

## 幼若蠶몬에 관한 研究

### I. 類似 合成幼若蠶몬 “R-20458”에 대한 增絲效果

馬永一 · 李相豐 · 洪起源 · 孫基旭

農村振興廳 蠶業試驗場

#### Effect of Juvenile Hormone Analogs on Silkworm, *Bombyx mori* L.

##### I. Effect of Juvenile Hormone Analog “R-20458” on Increase of Silk Productivity by Topical Application.

Young Il Mah · Sang Poong Lee · Ki Won Hong · Ki Uk Sohn.

Sericultural Experiment Station, Office of Rural Development

#### Summary

Research on the hormones of insect has followed by the special opportunities and problems arising from pollution. Since then, the main frame of it has been energetically exploited by ligation, decapitation and so on.

In the meanwhile, knowledge of the biochemistry of hormone action as well as other aspects of biochemistry in insects has been gradually disclosed. Since 1966, practical use of active analogs of the hormones has been also worked out as an insecticide and brought the features of it to the light. On the other hand, it is expected to afford the increase of silk productivity resulted from control of the fifth larval period by delaying normal development.

With these regards, some of analogs have been tried to apply practically to the silkworm. One of them is “Manta” produced by Zoecon Chemical Company and it is presently used for the increase of silk productivity in Japan. Another one is “R-20458, not registered one, issued by Stauffer Chemical Company. It is still pending for the silkworm growth regulator.

For the possibility of practical use, two chemicals are tested on the increase of silk productivity by topical application and the obtained results are summarized as follows.

1. It is evident that the fifth larval period was extended by topical application of the tested chemicals “Manta” and “R-20458” at the fifth instar after 51 hours of the last ecdysis, ranging from 12 hours to one day, as compared to the control.
2. In survival rates, there is no significance at 5% level between control and treatments. It proved that there was no toxicity to silkworm by topical application.
3. There is an increase of cocoon yield in both chemical treatments. It was resulted from increase of weight of single cocoon. “Manta” 2.5ppm produced 22.2kg of cocoon. It is equal to 9% increase in index, as compared to that of control. In case of R-20458, the increasing rates were varied at the different concentration; 21.4kg of cocoon production with 5% increase at 5ppm, 20.9kg of it with 2% increase at 2.5ppm and 20.6kg of it with 1% increase at 1.25ppm in index, respectively, as compared with that of control.

4. Percentage of cocoon shell was increased by topical application. In case of "Manta" 2.5ppm, it is 25.6% which is equal to 6% increase in index, as compared with that of control. For "R-20458", the increasing rates of percentage of cocoon shell were varied with the different level of chemical concentration. They are 25.0% of 4% increase at 2.5ppm, 24.9% of 3% increase at 1.25ppm and 24.7% of 3% increase at 5ppm.
- 15% increase was attained at "Manta" 2.5ppm in the weight of cocoon layer based on cocoon yield and percentage of cocoon shell in index, as compared with that of control. The rates for "R-20458" are 5% increase at 2.5ppm and 4% increase at 1.25ppm in index.

## I. 序 言

昆蟲은 微細한 器官과 閉鎖血管 등으로 되어있고 또한 어떤 特異한 免疫機構도 없어 昆蟲홀몬에 對한 研究는 主로 結紮, 移植 및 摘出 等의 方法에 依해 이루어졌다.

福田 및 Williams에 依해 幼若홀몬에 對한 研究와 Butenant의 脫皮홀몬의 分離精製를 계기로 그 機能과 化學構造가 밝혀지면서 合成홀몬의 實用化가 急進展되었다. 即, 2次大戰後 合成農藥의 殘留毒性으로 因한 環境汚染等을 防止함과 同時에 害蟲의 發育機能을 抑制하여 殺蟲劑로써의 利用과 蠶絲業에 있어서는 누에 5齡期의 食桑期間을 延長시켜 增絲效果를 높이는 增絲劑로써의 開發하여 實用化하게 되었다.

