

화랑곡나방의 變態에 따른 總蛋白質의 變化

東南保健專門大學, 放射線科, *建國大學校 文理科大學 生物學科

李相奭 · 李敬魯*

Abstract

Changes of Total Protein during the Metamorphosis of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* Hubner

Sang Suk Lee, Kyung Ro Lee*, Ph. D.

Dept. of Radiotechnology, Dong Nam Junior Health College, Kyung Ki-Do, Korea

**Dept. of Biology, Kon Kuk University, Seoul, Korea*

The concentration of total protein during the metamorphosis of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* Hübner was measured using micro-Kjeldahl method by Oser (1965).

Healthy specimens were chosen as samples at each developmental stages: the 1st instar larva, the 3rd instar larva, final instar larva, pupae 2, 6, 10 days and the adult 1 day.

The total protein concentration decreased gradually until the two day pupal stage and increased at the six day pupal stage.

In the one day adult stage, the concentration reached a maximum.

In conclusion, changes of total protein concentration through the course of the physiological cycle form a U-shaped curve when graphed against the histolysis of larval organs and the histogenesis of adult organs.

In view of controlling pest, the U-shaped pattern of physiological activity indicates that control will be the most effective at the time of the most physiological weakness manifested at the two day pupal stage.

目 次

- I. 緒 論
- II. 實驗材料 및 方法

- III. 結 果
- IV. 考 察
- V. 結 論
- 參考文獻

I. 緒 論

最近 食品의 種類는 國民經濟의 成長과 食品嗜好의 變化로 多樣化 高級化되었으며 消費는 점차 增大되고 있는 반면 精密하고 自動化된 製品機械와 貯藏管理에 不斷한 努力을 기울임에도 불구하고 많은 害蟲이 發生, 國民保健에 어려움을 주고 있다.

특히 화랑곡나방 (*Plodia interpunctella* Hübner) 은 거의 全世界의으로 分布되어 있는 汎存種(Cosmopolitan)으로 食性은 매우 多樣하여 貯藏穀類를 비롯하여 菓子類, 乾菓, 乾燥野菜, 藥味等을 加害하는 害蟲으로 食品衛生學的으로 많은 問題를 가지고 있다. 화랑곡나방에 關한 研究는 Ono et al.(1970), Yoshida et al. (1970), Yoshida.(1970), Tamura and Miyajima(1970)의 發生豫察과 季節的 消長에 關한 生態學的 研究와 Barth(1937), Brady(1969), Smithwick(1970), Smithwick and Brady(1977), Han et al.(1979)의 Sex pheromone gland에 關한 形態學的 研究와 Lee(1964) Oberlander et al.(1975), Ferkovich et al.(1977)의 amino acid, juvenile hormone에 關한 生理學的 研究가 이루어 졌으나, 全 變態期에 따른 蛋白質에 關한 研究는 없다.

昆蟲類의 蛋白質에 關한 研究는 Oda(1959), Stephen(1958), Steinhauer and Stephen(1959), Laufer(1960), Terando and Feir(1966), Prabhu and Nayer(1972), Hans and Lea(1975), Biauchi and Terra(1976), Koh(1977), Lee et al.(1978) 등에 의해 이루어진 바 있다.

蛋白質은 昆蟲組織의 主構成物로서 細胞組織의 成長 補修, 維持에 必要한 複合窒素의 結合體로 α -아미노산의 連鎖로 되어 있다 (Patton, 1963).

특히 炭水化物과 變態호르몬의 物質代謝를 爲한 内部環境要因으로는 重要하여 呼吸能과 密接한 연관을 갖는다(Slama, 1965). Williams(1953)은 *Hyalophora Cecropia*에서 前胸腺호르몬의 活性이 增加하는 동안 蛋白質濃度도 增加한다고 하였다.

Duck and Pantelouris(1963)은 *Drosophila melanogaster*의 幼蟲에서 澱粉, 靛, 電氣泳動法을 利用하여 蛋白質패턴을 調査하였는데 밴드의 數는 第1齡蟲에서 第3齡蟲으로 成長함에 따라 增加한다고 하였다.

