

亞洲飛蝗 *Locusta migratoria manilensis* Meyen 消化系統的解剖和組織構造*

劉 玉 素 盧 寶 廉

(中國科學院昆蟲研究所)

前 言

亞洲飛蝗是中國農業上主要害蟲之一，中國科學院昆蟲研究所年來對此蟲進行生理、生態、形態等各方面的研究，在組織學工作方面我們擔任了不同飼料對於亞洲飛蝗消化系統和生殖系統組織構造的影響。當我們研究不同飼料對這兩系統的影響時，我們首先須要研究這兩系統的正常情況，所謂正常情況，便是選擇一種它在大自然環境中普遍取食的植物作為標準，然後同其他不同飼料生長發育的結果來作比較。本文是以玉米為飼料所長成的亞洲飛蝗的消化系統組織構造研究。目前國內高等學校及中等學校動物學及昆蟲學教科書中都引用亞洲飛蝗作為材料，因此這篇論文也可作為教學的參考。

前人對於各種蝗蟲消化系統的研究工作是很多的，根據我們已經查到的資料中：Snodgrass (1903) 曾研究了 *Dissostertia carolina* 的內部解剖；Tietz (1923) 也曾做了這種蝗蟲的消化系統解剖；Hodge (1936, 1937, 1940) 曾做了 *Melanoplus differentialis* 和 *Radnotatum carinatum* var. *peninsular* 的內部解剖和組織構造；Stuart (1935) 研究過 *M. differentialis* 的馬氏管及其附近的消化道；Chauvin (1938) 研究過 *Schistocerca gregaria* 消化道的解剖和組織；Atherton (1941) 曾做過兩種蝗蟲的內部解剖；Riedel (1941, 1946) 也曾有過兩篇論文關於兩種蝗蟲的內部解剖，特別注意消化系統；Beams 同 King (1932) 研究過蝗蟲的唾液腺；Woodruff (1933) 研究過胃盲囊和中腸的上皮細胞；Brown (1937) 對 *Melanoplus bivittatus* 的圍食膜曾作了研究；Marshall (1945) 對 *Melanoplus femur-rubrum* 的直腸有過研究。

* 本文承梁靜蓮同志繪圖，特此致謝。

在飛蝗方面的工作有 Nenyukov 同 Parfentev (1929) 對於消化系統的構造和消化程序有過供獻; Hodge (1939) 曾作了消化系統的解剖和組織研究; Uvarov (1928, 1948) 曾經寫過兩本書, 包括飛蝗的內部構造; 最近的工作有 Albrecht (1953) 所著飛蝗解剖一書。不過, 對於亞洲飛蝗消化系統的研究工作我們尚未見到。

材料和方法

本研究所用材料是以玉米為飼料, 由卵孵化出的第一齡起都飼育在蝗蟲飼育箱內, 經常溫度保持着 $30-32^{\circ}\text{C}$, 若蟲共五齡, 然後達到成蟲期。我們先做內部解剖, 然後把材料用費勒銘 (Flemming) 及蘇撒 (Susa) 兩種固定液分別固定起來, 這兩種固定液所得的效果是比較滿意的。我們也曾選用姚南 (Yao-nan) 固定液及施密斯-柏因 (Smith-Bouin) 固定液作比較, 結果雖都相當好, 但終不及費勒銘固定液的優良。材料固定後即按照通常的石蠟切片法手續連續切片, 分縱切與橫切兩種, 厚度為 $3-8$ 微米, 用海氏蘇木精和伊紅 (Heidenhain's iron haematoxylin and eosin) 染色, 也曾試用了海氏蘇木精和橘黃 (Orange G), 馬氏三色染色法 (Mallory's triple stain) 等, 結果都很好, 但以海氏蘇木精和伊紅為最合用。

值得指出的當我們研究昆蟲的組織構造時, 內部解剖工作是十分重要的而且必須仔細精確, 往往當組織切片上有疑難問題時, 可從解剖工作中得到啓示, 而解剖工作中所不能了解的部分, 往往因為切片在高倍顯微鏡下放大而得到解決, 所以這兩部分工作是必須互相聯繫起來的。

內部解剖

昆蟲的消化系統可以分為由內胚層發育來的中腸和由外胚層發育來的前腸和後腸, 所以前腸和後腸的內壁都覆有幾丁內膜, 而中腸便無此構造。前腸和中腸的分界在外部是胃盲囊, 在內部是賁門瓣。中腸和後腸的分界在外部是馬氏管, 在內部是幽門瓣。亞洲飛蝗成蟲的消化系統全長約為 40 毫米 (圖 I), 前腸約 16 毫米, 中腸約 10 毫米, 後腸約 14 毫米。

前腸包括口腔、咽喉、食管、嚥囊、前胃 5 部分, 以及開口於舌與口腔之間的附腺——唾液腺。中腸的前端有 6 個分為前後兩葉的盲囊, 中腸的後端和後腸連接處有 12 個排列均勻的杯狀馬氏管凸, 每個突起上都有 16 條馬氏管。後腸包括迴腸、結腸、直腸 3 部分, 直腸的最後端是肛門。

(一) 前腸(圖1、2, A—E)——从口腔起到前胃末端止是前腸, 其中包括咽喉、食管、嗦囊和前胃:

1. 口腔(圖1, A)——是头部內的椎体形空間, 前部有舌, 後部通咽喉, 腔壁上有許多排列不整齊的嵴, 嵴上生有細長的刺, 刺長約 0.15 毫米, 刺的尖端大致是向身体的後面或側面。在舌的前下方有唾液腺的開口, 由開口处向後是唾液腺的總管, 然後分爲左右兩枝, 到胸部又分爲許多小支管, 在每個小支管的末端有一個葡萄形的腺泡, 这些腺泡大致集成爲三羣(sg), 唾液腺的末端達到後胸節中部。

2. 咽喉(圖1, B)——口腔的後部緊接着的便是咽喉, 咽喉的後方便是食管, 当把咽喉剖開時, 可以看到在內壁上生長着比較規則的縱嵴, 在这些嵴的上面有与口腔內嵴上相同的細長刺, 刺的尖端是向身体的後方。

3. 食管(圖1、2 C)——咽喉与嗦囊之間有一段比較細的管子, 从咽喉的後端起, 向上方延伸然後微向後方与嗦囊相連, 食管內部具有較寬大的縱嵴, 嵴上仍然滿佈着細而長的長刺, 刺長約 0.17 毫米, 它的尖端也是向身体的後方。

4. 嗦囊(圖1、2 D)——相当於前胸節到中胸節的地位, 前端接着食管, 末端連着前胃, 這一個前端較細後部漸粗的部分便是嗦囊。嗦囊的內壁有許多斜走的嵴, 在嗦囊的前端左右各有 3 行較大的嵴, 構成一個長圓形, 在飛蝗也是三行嵴(Albrecht, 1953)。但 Hodge (1939) 只說有兩行嵴, 第一條嵴上具有排列成三行的大齒, 第二第三嵴上約有兩行大齒, 这些齒的尖端有的还分爲兩叉, 齒的尖端向着身体的後方。这左右各三條大嵴的後面便是許多條不甚規則的左右斜行較小的嵴, 每條嵴上都具有大齒, 前部是兩行漸至後部則減爲一行, 在嗦囊內部与食管交接处則有斜行嵴, 在这些嵴上不但沒有像食管內部的長刺也沒有像嗦囊內部的大齒。

5. 前胃或称肌肉胃(圖1、2 E)——前胃是前腸的最末一部分, 較嗦囊的寬度爲細, 它的後端同中腸相連, 可从內部的賁門瓣分界。前胃的內部有許多縱行嵴, 每行嵴上都有稀疏的大齒, 齒尖朝後。在前胃內部的後端有 6 個 V-形的大嵴我們称它爲 V-形突起; Hodge (1936) 称它是前胃齒; (1939) 又称爲 Y-形前胃板; 而 Tietz (1923) 則称爲 V-形島。在这些 V-形突起的表面上有許多伸向前方的小刺(圖15, spi)。前胃与中腸相連的情形是這樣: 前胃末端陷入中腸內, 構成了賁門瓣, 賁門瓣向腔(lum)的一面有許多小刺(圖15、16, spi)。

