

典型草原三种蝗虫成虫期的食物 消耗量及其利用的初步研究*

李鸿昌 王 征 陈永林

(中国科学院动物研究所, 北京)

摘 要

为了进一步明确蝗虫类群在草原生态系统内的功能作用, 在内蒙古锡林河流域典型草原和乌拉山地区, 依蝗虫发生季节的次序, 先后研究了3种优势蝗虫(毛足棒角蝗、宽须蚊蝗、亚洲小车蝗)成虫群体在自然变温条件下取食羊草的食物消耗量和利用能力问题。

本文首先提出了群体饲养时, 蝗虫个体平均寿命的计算式:

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n i \cdot N_i}{N_t}$$

式中, i = 个体寿命的天数; N_i = 寿命为 i 的个体数; N_t = 蝗虫实验种群的个体总数。

据上式计算得出3种蝗虫个体平均寿命, 毛足棒角蝗: 雄性为 38.2 ± 2.8 天、雌性为 31.4 ± 2.2 天; 宽须蚊蝗: 雄性为 40.9 ± 2.3 天、雌性为 30.2 ± 1.6 天、亚洲小车蝗: 雄性为 52.6 ± 0.7 天、雌性为 40.6 ± 2.3 天。

3种蝗虫在其成虫历期内, 平均个体累积食量 $\bar{Q}$ (干重, 克) 为: 毛足棒角蝗的雄性为 0.607 ± 0.059 、雌性为 0.643 ± 0.084 ; 宽须蚊蝗的雄性为 0.303 ± 0.022 、雌性为 0.340 ± 0.037 ; 亚洲小车蝗的雄性为 1.414 ± 0.180 、雌性为 2.933 ± 0.186 。在不同蝗种间, 其平均个体累积食量的差异显著 ($P < 0.01$)。

3种蝗虫的雌性个体均因卵的生长发育致使个体的增重显著 ($P < 0.01$); 而雄性个体中, 仅亚洲小车蝗增重显著 ($P < 0.01$)。

3种蝗虫之雄性个体的近似消化力 (A.D.) 均显著高于同种的雌性个体 ($P < 0.01$); 季节发生早的蝗种之近似消化力相对高于较晚期发生的种类 (毛足棒角蝗 > 宽须蚊蝗 > 亚洲小车蝗)。对摄入食物的转换效率 (E.C.I., E.C.D.), 则同种内的雌性个体均显著高于雄性 ($P < 0.01$); 不同蝗种间, 以个体最小、在中期发生的宽须蚊蝗对摄入食物的转换效率为最高。

在草原生态系统内部的三个不同营养水平上, 蝗虫类 (Acridoids) 隶属于初级消费者。通常, 就系统内部的一般能流模型而论, 对于蝗虫类 (作为网络中网结之一) 能量的输入是以“食料植物”的形式并完全循照各不同蝗种自身特有的选食程序 (李鸿昌等, 1983、1985) 进行的, 其摄入的食物除经消化、吸收利用而维持了蝗虫自然种群及群落自身的生存外, 其余部分则以粪便等形式 (包括未被利用的物质) 排出体外; 同时, 为维持其生命的呼吸作用所释放的热能则消散于大气之中。

* 本项研究系中国科学院内蒙古草原生态系统定位站研究报告之一。席瑞华同志参加部分实验工作, 谨此致谢。
本文于1985年11月22日收到。

据作者(1983、1985)研究,毛足棒角蝗(*Dasyhippus barbipes*)、宽须蚁蝗(*Myrmeleotettix palpalis*)及亚洲小车蝗(*Oedaleus decorus asiaticus*)是内蒙古典型草原(锡林河流域,益和乌拉地区)中不同季节的优势蝗种;它们各在其自然植物群落生境内,均主要取食禾本科(Graminae)并部分取食莎草科(Cyperaceae)的牧草植物;其中,尤对羊草(*Aneurolepidium chinense*)最为喜食。由此可见,在生物量水平上,若欲定量分析典型草原生态系统内部,蝗虫以取食方式对第一性生产物的转移部分(取食中掉落部分除外)以及能量在以蝗虫为网络中心的食物链各环节间的流通分配过程,都首先需要研究蝗虫对其生境中的主要喜食植物的消耗量(食量)和对摄入食物的利用能力问题,这将是评价蝗虫群落在草原生态系统内部功能作用的开端与基础。

