这个问题。

1. 前人 (Singh 1961; Gangwere 1965 等) 曾用多种不同的概念及标准, 用以表达蝗虫选食各供试植物的不同程度及排序。本文系以 8 种蝗虫对各供试植物取食的相对频数 (RFN) 为据, 依其数值的不同大小代表喜爱取食的不同程度, 排列成序, 绘成蝗虫选食程序直方图 (图 3, 黑体), 用以直观地表达各种蝗虫对其供试植物选食的不同程度和次序。但观测得知, 由于蝗虫取食时间并非连续不断地进行, 因而, 当按一定间隔时间 (15 分钟) 连续测定取食频数的同时, 也相应产生了取食“频度 (FD)¹⁾”的概念, 亦即蝗虫取食在时间上的均匀连续程度。若依上述蝗虫选食程序 (图 3, 黑体) 考察可知, 8 种蝗虫对其供试植物组合中各组份取食的“相对频度 (RFD)²⁾”与相对频数 (RFN) 基本成正变关系 (图 3, 框点), 仅个别植物组份 (例亚洲小车蝗选食程序直方图中的冰草、落草等) 因蝗虫取食个体的分散或集中程度不同而外。显然, 蝗虫取食个体的分散或集中程度是由取食的“相对频数/相对频度”之比值来表达的, 比值愈大, 取食个体频数愈相对集中; 而图 3 之中, 对同一种植物所获蝗虫取食的相对频数及相对频度这两项柱形直方互有高低差异的含意即在于此。

从图 3, 就选食的内容看, 排序中列于首位的供食植物 (取食的相对频数最高者) 有两类: I. 类, 是以羊草为首、相继排列者均为禾本科 (冰草——大针茅——隐子草——落草——早熟禾), 次为菊科、豆科 Leguminosae 和蔷薇科 Rosaceae 等植物。其中, 以“嗜食”等级选食羊草的蝗种 (例毛足棒角蝗、宽翅曲背蝗) 对第二位和第三位……供食植物的选食等级则很低 (为“少食”和“偶食”); 另外, 以“喜食”等级选食羊草者 (例宽须蚁蝗、狭翅雏蝗、小翅雏蝗和亚洲小车蝗), 其第二、第三位所选食的供试植物之等级则提高 (大多为“喜食”); 两种雏蝗颇为相近; 除第一位“喜食”羊草以外, 对其他供食植物的选食, 具广泛而低等级取食的特点。II. 类则是以变蒿为第一位被选食, 相继排列者为冷蒿、蔷薇科 (萎陵菜)、百合科 (双齿葱)、豆科 (锦鸡儿、扁畜豆), 禾本科很少被选食 (例短星翅蝗、鼓翅皱膝蝗), 其中, 以鼓翅皱膝蝗的选食等级比较均匀。

1) FD=frequency degree

频度 (FD) = $\frac{\text{出现取食的次数}}{\text{实验中观测总次数}}$

2) RFD=relative frequency degree

相对频度 (RFD)_r = $\frac{Y}{\sum Y}$

蝗虫选食内容的如上特点,在一定程度上反应了对不同供食植物的取食量以及营养效应的调控能力。此外,在选食程序上的另一特点是,虽然各种蝗虫在一定供食条件下均各有其自己的选食排序,但在三次重复试验中,其第一位选食的植物是相对稳定不变的(图3,羊草和变蒿),而其余一切可食植物的选食排序,可因试验季节的不同、供试植物生育期迟早等因素的差异之影响而变换的。

2. 除蝗虫自身固有的食物适应特性以外,作为试验条件考虑,鉴于供试植物的种类及其与选食有关的生物学特性等之必然经常变换(例食性实验于不同年度、不同季节,以及不同生态地域的生境内进行),蝗虫在一定条件下的选食程序则随之相应改变,因此,为便于记录及比较分析和总结蝗虫种内或种间的对供试植物(或自然生境植物群落)所反应出的选食适应特性的规律性(表现为多种多样的不同选食程序),作者特将上述8种蝗虫的选食程序直方图,改换用以“数学不等式”的方式,来表达同一选食内容,现列如下:

