

韓國產 플라나리아(*Dugesia japonica* Ichikawa et Kawakatsu)  
消化器官의 微細構造에 關한 研究

장 남 섭 · 김 우 갑\*  
(대전보전전문대학 · 고려대학교 생물학과\*)

A Study on the Ultrastructure of the Digestive Organ (Pharynx, Caeca)  
of Korean Planaria (*Dugesia japonica* Ichikawa et Kwakatsu)

N.S. Chang and W.K. Kim\*  
(Daejeon Medical Junior College · Department of Biology, Korea University\*)  
(1985. 3. 22. 접수)

---

ABSTRACT

The ultrastructure of the digestive organ of Korean Planaria (*Dugesia japonica*) is studied by light microscope and transmission electron microscope.

1. Pharynx

The epithelium surrounding pharyngeal lumen has a number of microvilli on the free surface. The epithelial cells contain PAS-positive granules which are 0.4 to 0.6  $\mu\text{m}$  in size. They also contain hundreds of vesicles and vacuoles. The pharyngeal epithelium of the external surface surrounded by pharyngeal cavity possesses a number of cilia and microvilli on the free surface. A number of muscle bundles are found in the pharyngeal tissue. The parietal epithelium surrounding pharyngeal cavity have microvilli and electron-dense secretory granules.

2. Caeca

The cells which constitute the cecal epithelium are divided into four kinds of cells.

1) Phagocytic cell: These cells are characterized by presence of a number of lysosomes. These cells have highly developed mitochondria, polyribosomes and granular endoplasmic reticulum of which cisternae are distended.

2) Granular club cell: These cells contain round granules 5  $\mu\text{m}$  in diameter which show strong PAS-positivity and weak eosinophilia. The cells have highly developed granular endoplasmic reticulum.

3) Storage cell: These cells include thousands of glycogen granules in the

cytoplasm. These cells also have second kind of round granules which are 1.4 to 3  $\mu\text{m}$  in size and exhibit PAS-positive reaction.

4) Immature storage cell: These cells have a large nucleus and contain a small number of granules which have PAS-positive granules and a few lipid droplets. Several chromatoid bodies are found in the cytoplasm around the nucleus.

## 緒 論

蝸蟲類의 消化에 대하여 처음 자세한 研究를 한 사람은 Metschnikoff(1878)로서 *Acolean convoluta*를 이용, 細胞內消化와 食作用을 관찰하였다.

Metschnikoff(1878)의 연구는 Arnold(1909), Saint(1910), Jacek(1916), Löchner(1916), Willer(1925) 등, Kelley(1931) 그리고 Kozloff(1970)에 의해서도 재확인 되었다.

Jennings(1957, 1959, 1962a, b, 1968a, b), Rosenbaum(1960) 등과 Osborne(1963) 등은 *Tricladia turbellaria*의 組織속에서 消化酵素의 존재를 확인하기 위한 生化學的 方法을 이용한다.

咽頭 및 消化器官의 形態學的 研究로는 Skaer(1961), MacRae(1963) 그리고 Ishii(1963, 1964, 1965)가 있으나 微細構造에만 국한되었을 뿐 組織化學的 方法을 이용한 물질 확인이 이루어지지 않았다.

이에 本研究에서는 分泌物質의 化學的 性分을 확인하였으며, 지금까지 研究된바 없는 貯藏細胞에 대해서도 자세히 관찰되었기에 報告하는 바이다.

## 材料 및 方法

### 1. 實驗材料

大田近郊의 瑞成川, 慶北 金泉(直指寺) 近郊川 그리고 京畿道 光陵川에서 채집하였고 액형을 분석하여 *Dugesia japonica* Ichikawa et Kawakatsu로 확인된 것을 실험체료로 사용하였다.