有关研究蝗虫食物消耗量的主要方法可归纳为:叶面积消耗测定法(Kaufmann, 1965, Langford, 1930等);对比称重法(钦俊德等, 1957; Ramchandra Rao, 1960; Bailey, 1976)以及粪便量推测法(Norris, 1961; Odhiambo, 1966)等。涉及与蝗虫食物消耗量相关因素的研究亦颇多(例如 Gangwere, 1959; Kaufmann, 1965; Misra, 1962; Sinoir, 1968等),其中,众多学者除较为公认“不同种蝗虫及同种蝗虫的雌雄不同性别之间,具有不同的食物消耗量”的结论外, Kaufmann (1965)等对温度因素的影响进行了较为广泛讨论。但 Nagy (1952)曾指出:同种蝗虫,在室内恒温(或较狭范围的变温)和在自然变温条件下,两者的食物消耗量之间到底存在何种相关?是应该深入研究的。Wahla (1980)等曾报告了在自然变温条件下有关长距蝗(*Acrotylus humbertianus*)等的食物消耗量的研究。但本文研究涉及的3种蝗虫均尚无报道。

一、材料和方法

本项观察实验是在内蒙古锡林河流域益和乌拉山地区的中国科学院内蒙古草原生态系统定位站进行的。在野外自然条件下挂笼,以喜食的羊草为供饲食料、进行群体饲育;饲育期间(7月25日—9月8日)的气温变异范围为6.8—37.5℃,日均温之最高日为24.7℃,最低日为11.3℃。实验按不同蝗种、性别各设4—5个重复组。采用对比称重法,核算得出实验种群内蝗虫个体的日食物消耗量。每日同步收集24小时内所排粪便并烘干称重。每间隔3—5天,将各实验组蝗虫称重并计算出个体平均重量。此外,亦相应测出3种蝗虫对照组个体的含水率。以上全部称重项目,均至各实验种群的个体全部自然死亡为止。

二、结果和讨论

1. 蝗虫成虫期个体平均寿命的计算

为最终求知蝗虫成虫期内个体的累积食物消耗量等项,则其个体平均寿命(天数)是最为基本的计算依据。为此,本文中设计给出了:在群体饲育条件下,蝗虫个体平均寿命($\bar{L}$)的计算式为:

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n i \cdot N_i}{N_t} \quad (1)$$

式中, i = 个体寿命的天数; N_i = 寿命为 i 天的个体数; N_t = 实验种群的个体总数。

据 (1) 式, 分别计算得出了: 毛足棒角蝗等 3 种蝗虫在野外自然条件下人工饲养所得之个体平均寿命 $\bar{L}$ (表 1)。

表 1 典型草原 3 种蝗虫成虫期在野外自然条件下饲以羊草时的个体平均寿命 ($\bar{L}$)

Table 1 The mean longevity of individuals of three different grasshoppers (adult stage) reared on *Aneurolepidium chinense* under natural condition of the field in Nei Mongol Typical Steppe

性 别	蝗 种	毛 足 棒 角 蝗			宽 须 蚁 蝗			亚 洲 小 车 蝗		
		饲育虫数 (头)	寿命范围 (天)	个体平均寿命 (天)	饲育虫数 (头)	寿命范围 (天)	个体平均寿命 (天)	饲育虫数 (头)	寿命范围 (天)	个体平均寿命 (天)
♂		30	5—79	38.2±2.8	50	15—68	40.9±2.3	20	14—70	52.6±0.7
♀		30	5—71	31.4±2.2	50	12—53	30.2±1.6	20	9—67	40.6±2.3

