

# sericologia

**Revue des Vers à Soie**

**Journal of Silkworms**

Publiée par la Commission Séricicole Internationale  
*Published by the International Sericultural Commission*  
25, quai Jean-Jacques Rousseau - 69350 La Mulatière - France

**Directeur Gérant**  
**Rédacteur en Chef**  
**Rédacteur Adjoint**

**H. BOUVIER**  
**G. CHAVANCY**  
**A. FOURNIER**

**Managing Director**  
**Chief Editor**  
**Deputy Editor**

## **COMITE DE REDACTION** **EDITORIAL BOARD**

BEAULATON J. (France)  
BECK D. (France)  
BOSQUET G. (France)  
COUBLE P. (France)  
DANDIN S.B. (Inde / India)  
DATTA R.K. (Inde / India)  
DOIRA H. (Japon / Japan)  
FONSECA T.C. (Brésil / Brazil)  
FOURCHE J. (France)  
FREDDI G. (Italie / Italy)  
GOLDSMITH M.R. (USA)  
IATROU K. (Canada)  
JOLLY M.S. (Inde / India)  
KAWAKAMI K. (Japon / Japan)  
KOBAYASHI M. (Japon / Japan)  
KRISHNASWAMY S. (Inde / India)

LEGAY J-M. (France)  
LIU S-X. (Chine / China)  
LU H-S. (Chine / China)  
MANO Y. (Japon / Japan)  
NARASIMHANNA M.N. (Inde / India)  
PERSOONS C.J. (Pays-Bas / Netherlands)  
PRUDHOMME J-C. (France)  
REALI G. (Italie / Italy)  
SHIMURA K. (Japon / Japan)  
SHIRATA A. (Japon / Japan)  
SONWALKAR T.N. (Inde / India)  
TAKAHASHI R. (Brésil / Brazil)  
TAZIMA Y. (Japon / Japan)  
VAGO C. (France)  
VEY A. (France)  
XIA J-G. (Chine / China)  
YAMASHITA O. (Japon / Japan)

## SOMMAIRE - CONTENTS

## Revue / Review

- Review of research work in post-cocoon harvest technology in India** . . . . . 1  
 Revue des travaux sur la technologie post-cocon en Inde . . . . . 27  
 T.N. SONWALKAR

## Articles originaux / Original papers

- Studies on the Kenchu virus disease of the silkworm, *Bombyx mori* L. : I. Purification and properties of Bng-KV I virus** . . . . . 37  
 Etudes sur la maladie causée par le virus de Kenchu chez le ver à soie *Bombyx mori* L. :  
 I. Purification et propriétés du virus Bng-KV I . . . . . 47  
 C.S. PATIL, K.D. SPENCE, S. GURUSIDDAIAH, T.R. KYRIAKIDES, S.B. DANDIN

- Ready reckoner for hydrochloric acid treatment of silkworm eggs of weak diapause character** . . . . . 51  
 Table d'utilisation du traitement à l'acide chlorhydrique des oeufs de vers à soie à diapause faible . . . . . 57  
 K. SINGH, G.S. SHUKLA

- Evaluation of the food utilisation efficiency in some polyvoltine breeds of silkworm, *Bombyx mori* L.** . . . . . 61  
 Evaluation de l'efficacité de l'utilisation de la nourriture chez certaines souches polyvoltines du ver à soie *Bombyx mori* L. . . . . 67  
 O.K. REMADEVI, S.B. MAGADUM, N. SHIVASHANKAR, K.V. BENCHAMIN

- Effect of organophosphorus insecticides on food utilization in different races of *Bombyx mori* L.** . . . . . 71  
 Effet des insecticides organophosphorés sur l'utilisation de la nourriture chez différentes races de *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae) . . . . . 81  
 P.G. RADHAKRISHNA, M.R. DELVI

- Morus multicaulis*, a potential exotic introduction for mulberry improvement programme in India** . . . . . 85  
*Morus multicaulis*, introduction d'une espèce exotique prometteuse pour le programme d'amélioration du mûrier en Inde . . . . . 91  
 M.V. RAJAN, S.B. DANDIN, S.R. RAMESH

- Studies on the comparative efficiency of drip, sprinkler and furrow irrigation systems on mulberry leaf yield and water economy** . . . . . 95  
 Etude comparative de l'efficacité des systèmes d'irrigation au goutte à goutte, à l'aspersion et à la raie sur le rendement en feuilles du mûrier et l'économie d'eau . . . . . 101  
 B. SARATCHANDRA, L. RAJANNA, C. PARAMESHA, T. JAYAPPA, M.G. SABITHA, K.L. PHILOMENA, S.P. RAMESH

## Notes brèves / Brief notes

|                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Essais préliminaires d'élevage du ver à soie au Rwanda</b> . . . . . | <b>105</b> |
| Preliminary silkworm rearing trials in Rwanda . . . . .                 | 109        |
| B. BOEDTS                                                               |            |

|                                                                                                                                                         |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>A note on washing of eggs in varying temperatures of water after acid treatment in silkworm (<i>Bombyx mori</i> L.)</b> . . . . .                    | <b>111</b> |
| Note sur l'effet du lavage des oeufs de vers à soie ( <i>Bombyx mori</i> L.) dans l'eau à différentes températures après traitement à l'acide . . . . . | 113        |
| N.M. BIRAM SAHEB, B.B.S. NEGI, VINOD KUMAR, S.K. GUPTA, M.K.R. NOAMANI                                                                                  |            |

|                                                                                                                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Host-specificity and distribution of <i>Paracarophenax dermestidarum</i> Rack (Acarina : Acarophenacidae) in some grainages in Karnataka, India</b> . . . . . | <b>115</b> |
| Spécificité et distribution de <i>Paracarophenax dermestidarum</i> Rack (Acarina : Acarophenacidae) dans quelques grainages du Karnataka (Inde) . . . . .        | 119        |
| M. GEETHA BAI                                                                                                                                                    |            |

|                                                                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Studies on the alternate hosts of the uzi fly, <i>Exorista sorbillans</i> Wied. (Diptera : Tachinidae)</b> . . . . . | <b>123</b> |
| Etudes sur les hôtes de remplacement de la mouche uzi <i>Exorista sorbillans</i> Wied. (Diptera : Tachinidae) . . . . . | 125        |
| M.S. JOLLY, M. BAIG, M.V. SAMSON, O.K. REMADEVI                                                                         |            |

|                                                                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>An evaluation of elite mulberry varieties for yield and quality through bioassay</b> . . . . .            | <b>127</b> |
| Evaluation par essais biologiques du rendement et de la qualité de variétés performantes de mûrier . . . . . | 135        |
| B. SARATCHANDRA, L. RAJANNA, K.L. PHILOMENA, C. PARAMESHA, S.P. RAMESH, T. JAYAPPA, M.G. SABITHA             |            |

|                                                                                                                                         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Studies in the reproductive biology of mulberry. II - The effect of repeated pollinations on fruit and seed set</b> . . . . .        | <b>137</b> |
| Etudes sur la biologie de la reproduction chez le mûrier. II - Effet de pollinisations répétées sur les fruits et les graines . . . . . | 141        |
| R. KUMAR, S.B. DANDIN, S. RAVINDRAN, M.S. JOLLY, GARGI                                                                                  |            |

|                                                                                                                                                                    |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Age-related changes in total cholesterol concentration in the haemolymph of Eriworm, <i>Philosamia ricini</i> (Boisd.), (Saturniidae)</b> . . . . .             | <b>143</b> |
| Variations en fonction de l'âge de la concentration en cholestérol dans l'hémolymphe du ver à soie Eri, <i>Philosamia ricini</i> (Boisd.), (Saturniidae) . . . . . | 147        |
| B. SAPAMCHA, R. HANDIQUE                                                                                                                                           |            |

|                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Utility of dead tasar silk pupae and moths as fish food</b> . . . . .                          | <b>149</b> |
| Utilisation des chrysalides et des papillons tasar morts comme nourriture pour poissons . . . . . | 153        |
| ARUNA SINGH, A.K. TRIPATHI, D.P. SINHA                                                            |            |

|                                               |            |
|-----------------------------------------------|------------|
| <b>Bibliographie / Bibliography</b> . . . . . | <b>155</b> |
|-----------------------------------------------|------------|

## REVIEW OF RESEARCH WORK IN POST-COCOON HARVEST TECHNOLOGY IN INDIA

T.N. SONWALKAR\*

Director, Central Silk Technological Research Institute, 16(42), Vanivilas Road, Basavanagudi,  
Bangalore - 560 004, India.

**Keywords :** Filature, cocoon processing, silk standards.

### 1. INTRODUCTION

The paper discusses the research studies undertaken so far in silk technology in the background of the present position of the silk industry in India.

#### 1.1 Cocoon quality

Till 1970, Indian sericulture was mostly oriented to multivoltine silk. Multivoltine cocoons were soft, flossy, yielding short filament. Evolution of bivoltine races for tropics has led to the production of improved multi  $\times$  bivoltine cocoons which would give better yield and quality. Though the Indian multivoltine cocoons are very well adapted they are strikingly low in productivity. Efforts have been made to improve the quality of cocoons by introducing high-yielding hybrids and bivoltine races. The cocoon quality has been improved over the years. Cocoons are firm with less amount of floss and the filament length is higher. The renditta has also been reduced. But variation of cocoons' size, weight and shell compactness in a lot is still to be improved.

#### 1.2 Marketing of cocoons

Marketing of cocoons was not systematic. Only recently in Karnataka (premier sericulture state) regulated cocoon markets for buying and selling cocoons were established. The silkworm egg producers have to get licences and also they have certain restrictions as regards the quality of their seeds produced. The reelers also should have licences to buy the cocoons in the notified markets. The sale of the cocoons is by public auction. The establishment of cocoon market is gaining popularity slowly.

Though the establishment of cocoon market has put an end to the exploitation of the farmers by the reelers as well as the silkworm egg producers, it is not giving way for fair trade because of the absence of quality-based price fixing. There is no system for testing and grading the cocoons before transaction. This leads to unfair practices and the farmers will have no incentive to produce better quality cocoons.

#### 1.3 Reeling devices

In India, there are three distinct reeling devices in the mulberry sector, namely Charkha – crude system of reeling comprising about 21,850 units whose production is about 50 % of the total production, cottage basin system – improved over charkha comprising about 7,250 units whose production contribution is about 40 % of the total silk production, and multiend (filature) basin system – supposed to be the modern version in India comprising about 5,660 installed basins out of which 3,000 are active and whose production contribution is about 10 % of the total silk production.

---

Present address : 1209, 5th Cross, I. Phase, J.P. Nagar, Bangalore - 560 078, India.

There are about 4-5 small automatic reeling units imported from Japan. It has been experienced that the automatic reeling technique has not been suitable for multivoltine hybrid cocoons commercially available in the country. Whereas this technique has been found suitable for bivoltine cocoons only, for gaining production rate for saving labour force and quality of uniform denier raw silk from bivoltine cocoons. But the investment cost is the factor to be considered in India, since an automatic reeling machine is a very costly unit as compared to a multiend reeling unit.

The main reason why charkha is still dominating in Indian silk reeling industry is that the bulk of raw silk produced is used in the handloom industry, wherein the cost factor of the raw material has to be kept as low as possible for the rate of the finished product saleable. Secondly, the establishment of a charkha unit does not need any big investment or special skill and this enables charkha silk to be sold at a minimum price, which is very much wanted by the handloom industry. Thirdly, the inferior quality multivoltine and defective cocoons available at lower prices can be reeled more economically on charkha than on cottage basin or multiend basin.

#### **1.4 Raw silk testing and grading**

Raw silk testing and grading is not compulsory in India before transaction. Here silk is sold without testing/grading and without even determining the conditioned weight of raw silk.

There are three silk conditioning and testing houses in India for routine testing of raw silk in the country. However, they are not adequate to cope with the testing of all the lots which are transacted daily in the country. Central Silk Technological Research Institute has recently established a silk testing unit in order to bring about quality awareness among reelers and weavers for the overall benefit of the silk industry.

The establishment of testing houses will ensure the orderly development of filature industry on scientific lines and secondly it would lead to the production of raw silk conforming to international standards.

#### **1.5 Marketing of raw silk**

In order to stabilise the price of silk yarn and to ensure a reasonable price for silk yarn, regulated markets, called silk exchange, for marketing silk yarn were established recently in southern states. Both the reelers and reelers-cum-twisters are required to sell silk yarn in the silk exchange. Along with the silk exchange, a fully government-owned marketing body will also be there. The objective of this marketing body is to ensure that the merchants do not come to some secret understanding and rig the auctioning process. This body is to purchase at least 25 % of the market arrivals in open public auction. This will have a healthy influence over other buyers and act as a watchdog in addition to carrying on the normal trading activities.

#### **1.6 Role of research institutes**

There were three Central Sericultural Research Institutes under the Central Silk Board in the country until 1982 carrying out research in the fields of moriculture, sericulture and silk reeling. However, emphasis was given more on moriculture and sericulture. There was only a small section of fibre technology limited only to yarn manufacture, where there was no scope for carrying out research work in the fields of silk weaving, wet processing and machinery fabrication.

Although progress was made in recent years for improving the quality of raw materials (cocoons) in the country widespread research was not possible in the field of silk technology on account of limited facilities in the above three sericultural research institutes.

The small reeling section under the Central Sericultural Research and Training Institute at Mysore initiated a research programme of utmost practical importance. The research findings have in turn helped the development of silk industry in the country. Some of the research papers published by this reeling section got international appreciation. The reeling unit was later made into a full-fledged division of silk reeling and fibre technology with well-equipped laboratories for silk reeling/spinning and testing.

By virtue of the good contributions made by the division of fibre technology in the Institute, the Central Silk Board established a full-fledged independent technological research institute. The Central Silk Technological Research Institute (CSTRl) came into existence at Bangalore during 1983.

Some of the important research contributions made in post-cocoon harvest technology during the last two and a half decades are briefly discussed in the following pages.

## 2. COCOONS

**2.1 The studies on the variation of denier** throughout the reelable length of bave in exotic/indigenous mulberry silk cocoons revealed that the denier became finer from the peripheral layer to the innermost layer. However, the nature of the variation of denier was different in different races and the extent of variation showed impact on the evenness character of the resultant raw silk thread (Fig. 1) (Table I).

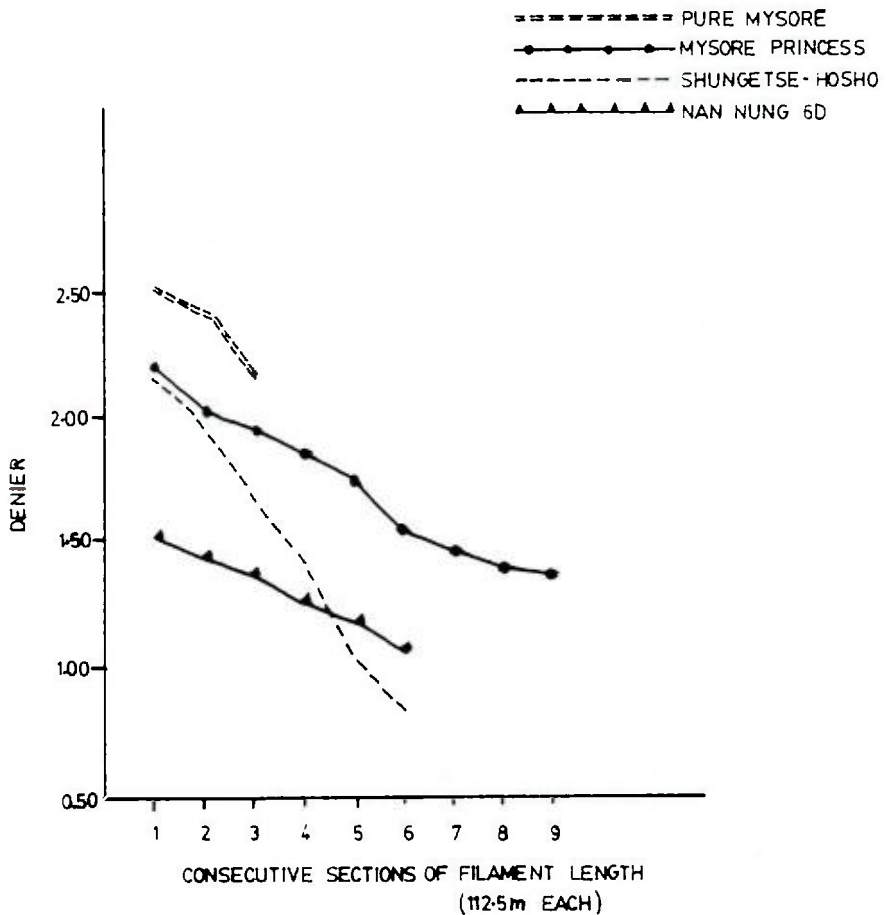


Fig. 1 : Denier variation in filament.

*Fig. 1 : Variation du denier du filament.*

Table I. Variation of filament denier amongst various breeds.

Tableau I. Variation du titre du filament chez diverses souches.

| Section | Pure Mysore            |                           | Nan Nung 6D            |                           | Shungetsu × Hosho      |                           | Mysore Princess        |                           |
|---------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| Section | Mean<br><i>Moyenne</i> | S.d.<br><i>Ecart type</i> | Mean<br><i>Moyenne</i> | S.d.<br><i>Ecart type</i> | Mean<br><i>Moyenne</i> | S.d.<br><i>Ecart type</i> | Mean<br><i>Moyenne</i> | S.d.<br><i>Ecart type</i> |
| 1       | 2.48                   | 0.20                      | 1.51                   | 0.19                      | 2.18                   | 0.18                      | 2.20                   | 0.37                      |
| 2       | 2.45                   | 0.15                      | 1.39                   | 0.19                      | 1.98                   | 0.21                      | 2.09                   | 0.30                      |
| 3       | 2.14                   | 0.27                      | 1.32                   | 0.18                      | 0.72                   | 0.22                      | 1.96                   | 0.28                      |
| 4       |                        |                           | 1.26                   | 0.17                      | 1.33                   | 0.29                      | 1.85                   | 0.23                      |
| 5       |                        |                           | 1.15                   | 0.18                      | 1.01                   | 0.23                      | 1.71                   | 0.22                      |
| 6       |                        |                           |                        | 0.24                      | 0.82                   | 0.19                      | 1.55                   | 0.25                      |
| 7       |                        |                           |                        |                           |                        |                           | 1.44                   | 0.20                      |
| 8       |                        |                           |                        |                           |                        |                           | 1.34                   | 0.15                      |
| 9       |                        |                           |                        |                           |                        |                           | 1.30                   | 0.19                      |

2.2 The comparative evaluation studies on pointed and oval cocoons showed that oval-shaped cocoons perform better in the reeling process than the pointed cocoons. Pointed cocoons cause more friction during the brushing resulting in more waste and sometimes causing burst opening of cocoons (Table II).

Table II. Comparative reeling performance between oval and pointed cocoons.

Tableau II. Performance comparée du dévidage des cocons de forme ovale et pointue.

| Sl. no.     | Character                                                        | Shape              |         |
|-------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|
|             |                                                                  | oval               | pointed |
| N° de série | Caractère                                                        | Forme              |         |
|             |                                                                  | ovale              | pointue |
| 1           | Average filament length / <i>Longueur moyenne de la bave</i> (m) | 970                | 840     |
| 2           | Average denier / <i>Denier moyen</i>                             | 2.05               | 2.05    |
| 3           | Rendita / <i>Rendement à la bassine</i>                          | 8.3                | 8.6     |
| 4           | Raw silk percentage / <i>Pourcentage de soie grège</i>           | 12.1               | 11.6    |
| 5           | Waste percentage / <i>Pourcentage de déchets</i>                 | 18.5               | 21.3    |
| 6           | Total breakage / <i>Cassures totales</i>                         | nil / <i>néant</i> | 2       |

2.3 A simple device known as double cup method for finding out specific gravity was developed with kerosene as a medium and the specific gravity of mulberry raw silk was found to be 1.34 and 1.35 (Fig. 2).

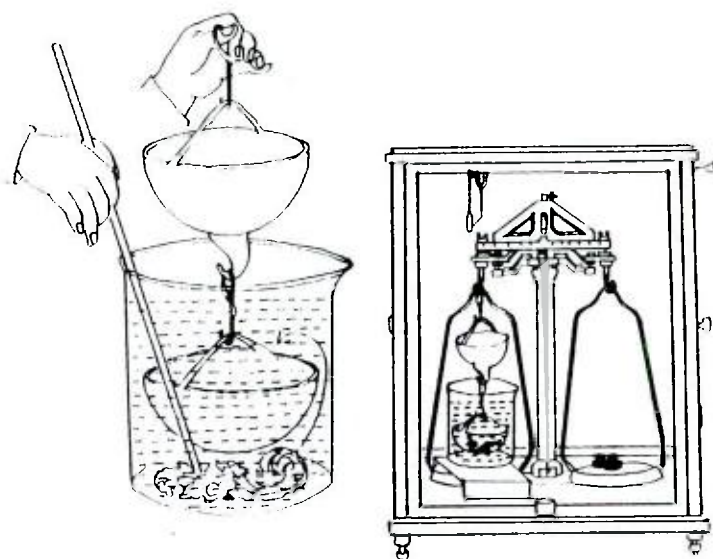


Fig. 2 : Double cup method for measuring the specific gravity of silk.

Fig. 2 : Méthode "double tasse" permettant de mesurer la densité de la soie.

2.4 Comparative spinning studies on 'Eri' and 'Mulberry' pierced cocoons proved that the degumming loss was higher and spinning performance was better in the case of mulberry cocoons than in the case of eri cocoons. It was also found that the pedal type spinning device was quite suitable for spinning mulberry pierced cocoons for 20s count (Table III).

Table III. Spinning performance of hand spun yarns.

Tableau III. Performance de filage à la main.

| Spinning machine  | Production (g) |          | Yield*     |          | Waste*   |          |
|-------------------|----------------|----------|------------|----------|----------|----------|
|                   | Eri            | Mulberry | Eri        | Mulberry | Eri      | Mulberry |
| Machine à filer   | Production (g) |          | Rendement* |          | Déchets* |          |
|                   | Eri            | Mûrier   | Eri        | Mûrier   | Eri      | Mûrier   |
| NR Das            | 14.0           | 15.4     | 71.3       | 80.8     | 26.1     | 15.0     |
| Choudhury         | 14.3           | 15.6     | 69.3       | 83.2     | 25.0     | 13.5     |
| Trivedi           | 14.0           | 14.9     | 72.2       | 80.3     | 23.1     | 18.4     |
| Average / Moyenne | 14.1           | 15.3     | 70.9       | 81.4     | 24.7     | 15.6     |

\* On the basis of degummed material / Sur la base du matériel décreusé.

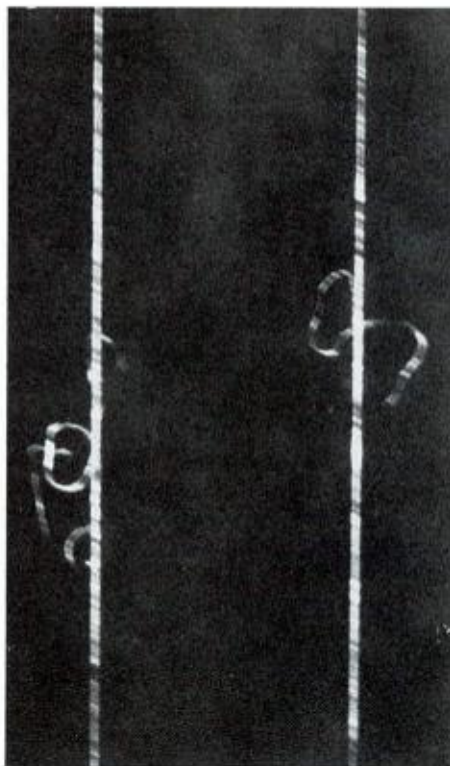


Fig. 3 : Filament neatness character.

*Fig. 3 : Netteté du filament.*

Table IV. Loops on filament.

*Tableau IV. Boucles sur le filament.*

| Strain          | Mean filament length (m)                | Mean no. of loops /filament (cocoon)            | Mean no. of loops /100 metre filament            |
|-----------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <i>Souche</i>   | <i>Longueur moyenne du filament (m)</i> | <i>Nombre moyen de boucles/filament (cocon)</i> | <i>Nombre moyen de boucles/100 m de filament</i> |
| Mysore Princess | 818                                     | 14                                              | 1.7                                              |
| Pure Mysore     | 336                                     | 41                                              | 12.3                                             |

**2.5 Investigations on the degumming loss and spinning performance** of pierced and cut cocoons in the silkworm, *Bombyx mori* L., revealed that the degumming loss was higher in the case of pierced cocoons (29.1 %) than in the case of cut cocoons (27.4 %). The degumming loss was higher in cocoons with floss (28.9 %) as compared to cocoons without floss (27.6 %). The spinning yield was more (88.9 %) and waste percentage was less (10.1 %) in the case of pierced cocoons as compared to cut cocoons (86.7 % and 12.2 %, respectively). However, cocoons with floss and cocoons without floss did not show any difference in these two characteristics.

**2.6 Neatness study of the filament of Pure Mysore and Mysore Princess** races after detailed examination of the filament reeled from the cocoon revealed that there were a number of loops on the filament. It was also noticed that the filament with a higher number of loops was correlated with poor cleanness and neatness character of raw silk. Significant superiority of filament neatness in the Mysore Princess race was observed (Fig. 3) (Table IV).

**2.7 The renditta of the cocoon lot** can be assessed with the help of some constants derived from the actual reeling on the basis of raw silk percentage.

$$\text{Estimated renditta} = \frac{\text{Constant}}{\text{Actual shell percentage of the cocoon lot}}$$

The constant being :

165 for cocoons having a shell percentage in the range of 14-16

150 for cocoons having a shell percentage in the range of 17-20

133 for cocoons having a shell percentage in the range of 21-23

Once we know the estimated renditta, the cocoon price may be assessed as follows :

$$\text{Cost of cocoon per kg} = \frac{\text{Kakame cost}}{\text{Estimated renditta}}$$

Kakame cost being the cost of that quantity of cocoons required to produce one kg of raw silk.

This method can be adopted in the cocoon markets for assessing the fair price of the cocoon lot. Estimated renditta will be satisfactorily closer to the actual renditta provided the percentage of defective cocoons is within five. When the defective cocoon percentage is higher, allowance has to be given. For every one per cent increase in defective cocoons, the renditta increases by 0.1 %.

The correlation coefficient between the actual renditta and estimated renditta is 0.91 and 0.81 for multivoltine hybrid cocoons reeled on improved charkha and automatic reeling machine, respectively.

**2.8 Investigation of degumming loss** in indigenous, exotic races as well as hybrid cocoons revealed that the degumming loss was higher in the case of indigenous race cocoons (Pure Mysore) (30.7 %) than in the case of exotic race cocoons (Meigetsu) (25 %). The degumming loss in the case of hybrid cocoons (Pure Mysore × Meigetsu) (27.9 %) stood in-between. Lower degumming loss indicates the superior quality of cocoons.

**2.9 Study on the influence of colour and size of tasar (daba) cocoons** on reeling performance proved that the cocoon weight, shell weight, filament length and denier varied in proportion to the cocoon size in both colours. There was no significant difference in these characters between the two colours. However, in mass reeling, the study did not show any difference in the production (wt.) either between the colours or between the sizes, but surprisingly small-sized cocoons showed longer length of raw silk reeled per unit time with lowest raw silk denier without affecting the production (wt.) as compared to large and medium-sized cocoons. Also yellow cocoons showed longer length of raw silk

Table V. Influence of colour and size of cocoon on reeling performance.

Tableau V. Influence de la couleur et de la taille du cocon sur la performance de dévidage.

| Characteristics                                                                                       | Cocoon quality / <i>Qualité du cocon</i> |                     |                        |                     |                        |                     | CD |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|----|
|                                                                                                       | Large / <i>Grand</i>                     |                     | Medium / <i>Moyen</i>  |                     | Small / <i>Petit</i>   |                     |    |
| <i>Caractéristiques</i>                                                                               | Yellow<br><i>Jaune</i>                   | Grey<br><i>Gris</i> | Yellow<br><i>Jaune</i> | Grey<br><i>Gris</i> | Yellow<br><i>Jaune</i> | Grey<br><i>Gris</i> |    |
| 1. Dry weight / <i>Poids sec</i> (g)                                                                  | 5.27                                     | 5.17                | 4.21                   | 4.12                | 3.26                   | 3.41                | *  |
| 2. Shell weight / <i>Poids de la coque</i> (g)                                                        | 2.23                                     | 2.18                | 1.71                   | 1.77                | 1.41                   | 1.48                | *  |
| 3. Av. filament length (m)<br><i>Longueur moyenne du filament (m)</i>                                 | 1058                                     | 1112                | 894                    | 931                 | 777                    | 884                 | *  |
| 4. Av. filament denier<br><i>Denier moyen du filament</i>                                             | 11.69                                    | 11.94               | 10.80                  | 10.86               | 9.85                   | 10.26               | *  |
| 5. Av. length of raw silk/4 ends/hr<br><i>Longueur moyenne de soie grège/4 bouts/hr</i>               | 6983                                     | 6578                | 6763                   | 5641                | 7400                   | 6939                | *  |
| 6. Av. denier of silk / <i>Denier moyen de soie</i>                                                   | 63.19                                    | 67.54               | 64.03                  | 63.20               | 57.07                  | 61.19               | ** |
| 7. Av. production of raw silk/4 ends/hr (g)<br><i>Production moyenne de soie grège/4 bouts/hr (g)</i> | 48.97                                    | 49.23               | 48.07                  | 39.63               | 46.60                  | 47.17               | NS |

\* At 5 % between size and colours / *Intervalle de confiance au seuil de 5 % entre la taille et la couleur.*

\*\* At 5 % between size only / *Intervalle de confiance au seuil de 5 % entre les tailles.*

NS : Not significant / *Non significatif.*

Table VI. Total driage percentage of fresh cocoons from harvesting day till moth emergence.

Tableau VI. Pourcentage total de séchage de cocons frais du jour de la récolte à l'émergence des papillons.

| Season<br>(1966-68)            | Pure<br>Mysore         | Mysore<br>Princess         | Kolar<br>Gold         | Kollegal<br>Jawan         | Average<br>temperature<br>(°F)          | Average<br>humidity<br>(%)          |
|--------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Saison<br/>(1966-68)</i>    | <i>Pure<br/>Mysore</i> | <i>Mysore<br/>Princess</i> | <i>Kolar<br/>Gold</i> | <i>Kollegal<br/>Jawan</i> | <i>Température<br/>moyenne<br/>(°F)</i> | <i>Humidité<br/>moyenne<br/>(%)</i> |
| Jan.-Feb. / <i>Jan.-fév.</i>   | 7.13                   | 7.68                       | 8.31                  | 7.71                      | 80                                      | 71                                  |
| March / <i>Mars</i>            | -                      | 7.51                       | 7.81                  | 9.92                      | 86                                      | 45                                  |
| Aug.-Sept. / <i>Août-sept.</i> | 7.24                   | 8.15                       | 11.62                 | 7.73                      | 83                                      | 67                                  |
| Sept.-Oct. / <i>Sept.-oct.</i> | 7.34                   | 6.35                       | 4.92                  | 7.63                      | 82                                      | 80                                  |
| Nov.-Dec. / <i>Nov.-Déc.</i>   | 9.89                   | 10.22                      | 10.89                 | 9.61                      | 75                                      | 66                                  |

as compared to grey cocoons in mass reeling, indicating that the filament unwinding was better in small-sized cocoons in both colours and in all the cocoons of yellow colour. There was no difference in reelability between the coloured cocoons. However, a slight difference in reelability appeared between the different sized cocoons, indicating that it would be worthwhile to classify the cocoons into various sizes and colours for reeling them separately in the industry (Table V).

**2.10 Intensive studies on driage in cocoon** from harvesting date up to the moth emergence showed that difference in driage between cocoons and also between seasons was found. Minimum and maximum driages were 5 % and 12 % respectively from the date of harvesting up to moth emergence. Multivoltine cocoons showed higher driage as compared to bivoltine cocoons (Table VI).

**2.11 Studies on driage of cocoons after hot air stifling** showed that driage was maximum in Pure Mysore cocoons to the extent of 67 % followed by multivoltine hybrid cocoons (63 %) and bivoltine cocoons (60 %).

### 3. SILK REELING

#### 3.1 CSTRI improved charkha

The charkha system of reeling which is widely used in India for the production of raw silk is very crude and unhygienic. Therefore CSTRI has evolved an improved charkha by making suitable modifications in the mechanisms to improve the quality of raw silk and provide better working conditions to the reelers (Fig. 4). The salient features of CSTRI improved charkha are :

- a. Smoke-free working conditions with provision of smokeless improved oven.
- b. Separate cooking and reeling basin, where the temperature is hardly 40 °C, so that the reeler need not put his hands in boiling water while reeling.
- c. Independent croissure (Tavallette system).
- d. Long passage of thread.
- e. Efficient drying system for thread.
- f. Uniform drying system for thread.
- g. Quick and smooth collapsing system for reel while doffing.

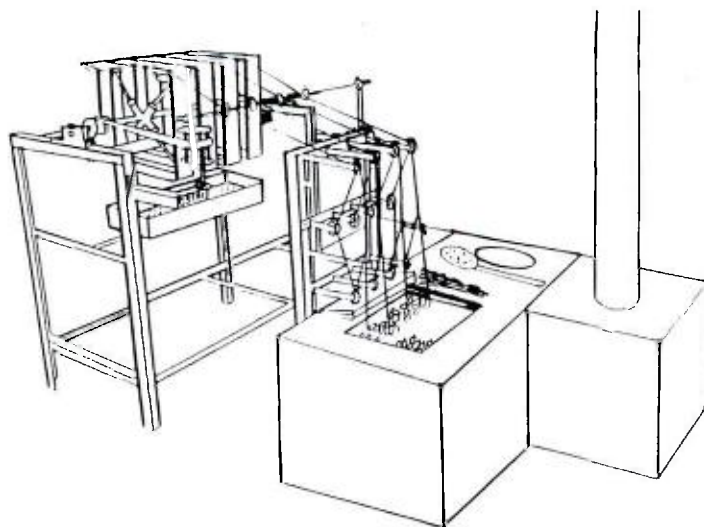


Fig. 4 : CSTRI improved charkha.

*Fig. 4 : Charkha perfectionnée du CSTRI.*

### 3.2 CSTRI multiend reeling machine

The reeling device has a great influence on the productivity and quality of raw silk. Even if there are good cocoons, processed with proper technique, the quality of the raw silk will be spoiled if they are not reeled on standard machines.

So far the standard multiend reeling machine with perfect alignment, proper tension and simplicity in designing was not available. With the result, silk reeled (from multivoltine cocoons) on existing multiend reeling machines in the country was not coming to standard quality, particularly winding breaks and size deviation used to be abnormally high.

In view of the above, CSTRI has fabricated an improved multiend reeling machine by perfecting the alignment, incorporating automatic reel stop motion, efficient jetteboute driving system, planetary device traverse mechanism and proper croissure. The machine has been designed and fabricated in such a way that it imparts minimum tension during its passage. The yarn tension during reeling is well within the norms of 0.4 g/d. The overall quality of raw silk reeled from multivoltine hybrid cocoons on CSTRI multiend reeling machine stands to B/C grade of international standards (Fig. 5) (Table VII).

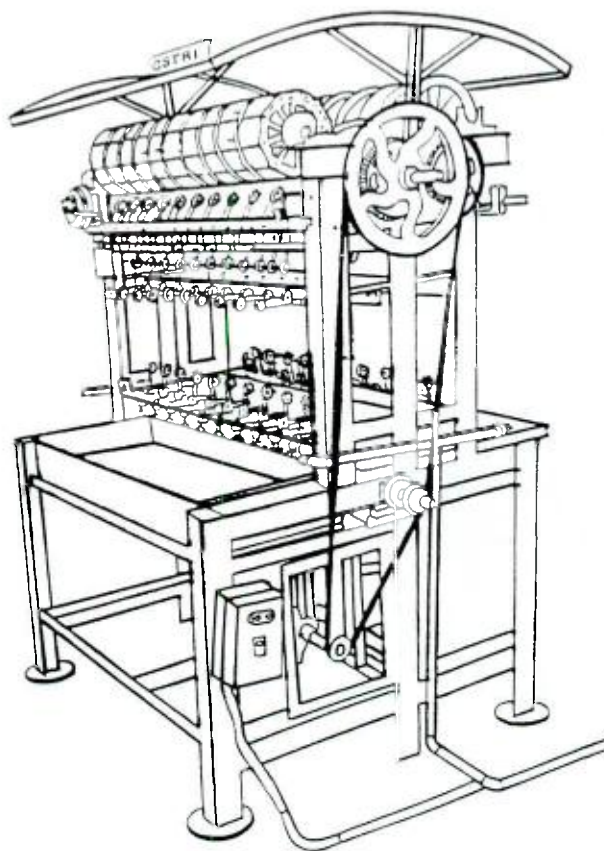


Fig. 5 : CSTRI multiend reeling machine.

*Fig. 5 : Bassine multibouts du CSTRI.*

**Table VII. Reeling performance and quality particulars of silk reeled on CSTRI multiend reeling machine from multivoltine hybrid cocoons.**

*Tableau VII. Performance de dévidage et caractéristiques de la soie des cocons polyvoltins hybrides dévidés sur la machine multibouts du CSTRI.*

| Sl. no.<br>N° de série | Reeling performance /<br>particulars<br>Performance de dévidage /<br>détails | Sl. no.<br>N° de série | Quality particulars /<br>characteristics<br>Caractéristiques de qualité | Multivoltine silk<br>Soie polyvoltine | Grade<br>Grade |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| I                      | Cocoon characteristics / <i>Caractéristiques du cocon</i>                    | 1.                     | Average size / <i>Titre moyen (d)</i>                                   | 21.62                                 | -              |
|                        | 1. Single cocoon weight / <i>Poids d'un cocon (g)</i>                        | 2.                     | Size deviation / <i>Déviation du titre</i>                              | 1.4                                   | 3A             |
|                        | 2. Single shell weight / <i>Poids d'une coque (g)</i>                        | 3.                     | Maximum deviation / <i>Déviation maximale</i>                           | 2.64                                  | 6A             |
|                        | 3. Shell percentage / <i>Richesse soyeuse</i>                                | 4.                     | Evenness / <i>Régularité (%)</i>                                        | 84.00                                 | A              |
|                        | 4. Ave. filament length (m)                                                  | 5.                     | Ave. cleanness / <i>Propreté moyenne (%)</i>                            | 85.00                                 | C              |
|                        | 4. <i>Longueur moyenne du filament (m)</i>                                   | 6.                     | Ave. neatness / <i>Netteté moyenne (%)</i>                              | 84.00                                 | C              |
|                        | 5. Ave. non-breakable filament length (m)                                    | 7.                     | Winding breaks/40 skeins/hr                                             | 8.00                                  | 3A             |
|                        | 5. <i>Longueur moyenne d'un fil sans casse (m)</i>                           | 7.                     | <i>Casses au reflottage/40 flottes/hr</i>                               |                                       |                |
|                        | 6. Single cocoon filament denier (d)                                         | 8.                     | Tenacity / <i>Résistance (g/d)</i>                                      | 3.8                                   | 6A             |
|                        | 6. <i>Denier du filament d'un cocon (d)</i>                                  | 9.                     | Elongation / <i>Allongement (%)</i>                                     |                                       |                |
|                        |                                                                              | 10.                    | Cohesion (strokes) / <i>Cohésion (coups)</i>                            | 69.00                                 | 6A             |
| II                     | Reeling characteristics / <i>Caractéristiques du dévidage</i>                |                        |                                                                         |                                       |                |
|                        | 1. Rendita / <i>Rendement à la bassine</i>                                   |                        |                                                                         |                                       |                |
|                        | 2. Raw silk percentage / <i>Pourcentage de soie grège</i>                    |                        |                                                                         |                                       |                |
|                        | 3. Waste percentage on silk weight                                           |                        |                                                                         |                                       |                |
|                        | 3. <i>Pourcentage de déchets sur le poids de soie</i>                        |                        |                                                                         |                                       |                |

The overall grade of multivoltine raw silk reeled on CSTRI Multiend Machine is 'C'.  
*Le grade global de la soie grège polyvoltine dévidée sur la bassine multibouts du CSRTI est "C".*

**3.3 Experiments were conducted** on hot air drying methods for multivoltine and bivoltine cocoons at different driage levels along with steam stifling and comparison of its reeling performance on cottage basin and on automatic reeling machine. The cocoons dried at 16 % driage level, reeled on cottage basin and also on automatic reeling machine, showed better renditta as compared to 31 % and 46 % driage level. However, steam-stifled multivoltine cocoons showed the lowest renditta consistently in all the experiments (Tables VIII and IX).

**Table VIII. Average test results on the effect of different driage percentages of multivoltine cocoons on reeling performance with cottage basin and automatic reeling machine.**

*Tableau VIII. Résultats moyens des tests concernant l'effet de différents degrés de séchage des cocons polyvoltins sur la performance de dévidage à la bassine artisanale et à la bassine automatique.*

| Sl. no.                 | Driage (%)            | Cottage basin<br>open pan cooking                    |                        |                                   | Automatic reeling machine<br>pressurised cooking (conveyor type) |                        |                                   |
|-------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
|                         |                       | Duration of cooking (min.)                           | Renditta               | Waste % on silk weight            | Duration of cooking (min.)                                       | Renditta               | Waste % on silk weight            |
| N <sup>o</sup> de série | Séchage (%)           | Bassine artisanale<br>cuisson à la casserole ouverte |                        |                                   | Bassine automatique<br>cuisson sous pression (type convoyeur)    |                        |                                   |
|                         |                       | Durée de la cuisson (min.)                           | Rendement à la bassine | % de déchets sur poids de la soie | Durée de la cuisson (min.)                                       | Rendement à la bassine | % de déchets sur poids de la soie |
| 1                       | 16                    | 3                                                    | 9.1                    | 27.2                              | 15                                                               | 9.0                    | 24.1                              |
| 2                       | 31                    | 5                                                    | 9.3                    | 29.5                              | 15                                                               | 9.4                    | 26.2                              |
| 3                       | 46                    | 7                                                    | 9.7                    | 32.3                              | 15                                                               | 9.6                    | 28.0                              |
| 4                       | Steam stifling        | 3                                                    | 8.4                    | 24.2                              | 15                                                               | 9.5                    | 25.7                              |
| 4                       | Etouffage à la vapeur |                                                      |                        |                                   |                                                                  |                        |                                   |

It is recommended that for multivoltine hybrid cocoons which are available almost throughout the year, steam stifling (chamber type), open pan cooking and reeling on multiend basin should be followed.

**3.4 The quality of water** influences the cooking efficiency, reelability of cocoons, reeling efficiency and quality of raw silk.

It has been found from the experimental results that water softened to the extent of 85-90 ppm and a pH in the range of 6.8-7.4 improves the reeling performance as well as the quality of raw silk. In order to maintain the optimum hardness, CSTRI has evolved a simple method of softening reeling water with the help of EDTA (ethylenediaminetetra-acetic acid). From the test results it was observed that the cocoons reeled in treated water showed considerable improvement in lustre, winding breaks and size deviation of the silk reeled in treated water (Table X).

Table IX. Average test results on the effect of different driage percentages of bivoltine cocoons on the reeling performance with cottage basins and automatic reeling machine.

*Tableau IX. Résultats moyens des tests concernant l'effet de différents degrés de séchage des cocons bivoltins sur la performance de dévidage à la bassine artisanale et à la bassine automatique.*

| Sl. no.     | Driage percentage      | Cottage basin open pan cooking                    |                        |     |     |                                   | Automatic reeling machine pressurised cooking (conveyor type) |                        |     |     |                                   |
|-------------|------------------------|---------------------------------------------------|------------------------|-----|-----|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------|-----|-----|-----------------------------------|
|             |                        | Duration of cooking (min.)                        | Renditta               |     |     | Waste % on silk weight            | Duration of cooking (min.)                                    | Renditta               |     |     | Waste % on silk weight            |
|             |                        |                                                   | I                      | II  | III |                                   |                                                               | I                      | II  | III |                                   |
| N° de série | Pourcentage de séchage | Bassine artisanale cuisson à la casserole ouverte |                        |     |     |                                   | Bassine automatique cuisson sous pression (type convoyeur)    |                        |     |     |                                   |
|             |                        | Durée de la cuisson (min.)                        | Rendement à la bassine |     |     | % de déchets sur poids de la soie | Durée de la cuisson (min.)                                    | Rendement à la bassine |     |     | % de déchets sur poids de la soie |
|             |                        |                                                   | I                      | II  | III |                                   |                                                               | I                      | II  | III |                                   |
| 1           | 16                     | 3                                                 | 7.9                    | 8.9 | 7.7 | 20.9                              | 15                                                            | 7.9                    | 9.3 | 7.9 | 25.7                              |
| 2           | 31                     | 5                                                 | 8.0                    | 9.0 | 7.8 | 21.5                              | 15                                                            | 8.5                    | 9.6 | 8.0 | 26.8                              |
| 3           | 46                     | 7                                                 | 8.2                    | 8.8 | 8.3 | 27.9                              | 15                                                            | 8.5                    | 9.8 | 8.4 | 27.0                              |
| 4           | Steam stifling         | 3                                                 | 7.7                    | 8.8 | 7.8 | 20.2                              | 15                                                            | 8.7                    | 9.9 | 9.2 | 29.9                              |
| 4           | Etouffage à la vapeur  |                                                   |                        |     |     |                                   |                                                               |                        |     |     |                                   |

3.5 Studies on working of automatic reeling machine showed that the automatic reeling technique associated with hot air drying, pressurised cooking was suitable for bivoltine cocoons but unsuitable for multivoltine cocoons. Multivoltine cocoons being flossy/flimsy and with a short filament, they were not satisfactorily cooked under pressurised system and reeled on an automatic reeling machine resulting in loss of yield (Table XI).

3.6 Studies on comparative reeling performance of bivoltine cocoons on automatic reeling machine as compared to the multiend reeling machine showed no difference in renditta between automatic machine and multiend reeling machine either with open pan or pressurised cooking. However, there was a difference (0.5) in renditta between the automatic machine and the multiend reeling machine with 3 pan cooking system, the latter giving better renditta than the former. There was an improvement in the production rate per end on the automatic machine (1 kg/person/day for 21d raw silk) and the silk reeled was also very good with minimum size deviation. Thus it may be inferred that bivoltine cocoons should be stifled by the hot air method and they should be cooked either with 3 pan system or pressurised system and reeled either on improved multiend reeling or an automatic reeling machine (Tables XII and XIII).

3.7 Studies on the relationship between shell percentage and renditta/raw silk percentage showed that the raw silk percentage was directly correlated with the shell percentage. So cocoons quality must be assessed on the basis of shell percentage (the higher the shell percentage, the better the cocoon quality) (Fig. 6).

Table X. Average results on reeling performance and quality of raw silk.

*Tableau X. Résultats moyens sur la performance de dévidage et la qualité de la soie grège.*

| Sl. no.     | Particulars                                                       | Before treatment | After treatment with EDTA |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------|
| N° de série | Caractéristiques                                                  | Avant traitement | Après traitement à l'EDTA |
| 1           | Total hardness of water / <i>Dureté totale de l'eau</i> (ppm)     | 234              | 86                        |
| 2           | Water pH / <i>pH de l'eau</i>                                     | 7.3              | 7                         |
| 3           | Cooking efficiency / <i>Efficacité de la cuisson</i>              | 95.5             | 96                        |
| 4           | Rendita / <i>Rendement à la bassine</i>                           | 10.1             | 9.9                       |
| 5           | Raw silk percentage / <i>Pourcentage de soie grège</i>            | 9.9              | 10.1                      |
| 6           | Winding breaks/skein/hr / <i>Cassures au reflottage/flotte/hr</i> | 3                | 2                         |
| 7           | Average size / <i>Taille moyenne</i> (d)                          | 27.88            | 26.66                     |
| 8           | Size deviation / <i>Déviation du titre</i> (d)                    | 3.82             | 2.67                      |
| 9           | Tenacity / <i>Résistance</i> (g/d)                                | 3.83             | 3.86                      |
| 10          | Elongation / <i>Allongement</i> (%)                               | 21.18            | 20.76                     |
| 11          | Degumming loss / <i>Perte au décreusage</i> (%)                   | 21.1             | 21.59                     |

**3.8 Preliminary observations on the time involved in various silk reeling operations** revealed that the maximum time involved was in feeding end to jettebout (about 29 %) and cleaning pupae/dropped cocoons in the reeling basins (27 %). It was also found that the 10-end multiend reeling machine would be suitable for multi voltine hybrid cocoons.

**3.9 About 90 % of the raw silk produced in India** is from charkha and cottage basin reeling sectors. These two reeling sectors consume quite a large quantity of firewood, twig, etc. The ovens constructed for charkha and cottage basin reeling units for cocoon cooking and reeling are primitive, open type and not scientifically designed. These open type ovens consume more fuel and produce more smoke, which affects the health of the worker.

CSTRI has designed economic ovens for charkha and cottage basin reeling units in order to save fuel and provide better working conditions. There will be a saving in fuel to the extent of 25 to 30 % in CSTRI economic ovens.

**3.10 Studies on reeling of urinated cocoons** proved that reeling stained cocoons immediately in fresh condition was better as compared to stifled condition either with steam or hot air. However, it was not commercially practicable to use chemicals to improve the reeling performance of stained cocoons in the reeling basins.

**3.11 Studies on reeling of muga cocoons** have shown that cottage basin reeling is more suitable than any other appliance in respect of production and quality. The silk reeled on cottage basin will have no twist as in the case of mulberry raw silk reeling. However, twist can be imparted after reeling, on a separate twisting machine whose cost will be very much compensated by increase in production on cottage basin. CSTRI has designed and fabricated a four-end cottage basin exclusively for muga reeling (Table XIV).

Table XI. Reeling performance of bivoltine and multivoltine cocoons on automatic reeling machine.

Tableau XI. Performance de dévidage des cocons bivoltins et polyvoltins sur bassine automatique.

| Sl. no.     | Particulars                                                                              | Overall average  |              |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------|
|             |                                                                                          | Bivoltine        | Multivoltine |
| N° de série | Caractéristiques                                                                         | Moyenne générale |              |
|             |                                                                                          | Bivoltins        | Polyvoltins  |
| 1           | Single cocoon wt. / Poids d'un cocon (g)                                                 | 1.58             | 1.419        |
| 2           | Single shell wt. / Poids d'une coque (g)                                                 | 0.335            | 0.237        |
| 3           | Shell ratio / Richesse soyeuse (%)                                                       | 21.12            | 16.8         |
| 4           | Average filament length / Longueur moyenne de la bave (m)                                | 1030             | 579          |
| 5           | Average non-breakable filament length (m)<br><i>Longueur moyenne d'un fil sans casse</i> | 913              | 506          |
| 6           | Denier of the filament / Denier de la bave (d)                                           | 2.3              | 2.46         |
| 7           | Defective cocoon percentage / Cocons défectueux (%)                                      | 5.6              | 5.6          |
| 8           | Rendita / Rendement à la bassine                                                         | 7.3              | 10.6         |
| 9           | Raw silk percentage / Pourcentage de soie grège                                          | 67               | 57           |
| 10          | Reeling waste / Déchets au dévidage (%)                                                  | 14.1             | 23.2         |
| 11          | Average denier / Titre moyen (d)                                                         | 23.16            | 23.45        |
| 12          | Size deviation / Déviation du titre                                                      | 1.278            | 1.43         |
| 13          | Maximum size deviation / Déviation maximale du titre                                     | 2.431            | 1.511        |
| 14          | Production/7 hr/40 ends / Production/7 hr/ 40 bouts                                      | 4.378            | 3.971        |

#### 4. SPINNING

**4.1 Studies on the utilisation of waste cocoons** on hand spinning showed that with a standardised degumming technique and spinning on pedal type charkha both mulberry and non-mulberry cocoons, without much investment, were profitably spun into 20s count. With about 15 days' training a person could take up hand spinning in rural area and earn about Rs. 25/- per day.

**4.2 Studies on blending of Eri and synthetic fibres** with mulberry silk fibre showed that the blended yarn (67 % mulberry and 33 % eri) was fashionable for using as weft. Studies were also undertaken to blend polyester fibres with silk waste and spinning was done on cotton version of spinning plant. The blended yarn was good on powerloom weaving and, to some extent, the fabric was crease resistant (Table XV).

**4.3 Studies on Ambar Charkha for silk waste spinning** showed that with a certain amount of modification in cotton Ambar Charkha it is possible to process the silk waste both of mulberry and non-mulberry and spun into medium count yarn.

Table XII. Reeling performance of bivoltine cocoons on (A) automatic reeling machine\* and (B) multiend reeling machine\*.

*Tableau XII. Performance de dévidage des cocons bivoltins sur (A) bassine automatique\* et (B) bassine multibouts\*.*

| Sl. no.     | Reeling performance<br>(average of 2 lots)                                                               | A     | B     |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| N° de série | Performance de dévidage<br>(moyenne de 2 lots)                                                           | A     | B     |
| 1           | Rendita / Rendement à la bassine                                                                         | 7.4   | 7.5   |
| 2           | Reeling waste / Déchets au dévidage (%)                                                                  | 14    | 13    |
| 3           | Reelability / Dévidabilité (%)                                                                           | 72    | 72    |
| 4           | Production/7 hrs (kg) (A=40 ends and B=10 ends each)<br>Production/7 hrs (kg) (A=40 bouts et B=10 bouts) | 3.963 | 1.004 |
| 5           | Average size / Titre moyen (d)                                                                           | 20.42 | 24.39 |
| 6           | Size deviation / Déviation du titre                                                                      | 0.96  | 2.204 |

\* With pressurised cooking / Cuisson sous pression.

Cocoon characters (average) / Caractères du cocon (moyenne) :

- Shell % / Richesse soyeuse : 18.74

- Filament length / Longueur du filament (m) : 1007

- Filament denier / Titre du filament : 2.28

Table XIII. Reeling performance of bivoltine cocoons on (A) automatic reeling machine\* as compared to reeling on (B) multiend reeling machine\*\*.

*Tableau XIII. Performance de dévidage des cocons bivoltins sur bassine automatique (A)\* et sur bassine multibouts (B)\*\*.*

| Sl. no.     | Reeling performance<br>(average of 4 lots)     | A<br>(40 ends)  | B<br>(10 ends)  |
|-------------|------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| N° de série | Performance de dévidage<br>(moyenne de 4 lots) | A<br>(40 bouts) | B<br>(10 bouts) |
| 1           | Rendita / Rendement à la bassine               | 7.4             | 6.9             |
| 2           | Reeling waste / Déchets au dévidage (%)        | 16.3            | 18.4            |
| 3           | Reelability / Dévidabilité (%)                 | 67              | 72              |
| 4           | Production/7 hrs (kg)                          | 3.601           | 0.694           |
| 5           | Average size / Titre moyen (d)                 | 19.99           | 21.14           |
| 6           | Size deviation / Déviation du titre            | 1.53            | 2.14            |

\* With pressurised cocoon cooking system / Système à cuisson sous pression.

\*\* With 3 pan system of cooking / Système de cuisson à trois bassines.

Cocoon characters (average) / Caractères du cocon (moyenne) :

- Shell % / Richesse soyeuse : 20.07

- Filament length / Longueur du filament (m) : 894

- Filament denier / Titre du filament : 2.29

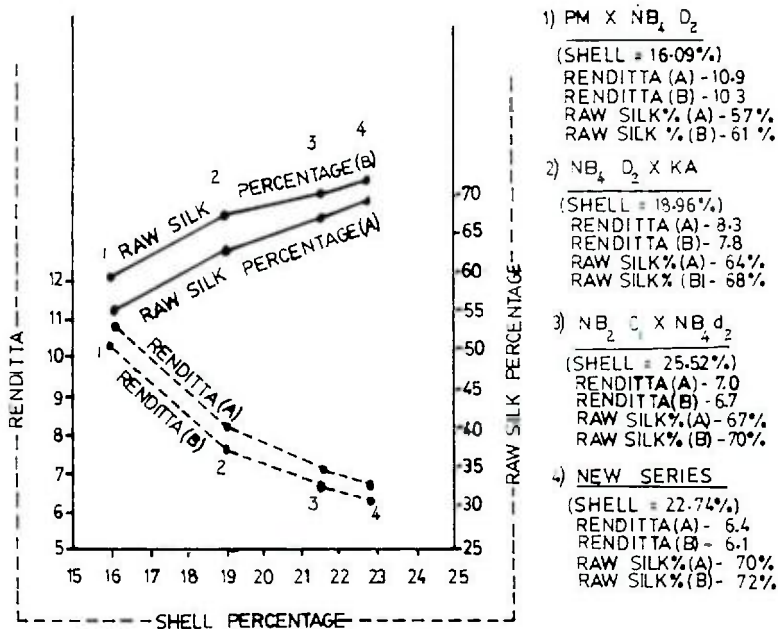


Fig. 6 : Relationship between shell percentage and renditta/raw silk percentage.

Fig. 6 : Relation entre la richesse soyeuse et le rendement à la bassine/le pourcentage de soie grège.

4.4 Studies on hand spinning of fungus attacked cocoons showed that spinning yield was normal and yarn quality was slightly poor. However, the studies showed that such of the defective cocoons like fungus attacked should be used for spinning rather than for uneconomical reeling.

#### 4.5 CSTRI spinning wheel

CSTRI has designed and fabricated an improved pedal spinning wheel. Degummed, mulberry and non-mulberry cocoons can be efficiently spun on this spinning wheel (Fig. 7). The salient features of the spinning wheel are :

- It has a well-built machine frame which minimises vibration during spinning.
- The alignment of the spindles, spindle driving wheel and pedal wheel have been perfected, resulting in easy operation thereby increasing the efficiency.
- The machine is very easy to operate and after undergoing 15 days' training, a person can spin quality yarn satisfactorily.
- The spindle speed has been increased by providing a bigger spindle driving wheel, which facilitates to produce finer yarn with suitable twist.
- A box has been attached by the side of the frame for keeping the material to be spun.

## 5. TESTING

5.1 The testing and grading of raw silk is done on the basis of the methods prescribed by Bureau of Indian Standards. The test methods are old and conventional. CSTRI has initiated the use of modern electronic equipments like single thread strength tester (Uster Dynamat and Instron) and

uster evenness tester for testing raw silk. The Institute is evolving some new approach towards quality assessment of raw silk.

**Table XIV. Reeling performance of muga cocoons on cottage basin.**

*Tableau XIV. Performance de dévidage des cocons muga sur bassine artisanale.*

| Sl. no.            | Silk recovery /cocoon (g)         | Production per 2 ends for 8 hrs (g)      | Denier of silk (d)          |
|--------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|
| <i>N° de série</i> | <i>Soie obtenue par cocon (g)</i> | <i>Production pour 2 bouts/8 hrs (g)</i> | <i>Titre de la soie (d)</i> |
| 1                  | 0.200                             | 137.1                                    | 35.0                        |
| 2                  | 0.204                             | 122.4                                    | 30.0                        |
| 3                  | 0.211                             | 119.2                                    | 30.3                        |
| 4                  | 0.215                             | 129.0                                    | 32.0                        |
| 5                  | 0.222                             | 117.3                                    | 33.3                        |
| 6                  | 0.196                             | 134.4                                    | 32.0                        |
| 7                  | 0.200                             | 131.0                                    | 32.0                        |
| 8                  | 0.200                             | 144.0                                    | 35.0                        |
| 9                  | 0.203                             | 139.4                                    | 36.0                        |
| 10                 | 0.230                             | 150.5                                    | 37.3                        |
| Average            | 0.208                             | 132.4                                    | 33.29                       |

Average filament length / *Longueur moyenne du filament* : 480 m.

Average filament denier / *Titre moyen du filament* : 4.5 d.

It has been observed from our experience that there are lots which, in spite of having high average tenacity, give more breaks during preparatory and weaving process as compared to the lots having less average tenacity. The reason for this was found to be the degree of variation due to weak places, which do not reflect in the average tenacity. If the degree of variation of strength is not known, it is difficult to confirm the yarn performance during the preparatory and weaving process. Therefore it is very important to know the CV % of strength along with its average tenacity. A better idea about the CV % can be had on a single thread strength rather than multi thread strength tester.

According to the BIS methods, evenness, cleanness and neatness test of raw silk is conducted on scriplane which is subjected in nature and it is highly difficult to eliminate human error. Presently these qualities are assessed by the use of uster Evenness Tester in our Institute. Here the capacitance variation is computed electronically and given as variation percentage. This is objective analysis and the degree of accuracy is high. Studies are being done to correlate this value with scriplane results.

**5.2 The mechanical properties of raw silk**, namely strength, elongation, modulus, etc. have direct impact on feel and handle of silk fabrics. The fine structure of fibres has direct influence on those properties. A series of experiments has been conducted to study the tensile behaviour of mulberry and non-mulberry silk. Some interesting findings have been revealed from the study which may be summarised as follows :

a. FE curve pattern of wild silk (tasar, muga and *A. proylei*) are distinctly different from that of mulberry.

b. In wet condition the strength of mulberry decreases by 15-20 % as compared to its dry strength, whereas wild silk increases in strength upon wetting.

c. The FE curve pattern of wild silk shows two load building phenomenon which is similar to wool and hair and the latter has a keratin structure.

There is also certain clue in the FE curve of wild silk which stimulates the idea that unlike mulberry, wild silk has a helix or fold in the secondary structure. In-depth study is being continued for identification of the presence of any helix or fold in the secondary structure through X-ray diffraction (Table XVI) (Fig. 8 to 12).

Table XV. Spinning performance of mulberry, eri and blended material for various counts.

Tableau XV. Performance de filage et décompte de la soie schappe des cocons mûrier, eri et mixte.

| Sl. no.     | Spinning particulars                                                 | Mulberry |      |      | Eri  |      |      | Blended (mulberry and eri) |      |      |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|----------|------|------|------|------|------|----------------------------|------|------|
|             |                                                                      | 10s      | 20s  | 25s  | 10s  | 20s  | 25s  | 10s                        | 20s  | 25s  |
| N° de série | Caractéristiques du filage                                           | Mûrier   |      |      | Eri  |      |      | Mixtes (mûrier et eri)     |      |      |
|             |                                                                      | 10s      | 20s  | 25s  | 10s  | 20s  | 25s  | 10s                        | 20s  | 25s  |
| 1           | Average yarn yield (%)<br><i>Rendement moyen en fil (%)</i>          | 93.4     | 89.0 | 88.5 | 66.1 | 55.7 | 53.9 | 81.2                       | 79.1 | 74.6 |
| 2           | Average waste (%)<br><i>Déchets moyens (%)</i>                       | 6.0      | 10.7 | 10.9 | 33.6 | 44.0 | 45.4 | 17.4                       | 19.7 | 23.4 |
| 3           | Average actual count (Ne)<br><i>Décompte réel moyen (Ne)</i>         | 10.3     | 19.9 | 25.1 | 9.9  | 20.0 | 25.4 | 10.4                       | 18.0 | 24.2 |
| 4           | Average production/hr (g)<br><i>Production moyenne/hr (g)</i>        | 11.2     | 6.4  | 5.5  | 7.5  | 5.1  | 4.7  | 11.4                       | 7.2  | 5.7  |
| 5           | Average production/hr (m)<br><i>Production moyenne/hr (m)</i>        | 197      | 222  | 236  | 127  | 173  | 205  | 193                        | 216  | 236  |
| 6           | Average degumming loss (%)<br><i>Perte moyenne au décreusage (%)</i> | -        | 27.3 | -    | -    | 9.4  | -    | -                          | -    | -    |

**5.3 In weaving industry,** various thrown silks like tram, organzine, crepe, georgette are used. But so far, no standard reference is available regarding optimum TPM to be used without much affecting the strength, elongation, initial modulus, etc. As the twist increases, the yarn strength also increases up to a certain level, beyond which if the yarn is twisted the strength decreases.