### 2. 實驗方法

#### 1) 光學顯微鏡的 觀察

해부현미경下에서 蟲體를 頭部 咽頭部 生殖部 및 尾部等 5部分으로 구분하여 切斷하고 切斷된 각부위를 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde에 3時間 고정후 통상방법으로 paraffin을 포매한 다음 rotary microtome을 사용하여 5  $\mu\text{m}$ 의 橫斷切片 縱斷切片을 만들었다. 中性 및 酸性 多糖類의 성분을 확인하기 위하여 periodic acid-Schiff (PAS) 반응 및 alcian blue (pH 2.5)에 각각 단일염색하거나 또는 이중염색 하였다. 好酸性顆粒體를 확인하기 위하여 hematoxyline-eosin (pH 2.5) (이하 H-E Stain이라 칭함) 염색을 하였다. 또한 저장세포에서 顆粒을 확인하기 위해 methylene blue-basic fuchsin 이중염색도 실시하였다. 전자현미경 관찰용으로 포매한 Epon block을 부위별로 semi-thinsection을 작성하여 1% toluidine blue로 단일염색하거나 methylene blue-basic fuchsin으로 이중염색하여 광학현미경으로 관찰하였다.

#### 2) 透查電子顯微鏡 觀察

관찰대상 부위별로 小片의 조직을 직출하여 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde(pho-

sphate buffer, pH 7.3) 용액에 2時間 전고정하고 이어서 phosphate buffer(pH 7.3)로 매회 5分씩 3회 세척을 하였다. 역시 1%  $O_3O_4$ (phosphate buffer, pH 7.3)에 1시간 30분동안 후 고정하고 acetone으로 脫水한다음 Epon포매 하였다. 이어 LKB-V ultramicrotome을 사용하여  $1\ \mu\text{m}$ 두께의 semi-thinsection을 만들고, 이를 toluidine blue로 단일염색한후 광학현미경下에서 정확한 부위를 확인한다음 超薄切片을 만들었다. 超薄切片은 uranyl acetate와 lead nitrate(Renolds, 1963)로 이중염색을 한다음 JEM 100CX-II 전자현미경(80-KV)으로 관찰하였다.

結 果

1. 咽頭部

1) 咽頭內腔上皮(epithelium of pharyngeal lumen)

咽頭部の 內腔上皮는(Diag. 1) 分泌顆粒層, vacuole層 그리고 下降上皮層으로 구분될 수 있었다(Figs. 8, 9, 11). 咽頭內腔의 上皮細胞에는 길이가 약  $0.4\ \mu\text{m}$ 의 미세융모가 밀생되었고 PAS 반응에 강한 양성을 보이는 棒狀形 또는 타원형의 분비과립( $0.3 \times 0.1 \sim 5 \times 0.2\ \mu\text{m}$ )들로 채워져 있었다(Fig. 2). 과립들은 상피의 표면에 수직으로 질서있게 배열되어 있었으며 흔히 內腔에 접해 있는 원형질막과 접촉되어 있었다(Fig. 8). 과립들은 또한 한계막에 둘러싸여 있고(Fig. 10), 그 內部에는 전자밀도가 中等度인 同質性 물질로 채워져 있었다.

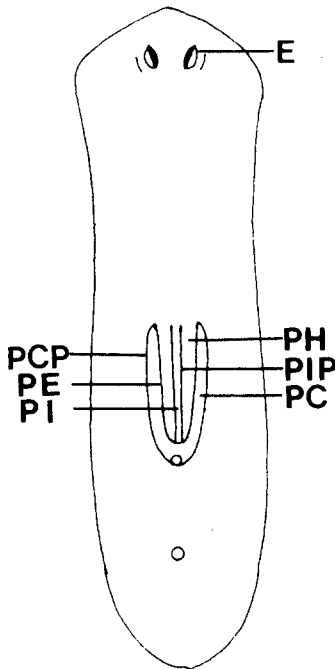


Diagram 1. Schematic drawing of the coronal view of the pharynx of *Dugesia japonica*.

E : Eye, PCP : Parietal epithelium of pharyngeal cavity, PE : Pharyngeal epithelium of pharyngeal cavity, PI : Pharyngeal lumen, PIP : Pharyngeal epithelium of pharyngeal lumen, PC : Pharyngeal cavity, PH : Pharynx.

咽頭內腔上皮세포들 사이에는 약 250Å의 세포간극을 가진 cell junction을 형성하였다.