分析表 1, 毛足棒角蝗等 3 种蝗虫, 其雄性个体的平均寿命均显著高于同种中的雌性个体 ($P<0.05$)。在不同蝗种间比较, 毛足棒角蝗和宽须蚁蝗的两性个体平均寿命极为接近 (前者平均为 34.8 天, 后者平均为 35.6 天), 而异种同性寿命亦比较接近; 但亚洲小车蝗成虫期的个体平均寿命均较毛足棒角蝗和宽须蚁蝗为高 ($P<0.01$)。

2. 蝗虫成虫期对饲育食物的利用

1) 成虫期的食物消耗量、粪便量和体重 对不同种蝗虫并分别雌雄, 以其个体平均寿命 $\bar{L}$ (式(1)) 为计算历期, 据每日实测得出的实验种群的日食量、日粪便量和体重, 核算得出个体的平均日食量、日粪便量和个体平均重量并绘制曲线 (图 1—6)。

不同种蝗虫, 在其成虫历期内的平均个体累积食量 (或累积粪便量, 均以 $\bar{Q}_a$ 表示), 可分别由下公式计算得出,

$$\bar{Q}_a = \sum_{i=1}^n \bar{Q}_i \quad (2)$$

式中, n = 实验种群中, 个体平均寿命 ($\bar{L}$) 的天数; $\bar{Q}_i$ = 实验种群中, 个体在平均寿命 ($\bar{L}$) 范围内, 第 i 天的平均日食物消耗量 (或日粪便量)。

由 (2) 式计算得出 3 种蝗虫之个体的平均累积食量及累积粪便量 (表 2)。

分析表 2, 比较个体平均日食物消耗量可知, 3 种蝗虫的雌性个体均显著高于雄性 ($P<0.01$), 同种蝗虫其雌雄间的比值 (即差异大小) 可排序为: 亚洲小车蝗 (= 2.69) > 宽须蚁蝗 (= 1.53) > 毛足棒角蝗 (= 1.30); 不同蝗种间 (设性比为 1), 其平均个体日食物消耗量之差异很明显, 亚洲小车蝗 (= 0.0991) > 毛足棒角蝗 (= 0.0366) > 宽须蚁蝗 (= 0.0187)。

另就蝗虫在成虫历期内的平均个体累积食量 ($\bar{Q}_a$) 而论, 毛足棒角蝗和宽须蚁蝗两种雌雄两性间的差异并不显著, 仅亚洲小车蝗显著 ($P<0.01$) 在不同蝗种间 (设性比为 1) 其差异显著 ($P<0.01$), 可排序为: 亚洲小车蝗 (= 4.3472) > 毛足棒角蝗 (= 1.2502) > 宽须蚁蝗 (= 0.6426)。