(二) 中腸或称胃(圖1、2, F)——从前腸的後端起到馬氏管的後方止, 这一段是中腸, 幾乎是一直管, 它比前腸同後腸都短, 其前端从胃盲囊(gca)同前胃分界, 其後

端以馬氏管(mt)同後腸分界。胃盲囊是中腸最前端的伸出部分,共有6個,每個分成前後兩葉,前葉比後葉長而粗,二者長度的比例約為7:3(飛蝗胃盲囊前後葉長度的比例約為3:1)。在中腸後端的杯狀突處向外伸出12叢線形的馬氏管,在成蟲時期每叢都是16條,在幼蛹期則因齡期不同馬氏管的數目亦不相同,第一齡是6條,第二齡是8條,第三齡是14條,第四齡是14條,第五齡是16條;馬氏管是細長的,僅就其自然位置前端可達胃盲囊的前方,後端可達直腸部分,每條馬氏管的梢端都是閉口的,基部與杯狀突相通。亞洲飛蝗和飛蝗的馬氏管數目是不同的,飛蝗的馬氏管每叢只5—10條,每條又分5枝(Hodge, 1939),而Albrecht (1953)說每叢大約25條,這些馬氏管的 $\frac{1}{3}$ 向前延伸到中胸,其餘 $\frac{2}{3}$ 是向後延伸直達第八腹節。馬氏管的顏色與腸不同,具有紅棕色的色素。

(三)後腸(圖1,2,G-J)——接着中腸的後方是後腸,後腸可以分為三個部分:迴腸又稱大腸,結腸又稱小腸和直腸。後腸呈S形,在迴腸的前端向消化腔內微微突起而形成了幽門瓣,在直腸的後方,也就是全部消化系統的最末端是肛門。

1. 迴腸或稱大腸(圖1,2,G)——它是後腸的前段,前粗後細與結腸相連,外部有12條縱行肌肉(或稱縱肌)。

2. 結腸或稱小腸(圖1,2,H)——它是迴腸和直腸的中間比較細小的部分,也是S形後腸的轉折部分,僅約相當於迴腸 $\frac{1}{4}$ 的長度,在迴腸上的12條縱行肌肉到了結腸已合併成為6條。

3. 直腸(圖1,2,I,J)——它是緊接着結腸的,這部分比較膨大,它就是後腸或全部消化道的最後一段。直腸不僅比結腸寬大,同時也比迴腸寬大,但是它的寬度可因內部所積聚的排洩物多少而改變;直腸的中部最為膨大,兩端比較縮小些,外部也有6條縱行肌肉,與結腸的情形相同,直腸的末端開口處是肛門(K)。

組 織 構 造

(一)成蟲期:亞洲飛蝗消化系統的形態已在內部解剖項下加以記載,現在就各部分的組織構造加以敘述:

1. 前腸:

(1) 口腔(圖3,4,)——口腔是消化道的最前端,其後端緊接咽喉,上皮細胞(ep)方形,細胞核橢圓形,位於細胞中央,細胞質內有許多赭色顆粒,上皮細胞內面有一層幾丁內膜(in),膜上生有許多方向不一致的長刺(sp),其長度較食管部分的刺略微小

一些。上皮細胞外是稀鬆的結締組織(ct)，其中分佈着小支氣管(tr)。結締組織的外面是比較發達的縱肌層(lm)，再外便是連續圍繞口腔的環肌(cm)，在口腔左右兩側各有一束開肌(dm)。

(2) 咽喉(圖5、6,)——咽喉位于口腔下方，上皮細胞(ep)為矮柱形，高約0.05毫米，寬約0.02毫米，細胞核橢圓形，位置微偏于細胞上方，細胞質內有許多赭色顆粒，上皮細胞內面覆有一層厚約0.05—0.07毫米的內膜(in)，膜的邊緣也就是消化管壁的最內邊，染色較深，並形成許多縱紋，膜上叢生着許多向身體後方斜行的長刺(sp)，刺的長度約0.15毫米，基部粗約0.005毫米，上皮層外面是很薄的一層基膜(bmb)，膜外是稀鬆的結締組織，在這層結締組織內有小支氣管分佈着。在結締組織層外是一層沿消化道縱走的縱肌(lm)，縱肌外是環肌(cm)。

(3) 唾液腺(圖7a-7e)——唾液腺的唾液管開口在咽喉前端舌的下方，唾液管在離口不遠處即分為左右兩枝，皆通入胸部的腹側，每枝唾液管連接約有500以上的葡萄叢狀的泡狀腺。每個泡狀腺的直徑約有0.3—0.5毫米，在每一腺泡內皆有形狀着色不同的兩種腺細胞，即漿液細胞(sc)，Beams和King(1932)稱之為酶原細胞(zymogenic cell)；和黏液細胞(mc)，Beams和King(1932)稱之為壁細胞(parietal cell)。前者與後者數目的比例約為2:1。漿液細胞(7c)的細胞體大，形狀不一致，細胞核位於細胞的中央，細胞質內呈現着許多小顆粒，有時還有2—3個和細胞核大小相仿的分泌物塊(s)，這些分泌物經染色後呈深黃綠色。黏液細胞(7b)細胞體較小，形狀近於一個三角形，三角形的頂端大多向着腺泡的中央(圖7a, mc)，細胞核很大也是位於細胞的中央，在核的附近可以找出非常細微的細胞內小管(inc)，這種小管穿過細胞本身再由其他細胞間伸入較大的唾液管。在細胞與細胞間的管腔內常常存有分泌物(s)的小塊，這些小塊經染色後顏色鮮明——翠綠色的圓珠。細胞質內的顆粒很小，但有許多很細的縱紋。腺泡的外面包有一層薄膜，膜上經常附着脂肪細胞和腎細胞(nc)。每個泡狀腺都連接於最細小的唾液管上(圖7a, sd)，唾液管僅僅是由單層扁方形上皮細胞(7a)所組成，細胞體大，細胞核位於細胞的中央，上皮細胞的外邊包有一層很薄的基膜，小唾液管的管腔周圍覆有一層像氣管內膜樣具有螺旋紋狀的內膜(7e)，許多小唾液管連合成較大的唾液管，最後才形成由單層方形上皮細胞所構成的唾液管(7d)，它的細胞核很大，位於細胞的中央，細胞質內有很清晰的縱紋。

(4) 食管(圖8、9)——食管緊接咽喉，長約2.5毫米，內徑與咽喉相仿，食道內壁有縱行的嵴，嵴的大小不等，一般高約0.15毫米，寬約0.1毫米。

食管的上皮層(ep)是由一層柱狀上皮細胞所組成,上皮層內覆有一層厚約 0.05—0.07 毫米的幾丁內膜(in),內膜的近消化腔部分染色較深,並有紋狀的緣。縱行的嵴就是上皮層和它的內膜所構成。內膜表面生有許多長刺(sp),刺的排列情形與咽喉刺相仿但微長,上皮層外為基膜(bmb),基膜外為結締組織(ct),再外是縱肌層(lm),縱肌層外是環肌層(cm)。

(5) 嚙囊(圖10、11)——嚙囊緊接食管之後,長約 5 毫米,內徑的寬度因腔內所含食物量而改變,當沒有食物時與前胃一樣粗細,但在含有食物時可以膨脹得很寬。嚙囊內壁比較食管的內壁為薄,特別在吃食物以後。嚙囊內壁的嵴為斜行排列,很複雜(圖 2, D)。上皮(ep)為單層立方形上皮細胞,在嵴上的細胞高約 0.2 毫米,但在兩嵴之間的上皮細胞則呈扁形,細胞核圓而大,位於細胞的中央,細胞質內有黑色顆粒,上皮層的內面覆有厚約 0.05 毫米的幾丁內膜(in),膜的表面經染色後較深,並呈紋狀,在內膜上生有長約 0.05 毫米,基粗約 0.03 毫米的幾丁齒(t)。這些齒中有的還具有兩個尖端,也就是說有些齒是分枝的。上皮層的外面為不顯著的基膜(bmb),基膜外是少量的結締組織(ct),在結締組織內有許多小支氣管(tr)分佈着。再外為縱肌層(lm),縱肌外為環肌層(cm),二者的厚度和食管的肌層相仿。肌肉層外是比較明顯但是很薄的一層腹膜(pr)。