咽頭上皮細胞에 있는 과립들은 內腔쪽으로 돌출하여 분비되는 것도 관찰되었다(Fig. 8). 분비과립이 모여있는 遊離端部 세포질과 핵사이에는 600~3,000Å의 vacuole들이 모여 있었다. 핵은 난원형이었고 큰 染色質 덩어리들이 핵내에 散在해 있었으며, 咽頭內腔上皮에서는 基底膜이 관찰되지 않았다(Figs. 8, 11).

### 2) 咽頭外腔의 咽頭側上皮(pharyngeal epithelium of pharyngeal cavity)

咽頭外腔 상피세포에는 0.8 μm길이의 섬모와 미세융모가 밀생되어 있었다. 섬모의 micro-tubule의 배열은 9+2型이었다. 外腔의 상피세포에서도 다수의 vesicle들이 출현되었고 다양한 형태와 크기를 가진 mitochondria가 상피의 표면을 향해서 수직으로 놓여있었다. 세포질은 광현적관찰에서 PAS반응에 강한 양성을 보였다(Fig. 3). 咽頭外腔上皮細胞는 약 1.2 μm의 두께이고, 불규칙하게 굴곡져 있는 기저막과 접해 있었고, 그 밑으로 筋層이 잘 발달되어 있었다(Fig. 12).

### 3) 咽頭外腔의 壁側上皮(parietal epithelium of pharyngeal cavity)

壁側上皮는(Diag. 1) 불규칙한 모양의 상피세포로 이루어져 있으며, 그 표면에는 약 0.5 μm길이의 미세융모가 나있었다. 세포질에는 PAS반응에 강한 양성을 나타내는(Fig. 3) 棒狀比 또는 타원형의 분비과립(0.12×0.09~1×0.4 μm)들이 內腔과 접한 세포질에 모여 있었다. 限界膜으로 싸인 분비과립들의 기질에서 중심부는 전자밀도가 中等度였지만 주변부는 전자밀도가 높게 관찰되었다. 과립들 주위에는 작은 vesicle들도 존재하였다(Figs. 13, 14). 세포질에는 많은 분비과립 이외에도 타원형의 mitochondria 및 Golgi體도 발달되어 있었다. 體壁側上皮中에는 과립이 없고 mitochondria, vesicle 및 遊離 ribosome등이 대체로 잘 발달된 세포도 있었다. 이같은 상피세포의 핵은 불규칙한 형태이었고 소수의 큰 染色質이 핵질내에 분산되어 있었다(Fig. 13).

## 2. 腸

腸細胞는 食細胞 및 顆粒狀棍棒體細胞(granular club cell) 그리고 이 세포들 주위에서 관찰되는 貯藏細胞 및 幼若貯藏細胞(immature storage cell)로 구성되었다.

### 1) 食細胞

食細胞의 세포질은 PAS-alcian blue(pH 2.5)에서 강한 양성반응을 보였으며(Fig. 4) 腸腔內로 그 표면을 노출시키고 있었다. 세포는 모양을 자주 변화시켰으며, 腸에서 단독으로 遊離되기도 하였다(Fig. 17). 세포는 이웃세포와 접하는 곳에서 약 300 Å 간극을 가진 cell junction을 형성하였다(Fig. 15). 세포질에서는 遊離 ribosome과 다량의 glycogen이 모여서 glycogen rosette를 이루고 있었다. 약 0.8×0.3 μm의 mitochondria도 腸腔과 접해있는 세포질 부위에 특히 발달되어 있었고 많은 vesicle들도 관찰되었다(Figs. 15, 16). 직경이 0.2~0.5 μm인 primary lysosome과 약 2 μm의 secondary lysosome이 外形質에多數 존재하였다(Fig. 15). Telolysosome은 전자밀도가 높은 섬유상구조물을 포함하기도 하였으며 그 옆에는 포식한 동물의 근육과 같은 물질을 포함하고 있는 food vacuole도 관찰되었다(Fig. 17).

