

东亚飞蝗 (*Locusta migratoria manilensis* Meyen) 的生殖

郭 鄂

(中国科学院昆虫研究所)

一. 前言

飞蝗是古今中外農業上嚴重害虫之一,因为它有:(1)巨大的損耗植物的能力,取食人類生活所依賴的禾本科經濟作物;(2)顯著的成羣習性,能聚集成羣生活,集中为害或成羣遷移;(3)巨大的飛翔能力,在短時期內大量遷飛到远近各处,擴大分佈地區,增加为害面積;(4)巨大的生殖能力,一年內發生一代或兩三代,每代產卵數量甚大。

从1952年6月到1954年10月,作者曾在昆虫研究所洪澤湖蝗區、微山湖蝗區臨時工作站,調查、試驗东亚飞蝗 (*Locusta migratoria manilensis* Meyen) 的生長、活動及生殖等習性、希望結合蝗區內各种环境因子的直接影响,对东亚飞蝗的生長与生殖諸特性,獲得初步認識。

前人早就指出害虫數量的改变,是在环境因子作用下,該种昆虫死亡率或生殖力改变的結果。所以在本文內,初步報告了有關东亚飞蝗生殖的特點:如性的成熟、雌蝗的生殖力、蝗卵孵化率与孵出幼蝻性比,並比較了东亚飞蝗的孤雌生殖与正常兩性生殖方式的異同。以便在了解东亚飞蝗生殖的一般生物学的特點後,再進一步去探求飞蝗大發生即虫口數量的增多与生殖的關係。

關於东亚飞蝗的生殖方面的工作,有張景歐、尤其偉(1925)的生殖系統的內部解剖,產卵數量、孵化率及雌雄性比的觀察,國外有 Viado (1950)的东亚飞蝗生殖的試驗。

在其他蝗虫生殖的研究工作是很多的。如 Полпелов (1926)、Бей-Биенко (1951) 等人对亞洲飞蝗 (*Locusta migratoria* L.) 生殖系統的解剖、Snodgrass (1903) 对 *Dissostertia carolina* L. 生殖系統的研究; Болдырев (1929) 对亞洲飞蝗、Albracht (1953) 及 Phipps (1949, 1950) 对非洲飞蝗 (*Locusta migratoria migratoroides* R. & F.) 的生殖系統与其他蝗虫卵巢發育、成熟的觀察; Рубцов (1934) 研究了卵管數与地區气候的關係; Roonwal (1945, 1947) 首先報告沙蝗 (*Schistocerca gregaria* Forsk.) 卵巢發育期中紅色素(紅体)的出現及卵管數的变化; Кожанчиков (1950) 研究了不同食料植物对亞洲

飛蝗生長与生殖的影响; Husain 与 Mathur 一直進行沙蝗的研究工作, 其中包括了有關生殖方面的問題; Norris(1950, 1952, 1954)着重地研究虫口密度与生殖的關係, 她曾經用非洲飛蝗及沙蝗做材料進行了好幾年的試驗工作; Singh 与 Singh(1952) 观察野外沙蝗卵的孵化率; Плотноков (1915)、King 与 Slifer(1934)等人观察, 研究了各种蝗虫的孤雌生殖; 其他如 Tauber 及其共同工作者(1945)、Pfadt(1949)、Barnes(1955)等人均進行食料植物对 *Melanoplus* 的生殖及生長的影响。作者將这些研究工作的結果与本人的試驗工作進行了比較討論。

作者認識有限, 錯誤之处希望同志們指正, 在工作時承馬世駿、欽俊德兩先生提供意見, 並經馬世駿、欽俊德、刘玉素諸先生閱讀、修改文稿, 在此謹誌謝意。並且要感謝在野外一起工作的尤其做、陈永林、張福海諸同志, 他們对这一試驗給了很多的帮助, 供給了許多資料。

二. 材料与方法

關於本文东亚飛蝗的生殖試驗, 皆係在蝗區中進行。1953 年試驗地點設在江苏銅山五段鎮东, 微山湖西岸; 1954 年設在山东薛城西万鄉微山湖东岸, 試驗地四周是曠野, 这两个地點均是歷年飛蝗發生、繁殖的場所, 乾旱年可耕墾种植作物, 大水年或多雨之季常被湖水淹沒, 水退後則生長雜草如蘆葦等。

試驗所用的虫籠是 $40 \times 40 \times 40$ 厘米或 $32 \times 32 \times 40$ 厘米的方鉄紗籠。

試驗用的飛蝗均係在野外虫籠內孵化、飼养、或直接从蝗區中捕捉幼蛹及成虫。籠內虫數(包括♀♂數)、食料等在每个試驗过程中皆不变換, 食料採用野生及当地栽培的植物, 每一試驗重覆 2—3 次。在試驗过程中結合了現場小气候的記載。

三. 性成熟

东亚飛蝗羽化後, 無論雌雄, 皆不能立即交尾, 一定要生長若干時日後方能交尾, 同時身体壁由柔軟状态逐漸硬化和加厚, 雌雄蝗翅質轉硬, 从不能飛行或飛翔距离甚短的情况, 漸漸轉变为能作远距离的飛翔, 並且飛蝗的內生殖系統逐漸成熟, 而有性的活動。从此以後, 飛蝗的飛翔与性的活動成为生活中主要環節, 同時身体各部黃色(有人称为性色)漸顯, 雄蝗尤甚, 所以东亚飛蝗羽化後性成熟期間, 外表和習性上表現出三个主要特徵: (1)振翅、飛翔; (2)雌雄擦翅出声、交尾; (3)身体有黃色(性色)出現。在內部形态上, 尤其是成虫生殖体發育程度, 是測定飛蝗的性成熟的最好方法之一。由於受野外設備的限制, 只对雌蝗成虫性成熟期卵巢發育狀況做了一些观察。

(一)雌蝗成虫卵巢的發育

在飛蝗性成熟期間, 卵巢的發育狀況隨氣候、交尾早遲、食料種類及數量等而變化的。這一觀察是以捕回野外 5 齡蛹在籠內羽化的夏蝗為主, 籠內雌雄數相等, 食料是稗草、蘆葦等, 共解剖了不同發育期的蝗蟲約 500 頭。

飛蝗卵巢是屬於汎營養式 (panoistic type)。卵管很多, 排列在輸卵管的內側, 輸卵管頂端為副腺, 副腺在產卵時分泌膠質, 包圍卵粒而成卵塊, 故又稱膠囊腺, 兩側輸卵管結合成總輸卵管, 開口於生殖孔, 另外有受精囊等。(圖 1, 1—5)

卵管縱斜排列於身體內部, 將成熟時可區分為: (1) 端絲、(2) 原卵區、(3) 增殖區、(4) 卵管柄、(5) 紅體。紅體是一紅色小點, 在卵巢發育中某一階段出現, 位於第一卵母細胞的下端, 近輸卵管與卵管交界處, 它同黃體的區別將在下面討論。現將正常交尾夏蝗雌性成蟲, 自羽化後至交尾產卵等不同發育期間, 卵巢形態的特徵及雌蝗外形變化, 簡列於下。(圖 1, 3—5)

(1) 羽化後 1—5 天發育期中的卵巢: 白色, 約 7×3.5 毫米, 紅體尚未出現。如生長優良的雌蝗, 第一粒小卵淡黃色, 長 0.5—1.5 毫米。卵母細胞細小不凸出, 膠囊腺扁癟, 輸卵管不膨大。(圖 1, 1—2)

雌蝗整個身體柔軟, 不甚堅硬。身體顏色新鮮, 較淡, 後足股節不十分堅硬。

(2) 羽化後 5—10 天發育期中的卵巢: 淡黃色, 10×5 毫米, 卵粒清楚。紅體出現在第一粒卵母細胞的下端, 近圓形或橢圓形。第一粒卵母細胞黃色, 約 1—2.5 毫米, 第二粒卵母細胞白色。膠囊腺及輸卵管圓形。(圖 1, 3)

雌蝗身體顏色較黯, 比較堅硬, 腹部不膨大, 產卵器帶黑色。

(3) 羽化後 8—15 天發育期中的卵巢: 黃色, 12×6 毫米, 第一粒卵母細胞粒粒清楚凸出。各卵母細胞排列整齊, 縱列。第一粒卵母細胞長 2.5—4 毫米, 全部黃色。紅體轉淡或轉白, 甚至不見, 膠囊腺表面粗糙凸出, 內部丰满。輸卵管較粗。(圖 1, 4)

