

西藏飞蝗食性及其防治指标

杨群芳¹ 廖志昌¹ 李 庆^{1*} 杨 刚² 封传红³ 蒋春先¹

(1. 四川农业大学农学院, 雅安 625014; 2. 四川甘孜州农业局植物保护站,
康定 626000; 3. 四川省农业厅植物保护站, 成都 610041)

摘要: 采用室外笼罩法测定西藏飞蝗 *Locusta migratoria tibetensis* Chen 的食性、食量及其对青稞和牧草造成的产量损失, 并初步制定其防治指标。结果表明: 西藏飞蝗 1~2 龄蝗蝻喜食牧草, 3 龄后喜食青稞和冬小麦; 其在草地(亚高山草甸)、青稞和冬小麦 3 种植被上均能获得必需的营养并完成发育, 而在沙棘 *Hippophae rhamnoides* 和白菜地则不能完成整个生活史; 西藏飞蝗的取食量在 1~3 龄时很小, 5 龄和成虫期为暴食期; 西藏飞蝗取食青稞和牧草的防治指标分别为 3.01 和 4.44 头/m²。
关键词: 西藏飞蝗; 食性; 防治指标

Feeding habits and economic threshold of *Locusta migratoria tibetensis*

Yang Qunfang¹ Liao Zhichang¹ Li Qing^{1*} Yang Gang² Feng Chuanhong³ Jiang Chunxian¹

(1. College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, Sichuan Province, China; 2. Plant Protection Station of Ganzi State, Kangding 626000, Sichuan Province, China; 3. Plant Protection Station of Sichuan Agricultural Department, Chengdu 610041, Sichuan Province, China)

Abstract: The feeding habit, quantity of food-taking of *Locusta migratoria tibetensis* Chen and the output loss of the highland barley and pasture grass by the pest were studied in this paper, and then the action threshold was worked out. The results showed that 1st–2nd instar nymphs of locust fed mainly on pasture grass, after the 3rd instar, *Locusta migratoria tibetensis* fed mainly on highland barley and winter wheat. The locusts could obtain the necessary nutrition on pasture grass (subalpine meadow), highland barley and winter wheat for its growth and development in its life history, but it couldn't complete its life history when it fed on *Hippophae rhamnoides* and Chinese cabbage. The quantity of food-taking of the 1st–3th instars nymphs was very low, but the quantity of food-taking of the 5th instar nymph and the adults was huge. The action threshold for this pest feeding on highland barley was 3.01 nymphs per square meter, and the action threshold on pasture grass was 4.44 nymphs per square meter.

Key words: *Locusta migratoria tibetensis*; feeding habit; action threshold

西藏飞蝗 *Locusta migratoria tibetensis* Chen 属直翅目斑翅蝗科 Oedipodidae。据记载, 1828—1952 年间, 西藏曾发生 45 次蝗灾, 1846—1857 年连续发生, 重者连年庄稼颗粒无收^[1]。20 世纪 70—90 年代西藏飞蝗先后在西藏的林芝、米林、白朗、拉萨、林周、达孜等地暴发^[2], 近年来在西藏、青海玉树和四

川甘孜等地发生严重^[3]。植食性昆虫与植物的长期协同进化, 使其形成了特定的寄主范围, 因而能够在一种或几种寄主植物上取食并进行种群繁衍, 且不同的寄主植物对植食性昆虫生长和生理的影响不同^[4]。西藏飞蝗为青藏高原的特有种, 目前对西藏飞蝗的研究主要集中在形态特征、分布、发生动态、

基金项目: 农业部西藏飞蝗发生规律与监测预警项目资助, 四川省教育厅资助项目 (07ZA066)

作者简介: 杨群芳, 女, 1966 年生, 副教授, 研究方向为农业害虫及其防治, email: qunfangyang@hotmail.com

* 通讯作者 (Author for correspondence), email: liqing633@yahoo.com.cn

收稿日期: 2008-01-09

生物学特性及耐寒性等方面^[1-3, 5-7],关于西藏飞蝗的食性及防治指标尚未见报道。为探索控制西藏飞蝗的新途径和指导防治,作者对其食性、食量及其防治指标进行了研究。