### 2) 顆粒狀棍棒體細胞

세포는 PAS반응에 양성을 보이며, H-E염색에서 약한 eosinophilia도 나타내는 4~5 μm의 棍棒狀 과립을 포함하고 있었다(Figs. 4, 5).

과립들은 전자밀도가 높았고 균질성인 물질로 채워져 있었다. 불규칙한 형태의 세포들은

食細胞와 흔히 인접되어 있었으나 전자밀도가 食細胞보다 높았다(Figs. 4, 12). 세포의 尖端部는 약간 가늘어지면서 腸腔에 돌출되어 있었다. 세포질에는 mitochondria와 조면소포체가 발달되었고 遊離 ribosome도 풍부하였다. 조면소포체의 cisternae에는 때로 中等度인 물질로 채워져 있었다.

### 3) 貯藏細胞

이 세포는 大形의 세포로서 柔組織에서 腸上皮細胞들을 둘러싸고 있었다. 이 세포가 含有하는 과립은 염색성이 다양하였다. PAS-alcian blue(pH 2.5) 반응에서는 4종류의 과립들이 확인되었다. 이 염색반응에 강한 양성반응을 나타내는 약  $1.4\ \mu\text{m}$ 의 球形의 과립, 약한 반응을 나타내는 약  $3\ \mu\text{m}$ 의 과립, 음성반응을 나타내는 약  $6\sim 12\ \mu\text{m}$ 의 球形의 과립 그리고 약  $0.2\ \mu\text{m}$ 의 암흑색 과립 등 4종류가 확인되었다(Fig. 6). Methylene blue-basic fuchsin 반응에서는 PAS반응에 강한 양성을 보였던 과립은 黑靑色으로 濃染이 되었고, 약한 반응을 보였던 과립은 靑色으로, PAS반응에 음성을 나타내었던 과립들은 녹색으로, 그리고 暗黑色 과립은 黑色으로 各各 염색되었다. (Fig. 1). Alcian blue(pH 2.5) 반응에서는 PAS반응에서 강한 양성을 보였던 과립들은 弱黃色으로, 음성반응을 보였던 과립들은 겹겹이 염색되었다(Fig. 7). 이같은 음성반응을 보인 과립들은 세포질과의 사이에서 空白현상을 보였다. 이 세포들은 腸上皮細胞의 주위에 밀집되어 나타났는데, 핵은 세포질에 비하여 작았고 핵질은 전자밀도가 낮았으며 染色質은 핵질에 비교적 균일하게 분포되어 있거나 핵막 주위에 모여 있었다(Fig. 19). PAS-alcian blue에 강하게 염색된 과립들은 전자밀도가 높았고 약하게 염색된 과립들은 전자밀도가 中等度였으며, 暗黑色으로 염색된 과립들은 전자밀도가 매우 낮았다(Figs. 20, 21). 한편 전자밀도가 中等度인 과립들은 내부에 흰색반점을 가지고 있었고, 전자밀도가 높은 과립에서는 同心圓狀으로 배열된 흰색 줄무늬들이 관찰되었다. 전자밀도가 높은 과립에서는 또한 限界膜을 관찰할 수 있었고 전자밀도가 없는 투명한 공간으로 둘러싸인 것이 많았다(Fig. 21). 세포질에는 약  $400\ \text{\AA}$ 의 glycogen과립들도 존재하였으며 mitochondria와 조면소포체들도 관찰되었다.

### 4) 幼若貯藏細胞

이 세포는 貯藏細胞들 사이에서 관찰되었으며 세포질에 비하여 핵이 컸고 많은 染色質이 핵질에 균일하게 분산되어 있었다(Fig. 22). 세포질에는 핵막주위에 약  $0.2\ \mu\text{m}$ 의 chroma-toid body가 많이 관찰되었다. 세포질에는 遊離 ribosome이 풍부하였고 원형질막 주변에서 조면소포체가 층상으로 발달되어 있었고, Golgi體와 cristae가 발달되지 않은 mitochondria도 관찰되었다(Fig. 23).