Series of experiments have been conducted on tram and crepe yarn of mulberry silk. It was found that in the case of 2 ply/3 ply tram, around 1200 TPM showed the highest tenacity. However, the tenacity decreased significantly from 2000 onwards. Depending on the end use and the fabric properties designed, the right TPM has to be chosen, keeping in view the effect it has on tenacity.

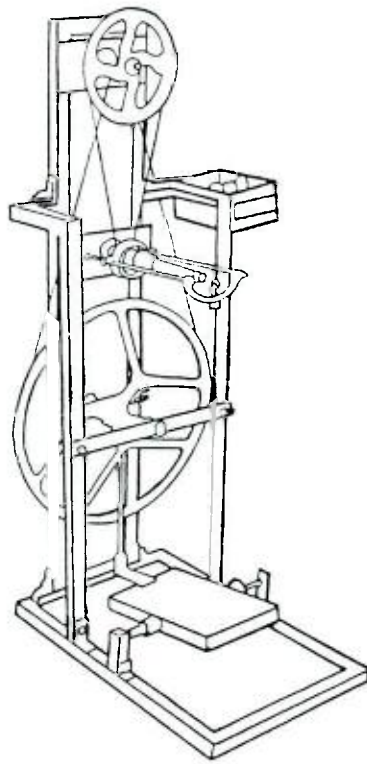


**Fig. 7 : CSTRI pedal spinning wheel.**

*Fig. 7 : Rouet à pédale du CSTRI.*

**5.4 CSTRI has recently established a raw silk testing house** in order to bring about quality awareness among reelers/weavers. So far more than 1000 lots received from various private and government organisations have been tested. No consolidated information was available regarding the quality characters of raw silk reeled on various devices in different regions until now. Therefore it was felt necessary to carry out detailed analysis of the test data available in the Institute. From the analysis, a clear picture of the present raw silk quality has been revealed. The quality of raw silk lots was found to be very poor, particularly in respect of winding, size deviation, neatness and cohesion. The winding breaks of the majority of lots reeled on multiend/cottage basin gave more than 2 breaks/skein/hr which may be considered very poor. The average neatness and cohesion in all the cases were poor. No lot so far tested confirmed to any grade.

## 6. WEAVING

**6.1 Generally, warp prepared in ball form** is used in silk handloom industry. The preparation of warping ball form is a time-consuming process. It has been found from our studies that warp prepared on a modern sectional warping machine can be conveniently used on handlooms as well. This provides an opportunity to have a centralised beam warping machine catering to the needs of the handloom sector. This not only increases the efficiency but also reduces the cost of production.

Table XVI. Tenacity and elongation of mulberry and non-mulberry raw silk in dry and wet condition.

Tableau XVI. Résistance et allongement de la soie grège mûrier et non mûrier dans des conditions sèches et humides.

|                                                    | Instron / Uster Dynamat (single thread) |                  |                    |                  | Serigraph (multithread) |                  |                    |                  |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------|--------------------|------------------|-------------------------|------------------|--------------------|------------------|
|                                                    | Dry condition                           |                  | Wet condition      |                  | Dry condition           |                  | Wet condition      |                  |
|                                                    | Tenacity<br>g/d                         | Elongation<br>%  | Tenacity<br>g/d    | Elongation<br>%  | Tenacity<br>g/d         | Elongation<br>%  | Tenacity<br>g/d    | Elongation<br>%  |
|                                                    | Instron / Uster Dynamat (fil unique)    |                  |                    |                  | Serigraph (multifil)    |                  |                    |                  |
|                                                    | Conditions sèches                       |                  | Conditions humides |                  | Conditions sèches       |                  | Conditions humides |                  |
|                                                    | Résistance<br>g/d                       | Allongement<br>% | Résistance<br>g/d  | Allongement<br>% | Résistance<br>g/d       | Allongement<br>% | Résistance<br>g/d  | Allongement<br>% |
| <b>1. Mulberry / Mûrier</b>                        |                                         |                  |                    |                  |                         |                  |                    |                  |
| a) Bivoltine hybrid / <i>Hybride bivoltin</i>      | 4.28                                    | 19.2             | 3.79               | 27.0             | 3.40                    | 17.5             | 2.53               | 30.7             |
| b) Multivoltine hybrid / <i>Hybride polyvoltin</i> | 4.89                                    | 21.7             | 3.3                | 24.3             | 3.16                    | 20.6             | 2.60               | 36.2             |
| <b>2. Muga</b>                                     | 3.04                                    | 26.2             | 3.46               | 36.6             | 3.01                    | 29.4             | 3.53               | 50.2             |
| <b>3. Tasar</b>                                    |                                         |                  |                    |                  |                         |                  |                    |                  |
| a) Daba                                            | 1.84                                    | 24.3             | 2.08               | 47.4             | 1.91                    | 22.0             | 2.47               | 43.1             |
| b) <i>A. proylei</i>                               | 2.93                                    | 27.8             | 3.32               | 38.0             | -                       | -                | -                  | -                |

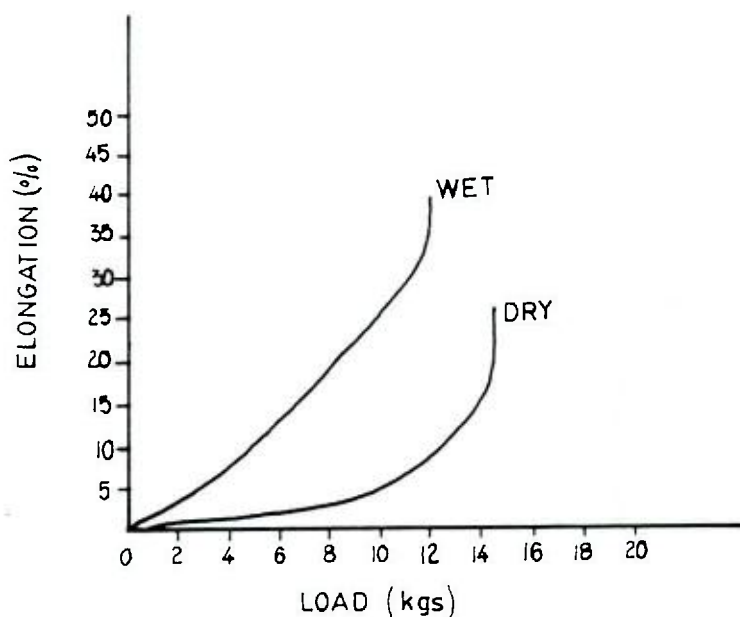


Fig. 8 : Typical load elongation behaviour of mulberry silk in dry and wet conditions (multithread).

*Fig. 8 : Comportement type de l'allongement en charge de la soie mûrier dans des conditions humides et sèches (multifil).*

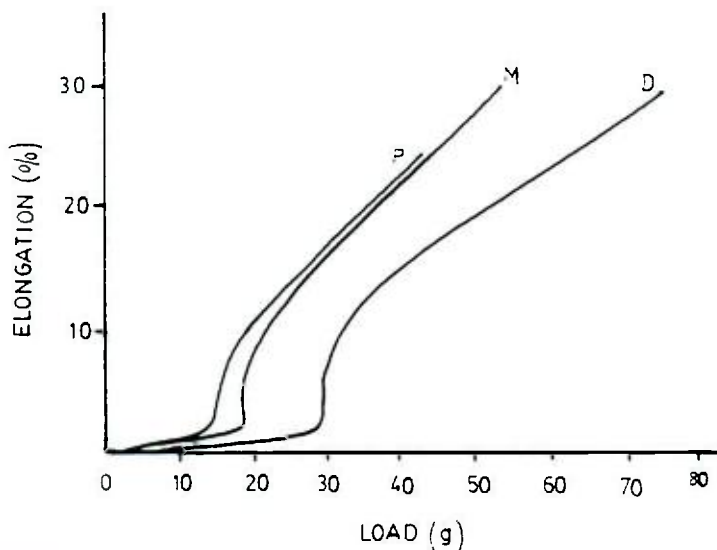


Fig. 9 : Typical load elongation behaviour of muga and tasar (daba and *A. proylei*) (single thread).

*Fig. 9 : Comportement type de l'allongement en charge de la soie muga et de la soie tasar (daba et *A. proylei*) (fil unique).*

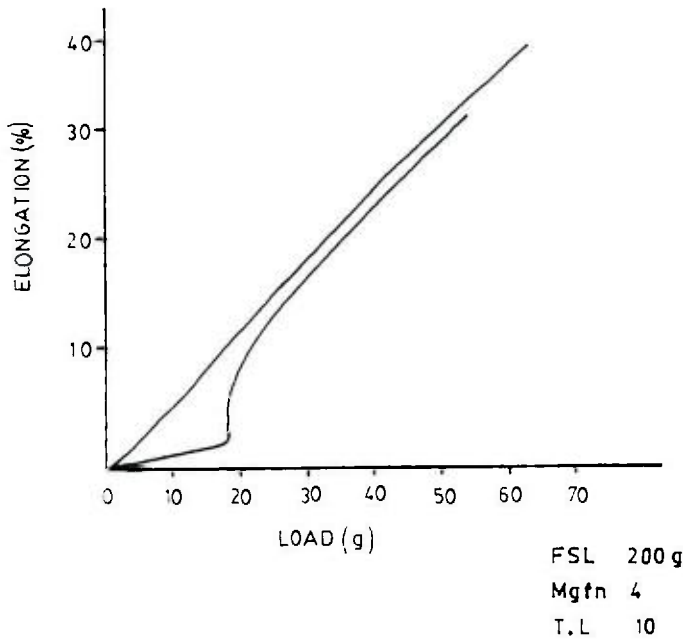


Fig. 10 : Typical load elongation behaviour of muga in dry and wet conditions (single thread).

*Fig. 10 : Comportement type de l'allongement en charge de la soie muga dans des conditions humides et sèches (fil unique).*

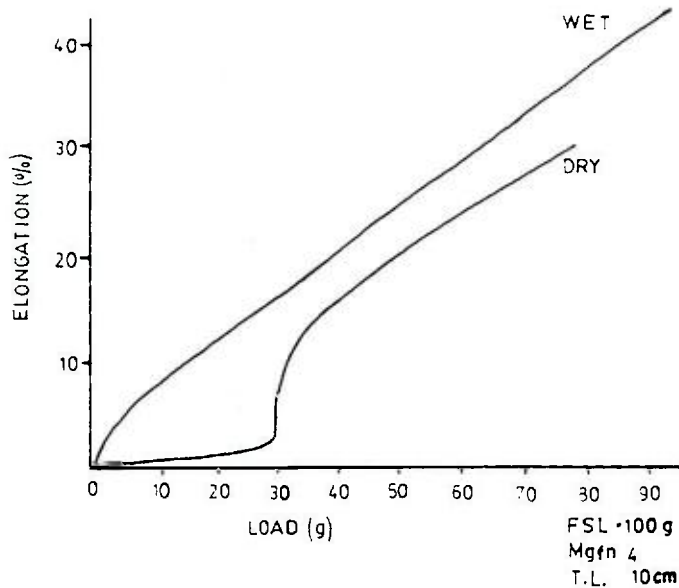


Fig. 11 : Typical load elongation behaviour of tasar (daba) in dry and wet conditions (single thread).

*Fig. 11 : Comportement type de l'allongement en charge de la soie tasar (daba) dans des conditions humides et sèches (fil unique).*

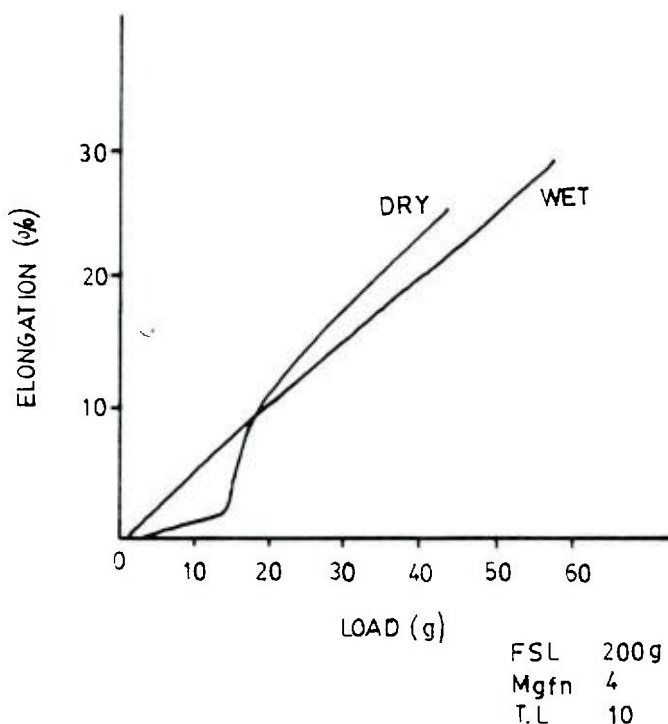


Fig. 12 : Typical load elongation behaviour of tasar (*A. proylei*) in dry and wet conditions (single thread).

*Fig. 12 : Comportement type de l'allongement en charge de la soie tasar (A. proylei) dans des conditions humides et sèches (fil unique).*

6.2 Modification/improvement of traditional handlooms and powerlooms have been made in order to suit weaving of silk.

6.3 Weaving trials have been undertaken to study the quality characteristics of silk fabrics woven with synthetic/fancy yarns. Fabrics woven with synthetic yarns as weft look like terrywool suiting. The fabrics woven with hand spun yarns as weft were found to be suitable for furnishings as well as dress materials.

The crease resistance of fabric samples woven with twisted dupion silk (12 TPI) was found to be good. The fabric shows potential as a new avenue for the export market.

## 7. WET PROCESSING

7.1 Generally in India, the degumming is carried out by using soap and soda ash. The concentrations of soap and soda ash vary from industry to industry. The pH of the degumming bath is an important factor to be maintained at 9.5-10.5, above which there may be loss of strength with uneven degumming. Since the process control with soap and soda ash is difficult, the experiment with enzyme was taken up. From the results, it was observed that the degumming with trypsin (proteolytic

enzyme) was uniform at 40 °C for 1 hour without loss of strength in silk yarn. Though the cost of chemicals in the enzymatic degumming is higher compared to conventional degumming, there is a saving of energy since the degumming is carried out at low temperature. The experiment is under progress with papain.

**7.2 In weaving centres, the level of technology** followed for dyeing is traditional. The method for dyeing silk differs from dyer to dyer controlled by unqualified dye masters. In order to standardise the method of dyeing, the experiment was taken up with the help of computerised colour matching apparatus. The experiment will be continued for different classes of dyes. After standardising the method, the project will be implemented in silk dyeing at different places to get standard shades with good fastness properties.

**7.3 The process of chemical finishing on silk** is almost wholly non-existent in India, whether the technology of processing is traditional, intermediate or modern excepting kundi, which is a crude process making the silk supple and lustrous at the cost of loss of strength and calendaring to some extent. The objective of chemical finishing is to impart the desired finishes on a semi-permanent basis to the fabric. The experiment has been initiated by using DMDHEU type of resin and will be continued with other types of resin/polymer. This may certainly improve the quality of local fabric and export.

**7.4 Silk is generally printed by the manual printing** methods using either a block or a screen on small piece lengths. Silk is printed in direct style. Most of the recipes used by the silk printers are empirical. The experiments on printing will be taken up to standardise the recipes for different styles of printing.

## 8. CONCLUSION

A brief account of the major research studies done so far in post-cocoon technology has been discussed. Since the Central Silk Technological Research Institute was the first of its kind in India devoted solely for the research in post-cocoon technology and was established in the recent past, there was a whole ocean of subjects to be dealt with. Stress was first laid on cocoon and reeling technology, since reeling forms the backbone of silk industry. After doing a good amount of work in reeling, emphasis is now given to post-reeling aspects like weaving and wet processing. There is good scope to improve the level of technology in the country as improvement in silk technology is in itself a desirable objective without reference to the question of the markets where the silk is sold.

## REFERENCES

- BHATIKAR A.P., SONWALKAR T.N., RAMAMOORTHY A.V. (1985). Silk processing committee report.
- JOLLY M.S., SEN S.K., SONWALKAR T.N., PRASAD G.K. (1980), Manual of non-mulberry silk. FAO Publ.
- NARAYANANE.S., SONWALKAR T.N., NATRAJA N. (1967), Studies on the variation of denier, throughout the reelable length of bave in exotic/indigenous mulberry silk cocoons. Indian J. Seric., 1(2).
- NARAYANAN E.S., SONWALKAR T.N., NATRAJA N. (1967), Comparative evaluation studies of pointed and oval cocoons of Mysore Princess, a new race of silkworm. Indian J. Seric., 1(2), 89-93.
- NARAYANAN E.S., SONWALKAR T.N. (1967), A simple laboratory method to find out the specific gravity of silk fibres. Indian J. Seric., 1(2), 94-98.
- NARAYANANE.S., SONWALKAR T.N., NATRAJA N. (1969), Significant superiority of filament neatness in Mysore Princess, a newly evolved multivoltine race of mulberry silkworm. Indian J. Seric., 8(1), 64-66.
- SIDHU N.S., SONWALKAR T.N. (1969), A preliminary note on the investigation of degumming loss in indigenous, exotic and hybrid cocoons. Silkworm Information Bull., 1(1).

- SONWALKAR T.N. (1969), Investigations on degumming loss and spinning performance of pierced and cut cocoons in silkworm, *B. mori* L. Indian J. Seric., 8(1), 43-47.
- SONWALKAR T.N. (1969), Preliminary observations on the time involved in various silk reeling operations and ascertaining the number of reeling ends per reeler with mulberry (*Bombyx mori* L.) multivoltine cocoons. Silkworm Information Bull., I(2).
- SONWALKAR T.N. (1970), Comparative spinning studies on 'Eri' and 'Mulberry' pierced cocoons. Textile Digest, 31(2), 57-60.
- SONWALKAR T.N. (1974), Importance of raw silk testing and grading. Indian Silk, 13(2), 17-20.
- SONWALKAR T.N. (1979), Reeling technique of bivoltine cocoons. Reshmi Krishi, October issue..
- SONWALKAR T.N. (1980), Stifling methods of mulberry cocoons. Reshmi Krishi, April issue.
- SONWALKAR T.N., KRISHNASWAMI S. (1980), India can produce 'A' grade raw silk. Indian Silk, 19(7), 7-17.
- SONWALKAR T.N., NAGABHUSHANAIAH Y.V., KRISHNASWAMI S. (1982-83), Comparative reeling performance of bivoltine cocoons on an automatic reeling machine (with pressurised cooking) as compared to filature type multiend machine with pressurised open pan and three pan cooking systems. Indian J. Seric., 21-22, 40-45.
- SONWALKAR T.N. (1982), Reeling performance of bivoltine and improved multivoltine hybrid cocoons in an automatic reeling machine at CSRTI, Mysore, for three years (1977-1980). Paper presented at Nat. Seminar on Silk Exports, New Dehli, Feb. 19-20 1982.
- SONWALKAR T.N. (1982), Relationship between shell percentage and renditua/raw silk percentage. Indian Silk, 21(6-7), 14-16.
- SONWALKAR T.N. (1983), Raw silk testing in India. Nat. Seminar, Bangalore, March 10-13 1983.
- SONWALKAR T.N., JOLLY M.S. (1985), Investigations on influence of colour and size of tasar (daba) cocoons on reeling performance. Indian J. Seric., 14(1), 1-6.
- SONWALKAR T.N. (1986), Progress in post cocoon harvest technology research. Souvenir Publ., CSRTI, Mysore.
- SONWALKAR T.N. (1987), Role of Central Silk Technological Institute in silk industry. J. of Textile Assoc., Nov. issue, 213-215.
- SONWALKAR T.N., LAKSHMIPATHAIAH B.N., VASUMATHI B.V. (1987), Assessment of cocoon quality under Indian conditions. Seminar "Silk Industry in India - from ancient traditions to 21st Century", org. by Textile Assoc. of India, Karnakata branch.
- SONWALKAR T.N., ROY S., VASUMATHI B.V., HARIRAJ G. (1988), Tensile behaviour of mulberry and non-mulberry raw silk. International Congress on Tropical Sericulture Practices, Bangalore Feb. 18-23 1988.
- SONWALKAR T.N., MAJUMDAR M.K., PRABHU J. (1988) Influence of softened water in mulberry silk reeling. International Congress on Tropical Sericulture Practices, Bangalore Feb. 18-23 1988.

## REVUE DES TRAVAUX SUR LA TECHNOLOGIE POST-COCON EN INDE

T. N. SONWALKAR\*

Director, Central Silk Technological Research Institute, 16(42), Vanivilas Road, Basavanagudi,  
Bangalore - 560 004, Inde.

### 1. INTRODUCTION

Cet article présente les recherches réalisées jusqu'à aujourd'hui sur la technologie de la soie dans le contexte de l'industrie de la soie en Inde.

#### 1.1 Qualité du cocon

Jusqu'en 1970, la sériciculture indienne était principalement axée sur la soie polyvoltine. Les cocons polyvoltins étaient mous, inconsistants et donnaient un filament court. La mise au point de races bivoltines adaptées aux conditions tropicales a conduit à la production de cocons poly × bivoltins plus performants du point de vue du rendement et de la qualité. Bien que les cocons polyvoltins indiens soient très bien adaptés, ils ont une productivité excessivement faible. Des efforts ont été faits afin d'améliorer la qualité des cocons par l'introduction de races hybrides et bivoltines à haut rendement. La qualité du cocon s'est améliorée au fil des ans. Les cocons sont fermes, ont moins de blaze et donnent un filament plus long. Le rendement à la bassine a également été amélioré. Cependant, la variation de la taille et du poids des cocons et la compacité de la coque restent encore à améliorer.

#### 1.2 Vente des cocons sur les marchés

Autrefois, les cocons n'étaient pas systématiquement vendus sur les marchés. Dans le Karnataka (premier Etat séricicole), les marchés réglementés pour l'achat et la vente des cocons n'ont été établis que récemment. Les producteurs d'oeufs de ver à soie doivent avoir une licence et se conformer à certaines restrictions quant à la qualité des graines produites. Les filateurs doivent également avoir une licence pour pouvoir acheter les cocons dans les marchés homologués. Les cocons sont vendus à la criée. Les marchés aux cocons gagnent en popularité progressivement.

Bien que l'établissement des marchés aux cocons ait mis un terme à l'exploitation des fermiers par les filateurs et par les producteurs de graines, il ne se fait pas dans des conditions équitables en raison de l'absence de tarifications basées sur la qualité. Il n'existe aucun système pour tester et classer les cocons avant la transaction ; ceci entraîne des pratiques déloyales qui n'incitent pas les fermiers à produire des cocons de meilleure qualité.

#### 1.3 Machines à dévider

En Inde, il y a trois systèmes de dévidage distincts dans le secteur mûrier : la charkha (également dénommée bassine artisanale, système de dévidage comptant environ 21 850 unités dont la production correspond à environ 50 % de la production totale), la charkha améliorée, comptant environ 7 250 unités, dont la contribution est d'environ 40 % de la production totale de soie et la bassine de dévidage multibouts, considérée comme la version moderne en Inde, comptant environ 5 660 unités

---

\* Adresse actuelle : 1209, 5th Cross, I Phase, J.P. Nagar, Bangalore - 560 078, Inde.

dont 3 000 sont en fonctionnement et dont la production correspond à environ 10 % de la soie totale.

Il existe environ 4 à 5 bassines automatiques importées du Japon. L'expérience a montré que la technique de dévidage automatique n'est pas adaptée aux cocons hybrides polyvoltins disponibles en Inde, alors qu'elle est bien adaptée aux cocons bivoltins et permet d'augmenter le rendement, de diminuer la main d'oeuvre et d'obtenir une soie grège ayant un denier uniforme. Cependant, en Inde, les frais d'investissements constituent un obstacle majeur car les bassines automatiques sont beaucoup plus chères que les bassines de dévidage multibouts.

La raison principale pour laquelle la charkha reste la machine la plus utilisée dans l'industrie de la soie indienne tient au fait que la plus grande partie de la soie grège produite est traitée dans l'industrie artisanale (métiers à bras) pour laquelle les coûts doivent être maintenus aussi bas que possible afin que le produit fini puisse être vendu à un prix abordable. En second lieu, l'installation d'une unité charkha ne demande pas d'investissements lourds ni des qualifications particulières, la soie charkha peut donc être vendue à un prix peu élevé, ce qui est nécessaire dans l'industrie artisanale. En troisième lieu, il est plus économique de dévider les cocons polyvoltins et les cocons défectueux de qualité inférieure, que l'on peut se procurer à bas prix, sur des charkhas que sur des bassines artisanales ou des bassines de dévidage multibouts.

#### 1.4 Evaluation et classification de la soie grège

En Inde, l'évaluation et la classification de la soie grège n'est pas obligatoire avant la transaction. La soie est vendue sans évaluation ni classification et sans même déterminer le poids conditionné de la soie grège.

Il existe trois établissements de conditionnement et d'évaluation de la soie grège en Inde pour les tests de routine. Cependant, ils ne sont pas adaptés à l'évaluation de tous les lots qui sont vendus quotidiennement en Inde. Le Central Silk Technological Research Institute a récemment mis en place une unité d'évaluation de la soie afin d'attirer l'attention des filateurs et des tisseurs sur l'importance de la qualité pour le bénéfice de l'ensemble de l'industrie de la soie.

La création d'établissements de tests assurera un développement coordonné de l'industrie de la filature sur des bases scientifiques et aboutira à une production de soie grège conforme aux normes internationales.

#### 1.5 Commercialisation de la soie grège

Afin de stabiliser le prix du fil de soie et pour garantir un prix raisonnable, des marchés réglementés, appelés bourses de la soie, ont été mis en place récemment dans les Etats du sud pour commercialiser le fil de soie. Les filateurs de soie et les filateurs-mouliniers sont tenus de vendre le fil de soie dans ces bourses de la soie. En plus des bourses de la soie, il est également prévu de créer un organisme de commercialisation entièrement sous tutelle de l'Etat. Cet organisme devra acheter au moins 25 % des arrivées sur le marché dans les enchères publiques. Ceci aura une influence positive sur les autres acheteurs, servira de chien de garde et permettra des activités d'échanges normales.

#### 1.6 Rôle des instituts de recherches

Il y avait trois instituts de recherches séricicoles sous tutelle du Central Silk Board jusqu'en 1982, ces instituts effectuaient des recherches dans les domaines de la moriculture, de la sériciculture et du dévidage de la soie. Cependant, l'accent était mis principalement sur la moriculture et la sériciculture. Il n'y avait qu'une petite section de technologie de la fibre limitée à la fabrication du fil qui excluait la possibilité de recherches dans les domaines du tissage de la soie, de l'ennoblissement et de la fabrication de machines.

Bien que des progrès aient été faits ces dernières années dans l'amélioration de la qualité des matières premières (cocons), des recherches à grande échelle n'étaient pas possibles dans le domaine de la technologie de la soie en raison du manque d'équipements dans les trois instituts de recherches séricicoles mentionnés ci-dessus.

La petite section de dévidage du Central Sericultural Research and Training Institute de Mysore a initié un programme de recherches déterminant sur le plan pratique. Les résultats de ces recherches ont à leur tour contribué au développement de l'industrie de la soie à travers le pays. Certains des articles de recherches publiés par cette section de dévidage ont été reconnus au niveau international.

L'unité de dévidage a été transformée par la suite en une division autonome de dévidage de la soie et de technologie de la fibre avec des laboratoires entièrement équipés pour le dévidage/filage et l'évaluation de la soie.

La division technologie de la fibre de l'Institut ayant obtenu de bons résultats, le Central Silk Board a créé un institut de recherches technologiques indépendant et entièrement équipé. Le Central Silk Technological Research Institute a vu le jour à Bangalore au cours de l'année 1983.

Certaines des principales contributions faites dans la recherche en technologie en aval du cocon au cours des deux dernières décennies sont présentées brièvement dans les pages qui suivent.

## 2. LES COCONS

**2.1 Les études sur la variation du denier** sur toute la longueur dévidable de la bave chez les cocons de soie mûrier ont révélé que le diamètre décroît de la couche périphérique du cocon à la couche interne. Cependant, la nature de la variation du denier diffère suivant les races et l'amplitude de variation montre qu'il y a un impact sur la régularité du fil de soie grège obtenu (Fig. 1) (Tableau I).

**2.2 Des estimations comparatives sur les cocons pointus et les cocons ovales** montrent que les cocons ovales se dévident mieux que les cocons pointus. Les cocons pointus causent davantage de frictions pendant le battage du fil, ce qui donne plus de déchets et parfois une ouverture de ces cocons (Tableau II).

**2.3 Une invention simple, connue sous le nom de méthode double-tasse**, pour déterminer la densité spécifique a été mise au point en utilisant le kérosène comme milieu et a permis d'établir que la densité spécifique de la soie grège mûrier est de 1,34 et 1,35 (Fig. 2).

**2.4 Des études comparatives sur le filage des cocons percés "eri" et "mûrier"** ont montré que la perte au décreusage était plus élevée et la performance de filage meilleure avec les cocons mûrier qu'avec les cocons eri. On a également observé que l'appareil de filage à pédale permettait d'obtenir facilement de la soie schappe 20s avec des cocons mûrier percés (Tableau III).

**2.5 Des recherches sur la perte au décreusage** et la performance de filage des cocons percés et coupés chez le ver à soie *Bombyx mori* L. ont révélé que la perte au décreusage est plus élevée avec les cocons percés (29,1 %) qu'avec les cocons coupés (27,4 %). La perte au décreusage est plus importante chez les cocons ayant de la blaze (28,9 %) que chez les cocons sans blaze (27,6 %). Le rendement au filage est plus élevé (88,9 %) et le pourcentage de déchets est plus faible (10,1 %) dans le cas des cocons percés que dans le cas des cocons coupés (86,7 % et 12,2 %). Cependant, les cocons ayant de la blaze et les cocons sans blaze ne présentent aucune différence pour ces deux caractéristiques.

**2.6 L'étude de la netteté du filament** chez les races Pure Mysore et Mysore Princess a révélé, après un examen détaillé du filament dévidé du cocon, qu'il y avait un certain nombre de boucles sur le filament. On a également remarqué que la présence d'un nombre important de boucles sur le filament était corrélée à une propreté et une netteté médiocre de la soie grège. La netteté du filament est significativement supérieure chez la race Mysore Princess (Fig. 3) (Tableau IV).

**2.7 Le rendement à la bassine d'un lot de cocons** peut être calculé à l'aide de certaines constantes obtenues par dévidage réel sur la base du pourcentage de soie grège.

$$\text{Rendement à la bassine estimé} = \frac{\text{Constante}}{\text{Richesse soyeuse réelle du lot de cocons}}$$

La constante étant :

165 pour les cocons dont la richesse soyeuse varie de 14 à 16.

150 pour les cocons dont la richesse soyeuse varie de 17 à 20.

133 pour les cocons dont la richesse soyeuse varie de 21 à 23.

Lorsque le rendement à la bassine est évalué, le prix du cocon peut être estimé selon la formule ci-dessous :

$$\text{Coût d'un kg de cocons} = \frac{\text{Coût Kakame}}{\text{Rendement à la bassine estimé}}$$

Le coût Kakame est le coût d'une quantité de cocons nécessaire à la production d'un kg de soie grège.

Cette méthode peut être adoptée dans les marchés aux cocons pour évaluer avec précision le prix d'un lot de cocons. Le rendement à la bassine estimé s'approchera de manière satisfaisante du rendement à la bassine réel si le pourcentage de cocons défectueux ne dépasse pas cinq. Lorsque le pourcentage de cocons défectueux est supérieur, le mode de calcul est modifié. Pour chaque augmentation de 1 % de cocons défectueux, le rendement à la bassine augmente de 0,1 %.

Le coefficient de corrélation entre les rendements à la bassine réel et estimé est de 0,91 et 0,81 pour les cocons hybrides dévidés respectivement sur la charkha améliorée et sur la bassine automatique.

**2.8 Les recherches sur la perte au décreusage** chez les races indigènes, exotiques ainsi que chez les cocons hybrides ont révélé qu'elle est plus importante chez les cocons de race indigène (Pure Mysore) (30,7 %) que chez les cocons de race exotique (Meigetsu) (25 %). La perte au décreusage dans le cas des cocons hybrides (Pure Mysore × Meigetsu) (27,9 %) est d'une valeur intermédiaire. Une perte au décreusage plus faible indique que les cocons sont de meilleure qualité.

**2.9 L'étude sur l'influence de la couleur et de la taille chez les cocons tasar (daba)** sur la performance de dévidage a montré que le poids du cocon, le poids de la coque, la longueur du filament et le denier variaient en fonction de la taille du cocon chez les deux couleurs. Il n'y a aucune différence significative de ces caractères entre les deux couleurs. Cependant, pour le dévidage industriel, l'étude ne fait apparaître aucune différence de production (poids) ni entre les couleurs, ni entre les tailles ; contre toute attente, les cocons de petite taille donnent une longueur de soie grège dévidée par unité de temps plus longue et un denier de soie grège plus faible que les cocons de taille moyenne et grande, sans que cela affecte la production (poids). De plus, en dévidage industriel, les cocons jaunes donnent une longueur de soie grège plus grande que les cocons gris, ce qui indique que le déroulement du filament est meilleur avec les cocons de petite taille des deux couleurs et chez tous les cocons de couleur jaune. Il n'y a aucune différence de dévidabilité entre les cocons de couleur. Cependant, une légère différence de dévidabilité apparaît entre les cocons de différentes tailles, ce qui indique qu'il serait intéressant de répartir les cocons en classes selon leur couleur et leur taille afin qu'ils soient dévidés séparément au niveau industriel (Tableau V).

**2.10 Des études approfondies sur le séchage du cocon** depuis la date de récolte jusqu'à l'émergence du papillon ont fait apparaître une différence entre les cocons et entre les saisons. Les séchages minimaux et maximaux sont respectivement de 5 % et 12 % depuis la date de récolte jusqu'à l'émergence des papillons. Les cocons polyvoltins présentent un séchage supérieur à celui des cocons bivoltins (Tableau VI).

**2.11 Des études sur le séchage des cocons par étouffage** à l'air chaud ont montré que le séchage est maximal chez les cocons Pure Mysore à hauteur de 67 %, suivi des cocons hybrides polyvoltins (63 %) et des cocons bivoltins (60 %).

### 3. DEVIDAGE DE LA SOIE

#### 3.1 Charkha améliorée du CSTRI

Le système de dévidage charkha, qui est largement répandu en Inde pour la production de soie grège, est tout à fait élémentaire et peu hygiénique. Le CSTRI a donc mis au point une charkha améliorée en apportant des modifications appropriées aux mécanismes afin d'améliorer la qualité de soie grège et d'assurer de meilleures conditions de travail aux filateurs (Fig. 4). Les principales caractéristiques de la charkha améliorée du CSTRI sont :

- a. Un environnement exempt de fumée avec fourniture d'un four amélioré sans fumée.
- b. Une bassine de cuisson et de dévidage séparée dans laquelle la température atteint à peine 40 °C, ce qui évite au filateur de tremper ses mains dans l'eau bouillante pendant le dévidage.
- c. Une croisure indépendante (système Tavellette).
- d. Un long passage du fil.
- e. Un système de séchage efficace du fil.
- f. Un système de séchage uniforme du fil.
- g. Un système de démontage rapide et doux de la roue pendant la levée de bobine.

#### 3.2 Machine multibouts du CSTRI

L'appareil de dévidage a une grande influence sur la productivité et la qualité de la soie grège. Même si l'on utilise des cocons de bonne qualité, traités selon une technique appropriée, la qualité de la soie grège sera moins bonne si le dévidage n'est pas fait sur des machines standard.

Jusqu'à présent, il n'existait pas en Inde de machine de dévidage multibouts standard, avec un alignement parfait, une tension appropriée et de conception simple. De ce fait, la soie dévidée (des cocons polyvoltins) sur les machines à dévider multibouts existant en Inde ne correspondait pas à la qualité standard, le nombre de cassures et la déviation du titre, en particulier, étant anormalement élevés.

Le CSTRI a donc fabriqué une machine à dévider multibouts améliorée en modifiant l'alignement et en y incorporant un mouvement d'arrêt automatique de la roue, un système d'entraînement du jettebout efficace, un mécanisme d'engrenage transversal et une croisure appropriée. Cette machine a été conçue et fabriquée de telle façon qu'elle permet un minimum de tension du fil pendant son passage. La tension du fil pendant le dévidage reste bien dans les normes de 0,4 g/d. La soie grège dévidée des cocons hybrides polyvoltins sur la machine à dévider multibouts du CSTRI atteint une qualité de grade B/C d'après les normes internationales (Fig. 5) (Tableau VII).

3.3 Des expériences ont été entreprises sur les méthodes de séchage à air chaud des cocons polyvoltins et bivoltins à différents seuils de séchage ainsi que par étouffage à la vapeur ; leurs performances de dévidage ont ensuite été comparées sur bassine artisanale et bassine automatique. Les cocons séchés au seuil de 16 %, dévidés sur une bassine artisanale ou sur une bassine automatique présentent un meilleur rendement à la bassine que lorsqu'ils sont séchés aux seuils de 31 % et 46 %. Cependant, les cocons polyvoltins étouffés à la vapeur donnent le rendement à la bassine le plus faible dans toutes les expériences (Tableaux VIII et IX).

Il est recommandé d'adopter l'étouffage à la vapeur, la cuisson à la casserole ouverte et le dévidage sur la bassine multibouts pour les cocons hybrides polyvoltins, que l'on peut se procurer tout au long de l'année.

3.4 La qualité de l'eau influence l'efficacité de la cuisson, la dévidabilité des cocons, le rendement au dévidage et la qualité de la soie grège.

Des résultats expérimentaux ont montré que l'eau adoucie de 85 à 90 ppm et un pH de l'ordre de 6,8 à 7,4 permettaient d'améliorer la performance de dévidage ainsi que la qualité de la soie grège. Afin de maintenir une dureté optimale, le CSTRI a mis au point une méthode simple pour adoucir l'eau de dévidage en utilisant de l'EDTA (acide éthylènediaminetétra-acétique). Les résultats des tests ont montré que les cocons dévidés dans l'eau traitée conduisaient à une amélioration considérable du lustre, du nombre de cassures au reflottage et de la déviation du titre de la soie dévidée (Tableau X).

**3.5 Les études sur le fonctionnement de la bassine automatique** ont montré que, lorsqu'on utilise la technique du dévidage automatique associée au séchage à l'air chaud, la cuisson sous pression était adaptée aux cocons bivoltins mais pas aux cocons polyvoltins. Les cocons polyvoltins étant peu consistants, duveteux et ayant un filament court, la cuisson sous pression ne permet pas de les cuire correctement et le dévidage sur une machine à dévider multibouts entraîne une perte de rendement (Tableau XI).

**3.6 Des études comparatives sur la performance au dévidage** des cocons bivoltins avec la bassine automatique et la machine à dévider multibouts n'ont fait apparaître aucune différence de rendement à la bassine entre ces deux types de dévidage, que ce soit par cuisson dans une casserole ouverte ou dans un autocuiseur. Cependant, on a observé une différence (0,5) du rendement à la bassine entre la machine automatique et la machine multibouts avec le système de cuisson à 3 casseroles, ce dernier donnant un meilleur rendement à la bassine. On a constaté une amélioration de la productivité par bout sur la machine automatique (1 kg/personne/jour pour de la soie grège 21d), la soie dévidée étant de très bonne qualité avec un minimum de déviation du titre. On peut donc en conclure que les cocons bivoltins doivent être étouffés à l'air chaud et qu'ils doivent être cuits soit par le système de cuisson à 3 casseroles soit par le système de cuisson à la pression et dévidés soit sur une machine multibouts améliorée soit sur une machine à dévider automatique (Tableaux XII et XIII).

**3.7 Les études sur la relation entre la richesse soyeuse et le rendement à la bassine** ou le pourcentage de soie grège ont montré que le pourcentage de soie grège était directement corrélé à la richesse soyeuse. Aussi, la qualité des cocons doit-elle être évaluée en fonction de la richesse soyeuse (la qualité des cocons sera d'autant meilleure que la richesse soyeuse sera élevée) (Fig. 6).

**3.8 Des observations préliminaires sur le temps nécessaire** aux diverses opérations de dévidage de la soie ont révélé que les opérations les plus longues étaient l'alimentation du bout au jettebout (environ 29 % du temps) et le nettoyage des cocons tombés et des chrysalides dans les bassines de dévidage (27 %). On a également remarqué que la machine à dévider à 10 bouts était adaptée aux cocons hybrides polyvoltins.

**3.9 Environ 90 % de la soie grège produite en Inde** provient des systèmes de dévidage charkha et bassine artisanale. Ces deux systèmes de dévidage consomment une grande quantité de bois, de brindilles, etc., pour faire du feu. Les fours construits pour les unités de dévidage charkha et bassine artisanale pour la cuisson des cocons sont primitifs, ouverts et ne sont pas fonctionnels. Ces fours de type ouvert consomment plus de combustibles et provoquent plus de fumée, ce qui affecte la santé de l'artisan.

Le CSTRI a mis au point des fours économiques pour les unités de dévidage charkha et bassine artisanale. Ceux-ci permettront d'économiser 25 à 30 % de combustible.

**3.10 Le dévidage des cocons tachés** est plus performant s'il est pratiqué en frais plutôt qu'après étouffage soit à la vapeur, soit à l'air chaud. Cependant, il n'est pas pratique, à l'échelle commerciale, d'utiliser des produits chimiques pour améliorer la performance de dévidage des cocons tachés dans les bassines de dévidage.

**3.11 Des études sur le dévidage des cocons muga** ont montré que le dévidage à la bassine artisanale permet d'obtenir une production supérieure et une meilleure qualité que celles obtenues avec tous les autres appareils. La soie dévidée à la bassine artisanale ne sera pas tordue, contrairement à la soie grège mûrier. Cependant, des torsions peuvent être obtenues après le dévidage sur un moulin séparé dont le coût sera entièrement compensé par une augmentation de la production sur une bassine artisanale. Le CSTRI a conçu et fabriqué une bassine artisanale à quatre bouts réservée au dévidage de la soie muga (Tableau XIV).

## 4. LE FILAGE

**4.1 Des études sur l'utilisation des cocons perdus** en filage manuel ont montré que l'on pouvait obtenir de la soie à 20s, sans que cela demande beaucoup d'investissements, à partir des cocons mûrier et non mûrier décreusés de manière normalisée et après filage sur une charkha à pédale. Avec 15 jours de formation, un artisan peut se mettre au filage à la main en zone rural et gagner environ 25 roupies par jour.

**4.2 Des études sur le mélange des fibres eri et synthétiques** avec la fibre de soie mûrier ont montré que le fil mélangé (67 % mûrier et 33 % eri) pouvait être utilisé comme trame. Des études ont également été entreprises sur le mélange des fibres polyester avec des déchets de soie et le filage fait sur une machine à filer le coton. Le fil mélangé a donné de bons résultats avec le tissage sur un métier mécanique et le tissu obtenu est, dans une certaine mesure, moins froissable.

**4.3 Des études sur la Charkha Ambar** en vue de filer les déchets de soie, ont montré que, avec un certain nombre de modifications de la Charkha Ambar pour le coton, il est possible de traiter les déchets de soie aussi bien mûrier que non mûrier et d'obtenir une soie filée de qualité intermédiaire.

**4.4 Des études sur le filage à la main** des cocons infestés par des champignons ont montré que le rendement de filage était normal et la qualité du fil légèrement médiocre. Cependant, ces études ont montré qu'il était plus économique de filer des cocons défectueux comme les cocons infestés de champignons plutôt que de les dévider.

### 4.5 Le rouet du CSTRI

Le CSTRI a conçu et fabriqué un rouet à pédale. Les cocons mûrier et non mûrier décreusés peuvent être filés sur cette roue (Fig. 7). Les principales caractéristiques du rouet sont :

- a. Un cadre machine bien construit qui minimise les vibrations au cours du filage.
- b. L'alignement des fuseaux, la roue d'entraînement des fuseaux et la roue à pédale ont été améliorés, permettant une utilisation plus facile et donc un meilleur rendement.
- c. La machine est très facile à utiliser et, après 15 jours de formation, un artisan peut obtenir un fil de qualité satisfaisante.
- d. La vitesse des fuseaux a été augmentée grâce à une plus grande roue d'entraînement des fuseaux, ce qui facilite la production d'un fil plus fin ayant les torsions voulues.
- e. Une boîte a été prévue sur le côté du cadre pour entreposer le matériel à filer.

## 5. LE CONTROLE

**5.1 Le contrôle et la gradation de la soie grège** se font selon les méthodes conseillées par le Bureau of Indian Standards. Les méthodes de contrôle sont anciennes et conventionnelles. Le CSTRI a lancé l'utilisation d'équipements électroniques modernes comme l'appareil de contrôle de la résistance du fil simple (l'Uster Dynamat et l'Instron) et l'appareil de contrôle de la régularité du fil "Uster" pour évaluer la soie grège. L'Institut met actuellement au point une nouvelle approche pour une évaluation de qualité de la soie grège.

Notre expérience nous a permis d'observer qu'il existe des lots qui, bien qu'ils aient une résistance moyenne élevée, donnent davantage de cassures au cours des processus de préparation et de tissage que les lots ayant une résistance plus faible. On a découvert que ceci était dû au degré de variation qui donne des endroits faibles qui ne sont pas décelés dans la résistance moyenne. Si on ne connaît pas le degré de variation, il est difficile de confirmer la performance du fil au cours des processus de préparation et de tissage. Il est donc très important de connaître le coefficient de variation (CV %) ainsi que la résistance moyenne. On peut avoir une meilleure idée du pourcentage de CV sur un appareil de vérification de la résistance d'un seul fil plutôt que sur un appareil pour plusieurs fils.

Selon les méthodes du Bureau of Indian Standards, les tests de régularité, de propreté et de netteté de la soie grège sont menés sur sériplane, ce qui est subjectif, par définition. Il est très difficile d'éliminer l'erreur humaine. A l'heure actuelle, ces mesures sont faites à l'aide de l'appareil de

contrôle de la régularité "Uster" dans notre Institut. C'est une analyse objective et le degré de précision est élevé. Des études sont en cours pour établir une comparaison des résultats ainsi obtenus avec ceux obtenus sur sériplane.

**5.2 Les propriétés mécaniques de la soie**, comme la résistance, le coefficient d'allongement, etc., ont un impact direct sur le toucher et la main des tissus de soie. La structure fine des fibres a une influence directe sur ces propriétés. Une série d'expérience a été menée afin d'étudier le comportement de la soie mûrier et non mûrier. Des résultats intéressants ont été obtenus qui peuvent être résumés comme suit :

a. L'allure de la courbe FE obtenue avec la soie sauvage (tasar, muga et *A. proylei*) est tout à fait différente de celle obtenue avec la soie mûrier.

b. Dans des conditions humides, la résistance de la soie mûrier diminue d'environ 15 à 20 % par rapport à sa résistance à sec, alors que la résistance de la soie sauvage augmente avec l'humidité.

c. La forme de la courbe FE de la soie sauvage montre qu'il y a deux chargements, ce qui est similaire à ce qu'on obtient avec la laine et le cheveu, qui a une structure de kératine.

La courbe FE de la soie sauvage fait également apparaître certains indices suggérant l'idée que, à la différence de la soie mûrier, elle possède une hélice ou un pli dans sa structure secondaire. Des études approfondies sont en cours afin d'identifier la présence d'une éventuelle hélice ou d'un pli dans la structure secondaire à l'aide de la diffraction aux rayons X (Tableau XVI) (Fig. 8 à 12).

**5.3 Dans l'industrie du tissage**, on utilise diverses soies moulinées comme la trame, l'organsin, le crêpe et la georgette. Cependant, il n'existe encore aucune référence standard pour ce qui concerne le TPM (nombre de tours par métier) optimal qui doit être utilisé sans trop affecter la résistance, l'allongement, etc. A mesure que les torsions augmentent, la résistance du fil augmente également jusqu'à un certain seuil au-delà duquel si le fil est encore tordu la résistance diminue.

Des séries d'expériences ont été faites sur le fil de trame et le fil de crêpe de la soie mûrier. On a observé que le fil double/triple de trame, tordu à environ 1 200 tours par mètre présentait la résistance la plus élevée. Cependant, la résistance diminue de manière significative à 2 000 tours et au-delà. Suivant l'utilisation finale et les propriétés d'un tissu donné, il faut choisir un nombre de tours par mètre approprié, compte tenu de son effet sur la résistance.

**5.4 Le CSTRI a récemment créé un local de contrôle** de la soie grège afin d'attirer l'attention des filateurs et des tisseurs de soie sur la nécessité de la qualité. Plus de 1 000 lots provenant de diverses organisations privées et publiques ont déjà été contrôlés. Jusqu'à aujourd'hui, il n'existe aucun système de classement des caractères de la qualité de la soie grège dévidée sur différents appareils dans les différentes régions. On a donc jugé nécessaire de réaliser une analyse détaillée des données expérimentales disponibles à l'Institut ; cette analyse a permis d'avoir une idée précise de la qualité actuelle de la soie grège. On a observé que la qualité des lots de soie grège était très médiocre, particulièrement au niveau du reflottage, de la déviation du titre, de la netteté et de la cohésion. Le nombre de cassures au reflottage de la majorité des lots obtenus soit avec une machine à dévider multibouts, soit avec une bassine artisanale s'élevait à plus de deux cassures par flotte et par heure, ce qui peut être considéré comme très médiocre. La netteté et la cohésion moyennes sont tout à fait insuffisantes dans tous les cas. Aucun des lots déjà testés ne correspond à un grade.

## 6. LE TISSAGE

**6.1 En général, la chaîne préparée sous forme de pelotte** est utilisée sur des métiers manuels. La préparation de la pelotte de chaîne prend beaucoup de temps. Nos études ont montré que la chaîne préparée sur un ourdissoir automatisé peut être également utilisée sur un métier à main. Ceci permet d'avoir un ourdissoir centralisé répondant aux besoins du secteur des métiers à tisser artisanaux. Ceci permet non seulement d'augmenter le rendement, mais aussi de réduire le coût de production.

**6.2 Des modifications et/ou améliorations** des métiers à main traditionnels ainsi que des métiers mécaniques ont été faites pour répondre aux spécificités du tissage de la soie.

**6.3 Des tests de tissages** ont été entrepris afin d'étudier les caractéristiques des tissus de soie tissés avec des fils synthétiques ou de fantaisie. Les tissus fabriqués à l'aide de fil synthétique comme fil de trame rappellent les tissus éponges ou velours. Les tissus fabriqués avec des soies filées à la main comme fil de trame sont utilisables aussi bien pour l'ameublement que les vêtements.

Le taux de froissabilité des échantillons de tissus fabriqués avec de la soie doupion ouvree (12 TPI ou tours par pouce) est relativement bas ; ce tissu pourrait créer de nouveaux débouchés sur le marché de l'exportation.

## 7. L'ENNOBLISSEMENT

**7.1 En règle général, le décreusage** est réalisé à l'aide de savon et de carbonate de soude en Inde. Les concentrations en savon et en carbonates de soude varient d'une usine à l'autre. Le pH du bain de décreusage est un facteur important et il doit être maintenu entre 9,5 et 10,5 ; au-delà de ce seuil, il peut y avoir perte de résistance et décreusage irrégulier. La maîtrise du procédé de décreusage au savon et au carbonate de soude étant difficile, on a réalisé l'expérience avec une enzyme. Les résultats ont permis d'observer que le décreusage à la trypsine (enzyme protéolytique) était uniforme à 40 °C pendant 1 heure sans perte de résistance du fil de soie. Bien que l'utilisation de produits enzymatiques dans le décreusage entraîne un coût plus élevé que le décreusage conventionnel, on réalise cependant des économies d'énergie, puisque le décreusage est fait à basse température. La même expérience est en cours avec de la papaine.

**7.2 Dans les centres de tissage**, la technologie suivie pour la teinture est traditionnelle. La méthode de teinture de la soie diffère d'un teinturier à l'autre et est supervisée par des maîtres teinturiers non qualifiés. Afin de standardiser la méthode de teinture, une expérience est effectuée à l'aide d'un logiciel d'assortiment des couleurs. L'expérience portera sur différentes classes de teintures. Après standardisation de la méthode, le projet sera mis en place dans différentes teintureries afin d'obtenir des teintes standard ayant de bonnes propriétés de solidité.

**7.3 L'apprêt chimique de la soie** est virtuellement inexistant en Inde, que la technologie du traitement soit traditionnelle, intermédiaire ou moderne, sauf pour le kundi qui est un procédé brut permettant de rendre la soie souple et brillante mais au prix d'une perte de résistance et de calendrage, dans une certaine mesure. L'objectif de l'apprêt chimique est de conférer au tissu les caractères recherchés de façon semi-permanente. L'expérience a été initiée en utilisant de la résine de type DMDHEU et sera continuée avec d'autres types de résines/polymères. Ceci permettra certainement d'améliorer la qualité du tissu local et des exportations.

**7.4 La soie est généralement imprimée** manuellement soit en utilisant un tampon ou un cadre sur des pièces de petite longueur. La soie est imprimée directement. La plupart des recettes utilisées par les teinturiers sur soie sont empiriques. Des expériences sur l'impression seront entreprises afin de standardiser les recettes pour les différents styles d'impression.

## 8. CONCLUSION

L'état des principales recherches menées dans le domaine de la technologie post-cocon a été présenté brièvement. Etant donné que le Central Silk Technological Research Institute est le premier institut consacré essentiellement à la recherche dans la technologie post-cocon en Inde et n'a été établi que récemment, il y avait une grande variété de sujets à traiter. On a d'abord mis l'accent sur la technologie du cocon et du dévidage car le dévidage est la clé de voûte de l'industrie de la soie. Après avoir étudié la filature de manière approfondie, les recherches se tournent vers les aspects post-filature tels que le tissage et l'ennoblissement. Il y a de nombreuses possibilités d'améliorations du niveau de

la technologie en Inde où l'amélioration de la technologie de la soie est en elle-même un objectif intéressant indépendamment de la question des marchés sur lesquels elle est vendue.

# STUDIES ON THE KENCHU VIRUS DISEASE OF THE SILKWORM, *BOMBYX MORI* L. : I. PURIFICATION AND PROPERTIES OF Bng-KV I VIRUS

C.S. PATIL, K.D. SPENCE, S. GURUSIDDAIAH\*, T.R. KYRIAKIDES & S.B. DANDIN\*\*

Department of Microbiology, Washington State University, Pullman, WA 99164-4233, USA.

\* Bioanalytical Center, Washington State University, Pullman, WA 99164-4233, USA.

\*\* Karnataka State Sericulture Development Institute, Thalaghattapura,  
Bangalore - 560 062, India.

*A new strain of a Kenchu virus isolated from infected larvae of the silkworm, Bombyx mori L. has been characterized. The virus has been designated Bng-KV I. Electron microscopy study of the purified Bng-KV I showed two kinds of spherical particles with average diameters of  $18.42 \pm 0.16$  nm and  $27.87 \pm 0.79$  nm. The isopycnic density gradient centrifugation in CsCl yielded buoyant densities of 1.41 and 1.47 g/cm<sup>3</sup>. The electrophoretic analysis of the virion capsid proteins by SDS-polyacrylamide gel electrophoresis revealed two major polypeptides, designated VP1 and VP2, with molecular weights of approximately 72 and 75.5 kd respectively.*

**Keywords :** *Bombyx mori*, Kenchu virus, flacherie, electron microscopy, buoyant density, polypeptide, sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis.

## INTRODUCTION

Sericulture is an important cottage industry, and contributes substantially to the rural economy of countries like India. Losses due to diseases are one of the major constraints on the progress of sericulture. Cocoon losses due to silkworm diseases have been reported as 30-40 % in India (Janakiraman, 1961) and 10 % in Japan (Yokoyama, 1963). Among the diseases, flacherie has been considered a serious malady accounting for about 70 % of the total crop loss (Aruga and Tanada, 1971).

The names "gattine" (Paillot, 1929) and "Infectious Flacherie F Type" (Yamazaki *et al.*, 1960) were given to flacherie disease of silkworms. The etiology of the disease was originally attributed to both bacterial and viral agents (Steinhaus, 1949). Later, several publications appeared that reported the isolation of virus particles from flacherie-diseased silkworms (Aizawa *et al.*, 1964 ; Ayuzawa, 1972 ; Furuta, 1973 ; Himeno *et al.*, 1974, 1976, 1980 ; Kawase *et al.* 1976 ; Manabe *et al.*, 1978 ; Matsui, 1973, 1977). The particles isolated were spherical, non-enveloped, ranged in diameter from 14-32 nm, contained RNA and were shown to belong to the Picornavirus group. Yamazaki *et al.* (1960) named the virus as "Infectious Flacherie Virus" (IFV).

In related work, a smaller virus was isolated (Shimizu, 1975) and designated as "Ina Flacherie Virus" (Ina FV). Later, it was shown to contain single-stranded DNA and to be a member of the Densovirus group (DNV) of the family Parvoviridae (Kang *et al.*, 1978 ; Nakagaki and Kawase, 1980a, 1980b).

The first etiological study of a viral flacherie disease in India was reported recently. Hadimani (1980) isolated the "Kenchu Virus" (KV) which was responsible for flacherie disease (characterized

by the pale and reddish appearance of the diseased larvae, and the excretion of fecal pellets in chain-like forms termed "chain excreta"). The latter symptoms were not observed in flacherie-diseased silkworms in Japan. The comparative susceptibility of Japanese and Indian silkworm breeds to KV, as well as preliminary experiments on serological relationships between IFV and DNV (Ina FV) of Japan and KV of India (Shyamala *et al.*, 1987), suggested that KV differed from IFV and DNV. So far no Indian strains of Kenchu viruses have been thoroughly characterized. Here we report the characterization of a KV isolated from infected larvae collected near Bangalore, India, and designated as Bng-KV I.

## MATERIALS AND METHODS

### a) Purification of Bng-KV I :

The Bng-KV I virus was purified by modification of the procedure described by Himeno *et al.* (1974) and Nakagaki and Kawase (1980a). The lyophilized KV-infected silkworm tissues were soaked overnight in 0.05M Tris-HCl buffer, pH 7.5, and homogenized. Larger particles were removed by centrifugation at 7000 rpm using a Sorvall RC5 with SS-34 rotor for 10 minutes at 5 °C. The supernatant was mixed with an equal volume of cold fluorocarbon (1,1,2-trichlorotrifluoroethane) and shaken vigorously for 5 minutes. The phases were separated by centrifugation at 7000 rpm for 10 min. and the aqueous supernatant collected. The treatment with fluorocarbon was repeated three times. Powdered ammonium sulfate was slowly added to give 40 % saturation. The solution was gently stirred overnight at 5 °C and then centrifuged at 10000 rpm for 30 min. The precipitate was resuspended in 0.01M EDTA-0.05M Tris-HCl buffer, pH 7.5 (ET buffer) to approximately 1/3 of the volume of the original homogenate sample. This was again centrifuged at 7000 rpm for 10 min. to remove the unsuspended materials. The virus was pelleted from the supernatant by ultracentrifugation at 35000 rpm using Beckman SW Ti40 swinging bucket rotor for 3 hr at 4 °C. The ultracentrifugation procedure was repeated 3 times and the pelleted virus was resuspended in ET buffer. The suspension was sequentially filtered through 1.2 µm and 0.45 µm Millipore filters and stored at -20 °C. This was termed the partially purified Bng-KV I virus preparation.

### b) Centrifugation in a sucrose density gradient :

The partially purified virus was further purified by centrifugation in a linear 10-40 % (W/V) sucrose gradient prepared in ET buffer. The gradients were prepared with a gradient mixing apparatus (Buchler Instruments). The virus sample (0.6 ml) was layered on top of the gradient and centrifuged at 25000 rpm for 3 hr at 4 °C in a Beckman SW Ti40 swinging bucket rotor. Fractions of 360 µl were collected from the top of the tube after the centrifugation and mixed with 2 ml Tris-HCl buffer, pH 7.5, and the optical density measured at 260 nm in a Hitachi UV spectrophotometer. The virus preparation was again pelleted and dialyzed in Tris-HCl buffer overnight at 4 °C.

### c) Isopycnic centrifugation in CsCl solution :

CsCl was dissolved in ET buffer containing the purified virus from sucrose gradient centrifugations. The density of the solution was adjusted to 1.45 gm/cm<sup>3</sup> as determined from the refractive index measured with refractometer (Bausch and Lomb), and centrifuged on Beckman SW Ti40 swinging bucket rotor at 28500 rpm for 48 hr at 22 °C. The absorbance of the fractions was measured as noted above.

### d) Electron microscopy of the virus particles :

Virus particles collected from the CsCl centrifugation were negatively stained with 2 % phosphotungstic acid, pH 6.8 on 300 mesh Formavar coated grids, and examined with a Hitachi H-600 electron microscope at Washington State University. The sizes of the virus particles were determined from the electron micrographs using a micrometer.

### e) Determination of protein content of the virus :

The protein content of the virus was determined by the method of Lowry *et al.* (1951) with bovin serum albumin as a standard.

#### f) SDS-Polyacrylamide Gel Electrophoresis :

Bng-KV I virus particles purified by sucrose gradient centrifugation as described above were dissociated by suspending in sample buffer containing 0.125M Tris, pH 6.8, 4 % SDS, 20 % Glycerol, 0.02 % Bromophenol blue, and with or without 10 % 2-Mercaptoethanol (2-ME). Disulfide-containing proteins usually show different migrations, depending upon the presence or absence of the bond. The different 2-ME treatments were therefore employed to detect such proteins, and if they existed, the altered mobilities were expected to aid in distinguishing the various viral polypeptides. The polypeptides of the virions were separated on 12 % SDS-polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE) as described previously (Hui and Hurlbert, 1979 ; Lane and Hurlbert, 1980). The gels were stained with Coomassie brilliant blue R-250.

#### g) Determination of molecular weights :

Estimation of the molecular weights of the Bng-KV I peptides was based on a comparison with *Manduca sexta* immune hemolymph proteins, whose molecular weights had been previously established (Hugues *et al.*, 1983).

## RESULTS

#### a) Sedimentation profiles in sucrose gradient and CsCl gradient centrifugations :

Sedimentation profiles of Bng-KV I following sucrose gradient centrifugation showed virus peaks in fractions 7, 10 and 24 (Figure 1). Subsequent isopycnic centrifugation in the CsCl gradient yielded buoyant densities of 1.41 g/cm<sup>3</sup> and 1.47 g/cm<sup>3</sup> (Figure 2). The sedimentation profile in CsCl showed only two major virus peaks. The virus peak seen at fraction number 7 in the sucrose gradient did not appear in the CsCl centrifugation profile.