(6) 前胃(圖 12、13)——前胃也有人稱為砂囊,或稱肌肉胃,緊接着嚙囊之後,全長略短於 5 毫米,它的內壁形成明顯的縱行嵴,嵴的數目約為 57—62 個,嵴的高度約 0.07—0.1 毫米,寬度約相同。上皮(ep)為單層矮柱狀上皮細胞所組成,細胞質內有很多的黑色顆粒,上皮層外為基膜,基膜外為少量的結締組織,再外為縱肌(lm)和環肌(cm),肌肉層的排列和嚙囊上的排列相同,但環肌則較嚙囊的環肌更為發達故有肌肉胃之稱。

前胃的縱嵴在較前端的有 60—70 個,愈向身體的後端縱嵴就逐漸合併,因此數目愈來愈少,而形狀則愈來愈大,最後合併為 6 個很大的 V-形突起(圖 2、14、15、16, V)。Tietz (1923) 稱之為 V-形島, V-形突起的兩臂是伸向身體的前端, V-形突起的基部伸向身體的後方,也就是靠近中腸,同時與中腸形成一個溝道,這個溝道正是前腸與中腸的分界處,溝道的前岸為前腸,其邊緣膨大,伸入中腸, Teitz (1923) 稱之為賁門瓣(sv),這是與 Snodgrass (1935) 所描寫的賁門瓣由前腸突出的一圈突起,伸入中腸是完全符合的,溝道的後岸是中腸,也就是胃盲囊的起點。

V-形突起的內膜上生有許多細小的刺 spi), 賁門瓣向消化腔的一面也有同樣的

小刺，但小刺的數目較少，因此我們想到前胃除賁門瓣有阻止食物反回前胃外，同時仍然还具有協助磨碎食物的功能。

亞洲飛蝗的 V-形突起的長度約 2 毫米，向內突出約 0.03 毫米，上皮(ep)是單層長方形(矮柱狀)的上皮細胞。上皮層外為基膜(bmb)，基膜外有很少量的結締組織(ct)，再外為縱肌(lm)。每一個突起的腔都被這種肌肉束所填滿。V-形突起的外邊有環肌(cm)，環肌層的外邊又是不連續的而分佈很整齊的 6 束縱肌，在肌束間的結締組織內，有大小不同的支氣管(tr)。

賁門瓣(sv)上皮細胞為長方形，上皮層外為基膜與稀鬆的結締組織，結締組織外為環肌，環肌層外才是縱肌。

2. 中腸：

(1) 胃盲囊(圖 19、20)——每一胃盲囊皆分為前後兩葉，共長約 10 毫米，前葉約佔全長的 $\frac{7}{10}$ 。胃盲囊開口處與前胃的賁門瓣相接近，胃盲囊雖有前後兩葉但內部的組織構造却是一樣，內壁皆有許多突出很高的縱行褶。上皮(ep)為單層長方形上皮細胞所組成，上皮細胞分為兩種，大多數為消化細胞(dgc)，高約 0.35 毫米；少數的一種是再生細胞(rgc)，高約 0.05 毫米，它們一個一個的單獨存在或者數個成羣地分佈在消化細胞之間，每一羣即所謂一個再生細胞羣(n)。上皮層表面覆有一層厚約 0.05 毫米的纖毛膜(cmb)。這些消化細胞經常呈現着局部分泌性質的分泌現象(merocrine secretion)，細胞的表面則帶有分泌物(s)。上皮層外有不顯著的基膜，基膜外為稀鬆的結締組織(ct)，再外為不連續的環肌(cm)與不很發達的縱肌(lm)。

(2) 胃(圖 17、18)——就是中腸，全長約 10 毫米，它的內壁光滑，沒有任何褶，更沒有幾丁內膜，因為胃是飛蝗消化器官中很重要的部分，其組織構造可分述如下：

i. 上皮層(圖 18、21, ep)——胃的上皮為單層高柱形上皮細胞，即所謂消化細胞(dgc)所構成，它們排列成冠狀，高約 0.65 毫米，寬約 0.05 毫米，細胞核橢圓形，長徑約 0.04 毫米，在細胞表面生有一層厚約 0.07 毫米的原生質纖毛膜(cmb)。在我們的切片中很多是正在進行着分泌現象，把它們的細胞質一塊一塊的分泌出來(s)。因為細胞核仍留在細胞內故稱為局部分泌性質的分泌。

ii. 再生細胞(圖 18, rgc)——在上皮細胞之間的稍外部分有許多大小不同、數目不等的再生細胞羣(n)，每一羣包含少則 1、2 個，多則 8、9 個乃至 10 餘個再生細胞。它們的細胞核很大，細胞的界限有時不很清晰，細胞質染色較淺，細胞高約 0.1 毫米。

iii. 圍食膜(圖 18, pmb)——在費勒銘固定液固定的切片內可以看出位於中腸

最內層的圍食膜，膜厚約 0.005 毫米，但厚度並不十分均勻。

iv. 馬氏管(圖 26, mt)——在中腸的後端與迴腸(il)的前端內壁向消化道外突出一圈溝道，在溝道的底部向外凸出分佈均勻的 12 個杯狀突起(amt)。Tietz (1923) 稱它為杯狀凹(cup-shaped depression)；Hodge (1939) 稱它為馬氏管凸(ampulla of Malpighian tubules)。馬氏管即開口於其上。它的組織構造是：最內為較矮厚約 0.005 毫米的纖毛膜，纖毛膜外為單層扁形的上皮細胞，細胞核很大，位於細胞的中央。細胞與細胞之間的界限不很清晰，上皮層外包着一層很薄的薄膜。

在圖 26 裏，杯狀突起的外邊有 4 個淺色細胞團，這表示着 4 個馬氏管的基部，因為切片時剛巧切斷在這部分。

v. 纖毛膜(圖 18、20、21、26, cmb)——中腸內壁的纖毛膜依照 Snodgrass (1935) 的意見認為應該稱為紋狀緣，因為是由許多明暗相間的條紋所組成。外有一層薄膜，我們現在的切片上是很明顯的由許多纖毛(ci)所組成，其外並無薄膜。

vi. 肌肉層(圖 18、21, lm, cm.)——中腸的肌肉組織遠不如前腸的肌肉組織發達，它們排列的情形亦與前腸的不同，就是在結締組織外邊也是一層很薄而且不連續的縱肌(lm)，縱肌外邊是比較厚的環肌(cm)，環肌外又是縱肌(lm)。

3. 後腸：

(1) 幽門瓣(圖 21, pv)——此瓣在後腸的最前端，也就是後腸與中腸所形成的溝道的後緣。這部分的後腸壁向消化腔凸出，形成了一圈突起。幽門瓣在亞洲飛蝗是不很發達的，因為它的高度還不及中腸後端上皮細胞所成的突起高。組織構造和迴腸相仿，就是單層肥大的上皮細胞(ep)，內覆有較厚的內膜(in)，內膜表面分佈着成叢的幾丁小刺(spi)，上皮層下有較發達的結締組織，在結締組織內有小支氣管，它的肌肉層和迴腸的一樣。

(2) 迴腸(圖 22、23)——全長約 6 毫米，內壁有隆起很高的縱嵴，上皮層(ep)是由單層而肥大的上皮細胞所組成，細胞高約 0.35 毫米，細胞內上下兩端呈現着許多細微的纖維絲，在細胞和細胞交界的地方有許多顏色很深的赭色顆粒。細胞核很大，上皮層內覆有厚約 0.05 毫米的幾丁內膜(in)，在內膜表面有許多成叢的幾丁小刺(spi)。上皮層外為不顯著的基膜，基膜外為結締組織(ct)，結締組織內有小支氣管。迴腸的肌肉雖亦為內環肌(cm)、外縱肌(lm)，但是很不發達。

(3) 結腸(圖 24、25)——結腸緊接迴腸，除比迴腸較細以外，它還呈一曲折，因此迴腸、結腸與直腸形成一個‘S’形。結腸是‘S’的中部，長約 3 毫米，內壁有突出很