雌蝗腹膨大, 產卵器黑色。

(4) 產卵前(羽化後 12—18 天)的卵巢: 橘黃色, 發亮, 15×10 毫米, 成排的卵母細胞漸向身體兩側分開。第一粒卵母細胞長 5—6 毫米, 黃色發亮。第二粒卵母細胞也顯明, 淡黃色, 長 1.5—2.8 毫米, 剛產卵後膠囊腺飽滿, 表面凸凹不平, 輸卵管特別膨大, 在第二粒卵母細胞下端有紅體。(圖 1, 5)

雌蝗腹部明顯地膨大, 第 2—5 腹節特別膨大, 鄰近的腹側膜也清楚可見。(圖 2)

(5) 產卵後的卵巢: 全部泛黃, 白色很少。原來的第二粒卵母細胞黃色; 它的下端紅體顏色不一, 有紅色、淡紅、淡黃或灰白色隨發育情形而定, 間有遺留未產出的卵粒, 呈淡黃色, 較長, 與其他卵母細胞甚易區別。

雌蝗產卵器黯淡無光澤，尖端有膠沫或泥土。

表 1. ♀ 蝗性成熟時各發育期的識別

發育期	羽化後天數	卵 巢		第一卵母細胞		紅 體	膠囊腺	輸卵管	交尾與產卵	外部特徵
		顏色	大 小 (毫米)	顏 色	大 小 (毫米)					
I	1—5天	白色	7×3.5	白色，後期淡黃	0.5—1.5	尚未出現	扁 癆	瘦 小	交尾前期	身體較軟，顏色新鮮
II	5—10天	淡黃	10×5	黃 色	1—2.5	在第一粒卵母細胞的下端近輸卵管處出現	較 圓	較 圓	交 尾 期	身體較堅硬，顏色黯，或現黃色
III	8—15天	黃色	12×6	黃 色	2.5—4	紅體轉淡或不見	表面粗糙，內充液體	粗 大	接近產卵	腹部膨大，身體轉黃
IV	12—18天	橘黃色	15×10	橘黃色	5—6 已產卵的♀蝗第二粒卵母細胞長 1.5—2.8 毫米，或有未產出卵粒	產卵後第二粒卵母細胞前有紅體出現	飽滿，表面凸凹不平	特別膨大	產 卵 期	腹部特別膨大，腹側膜清楚可見，已產卵♀蝗尾端有膠及泥土，身體黃色顯著，(♂蝗尤甚)

(6) 紅體：在蝗虫羽化後，卵巢發育 5—12 天後，在每一小卵管內，第一粒卵母細胞的下端，近側輸卵管處，皆有紅色小點出現。形狀圓形或橢圓形。當第一粒卵母細胞逐漸發育長大時，此紅色小點也略為長大，顏色變淡為紅黃色或淡紅色組成的一個圓圈。第一粒卵母細胞完全長成後，下端紅色小點全部消失不見。產卵後的雌蝗在第二粒卵母細胞前也有紅色小點出現，第二粒卵再逐漸長大。

Roonwal (1945 年) 在沙蝗 (*Schistocerca gregaria* Forsk.) 的卵巢內發現一種紅色的色素。他看到在雌蝗成虫卵管的基部，一堆橘紅色的色素，位於卵管與輸卵管之間的卵管柄內。他認為這紅色素的出現，可能與蝗虫的型有關。但他也發現在羣棲型及散棲型蝗虫成虫體內皆有此紅色素。

Phipps (1950 年) 觀察非洲飛蝗 *Locusta migratoria migratoroides* R. & F. 的卵巢發育情況，他認為在若干小卵管的梗部的紅色體即是黃體 (corpus luteum)。並且他認為許多未產卵的蝗虫卵巢中有黃體出現，是卵管中第一粒卵母細胞的退化。這種看法是值得討論的。如 Snodgrass, Wigglesworth, Chauvin, Шиванвич 等所說，黃體是卵產後遺留在每一卵管的末端的一羣退化的空卵泡。從這次解剖蝗虫卵巢的觀察，未產卵的蝗虫卵巢內有紅色小點出現，如 Roonwal 所解剖的結果一樣。這種紅體是卵巢生長發育期所特有的，與卵的生長成熟有密切的關係。它的出現並不是表示產了卵或小卵的退化 (如 Phipps 等人的意見)。

据观察不論蝗虫是在高密度或低密度飼养的情况, 每一羽化後不久的雌蝗卵巢中皆有紅体出現, 与体型並無關係, 至於它的作用尙待進一步研究。

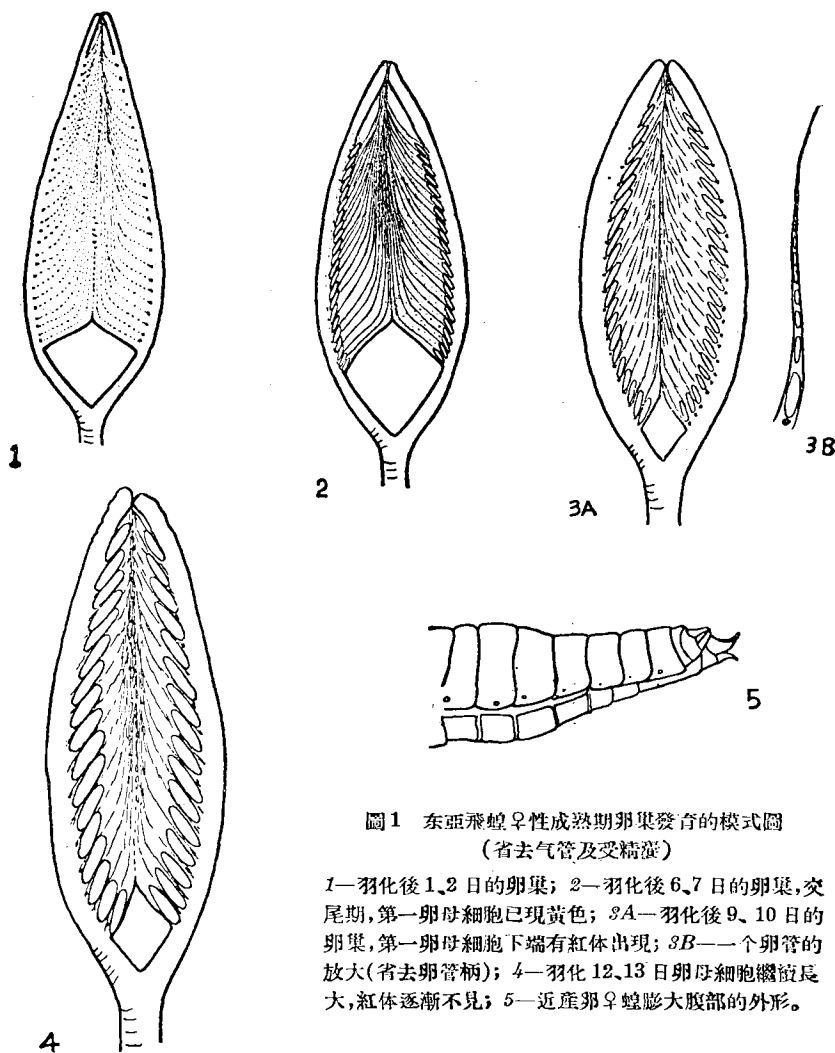


圖1 东亚飛蝗女性成熟期卵巢發育的模式圖
(省去气管及受精囊)

1—羽化後1、2日的卵巢；2—羽化後6、7日的卵巢，交尾期，第一卵母細胞已現黃色；3A—羽化後9、10日的卵巢，第一卵母細胞下端有紅体出現；3B—一个卵管的放大(省去卵管柄)；4—羽化12、13日卵母細胞繼續長大，紅体逐漸不見；5—近產卵♀蝗膨大腹部的外形。