同理, 采用 (2) 式, 经计算得出 3 种蝗虫的平均个体累积粪便量 (表 2), 在不同蝗种间、同种的不同性别间, 亦显示出了与累积食量相类同的排序。

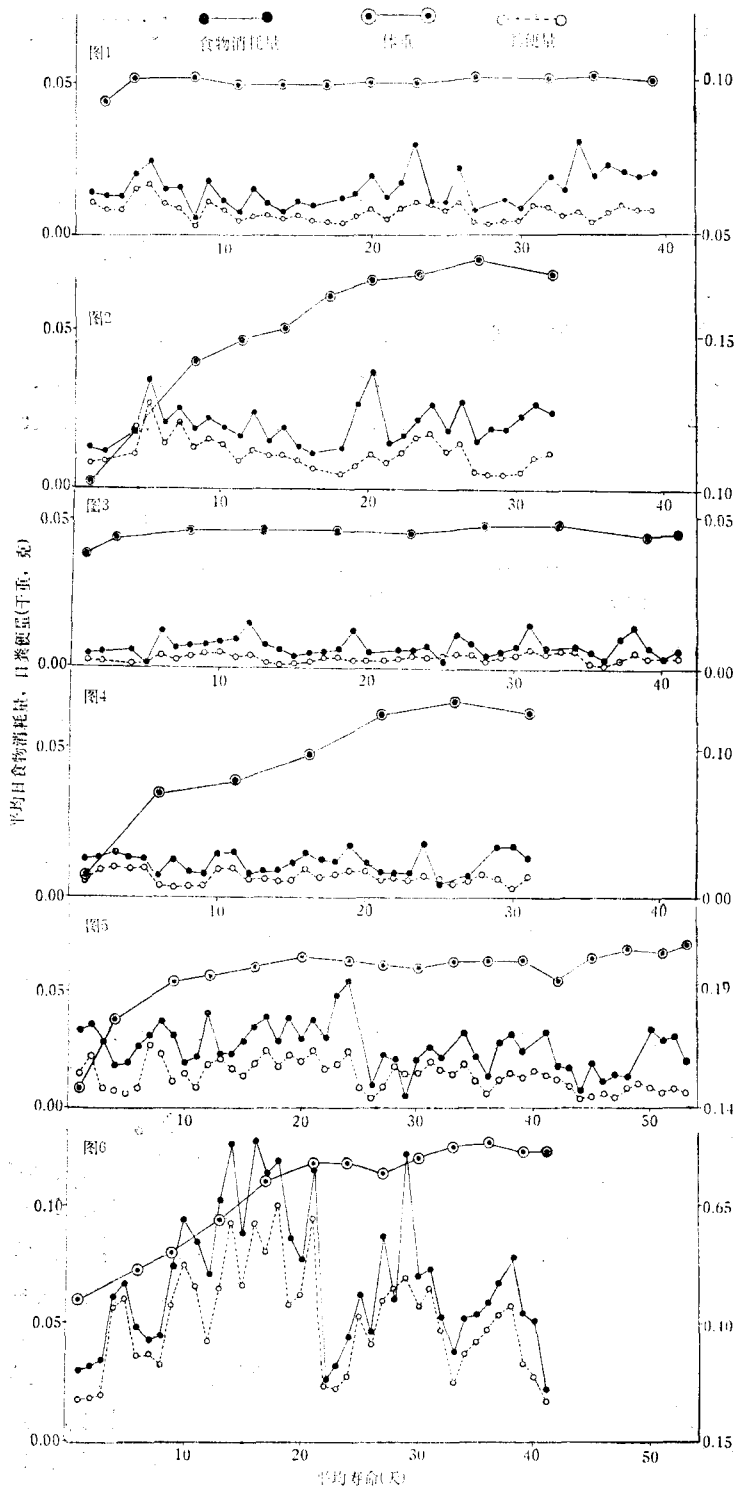


图 1 毛足棒角蝗 (*Dasyhippus barbipes*), ♂

图 2 毛足棒角蝗 (*D. barbipes*), ♀

图 3 宽须蚁蝗 (*Myrmeleotettix palpalis*), ♂

图 4 宽须蚁蝗 (*M. palpalis*), ♀

图 5 亚洲小车蝗 (*Oedaleus decorus asiaticus*), ♂

图 6 亚洲小车蝗 (*O. D. asiaticus*), ♀

图 1—6 在野外自然条件下 3 种蝗虫成虫期个体的食物消耗量、粪便量和体重的比较
Fig. 1—6 Comparison of the individual weights of food consumption, faeces and body during the adult stage of three grasshoppers under natural conditions of the field

表 2 典型草原3种蝗虫成虫期在野外自然条件下饲以羊草时的个体平均食物消耗量和粪便量
Table 2 Average weights of the individual food consumption and quantity of faeces by three different grasshoppers (adult stage) reared on *Aneurolepidium chinense* under natural condition of the field in Nei Mongol Typical Steppe

