Development, 1992, **114**(4): 861 ~ 867.
3 Lamb D. J. *J. Urol.*, 1993, **150**: 583 ~ 592.
4 Loveland K. L., Schlatt S. *Endocrinology*, 1997, **153**: 337 ~ 344.
5 Mauduit C., Hamamah S., Benahmed M. *Hum. Reprod. Update*, 1999, **5**(5): 535 ~ 545.
6 Feng L. X., Ravindranath N., Dym M. J. *Biol. Chem.*, 2000, **275**(33): 25 572 ~ 25 576.
7 Ohta H., Tohda A., Nishimune Y. *Biol. Reprod.*, 2003, **69**(6): 1 815 ~ 1 821.
8 Clark D. E., Tisdall D. J., Fidler A. E., McNatty K. P. *Reprod. Fertil.*, 1996, **106**(2): 329 ~ 335.
9 Horie K., Takakura K., Taii S., Narimoto K., Noda Y., *et al*. *Biol. Reprod.*, 1991, **45**(4): 547 ~ 552.
10 Motro B., Bernstein A. *Dev. Dyn.*, 1993, **197**(1): 69 ~ 79.
11 Zhao Z., LÜS. M., Xi G. S. *Insect Sci.*, 2005, **13**(1): 445 ~ 450.
12 Rossi P., Sette C., Dolci S., Geremia R. *Endocr. Invest.*, 2000, **23**(9): 609 ~ 615.
13 Kissel H., Timokhina I., Hardy M. P., Rothschild G., Tajima Y., *et al*. *EMBO J.*, 2000, **19**(6): 1 312 ~ 1 326.
14 赵卓, 于艳萍, 任炳忠. 吉林农业大学学报, 2004, **26**(3): 267 ~ 271.
15 奚耕思, 郎冬梅. 昆虫知识, 2003, **40**(6): 538 ~ 541.
16 奚耕思, 窦向梅. 动物分类学报, 2004, **29**(2): 207 ~ 211.
17 赵卓, 奚耕思. 动物分类学报, 2006, **31**(3): 501 ~ 508.
18 赵卓, 任炳忠, 奚耕思. 吉林农业大学学报, 2005, **27**(6): 603 ~ 605.
19 赵卓, 奚耕思. 昆虫知识, 2005, **42**(5): 524 ~ 527.

西藏飞蝗的生物学特性*

李 庆[1] 封传红[2] 张 敏[1] 蒋 凡[2] 杨 刚[3] 罗林明[2]
(1. 四川农业大学植物保护系 雅安 625014; 2. 四川省农业厅植物保护站 成都 610041;
3. 甘孜州植保植检站 四川 康定 626000)

The biological characteristics of *Locusta migratoria tibetensis*. LI Qing[1], FENG Chuan-Hong[2], ZHANG Min[1], JIANG Fan[2], YANG Gang[3], LUO Lin-Ming[2] (1. *Department of Plant Protection, Sichuan Agricultural University*, Ya'an 625014, China; 2. *Plant Protection Station of Sichuan Agricultural Department*, Chengdu 610041, China; 3. *Plant Protection and Quarantine Station of Ganzi State*, Sichuan Kangding 626000, China)

Abstract The *Locusta migratoria tibetensis* Chen occurs 1 generation annually in Ganzi State of Sichuan Province but in some area (Xiangcheng County) it occurs incomplete 2 generations per year and the eggs are laid in soil to overwinter. The first generation begins to hatch at late March and reach the hatching peak in middle or late April. The 1 ~ 3 instar initial booming period is from middle April to middle May, and reaches the peak period in late May. The adult emergence time is in early July, and reaches the eclosin peak period from late July to early August. The adults begin to oviposit in early August, the ovipositional peak period is from late September to early October. Some eggs oviposited early by the first generation can hatch from soil in early September in the same year, but the incomplete second generation can not overwinter. Under the condition of 18, 21, 24, 27 and 30℃, the developmental threshold temperature of egg, the whole nymphs and the whole generation is 14.2, 16.1 and 14.6℃, respectively; the effective accumulative temperature is 179.1, 360 and 787.8 day-degrees, respectively.