I. 短星翅蝗的选食程序式:

$$(ACB)_{0.542} > (AFW)_{0.306} > (PFL)_{0.089} > (ABF)_{0.034} > (ACK)_{0.015} \\ > (CML)_{0.009} > (CSK)_{0.004} = (SGS)_{0.004}$$

II. 宽翅曲背蝗的选食程序式:

$$(ACK)_{0.645} > (ACG)_{0.142} > (SGS)_{0.115} > (CSK)_{0.055} > (ACB)_{0.016} \\ = (PEL)_{0.016} > (CML)_{0.011}$$

III. 宽须蚁蝗的选食程序式:

$$(ACK)_{0.295} > (CDM)_{0.279} > (CSK)_{0.269} > (SGS)_{0.149} > (ACB)_{0.005} \\ > (CML)_{0.002} > (AFW)_{0.001} = (PBL)_{0.001}$$

IV. 毛足棒角蝗的选食程序式:

$$(ACK)_{0.695} > (ACL)_{0.100} > (KCP)_{0.064} > (SGS)_{0.057} > (P_{SP.})_{0.035} \\ > (BSW)_{0.021} > (ASF)_{0.013} > (CSK)_{0.009} > (PBL)_{0.003} \\ = (MRL)_{0.003} > (AFW)_{0.001}$$

V. 狭翅雏蝗的选食程序式:

$$(ACK)_{0.339} > (KCP)_{0.164} > (SKR)_{0.117} > (ACG)_{0.111} > (AFW)_{0.094} \\ > (PFL)_{0.070} > (CDM)_{0.053} > (PRL)_{0.041} > (CSK)_{0.006} = (ABF)_{0.006}$$

VI. 小翅雏蝗的选食程序式:

$$(ACK)_{0.399} > (ACG)_{0.145} > (CDM)_{0.102} > (AST)_{0.092} > (P_{SP.})_{0.065} \\ > (CSK)_{0.057} > (SGS)_{0.050} > (ACB)_{0.037} > (KCP)_{0.025} > (PFL)_{0.023} \\ > (AFW)_{0.006}$$