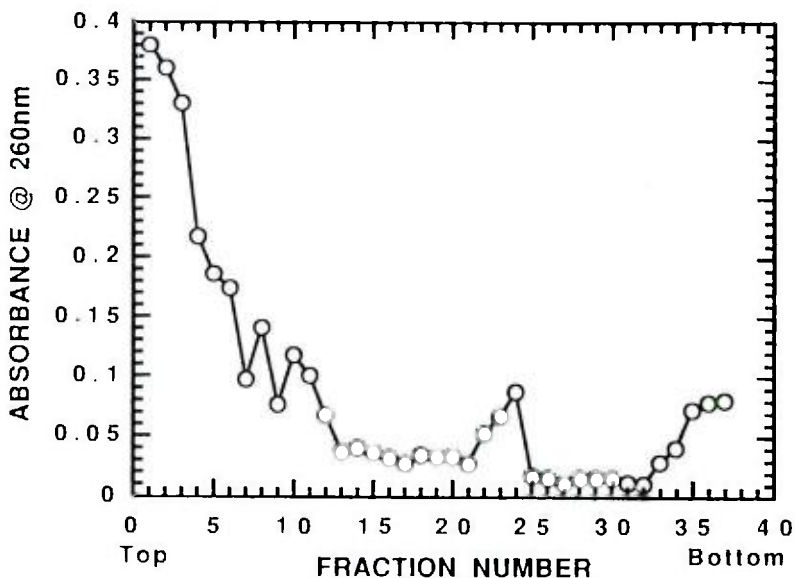


Fig. 1 : Sedimentation profile of Bng-KV I after sucrose density gradient centrifugation.

Fig. 1 : Profil de sédimentation de Bng-KV I après centrifugation sur gradient de densité de sucrose.

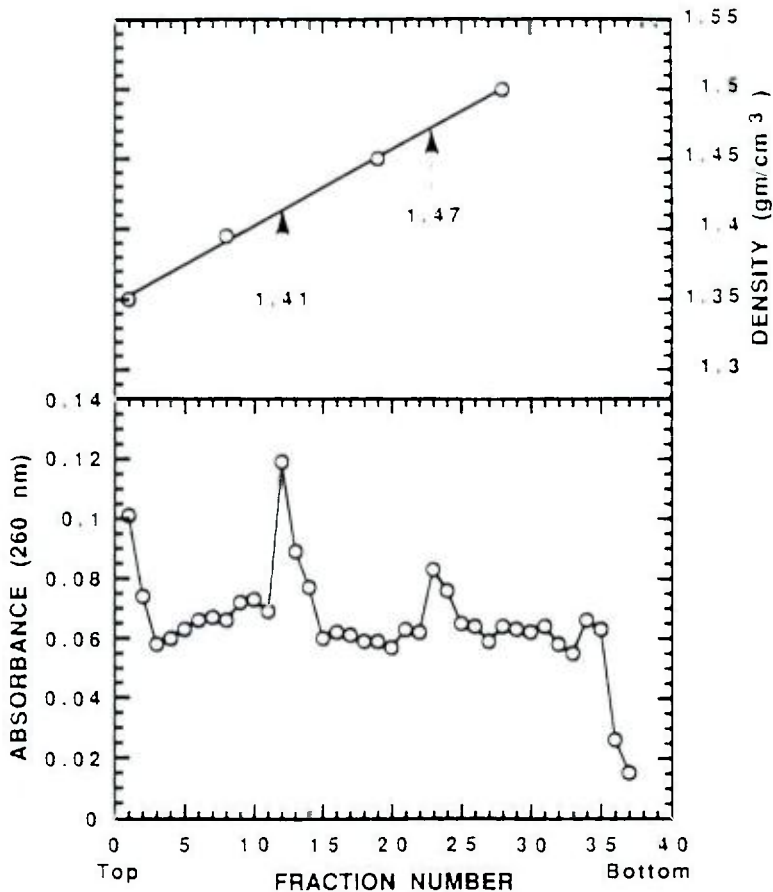


Fig. 2 : Isopycnic gradient centrifugation in CsCl of the peak fractions seen in Figure 1.

Fig. 2 : Centrifugation sur gradient isopycnique de CsCl des fractions principales observées dans la figure 1.

#### b) Electron microscopic observations :

The fractions showing peaks in CsCl centrifugation were dialyzed in Tris-HCl buffer and used for electron microscopic studies. A negatively stained Bng-KV I suspension revealed a large number of non-enveloped spherical viral particles (Figure 3). The results from the electron microscopy suggested that the virus preparation contained two different sized particles (Figure 4). The average particle diameter of Bng-KV I virions ranged from  $18.42 \pm 0.16$  nm to  $27.80 \pm 0.79$  nm (Figure 5).

#### c) SDS-PAGE and molecular weight estimations :

The number and nature of the polypeptides of Bng-KV I virion capsid proteins were studied by 12 % SDS-PAGE (Figure 6). The virions dissociated in the sample buffer with or without 2-ME both revealed two distinct major bands. The polypeptides were named VP1 and VP2. The molecular weights of Bng-KV I polypeptides were estimated by comparing with those of *M. sexta* hemolymph as noted above. The apparent molecular weights for VP1 and VP2 were 72 and 75.5 kd respectively.

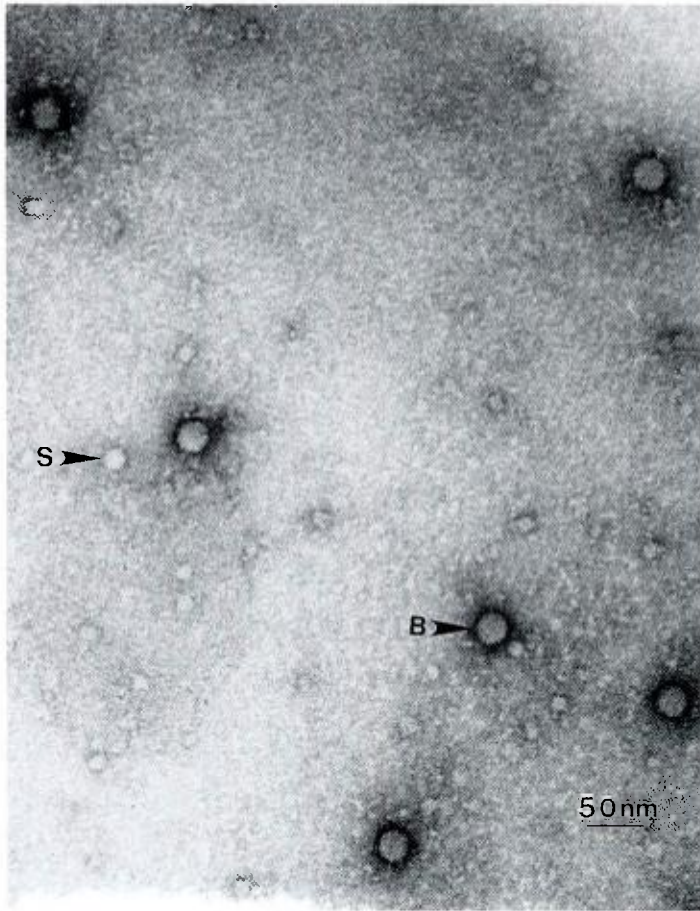


**Fig. 3 : Electron micrographs of Bng-KV I particles after CsCl centrifugation step.**

The virus preparation was negatively stained with 2 % phosphotungstic acid. Both the smaller (S) and larger (B) virus particles were detected.

**Fig. 3 : Micrographies électroniques des particules de Bng-KV I après centrifugation sur CsCl.**

La préparation virale a été colorée avec de l'acide phosphotungstique. On distingue les petites (S) et les grandes (B) particules virales.

## DISCUSSION

The above results indicate that Bng-KV I preparation contained two kinds of spherical particles with on average diameters near  $18.42 \pm 0.16$  nm and  $27.80 \pm 0.79$  nm. Similarly, two kinds of viral particles reported previously (Himeno *et al.*, 1974) were considered to be related to one another ; one of them also appeared to be an immature form (Himeno *et al.*, 1974, 1979). The same may be the case with Bng-KV I. On the other hand, Tinsley and Longworth (1973) reported the range of densities of the infectious bands as 1.38 to 1.45 g/cm<sup>3</sup>. It is therefore possible that both Bng-KV I peaks, which banded at buoyant densities of 1.41 gm/cm<sup>3</sup> and 1.47 gm/cm<sup>3</sup>, might be composed of infectious particles.

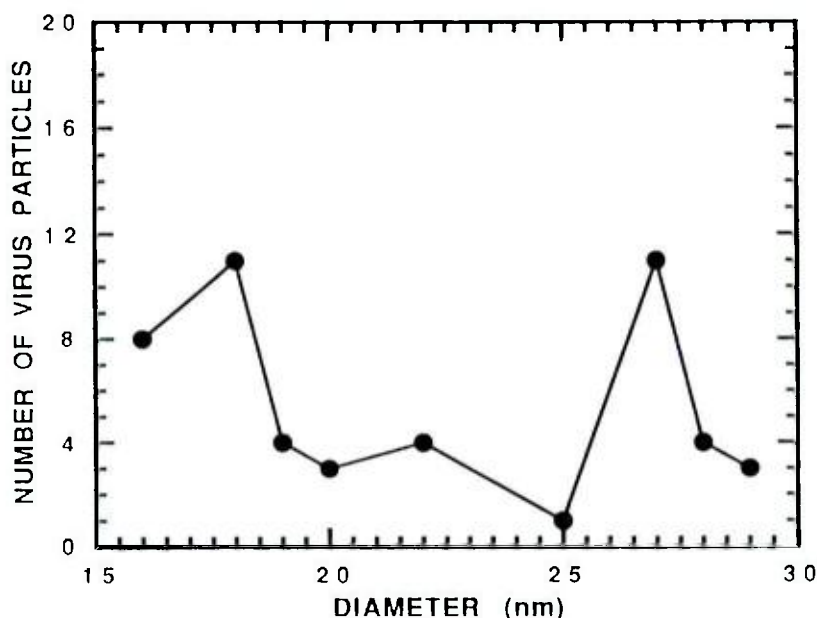


Fig. 4 : Histogram representing the diameters of the Bng-KV I particles.

Fig. 4 : Histogramme représentant le diamètre des particules de Bng-KV I.

Various other workers have also observed mixed populations of particles in their purified preparations. Ayuzawa (1972) purified the flacherie virus by CsCl gradient centrifugation and reported that the virus had a sedimentation coefficient of 183 S, a buoyant density of 1.375 gm/cm<sup>3</sup> and a diameter of  $26 \pm 2$  nm. Aizawa *et al.* (1964), Himeno *et al.* (1974) and Kurisu *et al.* (1976) isolated two kinds of virus particles (IFV) with diameters ranging from 20 to 32 nm and buoyant densities of 1.288 and 1.375 gm/cm<sup>3</sup> from flacherie-diseased silkworms. Kawase *et al.* (1974) reported that the nucleic acid in the IFV was RNA. On the other hand, Matsui (1973) described two kinds of virus particles containing DNA with diameters of 21 and 28 nm. The smaller particles (21 nm) were found heavier than the larger (28 nm) in CsCl gradient centrifugations. Nakagaki and Kawase (1980a) reported a parvo-like virus containing single-stranded DNA having a diameter of  $22.0 \pm 0.5$  nm, with buoyant densities of 1.4 and 1.45 g/cm<sup>3</sup> and a sedimentation coefficient of 102 S.

With respect to the properties thus far noted, Bng-KV I seems to most closely resemble certain of the Parvoviruses (Salzman, 1978; Hoggan, 1971; Tinsley and Longworth, 1973). The Parvoviruses are DNA-containing spherical viruses approximately 18-26 nm in diameter, with relatively high density in CsCl solution (1.38-1.46 g/cm<sup>3</sup>), and producing several classes of particles as assayed by buoyant density in isopycnic centrifugation in CsCl.

One of the principle techniques used for characterizing the structural proteins of virus capsids is polyacrylamide gel electrophoresis (Maizel, 1969). Electrophoresis of the dissociated Bng-KV I virions revealed the presence of two polypeptides on 12 % SDS-PAGE gels with molecular weights of 72 and 75.5 kd (Figure 5). Matsui *et al.* (1977) reported two proteins with molecular weights of 49.2 and 73.5 kd from a parvo-like virus. The data of Nakagaki and Kawase (1980b) suggested that

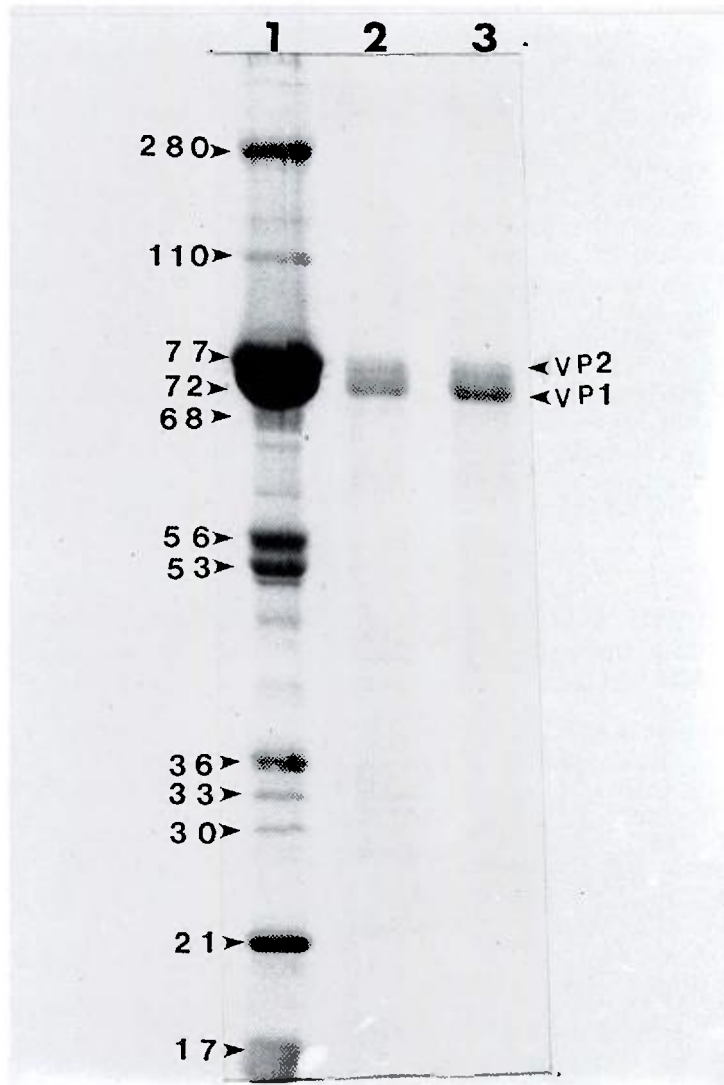


**Fig. 5 : Electrophoresis of Bng-KV I virions on a 12 % SDS-polyacrylamide gel.**

Proteins were stained with Coomassie brilliant blue. *M. sexta* immune hemolymph proteins, in 2-mercaptoethanol sample buffer (lane 1), were employed as standards; the molecular weights (kd) of selected hemolymph proteins are shown on the left. Bng-KV I proteins with (lane 2), and without (lane 3) 2-mercaptoethanol in the sample buffer, are shown. The proteins of Bng-KV I have been designated VP1 and VP2, and have approximately molecular weights of 72 and 75.5 kd, respectively.

**Fig. 5 : Electrophorèse des virions de Bng-KV I sur un gel de polyacrylamide-SDS à 12 %.**

Les protéines ont été colorées avec du bleu brillant de Coomassie. On a utilisé comme standard (puits 1) des protéines immunes de l'hémolymphe de *M. sexta* dans le tampon échantillon contenant du 2-mercaptoéthanol; les poids moléculaires (kd) des protéines de l'hémolymphe sélectionnées sont présentés à gauche. On peut voir les protéines de Bng-KV I dont le tampon échantillon contient (puits 2) ou non (puits 3) du 2-mercaptoéthanol. Les protéines de Bng-KV I ont été dénommées VP1 et VP2 et ont respectivement des poids moléculaires de 72 et 75,5 kd.

*Bombyx* DNV contained 4 structural proteins, VP1, VP2, VP3 and VP4 with molecular weights of 50, 57, 70 and 77 kd, respectively. On the other hand, Himeno *et al.* (1979, 1980) reported more than 6 polypeptides that ranged in molecular weight from 12 to 69 kd isolated from flacherie virus of silkworms (IFV). Salzman (1978) suggested that Parvoviruses usually contain 2-3 polypeptides, the capsid protein having a molecular weight of 60-72 kd.

The molecular weights of two polypeptides of Bng-KV I are most similar to the VP3 and VP4 polypeptides of *Bombyx* DNV (Nagaki and Kawase, 1980b) and *Galleria* DNV (Tijssen *et al.*, 1976). However, the *Bombyx* and *Galleria* DNV's contain 4 polypeptides while Bng-KV I contains only two polypeptides, which easily distinguishes the latter virus from the two DNV's. It should be further noted that the midgut of the KV infected silkworms did not produce specific fluorescence reaction with antiserum of IFV and DNV (Ina stain) of Japan in addition to the absence of precipitation bands in the gel diffusion test with the above antiserum (Shyamala *et al.*, 1987). This observation also supports the assumption that Bng-KV I is different from the *Bombyx* DNV (Nakagaki and Kawase, 1980b). The Bng-KV I virus shares characteristics with a number of other flacherie-like viruses, however the virus was clearly not the same as any of the other reported viruses which caused similar diseases. Further studies, especially on the nucleic acid and serological relationships, will perhaps better categorize the Bng-KV I virus with respect to its relationship with other flacherie-like diseases.

## REFERENCES

- AIZAWA K., FURUTA Y., KURATA K., SATO F. (1964), On the etiologic agent of the infectious flacherie of the silkworm, *Bombyx mori* (Linnaeus). Bull. Sericult. Exp. Sta., 19, 223-240.
- ARUGA H., TANADA Y. (1971), "The cytoplasmic polyhedrosis virus of the silkworm". Univ. Tokyo Press, Japan, p. 5.
- AYUZAWA C. (1972), Studies on the infectious flacherie of the silkworm, *Bombyx mori* L. I. Purification of the virus and some of its properties. J. Sericult. Sci. Japan, 41, 338-344.
- FURUTA Y. (1973), Studies on the previously unreported flacherie virus infecting the silkworm, *Bombyx mori* L. J. Sericult. Sci. Japan, 46, 353-358.
- HADIMANI A.K. (1980), "Studies on the nature of Kenchu disease of silkworm, *Bombyx mori* Linnaeus in Karnataka". M.Sc. (Agri.) Thesis, Univ. Agril. Sci. Bangalore, p. 91.
- HIMENO M., ONODERA K., TANAMI (1974), Properties of flacherie virus of the silkworm, *Bombyx mori*. J. Invertebr. Pathol., 23, 164-171.
- HIMENO M., AOKI K., KOMANO T. (1976), Nucleic acid of flacherie viruses of the silkworm, *Bombyx mori* L. J. Invertebr. Pathol., 28, 223-228.
- HIMENO M., MAEDA M., AOKI H., KOMANO T. (1979), Biochemical and biophysical properties of flacherie virus of the silkworm. J. Invertebr. Pathol., 33, 348-357.
- HIMENO M., ASADA Y., KOMANO T. (1980), Polypeptide composition of flacherie viruses of the silkworm. J. Invertebr. Pathol., 36, 172-179.
- HOGGAN M.D. (1971), Small DNA viruses. In "Comparative Virology". K. Maramorosh and E. Kurstak, eds., Academic Press, New York/London, 43-79.
- HUGHES J.A., HURLBERT R.E., RUPP R.A., SPENCE K.D. (1983), Bacteria-induced haemolymph proteins of *Manduca sexta* pupae and larvae. J. Insect Physiol., 29, 625-632.
- HUI J.M., HURLBERT R.E. (1979), Modifiable chromatophore proteins in photosynthetic bacteria. J. Bact., 138, 207-217.
- JANAKIRAMAN A.T. (1961), Diseases affecting the Indian silkworm races. J. Silkworm, 13, 91-101.
- KANG S.K., NAKAGAKI M., SHIMIZU T., KAWASE S. (1978), Purification of Ina-flacherie virus and some properties of its nucleic acid. J. Sericult. Sci. Japan, 47, 39-46.
- KAWASE S., KANG S.K. (1976), On the nucleic acid of a newly-isolated virus from the virus diseased silkworm larvae. J. Sericult. Sci. Japan, 45, 87-88.
- KAWASE S., SUTO C., AYUZAWA C., INOUE H. (1974), Chemical properties of infectious flacherie virus of the silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). Appl. Entomol. Zool., 9, 100-101.

- KURISU K., ODAN T., KUROSAWA K., MANABE Y., FUJIOKA H. (1976), Purification of the flacherie virus (FVS I and FVS II) of the silkworm, *Bombyx mori* L. Bull. Fac. Textile Sci. Kyoto Univ. Ind Arts and Textile Fibers, 8, 7-12.
- LANE B.C., HURLBERT R.E. (1980), Characterization of the cell wall and cell wall proteins of *Chromatium vinosum*. J. Bact., 141, 1386-1398.
- LOWRY O.H., ROSEBROUGH N.J., FARR A.L., RANDALL R.J. (1951), Protein measurement with the Folin Phenol reagent. J. Biol. Chem., 193, 265-275.
- MAIZEL J.V. (1969), Acrylamide gel electrophoresis of proteins and nucleic acids. In "Fundamental Techniques in Virology". Habel K. and Salzman N.P., Eds., Academic Press, New York, 334-362.
- MANABE Y., KUROSAWA K., KURISU K. (1978), Capsid structure of small particle (FVS II) in flacherie viruses of the silkworm, *Bombyx mori* L. J. Electron Microsc., 21, 25-30.
- MATSUI M. (1973), Smaller virus particles than the flacherie virus found in the diseased silkworm larvae, *Bombyx mori* L. Japan J. Appl. Entomol. Zool., 17, 113-115.
- MATSUI M., MAEDA S., WATANABE H. (1977), Some properties of a small flacherie virus of the silkworm, *Bombyx mori* L. Japan J. Appl. Entomol. Zool., 21, 79-84.
- NAKAGAKI M., KAWASE S. (1980a), DNA of a new Parvo-like virus isolated from the silkworm, *Bombyx mori*. J. Invertebr. Pathol., 35, 124-133.
- NAKAGAKI M., KAWASE S. (1980b), Structural proteins of Densonucleosis virus isolated from the silkworm, *Bombyx mori*, infected with the flacherie virus. J. Invertebr. Pathol., 36, 166-171.
- PAILLOT A. (1929), La gattine et la flacherie vraie ou flacherie de Pasteur, maladies infectieuses mixtes à ultra-microbe et bactéries. Compt. Rend. Acad. Sci., 189, 308-310.
- SALZMAN L.A. (1978), The Parvoviruses. In "The molecular biology of animal viruses". Nayak D.P., Ed., Academic Press, New York, II, 540-587.
- SHIMIZU T. (1975), Pathogenicity of an infectious flacherie virus of the silkworm, *Bombyx mori*, obtained from sericultural farms in the suburbs of Ina City. J. Sericult. Sci. Japan, 44, 45-48.
- SHYAMALA M.B., GOVINDAN R., HADIMANI A.K., NARAYANASWAMY T.K., ESWARAPPA S. (1987), "Kenchu-a silkworm flacherie in Karnataka". UAS Technical Series, Univ. Agril. Sci. Bangalore, India, 1-146.
- STEINHAUS E.A. (1949) "Principles of Insect Pathology". McGraw-Hill Book Company.
- TIJSSSEN P., VAN DER HURK J., KURSTAK E. (1976), Biochemical, biophysical and biological properties of densonucleosis virus. I. Structural proteins. J. Virol., 17, 686-691.
- TINSLEY T.W., LONGWORTH J.F. (1973), Parvoviruses. J. Gen. Virol., 20, 71-75.
- YAMAZAKI H., SAKAI E., SHIMODAIRA M., YAMADA T. (1960), Studies on the infectious flacherie (F-type) of silkworms, *Bombyx mori*. Bull. Nagano-ken Sericult. Exp. Sta., 61, 1-28.
- YOKOYAMA T. (1963), Sericulture. Ann. Rev. Ent., 9, 287-306.

# ETUDES SUR LA MALADIE CAUSEE PAR LE VIRUS DE KENCHU CHEZ LE VER A SOIE *BOMBYX MORI* L. :

## I. PURIFICATION ET PROPRIETES DU VIRUS Bng-KV I

C.S. PATIL, K.D. SPENCE\*, S. GURUSIDDAIAH\*, T.R. KYRIAKIDES & S.B. DANDIN\*\*

Department of Microbiology, Washington State University, Pullman, WA, 99164-4233, Etats-Unis.

\* Bioanalytical Center, Washington State University, Pullman, WA, 99164-4233, Etats-Unis.

\*\* Karnataka State Sericulture Development Institute, Thalaghattapura, Bangalore - 560 062, Inde.

*Une nouvelle souche du virus de Kenchu isolée à partir de larves infestées du ver à soie *Bombyx mori* L. a été caractérisée. Le virus a été dénommé Bng-KV I. L'étude au microscope électronique du virus Bng-KV I purifié met en évidence deux sortes de particules sphériques dont les diamètres moyens sont de  $18,42 \pm 0,16$  nm et  $27,87 \pm 0,79$  nm. La centrifugation sur gradient de densité isopycnique de CsCl donne des densités légères de 1,41 et 1,47 g/cm<sup>3</sup>. L'analyse électrophorétique des protéines de la capsid du virion par électrophorèse sur gel de polyacrylamide-SDS révèle deux polypeptides majeurs, dénommés VP1 et VP2, ayant des poids moléculaires respectivement de l'ordre 72 et 75,5 kd.*

### INTRODUCTION

La sériculture est une industrie artisanale importante et contribue de façon substantielle à l'économie rurale des pays comme l'Inde. Les pertes causées par les maladies constituent l'un des principaux obstacles au développement de la sériculture. On a observé que les maladies du ver à soie sont responsables de 30 à 40 % des pertes en cocons en Inde (Janakiraman, 1961) et de 10 % au Japon (Yokoyama, 1963). Parmi ces maladies, la flacherie est considérée comme un fléau responsable d'environ 70 % des pertes totales de récolte (Aruga et Tanada, 1971).

Les noms de "gattine" (Paillot, 1929) et "flacherie infectieuse type F" (Yamazaki et coll., 1960) ont été donnés à la flacherie des vers à soie. L'étiologie de cette maladie a été tout d'abord attribuée à la fois à des agents bactériens et viraux (Steinhaus, 1949). Par la suite, plusieurs publications firent état de l'isolement de particules virales à partir de vers à soie atteints de flacherie (Aizawa et coll., 1964 ; Ayuzawa, 1972 ; Furuta, 1973 ; Himeno et coll., 1974, 1976, 1980 ; Kawase et coll., 1976 ; Manabe et coll., 1978 ; Matsui, 1973, 1977). Les particules isolées sont sphériques, non-enveloppées, d'un diamètre variant de 14 à 32 nm, contiennent de l'ARN et appartiennent au groupe des Picomavirus. Yamazaki et coll. (1960) ont donné le nom de "virus de la flacherie infectieuse" (IFV) à ce virus.

Dans des travaux connexes, un virus plus petit a été isolé (Shimizu, 1975) et dénommé "Virus de la flacherie Ina" (Ina FV). Par la suite, on a démontré qu'il contenait de l'ADN monocaténaire et qu'il faisait partie du groupe des Densovirus (DNV) de la famille des Parvoviridés (Kang et coll., 1978 ; Nakagaki et Kawase, 1980a, 1980b).

La première étude étiologique d'une flacherie infectieuse en Inde a été publiée récemment. Hadimani (1980) a isolé le "Virus de Kenchu" (KV) qui est responsable de la flacherie (caractérisée par l'aspect rougeâtre et pâle des larves malades et l'excrétion de pétoles fécales en chaîne dénommées

"excreta en chaîne"). Ces symptômes n'ont pas été observés chez les vers à soie atteints de la flacherie au Japon. La sensibilité comparative des souches de vers à soie japonaises et indiennes au KV, ainsi que les expériences préliminaires sur les relations sérologiques entre l'IFV et le DNV (Ina FV) du Japon et de KV d'Inde (Shyamala et coll., 1987) suggèrent que KV est différent d'IFV et de DNV. Jusqu'à présent, aucune souche indienne des virus de Kenchu n'a été caractérisée de manière approfondie. Nous décrivons ici la caractérisation d'un KV isolé sur des larves infestées prélevées près de Bangalore (Inde) et désigné sous le nom de Bng-KV I.

## MATERIELS ET METHODES

### a) Purification de Bng-KV I :

Le virus Bng-KV I a été purifié en modifiant le protocole décrit par Himeno et coll. (1974) et Nakagaki et Kawase (1980a). Les tissus de vers à soie infestés par KV et lyophilisés sont trempés pendant une nuit dans un tampon 0,05 M Tris-HCl de pH 7,5 puis homogénéisés. Les particules de grande taille sont enlevées par centrifugation à 7 000 tours/minute dans une centrifugeuse Sorvall RC5 avec un rotor SS-34 pendant 10 minutes à 5 °C. Le surnageant est mélangé à un volume égale de fluorocarbure froid (1,1,2-trichlorotrifluoroéthane) et secoué énergiquement pendant 5 minutes. Les phases sont séparées par centrifugation à 7 000 tours/minute pendant 10 minutes et le surnageant aqueux est prélevé. Le traitement au fluorocarbure est répété quatre fois. Du sulfate d'ammonium en poudre est ajouté peu à peu pour obtenir une saturation à 40 %. La solution est remuée doucement pendant une nuit à 5 °C, puis centrifugée à 10 000 tours/minute pendant 30 minutes. Le culot est resuspendu dans un tampon 0,01 M EDTA-0,05 M Tris-HCl de pH 7,5 (tampon ET) à raison d'environ 1/3 du volume du broyat original. Cette solution est à nouveau centrifugée à 7 000 tours/minute pendant 10 minutes pour enlever les matériaux non suspendus. Le virus est isolé du surnageant par ultracentrifugation à 35 000 tours/minute à l'aide du rotor à pots pivotants Beckman SW Ti40 pendant 3 heures à 4 °C. Le protocole d'ultracentrifugation est répété 3 fois et le virus isolé est resuspendu dans le tampon ET. La suspension est filtrée en série à travers des filtres Millipore à 1,2 µm et 0,45 µm et stockée à -20 °C. Cette préparation est appelée préparation du virus Bng-KV I partiellement purifié.

### b) Centrifugation dans un gradient de densité de sucrose :

Le virus partiellement purifié est encore purifié par centrifugation dans un gradient linéaire de sucrose de 10 à 40 % (W/V) préparé dans le tampon ET. Les gradients sont préparés avec un appareil de mélange des gradients (Buchler Instruments).

L'échantillon viral (0,6 ml) est déposé en haut du gradient et centrifugé à 25 000 tours/minute pendant 3 heures à 4 °C dans un rotor à pots pivotants Beckman SW Ti40. Des fractions de 360 µl sont prélevées à partir du haut du tube après la centrifugation et mélangées avec 2 ml du tampon Tris-HCl, pH 7,5, et les mesures densitométriques effectuées à 260 nm dans un spectrophotomètre à UV Hitachi. La préparation virale est à nouveau isolée et dialysée contre le tampon Tris-HCl pendant une nuit à 4 °C.

### c) Centrifugation isopycnique dans la solution de CsCl :

Le CsCl est dissous dans un tampon ET contenant le virus purifié par centrifugation sur gradient de sucrose. La densité de la solution est ajustée à 1,45 gm/cm<sup>3</sup> selon l'indice de réfraction mesuré à l'aide d'un réfractomètre (Bausch et Lomb), et centrifugée dans le rotor à pots pivotants Beckman SW Ti40 à 28 500 tours/minute pendant 48 heures à 22 °C. L'absorption des fractions est mesurée suivant la méthode décrite plus haut.

### d) Etude des particules virales au microscope électronique :

Les particules virales prélevées après centrifugation dans le CsCl sont colorées au négatif avec de l'acide phosphotungstique à 2 %, pH 6,8, sur des grilles de 300 mesh recouvertes de Formavar et examinées au microscope électronique Hitachi H-600 à l'Université de Washington. Les tailles des particules virales sont déterminées d'après les micrographies électroniques à l'aide d'un micromètre.

**e) Détermination du contenu en protéines du virus :**

Le contenu en protéines du virus est déterminé d'après la méthode de Lowry et coll. (1951) en utilisant de la sérualbumine bovine comme étalon.

**f) Electrophorèse sur gel SDS-polycrylamide :**

Les particules du virus Bng-KV I purifiées par centrifugation sur gradient de sucrose suivant la méthode décrite ci-dessus sont dissociées par suspension dans le tampon échantillon contenant 0,125 M Tris, pH 6,8, 4 % SDS, 20 % glycérol, 0,02 % bleu de bromophénol et avec ou sans 10 % 2-mercaptoéthanol (2-ME). Les protéines contenant des ponts disulfures présentent habituellement des migrations différentes, en fonction de la présence ou de l'absence du pont. Différents traitements 2-ME sont donc employés pour détecter ces protéines et, si elles existent, la modification des mobilités permet de distinguer les divers polypeptides viraux. Les polypeptides des virions sont séparés par électrophorèse sur gel SDS-polyacrylamide 12 % suivant la méthode décrite précédemment (Hui et Hurlbert, 1979 ; Lane et Hurlbert, 1980). Les gels sont colorés avec du bleu brillant de Coomassie R-250.

**g) Détermination des poids moléculaires :**

L'estimation des poids moléculaires des peptides de Bng-KV I est effectuée par comparaison avec les protéines immunitaires de l'hémolymphe de *Manduca sexta* dont les poids moléculaires ont déjà été établis (Hughes et coll., 1983).

## RESULTATS

**a) Profils de sédimentation en gradient de sucrose et centrifugations sur gradient de CsCl :**

Les profils de sédimentation de Bng-KV I obtenus par centrifugation sur gradient de sucrose présentent des pics viraux dans les fractions 7, 10 et 24 (Fig. 1). La centrifugation isopycnique suivante dans le gradient CsCl donne des densités légères de 1,41 g/cm<sup>3</sup> et 1,47 g/cm<sup>3</sup> (Fig. 2). Le profil de sédimentation dans le CsCl présente seulement deux pics viraux principaux. Le pic viral observé à la fraction 7 dans le gradient de sucrose n'apparaît pas dans le profil de centrifugation sur CsCl.

**b) Observations au microscope électronique :**

Les fractions correspondant aux pics obtenus dans la centrifugation sur CsCl sont dialysées dans un tampon Tris-HCl et utilisées pour les observations au microscope électronique. Une suspension Bng-KV I colorée négative fait apparaître un grand nombre de particules virales sphériques non enveloppées (Fig. 3). Les résultats des observations au microscope électronique suggèrent que la préparation virale contient deux particules de taille différente (Fig. 4). Le diamètre moyen des particules de virions de Bng-KV I varie de  $18,42 \pm 0,16$  nm à  $27,80 \pm 0,79$  nm (Fig. 5).

**c) SDS-PAGE et estimations des poids moléculaires :**

Le nombre et la nature des polypeptides composant les protéines de la capsid du virion de Bng-KV I ont été étudiés sur SDS-PAGE 12 % (Fig. 6). Les virions dissociés dans le tampon échantillon avec ou sans 2-ME révèlent tous deux la présence de deux bandes principales distinctes. Les polypeptides sont dénommés VP1 et VP2. Les poids moléculaires des polypeptides de Bng-KV I sont évalués par comparaison avec ceux de l'hémolymphe de *M. sexta* suivant la méthode décrite plus haut. Les poids moléculaires apparents pour VP1 et VP2 sont respectivement de 72 et 75,5 kd.

## DISCUSSION

Les résultats obtenus indiquent que la préparation Bng-KV I contient deux sortes de particules sphériques avec des diamètres moyens proches de  $18,42 \pm 0,16$  nm et  $27,80 \pm 0,79$  nm. De même, Deux sortes de particules virales observées précédemment (Himeno et coll., 1974) ont été considérées comme apparentées l'une à l'autre, l'une d'elles semblant également être une forme immature (Himeno et coll., 1974, 1979). Il se peut que cela soit aussi le cas de Bng-KV I. Par ailleurs, Tinsley et Longworth (1973) ont observé que la densité des bandes infectieuses variait de 1,38 à 1,45 g/cm<sup>3</sup>.

Il est donc possible que les deux pics de Bng-KV I, qui donnent des bandes aux densités légères de  $1,41 \text{ gm/cm}^3$  et  $1,47 \text{ gm/cm}^3$ , soient composées de particules infectieuses.

Divers autres auteurs ont également observé des populations mélangées de particules dans leurs préparations purifiées. Ayuzawa (1972) a purifié le virus de la flacherie par centrifugation sur gradient de CsCl et observé que le virus a un coefficient de sédimentation de 183 S, une densité légère de  $1,375 \text{ gm/cm}^3$  et un diamètre de  $26 \pm 2 \text{ nm}$ . Aizawa et coll. (1964), Himeno et coll. (1974) et Kurisu et coll. (1976) ont isolé deux sortes de particules virales (IFV) ayant des diamètres variant de 20 à 32 nm et des densités légères de 1,288 et  $1,375 \text{ gm/cm}^3$  à partir de vers à soie atteints de flacherie. Kawase et coll. (1974) ont observé que l'acide nucléique contenu dans l'IFV est l'ARN. Par ailleurs, Matsui (1973) a décrit deux sortes de particules virales contenant de l'ADN et ayant des diamètres de 21 et 28 nm. On observe que les petites particules (21 nm) sont plus lourdes que les grandes (28 nm) dans les centrifugations sur gradient de CsCl. Nakagaki et Kawase (1980a) ont observé un virus rappelant les parvovirus, contenant de l'ADN monocaténaire et ayant un diamètre de  $22,0 \pm 0,5 \text{ nm}$ , avec des densités légères de 1,4 et  $1,45 \text{ g/cm}^3$  et un coefficient de sédimentation de 102 S.

En ce qui concerne les propriétés notées jusqu'à présent, il semble que le Bng-KV I soit très voisin de certains Parvovirus (Salzamn, 1978 ; Hoggan, 1971 ; Tinsley et Longworth, 1973). Les Parvovirus sont des virus sphériques contenant de l'ADN, avec un diamètre de l'ordre de 18 à 26 nm et une densité relativement élevée en solution de CsCl ( $1,38$  à  $1,46 \text{ g/cm}^3$ ) et produisent plusieurs classes de particules comme l'atteste la densité légère obtenue avec la centrifugation isopycnique dans le CsCl.

L'une des principales techniques utilisées pour caractériser les protéines structurales des capsides virales est l'électrophorèse sur gel de polyacrylamide (Maizel, 1969). L'électrophorèse des virions de Bng-KV I dissociés révèle la présence de deux polypeptides sur les gels SDS-PAGE 12 % ayant des poids moléculaires de 72 et 75,5 kd (Fig. 5). Matsui et coll. (1977) ont observé deux protéines ayant des poids moléculaires de 49,2 et 73,5 kd chez un virus de type parvo. Les données de Nakagaki et Kawase (1980b) suggèrent que le DNV de *Bombyx* contient 4 protéines structurales, VP1, VP2, VP3 et VP4, ayant respectivement des poids moléculaires de 50, 57, 70 et 77 kd. Par ailleurs, Himeno et coll. (1979, 1980) ont observé plus de 6 polypeptides isolés à partir du virus de la flacherie des vers à soie (IFV) et dont les poids moléculaires varient de 12 à 69 kd. Salzman (1978) a suggéré que les Parvovirus contiennent habituellement 2 à 3 peptides, la protéine de la capside ayant un poids moléculaire de 60 à 72 kd.

Les poids moléculaires de deux polypeptides de Bng-KV I sont tout à fait similaires à ceux des polypeptides VP3 et VP4 du DNV de *Bombyx* (Nakagaki et Kawase, 1980b) et du DNV de *Galleria* (Tijssen et coll., 1976). Cependant, les DNV de *Bombyx* et de *Galleria* contiennent 4 polypeptides alors que le Bng-KV I en contient seulement deux, ce qui permet de le distinguer facilement des deux DNV. Il faut également noter que l'intestin des vers à soie infestés par KV ne produit pas de réaction de fluorescence spécifique avec l'antisérum de IFV et DNV (souche Ina) du Japon et on note aussi une absence de bandes de précipitations dans le test de diffusion du gel avec le même antisérum (Shyamala et coll., 1987). Cette observation confirme également l'hypothèse que le Bng-KV I est différent du DNV de *Bombyx* (Nakagaki et Kawase, 1980b). Le virus Bng-KV I partage les mêmes caractéristiques qu'un certain nombre de virus semblables de la flacherie ; cependant il est clair qu'il ne s'agit pas du même virus qu'aucun des autres virus observés provoquant les mêmes maladies. Des études complémentaires, portant particulièrement sur l'acide nucléique et les relations sérologiques, permettront peut-être de mieux classer le virus Bng-KV I quant à sa relation avec d'autres maladies semblables à la flacherie.

# READY RECKONER FOR HYDROCHLORIC ACID TREATMENT OF SILKWORM EGGS OF WEAK DIAPAUSE CHARACTER\*

K. SINGH & G.S. SHUKLA

Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura,  
Mysore - 570 008, India.

*Encouraging results in respect of hatchability were obtained when diapause eggs after 20-24 hours of oviposition were treated with hydrochloric acid of 1.10 specific gravity at 24 °C for 90 min. or any other combinations between 24 °C-46 °C and 90 min. to 2 min. durations effected in such a way that every rise of 1 °C temperature from 24 °C in ascending order is combined with a 4 min. decrease in treatment duration from 90 min. in descending sequence.*

**Keywords :** Diapause, voltinism, hatchability, oviposition, serosal, chorion, esterase embryogenesis, univoltine, bivoltine, multivoltine.

## INTRODUCTION

The physiology of the diapause in silkworm, *Bombyx mori* L., has been studied extensively with reference to the environmental conditions. Toyama (1913), Watanabe (1918, 1919), Kogure (1933), Hasegawa (1951, 1957), Fukuda (1951a, 1951b, 1952), Morohoshi and Mezaki (1956), Yamashita and Hasegawa (1964), Sonobe and Ohnishi (1971), Sonobe *et al.* (1977), Takeda (1977) and others have studied the complex interaction between the external and internal factors inducing the onset or termination of diapause in silkworm which provides a classic example of diapause in the embryonic stage.

The environmental factors which are instrumental in bringing about diapause by their individual or combined actions are made use of for breaking diapause artificially. Different methods devised by different authors are not so effective as HCl treatment in terms of either its reliability or its simplicity and widely employed for effective termination of diapause, ushering in the bivoltine silkworm rearing in tropical regions.

The details with regard to acid treatment, concentration required, time and duration of treatment have been worked out by Georgi (1980), Kai and Nishi (1976), Jolly (1983) and others.

Bivoltine races in tropical countries with weak diapause character need lesser concentration of HCl and treatment durations compared to Japanese and Chinese races (Anonymous ; Ayuzawa *et al.*, 1972).

Exhaustive details on experimental work in respect of hot and cold acid treatment of diapause eggs for repeated rearing have been compiled and published by Yokoyama (1962), Tanaka (1964), Ayuzawa *et al.* (1972), Krishnaswamy *et al.* (1973), Tazima (1978) and Jolly (1983).

---

\* Part of Ph.D. thesis of main author.

The present study envisages working out of the suitable combinations of acid concentration, time and duration of treatment at different temperatures from the prevailing ambient temperature up to 47 °C for satisfactory hatching of commercial hybrid silkworm eggs as and when required, leading to a definite schedule for all temperatures. The schedule has been worked out keeping in view the distinct climatic conditions and intensity of diapause in the eggs in Tarai regions of Uttar Pradesh for breaking the diapause.

## MATERIALS AND METHODS

Silkworm eggs of a bivoltine crossbreed (C<sub>108</sub> × J<sub>112</sub>) called 'Shiwalik', a cross between Chinese and Japanese bivoltine races, were obtained from the State Grainage at Dehradun, Uttar Pradesh, and reared under ideal conditions at Gorakhpur. The seed cocoons of the above crossbreed were selected for uniformity of size and shape and kept for emergence in laboratory under optimum conditions of temperature, humidity and photoperiod as prescribed by Krishnaswamy *et al.* (1973) and Jolly (1983). Just emerged male and female moths of the above crossbreed were allowed to mate at ideal room temperature and humidity (25 ± 1 °C - 75-80 % RH) for 3 hours in semidark conditions. On completion of the copulation period the mating moths were separated and allowed to lay eggs on egg cards. After 24 hours of egg laying, the female moths were individually examined for their disease-freeness and layings washed with 2 % of formalin for 15 minutes and dried.

In order to investigate the effect of acid treatment at varying temperatures generally obtained in tropical zones, diapause eggs of the above crossbreed were dipped in hydrochloric acid of 1.10 specific gravity at 24 temperature ranges between 24 °C and 47 °C after 20-24 hours of oviposition starting from the standard room temperature of 24 °C normally prevailing. The temperature of acid of 1.10 sp. gravity was raised to 47 °C gradually raising the temperature by one degree every time in ascending order. There were as many treatment durations starting from 90 min. to 2 min. in descending sequences with four min. differences between any two treatments. Thus the longest duration of treatment (90 min.) was combined with the lowest temperature of 24 °C included in the study and the lowest duration of 2-3 min. with the highest temperature of 47 °C. In-between two treatments every raise of one degree temperature was combined with 4 min. decrease in duration of treatment, viz. 24 °C for 90 min., 25 °C for 86 min., 26 °C for 82 min., 27 °C for 78 min., 28 °C for 74 min., 29 °C for 70 min., 30 °C for 66 min., 31 °C for 62 min., 32 °C for 58 min., 33 °C for 54 min., 34 °C for 50 min., 35 °C for 46 min., 36 °C for 42 min., 37 °C for 38 min., 38 °C for 34 min., 39 °C for 30 min., 40 °C for 26 min., 41 °C for 22 min., 42 °C for 18 min., 43 °C for 14 min., 44 °C for 10 min., 45 °C for 6 min., 46 °C for 2-3 min., 47 °C for 2-3 min.

The specific gravity of the hydrochloric acid was measured at room temperature of 24 °C which tended to decrease with rise in temperature taken into the study.

Except for the treatment at 24 °C (done at normal room temperature for 90 min.), the eggs were dipped in acid at 25, 26 and 27 °C maintained by keeping the acid in BOD incubator calibrated for the purpose. Acid treatment at the rest of the temperature and duration combinations was conducted with the help of acid treatment baths. There were 24 treatment combinations, each with six replications. After treatment, the eggs were washed thoroughly with water, dried in shade and kept in incubator at ideal humidity and temperature, i.e. 25 ± 1 °C and 75-80 % RH for incubation and hatching. After complete hatching, the eggs were counted to collect data in respect of total number of eggs laid per female, number of unfertilized eggs and percentage of hatchability. The eggs treated at room temperature of 24 °C for 90 min. were taken as control for comparison with other treatments. Treatments at 47 °C were limited to 2-3 min. to compare the results with that of the treatment at 46 °C for similar duration. The hatching of 10 layings was taken as representative hatchability percentage in the case of each set of the study. The data obtained in respect of hatchability were analysed statistically and presented in Table I.

## RESULTS

Diapause in silkworm is broken by several methods. Hydrochlorisation, i.e. treatment of eggs with HCl, is the most effective method to terminate diapause for further embryogenesis.

Under the present study, the diapause silkworm eggs of a bivoltine crossbreed were treated with 1.10 specific gravity of hydrochloric acid at different temperature regimens and treatment durations ranging from 24 °C to 47 °C and 90 min. to 2-3 min., respectively. The results obtained in respect of hatchability are summarised in Table I.

The data presented in Table I reveal that  $96.21 \pm 0.86$  percentage hatchability was recorded when silkworm eggs were treated with acid of 1.10 specific gravity at 24 °C for 90 min. This value insignificantly varied from those obtained at treatment combinations, viz. 25 °C/86 min., 26 °C/82 min., 27 °C/78 min., 28 °C/74 min., 29 °C/70 min., 30 °C/66 min., 31 °C/62 min., 32 °C/58 min. and 33 °C/54 min. The treatment combination 34 °C/50 min. has given  $89.47 \pm 1.990$  per cent hatchability, which is significantly lower ( $p < 0.01$ ) than that obtained for the 24 °C/90 min. combination taken as 100 per cent (control). The hatchability of  $90.75 \pm 1.88$  % obtained for 35 °C/46 min. combination is also found significantly lower ( $p < 0.01$ ) than control.

The hatching percentage recorded for treatment combinations 38 °C/34 min., 40 °C/26 min., 41 °C/22 min., 42 °C/18 min., 43 °C/14 min., 44 °C/10 min., 45 °C/6 min. and 46 °C/2-3 min. have been found significantly lower ( $p < 0.01$ ) compared to that of control. Hatchability at these combinations was generally found more than 80 % but less than 90 %.

Treatment combination 39 °C/30 min. with  $85.72 \pm 3.59$  % hatchability has given significantly lower value ( $p < 0.05$ ) than that of control.

At 47 °C/2-3 min. treatment combination only  $71.50 \pm 2.69$  per cent hatchability was recorded, which is highly significant compared to control. Further, it is observed that out of 24 treatment combinations, 12 combinations have recorded 90 % or more hatchability and 12 combinations more than 80 %. Only 47 °C/2-3 min. combination has given less than 80 % hatchability.

## DISCUSSION

Acid treatment of diapause eggs at room temperature is not only economical but also safe and risk-free. It is applicable in places where necessary facilities for acid treatment are not readily available. The ambient temperature, especially in the tropics, is generally highly variable. Hence, no definite schedule of acid treatment would be effective uniformly everywhere. The earlier workers have suggested only limited regimens of treatment temperature for acid treatment after 20-24 hours of oviposition with 1.10 specific gravity. The present study with an ambient temperature range of 24-47 °C combined with 90 min. to 2 min. durations of treatment as described earlier, at 1.10 specific gravity of HCl after 20-24 hours of oviposition has yielded positive results in respect of hatchability. As could be observed, with increase of temperature by 1 °C, the reduction of 4 min. treatment duration has given hatchability ranging from 80-96 %. A fairly consistent inverse relation between duration of treatment and temperature has been established for its application in the field for commercial use in treating diapause eggs.

While the initial room temperature (24 °C) and duration of treatment (80-90) have been recommended by several workers, including Ayuzawa *et al.* (1972), Anonymous (1980), Jolly (1983), the other combinations as indicated in Table I have been formulated for the first time under varying temperature gradients. As could be seen, there is a sudden dip in hatching with the increase in temperature of hot acid from 46 to 47 °C indicating 46 °C/2-3 min. as threshold for acid treatment. The slight corrosiveness of the acid might have contributed to the insignificant fall in hatchability which is also not considered commercially quite unsatisfactory.

The specific gravity of 1.10 hydrochloric acid at room temperature of 24 °C decreases with rise in temperature and almost reaches to the level of 1.075 at 46 °C which has been recommended by several authors for acid treatment of diapause eggs, Ayuzawa *et al.* (1972), Anonymous (1980), Jolly (1983). The hydrochloric acid probably interferes with the predisposing factors causing the onset of diapause. It probably breaks the oxygen barrier and enhances the water permeability of the chorion, which is caused by serosal pigmentation and egg shell lipids associated with the low permeability of the water through the egg shell. The critical temperature at which permeability increases is dependent upon temperature. Kim *et al.* (1980) have also expressed a similar view with regard to water evaporation through the egg chorion in diapausing eggs. Georgi (1980) has also reported that specific gravity of the acid plays an important role combined with temperature and treatment duration on

Table I. Effect of temperature and duration of acid<sup>@</sup> treatment combinations on hatching percentage of bivoltine silkworm eggs treated after 20-24 hours of oviposition.

*Tableau I. Effet de la combinaison de la température et de la durée du traitement à l'acide<sup>@</sup> sur le pourcentage d'éclosion des oeufs de vers à soie bivoltins traités entre 20 et 24 heures après l'oviposition.*

| Sl.<br>no.     | Temperature and duration of<br>acid treatment combinations |                 | Average<br>percentage<br>of hatching |
|----------------|------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|
|                | Temperature (°C)                                           | Duration (min.) |                                      |
| N° de<br>série | Température et durée du traitement HCl                     |                 | Pourcentage<br>moyen<br>d'éclosion   |
|                | Température (°C)                                           | Durée (min.)    |                                      |
| 1              | 24                                                         | 90              | 96.21 ± 0.86 (100)                   |
| 2              | 25                                                         | 86              | 94.30 ± 1.17 (98)                    |
| 3              | 26                                                         | 82              | 95.33 ± 1.60 (99)                    |
| 4              | 27                                                         | 78              | 94.57 ± 1.09 (98)                    |
| 5              | 28                                                         | 74              | 95.78 ± 1.39 (99)                    |
| 6              | 29                                                         | 70              | 95.01 ± 1.04 (99)                    |
| 7              | 30                                                         | 66              | 96.15 ± 0.42 (100)                   |
| 8              | 31                                                         | 62              | 94.55 ± 1.08 (98)                    |
| 9              | 32                                                         | 58              | 89.62 ± 2.99 (93)                    |
| 10             | 33                                                         | 54              | 93.36 ± 1.18 (97)                    |
| 11             | 34                                                         | 50              | 89.47 ± 1.90* (93)                   |
| 12             | 35                                                         | 46              | 90.75 ± 1.88+ (94)                   |
| 13             | 36                                                         | 42              | 92.55 ± 2.73 (96)                    |
| 14             | 37                                                         | 38              | 92.94 ± 1.70 (96)                    |
| 15             | 38                                                         | 34              | 82.13 ± 2.24* (85)                   |
| 16             | 39                                                         | 30              | 84.72 ± 3.59+ (88)                   |
| 17             | 40                                                         | 26              | 85.72 ± 1.79* (89)                   |
| 18             | 41                                                         | 22              | 80.05 ± 4.63* (83)                   |
| 19             | 42                                                         | 18              | 86.59 ± 2.01* (90)                   |
| 20             | 43                                                         | 14              | 80.07 ± 2.08* (83)                   |
| 21             | 44                                                         | 10              | 83.61 ± 1.83* (87)                   |
| 22             | 45                                                         | 06              | 85.39 ± 0.86* (89)                   |
| 23             | 46                                                         | 2-3             | 91.13 ± 1.77* (95)                   |
| 24             | 47                                                         | 2-3             | 71.50 ± 2.68* (74)                   |

The data in the table indicate the average per cent hatching ± SEM of six replicates.

*Les données du tableau représentent le pourcentage d'éclosion moyen ± l'écart type de six réplicats.*

@ Specific gravity of acid (HCl) : 1.10 / *Densité spécifique de l'acide (HCl) : 1,10.*

The values in parentheses indicate the per cent change with the average percentage of hatching at 24 °C for 90 min. treatment taken as 100 %.

*Les valeurs entre parenthèses indiquent le pourcentage de variation par rapport au pourcentage moyen d'éclosion à 24 °C pour 90 min. de traitement pris comme référence 100 %.*

\*  $p < 0.01$  and +  $p < 0.05$  when compared with the average percentage of hatching at 24 °C for 90 min. treatment.

\*  $p < 0,01$  et +  $p < 0,05$  par rapport au pourcentage moyen d'éclosion à 24 °C pour 90 minutes de traitement.

hatchability of diapause eggs. The esterase activities associated with the hatching of non-diapause eggs increase sharply in treated eggs, showing its manifestation in the form of an enlarged nucleolar size (ribosomal rRNA synthesis, inter-conversion of glycogen and polyols, Chino, 1963; Kageyama, 1976; Kurata *et al.*, 1978; Sonobe *et al.*, 1979; Kai and Takashi, 1981; Furusawa and Sukuta, 1982).

In conclusion, the results of these investigations clearly bring out the fact that uniformly satisfactory hatching could be obtained by treating silkworm eggs with 1.10 specific gravity of acid at 20-24 hours of embryonic age with any combination from 24 °C/90 min. to 46 °C/2-3 min. The effective duration of treatment as recorded in the present investigations may be at variance, which is obviously due to climatic factors and eco-races responding differently to acid treatment. Weak diapause characters of bivoltine races being reared continuously in the tropics, including India, may also be perhaps the reason for limited endurance of the strong acid and treatment duration. Anonymous (1980) has also reported that the chorion of the eggs in the tropical races are much thinner than that of univoltine and bivoltine races of European and Japanese origin having higher tolerance towards concentration of acid and longer treatment duration.

### ACKNOWLEDGEMENTS

The facilities made available at the Silkworm Seed Production Centre, Tarai Silk Development Project, Govt. of UP (India), Gorakhpur, are gratefully acknowledged.

### REFERENCES

- ANONYMOUS (1980), Textbook of Tropical Sericulture. Japan Overseas Co-operation Volunteers, Tokyo, Japan.
- ANONYMOUS (Undated) Silkworm Egg Production. Regional Sericulture Training Centre, Guangzhou, China.
- AYUZAWA C., SEKIDO I., YAMAKAWA K., SAKURAI U., KURATA W., YAGINUMA Y. TOKORO Y. (1972). Handbook of Silkworm Rearing. Agric. Tech. Manual, Fuzi Publishing Company Ltd., Tokyo, Japan.
- CHINO H. (1963), Respiratory enzymes system of *B. mori* eggs in relation to the mechanism of the formation of sugar alcohol. Archs. Biochem. Biophys., 102, 400-415.
- FUKUDA S. (1951a), Factors determining the production of the non-diapause eggs in the silkworm. Proc. Jpn. Acad., 27, 582-586.
- FUKUDA S. (1951b), The production of diapause eggs by transplanting the suboesophageal ganglion in the silkworm. Proc. Jpn. Acad., 27, 627-677.
- FUKUDA S. (1952), Function of the pupal brain and suboesophageal ganglion in the production of non-diapause and diapause eggs in the silkworm. Annot. Zool., Jpn., 25, 149-155.
- FURUSHAWA T., SHIKATA M. (1982), Temperature dependent changes of polyols and glycogen content in the eggs of silkworm, *B. mori*. J. Seric. Sci. Jpn., 51, 77-78.
- GEORGI M. (1980a), Appropriate methods of production of silkworm seed for summer fall feeding by treating with hydrochloric acid. Treatment of freshly laid eggs. Votnovd Nauki, 17(1), 98-104.
- GEORGI M. (1980b), Methods to produce silkworm seed for summer autumn feeding by treating it with hydrochloric acid solution. Treatment after brief cooling. Votnovd Nauki, 17(5), 95-100.
- GEORGI M. (1980c), Producing silkworm seed for summer fall feeding by treatment with hydrochloric acid. Treatment before and after cooling. Votnovd Nauki, 17(6), 118-123.
- HASEGAWA K. (1951), Studies on voltinism in silkworm, *B. mori* L., with special reference to the organs concerning determination of voltinism (A preliminary note). Proc. Jpn. Acad., 27, 667-671.
- HASEGAWA K. (1957), The diapause hormone of silkworm, *B. mori* L. Nature, 179, 1300-1301.
- JOLLY M.S. (1983), Organisation of industrial bivoltine grainage for tropics. Seric. Project no. 3, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore.
- KAGEYAMA T. (1976), Pathways of carbohydrates metabolism in the eggs of the silkworm, *B. mori* L. Insect Biochem., 6, 507-511.
- KAI H., NISHI K. (1976), Diapause development in the *B. mori* eggs in relation to esterase A activity. J. Insect Physiol., 22, 1315-1320.

- KAI H., KUCHKATO, TAKAHASHI K. (1981), Similar action of acid treatment to long chilling for breaking diapause in respect of esterase A activities in eggs. J. Seric. Sci. Jpn., 50(5), 373-378.
- KIM S., KAI H., SHIKATA M. (1980), Critical temperature to water evaporation through the egg shell in relation to the silkworm embryonic diapause. J. Seric. Sci. Jpn., 49(2), 158.
- KOGURE M. (1933), The influence of light and temperature on certain characters of silkworm, *B. mori*. J. Dept. Agri., Kyushu Univ., 4, 1-93.
- KRISHNASWAMY S., NARASIMHANNA M.N., SURYANARAYANA S.K., KUMARAJ A. (1973), Sericultural manual to silkworm rearing. FAO Agri. Services Bull., 15-7, 39 & 51-53.
- KURATA S., KOGA K., SAKAGUCHI B. (1978), Changes in nucleolar size in parallel with ribosomal RNA synthesis at diapause termination in the eggs of *B. mori* L. Chromosome, 68, 313-317.
- MOROHOSHI S., MEZAKI M. (1956), Studies on voltinism in silkworm, *B. mori* on the locus of a major gene controlling voltinism. Bull. Seric. Exp. Sta. Jpn., 26, 257.
- SONOBE H., OHNISHI E. (1971), Silkworm, *B. mori*, nature of diapause factor. Science, 174, 835-838.
- SONOBE H. HIMAYA Y., KEINO H. (1977), Changes in the amount of the diapause factor in the suboesophageal ganglion during development of the silkworm, *B. mori*. J. Insect Physiol., 23(5), 633-637.
- SONOBE H., MATSUMOTO A., FUKUZAKI Y., FUZIWARA (1979), Carbohydrate metabolism and restricted oxygen supply in the eggs of silkworm, *B. mori*. J. Insect Physiol., 25, 381-388.
- TAKEDA S. (1977), Induction of egg diapause in *B. mori* by some cephalothorax organs of cockroach, *Periplaneta americana*. J. Insect Physiol., 23(7), 813-816.
- TANAKA Y. (1964), Sericology. Publ. by Central Silk Board, Govt. of India, Bombay.
- TAZIMA Y (1979), Silkworm eggs, scientific brochure I. Publ. by Central Silk Board, Govt. of India.
- TOYAMA (1913), Maternal inheritance of Mendelism (first contribution). J. Genet., 2, 351-404.
- WATANABE K. (1918), Studies on the voltinism in the silkworm, *B. mori* L. Inheritance of bivoltinism vrs. quadrivoltine. Bull. Seric. Exp. Sta. Jpn., 3, 397-437.
- WATANABE K. (1919), Studies on the voltinism in the silkworm, *B. mori* L. II. Inheritance of univoltinism vrs. multivoltine. Bull. Seric. Exp. Sta. Jpn., 4, 87-106.
- YAMASHITA O., HASEGAWA K. (1964), Studies on the mode of action of diapause hormone in the silkworm, *B. mori*. III. Effect of diapause hormone extract. J. Seric. Sci. Jpn., 33, 115-173.
- YOKOYAMA T. (1962), Synthesised science of Sericulture. Publ. by Central Silk Board, Govt. of India.

# TABLE D'UTILISATION DU TRAITEMENT A L'ACIDE CHLORHYDRIQUE DES OEUFS DE VERS A SOIE A DIAPAUSE FAIBLE\*

K. SINGH & G.S. SHUKLA

Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura,  
Mysore - 570 008, Inde.

*Des résultats encourageants concernant l'éclosabilité ont été obtenus après traitement d'oeufs diapausants 20 à 24 heures après l'oviposition avec de l'acide chlorhydrique de densité 1,10 à 24 °C pendant 90 minutes ou toute autre combinaison de température et de durée entre 24 °C et 46 °C et entre 90 minutes et 2 minutes réalisée de telle façon que chaque hausse de 1 °C à partir de 24 °C dans l'ordre croissant est combinée avec une baisse de 4 minutes de la durée du traitement à partir de 90 minutes dans l'ordre décroissant.*

## INTRODUCTION

La physiologie de la diapause chez le ver à soie *Bombyx mori* L. a été étudiée de manière approfondie du point de vue des conditions de l'environnement. Toyama (1913), Watanabe (1918, 1919), Kogure (1933), Hasegawa (1951, 1957), Fukuda (1951a, 1951b, 1952), Morohoshi et Mezaki (1956), Yamashita et Hasegawa (1964), Sonobe et Ohnishi (1971), Sonobe et coll. (1977), Takeda (1977) et d'autres ont étudié l'interaction complexe entre les facteurs externes et internes induisant le début ou la levée de la diapause chez le ver à soie qui constitue un exemple typique de la diapause au stade embryonnaire.

