

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

AKAPANTHU S. (Thaïlande / *Thailand*)
BEAULATON J. (France)
BECK D. (France)
BOSQUET G. (France)
COUBLE P. (France)
DANDIN S.B. (Inde / *India*)
DAS B.C. (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*)
LEA H. Z. (Corée / *Korea*)
LEGAY J-M. (France)

LIU S-X. (Chine / *China*)
LU H-S. (Chine / *China*)
MANO Y. (Japon / *Japan*)
MAUCHAMP B. (France)
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*)
SOMASHEKAR T.H. (Inde / *India*)
SONWALKAR T.N. (Inde / *India*)
TAKAHASHI R. (Brésil / *Brazil*)
TAZIMA Y. (Japon / *Japan*)
TRENCZEK T. (Suisse / *Switzerland*)
VAGO C. (France)
VEY A. (France)
XIA J-G. (Chine / *China*)
YAMASHITA O. (Japon / *Japan*)

SOMMAIRE - CONTENTS

Actualités / News i

Revues / Reviews

Mulberry diseases in India and their control 1
 Les maladies du mûrier en Inde et leur contrôle 19
 R.S. TEOTIA & S.K. SEN

Genetic control of disease resistance in mulberry 33
 Contrôle génétique de la résistance aux maladies chez le mûrier 43
 SUBRATA BISWAS & K. SENGUPTA

Articles originaux / Original papers

Heterosis analysis in some three-way crosses of *Bombyx mori* L. 51
 Analyse de l'hétérosis chez certains croisements trois voies de *Bombyx mori* L. 63
 S.K. DAS, S. PATNAIK, B. GHOSH, T. SINGH, B.P. NAIR, S.K. SEN & G. SUBBA RAO

Raising of silkworm, *Bombyx mori* L., on artificial diet after chawki rearing on mulberry leaf 67
 Education du ver à soie *Bombyx mori* L. sur aliment artificiel après nourrissage des jeunes larves avec des feuilles de mûrier 77
 N. ROYCHOUDHURY, RITA BASU, M. SHAMSUDDIN & S.K. SEN

The spinning apparatus of silkworm (*Bombyx mori* L.) larvae: The silk press 81
 L'appareil de filage de la larve du ver à soie *Bombyx mori* L. : La presse 87
 OMANA JOY

A rapid technique for obtaining air-dried mitotic chromosomes from the eggs of silkworms 89
 Technique rapide pour obtenir des chromosomes mitotiques par séchage à l'air chaud à partir d'œufs de vers à soie 95
 B. LAKSHMI KUMARI, JAYAPRAKASHI & S.R. ANANTHARAYANA

Isolation and characterization of pathogenic bacterial species in the silkworm, *Bombyx mori* L. 97
 Isolement et caractérisation d'espèces bactériennes pathogènes chez le ver à soie *Bombyx mori* L. 103
 T. ANITHA SIRONMANI, P. MEENA & R. VANITHA RANI

Induced polyploidy in mulberry (*Morus* spp.): Induction of tetraploids 105
 Polypléidie induite chez le mûrier (*Morus* spp.) : Induction de tétraploïdes 117
 A.K. SIKDAR & M.S. JOLLY

Notes brèves / Brief notes

Effects of wheat bran in artificial diet on rearing the adult larvae of the silkworm, <i>Bombyx mori</i> L.	123
Effet du son de blé dans l'aliment artificiel sur l'élevage des larves du ver à soie <i>Bombyx mori</i> L. aux 4e et 5e âges larvaires	129
A.A. SARKER & N. ABSAR	

Studies on some behaviour reactions and life length of the silkworm, <i>Bombyx mori</i> L.	133
Etudes sur quelques réactions de comportement et sur la durée de vie du papillon chez le ver à soie <i>Bombyx mori</i> L.	139
A.T. SHABALINA	

Variability and correlation in some quantitative characters in the oak tasar silkworm, <i>Antheraea proylei</i> (Lep., Sat.)	143
Variabilité et corrélation de quelques caractères quantitatifs chez le ver à soie tasar du chêne <i>Antheraea proylei</i> (Lep. Sat.)	147
S.Y. RAJENDRA, P.K. DAS & M.K.R. NOAMANI	

Genetic variability in technological characters - First report in <i>Antheraea mylitta</i> D.	149
Variabilité génétique des caractères technologiques chez <i>Antheraea mylitta</i> D.	155
A.A. SIDDIQUI & A.K. SENGUPTA	

Effect of foliar nutrition on the development of leaf spot disease of mulberry	159
Effet de la nutrition des feuilles sur le développement de la maladie de la tache foliaire du mûrier	163
R.S. TEOTIA, S.K. MANDAL & S.K. SEN	

Bibliographie / Bibliography 165

Sériciculture générale / General sericulture	167
Mûrier / Mulberry	169
<i>B. mori</i> : élevage, nutrition, pathologie / <i>B. mori</i> : rearing, feeding, pathology	174
Séricigènes non-mûriers : élevage nutrition, pathologie / Non mulberry silkworms: rearing feeding, pathology	177
Vers à soie : génétique / Silkworms: genetics	179
Vers à soie : physiologie, biochimie / Silkworms: physiology, biochemistry	184
Vers à soie : oeufs, embryologie / Silkworms: eggs, embryology	189
Vers à soie : glandes séricigènes / Silkworms: silk glands	193
Soie / Silk	195

Instructions aux auteurs Information for contributors

INDE

La Conférence internationale sur la sériciculture 1994 : "Quels scénarios pour 2001 ?", organisée par la Coopération suisse pour le développement et le Bureau central de la soie, se tiendra du 25 au 29 octobre 1994 au Central Sericultural Research and Training Institute de Mysore (Inde).

Programme

Session I : Evolution de la demande internationale de soie et de produits de soie.

Mini-atelier 1 : Augmentation de la production et de la demande de soie.

Mini-atelier 2 : Marchés nationaux et internationaux et tarification de la soie : Politique générale.

Session II : Les stratégies de production dans un environnement en pleine évolution.

Mini-atelier 3 : La production de soie et les défis liés à son organisation.

Mini-atelier 4 : Nouvelles stratégies de commercialisation.

Session III : Stratégies pour l'amélioration des technologies.

Mini-atelier 5 : Stratégies de développement des technologies de production des cocons.

Mini-atelier 6 : Stratégies de développement de la production de soie grège et de tissus.

Session IV : Rôle des secteurs non gouvernementaux dans le développement de la sériciculture.

Mini-atelier 7 : Les ONG et le développement de la sériciculture.

Mini-atelier 8 : La sériciculture associative.

Session V : La coopération internationale entre les pays producteurs, transformateurs et consommateurs de soie.

Mini-atelier 9 : Coopération technique internationale entre les pays producteurs de soie.

Mini-atelier 10 : Les stratégies de commercialisation et la coopération internationale dans le commerce de la soie.

Pour de plus amples informations, prière de contacter :

Dr R.K. Datta, Director, CSRTI / ICTRETS, Srirampura, Manandavadi Road, Mysore - 570 008, Karnataka State, Inde / India. Tel. : +91-821 21406, 20757 (Director), Fax : +91 821 28545, Telex : 0846-203 CSRI IN, Telegrams : 'Silkboard'.

INDIA

The International Conference on Sericulture 1994 : 'Global Silk Scenario 2001' organised by the Swiss Development Cooperation and the Central Silk Board will be held from 25-29 October 1994 at the Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore (India).

Programme

Session I : Changing pattern in international demand for silk and silk goods.

Miniworkshop 1 : Growth in production and demand of silk.

Miniworkshop 2 : Domestic and international silk markets and prices : Policy framework.

Session II : Production strategies in the changing environment.

Miniworkshop 3 : Silk production and organisational challenges.

Miniworkshop 4 : New marketing strategies.

Session III : Strategies for technology upgradation.

Miniworkshop 5 : Development strategy for cocoon production technology.

Miniworkshop 6 : Development strategy for raw-silk and fabric production.

Session IV : Role of non-government sectors in sericulture development.

Miniworkshop 7 : NGOs and sericulture development.

Miniworkshop 8 : Corporate sericulture.

Session V : International co-operation among silk-producing, -processing and -consuming countries.

Miniworkshop 9 : International technical co-operation among silk-producing countries.

Miniworkshop 10 : Marketing strategies and international co-operation in silk trade.

For further information, please contact :

MULBERRY DISEASES IN INDIA AND THEIR CONTROL

R.S. TEOTIA & S.K. SEN

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore - 742 101, West Bengal, India.

Keywords : Mulberry, disease, occurrence, pathogen, epidemiology, control.

1. INTRODUCTION

Mulberry (*Morus* spp.) is an important plantation crop grown under a wide range of ecological conditions. It holds a special place as a major foreign exchange earner for many tropical and temperate countries. In India, cultivation of mulberry is well organised particularly in Karnataka, Andhra Pradesh, Tamil Nadu, West Bengal and Jammu & Kashmir provinces. Besides, cultivation has been further introduced recently in another twelve non-traditional provinces under National Sericulture Project to increase raw silk production as much as 16,000 MT per annum by 1994-95.

India holds the second position for the production of raw silk (about 11,000 MT per annum) in the world, which is short of about 30 % to fulfill the home requirements, and amounts to just one fourth of China's total production. The reasons for this deficiency as well as low quality of raw silk are, however, generally attributed to build up of the disease of mulberry and silkworm and to inadequate employment of improved cultural and rearing practices.

Mulberry is susceptible to a number of diseases (Rangaswami *et al.*, 1978). Right from sprouting and throughout growing seasons, it is largely affected by a number of fungal, bacterial, viral and nematode diseases. These microorganisms are the main obstacles causing considerable loss in yield and nutritive values of mulberry foliage (Chanturia, 1963 ; Shree *et al.*, 1986 ; Shree and Umesh Kumar, 1991). Feeding infected leaves, as a matter of fact, affects the health of silkworms adversely and the cocoon yield in terms of quality and quantity (Suryanarayanan and Ganesh, 1969 ; Noamani *et al.*, 1976 ; Sullia and Padma, 1987).

The lack of regular and systematic studies on the occurrence of various diseases and outbreak of epidemic is responsible for the recurring loss in leaf yield. This supplements a need to understand the relative importance of mulberry diseases in sericulture and to devise ways to tackle them effectively. In the present communication, an attempt has been made to review, till date, the available information on disease loss, symptomatology, epidemiology and methods of controlling mulberry diseases in context to their occurrence particularly in India.

2. MAJOR DISEASES

2.1. Powdery mildew (*Phyllactinia corylea* (Pers) Karst)

It is the most common disease of mulberry reported from different sericultural countries (Bouriquet, 1933 ; Aoki, 1959 ; Rhind, 1964 ; Costaneto *et al.*, 1982 ; Itoi, 1962). In India, it was first reported by Ramakrishnan and Sudan (1954) from Madras and subsequently by Bakshi and Singh (1961), Gill *et al.* (1961), Rajendran (1969) and Siddaramaiah *et al.* (1978b) from other places.

The disease occurs during spring and continues up to autumn in the temperate regions (Itoi *et al.*, 1964). But in the tropics, incidence is more frequent during the months of September to March with the maximum incidence in January and February (Krishna Prasad and Siddaramaiah, 1979 ; Biswas *et al.*, 1991). At first, the disease appears as ash-coloured powdery growth in small patches

on the lower leaves concomitant with a slight yellowing on the upper surfaces. These patches enlarge into irregular ones covering the entire leaf surfaces. As the disease advances, the affected leaves turn to yellowish brown and become coarser and leathery, reducing the crude protein content by as much as 33 % (Anonymous, 1969). Shree *et al.* (1986) reported that powdery mildew infection brought down the level of protein in Kanva-2, Mysore Local, Kosen and *M. lambang* and increased it in Poppua and Harbari varieties. Besides, it causes a drastic increase in nickel and vice-versa in copper contents of infected leaves (Shree and Umesh Kumar, 1991). In general, infected leaves are characterised by less moisture, greater starch, ash and SiO₂ contents than healthy leaves as a result of disruption in the metabolic activities in the host leading to a reduction in leaf yield and nutritive value (Chanturia, 1963). A heavy loss of quality mulberry leaves was reported in pre- and post-winter periods in Bangladesh (Anonymous, 1980-1981).

Sullia and Padma (1987) reported that powdery mildew infected leaves are accepted and digested more readily by silkworms than healthy leaves. However, their greater consumption leads to prolonged larval period, poor cocoon formation, reduced silk content and filament length (Yokoyama, 1962; Suryanarayanan and Ganesh, 1969; Noamani *et al.*, 1970).

Vegetative hyphae of the causal fungus produce a large number of long hyaline septate conidiophores on which conidia measuring 20 × 70 nm (max W × L) are borne (Mitsueda, 1959; Mitsueda and Umetsue, 1960). The pathogen differs from other powdery mildew fungi in having germinating cells terminally while the others have sub-terminally. Colson (1938) studied the cytology and development of *P. corylea* Lev. Leu and Lee (1982) reported 24 °C to 28 °C an optimum temperature for conidial growth. Conidia begin germinating within two hours at 28 °C and 100 % humidity and the disease appears two weeks after inoculation. Contrarily, Krishna Prasad and Siddaramaiah (1979) and Itoi (1962) reported rapid development of powdery mildew under high relative humidity and low temperature conditions.

Liberation of conidia takes place through air current. The fungus perennates unfavourable conditions through sexual fruiting bodies known as cleistothecium. These are flat, sphere-shaped, dark-coloured structures having several asci. Each ascus contains 2 to 4 or 8 ascospores (Aoki, 1959; Rajendran, 1969). Aoki (1959) reported the appearance of perithecia of *P. corylea* on fallen leaves, whereas in our observations (unpublished results), development of cleistothecia takes place at low temperature (14 to 17 °C average day temperature) and moderate relative humidity fluctuating from 60 % to 70 % during the months of December and January on living intact leaves. Initially they appear as tiny orange-coloured oval bodies which turn brown to black in due course. These act as a primary source of inoculum under favourable conditions.

Leu and Lee (1982) reported Red Bone cultivar of Taiwan with good field resistance whereas Bheemanna *et al.* (1986) found S54 and K2 resistant to *P. corylea* and recommended their cultivation in endemic areas. Boraiah *et al.* (1987) screened a number of mulberry cultivars and singled out S54, S36 and MR2 amongst indigenous and Kosen, Philippine, Italian, Popua and *M. lambang* (exotic) resistant to powdery mildew. Kallikutahi, Himachal Local and MIZ × Cat were found to be resistant and C776, EB × Kosen, K2 × BC and Jatununi susceptible to powdery mildew at CSR & TI, Mysore, India (Anonymous, 1987-88, 1988-89a). Besides, Govindaiah *et al.* (1989c) observed Kallikutahi to be immune and found 20 other resistant varieties, whereas Pash and Berman (1990) reported BSRM-4 (an improved variety) to be relatively resistant to powdery mildew infection.

Biological control of powdery mildews is quite rare but hyphomycetes fungi, i.e. *Cladosporium oxysporum* and *Cladosporium* spp., have been found to be hyperparasitic on *P. corylea*, infecting its conidiophores (Raghavendra and Pavgi, 1977; Rao and Sullia, 1981). Besides, Reddy *et al.* (1989) reported a coccinellid insect, i.e. *Illeis cineta*, eating the mycelium and spore mass of powdery mildew. Recently, another species of this insect (*I. indica*) has been found to feed very commonly upon spores, mycelia and young cleistothecia in West Bengal, India (Teotia *et al.*, 1992a).

There are evidences on the fungicidal control of powdery mildew disease. Yokoyama (1962) advocated sprays of Bordeaux mixture and sulphur dust to control *P. corylea* but these chemicals were reported to be lethal to the silkworm even after 15 days of spray (Anonymous, 1972). However, Sitarama Iyengar (1975) reported Morestan to be very much effective to control the disease with no toxic effect on the growth and survival of larvae even when leaves sprayed two days earlier were fed

to young silkworms. But Zutshi and Kaul (1975) reported radiometric properties of Morestan to cause 'chromosomal aberrations' which raised doubts for its further use in sericulture. Beside Morestan, two sprays of Karathane at 0.1 % were found effective in reducing the disease severity considerably (Siddaramaiah *et al.*, 1978b). They further reported feeding of Karathane-sprayed leaves to be non-toxic after 10 days of spray. Bheemanna (1990) confirmed the effectiveness of bavistin at 0.2 % concentration as reported in earlier findings (Anonymous, 1988-89a, 1990-91). Furthermore, Teotia *et al.* (1993) found Paras and kinetin effective to minimise the disease at 1250 and 5 ppm, respectively.

Foliar sprays of macro- and micronutrients contribute to the resistance/susceptibility of mulberry to *P. corylea* (Teotia *et al.*, 1992b). They found Tracer-2 (a micronutrient formulation) most effective for the control of this disease. Besides, Rajashekhar Gowda (1987) suggested a management of the mulberry silkworm by feeding young-age silkworms upon powdery mildew infected and late-age on healthy leaves.

2.2. Leaf rust (*Cerotelium fici* Cast (Arth) and *Aecidium mori* Berclay)

Two different fungal pathogens, i.e. *Cerotelium fici* and *Aecidium mori*, have been reported to cause black and red rust in mulberry respectively during late winter and early summer seasons. Black rust appears on mature leaves as brown or black pustules and cause yellowing, drying and premature fall of leaves (Ramakrishnan, 1952 ; Ahmed, 1981) amounting to 5-10 % loss in leaf yield (Siddaramaiah *et al.*, 1978). Qualitatively, it significantly reduces moisture, crude protein, reducing sugars and total sugars in infected leaves (Sundeswaran *et al.*, 1988). Another rust (*Aecidium mori*) has been reported from Simla (Himachal Pradesh), Darjeeling (West Bengal), Shillong (Meghalaya) and Koppa (Karnataka) by Hector (1972) and Sydow *et al.* (1906, 1907). It brings down the nutritive value of leaves and hastens yellowing, senescence and defoliation (Wang, 1980). A literature survey indicates very few studies on *C. fici*, therefore this part of the review has been discussed mainly in relation to *A. mori*.

The red rust appears in the form of regular or irregular red brown pustules on both sides of leaves. Pustules also appear on immature young leaves, bud shoots and petioles (Wang, 1980).

Morphological studies of the fungus revealed a binucleate and regularly septate mycelium which grows inter- and intracellularly inside the host tissues and sends haustoria into the cells to absorb nutrients. Its germinated and ungerminated spores are mostly binucleate (Kaneko, 1973). Aeciospores are produced in special sori known as 'aecia'. Aecia are amphigenous, cupulate, orange yellow, measuring 12.5-27.5 × 8.5-20 µm in size. The spore cell wall is mostly 1 to 2 µm thick and finely echinulate (Wang, 1980).

The germ tubes of *A. mori* are shorter than most of the other rust species and consequently the nuclei in the germ tubes are elongated. Nuclear fission is absent in spores and formation of septa and meiotic division has not been observed in the germ tubes. The fungus penetrates directly through the leaf cuticle or stoma. It multiplies through sexually repeated aeciospores on mulberry. However, spermatogonium has not been observed. It is a peculiar micro-cyclic rust and produces only aeciospores in its life cycle (Kaneko, 1973).

The pathogen perennates over the unfavourable condition as mycelium or aeciospores in aecia on old living plants or in dead plant parts (Mitsueda and Umetsue, 1968). Hibernating aeciospores act as a source of primary infection under moist and moderately warm weather conditions. Symptoms appear 20 days after inoculation. The aeciospores discharged from the cup are spread mainly by the wind and act as a secondary source of inoculum. The disease can appear within the year without hibernating the pathogen and does not require any specific condition, i.e. low temperature and resting period after infecting the tissue (Mitsueda and Umetsue, 1968). Wang (1980) reported 24 °C temperature optimum for aeciospore germination.

Wang (1980) observed that rust incidence varies according to varieties. He found local lines most susceptible. However, Boraiah *et al.* (1987) reported a few indigenous races, e.g. S54, S36, MR2, and exotic ones, e.g. Kosen, Philippine, Italian, Popua and *M. lunbang* varieties, to be resistant to *A. mori*.