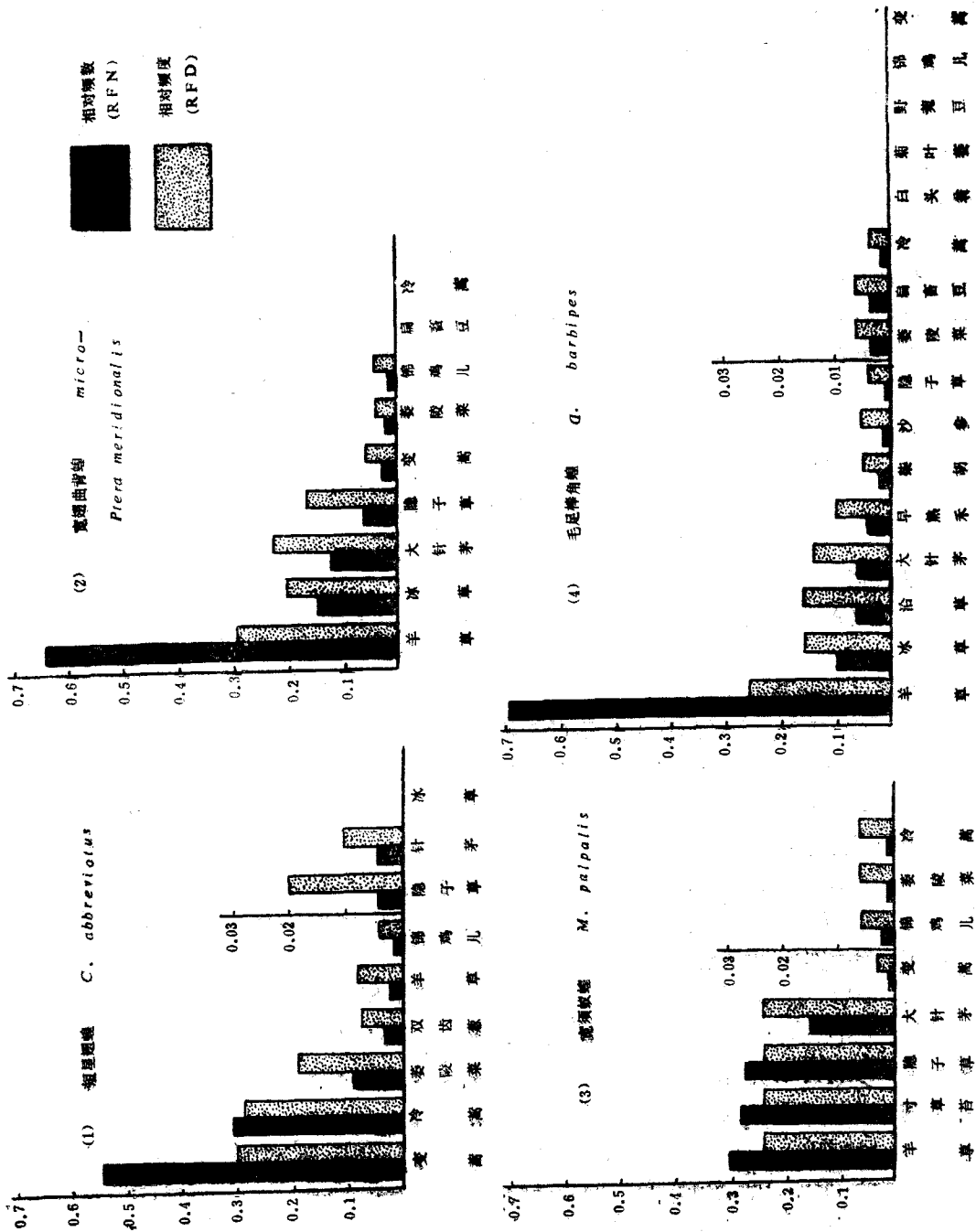
VII. 亚洲小车蝗的选食程序式:

$$(ACK)_{0.337} > (CSK)_{0.245} > (SGS)_{0.164} > (ACG)_{0.156} > (KCP)_{0.090} \\ > (PFL)_{0.003} > (AFW)_{0.002} > (PRL)_{0.001}$$

VIII. 鼓翅皱膝蝗的选食程序式:

$$(ACB)_{0.322} > (AFW)_{0.217} = (ABF)_{0.217} > (PFL)_{0.168} > (ACK)_{0.040}$$

1) (ACB)_{0.542} 系代表变蒿学名 *Artemisia commutata* Bess. 的缩写, 括弧外右下角外的 0.542 表示蝗虫对该种植物取食的相对频数; 余类推。