(二)成熟時飛翔

夏季羽化後5—10天內的飛蝗，每当晚8時左右，太陽剛下山後不久，即在籠內爬行飛動。如籠內羽化期比較整齊，羽化後5—10天，全部蝗虫均飛動或竭力振翅。到9時蝗虫飛動較少，10時左右多數停止爬行不動，自成虫開始飛翔後，蝗虫交尾對數逐日增多。在開始交尾3—4天後，飛蝗夜晚飛翔數又漸減少，以後大部分進入交尾期。現將籠內羽化蝗虫飛翔与交尾的出現期等列下。这个观察是1954年夏季用10籠羽化整齊的飛蝗500头以上的統計，成对單獨飼养的与由低密度合併成高密度飼养的飛蝗皆

有此成熟飛翔現象。

表 2 飛蝗性成熟時飛翔与交尾的關係

羽化後天數	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
飛 翔 %	17	22	86	100	100	100	100	74	36	11	5	5
交 尾 %					12	29	56	83	81	82	86	84

不論蝗虫的性別，当雌雄性成熟時均有飛翔活動，並無差異。雌蝗掘翅時間較長，在秋蝗期間，每晚 7 時左右即開始飛翔活動，晚間 9 時逐漸停止不動。

夏季飛蝗每日飛翔掘翅活動的時間，似有一規律。今將 3 日觀察的結果列圖 2。全數掘翅蝗虫皆在下午 8 時左右開始，後逐漸減低，到 10 時後方停止不動。

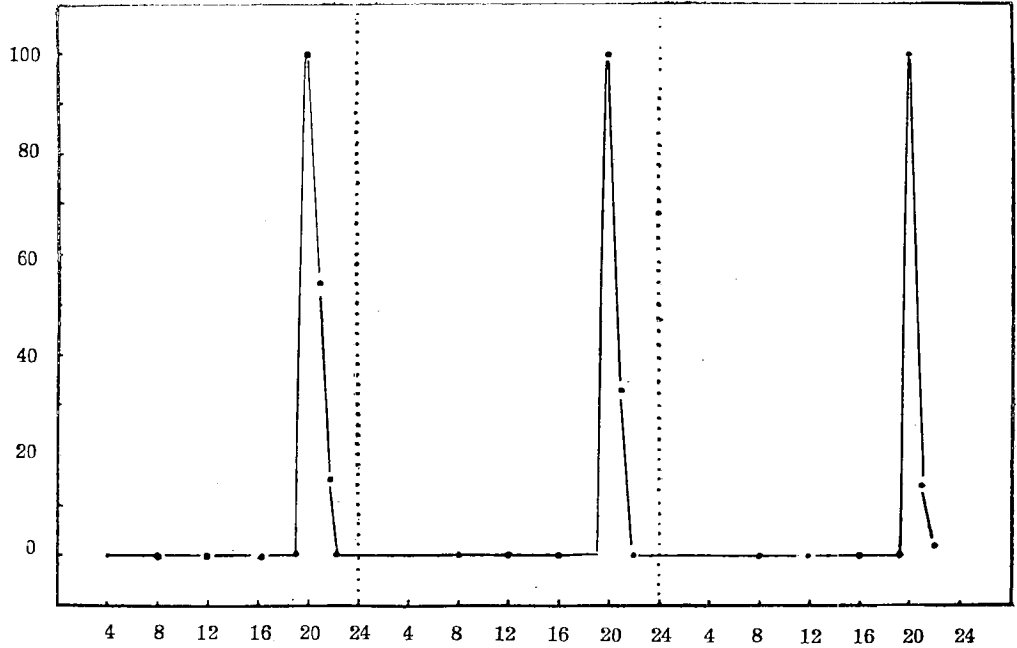


圖 2 飛蝗飛翔的出現時間

橫軸：時間；縱軸：飛翔百分數。

飛蝗能遷飛，是盡人皆知的事實，這方面有許多的解釋与學說，但蝗虫遷飛的内部刺激作用，討論的人較少。1953 年尤其微、陳永林等在洪澤湖蝗區觀察到蝗虫遷飛後進行交配的佔 20—30%。同年在微山湖蝗區的濱湖地帶觀察，水退後的荒地並無蝗蝻活動；但在飛蝗羽化期中，大批飛蝗从其他地區遷到此濱湖地區卵巢發育皆在幼期。降落後每日交尾對數增多，由兩年的初步觀察來看，蝗虫的遷飛可能就是性成熟的刺激而引起的性飛，這是值得深入研究的。

四. 交尾与產卵

东亚飛蝗的雌雄成虫自性成熟後即進入交尾期, 雄蝗的羽化期較雌蝗早 2—3 日, 故雄蝗性成熟也較早 2—3 日; 但必須待雌蝗成熟後方能交尾, 尤其在性成熟時飛翔 4—5 日後方大量進入交尾期。雌蝗在交尾後 7—10 天, 腹內卵粒已發育完成, 即行產卵。

1. 交尾前期与產卵前期: 根据羽化後交尾活動的出現可以得知蝗虫性成熟与否、从成虫羽化後到交尾、从交尾到產卵中間所經過的時間長短, 以及影响交尾前期与產卵前期長短的因素为何, 是值得注意的事。Norris (1950) 認為虫口密度可影响非洲飛蝗產卵前期的長短, 散棲型較短, 羣棲型較長。Husain 与 Ahmad (1936 年) 在室温(印度 4 月到 7 月)情況下飼养沙蝗, 平均交尾前期是 25.4 天(最長 34 天, 最短 16 天)。Rao (1936 年) 用不同食料植物飼养沙蝗, 得出平均天數是 40 天(20—76 天)。Norris (1952 年) 研究沙蝗的產卵前期的長短与密度的影响, 所得結果同她以前的工作 (1950 年) 不同, 羣棲型較短而散棲型較長。

將剛羽化的雌蝗与雄蝗放在一籠內, 交尾後移入另一籠中, 逐日檢查產卵器及卵塊來決定產卵日期, 現將 1954 年夏季結果列於下表。

表 3 ♀蝗交尾与產卵出現的時期以及密度的影响

羽化後天數		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
低* 密度	交尾对數		1	1	2	2		1	2		2	1	2				
	產卵个数											1		1	2		2
高▲ 密度	交尾对數	1	1	3	4	2	15	5	22	14	2						
	產卵个数											15	7	18		1	

* 单独飼养。
▲ 40×40×40 厘米籠內 120 头以上。

从表 3 可以看出: 单独飼养的雌蝗交尾前期最短 6 天, 最長 16 天, 平均 11 天。高密度飼养的籠內雌蝗產卵前期最短 5 天, 最長 14 天, 平均 9 天。兩者相差不大。而產卵前期也非常近似。另外我們在同年秋季也進行了產卵前期的觀察, 結果列於下表。

表 4 1954 年 9 月不同密度秋蝗產卵前期的比較

羽化後天數	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
低 密 度*		1		1	2	5	2	1	4	2		1			1
高 密 度▲			1	1	1	3	2	6	2	4	4	1			

* 野外採回 5 齡 10 对, 放在 40×40×40 厘米籠內, 2 籠。
▲ 40×40×40 厘米籠內 60 头以上。

由表 4 得知低密度、高密度的飛蝗交尾前期是非常接近。

在 1954 年夏季还進行了不同食料飼养的飛蝗（籠內虫口密度相近）的交尾前期与產卵前期的比較。其中强迫吃大豆的飛蝗的交尾前期与產卵前期均遲，而强迫吃油菜的飛蝗，亦有推遲情况。而成虫期開始吃棉花与花生的表現更为特殊，吃棉花的交尾前期長達 15 天，吃花生的不能交尾即死亡。

表 5 不同食料植物对交尾產卵的影响

食 料 植 物		对 數	羽化到交尾平均天数	交尾到產卵平均天数	备 註
小	米	10	9	8	1 齡開始飼养
稗	草	10	8	6	1 齡開始飼养
巴	根 草	10	7	10	1 齡開始飼养
大	豆	10	10	11	5 齡羽化後開始飼养
油	菜	3	12	6	1 齡開始飼养
棉	花	15	15	—	5 齡羽化後飼养
花	生	15	—	—	5 齡羽化後飼养

2. 交尾的早遲与產卵的關係：在正常情况下，雄蝗羽化較早而性成熟也早。交尾能促進雌蝗早日產卵。在試驗籠內已經觀察到未交尾雌蝗能够產卵，但產卵前期很長。在 1953—1954 年曾將剛羽化的雌蝗進行單獨飼养，隔一定時日後再放入成熟的雄蝗，記錄產卵日期。現將結果列於下表：