Nowosielski and Patton(1965)은 *Acheta domesticus*에서 血蛋白質 濃度는 成蟲의 生活中 서서히 減少한다고 하였으며, Chen and Levenbook(1966)은 *Phormia regina*의 成蟲으로 變態하면서 血蛋白質이 減

少하고 있는 것은 成蟲의 蛋白質合成源으로 利用되기 때문이라고 하였고, 變態에 따른 含量의 變化는 幼蟲 器官의 解消와 成蟲器官의 新生에 따른 形態的 變化와 一致하였다고 하였다.

Cšlln(1969)은 *Ephestia Kuniella*의 蛋白質 研究에서 血蛋白質이 變態에 따라 生理的 特性을 나타냈다고 하였고 Gilbert and Schneiderman(1961)은 血蛋白質의 濃度가 幼蟲의 成長과 더불어 增加하고 成蟲에서 減少한다고 하였다.

Van der Geest and Bergsteede(1969)는 *Pieris brassicae*에서 變態에 따른 血蛋白質패턴을 調査하고 組織化學的 染色法에 의하여 複合蛋白質을 確認하고 esterase, leucine amino peptidase, phosphatase 등의 酵素 活性이 있는 몇 개의 밴드를 視察하였다.

Kim et al.(1969)은 *Pieris rapae*의 變態에 따른 血蛋白質과 酵素消費量의 變化에 關한 研究에서 血蛋白質은 終齡幼蟲에서 가장 높은 濃度를 나타냈으며 變態에 따라 減少하여 蛹期末에서 다시 增加하였으며, 血蛋白質의 濃度變화와 酵素消費量은 全 變態期을 통하여 密接한 연관을 가진다고 하였다.

Yoo and Lee(1973)은 *Epestia Kuniella*에서 Polyacrylamide gel 電氣泳動法에 의한 蛋白質分離에서 蛹後期에서 18개의 밴드로 가장 많은 數의 蛋白質밴드를 測定하였으며, 밴드의 數와 染色強度, 移動度를 比較하면 Histolysis가 일어나는 蛹前期에서 減少하고, Histogeuesis가 일어나는 蛹後期에 다시 增加하였으며, 性別에 따른 變異는 一般的으로 암컷이 수컷보다 밴드數가 많고 染色의 強度가 길었다고 報告하였다.

Price(1974)는 *Calliphora erythrocephala*의 幼蟲期에 血淋巴蛋白質의 物質代謝에 關해 研究 報告 하였고, Hans and Lea(1975)는 *Aedes aegypti*의 中腸에서 總蛋白質과 蛋白質分解活性을 比較 研究 報告하였다.

Lee et al.(1976)은 *Chilo suppressalis*의 全 變態段階에 따른 害蟲 防除의 基礎調査로서 形態形成에 따른 生理的 變化를 調査 報告하였다.

Koh(1977)는 *Pieris rapae*에서 變態에 따라 總蛋白質含量을 定量하여 形態的 變化와 比較한 結果 生理的 U字型 曲線을 나타냈다고 하였다.

Lee et al.(1978)은 *Hyphantria Cunea*의 Sex Pheromone 研究에서 數種代謝物質을 定量 報告하였는데 그 中 總蛋白質 含量은 蛹 2日까지 增加하다가 蛹 6日에 最高의 含量을 나타냈으며 成蟲에 減少하였다

고 하였다.

本 研究는 화랑곡나방의 變態에 따른 總蛋白質含量的 變化를 測定하여 生理的 變化의 패턴을 찾아 幼蟲 器官의 解消와 成蟲器官의 新生에 따른 形態形成과 比較하며, 生理的 機能下降期를 찾아 害蟲防除의 最適 期로 利用할 수 있는 基礎資料를 얻으려 하였다.

II. 實驗材料 및 方法

I. 實驗材料

本 實驗에 使用된 材料는 貯藏穀類와 乾燥食品에 加害하는 화랑곡나방 (*Plodia interpunctella* Hübner) 幼蟲을 採集하여 飼育箱에서 飼育(26 ± 2 °C) 하여 變態 期에 따라 1 齡幼蟲, 3 齡幼蟲, 終齡幼蟲, 蛹 2 日, 6 日, 10 日, 成蟲 1 日로 區分하여 材料를 使用하였다.