Les facteurs environnementaux qui contribuent à l'initiation de la diapause par des actions individuelles ou combinées sont utilisés pour lever la diapause de manière artificielle. Les différentes méthodes mises au point par différents auteurs se révèlent moins efficaces que le traitement HCl aussi bien du point de vue de la fiabilité que du point de vue de la facilité d'emploi. Son utilisation est largement répandue pour lever la diapause chez les vers à soie bivoltins élevés en régions tropicales.

Les détails concernant le traitement à l'acide, la concentration requise, le temps et la durée du traitement ont été étudiés par Georgi (1980), Kai et Nishi (1976), Jolly (1983) et d'autres auteurs.

Les races bivoltines à faible diapause des pays tropicaux demandent une concentration plus faible en HCl et des durées de traitement plus courtes que les races japonaises et chinoises (Anonyme, Ayuzawa et coll., 1972).

Les détails complets du travail expérimental réalisé sur les traitements à l'acide à chaud et à froid des oeufs diapausants en vue d'élevages répétés ont été compilés et publiés par Yokoyama (1962), Tanaka (1964), Ayuzawa et coll. (1972), Krishnaswamy et coll. (1973), Tazima (1978), Jolly (1983).

Cette étude vise à définir des combinaisons appropriées entre la concentration en acide, le moment et la durée du traitement à différentes températures depuis la température ambiante jusqu'à 47 °C pour obtenir une bonne éclosion des oeufs de vers à soie hybrides commerciaux en fonction des besoins, combinaisons qui permettraient de définir une table précise pour toutes les températures. Cette table a été réalisée en tenant compte des différentes conditions climatiques et de l'intensité de

---

\* Extrait de la thèse de doctorat du premier auteur.

la diapause des oeufs dans la région de Tarai de l'Etat de l'Uttar Pradesh.

## MATERIELS ET METHODES

Les oeufs d'une race de vers à soie dénommée "Shiwalik" (C108 × J112), croisement entre des races bivoltines japonaises et chinoises, ont été fournis par le grainage d'Etat de Dehradun (Uttar Pradesh) et élevés dans les meilleures conditions à Gorakhpur. Les cocons de cette race retenus pour grainage ont été sélectionnés d'après la régularité de leur taille et de leur forme et conservés jusqu'à l'émergence en laboratoire dans des conditions optimales de température, d'humidité et de photopériode selon la méthode de Krishnaswamy et coll. (1973) et Jolly (1983). Les papillons mâles et femelles en sortie d'émergence de cette race ont été accouplés à température et humidité ambiante optimales ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$  – 75-80 % HR) pendant 3 heures dans la semi-obscurité. A la fin de la période d'accouplement, les papillons sont séparés et les femelles sont mises à pondre sur des cartons de ponte. Vingt-quatre heures après la ponte, on vérifie que les papillons femelles sont sains en les examinant individuellement et les pontes sont lavées avec du formol à 2 % pendant 15 minutes puis séchées.

Afin d'étudier l'effet du traitement à l'acide aux diverses températures régnant généralement dans les zones tropicales, les oeufs diapausants sont plongés dans l'acide chlorhydrique de densité 1,10 à des températures de  $24^\circ\text{C}$  à  $47^\circ\text{C}$ , 20 à 24 heures après la ponte en commençant par la température ambiante standard de  $24^\circ\text{C}$ . La température de l'acide de densité 1,10 est portée progressivement à  $47^\circ\text{C}$  à intervalles de  $1^\circ\text{C}$  dans l'ordre croissant. Il y a autant de durées de traitement, commençant à 90 minutes jusqu'à 2 minutes dans un ordre décroissant à intervalles de  $4^\circ\text{C}$ . La durée de traitement la plus longue (90 minutes) est donc combinée avec la température la plus basse ( $24^\circ\text{C}$ ) et la durée la plus courte (2-3 minutes) avec la température la plus élevée ( $47^\circ\text{C}$ ). Chaque hausse de  $1^\circ\text{C}$  est combinée avec une baisse de 4 minutes de la durée du traitement, soit :  $24^\circ\text{C}$  pour 90 minutes,  $25^\circ\text{C}$  pour 86 minutes,  $26^\circ\text{C}$  pour 82 minutes,  $27^\circ\text{C}$  pour 78 minutes,  $28^\circ\text{C}$  pour 74 minutes,  $29^\circ\text{C}$  pour 70 minutes,  $30^\circ\text{C}$  pour 66 minutes,  $31^\circ\text{C}$  pour 62 minutes,  $32^\circ\text{C}$  pour 58 minutes,  $33^\circ\text{C}$  pour 54 minutes,  $34^\circ\text{C}$  pour 50 minutes,  $35^\circ\text{C}$  pour 46 minutes,  $36^\circ\text{C}$  pour 42 minutes,  $37^\circ\text{C}$  pour 38 minutes,  $38^\circ\text{C}$  pour 34 minutes,  $39^\circ\text{C}$  pour 30 minutes,  $40^\circ\text{C}$  pour 26 minutes,  $41^\circ\text{C}$  pour 22 minutes,  $42^\circ\text{C}$  pour 18 minutes,  $43^\circ\text{C}$  pour 14 minutes,  $44^\circ\text{C}$  pour 10 minutes,  $45^\circ\text{C}$  pour 6 minutes,  $46^\circ\text{C}$  pour 2-3 minutes,  $47^\circ\text{C}$  pour 2-3 minutes.

La densité de l'acide chlorhydrique est mesurée à la température ambiante de  $24^\circ\text{C}$ , elle tend à diminuer à mesure que la température relevée dans cette étude augmente.

A l'exception du traitement à  $24^\circ\text{C}$  (fait à température ambiante normale pendant 90 minutes), les oeufs sont plongés dans de l'acide à  $25$ ,  $26$  et  $27^\circ\text{C}$  maintenu à température par l'utilisation d'un incubateur BOD calibré à cet effet. Le traitement à l'acide aux autres températures et durées est réalisé dans des bains de traitement à l'acide. Il y a 24 combinaisons de traitements, comportant chacun 6 réplicats. Après le traitement, les oeufs sont lavés soigneusement, séchés à l'ombre et conservés dans l'incubateur dans des conditions optimales de température et d'humidité, c'est-à-dire :  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  et 75-80 % d'humidité relative, pour permettre l'incubation et l'éclosion. Après éclosion totale, les oeufs sont comptés afin de recueillir les données concernant le nombre total d'oeufs pondus par femelle, le nombre d'oeufs non fécondés et le pourcentage d'éclosion. Les oeufs traités à la température ambiante de  $24^\circ\text{C}$  pendant 90 minutes sont considérés comme témoin et comparés avec les autres traitements. Le traitement à  $47^\circ\text{C}$  est limité à 2-3 minutes pour permettre la comparaison des résultats avec ceux du traitement à  $46^\circ\text{C}$ , de même durée. L'éclosion de 10 pontes est considérée comme représentative du pourcentage d'éclosion pour chacun des lots. Les données obtenues ont été analysées statistiquement et sont présentées dans le tableau I.

## RESULTATS

On peut lever la diapause du ver à soie suivant différentes méthodes. La chlorhydrisation, c'est-à-dire le traitement des oeufs à l'HCl, est la méthode la plus efficace pour lever la diapause et permettre l'embryogenèse.

Dans cette étude, les oeufs d'un hybride de vers à soie bivoltins sont traités avec de l'acide chlorhydrique de densité 1,10 à différents régimes de température et différentes durées variant

respectivement de 24 °C à 47 °C et 90 minutes à 2-3 minutes. Les résultats obtenus sur l'éclosion sont résumés dans le tableau I.

Les données présentées dans le tableau I révèlent qu'on obtient un pourcentage d'éclosion de  $96,21 \pm 0,86$  lorsque les oeufs sont traités à l'acide de densité 1,10 à 24 °C pendant 90 minutes. Cette valeur ne varie pas de manière significative aux combinaisons de traitements suivantes : 25 °C/86 minutes, 26 °C/82 minutes, 27 °C/78 minutes, 28 °C/74 minutes, 29 °C/70 minutes, 30 °C/66 minutes, 31 °C/62 minutes, 32 °C/58 minutes et 38 °C/54 minutes. La combinaison de traitement 34 °C/50 minutes donne une éclosabilité de  $89,47 \pm 1,90$  % qui est significativement plus faible ( $p < 0,01$ ) que l'éclosabilité obtenue pour 24 °C/90 minutes considérée comme valeur de référence 100 % (témoin). On observe que l'éclosion de  $90,75 \pm 1,88$  % obtenue pour la combinaison 35 °C/46 minutes est également significativement plus faible ( $p < 0,01$ ) que le témoin.

Les pourcentages d'éclosion enregistrés pour les combinaisons de traitements 38 °C/34 minutes, 40 °C/26 minutes, 41 °C/22 minutes, 42 °C/18 minutes, 43 °C/14 minutes, 44 °C/10 minutes, 45 °C/6 minutes et 46 °C/2-3 minutes sont nettement plus faibles ( $p < 0,01$ ) que celui du témoin. Pour ces combinaisons, l'éclosion est en général supérieure à 80 % mais inférieure à 90 %.

La combinaison de traitement 39 °C/30 minutes, avec une éclosabilité de  $85,72 \pm 3,59$  %, donne une valeur nettement plus faible ( $p < 0,05$ ) que celle du témoin.

A la combinaison de traitement 47 °C/2-3 minutes, on enregistre une éclosabilité de  $71,50 \pm 2,69$  % qui est fortement significative par rapport au témoin. De plus, sur les 24 combinaisons de traitement, 12 combinaisons donnent une éclosabilité de 90 % ou plus et 12 combinaisons plus de 80 %. Seule, la combinaison 47 °C/2-3 minutes donne une éclosion inférieure à 80 %.

## DISCUSSION

Le traitement à l'acide des oeufs diapausants à température ambiante n'est pas seulement économique mais également fiable et sans danger. Il peut être pratiqué dans des endroits où on ne dispose pas des équipements nécessaires au traitement à l'acide. La température ambiante, particulièrement sous les tropiques, est généralement très variable ; c'est pourquoi aucune table déterminée de traitement à l'acide ne serait efficace de façon uniforme sur l'ensemble de ces régions. Les auteurs antérieurs ont proposé un régime limité de température pour le traitement à l'acide de densité 1,10, 20 à 24 heures après l'oviposition. Notre étude, qui présente des traitements à températures variant de 24 à 47 °C combinées avec des durées de 90 à 2 minutes dans l'HCl de densité 1,10, comme on l'a décrit plus haut, a permis d'obtenir des résultats positifs du point de vue de l'éclosabilité. Avec des hausses de température de 1 °C, la réduction de 4 minutes de la durée du traitement donne une éclosabilité de 80 à 96 %. Une relation inverse assez cohérente entre la durée du traitement et la température a été établie et peut être appliquée sur le terrain pour le traitement à l'échelle commerciale des oeufs diapausants.

Bien que la température ambiante (24 °C) et la durée de traitement (80 à 90) initiales aient été recommandées par plusieurs auteurs, notamment Ayuzawa et coll. (1972), Anonyme (1980), Jolly (1983), les autres combinaisons indiquées dans le tableau I sont formulées pour la première fois à diverses températures. On peut constater une chute rapide de l'éclosion lorsque la température de l'acide passe de 46 à 47 °C, ce qui permet de fixer à 46 °C/2-3 minutes le seuil pour le traitement à l'acide. Le fait que l'acide soit légèrement corrosif peut contribuer à la chute non significative de l'éclosabilité qui reste néanmoins commercialement satisfaisante.

La densité spécifique de 1,10 de l'acide chlorhydrique à une température ambiante de 24 °C diminue à mesure que la température augmente et atteint presque le niveau de 1,075 à 46 °C, température recommandée par plusieurs auteurs pour le traitement à l'acide des oeufs diapausants (Ayuzawa et coll., 1972 ; Anonyme, 1980 ; Jolly, 1983). L'acide chlorhydrique interfère probablement avec les facteurs qui prédisposent à l'initiation de la diapause. Il est probable qu'il casse la barrière d'oxygène et renforce la perméabilité à l'eau du chorion, qui est causée par la pigmentation sérosale et les lipides de la coque de l'oeuf associés à la faible perméabilité de l'eau à travers la coque. L'augmentation de la perméabilité dépend de la température. Kim et coll. (1980) ont exprimé une opinion similaire pour ce qui concerne l'évaporation de l'eau à travers le chorion de l'oeuf chez les oeufs diapausants. Georgi (1980) a également observé que la densité de l'acide joue un rôle important

#### TABLE D'UTILISATION DU TRAITEMENT HCl

combiné avec la température et la durée du traitement dans l'éclosion des oeufs. Les activités estérases associées à l'éclosion des oeufs non diapausants augmentent nettement chez les oeufs traités et se manifestent sous la forme d'une hypertrophie de la taille des nucléoles (synthèse d'ARN ribosomique, inter-conversion du glycogène et des polyoles) (Chino, 1963 ; Kageyama, 1976 ; Kurata et coll., 1978 ; Sonobe et coll., 1979 ; Kai et Takashi, 1981 ; Furusawa et Sukata, 1982).

En conclusion, les résultats de ces expériences font clairement ressortir le fait qu'il est possible d'obtenir une éclosion suffisamment uniforme en traitant les oeufs de vers à soie à l'acide chlorhydrique de densité 1,10 entre 20 et 24 heures au stade embryonnaire avec des combinaisons comprises entre 24 °C/90 minutes et 46 °C/2-3 minutes. La durée effective du traitement, telle qu'on a pu l'enregistrer dans cette étude, peut présenter des variations, ce qui est évidemment dû aux facteurs climatiques et au fait que les éco-races réagissent différemment au traitement à l'acide. Il se peut également que les races bivoltines à faible diapause élevées en continu en zones tropicales, y compris en Inde, présentent une limite d'endurance à l'acide fortement concentré et à une durée longue de traitement. On a également observé (Anonyme, 1980) que le chorion des oeufs chez les races tropicales est beaucoup plus mince que celui des races univoltines et bivoltines d'origine européenne et japonaise qui ont une tolérance plus grande aux concentrations fortes et aux durées de traitement longues.

# EVALUATION OF THE FOOD UTILISATION EFFICIENCY IN SOME POLYVOLTINE BREEDS OF SILKWORM, *BOMBYX MORI* L.

O.K. REMADEVI, S.B. MAGADUM, N. SHIVASHANKAR & K.V. BENCHAMIN

Laboratory of Silkworm Physiology, Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura, Mysore - 570 008, India.

*Food utilisation efficiency in 9 polyvoltine breeds was analysed in detail. The total and per day ingestion varied significantly in the different breeds ; the highest being in KJ and the lowest in PM. The breed AP<sub>2</sub> had the least CI (consumption index) (0.75) and the breed GNP the highest (1.177). The AD (approximate digestibility) was highest (47.84 %) in MY<sub>1</sub> and least in C. nichii (36.64). The ECI (efficiency of conversion of ingested food to body matter) and ECD (efficiency of conversion of digested food to body matter) were highest in P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> and C. nichii and lowest in PA<sub>11</sub> and MY<sub>1</sub>, respectively. The ingestion to body gain ratio and the ingestion to cocoon ratio also varied significantly among the different breeds (the breeds P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> and C. nichii respectively having the least values). Based on AD, ECI, ECD, ingestion to body ratio and ingestion to cocoon ratio, the breeds can be ranked as : P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> > C. nichii > AP<sub>2</sub> > MY<sub>1</sub> > KJ > RD<sub>1</sub> > PA<sub>11</sub> > GNP > PM.*

**Keywords :** Food utilisation efficiency, silkworm *Bombyx mori*, polyvoltine breeds.

## INTRODUCTION

The food ingested and digested by the insects must fulfill their nutritional requirement for normal growth and development. In silkworm, *Bombyx mori*, different breeds which vary in their growth, development and economic characters may also show variation in their food consumption, utilization and conversion efficiencies. Nutritional studies in silkworm with respect to moulting (Takeuchi, 1961), cocoon productivity (Takano and Arai, 1978), silk production (Muthukrishnan *et al.*, 1979), economic characters (Sumoika *et al.*, 1982), silk protein (Fukuda, 1960) and body weight gain (Ueda and Suzuki, 1967) have elucidated their dependency on qualitative and quantitative variations of the feed, mulberry leaf. The interstrain differences in feed efficiency of many temperate silkworm breeds have been studied by Yamamoto and Fujimaki (1982). The same in Pure Mysore, a polyvoltine, and NB 18, a bivoltine breed in tropical region of India, were also reported by Benchamin and Jolly (1986). In the present study food utilisation efficiencies in nine promising polyvoltine breeds are analysed in detail with the objective of ranking them for further utilization in future breeding programmes.

## MATERIALS AND METHODS

Nine polyvoltine breeds, viz. AP<sub>2</sub>, C. nichii, GNP, KJ, MY<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>D<sub>1</sub>, PA<sub>11</sub>, RD<sub>1</sub> and PM identified for multilocal tests and large-scale field trials by the Race Evaluation and Cataloguing Committee (CSB, India), were used for the present study. In each breed three replications of twenty-five larvae in the Vth instar were used for the experiment. Three trials were conducted. The larvae were fed *ad libitum* four times a day with K2 leaves. Silkworms were reared with suitable spacing (Benchamin and Nagaraj, 1987) and according to the standard procedure (Krishnaswami, 1978). Daily, missing larvae in the rearing bed were compensated by replacing the worms from a

control bed maintained parallelly. The amount of dry matter ingested, digested and converted was determined by standard gravimetric methods (Waldbauer, 1968 ; Kogan and Parra, 1981). The dry weights of the larvae of out of moult as well as matured were estimated using the stock larvae from each breed as per the method of Horie and Watanabe (1983). The indices used in the study are after Waldbauer (1968) and as given below :

1. Approximate digestibility (AD) = 
$$\frac{\text{Dry wt. of food ingested} - \text{Dry wt. of excreta}}{\text{Dry wt. of food ingested}} \times 100$$
2. Efficiency of conversion of ingested food to body matter (ECI) = 
$$\frac{\text{Dry wt. gained by larva}}{\text{Dry wt. of food ingested}} \times 100$$
3. Efficiency of conversion of digested food to body matter (ECD) = 
$$\frac{\text{Dry wt. gained by larva}}{\text{Dry wt. of food digested}} \times 100$$
4. Consumption index (CI) = 
$$\frac{\text{Fresh wt. of food eaten (g)}}{\text{Mean fresh wt. of larva during feeding period (g)} \times \text{Duration of feeding period (days)}}$$
5. Reference ratio = 
$$\frac{\text{Dry wt. of food ingested}}{\text{Dry wt. of excreta}}$$

The data collected are suitably analysed statistically for interpretation.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Ingestion :

The capacity of ingestion varied significantly ( $p < 0.05$ ) in the different breeds. Among the breeds the total ingestion and daily ingestion varied significantly (Table I). The breed, KJ, ingested maximum (2.878 g) and C. nichi the minimum (1.482 g). The ingestion per day was also highest in KJ (0.490 g). Though the larval duration and the total ingestion was least in C. nichi, the ingestion rate (per day consumption) was least in PM (0.244 g) which had the highest larval duration. The ranking of the breeds according to their ingestion rate holds good for practical evaluation (KJ > PA<sub>11</sub> > MY<sub>1</sub> > P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> > AP<sub>2</sub> > GNP > RD<sub>1</sub> > C. nichi > PM). The consumption index varied significantly in the different breeds. The breed AP<sub>2</sub> had the least value (0.758) and the breed GNP had the highest value (1.177) and the ranking was AP<sub>2</sub> < P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> < PM < MY<sub>1</sub> < PA<sub>11</sub> < KJ < C. nichi < RD<sub>1</sub> < GNP.

### Digestibility :

The quantity of food digested varied in the breeds tested. The approximate digestibility (AD) was computed for all the breeds and the highest was shown by MY<sub>1</sub> (47.844 %). AD was comparable among the breeds, C. nichi, PM and AP<sub>2</sub> ; KJ, P<sub>2</sub>D<sub>1</sub>, GNP and PA<sub>11</sub> and P<sub>2</sub>D<sub>1</sub>, PA<sub>11</sub>, RD<sub>1</sub> and MY<sub>1</sub> (Table II). The amount of food digested per worm was maximum (1.346 g) in MY<sub>1</sub> and the least (0.552 g) in C. nichi.

The production of excreta was maximum in KJ (1.683 g/worm) and least in C. nichi (0.930 g/worm). Since the digestibility differed in different breeds, the proportion of feed intake to the production of excreta (reference ratio) also varied significantly among them. The highest value was found in MY<sub>1</sub> (1.961) followed by RD<sub>1</sub> (1.955) and PA<sub>11</sub> (1.887). The least was in C. nichi

Table I. Feed utilisation efficiency of the polyvoltine breeds in silkworm.

Tableau I. Utilisation des aliments chez des souches polyvoltines du ver à soie.

| Breeds                        | Vth age period (hrs)         | Total ingesta/ worm Dry wt (g)          | Ingesta/ worm/day Dry wt (g)              | Digesta/ worm Dry wt (g)         | Excreta/ worm Dry wt (g)         | Larval wt. gain/10 worms Fresh wt (g)                 | Single cocoon weight Fresh wt (g)       |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <i>Souches</i>                | <i>Durée du 5e âge (hrs)</i> | <i>Ingesta totaux/ver Poids sec (g)</i> | <i>Ingesta/ver par jour Poids sec (g)</i> | <i>Digesta/ver Poids sec (g)</i> | <i>Excreta/ver Poids sec (g)</i> | <i>Gain de poids larvaire/10 vers Poids frais (g)</i> | <i>Poids d'un cocon Poids frais (g)</i> |
| AP <sub>2</sub>               | 151.3                        | 2.572                                   | 0.409                                     | 1.00                             | 1.572                            | 21.904                                                | 1.324                                   |
| C. nichi                      | 120.6                        | 1.482                                   | 0.325                                     | 0.552                            | 0.930                            | 14.230                                                | 0.934                                   |
| GNP                           | 130.6                        | 2.067                                   | 0.361                                     | 0.952                            | 1.116                            | 14.454                                                | 0.919                                   |
| KJ                            | 140.0                        | 2.878                                   | 0.490                                     | 1.195                            | 1.683                            | 24.284                                                | 1.238                                   |
| MY <sub>1</sub>               | 152.0                        | 2.850                                   | 0.423                                     | 1.346                            | 1.504                            | 23.847                                                | 1.301                                   |
| P <sub>2</sub> D <sub>1</sub> | 150.6                        | 2.466                                   | 0.418                                     | 1.083                            | 1.383                            | 23.651                                                | 1.275                                   |
| PA <sub>11</sub>              | 145.3                        | 2.688                                   | 0.448                                     | 1.227                            | 1.461                            | 20.428                                                | 1.239                                   |
| PM                            | 172.6                        | 1.954                                   | 0.244                                     | 0.744                            | 1.210                            | 13.326                                                | 0.913                                   |
| RD <sub>1</sub>               | 161.3                        | 2.292                                   | 0.346                                     | 1.094                            | 1.198                            | 15.331                                                | 1.033                                   |
| SE ± / Ecart type ±           | -                            | 0.061                                   | 0.010                                     | 0.055                            | 0.020                            | 0.362                                                 | 0.027                                   |
| CD at 5 %                     | -                            | 0.172                                   | 0.029                                     | 0.156                            | 0.057                            | 1.026                                                 | 0.076                                   |

The data are the mean of three trials / Les données correspondent à la moyenne de trois expériences.

Table II. Feed utilization indices in polyvoltine breeds in silkworm.

Tableau II. Indices d'utilisation des aliments chez des souches polyvoltines du ver à soie.

| Breeds                        | CI                  | AD (%)                          | ECI                  | ECD (%)                           | Reference ratio      | Ingestion to body gain ratio        | Ingestion to cocoon ratio   |
|-------------------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| Souches                       | CI                  | AD (%)                          | ECI                  | ECD (%)                           | Rapport de référence | Rapport ingestion sur gain de poids | Rapport ingestion sur cocon |
| AP <sub>2</sub>               | 0.758 <sup>a</sup>  | 38.583<br>38.306* <sup>ab</sup> | 16.059 <sup>bc</sup> | 45.274<br>42.420* <sup>d</sup>    | 1.655 <sup>a</sup>   | 4.162 <sup>b</sup>                  | 6.781 <sup>ab</sup>         |
| C. nichi                      | 1.038 <sup>e</sup>  | 36.640<br>37.131* <sup>a</sup>  | 18.203 <sup>d</sup>  | 54.583<br>48.301* <sup>c</sup>    | 1.606 <sup>a</sup>   | 3.739 <sup>a</sup>                  | 5.986 <sup>a</sup>          |
| GNP                           | 1.177 <sup>f</sup>  | 44.800<br>41.927* <sup>cd</sup> | 14.820 <sup>ab</sup> | 36.987<br>37.043* <sup>abc</sup>  | 1.877 <sup>c</sup>   | 5.418 <sup>de</sup>                 | 8.437 <sup>c</sup>          |
| KJ                            | 0.934 <sup>d</sup>  | 41.291<br>39.917* <sup>bc</sup> | 16.936 <sup>c</sup>  | 42.544<br>40.554* <sup>bcd</sup>  | 1.731 <sup>ab</sup>  | 4.150 <sup>b</sup>                  | 8.059 <sup>bc</sup>         |
| MY <sub>1</sub>               | 0.853 <sup>bc</sup> | 47.844<br>43.761* <sup>d</sup>  | 15.636 <sup>ab</sup> | 32.612<br>34.758* <sup>a</sup>    | 1.961 <sup>c</sup>   | 4.144 <sup>b</sup>                  | 7.688 <sup>bc</sup>         |
| P <sub>2</sub> D <sub>1</sub> | 0.785 <sup>ab</sup> | 44.027<br>41.482* <sup>cd</sup> | 19.350 <sup>d</sup>  | 45.754<br>42.460* <sup>d</sup>    | 1.841 <sup>bc</sup>  | 3.719 <sup>a</sup>                  | 6.774 <sup>ab</sup>         |
| PA <sub>11</sub>              | 0.860 <sup>c</sup>  | 45.223<br>42.265* <sup>cd</sup> | 14.501 <sup>a</sup>  | 35.674<br>36.338* <sup>ab</sup>   | 1.887 <sup>c</sup>   | 4.613 <sup>c</sup>                  | 7.508 <sup>abc</sup>        |
| PM                            | 0.844 <sup>bc</sup> | 36.840<br>37.222* <sup>a</sup>  | 14.713 <sup>a</sup>  | 44.231<br>41.472* <sup>cd</sup>   | 1.631 <sup>a</sup>   | 5.458 <sup>c</sup>                  | 7.842 <sup>bc</sup>         |
| RD <sub>1</sub>               | 1.072 <sup>e</sup>  | 45.789<br>42.413* <sup>d</sup>  | 14.541 <sup>a</sup>  | 38.106<br>37.662* <sup>abcd</sup> | 1.955 <sup>c</sup>   | 5.261 <sup>d</sup>                  | 7.742 <sup>bc</sup>         |
| SE ± / Ecart type ±           | 0.025               | 0.821                           | 0.445                | 1.751                             | 0.046                | 0.585                               | 0.567                       |
| CD at 5 %                     | 0.073               | 2.330                           | 1.263                | 4.966                             | 0.130                | 1.643                               | 1.593                       |

\* Angular transformed values / Transformées angulaires.

Under each column values represented by the same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ ). The data are the mean of three trials.Dans chaque colonne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p < 0.05$ ). Les données correspondent à la moyenne de trois expériences.

(1.606). The value in PM was found to be 1.631. Mathavan and Pandian (1974) suggested 1.5 as the general reference ratio for lepidopteran larval stages. According to Benchamin and Jolly (1986), the reference value for PM was 1.65 and for NB<sub>18</sub> 1.60. From the present study it became evident that many of the tested polyvoltine breeds were higher in their digestibility.

#### Efficiency of conversion :

The efficiency with which the ingested food is converted into body substance (ECI) varied significantly among the different breeds. ECI was found maximum in P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> (19.35 %) and the minimum was in PA<sub>11</sub> (14.50 %). The breeds C. *nichi* and P<sub>2</sub>D<sub>1</sub>, KJ and AP<sub>2</sub>; AP<sub>2</sub>, MY<sub>1</sub> and GNP; and MY<sub>1</sub>, GNP, PM, RD<sub>1</sub> and PA<sub>11</sub> formed distinct groups based on ECI.

The efficiency of conversion of digested food into the body substance (ECD) varied significantly among the different breeds. C. *nichi* showed the highest efficiency of conversion (54.58 %) and the lowest was that of MY<sub>1</sub> (32.61 %). ECD among MY<sub>1</sub>, PA<sub>11</sub>, GNP and RD<sub>1</sub>; PA<sub>11</sub>, GNP, RD<sub>1</sub> and KJ; GNP, RD<sub>1</sub>, KJ and PM; and RD<sub>1</sub>, KJ, PM, AP<sub>2</sub> and P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> did not vary significantly.

It is difficult to expect a breed that excels in all characters. From the commercial point of view, a breed that consumes minimum leaf and utilises the same to the maximum extent for body weight should be considered more potential than others. Ranking based on ratio of ingestion to body gain followed the order, PM > GNP > RD<sub>1</sub> > PA<sub>11</sub> > AP<sub>2</sub> = KJ = MY<sub>1</sub> > C. *nichi* > P<sub>2</sub>D<sub>1</sub>. Thus in all the breeds screened, the conversion ratio into the body was higher than in PM. While PM required 5.458 g (fresh weight) of ingested food to gain one gram fresh body weight, P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> required only 3.72 g. While the breed C. *nichi* required the least food (5.986 g) for the production of 1 g weight of cocoon, the breed GNP required the maximum food (8.437 g). Since the efficiency is dependent on a combination of several factors, variations observed among different breeds cannot be attributed to any single factor.

In KJ, though the ingestion rate is maximum, i.e. 0.49 g, the AD is only 41.29 %; while in MY<sub>1</sub> which has the highest AD value (47.84 %), the ingestion rate was only 0.42 g. Assimilation efficiency (AD) can vary in a passive manner as a function of consumption rate and if a larva increases its consumption rate, the rate of passage of food through its gut may increase, allowing less time for digestion and assimilation causing a reduction in AD; conversely a prolongation of food in the gut may bring about an increase in AD (Slansky and Scriber, 1985).

The study reveals that the ECI and ECD of the different breeds are somewhat dependent on their digestibility. Though the breed C. *nichi* had the lowest AD, the efficiency of conversion of the ingested and digested food was in the highest levels. The breed MY<sub>1</sub>, which had the highest AD value (47.84 %) was falling in the lowest category with respect to its ECI and was least (32.612 %) in its ECD. It is interesting to note that the inverse relation between AD and ECI/ECD may nullify the effect of one value being higher and the other being lower. The observation of Benchamin and Jolly (1986) on PM and NB<sub>18</sub> also showed that while AD value was higher in PM, ECI and ECD were lower in that breed in the Vth age. But this inverse relation was not true in the breeds like KJ and P<sub>2</sub>D<sub>1</sub>, where AD as well as conversion efficiencies were on the higher side.

Based on the different efficiency parameters (AD, ECI, ECD, ingesta to body/cocoon ratio) the different breeds were evaluated. On the overall ranking the breed P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> stood first among the nine breeds tested. The popular breed PM was poorest in its nutritional efficiency when compared to the other breeds. The order of the breeds with respect to their nutritional efficiency is P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> > C. *nichi* > AP<sub>1</sub> > MY<sub>1</sub> > KJ > RD<sub>1</sub> > PA<sub>11</sub> > GNP > PM.

Since the availability of indigenous multivoltine breeds are limited in number and variations in larval and cocoon characters are narrow, identification and selection of parental breeds based on nutritional efficiency and productivity may become necessary in the future. The present study indicates the possibility of such an approach in silkworm breeding programme.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are thankful to the Director, CSR & TI, Mysore, for encouragement to undertake the present study and the staff of Silkworm Physiology Division for their assistance in conducting the experimental rearings. Due gratitude is expressed to Mrs Kshama Giridhar, Mr P.M. Suresh and

Mr E. Roy Jacob of Statistics and Computer Division for their assistance in analysing and compiling the experimental data.

## REFERENCES

- BENCHAMIN K.V., NAGARAJ G.S. (1978), Sericulture rearing techniques. In "Appropriate Sericulture Techniques". Ed. M.S. Jolly, Central Silk Board, Bangalore, 63-106.
- BENCHAMIN K.V., JOLLY M.S. (1986), Studies on ingestion, digestion and conversion efficiency in polyvoltine and bivoltine silkworm breeds (*Bombyx mori* L.). Proc. Oriental Entomology Symposium, 2, 195-206.
- FUKUDA T. (1960), The correlation between the mulberry leaves taken by the silkworm, the silk protein in silk gland and the silk filament. Bull. Seric. Exp. Sta., 15(10), 605-610.
- HORIE Y., WATANABE K. (1983), Daily utilisation and consumption of dry matter in food by the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera : Bombycidae). Appl. Ent. Zool., 18, 70-80.
- KOGAN M., PARRA J.R.P. (1981), Techniques and applications of measurements of consumption and utilisation of food by phytophagous insects. In "Current Topics in Insect Endocrinology and Nutrition". Ed. G. Bhaskaran, S. Friedman and J.G. Rodriguez, Plenum Press, New York, 337-352.
- KRISHNASWAMI S. (1978), New technology of silkworm rearing, CSRTI Bull. 2, Publ. Central Silk Board, Bangalore.
- MATHAVAN S., PANDIAN T.J. (1974), Use of faecal weight as an indicator of food consumption in some lepidopterans. Oecologia (Berl.), 15, 177-185.
- MUTHUKRISHNAN J., MATHAVAN S., NAVARATHINA JOTHI V. (1979), Effects of restriction of feeding duration on food utilisation, emergence and silk production in *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae). Monit Zool. Ital. (N.S.), 12, 87-94.
- SLANSKY F. Jr, SCRIBER J.M. (1985), Food consumption and utilisation. In "Comparative Insect Physiology Biochemistry and Pharmacology". Ed. G.A. Kerkut and L.I. Gilbert, Pergamon Press, 87-163.
- SUMIOKA H., KURODA S., YOSHITAKE N. (1982), Relationships among food ingestion, food digestion and body weight gain in the silkworm larvae, *Bombyx mori*, under the restricted feeding by indexes. J. Seric. Sci. Japan, 51, 51-56.
- TAKEUCHI Y. (1961), Studies on the effect of nutrition on the moulting in the silkworm (*Bombyx mori* L.). II. Analysis of various factors concerning the judgement of nutritive value of mulberry leaf by the means of moulting ratio of silkworms fed with the leaf concerned. Bull. Seric. Exp. Sta., 17(1), 87-89.
- TAKANO K., ARAI N. (1978), Studies on the food value on the basis of feeding and cocoon productivity in the silkworm, *Bombyx mori* L. I. Treatment of food intake and cocoon productivity. J. Seric. Sci. Japan, 47(2), 134-142.
- UEDA S., SUZUKI K. (1967), Studies on the growth of the silkworm, *Bombyx mori* L. I. Chronological changes of the amount of food ingested and digested, body weight and water content of the body and their mutual relationships. Bull. Seric. Exp. Sta., 22(1), 65-67.
- WALDBAUER G.P. (1968), The consumption and utilisation of food by insects. Advances in insect physiology, 5, 229-288.
- YAMAMOTO T., FUJIMAKI T. (1982), Interstrain differences in food efficiency of the silkworm, *Bombyx mori*, reared on artificial diet. J. Seric. Sci. Japan, 51(4), 312-315.

# EVALUATION DE L'EFFICACITE DE L'UTILISATION DE LA NOURRITURE CHEZ CERTAINES SOUCHES POLYVOLTINES DU VER A SOIE *BOMBYX MORI* L.

O.K. REMADEVI, S.B. MAGADUM, N. SHIVASHANKAR & K.V. BENCHAMIN

Laboratory of Silkworm Physiology, Central Sericultural Research and Training Institute,  
Manandavadi Road, Srirampura, Mysore - 570 008, Inde.

*Le rendement alimentaire a été analysé en détail chez 9 souches polyvoltines. L'ingestion totale et journalière varie de façon significative en fonction des souches : la plus élevée étant celle de KJ et la plus faible étant celle de PM. La souche AP<sub>2</sub> présente l'indice de consommation le plus faible (0,75) et la souche GNP l'indice le plus élevé (1,177). La digestibilité approximative (AD) est maximale (47,84 %) chez MY<sub>1</sub> et minimale chez C. nichii (36,64). Les rendements de conversion de la nourriture ingérée (ECI) et de la nourriture digérée (ECD) en matière organique sont minimaux chez P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> et C. nichii et minimaux respectivement chez PA<sub>11</sub> et MY<sub>1</sub>. Le rapport ingestion sur gain de poids corporel et le rapport ingestion sur poids de cocon varient également de manière significative entre les différentes souches (les souches P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> et C. nichii présentent respectivement les valeurs les plus faibles). Les évaluations de la digestibilité approximative, des rendements de conversion de la nourriture ingérée et de la nourriture digérée, du rapport ingestion sur gain de poids corporel et du rapport ingestion sur cocon permettent de classer les souches dans l'ordre suivant : P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> > C. nichii > AP<sub>2</sub> > MY<sub>1</sub> > KJ > RD<sub>1</sub> > PA<sub>11</sub> > GNP > PM.*

## INTRODUCTION

La nourriture ingérée et digérée par les insectes doit répondre à leurs besoins nutritifs pour leur permettre une croissance et un développement normaux. Chez le ver à soie *Bombyx mori*, diverses souches, dont la croissance, le développement et les caractères économiques diffèrent, peuvent également présenter une variation de la consommation de nourriture et des rendements d'utilisation et de conversion. Des études nutritionnelles portant sur la mue (Takeuchi, 1961), la productivité du cocon (Takano et Arai, 1978), la production de soie (Muthukrishnan et coll., 1979), les caractères économiques (Sumoika et coll., 1982), les protéines de la soie (Fukuda, 1960) et le gain de poids (Ueda et Suzuki, 1967) ont permis d'élucider leur dépendance aux variations qualitatives et quantitatives de leur nourriture, la feuille de mûrier. Les différences de rendement nutritionnel entre souches ont été étudiées chez de nombreuses souches de vers à soie tempérées par Yamamoto et Fujimaki (1982). Des différences ont également été observées par Benchamin et Jolly (1986) chez Pure Mysore, souche polyvoltine, et chez NB<sub>18</sub>, souche bivoltine, dans la zone tropicale de l'Inde. Dans cette étude, les rendements nutritionnels ont été analysés de manière approfondie chez neuf souches polyvoltines prometteuses dans le but d'établir une classification utilisable dans les programmes d'élevage.

## MATERIELS ET METHODES

On a utilisé neuf souches polyvoltines, à savoir : AP<sub>2</sub>, C. nichii, GNP, KJ, MY<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>D<sub>1</sub>, PA<sub>11</sub>, RD<sub>1</sub> et PM, identifiées en vue de tests multi-sites et d'applications à grande échelle mis en place par le Race Evaluation and Cataloguing Committee (CSB, Inde). Pour chaque souche, 3 réplicats de

25 larves au cinquième âge sont utilisés dans cette expérience qui a été répétée trois fois. Les larves ont été nourries à volonté 4 fois par jour avec des feuilles de la variété de mûrier K2. Les vers à soie ont été élevés selon un espacement adapté (Benjamin et Nagaraj, 1987) et d'après la méthode standard (Krishnaswamy, 1978). Les larves manquantes sont remplacées quotidiennement dans la litière par des larves d'une litière témoin maintenue parallèlement. La quantité de matière sèche ingérée, digérée et convertie est déterminée suivant les méthodes gravimétriques standard (Waldbauer, 1968 ; Kogan et Parra, 1981). Les poids secs des larves en sortie de mue ainsi que des larves matures sont estimés d'après la méthode de Horie et Watanabe (1983). Les indices utilisés dans cette étude sont calculés d'après Waldbauer (1968) et sont donnés ci-dessous :

$$1. \text{ Digesibilité approximative (AD)} = \frac{\text{Poids sec de nourriture ingérée} - \text{Poids sec d'excréta}}{\text{Poids sec de nourriture ingérée}} \times 100$$

2. Rendement de conversion de la nourriture ingérée en poids corporel (ECI):

$$\text{ECI} = \frac{\text{Poids sec acquis par la larve}}{\text{Poids sec de nourriture ingérée}} \times 100$$

3. Rendement de conversion de la nourriture digérée en poids corporel (ECD) :

$$\text{ECD} = \frac{\text{Poids sec acquis par la larve}}{\text{Poids sec de nourriture digérée}} \times 100$$

$$4. \text{ Indice de consommation (CI)} = \frac{\text{Poids frais de nourriture consommée (g)}}{\text{Poids frais moyen de la larve pendant la période de nourrissage (g) \times Durée de la période de nourrissage (jours)}}$$

$$5. \text{ Taux de référence} = \frac{\text{Poids sec de nourriture ingérée}}{\text{Poids sec d'excréta}}$$

Avant d'être interprétées, les données recueillies sont analysées statistiquement.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Ingestion :

La capacité d'ingestion varie de manière significative ( $p < 0,05$ ) chez les différentes souches. L'ingestion totale et l'ingestion journalière varient de manière significative entre les souches (Tableau I). L'ingestion est maximale chez la souche KJ (2,878 g) et minimale (1,482 g) chez C. nichii. L'ingestion journalière est également maximale chez KJ (0,490 g). Bien que C. nichii présente la durée larvaire et l'ingestion totale les plus faibles, PM, dont la durée larvaire est maximale, présente le taux d'ingestion (consommation journalière) le plus faible. La classification des souches en fonction de leur taux d'ingestion s'avère utile dans l'évaluation pratique ( $\text{KJ} > \text{PA}_{11} > \text{MY}_1 > \text{P}_2\text{D}_1 > \text{AP}_2 > \text{GNP} > \text{RD}_1 > \text{C. nichii} > \text{PM}$ ). L'indice de consommation varie de manière significative chez les différentes souches. La souche AP<sub>2</sub> présente la valeur la plus faible (0,758) et la souche GNP la valeur la plus forte (1,177), la classification est établie comme suit :  $\text{AP}_2 < \text{P}_2\text{D}_1 < \text{PM} < \text{MY}_1 < \text{PA}_{11} < \text{KJ} < \text{C. nichii} < \text{RD}_1 < \text{GNP}$ .

### Digestion :

La quantité de nourriture digérée varie chez les souches testées. La digestibilité approximative (AD) a été évaluée pour toutes les souches : MY<sub>1</sub> présente la valeur la plus élevée (47,84 %). La digestibilité approximative est comparable chez les souches C. nichii, PM et AP<sub>2</sub> ; KJ, P<sub>2</sub>D<sub>1</sub>, GNP et PA<sub>11</sub> ; P<sub>2</sub>D<sub>1</sub>, PA<sub>11</sub>, RD<sub>1</sub> et MY<sub>1</sub> (Tableau II). La quantité de nourriture digérée par larve est maximale (1,346 g) chez MY<sub>1</sub> et minimale (0,552 g) chez C. nichii.

La production d'excréta est maximale chez KJ (1,683 g/larve) et minimale chez C. nichii (0,930 g/larve). Etant donné que la digestion diffère suivant les souches, la proportion de nourriture absorbée par rapport à la production d'excréta (taux de référence) varie donc fortement entre les souches. MY<sub>1</sub> présente la valeur la plus forte (1,961) suivi de RD<sub>1</sub> (1,955) et PA<sub>11</sub> (1,887). C. nichii présente la valeur la plus faible (1,606). On observe que la valeur chez PM est de 1,631. Mathavan et Pandian (1974) ont suggéré que le taux de référence général est de 1,5 pour les stades larvaires des lépidoptères. D'après Benchamin et Jolly (1986), la valeur de référence est de 1,65 pour PM et de 1,60 pour NB<sub>18</sub>. Cette étude montre clairement que la plupart des souches polyvoltines testées présentent de meilleures digestions.

### Efficacité de la conversion :

L'efficacité avec laquelle la nourriture ingérée est transférée en matière corporelle (ECI) varie de manière significative entre les différentes souches. Il est maximal chez P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> (19,35 %) et minimal chez PA<sub>11</sub> (14,50 %). Il permet de répartir les souches C. nichii et P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> ; KJ et AP<sub>2</sub> ; AP<sub>2</sub>, MY<sub>1</sub> et GNP ; MY<sub>1</sub>, GNP, PM, RD<sub>1</sub> et PA<sub>11</sub> en groupes distincts.

L'efficacité de la conversion de la nourriture digérée en matière corporelle (ECD) varie de manière significative entre les différentes souches. C. nichii présente le rendement de conversion le plus élevé (54,58 %) et MY<sub>1</sub> présente le plus faible (32,61 %). Il ne varie pas de manière significative entre MY<sub>1</sub>, PA<sub>11</sub>, GNP et RD<sub>1</sub> ; PA<sub>11</sub>, GNP, RD<sub>1</sub> et KJ ; GNP, RD<sub>1</sub>, KJ et PM ; RD<sub>1</sub>, KJ, PM, AP<sub>2</sub> et P<sub>2</sub>D<sub>1</sub>.

Il est peu probable de trouver une souche qui excelle dans tous ses caractères. Du point de vue commercial, on peut considérer qu'une souche consommant un minimum de feuilles et l'utilisant pour acquérir un maximum de poids a un potentiel plus prometteur que les autres souches. Une évaluation basée sur le rapport ingestion sur gain de poids permet d'obtenir le classement suivant : PM > GNP > RD<sub>1</sub> > PA<sub>11</sub> > AP<sub>2</sub> = KJ = MY<sub>1</sub> > C. nichii > P<sub>2</sub>D<sub>1</sub>. Ainsi, chez toutes les souches sélectionnées, le taux de conversion en matière organique est plus fort que chez PM. Alors qu'il faut 5,458 g (poids frais) de nourriture ingérée à PM pour augmenter d'un gramme, il ne faut que 3,72 g à P<sub>2</sub>D<sub>1</sub>. Alors que les besoins en nourriture de la souche C. nichii sont les plus faibles (5,986 g) pour la production d'1 g de cocon, les besoins en nourriture de la souche GNP sont maximaux (8,437 g). Le rendement étant fonction de la combinaison de facteurs multiples, les variations observées entre les différentes souches ne peuvent être attribuées à un facteur en particulier.

Si, chez KJ, le taux d'ingestion est maximal (0,49 g), la digestibilité approximative n'est que 41,29 %. Parallèlement, chez MY<sub>1</sub>, qui présente la valeur de digestibilité approximative la plus forte (47,84 %), le taux d'ingestion n'est que de 0,42 g. Le rendement d'assimilation (AD) peut varier de manière passive lorsqu'il est fonction du taux de consommation et si une larve augmente son taux de consommation, le taux de passage de la nourriture dans son intestin peut augmenter, la larve consacrant ainsi moins de temps à la digestion et l'assimilation, ce qui provoque une réduction de la digestibilité approximative. Inversement, une prolongation de la nourriture dans l'intestin peut provoquer une augmentation de la digestibilité approximative (Slansky et Scriber, 1985).

Cette étude révèle que les rendements de conversion de la nourriture ingérée et de la nourriture digérée en matière organique des différentes souches dépendent d'une façon ou d'une autre de leur digestibilité. Bien que la souche C. nichii présente la digestibilité approximative la plus faible, elle donne les meilleurs rendements de conversion. La souche MY<sub>1</sub>, dont la valeur de digestibilité approximative est la plus forte (47,84 %), tombe dans la catégorie inférieure du point de vue de son rendement de conversion de la nourriture ingérée en matière organique et donne le rendement de conversion de la nourriture digérée la plus faible (32,612 %). Il est intéressant de noter que la relation inverse entre la digestibilité approximative et les rendements de conversion de la nourriture ingérée/digérée peut annuler l'effet d'une valeur plus haute ou d'une autre, plus basse. Les

observations de Benchamin et Jolly (1986) chez PM et NB<sub>18</sub> montrent également que, si la valeur de digestibilité approximative est plus élevée chez PM, les rendements de conversion de la nourriture ingérée/digérée sont plus faibles chez cette souche au 5<sup>e</sup> âge. Cependant, cette relation inverse ne s'applique pas à certaines souches comme KJ et P<sub>2</sub>D<sub>1</sub>, chez lesquelles la digestibilité approximative et les rendements de conversion sont élevés.

Les différents paramètres de conversion (digestibilité approximative, rendements de conversion de la nourriture ingérée/digérée, rapports ingestion sur gain de poids corporel et ingestion sur cocon) ont été évalués chez plusieurs souches. Pour l'ensemble de la classification, la souche P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> est la première des neuf souches testées. La souche PM, couramment utilisée, est plus médiocre que toutes les autres souches du point de vue de son rendement nutritionnel. La classification des souches sur le plan de leur rendement nutritionnel est la suivante : P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> > C. nichii > AP<sub>1</sub> > MY<sub>1</sub> > KJ > RD<sub>1</sub> > PA<sub>11</sub> > GNP > PM.

Le nombre de souches polyvoltines indigènes étant limité, le nombre et les variations des caractères des larves et des cocons étant faibles, l'identification et la sélection de souches parentales basées sur le rendement nutritionnel et la productivité pourraient se révéler nécessaire à l'avenir. Cette étude montre qu'il est possible d'aborder les programmes d'élevage de vers à soie de ce point de vue.

# EFFECT OF ORGANOPHOSPHORUS INSECTICIDES ON FOOD UTILIZATION IN DIFFERENT RACES OF *BOMBYX MORI* L. (LEPIDOPTERA : BOMBYCIDAE)

P.G. RADHAKRISHNA\* & M.R. DELVI

Department of Zoology, Bangalore University, Bangalore - 560 056, India.

*Effects of the organophosphorus insecticides Sumithion and Tafethion on the food intake and utilization during the penultimate two instars of Bombyx mori fed ad libitum are reported. The presence of insecticides in the food alters the utilization patterns depending on the concentration of the insecticide used. The lower concentration of insecticides results in decreased metabolic rate, which in turn increases the conversion. While the assimilation efficiency decreases, the conversion efficiency increases, resulting in the production of more body tissue. This in turn may increase the silk production. Variations are also found in the food utilization pattern in different races of B. mori. Food utilization budgets in different races of B. mori at different concentrations of insecticides are reported and discussed with similar data available.*

**Keywords :** Organophosphorus insecticides, assimilation, conversion, *Bombyx mori*.

## INTRODUCTION

Insecticides with a broad spectrum of action are usually applied in the belief that they alone will control the target pest. In practice, however, it affects not only the pests but also the non target organisms, including the economically important insects like *Bombyx mori*.

Recent studies which are focused on the effect of insecticides on the target organisms deal mostly with toxicity (Sun and Johnson, 1972 ; Ishiguro and Mayasono, 1979 ; Monty *et al.*, 1986 ; Grafius, 1986 ; Thaung and Collins, 1986 ; Tewari, 1986 ; Moar *et al.*, 1987), fecundity (Yamanoi, 1980, 1981a, 1981b ; Kuribayashi, 1981, 1982 ; Kuribayashi and Taguchi, 1984 ; Gaaboub *et al.*, 1985), retardation of growth and development (Pant *et al.*, 1982 ; Majumdar, 1982 ; Pant and Katiyar, 1983 ; Isman *et al.*, 1984 ; Mohapatra and Khattarn, 1986 ; Meisner *et al.*, 1987 ; Akey *et al.*, 1988). Information on effects of insecticides on food utilization in insects have not been studied adequately (however, see Delvi and Naik, 1984 ; Naik, 1985 ; Radhakrishna, 1989). The present paper reports on effects of organophosphorus insecticides on food utilization budget in different races of silkworm, *Bombyx mori* L.

## MATERIALS AND METHODS

Disease-free layings of *Bombyx mori* (Pure Mysore and NB4D2 races) were obtained from National Silkworm Seed Project (NSSP), Bangalore. Freshly hatched larvae were removed to separate terraria (plastic trays size : 36 × 26 × 4 cm). *B. mori* larvae were maintained in the laboratory and fed

---

Present address : Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura, Mysore - 570 008, India.

*ad libitum* on the leaves of *Morus alba* at  $26 \pm 2^\circ\text{C}$  and  $80 \pm 10\%$  R.H. Lepidopteran larvae consume more than 97-98 % of the total food intake during the final two instars (Waldbauer, 1968), hence the effect of **Sumithion** and **Tafethion** on food consumption and utilization was estimated in the final two larval stages. Test individuals average of the three groups (each group consisting of 50 larvae) were separately fed on (i) fresh leaves or (ii) leaves treated with **Sumithion** or (iii) leaves treated with **Tafethion**. It was necessary to dissolve the insecticides in acetone to obtain uniform distribution of insecticides. Here the stock solution of insecticides was prepared in acetone and further folds of dilution were made with water. However, acetone itself had considerable effects on food utilization of silkworms, hence the test individuals were separately fed on leaves treated with a small amount of acetone in water. **Sumithion** and **Tafethion** are the organophosphorus insecticides obtained from Rallis India (Ltd). In the present work, different concentrations of **Sumithion** and **Tafethion** were prepared in terms of parts per million. The concentrations of insecticides were calculated on the basis of active ingredient and then used. Since larvae belonging to all the test series fed throughout the day, fresh leaves were offered four times a day. The amount of food intake was calculated following the standard gravimetric methods described by Waldbauer (1968) and all the values are based on dry weight measurements. LD<sub>50</sub> values were calculated following the probit analysis by Finney (1964).

## RESULTS

Food utilization budgets in the penultimate two instar larvae of *B. mori* fed *ad libitum* on *Morus alba* are presented in Tables I and II. The Pure Mysore race larvae consumed 2,934.6 mg of dry food and assimilated about 53 % during the last two instars, of the assimilated food about 21 % was converted into body substance. The larvae took 13.5 days to complete the final two instars and attain a body weight of 414.3 mg. The larvae of NB<sub>4</sub>D<sub>2</sub> race consumed 5,262.7 mg of dry food and assimilated food about 31 % was converted into body substance and larvae attained a body weight of 645 mg and took 10.5 days to complete the final two instars.

The total food consumption of *B. mori* when fed on treated *Morus alba* (**Sumithion** and **Tafethion**) at different concentrations is comparable to the food consumption during control feeding. The Pure Mysore race took 13.5 days to complete the final two instars and attained lower body weights, whereas the NB<sub>4</sub>D<sub>2</sub> race took 10 days at lower concentrations and 10.5 days at higher concentrations of insecticides and attained variable higher body weights. Pure Mysore and NB<sub>4</sub>D<sub>2</sub> races of *B. mori*, when fed **Sumithion** treated leaf, attained 352.2 with 0.02 ppm and 693.4 mg, with 0.04 ppm 342.08 and 755.7 mg, and with 0.06 ppm 248 and 983 mg, while with 0.08 ppm 243.7 and 943.3 mg, respectively. Similarly, when fed **Tafethion** treated leaf, the Pure Mysore and NB<sub>4</sub>D<sub>2</sub> races attained variable weights. With 0.02 ppm it was 264.1 and 709.00 mg, with 0.04 ppm 245.4 mg and 658.33 mg, with 0.06 ppm 261.04 and 881.99 mg while with 0.08 ppm 251.01 and 834.00 mg, respectively. The assimilation efficiency of the Pure Mysore race increased by about 15 % ( $P < 0.01$ ) with **Sumithion** treated leaves and about 11.6 % ( $P < 0.001$ ) with **Tafethion** treated leaf whereas in NB<sub>4</sub>D<sub>2</sub> race the assimilation efficiency decreased by about 18 % ( $P > 0.1$ ) with **Sumithion** treated leaf and about 20 % with **Tafethion** treated leaf. However, the decrease in efficiency of assimilation was compensated by an increase in the conversion efficiency, which reached its maximum of 50.8 % ( $P > 0.02$ ) with 0.04 ppm of **Sumithion** treatment. At lower concentrations of insecticides, the larvae increased conversion efficiency by decreasing their metabolic rate. At lower concentrations of insecticides, the larvae decreased the amount of energy used for respiration (which is calculated as a difference of food assimilated and converted). The decrease in body weights in the Pure Mysore race when fed insecticides due to more energy used for respiration.

## DISCUSSION

The results obtained by supplementing the insecticides to the normal food of silkworm, *Bombyx mori*, vary with different races and can be summarised as follows :

1. Shortening of the larval period by about 12 hours.
2. Increase in the quantity of ingested food with the increase in the concentration of the tested insecticides **Sumithion** and **Tafethion**.

**Table I. Effect of Sumithion and Tafethion on food utilization in the final two instars of the silkworm, *Bombyx mori* (Pure Mysore race) fed *ad libitum* on *Morus alba* at  $26 \pm 2^\circ\text{C}$  and  $80 \pm 10\%$  R.H.**

**Tableau I. Effet du Sumithion et du Tafethion sur le rendement alimentaire aux deux derniers âges larvaires du ver à soie *Bombyx mori* (souche Pure Mysore) alimenté à volonté sur *Morus alba* et élevé à  $26 \pm 2^\circ\text{C}$  et  $80 \pm 10\%$  d'humidité relative.**

| Parameters                        | Control<br>leaves fed | Sumithion treated leaves fed   |          |          |          | Tafethion treated leaves fed   |          |          |          |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|--------------------------------|----------|----------|----------|
|                                   |                       | 0.02 ppm                       | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm | 0.02 ppm                       | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm |
| Paramètres                        | Feuilles<br>témoins   | Feuilles traitées au Sumithion |          |          |          | Feuilles traitées au Tafethion |          |          |          |
|                                   |                       | 0.02 ppm                       | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm | 0.02 ppm                       | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm |
| Larval period (days)              | 13.50                 | 13.50                          | 13.50    | 13.50    | 13.50    | 13.50                          | 13.50    | 13.50    | 13.50    |
| Période larvaire (jours)          |                       |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Food eaten (mg/insect)            | 2934.58               | 2990.58                        | 3288.58* | 3115.94  | 3182.46  | 2619.27                        | 3140.23  | 2876.02* | 2915.47* |
| Nourriture ingérée (mg/insecte)   |                       |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Faecus defecated (mg/insect)      | 1378.10               | 1338.99                        | 1320.48* | 1416.22* | 1393.70* | 1181.14                        | 1192.92  | 1262.37* | 1262.61* |
| Matières fécales (mg/insecte)     |                       |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Food assimilated (mg/insect)      | 1556.48               | 1740.22                        | 1968.10* | 1699.71* | 1788.76* | 1438.13                        | 1947.32  | 1613.65* | 1652.86* |
| Nourriture assimilée (mg/insecte) |                       |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Total growth (mg/insect)          | 414.30                | 352.16                         | 342.08   | 248.00   | 243.67   | 264.06                         | 245.39   | 261.04   | 251.01   |
| Croissance totale (mg/insecte)    |                       |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Exuviae (mg/insect)               | 5.70                  | 4.75                           | 5.00     | 5.00     | 3.30     | 3.47                           | 4.20     | 4.40     | 4.00     |
| Exuvie (mg/insecte)               |                       |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Net growth (mg/insect)            | 408.60                | 347.41                         | 337.08   | 243.00   | 240.47   | 260.35                         | 241.19   | 256.64   | 247.01   |
| Croissance nette (mg/insecte)     |                       |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Respiration (mg/insect)           | 1223.94               | 1435.15                        | 1684.12  | 1487.06  | 1585.43  | 1238.57                        | 1759.52  | 1388.86  | 1440.93  |
| Respiration (mg/insecte)          |                       |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Feeding rate (mg/mg/day)          | 0.302579              | 0.38049*                       | 0.40718* | 0.48229* | 0.45948* | 0.40691*                       | 0.46118* | 0.45465* | 0.46227  |
| Taux d'alimentation (mg/mg/jour)  |                       |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Assimilation rate (mg/mg/day)     | 0.173075              | 0.28373                        | 0.27064  | 0.30255  | 0.28779  | 0.24813*                       | 0.26705* | 0.28724  | 0.28653  |
| Taux d'assimilation (mg/mg/jour)  |                       |                                |          |          |          |                                |          |          |          |

Continued / Suite page suivante

Table I. (continued) / *Tableau I. (suite)*

| Parameters                                                          | Control<br>leaves fed       | Sumithion treated leaves fed          |          |          |          | Tafethion treated leaves fed          |          |          |          |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|---------------------------------------|----------|----------|----------|
|                                                                     |                             | 0.02 ppm                              | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm | 0.02 ppm                              | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm |
| <i>Paramètres</i>                                                   | <i>Feuilles<br/>témoins</i> | <i>Feuilles traitées au Sumithion</i> |          |          |          | <i>Feuilles traitées au Tafethion</i> |          |          |          |
|                                                                     |                             | 0.02 ppm                              | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm | 0.02 ppm                              | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm |
| Metabolic rate (mg/mg/day)<br><i>Taux métabolique (mg/mg/jour)</i>  | 0.137659                    | 0.25131                               | 0.23866  | 0.27350  | 0.25992  | 0.23581                               | 0.29014  | 0.25764  | 0.25624  |
| Conversion efficiency (%)<br><i>Efficacité de conversion (%)</i>    | 20.59                       | 13.87*                                | 12.35*   | 10.56*   | 10.11*   | 12.42*                                | 9.55*    | 11.64*   | 11.11    |
| Assimilation efficiency (%)<br><i>Efficacité d'assimilation (%)</i> | 57.10                       | 72.45*                                | 65.94*   | 65.65*   | 62.27*   | 63.17                                 | 68.73    | 62.04*   | 61.73*   |

\* Statistically significant / *Statistiquement significatif.*The values are expressed in mg dry weight per insect / *Les valeurs sont exprimées en mg de poids sec par insecte.*

**Table II. Effect of Sumithion and Tafethion on food utilization in the final two instars of the silkworm, *Bombyx mori* (NB<sub>4</sub>D<sub>2</sub> race) fed *ad libitum* on *Morus alba* at  $26 \pm 2^\circ\text{C}$  and  $80 \pm 10\%$  R.H.**

**Tableau II. Effet du Sumithion et du Tafethion sur le rendement alimentaire aux deux derniers âges larvaires du ver à soie *Bombyx mori* (souche NB<sub>4</sub>D<sub>2</sub>) alimenté à volonté sur *Morus alba* et élevé à  $26 \pm 2^\circ\text{C}$  et  $80 \pm 10\%$  d'humidité relative.**

| Parameters                        | Control leaves fed | Sumithion treated leaves fed   |          |          |          | Tafethion treated leaves fed   |          |          |          |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|--------------------------------|----------|----------|----------|
|                                   |                    | 0.02 ppm                       | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm | 0.02 ppm                       | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm |
| Paramètres                        | Feuilles témoins   | Feuilles traitées au Sumithion |          |          |          | Feuilles traitées au Tafethion |          |          |          |
|                                   |                    | 0.02 ppm                       | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm | 0.02 ppm                       | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm |
| Larval period (days)              | 10.50              | 10.00                          | 10.00    | 10.50    | 10.50    | 10.00                          | 10.00    | 10.50    | 10.50    |
| Période larvaire (jours)          |                    |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Food eaten (mg/insect)            | 5262.68            | 5195.79*                       | 5225.44* | 5304.67* | 5366.84* | 5064.42*                       | 5209.36* | 5314.10* | 5121.38* |
| Nourriture ingérée (mg/insecte)   |                    |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Faecus defecated (mg/insect)      | 3541.84            | 3815.24*                       | 3652.81* | 3233.19  | 3143.39* | 3840.08                        | 3925.52* | 3275.75  | 3124.14* |
| Matières fécales (mg/insecte)     |                    |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Food assimilated (mg/insect)      | 1720.85            | 1380.54*                       | 1572.64* | 2071.48* | 2222.95  | 1224.34*                       | 1283.85  | 2038.35* | 1997.24* |
| Nourriture assimilée (mg/insecte) |                    |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Total growth (mg/insect)          | 645.00             | 693.35                         | 755.66   | 983.83   | 941.32   | 709.00                         | 658.33   | 881.99   | 833.99   |
| Croissance totale (mg/insecte)    |                    |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Exuviae (mg/insect)               | 7.28               | 8.42                           | 9.72     | 13.33    | 17.33    | 8.43                           | 9.83     | 18.00    | 15.06    |
| Exuvie (mg/insecte)               |                    |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Net growth (mg/insect)            | 637.72             | 684.82                         | 745.94   | 970.50   | 923.99   | 700.57                         | 648.50   | 863.99   | 818.93   |
| Croissance nette (mg/insecte)     |                    |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Respiration (mg/insect)           | 1189.56            | 811.21                         | 953.98   | 1230.15  | 1423.79  | 649.01                         | 762.18   | 1300.69  | 1316.58  |
| Respiration (mg/insecte)          |                    |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Feeding rate (mg/mg/day)          | 0.278.59           | 0.30973*                       | 0.28478* | 0.27213* | 0.27405* | 0.28558*                       | 0.28502* | 0.28159* | 0.25174* |
| Taux d'alimentation (mg/mg/jour)  |                    |                                |          |          |          |                                |          |          |          |
| Assimilation rate (mg/mg/day)     | 0.08828            | 0.09158*                       | 0.08549* | 0.12769* | 0.13027* | 0.08071*                       | 0.07351* | 0.12895* | 0.11463* |
| Taux d'assimilation (mg/mg/jour)  |                    |                                |          |          |          |                                |          |          |          |

Continued / Suite page suivante

Table II. (continued) / *Tableau II. (suite)*

| Parameters                             | Control<br>leaves fed       | Sumithion treated leaves fed          |          |          |          | Tafethion treated leaves fed          |          |          |          |
|----------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------|----------|----------|---------------------------------------|----------|----------|----------|
|                                        |                             | 0.02 ppm                              | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm | 0.02 ppm                              | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm |
| <i>Paramètres</i>                      | <i>Feuilles<br/>témoins</i> | <i>Feuilles traitées au Sumithion</i> |          |          |          | <i>Feuilles traitées au Tafethion</i> |          |          |          |
|                                        |                             | 0.02 ppm                              | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm | 0.02 ppm                              | 0.04 ppm | 0.06 ppm | 0.08 ppm |
| Conversion rate (mg/mg/day)            | 0.03014                     | 0.03473*                              | 0.04352* | 0.04101* | 0.03859  | 0.03713*                              | 0.03331* | 0.03509* | 0.03267* |
| <i>Taux de conversion (mg/mg/jour)</i> |                             |                                       |          |          |          |                                       |          |          |          |
| Metabolic rate (mg/mg/day)             | 0.05808                     | 0.05685                               | 0.04196  | 0.08873  | 0.09168  | 0.04357                               | 0.04020  | 0.09498  | 0.08197  |
| <i>Taux métabolique (mg/mg/jour)</i>   |                             |                                       |          |          |          |                                       |          |          |          |
| Conversion efficiency (%)              | 34.97                       | 38.54                                 | 50.79    | 34.44    | 31.51    | 46.31                                 | 44.84    | 30.63    | 30.55*   |
| <i>Efficacité de conversion (%)</i>    |                             |                                       |          |          |          |                                       |          |          |          |
| Assimilation efficiency (%)            | 47.82                       | 29.45*                                | 30.02*   | 45.87    | 47.00    | 28.06                                 | 25.77    | 44.67*   | 44.64*   |
| <i>Efficacité d'assimilation (%)</i>   |                             |                                       |          |          |          |                                       |          |          |          |

\* Statistically significant / *Statistiquement significatif.*The values are expressed in mg dry weight per insect / *Les valeurs sont exprimées en mg de poids sec par insecte.*

3. Increase in the assimilation of ingested food and increase in the rates efficiencies of assimilation.
4. Increase in the conversion of ingested food to worm tissue as well as increase in the rates and efficiency of conversion.
5. Significant improvement in the economic characters of the silkworm, *Bombyx mori*.