## 考 察

### 1. 咽頭部

咽頭內腔 上皮細胞는 遊離面(free apical part)의 세포질에 반투명한 많은 棒狀形의 분비과립( $0.25\sim 0.6\ \mu\text{m}$ )들이 원형질막과 접촉되어 咽頭腔으로 분비되었는데(Figs. 8, 10), 이것은 *Bdellocephala brunna*(Ishii, 1963, 1964)에서 발표된 결과와 같았다. 분비과립들은 PAS 반응에 강한 양성을 나타내는 과립층(Fig. 2) 아래에는 많은 液胞들이 있었으며, 細胞間에는 특별한 連接裝置가 관찰되지 않았다(Figs. 8, 9, 10).

咽頭部外腔壁의 상피세포의 미세구조에 대해서는 지금까지 별로 보고된바 없다. 이세포에서 관찰된 크기  $0.9 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 인 棒狀形顆粒( $0.4 \sim 0.9 \mu\text{m}$ )들은 PAS반응에 양성을 나타내었다(Fig. 2).

본실험에 사용된 한국산 플라나리아의 咽頭上皮에서 많은 vesicle들이 관찰되었는데 *Polycelis tigrina*(Skaer, 1961)의 咽頭上皮에서도 pinocytotic vesicle을 닮은 vesicle들이 보고되었다.

본실험의 咽頭腔을 둘러싸는 상피세포 밑에서는 基底膜을 관찰할 수 없었다(Figs. 8, 9, 11). Planaria의 咽頭內腔에서 基底膜을 관찰할수 없었음은 Ischii(1964)가 언급한대로 분비과립이 방해로 받지 않고 세포표면과 접촉한다는 사실과 연계된다고 추정된다. Hyman(1951)도 planaria의 咽頭內腔上皮에 基底膜이 없으므로 咽頭에서 먹이가 柔組織內로 용이하게 운반되고 분비물의 처리로 효과적으로 일어날 것이라고 주장하였다.

## 2. 腸

### 1) 食細胞

Metschikoff(1878)는 *Acoelan convoluta*의 세포내소화와 食작용을 관찰하였고, Anorld(1909), Saint(1910) 및 Levitzow(1943) 등도 세포내소화가 腸上皮를 구성하는 食細胞內的 食胞에서 일어난다고 보고하였으며 그후 *Stenostomum*(Westblad, 1922)에서도 같은 현상이 관찰되었다.

본실험에서는 腸上皮的 食細胞에 의한 endocytosis현상이 활발하게 일어나는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 17). 食細胞의 세포질 내에는 다수의 phagosome, primary lysosome, residual body 및 vesicle들이 관찰되었다 (Figs. 15, 16, 17).

### 2) 顆粒狀棍棒體細胞

Kennel(1879), Hallez(1879), Lang(1881), Anold(1909)등은 顆粒狀棍棒體細胞을 소화효소의 전구물질을 함유하는 腺細胞 일 것이라고 하였으며, 한편 Willier(1925)등은 이 세포가 단백질 저장세포 일 것이라고 보고 하였다.

Ishii(1965)는 planaria의 管腔內에는 소화의 징조가 뚜렷하게 나타나지 않았으며, 顆粒狀棍棒體細胞는 腸에서 소화가 일어나는 동안이나, 혹은 饑餓상태에서도 어떠한 변화를 일으키지 않았다고 하였다. 그러나 본실험에서는 顆粒狀棍棒體細胞의 뚜렷한 기능을 확인할 수 없었으며, 이것에 관한 연구는 앞으로 계속 규명되어야 할 것으로 사료된다.

### 3) 貯臟細胞

貯臟細胞는 단층 내지 다층으로 배열되어 있었고(Figs. 1, 6, 7), 세포질에는 PAS반응에 강한 양성을 나타내는 과립( $1.4 \mu\text{m}$ ), PAS반응에 약한 양성을 보이는 과립( $3 \mu\text{m}$ ) 그리고 methylene blue에 녹색으로 염색되는 大型顆粒( $6 \mu\text{m}$ )등이 함유되어 있었다(Figs. 1, 6, 7). PAS 반응에 강하고 약하게 반응하는 과립들은 전자밀도가 높았고 이 과립내부에는 전자밀도가 없는 白色반점과 줄무늬가 관찰되었다. 약  $6 \mu\text{m}$  크기의 大型顆粒은 脂肪顆粒으로 확인되었다(Figs. 18, 20, 21).