高的橫褶，褶与褶之間形成深溝。

上皮(ep)爲單層方形，細胞高約 0.15 毫米，寬約 0.2 毫米，細胞質內亦有黑色顆粒，在上皮層內覆有厚約 0.2 毫米的幾丁內膜(in)，內膜表面也生有与迴腸和直腸同樣排列成叢長約 0.005 毫米的細小幾丁刺(spi)，這些小刺分佈的情形是与前腸內膜的小刺(spi)完全不同的，因爲它們是一叢一叢的分佈着，每叢刺的數目是 5—6 個。這種小刺在文獻中無論是 Tietz (1923) 所作的 *D. carolina* L. 或 Hodge (1936, 1939) 所作的 *Melanoplus differentialis* Thomas 和 *Locusta migratoria* L. 以及 Snodgrass (1935) 都未曾提及，因此，我們對於這種構造曾作了詳細的觀察，結果無論是在一齡至五齡的幼蟲或六齡的成蟲，它們的迴腸、結腸和直腸墊間和直腸末段的內膜上都有這個構造。

上皮層外爲不明顯的基膜，基膜外的結締組織(ct)不很發達，再外有縱肌(lm)，縱肌外是環肌(cm)。一般環肌較厚於縱肌，薄薄的一層腹膜(pr)与少數的支氣管和縱肌束相联系着。

(4)直腸(圖 27、31)——結腸再一轉折即爲直腸，直腸爲消化道的最後一段，全長約 5 毫米，因組織構造不同，分兩部分來敘述它：

i. 直腸墊(圖 27、29, rtd)——所謂直腸墊在我們的標本上共有六條，平行縱走，在它們的兩端爲圓形，在環肌(cm)的外邊有 6 條分佈均勻的縱肌束(lm)界於二直腸墊之間。

值得討論的是直腸墊上皮層內的幾丁內膜(rtm)在我們的材料中証明直腸的幾丁內膜是很薄的一層膜，它与上皮層之間是離開的，並且有一相當大的空隙，但 Snodgrass(1935)和 Tietz(1923)都未提到；Tonkov(1923)認爲幾丁內膜在切片中所顯出与上皮層的分開是由於固定液所起的反常現象。Marshall(1945)對此曾表示懷疑，但未肯定；Hodge (1939)在他的圖上很明顯地表示出了幾丁內膜与上皮層間的空隙，可是他在文章中及圖的註解中絲毫未提。我們所作亞洲飛蝗全部的切片中都有這個空隙，後來又解剖了許多新鮮材料(保存在生理食鹽水中檢查的)，都証明在直腸墊的幾丁內膜与上皮層之間確有空隙，所以 Tonkov(1923)的意見認爲這個空隙是由於固定液所引起的裂痕，是不正確的，至於爲什麼与一般較厚的幾丁內膜緊貼着上皮層的情況不同，相反地与上皮層離開而形成了一個大的空隙，在生理上有何作用，則尚待研究。

兩墊之間的上皮細胞是扁形的，細胞層表面的內膜較厚，上有成叢的小刺(spi)，兩墊間每邊的內膜与直腸墊膜(rtm)相接連處是一條幾丁化的帶(圖 28、29, atr)，Mar-

shall (1945) 称之为附着環 (attachment ring), 这个環是直腸膜与內膜連接的地方。

ii. 直腸末段(圖 29、31, rtp)——直腸墊的後方是直腸的末段 (rectum proper)。它的幾丁內膜(in)不但厚度大大增加同時也緊貼在上皮層(ep)上面, 內膜的表面生有成叢的小刺(spi), 每一叢約有 4—10 個小刺。这个構造和 Hodge (1939) 說在 *Locusta migratoria* L. 的內膜小刺是一樣的, 上皮層外為稀鬆的結締組織(ct), 在這層結締組織內分佈着小支氣管, 結締組織層外為縱肌(lm), 縱肌外是環肌(cm), 環肌外还有不很發達的六束縱肌, 腹膜並不顯著。

(二) 蛹期:

一至五齡蛹期亞洲飛蝗的消化系統我們也曾把它分別製成切片, 其詳細方法与步驟正如同研究成蟲一樣。經過詳細地在顯微鏡下觀察, 幼期各齡消化系統的組織構造大体上同成蟲沒有多大差別。當然在它的發育过程中, 例如各部組織的厚度和細胞的形狀等是顯著的在繼續生長中, 也就是說愈到後期厚度愈增加, 細胞的形狀也愈接近成蟲, 其中值得指出的是下面幾項:

1. 中腸和胃盲囊上的上皮細胞分為兩種, 即消化細胞和再生細胞, 在成蟲中消化細胞排列成冠狀(圖 18), 但是在一齡和二齡的消化細胞排列很平, 到了第三齡才開始呈現出冠狀排列, 第四齡、第五齡便更接近成蟲了。

2. 在成蟲的前腸和後腸內有許多縱行或橫行的褶, 在蛹期的褶雖然也很顯著, 可是褶的高度是愈在前期愈小。

綜 述

本文是研究亞洲飛蝗 *Locusta migratoria menilensis* Meyen 消化系統的解剖和組織構造, 这是中國科学院昆蟲研究所对亞洲飛蝗研究計劃中的一部分工作, 也是作者等所担任研究不同飼料对亞洲飛蝗消化系統和生殖系統的影响的第一部分工作, 因為必須首先瞭解亞洲飛蝗这些系統的正常構造才可以用來比較它們由於不同飼料所受的影响, 同時國內各級学校中通常以亞洲飛蝗為教学材料, 所以这篇文章也可以供教学上的參考。

所用材料是將蝗卵先在 30°C 溫箱內孵化出來的第一齡幼蛹, 然後飼养在养蟲箱內, 在經常保持着 30—32°C 的溫度, 以玉米為飼料, 按不同齡期取材, 先做內部解剖, 然後把所需材料固定在費勒銘及苏撒兩種固定液內, 並且也曾用姚南及施密斯-柏因固定液作比較, 然後用通常的石蠟切片法連續切片, 用海氏苏木精和伊紅染色, 也

曾用海氏苏木精和橘黃及馬氏三色染色法作比較。

前人对昆蟲的消化系統組織學研究工作比較多，對於蝗蟲類的組織學工作也很多，文中已作了一個概要的介紹，但是對於亞洲飛蝗的消化系統組織學研究還未見到。本文共分為兩大部分，即內部解剖和組織構造，文中对每一部分都有詳細的敘述。

在內部解剖方面值得指出的是亞洲飛蝗的胃盲囊前葉與後葉的長度比例約為 7:3，而在飛蝗依照 Hodge (1939) 約為 3:1。亞洲飛蝗的馬氏管共有 12 叢，每叢在成蟲期為 16 條，而在飛蝗依照 Hodge (1939) 僅 5—10 條，每條又分為 5 枝；依照 Albrecht (1953) 則為 25 條；至於蛹期的馬氏管數，前人在飛蝗亦未有記載，亞洲飛蝗的蛹期雖均為 12 叢，但第一齡每叢僅 6 條，第二齡 8 條，第三齡 14 條，第四齡 14 條，第五齡 16 條。亞洲飛蝗的口腔、咽喉及食管上都有細長的刺，方向都向後，很明顯的這些刺是阻止食物返回。嗉囊同前胃上具有短而鈍的齒，6 個 V-形突起和賁門瓣上隆起的部分都有小刺。從幽門瓣起到直腸末段止，除去直腸墊膜外，其餘都具有成叢的小刺，這些小刺比 V-形突起和賁門瓣上的小刺更為細小。在前人研究各種蝗蟲工作中均未提到過，只 Hodge (1939) 在飛蝗的工作中曾提到在直腸末段上有成叢的小刺。

在組織構造方面應該提出的亞洲飛蝗的唾液腺是由兩種腺細胞所組成，即漿液細胞與黏液細胞，在我們的切片中是很明顯的，但是前人如 Hodge (1939) 在飛蝗工作中並未提起唾液腺；Tietz (1923) 在 Carolina locust 工作中對漿液細胞雖曾提起但未肯定；Albrecht (1953) 只稱飛蝗的唾液腺中有一種大細胞。亞洲飛蝗的幽門瓣與前人研究其他蝗蟲所得結果不同，它不是很發達的，因為尚不及中腸後端上皮細胞所形成的突起那樣高。亞洲飛蝗直腸墊上皮層內的幾丁內膜在切片中很顯著的是同上皮層離開的，並且有一相當大的空隙存在於其間，為了證明這一點，曾用生理食鹽水重複地用新鮮材料作了內部解剖，結果與此相同，足見並非如 Tonkov (1923) 所說是固定液的副作用所產生的反常現象；而 Snodgrass (1935) 及 Tietz (1923) 都未提及。Marshall (1945) 對 Tonkov 的意見曾經表示懷疑，但亦未能証實。Hodge (1939) 在他的圖上已經表示出有空隙，但文章內未能加以肯定的說明。