Key words *Locusta migratoria tibetensis*, life cycle, biological characteristics, Ganzi State of Sichuan Province

摘 要 西藏飞蝗 *Locusta. migratoria tibetensis* Chen 在四川甘孜州 1 年发生 1 代, 某些地方(乡城县) 1 年

* 四川省科技厅应用基础项目(05JY029-007-3)。
** 通讯作者: E-mail: liqing633@yahoo.com.cn
收稿日期: 2006-04-10, 修回日期: 2006-06-28

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

发生不完整的2代，即以卵越冬，翌年3月下旬开始孵化出土，4月中、下旬为孵化盛期，1～3龄始盛期为4月中旬～5月中旬，高峰期为5月下旬，7月上旬初始羽化，7月下旬～8月上旬为羽化盛期，8月上旬始见产卵，8月下旬～9月上旬为产卵盛期，第1代成虫较早产下的卵块在条件适宜的情况下可于当年9月上旬孵化出土，但孵化出的蝗蝻不能越冬。该虫卵、全蝻期及全世代的发育起点温度分别为14.2，16.1，14.6℃，有效积温为179.1日·度、360.0日·度、787.8日·度。在18，21，24，27和30℃等5种恒温条件下其平均世代历期214.4，133.3，79.2，66.3和50.7 d。

关键词　西藏飞蝗，生物学，四川，甘孜州

西藏飞蝗 *Locusta. migratoria tibetensis* Chen 属直翅目蝗总科 Acridoidea，斑翅蝗科 Oedipodidae，飞蝗属 *Locusta*，是陈永林于1963年订立的新亚种[1]。西藏飞蝗在我国的西藏自治区和青海省南部均有分布[2]，在西藏于1828～1952年间，曾有45处发生蝗灾，1846～1857年则连续12年发生蝗灾，并波及到18个地区，重者连年庄稼颗粒无收，青稞、麦子荡然无存，草场则寸草不收[3]。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、达孜等地暴发为害[4～6]。近年来又发现其在西藏、青海玉树和四川甘孜等地发生危害特别严重，并有蔓延趋势，主要危害当地的青稞、小麦、玉米等禾本科作物及牧草等，给当地的农牧业造成严重的经济损失[3, 7]。国内对西藏飞蝗的研究仅限于其形态特征、分布及其发生动态等[1～8]。而对该虫的生物学特性尚未有相关报道，作者就此于2004、2005年连续2年对其生物学特性进行系统研究，为掌握西藏飞蝗发生规律、科学防治提供依据，现将结果报道如下。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

在四川省甘孜州采集野外西藏飞蝗散居型成虫，雌雄配对饲养于当地自然条件下的笼罩内；收集其产下的部分卵块带回四川农业大学昆虫研究室进行室内温度试验。

1.2　生活史及生活习性观察

观察点设在四川省甘孜州乡城县，该县位于四川甘孜藏族自治州西南部，试验地海拔2 737 m。

在田间设置10个规格为1 m×1 m×1 m的钢丝纱笼(30目)，留底以划分一部分区域种植玉米(川单15号)，并于笼外空地种植玉米(川单15号)和披碱草(牧草)，以补充在笼内食物短缺或玉米长老时食料之需。每个笼内放置2对(雌雄配对)散居型成虫，每天定时观察2～4次，记载西藏飞蝗的取食、交配、产卵、孵化、蜕皮、羽化等情况，同时每旬进行田间调查一次，掌握其在1年发生代数及发生特点。

1.3　温度对西藏飞蝗生长发育的影响

试验在人工智能气候箱(RXZ-260B)中进行，设定18，21，24，27和30℃等共5个温度处理(温度变幅：±1℃)，相对湿度40%～60%，光周期12∶12(L∶D)，取同一批孵化出的蝗蝻分别放入各个温度处理中，重复3次，每个重复放30头，整个生育期均用新鲜黑麦草饲养。每天定时观察记录蝗蝻的蜕皮、羽化情况及各龄的发育历期，待蝗蝻羽化后采用未经交配过的雌雄配对饲养直至其产下第1个卵块从而确定其产卵前期的长短，每一温度处理下观察10对以上；另将所产卵块放入土壤湿度大约15%的沙壤土中并置于各个温度梯度的人工气候箱内，观察各卵块的孵化时间记录卵块发育历期。通过对上述5种温度处理下各龄蝗蝻、卵及全世代发育历期的观察结果采用最小二乘法[9]计算出西藏飞蝗蝗蝻、卵、全世代的发育起点温度和有效积温，公式如下：

$$C=\frac{\sum_{i=1}^{n}V_i^2 * \sum_{i=1}^{n}T-\sum_{i=1}^{n}V_i * \sum_{i=1}^{n}V_iT_i}{n * \sum_{i=1}^{n}V_i^2-(\sum_{i=1}^{n}V_i)^2},$$

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

$$K = \frac{n^{*}\sum_{i=1}^{n} V_i T_i - \sum_{i=1}^{n} V_i^{*} \sum_{i=1}^{n} T_i}{n^{*}\sum_{i=1}^{n} V_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} V_i)^2}。$$