現在 美國의 Zocon社에서는 合成幼若홀몬 "Manta" 製造에 成功하여 日本에서는 이미 누에의 增絲劑로서 市販되고있으며 한편 Stautter社에서는 "R-20458"을 開發하여 實用化할 段階에 있어 이들에 對한 增絲效果가 期待되고 있다.

## II. 研究史

昆蟲 홀몬에 對한 研究는 1934年 Weigglesworth<sup>14)</sup>에 依해 *Rhodnius prolixus*의 脫皮에 對한 試驗을 嚙矢로 1936년에는 Bounhiol<sup>15)</sup>가 누에 *Allata*體를 摘出하여 幼蟲脫皮와 變態는 홀몬의 支配를 받는다고 하였다. 1944년에는 처음으로 Fukuda<sup>4)</sup>에 依해 *Allata*體가 幼若홀몬 分泌器官이라고 結論지었다.

Wigglesworth<sup>16)</sup> (1963)는 *Rhodnius prolixus*의 20日間의 5齡期間中 5齡 12日째까지 幼若홀몬을 處理하여야만 幼蟲期間을 延張시킬 수 있다고 하였고 가장 效果가 높은 時期는 5齡 8日째였다고 하였다. Sehna<sup>12)</sup> (1968) 등은 *Galleria mellonella*의 終齡 幼蟲期間中 3-6日 사이에만 幼若홀몬 效果가 認定된다고 하며 成蟲原基는 皮膚보다 빠른 時期에 幼若홀몬의 作用으로 分化가 決定되므로 分泌時期에 따른 幼蟲期間의 延長 效果가 달라지며 內部器官도 幼蟲期의 形態를 持續하

게 되어 肥大 成長하게 된다고 하였다.

한편 Williams<sup>18)</sup> (1956)는 *Hyalophora Cecropia*蠶을 結札한 實驗에서 번데기形態를 갖는 나방이가 出現하고 또 숫 나방이에 比較的 幼若홀몬이 多量으로 있는 것을 發見하고 이 物質이 ether에 抽出되고 熱에 安定한 物質임을 報告하였다.

또한 幼若홀몬의 處理濃도에 따라 變態를 抑制하는 程度가 다르고 ecdyson 存在下에 幼若홀몬이 少量씩 分泌되어야 正常的인 發育이 이루어진다고 하였다.

Joly<sup>6)</sup> (1968)는 少量의 홀몬이라도 表皮 處理하면 上皮細胞에 直接 作用하여 幼蟲形態를 維持케 되며 表皮細胞의 着色 및 變態에 影響을 준다고 하였다.

이와같이 幼若홀몬의 生理生態學的인 研究가 進行되는 同時에 한편으로는 이에 對한 化學物理的인 性質이 追究되었다. 처음에는 幼若홀몬의 活性物質의 有效成分은 Farnesol aldehyde 混合物이라고 밝혀졌다. 그러나 最近에 幼若홀몬의 化學構造 및 活性에 對해서 活發하여졌다.

Bowers<sup>2)</sup> (1965)는 幼若홀몬은 Farnesol의 立體異性體로써 trans, trans 構造를 갖고있는 것이 活性이 높다고 하였다.

Röller<sup>11)</sup> (1968) 등은 *Cecropia*蠶에서 活性이 높은 物質을 抽出하여 trans, trans, Cis form을 갖는 C<sub>18</sub>의 化合物이라 하였고 Meyer<sup>9)</sup> (1968) 등은 C<sub>17</sub>의 化合物을 얻어 C<sub>18</sub> *Cecropia Juvenile Hormone* (JH I) 및 C<sub>17</sub> *Cecropia Juvenile Hoomone* (JH II)라 命名하게 되었다.