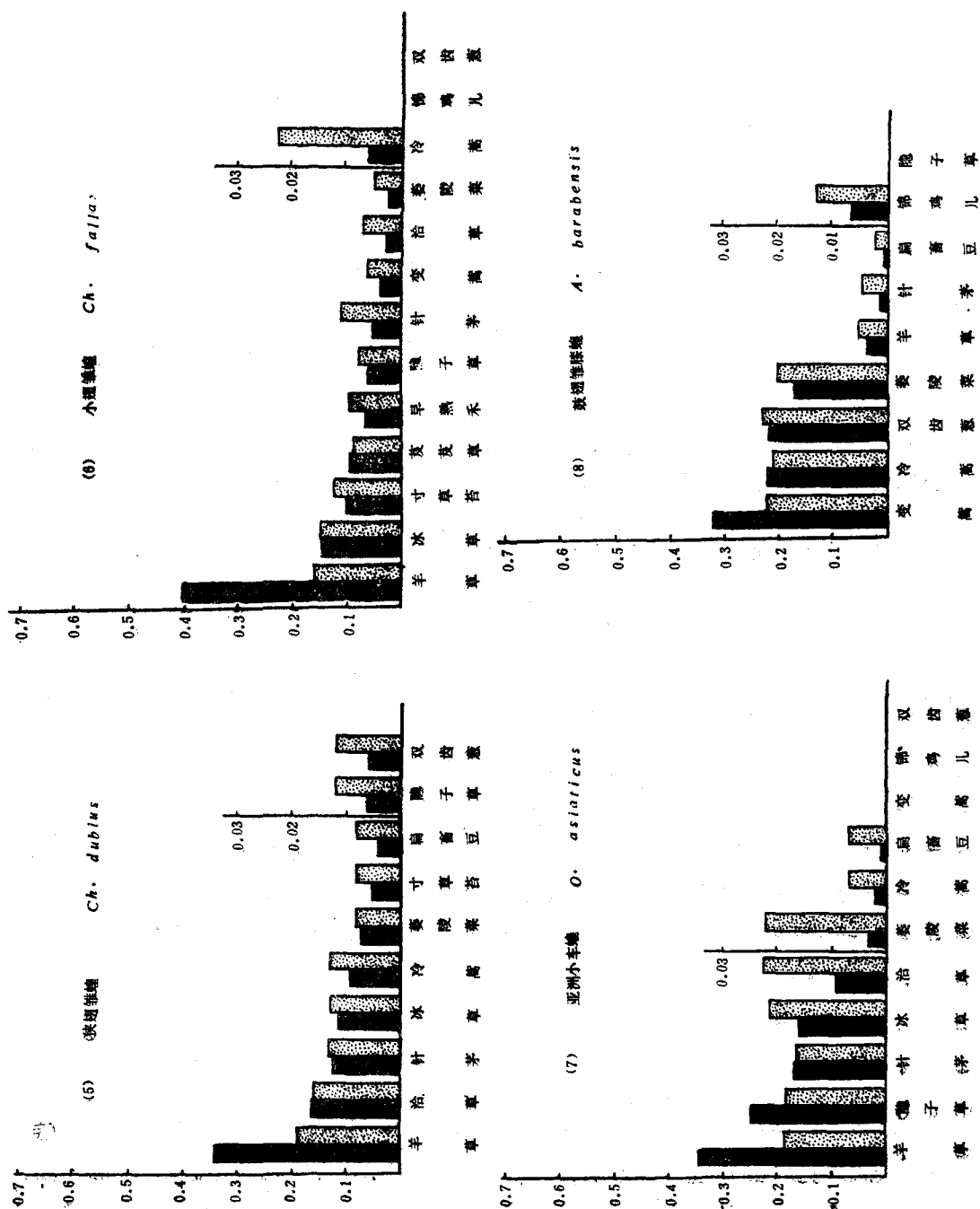


图3 典型草原蝗虫优势种及具科属代表性蝗种对供试植物的选食程序直方图

$$>(\text{SGS})_{0.019}>(\text{PRL})_{0.009}>(\text{CML})_{0.007}$$

上述 8 种蝗虫的选食程序式, 分别表达了它们各自在一定供试条件下对各可食植物的选食程度及排序, 它不仅定性地表达了蝗虫选食哪些属种的供食植物及其次序, 同时, 也定量地表达了其间的差异程度, 二者同表于一式之中。作者确信, 蝗虫选食程序式的拟用, 必将有助于分析总结在一定的供食条件下或任何类型的生态系统中, 因时间和空间变化而相应导致在食料植物呈多样性的条件下, 蝗虫选择取食特性、食性范围和能力以及适应规律。

五、小 结

本文研究了内蒙古锡林河流域益和乌拉地区的典型草原蝗虫的优势种和具科属代表性蝗种, 计 8 种, 在罩笼人为供食条件下的取食特性问题。选定为试验对象的 8 种蝗虫分别隶属于 7 属 3 亚科: 星翅蝗亚科 Calliptaminae 大足蝗亚科 Gomphocerinae 和斑翅蝗亚科 Oedipodinae。