蝗种 性 别	毛 足 棒 角 蝗						宽 须 蚁 蝗						亚 洲 小 车 蝗					
	日 食 量			累积食量			日 食 量			累积食量			日 食 量			累积食量		
	鲜重(克)			干重(克)			鲜重(克)			干重(克)			鲜重(克)			干重(克)		
	鲜重(克)	干重(克)	鲜重(克)	干重(克)	鲜重(克)	干重(克)	鲜重(克)	干重(克)	鲜重(克)	干重(克)	鲜重(克)	干重(克)	鲜重(克)	干重(克)	鲜重(克)	干重(克)	鲜重(克)	干重(克)
♂	0.0594 ±0.0036	0.0159 ±0.0015	2.2677 ±0.2141	0.6072 ±0.0588	0.2466 ±0.0103	0.0267 ±0.0020	0.0074 ±0.0006	1.0897 ±0.0840	0.3031 ±0.0219	0.1401 ±0.0070	0.0988 ±0.0131	0.0269 ±0.0034	5.1987 ±0.6890	1.4138 ±0.1804	0.6997 ±0.0246			
♀	0.0766 ±0.0085	0.0207 ±0.0023	2.4063 ±0.2689	0.6430 ±0.0835	0.3243 ±0.0147	0.0425 ±0.0043	0.0113 ±0.0012	1.2835 ±0.1308	0.3395 ±0.0371	0.1922 ±0.0143	0.2643 ±0.0154	0.0722 ±0.0046	10.7308 ±0.6277	2.9334 ±0.1859	2.1406 ±0.0418			

2) 成虫期的个体增重(鲜重, 克) 从3种蝗虫的体重曲线(图1—6)可看出, 各在其平均寿命的历期内, 因雌雄性别不同, 其体重增加明显不同。其中, 雄性个体的平均绝对增重仅亚洲小车蝗为显著 ($P < 0.01$); 另两种, 则不显著。若依其绝对增重之大小, 3种蝗虫的排序为: 亚洲小车蝗 ($= 0.062$) $>$ 宽须蚁蝗 ($= 0.006$) $>$ 毛足棒角蝗 ($= 0.005$); 其相对增重亦排序为, 亚洲小车蝗 ($= 38.85\%$) $>$ 宽须蚁蝗 ($= 13.95\%$) $>$ 毛足棒角蝗 ($= 5.35\%$)。

对于3种蝗虫的雌性个体, 显然因卵巢生长发育的生理需要, 对营养物质富积的结果, 其体重的绝对增重均为显著 ($P < 0.01$), 依增重值的大小排序为: 亚洲小车蝗 ($= 0.326$) $>$ 毛足棒角蝗 ($= 0.070$) $>$ 宽须蚁蝗 ($= 0.055$); 若依其相对增重则排序为: 宽须蚁蝗 ($= 96.93\%$) $>$ 亚洲小车蝗 ($= 72.21\%$) $>$ 毛足棒角蝗 ($= 69.20\%$)。

3) 蝗虫成虫期的食物利用能力 对3种蝗虫成虫期的两性个体平均累积食量、累积粪便量(表2)以及体重增长量(图1—6)分别计算得出下列诸项食物利用能力指数(Walderbauer, 1968)¹⁾: 近似消化力 (approximate-digestibility) (A.D.), 摄入食物转换为体物质的效率 [The efficiency of conversion of ingested food to body substance (E.C.I.)] 和消化的食物转换为体物质的效率 (The efficiency of conversion of digested food to body substance (E.C.D.)), 据此比较不同蝗种及其不同性别的食物利用能力(表3)。

1) (1) 近似消化力 (%) A.D. =

$$\frac{\text{摄入的食物量(干重)} - \text{粪便量(干重)}}{\text{摄入的食物量(干重)}} \times 100$$

(2) 摄入食物转换为体物质的效率 (%) E.C.I. =

$$\frac{\text{身体增重(干重)}}{\text{摄入的食物量(干重)}} \times 100$$

(3) 消化的食物转换为体物质的效率 (%) E.C.D. =

$$\frac{\text{身体增重(干重)}}{\text{摄入的食物量(干重)} - \text{粪便量(干重)}} \times 100$$

表 3 典型草原3种优势蝗虫成虫期在野外自然条件下对所饲羊草食物的不同利用能力

Table 3 The different ability of the food utilization of three different grasshoppers (adult stage) reared on *Aneurolepidium chinense* under natural condition of the field in Nei Mongol Typical Steppe

蝗虫种类	性 别	食物利用能力的指数	摄入食物转换为体物质	消化的食物转换为体物质的效率
		近似消化力 (%)	的效率 (%)	(%)
毛足棒角蝗	♂	59.39	0.31	0.52
	♀	49.56	4.40	8.87
宽须蚁蝗	♂	53.78	0.73	1.36
	♀	43.39	6.74	15.53
亚洲小车蝗	♂	50.51	1.31	4.30
	♀	27.03	3.30	12.21