1 材料与方法

1.1 试验地点及材料

试验在四川省甘孜州石渠县洛须镇西藏飞蝗发生区进行,海拔 3 200 ~ 3 400 m。主要植被为青稞、冬小麦、狼毒 *Stellera chamaejasme*、披碱草 *Elymus dahuricus*、蒿草 *Kobresia setchwanensis*、白草 *Pennisetum centrasiaticum*、沙蒿 *Artemisia ordosica*、紫花野青茅 *Calamagrostis purpurea*、早熟禾 *Poa pratensis* 和沙棘 *Hippophae rhamnoides* 等。

供试虫源为当地采集和用笼(1 m³)饲养的各虫龄西藏飞蝗;供试植物为当地主要牧草和青稞,青稞品种为康青 3 号。

1.2 西藏飞蝗取食选择性试验

1.2.1 笼罩选择性试验

在当地采集各种牧草、青稞、冬小麦、沙棘、白菜,按图 1 所示的方式随机插入 1 m³ 的尼龙网罩内的土壤里,放入 50 头虫龄一致的西藏飞蝗,1~2 龄不区分雌雄,3 龄至成虫期雌雄各 25 头。从 8 时至 19 时连续观察并记录飞蝗每小时对各种植物的取食次数,重复 3 次,根据李鸿昌等^[8]的方法计算相对频率。

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

其中: X :西藏飞蝗对某一种植物的取食次数; n :供试植物的种类。

当 $\text{RFN} > 0.5$ 时为嗜食; RFN 为 $0.5 \sim 0.25$ 为喜食; $\text{RFN} < 0.25$ 为少食; $\text{RFN} < 0.023$ 为偶食; $\text{RFN} = 0$ 为不食。

1.2.2 西藏飞蝗取食选择性野外调查

于 2005—2007 年,在四川省甘孜州对西藏飞蝗取食情况进行野外调查,统计各虫龄飞蝗活动情况与取食植物种类。

1.3 不同植物对西藏飞蝗生长发育的影响

在当地野外选择牧草地、青稞地、冬小麦地、河滩草地、沙棘地、菜地,分别放置 1 m³ 的尼龙网罩,每笼放入 50 头刚孵化的 1 龄飞蝗蝗蛹,1~2 天更新网罩内的食物并对其取食及生长发育进度进行统计。

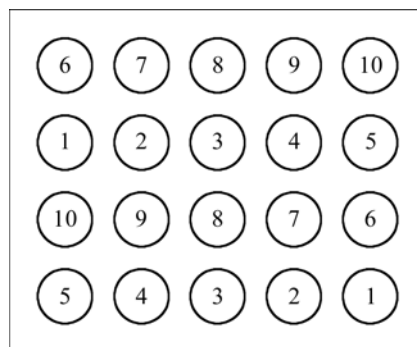


图 1 野外笼罩选择性试验供试植物的排列方法

Fig. 1 Arrange way of folding the plants with nylon net of the selective experiment in the field

注:图中 1~10 代表 10 种供试植物所随机抽取的编号。
Note: In the diagram, the numbers means the random serial number from 1 to 10 types of sample experiment materials.

1.4 西藏飞蝗食量测定

当地采集的各虫龄西藏飞蝗,1、2 龄分别为 20 头,3 龄至成虫为雌雄各 10 头。白草和青稞采用叶面积法^[9],蒿草采用比重法^[10],每种植物重复测定 3 次。

1.5 防治指标

1.5.1 青稞地西藏飞蝗防治指标

按照 Chiang^[11]的方法计算防治指标:

$$ET = \frac{CC \cdot FC}{EC \cdot Y \cdot Sc \cdot P \cdot Yr}$$

其中: ET :防治指标(虫口密度); CC :防治费用; FC :临界因子; EC :防治效果; Y :无虫害时产量; Yr :单位虫口密度所引起的产量损失率; P :产品单价; Sc :害虫种群自然存活率。

在石渠县农林局青稞种植基地种植青稞 0.03 hm²,待其长至约 5 cm 时,设置 15 个 1 m³ 笼罩,排列成 3 排 5 列。无虫处理后一个月接 3 龄蝗蛹(雌雄各半),随机排列,试验设 0、2、4、8 和 12 头/笼 5 个处理,每处理重复 3 次,常规田间管理。每隔 3 天检查笼内的飞蝗数量,若有死亡则补充与死亡蝗虫相同虫龄的飞蝗。青稞成熟后,对其穗数、每穗的籽粒数、千粒重进行统计。