It has been demonstrated that varied environmental factors like temperature (Premaleela, 1986), food plant (Soo Hoo and Fraenkel, 1966), food deprivation (Shroeder, 1976 ; Muthukrishnan and Delvi, 1974 ; Radhakrishna and Delvi, 1987), and the presence of insecticides in the food (Naik, 1985) result in various negative as well as positive factors in insects. The response to the changing environmental factors differs in different insects (Premaleela, 1986). The silkworm, *Bombyx mori*, is able to cope with the change in external factors by altering one or more parameters of food utilization. Decrease in ration level in *B. mori* has resulted in decreased assimilation efficiency (Radhakrishna and Delvi, 1987).

Delvi and Pandian (1972) showed that the assimilation efficiency did not differ significantly among the individuals of different life stages in *Poecilocus pictus*. However, *P. pictus* displays an efficiency of 30 % at 26 °C and 57 % at 35 °C (Delvi, 1972). The fact that the efficiency of *P. pictus* receiving different rations did not change is of great interest (Muthukrishnan and Delvi, 1974). On the other hand in *Calocalpe undulata* the efficiency enhanced by prolonged food deprivation (Shroeder, 1976). Working on the effect of permethrin (an insecticide) on consumption and utilization of food in *B. mori* and *Philosamia ricini*, Naik (1985) found that assimilation efficiency increased from 50.8 % during normal feeding to 64 % during permethrin feeding. However, the NB<sub>4</sub>D<sub>2</sub> race of *B. mori* fed with **Sumithion** and **Tafethion** (insecticides) displayed reduced assimilation efficiency of 25 % ( $P > 0.1$ ) from its maximum of 48 % during control feeding. The Pure Mysore race of *B. mori* displayed increased assimilation efficiency when fed with **Sumithion** and **Tafethion**. It can be concluded that different races of silkworm, *B. mori*, display different assimilation efficiencies at different conditions (Tables I and II).

The aim of the experiment is to obtain maximum cocoon weight with minimum food ingestion. Previous attempts to increase the conversion of ingested food by inclusion of insecticides has resulted in negative findings (Naik, 1985). Addition of juvenile hormones (JH) to the silkworms has resulted in enhanced feeding period (Kobari and Akai, 1979 ; Horie and Watanabe, 1980 ; Hugues, 1981 ; Kurata, 1981 ; Garel, 1983). Supplementation of the normal food by protein of *Spruiulina fusiformis* has resulted in an enhanced assimilation and conversion efficiency (Mathavan *et al.*, 1984). In the present study the different races of silkworm larvae when fed with different concentrations of insecticides attained variable weights with reduced larval period. Interestingly, the insecticides in the food not only produced increased amount of silk but also consumed food comparable to that of the control, the food consumed by the treated individuals and the control individuals was not statistically significant. The silk production was higher in the treated male larvae than in the treated female larvae. However, the treated female larvae lay more eggs than the control feeding female larvae. Moreover, by addition of biocides at such low concentrations did not affect the survival of the larvae. The NB<sub>4</sub>D<sub>2</sub> race larvae convert the assimilated food to the body tissue by about 10-15 % ( $P < 0.01$ ) more with insecticides than the controlled feeding. This is done by decreasing the larval metabolism. The fact that the Pure Mysore race displayed lower conversion efficiency may be due to an increase in the larval metabolism. The metabolism is calculated as the difference between the food assimilated and converted. Thus it is seen that increase in the conversion efficiency of *B. mori* as a result of addition of **Sumithion** or **Tafethion** is due to reduced metabolism and hence the energy saved by reduced metabolism is channeled towards growth.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We are thankful to University Grants Commission, New Delhi, for the financial help and to Bangalore University for providing facilities. Thanks are due to Rallis India (Ltd) for providing insecticide sample chemicals.

## REFERENCES

- AKEY D.H., KIMBALL B.A., MAUNERY J.R. (1988), Growth and development of pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera : Gelechiidae) on bolls of cotton grown in enriched carbon dioxide atmosphere. *Environ. Entomol.*, 17(3), 452-455.
- DELVI M.R. (1972), Ecophysiological studies on grasshopper, *Poecilocus pictus*. Ph.D. Thesis, Bangalore, 200 pp.
- DELVI M.R., PANDIAN T.J. (1972), Rates of feeding and assimilation in the grasshopper *Poecilocus pictus*. *J. Insect Physiol.*, 18, 1829-1943.
- DELVI M.R., NAIK P.R. (1984), Effect of permethrin on dietary water budget in silkworm, *Bombyx mori*. *Sericologia*, 24, 501-511.
- FINNEY D.J. (1964) Probit analysis : A statistical treatment of the sigmoid curve. Cambridge Univ. Press, London.
- GAABOUB L.A., EL-HELALY, MOSTAFA S.M. (1985), Food utilization, rate of larval growth and fecundity of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae) fed mulberry leaves treated with methoprene, triprene and diflubenzuran. *J. Econ. Ent.*, 78, 1182-1186.
- GAREL J.-P. (1983), The physiology and biology of spinning of *Bombyx mori*. V. Endocrinological aspects of silk production. *Experientia*, 39(5), 461-466.
- GRAFIUS E. (1986), Effects of temperature on pyrethroid toxicity to Colorado potato beetle (Coleoptera : Chrysomelidae). *J. Econ. Ent.*, 79, 588-591.
- HORIE J., WATANABE K. (1980), Recent advances in sericulture. *Ann. Rev. Entomol.* 25, 49-71.
- HUGHES J.-C. (1981), Sericulture, Japan National Report. *Sericologia* 21, 50-68.
- ISHIGURO T., MAYASANO M. (1979), Bioassay for toxicity of *Bacillus thuringiensis* insecticide using the force-feeding method applied to silkworm, *Bombyx mori*. *Jap. J. Appl. Entomol. Zool.*, 23, 141-150.
- KOBARI Y., AKAI H. (1979), On quantitative increase of silk production by the administration of juvenile hormone (Manta). *J. Seric. Sci. Jpn.*, 48, 37-42.
- KURATA K. (1981), Effect of application of juvenile hormones analogues on the silk production in the silkworm, *Bombyx mori*. *Sericologia*, 21, 323-332.
- KURIBAYASHI S. (1981a), Studies on the effect of pesticides on growth of silkworm, *Bombyx mori*. *J. Toxic. Sci.*, 6, 169-176.
- KURIBAYASHI S. (1982), Studies on the effect of pesticides on the reproduction of silkworm, *Bombyx mori* L. III. Ovicidal action of organomercuric compounds administered during the larval stages. *J. Seric. Sci. Jpn.*, 51, 167-175.
- KURIBAYASHI S., TAGUCHI M. (1984), Studies on the effect of pesticides on reproduction of silkworm, *Bombyx mori* L. IV. On the transfer of an organomercuric compound administered to egg during the larval stage. *Appl. Entomol. Zool.*, 19, 261-263.
- MAJUMDAR A.C. (1982), Note on the physiological effects on the growth and reproduction of silkworm fed on mulberry leaves soaked in potassium iodide. *Ind. J. Agric. Sci.*, 52, 250-252.
- MAHAPATRA A.K., NARAYAN K. (1986), Effect of thiotepon larval growth, egg laying and hatchability in *Philosamia ricini*.
- MATHAVAN S., BASKARAN, SIRONMANI A.T., PANDIAN T.J. (1984), Studies on the utilization of single cell protein by the silkworm, *Bombyx mori*. *Entomol. Exp. Appl.*, 36, 61-68.
- MEISNER J., LIFSHITZ, ASCHER K.R.S. (1987), Antifeedant properties of herbicides against *Spodoptera littoralis* larvae (Lepidoptera : Noctuidae) with special reference to pronomidae. *J. Econ. Entomol.*, 80, 724-727.
- MOAR J.W., TRUMBLE T.J. (1987), Toxicity, joint action and mean time of mortality of Dipel 2x, Avermectin B, Neem and Thuringensis against beet armyworm (Lepidoptera : Noctuidae). *J. Econ. Entomol.*, 80, 588-592.
- MONTY C.L., OWENS J.C., LEWIS B.E., DAVIS F.M. (1986), Interaction studies of methyl parathion, carbofuran, permithrin and piperonyl butoxide, applied to south western corn borer larvae (Lepidoptera : Pyralidae). *J. Econ. Ent.*, 79, 549-552.
- MUTHUKRISHNAN J., DELVI M.R. (1974), Effect of ration levels on food utilization in the grasshopper, *Poecilocus pictus* (Berl). *Oecologia*, 16, 227-237.

- NAIK P.R. (1985), Effect of permethrin on consumption and utilization of food and water in *Bombyx mori* and *Philosamia ricini* Hutt. Ph.D. Thesis, Bangalore University, 120 p.
- PANT R., KATIYAR S.K., JAISWAL G. (1982), Effect of feeding hexachlorobenzene and acetyl choline to *Philosamia ricini* larvae during development. Curr. Sci., 51, 733.
- PREEMALEELA B. (1986), Ecophysiological studies in few lepidopteran insects. Ph.D. Thesis, Bangalore University, 118 p.
- RADHAKRISHNA P.G., DELVI M.R. (1987), Effect of ration level on food utilization in the silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae). Sericologia 17(2), 347-354.
- SHROEDER L.A. (1976), Effect of food deprivation on the efficiency of utilization of dry matter, energy and nitrogen by larvae of the cherry scallopmoth, *Calocalpe undulata*. Ann. Entomol. Soc. Am., 69, 55-58.
- SOO HOO C.F., FRAENKAL G. (1966), The consumption, digestion and utilization of food plants of a polyphagous insect, *Prodenia eridania* (Cramer). J. Insect Physiol., 12, 711-730.
- SUN Y.-P., JOHNSON E.R. (1972), Dynamics of insecticides and drug effects on the mechanism of water conservation of house flies and their interactions effecting weight loss, water balance, exotonication and recovery of insects. J. Econ. Entomol., 65(3), 667-673.
- TEWARI G.C. (1986), Evaluation of insecticides against ephilachna beetle infect bitter gourd and their impact on *Pediobus foveolatus* (Crawford). Entomol., 11(1), 11-15.
- THAUNG M., COLLINS P.T. (1986), Joint effect of temperature and insecticides on mortality and fecundity of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Cuculionidae) in wheat and maize. J. Econ. Entomol., 79, 909-914.
- WALDBAUER G.P. (1968), The consumption utilization of food by insects. In. Advance Insect Physiol., 5, 229-288.
- YAMANOI F. (1980), Effect of insecticides on the progeny in the silkworm, *B. mori*. I. Effect of organophosphorus insecticides on egg laying and their hatching. J. Seric. Sci. Jpn., 49, 434-439.
- YAMANOI F. (1981a), Effect of insecticides on the progeny in the silkworm, *B. mori*. II. Effect of organophosphorus insecticides on next generation. J. Seric. Sci. Jpn., 50, 83-87.
- YAMANOI F. (1981b), Effect of insecticides on progeny in the silkworm, *B. mori*. III. Effect on the stage and dose application of O.P. insecticides on hatching. J. Seric. Sci. Jpn., 50, 282-287.

# EFFET DES INSECTICIDES ORGANOPHOSPHORES SUR L'UTILISATION DE LA NOURRITURE CHEZ DIFFERENTES RACES DE *BOMBYX MORI* L. (LEPIDOPTERA : BOMBYCIDAE)

P.G. RADHAKRISHNA\* & M.R. DELVI

Department of Zoology, Bangalore University, Bangalore - 560 056, Inde.

*On a observé les effets des insecticides organophosphorés Sumithion et Tafethion sur la consommation et l'utilisation de la nourriture au cours des deux derniers âges larvaires de Bombyx mori alimentés à volonté. La présence d'insecticides dans la nourriture modifie les schémas d'utilisation suivant la concentration de l'insecticide utilisé. La concentration la plus faible entraîne une diminution du taux de métabolisme, qui, à son tour, augmente le taux de conversion. Tandis que le rendement d'assimilation diminue, le rendement de conversion augmente, ce qui se traduit par la production supplémentaire de tissu corporel. Il se peut que ceci entraîne l'augmentation de la production de soie. On observe également des variations du schéma d'utilisation de la nourriture entre les différentes races de B. mori. L'utilisation de la nourriture chez différentes races de B. mori en fonction des différentes concentrations d'insecticides sont présentées et discutées d'après les données obtenues.*

## INTRODUCTION

On utilise habituellement des insecticides ayant un large spectre d'action car on croit qu'ils sont les seuls à pouvoir éliminer le parasite ciblé. Cependant, en pratique, ils n'affectent pas seulement les parasites mais aussi les organismes non ciblés, y compris les insectes d'intérêt économique comme *Bombyx mori*.

Des études récentes portant sur l'effet des insecticides sur les organismes cibles traitent principalement de la toxicité (Sun and Johnson, 1972 ; Ishiguro et Mayasano, 1979 ; Monty et coll., 1986 ; Grafius, 1986 ; Thaung et Collins, 1986 ; Tewari, 1986 ; Moar et coll., 1987), de la fécondité (Yamanoi, 1980 ; 1981a, 1981b ; Kuribayashi, 1981, 1982 ; Kuribayashi et Taguchi, 1984 ; Gaaboub et coll., 1985) et du retardement de croissance et de développement (Pant et coll., 1982 ; Majumdar, 1982 ; Pant et Katiyar, 1983 ; Isman et coll., 1984 ; Mohapatra et Khattarn, 1986 ; Meisner et coll., 1987 ; Akey et coll., 1988). Les effets des insecticides sur l'utilisation de la nourriture n'ont pas été étudiés de façon approfondie (voir cependant Delvi et Naik, 1984 ; Naik, 1985 ; Radhakrishna, 1989). Cet article présente les effets des insecticides organophosphorés sur l'utilisation de la nourriture chez différentes races du ver à soie *Bombyx mori* L.

---

\* Adresse actuelle : Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura, Mysore - 570 008, Inde.

## MATERIELS ET METHODES

Des pontes saines de *Bombyx mori* (races Pure Mysore et NB4D2) ont été fournies par le National Silkworm Seed Project (NSSP), Bangalore. Les larves fraîchement écloses ont été prélevées pour séparer les terrariums (taille des litières en plastique :  $36 \times 26 \times 4$  cm). Les larves de *B. mori* sont élevées en laboratoire à  $26 \pm 2$  °C et  $80 \pm 10$  % d'humidité relative et nourries à volonté de feuilles de *Morus alba*. Les larves de lépidoptères consomment plus de 97 à 98 % de la nourriture totale au cours des deux derniers âges (Waldbauer, 1968) ; l'effet du **Sumithion** et du **Tafethion** sur la consommation et l'utilisation de la nourriture a donc été évalué aux deux derniers âges larvaires. Les individus testés de trois groupes (chaque groupe comportant 50 larves) ont été nourris séparément 1) de feuilles fraîches, 2) de feuilles traitées avec du **Sumithion** ou 3) de feuilles traitées avec du **Tafethion**. Il est nécessaire de dissoudre les insecticides dans de l'acétone afin de les répartir de manière uniforme. La solution-mère est ici préparée dans l'acétone et les dilutions supplémentaires sont faites dans l'eau. Cependant, l'acétone a par elle-même des effets prononcés sur l'utilisation de la nourriture chez les vers à soie, les individus témoins sont donc nourris séparément de feuilles traitées avec une petite quantité d'acétone diluée dans l'eau. Les insecticides organophosphorés, le **Sumithion** et le **Tafethion**, ont été fournis par Rallis India (Ltd.). Dans cette étude, les différentes concentrations de **Sumithion** et de **Tafethion** sont exprimées en parties par million. Les concentrations des insecticides sont calculées sur la base du produit actif. Les larves appartenant à toutes les séries de test s'alimentant en permanence, des feuilles fraîches ont été fournies quatre fois par jour. La quantité de nourriture absorbée est calculée d'après les méthodes gravimétriques standard décrites par Waldbauer (1968) et toutes les valeurs sont rapportées au poids sec. Les valeurs de la DL 50 sont calculées selon l'analyse de probits de Finney (1964).

## RESULTATS

Les données concernant l'utilisation de la nourriture au cours des deux derniers âges des larves de *B. mori* nourries à volonté sont présentées dans les tableaux I et II. Les larves de la race Pure Mysore consomment 2 934,6 mg de nourriture sèche dont environ 53 % sont assimilés au cours des deux derniers âges larvaires ; 53 % environ de la nourriture assimilée sont convertis en substance corporelle. Les larves mettent 13,5 jours pour parcourir les deux derniers âges et atteignent un poids de 414,3 mg. Les larves de la race NB4D2 consomment 5 262,7 mg de nourriture et convertissent 31 % de la nourriture assimilée en substance corporelle ; elles atteignent un poids de 645 mg et finissent les deux derniers âges en 10,5 jours.

La consommation totale de nourriture des larves de *B. mori* nourries de feuilles de *Morus alba* traitées (**Sumithion** et **Tafethion**) à différentes concentrations est comparable à la consommation de nourriture des témoins. La race Pure Mysore termine ses deux derniers âges en 13,5 jours et a un poids inférieur à celui du témoin, tandis que les larves de la race NB4D2 accomplissent leur cycle en 10 jours lorsqu'elles sont traitées avec des concentrations faibles et en 10,5 jours avec des concentrations fortes et donnent des poids plus élevés variables. Chez les races Pure Mysore et NB4D2 de *B. mori* nourries avec des feuilles traitées au **Sumithion**, les poids sont respectivement de 352,2 avec 0,02 ppm et 693,4, 342,08 et 755,7 mg avec 0,04 ppm, 248 et 983 mg avec 0,06 ppm, tandis qu'ils sont de 243,7 et 943,3 mg pour 0,08 ppm. Les races Pure Mysore et NB4D2 nourries avec des feuilles traitées au **Tafethion** atteignent des poids variables, respectivement : 264,1 et 709,00 mg avec 0,02 ppm, 245,5 et 658 mg avec 0,03 ppm, 261,04 et 881,99 mg avec 0,06 ppm et 251,01 834,00 mg avec 0,08 ppm. Le rendement d'assimilation chez la race Pure Mysore augmente d'environ 15 % ( $P < 0,01$ ) avec les feuilles traitées au **Sumithion** et d'environ 11,6 % ( $P < 0,001$ ) avec les feuilles traitées au **Tafethion** tandis que, chez la race NB4D2, le rendement d'assimilation diminue d'environ 18 % ( $P > 0,1$ ) avec les feuilles traitées au **Sumithion** et d'environ 20 % avec les feuilles traitées au **Tafethion**. Cependant, la diminution du rendement d'assimilation est compensée par une augmentation du rendement de conversion qui atteint un taux maximum de 50,8 % ( $P > 0,02$ ) pour le traitement à 0,04 ppm de **Sumithion**. Les faibles concentrations d'insecticide entraînent une diminution de l'énergie utilisée par les larves pour respirer (calculée d'après la différence entre la nourriture assimilée et la nourriture

convertie). La diminution du poids chez la race Pure Mysore nourrie avec des insecticides est due à l'augmentation de l'énergie utilisée pour la respiration.

## DISCUSSION

Les résultats obtenus par addition d'insecticides à la nourriture normale du ver à soie *Bombyx mori* varient suivant les races et peuvent se résumer comme suit :

1. Diminution de la durée larvaire d'environ 12 heures.
2. Augmentation de la quantité de nourriture ingérée lorsque la concentration des insecticides testés, **Sumithion** et **Tafethion**, augmente.
3. Augmentation de l'assimilation de la nourriture ingérée et du taux d'assimilation.
4. Augmentation de la conversion de la nourriture ingérée en tissu ainsi que des rendements de conversion.
5. Amélioration significative des caractères économiques du ver à soie *Bombyx mori*.

On a démontré que divers facteurs environnementaux comme la température (Premaleela, 1986), la plante-hôte (Soo Hoo et Fraenkel, 1966), la privation de nourriture (Shroeder, 1976 ; Muthukrishnan et Delvi, 1974 ; Radhakrishna et Delvi, 1987) et la présence d'insecticides dans la nourriture (Naik, 1985) donnent des résultats divers tant négatifs que positifs chez les insectes. La réaction aux changements des facteurs environnementaux diffère suivant les insectes (Premaleela, 1986). Le ver à soie *Bombyx mori* peut supporter des changements des facteurs extérieurs en modifiant un ou plusieurs paramètres d'utilisation de la nourriture. La diminution du niveau de ration chez *B. mori* se traduit par une diminution du rendement d'assimilation (Radhakrishna et Delvi, 1987).

Delvi et Pandian (1972) ont montré que le rendement d'assimilation ne différait pas de manière significative entre les individus de différents stades chez *Poeciloceris pictus*. Cependant, *P. pictus* présente un rendement de 30 % à 26 °C et de 57 % à 35 °C (Delvi, 1972). Le fait que le rendement de *P. pictus* ne varie pas selon les rations est très intéressant (Muthukrishnan et Delvi, 1974). Par ailleurs, chez *Calocalpe undulata* le rendement est renforcé par une privation de nourriture prolongée (Shroeder, 1976). Naik (1985) a observé, dans ses travaux sur l'effet du perméthrine (insecticide) sur la consommation et l'utilisation de la nourriture chez *B. mori* et *Philosamia ricini*, que le rendement de l'assimilation augmentait de 50,8 % pour le nourrissage normal à 64 % pour le nourrissage avec du perméthrine. Cependant, la race NB4D2 de *Bombyx mori* nourrie avec du **Sumithion** et du **Tafethion** (insecticides) présente une réduction du rendement d'assimilation à 25 % ( $P > 0,1$ ) alors que le taux maximum est de 48 % pour le nourrissage témoin. La race Pure Mysore de *B. mori* présente une augmentation du rendement d'assimilation quand elle est nourrie avec du **Sumithion** et du **Tafethion**. On peut en conclure que différentes races du ver à soie *B. mori* donnent différents rendements d'assimilation suivant les conditions (Tableaux I et II).

Le but de cette expérience est d'obtenir un poids du cocon maximum pour une ingestion minimale de nourriture. Les tentatives antérieures d'augmentations de la conversion de la nourriture ingérée par l'apport d'insecticides ont donné des résultats négatifs (Naik, 1985). L'addition d'hormones juvéniles (JH) chez le ver à soie entraîne une prolongation de la période de nourrissage (Kobari et Akai, 1979 ; Horie et Watanabe, 1980 ; Hugues, 1981 ; Kurata, 1981 ; Garel, 1983). L'addition de protéines de *Sprulina fusiformis* à la nourriture normale se traduit par un meilleur rendement d'assimilation et de conversion (Mathavan et coll., 1984). Dans cette étude, les larves des différentes races de ver à soie nourries avec différentes concentrations d'insecticides atteignent des poids variables et ont une période larvaire plus courte. Il est intéressant de noter que la présence d'insecticides dans la nourriture entraîne non seulement une augmentation de la production de soie mais aussi une consommation de nourriture comparable en quantité à celle du témoin, la quantité de nourriture consommée par les individus traités et les individus témoins n'étant pas statistiquement différente. La production de soie est plus importante chez les larves mâles traitées que chez les femelles. Cependant, les larves femelles traitées pondent davantage d'oeufs que les larves femelles témoins. De plus, l'addition de biocides à des concentrations très faibles n'affecte pas le taux de survie des larves. La conversion de la nourriture assimilée en tissu est de 10 à 15 % plus forte chez les larves traitées de la race NB4D2 que chez les larves témoins. Ceci est dû à une diminution du

métabolisme larvaire. Le fait que la race Pure Mysore présente un rendement de conversion plus faible peut être dû à une augmentation du métabolisme larvaire. Le métabolisme est calculé à partir de la différence entre la nourriture assimilée et la nourriture convertie. Il apparaît donc que l'augmentation du rendement de conversion de *B. mori* du fait de l'addition de Sumithion ou de Tafethion soit due à une réduction du métabolisme, l'énergie ainsi économisée étant concentrée sur la croissance.

# MORUS MULTICAULIS, A POTENTIAL EXOTIC INTRODUCTION FOR MULBERRY IMPROVEMENT PROGRAMME IN INDIA

M.V. RAJAN, S.B. DANDIN\* & S.R. RAMESH

Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura,  
Mysore - 570 008, India.

**Keywords :** Mulberry breeding, exotic varieties, *M. multicaulis*, yield trial, yield parameters.

*Temperate varieties belonging to the species, Morus multicaulis (M. latifolia) introduced in India were screened at CSR & TI, Mysore, for different yield and growth parameters. Unlike other varieties of the species, Acc. 235, an introduction through Indonesia, showed good rooting and growth in addition to quality and holds promise for either direct introduction or as the best breeding material in improving tropical strains. This accession was studied in comparison with K2 (M5), a popular variety of South India. Studies on biochemical analysis and bioassay were also conducted. The results are discussed in this paper.*

## INTRODUCTION

Introduction of foreign genetic material in crop improvement has paid a very high dividend in Indian agriculture. Norin-10 gene of wheat, photosensitive and high fertilizer responsive gene Sd. 1 of rice from variety Dee-geo-woo-gen (Kush, 1984) and finger millet genotypes introduced from Africa are the few examples which have virtually revolutionised the cereal and millet production in the country. A large number of similar examples are now available in horticultural and other industrial crops too which have contributed to increased crop productivity directly or indirectly. One such example is the direct introduction of the exotic cultivar of mulberry Goshorami (*Morus multicaulis* Perr.) particularly in the temperate belt of Jammu and Kashmir, India, which has supported the sericulture industry very successfully.

Attempts were made to screen the exotic strains of tropical and temperate mulberry (*Morus spp.*) to boost the production of sericulture industry under tropical climate where sericulture is practised intensively.

*Morus multicaulis* Perr. (*M. latifolia*) is an important temperate mulberry species supposed to have originated in Japan/Korea and used in most of the breeding programmes of mulberry improvement. Cultivar Kokuso 21, belonging to this species, is considered as the best male parent to cross with *M. alba* L. (Nakajima, 1981) and varieties like Shinichinose and Minami sakari have been evolved by the above parentage. *M. multicaulis* Perr. as a whole has some desirable agronomic characters like good growth and large succulent leaves when compared to other species of temperate origin. The present study deals with the performance of *M. multicaulis* the popular cultivars and hybrids from Japan and Indonesia under tropical conditions. *M. multicaulis* (Accession 235) introduced from Indonesia appears promising and can be exploited as direct introduction and also for mulberry improvement programme by selective hybridization.

---

\* Director, Karnataka State Sericulture Development Institute, Thalaghattapura, Bangalore - 560 062, India.

## MATERIALS AND METHODS

Commercial cultivars and popular hybrids of *M. multicaulis* Perr. from Japan, namely Kosen, Goshoeami, Tsukasaguwa, Roso, Kairyo-roso, Kokuso 20, Kokuso 21, Atsubamidori, Shinichinose, Kokuso 27 and Kokuso 13 and one accession from Indonesia (Acc. no. 235) obtained through NBPGR were planted as cuttings/bud grafts for propagation. After 6 months of establishment, healthy plants were transplanted to Germplasm plot at CSR & T1, Mysore. Observations on sprouting, rooting, growth, leaf yield, etc., were made following the methods suggested by Jolly and Dandin (1986). For comparison, moulting and full rearing tests were conducted for Acc. 235 (Takeuchi, 1959 ; Krishnaswamy *et al.*, 1970) with Kanva-2 as control. Repeated seasonal observations were taken for confirmation of results and average values of all the observations were taken for final considerations.

## RESULTS

The observations made on all the temperate mulberry strains agree on one point, that varieties of *M. multicaulis* and their hybrids are good in leaf quality with succulency and high moisture content. But they show very poor growth and poor rooting percentage. The observations recorded are given in Table I.

Only Kokuso 21, a hybrid of *M. multicaulis* Perr., and Kokuso 13, a hybrid of *M. bombycis* and *M. latifolia*, show the highest rooting percentages, i.e. 90.20 and 81.50, respectively. But these varieties are very poor in growth, the average height of the branches being 32.4 cm in Kokuso 21 and average area of 100 leaves is 15,955.90 sq. cm. The corresponding values for Kokuso 13 being 94.20 cm and 8,588.00 sq. cm. It is interesting to observe that in Acc. 235, the rooting percentage is 76.67 while the average height of the branches is 143.80 cm and average area of 100 leaves is 34,200 sq. cm. The fresh weight of 100 leaves in this particular accession is 896 which is on a much higher side when compared to any other introduced variety under study.

Acc. 235 is an erect, fast-growing and medium branching type (Fig. 1). The stem colour is brown with 2/5 phyllotaxy. The average internodal distance is 5.16 cm with about 19 leaves per meter length of shoot (Fig. 2). Leaves are large, unlobed, cordate with glabrous, bullate surface (Fig. 3). The leaves have good keeping quality with 74.8 % of moisture. The rearing studies conducted have shown the uniform moulting behaviour of the worms, indicating the good nutritive quality of the leaves. The rearing performance was also better than in the control (Kanva-2) with an average cocoon weight of 1.908 g and shell percentage of 20.13 in NB<sub>18</sub> × NB<sub>7</sub> (Table II).

## DISCUSSION

Sericulture in the tropical belt of India is practised throughout the year, which demands constant supply of mulberry leaves in all seasons as well as more leaf supply during November to February when the climate is quite congenial for silkworm rearing. Hence, cultivation of mulberry is intensive with high density of plants per unit area with close spacing. In addition, vegetative propagation through cuttings is proved the cheapest and most effective method.

Most of the tropical mulberry strains are good in sprouting, rooting and foliage production, as in Kanva-2, but are poor in moisture content and keeping quality when compared to temperate strains. This being the major consideration of quality, high inputs like heavy dose of organic manure and frequent irrigation are required to maintain the leaf quality of these varieties.

The temperate varieties from Japan which are screened show poor sprouting, poor rooting and slow growth similar to other temperate varieties, rendering themselves unfit as direct introduction for commercial cultivation under tropical conditions. Due to low temperature and dry weather they remain dormant from November to February when leaf supply is needed most.

As an exception to the temperate strains, *M. multicaulis* from Indonesia (Acc. 235) has unique combination of good rooting, leaf quality, better growth throughout the year and insensitivity to seasonal fluctuations. Since the material introduced holds promise in future, it can be tried as a direct introduction where variety Kosen has failed due to its poor rooting and sprouting abilities. It can also be used as a parent to improve tropical strains to enrich the leaf quality and yield. Hybridization

Table I.

Tableau I.

| Acc. no.    | Variety               | No. of branches  | Average height of branches (cm)   | Internodal distance (cm)  | Lobation                              | Average area of 100 leaves (sq. cm)                | Fresh weight of 100 leaves (g)  | Leaf blade/petiole ratio by wt (%)  | Moisture percentage | Sprouting percentage          | Rooting percentage        |
|-------------|-----------------------|------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------|
| N° du clone | Variété               | Nbre de branches | Hauteur moyenne des branches (cm) | Distance internodale (cm) | Lobation                              | Surface moyenne de 100 feuilles (cm <sup>2</sup> ) | Poids frais de 100 feuilles (g) | Rapport poids feuille / pétiole (%) | Humidité %          | Pourcentage de bourgeonnement | Pourcentage de racinement |
| 101         | Kosen                 | 28               | 119.70                            | 4.53                      | Unlobed<br><i>Non lobé</i>            | 16,690.00                                          | 490.17                          | 91.5: 8.5                           | 74.29               | 10.00                         | 15.00                     |
| 127         | Goshoerami            | 14               | 42.20                             | 3.93                      | "                                     | 21,000.00                                          | 440.00                          | 88.2:11.8                           | 67.30               | 5.00                          | 3.00                      |
| 126         | Tsukasaguwa           | 15               | 125.00                            | 4.20                      | "                                     | 16,761.00                                          | 540.00                          | 90.2: 9.8                           | 62.70               | 0.00                          | 10.00                     |
| 136         | Roso                  | 10               | 86.60                             | 3.52                      | "                                     | 10,786.00                                          | 436.65                          | 90.6: 9.4                           | 76.30               | 10.00                         | 30.00                     |
| 173         | Kairyo-roso           | 12               | 115.00                            | 4.61                      | "                                     | 14,086.00                                          | 401.54                          | 91.2: 8.8                           | 75.90               | 6.67                          | 0.00                      |
| 182         | Kokuso-20             | 5                | 58.80                             | 4.26                      | Lobed<br><i>Lobé</i>                  | 14,726.00                                          | 460.75                          | 88.1:11.9                           | 78.09               | 6.67                          | 0.00                      |
| 143         | Kokuso-21             | 4                | 32.40                             | 4.26                      | Unlobed<br><i>Non lobé</i>            | 15,955.00                                          | 426.96                          | 90.1: 9.9                           | 69.90               | 89.1                          | 90.20                     |
| 190         | Atsubamidori          | 5                | 111.00                            | 4.41                      | "                                     | 14,126.00                                          | 427.67                          | 91.1: 8.9                           | 75.70               | 0.0                           | 0.00                      |
| 169         | Shinichinose          | 1                | 39.75                             | 3.30                      | Heterophyllous<br><i>Hétérophylle</i> | 17,536.00                                          | 430.51                          | 89.2:10.8                           | 70.89               | 0.0                           | 0.00                      |
| 183         | Kokuso-27             | 4                | 81.40                             | 4.12                      | Unlobed<br><i>Non lobé</i>            | 18,900.00                                          | 504.00                          | 89.3:10.7                           | 74.50               | 13.3                          | 0.00                      |
| 124         | Kokuso-13             | 21               | 94.20                             | 3.80                      | "                                     | 8,588.0                                            | 273.34                          | 89.8:10.2                           | 71.19               | 68.10                         | 81.50                     |
| 235         | <i>M. multicaulis</i> | 10               | 143.80                            | 5.16                      | "                                     | 34,200.00                                          | 896.00                          | 89.0:11.0                           | 74.80               | 23.30                         | 76.67                     |
| 145         | Kanva-2               | 26               | 170.00                            | 4.52                      | "                                     | 14,871.00                                          | 325.08                          | 91.4: 8.6                           | 74.54               | 85.00                         | 80.00                     |

INTRODUCTION OF *M. MULTICAULIS* IN INDIA

experiments have been initiated at CSR & TI, Mysore, with S41, Local, K2, Ber 776 and Ber 799 by making use of this strain and primary yield trial has been taken up for the direct introduction.



Fig. 1 : *M. multicaulis* (Acc. 235).  
Fig. 1 : *M. multicaulis* (Clone 235).

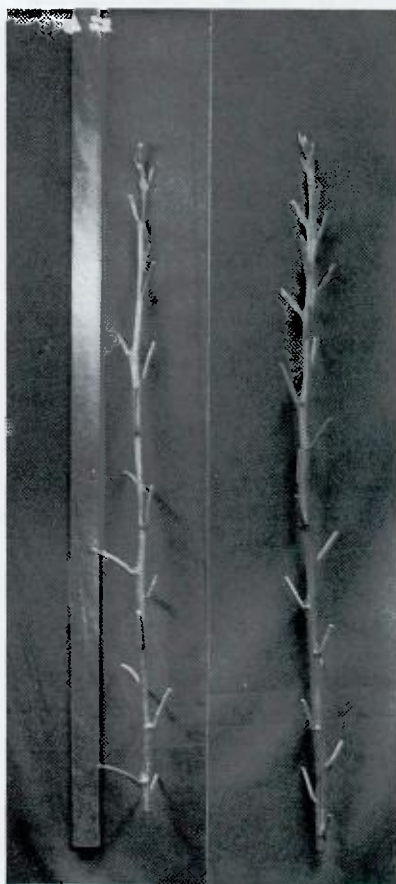


Fig. 2 : Internodal distance of  
Kanva-2 and *M. multicaulis*.  
Fig. 2 : Distance internodale chez  
Kanva-2 et *M. multicaulis*.

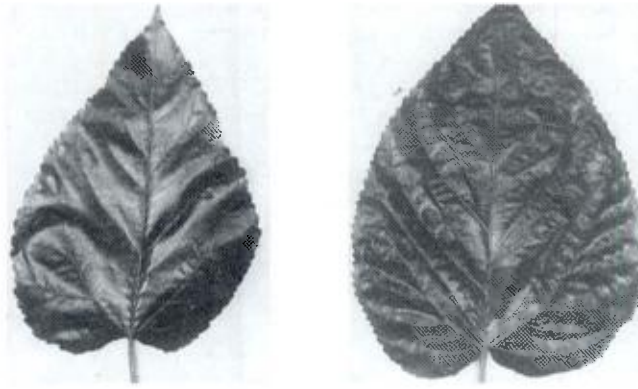
Fig. 3 : Leaf of Kanva-2 and *M. multicaulis*.Fig. 3 : Feuilles de Kanva-2 et *M. multicaulis*.

Table II.

Tableau II.

| Variety                             | Moulting ratio | Larval duration (days)    | Larval weight (g)  | Single cocoon weight (g) | Single shell weight (g) | Shell percentage |
|-------------------------------------|----------------|---------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|------------------|
| Variété                             | Mue (%)        | Durée larvaire (en jours) | Poids larvaire (g) | Poids d'un cocon (g)     | Poids d'une coque (g)   | Richesse soyeuse |
| <i>Morus multicaulis</i> (Acc. 235) | 97.37          | 26.20                     | 50.28              | 1.908                    | 0.384                   | 20.13            |
| Kanva-2                             | 90.54          | 27.08                     | 48.6               | 1.824                    | 0.356                   | 19.51            |

Silkworm race used / Race de ver à soie utilisée : NB<sub>18</sub> × NB<sub>7</sub>.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to Dr K. Sengupta, Director, CSR & TI, Mysore, for facilities. Acknowledgements are also due to Shri N. Suryanarayana, Joint Director, CSR & TI, Mysore, for the encouragement.

## REFERENCES

- JOLLY M.S., DANDIN S.B. (1986), Collection, conservation and evaluation of mulberry (*Morus spp.*) germplasm. CSR & TI, Mysore.
- KHUSH G.S. (1984), *In* Gene manipulation in plant improvement. Ed. by J.P. Gustafson, Plenum Press, New York, 61.
- KRISHNASWAMY S., NOAMANI M.K.R., ASAN M. (1970), Studies on the quality of mulberry leaves and silkworm cocoon crop production. Part 1 : Quality differences due to varieties. Indian J. Seric., 9(1), 1-10.
- NAKAJIMA K. (1981), Mulberry. *In* "Seeds and seedlings in Japan". Ed. by T. Hisamune *et al.*, Association of Agricultural Relations in Asia, Tokyo.
- TAKEUCHI Y. (1959), Studies on the effect of nutrition on the moulting in silkworm (*Bombyx mori* L.). Bull. Seric. Exp. Stn. Japan, 15(8), 429-475.

# MORUS MULTICAULIS, INTRODUCTION D'UNE ESPECE EXOTIQUE PROMETTEUSE POUR LE PROGRAMME D'AMELIORATION DU MURIER EN INDE

M.V. RAJAN, S.B. DANDIN & S.R. RAMESH

Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura,  
Mysore - 570 008, Inde.

*Des variétés tempérées appartenant à l'espèce Morus multicaulis (M. latifolia) introduites en Inde ont été sélectionnées au CSRTI de Mysore afin d'étudier leurs différents paramètres de rendement et de croissance. Contrairement aux autres variétés de cette espèce, le clone 235, d'origine indonésienne, présente un racinement et une croissance satisfaisante en plus d'une bonne qualité et semble prometteur soit pour l'introduction directe ou comme le meilleur matériel d'hybridation pour l'amélioration des souches tropicales. Cette variété a été comparée avec K2 (M5) une variété couramment utilisée dans le sud de l'Inde. On a également effectué des analyses biochimiques et des essais biologiques. Les résultats sont discutés dans cet article.*

## INTRODUCTION

L'introduction de matériel génétique étranger pour l'amélioration des cultures a été tout à fait profitable à l'agriculture indienne. Le gène Norin-10 du blé, le gène Sd. 1 de la photosensibilité et de la réaction aux engrais chez le riz de la variété Dee-geo-woo-gen (Kush, 1984) et les génotypes du millet d'origine africaine sont quelques exemples des introductions qui ont pratiquement révolutionné la production de millet et de céréales en Inde. On trouve maintenant un grand nombre d'exemples similaires en horticulture et dans d'autres cultures commerciales qui ont contribué à l'augmentation de la productivité directement ou indirectement. L'introduction directe du cultivar exotique du mûrier Goshorami (*Morus multicaulis* Perr.) constitue l'un des ces exemples, particulièrement dans la zone tempérée de l'Etat de Jammu et Cachemire, qui ont contribué au succès de l'industrie séricicole.

On a tenté de sélectionner des souches exotiques de mûrier tropical et tempéré (*Morus spp.*) afin de relancer l'industrie séricicole en zone tropicale où la sériculture est pratiquée de façon intensive.

*Morus multicaulis* Perr. (*M. latifolia*), est une espèce de mûrier tempérée importante, probablement d'origine japonaise ou coréenne, et est utilisé dans la plupart des programmes de sélection et d'amélioration du mûrier. Le cultivar Kokuso 21, qui appartient à cette espèce, est considéré comme le meilleur parent mâle pour les croisements avec *M. alba* L. (Nakajima, 1981) et des variétés comme Shinichinose et Minami sakari ont été mises au point d'après cette méthode. *M. multicaulis* Perr. possède certains caractères agronomiques recherchés comme une bonne croissance et des feuilles grandes et charnues par rapport à d'autres espèces d'origine tempérée. Cette étude présente les performances de *M. multicaulis*, des cultivars communs et des hybrides du Japon et d'Indonésie, dans des conditions tropicales. *M. multicaulis* (clone 235) importé d'Indonésie semble prometteur et peut être implanté directement et utilisé dans les programmes d'amélioration du mûrier par hybridation sélective.

---

\* Directeur, Karnataka State Sericulture Development Institute, Thalaghattapura, Bangalore - 560 062, Inde.

## MATERIELS ET METHODES

Des cultivars commerciaux et des hybrides courants de *M. multicaulis* Perr. du Japon, à savoir : Kosen, Goshocrami, Tsukasaguwa, Roso, Kairyo-roso, Kokuso 20, Kokuso 21, Atsubamidori, Shinichinose, Kokuso 27 et Kokuso 13 et une variété d'Indonésie (clone 235) fournie par le NBPGR ont été multipliés par bouturage ou greffage des bourgeons. Après 6 mois, les plants sains ont été transférés à la parcelle de la banque génétique du CSRTI de Mysore. Les observations sur le bourgeonnement, la croissance, le rendement en feuilles, etc., ont été faites selon les méthodes proposées par Jolly et Dandin (1986). Pour l'étude comparative, des tests biologiques de mue et d'élevage complet de vers à soie ont été conduits avec le clone 235 (Takeuchi, 1959 ; Krishnaswamy et coll., 1970) en utilisant Kanva 2 comme témoin. Des observations saisonnières répétées ont été faites afin de confirmer les résultats et les valeurs moyennes de toutes les observations ont été calculées afin de tirer les conclusions.

## RESULTATS

Les observations faites sur toutes les souches de mûriers tempérés concordent sur un point : les variétés de *M. multicaulis* et leurs hybrides donnent des feuilles de bonne qualité, charnues et avec une teneur élevée en humidité. Cependant, elles ont une croissance très médiocre et un faible pourcentage de racinement. Les observations enregistrées sont données dans le tableau I.

Kokuso 21, hybride de *M. multicaulis* Perr., et Kokuso 13, hybride de *M. bombycis* et *M. latifolia*, présentent les pourcentages de racinement les plus élevés, respectivement de 90,20 et 81,50. Mais ces variétés ont une croissance très faible. La taille moyenne des branches est de 32,4 cm et la surface foliaire moyenne de 15 955,90 cm<sup>2</sup> pour 100 feuilles chez Kokuso 21, les valeurs correspondantes pour Kokuso 13 étant de 94,20 cm et 8 588 cm<sup>2</sup>. Il est intéressant de noter que, chez le clone 235, le pourcentage de racinement est de 76,67, tandis que la hauteur moyenne des branches est de 143,80 cm et la surface foliaire moyenne de 34 200 cm<sup>2</sup>. Le poids frais de 100 feuilles chez cette variété est de 896, ce qui est beaucoup plus élevé que chez aucune des autres variétés introduites étudiées.

Le clone 235 est un arbre droit, à croissance rapide et a une ramification moyenne (Fig. 1). La tige est de couleur marron avec une phyllotaxie de 2/5. La distance internodale moyenne est de 5,16 cm et compte environ 19 feuilles par mètre de tige (Fig. 2). Les feuilles sont grandes, non lobées, cordées avec une surface glabre et bullée (Fig. 3). Les feuilles ont une bonne qualité de conservation avec 74,8 % d'humidité. Les études d'élevage menées montrent également une mue uniforme des vers, ce qui indique que les feuilles ont une bonne qualité nutritive. La performance d'élevage est également meilleure que chez le témoin (Kanva-2), avec un poids moyen d'un cocon de 1,908 g et une richesse soyeuse de 20,13 chez NB<sub>18</sub> × NB<sub>7</sub> (Tableau II).

## DISCUSSION

La sériciculture dans la zone tropicale de l'Inde est pratiquée pendant toute l'année, ce qui demande un approvisionnement constant en feuilles de mûrier en toutes saisons ainsi qu'un approvisionnement supplémentaire de novembre à février lorsque le climat est favorable à l'élevage des vers à soie. La culture du mûrier est donc menée de façon intensive, avec une forte densité de plants par unité et un espacement faible. En outre, il a été prouvé que la reproduction végétative par bouturage était la méthode la moins chère et la plus efficace.

La plupart des souches de mûrier tropicales donnent de bons résultats quant au bourgeonnement, à la production de racines et de feuilles, comme chez Kanva-2, mais sont pauvres quant au contenu en humidité et à la conservation de la qualité par rapport aux souches tempérées. Ces deux critères étant des critères de qualité, des apports élevés en engrais organiques et en irrigations fréquentes sont nécessaires pour préserver la qualité foliaire de ces variétés.

Les variétés tempérées du Japon qui sont sélectionnées présentent un bourgeonnement et un racinement médiocres et une croissance faible identiques aux autres variétés tempérées, ce qui les rend impropres à l'introduction directe pour la culture commerciale dans des conditions tropicales.

En raison des faibles températures et du temps sec elles restent en dormance de novembre à février, quand l'approvisionnement en feuilles est le plus nécessaire.

Contrairement aux autres souches tempérées, *M. multicaulis* d'Indonésie (clone 235) combine de façon unique des qualités de racinement, de feuilles, une meilleure croissance tout au long de l'année et une insensibilité aux variations saisonnières. Etant donné que le matériel introduit est prometteur, il peut être testé en introduction directe, là où la variété Kosen a échoué en raison de ses qualités médiocres de racinement et de bourgeonnement. Il peut également être utilisé comme parent pour améliorer les souches tropicales afin d'enrichir la qualité des feuilles et leur rendement. Des expériences d'hybridation avec cette souche ont été lancées au CSRTI de Mysore avec S41, Local, K2, Ber 776 et Ber 799 et les premières expériences sur le terrain ont été entreprises en vue de l'introduction directe.

# STUDIES ON THE COMPARATIVE EFFICIENCY OF DRIP, SPRINKLER AND FURROW IRRIGATION SYSTEMS ON MULBERRY LEAF YIELD AND WATER ECONOMY

B. SARATCHANDRA, L. RAJANNA, C. PARAMESHA\*, T. JAYAPPA, M.G. SABITHA, K.L. PHILOMENA & S.P. RAMESH

Regional Sericultural Research Station, Kodathi, Carmelaram Post, Bangalore - 560 035, India.

*A comparative assessment of the drip, sprinkler and furrow systems of irrigation in mulberry gardens was made. Drip system yielded significantly (above 1 % level) highest followed by sprinkler system and furrow irrigation. The yields obtained at the minimum recommended irrigation in furrow system (381,028 l/ha in every ten days) could be obtained even with 254,019 l/ha of irrigation by employing drip or sprinkler systems, indicating a saving of 33 % of irrigation water. Besides higher leaf yield, drip irrigation resulted in a higher leaf moisture percentage. The bioassay studies of the leaf obtained in different treatments did not show any considerable variation, indicating that the drip or sprinkler system can be employed without any adverse effect on cocoon yield.*

**Keywords :** Drip, sprinkler, furrow, irrigation, Kanva-2, NB<sub>4</sub>D<sub>2</sub>, ERR %, leaf yield, plant height, total shoot length, leaf moisture percentage, larva, cocoon, shell ratio percentage.

## INTRODUCTION

Water is one of the most essential requirements of plants. It is reported that adequate inputs like water and manures with proper cultural practices have helped to increase mulberry leaf yield from 15,000 kg to 35,000 kg per hectare per year (Jolly, 1986). But the availability of water is a major limiting factor for the splendid growth of mulberry. Apart from the prevailing drought conditions, the ground water resources have been fast depleting. In recent years, it has been established that modern systems of irrigation such as drip and sprinkler systems can be used for maximising the leaf yield and minimising the water usage. Considering this, a field experiment was taken up in the Regional Sericultural Research Station, Bangalore, during 1986-88 to study the efficacy of drip and sprinkler systems of irrigation in maximising leaf yield and minimising water requirement as compared to furrow irrigation.

## MATERIAL AND METHODS

The experiment was laid in a split-plot design using Kanva-2 (M5) variety of mulberry with a spacing of 60 cm × 60 cm in the red sandy-loam soil having a pH of 6.2. There were three main treatments, viz. drip irrigation, sprinkler irrigation and furrow irrigation (alternate furrow) each with four sub-treatments, viz. 127,009 l/ha, 254,019 l/ha, 381,028 l/ha and 508,038 l/ha per 10 days. Drip system consisted of on-line drippers arranged at 60 cm intervals laid between alternate rows while the sprinkler system was of portable type. Irrigation was given once in ten days in the case of furrow

---

\* The author is presently working at Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura, Mysore - 570 008, India.

irrigation (conventional irrigation) while in the case of drip and sprinkler irrigation, the irrigation was given in five split doses on every alternate day. All the plots were maintained uniformly as per the recommended package of practices (Jolly, 1986) for a period of one year from the day of plantation and thereafter the treatments were imposed maintaining all other factors as per the recommended package of practices. The experiment was conducted in three replications, each replication having a plot size of 19.8 m × 8.4 m and the data on the leaf yield, plant height, total shoot length and leaf moisture percentage were recorded from eight crops during two years and the average results presented in Table I. The data were also subjected to statistical analysis and presented in Table II.

A bioassay of the different treatments was also conducted using the race NB4D2 where two rearings were undertaken during August-September 1987 and February-March 1988. Twelve treatments were maintained at par with the main experiment, each treatment having three replications and each replication with one disease-free laying. The yield parameters, such as effective rate of rearing (%), larval weight, cocoon weight, shell ratio (%), etc., were recorded and are presented in Table III. The rearing results were also subjected to statistical analysis and presented in Table IV.

## RESULTS AND DISCUSSION

From the available data it is observed that drip system with 508,038 l/ha irrigation yielded significantly highest followed by sprinkler system with 508,038 l/ha. Drip and sprinkler systems at 254,019 l/ha of irrigation yielded higher than that of 508,038 l/ha of furrow irrigation and are almost at par, indicating that 127,009 l/ha of water can be saved by employing any of the two systems as compared to furrow irrigation system. Similarly, the yields obtained with 254,019 l/ha of drip system or sprinkler system are at par with yields obtained with 381,028 l/ha with furrow irrigation system. 127,009 l/ha of irrigation with furrow showed significantly lowest yield. Almost similar results were obtained in the case of plant height where drip system with 508,038 l/ha irrigation was significantly highest. This was followed by sprinkler with 508,038 l/ha, drip with 381,028 l/ha and furrow with 508,038 l/ha which are at par. Correspondingly, the total shoot length is also significantly highest in drip with 508,038 l/ha irrigation followed by sprinkler with 508,038 l/ha, drip with 381,028 l/ha and furrow with 508,038 l/ha irrigation with the same trend. In the case of leaf moisture percentage also, drip irrigation at 508,038 l/ha was significantly highest followed by drip at 381,028 l/ha, sprinkler at 508,038 l/ha and drip at 254,019 l/ha, the latter three being at par. Here also, furrow system with 127,009 l/ha showed the lowest leaf moisture percentage and when the overall performance of drip and sprinkler systems were considered, drip system was found to be superior in respect of overall growth and yield parameters followed by sprinkler system. The analysis of variation indicated that the variation between the different systems as well as levels of irrigation and interaction between system × level is highly significant (above 1 %).

The rearing results did not show any significant variation in the yield parameters between the systems of irrigation except in shell ratio percentage. Similarly, no significant differences were observed between different levels of irrigation.

Rangaswamy *et al.* (1976) made a mention about the use of overhead sprinklers in mulberry gardens. However, no details are available regarding the efficiency of sprinklers or drip system in mulberry gardens to make a comparison. Deshmukh (1974) stated that it is possible to double the yield of fruits, vegetables and other crops with 30 % less water. Sivanappan *et al.* (1972) observed an increase in tomato yield by 30.6 % and a saving of 47 % irrigation water with drip system. Goldberg and Schmueli (1971) observed a higher yield and better growth with drip irrigation compared to sprinkler irrigation in green pepper. Similar results were observed in the present case with highest leaf yield under drip irrigation followed by sprinkler system and 25-50 % savings of water when compared to furrow irrigation. Studies carried out at Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur, also showed that sprinkler system was less efficient compared to drip system for vegetable crops when the soils are loamy sand and the climate hot and arid (Singh and Singh, 1978). Aljibury (1974) and Farrel (1974) expressed that the foremost factors in drip are economical use of water and potential to maintain low soil moisture tension in the portion of the root zone. Ben-Asher *et al.* (1978) observed

Table I. Leaf yield and growth parameters of mulberry grown under different systems of irrigation.

Tableau I. Rendement en feuilles et paramètres de croissance des mûriers cultivés avec différents systèmes d'irrigation.

| Method of irrigation<br><i>Méthode d'irrigation</i> | Level of irrigation (l/ha)<br><i>Niveau d'irrigation (l/ha)</i> | Leaf yield/ha/crop (kg)<br><i>Rendement en feuilles/ha récolte (kg)</i> | Plant height (cm)<br><i>Hauteur du plant (cm)</i> | Total shoot length (cm)<br><i>Longueur totale de la pousse (cm)</i> | Leaf moisture (%)<br><i>Humidité des feuilles (%)</i> |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Drip<br><i>Goutte à goutte</i>                      | 127,009                                                         | 6347.00                                                                 | 103.67                                            | 376.67                                                              | 73.00                                                 |
|                                                     | 254,019                                                         | 7041.00                                                                 | 112.00                                            | 396.00                                                              | 76.00                                                 |
|                                                     | 381,028                                                         | 7989.67                                                                 | 126.00                                            | 431.00                                                              | 77.67                                                 |
|                                                     | 508,038                                                         | 8736.00                                                                 | 134.67                                            | 459.67                                                              | 81.00                                                 |
| Sprinkler<br><i>Aspersion</i>                       | 127,009                                                         | 6170.00                                                                 | 96.33                                             | 366.00                                                              | 70.00                                                 |
|                                                     | 254,019                                                         | 6904.33                                                                 | 105.67                                            | 385.33                                                              | 73.00                                                 |
|                                                     | 381,028                                                         | 7790.67                                                                 | 119.33                                            | 418.33                                                              | 74.67                                                 |
|                                                     | 508,038                                                         | 8661.67                                                                 | 127.33                                            | 439.00                                                              | 76.67                                                 |
| Furrow (conventional)<br><i>Raie (traditionnel)</i> | 127,009                                                         | 5590.00                                                                 | 91.67                                             | 357.33                                                              | 68.67                                                 |
|                                                     | 254,019                                                         | 6381.67                                                                 | 102.33                                            | 373.67                                                              | 70.67                                                 |
|                                                     | 381,028                                                         | 6984.00                                                                 | 114.33                                            | 407.33                                                              | 71.67                                                 |
|                                                     | 508,038                                                         | 7790.33                                                                 | 123.33                                            | 427.33                                                              | 73.33                                                 |

Table II. Statistical analysis of different systems (drip, sprinkler and furrow) and levels of irrigation.

Tableau II. Analyse statistique de différents systèmes (goutte à goutte, aspersion, raie) et différents niveaux d'irrigation.

| Source of variation<br><i>Source de variation</i>                     | Leaf yield/ha/crop (kg)<br><i>Rendement en feuilles/ha récolte (kg)</i> |           | Plant height (cm)<br><i>Hauteur du plant (cm)</i> |           | Total shoot length (cm)<br><i>Longueur totale de la pousse (cm)</i> |           | Leaf moisture (%)<br><i>Humidité des feuilles (%)</i> |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------|-----------|
|                                                                       | SE ±                                                                    | CD at 5 % | SE ±                                              | CD at 5 % | SE ±                                                                | CD at 5 % | SE ±                                                  | CD at 5 % |
| Systems of irrigation<br><i>Systèmes d'irrigation</i>                 | 35.774                                                                  | 104.928   | 0.809                                             | 2.372     | 1.822                                                               | 5.344     | 0.356                                                 | 0.905     |
|                                                                       |                                                                         | **        |                                                   | **        |                                                                     | **        |                                                       | **        |
| Levels of irrigation<br><i>Niveaux d'irrigation</i>                   | 41.308                                                                  | 121.160   | 0.934                                             | 2.739     | 1.578                                                               | 4.628     | 0.308                                                 | 1.045     |
|                                                                       |                                                                         | **        |                                                   | **        |                                                                     | **        |                                                       | **        |
| Interaction (system × level)<br><i>Interaction (système × niveau)</i> | 71.548                                                                  | 209.86    | 1.617                                             | 4.74      | 3.156                                                               | 9.26      | 0.619                                                 | 1.81      |
|                                                                       |                                                                         | **        |                                                   | **        |                                                                     | **        |                                                       | **        |

SE : Standard error / *Ecart type*.\*\* Significant above 1 % level / *Significatif au seuil de 1 %*.

Table III. Rearing performance of silkworm, *Bombyx mori*, on the leaf obtained from mulberry irrigated under different systems.