表 6 ♀蝗交尾的早遲与產卵的關係

年 份	類 別	♀蝗數	♀蝗羽化日 (月/日)	♀蝗交尾日 (月/日)	交尾前期 (天)	最早產卵日 (月/日)	卵孵出日 (月/日)	卵發育天数 (天)
1953	对 照	25	6/14	6/24—29	10—15	7/8	7/22	15
1953	遲 交 尾	20	6/9—15	7/20—22	35—42	7/28	8/10	14
1954	对 照	20	9/1	9/9	9	9/20	—	—
1954	遲 交 尾	20	9/1	9/20	20	9/30	—	—

从兩次的記錄可以看出，交尾可以促進雌蝗早日產卵，但这种刺激究是何种机制作用，尚待深入研究。

另外，还在 1954 年秋季从野外蝗區內捉回已產卵的雌蝗，飼养在籠內，与雄性隔离。隔若干日檢查所產卵塊數及卵粒數。虽然这个試驗还不够完善，尚待再進一步的觀察，但仍可从表 7 所列初步結果看出已交过尾的雌蝗去雄后照常產卵，卵塊數及卵粒數並無降低的情况。

表 7 ♀蝗交尾、產卵後去♂与產卵數量

♀ 蝗 數	去 ♂ 日 期	第一次檢查(9月22日)		第二次檢查(10月18日)	
		產卵塊數	平均卵粒數	產卵塊數	平均卵粒數
4	9月13日	4	61	6	63
1	9月13日	1	79	3	76
1	9月13日	2	51	2	84
2	9月13日	2	77	5	52
總 計 8		8	67	16	68

3. 產卵的時間間隔: 產卵間隔是用產上一塊卵与下一塊卵中間相距的天數來測定的, 从此可以知道卵巢發育成熟的速度, 也是了解飛蝗的生殖力的一个便利方法, 1953—54 年均進行这样的試驗。用圓的紗籠, 底端蒙一紗布, 蝗虫產卵時, 產卵器能很容易穿过紗布打洞, 而用足不能搔撥泥土到卵的膠囊上, 同時檢查雌蝗生殖器有無膠液或泥土附着及土內膠囊的有無, 並察看產卵盆內卵塊的膠囊來決定產卵的次序。从兩年的材料得知, 產卵的間隔与雌蝗產卵的先後, 是有一定的關係。在正常情況下前後卵塊產出的間隔約为 5 天; 秋蝗的產卵末期的間隔長, 这可能依飛蝗年齡、食料的枯老与天气狀況而定, 結果如表 8 (蝗虫的飼料植物是稗草)。

表 8 ♀蝗的產卵間隔

号 碼	年 份	卵塊序數	產 卵 日 期 (月/日)	產卵間隔天數
531	1953 年 6 月	1	6/23	
		2	6/27	5
		3	6/30	4
		4	7/4	5
		5	7/8	5
		6	7/12	5
		7	7/16	5
		8	7/20	5
		9	7/25	6
		10	8/1	8
		11	8/8	8
541	1954 年 6 月	1	6/28	
		2	7/2	5
		3	7/8	7
		4	7/12	5
		5	7/16	5
		6	7/20	5
		7	7/24	5
		8	7/28	5

号 碼	年 份	卵 塊 序 數	產 卵 日 期 (月/日)	產卵間隔天數
542	1954 年 9 月	1	9/15	
		2	9/20	6
		3	9/26	7
		4	10/10	16
		5	11/2	23
543	1954 年 9 月	1	9/14	
		2	9/20	7
		3	9/29	10
		4	10/18	21
		5	11/2	15
544	1954 年 9 月	1	9/16	
		2	9/21	6
		3	9/28	8
		4	10/14	18
545	1954 年 9 月	1	9/17	
		2	9/22	6
		3	9/30	9
		4	10/6	18

Norris (1950 年) 用每週產出卵塊數來比較散棲型与羣棲型的產卵率有無不同, 她的結論是散棲型產卵率較高, 每週 2—2.3 塊; 而羣棲型較低。这个試驗結果在她研究沙蝗的工作裏並沒有再証實, 这可能同蝗虫的食料植物有關。所以我們將 1954 年夏蝗的不同食料植物的平均產卵間隔列於表 9。

表 9 不同食料与平均產卵間隔

食 料 种 類	♀ 數	最短產卵間隔 (天)	最長產卵間隔 (天)	平均產卵間隔 (天)	备 註
种 草	20	2.3	10	8.5	从幼蝻期開始飼養
巴 根 草	18	3.8	8.0	6.0	„
高 粱	18	5	10	7.0	„
莎 草	15	—	13	13	„
大 豆	17	—	16	16	„

同一時間飼養的蝗虫產卵間隔不同, 是与蝗虫所食的植物有一定關係, 凡是蝗虫的喜食植物如巴根草、高粱, 其產卵平均間隔短, 反之則長, 如大豆即是。

五. 產卵數量

东亚飛蝗一生所產卵塊數及卵粒數, 尙缺乏系統的觀察, 过去各地記錄也頗不一致。中國古籍內記載蝗虫一產九十九子*, 这是說蝗虫產卵甚多的意思。後來也有人記載飛蝗產卵百餘粒, 最近二、三十年的文獻內有的記載每雌蝗產卵 4—5 塊, 或 6—7 塊; 但產卵粒數也未詳列。飛蝗產卵塊數及產卵粒數是決定飛蝗數量的重要因子之一。本節討論东亚飛蝗的產卵塊數与卵粒數以及影响飛蝗產卵塊數及粒數的某些环境因子。

1. 一头雌蝗產卵塊數及卵粒數: 1953 年及 1954 年的夏蝗、秋蝗均進行了一头雌蝗產卵的塊數及卵粒數的觀察。將剛羽化的雌雄一对放入鉄紗籠內, 並供給充分的稗草、巴根草、高粱等食料植物。產卵結果如表 10。

表 10 一头♀蝗產卵塊數与產卵粒數

号 碼	年	季	卵 塊 數	卵 粒 數											總卵 粒數	平 均 每 塊 卵粒數	備 註
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
530	1953	夏	7	—	—	74	81	99	78	52					384	76.8	飛失
531	,,	夏	11	—	62	62	88	82	66	82	93	77	68	49	729	72.9	老死
540	1954	夏	9	61	80	72	63	51	48	48	27	(28)			478	53.1	,,
541	,,	夏	8	79	89	56	87	44	70	78	46				549	68.6	,,
夏2	,,	夏	7	59	80	65	85	74	83	53					499	71.2	,,
夏4	,,	夏	6	81	58	72	—	66	70						347	69.4	,,
532	1953	秋	7	73	69	67	90	37	68	71					525	75	,,
533	,,	秋	7	63	56	53	61	57	60	50					404	57.7	,,
534	,,	秋	5	48	54	46	58	52							253	50.6	,,
54	1954	秋	3	40	62	37									139	46.3	,,
545	,,	秋	4	52	48	57	32								189	47.2	,,
542	,,	秋	5	61	42	44	22	(12)							181	36.2	,,
543	,,	秋	5	53	56	45	(32)	62							248	49.6	,,
546	,,	秋	5	67	—	69	42	21							199	49.7	,,

从这兩年單獨飼養雌雄一对蝗虫的產卵記錄來看, 每雌最多產 11 塊卵, 最多卵粒數超过 750 粒。最高平均一塊可產 76 粒卵, 最低平均一塊卵粒數 36 粒。並且从表 10 得知, 每一雌蝗所產卵塊內的卵粒數, 前後並不相同, 中間似乎是有一高峯, 往後就逐漸

* 見古今圖書集成引蠡高埠碑: “蝗一生九十九子, 皆联綴而下, 入地常深寸許”。

減低；年齡愈大，愈近產卵末期卵粒數愈少。

有許多作者想利用解剖蝗虫卵巢，數出小卵管數來決定蝗虫產卵粒數的多少。這種估計方法並不能確實表示蝗虫產卵粒數。一方面雌蝗產卵時，卵巢內所有的發育的卵，如前節所說，並不全部產出；另一方面，由每一雌蝗前後所產卵塊內的卵粒數並不相同。由此可知，解剖卵巢所得小卵管內含卵數僅能得知下一塊所含卵粒的大約數，並不能決定蝗虫一生的總產卵粒數。