本工作是包括各蛹期消化系統的內部解剖和組織構造在內，前人對於其他蝗蟲的蛹期情況很少記載。亞洲飛蝗蛹期各齡消化系統的組織構造大致與成蟲期沒有多大差別，當然在它的發育過程中，例如各部分組織的厚度和細胞的形狀等都在繼續生長中，也就是說愈到後期愈接近成蟲的情況。其中值得指出的是中腸和胃盲囊上的

上皮細胞分爲兩種：即消化細胞和再生細胞，在成蟲中消化細胞排列成冠狀，但在第一齡和第二齡時消化細胞排列甚平，到了第三齡時才開始呈現冠狀，第四齡和第五齡便更接近成蟲的形式了。在成蟲期的前腸和後腸內有許多縱或橫的嵴，在蛹期的嵴雖也很顯明，但嵴的高度是愈在前期愈小。

參 考 文 獻

- [1] Albrecht, F. O. 1953. The anatomy of the Migratory Locust. University of London. The Athlone Press, Univ. London, 118pp.
- [2] Atherton, R. F. 1941. Visceral anatomy of two American lubber grasshoppers, with special reference to digestive and respiratory systems. *Univ. Colo. Stud.* A 26:128-130.
- [3] Beams, H. W. & King, R. L. 1932. The architecture of the parietal cells of the salivary glands of the grasshopper with special reference to the intracellular canaliculi, Golgi bodies and mitochondria. *J. Morph.* 53:223-242.
- [4] Bordas, L. 1898. L'appareil digestif des Orthopteres. *Ann. des. Sci. Nat.*, ser. 8, T. 5, pp. 1-208.
- [5] Brown, A. W. A. 1937. A note on the chitinous nature of the peritrophic membrane of *Melanoplus binitatus* Say. *J. exp. Biol.* 14:252-253.
- [6] Chauvin, R. 1938. Anatomie et histologie du tube digestif de *Schistocerca gregaria*. *Bull. Soc. Hist. nat. Aft. N.* 28:488-499.
- [7] Cragg, F. W. 1920. Secretion and epithelial regeneration in the mid-intestine of *Tabanus*. *Ind. Med. Res.* 7:648-663.
- [8] Dominique, L'abbé J. 1894. Le tube digestif des Orthoptères. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de l'ouest de la France.* 4:16-27.
- [9] DuPorte, E. M. 1918. On the structure and function of the proventriculus of *Gryllus Pennsylvanicus* Brm. *Psyche.* 25:117-121.
- [10] Fawcett, D. W. & K. R. Porter, 1952. A study of the fine structure of ciliated epithelial cells with the electron microscope. *Anat. Rec.* 113:539.
- [11] ———— 1954. A study of the fine structure of ciliated epithelial. *J. Morph.* 94: 221-281.
- [12] Fischbein, E., & L. G. Worley, 1952. The structure of ciliated epithelial cells of lamellibranchs as revealed by the electron microscope. *Anat. Res.* 113:582-583.
- [13] Granger, B. & R. F. Baker, 1950. Electron microscope investigation of the striated border of intestinal epithelium. *Anat. Res.* 107: 423-436.
- [14] Gresson, R. A. 1936. Cytology of the mid-gut and the hepatic caeca of *Periplaneta orientalis*. *Q. J. M. S.* 77:317-334.
- [15] Hodge, C. 1936. The anatomy and histology of the alimentary tract of the grasshopper, *Melanoplus differentialis* Thomas. *J. Morph.* 72:203-211.
- [16] ———— 1937. Some effects of diet on the gastric epithelial cells of the grasshopper, *Melanoplus differentialis* Thomas. *Biol. Bull.* 72:203-211.

- [17] ——— 1939. The anatomy and histology of the alimentary tract of *Locusta migratoria* L. *J. Morph.* **64**:375-400.
- [18] ——— 1940. The anatomy and histology of the alimentary tract of *Radnotatum carinatum* var. *peninsular* Rehn and Hebard (Orthoptera: Acrididae). *J. Morph.* **66**(3):581-599.
- [19] Lison, L. 1937. Etudes histo-physiologique sur le tube de Malpighi des insectes. II. Phenomènes d'athrocytose dans le tube de Malpighi chez les Orthoptères. *Arch. Biol.* **48**:489-512.
- [20] ——— 1937. Etudes histo-physiologiques sur le der Malpighi chez les Orthopteres. *Arch. Biol.* **48**: 321-360.
- [21] ——— 1938. Les Phenomenes dathrocytose dans le tube de Malpighi chez les insectes. *Ann. Soc. Zool. Belg.* **68**:41-48.
- [22] Marshall, W. S. 1945. The rectal sac of the red-legged grasshopper, *Melanoplus femur-rubrum*. *De Geer. Ann. Ent. Soc. Amer.* **38**: 461-471.
- [23] Nenyukov, D. V. & Parfentev, I. A. 1929. Digestive process and structure of intestine in the Migratory Locust. *Plani. Prot., Leningrad.* **6**:21-37. (In Russian)
- [24] Newcomer, E. J. 1914. Some notes on digestion and the cell structure of the digestive epithelium in insects. *Ann. Ent. Soc. Amer.* **7**:311-322.
- [25] Newell, G. E. & Baxter, E. W. 1936. On the nature of the free cell-border of certain mid-gut epithelia. *Q. J. M. S.* **79**:123-150.
- [26] Riedel, F. A. 1941. Visceral anatomy of two American lubber grasshoppers, with special reference to digestive and respiratory system. *Univ. Colo. Stud.* **26**: 128-130.
- [27] Riedel, F. A. 1946. Connective tissue pattern in the ventriculus of certain lubber grasshoppers. *Ann. Ent. Soc. Amer.* **39**:298-303.
- [28] Shinoda, O. 1925. Contributions to the knowledge of intestinal secretion of insects. I. Mid-intestinal secretion of Lepidoptera, with an appendix: behavior of mitochondria in the mid-intestinal epithelium of the silkworm, *Bombyx mori*, L. Memoirs of the College of Acience, Kyoto Imp. Univ., series B **2**(2)(4):93-116.
- [29] ——— 1927. Contributions to the knowledge of intestinal secretion of insects. II. Comparative histo-cytology of the mid-intestine in various orders of insects. *Zeitschr. f. Zellf. u. mikro. anat.* **5**:278-292.
- [30] Snodgrass, R. E. 1903. Anatomy of Carolina locust (*Dissosteria carolina*, L.) Ed. Pub. 2, Wash. Ag. Col. and Sch. of Sc., Inland Printing Co., Spokane, Wash.
- [31] ——— 1935. Principles of Insect Morphology. McGraw-Hill Book Company. New York and London. pp. 347-387.
- [32] Stuart, R. R. 1935. The anatomy and histology of the Malpighian tubules and the adjacent alimentary canal in *Melanoplus differentialis*. *J. Morph.* **58**: 173-188.
- [33] Tietz, H. M. 1923. The anatomy of the digestive system of the Carolina locust (*D. carolina*, L.) *Ann. Ent. Soc. Amer.* **16**: 256-273.
- [34] Tonkov, V. 1923. Zur mikroskopischen Anatomie der Rectaldruesen bei den Insekten. *Reo. russe d'Entom.* **18**: 69-80.
- [35] ——— 1925. Ueber den Bau der Rectaldruesen bei Insekten. *Zeit. Morph. und ökol.* **4**: 416-429.

- [36] Uvarov, B. P. 1948. Recent advances in Acridology: Anatomy and Physiology of Acrididae. London. pp. 9-14.
- [37] Wigglesworth, V. B. 1930. The formation of the peritrophic membrane in insects. *Q.J.M.S.* **73**: 593-616.
- [38] ————— 1933. On the function of the so-called "rectal glands" of insects. *Q.J.M.S.* **75**: 131-150.
- [39] Woodruff, B. H. 1933. Studies on the epithelium lining the caeca and mid-gut in the grasshopper. *J. Morph.* **55**: 53-80.

ON THE ANATOMY AND HISTOLOGY OF THE DIGESTIVE SYSTEM OF THE ASIATIC MIGRATORY LOCUST, *LOCUSTA MIGRATORIA MENILENSIS* MEYEN

LIU, Y. S. AND LEO, P. L.