式中 n 为总试验组数；i 为试验组序数；V_i 为 i 组发育速率；$V_i = 1/N_i$，N_i 为 i 组发育历期；T_i 为 i 组实验温度。

2 结果与分析

2.1 生活习性

2.1.1 蝻：食性：孵化后需经过 4～8 h 后才取食，蝗蝻一般喜食玉米、披尖草等禾本科植物鲜嫩叶片。

蜕皮：蝗蝻孵化后需经过 5 次蜕皮羽化为成虫。蜕皮时，身体倒挂，六足攀附物体，腹部不时向下弯曲以吸入大量空气而膨大，头部拗动若干次后，旧壳沿背中央缝线向前后纵裂，此纵裂线一直延伸到头盖缝上两复眼间，此时头部离开旧壳而先蜕出，然后 3 对足与腹部先后脱离旧壳，整个过程持续 30～60 min。

行为：蝗蝻活动受温度和光照影响较大，一般在中午太阳照射强烈，温度高时相当活跃，取食量加大，而早晨和晚上不甚活跃，取食活动也不明显。

2.1.2 成虫：成虫取食玉米、披碱草等禾本科植物叶片或茎杆，喜欢在光照充足和温度较高的场所栖息或取食。成虫经 7 d 左右性发育成熟，雌雄可进行交配，再经 14 d 左右生殖发育成熟。雌成虫选择坚实平坦、湿度适宜的壤土中产卵，产卵深度为 4.1～7.6 cm，每卵块含卵粒 40～107 粒卵，卵块孵化率在 85%以上；雌虫若未找到适宜的土壤场所产卵时，它会将卵块散产于饲养笼内而不产于土中，收集此卵在室内条件下孵育，部分卵块能孵化成蝻，但孵化率都很低。

2.2 生活史

西藏飞蝗在四川甘孜州 1 年发生 1 代，以卵在土壤中越冬，翌年 3 月下旬开始孵化出土，4 月中、下旬为孵化盛期，蝗蝻共有 5 个龄期，1～3 龄始盛期为 4 月中旬～5 月中旬，高峰期为 5 月下旬，7 月上旬初始羽化，7 月下旬至 8 月上旬为羽化盛期，8 月上旬始见产卵，8 月下旬～9 月上旬为产卵盛期，蝗蝻历期 70～100 d，每个龄期历时 15 d 左右。个别地方发生局部世代（不完整的 2 代），如甘孜州乡城县，第 1 代成虫较早产下的卵块在条件适宜的情况下可于当年 9 月孵化出土，但孵化出的蝗蝻不能越冬。西藏飞蝗在当地 1 年中的生活史见图 1。

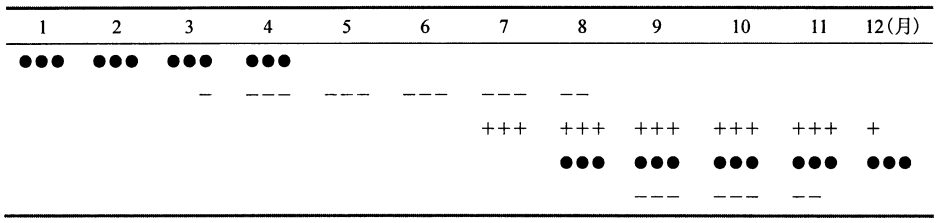

图 1 西藏飞蝗年生活史（四川甘孜州乡城县）

● 蝗卵 — 蝗蝻 ＋ 成虫 每一符号为一旬观察结果

2.3 温度对西藏飞蝗生长发育的影响

2.3.1 温度对西藏飞蝗发育历期的影响：西藏飞蝗在不同温度下的发育历期见表 1。各虫态的发育历期随温度的升高而缩短。在 18 ℃条件下各虫态发育历期显著长于其它温度处理（$P \leqslant 0.05$），卵期长达 55.8 d，而其它温度下只需 11.8～24.7 d，全世代历期为 214.4 d，而在 30 ℃条件下仅 50.7 d。在 18～30 ℃范围内，不同温度下各虫态发育历期均存在显著性差异，但在 24 ℃以上温度时，发育历期随温度升高缩短的幅度变小。在 24～30 ℃范围内，各虫态的发育历期为 11.8～16.5 d（卵）、4.6～8.0 d（1 龄）、4.3～8.5 d

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

表 1　西藏飞蝗在不同温度条件下的发育历期(d)