Sundeswaran *et al.* (1988) found all the five high yielding varieties, i.e. K2, S30, S36, S41 and S54, susceptible to *C. fici*, whereas a few genotypes, like Acc-151, Acc-575 and Cattaneo, were

grouped immune, and Local $\times$ Kokuso, Acc-121, S54, C763, MR₂ and Kosen resistant, some others, viz. Acc-106, S1531, S523, Himachal Local and Acc-121 moderately resistant at CSR & TI, Mysore (Anonymous, 1987-88, 1989-90a). Govindaiah *et al.* (1989c) screened 90 indigenous and exotic genotypes but found none either immune or resistant. However, they singled out AB $\times$ Phil., K₂ $\times$ Kosen, Acc-115 and Almora Local as moderately resistant. Conversely to previous reports, they further maintained MR₂, Cattaneo, Local $\times$ Kokuso, Acc-121, Acc-124, C763, Kosen and Himachal Local as moderately susceptible. Phillip *et al.* (1991) considered the thickness of epidermis-cum-cuticle, palisade tissues and lower frequency of stomata responsible for the resistance to leaf rust. They found MS₆, KS₂ and Cattaneo resistant to rust infection. The variability among genotypes to *C. fici* may be attributed to variable environmental factors at the experimental site and are governed by certain genes (Bell, 1981).

While the identification of resistant varieties is still at a juvenile stage, Govindaiah *et al.* (1989b) recorded a lower incidence of *C. fici* at 90 $\times$ 60 cm spacing. However, they did not find any significant effect of pruning (ground, middle or high) or method of harvest (shoot or step down) on the incidence of the rust.

Wang (1980) revealed that a few fungicides, i.e. Plantavax (0.5 %), Saprol or Zineb (0.2 %) control the red rust effectively. Teotia *et al.* (1993) reported GA₃ and kinetin at 20 ppm concentration effective to minimise the rust incidence. Besides, manipulation of host nutrition proved commercially useful in a number of crops (Huber, 1980). Foliar application of NK fertilizers together at 0.5 % concentration suppressed the disease up to 78.28 % (Teotia *et al.* (1992b).

2.3. Leaf spot (*Cercospora moricola* Cooke)

Leaf spots caused by several fungal pathogens are the main obstacle in foliage production during monsoon and early autumn. Till date, a literature survey has revealed that about eighteen fungal pathogens are responsible for this disease in India (Table I). Amongst them, leaf spot caused by *Cercospora moricola* Cooke is the most devastating throughout the country. Therefore, main emphasis has been given on this pathogen in this part.

The pathogen (*C. moricola*) was first reported by Patel *et al.* (1949) from Dharwar (Karnataka). It causes 10-12 % loss in leaf yield, which may, however, reach up to 20 % and sometimes 35 % in most severe conditions (Sikdar and Krishnaswamy, 1980 ; Sikdar, 1987 ; Anonymous, 1990-91). Sukumar and Ramalingam (1989) opined a direct loss of 5 % due to defoliation and an additional loss of 20-25 % due to destruction of the leaf area. The maximum incidence has been recorded during July to October in Karnataka and West Bengal (Siddaramaiah *et al.*, 1978 ; Anonymous, 1990-91). Madhava Rao *et al.* (1981) observed a considerable leaf yield loss and reduction in moisture, proteins and sugars in *C. moricola* infected leaves. Further, the diseased leaves affect the health of silkworms adversely and ultimately the quality and quantity of cocoons (Sikdar *et al.*, 1979).

The causal fungus produces minor circular light brown spots on the leaves which gradually increase in size and turn dark brown. Sporodochia develop in circuits or scattered groups on lower and rarely on upper surfaces. Shoot holes formed by dropping out of the dead affected tissues from the leaves are the characteristic symptoms of the disease (Siddaramaiah *et al.*, 1978c).

Epidemiological studies revealed that conidia germinate on both surfaces of the leaves. However, germ tubes (single or branched) enter through stomata only whether open or closed, indicating the absence of direct penetration (Sukumar and Ramalingam, 1983). In mulberry, the stomata (hypostomatous) are distributed only on the lower surface of the leaves. Therefore, successful infection of *C. moricola* is possible only when the conidia are deposited on the lower surfaces. Interestingly, conidia are splash-borne in nature and are carried to the undersurface by rain splashes ensuring natural portal for entry and assured moisture for germination and penetration (Sukumar and Ramalingam, 1981a, 1981b).

The susceptibility of mulberry leaves varies with age. Siddaramaiah *et al.* (1978c) and Sukumar and Ramalingam (1981a) observed less infection on young leaves. Conversely, Sukumar and Ramalingam (1987a, 1990) reported young leaves to be more susceptible to the fungus. Resistance to penetration and establishment of infection on older leaves presumably may be due to the presence

of more antifungal compounds in leaf leachates and residing phylloplane microbes (Sukumar and Ramalingam, 1987a, 1987b, 1988).

Table I. List of pathogenic fungi causing leaf spot disease in mulberry in India.

Tableau I. Liste des champignons pathogènes responsables de la maladie de la tache du mûrier en Inde.

Sl no	Causal organism	Reported from	Authors
N° de série	Organisme responsable	Site d'observation	Auteurs
1	<i>Alternaria alternata</i>	Mysore (K)	Gunasekhar and Govindaiah (1990-91)
2	<i>A. tenuissima</i> (Kze. ex- Pers. Wiltshire)	Jammu (J&K)	Padotra (1966)
3	<i>Atractum indicum</i> (Chona and Munjal)	Kalimpong (WB)	Kapoor and Munjal (1966)
4	<i>Cercospora moricola</i> (Cooke)	Dharwar (K)	Patel <i>et al.</i> (1949)
5	<i>C. mori</i> (Hara)	Delhi	Munjal <i>et al.</i> (1959)
6	<i>Clasterosporium mori</i> (Syd.)	Allahabad (UP)	Seksena (1928)
7	<i>Coniothyrium albae</i>	Jammu (J&K)	Pandotra and Hussain (1966)
8	<i>Drechslera yamadai</i> (Nisik)	Meerut (UP)	Sharma (1974)
	Subram and Jain		
9	<i>Fusarium concolor</i>	Madanpalle, Chittor (K)	Reddy and Rao (1974)
10	<i>F. solani</i> (Mart) Sacc.	Jammu (J&K)	Chowdhary and Raj (1986)
11	<i>Mycosphaerella indica</i>	Poona (M)	Viswanathan (1959)
12	<i>Myrothecium roridum</i> Tode. ex Fr.	Mysore (K)	Govindaiah <i>et al.</i> (1989)
13	<i>Phleospora maculans</i> (Berang) Allesch	Bihar and Kashmir Valley	Yadav (1963), Munshi <i>et al.</i> (1985)
14	<i>P. mori</i> (Lev) Sacc.	Dubgaon, Kashmir (J&K)	Sydow and Butler (1916)
15	<i>Phyllosticta morifolia</i> Pers.	Achibal Kashmir (J&K)	Decosta and Mundkar (1948)
16	<i>Pseudocercospora mori</i> (Hara) Deighton	Jaunpur (UP)	Srivastava and Srivastava (1975)
17	<i>Sitasporium mori</i>	Meerut (UP)	Dubish and Singh (1976)
18	<i>Stigminia obtecta</i> (Petrak and Esfandiari)		Dhar <i>et al.</i> (1988)

K : Karnataka. J&K : Jammu and Kashmir / Jammu et Cachemire. WB : West Bengal / Bengale occidental. UP : Uttar Pradesh. M : Maharashtra.

Epidemiological studies further brought out that development of infection spot and production of conidia take place through four different stages from the appearance of spot up to the tenth day of its development. The third stage (when the spot is five days old) is most acute because the maximum number of conidia is produced on the upper surface rather than on the lower surface (Sukumar and Ramalingam, 1986).

Siddaramaiah *et al.* (1978c) were of the view that rainfall did not affect the development of leaf spot. However, Sukumar and Ramalingam (1981b) observed dispersal of the pathogen horizontally and vertically through rain splash. They (1989) concluded that rainfall was solely responsible for the spread and multiplication of the disease. Siddaramaiah *et al.* (1978c) observed 24 °C temperature to

be optimum for conidial germination. However, the pathogen loses its viability when cultures are exposed at 45 °C for 20 minutes (Siddaramaiah and Hegde, 1990).

Reaction of genotypes to *C. moricola* studied at CSR&TI, Mysore, revealed that varieties with thick epidermis or cuticle are most resistant (Govindaiah *et al.*, 1990b). They recorded Kallikutahi and Bilidevalia to be most resistant and confirmed the resistance in varieties like MR₁, MR₂, S₇₉₉, Assamabola, K₂ and S₅₄ and susceptibility in Local, S₄₁ and S-30, as reported in previous studies (Anonymous, 1985-86, 1987-88; Govindaiah *et al.*, 1989c). Govindaiah *et al.* (1989c, 1990b) further singled out Kallikutahi and Bilidevalia as completely resistant and China White, S₃₁, S₁₀₉₀, MS₂, MS₅, MS₇, Acc-153 and OPH-153 as resistant out of 90 (exotic and indigenous) genotypes. Boraiah *et al.* (1987) reported S₅₄, S₃₆ and MR₂ (indigenous) and Kosen, Philippine, Italian, Popua and *M. lambang* (exotic) to be resistant to the disease.

A few microorganisms, i.e. *Streptomyces* sp., *Cladosporium cladosporioides*, *Curvularia lunata* and *Pseudomonas maltophilia*, have been found to be strong antagonists to *C. moricola* *in vitro* (Siddaramaiah *et al.*, 1978d; Sukumar and Ramalingam, 1987b). However, their potentialities are yet to be confirmed in greenhouse or field experiments.

Govindaiah *et al.* (1990a) reported a higher incidence of leaf spot in closer spacing (60 cm × 30 cm) than in wider (120 cm × 75 cm) whereas Sukumar and Ramalingam (1986) suggested plucking of infected leaves before sporulation or receipt of rain water for the physical control of the disease.

Management of diseases through chemicals is the easiest method of control. Bavistin (0.02, 0.05 and 0.1 %) and dithane M-45 (0.05, 0.1 and 0.2 %) completely controlled the pathogen *in vitro* (Kanti, 1975). Siddaramaiah *et al.* (1978a, 1978b, 1980b) however confirmed the effect of bavistin both *in vitro* and *in vivo* but found dithane M-45 ineffective. Sikdar and Shenoj (1980b) while revealing the toxicity of dithane M-45, diflolan and duter up to 10-15 days resulting in mortality of larvae, reported bavistin absolutely non-toxic to silkworm larvae fed with leaves after an hour of spray. Other fungicides, viz. calixin, aureofungin, dithane Z-78 and hexaferb, were noted ineffective. Besides, Teotia *et al.* (1994) found Tracel-2 most effective to minimise the disease up to 84.19 % at 2.0 % concentration.

2.4. Bacterial leaf blight (*Pseudomonas mori* Boyer and Lambart)

Till date, very few bacterial diseases have been reported on mulberry. Of these, the bacterial leaf blight (BLB) caused by *P. mori* is the only disease of much economic importance, causing 5 to 10 % loss in foliage production. The disease was, however, recorded on mulberry dated back by E.F. Smith (1910), but its occurrence was first reported in India by Sinha and Sexana (1966) from Nainital District of Uttar Pradesh and, later, by Krishna Prasad and Siddaramaiah (1978) from Dharwar (Karnataka) during the rainy season. This is prevalent in almost all the mulberry cultivating States of India. In addition to causing heavy defoliation, it impairs the nutritive value of mulberry leaves to feed the silkworm (Sato and Takahashi, 1973).

Bacteria produce numerous small, water-soaked, irregular spots on the lower surfaces which also develop on the upper surfaces at later stages. The spot turns blackish brown and becomes slightly angular, surrounded by a yellow margin. As the disease advances, spots usually coalesce together and form large irregular dead areas which dry up in dry weather and fall off in wet weather conditions, giving the leaves a distorted and torn appearance.

Young leaves are most susceptible to the disease. They appear crinkled, distorted, outwardly curled and ultimately defoliate prematurely. Bacteria also infect veins, veinlets and petiole. On the stem, it causes irregular sunken, dark black slits from which bacterial ooze is exuded during the late stages of infection (Krishna Prasad and Siddaramaiah, 1978).

The pathogenic bacterium is a rod-shaped, non-motile, Gram-negative and measures about 0.9 to 1.4 µm × 1.8 to 4.5 µm. It is mainly characterised by small circular shiny white translucent slow-growing colonies on nutrient media. Sato *et al.* (1981) reported that a majority of *P. mori* isolates grow on a nutrient medium containing saccharose, phenyl red, methyl violet, penicillium potassium ampicillin, sodium acetyl trimethyl ammonium bromide and cadmium chloride. It responds positively

to β -oxidative metabolism of glucose and ammonia production but negatively to oxidase test of indole production. It reacts very fast with raffinose and slow with fructose while very slow with glycerol and mannitol (Turkoglu and Oktem, 1973).

Bacteria overwinter in their natural ooze or other plant parts fallen on the soil. On living plants, they survive epiphytically in buds, on wounds, in exudates or inside the infected tissues. Sato and Takahashi (1973) reported longer survival in dried non-sterilized soil than under moist sterilized soil conditions. They (1975) further noted survival more than 738 days on mulberry leaves packed in paper bags and kept at 5 °C, but a little less if kept at room temperature. In general, survival is longer under low temperature and dry conditions than under high temperature and wet conditions (Kuibonila and Nakayama, 1975).

Perennating bacteria are carried to the infection site (stomata, hydathodes, wounds, etc.) by rain splash, insects or by wind during wet weather. After landing on wet leaves, they multiply in a film of water or guttation drop and penetrate through stomata, hydathodes or wounds caused by insects or mechanical injuries. Inside the tissues, they multiply and spread intercellularly at a rapid rate. Rain by its washing or spattering effect facilitates dissemination to other plants. Necrosis on leaves and twigs appears 20 days after inoculation (Turkoglu and Oktem, 1973).

Persistence of high relative humidity during the rainy period and an atmospheric temperature fluctuating between 23 and 32 °C with little sunshine favour rapid spread and development of the disease.

Disease-resistant cultivars offer the best way of disease management. A few exotic varieties, such as Bulgaria-24, Bulgaria-3, Thileseria and Galicene, with some resistance (Coteance, 1974) and others like 'Shinichinose' and 'Minamisakari' obtained from crosses between 'Kariyainagawa' and 'Rogawa' have been pointed out as highly resistant to bacterial blight (Takahashi, 1980). Aktar and Sarvar (1988) and Pathan (1987) graded *M. indica* cultivars, i.e. Husung China, Shin Ichinose, Gumji and Ichihie resistant, Japanese early moderately resistant and *M. latifolia* and *M. alba* susceptible to *P. syringae* pv. *mori* in the field and under laboratory conditions. In India, varieties such as Berhampore, Berhampore Local, Chanapatna Local, Coonoor series C₆, C₁₀, C₁₁, C₁₄, C₁₅, C₁₈, CRR, Hakkikalu, Jakkar Local, Kajali, MS₅, MR₂, Mysore Local, S₃₆, S₄₁, S₅₄ and YRK amongst indigenous and farmers' field, Herabam, Italian, Kairyo-neramigheshi, Kosen, Kurangi, *M. australis*, *M. cathagam*, *M. lambang*, *M. multicaulis*, Okinawa 1 and 2, Philippine, Popua, Tai-song 2 and 3 and Tsukasguwa (exotic) were reported to be resistant to *P. mori* (Shree and Boraiah, 1988).

Foliar sprays of phytoalexin (0.05 to 0.1 %) containing glycerine control the disease and stimulate the growth as well as the resistance of plants (Chanturia and Labakhua, 1973). Krishna Prasad and Siddaramaiah (1978) found streptomycin sulphate, streptomycin and streptomycin effective to inhibit the bacteria at 5 to 100 ppm on nutrient agar. Govinepadze *et al.* (1978) suggested a few fungicides; i.e. benomyl, Zineb, Zineb-317, epidox, nancocare, dithane and dithane M-45 to be highly effective. Docea *et al.* (1987), besides confirming the effectiveness of dithane M-45, reported mycodifol to be effective at 0.2 % concentration. Further, foltaf has been reported most effective followed by streptomycin, dithane M-45 and captan *in vitro* at 0.05, 0.1, 0.2 and 0.5 % concentrations (Sharma and Govindaiah, 1991).

2.5. The root knot nematode, *Meloidogyne incognita* Chitwood (Kofoid and White, 1949)

Occurrence of the root knot nematode on *Morus* sp. has been recorded by several workers from different parts of the world (Bessey, 1941 ; Chitwood, 1949 ; Colbran, 1958 ; Minz, 1956, 1958 ; Martin, 1958 ; Siokawa, 1960 ; Zhou, 1982). However, it was first reported in India by Narayanan *et al.* (1960) from Mysore (Karnataka) and, a few years later, by Mathur *et al.* (1969) from Uttar Pradesh and Haque (1976) from West Bengal. Besides, some other nematodes, i.e. *Hemicriconeimoides communis* sp. (Edward and Mishra, 1963b), *Haplolaimus indicus* Sher (Saha *et al.*, 1983), *Rotylenchus reniformis* Lintord and Obevieria (Rashid *et al.*, 1973 ; Roy and Das, 1978 ; Swarup *et al.*, 1967), *Xiphinema basiri* Siddique (Khan and Khan, 1972 ; Roy, 1973) on *Morus alba* L. and

Meloidogyne javanica Treub (Nirula and Kumar, 1966) on *Morus indica* L. have been reported to cause root knot diseases of mulberry in India.

The root knot nematode is well known to cause considerable loss in the yield and nutritive values of mulberry leaves (Saha *et al.*, 1953 ; Narayanan *et al.*, 1966). Rao *et al.* (1989) reported 85 % infestation of mulberry fields in Malda District of West Bengal. An almost similar infestation rate (82.4 %) was recorded from Mysore (Karnataka) by Narayanan *et al.* (1966). Rao *et al.* (1989) further observed maximum infestation during the rainy season, followed by summer and minimum in winter.

The symptoms of infected plants depict stunted growth, chlorotic and discoloured leaves and proneness to wilt during warm days. The roots are affected most adversely and bear the characteristic swelling known as 'galls' or 'knots'.

The parasite has three different stages, i.e. egg, larva and adult, in the life cycle. It undergoes four moults to produce the mature males and females. The larvae on hatching out from the eggs escape into the soil and penetrate the roots at or near meristematic regions. Being sedimentary parasites, they settle permanently in the roots with their heads protruding into the vascular bundles (Hussain and Khan, 1988).

On the entry, the root tissue responds hypertrophy. Histopathological studies confirmed the presence of larvae and adults in both the cortical and the stelar regions. Damage of tissue is characterised by necrotic cells, formation of multinuclear, thick-walled, giant cells and disorganisation of the cortical and stelar system (Haque, 1982-83). Induction of gall formation has been suggested by growth regulators (a proteolytic enzyme) secreted by the larvae. The enzyme is known to release a precursor of IAA (Goodey, 1948).

Dispersal of nematodes within the field or field-to-field is caused through farm machinery, sapling transplantation, irrigation, etc. Eggs remain viable up to 175 days at 10 °C, 145 days at 20 °C, 40 days at 30 °C and 25 days at 40 °C (Anonymous, 1988-89a). Besides infective stage larvae can remain in the soil freely for a quite considerable period. However, females fail to reach maturity below 10 °C and above 35 °C temperature (Hussain and Khan, 1988).

Gaskin (1958) reported more than 2000 alternate hosts of root knot nematode. Govindaiah *et al.* (1989a) studied alternate weed hosts of mulberry garden and found weeds like *Oxalis* sp., *Solanum nigrum*, *Trianthema portulacastrum*, *Borrevia ocymoides*, *Digera muricata*, *Cleome viscosa*, *Croton bonplandianum* and *Mimosa pudica* highly susceptible to *M. incognita*. Besides, a few crop plants such as maize, groundnut, gram, turmeric, elusine, tomato, black gram, ginger, sesame and cluster bean, which are cultivated as intercrops or mulch crops in mulberry are susceptible to the root knot nematode.

There is paucity of adequate literature on the control of *M. incognita* in mulberry. Different cultural methods used in other crops, e.g. crop rotation, flooding, fallowing and hot water treatment, do not suit mulberry agronomical systems. However, the use of alternate weed hosts (Govindaiah *et al.*, 1989a) as 'trap crop' and subsequent uprooting can reduce infestation to a considerable extent. This aspect, however, requires extensive studies comprising the identification, life cycle and reproduction of alternate hosts and their relationship with *M. incognita* in different agro-ecological systems.