试验结果分析表明, 8 种蝗虫取食的采自该地区主要自然植物群落中主要植物(优势种及建群种……)计 8 科 9 属 15 种。其中, 依食物性质, 基本可划分为三种取食类型: 1. 宽翅曲背蝗、宽须蚁蝗、毛足棒角蝗、小翅雏蝗及亚洲小车蝗, 均以取食禾本科植物为主, 其次为莎草科及其他; 而短星翅蝗、鼓翅皱膝蝗则主要取食菊科植物, 百合科和蔷薇科植物居次, 但对禾本科植物近乎无取食反应; 狭翅雏蝗则居中间, 对上述两类植物皆可取食。

据蝗虫对其供试植物取食的不同相对频数(RFN)值, 本文将典型草原 8 种蝗虫对供试植物的取食程度划分为五个不同等级, 采用的指标为: “嗜食”(RFN>0.50), “喜食”(RFN=0.50—0.25), “少食”(RFN<0.25), “偶食”(8 种蝗虫的 RFN 指标并不同一, 短星翅蝗等依次为 0.003、0.016、0.009、0.005、0.006、0.023、0.003、0.009), “不食”(RFN=0); 初步间接地明确了蝗虫与当地自然植物群落中重要组成种之间的取食关系。

据本试验获自 1980—1981 两年内的观测结果, 根据统计学方差分析结果表明: 典型草原的 8 种蝗虫对供试的食料植物之取食, 均具高度显著的“选择性”。

本文依据各蝗虫取食的相对频数(RFN)指标, 排列出典型草原蝗虫的优势种及具科属代表性蝗虫(总计 8 种), 在一定供试植物条件下的不同选食程序, 除绘制成直方图以直观表达外, 作者设计并拟用了“选食程序式”的方式, 以更便于定性并定量地记录及表达选食的内容。

参 考 文 献

- 钦俊德 1962 植食性昆虫的食性和营养. 昆虫学报 11 (2): 169—185.
 1980 植食性昆虫食性的生理基础. 昆虫学报 23 (1): 106—123.
 钦俊德、郭 郭、郑竺英 1957 东亚飞蝗的食性和食物利用以及不同食料植物对其生长和生殖的影响. 昆虫学报 7 (2): 143—166.
 Abushama, F. T. 1968 Food-plant selection by *Poecilocus hieroglyphicus* (Klug) (Acrididae: Pyrgomorphinae) and some of receptors involved. *Proc. R. ent Soc. Lond. (A)* 43 (7-9): 96—104.
 Chapman, R. F. 1957 Observation on the feeding of adults of the red locust (*Nomedacris septemfasciata*) (Serville). *Brit. J. Animal Behaviour* 58: 60—75.
 Clark, E. J. 1947 Studies in the ecology of British grasshoppers. *Trans. Roy. ent. Soc. London* 99 173—222.
 Gangwere, S. K. 1965 Food selection in the Oedipodine grasshopper *Arphia sulphurea* (Fabricius). *Am. Midland Naturalist* 74 (1): 67—75.

- Isely, F. B. & G. Alexander 1949 Analysis of insect food habits by crop examination, *Science* **109**: 115—116.
- Kaufmann, T. 1965 Biological studies on some Bavaria Acridoidea (Orthoptera), with special reference to their feeding habits. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **58**: 791—801.
- Misra, S. D. 1962 Nutritional ecology of the clear-winged grasshopper, *Camnula pellucida* (Scudder) (Orthoptera: Acrididae). *Mem. Indian Mus.* **14**: 87—172.
- Mulkern, G. B. 1967 Food selection by grasshoppers, *Ann. Rev. Entomol.* **12**: 59—78.
- Muraliangan, M. C. 1978 Feeding preferences of adults and mandibular morphology in the different instars of *Eyprepocnemis alacris alacris* (Serville). *Curr. Sci.* **47** (3): 101—104.
- Pfadt, R. E. 1949 Food plant as factors in the ecology of the lesser Migratory Grasshopper (*Melanoplus mexicanus*), *Wyoming Agr. Expt. Sta. Bull.* **290**: 48pp.
- Roonwal, M. L. 1953 Food-preference experiments on the Desert Locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.) in its permanent breeding grounds in Meklan (southern Baluchistan). *Jour. Zool. Soc. India.* **5**: 44—58.
- Singh, A. 1961 The food preferences of *Chrotogonus trichypterus* (Blanchard) (Orthoptera: Acrididae: Pyrgomorphinae). *Proc. Roy. Entomol. Soc. London* (A) **36** PTs. 1—3, p. 1—4.
- Thompson, D. Q. 1965 Food preferences of the meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*), in relation to habit affinities, *Am. Midland Naturalist* **74** (1): 76—86.
- Uvarov, B. P. 1977 Food and feeding behaviour, Grasshoppers and Locusts, p. 82—122.
- Williams, L. H. 1954 The feeding habits and food preferences of Acrididae and the factors which determine them. *Trans. Roy. Entomol. Soc. London* **105**: 423—454.