Tableau III. Performance d'élevage du ver à soie *Bombyx mori* sur les feuilles de mûrier obtenues avec différents systèmes d'irrigation.

| System of irrigation                                 | Level of irrigation (l/ha)        | Weight of 10 mature larvae (g)        |                  | Effective rate of rearing (ERR %)  |                  | Yield/10,000 larvae brushed (kg)           |                  | Single cocoon weight (g)    |                  | Shell ratio percentage      |                  |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------|------------------------------------|------------------|--------------------------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
|                                                      |                                   | Crop 1                                | Crop 2           | Crop 1                             | Crop 2           | Crop 1                                     | Crop 2           | Crop 1                      | Crop 2           | Crop 1                      | Crop 2           |
| <i>Système d'irrigation</i>                          | <i>Niveau d'irrigation (l/ha)</i> | <i>Poids de 10 larves matures (g)</i> |                  | <i>Taux effectif d'élevage (%)</i> |                  | <i>Rendement/10 000 larves levées (kg)</i> |                  | <i>Poids d'un cocon (g)</i> |                  | <i>Richesse soyeuse (%)</i> |                  |
|                                                      |                                   | <i>Récolte 1</i>                      | <i>Récolte 2</i> | <i>Récolte 1</i>                   | <i>Récolte 2</i> | <i>Récolte 1</i>                           | <i>Récolte 2</i> | <i>Récolte 1</i>            | <i>Récolte 2</i> | <i>Récolte 1</i>            | <i>Récolte 2</i> |
| Drip<br><i>Goutte à goutte</i>                       | 127,009                           | 40.333                                | 42.166           | 60.31                              | 70.72            | 9.750                                      | 15.691           | 1.678                       | 1.790            | 20.166                      | 22.333           |
|                                                      | 254,019                           | 41.333                                | 41.733           | 81.51                              | 93.09            | 13.346                                     | 16.407           | 1.441                       | 1.763            | 21.333                      | 21.500           |
|                                                      | 381,028                           | 41.666                                | 42.500           | 75.19                              | 85.73            | 11.369                                     | 14.989           | 1.533                       | 1.650            | 20.666                      | 24.800           |
|                                                      | 508,038                           | 39.333                                | 46.233           | 68.12                              | 83.19            | 11.051                                     | 14.596           | 1.613                       | 1.840            | 18.833                      | 21.300           |
| Sprinkler<br><i>Aspersion</i>                        | 127,009                           | 40.000                                | 44.766           | 75.83                              | 74.09            | 11.034                                     | 13.693           | 1.536                       | 1.753            | 20.633                      | 21.500           |
|                                                      | 254,019                           | 37.700                                | 45.500           | 72.47                              | 79.76            | 10.527                                     | 15.277           | 1.555                       | 1.896            | 21.233                      | 20.466           |
|                                                      | 381,028                           | 40.800                                | 47.000           | 75.09                              | 75.93            | 11.531                                     | 13.396           | 1.625                       | 1.900            | 20.066                      | 19.566           |
|                                                      | 508,038                           | 41.000                                | 46.200           | 76.48                              | 77.72            | 11.461                                     | 14.104           | 1.575                       | 1.666            | 20.466                      | 20.600           |
| Furrow<br>conventional<br><i>Raie traditionnelle</i> | 127,009                           | 41.333                                | 41.666           | 71.32                              | 77.85            | 11.078                                     | 12.957           | 1.578                       | 1.670            | 19.166                      | 20.733           |
|                                                      | 254,019                           | 38.833                                | 44.933           | 77.60                              | 65.71            | 12.752                                     | 12.813           | 1.395                       | 1.833            | 19.000                      | 20.433           |
|                                                      | 381,028                           | 41.466                                | 44.833           | 80.59                              | 69.91            | 11.413                                     | 12.331           | 1.539                       | 1.730            | 19.800                      | 20.533           |
|                                                      | 508,038                           | 38.500                                | 43.600           | 86.00                              | 69.38            | 13.815                                     | 12.083           | 1.557                       | 1.726            | 20.033                      | 20.466           |

NB : Crop 1 was reared during August-September 1987 and crop 2 during February-March 1988 / La récolte 1 a été élevée au cours de la période août-septembre 1987 et la récolte 2 au cours de la période février-mars 1988.

Table IV. Statistical analysis of yield parameters of *B. mori* reared on leaf obtained from mulberry gardens irrigated under different systems and at different levels.

*Tableau IV. Analyse statistique des paramètres du rendement de vers à soie B. mori élevés sur des feuilles obtenues dans des mûraies irriguées selon différents systèmes et différents niveaux.*

| Source of variation                                               | Weight of 10 mature larvae (g)        | Effective rate of rearing ERR (%)  | Yield/1,000 larvae brushed weight (g)          | Single cocoon weight (g)    | Shell ratio (%)             |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>Source de variation</i>                                        | <i>Poids de 10 larves matures (g)</i> | <i>Taux effectif d'élevage (%)</i> | <i>Rendement/1 000 larves levées poids (g)</i> | <i>Poids d'un cocon (g)</i> | <i>Richesse soyeuse (%)</i> |
| <b>Systems / Systèmes</b>                                         |                                       |                                    |                                                |                             |                             |
| SE ±                                                              | 0.347                                 | 1.572                              | 0.320                                          | 0.020                       | 0.149                       |
| CD at 5 %                                                         | NS                                    | NS                                 | NS                                             | NS                          | 0.426**                     |
| <b>Levels / Niveaux</b>                                           |                                       |                                    |                                                |                             |                             |
| SE ±                                                              | 0.401                                 | 1.815                              | 0.369                                          | 0.023                       | 0.172                       |
| CD at 5 %                                                         | NS                                    | NS                                 | NS                                             | NS                          | NS                          |
| <b>Crop / Récolte</b>                                             |                                       |                                    |                                                |                             |                             |
| SE ±                                                              | 0.284                                 | 1.284                              | 0.261                                          | 0.016                       | 0.122                       |
| CD at 5 %                                                         | 0.810**                               | NS                                 | 0.746**                                        | 0.046**                     | 0.348**                     |
| <b>Systems × levels<br/>Systèmes × niveaux</b>                    |                                       |                                    |                                                |                             |                             |
| SE ±                                                              | 0.694                                 | 3.144                              | 0.639                                          | 0.039                       | 0.298                       |
| CD at 5 %                                                         | NS                                    | 8.986*                             | NS                                             | 0.113**                     | 0.852**                     |
| <b>Systems × crops<br/>Systèmes × récoltes</b>                    |                                       |                                    |                                                |                             |                             |
| SE ±                                                              | 0.491                                 | 2.223                              | 0.452**                                        | 0.028                       | 0.211                       |
| CD at 5 %                                                         | 1.402**                               | 6.354**                            | 1.292                                          | NS                          | 0.602**                     |
| <b>Levels × crops<br/>Niveaux × récoltes</b>                      |                                       |                                    |                                                |                             |                             |
| SE ±                                                              | 0.567                                 | 2.567                              | 0.379                                          | 0.032                       | 0.243                       |
| CD at 5 %                                                         | NS                                    | NS                                 | NS                                             | NS                          | NS                          |
| <b>Systems × levels × crops<br/>Systèmes × niveaux × récoltes</b> |                                       |                                    |                                                |                             |                             |
| SE ±                                                              | 0.981                                 | 4.446                              | 0.431                                          | 0.056                       | 0.422                       |
| CD at 5 %                                                         | 2.805*                                | NS                                 | NS                                             | NS                          | 1.205**                     |

\* Significant at 5 % level / *Significatif au seuil de 5 %.*

\*\* Significant at 1 % level / *Significatif au seuil de 1 %.*

NS : Non significant / *Non significatif.*

SE : Standard error / *Ecart type.*

that the evaporation due to radiation energy in trickle irrigated field is 50 % less than that of sprinkler due to limited wetting area. In other terms, the evaporation loss is 0.3 % in drip as against 0.6 % in sprinkler. Kenworthy (1972) and Bresler (1977) observed that drip can be successfully used in lands with difficult terrain, high slopes (50 %) and soils having a wide range of permeability and poor water holding capacity. Bucks *et al.* (1981) observed that drip wets 33-66 % of root volume for better performance. The same reason might have also contributed for the better yield and higher water saving in the present case.

Considering the above, it is clear that the drip system is the most efficient water saving system, the next being the sprinkler system. Since 381,028 l/ha is the minimum required level of irrigation suggested for mulberry in the conventional furrow irrigation system and the same yield could be obtained in drip irrigation system and also sprinkler irrigation system with only 254,019 l/ha of irrigation. It means there is a saving of 127,009 l/ha of irrigation water (33 %) when the drip or sprinkler systems are employed. Secondly, the bioassay of leaf obtained from different treatments did not show considerable variation in the cocoon yields and hence the only factor which can be considered in deciding the efficiency of these systems in sericulture is leaf yield or the water savings. As such, it is inferred that the drip system is the most efficient system for water economy in mulberry gardens, the next being sprinkler system which is almost at par.

### ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks are due to Shri K. Kasiviswanathan, Joint Director (retired), National Silkworm Seed Project, Bangalore, for proposing the present work and to the Central Silk Board, Government of India, Bangalore - 560 001, for the facilities provided.

### REFERENCES

- ALJIBURY F.K., GERELTS M., LANGE A., HUNTAMER J., LEAVITT G. (1974), Performance of plants with drip irrigation. *Proc. 2nd Int. Drip Irrig. Congr.*, 497-499.
- BEN-ASHER J., FUCHS M., GOLDBERG D. (1978), Radiation and energy balance of sprinkler and trickle irrigated fields. *Agron. J.*, 70, 415-417.
- BRESLER E. (1977), Trickle-drip irrigation principles and application to soil water management. *Adv. Agron.*, 29, 343-393.
- BUCKS D.A., NAKAYAMA F.S., WARRICK A. (1981), Principles of trickle (drip) irrigation. *In* Advances in irrigation. Academic Press Inc., New York, 220-299.
- DESHMUKH M.T. (1974), Development and scope of drip and surface irrigation. *Proc. 2nd Int. Drip Irrig. Congr.*, 44-45.
- FARREL M.O. (1974), Drip irrigation in landscaping and soil erosion control. *Proc. 2nd Int. Drip Irrig. Congr.*, 44-45.
- GOLDBERG D., SCHMUELI M. (1971), Sprinkler and trickle irrigation of green pepper in an arid zone. *Hort. Sci.*, 6(6), 559-562.
- JOLLY M.S. (1986), Economics of sericulture under irrigated conditions. Sericulture project no. 2. Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, 19.
- KENWORTHY A.L. (1972), Trickle irrigation. The concept and guidelines for use. *Res. Rep. Agric. Exp. Stn.*, Mich. St. Univ., 165, 19.
- RANGASWAMY G., NARASIMHANNA M.N., KASIVISWANATHAN K., SASTRY C.R. (1976), Sericulture manual. 1. Mulberry cultivation. *FAO Agricultural Services Bulletin*, 15/1, 150.
- SINGH S.D., PUNJABSINGH (1978), Value of drip irrigation compared to conventional irrigation for vegetable production in hot arid climate. *Agron. J.*, 70, 945-947.
- SIVANAPPAN R.K., KARAIGOWDER K.R., GANDHI M. (1972), Drip irrigation. *Madras Agric. J.*, 59, 440-441.

# ETUDE COMPARATIVE DE L'EFFICACITE DES SYSTEMES D'IRRIGATION AU GOUTTE A GOUTTE, A L'ASPERSION ET A LA RAIE SUR LE RENDEMENT EN FEUILLES DU MURIER ET L'ECONOMIE D'EAU

B. SARATCHANDRA, L. RAJANNA, C. PARAMESHA\*, T. JAYAPPA, M.G. SABITHA, K.L. PHILOMENA & S.P. RAMESH

Regional Sericultural Research Station, Kodathi, Carmelaram Post, Bangalore - 560 035, Inde.

*On a effectué une évaluation comparative des système d'irrigation au goutte à goutte, à l'aspersion et à la raie dans les mûraies. Le système d'irrigation au goutte à goutte donne le meilleur rendement (au-dessus du seuil de 1 %), suivi par les systèmes d'irrigation à l'aspersion et à la raie. Les rendements obtenus au minimum d'irrigation recommandé en utilisant le système d'irrigation à la raie (381 028 l/ha tous les dix jours) peuvent être obtenus avec une irrigation de 254 019 l/ha en employant le système du goutte à goutte ou de l'aspersion, ce qui permet une économie de 33 % en eau d'irrigation. Outre un rendement en feuilles plus important, l'irrigation au goutte à goutte permet d'obtenir un pourcentage d'humidité des feuilles plus élevé. Les tests biologiques des feuilles obtenues dans les différents traitements ne révèlent pas de variation significative, ce qui indique que les systèmes au goutte à goutte ou à l'aspersion peuvent être utilisés sans avoir d'effets négatifs sur le rendement en cocons.*

## INTRODUCTION

L'eau est l'un des besoins essentiels des plantes. Il a été observé que des apports adaptés d'eau et d'engrais adéquats sur des systèmes de cultures permettaient d'augmenter le rendement en feuilles de mûriers de 15 000 kg à 35 000 kg par hectare et par an (Jolly, 1986). La rareté de l'eau est un obstacle majeur à la bonne croissance des mûriers ; ceci n'est pas seulement dû à la sécheresse, mais également à la diminution des réserves en eau des sols. Il a été récemment établi que les systèmes d'irrigation tels que le goutte à goutte et l'aspersion peuvent être utilisés pour optimiser le rendement en feuilles et réduire la consommation d'eau. Aussi, une expérience sur le terrain a-t-elle été réalisée au Regional Sericultural Research Station, Bangalore, de 1986 à 1988 pour étudier l'efficacité des systèmes d'irrigation au goutte à goutte et à l'aspersion sur l'optimisation du rendement en feuilles et la réduction de la consommation d'eau par rapport au système d'irrigation à la raie.

## MATERIELS ET METHODES

L'expérience a été conduite en parcelles scindées avec la variété de mûrier Kanva-2 (M5) selon un espacement de 60 cm × 60 cm dans un sol de sable rouge à pH 6,2. Trois traitements ont été effectués : irrigation au goutte à goutte, irrigation à l'aspersion et irrigation à la raie (raie alternée),

---

\* Adresse actuelle : Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura, Mysore - 570 008, Inde.

chacun comprenant quatre sous-traitements : irrigations de 127 009 l/ha, 254 019 l/ha, 381 028 l/ha et 508 038 l/ha pour dix jours. Le système au goutte à goutte est composé de compte-gouttes reliés entre eux et disposés à intervalles de 60 cm entre les rangées alternées tandis que le système à l'aspersion est de type portable. L'irrigation est effectuée une fois tous les dix jours pour l'irrigation à la raie (irrigation conventionnelle), tandis que pour le système au goutte à goutte et à l'aspersion, l'irrigation est réalisée en cinq doses séparées tous les deux jours. Toutes les parcelles sont entretenues de la même façon, suivant les méthodes de culture recommandées (Jolly, 1986) pendant une période d'un an à compter du jour de la plantation. Les traitements sont ensuite réalisés, tout en suivant les méthodes de culture habituelles pour tous les autres facteurs. L'expérience a été menée sur trois réplicats mesurant chacun 19,8 m × 8,4 m. Les données sur le rendement en feuilles, la hauteur du plant, la longueur totale de la pousse et le pourcentage d'humidité des feuilles ont été enregistrées sur huit récoltes pendant deux ans. Les résultats moyens sont présentés dans le tableau I. Les données ont également été soumises à l'analyse statistique et sont présentées dans le tableau II.

Un test biologique des différents traitements a par ailleurs été effectué avec la race de ver à soie NB<sub>2</sub>D<sub>4</sub>. Deux élevages ont été réalisés d'août à septembre 1987 et de février à mars 1988. Ils ont été répartis en 12 traitements conformes à l'expérience principale, chaque traitement étant constitué de trois réplicats et chaque réplicat contenant une ponte saine. Les paramètres du rendement, comme le taux effectif d'élevage (%), le poids larvaire, le poids du cocon, la richesse soyeuse (%), etc., ont été relevés. Ils sont présentés dans le tableau IV.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Les données obtenues montrent que le système du goutte à goutte avec une irrigation de 508 038 l/ha donne un rendement nettement supérieur, suivi du système de l'aspersion avec 508 038 l/ha. Les systèmes du goutte à goutte et de l'aspersion à raison d'une irrigation de 381 028 l/ha donnent des rendements sensiblement identiques et plus élevés que l'irrigation à la raie de 2,0 pouces par acre, ce qui indique que l'on peut économiser 127 009 l/ha d'eau sur l'irrigation à la raie en employant l'un ou l'autre de ces deux systèmes. De même, les rendements obtenus avec une irrigation de 254 019 l/ha avec le système au goutte à goutte et avec le système à l'aspersion sont équivalents au rendement obtenu pour une irrigation de 381 028 l/ha avec le système à la raie. Le rendement le plus faible est obtenu avec l'irrigation à la raie à raison de 127 009 l/ha. Des résultats sensiblement identiques sont obtenus pour la hauteur du plant, le système au goutte à goutte à raison de 508 038 l/ha étant nettement supérieur, suivi du système à l'aspersion à raison de 508 038 l/ha, du goutte à goutte à raison de 381 028 l/ha et de la raie avec 508 038 l/ha qui donnent des résultats identiques. De plus, la longueur totale de la pousse est également nettement plus élevée avec le système au goutte à goutte à raison de 508 038 l/ha, suivi des systèmes à l'aspersion avec 508 038 l/ha, au goutte à goutte avec 381 028 l/ha et à la raie avec 508 038 l/ha qui présentent des résultats similaires. En ce qui concerne le pourcentage d'humidité, l'irrigation au goutte à goutte à raison de 508 038 l/ha donne les meilleurs résultats, suivi du système au goutte à goutte avec 381 028 l/ha, du système à l'aspersion à 508 038 l/ha et du goutte à goutte avec 254 019 l/ha, ces trois derniers donnant des résultats équivalents. Là encore, le système d'irrigation à la raie à raison de 127 009 l/ha présente le pourcentage d'humidité des feuilles le plus faible et, du point de vue de l'ensemble des résultats des systèmes au goutte à goutte et à l'aspersion, le système au goutte à goutte se révèle plus performant que le système à l'aspersion en ce qui concerne la croissance globale et les paramètres du rendement. L'analyse de variance indique que les différences entre les systèmes ainsi que celles entre les niveaux d'irrigation et l'interaction système × niveau sont très significatifs (supérieurs au seuil de 1 %).

Les résultats des élevages ne présentent aucune variation significative des paramètres du rendement des vers à soie entre les systèmes d'irrigation sauf pour la richesse soyeuse. De même, on n'observe aucune différence significative pour les différents niveaux d'irrigation.

Rangaswamy et coll. (1976) ont fait mention de l'utilisation des aspergiers verticaux dans les mûraies. Cependant, aucun détail n'est donné pour permettre une comparaison sur l'efficacité des systèmes d'irrigation à l'aspersion et au goutte à goutte. Deshmukh (1974) a démontré qu'il était possible de doubler le rendement en fruits, en légumes et en autres récoltes en utilisant 30 % moins d'eau. Sivanappan et coll. (1972) ont observé une augmentation de 30,6 % du rendement en tomates

et une économie de 47 % d'eau d'irrigation par le système du goutte à goutte. Goldberg et Schmueli (1971) ont observé que l'irrigation au goutte à goutte donnait un meilleur rendement et une meilleure croissance chez le poivron vert que l'irrigation à l'aspersion. Des résultats similaires ont été obtenus dans le cas présent avec le système au goutte à goutte, suivi du système à l'aspersion, avec des économies de 25 à 50 % d'eau par rapport au système d'irrigation à la raie. Des études réalisées au Central Arid Zone Research Institute de Jodhpur ont également montré que le système d'irrigation à l'aspersion était moins efficace que le système du goutte à goutte pour les cultures de légumes effectués sur des terres de sable gras et sous un climat chaud et sec (Singh et Singh, 1978). Aljibury (1974) et Farrel (1974) estiment que les principaux avantages du goutte à goutte tiennent au fait qu'il permet une utilisation économique de l'eau et a une rétention de l'humidité dans la zone de la racine. Ben-Asher et coll. (1978) ont observé que l'évaporation due à l'énergie de rayonnement est inférieure de 50 % dans les champs irrigués au goutte à goutte à celle des champs irrigués à l'aspersion en raison d'une plus faible surface d'évaporation. En d'autres termes, la perte par évaporation est 0,3 % avec le goutte à goutte contre 0,6 % avec l'aspergeur. Kenworthy (1972) et Bresler (1977) ont observé que le goutte à goutte peut être utilisé avec succès dans les régions à terrain difficile, à pentes fortes (50 %) et sur des sols à grande perméabilité et faible capacité de rétention de l'eau. Bucks et coll. (1981) ont observé que le goutte à goutte humidifie 33 à 66 % du volume de la racine et est plus performant. Il est possible que le rendement performant et l'importante économie d'eau observés ici soient dûs à la même raison.

Il est donc clair que l'irrigation au goutte à goutte est le système le plus efficace pour économiser l'eau, vient ensuite l'irrigation à l'aspersion. Etant donné que le niveau minimal requis d'irrigation proposé pour le mûrier dans le système conventionnel d'irrigation à la raie est de 381 028 l/ha et que le même rendement peut être obtenu avec le goutte à goutte et l'aspersion en utilisant seulement 254 019 l/ha, cela signifie que l'on peut économiser 127 009 l/ha d'eau d'irrigation (33 %) avec les systèmes du goutte à goutte et de l'aspersion. De plus, le test biologique des feuilles obtenues avec les différents traitements ne fait apparaître aucune variation en ce qui concerne les paramètres du rendement pour le cocon, les seuls facteurs qui peuvent donc être pris en compte pour décider de l'efficacité de ces systèmes en sériciculture sont le rendement en feuilles ou l'économie en eau. Aussi, on en conclut que l'irrigation au goutte à goutte est le système le plus performant du point de vue de l'économie en eau dans les mûraies, suivi de l'irrigation à l'aspersion qui est pratiquement équivalent.

## ESSAIS PRELIMINAIRES D'ELEVAGE DU VER A SOIE AU RWANDA

B. BOEDTS

21/7, avenue de la Forêt, 1050 Bruxelles, Belgique.

*Trois essais d'élevage du ver à soie ont été réalisés pendant des saisons différentes dans une école agri-vétérinaire située dans la région de moyenne altitude au Rwanda, Afrique centrale. Une race bivoltine de *Bombyx mori* importée à cet effet de Madagascar a été nourrie avec des feuilles de la variété rwandaise locale de *Morus alba*. Les premiers résultats obtenus montrent qu'au Rwanda il est possible de pratiquer cet élevage et que diverses formes de moriculture sont à envisager.*

**Mots-clés :** Sériciculture africaine, *Bombyx mori*, *Morus alba*, Rwanda.

### INTRODUCTION

L'idée d'élever le bombyx de mûrier en Afrique centrale et, plus particulièrement, au Rwanda n'est pas nouvelle (Belot, 1938 ; Gatarasi, 1980). Plusieurs travaux ont été effectués sans que toutefois les activités séricicoles ne se développent sur une grande échelle. Au Rwanda pourtant, la zone d'altitude moyenne comprise entre 1500 et 1700 m réunit un ensemble de conditions favorables à l'établissement de la sériciculture.

Concernant le mûrier au Rwanda, trois espèces introduites (*Morus alba*, *Morus indica* et *Morus nigra*) poussent à l'état sauvage ou cultivé. La variété locale de *Morus alba* est actuellement utilisée comme haie dans les enclos familiaux. Ce *Morus* produit d'importantes quantités de biomasse foliaire qui peuvent être régulièrement cueillies pour nourrir les vers à soie. A l'Institut des Sciences agronomiques du Rwanda, station de Ruhande, des essais du programme d'agroforesterie ont montré qu'avec 3 coupes par an pour l'affouragement du petit bétail, l'espèce donne des rendements jusqu'à 21 tonnes de feuilles fraîches par hectare et par an avec une densité de l'ordre de 8 000 souches par hectare (Gahamanyi, 1989). Le mûrier convient très bien aux techniques agroforestières car, jusqu'à une densité de l'ordre de 1 400 souches par hectare, il ne concurrence pas les cultures vivrières de façon significative (Gahamanyi, 1990). Des essais d'association avec le maïs, le soja, le haricot, la patate douce et la pomme de terre ont montré des résultats encourageants, chose très importante pour le Rwanda très peuplé où beaucoup d'agriculteurs n'ont pas d'espace pour réaliser des plantations pures.

Pour l'élevage de *Bombyx mori*, le climat rwandais doux avec une température moyenne annuelle inférieure à 25 °C est favorable à l'introduction de races à haut rendement. Une main d'oeuvre familiale abondante serait disponible pour s'occuper des vers. De plus, la dispersion des habitations dans les collines permettrait de limiter dans une certaine mesure la propagation des maladies et parasites du ver à soie.

### MATERIELS ET METHODES

Diverses activités séricicoles s'étalant sur une année ont été entreprises dans une école formant des techniciens agronomes et vétérinaires rwandais. Au début du mois de mai 1990, des boutures de différents plants de mûrier appartenant principalement à l'espèce *Morus alba* ont été collectées dans

la région de Butare et plantées à une densité variant de 12 000 à 30 000 souches par hectare. A la fin du mois d'août 1990, quatre pontes de ver à soie de race bivoltine ont été obtenues au Centre national séricicole de Mahitsy, Madagascar. Pour cette série d'essais préliminaires, les techniques indiennes d'élevage séricicole ont été suivies (Krishnaswami, 1978). Les feuilles de mûrier ont été cueillies sur nos plants ou en milieu paysan. Le matériel d'élevage a été fabriqué à partir d'éléments trouvés dans les marchés locaux traditionnels. Divers types d'encabanage ont été utilisés à partir de chaumes de graminées sauvages, de spadices de palmier-dattier ou de feuilles séchées d'arbres fruitiers (avocatier, goyavier). A chaque génération, une partie des cocons a été sélectionnée pour la reproduction. Après 2 jours en température ambiante, les pontes ont été conservées à 5 °C. Le traitement à l'acide a été pratiqué sur les oeufs issus de la génération I.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Comme indiqué au tableau I, les essais ont été réalisés pendant trois des quatre saisons observées au Rwanda. Pour la génération I, la mûraie était irriguée et paillée tandis que pour les générations II et III, la mûraie était cultivée en régime pluvial.

**Tableau I. Données d'élevage et analyse des récoltes par saison.**

*Table I. Rearing performance and seasonwise analysis of crops.*

| Numéro<br>de la<br>génération | Date de<br>levée         | Date de<br>début du<br>filage  | Conditions<br>climatiques                                                           | Rendement<br>calculé pour<br>10 000 larves<br>(kg de cocons) | Poids<br>moyen<br>d'un cocon<br>(g)         | Richesse<br>soyeuse<br>(%)    |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------|
| <i>Generation<br/>number</i>  | <i>Brushing<br/>date</i> | <i>Spinning<br/>onset date</i> | <i>Climatic<br/>conditions</i>                                                      | <i>Cocoon yield for<br/>10,000 larvae<br/>(kg)</i>           | <i>Single<br/>cocoon<br/>weight<br/>(g)</i> | <i>Silk<br/>ratio<br/>(%)</i> |
| I                             | 25.08.90                 | 25.09.90                       | Grande saison<br>sèche (juin-sept.)<br><i>Long dry season<br/>(June-Sept.)</i>      | 7.8                                                          | 0.7986                                      | 16.05                         |
| II                            | 07.02.91                 | 14.03.91                       | Petite saison<br>sèche (déc.-fév.)<br><i>Short dry season<br/>(Dec.-Feb.)</i>       | 10.4                                                         | 0.8394                                      | 16.86                         |
| III                           | 11.06.91                 | 13.07.91                       | Grande saison des<br>pluies (mars-juin)<br><i>Long rain season<br/>(March-June)</i> | 10.9                                                         | 0.9972                                      | 10.90                         |

Compte tenu des résultats acceptables obtenus, ces essais montrent que les conditions écologiques de la région de moyenne altitude au Rwanda, c'est-à-dire le climat et les feuilles de la variété locale de *Morus alba*, sont favorables toute l'année à l'élevage de la race bivoltine malgache de *Bombyx mori*. Il est à noter toutefois que les valeurs les plus élevées du rendement ont été enregistrées pour l'élevage pratiqué à la fin de la grande saison des pluies.

De plus, diverses formes conviennent pour la moriculture au Rwanda. Suivant la situation socio-économique, la moriculture peut se faire sous forme de dispositifs anti-érosifs, d'enclos familiaux ou selon des techniques agroforestières pour les petites exploitations agricoles, sur des parcelles en culture pure pour les paysans disposant de relativement plus de terre et sur de grandes superficies de préférence en marais pour des exploitations coopératives. En marais et en régime irrigué, il serait possible de réaliser au moins 4 récoltes par an, tandis qu'en régime pluvial, 2 à 3 récoltes par an seraient assurées. L'apprentissage des techniques séricicoles pourrait se faire dans un premier temps par l'intermédiaire des écoles agricoles ainsi que par les centres de formation agricole et artisanale.

### REMERCIEMENTS

Nous remercions l'Ecole agri-vétérinaire de Kabutare (B.P. 119, Butare) pour avoir soutenu ces essais ainsi que Monsieur A. Gahamanyi, Responsable du Programme d'agroforesterie de l'ISAR (BP 617, Butare), pour son aide concernant *Morus*.

### REFERENCES

- BELOT R. (1938), La sériciculture au Congo belge. Publications de la Direction générale de l'Agriculture et de l'Elevage et de la Colonisation, Ministère des Colonies, Bruxelles, Belgique, 148 p.
- GATARASI T. (1980), Perspectives d'élevage des vers à soie au Rwanda. Bull. Agricole du Rwanda, juillet, 3, 191-193.
- GAHAMANYI A. (1989), Essai de densité de *Morus alba* et effet sur le rendement des cultures à Ruhande. Rapport annuel de l'Institut des Sciences agronomiques du Rwanda, 181-182.
- GAHAMANYI A. (1990), Communication personnelle.
- KRISHNASWAMI S. (1986), New technology of silkworm rearing, CSRTI, Bull. Central Silk Board, Mysore, India, 2, 23.

## PRELIMINARY SILKWORM REARING TRIALS IN RWANDA

B. BOEDTS

21/7, avenue de la Forêt, 1050 Bruxelles, Belgique.

*Three silkworm rearing trials were carried out during different seasons in an agri-veterinary school located in the medium altitude area of Rwanda, central Africa. A bivoltine **Bombyx mori** race specially imported from Madagascar was fed on leaves of the local variety of **Morus alba**. The first results obtained showed that this rearing can be practiced in Rwanda and that various types of mulberry cultivation can be considered.*

**Keywords :** African sericulture, *Bombyx mori*, *Morus alba*, Rwanda.

### INTRODUCTION

The idea of rearing the mulberry silkworm in central Africa and more particularly in Rwanda is not new (Belot, 1938 ; Gatarasi, 1980). Several attempts were carried out although sericultural activities have never developed on a large scale. In Rwanda, however, various favourable conditions for the development of sericulture can be found in the medium altitude area ranging from 1500 to 1700 m.

As regards the mulberry in Rwanda, three imported species (*Morus alba*, *Morus indica* and *Morus nigra*) are found under both natural and cultivated conditions. At present, the local *Morus alba* variety is used as a hedge for farmyards. This *Morus* produces leaf biomass in large quantities which can be regularly harvested for feeding silkworms. At the Rwanda Agronomical Sciences Institute, station of Ruhande, agroforestry programme trials showed that with 3 annual prunings for foddering small livestock, the species yielded up to 21 tonnes of fresh leaves per hectare and per year with a density of about 8,000 plants per hectare (Gahamanyi, 1989). The mulberry is quite suited to agroforestry techniques because, up to a density of about 1 400 plants per hectare, it does not compete significantly with food-producing crops (Gahamanyi, 1990). Attempts to associate it with maize, soya, bean, sweet potato and potato gave promising results, which is most important for Rwanda, a very densely-populated country where many farmers do not have enough landholding for growing pure crops.

As far as *Bombyx mori* rearing is concerned, the mild Rwanda climate, with an average annual temperature below 25 °C is favourable to the introduction of high-yield races. Home labour would be available in large quantities for looking after silkworms. Furthermore, houses being scattered in the hills would, to some extent, stop the spreading of diseases and silkworm pests.

### MATERIALS AND METHODS

Various sericultural practices staggered over one year were undertaken in a school training Rwanda agronomical technicians and veterinaries. In early May 1990, cuttings from different mulberry plants belonging mainly to the species, *Morus alba*, were collected in the region of Butare and planted at a density ranging from 12,000 to 30,000 plants per hectare. At the end of August 1990, four bivoltine silkworm strain layings were obtained from the National Sericultural Centre of Mahitsy, Madagascar. For this series of preliminary tests, Indian silkworm rearing techniques were used (Krishnaswamy, 1978). Mulberry leaves were harvested from our plants or farmers' fields. The rearing equipment was made from items found in the local traditional markets. Various types of mountages

were made from wild graminac, date palm trees spadices or dried leaves from fruit trees (avocado, guava). For each generation, a part of the cocoons was selected for reproduction. The layings were kept at room temperature for two days then stored at 5 °C. The acid treatment was performed on the eggs from generation I.

## RESULTS AND DISCUSSION

As indicated in Table I, the tests were carried out during three of the four seasons observed in Rwanda. For generation I, the mulberry field was irrigated and mulched whereas for generations II and III, mulberries were cultivated under rainfed conditions. As the results obtained were acceptable, these tests show that the environmental conditions of the medium-altitude area of Rwanda, i.e. the climate and leaves of the local *Morus alba* variety, are favourable throughout the year for rearing the Madagascan bivoltine *Bombyx mori* race. It should be noted, however, that the highest yield values were obtained for the rearing performed at the end of the long rain season.

Furthermore, various types of cultivation can be adopted for the mulberry in Rwanda. Depending on the socio-economic situation, mulberry cultivation can be practiced under anti-erosion conditions, farmyard conditions or according to agro-forestry techniques for small landholdings, in pure crop plots for farmers having relatively larger landholdings and on large areas, for cooperative farms, preferably where there are marshes. Under marsh and irrigated conditions, it may be possible to obtain four harvests a year, whereas under rainfed conditions 2 to 3 harvests a year can be ensured. At first, training in sericultural techniques could be achieved through agricultural schools as well as in agricultural and artisanal training centres.

## A NOTE ON WASHING OF EGGS IN VARYING TEMPERATURES OF WATER AFTER ACID TREATMENT IN SILKWORM (*BOMBYX MORI* L.)

N.M. BIRAM SAHEB, B.B.S. NEGI, VINOD KUMAR, S.K. GUPTA & M.K.R. NOAMANI

Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura,  
Mysore - 570 008, India.

**Keywords :** Egg, acid treatment, water temperature, hatching.

Immersion of diapausing eggs into hydrochloric acid (HCl) is definitely the best and most popularly employed artificial technique to obtain immediate hatching. Immediately after acid treatment, the eggs are washed thoroughly in slow running water to wash off any acid traces. Earlier workers had reported that a water temperature of 20 °C (Ayuzawa *et al.*, 1972), 17-27 °C (Tazima, 1962), 20-27 °C (Jolly, 1983) and 25 °C (Sathyanarayana Raju *et al.*, 1988) is suitable for washing of eggs after acid treatment. Generally, in various sericulture zones, depending on the seasons, water temperature ranges anywhere between 5 °C and 45 °C and available information on egg washing is limited due to the use of water below 27 °C. Therefore, a large-scale test was initiated in the Grainage Section of CSRTI, Mysore, to study the effect of water temperature in the range of 5-50 °C at an interval of 5 °C for egg washing and subsequent hatching performance.

Two popular silkworm breeds, NB7, a Chinese type race, and NB18, a Japanese type race evolved at CSRTI, Mysore, were selected for the study. Conventional, hot acid treatment was performed using HCl of sp. gr. 1.075 (as measured at 15 °C) heated to 46 °C and eggs soaked for 5 and 5.5 minutes for NB7 and NB18 races, respectively. Water temperature from 5 to 50 °C was used and the egg cards were washed at each treatment temperature for 15 minutes. Four replications of 20 layings each were used for each treatment and the experiment was repeated three times. After thorough washing, ensuring no acid traces on the egg cards, they were dried at room temperature and incubated at 25 ± 1 °C with 75 ± 5 % RH. The layings were black-boxed in the 'pin-head stage', i.e. before 48 hours of hatching and exposed to light on the 3rd day by about 6.00 a.m. Hatching was allowed for 3 hours and was considered as single-day hatching.

The average hatching percentage of the three trials of the two races NB7 and NB18 is given in Table I.

It is evident from the results that hatchability remained unaffected, on egg washing between 5 and 35 °C water temperature and 90 % and above hatching was recorded in this temperature range. However, hatching was considerably reduced at 45 °C and 50 °C in both races and most of the eggs died due to burning. It seems the eggs could not tolerate continuous temperature shock for 20 minutes (5 minutes during acid treatment and 15 minutes during egg washing). The authors also found that washing of eggs in water below 25 °C is not harmful for hatching which is in contradiction with earlier report (Sathyanarayana Raju *et al.*, 1988). Various handling techniques of silkworm eggs, i.e. refrigeration at 5 °C after acid treatment, long-term and short-term hibernation schedules, etc., indicate that eggs are physiologically capable to tolerate chilling temperature of 5 °C for varying durations. Therefore, temperature shocks of 5-20 °C for 15 minutes may not be harmful to egg hatching as observed in the present study.

Finally, it may be suggested that after acid treatment, the eggs can be washed at the water temperature range of 5 to 35 °C safely to obtain effective hatching of 90 % and above.

Table I. Average hatching\* percentage on washing at different water temperatures after acid treatment.

*Tableau I. Pourcentage moyen d'éclosion\* après lavage à différentes températures des oeufs traités à l'acide.*

| Race             | Water temperature (°C) / Température de l'eau (°C) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|----------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                  | 5                                                  | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   |
| NB <sub>7</sub>  | 92.9                                               | 93.0 | 91.5 | 93.0 | 91.6 | 92.1 | 93.4 | 87.8 | 56.2 | 35.4 |
| NB <sub>18</sub> | 90.7                                               | 92.8 | 93.6 | 91.9 | 90.3 | 94.5 | 92.7 | 89.1 | 62.2 | 36.3 |

\* Average of three trials / Moyenne de trois expériences.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank Shri. Rajagopalan, Senior Field cum Lab. Asst., for his assistance in this study.

## REFERENCES

- AYUZAWA C., SEKIDO I., YAMAKAWA K., SAKURAI U., KURATA W., YAGINUMA Y., TOKORO Y. (1972), Handbook of Silkworm Rearing. Fuji Publ. Co., Tokyo, 126.
- JOLLY M.S. (1983), Organization of industrial bivoltine grainage. Project no. 3, Central Sericultural Research & Training Institute, Mysore, 20.
- KRISHNASWAMI S., NARASIMHANNAM N., SURYANARAYAN S.K., KUMARAJ S. (1973), Manual on Sericulture. II. Silkworm Rearing, FAO, Rome, 52.
- SATHYANARAYANA RAJU Ch., BHAT D.V., NAGARAJ C.S., CHANDRA SEKHARAI AH (1988), Effect of water used for washing acid treated eggs of silkworm, *Bombyx mori* L. under high altitude conditions. Ind. J. Seric., 27(2), 154-155.
- TAZIMA Y. (1962), Silkworm Egg. Publ. Central Silk Board, India, 29.

## NOTE SUR L'EFFET DU LAVAGE DES OEUFS DE VERS A SOIE (*BOMBYX MORI* L.) DANS L'EAU A DIFFERENTES TEMPERATURES APRES TRAITEMENT A L'ACIDE

N.M. BIRAM SAHEB, B.B.S. NEGI, VINOD KUMAR, S.K. GUPTA & M.K.R. NOAMANI

Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura,  
Mysore - 570 008, Inde.

L'immersion des oeufs diapausant dans l'acide chlorhydrique (HCl) est indiscutablement la technique artificielle la meilleure et la plus employée pour obtenir l'éclosion immédiate des oeufs. Tout de suite après le traitement à l'acide, les oeufs sont lavés soigneusement sous un faible débit d'eau courante afin d'enlever toute trace d'acide. Il a déjà été observé que l'eau aux températures de 20 °C (Ayuzawa et coll., 1972), 17-27 °C (Tazima, 1962), 20-27 °C (Jolly, 1983) et 25 °C (Sathyanarayana Raju et coll., 1988) convient pour le lavage des oeufs après traitement à l'acide. Généralement, dans les différentes zones séricicoles, suivant les saisons, la température de l'eau peut varier de 5 °C à 45 °C et les références sur le lavage des oeufs sont peu nombreuses du fait de l'utilisation d'eau à une température inférieure à 27 °C. Un test à grande échelle a donc été initié à la section de grainage du Central Sericultural Research and Training Institute de Mysore afin d'étudier l'effet de différentes températures de l'eau entre 5 et 50 °C à intervalles de 5 °C sur le lavage des oeufs et la performance d'éclosion.

Deux souches communes du ver à soie, NB7, une souche d'origine chinoise, et NB18, une souche d'origine japonaise, élevées au CSRTI de Mysore ont été choisies pour cette étude. Le traitement conventionnel à l'acide chaud a été réalisé avec de l'HCl de densité 1,075 (mesure prise à 15 °C) chauffé à 46 °C et les oeufs immergés pendant 5 minutes pour NB7 et 5,5 minutes pour NB18. On a utilisé de l'eau à des températures variant de 5 à 50 °C ; pour chaque température du traitement, les oeufs sont lavés pendant 25 minutes. Quatre réplicats de 20 pontes chacun ont été utilisés pour chaque traitement et l'expérience a été répétée quatre fois. Les oeufs sont lavés soigneusement afin d'ôter toute trace d'acide sur les cartons de ponte, puis séchés à température ambiante et incubés à  $25 \pm 1$  °C et à  $75 \pm 5$  % d'humidité relative. Les pontes sont placées dans des boîtes noires au stade de la "tête d'épingle", c'est-à-dire 48 heures avant l'éclosion, et exposées à la lumière le 3e jour avant 6h00 du matin. Les pontes sont mises à éclore pendant 3 heures et on considère que ceci représente l'éclosion d'une journée.

Le pourcentage moyen d'éclosion des trois expériences chez les souches NB7 et NB18 est présenté dans le tableau I.

Les résultats montrent clairement que le pourcentage d'éclosion n'est pas affecté lorsque les oeufs sont lavés à des températures variant entre 5 et 35 °C, une éclosion de 90 % et plus ayant été enregistrée pour cette échelle de température. Cependant, l'éclosion diminue considérablement à 45 °C et 50 °C chez les deux races et la plupart des oeufs meurent par brûlure. Il semble que les oeufs ne peuvent pas supporter un choc thermique continu pendant 20 minutes (5 minutes pendant le traitement à l'acide et 15 minutes pendant le lavage). Les auteurs ont également remarqué que le lavage des oeufs dans une eau de température inférieure à 25 °C n'est pas nocif pour l'éclosion, ce qui est en contradiction avec les études antérieures (Sathyanarayana Raju et coll., 1988). Diverses techniques de manipulation des oeufs de ver à soie, par exemple, réfrigération à 5 °C après traitement à l'acide, programmes d'hibernation longue ou courte, etc., montrent que les oeufs sont physiologiquement capables de tolérer une température froide de 5 °C pendant des laps de temps variables. C'est pourquoi

#### *LAVAGE DES OEUFS A DIFFERENTES TEMPERATURES*

des chocs thermiques de 5 à 20 °C pendant 15 minutes n'affectent pas l'éclosion des oeufs, comme le montre cette étude.

Enfin, on peut suggérer qu'après traitement à l'acide les oeufs peuvent être lavés sans risque à des températures variant de 5 à 35 °C si l'on veut obtenir un pourcentage d'éclosion effectif de 90 % et plus.

## HOST-SPECIFICITY AND DISTRIBUTION OF *PARACAROPHENAX DERMESTIDARUM* RACK (ACARINA : ACAROPHENACIDAE) IN SOME GRAINAGES IN KARNATAKA, INDIA

M. GEETHA BAI

Karnataka State Sericulture Development Institute, Thalaghattapura, Bangalore - 560 062, India.

*Paracarophenax dermestidarum*, a predator of eggs of *Dermestes ater*, preferred to infest female beetles. The mites did not affect eggs, pupae and moths of *Bombyx mori*. *P. dermestidarum* was not recorded on grubs and pupae of *D. ater*, pupae and adults of *Exorista sorbillans*, nymphs and adults of *Labia arachidis*, adult *Nasolynx thymus* and *Solenopsis geminata* worker ants, found in the same habitat as *D. ater*.

**Keywords :** *Paracarophenax dermestidarum*, *Dermestes ater*, *Bombyx mori*, *Exorista sorbillans*, *Nasolynx thymus*, *Labia arachidis*, *Solenopsis geminata*.

### INTRODUCTION

*Paracarophenax dermestidarum*, a predator of eggs of *Dermestes ater* De Geer (Coleoptera : Dermestidae) was recorded for the first time in India and the extent of damage caused by this mite predator to the pest insect was presented (Geetha Bai, 1991). Rack (1959) described this mite as a new species and presented some aspects of biology of this mite. Host-specificity of *P. dermestidarum* and its distribution in two grainages in Karnataka were studied during 1989 and are presented here.

### MATERIALS AND METHODS

Two grainages, namely grainage at Asian Institute of Rural Development (AIRD), Bangalore, and Government Grainage, Kolar, were selected for this study. Known number of *D. ater* collected from various breeding habitats in the grainages were examined for *P. dermestidarum*. Insects associated with *D. ater* and *Bombyx mori* L. in the two grainages were also collected and examined for mites. Sixty mite-infested *D. ater* adults collected from AIRD grainage were dissected to determine their sex and results recorded. Fifty egg sheets of *B. mori* prepared 2 to 3 days earlier and stored in the grainages were examined microscopically for *P. dermestidarum*.

Uninfested *D. ater* reared in the laboratory were placed in a cage (1' × 1' × 1') provided with wire mesh, which allows entry and exit of mites but not *D. ater* adults. This cage was placed on pierced cocoons harbouring *D. ater*, infested with *P. dermestidarum*. Another cage containing layings, naked pupae and moths of *B. mori* was also placed on pierced cocoons simultaneously. After 24 hours, all insects were examined for *P. dermestidarum*. Dust collected from trays and corners of the rooms in the two grainages were examined for mites.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Infestation of *D. ater*

*D. ater* adults collected from bivoltine pierced cocoons were heavily infested with *P. dermestidarum* in both the grainages surveyed (Table I). In AIRD grainage there was no significant difference in population of infested beetles in multivoltine (97 %) and bivoltine (100 %) pierced cocoons, but the mean number of mites per beetle was high (46.8) in the case of bivoltine cocoons compared to multivoltine cocoons (20.8). Infestation of *D. ater* adults collected from multivoltine pierced cocoons was significantly less (5.3 %) compared to those from bivoltine pierced cocoons (81.1 %) in Government Grainage, Kolar. The number of mites per beetle averaged only 1.3 in the multivoltine pierced cocoons, while the average was 6.1 in the beetles collected from the bivoltine pierced cocoons in the same grainage. Mite infestation is correlated with the extent of breeding of *D. ater*. The higher the intensity of *D. ater* breeding, the greater is the mite infestation. Breeding intensity of *D. ater* is greater in bivoltine cocoons, since large quantities of melted cocoons are available and hence more food in the form of dead pupae is available here, compared to multivoltine cocoons (Geetha Bai, 1988).

Infestation of *D. ater* with *P. dermestidarum* collected from the moth emergence room was considerably less compared to the corresponding pierced cocoon lots. The pierced cocoon storage room being the chief breeding habitat of *D. ater* in grainages, more *D. ater* eggs are available to the mite predator in this habitat and hence this difference in distribution of the predator. Grubs and pupae of *D. ater* are not attractive to *P. dermestidarum* (Table I). When 20 pupae of the beetle were collected from each breeding habitat and examined, no mites were recorded in either grainage.

Sixty heavily mite-infested *D. ater* adults collected at AIRD grainage were dissected to determine their sex. Of the 60 beetles, 55 were females and only 5 were males, indicating their preference for female beetles. Mites can readily attack eggs as soon as the female beetles lay eggs and so they seem to lodge themselves closer to the expected food material. It is interesting to note that in most cases *P. dermestidarum* is able to distinguish female from male beetles, when it is usually difficult to distinguish their sex morphologically.

### Host specificity of *P. dermestidarum*

In AIRD grainage, when 47 laboratory-reared uninfested *D. ater* adults confined in a cage were placed on pierced cocoons harbouring infested *D. ater*, 32 beetles in the cage became infested with *P. dermestidarum* (68.1 %) in 24 hours. The number of mites/beetle ranged from 1 to 126. No mites were found on eggs, pupae or moths of *B. mori* confined in the adjoining cage, indicating that *B. mori* is not attractive to *P. dermestidarum*. In Government Grainage, Kolar, when 50 laboratory-reared uninfested *D. ater* were confined in a cage and were placed for 24 hours on pierced cocoons in the same manner, 11 of them became infested with *P. dermestidarum* (22 %). No mites were found on eggs, pupae or moths of *B. mori* confined in the adjoining cage. When 50 *B. mori* egg sheets, with 20 layings on each sheet, were examined for mites in both grainages, no mites were found, confirming that *P. dermestidarum* does not affect *B. mori* eggs.

Pupae and adult *Exorista sorbillans* Wiedemann (Diptera : Tachinidae) and adult *Nasolynx thymus* (Hymenoptera : Eulophidae), a pupal parasitoid of *E. sorbillans*, collected at AIRD grainage were free from *P. dermestidarum* infestation. In Government Grainage, Kolar, pupae and adult *E. sorbillans*, nymphs and adult *Labia arachidis* Yersin (Dermaptera : Labiidae) and *Solenopsis geminata* (F.) (Hymenoptera : Formicidae) worker ants were free from mite infestation. Rack (1959) recorded *P. dermestidarum* to prey on eggs of some beetles, namely *Dermestes frichii*, *D. haemorrhoidalis*, *D. carnivorus*, *D. carnivorus dommlingi*, *D. maculatus*, *D. ater*, *D. peruvianus* (Coleoptera : Dermestidae) and *Necrobia rufipes* (De Geer) (Coleoptera : Cleridae).

### Occurrence of *P. dermestidarum* in dust

*P. dermestidarum* was also found in samples of dust collected from various breeding habitats of *D. ater*. In AIRD grainage, dust collected from corners of the pierced cocoon storage room contained 14 mites per 100 mg, on an average, while in the egg laying room the number averaged 10 mites per

Table I. Infestation of *Dermestes ater* by *Paracarophenax dermestidarum*.Tableau I. Infestation de *Dermestes ater* par *Paracarophenax dermestidarum*.

| Sl. no.                           | Habitat                                                                                | Adult <i>D. ater</i>   |                 |                                     |            | Grubs of <i>D. ater</i>  |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|--------------------------|----------------------------------|
|                                   |                                                                                        | Number examined        | Infestation (%) | Mean no. of mites/beetle            | Range      | Number examined          | No. of grubs with mite(s)        |
| N° de série                       | Habitat                                                                                | <i>D. ater</i> adultes |                 |                                     |            | <i>Larves de D. ater</i> |                                  |
|                                   |                                                                                        | Nombre examiné         | Infestation (%) | Nombre moyen d'acariens /coléoptère | Fourchette | Nombre examiné           | Nombre de larves avec acarien(s) |
| <b>AIRD Grainage, Bangalore</b>   |                                                                                        |                        |                 |                                     |            |                          |                                  |
| 1                                 | Multivoltine, pierced cocoons<br><i>Cocons polyvoltins percés</i>                      | 100                    | 97              | 20.8                                | 1-75       | 20                       | 1                                |
| 2                                 | Bivoltine, pierced cocoons<br><i>Cocons bivoltins percés</i>                           | 100                    | 100             | 46.8                                | 4-411      | 20                       | 1                                |
| 3                                 | Multivoltine moth emergence room<br><i>Pièce d'émergence des papillons polyvoltins</i> | 100                    | 74              | 10.7                                | 1-52       | 20                       | -                                |
| 4                                 | Bivoltine, moth emergence room<br><i>Pièce d'émergence des papillons bivoltins</i>     | 100                    | 58              | 7.2                                 | 1-88       | 20                       | 2                                |
| <b>Government Grainage, Kolar</b> |                                                                                        |                        |                 |                                     |            |                          |                                  |
| 1                                 | Multivoltine, pierced cocoons<br><i>Cocons polyvoltins percés</i>                      | 76                     | 5.3             | 1.3                                 | 1-2        | 13                       | -                                |
| 2                                 | Bivoltine, pierced cocoons<br><i>Cocons bivoltins percés</i>                           | 53                     | 81.1            | 6.1                                 | 1-28       | 10                       | -                                |
| 3                                 | Multivoltine moth emergence room<br><i>Pièce d'émergence des papillons polyvoltins</i> | 100                    | 9.0             | 2.3                                 | 1-25       | 10                       | -                                |
| 4                                 | Bivoltine, moth emergence room<br><i>Pièce d'émergence des papillons bivoltins</i>     | 82                     | 20.7            | 1.9                                 | 1-8        | 20                       | 1                                |

100 mg. Dust from trays in the multivoltine and bivoltine pierced cocoon storage room, moth emergence room and corners of the moth emergence room contained 4 to 5 mites per 100 mg.

In the Government Grainage, Kolar, dust collected from pierced cocoon room corners and trays had 7 and 4 mites per 100 mg, respectively. There were no mites in the dust collected from other breeding habitats of *D. ater*.

### ACKNOWLEDGEMENTS

The author is thankful to the Director, KSSDI, for facilities provided. Thanks are also due to the supporting staff of Silkworm Protection Laboratory for their technical assistance.

### REFERENCES

- GEETHA BAI M. (1988), Pests of *Bombyx mori* (Lepidoptera : Bombycidae) in grainages and their control. *Sericologia*, 28, 379-382.
- GEETHA BAI M. (1991), A new record of *Paracarophenax dermestidarum* Rack (Acarina : Acarophenacidae) attacking eggs of *Dermestes ater* DeGeer (Colcoptera : Dermestidae) in India. *Sericologia*, 31, 557-559.
- RACK G. (1959), *Acarophenax dermestidarum* sp.n. (Acarina : Pyenotidae), ein Eiparasit von *Dermestes* - Arten z. f. Parasitenkunde, 19, 411-431.

## SPECIFICITE ET DISTRIBUTION DE *PARACAROPHENAX DERMESTIDARUM* RACK (ACARINA : ACAROPHENACIDAE) DANS QUELQUES GRAINAGES DU KARNATAKA (INDE)

M. GEETHA BAI

Karnataka State Sericulture Development Institute, Thalaghattapura, Bangalore - 560 062, Inde.

*Paracarophenax dermestidarum*, prédateur des oeufs de *Dermestes ater*, préfère infester les coléoptères femelles. Cet acarien n'affecte pas les oeufs, les chrysalides et les papillons de *Bombyx mori*. La présence de *P. dermestidarum* n'a pas été enregistrée sur les asticots et les pupes de *D. ater*, ni sur les pupes et adultes d'*Exorista sorbillans* ou les nymphes et adultes de *Labia arachidis*, les adultes de *Nasolynx thymus*, ni sur la fourmi ouvrière *Solenopsis geminata*, qui vivent dans le même habitat que *D. ater*.

### INTRODUCTION

La présence de *Paracarophenax dermestidarum*, prédateur des oeufs de *Dermestes ater* De Geer (Coléoptera : Dermestidae) a été observée pour la première fois en Inde et l'étendue des dommages causés par cet acarien au parasite a été décrite (Geetha Bai, 1991). Rack (1959) a fourni une description cette nouvelle espèce d'acarien et présenté certains aspects de sa biologie. La spécificité de *P. dermestidarum* et sa distribution dans deux grainages du Karnataka ont été étudiées au cours de l'année 1989 et sont présentées dans cet article.

### MATERIELS ET METHODES

Deux grainages, à savoir le grainage de l'Asian Institute of Rural Development (AIRD), Bangalore, et le grainage d'Etat de Kolar, ont été choisis pour cette étude. On a examiné un nombre déterminé de *D. ater* prélevés dans divers habitats de reproduction dans les grainages afin de déterminer la présence de *P. dermestidarum*. Des insectes associés à *D. ater* et *Bombyx mori* L. dans les deux grainages ont également été prélevés et examinés afin de déterminer la présence éventuelle d'acariens. On a disséqué soixante adultes de *D. ater* infestés d'acariens prélevés dans le grainage de l'AIRD afin de déterminer leur sexe et les résultats ont été notés. Cinquante cartons de pontes de *B. mori*, préparés 2 ou 3 jours plus tôt et stockés dans les grainages, ont été examinés au microscope afin d'établir la présence de *P. dermestidarum*.

Des spécimens de *D. ater* sains élevés en laboratoire ont été placés dans une cage (1 pied × 1 pied × 1 pied) recouverte d'une toile métallique permettant l'accès aux acariens mais pas aux adultes de *D. ater*. Cette cage a été placée sur des cocons percés hébergeant des spécimens de *D. ater* infestés par *P. dermestidarum*. Parallèlement, une autre cage contenant des pontes, des chrysalides nues et des papillons de *Bombyx mori* a été placée sur des cocons percés. Après 24 heures, tous les insectes ont été examinés afin de déterminer la présence éventuelle de *P. dermestidarum*. On a également examiné des échantillons de poussière prélevée sur les litières et dans les coins des locaux des deux grainages.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Infestation par *D. ater* :

Les adultes de *D. ater* prélevés sur les cocons percés bivoltins sont fortement infestés par *P. dermestidarum* dans les deux grainages sélectionnés (Tableau I). Dans le grainage de l'AIRD, on n'a observé aucune différence significative au niveau de la population de coléoptères infestés entre les cocons percés multivoltins (97 %) et bivoltins (100 %) ; cependant, le nombre moyen d'acariens par coléoptère est plus élevé (46,8) chez les cocons bivoltins que chez les cocons multivoltins (20,8). L'infestation des adultes de *D. ater* prélevés sur les cocons percés multivoltins est significativement moins forte (5,3 %) que chez ceux qui ont été prélevés sur les cocons percés bivoltins (81,1 %) dans le grainage d'Etat de Kolar. Le nombre d'acariens par coléoptère est en moyenne de 1,3 seulement chez les cocons percés multivoltins, tandis que la moyenne est de 6,1 chez les coléoptères prélevés sur les cocons percés bivoltins du même grainage. L'infestation par les acariens est corrélée à l'importance de population de *D. ater*. Plus la densité de population de *D. ater* est élevée, plus l'infestation par les acariens est forte. La densité de population de *D. ater* est plus élevée chez les cocons bivoltins car on y trouve de grandes quantités de cocons tachés et, par conséquent, davantage de nourriture sous forme de chrysalides mortes que chez les cocons multivoltins (Geetha Bai, 1988).

L'infestation de *D. ater* par des spécimens de *P. dermestidarum* prélevés dans le local d'émergence des papillons est nettement moins forte que chez les lots de cocons percés correspondants. La pièce de stockage des cocons percés étant le principal habitat de reproduction de *D. ater* dans les grainages, le prédateur dispose d'un plus grand nombre d'oeufs de *D. ater* dans cet habitat, d'où la différence de répartition du prédateur. Les larves et les pupes de *D. ater* ne sont pas attractifs pour *P. dermestidarum* (Tableau I). Sur vingt pupes du coléoptère prélevées dans chaque habitat de reproduction et examinées, aucun acarien n'a été observé dans aucun des deux grainages.

On a disséqué soixante adultes *D. ater* fortement infestés par des acariens prélevés dans le grainage de l'AIRD en vue de déterminer leur sexe. Des 60 coléoptères, 55 sont des femelles et seulement 5 sont des mâles, ce qui indique la préférence des acariens pour les coléoptères femelles. Les acariens peuvent infester les oeufs dès qu'ils sont pondus par les coléoptères femelles et semblent ainsi se loger plus près de la nourriture escomptée. Il est intéressant de noter que dans la plupart des cas, *P. dermestidarum* est capable de distinguer les coléoptères femelles des mâles, alors que leur sexe est normalement difficile à distinguer morphologiquement.

### Préférence de *P. dermestidarum* :

Dans le grainage de l'AIRD, sur 47 adultes de *D. ater* sains élevés en laboratoire et confinés dans une cage placée sur des cocons percés abritant des spécimens de *D. ater* infestés, 32 coléoptères ont été infestés par *P. dermestidarum* (68,1 %) en 24 heures. Le nombre d'acariens par coléoptère varie de 1 à 126. On n'a observé aucun acarien sur les oeufs, les chrysalides ou les papillons de *B. mori* conservés dans une cage contiguë, ce qui indique que *B. mori* n'attire pas *P. dermestidarum*. Dans le grainage d'Etat de Kolar, sur 50 *D. ater* sains élevés en laboratoire et conservés dans une cage et placés de la même façon pendant 24 heures sur des cocons percés, 11 d'entre eux ont été infestés par *P. dermestidarum* (22 %). On n'a observé aucun acarien sur les oeufs, les chrysalides ou les papillons de *B. mori* maintenus dans la cage contiguë. Sur 50 cartons de pontes de *B. mori* comportant chacun 20 pontes, aucun ne contient d'acariens dans aucun des deux grainages, ce qui confirme que *P. dermestidarum* n'affecte pas les oeufs de *B. mori*.

Les pupes et les adultes d'*Exorista sorbillans* Wiedemann (Diptera : Tachinidae) et les adultes de *Nasotynx thymus* (Hymenoptera : Eulophidae), un parasitoïde pupal d'*Exorista sorbillans*, prélevés dans le grainage de l'AIRD sont exempts d'infestation par *P. dermestidarum*. Dans le grainage d'Etat de Kolar, les pupes et les adultes d'*E. sorbillans*, les nymphes et les adultes de *Labia arachidis* Yersin (Dermaptera : Labiidae) et les fourmis ouvrières *Solenopsis geminata* (F.) (Hymenoptera : Formicidae) ne sont pas infestés par cet acarien. Rack (1959) a observé que *P. dermestidarum* infestait les oeufs de certains coléoptères, à savoir : *Dermestes frichii*, *D. haemorrhoidalis*, *D. carnivorus*, *D. carnivorus dommlingi*, *D. maculatus*, *D. ater*, *D. peruvianus* (Coleoptera : Dermestidae) et *Necrobia rufipes* (De Geer) (Coleoptera : Cleridae).

**Présence de *P. dermestidarum* dans la poussière :**

On a également observé la présence de *P. dermestidarum* dans des échantillons de poussière prélevés dans divers habitats de reproduction de *D. ater*. Dans le grainage de l'AIRD, la poussière prélevée dans les coins de la pièce de stockage des cocons percés contient 14 acariens pour 100 mg en moyenne, tandis que dans la pièce de ponte, le nombre moyen est de 10 acariens pour 100 mg de poussière. La poussière prélevée sur les litières de la pièce de stockage des cocons percés multivoltins et bivoltins, dans la pièce d'émergence des papillons et dans les coins de la pièce d'émergence contient 4 à 5 acariens pour 100 mg.

Dans le grainage d'Etat de Kolar, la poussière prélevée dans les coins et sur les litières de la pièce des cocons percés contient respectivement 7 et 4 acariens pour 100 mg. La poussière collectée dans les autres habitats de reproduction de *D. ater* ne contient aucun acarien.

## STUDIES ON THE ALTERNATE HOSTS OF THE UZI FLY, *EXORISTA SORBILLANS* WIED. (DIPTERA : TACHINIDAE)

M.S. JOLLY, M. BAIG, M.V. SAMSON & O.K. REMADEVI

Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura,  
Mysore - 570 008, India.

*Four pests of mulberry, namely Prodenia litura, Amata passalis, Diacrisia obliqua and Euproctis fraterna were screened for alternate hosts of the uzi fly, Exorista sorbillans Wied. The results revealed some interesting observations with regard to host preference and percentage of infestation.*

**Keywords :** *Exorista sorbillans, Prodenia litura, Amata passalis, Diacrisia obliqua, Euproctis fraterna*, alternate host, infestation.

### INTRODUCTION

The tachinids are parasitic to other insects and are of great importance for biological control. Most of the tachinids are host-specific, but there are a few which parasitise a wide variety of hosts. Though the primary host of the uzi fly, *Exorista sorbillans* (Tachinidae), is the silkworm, *Bombyx mori* L., it has been reported to parasitise other lepidopterans belonging to the families Noctuidae, Sphingidae, Lymantridae, Lasiocampidae, Notodontidae, Saturnidae and numerous other lepidopterous larvae in extra-oriental regions (Crosskey, 1976 ; Mehrotra, 1981). In order to have a better understanding of the fly parasite, studies were undertaken on the alternate hosts with special reference to the pests of mulberry, which are easily accessible to the parasite in the sericulture tracts.