1.5.2 牧草地西藏飞蝗防治指标

西藏飞蝗取食牧草后各虫龄历期测定:选一牧草地设置 3 个笼罩,进行无虫处理,待药效期过后,采集 20 头 2 龄蝗蛹于笼罩内,用牧草进行群体饲养,观测西藏飞蝗的发育历期,统计 3、4、5 龄和成虫的历期。

根据李鸿昌等^[12]方法计算西藏飞蝗各虫龄的历期:

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

其中: i :个体寿命的天数, N_i :寿命为 i 天的个体数, N_t :蝗虫实验种群的个体总数。

西藏飞蝗对牧草损毁量测定:设4个笼罩,割取新鲜牧草称重后置于各笼罩内,其中3个笼罩内放入20头3龄飞蝗(雌雄各一半),24h后测定各笼罩内牧草的损失量(被取食与掉落),以未接虫为对照,按照对照水分损失率折算出损失的鲜草重量。并把对照牧草留下烘干称重,把测定的牧草损失转换成干草损失。4、5龄和成虫用相同方法测定。

根据李鸿昌等^[12]方法计算个体平均累计食量:

$$\bar{Q}_a = \sum_{i=1}^n \bar{Q}_i$$

其中: $\bar{Q}_a$:个体平均累计食量, n :实验种群个体平均寿命, $\bar{Q}_i$:实验种群中个体在平均寿命范围内第 i 天的日食量。

1.6 数据处理

应用SPSS 11.5数据处理系统进行方差分析和Duncan氏新复极差测验。

2 结果与分析

2.1 西藏飞蝗取食选择性

2.1.1 各虫龄西藏飞蝗的取食选择性

西藏飞蝗的取食范围和取食喜好随虫龄的增大而有较大的变化(表1)。低龄蝗蛹仅取食禾本科与莎草科的牧草和农作物;4龄后取食范围逐渐扩大,沙棘和白菜有被取食的现象,但频率相对较低;西藏飞蝗终生不取食狼毒和沙蒿。1~2龄蝗蛹嗜食蒿草,取食相对频率为57%,其次是披碱草,为20%,对冬小麦和青稞的取食频率都非常低;3龄蝗蛹仍喜食蒿草,取食相对频率为29%,但较1~2龄蝗蛹显著下降,对冬小麦和青稞的取食频率较1~2龄显著增加,分别为20%和16%;4龄后喜食青稞,其次是冬小麦,而对蒿草和披碱草的取食频率相对较低。

2.1.2 田间选择性取食的季节变化

西藏飞蝗食性随当地植物的季节性更替而变化。5月初,越冬卵大量孵化,初孵蝗蛹主要以牧草为食;6—7月,虫龄较大的飞蝗扩散至生长旺盛的

青稞和冬小麦地取食;8月,随着西藏飞蝗成虫数量剧增,群集为害青稞、冬小麦和牧草,同时也取食沙棘等低龄蝗蛹不取食的植物;8月底后,青稞和冬小麦老化不宜食用,西藏飞蝗主要在草地为害并完成产卵。

2.2 不同植物对西藏飞蝗生长发育的影响

自然条件下,西藏飞蝗取食禾本科和莎草科植物,能够完成蝗蛹的生长发育与生殖过程。在人为的胁迫下,还可取食沙棘和十字花科的植物,但取食沙棘后不能完成蛹期的生长发育;取食白菜后虽能完成蝗蛹的生长与蜕皮,但无法羽化。在室外观察中也发现西藏飞蝗常聚集在牧草、青稞和冬小麦上,而很少在沙棘和菜地聚集(表2)。

2.3 西藏飞蝗的食量

西藏飞蝗1~3龄时取食量较小,差异不显著;4龄至成虫期取食量剧增,5龄和成虫期为暴食期(表3)。各虫龄取食不同植物的量也不同,1龄蝗蛹日取食蒿草量较大,约为青稞的2倍,而随着虫龄的增大西藏飞蝗取食青稞的数量迅速增加,而日取食蒿草增加的比例较青稞小。可见西藏飞蝗虫龄低时主要为害牧草,而虫龄高时主要为害青稞,这与取食选择性试验结果一致。