II. 實驗方法

總蛋白質의 測定은 變態段階에 따라 材料를 1g씩 稱量하여 micro-kjeldahl 法(Oser, 1965)에 依하여 測定하였다.

材料를 Kjeldahl 플라스크에 넣고 1g의 分解觸媒 ($K_2SO_4 + CuSO_4$)와 5ml의 진한 H_2SO_4 를 넣은 다음 加熱分解 하였다.

冷却시킨 分解液을 수증기 發生器에 連結하고 混合指示藥(bromocresol green, methyl red pH4.5)을 탄 硼酸溶液 5ml를 넣었다.

Wagner 管을 통해 30% NaOH 3ml를 加한 후 적당량의 증류수로 씻고 핀치콕을 잠그고 암모니아를 증류했다.

증류液이 핑크색을 띠 때까지 0.02N H_2SO_4 로 적정하여 計算하였다.

總蛋白質의 定量은 0.02N H_2SO_4 의 滴定消費量에 係數, 稀釋倍數, 材料의 稱量을 處理하여 얻었다.

III. 結 果

화랑곡나방(*Plodia interpunctella* Hübner)의 變態에 따른 總蛋白質 含量變化를 測定 比較한 結果는 Table 1과 Fig.1과 같다.

總蛋白質의 含量은 1 齡幼蟲에서 164.456mg/g 이었고 成蟲 1 日에 229.093 mg/g으로 最高의 含量을 나

타냈다.

比較含量은 3 齡幼蟲에서 171.600 mg/g 이었다가 終齡幼蟲과 蛹 2 日에 成長 變態하면서 減少하다가 蛹 6 日에 125.918 mg/g로 다시 增加하였고 蛹 10 日에 118.075 mg/g로 減少하는 傾向을 나타냈다.

總蛋白質의 含有變化는 變態에 따른 生理的 曲線인 U字型 Curve를 나타내어 幼蟲器官의 解消(histolysis)와 成蟲器官의 新生(histogenesis)인 形態의 變化와 一致하였다.

Table 1. Changes of total protein contents during the metamorphosis of Indian meal moth, *Plodia interpunctella* Hübner

No.	Stages	Total Protein(mg/g)
1.	1 st instar larva	164.456
2.	3 st instar larva	171.600
3.	Final instar larva	117.919
4.	Pupa, 2 days	94.443
5.	Pupa, 6 days	125.918
6.	Pupa, 10 days	118.075
7.	Adult, 1 day	229.093

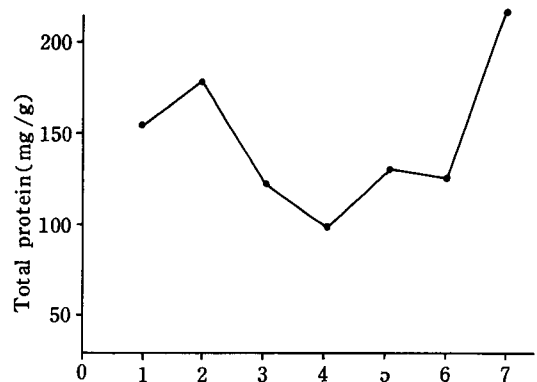


Fig. 1. Changes curve of total protein during the metamorphosis of the indian meal moth, *Plodia interpunctella* Hübner

IV. 考 察

昆蟲類의 變態에 따른 血淋巴의 總蛋白質의 消長

係를 測定하여 形態形成과 比較 研究하는 것은 物質代謝過程의 패턴 究明 및 害蟲防除를 爲한 基礎資料로서 重要한 意義를 가진다.

昆蟲類의 血淋巴는 内部環境 뿐만 아니라 營養物質, 排泄物, 가스, 호르몬의 運搬과 生體內 恒常性を 維持하는데 重要한 구실을 한다.