이와같이 幼若홀몬의 機能과 構造가 밝혀지면서 合成幼若홀몬의 開發이 可能해졌다. 한편 從來 農藥의 殘留毒性 및 公害防止를 爲해 合成幼若홀몬을 殺蟲劑로써 利用하려고 試圖되어 實用化하기에 이르렀고 그 後 누에에는 增絲劑로까지 開發하였다. 現在 美國의 Zocon社에서는 "Manta"라는 合成幼若홀몬을 開發하여 日本에서는 이미 實用化된바 있다. 한편 美國의 Stauffer社에서도 殺蟲劑로써 開發한 "R-20458"을 누에에 擴大 利用할 수 있는가를 檢討하고자 이 두藥劑

를 比較試驗한 바 그 結果를 報告한다.

### III. 材料 및 方法

#### 1. 供試材料

가. (1) 供試蠶品種 : 蠶117×蠶118

(2) 飼育時期 : '78 秋期

(3) 試驗區 配置 : 完全任意 3反復

#### 나. 供試藥劑

(1) Manta (Methoprene Zoecon社)

Isopropyl (2E, 4E) 11-methoxy-3, 7, 11-Trimethyl-2, 4-dodecadienoate (C<sub>10</sub>H<sub>24</sub>O<sub>3</sub>, 310. 48)

(2) R-20458 (Stauffer社)

1-(4-Ethylphenoxy)-3, 7-dimethyl-6, 7-epoxy-oct-2-ene, mixed E&Z isomers (C<sub>18</sub>H<sub>26</sub>O<sub>2</sub>, 274)

#### 2. 處理內容

| 藥劑名     | 處理濃度         | 處理方法 | 處理時期           | 供試頭數   |
|---------|--------------|------|----------------|--------|
| Control | 無處理          | 經皮處理 | 5齡飼食後<br>51時間제 | 區當100頭 |
|         | Manta 2.5ppm |      |                |        |
| R-20458 | 1.25ppm      |      |                |        |
|         | 2.5 ppm      |      |                |        |
|         | 5 ppm        |      |                |        |

### IV. 實驗結果 및 考察

本試驗에 供試한 “Manta”와 “R-20458”은 모두 afresnel 關連化合物으로써 二重結合이 trans, trans, cis form을 갖고있다. 그러나 “Manta”는 幼若홀몬이 一般的으로 갖고있는 epoxy基를 methoxy基로 置換하였고 ester 部分은 Isopropyl ester로 바꾸어 生體內에서의 分解를 抑制함과 同時에 自然 日光下에서도 安定한 物質이고 Stauffer社의 “R-20458”은 活性을 높이기 爲해 ester部分을 Paralkylmethoxy基로 置換한 것이다.

#### 1. 五齡經過

幼若홀몬을 幼蟲 어떤 期間에 經皮處理하면 上皮細胞中에 幼若홀몬과 強하게 結合하는 高分子蛋白質이 있다고 하며 이 홀몬이 體液中으로 流出되던 어떤 特定蛋白質과 結合하여 血中 esterase의 作用을 抑制한다고 한다. 따라서 成蟲原基 및 皮膚의 分化가 遲延되어 幼蟲形態가 維持된다고 한바 있다(J.H. Law등<sup>7)</sup>, 1974)

또한 누에에 있어서는 幼若홀몬의 蠶體內 活性을 보면 5齡初期에는 낮으나 홀몬에 對한 感受性은 높아지며 그 標의 器官에 따라 感受性이 다르다고 한다(大瀧哲也등<sup>10)</sup>, 1975) 따라서 이 時期에 合成幼若홀몬을 處理하면 表皮細胞의 分化를 遲延시킴과 同時에 蠶體內에 吸收되어 血中에서의 作用으로 다른 標의 器官의

分化 및 組織內的 代謝에까지도 影響을 주어 幼蟲의 機能이 維持될 것으로 생각된다.