Being target-specific, biological methods of control are regarded safe to health hazards and environmental pollution. Jatata (1982) reported the control of *M. incognita* by a hypomycete fungus, i.e. *Paecilomyces lilacinus* (Shom) Samson, in the laboratory, greenhouse and field experiments. The fungus, besides not being pathogenic to plants, can readily be cultured in the laboratory. It destroys the embryo by penetrating nematode eggs and also kills the developing females. Besides, a bacterium, i.e. *Bacillus penetrans*, has been reported as an effective biocontrol agent either alone or with nematicides for the control of root knot parasites (Mankau and Imbrani, 1975 ; Mankau and Prasad, 1977). Spores of the bacterium remain free in the soil and can persist for longer periods even in a desiccated state until contacted by the nematodes (Mankau, 1975). However, beneficial effects of such biocontrol agents are yet to be confirmed in mulberry.

The population of plant parasitic nematodes reduces in the field when certain antagonistic plants are grown intermixed. Rohde and Jenkin (1958) and Alam *et al.* (1975) reported that a few plants like *Asparagus officinalis*, *Tagetes erecta*, *T. patula*, *Anagallis arvensis* and *Crotolaria spectabilis* produce nematocidal substances in their roots. Toide (1978) confirmed the nematocidal effect of

marigold in mulberry.

Studies conducted at CSR & TI, Mysore (India), revealed that intercropping of marigold at 30 cm distance caused a considerable reduction in the disease (Anonymous, 1988-89a). Besides, incorporation of neem and pongamia green leaves (@ 1 ton/ha/year) reduces the number of knots/plant as compared to furadan, neem oil cake and control. However, their effects were significant at the rate of 1 ton/acre/year. Further, pongamia leaves were reported superior over neem in all parameters (Anonymous, 1989-90).

Information on the root knot resistant mulberry genotypes is lacking, barring a report from CSR & TI, Mysore (Anonymous, 1985-86) in which S₃₀, Assamabola, OPH-1 and S₁ varieties were graded more resistant.

Masood and Hussain (1974, 1975a, 1975b) discovered the presence of phenols and amino acids in resistant and moderately resistant varieties of tomato but not in susceptible ones. They further observed that application of oil-cakes, growth regulators such as IBA and IPA and amino acids resulted in an increase in phenols, free amino acids, proteins, carbohydrate and orthodihydroxy phenol in root knot inoculated and uninoculated tomatoes. These findings indicate the role of these substances in disease resistance and can be useful for screening resistant genotypes of other plants, e.g. mulberry.

The use of chemicals is the most common and easy method where other methods of disease control are either scarce or fail. Nematicides such as temik 10G, DD-mixture, nemagon (Sikdar and Sheno, 1980a; Sikdar *et al.*, 1983), thimate 10G, Furadan and Rugby 10 G (Anonymous, 1985-86, 1988-89b, 1989-90) have been reported effective to control the root knot disease. Besides, organic phosphorus - Baycor 5121 (@ 20-40 kg/acre) fairly controls *M. incognita* when applied between rows at 10 cm depth (Siokawa *et al.*, 1960; Todd *et al.*, 1968; Yukio, 1968). Furthermore, application of castor, neem, groundnut and gingily oil cakes (@ 1 ton/ha four times a year) resulted in the control of root knot parasites. However, in most of the studies, the neem oil cake brought out the maximum reduction in nematode population and even better than thimate 10 G, DD-mixture, furadan and temik 10 G without producing any significant difference for any of the larval and cocoon characters of silkworms fed on leaves of treated plants (Sikdar *et al.*, 1986, Anonymous, 1988-89b, 1989-90).

3. MINOR DISEASES

3.1. *Phleospora* leaf spot (*Phleospora maculans* Berang)

It was first reported by Munshi *et al.* (1986) from the Kashmir valley. The fungus causes heavy damage to the leaves, rendering them unsuitable for silk worm feeding. None of the mulberry cultivars grown in the valley was reported free from the disease. Munshi *et al.* (1987) recommended bavistin (0.05 and 0.1 %) and Captan (0.4 %) for the effective control of the fungus. Another species of the pathogen, i.e. *P. kuwacola* (yendu) Fukia has been recorded to cause leaf spot in Japan.

3.2. *Fusarium* leaf spot (*Fusarium concolor* Rg. Reinking and *Fusarium solani* Mart.)

Two different species of *Fusarium*, i.e. *F. concolor* and *F. solani*, have been found causing leaf spot in mulberry. The earlier one, *F. concolor*, was reported from Madnapelle in Chittoor District of Karnataka by Reddy and Rao (1974) during the winter season. The pathogen causes numerous scattered, sharply defined brownish necrotic spots of 1 to 3 mm diameter. Infected leaves become chlorotic and ultimately fall off prematurely. Symptoms appear after 4 to 5 days of inoculation. The morphology of the fungus reveals a dark orange coloured mycelium producing globose and smooth-walled chlamydospores measuring 10-15 µ in diameter both terminal and intercalary in the hyphae (Reddy and Rao, 1974).

The species, i.e. *F. solani*, has already been reported to cause wilting of mulberry shoots (Gvinepadze, 1976; Shree and Boraiah, 1987), fusariosis in mulberry seedlings (Gvinepadze, 1977; Siddaramaiah and Hegde, 1988) and branch blight of mulberry in the USSR. However, it was recently reported to cause leaf spot in Jammu region of India by Chowdhary and Raj (1986).

The pathogen causes dark grey coloured, round or oval spots on both sides of the leaves having a pinhead size patch of brown colour in the centre. It grows very fast on nutrient agar. The mycelium produces double-layered conidia with 3 to 4 septa (Chowdhary and Raj, 1986). They further maintained that effective control of the pathogen could be obtained by bavistin (0.25 %) and dithane M-45 (0.3 W/V) respectively on a nutrient medium.

Shirata *et al.* (1979) isolated 30 isolates of *Fusarium* spp. from twig blight infected mulberry shoots and classified them into *F. lateritium* sp. *mori*, *F. solani* sp. *mori*, *F. roseum* and *F. moniliformae*. They further observed that *F. lateritium* sp. *mori* enlarged the lesion at a range of 5 to 20 °C but not at or beyond 30 °C during winters whereas *F. solani* sp. *mori* did at 3 to 30 °C in both summer and winter shoots but *F. roseum* enlarged the lesion only at 30 °C in summer shoots. They found 'Kenmochi' variety rather resistant and 'Kokuso' susceptible to them. Tolerance to antifungal substances produced in mulberry was ranked as follows, *F. solani* > *F. lateritium* > *F. roseum*.

3.3. Tar spot (*Myrothecium roridum* de Exfr.)

The disease was recorded very recently by Govindaiah *et al.* (1989b) from Mysore (India) and Heming *et al.* (1988) from Suzhou Sericulture Institute, China. It appears in the form of large irregular, circular or linear tan-coloured spots with a dark margin on the leaf surfaces resulting in adverse changes in the host physiology (Umesh Kumar and Shree, 1990). Heming *et al.* (1988) studied germination, growth and fructification of the causal fungus on nutrient media and found 20 °C temperature and 5.4 to 8.5 pH optimum for growth. *In vitro* screening of fungicides revealed foltaf and dithane M-45 more effective than others, i.e. Karathane, bavistin and sullex (Govindaiah *et al.*, 1989b).

3.4. Stem canker (*Botryodiplodia theobromae* Pat.)

It was reported by Luke and Sathiya (1982) in and around Bangalore, India. The fungus seems to be a facultative parasite and has also been reported from rizhophane of mulberry (Shree and Boraiah, 1987). Shree and Boraiah (1983) noted 10 to 15 % disease incidence in mulberry stem cuttings which were pretreated with ethyl methyl sulphate and colchicine at 0.5 and 1.0 % in a preliminary study of mutation breeding. Sukumar *et al.* (1991) reported an average mortality of 30 % in nurseries. The disease develops as a greenish black lesion on the stem and plenty of dark black carbonaceous structure producing pycnidial bodies in groups in latter stages. It inhibits sprouting of mulberry stem cuttings (Shree, 1984 ; Sukumar *et al.*, 1991).

Nutritional studies revealed that the fungus utilizes D-glucose carbon source best and likes pectin least (Sullia and Padma, 1986). It grows fast on PDA and slowest on mulberry leaf decoction agar. The fungus sporulates heavily in both mulberry leaf decoction agar and PDA but vice versa on Czapek's agar.

The mycelium of the causal fungus is septate and made of numerous grey-coloured hypha. The fungus is a weak parasite and opportunistic pathogen entering the host only through wounds. It reproduces by sexually produced pycnidiospores or conidium in black round bodies called pycnidia. Each conidium is two-celled, oval in shape and dark in colour. The pathogen is mainly spread by rain, wind and irrigation water. After landing on a wounded stem part, the conidium germinates producing one or two germ tubes which enter and invade tissues in all directions, impairing growth of buds and twigs. In nurseries, it enters mainly through basal cut ends, causing failure of root initiation and death of buds subsequently. Infected host, stacked host stem and plant debris in soil provide a substrate for the development of the pathogen and its survival throughout the year (Sukumar *et al.*, 1991).

Bavistin (10 ppm) was reported to act significantly superior to all the other fungicides tried (blitox-50, captan, dithane M-45, dithane Z.78 and Karathane) in checking the growth of *B. theobromae* *in vitro* and *in vivo* (Shree, 1984). A soaking pretreatment of stem cuttings in 0.2 % solution of bavistin for 20-30 minutes before planting them in the field as well as spraying cut surfaces on stumps soon after pruning were suggested as preventive measures (Sukumar *et al.*, 1991).

3.5. *Fusarium* leaf blight (*Fusarium padilliroseum*)

The causal fungus was recorded quite recently causing a blight of mulberry leaves and twigs at Mysore (Govindaiah *et al.*, 1990c). The disease appears in the form of marginal browning of leaves and formation of irregular black lesions which in later stages coalesce and spread longitudinally resulting in splitting and drying of branches. Symptoms appear one month after the inoculation. Foltaf inhibits the fungus completely at 0.2 % concentration followed by dithiane M-45 and deltan 0.2 % *in vitro*.

3.6. Stem blight and collar rot (*Phoma exigua* Desm and *Phoma murorum* Sacc.)

Dayakar Yadav and Sukumar (1988) first reported and described stem blight and collar rot diseases caused by *Phoma exigua* and *P. murorum*, respectively. The former was observed with 18 % incidence at Ootacmand (Tamil Nadu) during July to October 1985. It attacks tender stems which become pale brown and swollen. The leaves wither and the stem usually breaks at the point of infection. Pycnidia develop in concentric rings inside the necrotic spot. The disease appears 10 days after inoculation and in the next three days pycnidia are formed followed by withering of shoot tips.

The collar rot (*P. murorum*) was observed with 12 % incidence at Bangalore during July to September 1985. Symptoms consist in a discolouration of the stem near the ground level and sudden withering of leaves on affected branches. In the initial stages, a white mycelium mat is observed at the infection site which later produces sub-erumpent pycnidia. The disease is favoured by high soil moisture conditions.

3.7. Sclerotium wilt (*Sclerotium rolfsii* Sacc.)

Wilt of sprouted mulberry cuttings caused by *Sclerotium rolfsii* was reported first by Siddaramaiah and Patil (1984) from Dharwar, Karnataka (India). They observed wilting in about 60 % of sprouted cuttings during June-July. The disease appears as dark brown to black water soaked spots on the collar region of the stem which rapidly encircle the stem and eventually move upward and downward regions. The characteristic feature of the disease is development of white mycelial mat with a large number of chocolate brown sclerotial bodies over infected tissues. Sclerotia are ellipsoidal in shape and vary from 0.5 to 1.5 mm in size. Once the stem base is affected, the entire shoot drops down.

The pathogen continues to attack the stem, however, induce production of antifungal substances endogenously in thin layers of epidermal tissues of the shoot cortex and in the xylem (Takahashi and Shirata, 1982).

The disease is favoured by basal pruning, building of mounds around the stem for irrigation and spreads to the whole plantation through irrigation water (Dayakar Yadav and Kasturi Bai, 1988) apparently because mycelial fragments and sclerotial structures of the fungus remain uniformly distributed in the top soil.

It is controlled effectively by pruning the stumps at 30 cm and above the ground level because hard cortical tissues around the developed stem prevent entry of the pathogen (Dayakar Yadav and Kasturi Bai, 1988). Maife and Sen (1985) suggested integrated control of *S. rolfsii* with nitrogen fertilizers and *Trichoderma hazarianum*. Further soil drenching with bavistin (0.05 %), brassicol (0.2 %) or captan (0.2 %) was found effective to control the wilt disease (Siddaramaiah and Patil, 1984).

3.8. Viral diseases (mosaic and yellow net vein)

3.8.1. Leaf mosaic :

The disease was first reported by Ganguly (1961) on *Morus alba* DON China black and *Morus lavigata* followed by Raychaudhary *et al.* (1963) on *Morus indica*. The disease characterises by typical mosaic symptoms, vein banding, distortion, cupping of leaves downwardly, stunted growth and suppressed leaf size. Raychaudhary *et al.* (1965) reported the sap transferable nature of the mosaic

virus. Aphids such as *Rhopalosiphum maidis* (Fikh), *Myrus persicae* (Sulz) and *Aphis gossypii* act as vectors for its transmission (Chatterjee and Roychaudhary, 1963, 1965). Conversely to them, Srisomachai and Brown (1971) suggested that the disease transmits through inarch graft on cultivar 'Monnoi' and not through sap and mechanical means.

The mosaic virus can tolerate an exposure up to 50 °C for ten minutes but becomes innocuous when exposed to 60 °C for the same period. It withstands dilution up to 1:1200 but is rendered inactive at 1:400 (Chatterjee and Roychaudhary, 1965). Endo (1940a) stated that virulence of the pathogen is retained for 9 years in desiccated foliage. He (1940b) recommended hot water treatment of diseased seeds whereas Srisomachai and Brown (1971) suggested eradication and indexing procedure for its control.

3.8.2. Yellow net vein :

Occurrence of this disease has been reported from Kalimpong (Raychaudhary *et al.*, 1961 ; Chatterjee *et al.*, 1970) and Jammu (Kaul *et al.*, 1991) in India. It appears in the form of chlorotic areas starting from the margins of the infected leaves. Subsequently these areas spread to the whole leaf. Veins and veinlets become completely yellow, giving a net-like appearance. It reduces dry matter in infected leaves (Kaul *et al.*, 1991).

This virus is not sap-transferable (Kaul *et al.*, 1991), however transmission was confirmed by inarch grafting to develop typical symptoms. Wedge, root and bud graft were found effective to check the transmission (Raychaudhary *et al.*, 1961). White flies (*Blemsia* sp.) are known to act as a vector (Raychaudhary and Naraini, 1977). Plants like *Hibiscus rosa-sinensis*, *Croton sparsiflorus* and *Poinsettia pulcherina* seem to be alternate hosts of the virus (Raychaudhary *et al.*, 1961).

4. NEW RECORDS

4.1. Alternaria leaf blight (*Alternaria alternata* Fr. Keissler)

The disease was recorded recently in seed nurseries at CSR & TI, Mysore, causing severe defoliation and mortality during winters (Gunasekhar and Govindaiah, 1990-91). It manifests by the appearance of slight burning at leaf tip initially and brownish, smooth and irregular concentric rings encircled by a halo margin in later stages. Infected leaves dry up within 10 days and ultimately seedlings die a few days after.

4.2. Sooty mould

A sooty mould disease caused by *Chaetothyrium* sp. and *Curvularia affinis* was reported on green mulberry leaves during November to February at Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore (Rao *et al.*, 1992). The disease appears in the form of a black powdery mass covering the entire upper surface. It interferes with the photosynthetic activity of leaves and impairs the quality of leaves. Besides, a few other sooty mould pathogens, i.e. *Capnodium* sp., *Metacapnodium* sp. and *Euaentennaria*, have been reported with 90 % incidence from Regional Sericulture Research Station, Anantapur (Anonymous, 1991).

5. CONCLUSION

It is evident from the preceding text that the importance of mulberry diseases in sericulture was recognised quite late during the eighties only. Initially, attention was first drawn to powdery mildew and leaf spot in piecemeal and real impetus was given just a few years back. However, barring a few, co-ordinated studies are lacking. Virtually we neither have any clear idea of loss in foliage or cocoon yield, nor in terms of total revenue loss in sericulture to hold any serious discussion on disease management and to orient our future research. Therefore development and standardization of qualitative and quantitative models for disease assessment in relation to disease severity as well as cocoon yield need specific attention.

Pathogen taxonomy on the other hand necessitates re-examination of some established pathogens such as *Pseudomonas mori* which is repeatedly reported to cause bacterial blight of mulberry from India, whereas another strain, *P. syringae* pv. *mori*, is identified as the causal organism from other sericultural countries.

Epidemiology is a wide area of research offering excellent opportunities to understand diseases in a much better way. So far, we have found that the perennial nature of mulberry and plant debris are accepted as fact for conceiving a primary source of inoculum but evidences are just lacking in many cases, for example, *Cercospora moricola* causes leaf spot after the onset of monsoon and disappears at the latest by January. Where and in what form does the pathogen survive is still to be explained. Similarly, survival of *P. corylea* through cleistothecia needs further examination especially under those circumstances where mulberry gardens are basal-pruned periodically (4-5 times a year in West Bengal) even before the actual development of cleistothecia takes place. Do fallen leaves sustain the growth and development of cleistothecia even after being readily colonised and decomposed by a variety of saprophytic and antagonistic microorganisms, i.e. *Cladosporium* sp., in soil or does the primary inoculum come from alternate hosts?

Mulberry varieties capable of sustained high leaf production and continuing immunity or resistance to various diseases are needed to improve prospects of the sericulture industry in the world. In recent years, a few efforts have been made to identify sources of resistance but their confirmation from different genetic and environmental locations are completely lacking. Furthermore, field and durable resistance generally involves a number of factors like decreased frequency of penetration, slower invasion of host tissues, smaller lesions, fewer lesions, reduced sporulation, leaf exudates, biochemical status of the host and an array of environmental factors. Naturally, involvement of a large number of genes is obvious, suggesting dominant behaviour of some resistant genes to one race or environment factor and recessive to another. Variability in results sometimes may also exist due to a lack of efficient lab, greenhouse and field screening techniques. As such, there is a need to identify 'hot spots' of different diseases for conclusive screening of breeding materials under natural conditions. Besides, research should be aimed to identify and evolve durable multiple resistant lines effective at a large number of locations.

Management of diseases through employment of bio-control agents is another potential area of research. A few antagonistic fungi, bacteria and insects to various mulberry diseases have been recorded, however evidence of their potentialities in glasshouses or in field are obscure. Serious considerations to such studies specially for the control of powdery mildew (by employing *Illeis cincta*, *I. indica* and *Cladosporium* sp.) and root knot nematodes (by *Paecilomyces lilacinus* and *Bacillus penetrans*) may yield us valuable information on the practicability of such bio-control agents in sericulture.

Several cultural practices such as type and number of prunings, crown height, spacing, uprooting of weeds, irrigation, etc., may attribute for the escape or minimisation of infection. Besides, manipulation of host nutrition for the control of a variety of foliar as well as underground diseases have proved commercially useful in a number of crop plants (Huber, 1980). Therefore, we have another chance to look back on the doses and combinations of various macro- and micronutrients to ascertain future strategies for the effective and economical control of mulberry diseases. Meanwhile, screening and use of chemicals should run parallel, however work should be initiated to identify chemicals which can control several pathogens causing diseases simultaneously and non-toxic to silkworms.

Above all, since the biological system is dynamic, data must be generated so that effective measures can be taken up to the gimmicks of the pathogen, particularly when new resistant genotypes as well as chemicals are introduced and lead to a series of changes to evolve strains which are resistant to chemicals.