Institute of Entomology, Academia Sinica

The Asiatic migratory locust, *Locusta migratoria menilensis* Meyen is a serious insect pest with historical economic importance of several parts of China. The Institute of Entomology, Academia Sinica has paid a great attention to this pest and is doing research work collectively in various fields including ecologists, physiologists, morphologists, etc. The authors are taking a part of work of the whole research project, on the histological study of the digestive system and the reproductive system with special reference to the effect of diet. This paper is the first of a contemplated series of studies dealing with the gross anatomy and histology of the digestive system. This locust is not only important to agriculture but is also becoming a useful subject for teaching in universities and other schools. It has become desirable, therefore, to have a full account of its anatomy and histology for a work of reference.

The materials here reported are from the locusts bred in cages and fed with corn leaves which will be used as the satisfactory diet to compare with other food-plants.

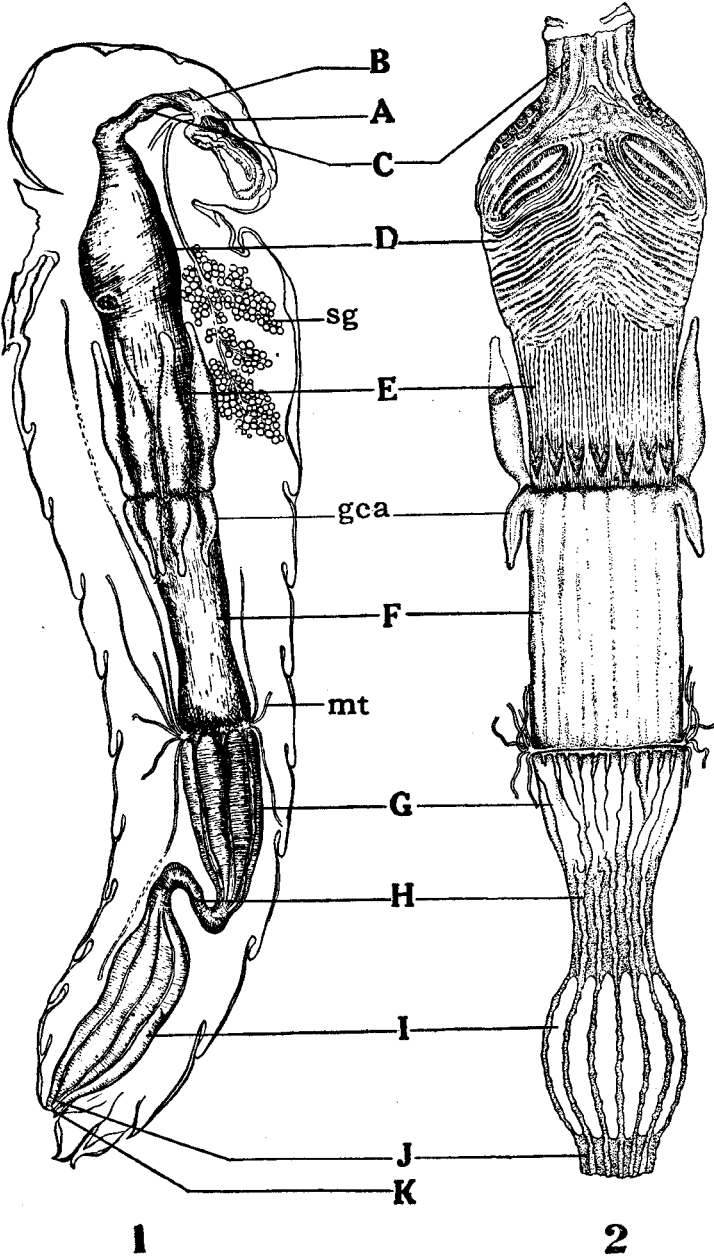
The gross anatomy shows a typically acridine arrangement and need not to be described in detail in this summary besides those structures have been found apparently differ from other grasshoppers which were reported by previous workers especially the closely allied species, *Locusta migratoria* L. In the Asiatic migratory locust, the proportion of the anterior lobe and the posterior lobe of gastric caeca is about 7:3 while in the European migratory locust, according to

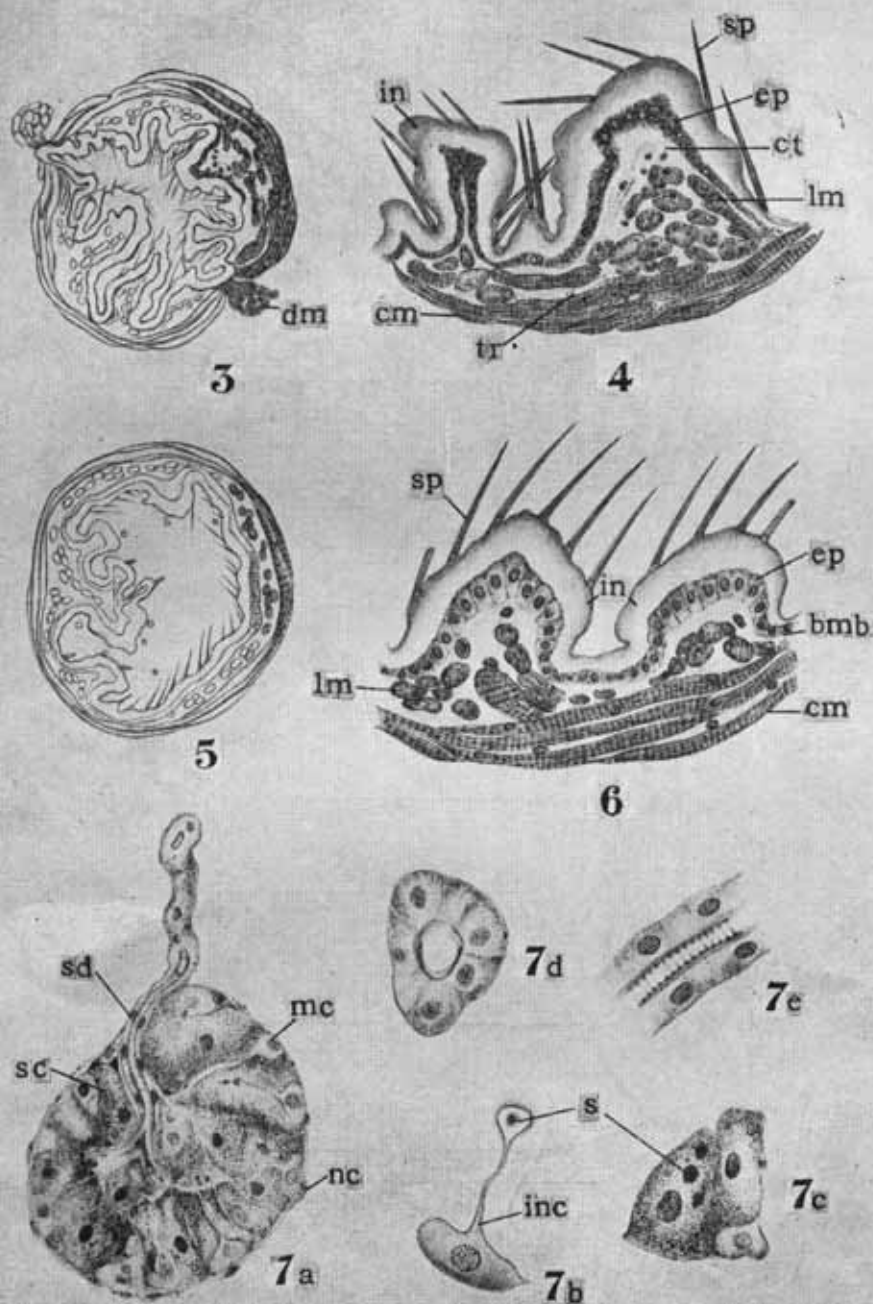
Hodge (1939) is about 3:1. The Malpighian tubules of the Asiatic migratory locust are distributed in 12 groups and each group consists of 16 tubules while those of the European migratory locust, according to Hodge (1939) each gives rise 5 to 10 tubes which almost immediately branch into about five sinuous brown tubules each, and Albrecht (1953) described that there are 25 tubules of each group. The Malpighian tubules of nymphal stage have not been recorded by previous workers. It is found that the Asiatic migratory locust nymphs have also 12 groups, but there are only 6 tubules of each group in the first instar, 8 tubules in the second instar, 14 tubules in the third and fourth instars and 16 tubules in the fifth instar. On the internal surface of the alimentary canal, except the mid-intestine and its accessory parts which are endodermic origin, possesses many chitinous processes. We have found that many long and fine spines are present in the buccal cavity, pharynx and oesophagus, short and blunt teeth are distributed in the crop and proventriculus, spinules occur on the V-shaped ridges and also the ridges of the stomodeal valve, and many very fine spinules, more or less hair-like, are present in groups on the internal surface of the ileum, colon, and rectum proper, but not the rectum pad. The last mentioned processes are almost entirely neglected by many workers; however, Hodge (1939) has mentioned but only the spinules arranged in comb-like groups in the rectum proper of the European migratory locust. The pyloric valve of the Asiatic migratory locust is not as well developed as that of other grasshoppers which were described by previous workers.