2. 若干环境因子影响下的飛蝗產卵數量：环境因子对东亚飛蝗的生殖力有重大的影响。我們在這兒僅僅討論环境中某些因子或某些因子的綜合，如食物、蝗虫密度、不同季節、飢餓及寄生物等。

(1) 不同食料植物：在自然情況下，东亚飛蝗的食料是禾本科与莎草科。禾本科及莎草科內植物種類很多，而飛蝗食後所產出的卵塊數及卵粒數不尽相同。

Кожанчиков (1950 年) 研究各种不同科屬的植物对亞洲飛蝗的生長生殖的影响，他的試驗也証明亞洲飛蝗以禾本科內若干种屬为食物的產出卵塊數較多。用蘆葦做飼料的每雌產 5.2 塊，用長毛野青茅 (*Calamagrotis epigeios*) 的產 5 塊，雞脚草 (*Dactylus glomerata*) 的產 2.5 塊，藎草 (*Carex* sp.) 的產 3.3 塊。

至於其他的蝗虫如沙蝗 (*Schistocerca*) 与 *Melanoplus* 等的生殖力受食料植物的影响，有 Tauber、Hodge、Pfadt、Barnes 等人的工作均已証明。

試驗所用食料植物是稗草 (*Echinochloa crus-galli*)、巴根草 (狗牙草) (*Cynodon dactylon*)、蘆葦 (*Phragmites communis*)、玉米 (*Zea Mays*)、高粱 (*Sorghum vulgare*)、馬絆秧 (*Leersia japonica*)，試驗共進行三次，每一組 3 籠，現將結果列於表 11。

表 11 不同食料的飛蝗產卵塊數及卵粒數比較

食料植物	♀♂对数	年 份	每塊最多卵粒數	每塊最少卵粒數	每塊平均卵粒數	每♀平均產卵塊數	备 註
稗 草	1	1953	93	49	72	11	夏季
稗 草	1	1953	90	43	58	6	夏季
稗 草	10	1954	83	22	62	4.6	秋季
巴根草	10	1954	41	22	33	3.0	秋季
蘆 葦	10	1954	68	23	54	2.0	秋季
玉 米	10	1954	53	19	37	4.6	秋季
高 粱	10	1954	88	24	62	4.6	秋季
馬絆秧	10	1954	—	—	—	3.5	秋季

从表 11 可以看出，东亚飛蝗的生殖力是与食料植物有密切關係，其中以取食巴根

草、稗草及高粱为最好,產卵塊數及卵塊數較多。

(2) 不同飼养的密度: 飛蝗有羣棲型及散棲型, 主要是与單位面積內虫口的數量有關。Norris (1950 年) 用非洲飛蝗 (*Locusta migratoria migratorioides*) 做材料, 研究蝗虫生殖力与密度的關係。她的結論是低密度飼养的雌蝗產卵塊數及卵粒數多; 而在高密度飼养的雌蝗則較少。但在她(1952年)研究沙蝗的生殖与密度的關係所得結果並不与上述結論相同, 即蝗虫的生殖力与飼养密度無一定關係。不論飼养密度的高低, 雌蝗所產卵塊數及卵粒數很相近。在她的試驗裏, 對於蝗虫的食料植物的供应並不一致, 这可能对試驗結果有了影响。

1953—54 年, 我們在微山湖蝗區試驗了飼养籠內东亚飛蝗的虫口密度与產卵塊數及卵粒數的關係。兩年的紀錄皆初步証明密度較稀的飛蝗產卵塊數及卵粒數較多。表 12 是 1954 年秋季的試驗紀錄。

表 12 不同密度与產卵塊數、粒數

对 數	每♀平均產卵塊數	每塊平均卵粒數	食 料 植 物
1	6	64	高 粱
2	6.5	62	高 粱
10	4.6	62	高 粱
20 [▲]	3.6	52	高 粱
40 [*]	3.2	58	高 粱

* 幼蛹期的密度是 150 头, 4—5 齡時陸續移出。

▲ 幼蛹期的密度是 100 头, 4—5 齡時陸續移出。

从試驗結果來看, 密度較稀的產卵塊數較多, 每雌平均產 6 塊以上; 而密度較大的, 每雌平均只產 3.2 塊。

同時我們也做了飼养虫內飛蝗的數量的改变。低密度的飛蝗是直接捕捉全身綠色將羽化的 5 齡幼蛹。其結果(表 13)与上述所得結論相符。

表 13 密度的改变与產卵數量

密 度 的 改 变	每♀平均產卵塊數	每塊平均卵粒數	食 料 植 物
高密度(100头)→低密度(4头)	5	68	稗 草
低密度* →高密度(80头)	3	55	稗 草

* 低密度的來源是直接從野外捕捉全身綠色將羽化的 5 齡幼蛹。

(3) 不同季節的影响: 在同一地區內, 飛蝗的生殖力隨不同季節而異。例如 1953

年微山湖蝗區一年內飛蝗發生了三代,而每一代的產卵數並不相同,这是与當時当地的气候条件与植物生長季節有密切關係。表 14 是 1953 年的記錄。

表 14 不同季節对產卵數量的影响

代 數	生 殖 季 節	♀ 數	每♀平均產卵塊數	每塊平均卵粒數
第 1 代	7—8 月	20	5	76
第 2 代	9—10 月	20	4	60
第 3 代	11 月	(20)*	1	—

* 第 3 代 20 头♀中,只 2 头♀產卵,平均產卵塊數係 2 头產卵♀蝗平均數。

从試驗可知,第 1 代(夏蝗)產卵塊數及產卵粒數較多,第 3 代最少。並且,在同地區內同一食料植物在不同季節对飛蝗生殖的影响也不一样。

(4) 寄生物的影响: 东亚飛蝗体内寄生物如線虫(*Nematoda*)、寄生蝇(*Tachinidae*)、拟麻蝇(*Blaesoxipha lineata*)等除对飛蝗有直接寄生致死作用外,並对寄生过的飛蝗產卵塊數及粒數有一定影响。例如我們在 1953 年秋季試驗拟麻蝇对东亚飛蝗的生殖力影响的結果,是被拟麻蝇寄生过的雌蝗,除死亡外,还影响生殖力,每雌平均只產 1.7 塊,而同時正常秋蝗可產 4—5 塊。

(5) 飢餓对產卵數量的影响: 接近產卵的雌蝗如經過飢餓,不供給任何食物,則雌蝗多半未產卵即死亡,即使產卵,卵巢內遺留卵粒數也多,第二粒小卵完全不發育,試驗結果如表 15。

表 15 飢餓对產卵數量的影响

組 別	年 份	♀蝗數	產卵♀數	產卵率	產出卵粒平均數	♀蝗腹內平均遺卵數	第二粒小卵發育情況
飢 餓	1954	19	6	31%	31	6	不發育
对 照	1954	20	20	100%	54	0.2	長約 2 毫米

从上述許多試驗初步証明东亚飛蝗的生殖力有較大的变化幅度。而这种變動是受环境因子变化影响的反映,這裏初步討論了食物、虫口密度、季節及寄生物等因子。其中以食物及季節等因子起作用最大。但还要再進一步將各种环境因子及其綜合影响闡明,才能对飛蝗的生殖力有更明確的認識。

还有东亚飛蝗的產卵後期是比較短的,大都在最後一次產卵後 2—3 天內即死亡。这样,我們可以說飛蝗自性成熟後的生活時期皆为生殖期。

六. 蝗卵的孵化率与孵出幼蚴性比

在了解东亚飞蝗产卵数量时,再测定野外蝗卵的孵化率(或者死亡率)与孵出幼蚴性比是有重大意义的。1925年張景歐及尤其偉在南京观察东亚飞蝗卵孵化率是95.4%。1929年 Bodenheimer 在不同温湿度情况下,沙蝗卵的死亡率是17—25%;1936年 Husain 与 Ahmad 在室内孵化沙蝗卵时,死亡率是10—60%;1951年 Singh 与 Singh 在印度野外试验沙蝗卵的死亡率是9—10%,即孵化率达90—91%。1954年夏季在微