REFERENCES

- AHMED G.U. (1981) Indian Phytopath., 34, 24-241.
 AKHTAR A.A., SARWAR M. (1988) Pak. J. Agric. Res., 9(3), 417-419.
 ALAM M.M., MASOOD A., HUSSAIN S.I. (1975) Indian J. Exp. Biol., 13, 412-414/

- ANONYMOUS (1969) Annual Report. Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore.
- ANONYMOUS (1972) Annual Report. Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore.
- ANONYMOUS (1980-81) Annual Research Report, Bangladesh Sericulture Research and Training Institute, Rajshahi.
- ANONYMOUS (1985-86) Annual Report. Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore.
- ANONYMOUS (1987-88) Annual Report. Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore.
- ANONYMOUS (1988-89a) Annual Report. Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore.
- ANONYMOUS (1988-89b) Research and Administrative Annual Report. Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore.
- ANONYMOUS (1989-90) Research and Administrative Annual Report. Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore.
- ANONYMOUS (1990-91) Annual Report. Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore.
- ANONYMOUS (1991) CSR & TI News, Mysore, 1(1), 2.
- AOKI J. (1959) *J. Sericult. Sci. Japan*, 28(2), 98-101.
- BAKSHI B.K., SINGH S. (1961) *Indian Forester*, 87, 542-545.
- BELL A.A. (1981) *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 32, 21-81.
- BESSEY E.A. (1911) *Bull. US Bur. Pl. Indi. No.* 217.
- BHEEMANNA C., HIREMATH P.C., GOVINDAN R. (1986) *Plant Path. Newsletter*, 4(1-2), 27-28.
- BHEEMANNA C., HIREMATH P.C., PALAKSHAPP M.G., GOVINDAN R. (1990) *Indian Silk*, 29(2), 43-44.
- BISWAS S., TEOTIA R.S., MANDAL S.K. (1991) *Indian J. Seric.*, in press.
- BORAIGH G., SHREE M.P., NARAYANA GOWDA S.N. (1987) *Sericologia*, 27(2), 165-176.
- BOURIQUET G. (1933) *Int. Bull. Pl. Prot.*, 7(6), 123.
- CHANTURIYA N.N., LABAKHUA L.V. (1963) *Soobsch Akad. Nauk Gruz SSR*, 32(1), 141-148.
- CHATTERJEE S.N., ROYCHAUDHARY S.P. (1963a), *Indian Phytopath.*, 16(2), 243-244.
- CHATTERJEE S.N., ROYCHAUDHARY S.P. (1963b) *Indian Phytopath.*, 16(3), 311-312.
- CHATTERJEE S.N., ROYCHAUDHARY S.P. (1965) *Indian Phytopath.*, 18(3), 319-320.
- CHITWOOD B.G. (1949) *Proc. Helminth Soc. Wash.*, 16(2), 90-104.
- CHOWDHARY S.K., RAJ S.K. (1986) *Sericologia*, 26(2), 125-130.
- COLSON B. (1938) *Lev. Ann. Bot.*, 2, 381-401.
- COLBRAN R.C. (1958) *Agric. Sci.*, 15(3), 101-136.
- COSTANETO J.P.D., LUIZ C.L., CANICO L. (1982) *Rio Grande do Sub (Brazil) Fitopatol. Bras.*, 7(2), 323, 326.
- COTEANCE O. (1971) *Sericulture*, 7(3), 22-29.
- DAYAKAR YADAV B.R., SUKUMAR J. (1988) *Sericologia*, 28(1), 35-36.
- DAYAKAR YADAV B.R., KASTURI BHAI A.R. (1988) *Sericologia*, 28(2), 261-268.
- DECOSTA G.C., KUNDKAR B.B. (1948) *Proc. Nat. Inst. Sci. India*, 14, 55-63.
- DHAR A., RAINA S.A., AHSAN M.M. (1988) *Int. J. Trop. Pl. Dis.*, 6(2), 973-974.
- DOCCA E., FRATILA E., GRUMEZA C., VEVEA L., LOGOFETICI I., RUSU V., CIMPOESEV S. (1987) *Lucr. Stint. Inst. Agron. 'Nicolae Balcescu' Zootech.*, 30(0), 19-24.
- DUBLISH P.K., SINGH P.N. (1976) *Geobios*, 3, 166-167.
- EDWARD J.C., MSHRA S.L. (1963) *Netamologica*, 91, 405-411.
- ENDO Y. (1940a) *Bull. Seric. and Silk Industry Ueda*, 11(2), 203-218.
- ENDO Y. (1940b), *Bull. Seric. and Silk Industry Ueda*, 12(2), 73-83.
- GANGULY B. (1961) *Progressive Report India Virus*, 260.
- GASKIN T.A. (1958) *Pl. Dis. Repr.*, 42, 802-803.
- GILL H.S. (1960) *Mycopath. et Mycol. Appl.*, 35, 215-216.
- GILL H.S., MUNJAL R.L., CHONA B.L. (1961) *Indian Phytopath.*, 14, 174-178.
- GOODEY J.B. (1948) *J. Helminth*, 22, 109-116.
- GOVINDAIAH, DANDIN S.B., MADHAVA RAO Y.R. (1989a) *Indian J. Seric.*, 28(1), 121-126.

- GOVINDAIAH, SENGUPTA K., SHARMA D.D., GARGI, GUNASEKHAR V. (1989b) *Current Sci.*, 58(7), 398.
- GOVINDAIAH, SHARMA D.D., SENGUPTA K., GUNASEKHAR V., SURYANARAYAN N., MADHAVA RAO Y.R. (1990a) *Sericologia* 30(2), 237-242.
- GOVINDAIAH, PHILIP J., SENGUPTA K., GIRIDHAR K., SURYANARAYAN N. (1990b) *Sericologia* 30(2), 257-260.
- GOVINDAIAH V., GOVINDAIAH (1990-91) Annual Research Report 1990-91, Central Sericultural Research and Training Institute.
- GVINEPADZE M.S.H. (1976) *Rev. Plant Pathol.*, 55(6), 2814.
- GVINEPADZE M.S.H. (1977) *Rev. Plant Pathol.*, 56(8), 3638.
- GVINEPADZE M.S.H. (1978) *Rev. Plant Pathol.*, 57(2), 703.
- HAQUE M.S. (1976) Studies on plant parasitic nematodes of West Bengal, PhD Thesis, Burdwan University, West Bengal.
- HAQUE M.S. (1982-83) *Indian J. Seric.*, 21-22, 61-63.
- HECTOR G.P. (1927) Annual Report of economic botanist to the government of Bengal for the year 1925-26. Appendix 1, pp. I-VI.
- HEMING D., GUANG S.P., PINGH M.J., JIANNAN F., XIAOLE W.W. (1988) *Int. Cong. in Trop. Seric. Pract.*, Bangalore, Feb., 18-23, pp 12.
- HUBER D.M. (19890) Plant diseases: An advanced treatise. Vol. V (Horsfall J.G. and Cowlings E.E. eds.), Academic Press, New York, pp. 381-406.
- HUSSAIN S.I., KHAN T.A. (1988) (eds) Nematode diseases of plants. Falcon BOok from Cosmo Publication, New Delhi.
- ITOI S., NAKAYAMA K., KUBOMURA Y. (1962) *Bull. Seric. Expt. Sta.*, 17(3), 433-445.
- ITOI S., NAKAYAMA K., KUBOMURA Y. (1964) *Bull. Seric. Expt. Sta.*, 18(6), 558.
- JATALA P. (1982) CIP Lima, Peru, 211-218.
- KANEKO (1973) *Trans. Myco. Soc. Japan*, 14(3), 294-301.
- KANTI K.S.R. (1975) Studies on *Cercospora* leaf spot of mulberry (*Morus alba* L.). M.Sc. (Agri.) thesis submitted to Univ. Agric. Sci. Hebbal, Bangalore.
- KAPOOR J.N., MUNJAL R.L. (1966) *Indian Phytopath.*, 19, 346-356.
- KAUL A., DEV S.P., SINGH D. (1991) *Indian Phytopath.*, 44(1), 106-107.
- KHAN F.A., KHAN A.M. (1972) *Indian Phytopath.*, 25, 269-274.
- KRISHNAPRASAD K.S., SIDDARAMAIAH A.K. (1978) *Indian J. Seric.*, 17(1), 61-63.
- KRISHNA PRASAD K.S., SIDDARAMAIAH A.K. (1979) *Indian J. Seric.*, 18(1), 9-13.
- KUIBOMILA Y., NAKAYAMA K. (1975) *J. Sericult. Sci. Japan*, 44(4), 287-293.
- LEW L.S., LEE C.C. (1982) *Plant Prot. Bull.*, 24(1), 27-36.
- LUKE P.B., SATHIYA P. (1982) *Current Sci.*, 51, 427.
- MADHAVA RAO Y.R., KODANDARAM M.S., SRINIVASAN E.B. (1981) *J. Mysore Univ.*, 28, 21-23.
- MAIFE D., SEN C. (1985) *Indian J. Agric. Res.*, 55(7), 464-468.
- MANKAU R. (1975) *J. Invert. Pathol.*, 26(3), 33-39.
- MANKAU R., IMBRANI J.L. (1975) *Nematologica*, 21, 89-94.
- MANKAU R., PRASAD N. (1972) *Nematropica*, 2, 7-8.
- MARTIN G.C. (1958) *Nematologia*, 3(9), 332-349.
- MASOOD A., HUSSAIN S.I. (1974) *Proc. XIIth Internat. Nematol. Symp.*, Granada, Spain, p. 69 (abstract).
- MASOOD A., HUSSAIN S.I. (1975a) *Geobios*, 2, 15-17.
- MASOOD A., HUSSAIN S.T. (1975b) *Geobios*, 2, 132-135.
- MATHUR R.L., MATHUR B.N., HANDA D.K. (1969) *Nematologica*, 15, 160-161.
- MATUO R.L., SNYDER W.C. (1973) *Rev. Plant Pathol.*, 52(4), 1066.
- MINZ G. (1956) *Plant Dis. Repr.*, 40(10), 788-801.
- MINZ G. (1958) Root knot nematodes, *Meloidogyne* sp., in Israel. *Agric. Res. Sta. Rohoral Special Bull.*, 12.
- MITSUDA T. (1959) *J. Sericult. Sci. Japan*, 28(5), 317-319.
- MITSUDA T., UMETSU M. (1960) *J. Sericult. Sci. Japan*, 29(6), 465-469.

- MITSUDA T., UMETSU M. (1968) Bull. Seric. Expt. Sta., 22(3), 409-422.
- MUNSHI N.A., TANKI T.N., ZARGAR M.A. (1985) Annual Report, Division of Sericulture, Mirgund, Kashmir.
- MUNSHI N.A., TANKI T.N., ZARGAR M.A., DAS B.C. (1987) Indian J. Seric., 26(2), 86-89.
- NARAYANAN E.S., KASIVISWANATHAN K., IYENGAR M.N.S. (1966) Indian J. Seric., 5(1), 33-34.
- NIRULA K.K., KUMAR R. (1966) Nematologica, 12, 180.
- NOAMANI M.K.R., MUKHERJEE P.K., KRISHNASWAMI S. (1970) Indian J. Seric., 9(1), 49-52.
- PANDOTRA V.R. (1966) Proc. Indian Acad. Sci., 64(B), 68-73.
- PANDOTRA V.R., HUSSAIN A. (1966) Mycopath. et Mycol. App., 29, 155-160.
- PASHA M.K., BARMAN A.G. (1990) Bull. Sericult. Res., 1, 30-34.
- PATEL M.K., KAMATH M.N., BHIDE V.P. (1949) Indian Phytopath., 2, 142-145.
- PATHAN I.M. (1987) Research and Survey Reports, Pakistan. Quarterly News Letter, APPC, FAO, Thailand, 30(1), 33-34.
- PHILLIP T., GOVINDAIAH, SENGUPTA K., NISHITHANAIK V. (1991) Indian Phytopath., 44(2), 249-251.
- RAJENDRAN V. (1969) Silkworm Information Bull., 1, 54-55.
- RAMAKRISHNAN T. (1952) Proc. Indian Acad. Sci. (B), 35(3), 111-121.
- RAMAKRISHNAN T., SUDAN N.V. (1954) Indian Phytopath., 7, 61-68.
- RANGASWAMI G., NARASIMHANNA M.N., KASIVISWANATHAN K., SASTRY C.R., JOLLY M.S., (1978) Sericultural Manual I : Mulberry Cultivation. FAO Agricultural Bulletin 15/1, FAO, Rome, p. 69.
- RAO A.A., CHAKRABORTY S., MANDAL S.K. (1989) News and Views, 4(2), 5-6.
- RAO A.A., CHAUHAN S.S., CHAKRABORTY S., RAO G.S. (1992) Indian J. Seric., 33(1), 71.
- RAO S.S., SULLIA S.B. (1981) Current Sci., 50(17), 769.
- RAY S., DAS S.N. (1978) J. Res. Quat., Bhubaneswar, 8(1-2), 131-138.
- RAYCHAUDHARY S.P., CHATTERJEE S.P., DHAR H.K. (1961) Indian Phytopath., 14, 94-95.
- RAYCHAUDHARY S.P., CHATTERJEE S.P., DHAR H.K. (1963) Indian Phytopath., 15(2), 187-189.
- RAYCHAUDHARY S.P., GANGULY G.B., BASU A.N. (1965) Plant Dis. Rep., 49(12), 981.
- RAYCHAUDHARY S.P., NARAINI T.K. (1977) Virus and Mycoplasma Disease of Plants in India. Oxford and IBH Co., New Delhi, 57 pp.
- RASHID A., KHAN F.A.A.M. (1973) Indian J. Nematol., 3, 8-23.
- REEDY T., RAO A.S. (1974) Current Sci., 43(16), 530.
- REDDY D.N.R., KOTIKAL Y.K., RAYUDU B.V.S. (1989) Sci. & Cult., 55(3), 111-112.
- RHIND (1924) Report of the mycologist Burma for period ending June 30th 1924. Rangoon Superintendent. Govt. Printing and Stationery Burma, p. 6.
- ROHDE R.A., JENKINS W.R. (1958) Phytopathology, 48, 463 (abstract).
- ROY T.K. (1973) Indian J. Nematol., 3, 161-163.
- SAHA A.S., SINHA BABU S.P., SUKUL N.C. (1983) Nematologia, 29(4), 463-467.
- SAKSENA K.L. (1982) Allahabad Univ. Sta., 4, 193-213.
- SATO M., TAKAHASHI K. (1973) J. Sericult. Sci. Japan, 42(3), 213-218.
- SATO M., TAKAHASHI K. (1975) J. Sericult. Sci. Japan, 44(2), 98-104.
- SATO M., TAKAHASHI K., UEMATSU T., DHATA K. (1981) J. Sericult. Sci. Japan, 50(5), 409-414.
- SHARMA P.D. (1974) Current Sci. 43, 429.
- SHARMA D.D., Govindaiah (1991), Indian J. Seric., 30(2), 139-140.
- SHIRATA A., ITOI S., TAKAHASHI K., ISHIE T. (1980) Bull. Sericult. Exp. Sta., 27(6), 807-830.
- SHREE M.P. (1984) Sericologia, 24(3), 325-331.
- SHREE M.P., BORAI AH G., NARAYANA GOWDA S.N. (1986) Nat. Sem. Prosp. Prob. Seric. India, March 27-30, p. 38.
- SHREE M.P., BORAI AH G. (1987) Sericologia, 27(4), 661-670.
- SHREE M.P., BORAI AH G. (1988) Current Sci., 57(22), 1224-1228.
- SHREE M.P., UMESH KUMAR N.N. (1991) Sericologia, 31(3), 441-444.

- SIDDARAMAIAH A.L., KRISHNAPRASAD K.S. (1978) Indian J. Seric., 17(1), 33-36.
- SIDDARAMAIAH A.L., PADAGANUR G.M., KRISHNA PRASAD K.S., GOVINDAN R. (1978a), Indian J. Seric., 17(1), 23-27.
- SIDDARAMAIAH A.L., KRISHNA PRASAD K.S., PADAGANUR G.M. (1978b) Indian J. Seric., 17(1), 37-41.
- SIDDARAMAIAH A.L., KRISHNAPRASAD K.S., HEGDE R.E. (1978c) Indian J. Seric., 17(1), 44-47.
- SIDDARAMAIAH A.L., SRIKANT K., KRISHNA PRASAD K.S. (1978d) Indian J. Seric., 17(1), 64.
- SIDDARAMAIAH A.L., LINGARAJU S., HEGDE R.K. (1980a) Indian J. Seric., 19(1), 32-33.
- SIDDARAMAIAH A.L., GOVINDAN R., DESAI S.A., BHAT R.P., DEVAIAH M.C. (1980b) Indian J. Seric., 19(1), 34-35.
- SIDDARAMAIAH A.L., PATIL R.R. (1984) Indian J. Seric., 23, 46.
- SIDDARAMAIAH A.L., HEGDE R.K. (1988) Indian J. Seric., 27(2), 161.
- SIDDARAMAIAH A.L., HEGDE R.K. (1990) Mysore J. Agric. Sci., 24, 475-478.
- SIKDAR A.K., SAMSON M.V., MADHAVA RAO Y.R., BAIG M., NATRAJU B. (1979) Indian J. Seric., 18(1), 73-77.
- SIKDAR A.K., KRISHNASWAMI S. (1980) Indian J. Seric., 19(1), 9-12.
- SIKDAR A.K., SHENOI M.M. (1980) Indian J. Seric., 19(1), 41-42.
- SIKDAR A.K., SHENOI M.M. (1980) Indian Phytopath., 33, 38-41.
- SIKDAR A.K., GOVINDAIAH, MADHAVA RAO Y.R., JOLLY M.S., GIRIDHAR K. (1983) National Seminar on Silk Research and Develop., Bangalore, March 10-13.
- SIKDAR A.K., GOVINDAIAH, MADHAVA RAO Y.R., JOLLY M.S., GIRIDHAR K. (1986) Indian J. Seric., 25(1), 33-35.
- SINHA S.K., SEXENA S.E. (1966) Indian Phytopath., 19, 318-319.
- SITARAMA IYENGAR M.N. (1975) Indian J. Seric., 14(9), 1-5.
- SMITH E.F. (1910) Science (New York), 31(803), 792-794.
- SRISOMCHAI T., BROWN M.W. (1971) Thai J. Agric. Sci., 4(1), 63-70.
- SRIVASTAVA R.C., SRIVASTAVA G.C. (1975) Indian Phytopath., 31, 524-525.
- SUKUMAR J., RAMALINGAM A. (1981a), Indian Phytopath., 34, 100-101.
- SUKUMAR J., RAMALINGAM A. (1981b) Sci. & Cult., 47, 173-175.
- SUKUMAR J. (1983) Studies on the phylloplane microflora of mulberry (*Morus indica* L.). PhD thesis, Univ. Mysore, India, 233 pp.
- SUKUMAR J., RAMALINGAM A. (1986) Sericologia 26(4), 549-553.
- SUKUMAR J., RAMALINGAM A. (1987a) Sericologia, 27(4), 685-688.
- SUKUMAR J., RAMALINGAM A. (1987b) Current Sci., 55, 1208-1209.
- SUKUMAR J. (1988) Sericologia, 28(2), 249-252.
- SUKUMAR J., RAMALINGAM A. (1989) Sericologia, 29(4), 553-559.
- SUKUMAR J., RAMALINGAM A. (1990) Sericologia, 30(10), 41-45.
- SUKUMAR J., DAYAKAR YADAV B.R., PRASAD K.V. (1991) Indian Silk, 29(10), 42-45.
- SULLIA S.B., PADMA S.D. (1986) National Seminar on Prospects and Problems of Sericulture in India, March 27-30, pp. 39.
- SULLIA S.B., PADMA S.D. (1987) Sericologia, 27(4), 693-696.
- SUNDARESWARAN P., GOVINDAIAH, SRINIVASAN E.B., JOLLY M.S. (1988) Indian J. Seric., 27(2), 159-160.
- SURYANARAYANA S.K., GANESH N.K. (1969) Silkworm Information Bull., 1, 62-67.
- SWARUP G., NATH R.P., SETHI C.L. (1967) Indian Phytopath., 20, 118-123.
- SYDOW H., SYDOW P., BUTLER E.J. (1906) Ann. Mycol., 4, 424-425.
- SYDOW M., SYDOW P. (1907) Ann. Mycol., 5, 485-573.
- TAKAHASHI K. (1980) JARQ, 14(1), 41-45.
- TAKAHASHI K., SHIRATA A. (1982) JARQ, 16(2), 119-124.
- TEOTIA R.S., KUMAR A., MANDAL S.K. (1992a) Indian Silk, 31(1), 26-27.
- TEOTIA R.S., MANDAL S.K., SENGUPTA K. (1992b), National Conference on Mulberry, Sericulture Research, Mysore, India, December 10-11, PP59.