本試驗에서도 幼若홀몬에 對한 感受性이 높은 時期인 5齡 飼食後 51時間제에 供試藥劑인 “Manta”와 “R-20458”을 濃度別 經皮處理한 結果 表1에서 보는 바와 같이 5齡 經過에 있어서 對照 無處理區의 7日 16時間에 비해 “Manta” 2.5ppm 處理區 “R-20458” 1.25ppm 區 및 2.5ppm區는 8日 16時間으로 1日이 길어졌으며 “R-20458” 5ppm區는 8日 4時間으로 12時間이 길어졌다.

Wigglesworth<sup>16)</sup>(1963)도 Rhodnius prolixus 5齡 12日제에 幼若홀몬을 處理함으로써 幼蟲期間이 延長된다고 하였고 Sehnal<sup>12)</sup>(1968)은 Galleria mellonella의 終齡 3-6日 사이에 幼若홀몬을 處理함으로써 幼蟲期間이 延長된다고 한 結果와 잘 一致하고 있다. 또한 5齡期間 延長이 飼育勞力과 食桑量增加 및 增糸效果面으로 볼 때 約 1日間の 5齡 幼蟲期間의 延長이 有利한 故로 이들 두 藥劑는 實用的價値가 있다고 認定된다.

Table 1. Larval duration and survival rate

| Chemicals   | Concentration of chemical | Larval Duration |                  | Survival rate (%) | Index |
|-------------|---------------------------|-----------------|------------------|-------------------|-------|
|             |                           | 5th instar days | Whole instar hrs |                   |       |
| Manta       | Control                   | 07 16           | 22 19            | 85.0              | 100   |
|             | 2.5ppm                    | 08 16           | 23 19            | 89.6              | 105   |
| R-20458     | 1.25ppm                   | 08 16           | 23 19            | 87.9              | 103   |
|             | 2.5 ppm                   | 08 16           | 23 19            | 87.3              | 103   |
|             | 5 ppm                     | 08 04           | 23 07            | 93.0              | 109   |
| L.S.D. (5%) |                           | —               | —                | 5.71              | —     |
| C.V. (%)    |                           | —               | —                | 2.7               | —     |

#### 2. 化蛹比率

本試驗에 供試한 合成幼若홀몬劑 “Manta”는 C<sub>10</sub>의 類似幼若홀몬으로 現在 日本에서 市販 使用中이고 “R-20458”은 C<sub>18</sub>의 Cecropia 幼若홀몬과 化學構造가 類似한 化合物으로써 이 두 藥劑 共히 體內에서 變化를 받기 쉬운 ester部位와 epoxy 部位를 “Manta”는 methoxy基 및 Isopropyl ester 結合으로 “R-20458”은 活性을 더 높이기 爲해서 ethylphenoxy基로 置換하여 化學적으로 安定하며 높은 活性도 期待된다. 한편 合成幼若홀몬은 殺蟲劑로써 開發되었기 누에에는 藥害도 豫想되나 表1에서 보는 바와 같이 化蛹比率에 있어서 對照 無處理區 85.0%에 “Manta” 2.5ppm는 89.6%로 指數로 5%가 높고 “R-20458” 5ppm區는 93%로 가장 높았고 1.25ppm區, 2.5ppm區는 各各 87.9%, 87.3%로 5% 水準에서 有意差가 없어 藥害는 전혀 認定되지 않았다.

### 3. 收繭量

合成幼若홀몬 “Manta”와 “R-20458” 共히 經皮處理 하므로써 5齡期間이 延長되어 食桑期間이 延長되어 食桑期間이 길어졌으며(表 1) 따라서 全繭重에 있어서 對照 2.57g에 比해 “Manta” 2.5ppm區는 2.74g로 가장 무거웠고 “R-20458” 1.25ppm區는 2.60g, 2.5ppm 區는 2.62g, 5ppm區는 2.63g로 홀몬處理區 共히 무거 워졌다(表 2).