화랑곡나방의 總蛋白質은 3齡幼蟲에서 蛹 2일까지 減少하고 蛹 6日에서 다시 增加하다가 蛹 10日에서 減少하였다.

다시 成蟲 1日에서 急激히 增加하여 最高의 含量을 나타냈다.

이와같은 結果는 *Hyalophora Cecropia* (Chefvka, 1953), *Bambyx mori* (Wyatt and Loughed, 1956)의 報告와 잘 一致하는데 이는 變態樣相과 蛋白質合成이 關聯되어 있음을 意味한다.

Nowosielski and Patton (1965)은 *Acheta domesticus*에서 血蛋白質 濃度は 成蟲의 生活 中 서서히 減少한다고 하였고 Chen and Levenbook (1966)은 *Phormia regina*에서 成蟲으로 變態하면서 血蛋白質이 減少하고 있는 것은 成蟲의 蛋白質合成源으로 利用되기 때문이라고 하였는데 화랑곡나방에서는 蛹期에서 낮았던 總蛋白質의 含量이 成蟲으로 變態함에 따라 增加하여 特異하였다.

Butler and Leone (1966)은 *Tenebrio molitor*에서 電氣泳動法을 利用하여 13個, Pasteur and Kastritsis (1971)은 *Drosophila Pseudoobscura*에서 18個, Yoo and Lee (1974)은 *Dendrolimus spectabilis*에서 22個의 蛋白質 밴드를 分離하여 報告하였는데 이와같은 밴드의 差異는 昆蟲에 따른 種의 變異와 電氣泳動法의 差異에 기인하여 同時에 蛋白質合成能을 나타내는 것으로 생각된다.

또 血蛋白質 밴드의 消長關係에 關해 Chen and Levenbook (1966)은 *Phormia regina*에서 밴드의 新生과 패턴의 變化는 蛋白質合成에 對한 遺傳子의 作用으로 說明하였고 Price (1974)은 *Calliphora erythrocephala* 幼蟲期의 血淋巴에서 總蛋白質 含量을 測定하고 蛋白質의 物質代謝에 關해 研究, 報告하였는데 總蛋白質含量은 4齡幼蟲에서 $42 \mu / \text{mg}$, 6齡幼蟲에서 $90 \mu / \text{mg}$ 으로 最高에 達했으며 蛹期에 $55 \mu / \text{mg}$ 으로 다시 減少하였다고 하였다.

本 實驗에서도 화랑곡나방의 總蛋白質含量 變化는 幼蟲期에 높은 含量을 나타내다가 蛹期에서 다시 減少하여 이와 잘 一致하였다.

Yoo and Lee (1974)은 *Dendrolimus spectabilis*의

變態에 따른 血蛋白質을 調査한 結果 電氣泳動相에 22개의 血蛋白質 밴드를 觀察하였으며 濃度を 比較해 보면 終齡幼蟲을 지나 幼蟲器官의 解消가 일어나는 蛹前期에서 減少하고 成蟲器官의 新生이 시작되는 蛹後期에서 다시 增加하였다고 하였고, 組織化學的 反應結果 glycoprotein, mucopolysaccharide, lipoprotein 등이 幼蟲期에 많이 檢出된 것으로 보아 이들은 蛋白質과 複合體를 이루어 代謝作用에 關여하는 것으로 생각되는데 화랑곡나방에서도 總蛋白質의 含量은 대체로 보아 幼蟲期과 成蟲期에 높았고 蛹期에 낮은 變化를 나타냈다.

Hector et al. (1976)은 *Stagmatopera biocellata*의 腦와 神經節細胞에서 總蛋白質含量과 總아미노酸을 分析하였는데 總蛋白質含量은 腦에서 $129.9 \mu \text{g} / \text{mg}$, 前神經節細胞에서 $132.1 \mu \text{g} / \text{mg}$, 中神經節細胞에서 $129.3 \mu \text{g} / \text{mg}$, 그리고 後神經節細胞에서 $132.4 \mu \text{g} / \text{mg}$ 이었다고 하였다.