- TEOTIA R.S., RAO K.M., MANDAL S.K. (1993) *Sericologia*, 33(4), 669-673.
TEOTIA R.S., MANDAL S.K., SEN S.K. (1994) *Sericologia*, 34(1), 159-162.
TODA Y. (1978) *Acta Sericologica*, 105, 129-133.
TODA Y., OHSHIMA Y., HIRATA A. (1978) *Bull. Seric. Exp. Sta.*, 27(3), 369-396.
TURKOGLU K., OKTEM Y.E. (1973) *Bikti Koruma Bull.*, 13(1), 19-29.
UMESH KUMAR N.N., SHREE M.P. (1990) *Geobios*, 17, 140-141.
VISWANATHAN T.S. (1959) *Mycopath. et Mycol. Appl.*, 12, 156-158.
WANG H. (1980) *Nat. Sci. Counc. Mon.*, 8(7), 604-615.
YOKOYAMA T. (1962) *Synthesised Science of Sericulture*. CSB, Bombay.
YUKIO T., RASHIMA N., KIKUCHI M. (1968) *Acta Sericologica*, 68, 106-115.
ZHOU S.L. (1982) *J. Sericult. Sci. China*, 8(1), 1-15.
ZUTSHI V., KAUL B.L. (1975) *Cytobios*, 12, 61-67.

LES MALADIES DU MURIER EN INDE ET LEUR CONTROLE

R.S. TEOTIA & S.K. SEN

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore - 742 101, West Bengal, Inde.

1. INTRODUCTION

Le mûrier (*Morus* sp.) est un arbre cultivé en plantation dans des conditions écologiques très variées et occupe une place particulière car il constitue l'une des principales sources de revenus à l'exportation pour un grand nombre de pays tropicaux et tempérés. En Inde, la culture du mûrier est bien organisée, particulièrement dans le Karnataka, l'Andhra Pradesh, le Tamil Nadu, le Bengale occidental et le Jammu et Cachemire. La culture du mûrier a été récemment introduite dans douze autres Etats, dans lesquels la sériculture n'est pas une activité traditionnelle, dans le cadre du National Sericulture Project dont l'objet est d'accroître la production de soie grège et d'obtenir 16 000 tonnes par an en 1994-95.

L'Inde est le deuxième producteur mondial de soie grège avec environ 11 000 tonnes par an, production inférieure de 30 % à la demande intérieure totale et représentant le quart de la production chinoise totale. Ce manque de production et la qualité médiocre de la soie grège produite sont généralement attribués à la présence des maladies du mûrier et du ver à soie et à une mauvaise utilisation des pratiques améliorées d'éducation du ver à soie et de culture du mûrier.

Le mûrier est sensible à un grand nombre de maladies (Rangaswami et coll., 1978). Dès le bourgeonnement et tout au long des périodes de croissance, il est affecté par un grand nombre de champignons, de bactéries, de virus et de nématodes. Ces microorganismes constituent le principal obstacle à la culture du mûrier car ils occasionnent des pertes considérables en termes de rendement et de valeur nutritive des feuilles de mûrier (Chanturia, 1963 ; Shree et coll., 1986 ; Shree et Umesh Kumar, 1991). Le nourrissage des larves avec des feuilles infestées a un effet négatif sur la santé des vers à soie et sur le rendement en cocons sur les plans qualitatif et quantitatif (Suryanarayanan et Ganesh, 1969 ; Noamani et coll., 1976 ; Sullia et Padma, 1987).

L'absence d'études suivies et systématiques sur la présence des diverses maladies et sur le déclenchement des épidémies explique les pertes cycliques de production de feuilles. Il est donc nécessaire de comprendre l'importance relative des maladies du mûrier en sériculture et de mettre au point des méthodes permettant de les contrôler de manière efficace. Dans cet article, nous avons tenté de passer en revue toutes les informations disponibles jusqu'à aujourd'hui sur les pertes dues aux maladies, la symptomatologie, l'épidémiologie et les méthodes de lutte contre les maladies du mûrier en fonction du contexte de leur apparition, plus particulièrement en Inde.

2. MALADIES PRINCIPALES

2.1. L'oïdium (*Phyllactinia corylea* (Pers) Karst)

Cette maladie, observée dans différents pays séricicoles (Bouriquet, 1933 ; Aoki, 1959 ; Rhind, 1964 ; Costaneto et coll., 1982 ; Itoi, 1962), est la plus répandue des maladies du mûrier. En Inde, elle a été observée pour la première fois par Ramakrishnan et Sudan (1954) à Madras et par la suite par Bakshi et Singh (1961), Gill et coll. (1961), Gill (1968), Rajendram (1969) et Siddaramaiah et coll. (1978b) dans d'autres endroits.

Cette maladie apparaît au printemps et continue jusqu'à l'automne dans les régions tempérées (Itoi et coll., 1964). Dans les régions tropicales, son incidence est plus fréquente de septembre à mars, avec une incidence maximale en janvier et en février (Krishna Prasad et Siddaramaiah, 1979 ; Biswas et coll., 1991). Au début, la maladie apparaît sous la forme de petites taches de couleur blanchâtre sur les surfaces inférieures des feuilles avec un léger jaunissement concomitant des surfaces supérieures. Ces taches s'élargissent et couvrent la totalité de la surface foliaire. A mesure que la maladie progresse, les feuilles infestées deviennent marron jaunâtre, se durcissent et se craquèlent, le contenu en protéines diminue de 33 % (Anonyme, 1969). Shree et coll. (1986) ont observé que la teneur en protéines des feuilles infestées par l'oïdium du mûrier diminuait chez les variétés Kanva-2, Mysore local, Kosen et *M. lambang* et augmentait chez les variétés Popua et Harbari. L'oïdium provoque également une augmentation marquée de la teneur en nickel et une forte chute de la teneur en cuivre chez les feuilles infestées (Shree et Umesh Kumar, 1991). En général, les feuilles infestées se caractérisent par une diminution du contenu en eau et une augmentation des teneurs en amidon, en cendres et en SiO_2 par rapport aux feuilles saines, modifications qui résultent d'un désordre des activités métaboliques chez l'hôte et qui entraînent une diminution du rendement et de la valeur nutritive des feuilles (Chanturia, 1963). On a observé une détérioration importante de la qualité des feuilles au cours des périodes pré- et post-hivernales au Bangladesh (1980-81).

Sullia et Padma (1987) ont observé que les feuilles atteintes d'oïdium sont mieux acceptées et digérées par les vers à soie que les feuilles saines. Cependant, cette augmentation de consommation entraîne une prolongation de la période larvaire et une diminution du contenu en soie et de la longueur de la bave (Yokoyama, 1962 ; Suryanarayanan et Ganesh, 1969 ; Noamani et coll., 1970).

Les hyphes végétatifs du champignon pathogène produisent un grand nombre de longs conidiophores cloisonnés hyalins portant des conidies mesurant 20×70 nm (largeur $\times$ longueur maximales) (Mitsueda, 1959 ; Mitsueda et Umeisue, 1960). A la différence des autres champignons responsables de l'oïdium dont les cellules germinales sont sous-terminales, celles de ce pathogène sont situées terminalement. Colson (1938) a étudié la cytologie et le développement de *P. corylea* Lev. Leu et Lee (1982) ont observé que la température optimale pour la croissance des conidies se situait entre 24°C et 28°C . Les conidies commencent à germer dans les deux heures à 28°C et 100 % d'humidité et la maladie apparaît dans les deux semaines qui suivent l'inoculation. A l'inverse, Krishna Prasad et Siddaramaiah (1979) et Itoi (1962) ont observé que l'oïdium se développait rapidement à forte humidité relative et à faible température.

La libération des conidies se fait par le déplacement de l'air. Le champignon survit en conditions défavorables sous forme de corpuseules à fructification sexuelle appelés cléistothèques. Ces dernières sont des structures plates, de forme sphérique et de couleur foncée comportant plusieurs asques. Chaque asque contient de 2 à 4 ou 8 ascospores (Aoki, 1959 ; Rajendran, 1969). Aoki (1959) a observé l'apparition de périthèques de *P. corylea* sur des feuilles tombées tandis que, dans nos travaux, (résultats non publiés) les cléistothèques se développent à faible température (température journalière moyenne de 14 à 17°C) et à humidité relative modérée (60 à 70 %) au cours des mois de décembre et janvier sur les feuilles intactes vivantes. Elles apparaissent d'abord sous la forme de petits corpuseules ovales et de couleur orange devenant marron ou noir par la suite. Elles sont la source primaire d'inoculum en conditions favorables.

Leu et Lee (1982) ont observé que le cultivar Redbone de Taïwan possédait une bonne résistance sur le terrain tandis que Bheemanna et coll. (1986) ont relevé que S54 et K2 étaient résistants à *P. corylea* et ont recommandé leur utilisation dans les zones endémiques. Boraiah et coll. (1987) ont sélectionné un certain nombre de cultivars et isolé S54, S36 et MR2 parmi les races locales et Kosen, Philippine, Italian, Popua et *M. lambang* parmi les races exotiques comme résistantes à l'oïdium. On a observé que Kallikutahi, Himachal local et MIZ $\times$ Cat étaient résistants et que C776, EB $\times$ Kosen, K2 $\times$ BC et Jatununi étaient sensibles à l'oïdium au Central Sericultural Research and Training Institute de Mysore (Inde) (Anonyme, 1987-88, 1988-89a). En outre, Govindaiah et coll. (1989c) ont observé que Kallikutahi était immunisé et 20 autres variétés étaient résistantes tandis que Pasha et Berman (1990) ont observé que BSRM-4 (une variété améliorée) était relativement résistant à l'infestation par l'oïdium.

La lutte biologique contre les oïdiums est assez rare mais les champignons *Cladosporium oxysporum* et *Cladosporium* sp. se sont révélés être des hyperparasites de *P. corylea* car ils infestent ses conidiospores (Raghavendra et Pavgi, 1977 ; Rao et Sullia, 1981). En outre, Reddy et coll. (1989) ont observé que le coccinellidé *Illeis cincta* mangeait le mycélium et les masses de spores de l'oïdium. Récemment, une autre espèce de ce genre (*I. indica*), se nourrissant communément de spores, de mycéliums et de jeunes cléistothèques, a été découverte dans le Bengale occidental (Inde) (Teotia et coll., 1992a).

La lutte contre l'oïdium du mûrier est également effectuée par des méthodes fongicides. Yokoyama (1962) préconise l'utilisation d'un mélange de bouillie bordelaise et de soufre en poudre en atomiseur pour inhiber *P. corylea* mais ces substances chimiques se sont révélées léthales pour le ver à soie dans les 15 jours qui suivent la vaporisation (Anonyme, 1972). Sitarama Iyengar (1975) a observé que le Morestan permettait d'inhiber la maladie sans qu'il y ait d'effets toxiques sur la croissance et la survie des larves même lorsque les jeunes larves sont nourries avec des feuilles traitées deux jours avant le nourrissage. Zutshi et Kaul (1975) ont décrit des effets d'irradiation du Morestan qui provoquent des aberrations chromosomiques, ce qui remet en question son utilisation en sériciculture. Outre le Morestan, le traitement par vaporisation de Karathane à 0,1 % permet de réduire fortement l'incidence de la maladie (Siddaramaiah et coll., 1978b). Ces auteurs ont également observé que le nourrissage par des feuilles traitées avec du Karathane n'avait pas d'effet toxique 10 jours après le traitement. Bheemanna (1990) a confirmé l'efficacité de la bavistine à 0,2 % qui avait déjà été mise en évidence (Anonyme, 1988-89a, 1990-91). De plus, Teotia et coll. (1993) ont observé que le Paras et la kinéline, à 1250 et 5 ppm respectivement, permettaient de réduire la maladie.

La vaporisation foliaire d'éléments micro-nutritifs et macro-nutritifs contribue à la résistance/sensibilité du mûrier vis-à-vis de *P. corylea* (Teotia et coll., 1992b). Ils ont observé que Tracel-2 (formulation à base d'oligo-éléments) était tout à fait efficace pour inhiber la maladie. Rajashekhhar Gowda (1987) a proposé une organisation de l'élevage des vers à soie basée sur le nourrissage des jeunes larves avec des feuilles infestées par l'oïdium et des larves matures avec des feuilles saines.

2.2. Rouille foliaire (*Cerotelium fici* Cast (Arth) et *Aecidium mori* Berclay)

Deux champignons pathogènes différents, *Cerotelium fici* et *Aecidium mori*, sont responsables respectivement de la rouille noire et de la rouille rouge chez le mûrier à la fin de l'hiver et au début de l'automne. La rouille noire apparaît sur les feuilles matures sous forme de pustules marron ou noires et provoque le jaunissement, l'assèchement et la chute prématurée des feuilles (Ramakrishnan, 1952 ; Ahmed, 1981) ; elle est responsable de 5 à 10 % des pertes de récolte de feuilles (Siddaramaiah et coll., 1978). Sur le plan qualitatif, elle entraîne une réduction significative des contenus en humidité, en protéines brutes, en sucres réducteurs et en sucres totaux chez les feuilles infestées (Sundeswaran et coll., 1988). Une autre forme de rouille (*Aecidium mori*) a été observée à Simla (Himachal Pradesh), à Darjeeling (Bengale occidental), Shillong (Meghalaya) et Koppa (Karnataka) par Hector (1972) et Sydow et coll. (1906, 1907). Elle occasionne une diminution de la valeur nutritive des feuilles et accélère le jaunissement, la sénescence et la défoliation (Wang, 1980). Une lecture de la documentation existante indique que peu d'études ont été réalisées sur *C. fici*, cette partie de notre synthèse porte donc plus particulièrement sur *A. mori*.

La rouille rouge se présente sous forme de pustules marron-rouge, de forme régulière ou irrégulière sur les deux faces des feuilles. Les pustules apparaissent sur les feuilles jeunes, les pousses et les pétioles (Wang, 1980).

L'étude morphologique du champignon révèle qu'il s'agit d'un mycélium binucléé à cloisons régulières qui pousse à l'intérieur et entre les cellules dans les tissus de l'hôte et envoie des haustories dans les cellules pour absorber les éléments nutritifs. Ses spores, germées ou non, sont généralement binucléées (Kaneko, 1973). Les aecispores sont produites dans des sores spéciaux appelés "aecies". Les écies sont ampligènes, cupulées, de couleur jaune-orange et mesurent de 12,5 à 27,5 × 8,5 à 20,0 µm. La paroi cellulaire de la spore est généralement de 1 à 2 µm d'épaisseur et finement échinulée (Wang, 1980).

Les tubes germinatifs d'*A. mori* sont plus courts que la plupart de ceux des autres espèces de rouille, c'est pourquoi leurs noyaux sont de forme allongée. Il n'y a pas de fission nucléaire dans les spores et on n'a pas observé de formation de septums ni de division méiotique dans les tubes germinaux. Le champignon pénètre directement à travers l'épiderme foliaire ou le stomate. Il se multiplie par des écidiospores reproduites sexuellement sur le mûrier bien qu'on n'ait pas observé de spermogonie. C'est une rouille peu courante micro-cyclique qui produit seulement des écidiospores au cours de son cycle vital (Kaneko, 1973).

L'agent pathogène survit en milieu défavorable à l'état de mycélium ou d'écidiospore dans les écies sur les plantes vivantes âgées ou sur des parties mortes de la plante (Mitsueda et Umetsue, 1968). Les écidiospores hivernantes constituent la source d'infestation primaire par temps humide et modérément chaud. Les symptômes apparaissent dans les 20 jours qui suivent l'inoculation. Les écidiospores libérées de la coupe sont généralement propagées par le vent et constituent la source secondaire d'infestation. La maladie peut apparaître dans l'année sans que l'agent pathogène hiverne et ne nécessite aucune condition spécifique comme une faible température et une période de repos après infestation des tissus (Mitsueda et Umetsue, 1968). D'après Wang (1980), la température optimale pour la germination des écidiospores est de 24 °C.

Wang (1980) a observé que l'incidence de la rouille varie selon les variétés. Il a découvert que les lignées locales étaient extrêmement sensibles. Cependant, Boraiah et coll. (1987) ont observé que certaines variétés indigènes (S54, S36, MR2) et exotiques (Kosen, Philippine, Italian, Popua et *M. lambang*) étaient résistantes à *A. mori*.

Sundeswaran et coll. (1988) ont observé que les cinq variétés performantes K2, S30, S36, S41 et S54 étaient sensibles à *C. fici*, tandis que certains génotypes comme ACC-151, ACC-575 et Cattaneo ont été identifiés comme étant immunisés, local × Kokuso, ACC-121, S54, C763, MR2 et Kosen comme étant résistants et les races ACC-106, S1531, S523, Himachal local et ACC-121 comme modérément résistants au Central Sericultural Research and Training Institute de Mysore (Anonyme, 1987-88, 1989-90a). Govindaiah et coll. (1989c) ont sélectionné 90 génotypes indigènes et exotiques chez lesquels ils n'ont observé aucune forme d'immunisation ou de résistance. Cependant, ils ont isolé AB × Phil, K2 × Kosen, ACC-115 et Almora local comme modérément résistants. Contrairement à certains travaux antérieurs, ils ont soutenu que MR2, Cattaneo, local × Kokuso, ACC-121, ACC-124, C763, Kosen et Himachal local étaient modérément sensibles. Phillip et coll. (1991) considèrent que l'épaisseur de l'épiderme et de la cuticule, l'épaisseur du tissu palissadique et une faible fréquence de stomates sont responsables de la résistance à la rouille foliaire. Ils ont observé que MS6, KS2 et Cattaneo étaient résistants à l'infestation par la rouille. La variabilité de la résistance à *C. fici* entre les génotypes peut être attribuée à des facteurs environnementaux variables sur les sites expérimentaux et est gouvernée par certains gènes (Bell, 1981).

Bien que l'identification des variétés résistantes soit encore à un stade préliminaire, Govindaiah et coll. (1989b) ont enregistré que l'incidence de *C. fici* était plus faible à espacement de 90 × 60 cm. Néanmoins, ils n'ont observé aucun effet significatif sur l'incidence de la rouille selon la méthode de taille (basse, moyenne ou haute) ou de récolte (rameaux ou en abaissant les branches).

Wang (1980) a révélé que quelques fongicides, plantavax (0,5 %), saprol ou Zineb (0,2 %), inhibent la rouille rouge de manière efficace. Teotia et coll. (1993) ont observé que le GA3 et la kinétine à 20 ppm minimisaient l'incidence de la maladie. En outre, la manipulation de la nutrition de l'hôte s'est avérée utile pour un grand nombre de cultures (Huber, 1980). L'application foliaire d'engrais N et K combinés à 0,5 % enrayer la maladie jusqu'à 78,28 % (Teotia et coll., 1992b).

2.3. La tache foliaire (*Cercospora moricola* Cooke)

La tache foliaire, provoquée par plusieurs champignons pathogènes, constitue le principal obstacle à la production de feuilles au cours de la mousson et au début de l'automne. La documentation existante recense jusqu'à aujourd'hui environ 18 champignons pathogènes responsables de cette maladie en Inde (Tableau I). Parmi ces derniers, la tache foliaire provoquée par *Cercospora moricola* Cooke est la plus dévastatrice et est présente sur l'ensemble du territoire. Cette section est donc plus particulièrement consacrée à cet agent pathogène.

L'agent pathogène (*C. moricola*) a été observé pour la première fois par Patel et coll. (1949) à Dharwar (Karnataka). Il entraîne une perte d'environ 10 à 12 % du rendement en feuilles, perte qui peut atteindre 20 %, voire parfois 35 % dans les conditions les plus défavorables (Sikdar et Krishnaswamy, 1980 ; Sikdar, 1987 ; Anonyme, 1990-91). Sukumar et Ramalingam (1989) estiment à 5 % la perte directe par défoliation et entre 20 et 25 % la perte indirecte par destruction de la surface foliaire. L'incidence maximale est enregistrée entre juin et octobre dans le Karnataka et dans le Bengale occidental (Siddaramaiah et coll., 1978 ; Anonyme, 1990-91). Madhava Rao et coll. (1981) ont relevé une perte considérable du rendement en feuilles et une réduction des contenus en humidité, en protéines et en sucres chez les feuilles infestées par *C. moricola*. De plus, les feuilles infestées ont un effet négatif sur la santé des vers à soie et, par conséquent, sur la qualité et la quantité des cocons obtenus (Sikdar et coll., 1979).

Le champignon responsable produit, sur les feuilles, de petites taches circulaires marron clair qui grandissent progressivement et deviennent marron foncé. Des sporodochiums se développent en réseaux ou en groupes dispersés sur la surface inférieure et rarement sur la surface supérieure. La formation de trous dans les pousses par suite de la chute des tissus infestés morts est le symptôme caractéristique de cette maladie (Siddaramaiah et coll., 1978c).