On the histological aspect, there are two kinds of cells of the salivary gland, the mucous cell and the serous cell, which were almost neglected or incompletely described by many previous grasshopper workers. On our prepared slides of the rectum pad, there is evidently a considerable large space between the chitinous intima and the epithelium. Tonkov (1923) suspected the presence of this space and he believes that it might be abnormally induced by fixation. For more careful studying, we have dissected fresh materials in physiological saline solution and proved that the space is always present between the chitinous intima and the epithelium of the rectum pad.

This paper deals with also the gross anatomy and histology of different instars of the nymphal stage. The histology of the digestive system of nymphs is more or less similar to that of the adult stage. Naturally, in the course of development, the size, shape and thickness of cells and tissues are continuously growing and more and more approaching the adult condition in later instars. It seems worthwhile to point out that the epithelial cells of the mid-intestine and the gastric caeca are composed of digestive cells and regenerative cells. The digestive cells

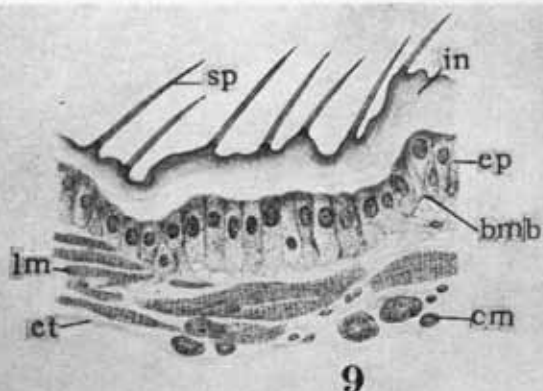
in the adult stage are arranged in cryptic form while it is very flat in first and second instars and begins to form crypt in third instar, eventually becomes similar to that of adult in the fourth and fifth instars. In the adult stage, many longitudinal and transverse ridges are present in the fore- and hind-intestines, however, the ridges of young instars are very small.