本 實驗에서는 Whole body를 使用하였음에도 불구하고 總蛋白質含量이 終齡幼蟲과 蛹 6日, 10日에서 각각 $117.919 \text{ mg} / \text{g}$, $125.918 \text{ mg} / \text{g}$, $118.075 \text{ mg} / \text{g}$ 으로 거의 비슷한 比較含量을 나타냈다.

Lee et al. (1976)은 *Chilo suppressalis*에서 總蛋白質含量은 終齡幼蟲에서 蛹 2日로 變態함에 따라 減少하고 蛹 4日부터 羽化成蟲, 成蟲 2日까지 계속 增加하여 含量變化가 幼蟲器官의 解消와 成蟲器官의 新生에 따른 生理的 曲線인 U字型을 나타냈다고 하였으며 生理的 機能下降期이며 衰弱期인 蛹 4日是 害蟲防除의 最適期로 利用할 수 있을 것이라고 하였는데 本 實驗에서는 生理的 衰弱期이 蛹 2日로 나타났다.

Firling (1977)은 *Chironomus tentaus*의 4齡幼蟲에서 아미노酸과 蛋白質含量을 測定하였는데 18種이 많은 수의 아미노酸을 分離하였으며, 蛋白質은 初期 4齡幼蟲에서 $4.44 \text{ g} / \text{ml}$, 後期 4齡 幼蟲에서 $9.28 / \text{ml}$ 로 成長하면서 增加한다고 하였는데 화랑곡나방에서는 1齡幼蟲과 3齡幼蟲에 각각 $164.456 \text{ mg} / \text{g}$, $171.600 \text{ mg} / \text{g}$ 으로 훨씬 높은 含量을 나타냈는데 이는 穀類 葉子類 乾燥野菜等を 加害하는 화랑곡나방의 特異한 食性に 따른 것으로 생각된다.

Koh (1977)은 *Pieris rapae*의 變態에 따른 總蛋白質의 含量變化를 測定한 結果 終齡幼蟲과 羽化成蟲 및 成蟲 2日에서 높은 含量을 나타냈다고 하였고 Lee et al. (1978)은 *Hyphantria Cunea*의 性페로몬의 研究의 基礎로서 總蛋白質과 非蛋白質窒素의 含量을 變態段階에 따라 測定 報告하였는데 總蛋白質은 蛹 2

日, 6日, 8日에, 非蛋白性窒素는 蛹 4日에 比較的 높은 含量을 나타냈으나 一定한 傾向性은 보이지 않았다고 하였다.

以上の 結果로 보아 화랑곡나방의 變態에 따른 總蛋白質含量의 變化는 生理的 曲線인 U字型을 나타내어 幼蟲器官의 解消와 成蟲器官의 新生인 形態的 變化와 一致하였으며 生理的 機能下降期이며 衰弱期인 蛹 2日을 害蟲防除을 爲한 最適期로 利用할 수 있을 것이다. 나아가서 最近에 많은 問題가 되고 있는 昆蟲의 特異한 性誘引物質인 性페로몬의 分析 同定 및 合成을 爲한 基礎資料가 되리라 생각된다.

V. 結 論

화랑곡나방(*Plodia interpunctella* Hübner)의 變態에 따른 總蛋白質含量을 micro-kjeldahl 法으로 定量하여 形態的 變化와 比較한 結果는 다음과 같다.

1. 總蛋白質含量은 成蟲期에서 最高의 含量을 나타냈고, 蛹 2日에 가장 낮은 含量을 나타냈다.

2. 比較含量을 보면 1蛹幼蟲에서 2齡幼蟲으로 成長하면서 增加하다가 終齡幼蟲과 蛹 2日에서 다시 減少하였으며 蛹 6日에서 다시 增加하고 蛹 10日에서 減少하다가 成蟲 1日로 變態하면서 急激히 增加하였다.

3. 總蛋白質量의 變化는 變態에 따른 特異한 U字型 生理的 曲線을 나타내어 幼蟲器官의 解消와 成蟲器官의 新生인 形態的 變化와 一致하였다.