Les études épidémiologiques montrent que les conidies germent sur les deux surfaces foliaires, bien que les tubes germinaux (simples ou ramifiés) entrent par les stomates seulement lorsqu'ils sont ouverts ou fermés, ce qui indique l'absence de pénétration directe (Sukumar et Ramalingam, 1983). Chez le mûrier, les stomates (hypostomatiques) sont répartis uniquement sur la surface inférieure des feuilles. L'infestation par *C. moricola* n'est donc possible que lorsque les conidies se déposent sur les surfaces inférieures. Il est intéressant de noter que, dans des conditions naturelles, les conidies sont portées par les gouttes d'eau et transportées vers la surface inférieure par la pluie, assurant un accès naturel et l'humidité nécessaire à la germination et à la pénétration (Sukumar et Ramalingam, 1981a, 1981b).

La sensibilité des feuilles de mûrier varie en fonction de leur âge. Siddaramaiah et coll. (1978c) et Sukumar et Ramalingam (1981a) ont relevé que l'infestation était moins forte chez les jeunes feuilles. A l'inverse, Sukumar et Ramalingam (1987a, 1990) ont observé que les jeunes feuilles étaient plus sensibles au champignon. La résistance à la pénétration et à l'implantation de l'infestation chez les feuilles plus âgées pourrait être attribuée à la présence d'un plus grand nombre de composés antifongiques et de microbes phylloplanes présents dans les solutions de rinçage des feuilles (Sukumar et Ramalingam, 1987a, 1987b, 1988).

Des études épidémiologiques ont en outre mis en évidence le fait que le développement de la tache et la production de conidies s'effectue en quatre stades, de l'apparition de la tache jusqu'au 10^e jour de son développement. Le troisième stade (lorsque la tache est âgée de cinq jours) est le plus virulent car le nombre maximal de conidies est produit sur la surface supérieure plutôt que sur la surface inférieure (Sukumar et Ramalingam, 1986).

Siddaramaiah et coll. (1978c) estiment que la pluie n'affecte pas le développement de la tache foliaire. Cependant, Sukumar et Ramalingam (1981b) ont observé que l'agent pathogène se répandait horizontalement et verticalement par l'intermédiaire des gouttes de pluie. Ces auteurs (1989) en ont conclu que seule la pluie était responsable de la propagation et de la dissémination de la maladie. Siddaramaiah et coll. (1978c) ont observé que la température optimale pour la germination des conidies était de 24 °C. L'agent pathogène perd sa viabilité lorsque les cultures sont exposées à 45 °C pendant 20 minutes (Siddaramaiah et Hegde, 1990).

L'étude sur la réaction des génotypes à *C. moricola*, réalisée au Central Sericultural Research and Training Institute de Mysore, révèle que les variétés ayant un épiderme ou une cuticule épais(se) sont plus résistants (Govindaiah et coll., 1990b). Ils ont observé que Kallikutahi et Bilidevalia étaient résistants et confirmé la résistance de certaines variétés comme MR₁, MR₂, S799, Assanabola, K₂ et S₅₄ et la sensibilité de local, S₄₁ et S₃₀, comme cela avait été observé dans des études antérieures (Anonyme, 1985-86 ; 1987-88 ; Govindaiah et coll., 1989c). Govindaiah et coll. (1989c, 1990b) ont également isolé, parmi 90 génotypes (exotiques et indigènes), Kallikutahi et Bilidevalia comme étant complètement résistants et China White, S₃₁, S₁₀₉₀, MS₂, MS₅, Acc-153 et OPH-153 comme résistants. Boraiah et coll. (1987) ont observé que S₅₄, S₃₆ et MR₂ (indigènes) et Kosen, Philippine, Italian, Popua et *M. lambang* (exotiques) étaient résistants.

La lutte contre les maladies à l'aide de produits chimiques est la méthode de contrôle la plus aisée. La bavistine (0,02, 0,05 et 0,1 %) et le dithane M-45 (0,05, 0,1 et 0,2 %) inhibent totalement l'agent pathogène *in vitro* (Kanti, 1975). Siddaramaiah et coll. (1978a, 1978b) ont cependant confirmé l'effet de la bavistine *in vitro* et *in vivo* mais ont observé que le dithane M-45 était inefficace. Sikdar et Shenoï (1980b) ont observé, au cours d'une étude mettant en évidence la létalité pour les larves du dithane M-45, du diflolan et du duter jusqu'à 10 à 15 jours, que la bavistine n'avait absolument aucun effet toxique sur les larves de vers à soie nourries avec des feuilles traitées par vaporisation une heure avant le nourrissage. D'autres fongicides, la calixin, l'auréofongine, le dithane Z-78 et l'hexaferb, sont inefficaces. Teotia et coll. (1994) ont observé que le Tracel-2 à 2 % permettait de réduire de 84,19 % l'incidence de la maladie.

2.4. La flétrissure foliaire bactérienne (*Pseudomonas mori* Boyer et Lambart)

Jusqu'à présent, très peu de maladies bactériennes ont été observées chez le mûrier. Parmi les maladies étudiées, la flétrissure foliaire bactérienne (BLB) provoquée par *P. mori* est la seule maladie grave du point de vue économique, responsable de 5 à 10 % des pertes de production de feuilles. Cette maladie a été découverte par E.F. Smith (1910) mais sa présence en Inde a été observée pour la première fois par Sinha et Sexana (1966) dans le district de Nainital en Uttar Pradesh et par la suite par Krishna Prasad et Siddaramaiah (1978) à Dharwar (Karnataka) au cours de la saison pluvieuse. Cette maladie sévit dans la plupart des Etats moricoles d'Inde. Outre une défoliation importante, elle entraîne une diminution de la valeur des feuilles de mûrier données aux vers à soie (Sato et Takahashi, 1973).

Les bactéries produisent de nombreuses taches irrégulières, imbibées d'eau et de petite taille sur la surface inférieure, taches qui se développent également sur la surface supérieure aux stades ultérieurs. La tache devient marron noirâtre, prend un aspect légèrement angulaire et est entourée d'une marge jaune. A mesure que la maladie progresse, les taches fusionnent généralement et forment de larges zones mortes irrégulières qui s'assèchent par temps sec et tombent par temps humide, donnant aux feuilles un aspect déformé et déchiré.

Les jeunes feuilles sont plus sensibles à la maladie. Elles sont flétries, déformées, s'enroulent vers l'extérieur et finissent par tomber prématurément. Les bactéries infestent également les nervures, les veinules et le pétiole. Sur la tige, elles provoquent des fissures noir foncé et profondes desquelles s'écoule le suc bactérien aux derniers stades de l'infestation (Krishna Prasad et Siddaramaiah, 1978).

L'agent pathogène est une bactérie en forme de bâtonnet, non mobile, Gram-négative, mesurant de 0,9 à 1,4 μm $\times$ 4,5 μm . Elle se caractérise par des colonies à croissance lente, de petite taille, de forme circulaire et de couleur blanc transparent sur milieu nutritif. Sato et coll. (1981) ont observé que la majorité des isolats de *P. mori* poussait sur un milieu nutritif contenant du saccharose, du rouge de phényl, du violet de méthyl, de l'ampicilline de potassium de pénicillinium, du bromure d'ammonium triméthyl acétyl de sodium et du chlorure de cadmium. La bactérie réagit positivement au métabolisme β -oxydant de glucose et à la production d'ammonium mais négativement au test oxydase de production d'indol. Elle réagit très rapidement au raffinose, lentement au fructose et très lentement au glycérol et au mannitol (Tukoghu et Oktem, 1973).

Les bactéries hivernent dans leur suc naturel ou sur des parties de la plante tombées sur le sol. Sur les plantes vivantes, elles survivent épiphytiquement dans les bourgeons, sur les blessures, dans les exsudats ou à l'intérieur des tissus infestés. Sato et Takahashi (1973) ont observé que la survie durait plus longtemps en terrain sec non stérilisé qu'en terrain humide stérilisé. Ils ont également enregistré (1985) une survie supérieure à 738 jours sur des feuilles de mûrier emballées dans des sacs en papier et conservées à 5 °C, taux légèrement inférieur lorsque les feuilles sont conservées à température ambiante. En général, la survie est plus longue dans des conditions de basse température et en milieu sec qu'à température élevée en milieu humide (Kuihomila et Nakayama, 1975).

Les bactéries survivantes sont portées vers le site d'infestation (stomate, hydathode, blessures, etc.) par la pluie, les insectes ou le vent par temps humide. Après s'être déposées sur les feuilles mouillées, elles se multiplient dans une pellicule d'eau ou dans des gouttes et pénètrent dans les stomates, les hydathodes ou les blessures, qu'elles soient faites par les insectes ou provoquées

mécaniquement. A l'intérieur des tissus, elles se multiplient et se propagent entre les cellules rapidement. La pluie facilite la dissémination vers les autres plantes par les gouttes et les projections d'eau. La nécrose sur les feuilles et les tiges apparaît 20 jours après l'inoculation (Turkoglu et Oktem, 1973).

La persistance d'une humidité relative élevée au cours de la saison pluvieuse et d'une température atmosphérique située entre 23 et 32 °C avec un faible ensoleillement favorise la propagation rapide et le développement de la maladie.

L'utilisation de cultivars résistants constitue la meilleure méthode de contrôle de la maladie. Quelques variétés exotiques, comme Bulgaria-24, Bulgaria-3, Thilseria et Galicene, présentant une forme de résistance (Coteance) et d'autres, comme "Shinichinose" et Minamisakari" issues de croisements entre "Kariyamagawa" et "Rogawa" se sont révélées fortement résistantes à la flétrissure bactérienne (Takahashi, 1980). Aktar et Sarvar (1988) et Pathan (1987) ont classé les cultivars de *M. indica* Husung China, Shin Ichinose, Gumji et Ichihie comme étant résistants, les variétés japonaises précoces comme étant modérément résistantes et *M. latifolia* et *M. alba* comme étant sensibles à *P. syringae* pv. *mori* sur le terrain et en laboratoire. En Inde, les variétés comme Berhampore, Berhampore Local, Chanapatna Local, la série de Coonoor (C6, C10, C11, C14, C15, C18), CRR, Hakkikal, Jakkal Local, Kajali, MS5, MR2, Mysore Local, S36, S41, S54 et YRK parmi les variétés indigènes et les variétés utilisées par les fermiers, Herabam, Italian, Kairyo-neramigheshi, Kosen, Kurangi, *M. australis*, *M. cathagam*, *M. lambang*, *M. multicaulis*, Okinawa 1 et 2, Philippine, Popua, Tai-song 2 et 3 et Tsukasguwa (exotiques) sont résistantes à *P. mori* (Shree et Boraiah, 1988).

La vaporisation des feuilles avec de la glycérine phytobactériomycine (0,05 à 0,1 %) inhibe la maladie et stimule la croissance et la résistance des plantes (Chanturia et Labakhua, 1973). Krishna Prasad et Siddaramaiah (1978) ont observé que le sulfate de streptomycine, la streptocycline et la streptopenicilline à des concentrations de 5 à 100 ppm permettaient d'inhiber la multiplication des bactéries sur agar nutritif. Govinpadze et coll. (1978) ont suggéré que quelques fongicides, à savoir : le benomyl, le Zines sans 317, l'épidox nancocare, le dithane et le dithane M-45, étaient totalement efficaces. Dooca et coll. (1987) ont non seulement confirmé l'efficacité du dithane M-45 mais également observé que le mycodifol était efficace à la concentration de 0,2 %. Le traitement le plus efficace *in vitro* est le foltaf (0,05 %), devant la streptomycine (0,1 %), le dithane M-45 (0,2 %) et le captan (0,5 %) (Sharma et Govindaiah, 1991).

2.5. Le nématode de la galle des racines *Meloidogyne incognita* Chitwood (Kofoid et White, 1949)

Le nématode de la galle des racines a été observé chez *Morus* sp. par plusieurs chercheurs dans différentes parties du globe (Bessey, 1941 ; Chitwood, 1949 ; Colbran, 1958 ; Minz, 1956, 1958 ; Martin, 1958 ; Siokawa, 1960 ; Zhou, 1982). Il a été observé pour la première fois en Inde par Narayanan et coll. (1960) à Mysore (Karnataka) et, quelques années plus tard, par Mathur et coll. (1969) dans l'Uttar Pradesh et par Haque (1976) dans le Bengale occidental. En outre, certains autres nématodes provoquent également la galle des racines de mûrier en Inde : *Hemicriconeimoides communis* sp. (Edward et Mishra, 1963b), *Haplolaimus indicus* Sher (Saha et coll., 1983), *Rotylenchus reniformis* Lintord et Obeivera (Rashid et coll., 1973 ; Roy et Das, 1978 ; Swarup et coll., 1967), *Xiphinema basiri* Siddique (Khan et Khan, 1972 ; Roy, 1973) chez *Morus alba* L. et *Meloidogyne javanica* Treub (Nirula et Kumar, 1966) chez *Morus indica*.

On sait que le nématode de la galle des racines occasionne des pertes considérables pour ce qui concerne le rendement et la qualité nutritive des feuilles de mûrier (Saha et coll., 1953 ; Narayanan et coll., 1966). Rao et coll. (1989) ont observé 85 % d'infestation dans les mûraies du District de Malda dans le Bengale occidental. Un taux d'infestation pratiquement similaire (82,4 %) a été enregistré à Mysore (Karnataka) par Narayanan et coll. (1966). Rao et coll. (1989) ont en outre observé que l'infestation était maximale au cours de la saison pluvieuse et plus forte en été qu'en hiver.

Les symptômes des feuilles infestées se manifestent par une croissance noueuse, des feuilles chlorotiques et décolorées et une tendance au flétrissement pendant les journées chaudes. Les racines sont fortement affectées et présentent une hypertrophie caractéristique appelée 'galles' ou 'nœuds'.

Le parasite passe par trois stades différents au cours de son cycle vital : le stade oeuf, le stade larvaire et le stade adulte. Il subit quatre mues avant de produire des mâles et des femelles matures. Les larves écloses s'échappent dans la terre et pénètrent dans les racines au niveau ou près des zones méristématiques. Etant sédimentaires, ces parasites s'installent définitivement dans les racines en laissant la tête à l'intérieur des faisceaux vasculaires (Hussain et Khan, 1988).

Au moment de la pénétration, l'hôte réagit par une hypertrophie. Des études histopathologiques ont confirmé la présence de larves et d'adultes dans les régions du cortex et de la stèle. Les tissus endommagés se caractérisent par des cellules nécrotiques, la formation de cellules géantes, polynucléaires, à paroi épaisse et par une désorganisation des systèmes du cortex et de la stèle (Haque, 1982-83). On a suggéré que l'induction de la formation de galle se faisait par des régulateurs de croissance (enzymes protéolytiques) sécrétées par les larves, dont on sait qu'ils libèrent un précurseur de l'AIA (Goodey, 1948).

La propagation des nématodes dans un champ ou d'un champ à l'autre est causée par les machines agricoles, la transplantation de plantules, l'irrigation, etc. Les oeufs restent viables jusqu'à 175 jours à 10 °C, 145 jours à 20 °C, 40 jours à 30 °C et 25 jours à 40 °C (Anonyme, 1988-89a). Lorsqu'elles ne sont pas au stade d'infestation, les larves peuvent rester individuellement dans le sol pendant un laps de temps très long. Cependant, les femelles n'arrivent pas à maturité lorsqu'elles sont exposées à une température inférieure à 10 °C et supérieure à 35 °C (Hussain et Khan, 1988).

Gaskin (1958) a observé plus de 2 000 hôtes de substitution pour le nématode de la galle du mûrier. Govindaiah et coll. (1989a) a étudié les hôtes herbacés de substitution dans les plantations de mûrier et a démontré que des herbes comme *Oxalis* sp., *Solanum nigrum*, *Trianthema portulacastrum*, *Borrevia ocymoides*, *Digera muricata*, *Cleome viscosa*, *Croton bonplandianum* et *Mimosa pudica* étaient fortement sensibles à *M. incognita*. En outre, quelques plantes cultivées comme le maïs, l'arachide, le pois chiche, le curcuma, l'élusine, la tomate, le pois chiche noir, le gingembre, le sésame, le haricot en grappes, qui sont des cultures intercalaires ou des cultures à paillis, sont sensibles au nématode de la galle des racines.

On dispose de très peu d'informations sur le contrôle de *M. incognita* chez le mûrier. Différentes méthodes culturales utilisées chez d'autres cultures, comme l'assolement, l'irrigation, l'écroutage et le traitement à l'eau chaude, ne sont pas adaptées à la moriculture. Cependant, l'utilisation d'hôtes herbacés de substitution (Govindaiah et coll., 1989a) en "cultures pièges" arrachés après infestation permet de réduire l'infestation de manière considérable. Cet aspect demande néanmoins à être approfondi par des études comprenant l'identification, le cycle vital et la reproduction des hôtes de substitution et leur relation avec *M. incognita* en fonction de différents systèmes agro-écologiques.

Les méthodes de contrôle biologique étant spécifiques de leur cible, elles permettent d'éviter les problèmes liés à la santé et à la pollution de l'environnement. Jatala (1982) a observé qu'il était possible d'inhiber *M. incognita* à l'aide d'un champignon, *Paecilomyces lilacinus* (Shomi) Samson, en laboratoire, en serre et sur le terrain. Ce champignon, outre le fait qu'il n'est pas pathogène pour les végétaux, est facile à cultiver en laboratoire. Il détruit l'embryon en pénétrant dans les oeufs du nématode et détruit les femelles en développement. On a également observé que la bactérie *Bacillus penetrans* pouvait servir d'agent efficace, qu'elle soit utilisée seule ou combinée avec des nématicides, pour inhiber les parasites provoquant la galle des racines (Mankau et Imbrani, 1975 ; Mankau et Prasad, 1977). Les spores de la bactérie peuvent rester isolées dans le sol et persister pendant des laps de temps très longs, même en état de dessiccation, jusqu'à ce qu'elles entrent en contact avec des nématodes (Mankau, 1975). Cependant, les effets bénéfiques de ces agents de lutte biologique restent à confirmer chez le mûrier.

La population des nématodes parasites des végétaux diminue sur le terrain lorsque certaines plantes antagonistes sont mêlées aux cultures. Rohde et Jenkin (1958) et Alam et coll. (1975) ont observé que certains végétaux comme *Asparagus officinalis*, *Tagetes erecta*, *T. patula*, *Anagallis arvensis* et *Crotalaria spectabilis* produisaient des substances nématicides dans leurs racines. Toide (1978) a confirmé l'effet nématicide du souci chez le mûrier.

Des études réalisées au Central Sericultural Research and Training Institute de Mysore (Inde) ont révélé que la culture intercalaire de souci à 30 cm de distance entraînait une diminution considérable de la maladie (Anonyme, 1988-89a). En outre, l'incorporation de margousier et de feuilles vertes de pongamia (@ 1 tonne/ha/an) réduit le nombre de galles par plant par rapport au

furadan, à la tourte de margousier et au témoin. Leurs effets sont significatifs à raison de 1 tonne/ha/an. De plus, les feuilles de pongamia sont supérieures au margousier pour tous les paramètres (Anonyme, 1989-90).

Il n'existe pratiquement pas d'informations sur les génotypes de mûrier résistants à la galle des racines, à l'exception d'une étude du Central Sericultural Research and Training Institute de Mysore (Anonyme, 1985-86) dans laquelle les variétés S₃₀, Assamabola, OPH-1 et S₁ ont été classées comme résistantes.

Masood et Hussain (1974, 1975a, 1975b) ont découvert la présence de phénols et d'acides aminés chez les variétés de tomates résistantes et modérément résistantes mais pas chez les variétés sensibles. Ils ont également observé que l'application de tourte, de régulateurs de croissance comme l'AIB et l'AIP et d'acides aminés se traduisait par une augmentation des phénols, des acides aminés libres, des protéines, des hydrates de carbone et de l'orthodihydroxy phénol chez les tomates inoculées par la galle et les non inoculées. Ces résultats indiquent que ces substances interviennent dans la résistance à la maladie et peuvent être utiles pour sélectionner des génotypes résistants chez d'autres plantes comme le mûrier.

L'utilisation de substances chimiques est la méthode la plus répandue et la plus facile là où d'autres méthodes sont inefficaces. Des nématicides comme le temik 10G, le mélange DD, le némagon (Sikdar et Shenoï, 1980a ; Sikdar et coll., 1983), le thimate 10g, le Furadan et le Rugby 10 G (Anonyme, 1985-86, 1988-89b, 1989-90) permettent d'inhiber la galle des racines. En outre, le phosphore organique Baycor 5121 (@ 20-40 kg/acre) inhibe assez bien *M. incognita* lorsqu'il est appliqué entre les rangées à 10 cm de profondeur (Siokawa et coll., 1960 ; Todd et coll., 1968 ; Yukio, 1968). De plus, l'application de tourte de ricin, de margousier, d'arachide et de sésame (@ 1 tonne/ha quatre fois par an) permet d'inhiber les parasites provoquant la galle des racines. Cependant, d'après la plupart des études réalisées, la tourte de margousier entraîne la plus forte réduction de population de nématodes et donne de meilleurs résultats que le thimate 10 G, le mélange DD, le furadan et le temik 10 G sans occasionner de différence significative pour aucun des caractères de la larve et du cocon des vers à soie nourris avec des feuilles de plantes traitées (Sikdar et coll., 1986 ; Anonyme, 1988-89b, 1989-90).