### 4) 幼若貯臟細胞

貯臟細胞 사이에서 가끔 관찰되었는데(Fig. 1), 세포질에는 과립들이 전혀없거나 소수만이 존재하였다(Fig. 22). 이 세포의 핵막주위의 세포질에서는 遊離柔組織細胞에서만 관찰될 수 있었던 chromatoid body가 다수 관찰되었다. 脂肪顆粒, PAS반응에 강한 양성을 보

있던 中性多糖類, glycogen과립을 함유하는 등으로 미루워 이 세포가 幼若貯藏細胞(immature storage cell)임이 확실하였다(Fig. 23).

## 摘 要

실험에 사용한 플라나리아는 *Dugesia japonia* Ichikawa et Kawakatsu로서 核型分析에 의하여 種을 확인하였다. 이 種의 咽頭 및 腸을 구성하는 세포들의 세포화학적 및 미세구조적 특징을 밝히고자 본 실험을 行하였다.

세포화학적 방법으로는 hematoxylin-eosin, periodic acid-Schiff(PAS) 反應, alcian blue(pH 2.5), PAS-alcian blue 反應 그리고 methylene blue—basic fuchsin 등으로 염색을 시행하고, 光學顯微鏡으로 관찰하였으며 또한 各部位의 微細構造를 透查電子顯微鏡으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

### 1. 咽頭(pharynx)

內腔上皮는 遊離面에 미세융모를 가지고 있었다. 세포질에는 PAS반응에 양성을 나타내는 약  $0.4 \times 0.6 \mu\text{m}$ 의 과립들이 있고, 小胞 및 液胞가 분화되어 있었다. 핵은 基底部 쪽으로 치우쳐져 있고 基底膜은 관찰되지 않았다. 咽頭外腔의 咽頭 측상피에서는 섬모와 미세융모가 발달되어 있었고 上皮內側에는 근육층이 발달되어 있었다. 咽頭外腔을 둘러싸는 壁側上皮細胞에서는 미세융모가 관찰되었고 세포질에는 전자밀도가 높은 과립들이 포함되어 있었다.

### 2. 腸(caeca)

腸上皮細胞는 食細胞와 顆粒性棍棒體細胞 그리고 이 세포들을 둘러싸고 있는 貯藏細胞와 幼若貯藏細胞로 구성되어 있었다.

#### 1) 食細胞(phagocytic cell)

세포질에는 비교적 많은 lysosome을 포함하고 있었으며 無顆粒性小胞體와 mitochondria 등의 細胞小器官도 잘 발달되어 있었다. 특히 無顆粒性小胞體의 cisternae는 대부분 팽윤되어 있었고 polyribosome도 풍부하게 관찰되었다.

#### 2) 顆粒性棍棒體細胞(granular club cell)

세포질에는 PAS반응에 강한 양성을 보이고 또 약한 eosinophilia도 나타내는 약  $5 \mu\text{m}$ 의 球形의 과립들을 포함하고 있었다. 특히 顆粒性小胞體가 잘 발달되어 있었다.

#### 3) 貯藏細胞(storage cell)

세포질내에는 glycogen 과립들과 PAS에 각기 다른 정도의 양성반응을 보이는 다수의 中性多糖性 과립과 脂肪顆粒들이 포함되어 있었다.

#### 4) 幼若貯藏細胞(immature storage cell)

세포질에는 PAS반응에 양성을 보이는 소수의 작은과립과 脂肪顆粒이 내포되어 있으며 세포질에 비하여 핵은 매우 컸다. 핵막 주위의 세포질에서는 chromatoid body들이 관찰되었다.

## REFERENCES

Anorld, G., 1909. Intracellular and general digestive processes in planariae. *Quart. J. Micro. Sci.*,

54:207-220.