2.4 西藏飞蝗的防治指标

2.4.1 青稞地西藏飞蝗防治指标

西藏飞蝗通过取食叶片和茎秆对青稞造成破坏使其产量降低,在产量构成因素中,千粒重最容易受到影响,其次是穗粒数。当虫口密度为2头/ m^2 时未能对青稞产量的各构成因素造成显著影响,而当虫口密度达到4头/ m^2 以上则有非常显著的影响。青稞产量($\hat{Y}_1$)和损失率($\hat{Y}_2$)与虫口密度(x)密切相关,回归关系为: $\hat{Y}_1 = -7.3306x + 373.9$ ($R^2 = 0.9871$); $\hat{Y}_2 = 0.0188x$ ($R^2 = 0.9834$)。

根据甘孜州植保站提供的资料,当地青稞价格(P)为1.8元/kg,西藏飞蝗种群存活率(Sc)约90%。采用绿僵菌防治时,防治费用(CC)为170元/ hm^2 ,防治效果(EC)为90%。根据表4,无虫害产量(Y)为5562.60kg/ hm^2 ,虫口密度为1头/ m^2 时所得青稞产量损失率(Yr)为1.8%。根据青藏高原特殊环境选取临界因子 $FC=3$ 。由此计算出青稞地西藏飞蝗的防治指标 $ET=3.01$ 头/ m^2 。

2.4.2 牧草地西藏飞蝗防治指标

西藏飞蝗对牧草的破坏主要是取食和使其断

表 1 西藏飞蝗对不同植物的取食频率和嗜食等级

Table 1 The frequency and addiction rank of taking the different plants by *Locusta migratoria tibetensis*

植物种类 Category of plant	1 龄 1 st instar		2 龄 2 nd instar		3 龄 3 rd instar		4 龄 4 th instar		5 龄 5 th instar		成虫 Adult	
	Σ RT	等级 Rank	Σ RT	等级 Rank	Σ RT	等级 Rank	Σ RT	等级 Rank	Σ RT	等级 Rank	Σ RT	等级 Rank
狼毒 <i>Stellera chamaejasme</i>	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-
沙蒿 <i>Artemisia ordosica</i>	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-
披碱草 <i>Elymus dahuricus</i>	6.6	+	10.2	+	11.2	+	13.3	+	14.7	+	19.3	+
蒿草 <i>Kobresla setchwahensis</i>	19.0	++	18.5	++	21.7	++	24.7	+	23.7	+	31.0	+
异针茅 <i>Stipa aliena</i>	2.4	⊥	6.0	+	8.3	+	12.7	+	12.3	+	15.3	+
早熟禾 <i>Poa pratensis</i>	2.2	⊥	4.7	+	7.6	+	11.7	+	13.5	+	13.7	+
青稞 Highland barley	1.5	⊥	6.8	+	15.1	+	32.3	++	44.7	++	59.3	++
冬小麦 Winter wheat	1.4	⊥	6.1	+	12.1	+	22.0	+	31.3	+	42.3	+
沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.3	⊥	0.6	⊥	1.5	⊥
白菜 Chinese cabbage	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.7	⊥	0.8	⊥

注: Σ RT 为单位蝗虫一天内对某植物取食次数之和; +++: 嗜食, ++: 喜食, +: 少食, ⊥: 偶食, -: 不食。Note: Σ RT means the cumulative time of taking the plant of the unit locust in one day; +++: preference eating, ++: favor eating, +: few eating, ⊥: chance eating, -: no eating.

表 2 西藏飞蝗在不同植被上生长发育比较

Table 2 The comparison of growth of *Locusta migratoria tibetensis* on the different vegetations

植被 Vegetation	植物种类 Category of plant	取食情况 Feeding		生长发育情况 Growth and development				
		强迫状态 Constraining state	自然状态 Nature state	蛹期生长 Growing of nymphs	蜕皮 Ecdysis	羽化 Eclosion	交配 Mating	产卵 Oviposition
牧草 Pasture	白草 <i>Pennisetum centrasiacum</i> , 蒿草 <i>Kobresla setchwahensis</i> , 狼毒 <i>Stellera chamaejasme</i>	+	+	○	○	○	○	○
青稞 Highland barley	青稞 Highland barley	+	+	○	○	○	○	○
冬小麦 Winter wheat	冬小麦 Winter wheat	+	+	○	○	○	○	○
河滩草地 Grassland near by river	紫花野青茅 <i>Calamagrostis purpurea</i> 早熟禾 <i>Poa pratensis</i>	+	+	○	○	○	○	○
沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>	沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>	+	-	×	×	×	×	×
菜地 Vegetable field	白菜 Chinese cabbage	+	-	○	○	×	×	×

注: “+”表示取食,“-”表示不取食;“○”表示能完成此项生命活动,“×”表示不能完成此项生命活动。Note: “+” means taking the plants, “-” means does not taking the plants; “○” means can accomplish the growing, “×” means can not accomplish the growing.