分析表 3, 3 种蝗虫成虫期的近似消化力 (%) A. D. 为: 同种内, 雄性个体均显著高于雌性 ($P < 0.05$), 其雌雄比值可排序为: 毛足棒角蝗 ($= 0.83$) $>$ 宽须蚁蝗 ($= 0.81$) $>$ 亚洲小车蝗 ($= 0.54$)。不同蝗种间的排序为: 毛足棒角蝗 ($\sigma = 59.39\%$ $\phi = 49.56$) $>$ 宽须蚁蝗 ($\sigma = 53.78\%$ $\phi = 43.39\%$) $>$ 亚洲小车蝗 ($\sigma = 50.51\%$ $\phi = 27.03\%$); 初步认为: 在草原自然植物群落内, 早期发生的蝗种, 对摄入食物的近似消化力水平有高于相对晚期发生种类的现象。

就不同蝗虫而言, 对摄入与消化的食物的转换效率 (E.C.I. 和 E.C.D.) 之高低, 其规律性均与近似消化力的情况相反: 雌性个体均显著高于雄性 ($P < 0.05$); 其雌雄间比值排序仍为: 毛足棒角蝗 (E.C.I. = 14.19 E.C.D. = 17.06) $>$ 宽须蚁蝗 (E.C.I. = 9.23 E.C.D. = 11.42) $>$ 亚洲小车蝗 (E.C.I. = 2.52 E.C.D. = 2.84); 这个序列亦显示出: 在草原自然植物群落内, 愈是相对发生早的蝗种, 其转换效率的高低, 在雌雄不同性别之间的差异愈大。

3 种蝗虫中, 其转换效率以宽须蚁蝗 (中期发生、个体最小) 为最高, 这可能是导致它的体重相对增重为最高的原因之一。

参 考 文 献

- 李鸿昌、席瑞华等 1983 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. 生态学报 3 (3): 214—228.
- 李鸿昌、陈永林 1985 内蒙古典型草原蝗虫食性的研究 II. 在自然植物群落内的取食特性. 草原生态系统研究, 第 1 集. 154—165 页. 科学出版社.
- 钦俊德、郭 郭等 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.
- Aspirot, J., G. Lauge and J. Arnoux 1981 Valeur alimentaire de *Pteridium aquilinum* comparée à celle de *Saga japonica* Pour le cinquième stade de *Schistocerca gregaria*. Ent. exp. & appl. 29 (1981): 268—280.
- Baily, C. G. 1976 Consumption and utilization of various host plants by *Melanoplus bivittatus* (Say) and *M. femurrubrum* (DeGeer) (Orthoptera: Acrididae). Can. J. Zool. 54: 1044—1050.