- Hallez, P., 1879. Contributions a l'histoire naturelle des Turbellaries, Travaux de l' Institut Zoologique de Lille, Fase. II. (cited from willier etual.)
- Hyman, L.H., 1951. The invertebrates. II. Platyhelminthes and Rhynehecoela, The *Acoelomate Bilateria*. New York:McGrawHill, 550pp.
- Ishii, S., 1963. Electron microscopic observations on the planarian tissue I. A survey of the pharynx. *Fukushima J. Med. Sci.* Vol. 10, 51-73.
- Ishii, S., 1964. The ultrastructure of the outer epithelium of the planarian pharynx. *Fukushima, J. Med. Sci.* Vol. 11, Nos. 1-4.
- Ishii S., 1965. Electron microscopic observations on the planarian tissue II. The intestine. *Fukushima, J. Med. Sci.* Vol. 12, Nos. 1-2.
- Jacek, S., 1917. Untersuchungen über den stoffwechsel bei rhabdocoelen turbellarien (Stenostomum). *Bull. Int. Acad. Sci. Cracovie*, 8(B): 241-261.
- Jennigs, J.B. 1957. Studies on feeding. Digestion and food storage in free living flatworms. *Biol. Bull.*, 112:63-80.
- Jennigs, J.B. 1959. Observation on the nutrition of the land planarian *Orthodemus terrestris* (O.F. Müller). *Biol. Bull.*, 117:119-124.
- Jennigs, J.B. 1962a. Further studies on feeding and digestion in Triclad turbellaria. *Biol. Bull.*, 123: 571-581.
- Jennigs, J.B. 1962b. A histochemical study of digestion and digestive enzyme in the Rhynchocoelan *Lineus ruber* (O.F. Müller). *Biol. Bull.*, 122:63-72.
- Jennigs, J.B. 1968a. Feeding, digestion and food storage in two species of Temnocephalid flatworms (Turbellaria: Rhabdocoela). *J. Zool. London.* 156:1-8.
- Jennigs, J.B. 1968b. "Platyhelminthes: Nutrition and digestion." In M. Florkin and B.T. Scheer (eds.), *Chemical zoology*, Vol 2. pp.303-326. New York: Academic Press. 639pp.
- Kelley, E.G. 1931. The intracellular digestion of thymus nucleoprotein in Triclad flatworms. *Physiol. Zool.*, 4:515-542.
- Kennel, J., 1879. Die in deutschland gefundenen land planarien *Rhychodesmus terrestris* O.F.Müller und *Geodesmus bilineatus* Mecznikoff. *Arb. Zool. Zoot. Inst. Zu Würzburg*, 5, 120. (cited from willier et al.) Kozloff, E.N. 1970. Selection of food, feeding and digestion in an Acoel Turbellarian. *Am. Zool.*, 10:553.
- Lang, A., 1881 Der bau von gunda segmentata und die verwandtschaft der Plathelminthen mit Cölateraten und Hirudineen, *Mith, Zool. Stat. Neapel* 3, 187-252.
- Levitzow, K.G., 1943. Zur biologie und vedauangs physiologie der polycladen Turbellarien. *Zool. Anz.*, 141:189-196.
- Löhner, L. 1916. Zur kenntnes der Blutverdauung bei wirbellosen. *Zool. Jahrb. Abt. Allgem. Zool.*, 36:1-10.
- MacRae, E.K., 1963. Observations on the fine structure of pharyngeal muscle in the planarian *Dugesia tigrina*. *J. Cell Biol.*, 18:651-662.
- Metschnikoff, E., 1878. Über die verdaungsorgane eineger Susswasser turbellarien. *Zool. Anz.*, 1:387-390.
- Osborne, P.J., and A.T. Miller. 1963. Acid and alkaline phosphatase changes associated with feed-