表 3 西藏飞蝗日取食量
Table 3 The quantity of daily feeding on *Locusta migratoria tibetensis*

虫态 Life stage	白草(g/d) <i>Pennisetum centrasiaticum</i>	蒿草(g/d) <i>Kobresla setchwahensis</i>	青稞(g/d) Highland barley
1 龄 1 st instar	0.0016 ± 0.0002 aA	0.0025 ± 0.0002 aA	0.0013 ± 0.0001 aA
2 龄 2 nd instar	0.0071 ± 0.0014 aA	0.0097 ± 0.0006 aA	0.0057 ± 0.0005 aA
3 龄 3 rd instar	0.0101 ± 0.0018 aA	0.0135 ± 0.0007 aA	0.0143 ± 0.0018 aA
4 龄 4 th instar	0.0340 ± 0.0020 bB	0.0481 ± 0.0014 bB	0.0556 ± 0.0020 bB
5 龄 5 th instar	0.1074 ± 0.0048 cC	0.1089 ± 0.0161 cC	0.1212 ± 0.0065 cC
成虫 Adult	0.1957 ± 0.0083 dD	0.1739 ± 0.0106 dD	0.2190 ± 0.0107 dD

注:数据用“平均数±标准误”表示。同行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。下同。Note: Dates show as means ± SE. Means followed by different lowercase within same row are significantly differently with LSD ($P<0.05$), by different capital letter are different with LSD ($P<0.01$). The same as below.

表 4 西藏飞蝗对青稞产量的影响
Table 4 The influence of *Locusta migratoria tibetensis* on the barley output

虫口密度 Density of insects (No./m ²)	穗数(No./m ²) Spike quantity of barley ear	每穗籽粒数 Seed quantity of each ear	千粒重(g) Weight of each thousand seeds	青稞产量(g/m ²) Output of highland barley	产量损失(g/m ²) Output loss	产量损失率(%) Rate of output loss
CK	287.0 ± 2.3 aA	53.38 ± 0.54 aA	36.32 ± 0.25 aA	556.26 ± 2.58 aA		
2	285.3 ± 0.9 aA	53.52 ± 0.72 aA	35.90 ± 0.19 abA	548.03 ± 6.10 aA	8.23 ± 6.10 dD	1.48 ± 1.10 dD
4	282.0 ± 0.6 abAB	51.96 ± 0.36 abA	34.88 ± 0.08 bcB	511.07 ± 4.77 bB	45.20 ± 4.76 cC	8.12 ± 0.86 cC
8	277.3 ± 0.3 bB	50.34 ± 0.32 bcB	32.67 ± 0.13 cB	475.31 ± 2.61 cC	80.96 ± 2.62 bB	14.55 ± 0.47 bB
12	267.3 ± 2.0 cC	48.99 ± 0.45 cB	34.76 ± 0.49 dC	427.69 ± 1.66 dC	128.58 ± 1.66 aA	23.11 ± 0.30 aA

落,3 龄和 4 龄蝗蝻取食牧草和使其断落的量均较少。3 龄时,西藏飞蝗平均日损失量与累计损失量分别为 0.0171 g/头和 0.2312 g/头;4 龄时分别为 0.0714 g/头和 0.9709 g/头;5 龄至成虫期西藏飞蝗对牧草的取食量和使其断落量剧增,5 龄时平均日损失量与累计损失量分别为 0.1982 g/头和 2.8350 g/头,成虫期分别为 0.4536 g/头和 16.2377 g/头,对牧草的破坏占到总破坏量的 80.1%,因此,成虫期是对牧草破坏最为严重的时期。

在牧草地,对西藏飞蝗的防治方法与在青稞地相同,其防治费用及效果也相同。当地牧草价格为 0.7 元/kg,西藏飞蝗所造成的损失为干草 20.2748 g/头,可得牧草地西藏飞蝗防治指标为 4.44 头/m²。

3 讨论

飞蝗是一种取食范围颇广的多食性昆虫,在自然条件下对不同寄主植物具有取食选择性^[13],长势较好的植物由于含水量和营养含量高,更能吸引昆虫的取食^[13]。本研究结果表明,虫龄较低的西藏飞