對1萬頭 玉繭包含上繭收繭量에 있어서도 對照20.4kg 에 比해 “Manta” 2.5ppm區는 22.2kg으로 指數로 9% 나 增收되었는바 이는 單繭重 및 上繭比率이 월등히 높았던데에 起因되며(表 2) “R-20458”의 境遇는 5ppm. 區가 21.4kg으로 指數로 5%가 增收되어 가장 많았고, 2.5ppm區는 20.7kg으로 指數로 1%, 1.25ppm區는 20.6kg으로 指數로 1%가 增收되었는데 各處理區間에 是 5%水準에서 有意差가 認定되었다.

Table 2. Increase of cocoon yield

| Chemicals   | Concentration of chemical | Percentage of best cocoon | Wt. of single cocoon | Index | Cocoon yield including double cocoon for 10,000 larvae | Index |
|-------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|-------|--|-------|
| Manta       | Control                   | 84.7%                     | 2.57g                | 100   | 20.4kg   | 100   |
|             | 2.5ppm                    | 89.8                      | 2.74                 | 107   | 22.2   | 109   |
| R-20458     | 1.25ppm                   | 84.9                      | 2.60                 | 101   | 20.6   | 101   |
|             | 2.5 ppm                   | 88.1                      | 2.62                 | 102   | 20.7   | 101   |
|             | 5 ppm                     | 89.8                      | 2.63                 | 102   | 21.4   | 105   |
| L.S.D. (5%) |                           | —                         | —                    | —     | 0.13   | —     |
| C.V. (%)    |                           | —                         | —                    | —     | 0.9  | —     |

### 4. 繭層比率

繭層比率은 對照 無處理區에 比해 “Manta” 2.5ppm 區는 25.6%로 指數로 6%, “R-20458”의 2.5ppm區는 25.0%로 指數로 4%, 1.25ppm區는 24.9%로 指數로 3%, 5ppm區는 24.7%로 指數로 2%가 增加하여 處理區 共히 5%水準에서 有意差가 認定되었다(그림 2).

또 一萬頭繭層量으로 換算하여 보면 “Manta”處理區 가 5.68kg로 收繭量에 있어서 指數로 9%, 繭層比率에 있어서 6%가 增加한 結果 對照區에 比해 指數로 15% 나 增收되었고 이는 “R-2058”의 어느 處理濃度보다 그 增收率이 가장 높았다.

“R-20458”의 경우에 있어서는 5ppm區가 指數로 8% 가 增加하여 가장 높았고 2.5ppm區는 5%, 1.25ppm區

는 4%로 藥劑處理區 共히 增收效果가 認定된다(그림 3).

이와같이 藥劑處理에 依한 繭層量의 增加는 Schnal<sup>12)</sup>(1968)이 幼若홀몬을 處理하던 幼蟲의 外部形態뿐만 아니라 內部器官도 幼蟲의 機能을 持續한다고 한것 과 福田<sup>4)</sup>(1960)가 <sup>14</sup>C放射線 同位元素를 利用한 實驗에서 5齡 4日以後에 먹은 繭이 直接的으로 絹物質造成에 利用된다는 것과 같이 5齡 食桑期間이 길어짐에 따라 絹絲線이 繼續 肥大成長하여 絹物質의 蓄積이 이루어진 結果라고 생각된다.

本試驗條件의 供試藥劑인 “Manta”와 “R-20458”은 繭質에 있어서 單繭重, 收繭量, 繭層比率 및 繭層重이 모두 “Manta”가 높았다. 이보다 뒤지는 “R-20458”에