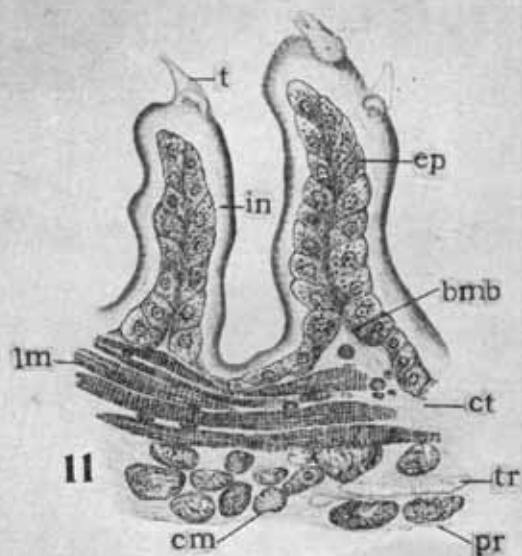
8



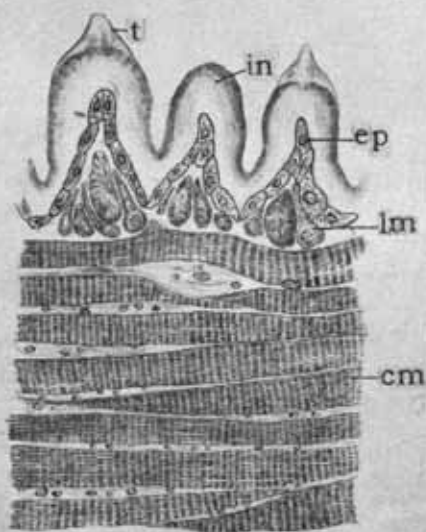
9



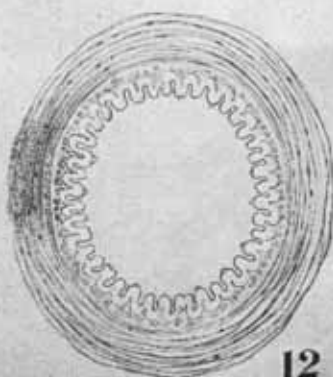
10



11



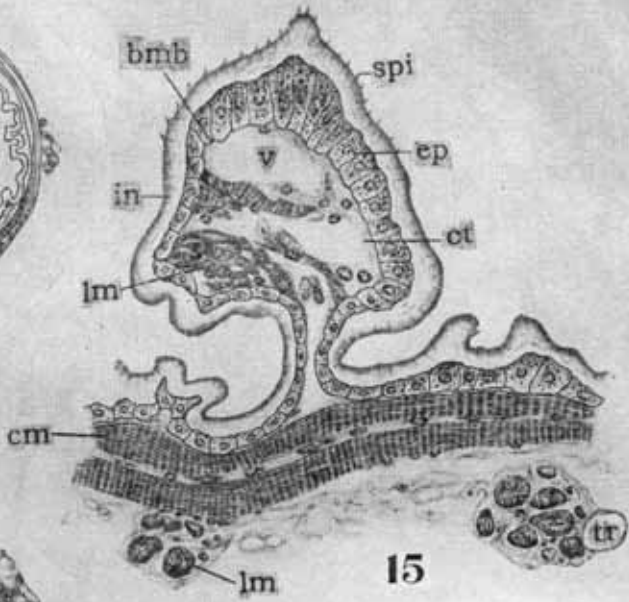
13



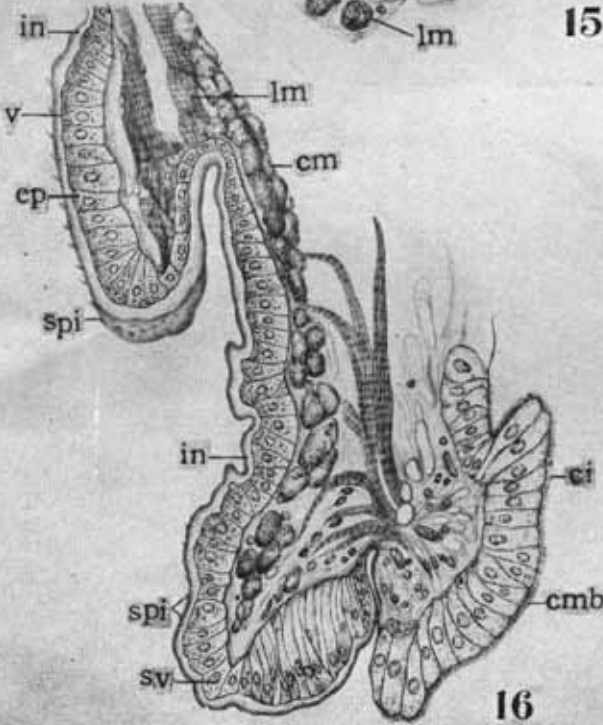
12



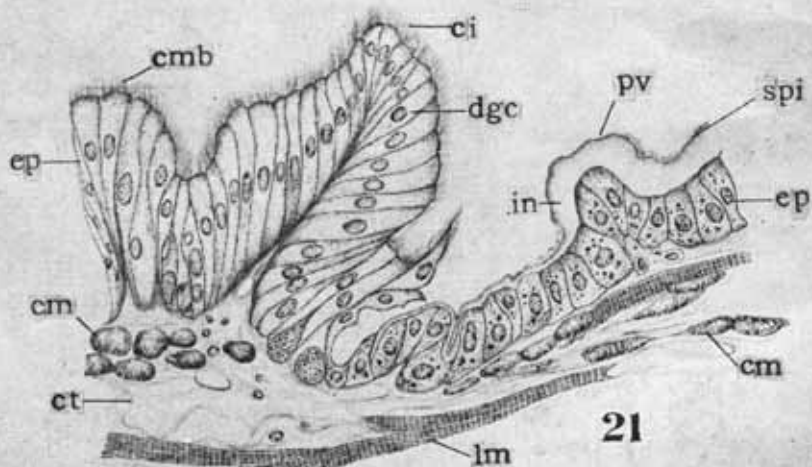
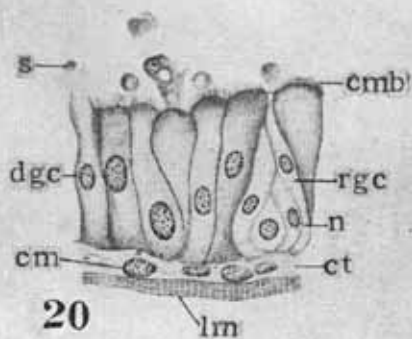
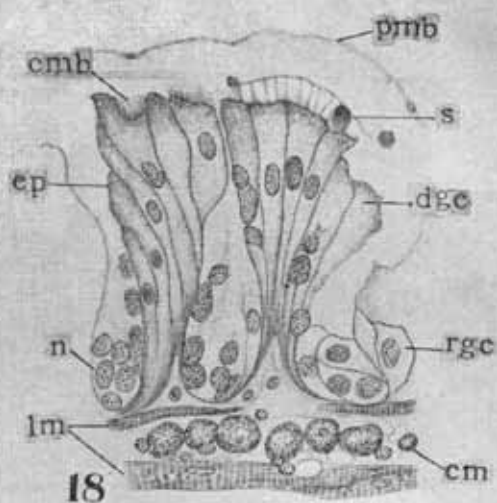
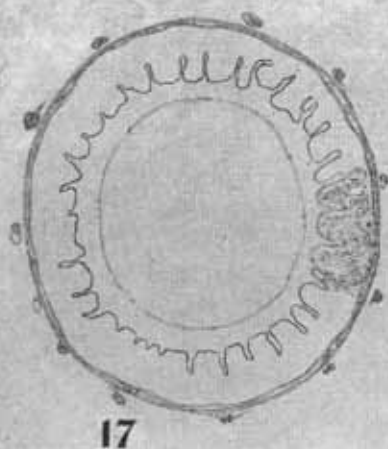
14

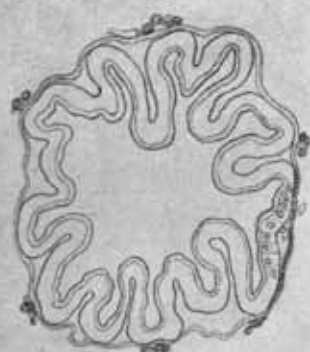


15

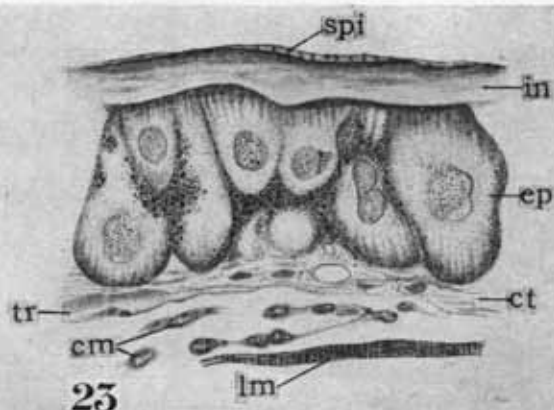


16





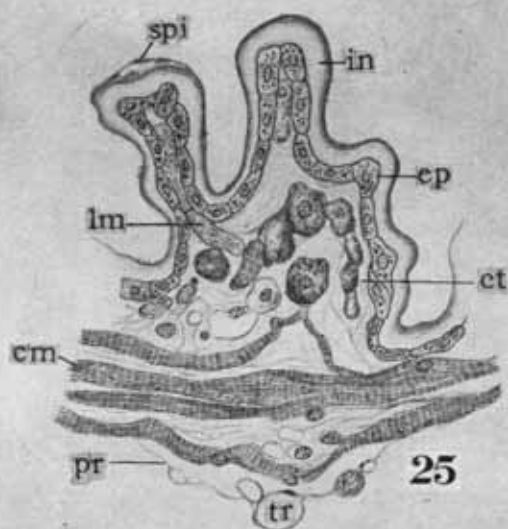
22



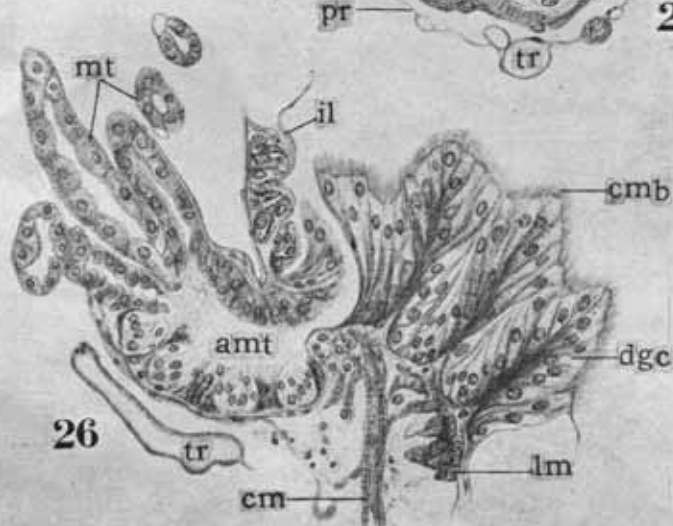
23



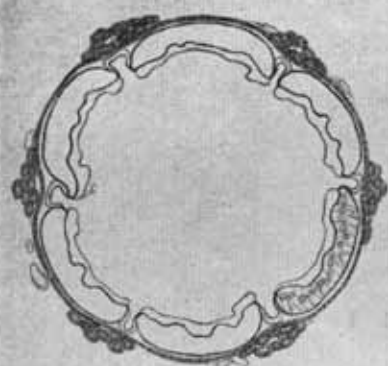
24



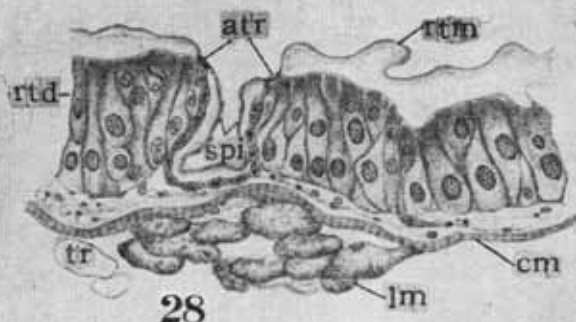
25



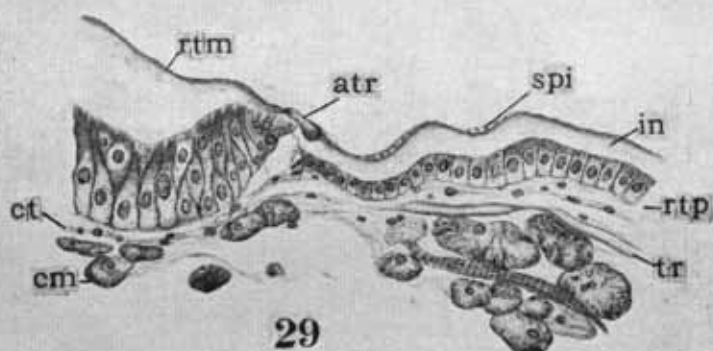
26



27



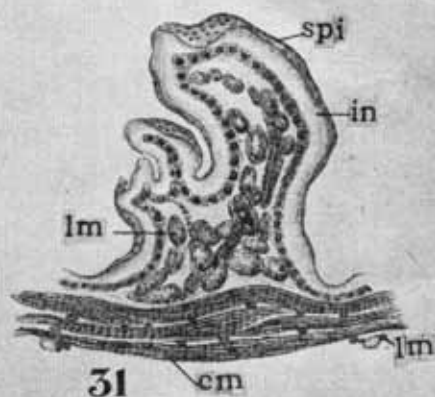
28



29



30



31