4. U字型 生理的 曲線中 生理的 機能下降期와 衰弱期인 蛹 2日은 害蟲防除의 最適期로 利用할 수 있을 것이다.

參考文獻

Barth, R. Bau und Funktion der Flugeldrusen einiger mikrolepidopteren untersuchungen an den *Pyraliden Aphomia gularis*, *Galleria mellonella*, *Plodia interpunctella*, *Ephestia cautella*, *E. kuhniella*. Z. Wiss. Zool. 150;1-37, 1927.

Bianchi, A. G. and W. R. Terra, Haemolymph protein patterns during the spinning stage and metamorphosis of *Rhynchosciara americana*. J. Insect Physiol. 22 (4): 535-540, 1976.

Brady, U. E., Inhibition of the behavioural response of males of Indian meal moths, *Plodia interpunctella*, and related species to sex pheromone of unrelated species. J. Georgia Entomol. Soc., 4: 41-45, 1969.

Butler, J. E. and A. L. Leone, Antigenic changes during the life cycle of the beetle, *Tenebrio molitor*. Comp. Biochem. Physiol. 19:699-711, 1966.

Chefurka, W., Biochemical of the blood of the giant silk-worm, *Platysamia ceropia*. Thesis. Harvard Univ, 1953.

Chen, P. S. and L. Levenbook, Studies on the haemolymph proteins of the blow fly, *Phormia regina*. Changes in ontogenetic patterns. J. Insect Physiol. 12:1595-1609, 1966.

Colln, K., Untersuchungen zur Ontogenese der Haemolymph Protein von *Ephestia Kuhniella* Z. Vehr. Zool. Ges. 29:121-127, 1969.

Duke, E. J. and E. M. Pantelouris, Ontogenesis of hemolymph proteins in *Drosophila melanogaster*. Comp. Biochem. Physiol. 10:351-355, 1963.

Ferkovich, S. M. H. Oberlander and R. R. Rutter, Release of a juvenile hormone binding protein by fat body of the indian meal moth, *Plodia interpunctella*, *in vitro*. J. Insect Physiol. 23:297-302, 1977.

Firling, C. E., Amino acid and protein changes in the haemolymph of developing fourth instar *Chironomus tentans*. J. Insect Physiol. 23:17-22, 1977.

Gilbert, L. T. and H. A. Schneiderman, Some biochemical aspects of insect metamorphosis. Amer. Zool. 1:11-51, 1961.

Han, S. S., S. H. Nam, W. K. Kim and C. W. Kim, A morphological study on sex pheromone gland in indian meal moth, *Plodia interpunctella* Hübner. Kor. J. Entom. 9(2): 11-16, 1979.

Hans, B. and A. D. Lea, Relationship between protein and proteolytic activity in the midgut of Mosquitoes. J. Insect Physiol. 9:1597-1604, 1975.

Hector, M., A. Tablante and N. Balderraner, Amino acid and protein metabolism in the nervous system of the praying mantid. J. Insect Physiol. 5:649-660, 1976.