蝗喜食牧草,3 龄后喜食青稞和冬小麦。其原因可能是 6 月份后的青稞和冬小麦长势比牧草好,营养丰富,能吸引高龄的西藏飞蝗取食,而当青稞黄化时,营养恶化,西藏飞蝗则选择嫩绿的牧草取食。植物能产生信号物质,通过影响昆虫的嗅觉和味觉反应,对昆虫产生引诱或者趋避作用。植物体内的有毒物质也能趋避昆虫或影响昆虫的生长与生殖^[14]。西藏飞蝗对禾本科和莎草科的植物有明显的趋性,而对胡颓子科的沙棘、瑞香科的狼毒、十字花科的白菜有明显的负趋性,西藏飞蝗对寄主植物表现出的这种“趋”和“避”的选择机制是否与寄主散发的“信号”物质有关,还值得进一步研究。

不同寄主植物具有不同的营养组成,因此对昆虫的生殖、寿命、生长等影响不同。西藏飞蝗在牧草和青稞地上能完成生活史,而在沙棘和菜地则不能完成,可能是前两者含有能满足飞蝗正常生长发育的营养物质,而后两者可能营养不足、或含有毒物质。青藏高原主要植被是牧草,农作物主要是青稞,其植被条件非常有利于西藏飞蝗的活动,只要气候

环境适宜,西藏飞蝗暴发的可能性较大。

西藏飞蝗取食选择性试验虽然在笼罩条件下进行,与自然环境有所区别,但室外调查结果与笼罩试验结果一致,因此能够反映西藏飞蝗一生对食料的选择性。

1~3 龄西藏飞蝗蝗蝻取食量小,主要取食牧草和青稞叶片;而 4 龄后取食量剧增,5 龄蝗蝻和成虫期为西藏飞蝗的暴食期,并有使叶片损落和为害茎秆的现象,因此对西藏飞蝗的防治应在 3 龄前。当虫口密度为 2 头/ m^2 时未对青稞产量构成产生显著影响,可能是由于青稞自身补偿作用所致;而当虫口密度达到 4 头/ m^2 时,西藏飞蝗对青稞产量各构成因素产生了显著影响。本研究对于牧草地西藏飞蝗防治指标只进行了笼罩下损毁的间断性测定,今后还需通过室外笼罩下的模拟试验进一步验证。

参 考 文 献(References)

- [1] 陈永林. 蝗虫再猖獗的控制与生态学治理. 中国科学院院刊, 2000(5): 341-345
- [2] 王宝海, 袁维红, 王成明. 西藏昆虫区系及其演化. 郑州: 河南科学技术出版社, 1992
- [3] 王正军, 秦启联, 郝树广, 等. 我国蝗虫暴发成灾的现状及其持续控制对策. 昆虫知识, 2002, 39(3): 172-175
- [4] 钦俊德. 植食性昆虫的食性和营养. 昆虫学报, 1962, 11(2): 169-185
- [5] 陈永林. 飞蝗新亚种——西藏飞蝗 *Locusta migratoria tibetensis* subsp. n. 昆虫学报, 1963, 12(4): 463-474
- [6] 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
- [7] 王思忠, 李庆, 张敏. 西藏飞蝗发育起点温度和有效积温的研究. 农业生物灾害预防与控制研究. 北京: 中国农业出版社, 2005
- [8] 李鸿昌, 席瑞华, 陈永林. 内蒙古典型草原蝗虫食性的研究 1. 罩笼供食下的取食特性. 生态学报, 1983, 3(3): 214-238
- [9] Kaufmann T. Biological studies of some Bavarian Acridoidea (Orthoptera), with special reference to their feeding habits. Annals of Entomological Society of America, 1965, 58: 791-801
- [10] 钦俊德, 郭郭, 郑竺英. 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, 1957, 7(2): 143-165
- [11] Chiang H C. A general model of the economic threshold level of pest population. FAO Plant Protection Bull, 1979, 27: 71-73
- [12] 李鸿昌, 王征, 陈永林. 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. 生态学报, 1987, 7(4): 331-338
- [13] 郭郭, 陈永林, 卢宝廉. 中国飞蝗生物学. 济南: 山东科学技术出版社, 1991
- [14] 钦俊德. 植食性昆虫食性的生理基础. 昆虫学报, 1980, 23(1): 106-121