### MATERIALS AND METHODS

The pests of mulberry, namely *Prodenia litura* (Noctuidae), *Amata passalis* (Amatidae), *Diacrisia obliqua* (Arctidae) and *Euproctis fraterna* (Lymantridae) served as the materials of the present study. The young larvae of these pests were collected from the mulberry fields of Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, and reared with mulberry leaves under laboratory conditions in glass troughs. Ten fifth instar larvae of each of the pests along with 10 *Bombyx mori* larvae were exposed for 24 hours to 5 mated uzi flies in netted cages. The acceptance of the different mulberry pests for oviposition of the uzi flies was tested by 2 series of experiments. In the first series, 10 larvae of each of the 4 pests and *Bombyx mori* were exposed for 24 hours to 10 each of uzi flies in 5 different cages. In the second set, 4 lots each comprising 10 larvae of one pest species along with 10 larvae of *B. mori* were exposed to 10 female uzi flies for 24 hours. The observation on host preference were taken with 4 sets of larvae in the case of *Prodenia litura*, *Diacrisia obliqua* and *Euproctis fraterna* and 2 sets of larvae in the case of *Amata passalis*. The number of eggs laid by the uzi flies on *B. mori* and other mulberry pest larvae was recorded after 24 hours of infestation and were reared further to observe the development of the uzi fly on them.

## RESULTS AND DISCUSSION

It has been observed that the female uzi fly laid eggs on all the caterpillars of the pests of mulberry under study. However, only on 24.5 % of the caterpillars of *Euproctis fraterna*, 16 % of *Diacrisia obliqua*, 4 % of *Amata passalis* and 2.5 % of *Prodenia litura*, the life cycle of the uzi fly was completed. In the rest of the individuals of *Diacrisia obliqua*, *Amata passalis* and *Euproctis fraterna* even though the eggs were laid, they did not hatch ; but in the case of *Prodenia litura* most of the larvae died due to the loss of haemolymph on account of the injury caused by the ovipositor. This may be due to the soft skin of *Prodenia litura* larvae.

The host preference is maximum in the case of *Bombyx mori* when compared to all the other hosts tried together. On an average, 72.75 eggs were laid per larva in the case of *Bombyx mori*. However, only 5.85, 4.5, 2.3 and 1.2 eggs were laid on *Amata passalis*, *Euproctis fraterna*, *Diacrisia obliqua* and *Prodenia litura*, respectively. With reference to the host preference individually with different pests, 93.09, 95.42, 97.3 and 98.2 % eggs were laid on *Bombyx mori*, only 6.9, 4.57, 2.7 and 1.79 % of eggs were laid on *Amata passalis*, *Euproctis fraterna*, *Diacrisia obliqua* and *Prodenia litura*, respectively. The number of eggs laid on the silkworms is directly correlated to the number of larvae exposed and the number of flies left for parasitisation.

The study undertaken has thrown some light on the alternate hosts of the uzi fly under laboratory conditions. It is, however, not known whether this phenomenon of parasitism holds true in nature also. It can be confirmed from the caterpillars infested with the uzi fly which are collected from the field. Further studies are in progress to understand the biology of the parasite, under field conditions with special reference to its incidence during different seasons in order to work out suitable control measures.

## REFERENCES

- CROSSKEY R.W. (1976), A taxonomic conspectus of the Tachinidae (Diptera) of the oriental regions. Bull. of the British Museum (Natural History) Entomology, Supplement 26.  
 MEHROTRA K.N. (1981), Report of Dr K.N. Mehrotra presented to Dr M.S. Swaminathan - Task force on uzi fly menace in India (12 Nov. 1981), 1-11.

## ETUDES SUR LES HOTES DE REMPLACEMENT DE LA MOUCHE UZI *EXORISTA SORBILLANS* WIED. (DIPTERA : TACHINIDAE)

M.S. JOLLY, M. BAIG, M.V. SAMSON & O.K. REMADEVI

Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura, Mysore - 570 008, Inde.

*Quatre parasites du mûrier, à savoir : Prodenia litura, Amata passalis, Diacrisia obliqua et Euproctis fraterna ont été examinés afin de déterminer s'ils pouvaient tenir lieu d'hôtes de remplacement pour la mouche uzi Exorista sorbillans Wied. Les résultats font apparaître des observations intéressantes quant à la préférence de l'hôte et au pourcentage d'infestation.*

### INTRODUCTION

Les tachinidés sont des parasites d'autres insectes et sont très importants pour la lutte biologique. La plupart des tachinidés sont spécifiques de leur hôte mais certains parasitent une grande variété d'espèces. Bien que l'hôte principal de la mouche uzi *Exorista sorbillans* (Tachinidae) soit le ver à soie *Bombyx mori* L., on a observé qu'elle parasitait d'autres lépidoptères des familles Noctuidae, Sphingidae, Lymantridae, Lasiocampidae, Notodontidae, Saturnidae ainsi que nombreuses autres larves de lépidoptères d'Extrême-Orient (Crosskey, 1976 ; Mehrotra, 1981). Afin de mieux comprendre ce parasite diptère, des études ont été entreprises sur les hôtes de substitution et, plus particulièrement, sur les parasites du mûrier qui sont facilement accessibles à ce parasite dans les zones séréricoles.

### MATERIELS ET METHODES

Des parasites du mûrier, à savoir : *Prodenia litura* (Noctuidae), *Amata passalis* (Amatidae), *Diacrisia obliqua* (Arcidae) et *Euproctis fraterna* (Lymantridae) ont servi de matériel pour cette étude. Les jeunes larves de ces parasites ont été prélevées dans les mûraies du Central Sericultural Research and Training Institute de Mysore et élevées en laboratoire sur des feuilles de mûrier dans des récipients en verre. Dix larves du cinquième âge de chacun des parasites ainsi que 10 larves de *Bombyx mori* ont été exposées pendant 24 heures à 5 mouches uzi femelles fécondées dans des cages recouvertes par des filets. Deux séries d'expériences ont été faites pour étudier la préférence de la mouche uzi. Dans la première série d'expériences, 10 larves de chacun des parasites et 10 larves de *Bombyx mori* ont été exposées pendant 24 heures à 10 mouches uzi dans cinq cages différentes. Pour la deuxième série d'expériences, quatre lots comprenant chacun 10 larves de l'une des espèces de parasites et 10 larves de *Bombyx mori* ont été exposés à 10 mouches uzi femelles pendant 24 heures. Les observations quant à la préférence de l'hôte portent sur 4 lots de larves dans le cas de *Prodenia litura*, *Diacrisia obliqua* et *Euproctis fraterna* et deux lots de larves dans le cas d'*Amata passalis*. Le nombre d'oeufs pondus par les mouches uzi sur *B. mori* et sur les autres larves de parasites du mûrier est noté 24 heures après l'infestation ; les oeufs pondus sont conservés afin d'observer le développement de la mouche uzi.

## RESULTATS ET DISCUSSION

On observe que la mouche uzi femelle pond des oeufs sur toutes les larves des parasites du mûrier étudiés. Cependant, le cycle complet de développement de la mouche n'est obtenu que sur 24,5 % des larves d'*Euproctis fraterna*, 16 % des larves de *Diacrisia obliqua*, 4 % des larves d'*Amata passalis* et 2,5 % des larves de *Prodenia litura*. Chez les autres individus de *Diacrisia obliqua*, *Amata passalis* et *Euproctis fraterna* les oeufs pondus n'éclosent pas ; dans le cas de *Prodenia litura* la plupart des larves meurent du fait de la perte d'hémolymphe due à la blessure causée par la mouche pondeuse. Ceci pourrait être due à la finesse de la peau des larves de *Prodenia litura*.

La préférence de l'hôte est maximale dans le cas de *Bombyx mori* par rapport à tous les autres hôtes testés. En moyenne, 72,75 oeufs sont pondus par larve de *Bombyx mori*. Seulement 5,85, 4,5, 2,3 et 1,2 oeufs sont pondus respectivement sur *Amata passalis*, *Euproctis fraterna*, *Diacrisia obliqua* et *Prodenia litura*. Pour ce qui concerne la préférence individuelle de l'hôte en fonction des différents parasites, 93,09, 95,42, 97,3 et 98,2 % des oeufs sont pondus sur *Bombyx mori* ; seulement 6,9, 4,57, 2,7 et 1,79 % ont été pondus respectivement sur *Amata passalis*, *Euproctis fraterna*, *Diacrisia obliqua* et *Prodenia litura*. Le nombre d'oeufs pondus sur les vers à soie est directement corrélé au nombre de larves exposées et au nombre de mouches responsables de l'infestation.

Cette étude permet de mieux connaître les hôtes de substitution de la mouche uzi en laboratoire. On ignore cependant si ce phénomène se vérifie également dans la nature bien que cela soit confirmé d'après les études portant sur des larves infestées par la mouche uzi prélevées sur le terrain. De plus amples études sont en cours afin de comprendre la biologie de ce parasite dans des conditions naturelles et plus particulièrement son incidence suivant les saisons afin de mettre au point des méthodes de lutte adaptées.

## AN EVALUATION OF ELITE MULBERRY VARIETIES FOR YIELD AND QUALITY THROUGH BIOASSAY

B. SARATCHANDRA, L. RAJANNA, K.L. PHILOMENA, C. PARAMESHA\*,  
S.P. RAMESH, T. JAYAPPA & M.G. SABITHA

Regional Sericultural Research Station, Kodathi, Carmelaram Post, Bangalore - 560 035, India.

Six elite mulberry varieties, viz. S-36, RFS-135, English Black, Sujanpur-5, C-776 and S-799 were studied for their leaf yield compared to Kanva-2 and S-54. S-36 has yielded significantly highest followed by RFS-135, C-776 and S-54, all these being at par. Bioassay conducted through silkworm rearing proved the superior quality of S-36, RFS-135 and C-776 which also gave highest cocoon yield (both by weight and number). Among these three, S-36 showed a significantly higher shell ratio percentage while C-776 and RFS-135 showed higher cocoon weight. Hence, S-36, C-776 and RFS-135 are equally good in leaf and cocoon production and are superior to all the other varieties of mulberry tested.

**Keywords :** Mulberry, *Morus sp.*, variety, leaf yield, plant height, shoot length, leaves per metre length, leaf moisture percentage, silkworm, *Bombyx mori*, cocoon yield, larval weight, cocoon weight, shell ratio percentage.

### INTRODUCTION

Mulberry (*Morus sp. L.*) being the sole food plant of silkworm, *Bombyx mori L.*, the extent of silk production is directly influenced by the quantity as well as the quality of leaf produced. Selection of high yielding mulberry varieties is one of the important measures being adopted for the improvement of productivity of land. Considering this, six elite varieties, viz. S-36, RFS-135, English Black, Sujanpur-5, C-776 and S-799, were studied during 1986-88 as compared to two controls, viz. Kanva-2 and S-54 which have already been with farmers. A bioassay has also been conducted to assess the fitness of the varieties for silkworm rearing.

### MATERIAL AND METHODS

The experiment was laid out in a randomised block design using eight mulberry varieties, viz. S-36, RFS-135, English Black, Sujanpur-5, C-776, S-54 and Kanva-2, (in eight treatments) each in four replications. Each plot measured 57.60 sq. m (net plot = 40.32 sq. m) and plantation was done with a spacing of 60 cm x 60 cm during June 1986. Twenty tons of farmyard manure per hectare per year in one single dose and nitrogen, phosphorus and potassium at the rate of 300 kg:120 kg:120 kg per hectare per year in five split doses were applied uniformly and irrigated once in every ten days with 1,536 l of water per plot every time. The experiment was conducted in the sandy loam soil of Regional Sericultural Research Station, Bangalore, having a pH of 6.2. The plantation was allowed

---

\* The author is currently working at Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura, Mysore - 570 008, India.

to establish for one year, after which it was pruned at 30 cm height. After each harvestation, the plantation was pruned and eight crops were harvested in a period of two years. The data on leaf yield, plant height, total shoot length, number of leaves per metre length, leaf moisture percentage, etc., were collected, analysed and presented in Table I. Three rearings were conducted during one year each time using one race, viz. NB<sub>4</sub>D<sub>2</sub> × KA, NB<sub>4</sub>D<sub>2</sub> and NB<sub>18</sub>. The larvae from each treatment were fed separately with one variety of leaves throughout the larval duration. Each treatment was maintained in three replications each having one disease-free laying. The data on the weight and number of cocoons yielded per 10,000 larvae brushed, weight of 10 mature larvae, single cocoon weight, shell ratio percentage, etc., were collected and presented in Table II. They were also statistically analysed and presented in Table III.

## RESULTS AND DISCUSSION

The available data indicate that leaf yield, plant height, and total shoot length varies significantly (above 1 %) in different varieties while the variation in the number of leaves per metre length and leaf moisture percentage were non-significant. Variety S-36 yielded highest and the yields of RFS-135, C-776 and S-54 were statistically at par with that of S-36. C-776 was significantly the tallest. English Black, Sujanpur-5, RFS-135, S-36, S-54 and Kanva-2, which are at par, stood next in height. Total shoot was longest in Sujanpur-5 followed by S-799 and C-776 where the latter two are at par.

**Table I. Leaf yield and growth parameters of different mulberry varieties.**

*Tableau I. Rendement en feuilles et paramètres de croissance de différentes variétés de mûrier.*

| Variety<br><i>Variété</i>  | Leaf yield/<br>ha/year<br><i>Rendement<br/>en feuilles/<br/>ha/année<br/>(tonnes)</i> | Plant<br>height<br><i>Hauteur<br/>du plant<br/>(cm)</i> | Total shoot<br>length of plant<br><i>Longueur totale<br/>des pousses<br/>par plant<br/>(cm)</i> | No. of leaves/<br>metre length<br><i>Nombre<br/>de feuilles<br/>par mètre</i> | Leaf moisture<br>percentage<br><i>Pourcentage<br/>d'humidité<br/>des feuilles</i> |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Kanva-2                    | 27.35 <sup>cd</sup>                                                                   | 118.25 <sup>bc</sup>                                    | 355.50 <sup>bc</sup>                                                                            | 19.5                                                                          | 68.25                                                                             |
| S-36                       | 33.24 <sup>a</sup>                                                                    | 119.00 <sup>bc</sup>                                    | 313.25 <sup>c</sup>                                                                             | 21.75                                                                         | 67.50                                                                             |
| S-54                       | 32.20 <sup>ab</sup>                                                                   | 118.25 <sup>bc</sup>                                    | 331.00 <sup>bc</sup>                                                                            | 20.75                                                                         | 66.00                                                                             |
| RFS-135                    | 32.93 <sup>a</sup>                                                                    | 119.75 <sup>bc</sup>                                    | 358.00 <sup>b</sup>                                                                             | 21.50                                                                         | 70.00                                                                             |
| English Black              | 30.01 <sup>bc</sup>                                                                   | 124.00 <sup>b</sup>                                     | 323.00                                                                                          | 21.00                                                                         | 68.00                                                                             |
| Sujanpur-5                 | 26.11 <sup>d</sup>                                                                    | 122.75 <sup>bc</sup>                                    | 459.75 <sup>a</sup>                                                                             | 21.25                                                                         | 68.75                                                                             |
| C-776                      | 32.63 <sup>ab</sup>                                                                   | 139.50 <sup>a</sup>                                     | 417.25 <sup>a</sup>                                                                             | 19.75                                                                         | 65.50                                                                             |
| S-799                      | 27.86 <sup>cd</sup>                                                                   | 112.25 <sup>c</sup>                                     | 432.25 <sup>a</sup>                                                                             | 21.75                                                                         | 70.75                                                                             |
| SE ± / <i>Ecart type</i> ± | 0.69                                                                                  | 3.83                                                    | 14.78                                                                                           | 0.93                                                                          | 1.38                                                                              |
| CD at 5 %                  | 2.02                                                                                  | 11.29                                                   | 43.48                                                                                           | NS                                                                            | NS                                                                                |
| CD at 1 %                  | 2.75                                                                                  | 15.37                                                   | 59.19                                                                                           |                                                                               |                                                                                   |

NB : There is no significant difference among the values marked with identical small letters in each column and the difference between the values marked with different small letters in the column is significant at 5 % level.

*NB : Il n'y a pas de différence significative entre les valeurs suivies de lettres minuscules identiques dans une même colonne. La différence entre les valeurs suivies de lettres minuscules différentes dans une même colonne est significative au seuil de 5 %.*

Table II. Rearing performance of silkworms on different mulberry varieties.

Tableau II. Performance d'élevage des vers à soie en fonction de différentes variétés de mûrier.

| Mulberry variety  | Cocoon yield/10,000 larvae brushed (weight in kg)<br>Silkworm race |                                |                      |                       | No. of cocoons harvested per 10,000 larvae brushed<br>Silkworm race  |                                |                   |                    |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|
|                   | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> × KA                                | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> | NB <sub>18</sub>     | Mean*                 | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> × KA                                  | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> | NB <sub>18</sub>  | Mean*              |
| Variété de mûrier | Rendement en cocons/10 000 larves levées<br>Race de ver à soie     |                                |                      |                       | Nombre de cocons récoltés/10 000 larves levées<br>Race de ver à soie |                                |                   |                    |
|                   | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> × KA                                | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> | NB <sub>18</sub>     | Moyenne*              | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> × KA                                  | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> | NB <sub>18</sub>  | Moyenne*           |
| K2                | 12.326                                                             | 17.383                         | 15.290               | 14.999 <sup>ab</sup>  | 6273                                                                 | 9058                           | 9312              | 8214 <sup>ab</sup> |
| S-54              | 10.588                                                             | 17.022                         | 13.864               | 13.825 <sup>bc</sup>  | 6006                                                                 | 9544                           | 9199              | 8250 <sup>a</sup>  |
| S-36              | 12.453                                                             | 17.454                         | 16.593               | 15.500 <sup>a</sup>   | 6374                                                                 | 8911                           | 9772              | 8352 <sup>a</sup>  |
| RFS-135           | 12.331                                                             | 17.157                         | 15.181               | 14.890 <sup>ab</sup>  | 6796                                                                 | 9286                           | 8500              | 8194 <sup>ab</sup> |
| English Black     | 11.627                                                             | 14.953                         | 12.213               | 12.931 <sup>c</sup>   | 6816                                                                 | 7895                           | 7840              | 7517 <sup>b</sup>  |
| Sujanpur-5        | 11.072                                                             | 14.710                         | 12.315               | 12.699 <sup>c</sup>   | 7017                                                                 | 8831                           | 7823              | 7890 <sup>ab</sup> |
| C-776             | 12.020                                                             | 16.993                         | 13.810               | 14.274 <sup>abc</sup> | 6956                                                                 | 9139                           | 8123              | 8073 <sup>ab</sup> |
| S-799             | 12.208                                                             | 15.863                         | 12.432               | 13.501 <sup>bc</sup>  | 6874                                                                 | 8021                           | 8399              | 7764 <sup>ab</sup> |
| Mean / Moyenne**  | 11.828 <sup>B</sup>                                                | 16.442 <sup>A</sup>            | 13.962 <sup>AB</sup> |                       | 6639 <sup>B</sup>                                                    | 8835 <sup>A</sup>              | 8621 <sup>A</sup> |                    |

\* There is no significant difference among the values marked with identical small letters and the difference between the values marked with different small letters in the column is significant at 5 % level.

\*\* There is no significant difference among the values marked with identical capital letters in the row for each character and the difference between values marked with different capital letters is significant at 5 % level.

\* Il n'y a pas de différence significative entre les valeurs suivies de lettres minuscules identiques. La différence entre les valeurs suivies de lettres minuscules différentes dans une même colonne est significative au seuil de 5 %.

\*\* Il n'y a pas de différence significative entre les valeurs suivies de lettres majuscules identiques dans une même rangée. La différence entre les valeurs suivies de lettres majuscules différentes est significative au seuil de 5 %.

Table II. Continued / *Tableau II. Suite*

| Mulberry variety         | Weight of 10 mature larvae (in g)<br>Silkworm race              |                                |                     |                      | Single cocoon weight (in g)<br>Silkworm race          |                                |                    |                      |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------|
|                          | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> × KA                             | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> | NB <sub>18</sub>    | Mean*                | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> × KA                   | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> | NB <sub>18</sub>   | Mean*                |
| <i>Variété de mûrier</i> | <i>Poids de 10 larves matures (en g)<br/>Race de ver à soie</i> |                                |                     |                      | <i>Poids d'un cocon (en g)<br/>Race de ver à soie</i> |                                |                    |                      |
|                          | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> × KA                             | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> | NB <sub>18</sub>    | Moyenne*             | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> × KA                   | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> | NB <sub>18</sub>   | Moyenne*             |
| K2                       | 44.333                                                          | 45.300                         | 35.833              | 41.822 <sup>c</sup>  | 1.909                                                 | 1.870                          | 1.694              | 1.824 <sup>a</sup>   |
| S-54                     | 47.866                                                          | 43.300                         | 34.000              | 41.722 <sup>c</sup>  | 2.076                                                 | 1.776                          | 1.500              | 1.784 <sup>ab</sup>  |
| S-36                     | 49.166                                                          | 46.466                         | 34.833              | 43.488 <sup>a</sup>  | 1.944                                                 | 1.693                          | 1.481              | 1.706 <sup>bc</sup>  |
| RFS-135                  | 48.833                                                          | 45.166                         | 36.833              | 43.611 <sup>a</sup>  | 1.828                                                 | 1.926                          | 1.696              | 1.817 <sup>a</sup>   |
| English Black            | 45.833                                                          | 41.733                         | 36.666              | 41.411 <sup>c</sup>  | 1.790                                                 | 1.796                          | 1.607              | 1.731 <sup>abc</sup> |
| Sujanpur-5               | 38.333                                                          | 45.533                         | 35.666              | 39.844 <sup>d</sup>  | 1.686                                                 | 1.746                          | 1.586              | 1.673 <sup>c</sup>   |
| C-776                    | 46.300                                                          | 44.000                         | 38.733              | 43.011 <sup>ab</sup> | 1.898                                                 | 1.783                          | 1.643              | 1.774 <sup>ab</sup>  |
| S-799                    | 47.800                                                          | 45.033                         | 33.500              | 42.111 <sup>cd</sup> | 1.832                                                 | 1.833                          | 1.453              | 1.712 <sup>c</sup>   |
| Mean / Moyenne**         | 46.050 <sup>A</sup>                                             | 44.440 <sup>A</sup>            | 35.750 <sup>B</sup> |                      | 1.870 <sup>A</sup>                                    | 1.805 <sup>B</sup>             | 1.583 <sup>C</sup> |                      |

\* There is no significant difference among the values marked with identical small letters and the difference between the values marked with different small letters in the column is significant at 5 % level.

\*\* There is no significant difference among the values marked with identical capital letters in the row for each character and the difference between values marked with different capital letters is significant at 5 % level.

\* Il n'y a pas de différence significative entre les valeurs suivies de lettres minuscules identiques dans une même colonne. La différence entre les valeurs suivies de lettres minuscules différentes dans une même colonne est significative au seuil de 5 %.

\*\* Il n'y a pas de différence significative entre les valeurs suivies de lettres majuscules identiques dans une même rangée. La différence entre les valeurs suivies de lettres majuscules différentes est significative au seuil de 5 %.

Table II. Continued / *Tableau II. Suite*

| Mulberry<br>variety          | Shell ratio %<br>Silkworm race                 |                                |                    |                    |
|------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|
|                              | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> × KA            | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> | NB <sub>18</sub>   | Mean*              |
| <i>Variété<br/>de mûrier</i> | <i>Richesse soyeuse<br/>Race de ver à soie</i> |                                |                    |                    |
|                              | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> × KA            | NB <sub>4</sub> D <sub>2</sub> | NB <sub>18</sub>   | Moyenne*           |
| K2                           | 22.0                                           | 21.7                           | 20.0               | 21.3 <sup>b</sup>  |
| S-54                         | 19.8                                           | 22.6                           | 20.3               | 20.9 <sup>b</sup>  |
| S-36                         | 22.5                                           | 23.8                           | 23.1               | 23.1 <sup>a</sup>  |
| RFS-135                      | 21.6                                           | 21.6                           | 19.2               | 20.9 <sup>b</sup>  |
| English Black                | 21.1                                           | 22.4                           | 19.3               | 21.0 <sup>b</sup>  |
| Sujanpur-5                   | 22.4                                           | 23.7                           | 20.3               | 22.2 <sup>ab</sup> |
| C-776                        | 20.7                                           | 22.5                           | 21.0               | 21.5 <sup>b</sup>  |
| S-799                        | 21.5                                           | 21.5                           | 20.3               | 21.1 <sup>b</sup>  |
| Mean / <i>Moyenne</i> **     | 21.49 <sup>B</sup>                             | 22.52 <sup>A</sup>             | 20.46 <sup>B</sup> |                    |

\* There is no significant difference among the values marked with identical small letters and the difference between the values marked with different small letters in the column is significant at 5 % level.

\*\* There is no significant difference among the values marked with identical capital letters in the row for each character and the difference between values marked with different capital letters is significant at 5 % level.

\* Il n'y a pas de différence significative entre les valeurs suivies de lettres minuscules identiques dans une même colonne. La différence entre les valeurs suivies de lettres minuscules différentes dans une même colonne est significative au seuil de 5 %.

\*\* Il n'y a pas de différence significative entre les valeurs suivies de lettres majuscules identiques dans une même rangée. La différence entre les valeurs suivies de lettres majuscules différentes est significative au seuil de 5 %.

Table III. Statistical analysis showing silkworm rearing performance on different mulberry varieties.

*Tableau III. Analyse statistique montrant la performance d'élevage des vers à soie en fonction de différentes variétés de mûrier.*

| Source of variation                                  | Cocoon yield per 10,000 larvae brushed (kg)        |           | No. of cocoons harvested per 10,000 larvae brushed |            | Weight of 10 mature larvae (g) |           | Single cocoon weight (g) |           | Shell ratio (%)      |           |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------|------------|--------------------------------|-----------|--------------------------|-----------|----------------------|-----------|
|                                                      | SE ±                                               | CD at 5 % | SE ±                                               | CD at 5 %  | SE ±                           | CD at 5 % | SE ±                     | CD at 5 % | SE ±                 | CD at 5 % |
| Source de variation                                  | Rendement en cocons pour 10 000 larves levées (kg) |           | Nbre de cocons récoltés pour 10 000 larves levées  |            | Poids de 10 larves matures (g) |           | Poids d'un cocon (g)     |           | Richesse soyeuse (%) |           |
|                                                      | SE ±                                               | CD at 5 % | SE ±                                               | CD at 5 %  | SE ±                           | CD at 5 % | SE ±                     | CD at 5 % | SE ±                 | CD at 5 % |
| Mulberry varieties                                   | 0.57                                               | 1.63**    | 253.597                                            | 724.813*   | 0.415                          | 1.186**   | 0.033                    | 0.095*    | 0.526                | 1.505*    |
| Variétés de mûrier                                   |                                                    |           |                                                    |            |                                |           |                          |           |                      |           |
| Silkworm race                                        | 0.349                                              | 0.998**   | 155.296                                            | 443.855**  | 0.254                          | 0.726**   | 0.02                     | 0.058**   | 0.322                | 0.922**   |
| Race de vers à soie                                  |                                                    |           |                                                    |            |                                |           |                          |           |                      |           |
| Interaction (mulberry variety × silkworm race)       | 0.988                                              | 2.824**   | 439.243                                            | 1255.413** | 0.719                          | 2.054**   | 0.858                    | 0.165**   | 0.912                | 2.608*    |
| Interaction (variété de mûrier × race de ver à soie) |                                                    |           |                                                    |            |                                |           |                          |           |                      |           |

SE : Standard error / *Ecart type*.

\*\* Significant at 1 % level / *Significatif au seuil de 1 %*.

\* Significant at 5 % level / *Significatif au seuil de 5 %*.

Similar work was conducted by Kasiviswanathan and Iyengar (1965), Kasiviswanathan *et al.* (1977), Kasiviswanathan *et al.* (1979) in the tropical part of India where Kanva-2 was found to be superior to Mysore local and Berhampore varieties. The present results were comparable to the results obtained by Jolly *et al.* (1980-81) as S-36 topped in the yield in both cases.

Bioassay study of the mulberry varieties through silkworm rearing indicated significant varietal differences in all the parameters reflecting the leaf quality. Variety S-36 has shown significantly highest cocoon yield, effective rate of rearing and shell ratio percentage. The cocoon yield obtained with Kanva-2, RFS-135 and C-776 and shell ratio percentage obtained with Sujapur-5 were at par with those of S-36. But in the case of effective rate of rearing, only English Black showed significant variation from S-36. Further, the larval weight obtained with S-36 was next only to that obtained with RFS-135 followed by C-776, all of which are at par. Kanva-2 topped in single cocoon weight. Silkworm race and the interaction between the mulberry variety and silkworm race have also shown significant variation. Krishnaswami *et al.* (1970) observed that Berhampore variety was better than Kosen and Mandalaya with regard to effective rate of rearing and mean cocoon weight. Sengupta *et al.* (1973) observed that S-1 showed distinct varietal effect on all economic characters. Krishnaswami *et al.* (1971) observed in Karnataka that Kanva-2 was superior to Mysore local. Govindan *et al.* (1987) observed that the cocoon weight obtained with S-41 and S-54 was higher than that obtained with S-36 while Mysore local and Kanva-2 gave the lowest.

From the above observations it is evident that the variety S-36 has shown highest leaf yield which was statistically at par with that of C-776, RFS-135 and S-54. Among these varieties, S-36, RFS-135 and C-776 have also shown significantly highest cocoon weight as well as larval weight. Though S-36 has shown a significantly higher shell ratio compared to RFS-135 and C-776, this gap is well made up by the significantly higher cocoon weight shown by RFS-135 and C-776 compared to that of S-36. Hence, it is inferred that the varieties S-36, RFS-135 and C-776 are equally good in their leaf yield and cocoon yield and are better than the other varieties studied.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks are due to the Central Silk Board, Government of India, Bangalore - 560 001, for the facilities provided.

## REFERENCES

- GOVINDAN R., MAGADUM S.B., BHEEMANNA C., NARAYANASWAMY T.K. (1987), Influence of mulberry varieties on cocoon weight, ovariole length, ovariole egg number and fecundity in silkworm, *Bombyx mori* L. *Sericologia* 27(1), 25-30.
- JOLLY M.S., SASTRY C.R., RAJU R., SUHASINI R., SUSHEELAMMA B.N., ULHAS D.B., KSHAMA RANI B.A. (1980-81), Yield trial studies of evolved varieties. Annual Report CSR & TI, Mysore, 13.
- KASIVISWANATHAN K., IYENGAR M.N.S. (1965), Preliminary observations on the varietal-cum-irrigational response to different 'N' levels on the seasonal and total yield of mulberry. *Indian J. Seric.*, 4, 22-33.
- KASIVISWANATHAN K., KRISHNASWAMI S., CHOUDHURY P.C. (1979), Long term studies on the variety, spacing and nitrogen fertilisation for the improvement of yield potential of mulberry. *Indian J. Seric.*, 18(1), 23-29.
- KASIVISWANATHAN K., KRISHNASWAMI S., VENKATARAMU S.V. (1977), Studies on varietal-cum-spacing and nitrogen fertilisation on the leaf yield of mulberry under irrigated condition in Karnata State (India). *Indian J. Seric.*, 16(1), 10-18.
- KRISHNASWAMI S., KUMARARAJ S., VIJAYARAGHAVAN K., KASIVISWANATHAN K. (1971), Silkworm feeding trials for evaluating the quality of mulberry leaves as influenced by variety spacing and nitrogen. *Indian J. Seric.*, 10(1), 79-86.
- KRISHNASWAMI S., NOAMANI M.K.R., ASAN M. (1970), Studies on the quality of mulberry leaves and silkworm cocoon crop production. Part I, Quality differences due to varieties. *Indian J. Seric.*, 9(1), 1-10.

SENGUPTA K., MUKHERJEE S.K., SIKDAR A.K., MUSTAFI J.C., SENGUPTA D. (1973), A co-ordinated study on the effect of variety, spacing in cultivation and levels of nitrogen fertilisation of mulberry on the cocoon yield and cocoon characters of multivoltine silkworm, *Bombyx mori* L. Indian J. Seric., 12, 39-45.

## EVALUATION PAR ESSAIS BIOLOGIQUES DU RENDEMENT ET DE LA QUALITE DE VARIETES PERFORMANTES DE MURIER

B. SARATCHANDRA, L. RAJANNA, K.L. PHILOMENA, C. PARAMESHA\*,  
S.P. RAMESH, T. JAYAPPA & M.G. SABITHA

Regional Sericultural Research Station, Kodathi, Carmelaram Post, Bangalore - 560 035, Inde.

*On a étudié le rendement en feuilles de six variétés supérieures de mûrier, à savoir : S-36, RFS-135, English Black, Sujapur-5, C-776 et S-799 par rapport à Kanva-2 et S-54. S-36 donne le meilleur rendement, suivi de RFS-135, C-776 et S-54, pour lesquels les rendements sont identiques. Un test biologique effectué par élevage de vers à soie démontre la qualité supérieure de S-36, RFS-135 et C-776 qui donnent également le meilleur rendement en cocons (en poids comme en nombre). Le taux de richesse soyeuse le plus élevé est obtenu avec S-36, tandis que C-776 et RFS-135 donnent le poids du cocon le plus fort. S-36, C-776 et RFS-135 donnent donc tous trois de bonnes productions de feuilles et de cocons et sont supérieures à toutes les autres variétés de mûrier testées.*

### INTRODUCTION

Le mûrier (*Morus sp. L.*) étant la seule plante nourricière du ver à soie *Bombyx mori L.*, la production de soie est directement influencée par la quantité et la qualité des feuilles obtenues. La sélection de variétés de mûrier performantes est l'une des mesures les plus importantes qui soit adoptée pour l'amélioration de la productivité des terres. Compte tenu de ce qui précède, six variétés supérieures, à savoir : S-36, RFS-135, English Black, Sujapur-5, C-776 et S-799, ont été étudiées de 1986 à 1988 par rapport à deux témoins, Kanva-2 et S-54, variétés exploitées par les fermiers. Un test biologique a été effectué afin d'évaluer les effets de ces variétés sur les élevages des vers à soie.

### MATERIELS ET METHODES

L'expérience a été menée selon une configuration de blocs aléatoires avec huit variétés de mûrier, à savoir : S-36, RFS-135, English Black, Sujapur-5, C-776, S-54 et Kanva-2 (en huit traitements), et quatre réplicats pour chacune des variétés. Chaque parcelle mesure 57,6 m<sup>2</sup> (parcelle nette : 40,32 m<sup>2</sup>) et la plantation a été faite selon un espacement de 60 × 60 cm au cours de juin 1986. Vingt tonnes de fumier par hectare et par an en une seule dose, de l'azote, du phosphore et du potassium dans des proportions de 300 kg:120 kg:120 kg par hectare et par an en cinq doses séparées ont été répandus uniformément, le champ étant irrigué tous les 10 jours avec 1 536 l d'eau par parcelle à chaque fois. L'expérience a été effectuée sur des terres d'argile sableuses à pH 6,2 du Regional Sericultural Research Station de Bangalore. Après un an, les plants sont taillés à 30 cm de hauteur. Ils sont ensuite taillés après chaque récolte ; huit récoltes ont été effectuées sur une période de deux ans. Les données concernant le rendement en feuilles, la hauteur du plant, la longueur totale de la

---

\* Actuellement en poste au Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura, Mysore - 570 008, Inde.

pousse, le nombre de feuilles par mètre, le pourcentage d'humidité des feuilles, etc. ont été relevées et analysées ; elles sont présentées dans le tableau I. On a effectué trois élevage par an avec une race de vers à soie à chaque fois, soit : NB<sub>4</sub>D<sub>2</sub> × KA, NB<sub>4</sub>D<sub>2</sub> et NB<sub>18</sub>. Les larves de chaque traitement ont été nourries séparément avec une variété différente de feuilles pendant toute la durée larvaire. Chaque traitement a été mené sur trois réplicats d'une ponte saine chacun. Les données concernant le poids et le nombre de cocons obtenus pour 10 000 larves levées, le poids de 10 larves matures, le poids d'un cocon, la richesse soyeuse, etc. sont présentées dans le tableau II. Elles sont également analysées statistiquement ; les résultats sont présentés dans le tableau III.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Les données obtenues indiquent que le pourcentage de feuilles, la hauteur du plant et la longueur totale de la pousse varient de manière significative (seuil de 1 %) entre les différentes variétés, tandis que la variation du nombre de feuilles par mètre et le pourcentage d'humidité des feuilles ne sont pas significativement différents. La variété S-36 donne le rendement le plus élevé et les rendements de RFS-135, C-776 et S-54 sont statistiquement comparables à celui de S-36. C-776 a le plant le plus haut. English Black, Sujapur-5, RFS-135, S-36, S-54 et Kanva-2 qui sont sensiblement identiques viennent ensuite du point de vue de la hauteur. La pousse totale la plus longue se trouve chez Sujapur-5, suivi de S-799 et C-776 qui donnent des résultats comparables.

Des travaux similaires ont été réalisés par Kasiviswanathan et Iyengar (1965), Kasiviswanathan et coll. (1977), Kasiviswanathan et coll. (1979) dans la zone tropicale de l'Inde, qui ont observé que Kanva-2 était supérieur aux variétés Mysore local et Berhampore. Les résultats présents sont comparables aux résultats obtenus par Jolly et coll. (1980-81), S-36 étant le plus performant dans les deux cas.

Le test biologique des variétés de mûrier par l'élevage des vers à soie fait apparaître des différences significatives entre les variétés pour tous les paramètres reflétant la qualité de la feuille. La variété S-36 donne un rendement en cocons, un taux effectif d'élevage et une richesse soyeuse nettement supérieurs. Le rendement en cocons obtenus avec Kanva-2, RFS-135 et C-776 et la richesse soyeuse obtenue avec Sujapur-5 sont comparables à ceux de S-36. Mais en ce qui concerne le taux effectif d'élevage, seul English Black présente une variation significative par rapport à S-36. De plus, le poids larvaire obtenu avec S-36 n'est proche que de celui obtenu avec RFS-135, suivi de C-776, tous ceux-ci étant comparables. Kanva-2 donne le meilleur poids du cocon. La race de ver à soie et l'interaction entre la variété de mûrier et la race de ver à soie présentent également des variations significatives. Krishnaswami et coll. (1970) ont observé que la variété Berhampore était plus performante que les variétés Kosen et Mandalaya pour ce qui concerne le taux effectif d'élevage et le poids moyen du cocon. Sengupta et coll. (1973) ont observé que S-1 a un effet variétal significatif sur tous les caractères économiques. Krishnaswami et coll. (1971) ont observé que Kanva-2 était supérieur à Mysore local dans le Karnataka. Govindan et coll. (1987) ont observé que les poids du cocon obtenus avec S-41 et S-54 étaient plus élevés que celui obtenu avec S-36, tandis que Mysore local et Kanva-2 donnaient les poids les plus faibles.

Les observations énoncées ci-dessus permettent d'affirmer que la variété S-36 donne le meilleur rendement en feuille qui est statistiquement comparable à ceux de C-776, RFS-135 et S-54. Parmi ces variétés, S-36, RFS-135 et C-776 permettent d'obtenir les poids du cocon et de la larve les plus élevés. Bien que S-36 donne une richesse soyeuse nettement supérieure à celle de RFS-135 à C-776, cet écart est comblé par le poids du cocon qui est nettement plus élevé chez RFS-135 et C-776 que chez S-36. On en conclut donc que les variétés S-36, RFS-135 et C-776 donnent toutes trois de bons rendements en feuilles et en cocons et sont plus performantes que les autres variétés étudiées.

## STUDIES IN THE REPRODUCTIVE BIOLOGY OF MULBERRY. II - THE EFFECT OF REPEATED POLLINATIONS ON FRUIT AND SEED SET

R. KUMAR\*, S.B. DANDIN, S. RAVINDRAN, M.S. JOLLY & GARGI

Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura,  
Mysore - 570 008, India.

*The effect of repeated pollination on fruit and seed set involving two cultivars (Kanva-2 and S-41) of Morus indica was studied. Female catkins were pollinated 1 to 7 times. The number of days to fruit ripening did not vary in the various treatments. Six successive pollinations were most effective compared to others and produced almost a 6 fold number of seeds per sorosis. A significant correlation between sorosis weight to number of achenes and pollination index was also established. However, it is not clear whether this increase is due to the pioneer pollen effect of the first pollen or to a large number of stigmas that become receptive as the flower ages.*

**Keywords :** *Morus*, repeated pollination, seed set.

### INTRODUCTION

Surprisingly, little research on the effect of repeated pollination has been carried out except for a few genera, e.g. : *Prunus*, *Pyrus*, *Malus* and *Rosa* (Visser and Marcucci, 1983 ; Devries and Dubois, 1983 ; Visser *et al.*, 1983). For the genus *Morus* no references are available. The present study deals with the effect of repeated pollination on seed set in *Morus alba* L. cvs Kanva-2  $\times$  S-41 cross.

### MATERIALS AND METHODS

Six-year-old female and male plants of Kanva-2 and S-41 maintained in germplasm at the institute were made use of for the present study. Crossing studies were started in June 1986 after annual pruning. Female catkins were covered with pergamin bags after 3 days of emergence of the inflorescence. There were eight treatments involving 25 catkins each, in which the catkins were 1 to 7 times pollinated at 24-hour intervals. Pollen grains from male catkins were collected at the time of anthesis and pollinations were made with an artist's brush and carried out daily between 9.00 and 11.00 a.m. over a 15 days' period. Fruits were collected after complete ripening. The individual weight of each sorosis was recorded and achenes were separated individually to harvest the seeds. Seed set per pollinated catkin and pollination index (PI) is considered to express the efficiency of a pollination treatment (Visser and Verhaegh, 1980).

---

\* Present address : Dr R. Kumar, Regional Sericultural Research Station, Club Road, Bongalpukhuri Tiniali, Jorhat-2, Assam, India.

## RESULTS AND DISCUSSION

Bagged, but unpollinated sorosis yielded no seeds (Table I), the number of days to fruit ripening did not differ significantly (20 to 23 days) between different treatments. When the number of pollinations increased from 1-6 the PI increased from 1.0 to 11.8, pollinating 7 times did not further improve pollination index. Sorosis weight and seed weight increased from 1-6 pollinations per treatment. Table II indicates a highly significant correlation between sorosis weight and the number of achenes. Simultaneously, a positive correlation was also observed between sorosis weight to pollination index.

Table I. Fruit and seed set characters after various numbers of pollinations made at 24 h. intervals in K-2  $\times$  S41 cross.

*Tableau I. Caractéristiques des fruits et des graines après différents nombres de pollinisations à 24 heures d'intervalle chez le croisement K-2  $\times$  S41.*

| Number of pollinations          | Weight of sorosis (g)        | Number of achenes/sorosis         | Weight of 100 seeds (mg)         | PI                             |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| <i>Nombre de pollinisations</i> | <i>Poids des soroses (g)</i> | <i>Nombre d'akènes par sorose</i> | <i>Poids de 100 graines (mg)</i> | <i>Indice de pollinisation</i> |
| 0                               | 0.0                          | 0.0                               | 0.0                              | 0.0                            |
| 1                               | 0.797                        | 25.13                             | 134                              | 1.80                           |
| 2                               | 0.853                        | 26.66                             | 154                              | 5.26                           |
| 3                               | 0.876                        | 27.46                             | 159                              | 5.40                           |
| 4                               | 0.965                        | 27.66                             | 160                              | 5.73                           |
| 5                               | 1.025                        | 28.13                             | 163                              | 7.93                           |
| 6                               | 1.087                        | 30.86                             | 168                              | 11.80                          |
| 7                               | 1.043                        | 29.53                             | 164                              | 7.93                           |

25 catkins/treatment / 25 chatons par traitement.

Fig. 1 shows the percentage of seed set increase for 6 times pollination.

Results showed that repeated pollination improved seed set and six successive pollinations were most effective compared with the single pollination and produced an almost 6 fold increased number of seeds per pollinated catkins. Our results are in agreement with those of Visser and Verhaegh (1980), Visser and Marcucci (1983) and Devries and Dubois (1983) in apple, pear and rose, respectively. Further with the help of marker pollen they demonstrated that the second pollen induced 2-3 times as many seeds as the first. They coined the term "Pioneer Pollen" to the first pollen and in their opinion the pioneer pollen paves the way for the second one.

In the present experiment, however, carried out with the same pollen, results show that the second pollen almost increased the number of seeds per sorosis four times. However, it is not clear whether this increase is due to the pioneer pollen effect of the first pollen or to a large number of stigmas that become receptive as the flower ages. Further experiments are under progress to elucidate the role of repeated pollinations on seed set in different crosses.

Table II. Correlations between the sorosis weight, number of achenes per sorosis and pollination index between K2  $\times$  S41 cross obtained when flowers were 1-7 times pollinated at 24 hr intervals.

Tableau II. Corrélations entre le poids des soroses, le nombre d'akènes par sorose et l'indice de pollinisation chez le croisement K2  $\times$  S41 obtenus après une à sept pollinisations des fleurs à 24 heures d'intervalle.

| Parameters<br>Paramètres                                                                               | Correlation<br>Corrélation |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Weight of sorosis to number of achenes per sorosis<br>Poids des soroses sur nombre d'akènes par sorose | 0.94**                     |
| Weight of sorosis to pollination index<br>Poids des soroses sur indice de pollinisation                | 0.81*                      |

\*\* Correlation significant for  $p = 0.01$  or  $0.05$ , respectively.

\*\* *Corrélation significative respectivement pour  $p = 0,01$  ou  $0,05$ .*

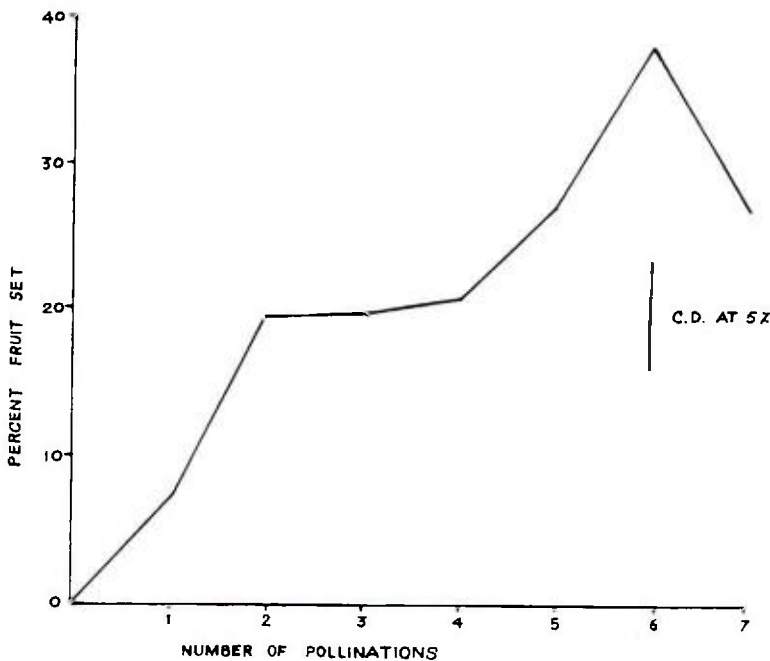


Fig. 1 : Percentage of fruit set after repeated pollination in Kanva-2  $\times$  S41 cross.

Fig. 1 : Pourcentage de fruits obtenus après des pollinisations répétées chez le croisement Kanva-2  $\times$  S41.

## REFERENCES

- DEVRIES D.P., DUBOIS L.A.M. (1983), Pollen and pollination experiments. X. The effect of repeated pollination on fruit and seed set in crosses between the hybrid tea rose cvs Sonia and Ilona. *Euphytica*, 32, 685-689.
- VISSER T., VERHAEGH J.J. (1980), Pollen and pollination experiments. II. Influence of the first pollination on the effectiveness of the second in apple. *Euphytica*, 29, 385-390.
- VISSER T., MARCUCCI C.M. (1983), Pollen and pollination experiments. IX. The pioneer pollen effect in apple and pear related to the interval between pollinations and the temperature. *Euphytica*, 22, 703-709.
- VISSER T., VERHAEGH J.J., MARCUCCI C.M., UIJTEWALL B.A. (1983), Pollen and pollination experiments. VIII. The effect of successive pollinations with compatible and self-compatible pollen in apple and pear. *Euphytica*, 32, 57-64.

## ETUDES SUR LA BIOLOGIE DE LA REPRODUCTION CHEZ LE MURIER. II - EFFET DES POLLINISATIONS REPETEES SUR LES FRUITS ET LES GRAINES

R. KUMAR\*, S.B. DANDIN, S. RAVINDRAN, M.S. JOLLY & GARGI

Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura, Mysore - 570 008, Inde.

*L'effet de la pollinisation répétée sur le fruit et le nombre de graines a été étudié sur deux cultivars (Kanva-2 et S-41) de Morus indica. Les chatons femelles ont été pollinisés 1 à 7 fois. Le nombre de jours nécessaire au mûrissement du fruit ne varie pas entre les différents traitements. Le traitement à six pollinisations successives est le plus efficace et permet d'obtenir six fois plus de graines par sorose que les autres traitements. On a également établi une corrélation significative entre le poids des soroses et le nombre d'akènes et le poids des soroses et l'indice de pollinisation. Cependant, on n'a pas pu déterminer si cette augmentation est due à l'effet pionnier de la première pollinisation ou à un plus grand nombre de stigmas qui deviennent réceptifs à mesure que la fleur vieillit.*

### INTRODUCTION

Il est étonnant de noter que très peu de recherches ont été réalisées sur l'effet de la pollinisation répétée sauf chez quelques genres, comme *Prunus*, *Pyrus*, *Malus* et *Rosa* (Visser et Marcucci, 1983 ; Devries et Dubois, 1983 ; Visser et coll., 1983). Pour le genre *Morus*, il n'existe aucune référence. La présente étude traite de l'effet de la pollinisation répétée sur le nombre de graines chez *Morus alba* L. cvs Kanva-2 × S-41.

### MATERIELS ET METHODES

Des plants mâles et femelles de Kanva-2 et S-41 âgés de 6 ans provenant de la banque génétique de l'institut ont été utilisés pour cette étude. Des études de croisement ont été initiées en juin 1986 après la taille annuelle. Les chatons femelles sont recouverts de sacs de pergamine trois jours après l'émergence de l'inflorescence. On a effectué huit traitements comportant chacun 25 chatons pollinisés de 1 à 7 fois à intervalles de 24 heures. Les graines de pollens des chatons mâles sont prélevés au moment de l'anthèse et les pollinisations, faites avec un pinceau, sont effectuées tous les jours entre 9h00 et 11h00 sur une période de quinze jours. Les fruits sont collectés après le mûrissement. Le poids individuel de chaque sorose est enregistré et les akènes sont séparés pour récolter les graines. On considère que le nombre de graines par chaton pollinisé et l'indice de pollinisation expriment l'efficacité d'un traitement de pollinisation.

---

\* Adresse actuelle : Dr R. Kumar, Regional Sericultural Research Station, Club Road, Bongalpukhuri Tiniali, Jorhat-2, Assam, Inde.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Les soroses en sachet mais non pollinisées ne donnent aucune graine (Tableau I). Le nombre de jours nécessaires au mûrissement du fruit ne diffère pas de manière significative (20 à 23 jours) entre les différents traitements. Lorsque le nombre de pollinisations augmente de 1 à 6, l'indice de pollinisation passe de 1,0 à 11,8, la pollinisation répétée 7 fois n'améliore pas davantage l'indice de pollinisation. Le poids des soroses et le poids des graines augmentent entre 1 et 6 pollinisations par traitement. Le tableau II révèle une corrélation fortement significative entre le poids des soroses et le nombre d'akènes. Parallèlement, on observe également une corrélation positive entre le poids des soroses et l'indice de pollinisation.

La figure 1 présente le pourcentage d'augmentation du nombre de graines pour 6 pollinisations.

Les résultats montrent que la pollinisation répétée améliore le nombre de graines et que le traitement avec six pollinisations successives est plus efficace qu'une seule pollinisation et permet d'obtenir pratiquement six fois plus de graines par chaton pollinisé. Nos résultats sont en accord avec ceux de Visser et Verhaegh (1980), Visser et Marcucci (1983) et Devries et Dubois (1983) sur la pomme, la poire et la rose, respectivement. Ils ont en outre démontré, à l'aide d'un pollen marqueur, que le deuxième pollen induisait 2 à 3 fois plus de graines que le premier. Ils ont créé l'expression "pollen pionnier" pour le premier pollen et ils pensent que ce pollen pionnier prépare le terrain pour le second pollen.

Dans cette expérience réalisée avec le même pollen, les résultats montrent que le deuxième pollen permet d'obtenir 4 fois plus de soroses. Cependant, on n'a pas pu déterminer si cette augmentation est due à l'effet pionnier du premier pollen ou à un plus grand nombre de stigmas devenant réceptifs à mesure que la fleur vieillit. Des expériences complémentaires sont en cours afin d'élucider le rôle des pollinisations répétées sur le nombre de graines pour différents croisements.

## AGE-RELATED CHANGES IN TOTAL CHOLESTEROL CONCENTRATION IN THE HAEMOLYMPH OF ERIWORM, *PHILOSAMIA RICINI* (BOISD.), (SATURNIIDAE)

B. SAPAMCHA & R. HANDIQUE

Department of Life Science, Dibrugarh University, Dibrugarh - 786 004, Assam, India.

**Keywords :** Cholesterol, haemolymph, Eriworm, *Philosamia ricini*.

The Eriworm, *Philosamia ricini*, is a multivoltine and domesticated variety of silkworm. It belongs to the Lepidopteran family Saturniidae of Insecta. This species is found mainly confined to the eastern region of India. Many other subspecies are found in the north-eastern region of India and wild types are distributed in natural state from Japan to South-East Asia, and even in South Europe and North America. Ericulture is known to exist in China, Korea, Taiwan, Laos and Egypt. However, the bulk of Erisilk is produced in Assam.

Cholesterol is the most abundantly occurring sterol in the animal kingdom, from which practically all the other steroid components are derived. Smissman *et al.* (1964) isolated and characterised dehydroepiandrosterone, pregnenolone and progesterone as products of normal metabolism in *Tribolium confusum* larvae. Cholesterol has also been reported to be the precursor of the hormone ecdysone (Riddiford and Truman, 1978). The present study describes the age-related changes in cholesterol concentration in the haemolymph of the Eriworm during its different larval instars.

The Eriworm was cultured in the laboratory maintained on castor leaves. Cholesterol assays were made on four-day old larvae up to the fourth instar stage. However, in the fifth instar larvae, cholesterol was estimated both during the early and the last stage of development prior to pupation. For cholesterol estimation, the method of Zlatkis *et al.* (1953) was employed with a slight modification which consisted in the addition of concentrated sulphuric acid (2 ml), glacial acetic acid (3 ml), and ferric chloride solution (2 ml, 10 % w/v) to the haemolymph (0.1 ml) in glacial acetic acid (3 ml). Full development of the purple colour, which is stable for several hours, occurs within approximately one minute. Since the reaction obeys Berr's Law, cholesterol concentration could be read from the calibration curve plotted by employing a standard cholesterol solution (1 %, w/v). The absorbance was measured in a Spectrophotometer (JASCO-UVIDEX 340 : Japan) at 560  $\mu$ m employing 1 cm cuvette at room temperature.

The haemolymph was drawn out from the larvae by cutting one of the abdominal legs and squeezing the larvae gently. The haemolymph was collected in small ice-cooled centrifuge tubes rinsed with phenyl thiourea solution (1 %, w/v) to inhibit tyrosine activity. The haemolymph (0.1 ml) was treated with glacial acetic acid (3 ml) and centrifuged for 3-5 minutes at 7,000 rpm. This haemocyte-free centrifugate was employed for the estimation of cholesterol. For each assay, 0.1 ml of the haemolymph extract was pipetted out into glacial acetic acid (3 ml) in a clean dry test tube followed by distilled water (0.1 ml) and the colour reagent (2 ml) consisting of 2 ml of ferric chloride solution (prepared by dissolving 1 g of ferric chloride in 10 ml of glacial acetic acid) in 20 ml of concentrated sulphuric acid and allowing it to run down the side of the test tube producing two layers. The tubes were shaken well, allowed to stand for a couple of minutes and the colour produced measured in a spectrophotometer at 560  $\mu$ m and the cholesterol concentration read and calculated from the calibration curve prepared earlier. Fig. 1 represents the variation of cholesterol concentration during the different larval stages in the haemolymph of the Eriworm, *Philosamia ricini*.

The results reveal that the concentration of cholesterol gradually increased from the first instar onwards up to the fifth instar although there was a slight fall in the third instar. In the fifth instar, however, there was a rapid fall in the cholesterol concentration.

The increase in cholesterol concentration at the initial stages of larval development and its significant decrease in the late fifth instar larvae prior to pupation clearly suggest that the accumulated cholesterol gets utilized by the late fifth instar larva at its preparative stage of formation of tissues and organs connected with various hormone-controlled systems like the digestive, reproductive and the nervous systems as well as the process of growth and development of the pupa. The source of accumulated cholesterol could perhaps be traced to the feed intake as well as to its synthesis by the Eriworm and to that released into the haemolymph *via* histolysis and histogenesis occurring continuously in the developing larvae. This formation along with the concurrent metabolic activities of fats and carbohydrates in the synthesis of proteins in the trophocytes (Munson, 1985) and the fluctuating lipase concentration (Pant and Gupta, 1980) in this very insect during its different instar stages perhaps also reflect on the cholesterol variation in the haemolymph during different instar stadia.

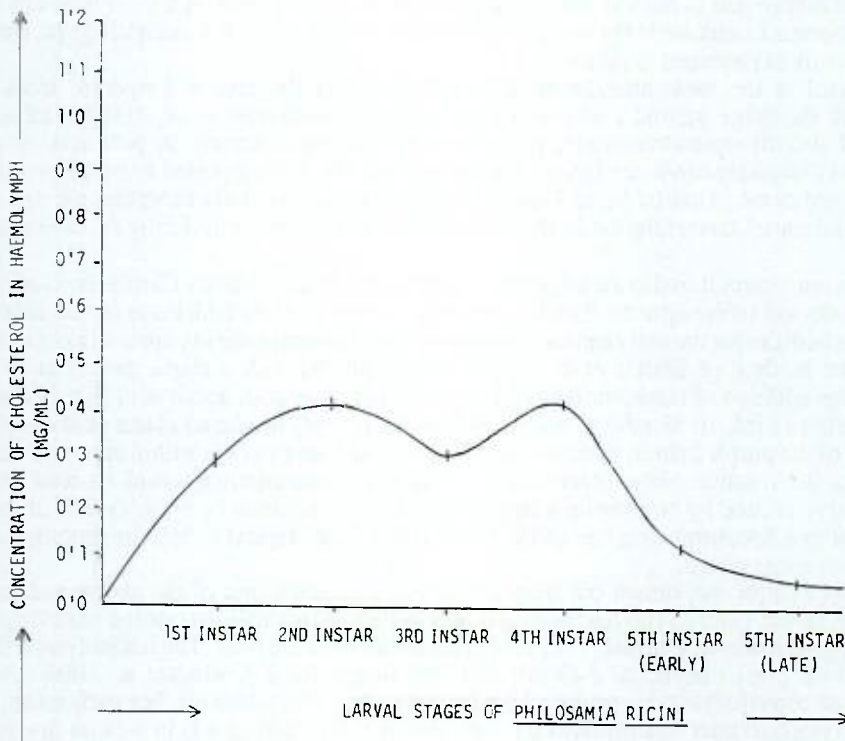


**Fig. :** Variation in cholesterol concentration in the haemolymph of *Philosamia ricini* during different larval stages of development.

**Fig. 1 :** Variations de la concentration en cholestérol dans l'hémolymph de *Philosamia ricini* à différents stades larvaires du développement.

## REFERENCES

- MUNSON S.C. (1985), The haemocytes, pericardial cells and fat body. *In* "Insect Physiology". Ed. K.D. Roeder, John Wiley and Sons, London, 219-231.
- PANT R., GUPTA D.K. (1980), Biochemical changes in *Philosamia ricini* lipases and cholesteryl esterase during larval-pupal development. *Indian J. Expt. Biol.*, 18(2), 146-148.
- RIDDIFORD L.M., TRUMAN J.W. (1978), Biochemistry of insect hormones and insect growth regulators. *In* "Biochemistry of Insects". Ed. Morris Rockstein, Academic Press, London, 308-355.
- SMISSMAN E.E., JENNY N.K., BECK S.D. (1954), Sterol metabolism in larvae of confused flour beetle, *T. confusum*. *J. Pharm. Sci.*, 53, 1515-1519.
- ZLATIS A., ZAK B., BOYLE A.J. (1953), A new method for the direct determination of serum cholesterol. *J. Lab. Clin. Med.*, 41, 486-492.

## Note brève

# VARIATIONS EN FONCTION DE L'AGE DE LA CONCENTRATION EN CHOLESTEROL DANS L'HEMOLYPHE DU VER A SOIE ERI, *PHILOSAMIA RICINI* (BOISD.), (SATURNIIDAE)

B. SAPAMCHA &amp; R. HANDIQUE

Department of Life Science, Dibrugarh University, Dibrugarh - 786 004, Assam, Inde.

Le ver à soie eri *Philosamia ricini* est une variété de vers à soie polyvoltine et domestiquée. Il appartient à la famille des Saturniidae de la classe des Insectes. On trouve cette espèce uniquement dans la région est de l'Inde. Plusieurs autres sous-espèces existent également dans la région nord-est de l'Inde ainsi qu'à l'état sauvage du Japon à l'Asie du sud-est, dans le sud de l'Europe et en Amérique du nord. Le ver à soie eri est élevé en Chine, en Corée, à Taïwan, au Laos et en Egypte. Cependant, la majeure partie de la soie eri est produite dans l'Etat de l'Assam.

Le cholestérol, duquel dérivent pratiquement tous les autres composants des stéroïdes, est le stérol le plus commun du règne animal. Smissman et coll. (1964) ont isolé la déhydroépiandrostérone, la prégnénolone et la progestérone et les ont identifiées comme étant des produits du métabolisme normal de la larve chez *Tribolium confusum*. Il a également été observé que le cholestérol est le précurseur de l'ecdysone (Riddiford et Truman, 1978). Cette étude décrit les modifications de la concentration en cholestérol liées à l'âge dans l'hémolymph du ver à soie eri à différents âges larvaires.

Le ver à soie eri a été élevé en laboratoire sur des feuilles de ricin. Les dosages de cholestérol ont été effectués sur des larves âgées de quatre jours jusqu'au 4<sup>e</sup> stade larvaire. Chez les larves du cinquième âge, le cholestérol a été évalué aussi bien au début qu'à la fin du stade de développement juste avant la pupaison. Le dosage du cholestérol a été effectué suivant la méthode de Zlatkis et coll. (1953) légèrement modifiée par addition d'acide sulfurique concentré (2 ml), d'acide acétique concentré (3 ml) et d'une solution de chlorure ferrique (2 ml, 10 % P/V) à l'hémolymph (0,1 ml) dans de l'acide acétique concentré (3 ml). La couleur pourpre, stable pendant plusieurs heures, apparaît complètement dans la minute qui suit. Cette réaction observant la loi de Beer, la concentration en cholestérol peut être lue sur une courbe d'étalonnage effectuée à l'aide d'une solution de cholestérol étalon (1 %, P/V). L'absorption est mesurée dans un spectrophotomètre (JASCO-UVIDEK 340 : Japon) à 560 µm à l'aide d'une cuve de 1 cm de côté à température ambiante.