Kim, C. W., K. R. Lee and H. R. Kim. Changes in

- hemolymph protein concentration and oxygen consumption during the metamorphosis in *Pieris rapae* L. Kor. J. Zool. 12(2): 60-66, 1969
- Koh, J. B., Changes in total protein during the metamorphosis of the cabbage worm, *Pieris rapae* L. Kor. J. Entom. 7(1): 33-37, 1977
- Laufer, H., Blood protein in insect development. Ann. N. Y. Acad. Sci. 89: 490-515, 1960
- Lee, K. R., Studies on the free amino acids of Indian meal moth. Kor. J. Zool. 7(1): 19-22, 1964
- Lee, K. R., J. B. Koh and J. J. Lee, Changes in hemolymph during the metamorphosis of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker. Kor. J. Entom. 6(2): 21-40, 1976
- Nowosielski, J. W. and R. L. Patton, Variation in the hemolymph protein, amino acid and lipid levels in adult house crickets, *Acheta domesticus* of different stages. J. Insect Physiol. 11: 263-270, 1965
- Oberlander, H., L. Sower, and D. L. Silhacek, Mating behaviour of *Plodia interpunctella* reared on juvenile hormone treated diet. J. Insect Physiol. 21: 681-685, 1975
- Oda, J., Studies on the proteins of insect hemolymph. Nippon Nogei Kagaku Kaishi. 31: 748-758, 1957
- Ono, Y., K. Sakai and H. Monma, Pest insects of confections in Miyagi prefecture, with special reference to ecology of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. J. Food Hyg. Soc. Japan. 11: 1-6, 1970
- Oser, B. L., Hark's physiological chemistry. 14th ed. McGraw-Hill Book Co. New York. 506-877, 1965
- Pasteur, N. and C. D. Kastritsis, Developmental studies in *Drosophila*. I. Acid phosphatases, esterases and other proteins in organs and wholefly homogenates during development of *D. pseudoobscura*. Develop. Biol. 26: 525-536, 1971
- Patton, R. L., Introductory insect physiology. W. B. Saunders Co. London, 1963
- Prabhu, B. K. K. and K. K. Nayar, Haemolymph protein electrophoretic pattern in *Periplaneta americana* after administration of farnesyl methyl ether. J. Insect Physiol. 7: 1435-1440.
- Price, G. M., Protein metabolism by the salivary glands and other organs of the Larva of the blow fly, *Calliphora erythrocephala*. J. Insect Physiol. 2: 329-348, 1974
- Slama, K., Effects of hormones on growth and respiratory metabolism in the larvae of *Pyrrhocoris apterus*. J. Insect Physiol. 11: 113-122, 1965
- Smithwick, E. E. B., Development of the sex pheromone gland and of the production of sex pheromone in the female Indian meal moth. Doctoral Dissertation, Univ. of Georgia, thesis, 185, 1970
- Smithwick, E. G. and U. E. Brady, Histology of the sex pheromone gland in developing female Indian meal moths, *Plodia interpunctella*. J. Georgia Entomol. Soc. 12 (1): 13-19, 1977
- Steinhauer, A. L. and W. P. Stephen, Changes in blood proteins during the development of the American cockroach, *Periplaneta americana*. Ann. Ent. Soc. Amer. 52: 733-738, 1959
- Stephen, W. P., Hemolymph proteins and their use in taxonomic studies. 10th. Int. Congr. Ent. 1: 395-400, 1958
- Tamura, M. and H. Miyajima, Olfactory responses to flavour substances on larvae of Indian meal moth, *Plodia interpunctella* Hübner (Preliminary report). J. Food Hyg. Sec. 11: 45-50, 1970
- Terando, L. and D. Feir, Protein concentration in the hemolymph of the large milkweed bug, *Oncopeltus fasciatus*. Com. Biochem. physiol, 18: 163-168.
- Van der Geest and F. H. M. Bergsteeds, Protein changes in the haemolymph of *Pieris brassicae* during the last larval instars and the beginning of the pupal stage. J. Insect physiol. 15: 1687-1693
- Williams, C. M., The physiology of insect diapause. VII. The respiratory metabolism of the cecropia silkworm during diapause and development. Biol. Bull. 105: 320-334. 1953
- Wyatt, G. R. and T. C. Loughheed, Take chemistry of insect hemolymph. Organic compounds of the hemolymph of the silkworm, *Bombyx mo-*

- ri* and two other species, J. Gen. Physiol. 39: 853-863, 1956
- Yoo, C. M. and K. R. Lee, Polyacrylamide gel electrophoresis of proteins of the meal worm, *Ephesia Kuhlilla* Zeller, Kor. J. Zool. 16(3): 185-191, 1973
- Yoo, C. M. and K. R. Lee, Studies on the haemolymph proteins during the metamorphosis of the pine moth, *Dendrolimus Spectabilis* Butler. Kor. J. Zool. 17(2) : 81-92, 1974
- Yoshida, T., Seasonal abundance of indian meal moth, *Plodia interpunctella* Hubner (Lepidoptera). J. Food Hyg. Soc. 11: 33-39.
- Yoshida, T. S. Kimura and T. Ando, The period of time of the adult insect's activity and its mating behavior studies on the control the indian meal moth, *Plodia interpunctella* Hubner (IV). J. Food Hyg. Sec. 11: 7-11, 1970