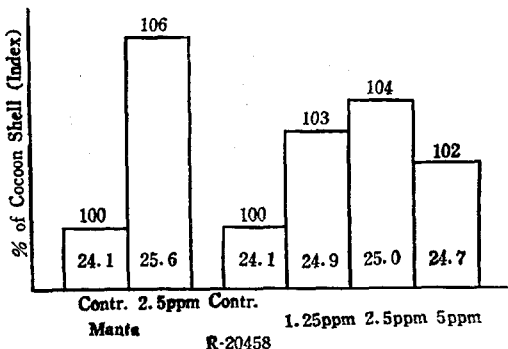


Fig. 2. Increase of cocoon shell

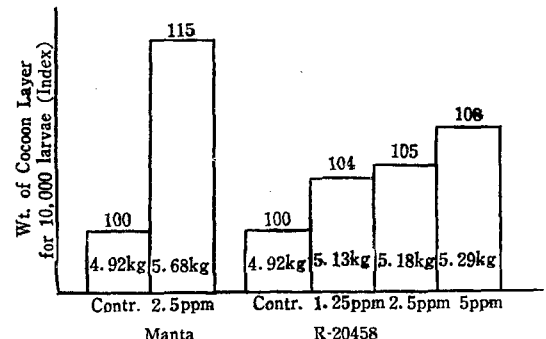


Fig. 3. Increase of wt. of cocoon layer for 10,000 larvae

데에서는 適正濃度等이 再檢討되어야 할 것으로 判斷된다.

以上을 綜合하여 보면 現在 日本에서 增絲劑로 市販 중인 Zoecon社의 "Manta"는 Stauffer社의 "R-20458"에 비해 經過日數 및 化蛹比率에는 差異가 없으나 繭質에 있어서는 보다 높은 增絲效果가 있었다.

#### IV. 摘 要

昆蟲홀몬에 對한 研究가 始作된 以來 그 作用 機作 및 化學的 構造가 밝혀지면서 合成幼若홀몬의 開發과 實用化가 活發히 進行되었다. 그 結果 殺蟲劑로써 實用價値가 認定되는 환경 누에에 있어서는 幼蟲期間의 延長으로 增絲效果가 期待되고 있다.

現在 美國의 Zoecon社와 Stauffer社에서는 누에의 增絲劑로써 "Manta"와 "R-20458"을 開發하였고 "Manta"는 日本에서 이미 市販하고 있다.

本 試驗에서는 "Manta"를 補助對照로 "R-20458"에 對한 增絲劑로써의 實用性을 比較試驗한바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. "Manta"와 "R-20458"을 5齡餵食後 51時間만에 經皮處理하면 對照 無處理에 비해 處理區 共히 5齡 經過日數가 12時間~1일이 길어졌다.

2. 化蛹比率에 있어서는 無處理對照와 兩 供試藥劑 間에 有意差가 없어 藥害가 認定되지 않았고 兩 藥劑 間에도 差가 없었다.

3. 收繭量에 있어서는 無處理對照區의 20.4kg에 비해 藥劑處理區는 全繭重의 增加로 因하여 "Manta" 2.5 ppm區는 22.2kg로 指數로 9%가 增收되었으나 "R-20458"의 境遇는 5ppm區가 21.4kg로 指數로 5%, 2.5 ppm區가 20.7kg, 1ppm區는 20.6kg으로 指數로 각각 1%가 增收되었다.

4. 繭層比率에 있어서는 "Manta" 2.5ppm區가 25.6%로 無處理對照 24.1%에 비해 指數로 6%가 높았고 "R-20458"은 2.5ppm區가 25.0%로 指數로 4%, 1.25 ppm區 및 5ppm區는 各各 24.9% 및 24.7%로 指數로 3% 및 2%가 높았다. 따라서 對1萬頭繭層量에 있어서는 "Manta" 2.5ppm區가 15%나 增收되어 가장 높았고 "R-20458"은 5ppm區가 8%, 2.5ppm區는 5% 및 1.25 ppm區는 4%가 增收되었다.

#### 引 用 文 獻

1) Bounhiol J.J. (1938) Resherches expérimentales sur le déterminisme de la metamorphose chez les Lépidopteres, Bull. Biol. France. Berg (Suppl.) 24, 1-199.  
2) Bowers W.S., Thompson M.J., Uebel E.C.(1965)

Juvenile and gonadotropic hormone activity of 10, 11-epoxy farnesenic acid methylester. Life Science 4, 2323-2331.