STUDIES ON THE FEEDING BEHAVIOUR OF ACRIDOIDS IN THE TYPICAL STEPPE SUBZONE OF THE NEI MONGOL AUTONOMOUS REGION I. CHARACTERISTICS OF FOOD SELECTION WITHIN THE ARTIFICIAL CAGES

LI HONGCHANG XI RUIHUA CHEN YONGLIN

(Institute of Zoology, Academia Sinica)

This paper deals with the feeding behaviour of dominant and representative species of three subfamilies of acridoids. The dominant species are *Dasyhippus barbipes* (F. -W.), *Myrmeleotettix palpalis* (Zub.) and *Chorthippus dubius* (Zub.), and the representative ones are *Calliptamus abbreviatus* (Ikonn.), *Paracryptera microptera meridionalis* (Ikonn.), *Chorthippus fallax* (Zub.), *Oedaleus asiaticus* B. -Bienko and *Angaracris barabensis* (Pall.). The observations on their feeding behaviour were carried out in the middle part of Xilin River, Yihe-wula mountain's region [Typical steppe subzone of the Nei Mongol (Inner Mongolia) Autonomous Region] over two years. The result of our experiments shows that 15 species of food plants of 8 families and 9 genres are eaten by the above mentioned acridoids (shown in tab. 1, fig. 2). The species, such as *Myrm. palpalis*, *P. microptera meridionalis*, *D. bar-*

bipes, *Ch. dubius*, *Ch. fallax* and *Oed. asiaticus*, fed primarily on Gramineae and secondarily on Cyperaceae. *Call abbreviatus* and *Angaracris barabensis* fed first on Compositae and then on Liliaceae, but do not respond to Gramineae at all (fig. 2). According to the relative frequency number (RFN) of the acridoids to the various supplied plants, their feeding behaviour might be divided into five grades (seen in tab. 2) representing the different degrees of feeding preference as follows: (1) hobby feeding ($\text{RFN} > 0.50$), (2) prefer feeding ($\text{RFN} = 0.50 - 0.25$), (3) a little feeding ($\text{RFN} < 0.25$), (4) occasional feeding ($\text{RFN}^* = 0.003 - 0.023$) and no feeding ($\text{RFN} = 0$). It has been proved by means of the analysis of variance that 8 acridoids have their evident characteristics of food selection for reared food plant combinations (shown in tab. 3).

This paper also describes the sequence of food selection of acridoids for reared plant combinations and their values of relative frequency number to every plant by the method of mathematics' unequal formula, and provides the formula of food selection sequence of 8 dominant and representative species of 3 subfamilies of acridoids; such a formula may be beneficial for the further study of the adaptational features on food selection of acridoids.

* The values of RFN in 8 species of acridoids are different from each other, in order of that: 0.003 (*Call. abbreviatus*), 0.016 (*P. microptera meridionalis*), 0.009 (*Myrm. palpalis*), 0.005 (*D. barbipes*), 0.006 (*Ch. dubius*), 0.023 (*Ch. fallax*), 0.003 (*Oed. asiaticus*), 0.009 (*Ang. barabensis*).