表 16 蝗卵孵化率与卵块序数

号 碼	卵 塊 序 數	總 卵 粒 數	孵 出 卵 粒 數	孵 化 率(%)
夏 1 (541)	1	79	(50)	(63.2)
	2	89	86	96.6
	3	56	56	100
	4	87	84	96.5
	5	44	44	100
	6	70	67	95.7
	7	78	66	84.6
	8	46	—	—
夏 2	1	59	47	79.6
	2	80	79	93.7
	3	65	65	100
	4	85	85	100
	5	74	73	98.6
	6	83	83	100
	7	53	53	100
夏 3 (540)	1	61	59	96.7
	2	80	78	97.5
	3	72	72	100
	4	63	63	100
	5	51	51	100
	6	48	48	100
	7	48	48	100
	8	27	27	100
夏 4	1	81	80	93.7
	2	58	56	96.5
	3	72	70	97.2
	5	66	66	100
	6	70	70	100
總 計	28			96.3

山湖蝗區進行一些初步的蝗卵孵化率的觀察，想測定野外蝗卵的孵化率的高低以及孵化率、孵出幼蝻性比与雌蝗產卵先後(產卵塊序數)有否一定關係。在 40×40×40 厘米鉄紗籠內放入一对近產卵的蝗虫，每日檢查雌蝗的產卵器及土中卵膠的所在以定卵塊序數及位置，如雄蝗死亡，即放入另一雄蝗；並充分供应食料。蝗蝻孵出後，待体壁轉硬，或進食一二日，全數取出，並仔細挖出土中死亡卵粒數，再在解剖鏡下分出幼蝻雌雄性比，此等試驗蝗虫的產卵期是从 1954 年 6 月 25 日起到 8 月 13 日止，而孵化期是 7 月 12 日至 8 月 22 日*。結果列於表 16。从所得材料初步看出，蝗卵的孵化率与產卵的先後無顯明的關係，平均孵化率達 96.3%。

關於蝗區內飛蝗的性比，由隨機採集統計的結果，兩年內(1953—54 年)的蝻期的性比雌性較多**。从我們的統計剛孵出幼蝻的記錄來看，雌雄性比接近，雌性佔 44.6%，雄性佔 55.4%。並且每一卵塊所孵出的雌雄數並不相同，雌雄性比与卵塊的序數無一定關係。結果列於表 17。

表 17 孵出幼蝻的性比

号 碼	第 31 号							第 28 号							第 27 号							第 30 号							總 計	性 比 %
卵塊序數	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7		
♀	27	35	30	32	21	16	27	15	17	26	33	30	35	36	18	21	34	—	—	22	35	10	38	24	36	25	30	32	705	44.6
♂	31	32	42	31	30	32	20	12	28	53	32	45	38	44	35	35	22	—	—	44	35	23	48	32	46	19	37	32	878	55.4

从野外飼养的飛蝗後代的孵化率与性比的結果來看，可以得知飛蝗卵的孵化率(如無各种天敌及不良自然条件的影响)是很高的，雄數較多於雌，这在估計飛蝗生殖力方面有重大意义。同時並可以此材料与孤雌生殖的后代性比結果比較。

七. 孤雌生殖

昆虫除兩性生殖外，尚有許多其他的生殖方式。据文獻所載，蝗科中有許多種類能進行孤雌生殖***，但东亚飛蝗是否能進行孤雌生殖尙無正式報告。这次試驗的主要目

* 1954 年該地的小气候記錄是：7 月月平均溫度 25.4℃，月平均相對濕度 85.3%，土中 5 厘米深平均溫度 29.1℃；8 月月平均溫度 27.7℃，月平均相對濕度 82.6%，土中 5 厘米深平均溫度 23.9℃。自 7 月 12 日至 8 月 22 日計降雨 18 次，共 142.5 毫米。

** 張福海：未發表的資料。

*** 蝗科內能進行孤雌生殖的如：亞洲飛蝗(*Locusta migratoria*, Плотников, 1915)，沙蝗(*Schistocerca*, Husain 与 Mathur, 1945)，*Melanoplus differentialis* (King 与 Slifer, 1934)，拟飛蝗(*Locustana pardalina*, Faure, 1923)。Плотников (1915) 發現摩洛哥蝗(*Dociostaurus marroccanus*) 及意大利蝗(*Calliptamus italicus*) 未受精卵中有休眠的幼胚。

的是观察东亚飛蝗是否有此种生殖方式。这对于估计飛蝗繁殖数量方面有参考价值,并且对于了解生物保持种族生存的能力上,有一定的意义。

作者进行了两年 4 次(共 80 头)东亚飛蝗的孤雌生殖试验。试验结果均证明东亚飛蝗有孤雌生殖的现象。

进行孤雌生殖的蝗虫,一切活动据初步观察与正常雌蝗並無显著不同之处。我们比较试验了孤雌生殖的蝗虫的交尾前期、产卵块数、粒数、间隔、产卵率(即平均产卵的雌蝗)、孵化率、孵出幼蛹性比等与正常两性生殖的蝗虫的异同。

1. 产卵前期正常交尾的雌蝗的产卵前期平均 14.1 天(1954 年夏季)即行产卵,但未交尾的雌蝗的产卵前期相当长,最长可达 75 天。最短 26 天,平均 47.9 天,较正常雌蝗相差三十餘天。

表 18 孤♀生殖与正常飛蝗产卵前期的比较

羽化後天数	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	平 均
交尾♀蝗产卵个数	16	31												14.1天
未交尾♀蝗产卵个数				3	2	2	2		1		1	2	3	47.9天

2. 产卵块数、产卵粒数、产卵间隔等。

未交尾而产卵的雌蝗一生不止产卵一塊。1954 年夏蝗的孤雌生殖蝗虫在羽化後 65 天内, 5 个雌蝗共产卵 14 块, 开始产卵的日期是羽化後 26—30 天, 每雌产 2.8 块, 平均产卵间隔是 12 天, 正常雌蝗平均间隔 6 天产卵一塊, 一生可产 6—8 块。1954 年秋季未交尾雌蝗平均只产卵 1 块, 而同年秋蝗平均产 3—4 块。

未交尾雌蝗除了产卵块数及产卵间隔与正常交尾雌蝗有差别外, 产卵粒数也少, 统计了 15 块孤雌生殖的卵, 平均只有 31 粒, 而正常的雌蝗平均产 60—80 粒。

未交尾雌蝗不是完全都能产下卵块, 有的不产卵即死亡, 检查试验的 40 个雌蝗, 只有一半雌蝗产了卵。

未受精的蝗卵的孵化率很低, 检查了 20 块孤雌蝗虫卵的孵化率是 0.3%, 与正常蝗卵孵化率 96% 相比, 差异极大。

未受精蝗卵在野外自然情况下, 1953 年夏季所需发育天数是 21 天, 这与同年夏蝗卵发育 15—20 天数即可孵化, 非常接近。

未交尾的雌蝗在自然情况下生殖期较长, 统计了 11 个雌蝗, 它们的寿命最短 66 天, 最长 120 天, 平均 85 天, 而正常交尾雌蝗平均寿命只 44 天, 相差一倍。

检查了 20 个未受精蝗卵所孵出的幼蛹的结果, 並未發見雄性。这一结果与 King

及 Slifer 試驗結果相同。

未受精卵孵出的幼蝻，經飼養後，並無特異之處。其生長發育天數、蛻皮、羽化等均正常，幼蝻的体型与体色亦隨籠內虫口密度而異。並且雌蝗羽化後，到了成熟期，可與雄蝗交尾，而產出卵塊，或繼續進行孤雌生殖。

八. 討論

飛蝗的生殖力是決定飛蝗的虫口數量的重要因子，東亞飛蝗的生殖方式主要是兩性生殖。但經最近數年的試驗，証明東亞飛蝗有孤雌生殖的方式。這與 Плотников 試驗亞洲飛蝗、Husain 與 Mathur 試驗沙蝗、King 與 Slifer 試驗 *Melanoplus* 的孤雌生殖的結果是一致的。並且孤雌生殖的後代孵出幼蝻均是雌性。直翅目昆虫中很多種類有孤雌生殖的特性。但在廣大蝗區內，飛蝗是否利用此種生殖方式，尚無記載。飛蝗的孤雌生殖對飛蝗的大發生似不起重大作用。但在虫口密度非常稀少的情況下，飛蝗可能通過此種生殖方式來保存種族。