L'hémolymph est extraite des larves en sectionnant l'une des pattes abdominales et en comprimant les larves. L'hémolymph est collectée dans des tubes à centrifugeuses régrigrés et rincés avec une solution de phényl-thio-urée (1 %, P/V) pour inhiber l'activité de la tyrosine. L'hémolymph (0,1 ml) est traitée à l'acide acétique concentré (2 ml) et centrifugée pendant 3 à 5 minutes à 7 000 tours/min. Le surnageant exempt d'hémocytes est utilisé pour l'estimation du cholestérol. Pour chaque dosage, 0,1 ml de l'extrait d'hémolymph est pipeté dans un tube à essai séché lavé à l'eau distillée contenant de l'acide acétique concentré (3 ml) et le réactif colorant (2 ml) obtenu par mélange de 2 ml d'une solution de chlorure ferrique (préparée en diluant 1 g de chlorure ferrique dans 10 ml d'acide acétique concentré) et de 20 ml d'acide sulfurique concentré est versé le long de la paroi du tube essai afin d'obtenir deux couches. Les tubes sont secoués vigoureusement, puis laissés au repos pendant quelques minutes. La densité de couleur obtenue est mesurée dans un spectrophotomètre à 560 µm et la concentration en cholestérol est lue et calculée à partir de la courbe de calibration préparée auparavant. La figure 1 donne la variation de la concentration en cholestérol de l'hémolymph chez le ver à soie eri *Philosamia ricini* au cours des différents âges larvaires.

Les résultats révèlent que la concentration en cholestérol augmente progressivement du premier au cinquième âge, bien qu'on observe une légère diminution au troisième âge. Au cinquième âge, une chute rapide de la concentration en cholestérol apparaît.

L'augmentation de la concentration en cholestérol aux premiers stades du développement larvaire et la diminution progressive marquée à la fin du cinquième âge juste avant la pupaison suggèrent que le cholestérol accumulé est utilisé par les larves à la fin du cinquième âge au stade de préparation des tissus et des organes reliés à divers systèmes contrôlés par les hormones comme le système nerveux, le système de reproduction et le système digestif ainsi que des processus de croissance de la chrysalide. Le cholestérol accumulé pourrait provenir de l'absorption de la nourriture aussi bien que de sa synthèse par le ver à soie et de la libération dans l'hémolymphe par l'histolyse et l'histogenèse qui se produisent de façon continue au cours du développement larvaire. Cette production, ainsi que les activités métaboliques en compétition des graisses et des hydrates de carbone dans la synthèse des protéines chez les trophocytes (Munson, 1985), et la fluctuation de la concentration en lipases (Pant et Gupta, 1980) chez ce même insecte à différents âges larvaires se reflètent dans la variation du taux de cholestérol dans l'hémolymphe au cours des différents stades.

## UTILITY OF DEAD TASAR SILK PUPAE AND MOTHS AS FISH FOOD

ARUNA SINGH, A.K. TRIPATHI & D.P. SINHA

Department of Zoology, Magadh University, Gaya- 824 234, India.

*An attempt was made to investigate whether or not the dead pupae and moths of the tasar silk insect (*Antheraea mylitta* D.) could be utilized as fish food. Tests on fresh water fish, *Channa punctatus*, have shown the utility of the material as assessed by significant increase in weight and energy content against control fish of the same weight group maintained on a standard laboratory diet.*

**Keywords :** Dead *Antheraea mylitta*, fish food, weight gain, energy content.

### INTRODUCTION

*Antheraea mylitta* D. is reared by tribal people of South Bihar (India) to obtain cocoons for tasar silk yarn. After taking out the silk thread from the cocoons, the dead pupae are thrown out. The adult insects also die (males after mating and females after oviposition) and are discarded as waste matter. It was therefore considered worthwhile to find out whether or not the dead pupae and moths could be advantageously used as manure or fish food. The present communication is a report on the feasibility of using the dead pupae and moths as fish food in piscicultural practice.

### MATERIALS AND METHODS

Specimens of *Channa punctatus* (6-7 g) were weighed out and placed in two large size aquaria (10 per aquarium), each containing equal volume of water, which was suitably aerated by aerator pump. The fish were fed on pellets of a standard diet prepared by mixing up equal amounts of cottonseed powder, wheat flour, milk powder and fish meal. The fish in one of the two aquaria (experimental group) were also allowed to eat pellets of a mixture of dried and powdered pupae and moths of *Antheraea mylitta*. After 30 days, the fish were weighed again and % increase in weight was calculated. The energy content (calories/g fresh wt.) of the fish at the beginning and end of the 30-day experimental period with and without the experimental feed was also determined by using a bomb calorimeter. The experiment was done four times (January, February, March and April) using fresh fish (6-7 g) every month. Data on only 6 fish from control and experimental groups were noted and compared by 't'-test to assess the effect of tasar insect meal in relation to growth and energy content.

### RESULTS

The data on the change in weight and energy content of fish maintained on standard and experimental diet are presented in Table I. The control fish showed 61.47 % increase in weight, whereas it was found to be 76.24 % in the fish on experimental diet. The difference was observed to be highly significant ( $t = 4.726$ ;  $P < 0.01$ ). There was also a significant ( $t = 6.914$ ;  $P < 0.001$ ) increase (28.05 %) in the energy content of the experimental fish.

Table I. Effect of feeding dead pupae and moths of *Antheraea mylitta* on weight gain and energy content of the fish, *Channa punctatus*.

Tableau I. Effet du nourrissage avec des chrysalides et des papillons d'*Antheraea mylitta* morts sur le gain de poids et le contenu énergétique chez le poisson *Channa punctatus*.

| Month               | Control            |                  |                 | Experimental       |                  |                 | Energy content     |                 |                 |
|---------------------|--------------------|------------------|-----------------|--------------------|------------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|
|                     | Initial weight (g) | Final weight (g) | Per cent change | Initial weight (g) | Final weight (g) | Per cent change | Control            | Experimental    | Per cent change |
| Mois                | Témoin             |                  |                 | Groupe traité      |                  |                 | Contenu en énergie |                 |                 |
|                     | Poids initial (g)  | Poids final (g)  | Variation (%)   | Poids initial (g)  | Poids final (g)  | Variation (%)   | Groupe témoin      | Groupe traité   | Variation (%)   |
| January / Janvier   | 6.52<br>± 0.20     | 10.26<br>± 0.32  | 57.36<br>± 2.85 | 6.62<br>± 0.13     | 11.26<br>± 0.12  | 70.09<br>± 4.80 | 3200<br>± 67.58    | 4321<br>± 29.22 | 35.03           |
| February / Février  | 6.70<br>± 0.12     | 10.60<br>± 0.11  | 58.20<br>± 1.60 | 6.13<br>± 0.13     | 10.96<br>± 0.18  | 78.79<br>± 3.08 | 3156<br>± 50.23    | 4102<br>± 17.38 | 29.97           |
| March / Mars        | 6.13<br>± 0.13     | 10.20<br>± 0.13  | 66.39<br>± 3.43 | 6.46<br>± 0.14     | 11.37<br>± 0.12  | 76.00<br>± 2.42 | 3122<br>± 33.88    | 3973<br>± 58.57 | 27.25           |
| April / Avril       | 6.55<br>± 0.20     | 10.74<br>± 0.20  | 63.96<br>± 2.65 | 6.48<br>± 0.19     | 11.67<br>± 0.09  | 80.09<br>± 6.61 | 3099<br>± 40.49    | 3718<br>± 35.67 | 19.97           |
| Mean / Moyenne      | 6.47               | 10.45            | 61.47           | 6.42               | 11.31            | 76.24           | 3144.25            | 4028.5          | 28.05           |
| ± SE / Ecart type ± | 0.12               | 0.13             | 2.19            | 0.10               | 0.14             | 2.22            | 21.96              | 125.97          | 3.14            |

The values are mean ± standard error of 6 observations / Les valeurs correspondent à la moyenne ± l'écart type de 6 observations.

\* Calories/g fresh wt. / Calories par gramme de poids frais.

## DISCUSSION

An exhaustive review of information on all aspects of applied fish nutrition (energy requirements, protein and lipid requirements, feed formulation and evaluation) has been presented in a treatise edited by Halver (1972). Useful information on fish is also available in relation to food (Das and Moitra, 1956a, 1956b), food and growth (Paloheimo and Dickie, 1966) and digestion, absorption and conversion of food (Pandian, 1967). Laboratory experiments provide precisely calculated data based on prepared diets of known composition and energy content, but in nature, fish ingest a complex of materials providing a balanced mixture of proteins, carbohydrates and lipids. Artificial diets based on laboratory experiments on fish are expensive. It is, therefore, always advantageous and practicable to provide extra feeds from natural sources, if readily available at a low cost. The results of the present work are strongly indicative of the usefulness of the feed prepared from dead pupae and moths of *A. mylitta*, which are otherwise rejected as waste. Tripathi *et al.* (1990) have worked out the gross chemical composition of pupae and moths of *A. mylitta*. On a dry weight basis, the pupa has around 59 % protein, 21.5 % lipids and 9.5 % carbohydrate and the adults have 61 % protein, 19 % lipids and 9.5 % carbohydrate. Thus there is little difference in the chemical composition of pupa and moth and averaging of figures would give 60 % protein, 20 % lipid and 9.5 % carbohydrate. The corresponding figures on a fresh weight basis can be worked out to be 14.6 % protein, 4.9 % lipid, 2.4 % carbohydrate, 2.5 % ash and 75.6 % water. It appears that the feed prepared from pupa and moth material contains balanced amounts of different food ingredients and, therefore, it promotes better growth of the test fish. Therefore, dead pupae and moths of the tasar silk insect should not be rejected as waste and they can safely be used as fish food.

## REFERENCES

- DAS S.M., MOITRA S.K. (1956a), Studies on the food of some common fishes of Uttar Pradesh, India. Part II. Proc. Natn. Acad. Sci. India, 26, 213-223.  
 DAS S.M., MOITRA S.K. (1956b), Studies on the food of some common fishes of Uttar Pradesh, India. Part III. Proc. Natn. Acad. Sci. India, 26, 224-233.  
 HALVER J.E. (1972), The vitamins. In 'Fish nutrition'. Academic Press, New York and London, 29-103.  
 PALOHEIMO J.E., DICKIE L.M. (1966), Food and growth of fishes. III. Relations among food, body size and growth efficiency. J. Fish Res. Bd. Can., 23, 1209-1248.  
 PANDIAN T.J. (1967), Intake, digestion, absorption and conversion of food in the fishes *Megalops cyprinoides* and *Ophiocephalus striatus*. Mar. Biol., 1, 16-32.  
 TRIPATHI A.K., SINHA D.P., SINGH S.B. (1990), Gross chemical composition of different stages of *Antheraea mylitta* (Saturniidae : Lepidoptera). Proc. Natn. Acad. Sci. India, 60(B), 25-30.

## UTILISATION DES CHRYSALIDES ET DES PAPILLONS TASAR MORTS COMME NOURRITURE POUR POISSONS

ARUNA SINGH, A.K. TRIPATHI & D.P. SINHA

Department of Zoology, Magadh University, Gaya - 824 234, Inde.

*On a tenté de déterminer si les chrysalides et papillons morts de l'insecte séricigène tassar (*Antheraea mylitta* D.) pouvaient être utilisés comme nourriture pour poisson. Des tests sur le poisson d'eau douce *Channa punctatus* ont montré que ce matériel était utilisable, comme le montre l'augmentation significative du poids et du contenu en énergie par rapport aux poissons témoins du même groupe de poids nourris sur un aliment de laboratoire standard.*

### INTRODUCTION

*Antheraea mylitta* D. est élevé dans les exploitations familiales du Bihar méridional (Inde) afin d'obtenir des cocons dont on tire le fil de soie tassar. Après dévidage du fil de soie des cocons, les chrysalides mortes sont jetées. Les insectes adultes meurent également (les mâles après l'accouplement et les femelles après l'oviposition) et sont également considérés comme des déchets. On a donc pensé qu'il était utile de déterminer si les chrysalides et les papillons morts pouvaient être utilisés comme engrais ou nourriture pour poissons. Cette étude constitue un rapport sur la faisabilité de l'utilisation des chrysalides et des papillons morts comme nourriture pour poissons en pisciculture.

### MATERIELS ET METHODES

Des spécimens de *Channa punctatus* (6 à 7 g) ont été pesés et placés dans deux grands aquariums (10 par aquarium) contenant un volume égal d'eau et aérés à l'aide d'une pompe d'aération. Les poissons sont nourris de boulettes d'un aliment standard préparé à partir d'un mélange à volume égal de graines de coton en poudre, de lait en poudre et de nourriture pour poisson. Les poissons de l'un des deux aquariums (groupe expérimental) sont nourris de boulettes composées d'un mélange de chrysalides et de papillons morts d'*Antheraea mylitta* séchés et pulvérisés. Après 30 jours, les poissons sont à nouveau pesés et le pourcentage d'augmentation du poids est calculé. Le contenu en énergie (calories par gramme de poids frais) des poissons au début et à la fin de la période expérimentale de 30 jours avec et sans nourriture expérimentale est également déterminée à l'aide d'un calorimètre à bombe. L'expérience a été répétée quatre fois (janvier, février, mars et avril) sur de nouveaux poissons (de 6 à 7 g) tous les mois. Les données concernant seulement 6 poissons de chacun des groupes, traité ou expérimental, sont relevées et comparées suivant le test "t" afin d'évaluer l'effet de l'aliment à base d'insecte tassar sur la croissance et le contenu en énergie.

### RESULTATS

Les données sur la variation du poids et du contenu en énergie des poissons nourris sur les aliments standard et expérimental sont présentées dans le tableau I. Les poissons témoins présentent une augmentation de 61,47 % du poids, alors qu'on a observé qu'il était de 76,24 % chez les poissons nourris sur l'aliment expérimental. La différence est fortement significative ( $t = 4,726$  ;  $P < 0,01$ ).

L'augmentation du contenu en énergie (28,05 %) est également fortement significative ( $t = 6,914$  ;  $P < 0,001$ ) chez les poissons du groupe expérimental.

## DISCUSSION

Une revue exhaustive des informations sur tous les aspects de la nutrition appliquée des poissons (besoins énergétiques, besoins en protéines et en lipides, formulation du nourrissage et évaluation) a été présentée dans un traité édité par Halver (1972). On peut également trouver des informations utiles sur le poisson pour ce qui concerne la nourriture (Das et Moitra, 1956a, 1956b), la nourriture et la croissance (Paloheimo et Dickie, 1966) et la digestion, l'absorption et la transformation de la nourriture (Pandian, 1967). Les expériences en laboratoire fournissent des données calculées de manière précise basées sur des aliments préparés de composition et de contenu énergétique connus ; mais, dans la nature, les poissons ingèrent un complexe de matériels fournissant un mélange équilibré de protéines, d'hydrates de carbone et de lipides. Les aliments artificiels établis à partir d'expériences en laboratoire sur les poissons sont onéreux. Il est donc toujours avantageux et pratique d'utiliser des aliments d'appoint d'origine naturelle, si on peut se les procurer facilement et à faible coût. Les résultats de cette étude montrent clairement qu'un aliment peut être préparé à partir de chrysalides et de papillons morts d'*A. mylitta*, qui sont normalement considérés comme des déchets. Tripathi et coll. (1990) ont déterminé la composition chimique brute des chrysalides et des papillons d'*A. mylitta*. En poids sec, la chrysalide est composée d'environ 59 % de protéines, 21,5 % de lipides et 9,5 d'hydrates de carbone et l'adulte contient 61 % de protéines, 19 % de lipides et 9,5 % d'hydrates de carbone. Il y a donc très peu de différence entre la composition chimique de la chrysalide et celle du papillon et la moyenne entre les deux donnerait 60 % de protéines, 20 % de lipides et 9,5 % d'hydrates de carbone. On estime que les chiffres correspondants en poids frais sont de 14,6 % de protéines, 4,9 de lipides, 2,4 d'hydrates de carbone, 2,5 de cendres et 75,6 % d'eau. Il semble que l'aliment préparé à partir de chrysalides et de papillons contiennent des quantités équilibrées de différents ingrédients de nourriture et qu'il favorise ainsi une meilleure croissance des poissons testés. Pour cette raison, les chrysalides et les papillons morts de l'insecte séricigène tassar ne devraient pas être jetés car ils peuvent être utilisés sans risque comme aliment pour poissons.

## BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHY

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| Sériciculture générale . . . . .                                   | 156 |
| General sericulture                                                |     |
| Mûrier . . . . .                                                   | 157 |
| Mulberry                                                           |     |
| <i>B. mori</i> : élevage, nutrition, pathologie . . . . .          | 159 |
| <i>B. mori</i> : rearing, feeding, pathology                       |     |
| Séricigènes non-mûriers : élevage, nutrition, pathologie . . . . . | 162 |
| Non-mulberry silkworms : rearing, feeding, pathology               |     |
| Vers à soie : génétique . . . . .                                  | 163 |
| Silkworms : genetics                                               |     |
| Vers à soie : physiologie, biochimie . . . . .                     | 165 |
| Silkworms : physiology, biochemistry                               |     |
| Vers à soie : oeufs, embryologie . . . . .                         | 167 |
| Silkworms : eggs, embryology                                       |     |
| Vers à soie : glandes séricigènes . . . . .                        | 169 |
| Silkworms : silk glands                                            |     |
| Soie . . . . .                                                     | 170 |
| Silk                                                               |     |

## INDICATIFS DES LANGUES UTILISEES - LANGUAGE SYMBOLS USED

|                                       |                                  |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| (Bg) Bulgare / <i>Bulgarian</i> .     | (C) Chinois / <i>Chinese</i> .   |
| (D) Allemand / <i>German</i> .        | (E) Anglais / <i>English</i> .   |
| (F) Français / <i>French</i> .        | (J) Japonais / <i>Japanese</i> . |
| (I) Italien / <i>Italian</i> .        | (Pl) Polonais / <i>Polish</i> .  |
| (K) Coréen / <i>Korean</i> .          | (R) Russe / <i>Russian</i> .     |
| (Pt) Portuguais / <i>Portuguese</i> . | (S) Espagnol / <i>Spanish</i> .  |
| (Ro) Roumain / <i>Rumanian</i> .      |                                  |

Les lettres minuscules correspondantes sont utilisées pour indiquer la langue du résumé.  
*The corresponding small letters indicate the language of the summary.*

## Sériciculture générale

### General sericulture

#### **Routes de la soie.**

Silk roads

ANQUETIL J.

1992 Ed. J. C. Lattès, 406 pages. (F)

#### **Le musée des tissus de Lyon.**

The museum of fabrics in Lyon.

ARIZOLLI-CLEMENTEL P.

Musée des Tissus, 34, rue de la Charité, 69002 Lyon, France.

1990 Albin Michel, *Chambre de Commerce et Industrie Lyon*, 126 pages. (F)

#### **Pilot production of local silk.**

Production pilote de soie locale.

Anonymous.

Philippine Council for Indus. & Energy Res. & Develop., Bicutan, Taguig, Metro Manila

1987 *PCIERD Annual Report "1987"*, (Philippine), 3 p. (E)

#### **Il baco da seta come si alleva ? / The silkworm : how raising it ?**

Le ver à soie : comment l'élever ?

BASTIANI DE. D.

Reda edizioni per l'agricoltura, Via Nazionale, 89/A, 00184 Roma, Italie.

1991 *Manuale pratico Roma*, Reda Ed. per l'Agricoltura, 2ème édition, 125 p. (I)

#### **The story of silk.**

L'histoire de la soie.

FELTWELL J.

1990 ALLAN SUTTON PUBLISHING Ltd., 233 pages. (F)

#### **Incidence of crop loss from adopted rearers' level in West Bengal due to silkworm diseases.**

Incidence des maladies des vers à soie sur la perte des récoltes chez les éleveurs du Bengale occidental.

SUBBA RAO G., CHANDRA A. K., BHATTACHARYA J.

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore 742 101, India.

1991 *Indian J. Seric.*, Vol. 30(2), 167. (E)

#### **Studies on management and technical system for diversified farming of rice-wheat-sericulture : Seeing in flat area of North-Kanto (Japan) before World War II.**

Etudes sur le management et la technologie pour les exploitations agricoles de riz-blé-cocons : examen de la région du Nord-Kanto (Japon) avant la deuxième guerre mondiale.

TANAKA O.

Gunma-ken Agricultural Research Center, Maebashi, Japan.

1989 *Gunma Journal of Agricultural Research*, Serie A., Vol. 6, 1-82. (J,e)

## Mûrier

## Mulberry

### **Chlorotic symptoms of mulberry leaves appeared on the spot.**

Apparition de symptômes de chlorose sur les taches de feuilles de mûrier.

FUKUMORI S.

*1991 Research Report Ehimeken Seric. Experiment Station, Vol. 12, 29-35. (J)*

### **Special character of leaf form in the early growth stage of Mulberry.**

Forme de la feuille au cours de la croissance précoce du mûrier.

FUKUMORI S., ABE T.

Ehimeken Sericultural Experiment Station, Tokunomori 2278, Ozu, Ehime 795, Japon.

*1991 Research Report Ehimeken Experiment Station, 12, 25-31. (J)*

### **Study on shoot - harvesting method for early autumn rearing season in Ehime prefecture.**

Etude sur la méthode de récolte des rameaux pour l'élevage précoce d'automne dans la région d'Ehime.

FUKUMORI S., YAMADA K., NAKAGAWA A.

Ehimeken Sericultural Experiment Station, Tokunomori 2278, Ozu, Ehime 795, Japon.

*1991 Research Report Ehimeken Sericultural Experiment Station, 12, 20-24. (J)*

### **Stability of mulberry red pigment to nine metal ions.**

Stabilité du pigment rouge du mûrier en présence de 9 ions métalliques.

HE M., HU L., TANG Z., YE Q.

*1990 Tianran Chanwu Yanjiu Kaifa, Vol. 2(2), 38-45. (C)*

### **Effect of sugars and sugar alcohols on the division of mulberry pollen in tissue culture.**

Effet des sucres et des alcools sur la division du pollen du mûrier dans les cultures de tissus.

KATAGIRI K., VENKATESWARLU M.

National Inst. of Sericul. & Entomol. Sci., Tsukuba Ibaraki 305, Japan.

*1991 The J. Seric. Sci. Jpn., Vol. 60(6), 514-516. (E)*

### **Effect of winter pruning on the spring leaf yield in mulberry.**

Effet de la taille des mûriers en hiver sur le rendement foliaire au printemps.

KOUL AJAY, BHAGAT R. L.

Seric. Research Sub-Station, S. K. Univ. of Agric. Sci. & Tech. Udheywalla 180 002, India.

*1991 Indian J. Seric., Vol. 30(2), 131-134. (E)*

**Contribution to the study of variability of some leaf characteristics of white mulberry-tree (*Morus alba* L.) and rooting of cuttings.**

Contribution à l'étude de la variabilité de certaines caractéristiques des feuilles du mûrier blanc (*Morus alba* L.), du racinement et du bouturage.

MARKOVIC L.J., GRBOVIC B.

Institut zaumarstvo i drvenu industriju, Beograd, Yugoslavia.

1989 *Zbornik radova*, Vol. 32/33, 141-150. (SC, E)

**Effect of mercury contained solid waste on the pigment of a mulberry plant.**

Effet des déchets solides contenant du mercure sur la pigmentation du mûrier.

MOHAPATRA A., DAS P. K., TOMINO S.

1991 *Biochem. Biophys. Acta*, Vol. 1090, 129. (E)

**Leaf factors related to the inhibition of transpiration in mulberry trees treated with gibberellin.**

Facteurs foliaires liés à l'inhibition de la transpiration chez les mûriers traités à la gibberelline.

OHNISHI T.

Fac. of Textile Science, Kyoto Institute of Technology, Sakyo-Ku, Kyoto 606, Japan.

1991 *The J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 60(6), 501-504. (E)

**Root formation from suspension cells of mulberry hypocotyl.**

Formation de racines à partir de cellules en suspension d'hypocotyle de mûrier.

OHNISHI T., KOBAYASHI Y.

1991 *The J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 60(6), 505-507. (J)

**The inhibitory effect of sanggenon C from the root-bark of *Morus alba* L. on the growth and the cellular adherence of *Streptococcus mutans*.**

Effet inhibiteur du sanggenon C tiré de la racine de *Morus alba* L. sur la croissance et l'adhérence cellulaire de mutants de *Streptococcus*.

PARK W.-J., HYUNG J., YANG S. G.

1990 *Yakhak Hoechi*, Vol. 34(6), 434-438.

**Comparative in vitro toxicity of fungicides against *Pseudomonas mori* (Boyer and Lambert) Stevens causing bacterial blight of mulberry.**

Toxicité comparée in vitro de fongicides contre *Pseudomonas mori* (Boyer et Lambert) Stevens causant la blanchissure bactérienne chez le mûrier.

SHARMA D. D., GOVINDAIAH.

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570 008 India.

1991 *Indian J. Seric.*, Vol. 30(2), 139-140. (E)

**Ecophysiological and biochemical aspects of nitrogen nutrition and metabolism in mulberry and forest tree.**

Aspects écophysologique et biochimique de la nutrition et du métabolisme de l'azote chez le mûrier et les forêts.

SUZUKI T.

Faculty of Textile Science, Kyoto Institute of Tech., Matsugasaki, Kyoto 606, Japan.

1991 *The J. of Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 60(6), 415-424. (J)

**Chemistry of natural Diels-Alder-type adducts.**

Chimie des additifs naturels de type Diels-Alder.

TARO N.

1991 *Farumashia*, Vol. 27(6), 552-557. (J)

## **B. mori : élevage, nutrition, pathologie**

## **B. mori : rearing, feeding, pathology**

### **Identification of insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* against the silkworm by DNA hybridization method.**

Identification de l'activité insecticide de *Bacillus thuringiensis* contre le ver à soie par hybridation d'ADN.

ASANO S., IIZUKA T.

Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan.

1991 *The J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 60(6), 475-479. (J,e)

### **Volumetric studies in bivoltine silkworm (*Bombyx mori* L.) breeds reared on different mulberry (*Morus* sp.) varieties.**

Etudes volumétriques sur les souches bivoltines du ver à soie *Bombyx mori* élevées sur différentes variétés de mûriers (*Morus* sp.).

GIRIDHAR K., SIVARAMI REDDY N., SATYA PRASAD K.

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570 008, India.

1991 *Indian J. Seric.*, Vol. 30(2), 135-137. (E)

### **Transovarian transmission and developmental aspects in three microsporidians pathogenic to the silkworm, *Bombyx mori*.**

Transmission transovarienne et aspects du développement de trois microsporidiens pathogènes pour le ver à soie *Bombyx mori*.

IWASHITA Y., SUZUKI T., NAKAZATO S., KOBAYASHI H.

Silk Science Res. Inst., Dainippon Raw Silk Foundation, 3-25-1 Hyakunincho, Tokyo, Japon.

1990 *The Reports of the Silk Science Research Institute*, No. 38, 35-43. (J,e)

### **Effect of female pupal weight on fecundity in mulberry silkworm, *Bombyx mori* L.**

Effet du poids nymphal de la femelle sur la fécondité chez le ver à soie *Bombyx mori* L.

JAYASWAL K. P., SINGH T., SUBBA RAO G.

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore 742 101, India.

1991 *Indian J. Seric.*, Vol. 30(2), 141-143. (E)

### **Host range expansion by recombination of the baculoviruses *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus and *Autographa californica* nuclear polyhedrosis virus.**

Elargissement du nombre d'hôtes par recombinaison des baculovirus (virus de la polyèdrose nucléaire) de *Bombyx mori* et d'*Autographa californica*.

KONDO A., MAEDA S.

1991 *J. Virol.*, Vol. 65, 3625-3632. (E)

**On the heating of the silkworm's rearing bed by far infrared Rays (Part. 1).**

Sur le chauffage des claies d'élevage de vers à soie par rayons infra-rouge (1ère partie).

KOTOKU K.

*1991 Research Report Ehimeken Sericultural Experiment Station, 12, 1-8. (J)*

**Breeding and characteristics of a hybrid, "Zuiko x Ginpaku" for spring rearing.**

Sélection et caractéristiques d'un hybride "Zuiko x Ginpaku" pour l'élevage de printemps.

MIDORIKAWA E., TAZIMA Y., KUME T.

Inst. of Silkworm Genetics & Breeding, Ikura 1054, Amimachi, Ibaraki-Ken 30003, Japan.

*1990 The Reports of the Silk Sci. Research Inst., No. 38, 23-35. (J)*

**Effects of a disinfection chemical sodium dichloroisocyanurate by way of the disinfectant of rooms and tools for silkworms rearing.**

Effets de la désinfection chimique par le dichloroisocyanate de sodium des magnaneries et des ustensiles pour l'élevage de vers à soie.

MITSUDA K.

*1991 Research Report Ehimeken Sericultural Experimentation, 12, 9-19. (J)*

**Aseptic silkworm rearing using a new artificial diet consisting mainly of tofu cake.**

Elevage aseptique de vers à soie à l'aide d'un nouvel aliment artificiel composé essentiellement de gâteau de tofu.

MORI H., CHEN R., TAWARA H., ICHIDA M., IMAMURA T. et al.

*1991 The J. Seric. Sci. Jpn., Vol. 60(6), 445-449. (J,e)*

**Parasitoids of uzi fly, *Exorista sorbillans* Wiedemann (Diptera : Tachinidae). XIII : Studies on the efficiency of *Nesolynx thymus* (Girault) at the field level.**

Parasitoïdes de la mouche uzi, *Exorista sorbillans* Wiedemann (Diptera : Tachinidae). XIII : Etudes sur l'efficacité de *Nesolynx thymus* (Girault) sur le terrain.

PRADIP KUMAR, RAM KISHORE, JAYAPRAKAS C. A., SENGUPTA K.

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570 008, India.

*1991 Indian J. Seric., Vol. 30(2), 161-163. (E)*

**Studies on the growth rate and growth pattern in the fifth instar larvae of some multivoltine races of silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae).**

Etudes sur le taux et le modèle de croissance au cinquième âge de certaines races polyvoltines de vers à soie *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae).

REMADEVI O. K., MAGADUM S. B., SHIVASHANKAR N., BENCHAMIN K. et al.

Central Sericultural and Training Institute, Mysore 570 008, India.

*1991 Indian J. Seric., Vol. 30(2), 125-130. (E,f)*

**Effect of fortification of mulberry leaves with minerals to silkworm, *Bombyx mori* L.**

Effet de la fortification des feuilles de mûrier avec des minéraux sur le ver à soie *Bombyx mori* L.

SUBBU RATHINAM K. M., SULOCHANA CHETTY J.

Zoological Research Lab., Thiagarajar College, Madurai 625 009 India.

*1991 Indian J. Seric., Vol. 30(2), 121-123. (E,f)*

**Protein synthesis in BM-N cells infected with *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus.**

Synthèse protéique dans les cellules BM-N infectées par le virus de la polyèdrose nucléaire de *Bombyx mori*.

SUGIMORI H., NAGAMINE T., KOBAYASHI M.

*1991 J. Invert. Pathol., Vol. 58 257. (E)*

**Effect of larval population densities of mulberry silkworm, *Bombyx mori* on the rate of cocoon production and adult longevity in Bangladesh.**

Effet des densités de population larvaires de vers à soie, *Bombyx mori* sur le taux de production de cocons et la longévité des adultes au Bangladesh.

TALUKDER F. A., HUQ S. B., KHAN A. B.

Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Department of Entomology, Bangladesh.

1990 *Progressive Agriculture (Bangladesh)*, Vol. 1(1), 93-96. (E)

**Impact of uzi fly parasitisation on the body growth, silk gland tissue somatic index and haemolymph properties of silkworm, *Bombyx mori* L.**

Influence du parasitisme par la mouche uzi sur la croissance larvaire, le tissu de la glande séricigène et les propriétés de l'hémolymph du ver à soie *Bombyx mori* L.

VENKATA RAMI REDDY K., REMA DEVI O. K., BENCHAMIN K. V.

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570 008 India.

1991 *Indian J. Seric.*, Vol. 30(2), 113-120. (E,f)

**Studies on the discrimination of microsporidian spores by immunoperoxidase-staining methods.**

Etudes sur la discrimination des spores de microsporidiens la méthode immunologique de coloration à la peroxydase.

WATANABE H.

Silk Science Res. Inst., Dainippon Raw Silk Foundation, 3-25-1 Hyakunincho, Tokyo, Japon.

1990 *The Reports of the Silk Sci. Research Institute*, No. 38, 45-50. (J,e)

**Silkworm eggs at low temperatures : implications for sericulture.**

Oeufs de vers à soie à basses températures : implications en sériciculture.

YAMASHITA O., YAGINUMA T.

Lab. of Seric. Science, School of Agric., Nagoya Univ., Chikusa, Nagoya 464-01, Japan.

1991 *Ed. by R. E. LEE & D. L. DENLINGER, Chapman & Hall, USA*, 424-445. (E)

**Infection and development of *Nosema* sp. NIS M11 (Microsporida : Protozoa) in a lepidopteran cell line.**

Infection et développement de *Nosema* sp. NIS M11 (Microsporidé : Protozoaire) chez une lignée cellulaire de lépidoptère.

YASUNAGA C., FUNAKISHI M., KAWARABATA T., HAYASAKA S.

Fac. of Agric., Kyushu Univ., Higashiku, Fukuoka 812, Japan.

1991 *The J. of Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 60(6), 450-456. (J,e)

## Séricigènes non-mûrier : élevage, nutrition, pathologie

## Non-mulberry silkworms : rearing, feeding, pathology

### Initiation and termination of pupal diapause in the Oriental tobacco budworm (*Heliothis assulta*).

Début et fin de la diapause nymphale chez le ver du tabac *Heliothis assulta*.

BOO K. S., SHIN H. C., HAN M. W., LEE M. H.

Seoul National Univ., Suwon, Coll. of Agric., Rural Dev. administration, Korea Republic.

1990 *Korean Journal of Applied Entomology*, Vol. 29(4), 277-285. (K,e)

### Light stimulated green coloration of silk glands in the saturniid moth, *Antheraea yamamai*. Influence of ligation and parabiosis.

Stimulation par la lumière de la coloration verte des glandes séricigènes chez le papillon saturniid *Antheraea yamamai*. Influence de la ligature et de la parabiose.

KATO Y.

1991 *Zool. Sci.*, Vol. 8, 665. (E)

### Prospects for genetic control of the gypsy moth.

Perspectives pour le contrôle génétique du papillon gypsy.

SCHWALBE C. P., MASTRO V. C., HANSEN R. W.

Animal & Plant Health Inspec. Serv., Otis Air Nat. Guard Base, Otis Methods Dev. Ctr, USA

1991 *Forest Ecology & Management, Netherlands*, Vol. 39(1), 163-171. (E)

### Amino acids in the leaves of primary food plants of muga silkworm, *Antheraea assama* West Wood.

Acides aminés dans les feuilles des plantes nourricières primaires du ver à soie muga, *Antheraea assama* West Wood.

SINHA A. K., SINHA S. S.

Central Tasar Research and Training Institute, Ranchi 834 005, India.

1991 *Indian J. Seric.*, Vol. 30(2), 159-160. (E)

### Studies on free amino acids, proteins, carbohydrates and phosphorus compounds in the tissue extracts of healthy and pebrine infected moths of tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D.

Etudes sur les acides aminés libres, les protéines, les hydrates de carbone et les composés phosphorés dans les extraits tissulaires des papillons sains et infectés de pébrine du ver à soie tasar *Antheraea mylitta* D.

SINHA A. K., SINHA U. S. P., SENGUPTA K., SINHA S. S.

Central Tasar Research and Training Institute, Ranchi 834005, India.

1991 *Indian J. Seric.*, Vol. 30(2), 103-106. (E,f)

## Vers à soie : génétique

## Silkworms : genetics

### **A larval serum protein of the silkworm *Bombyx mori* cDNA sequence and developmental specificity of the transcript.**

Séquence de l'ADNc d'une protéine de l'hémolymphe du ver à soie *Bombyx mori* et dosage du transcrit au cours du développement.

FUJIWARA Y., YAMASHITA O.

*1991 Insect Biochem., Vol. 21, 735. (E)*

### **DNA sequenced for spider silk proteins.**

Séquençage d'ADN pour les protéines de soie d'araignée.

KRIEGER J.

*1991 Chemical and Engineer news, Vol. 69(16), 11-12. (E)*

### **Further studies on non-preference mutations in the silkworm. (9) A search for the location of Nps gene, a new food habit mutation, discovered in Chinese race Shokei.**

Etudes complémentaires sur les mutations non-préférencielles chez le ver à soie. (9) Recherche sur la localisation du gène Nps, une nouvelle mutation du comportement alimentaire découverte chez la race chinoise Shokei.

MATSUMOTO T., NASU T., KIMURA T., URASHIMA H., ABE H., et al.

Silk Science Res. Inst., Dainippon Raw Silk Foundation, 3-25-1 Hyakunincho, Tokyo, Japon.

*1989 The Reports of the Silk Sci. Research Institute, No. 37, 13-21. (J,e)*

### **Differential expression of muscle and cytoplasmic actin genes during development of *Bombyx mori*.**

Expression différentielle des gènes d'actine cytoplasmique et du muscle au cours du développement de *Bombyx mori*.

MOUNIER N., PRUDHOMME J-C.

*1991 Insect Biochem., Vol. 21, 523. (E)*

### **Nucleotide sequence of the gene coding for P40, an occluded virion specific polypeptide of *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus.**

Séquence nucléotidique du gène codant pour P40, un polypeptide spécifique du virion occlus du virus de la polyhédrose nucléaire de *Bombyx mori*.

NAGAMINE T., SUGIMORI H., NAKAMURA K., SAGA S., KOBAYASHI M.

*1991 J. Invert. Pathol., Vol. 58, 290. (E)*

**Further studies on non-preference mutations in the silkworm. (12) Determination of the locus of Nps gene on the third linkage map.**

Etudes complémentaires sur les mutations non-préférencielles chez le ver à soie. (12) Localisation du locus du gène Nps sur le troisième groupe de liaison.

OHNUMA A., TAZIMA Y.

Inst. of Silkworm Genetics & Breeding, Iikura 1054, Amimachi, Ibaraki-Ken 30003, Japan.

*1990 The Reports of the Silk Sci. Research Inst., No. 38, 15-22. (J,e)*

**Further studies on non-preference mutations in the silkworm. (13) Genetic analysis of two non-preference mutation strains Sj and Brd.**

Etudes complémentaires sur les mutations non-préférencielles chez le ver à soie. (13) Analyse génétique des souches Sj et Brd.

TAZIMA Y., OHNUMA A.

Silk Science Res. Inst., Dainippon Raw Silk Foundation, 3-25-1 Hyakunincho, Tokyo, Japon.

*1991 The Reports of the Silk Sci. Research Institute, No. 39, 1-11. (J,e)*

**Further studies on non-preference mutations in the silkworm. (8) Characterization of food habit mutations as demonstrated by feeding on synthetic diets.**

Etudes complémentaires sur les mutations non-préférencielles chez le ver à soie. (8) Caractérisation des mutations du comportement alimentaire par nourrissage avec des aliments synthétiques.

TAZIMA Y., OHNUMA A., TANAKA Y.

Silk Science Res. Inst., Dainippon Raw Silk Foundation, 3-25-1 Hyakunincho, Tokyo, Japon.

*1990 The Reports of the Silk Sci. Research Institute, No. 37, 1-13. (J,e)*

**Further studies on non-preference mutations in the silkworm. (11) Nature and function of gene groups that affect the expression of non-preference major genes.**

Etudes complémentaires sur les mutations non-préférencielles chez le ver à soie. (11) Nature et fonction des groupes de gènes affectant l'expression des gènes principaux de non-préférence.

TAZIMA Y., OHNUMA A., TANAKA Y.

Inst. of Silkworm Genetics & Breeding, Iikura 1054, Amimachi, Ibaraki-Ken 30003, Japan.

*1990 The Report of the Silk Sci. Research Inst., No. 38, 7-14. (J,e)*

**Further studies on non-preference mutations in the silkworm (10) Dependence of food preference upon learning as it was observed in Sj strain.**

Etudes supplémentaires sur les mutations non-préférencielles chez le ver à soie. (10) Préférence alimentaire dépendant de l'apprentissage chez la souche Sj.

TAZIMA Y., OHNUMA A., TANAKA Y.

Inst. of Silkworm Genetics & Breeding, Iikura 1054, Amimachi, Ibaraki-Ken 30003, Japan.

*1990 Reports of the Silk Science Res. Inst., Vol. 38, 1-6. (J,e)*

**A complex of DNA polymerase alpha with primase from silkworm cells. Template properties.**

Un complexe ADN polymérase alpha-primase dans les cellules du ver à soie. Propriétés de reconnaissance du modèle.

VORONOVA S. N., AKOPOV S. B., KULLYEV P. K., MIKHAILOV V. S.

*1991 Biochemistry, USSR, Vol. 56, 344 (R)*

**A larval serum protein of the silkworm, *Bombyx mori* : cDNA sequence and developmental specificity of the transcript.**

Une protéine du sérum larvaire du ver à soie *Bombyx mori* : séquence de l'ADNc et spécificité de la transcription au cours du développement.

YAMASHITA O., FUJIWARA Y.

Lab. of Seric. Sci., School of Agric., Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-01, Japan.

*1991 Insect. Biochem., Vol. 21(7), 735-742. (E)*

## Vers à soie : physiologie, biochimie

## Silkworms : physiology, biochemistry

**Goblet cell alkaline phosphatase in silkworm midgut epithelium : its entity and role as an ATPase.**  
Phosphatase alcaline de cellules en gobelet dans l'épithélium de l'intestin chez le ver à soie : son entité et son rôle comme ATPase.

AZUMA M., TAKEDA S., YAMAMOTO H., ENDO Y., ENDO Y., EGUCHI M.

1991 *J. Exp. Zool.*, Vol. 258, 294-302. (E)

**Architecture of cerebral neurosecretory cell systems in the silkworm *Bombyx mori*.**

Architecture des systèmes de cellules neurosécrétrices dans le cerveau du ver à soie *Bombyx mori*.

ICHIKAWA T.

1991 *J. Exp. Biol.*, Vol. 161, 217. (E)

**Sex association and orientation pattern of pupae in double cocoons of *Bombyx mori* L.**

Association sexuelle et schéma d'orientation des chrysalides dans les cocons doubles de *Bombyx mori* L.

JAYASWAL K. P., SINGH T., DASH B. D.

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore 742 101 India.

1991 *Indian J. Seric.*, Vol. 30(2), 145-147. (E)

**Proteolytic activity in the fat body during the pupal adult metamorphosis of the silkworm *Bombyx mori*.**

Activité protéolytique dans le corps adipeux au cours de la métamorphose nympho-imaginale chez le ver à soie *Bombyx mori*.

JYAGINUMAT., USHIZIMA M.

1991 *J. Exptl. Zoology*, Vol. 259, 145. (J)

**Effect of starvation stress on the growth and the hemolymph protein composition of the fifth instar larvae in *Bombyx mori*.**

Effet du jeûne sur la croissance et la composition protéique de l'hémolymphe des larves de *Bombyx mori* au 5ème âge.

KAWAGUCHI Y., BANNO Y., KOGA K., FUJII H.

1991 *Gakugei Zasshi-Kyushu Daigaku Nogakubu*, 1991a, Vol. 45(3/4), 135-143. (J)

**Evaluation of the error in the three-dimensional reconstruction of the position of a silkworm based on two video pictures.**

Evaluation de l'erreur dans la reconstruction tri-dimensionnelle de la position d'un ver à soie à partir de deux films vidéo.

MIURA M., KAISE T., NISHIKA T., AKINORI S.

Faculty of Textile Sci. & Technology, Shinshu University, 3-15-1 Tokida, Ueda 386, Japan.

1991 *The J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 60(6), 457-465. (E,j).

**Mechanism of urination in multivoltine hybrid (PM x HS6) of *Bombyx mori* L.**  
Mécanisme de l'urination chez l'hybride polyvoltin (PM x HS6) de *Bombyx mori* L.  
PATHAK J. P. N.

Department of Zoology, Madhav Science College, Vikram Univ., Ujjain, India.  
1991 *Indian J. Seric.*, Vol. 30(2), 107-111. (E,f)

**Effect of insect growth regulator, Fenoxycarb, on the post embryonic development of *Bombyx mori*.**

Effet d'un régulateur de croissance d'insecte, le Fénoxycarbe, sur le développement post-embryonnaire de *Bombyx mori*.

PLANTEVIN G., GRENIER S., CHAVANCY G.

Unité Nationale Séricicole, 25 quai Jean Jacques Rousseau 69350, La Mulatière, France.

1991 *Compte-rendus Acad. Sci.*, Vol. 315, 513. (F,e)

**The crucial role of cyclic GMP in the eclosion hormone mediated signal transduction in the silkworm metamorphoses.**

Rôle crucial de la GMP cyclique dans le signal de transduction dépendant de l'hormone d'éclosion des métamorphoses du ver à soie.

SHIBANAKA Y., HAYASHI H., OKADA N., FUJITA N.

1991 *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, Vol. 180, 881. (E)

**Survival in *Bombyx mori* L. under non-24-hour LD cycles.**

Survie de *Bombyx mori* L. sous des cycles "lumière-obscurité" différents de 24 heures.

SIVARAMI REDDY N., PAVAN KUMAR T.

Department of Zoology, Sri Venkateswara University, Tirupati 517 502 India.

1991 *Indian J. Seric.*, Vol. 30(2), 149-150. (E)

**The thermosensitive hygroresponsive sensilla of the silkworm *Bombyx mori*. Morphological changes after dry adaptation and moist adaptation.**

Sensille hygrosensible et thermosensible du papillon *Bombyx mori*. Changements morphologiques après adaptation à la sécheresse et à l'humidité.

STEINBRECHT R. A., MULLER B.

1991 *Cell & Tissue Res.*, Vol. 266, 441. (E)

**Thiroxine-induced hemolymph protein and ecdysteroid increases in the silkworm, *Bombyx mori*. Effect on larval growth and silk production.**

Induction de la protéine de l'hémolymph par la thyroxine et augmentation d'ecdystéroïdes chez le ver à soie *Bombyx mori*. Effet sur la croissance larvaire et la production de soie.

THYAGARAJA B. S., KELLY T. J., MASLER E. P., BORKOVEC A. B.

1991 *J. Insect Physiol.*, Vol. 37, 153-159. (E)

**Effect of certain drugs on urination in the spinning larvae of *Bombyx mori* L.**

Effet de certaines drogues sur l'urination des larves fileuses de *Bombyx mori*.

VYAS ASHISH

Zoology Department, Madhav Science College, Vikram Univ., Ujjain, India.

1991 *Indian J. Seric.*, Vol. 30(2), 97-101. (E,f)

**Induction of metamorphosis of the methoprene-induced dauer larvae of the silkworm, *Bombyx mori*, by ecdysteroids.**

Induction de la métamorphose par des ecdystéroïdes chez des larves du ver à soie *Bombyx mori* traitées par le méthoprène.

YAMASHITA O., KAJIURA Z.

Lab. of Seric. Sci., Fac. of Agriculture, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464, Japan.

1992 *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 10a(2), 277-280. (E)

## Vers à soie : oeufs, embryologie

## Silkworms : eggs, embryology

### Comparative study on age-specific response of hot and cold hydro-chlorization methods on the diapausing eggs of silkworm, *Bombyx mori* L.

Etude comparative des traitements à l'acide chlorhydrique froid et chaud sur la diapause des oeufs de ver à soie *Bombyx mori* L.

BIRAM SAHEB N. M., VINOD KUMAR, NEGI B. B., SENGUPTA K., NOAMANI M.K.  
Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, 570 008, India.

1991 *Indian J. Seric.*, Vol. 30(2), 151-153. (E)

### The occurrence of a premature form of egg-specific protein in vitellogenic follicles of *Bombyx mori*.

Présence d'une forme prémature de la protéine spécifique de l'oeuf dans les follicules vitellogènes chez *Bombyx mori*.

INDRASITH L. S., SASAKI T., YAGINUMA T., YAMASHITA O.

Lab. of Sericultural Sci., Fac. of Agric., Nagoya Univ., Chikusa, Nagoya 464, Japan.

1988 *J. Comp. Physiol., B*, Vol. 158, 1-7. (E)

### Discontinuity in temperature dependency of esterase A4 activation *in vitro* in relation to the diapause-duration timer.

Dépendance thermique de l'activation de l'estérase A4 *in vitro* en relation avec la durée et le moment de la diapause.

KAI H., DOI S., MIWA T., AZUMA M.

1991 *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 99b, 337-339. (E)

### Effects of starvation stress at the fifth larval instar on the egg formation of *Bombyx mori*.

Effet du jeûne au 5ème âge larvaire sur la formation de l'oeuf de *Bombyx mori*.

KAWAGUCHI Y., BANNO Y., KOGA K., FUJII H.

1991 *Gakugei Zasshi-Kyushu Daigaku Nogakubu*, 1991b, Vol. 45(3/4), 145-151. (J)

### Expression of mRNA coding for a heat-shock protein homolog in hot1-1 HCl treated eggs of *Bombyx mori*.

Expression d'ARNm codant pour une protéine homologue de protéine de choc thermique chez les oeufs de *Bombyx mori* traités à l'HCL 1-1-chaud.

KOSEGAWA E., KOGA K., SUGIMOTO Y.

Lab. of Seric., Fac. of Agriculture, Kyushu University, Higashi-Ku Fukuoka 812, Japan.

1991 *The J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 60(6), 511-513. (E)

### Induction of translatable mRNAs by hot-HCL treatment in post-diapause eggs of *B. mori*.

Induction d'ARNm traductibles par traitement HCL-chaud des oeufs post-diapausants de *B. mori*.

KOSEGAWA E., SUGIMOTO Y., KOGA K.

Lab. of Seric., Faculty of Agriculture, Kyushu University Higashi-ku, Fukuoka 812, Japan.

1991 *The J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 60(6), 508-510. (E)

**Cell cycles in embryos of the silkworm *Bombyx mori* G-2 arrest at diapause stage.**

Cycles cellulaires chez les embryons du ver à soie *Bombyx mori* en G-2, au cours de la diapause.

NAKAGAKI M., TAKEI R., NAGASHIMA E., YAGINUMA T.

Lab. of Silkworm Genet. Pathology, Fac. of Textile, Shinshu Univ., Tokida, Ueda 386, Japan

1991 *Roux's Archives of Developmental Biology*, Vol. 200, 223-229. (E)

**Androgenic development in the eggs of mulberry silkworm, *Bombyx mori* L.**

Développement androgénique chez les oeufs du ver à soie *Bombyx mori* L.

RAVINDRA SINGH, VIJAYARAGHAVAN K., RAMA M. RAO P., SENGUPTA K. *et al.*

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570 008 India.

1991 *Indian J. Seric.*, Vol. 30(2), 93-96. (E,f)

**Structure and expression of a gene coding for egg specific protein in the silkworm, *Bombyx mori*.**

Structure et expression d'un gène codant pour une protéine spécifique de l'oeuf chez *B. mori*.

SATO Y., YAMASHITA O.

Lab. Seric. Science, School of Agric., Nagoya University Chikusa Nagoya 464-01, Japan.

1991 *Insect Biochem.*, Vol. 21, 495. (E)

**Degradation and utilization of yolk proteins in the egg of silkworm, *Bombyx mori*.**

Dégradation et utilisation des protéines dans les oeufs du ver à soie *Bombyx mori*.

YAMASHITA O., IKEDA M.

Lab. of Seric. Sci., Fac of Agric., Nagoya Univ., Chikusa, Nagoya 464-01, Japan.

1991 *Proc. Arthropod. Embryol. Soc. Jpn.*, Vol. 26, 23-25. (E)

**Degradation and utilization of yolk proteins in the eggs of silkworm, *Bombyx mori*.**

Dégradation et utilisation des protéines du vitellus dans les oeufs du ver à soie *Bombyx mori*.

YAMASHITA O., IKEDA M.

Lab. of Seric. Science, Faculty of Agric., Nagoya Univ., Chikusa Nagoya 464-01, Japan.

1991 *Proc. Arthropod. Embryol. Soc. Jpn.*, Vol. 26, 23-25. (E)

**Isolation and structure of diapause hormone of the silkworm, *Bombyx mori*.**

Isolement et structure de l'hormone de diapause du ver à soie *Bombyx mori*.

YAMASHITA O., IMAI K., KONNO T., NAKAZAWA Y., KOMIYA T., *et al.*

Lab. of Seric. Sci., School of Agric., Nagoya Univ., Chikusa, Nagoya 464-01, Japan.

1991 *Proc. Japan Acad.*, Vol. 67(6), Serie B, 98-101. (E)

**Metabolic fates of yolk proteins during embryogenesis in arthropods.**

Métabolisme des protéines du vitellus au cours de l'embryogenèse chez les arthropodes.

YAMASHITA O., INDRASITH L.

Lab. of Seric. Sci., Fac. of Agriculture, Nagoya Univ., Chikusa Nagoya 464, Japan.

1988 *Develop. Growth & Differ.*, Vol. 30(4), 337-346. (E)

**Structure and expression of a gene coding for egg-specific protein in the silkworm, *B. mori*.**

Structure et expression d'un gène codant pour la protéine spécifique de l'oeuf chez *Bombyx mori*.

YAMASHITA O., SATO Y.

Lab. of Seric. Sci., School of Agric., Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-01, Japan.

1991 *Insect. Biochem.*, Vol. 21(5), 395-505. (E)

**Effect of diapause hormone on cyclic nucleotide metabolism in developing ovaries of the silkworm, *Bombyx mori*.**

Effet de l'hormone de diapause sur le métabolisme des nucléotides cycliques chez les ovaires du ver à soie *Bombyx mori*.

YAMASHITA O., YAGINUMA T., HUA CHEN J.

Lab. of Seric. Sci., Fac. of Agric., Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464, Japan.

1988 *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 91b(4), 631-637. (E)

## Vers à soie : glandes séricigènes

## Silkworms : silk glands

### Occurrence of lectin in the silk gland of the silkworm *Bombyx mori*.

Présence de lectine dans la glande séricigène du ver à soie *Bombyx mori*.

AMANAI K., SAKAI M., SAKURAI S., MORI T., NIKAIDO O. OHTAKI T.  
1991 *Devpt. Growth Diff.*, Vol. 33, 421.

### Regulation of glycine tRNA gene expression in the posterior silk glands of the silkworm *B. mori*.

Régulation de l'expression du gène d'ARNt de la glycine dans le sécrétréteur du ver à soie *B. mori*.  
GOPINATHAN K. P.

Department of Microbiology & Cell Biol., Indian Inst. of Science, Bangalore 560012, India.  
1992 *Proc. Natl. Acad. Sci., (USA)*, Vol. 89, 1070-1074. (E)

### Characterization of the DNA polymerase alpha primase complex from the silk glands of *B. mori*.

Caractérisation du complexe primase alpha-DNA polymérase de la glande séricigène de *B. mori*.

NIRANJANAKUMARI S., GOPINATHAN K. P.  
1991 *Eur. J. Biochem.*, Vol. 201, 431. (E)

### Developmental stage-specific expression of fibroin in the silkworm *Bombyx mori* is regulated translationally.

L'expression de la fibroïne, au cours du développement du ver à soie *Bombyx mori*, est régulée par la traduction.

PATEL C. V., GOPINATHAN K. P.

Microbiology & Cell Biol. Lab., Indian Institute of Science, Bangalore 560012, Inde.  
1991 *Indian J. Bioch. Biophys.*, Vol. 28, 521. (E)

### Succession des endomitoses dans la glande séricigène au cours du développement larvaire de *Bombyx mori*.

Silk gland Successive endomitosis during the larval development of the silkworm *Bombyx mori*.

PERDRIX-GILLOT S.

Dept. de Biol., Lab. associé CNRS. Univ. Lyon I, 43 bd 11/11/18, Villeurbanne, France.  
1978 *Extrait de la Revue Biol. Cellulaire*, Vol. 33(2), 103-116. (E)

### Endoduplication de la chromatine dans la glande séricigène de *Bombyx mori*. Structure nucléaire dans la glande séricigène embryonnaire.

Endoduplication of chromatin in *B. mori* silk gland. Nuclear structure in the embryonic silk gland.

PERDRIX-GILLOT S.

Dept. de Biol., Lab. associé CNRS, Univ. Lyon I, 43 bd du 11/11/18, Villeurbanne, France.  
1974 *Annales d'Embryologie et de Morphogénèse*, Vol. 7(4), 445-458. (E)

## Soie

## Silk

### **Metabolic flux and incorporation of (2-C-13) glycine into silk fibroin studied by C-13 NMR *in vivo* and *in vitro*.**

Flux métabolique et incorporation de glycine 2-C-13 dans la fibroïne de soie, étudiés par RMN C13 *in vivo* et *in vitro*.

ASAKURA T., DEMURA M., NAGASHIMA M., SAKAGUCHI R., OSANAI M., et al.  
*1991 Insect Biochem*, Vol. 21, 743.

### **ESR analysis of spin-labeled glucose oxidase and spin-labeled silk fibroin coated on non-woven fabrics.**

Analyse ESR de la glucose-oxydase et de la fibroïne fixées sur un non tissé.

ASAKURA T., KITAGUCHI H., DEMURA M., SAKAI H., KANEKO M.

Fac. of Technology, Tokyo University of Agric. & Technology, Koganei, Tokyo 184, Japan.

*1991 The J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 60(6), 466-474. (J,e)

### **Studies on the development of silk fishing line without pollution in the sea. Report of the Research Committee.**

Etudes sur le développement du fil de pêche en soie ne polluant pas la mer. Rapport du Comité de Recherche.

Anonymous

Silk Science Res. Inst., Danippon Raw Silk Foundation, 3-25-1 Hyakunincho, Tokyo, Japon.

*1989 Reports of the Silk Science Research Institute*, Vol. 37, 29-70. (J)

### **Porous membrane of Bombyx mori silk fibroin structure, characterization, physical properties and application to glucose oxidase immobilization.**

Membrane poreuse de fibroïne de Bombyx mori : caractérisation, propriétés physiques et application pour l'immobilisation de la glucose-oxydase.

DEMURA M., ASAKURA T.

*1991 J. Membr. Sci.*, Vol. 59, 39-52. ()

### **Membrane potential of Bombyx mori silk fibroin membrane induced by an immobilized enzyme reaction.**

Potentiel de membrane de la fibroïne de Bombyx mori induit par une réaction avec une enzyme immobilisée.

DEMURA M., KOMURA T., ASAKURA T.

*1991 Bioelectrochemistry and bioenergetics*, Vol. 26, 167. (E)

**Cloth-hygienical properties of women's silk underwears.**

Propriétés hygiénique de la lingerie en soie.

HAGIWARA M., NAKANO M.

1991 *The J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 60(6), 480-486. (J)

**Development of high speed reeling machine for hybrid silk.**

Développement d'une dévideuse à grande vitesse pour la soie hybride.

HAZAMA K., KATSUNO M., KOBAYASHI Y., SHIMIZU S.

Silk Science Res. Inst., Dainippon Raw Silk Foundation, 3-25-1 Hyakunincho, Tokyo, Japon.

1991 *The Reports of the Silk Sci. Research Institute*, No. 39, 11-19. (J,e)

**Development of a measuring device of non-cutting sizing skein.**

Développement d'un appareil permettant de mesurer la taille d'une flotte de soie sans la couper.

HAZAMA K., NASU T., KATSUNO M., SHIMIZU S., SAIJO M., KOBAYASHI M.

Silk Science Res. Inst., Dainippon Raw Silk Foundation, 3-25-1 Hyakunincho, Tokyo, Japon.

1991 *The Reports of the Silk Sci. Research Institute*, No. 39, 19-26. (J,e)

**Properties of a Chinese domestic silk, Jin Lin, in relation to the sex of the silkworms.**

Propriétés d'une soie domestique Chinoise, Jin Lin, selon le sexe des vers à soie.

IIZUKA EISAKU., QUILIAN LI.

Fac. of Textile & Tech., Shinshu Univ., Ueda Nagano 386, Japan.

1991 *The J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 60(6), 425-431. (J,e)

**Studies on the physical properties of the silk thread from cocoons of *Antheraea pernyi* G.**

Etudes sur les propriétés physiques du fil de soie provenant des cocons d'*Antheraea pernyi* G.

IIZUKA E., OHBAYASHI S., OKACHI Y., SATOH T., SHIMIZU M., FUKUDA A.

1991 *The J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 60(6), 495-500. (J,e)

**Tests for production of blended yarns with anisoshrinking from mori silk and reeled raw threads of wild silks.**

Tests pour la production de fils mélangés à partir de soie mûrier et de soie sauvage.

KATO H.

National Institute for Sericultural & Entomological Science, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1991 *The J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 60(6), 432-444. (E)

**The reeling examination of several silkworm race cocoon having different size cocoon filament and it's raw silk quality.**

Vérification de la qualité de la soie grège obtenue par le dévidage de cocons de diverses races de vers à soie ayant des filaments de titres différents.

KUROKAWA M., MIDORIKAWA E.

Silk Science Res. Inst., Dainippon Raw Silk Foundation, 3-25-1 Hyakunincho, Tokyo, Japon.

1991 *The Reports of the Silk Sci. Research Inst.*, No. 39, 27-37. (J,e)

**Reliability of cleanness test and grading of raw silk.**

Fiabilité des tests de propreté et de gradation de la soie grège.

LUN B., YAPING Y., SHIMAZAKI A.

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, Ueda 386. Japan.

1991 *The J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 60(6), 487-494. (J,e)

**Study of dry cleaning on silk fabrics.**

Etude sur le nettoyage à sec des tissus de soie.

MATSUO J., NARUSE N.

Silk Science Res. Inst., Dainippon Raw Silk Foundation, 3-25-1 Hyakunincho, Tokyo, Japon.

1991 *The Reports of the silk Sci. Research Institute*, No. 39, 47-59. (J)

**Study of machine sewing on thin silk fabrics.**

Etude d'une machine permettant de coudre les tissus de soie fins.

MATSUO J., NARUSE N.

Silk Science Res. Inst., Dainippon Raw Silk Foundation, 3-25-1 Hyakunincho, Tokyo, Japon.

*1991 The Reports of the Silk Sci. Research Institute, No. 39, 37-46. (J,e)*

**Development of consultation for filature using tele-computing system.**

Développement d'une consultation pour les filatures munies d'un système télé-informatisé.

SHIMIZU S., KATSUNO M.

Silk Science Res. Inst., Dainippon Raw Silk Foundation, 3-25-1 Hyakunincho, Tokyo, Japon.

*1990 The Reports of the Silk Sci. Research Institute, No. 38, 51-58. (J)*

**On the swelling treatment of silk crepe.**

Note sur le traitement de gonflement du crêpe de soie.

SHIMOKAWA Y., YAMAUCHI K.

Silk Science Res. Inst., Dainippon Raw Silk Foundation, 3-25-1 Hyakunincho, Tokyo, Japon.

*1989 The Reports of the Silk Sci. Research Institute, No. 37, 21-28. (J,e)*

**Effect of annealing on crystal size in Pure Mysore silk fibers.**

Effet de la cuite sur la taille du cristal dans les fibres de soie provenant de la souche Pure Mysore.

SOMASHKAR R., URS R. G.

*1991 Bull. Mater Sci., Vol. 14(1), 87-91. (E)*

**Luminescent characteristics of tris(2,2'-bipyridine)ruthenium(II) adsorbed in a silk fibroin membrane.**

Caractéristiques luminescentes du tris(2,2'-bipyridine) ruthenium (II) adsorbé sur une membrane de fibroïne de soie.

YOSHIMIZU H., ASAKURA T., KANEKO M.

*1991 Makromol. Chem., Vol. 192, 1649-1654.*

**Directeur Gérant : H. BOUVIER**

**Dépôt légal : 1er trimestre 1992**