3. MALADIES SECONDAIRES

3.1. La tache foliaire *Phleospora* (*Phleospora maculans* Berang)

Elle a été observée pour la première fois par Munshi et coll. (1986) dans la vallée du Cachemire. Ce champignon occasionne d'importants dommages sur les feuilles, les rendant impropres au nourrissage des vers à soie. Aucun des cultivars de mûrier cultivés en vallée n'est exempt de cette maladie. Munshi et coll. (1987) ont recommandé l'utilisation de la bavistine (0,05 et 0,1 %) et du Captan (0,4 %) pour inhiber le champignon de manière efficace. Au Japon, on a observé qu'une autre espèce de cet agent pathogène, *P. kuwacola* (yendu) Fukia, provoquait la tache foliaire.

3.2. La tache foliaire *Fusarium* (*Fusarium concolor* Rg. Reinking et *Fusarium solani* Mart.)

Deux espèces différentes de *Fusarium*, *F. concolor* et *F. solani*, sont responsables de la tache foliaire chez le mûrier. La première, *F. concolor*, a été observée à Madnapelle dans le District de Chittoor (Karnatak) par Reddy et Rao (1974) en hiver. Cet agent pathogène provoque de nombreuses taches nécrotiques, bien définies, de couleur marron et clairsemées de 1 à 3 mm de diamètre. Les feuilles infestées deviennent chlorotiques et tombent prématurément. Les symptômes apparaissent 4 à 5 jours après l'inoculation. L'étude de la morphologie du champignon fait apparaître un mycélium orange foncé produisant, aux extrémités et entre les hyphes, des chlamydospores globuleux à paroi lisse mesurant 10 à 15 µm de diamètre (Reddy et Rao, 1974).

Il a déjà été observé que l'autre espèce, *F. solani*, provoquait le flétrissement des pousses de mûrier (Gvinepadze, 1976 ; Shree et Boraiah, 1987), la fusariose des plantules de mûrier (Gvinepadze,

1977 ; Siddaramaiah et Hegde, 1988) et la flétrissure des branches de mûrier en URSS. Par ailleurs, Chowdhary et Raj (1986) ont observé récemment qu'elle était également responsable de la tache foliaire dans la région de Jammu en Inde.

Cet agent pathogène provoque l'apparition de marques ovales ou sphériques, de couleur gris foncé sur les deux côtés des feuilles présentant au centre une petite tache de la taille d'une tête d'épingle de couleur marron. Il pousse très rapidement sur agar. Chowdhary et Raj (1986) ont montré que le mycélium produisait des conidies en double couche avec 3 à 4 septums. Ils pensent qu'il est possible d'inhiber l'agent pathogène avec la bavistine (0,25 %) et du dithane M-45 (0,3 p/v) en milieu nutritif.

Shirata et coll. (1979) ont sélectionné 30 isolats de *Fusarium* spp. à partir de pousses de mûrier infestées par "megare-byô" et les ont répartis dans les espèces suivantes : *F. laterium* sp. *mori*, *F. solani* sp. *mori*, *F. roseum* et *F. moniliformae*. Ils ont également observé que les températures pour lesquelles la lésion croît étaient de 5 à 20 °C pour *F. lateritium* sp. *mori* en hiver, de 3 à 30 °C pour *F. solani* sp. *mori* sur les pousses d'hiver et d'été et uniquement de 30 °C pour *F. roseum* sur les pousses d'été. Ils ont observé que la variété "Kenmochi" était assez résistante et la variété "Kokuso" était assez sensible. La tolérance aux substances antifongiques produites chez le mûrier a été classée de la manière suivante : *F. solani* > *F. lateritium* > *F. roseum*.

3.3. La tache de goudron (*Myrothecium roridum* de Exfr.)

Cette maladie a été découverte très récemment par Govindaiah et coll. (1989b) à Mysore (Inde) et par Heming et coll. (1988) au Suzhou Sericulture Institute (Chine). Elle se présente sous la forme de grandes taches circulaires ou linéaires sur la surface des feuilles, irrégulières et de couleur ambrée avec une marge noire entraînant des modifications de la physiologie de l'hôte (Umesh Kumar et Shree, 1990). Heming et coll. (1988) ont étudié la germination, la croissance et la fructification du champignon pathogène sur milieu nutritif et observé que la température et le pH optimaux pour sa croissance étaient respectivement de 20 °C et 5,4 à 8,5. La sélection *in vitro* de fongicides a montré que le foltaf et le dithane M-45 étaient plus efficaces que les autres fongicides étudiés (Karathane, bavistine et Sulfex) (Govindaiah et coll., 1989b).

3.4. Le chancre de la tige (*Botryodiplodia theobromae* Pat.)

Il a été observé par Luke et Sathiyar (1982) dans la région de Bangalore (Inde). Ce champignon semble être un parasite facultatif et est présent dans le rhizoplan du mûrier (Shree et Boraiah, 1987). Shree et Boraiah (1983) ont observé une incidence de 10 à 15 % dans les boutures de tiges de mûrier prétraitées avec du sulfate de méthyl éthyl et de la colchicine à 0,5 et 1,0 % dans une étude préliminaire de sélection des mutations. Sukumar et coll. (1991) ont observé une mortalité moyenne de 30 % dans les pépinières. La maladie se développe sous la forme d'une lésion noir verdâtre sur la tige et de nombreux groupes de corpuscules pycnidiaux produisant des structures charbonneuses noires aux stades ultérieurs. Elle inhibe le bourgeonnement des boutures de tiges de mûrier (Shree, 1984 ; Sukumar et coll., 1991).

Les études nutritionnelles révèlent que ce champignon utilise mieux la source de carbone D-glucose que la pectine (Sullia et Padma, 1986). Sa croissance est maximale sur PDA et faible sur agar contenant une décoction de feuilles de mûrier. Il donne de nombreuses sporulations sur agar de décoction de feuilles de mûrier et PDA mais pas sur agar Czapek.

Le mycélium du champignon pathogène est cloisonné et composé de nombreux hyphes de couleur grise. C'est un parasite peu virulent et opportuniste qui pénètre dans le corps de l'hôte seulement par les blessures. Il se reproduit par des pycnidiospores ou des conidies produites sexuellement dans des corpuscules appelés pycnides. Chaque conidie a deux cellules, est de forme ovale et de couleur foncée. L'agent pathogène est généralement propagé par la pluie, le vent et l'eau d'irrigation. Après s'être déposé sur une partie endommagée de la tige, la conidie germe en produisant un ou deux tubes germinatifs qui envahissent les tissus dans toutes les directions, arrêtant la croissance des bourgeons et des tiges. En pépinière, elle pénètre généralement par les extrémités basales coupées, empêchant l'initiation des racines et la mort subséquente des bourgeons. Les hôtes infestés, les tiges

empilées et les débris végétaux dans la terre servent de substrats pour le développement de l'agent pathogène et sa survie tout au long de l'année (Sukumar et coll., 1991).

L'effet de la bavistine (10 ppm) est nettement supérieur à celui de tous les autres fongicides testés (blitox-50, captan, dithane M-45, dithane Z.78 et Karathane) pour arrêter la croissance de *B. theobromae* *in vitro* et *in vivo* (Shree, 1984). On a proposé comme mesure préventive un prétraitement consistant à tremper les boutures de tiges dans une solution de bavistine à 0,2 % pendant 20 à 30 minutes avant de les transférer sur le terrain et la vaporisation des surfaces coupées des souches peu après la taille.

3.5. Flétrissure foliaire *Fusarium* (*Fusarium padilliroseum*)

On a observé très récemment que ce champignon entraînait une flétrissure des feuilles et des brindilles de mûrier à Mysore (Govindaiah et coll., 1990c). La maladie se traduit par un jaunissement des marges foliaires et la formation de lésions noires irrégulières fusionnant aux stades ultérieurs et se propageant longitudinalement, entraînant la cassure et l'assèchement des branches. Les symptômes apparaissent 1 mois après l'inoculation. Le foltaf concentré à 0,2 % inhibe totalement le champignon *in vitro*, devant le dithane M-45 et le deltan 0,2 %.

3.6. Flétrissure de la tige et pourrissement du collet (*Phoma exigua* Desm et *Phoma murorum* Sacc.)

Dayakar Yadav et Sukumar (1988) ont observé et décrit pour la première fois la flétrissure de la tige et le pourrissement du collet provoqués respectivement par *Phoma exigua* et *P. murorum*. L'incidence de la flétrissure de la tige s'est révélée être de 18 % à Ooctamand (Tamil Nadu) de juin à octobre 1985. Cette maladie infeste les feuilles tendres qui deviennent marron clair et s'hypertrophient. Les feuilles se flétrissent et la tige se casse au site d'infestation. Les pycnides se développent en cercles concentriques à l'intérieur de la tache nécrotique. La maladie apparaît 10 jours après l'inoculation et les pycnides se forment dans les trois jours qui suivent par flétrissement des extrémités des pousses.

Le pourrissement du collet (*P. murorum*) s'est manifesté sur 12 % des plants à Bangalore de juin à septembre 1985. Les symptômes en sont une décoloration de la tige au niveau du sol et un flétrissement soudain des feuilles sur les branches infestées. Au stade initial, on observe un tapis de mycélium blanc au site d'infestation produisant par la suite des pycnides souterrains déhiscents. Une teneur élevée du sol en humidité favorise la maladie.

3.7. La flétrissure *Sclerotium* (*Sclerotium rolfsii* Sacc.)

La flétrissure des boutures de mûrier bourgeonnées provoquée par *Sclerotium rolfsii* a été observée pour la première fois par Siddaramaiah et Patil (1984) à Dharwar, Karnataka (Inde). Ils ont observé un flétrissement chez environ 60 % des boutures bourgeonnées en juin-juillet. La maladie apparaît sous la forme de taches marron foncé à noires imbibées d'eau dans la région du collet, taches entourant rapidement la tige et se dirigeant ensuite vers les parties inférieures et supérieures. La caractéristique principale de cette maladie est le développement d'un tapis mycélien comportant un grand nombre de sclérotés de couleur chocolat sur les tissus infestés. Les sclérotés sont de forme ellipsoïde et leur taille varie de 0,5 à 1,5 mm. Lorsque la base de la tige est affectée, la totalité de la pousse se détache.

L'agent pathogène continue à infester la tige et induit la production de substances antifongiques au niveau endogène dans les couches fines des tissus épidermiques du cortex de la pousse et dans le xylème (Takahashi et Shirata, 1982).

La maladie est favorisée par la taille basale et la construction de monticules autour de la tige pour l'irrigation et se propage sur l'ensemble de la plantation par l'eau d'irrigation (Dayakar Yadav et Kasturi Bai, 1988). Ceci semble être dû au fait que des fragments mycéliens et des structures sclérotiques du champignon restent uniformément répartis dans la couche supérieure du sol.

Il peut être inhibé par taille des souches à partir de 30 cm au-dessus du sol car la présence de tissus corticaux durs autour de la tige empêche la pénétration par l'agent pathogène (Dayakar Yadav et Kasturi Bai, 1988). Maife et Sen (1985) ont proposé une méthode intégrée de contrôle de *S. rolfisii* avec des engrais azotés et *Trichoderma hazarianum*. L'imbibation du sol avec de la bavistine (0,05 %), du brassicol (0,2 %) ou du captan (0,2 %) permet d'inhiber la flétrissure (Siddaramaiah et Patil, 1984).

3.8. Les maladies virales (mosaïque et réticulum jaune)

3.8.1. La mosaïque foliaire :

Cette maladie a été observée pour la première fois par Ganguly (1961) sur *Morus alba* DON China black et sur *Morus lavigata* puis sur *Morus indica* par Raychaudhary et coll. (1963). Cette maladie se caractérise par des symptômes en mosaïque typiques, un enfllement des nervures, un enroulement des feuilles vers le bas, une croissance noueuse et une réduction de la taille des feuilles. Raychaudhary et coll. (1965) ont observé que le virus de la mosaïque se transmettait par la sève. Des aphidés comme *Rhopalosiphum maidis* (Fikh), *Myrus persicae* (Sulz) et *Aphis gossypii* servent de vecteurs de transmission (Chatterjee et Raychaudhary, 1963, 1965). Néanmoins, Srisomachai et Brown (1971) ont suggéré que la maladie se transmettait par greffage en approche sur le cultivar "Monnoi" et non par la sève ou par des moyens mécaniques.

Le virus de la mosaïque peut tolérer des expositions à la chaleur allant jusqu'à 50 °C pendant 10 minutes mais est inactivé lorsqu'il est exposé à 60 °C pendant la même durée de temps. Il supporte les dilutions jusqu'à 1:1200 mais est inactivé à 1:4000 (Chatterjee et Roychoudhury, 1965). Endo (1940a) a démontré que la virulence de l'agent pathogène se maintenait pendant 9 ans dans des feuilles desséchées et a recommandé de traiter les graines malades à l'air chaud (Endo, 1940b) tandis que Srisomachai et Brown ont proposé l'élimination des feuilles marquées.

3.8.2. Le réticulum jaune :

Cette maladie a été observée à Kalimpong (Raychaudhary et coll., 1961 ; Chatterjee et coll., 1970) et à Jammu (Kaul et coll., 1991) en Inde. Elle se manifeste sous la forme de zones chlorotiques commençant sur les marges des feuilles infestées. Par la suite, ces taches se propagent à l'ensemble de la feuille. Les nervures et les veinules jaunissent, donnant à la feuille un aspect réticulaire. Elle entraîne une diminution de la matière sèche chez les feuilles infestées (Kaul et coll., 1991).

Ce virus ne se transmet pas par la sève (Kaul et coll., 1991) cependant il a été confirmé que la transmission par greffage en approche donnait des symptômes identiques. Le greffage en coin, le greffage de la racine et le greffage du bourgeon permettent d'arrêter la transmission de la maladie (Raychaudhary et coll., 1961). On sait que les pucerons (*Blembia* sp.) servent de vecteurs (Raychaudhary et Naraini, 1977). Des plantes comme *Hibiscus rosa-sinensis*, *Croton sparsiflorus* et *Poinsettia pulcherrima* semblent être des hôtes de substitution du virus (Raychaudhary et coll., 1961).

4. DECOUVERTES RECENTES

4.1. La flétrissure foliaire (*Alternaria alternata* Fr. Keissler)

Cette maladie a été observée récemment dans les pépinières de souches du Central Sericultural Research and Training Institute de Mysore ; elle provoque une défoliation et une mortalité importantes en hiver (Gunasekhar et Govindaiah, 1990-91). Elle se manifeste par l'apparition d'une légère brûlure à l'extrémité de la feuille au stade initial et des cercles concentriques irréguliers, lisses et marron qui sont entourés par une auréole aux stades ultérieurs. Les feuilles infestées sèchent en 10 jours et les plantules meurent après quelques jours.

4.2. La moisissure fuligineuse

Une moisissure fuligineuse provoquée par *Chaetothyrium* sp. et *Curvularia affinis* a été observée sur les feuilles de mûrier vertes de novembre à février au Central Sericultural Research and Training Institute de Berhampore (Rao et coll., 1992). Cette maladie se manifeste sous la forme d'une masse poudreuse noire couvrant la totalité de la surface supérieure. Elle interfère avec la photosynthèse des feuilles et altère leur qualité. En outre, quelques agents pathogènes de la moisissure fuligineuse, *Capnodium* sp., *Metacapnodium* sp. et *Euantennaria*, ont provoqué une incidence de la maladie de 90 % à la Regional Sericulture Research Station d'Anantapur (Anonyme, 1991).

5. CONCLUSION

La communication qui précède montre clairement que l'importance des maladies du mûrier en sériciculture n'a été reconnue que tardivement, dans les années 1980. A l'origine, on s'est d'abord intéressé de manière fragmentaire à l'oïdium du mûrier et à la tache foliaire, les recherches ayant pris leur véritable élan il y a quelques années seulement. Cependant, à l'exception de quelques travaux, on ne dispose pas d'informations coordonnées. Nous n'avons pratiquement aucun élément sur la perte de rendement en feuilles/cocons ou sur les pertes en termes de revenus totaux en sériciculture qui permettrait d'avancer dans la gestion des maladies et d'orienter les recherches futures. Il est donc nécessaire d'étudier plus particulièrement le développement et la normalisation des modèles qualitatifs et quantitatifs d'évaluation des maladies en fonction de l'intensité de la maladie et du rendement en cocons.

La taxonomie des agents pathogènes demande un réexamen de certains agents pathogènes connus comme *Pseudomonas mori*, considéré en Inde comme responsable de la flétrissure bactérienne du mûrier alors qu'une autre souche, *P. syringae* pv. *mori* a été identifiée comme en étant l'organisme responsable dans d'autres pays séricicoles.

L'épidémiologie est un domaine de recherche étendu et offre de meilleures possibilités de compréhension des maladies que les autres méthodes. Il est maintenant bien établi que la nature persistante du mûrier et des débris végétaux constitue une source primaire d'inoculum mais nous manquons d'informations à plusieurs égards. Par exemple, *Cercospora moricola* provoque la tache foliaire après le début de la mousson et disparaît au plus tard en juillet, l'endroit et la forme sous laquelle l'agent pathogène survit restant encore à expliquer. De même, la survie de *P. corylea* par les cléistothèques demande à être étudiée, particulièrement dans les mûraies où les plants sont taillés à la base régulièrement (4 à 5 fois par an dans le Bengale occidental) alors même que le développement des cléistothèques n'a pas encore commencé. Les feuilles tombées servent-elles de support à la croissance et au développement des cléistothèques même après avoir été colonisées et décomposées par différents microorganismes saprophytes et antagonistes comme *Cladosporium* sp. dans le sol ou bien l'inoculum primaire vient-il d'hôtes de substitution ?

L'obtention de variété de mûrier capables de maintenir une production de feuilles élevée et une immunité permanente ou une forme de résistance à diverses maladies est nécessaire à l'amélioration des perspectives de l'industrie séricicole mondiale. Ces dernières années, quelques efforts ont été faits pour identifier des sources de résistance qui restent encore à confirmer en fonction de différents milieux génétiques et environnementaux. De plus, la résistance durable sur le terrain fait généralement intervenir un certain nombre de facteurs comme une fréquence de pénétration réduite, une invasion plus lente des tissus de l'hôte, des lésions plus petites, moins nombreuses, une sporulation réduite, des exsudats foliaires, la structure biochimique de l'hôte et divers facteurs liés à l'environnement. L'implication d'un grand nombre de gènes est évidente et suggère que certains gènes sont dominants pour la résistance à une espèce ou à un facteur environnemental et récessifs pour d'autres. La variabilité présente dans les résultats obtenus est due au fait que les chercheurs ne disposent pas toujours d'un laboratoire suffisamment équipé ou que les serres ou les techniques de sélection sur le terrain font défaut. C'est pourquoi il est nécessaire d'identifier les "points chauds" des différentes maladies afin d'effectuer une sélection concluante du matériel étudié dans des conditions naturelles. En outre, la recherche devrait s'orienter vers l'identification et la mise au point de lignées à résistance multiple durables qui soient efficaces sur un grand nombre de sites.

La gestion des maladies par l'utilisation d'agents de lutte biologique constitue une autre source potentielle de recherches. Quelques champignons, bactéries et insectes antagonistes de diverses maladies du mûrier ont été identifiés. Cependant, leurs potentialités en serre ou sur le terrain restent obscures. Des études approfondies, plus particulièrement sur la lutte contre l'oïdium du mûrier (à l'aide de *Illeis cincta*, *I. indica* et *Cladosporium* sp.) et contre les nématodes de la galle des racines (avec *Paecilomyces lilacius* et *Bacillus penetrans*) pourraient nous permettre d'obtenir des informations précieuses sur la rentabilité de l'utilisation de ce type d'agents de lutte biologique en sériciculture.