1929 年 Болдырев 將亞洲飛蝗成虫的卵巢發育的情況，分成 3 期，他主要以卵巢大小、顏色來區分，但他並未記載有無紅體。1945 年 Roonwal 首先記錄沙蝗卵巢發育期中有紅體出現，並且說紅體可能有型的意義。後來 Phipps 研究非洲飛蝗成虫卵巢的成熟，他也依卵巢及卵管內卵母細胞的長短、顏色等分成 4 個顯明的時期，同時，他認為 Roonwal 所謂的紅體即係黃體。經作者兩三年的觀察，初步認為東亞飛蝗成虫卵巢的發育，可按卵巢的長短、卵管內卵母細胞的大小、顏色、紅體的有無等來分別卵巢成熟發育的狀態分成 4 個時期，並且觀察到紅體在第一粒卵母細胞未產出前即出現，與卵母細胞的生長、成熟有密切的關係，並非產過卵後空卵胞退化而成的黃體，在羣、散兩型皆有，並無型的意義。雌蝗最早交尾時是在卵巢發育的第一、二期。

亞洲飛蝗的產卵前期長達 30—40 天，低密度的非洲飛蝗的產卵前期是 10 天，而沙蝗的產卵前期是 25—40 天。在微山湖蝗區內東亞飛蝗的產卵前期平均 15 天左右，產卵前期的長短同溫度、食料植物、籠內虫口密度、交尾早遲等有密切關係。Поспелов 認為亞洲飛蝗的產卵前期除溫度影響外，交尾、受精是卵成熟的重要因子。Norris 認為籠內虫口密度對產卵前期有影響，在微山湖蝗區試驗東亞飛蝗的結果是籠內虫口密度的高低影響產卵前期較小，而食料植物及交尾的早遲等影響較大。

Norris 用每週產出卵塊數來比較羣、散型的產卵率，但她試驗沙蝗與非洲飛蝗的結果不尽相同，可能是蝗虫的食物的因子未能控制之故。我們用產卵間隔來表示東亞飛蝗卵成熟的速度。在天气優良及食料供給充分下，平均產卵間隔是 5 天，天气不良時

可延長到 15—23 天產卵一塊。虫期較大時產卵間隔較長。取食大豆的雌蝗卵成熟較慢,產卵間隔較以高粱、玉米為食料的長,夏季飛蝗的產卵間隔較短而秋季較長。

Kennedy 記載飛蝗在交尾產卵期遷飛甚少,我們在洪澤湖、微山湖蝗區觀察到东亚飛蝗羽化後,在交尾前期有夜晚飛翔的現象,這一觀察將有助於飛蝗遷飛與內部性成熟的刺激的研究。

Кожанчиков、Norris、Tauber、Pfadt、Barnes 等均證明蝗虫的生殖力受食料植物、密度等因子的影响。我們在微山湖蝗區試驗东亚飛蝗時,證明虫口數目相同而食料植物不同的飛蝗的生殖力也不相同。食料植物相同而虫口密度不同的試驗中,經兩年的重複試驗,均證明低密度的飛蝗生殖力較高,这与 Norris 的試驗非洲飛蝗的結論相同。飛蝗在產卵期間如食料供应不足、有寄生物的侵襲均可降低生殖力。

东亚飛蝗一生所產卵塊內的卵粒數是不固定的,產卵中期產下卵塊內所含卵粒數最多,愈近產卵末期,卵粒數愈少。雌蝗卵巢內卵管的測定,並不能估計整個一生所產卵粒數。卵的孵化率同孵出幼蛹性比似與卵塊的序數無關,每一正常雌蝗一生所產卵粒孵出的幼蛹是雄多於雌,孵化率約 96% 左右,而孤雌生殖的蝗卵孵化率是 0.3%,孵出幼蛹皆為雌蝗,兩相比較,差異很大。非洲飛蝗卵的孵化率是 66—81%,而沙蝗的卵孵化率是 73—90%,均較东亚飛蝗為低,1925 年張景歐、尤其偉以 5 塊卵試驗所得孵化率是 95.4%,但雌多於雄。

东亚飛蝗一生平均可產卵 6 塊(最多 11 塊),平均卵粒數是 70 粒,總卵粒數可達 420 粒。非洲飛蝗散棲型平均產 7 塊(最多 17 塊),平均卵粒數約 59—71 粒,總卵粒數是 497 粒^[18];而沙蝗平均產 5 塊卵,總卵粒數 317 粒^[19]、亞洲飛蝗以蘆葦為食料的平均產 5.2 塊^[9]。這幾種飛蝗皆能成羣遷移,大量繁殖造成嚴重的災害,而它們所表現的生殖力的特點方面是非常相似的。

總之,要了解飛蝗生殖與大發生的關係,一定要在蝗虫發生區域內,各種環境条件影响下,掌握飛蝗的性成熟的速率(交尾前期、產卵前期的長短)、性刺激與遷飛、產卵速率(產卵間隔的長短)、卵塊總數、卵粒總數、孵化率、孵化幼蛹的性比、成虫生殖期長短等生殖諸特點。另外,還要認識該種昆虫生長時,在環境条件影响下所表現的生長諸特點。了解了生殖、生長諸特點即該種的生物學的特點後,方能進一步了解飛蝗的虫口數量變動的規律。

九. 結論

我們在野外蝗區工作三年(1952—54 年)中,对东亚飛蝗的生殖方面做了一些初步

的觀察与試驗,其中包括:(1)卵巢的發育,(2)成熟時飛翔,(3)交尾与產卵,(4)產卵塊數及粒數,(5)卵塊的孵化率与孵出幼蛹性比。最後,还把东亚飛蝗的孤雌生殖做一比較。

1. 东亚飛蝗雌性卵巢的發育可分4期:(1)羽化後數天,卵巢白色;(2)卵巢的小卵管內的第一粒卵母細胞淡黃色,第一卵母細胞的下端有紅色小体出現;(3)卵粒長大,紅体不見;(4)卵粒發育完全,接近產卵,產卵後第二粒卵母細胞的下端紅体出現。

紅体並非退化小卵或空卵泡(如 Phipps 等所說的黃体),对卵巢的小卵的生長成熟有密切關係,並無型的意义。

2. 东亚飛蝗在羽化後,5—10 天內有飛翔搗翅現象,这可能与性成熟有一定關係,飛翔後4—5天即大量進入交尾期。飛蝗遷飛可能是飛蝗內在的性成熟的刺激而引起的,飛翔後身体上有黃色的性色出現。

3. 东亚飛蝗羽化後平均7天交尾,羽化後平均15天即產卵,一般情況下產卵間隔是5—6天(最短4天,最長23天)。交尾及產卵前期与產卵間隔是与當時当地的气候条件、食料、虫口密度等有關。

交尾可以促進、加速雌蝗的產卵,雌蝗交尾產卵後去雄,对以後的產卵及卵粒數似無影响。

4. 据試驗所得,东亚飛蝗一生最多可產11卵塊,卵粒數達750粒以上。飛蝗食料禾本科植物內以稗草、巴根草、高粱等產卵粒數塊數較多。籠內虫口密度低產卵較多,一年內以夏季成長雌蝗產卵較多。飢餓及体内寄生物除引起成虫死亡外並可降低產卵塊數。

♀蝗產出卵塊內卵粒數,前後並不相同,虫期愈大,產出卵粒數較少。

5. 野外东亚飛蝗的卵,在無天敌侵害的情況下,孵化率很高,達96%以上;並不因蝗虫的虫期增加而減低。一个雌蝗產出卵塊中所孵出的幼蛹是雄多於雌,性比是雌:雄=45:55;卵塊內雌雄性比与卵塊先後次序無一定關係。

6. 东亚飛蝗能進行孤雌生殖。其產卵前期、雌蝗寿命、產卵間隔均較長,平均產卵率与平均孵化率均低,所孵出幼蛹皆是雌性。幼蛹生長發育情况与正常蝗虫無異,羽化後並可交尾產卵。