温度(℃)	卵期	蝗蝻					全世代历期
		1	2	3	4	5(龄)	
18	55.8±2.5a	21.6±1.0a	23.7±1.2a	24.9±1.1a	25.8±0.5a	27.3±0.6a	214.4±3.1a
21	24.7±1.6b	15.7±1.2b	16.3±0.8b	16.7±0.7b	16.8±0.5b	17.9±0.6b	133.3±2.9b
24	16.5±1.6c	8.0±0.4c	8.5±0.5c	9.3±0.5c	9.8±0.3c	11.1±1.0c	79.2±1.6c
27	14.2±1.4d	6.6±0.7d	6.7±0.9d	6.9±0.2d	7.5±0.5d	8.7±0.2d	66.3±1.2d
30	11.8±2.0e	4.6±0.2e	4.3±0.2e	4.4±0.2e	4.9±0.4e	36.4±0.8e	50.7±1.1e

注：表中数据为平均值±标准误，统计分析采用SPSS 13.0 for windows 软件中One-way ANOVA 选择 Duncan's 新复极差法进行差异显著性检验。英文小写字母不同表示在 $P \leqslant 0.05$ 水平上差异显著。

(2 龄)、4.5～9.3 d(3 龄)、4.9～9.8 d(4 龄)、6.3～11.1 d(5 龄)、50.7～79.2 d(全世代)。

2.3.2　发育起点温度和有效积温：西藏飞蝗各发育阶段的发育起点温度和有效积温(表 2)。卵期、蝻期的发育起点温度分别为 14.2 和 16.1℃，有效积温分别为 179.1 和 360.0 日·度。全世代的发育起点温度和有效积温分别为 14.6℃和 787.8 日·度。

表 2　西藏飞蝗各发育阶段的发育起点温度(℃)和有效积温(日·度)

发育阶段	发育起点温度(℃)	有效积温(日·度)
卵	14.2	179.1
蝻	16.1	360
全世代	14.6	787.8

3　结论与讨论

(1)西藏飞蝗蝗蝻喜欢在阳光充足、温度较高的场所进行诸如取食、蜕皮、羽化等活动，成虫的行为也是如此。蝗蝻和成虫的生活习性同东亚飞蝗的生活习性类似[10, 11]。

(2)田间笼罩饲养观察西藏飞蝗由 1 龄发育至成虫所需时间的结果为 70～100 d，与东亚飞蝗散居型所需时间平均为 33.47 d[12] 存在较大差异，这可能与当地昼夜温差较大，低温时间较长，而蝗蝻发育所需的有效积温又与东亚飞蝗[13] 相差不大引起的。

(3)西藏飞蝗蝗蝻的发育起点温度较蝗卵的为高，分别为 16.1℃和 14.2℃，但两者较东亚飞蝗 18℃和 15℃[13] 为低，这可能是西藏飞蝗适应在高海拔地区气候条件下生存繁衍的重要原因之一。

(4)西藏飞蝗在川西高原 1 年发生 1 代，某些地区发生不完整 2 代，尚未发现有 1 年 2 代的现象，此与东亚飞蝗和亚洲飞蝗的年发生代数有所不同，这可能与西藏飞蝗地处高海拔、昼夜温差大、食料等因子的影响有关。年发生不完整 2 代的乡城县气候与年仅发生 1 代的石渠县有所差异，与乡城县进入严冬的时间较石渠县偏迟、冬期时间较石渠县的为短等有关，另外一个重要因素可能与蝗卵的滞育相关，有关影响西藏飞蝗年发生不完整 2 代的现象还有待进一步深入研究。

参　考　文　献

1　陈永林. 昆虫学报, 1963, **12**(4): 463～474.
2　陈永林. 昆虫知识, 2000, **37**(1): 50～59.
3　陈永林. 中国科学院院刊, 2000, **5**, 341～345.
4　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. 277～279.
5　Chen Y.L. Zhang D. *Entomol. Sin.*, 1999, **6**(2): 135～145.
6　Chen Y.L. The Locust and Grasshopper Pests of China. Beijing: China Forestry Publishing House, 1999. 1～72.
7　王正军, 秦启联, 郝树广, 陈永林, 李鸿昌, 等. 昆虫知识, 2002, **39**(3): 172～175.
8　郭郛, 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.
9　吴千红, 邵则信, 苏德明. 昆虫生态学实验. 上海: 复旦大学出版社. 1991. 3～10.
10　钦俊德, 郭郛, 郑竺英. 昆虫学报, 1957, **7**(2): 143～164.
11　郭郛. 昆虫学报, 1956, **6**(2): 150～164.
12　黄亮文, 马世骏. 昆虫学报, 1964, **13**(3): 329～338.
13　马世骏. 昆虫学报, 1958, **8**(1): 1～38.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n