- Davey, P. M. 1954 Quantities of food eaten by the Desert Locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.), in relation to growth. *Bull. Ent. Res.* 45: 539—551.
- Gangwere, S. K. 1959 Experiments upon the food consumption of the grasshoppers *Melanoplus scudderi* Uhler. *Pap. Mich. Acad. Sci. Nat.* 31: 61—102, 9 figs.
- Kaufmann, T. 1965 Biological studies of some Bavarian Acridoidea (Orthoptera), with special reference to their feeding habits. *Ann. Ent. Soc. Am.* 58: 791—800, 6 figs.
- Langford, G.S. 1930 Some factors relating to the feeding habits of grasshoppers, with special reference to *Melanoplus bivittatus*. *Bull. Colo. agric. Exp. Sta no.* 354:53.
- Misra, S.D. 1962 Nutritional ecology of the Clear-winged grasshopper, *Camnula pellucida* (Scudder) (Orthoptera: Acrididae). *Mem. Indian Mus.* 14:87—172, 1 pl., 28 figs.
- Nagy, B. 1952 Food consumption of *Docostaurus crucigerus brevicollis* Eversm. and *Oedipoda coerulescens* L. (Orthoptera: Acrididae). *Acta Biol. Hung.* 3 (1951):41—52, 2 figs.
- Norris, M.J. 1961 Group effects on feeding in adult males of the Desert Locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.) in relation to sexual maturation. *Bull. Ent. Res.* 51: 731—753, 3 figs.
- Parker, J.R. 1930 Some effects of temperature and moisture upon *Melanoplus mexicanus mexicanus* Saussure and *Camnula pellucida* Scudder. *Bull. Mont. Agric. Exp. Sta. no* 223:132, 25 figs.
- Sinoir, Y. 1968 Etude de quelques facteurs conditionnant la prise de nourriture chez les larves du criquet migrateur, *Locusta migratoria migratorioidis*. I. Facteurs internes. *Entomologia Exp. Appl.* 11:443—449, 1 fig.
- Wahla, M.A. & M.R.Khan 1980 A comparative consumption of *Sorghum* foliage by the hoppers of *Acrotylus humbertianus* Saussure (Acrid.: Orthoptera). *Pakistan J. Zool.*, 12(1):145—148.
- Waldbauer, G.P. 1968 The consumption and utilization of food by insect. *Advances in Insect Physiology* 5:229—288.

FOOD CONSUMPTION AND UTILIZATION BY THREE SPECIES OF ACRIDIDS (ADULT STAGE) IN TYPICAL STEPPE

Li Hongchang Wang Zheng Chen Yonglin

(Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing)

This paper deals with the preliminary studies on food consumption and utilization by three species of acridids viz. *Dasyhippus barbipes* F.-W. (Db), *Myrmeleotettix palpalis* (Zub.) (Mp) and *Oedaleus decorus asiaticus* B.-B'enko (Oda), under the natural conditions of field near the foothills of Ihoula Mt. in Xilin River District, Nei Mongol (Inner Mongolia) Autonomous Region.

It is well known that the acridids function as the primary consumers in the typical steppe ecosystem, and the study on the food consumption and the abilities of food utilization by the acridids above mentioned are the basis for estimating quantitatively the function of acridids in the steppe ecosystem.

First of all, the formula of the average longevities of individual is proposed

as follow:

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n i \cdot N_i}{N_t}$$

where i = days of longevity of individuals;

N_i = number of individuals whose longevities equal i ;

N_t = total numbers of experimental population of acridoids.

we have obtained the average longevities of individuals of the three species: *Db*: ♂ = 38.2 ± 2.8 days, ♀ = 31.4 ± 2.2 days; *Mp*: ♂ = 40.9 ± 2.3 days, ♀ = 30.2 ± 1.6 days; *Oda*: ♂ = 52.6 ± 0.7 days, ♀ = 40.6 ± 2.3 days.

The average accumulation ($\bar{Q}_a$, gm., dry weight) of food consumed by individuals at the adult stage of the acridoids are different from each other markedly ($P < 0.01$); *Db*: ♂ = 0.607 ± 0.059 gm., ♀ = 0.643 ± 0.084 gm., *Mp*: ♂ = 0.303 ± 0.022 gm., ♀ = 0.340 ± 0.037 gm., *Oda*: ♂ = 1.414 ± 0.180 gm., ♀ = 2.933 ± 0.186 gm. The differences in $\bar{Q}_a$ between females and males in *Db* and *Mp* are not remarkable expect that the $\bar{Q}_a$ of females is evidently higher than males in *Oda*.

Due to the growth and development of eggs in the females, the body weights of three different acridoids increased remarkably ($P < 0.01$) during the adult stage. But in the males, only the body weight of *Oda* increased remarkably ($P < 0.01$).

The Approximate Digestibility (A. D.) of the male individuals is obviously higher than that of the female in all the three species. It is evident that the A. D. of the species emerging earlier in Inner Mongolia steppe is higher than that of the later ones, viz. $Db > Mp > Oda$. The efficiencies of conversion for ingested and digested food (E.C.I. & E.C.D.) of females are obviously higher than that of the males ($P < 0.01$), and the ratio of females and males can be ordered as: $Db > Mp > Oda$.