参 考 文 献

- [1] 張景歐、尤其偉: 1925. 飛蝗之研究. 農學 2(6):1—72.
- [2] 尤其偉、陳永林、馬世駿: 1953. 散棲型亞洲飛蝗遷移習性初步觀察. 昆蟲學報 4(1):1—10.
- [3] 吳福楨: 1951. 中國的飛蝗. 上海永祥印書館.
- [4] 馬世駿: 1954. 洪澤湖及微山湖地區蝗蟲研究工作概況介紹. 科學通報 3:22—28.
- [5] 郭 鄂: 1954. 寄生蝗蟲的拟麻蝇. 昆蟲學報 4(3):277—286.
- [6] —: 1955. 中國古代的蝗蟲研究的成就. 昆蟲學報 5(2):211—220.
- [7] Бей-Бленко, Г. Я. и Мищенко, Л. Л.: 1951. Саранчевые фауны СССР и сопредельных стран. часть 1—2. Москва.
- [8] Бодырев, В. Ф.: 1929. Сперматофорное оплодотворение у перестной саранчи (*L. migratoria* L.) Извест. Прик. Энтомо. 4:189—218.
- [9] Кожанчиков, И. В.: 1950. Основные черты пищевой специализации азиатской саранчи. Изв. АН СССР. Сер. Биол., 4:73—86.
- [10] Поспелов, В. П.: 1926. Физиологическая теория перелета саранчи. Зап. Раст., 11:423—435. (未見原著).
- [11] Шванвич, Б. Н.: 1949. Курс общей энтомологии. Москва.
- [12] Щеголев, В. Н.: 1949. 農業昆蟲學(中譯本), 中華書局.
- [13] Albrecht, O. E.: 1953. The anatomy of the migratory locust, London.
- [14] Barnes, O. L.: 1955. Effect of food plants on the lesser migratory grasshopper. J. Econ. Ent. 48 (2): 119—124.
- [15] Chauvin, R.: 1949. Physiologie de L'insecte. (俄譯本)
- [16] Husain, M. A. and Mathur, A. B.: 1945. Studies on *Schistocerca gregaria* Forsk. XII Sexual life. Ind. J. Ent. 7: 89—101 (未見原著)
- [17] King, R. L. and Slifer, E. H.: 1934 Development of unfertilized eggs in grasshoppers. J. Morph. 56:603—619.
- [18] Norris, M. J.: 1950. Reproduction in the African migratory locust (*Locusta migratoria migratorioides* R. & F.) in relation to density and phase. Anti-Locust Bull. 6.
- [19] —: 1952. Reproduction in the desert locust (*Schistocerca gregaria* Forsk.) in relation to density and phase. Anti-Locust Bull. 13.
- [20] —: 1954. Sexual maturation in the desert locust (*Schistocerca gregaria* Forsk.) with special reference to the effects of grouping. Anti-Locust Bull. 18. (未見原著)
- [21] Pfadt, R. E.: 1949. Food plants as factors in the ecology of the lesser migratory grasshopper, *Melanoplus mexicanus* (Sauss.). Bull. Wyoming Univ. Laramie. no. 290.
- [22] Phipps, J.: 1949. The structure and maturation of the ovaries in British Acrididae (Orthopt.). Trans. Ent. Soc. Lond. 100:233—247.
- [23] —: 1950. The maturation of the ovaries and relation between weight and maturity in *Locusta migratoria migratorioides* (R. & F.). Bull. Ent. Res. London. 40:539—557.
- [24] Pospelov, V. P.: 1926. The influence of temperature in the maturation and general health of *Locusta migratoria* L. Bull. Ent. Res. Lond. 16:363—367.
- [25] —: 1934. The conditions of sexual maturation in the migratory locust. Bull. Ent. Res. Lond. 25:337—338.

- [26] Roonwal, M. L.: 1945. Presence of reddish pigment in eggs and ovaries of the desert Locust, and its probable phase significance. *Nature*, 156:19.
- [27] Roonwal, M. L.: 1947. On variation in the number of ovarioles and its probable origin in the desert locust *Schistocerca gregaria* Forsk. *Rec. Ind. Mus.* 44:375—384. (未見原著)
- [28] Rubtsov, I. A.: 1934. Fertility and climate adaptations in Siberian grasshoppers. *Bull. Res. Ent. London.* 25:339—348.
- [29] Singh, G. and Singh, S.: 1952. Percentage of mortality of the desert locust (*Schistocerca gregaria* Forsk.) in egg stage. *Ind. J. Ent.* 14:165—168.
- [30] Snodgrass, R. E.: 1935. Principles of insect morphology. New York.
- [31] Tauber, O. E. et al.: 1945. Effects of different food plant on egg production and adult survival of the grasshopper, *Melanoplus bivittatus* (Say). *Iowa St. Coll. J. Sci.* 19:343—359. (未見原著)
- [32] Uvarov, B. P.: 1928. Locusts and grasshoppers. A handbook for their study and control. London.
- [33] ———: 1948. Recent advances in acridology. *Trans. R. Ent. Soc. London.* 99:1—73.
- [34] Viado, G. B.: 1950. Reproductive capacity of the oriental migratory locust (*Locusta migratoria manilensis*). *Philipp. Agri.* 33:221—238. (未見原著)
- [35] Walloff, N., Norris, M. J. and Broadhead, E. C.: 1948. Fecundity and longevity of *Ephestia elutella* Hubner (Lep. Phycitidae). *Trans. R. Ent. Soc. London.* 99:245—268.
- [36] Wigglesworth, V. B.: 1950. The principles of insect physiology.

BIOLOGICAL OBSERVATIONS ON THE REPRODUCTION OF THE ORIENTAL MIGRATORY LOCUST, *LOCUSTA* *MIGRATORIA MANILENSIS* MEYEN (ORTHOPTERA, ACRIDIDAE)

Q_{UO} F_U

Institute of Entomology, Academia Sinica

In the last three years (1952—1954) the writer has studied the biology of the oriental migratory locust. *Locusta migratoria manilensis* Meyen, in the lake regions in Kiangsu, Anhwei and Shantung Provinces, which have long been regarded as the primary breeding grounds of this species. In the present paper are reported the results from some of his observations on the reproduction of this species, especially concerning the changes in the female gonads and behaviour during sexual maturity, the time of mating and oviposition, the general fecundity and egg vitality, and parthenogenesis.

The developmental changes of the oocytes in the ovary have been described and the whole course may be divided into 4 stages:

1. Whole ovary whitish, oocytes in ovarioles pale, very small, similar to those in the nymphs.
2. Masses of red pigment appear at the basal portion of many ovarioles; they lie in the

egg pedicel proximal to the posterior end of the oocytes which now become yellowish.

3. The leading oocytes gradually increase in size; the pigmented masses disappear.

4. The leading oocytes attain the length about 5—6 mm before ovulation, masses of red pigment appear in the ovarioles proximal to the second oocytes.

Judging from the time of their appearance it is believed that the masses of red pigment in the ovarioles are intimately related to the growth and maturation of the oocytes; but they are not the "corpora lutea"

It was observed that from five to six days after emergence, the caged adult locusts, including both males and females, vibrated their wings continuously in the evening just after sunset. This may occur for different number of days after which copulation ensues. This nuptial flight may be closely related to the migratory behaviour of the locusts in the natural condition.

When reared in the field the pre-oviposition period of the locust was observed to be 15 days; but this may be subject to the influence of food plants, density of the population in the cages, the prevailing climatic condition, and copulation. The intervals between the ovipositions were seen to be 5 days, but the climatic condition and the age of the female may also influence them. Like most other insects, it was ascertained that copulation would hasten the development of the oocytes in the ovary.

When properly cared for, the female locust was observed to lay 11 egg masses in the maximum during her life and the total number of eggs was over 750. In average each female would lay 6 egg masses and the average number in each egg mass is 70. It was observed that the fecundity was influenced by food plants, density of the caged population, starvation, availability of water, and internal parasites, etc.

The percentage of hatching in the field was found to be about 96% and the sex ratio was 45 to 55 in favour of the males.

It was observed that this species may carry on parthenogenesis but the vitality of the parthenogenetic eggs was low and the nymphs thus produced were all females. The pre-oviposition period of the parthenogenetic females was greatly prolonged, about 47 days in average.