- ing. Stavation and regeneration in planarians. *Biol. Bull.*, **124**:285-292.
- Renolds, E.S. 1963. The use of lead citrate at high pH as an electron opaque stain in electron-microscopy. *J. Cell Biol.* **17**:208-212.
- Rosenbaum, R.M. and C. I. Rolon, 1960. Intracellular digestion and hydrolytic enzyme in the phagocytes of planarians. *Biol. Bull.*, **118**:315-323.
- Saint-Hilaire, C., 1910. Beobachtungen über die intracelluläre verdaung in den darmzellen der planarian. *Zeitschr. Allg. Physiol.*, **11**:177-248.
- Skaer, R.J., 1961. Some aspects of the cytology of *Polycelis nigra*. *Quar. J. Micros. Sci.*, **102**:295-315.
- Westerman, R.A., 1963. Somatic inheritance of habituation of responses to light in planarians. *Science*, **140**:676-677.
- Willier, B.H., L.H. Hyman, and S.A. Rifenburgh. 1925. A histochemical study of intracellular digestion in Triclad Flatworms. *J. Morphol.*, **40**:299-340.

#### ABBREVIATION

- Fig. 1.** Cross-section through gastrodermis. The storage cells and immature storage cells are found. Methylene blue-basic fuchsin stain. (x1000)
- |                        |                                  |
|------------------------|----------------------------------|
| BG: Basophilic granule | M: Mitochondria                  |
| BM: Basement membrane  | MU: Muscle                       |
| FV: Food vacuole       | MV: Microvilli                   |
| G: Golgi complex       | N: Nucleus                       |
| L: Lipid               | RER: Rough endoplasmic reticulum |
| LY: Lysosome           | V: Vesicle                       |
- Fig. 2.** Cross-sectioned pharynx of planaria. The muscle bundles in the middle and inner pharyngeal lumen in the lower part are found. PAS stain. (x1000)
- Fig. 3.** The pharyngeal cavity are surrounded by parietal epithelium in the upper part. PAS stain. (x1000)
- Fig. 4.** Section through the gastrodermis. The granular club cells (orange color) contain many large granules. The phagocytic cells are located neighboring to granular club cell. PAS-alcian blue stain. (x1000)
- Fig. 5.** Cross section through granular club cell in the central part. They have many round granules. H-E stain. (x1000)
- Fig. 6.** Light micrograph of storage cells containing glycogen granules and lipid droplets. PAS-stain. (x1000)
- Fig. 7.** The storage cells stained with methylene blue and basic fuchsin. (x1000)
- Fig. 8.** Pharyngeal epithelium surrounding inner pharyngeal lumen. The moderately electron-dense secretory granules are neighboring to pharyngeal lumen. The arrow indicates secreting granule. (x24000)
- Fig. 9.** Lower magnification of epithelium of pharyngeal lumen. (x9860)
- Fig. 10.** Higher magnification of moderately electron-dense granule of epithelial cells of pharyngeal lumen. (x85000)

- Fig. 11.** An epithelial cell of pharyngeal lumen containing a number of vacuoles. (x25500)
- Fig. 12.** Tangential section through pharyngeal epithelium of pharyngeal cavity. Under the pharyngeal epithelium, the basement membrane are found. (x9860)
- Fig. 13.** Electron micrograph of parietal epithelial cells of pharyngeal cavity. The electron-dense granules are found in this epithelium. (x11560)
- Fig. 14.** Higher magnification of electron-dense granules included in the cytoplasm of parietal epithelium. (x34000)
- Fig. 15.** Section through phagocytic cell in caeca. This cell includes lysosomes. (x13920)
- Fig. 16.** Higher magnification of cytoplasmic profile from phagocytic cell including lysosome structure. (x36000)
- Fig. 17.** Electron micrograph of a large food vacuole and lysosome in the lower part. (x18360)
- Fig. 18.** The granular club cell of caeca is found in the right lower corner. This cell includes large round granules. (x10260)
- Fig. 19.** Section through caeca containing storage cells which have various kind of granules and lipid droplets. (x6800)
- Fig. 20.** Electron micrograph of cytoplasmic profile of storage cell including PAS-positive granules and lipid droplets. (x4800)
- Fig. 21.** Electron micrograph of cytoplasmic portion possessing lipid droplets and other granules. (x6800)
- Fig. 22.** Immature storage cell containing a few of electron-dense granule and lipid droplets. (x6800)
- Fig. 23.** Higher magnification of immature storage cell. The chromatoid bodies are found around the nucleus. (x24000)