- 3) Engelman F., Penney D. (1966) Studies on the endocrine control of metabolism in *Leucophaea maderae* (Blattaria) I. The Haemolymph proteins during egg maturation, Gen. Comp. Endocr. 7, 314-325.  
4) Fukuda S. (1944) The hormonal mechanism of larval molting and metamorphosis in the silkworm, J. Fac. Sci., Imp. Univ. Tokyo, Sec. IV 6, 477.  
5) Gilbert L.I., Schneiderman H.A. (1960) The development of a bioassay for the juvenile hormone of insects, Trans. Am. Microscop. Soc. 79, 38-67.  
6) Joly P. (1968) Endocrinologie des insects, 1-344 pp, Masson et Cie Editeurs, Paris.  
7) Kramer K.J., Sanburg L.L., Kézdy F.J., Law J.H. (1974) The juvenile hormone binding protein in the hemolymph of *Manduca sexta* Johannson (Lepidoptera Sphingidae), Proc. Nat'l. Acad. Scad. Sci., U.S.A. 71, 493.  
8) Meyer A.S., Schneiderman H.A., Hanzmann E., Ko J.H. (1968) The two juvenile hormone from the *Cecropia* silk moth, Proc. Nat'l. Acad. Sci., U.S.A. 60, 853-860.  
9) 文在裕, 林鍾聲(1978) 家蠶解剖 生理學·蠶病學, 146-147.  
10) Ohtaki T., Kiguchi K., Akai H., Mori K. (1972) Juvenile hormone and synthetic analogues II. Novel substances with high juvenile hormone activity, Appl. Ent. Zool. 7, 161-157.  
11) 大瀧哲也, 櫻西勝(1975) 蛋白質, 核酸, 酵素 Vol. 20, No.5.  
12) Röller H., Dahm K.H. (1968) The chemistry and biology of juvenile hormone, Recent Prog. Hormone Res. 24, 651-680.  
13) Sehna F., Meyer A.S. (1968) Larval-pupal transformation control by juvenile hormone, Science 159, 981-984.  
14) Telfer W.H. (1954) Immunological studies of insect metamorphosis II. The role of sex-limited blood proteins in egg formation by the *Cecropia* silkworm.

- 15) Wigglesworth V.B. (1934) The Physiology of ecdysis in *Rhodnius prolixus* (Hemiptera) II. Factors controlling molting and metamorphosis, *Quart. J. Microscop. Sci.* 79, 91-121.
- 16) \_\_\_\_\_ (1936) The function of the Corpus Allatum in the growth and reproduction of *Rhodnius prolixus* (Hemiptera).
- 17) \_\_\_\_\_ (1963) The juvenile effect of farnesol and some related compounds; Quantitative experiments, *J. Insect Physiol.* 9, 105-120.
- 18) Williams C.H. (1947) Physiology of insect diapause II. Interaction between the pupal brain and prothoracic glands in the metamorphosis of the giant silkworm, *Platysamia Cecropia*. *Biol. Bull., Woods Hole.* 93-89.
- 19) \_\_\_\_\_ (1956) The juvenile hormone of insects. *Nature, Lond.* 178, 212-213.
- 20) \_\_\_\_\_ (1961) The juvenile hormone II. Its Role in the endocrine control of molting, pupation and adult development in the *Cecropia* silkworm, *Biol. Bull., Woods Hole* 121, 572-585.
- 21) \_\_\_\_\_ (1963) The juvenile hormone III. Its accumulation and storage in the abdomens of certain male moths, *Biol. Bull., Woods Hole* 124, 355-367.
- 22) \_\_\_\_\_, Rosenberg E., Zapf B. (1973) Die epidermis von *Tenebrio molitor* L. Puppen als Zielorgan für das juvenil-hormon analoge 10, 11-epoxy-6, 7-trans-2, 3-trans-farnesyl-propenyläther *Z. Naturforsch* 28c, 173-177.
- 23) \_\_\_\_\_, Law J.H. (1965) The juvenile hormone IV. Its extraction, assay, purification, *J. Insect Physiol.* 11, 569-580.