De nombreuses méthodes culturales comme le type et le nombre de tailles, la hauteur de la couronne, l'espacement, l'arrachage des mauvaises herbes, l'irrigation peuvent expliquer la propagation ou la réduction de l'infestation. En outre, la manipulation de la nutrition de l'hôte dans le cadre de la lutte contre différentes maladies des feuilles ou des racines s'est révélée utile chez un certain nombre de plantes cultivées (Huber, 1980). Il faut donc ré-étudier les dosages et les combinaisons de différents éléments macro/micronutritifs afin de confirmer l'efficacité et la rentabilité des stratégies futures dans la lutte contre les maladies du mûrier. La sélection et l'utilisation d'agents chimiques doivent être réalisées en parallèle bien qu'il soit nécessaire de lancer des recherches visant à identifier les substances chimiques qui soient susceptibles d'inhiber plusieurs agents pathogènes responsables de plusieurs maladies simultanément sans être toxiques pour le ver à soie.

Le système biologique étant dynamique, il est primordial d'obtenir des données permettant d'aboutir à des mesures efficaces contre les différents aspects que peut prendre l'agent pathogène, particulièrement lorsque l'on introduit de nouveaux génotypes résistants aussi bien que des produits chimiques, entraînant des modifications qui conduiraient à des souches résistantes aux produits chimiques.

GENETIC CONTROL OF DISEASE RESISTANCE IN MULBERRY

SUBRATA BISWAS & K. SENGUPTA

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore - 742 101, West Bengal, India.

Keywords : Mulberry, disease resistance.

INTRODUCTION

Mulberry, being perennial in nature, is often affected by a number of diseases. However, not all plants are equally attacked by a given disease. These variations in disease occurrence are not of course entirely due to the distribution and frequency of pathogens but reflect differences in the genetic constitution of both the host and the pathogen. The genetic differences in host plants are expressed in terms of 'disease resistance' – which refers to the ability of a plant to prevent, restrict or retard disease development and occurs at high, moderate and low levels.

There are many cases of disease resistance in which host response to pathogen invasion and the ability of the pathogen to cause disease have been shown to be determined by specific genes. In some cases, resistance is controlled by one or a few genes, whose individual effects may be easily detected, while in others, by a multiplicity of genes, each of which contributes only a small fraction of the property as a whole. The resistance controlled by one or a few genes is completely effective against some races of a pathogen and generally called vertical or race-specific while the effectiveness of multiple gene-controlled resistance is evenly spread against all races of a pathogen and defined as horizontal or race-non specific (Van der Plank, 1968). High levels of race-general (i.e., race-non specific) resistance prevent penetration of fungi into plants, restrict multiplication of bacteria without involvement of necrosis and greatly curtail virus multiplication, whereas race-specific resistance usually inhibits later fungal growth stages and involves rapid multiplication of bacterium and virus which, eventually, give rise to rapid formation of necrotic cells or lesions that restrict bacterial and virus multiplication and spreading (Bell, 1981).

The resistance possessed by a plant is heritable (Biffen, 1912). Thus, the introduction of new host genes for resistance becomes of paramount importance in plant breeding programmes and is regularly followed (Braverman, 1986). The purpose of this review is to compile the past and present varieties of mulberry in an attempt to appraise their potential or proven disease resistance. Scientific plant names appearing in the review are exactly as given in the literature cited, regardless of whether authors used different scientific names for the same species. In the current treatise, many mulberry varieties are included for their known disease resistance, which may be useful in mulberry improvement programmes and for germplasm exchange.

POWDERY MILDEW

(*PHYLLACTINIA CORYLEA*=*P. MORICOLA*=*P. SUFFULATA* F SP. *MORICOLA*)

The varieties belonging to the species *Morus bombycis* are generally susceptible to the disease (Anonymous, 1972). Itoi *et al.* (1960) in Matsumoto district (Japan) observed powdery mildew on four cultivated varieties, viz. 'Ichihei', 'Kairyoroso', 'Kairyonezumigaeshi' and 'Jumonji'. Of the varieties, 'Ichihei' proved to be the most susceptible, while the rest three showed comparatively resistant. Later, the surveys of 32 fields in the district, conducted during the period of serious outbreaks

of the disease in 1963, revealed that 'Ichinose' variety showed less powdery mildew as compared to 'Kairyonezumigaeshi' (Itoi *et al.*, 1964). But the studies on the mode of occurrence and subsequent development of powdery mildew in the mulberry tree showed that as the season advanced the 'Ichinose' variety gradually changed from resistant to susceptible (Itoi *et al.*, 1960). However, according to Kushibuchi (1976) the variety 'Ykishirazu', selected from the cross 'Koku 949' $\times$ 'Kurchimckuwa', which grows well in spring and whose leaf yield and value for silkworm production are similar to 'Fukayuki', is resistant to the disease. The Department of Agriculture, Thailand, has developed a resistant high-yielding (4300 kg leaves/rai/year) variety, 'Buriram-60', from a Chinese introduction crossed with the variety 'Noi' (Anonymous, 1988). The variety 'Goldnostepskil-16', selected in the Golodnaya steppe area of Uzbekistan from the cross *M. multicaulis* $\times$ *M. alba*, was found resistant to *P. suffulata* f. sp. *moricola* (Didechenko *et al.*, 1985).

Several additional mulberry varieties possess varying degrees of resistance to powdery mildew. In Rajshahi (Bangladesh), Pasha and Barman (1990) identified 'BSMR-4' as a moderately resistant high yielding variety. In Taichung (Taiwan), Leu and Lee (1982) observed that no Taiwan cultivars are immune to *P. corylea* but 'Redbone' had good field resistance. Govindaiah *et al.* (1989) in Karnataka (India) found that 'Kaliakutahi', an indigenous ecotype of *M. nigra* (Sastri, 1984), was immune to the disease. However, it is necessary to mention here that in Karnataka the disease pressure is low since seven months' study of Boraiah *et al.* (1987), from August 1985 to February 1986 – favourable season for the disease as per the evidence of Krishna Prasad and Siddaramaiah (1979) – on the incidence of powdery mildew on 20 indigenous and 23 exotic varieties revealed that the disease was never recorded on any of the varieties studied. Pillai and Jolly (1985) suggested to grow 'MR-2' in hills as mildew resistant. Bheemanna *et al.* (1986) reported that 'S54' and 'Kanva-2' failed to become infected and suggested to grow these varieties in the area of high disease incidence. But the varieties, 'S54' and 'MR-2', did not possess a high level of resistance in the later investigation of Govindaiah *et al.* (1989). They also identified several resistant varieties, namely, 'Mandalaya', 'Cattaneo', 'China White', 'Jodhpur', 'Calabresa', 'Mizusawa', 'ACC-123', 'ACC-125', 'ACC-151', 'ACC-153', 'OPH-3', 'S-523', 'Punjab Local', 'Shrim-2', 'Himachal Local', 'S796', 'S153', 'S1096', 'S31' and 'Almora Local', sharing 0-5 % infection. There is also contradiction about the resistance of 'Mandalaya' variety since, in an investigation of West Bengal (India), the variety was found comparatively susceptible (Anonymous, 1990-91).

LEAF SPOT (*CERCOSPORA MORICOLA* ; *CYLINDROSPORIUM MORI*)

The resistance to leaf spot caused by *Cercospora moricola* is directly related with the thickness of the epidermis or cuticle (Govindaiah *et al.*, 1990) and antifungal compounds of leaf leachates (Sukumar, 1988). Govindaiah *et al.* (1989) in Mysore (India) screened 92 mulberry varieties on the basis of natural incidence of leaf spot and reported that 'Kaliakutahi' and 'Bidevalaya' are immune to *C. moricola*. In addition, several varieties, namely 'Kanva-2', 'S-54', 'C-799', 'Shrim-2', 'Moulai', 'Mizusawa', 'Assamabola', 'Cattaneo', 'Sujanpur' $\times$ 'Kokuso-13', 'China White', 'Jodhpur', 'AB' $\times$ 'Kokuso-13', 'Calabresa', 'Miruso', 'ACC-106', 'ACC-109', 'ACC-112', 'ACC-114', 'ACC-115', 'ACC-116', 'ACC-119', 'ACC-121', 'ACC-123', 'ACC-152', 'ACC-153', 'OPH-1', 'OPH-3', 'MS-2', 'MS-3', 'MS-5', 'MS-7', 'MS-8', 'ACC-210', 'Paraguay', 'RFS-135', 'RFS-175', 'ACC-117', 'S-146', 'S-523', 'ACC-125', 'ACC-128', 'K2' $\times$ 'Kokuso-13', 'S-153', 'LF-1', 'Almora Local' and 'S-1096', were found resistant in their studies. However, among the varieties which showed resistance, 'MR-2' and 'S-54' proved resistant in all investigations in Karnataka (India) (Boraiah *et al.*, 1987; Govindaiah *et al.*, 1989, 1990). In West Bengal (India) as well as in Rajshahi (Bangladesh), a *M. indica* high-yielding cultivar, S799, was evaluated as resistant to the disease (Pasha and Barman, 1988; Anonymous, 1989-90).

Leaf spot (= brown spot) in mulberry incited by *Cylindrosporium mori* was reported from Azerbaijan (Askerova, 1963) and several varieties such as 'Kinryujapan', 'Ukrainian-1' and 'A2S21' were identified as resistant in Uzbekistan (Mulov, 1969). Moreover, a series of reports (Mulov and Kozikova, 1971, 1972) indicates that two varieties, viz. 'Ukrainine-475' and 'Ukrainine-510', evolved by selection from the interspecific cross (*M. kagayama* $\times$ *M. alba*) $\times$ (*M. alba* $\times$ *M. bombycis*), showed

resistance to *Cylindrosporium* sp., although the latter one was comparatively better. Kozikova (1979) described that air-dried seeds of a hybrid involving a local form (*M. alba* × *M. alba*) and a hybrid obtained by cross pollinating the local form 'Khasak' × 'Khasak' (*M. alba* × *M. alba*) were treated with 1-4-bisdiazoacetyl butane and by means of individual selection four promising forms with resistance to *C. mori* were obtained in Uzbekistan.

RUST(AECIDIUM MORI ; CEROTELIUM FICI)

The disease causes orange yellow pinhead-shaped specks in the blade, petiole, young shoot and sorosis. In Tapei (Taiwan), Wang (1980) reported that most of the local varieties of Taiwan were more or less susceptible to *Aecidium mori*. However, in Japan, varieties like 'Kokuso-27' and 'Kairyonezumigaeshi' were reported to be resistant (Anonymous, 1972). In Karnataka (India), Boraiah *et al.* (1987) observed that three indigenous varieties, 'S₅₄', 'S₃₆' and 'MR-2', and five exotic varieties, viz. 'Kosen', 'Philippine', 'Italian', 'Popua' and *M. lebang*, remained resistant during the period of seven months' study from August 1985 to February 1986. But in a separate investigation for a period of 2 years (1986-87), the varieties, 'S-54', 'S-36', 'MR-2' and 'Kosen', were reported susceptible to rust caused by *Cerotelium fici* (Govindaiah *et al.*, 1989). Moreover, according to Govindaiah *et al.* (1989), none of the 92 tested varieties were highly resistant to *C. fici*, although varieties like 'AB' × 'Phill', 'K₂' × 'Kosen', 'ACC-115' and 'Almora Local', showed moderately resistant under natural conditions.

DIEBACK OR DOAGRE BLIGHT (DIAPORTHE NOMURAI)

It is evident that resistance to dieback disease in mulberry is controlled by a recessive gene and the homogenous recessive condition reveals the phenotype for resistance (Okabe, 1979). Moreover, it has been also found that the species *M. bombycis* is generally strong to the disease but its leaf is small in size and poor in quality (Anonymous, 1972). However, in Japan a bred variety, viz. 'Fukayuki', showed highly resistant, good yielding and adaptable to the districts whose snowfall was above 150 cm (Hazama, 1968). Kushibuchi (1976) reported that the variety, 'Ykishirazu', selected from the cross 'Kokuso 949' × 'Kurohimekuwa', was strongly resistant to the disease, grew well in spring and its leaf yield and value for silkworm production was similar to that of 'Fukayuki'. Following the artificial inoculation technique Matsuno *et al.* (1987) proved that 'Fukayuki' and 'Yukishinogi' were resistant to *D. nomurai*.

Moreover, a considerable amount of evidence suggests that both gamma (γ) rays and colchicine are useful tools for induction of dieback resistant mulberry mutants. For example, Nakajima (1973) observed that γ-irradiation of mulberry cultivars, 'Kairyonezumigaeshi' (improved Nezumigaeshi) and 'Kenmochi', had resulted in several mutants resistant to the disease. Following the artificial inoculation technique Fujita (1974) and Fujita and Wada (1980) found that re-irradiation of induced mutants with γ-rays gave two mutant strains with resistance to *D. nomurai*. Moreover, in the most convincing evidence of Katagiri *et al.* (1976) mutation was induced by chronic γ-irradiation using four varieties. The results indicated that four resistant varieties were obtained from var. 'Kenmochi' through a screening test to dieback resistant in heavy snowfall regions. The mutation was also induced by colchicine treatment with var. 'Kenmochi'. The mutants showing tetraploidy in inner layers, such as 2-4-4-4 and 4-4-4-4, were resistant as compared to those showing tetraploidy only in the outer layer.

ROOT ROT (GENERAL)

Kakuliya and Gogeliya (1969) indicated that in the USSR amongst the vegetatively propagated, ungrafted varieties, 'Nazumigaeshi', 'Russkaya' (Russian), 'Adreuli 03' and '020' possessed the highest resistance and the variety 'Gruziya' (Georgia) had average resistance. Amongst the progenies obtained from open pollination, material from Chinese seeds had the highest resistance. Moreover,

of the hybrid combinations studied, 'Gruziya' × 'Gruziish-2' and 'Gruziya' × '020' were the most resistant. At the Sericultural Research and Training Centre, Korat (Thailand), an investigation was made on the selection of mulberry varieties resistant to root rot disease from F₁ hybrids of 'Ooshimaso', 'Kairyonezumigaeshi', 'Nezumigaeshi', 'Shujakuichi', *M. multicaulis* and 'Pai × Noi' varieties by Bhinai (1987). He observed that the hybrids of 'Pai' and 'Noi', No. 6, 18, 33 and 36 showed resistance to root rot disease.

BACTERIAL BLIGHT (*PSEUDOMONAS SYRINGAE* PV. *MORI* = *P. MORI*)

It is evident that the varietal differences in resistance to *Pseudomonas mori* are associated with the differences in growth and development of mulberry plants. Chanturiya (1962) observed that the longer internodes and wider laminae were situated lower down on the stems of resistant than susceptible varieties. However, according to the investigation of Murakami (1973) it seems that the resistance to bacterial blight is of hereditary nature. In his studies on the utilization of F₁ populations in mulberry cultivation he found that F₁ populations derived from crosses using parents which were susceptible to bacterial blight showed a high degree of susceptibility. In Ukraine, Mulov (1969) suggested to use the resistant varieties, 'Ukrainian-1', 'Mestnaja' (local), 'Harkov-3', 'Sanchen' and 'Ussuri-24' in hybridization programmes.

Several additional mulberry varieties possess varying degrees of resistance to bacterial blight. In Romania, Coteanu (1971) observed that the varieties, 'Bulgaria-24', 'Bulgaria-3', 'Tbilisuri' and 'Galicea', showed some resistance. The *M. indica* and *M. alba* cultivars, 'Husang', 'Chine', 'Shine-Ichinore' (Shini-Ichinose?), 'Gumji' and 'Ichihie' were reported to possess resistance both in field and laboratory tests in Islamabad (Pakistan) (Pathan, 1987; Akhtar and Sarwar, 1988). In Japan, varieties like 'Shimanouchi' and 'Kenmochi' belonging to the species *M. bombycis* were reported to be strong to the disease (Anonymous, 1972). In Karnataka (India), Sree and Boraiah (1988) identified 20 indigenous and 18 exotic varieties as resistant. However, two Indonesian susceptible species, *M. lebang* and *M. chatayana* (Shikata *et al.*, 1985), were included in their list of resistant varieties. The reports of Hida *et al.* (1978, 1982) indicated that the mulberry varieties, 'Minamisakari' (= 'Kuwanorin 4') and 'Hate-Sakari' (= 'Kuwanorin 7'), evolved by selection from the F₁ plants of 'Kaiyo-Ichinose' (+) and 'Kokuso No. 21' (-), possessed a high degree of resistance. Takahashi (1980) also reported that the varieties 'Shini-Ichinose' and 'Minamisakari', both from crosses between Kariyumuwa and Roguwa types, were highly resistant to bacterial blight.

The effectiveness of gamma (γ) irradiation on the evolution of resistance to bacterial blight has been found by Nakajima (1972). He observed that treatment of 'Kairyonezumigaeshi' and 'Kenmochi' plants with chronic γ-irradiation for a period of three years had given some mutants with resistance to *P. mori*.

The genetic variation within the pathogen is of extreme importance in disease resistance studies and in disease control by means of host resistance (Robinson, 1969; Van der Plank, 1969). Moreover, it has also been reported that, in mulberry, isolates of *P. mori* strain which produced rough colony under cultural conditions are more aggressive in inoculation tests than isolates of a strain which produced a smooth colony, although there are no differences in the appearance of lesions produced by the two strains (Yi *et al.*, 1977). Sato *et al.* (1986) distinguished four types of bacteria on the basis of plasmid contents and reported that bacteria with 2 plasmids were highly virulent.

LEAF CURL (BACTERIA)

According to Kushibuchi (1976), 'Minamisakari', a variety suited to tropical areas bred from 'Kaiyoichinose' × 'Kokukawa 21' (national mulberry 21), is immune to bacterial leaf curl. Berdzenidze (1973) studied resistance to leaf curl and yield of nine new mulberry varieties and reported that the most resistant and highest-yielding varieties were 'Iveriya' and 'Samgoruli'. Zambakhidze *et al.* (1979) while studying on polysterols of mulberry leaves observed that the composition and amount of free and esterified sterols and sterol glycosides were very similar both in

the curl-susceptible and -resistant mulberry varieties, which indicated that the sterols had no role to play with the resistance factor.

BACTERIAL DISEASES (GENERAL)

In Japan, the varieties, 'Shimanouchi' and 'Kenmochi' belonging to the species *M. bombycis* Koidz, were found strong to bacterial diseases (Anonymous, 1972). Aliev (1966) reported that 'Adreuli', a rapidly growing mulberry variety showed resistance to bacterial wilt in Azerbaijan. Mulov (1969) in Ukraine reported that 'Ukrainian-1', 'Mestnaja' (local), 'Harkov-3', 'Sunchen' and 'Ussuri-24' were resistant to bacterial diseases. According to Fan *et al.* (1988), of the eight main varieties grown in Shandong Province (China), 'Zhenzhubai' showed some resistance to bacterial diseases of mulberry.

DWARF (MYCOPLASMA-LIKE ORGANISM)

The disease causes stunted growth of mulberry with bunches of poor lateral twigs and is more common in the countries of temperate regions. As regards the pathogenic agent, for a long time a virus was considered (Tahama, 1967; Anonymous, 1972). In the year 1974, the virus research group of Academia Sinica Shanghai Institute of Biochemistry and the scientists of the Division of Mulberry Protection of Kaingsu Institute of Sericulture (Japan) suggested that the disease was a composite symptom caused by the combined action of the virus and a mycoplasma-like organism (MLO). However, in more recent studies, MLO which transmits through the leaf hopper (*Hishimonas sellatus*) has been considered as the causal agent (Tahama, 1978; Yamada *et al.*, 1978; Ishizaka, 1980a, 1980b). The MLOs which cause dwarf disease in mulberry are of two types – one is severe – named 'Tamana' while the mild strain of the causal agent – named 'Kikuchi' (Tahama, 1978). The study on DNA homology indicated that the strains differed genetically in nucleotide sequences and in G + C contents (Zakarashivili *et al.*, 1983, 1984).

It is evident that the anatomical structure of the petiole (pedicle) can be used to diagnose resistance to dwarf. In the investigations of Shalamberidze *et al.* (1974), the leaf pedicle anatomy of the mulberry cultivars, 'Georgia' ('Gruziya'), 'Iveriya', 'Oshima', 'Katlama', 'Italian' and an unsorted form, 'Tatarica', were studied and the results were that the most susceptible variety, 'Gruziya', had the poorest developed vascular system, while the most resistant variety, 'Oshima', had the best developed vascular system. In a study at three different altitudes, Zedginidze (1975) identified 'Oshima', 'Gruzniish-4' and 'Tbilisuri' as resistant to the disease. He also noted that the disease was maximum at the lowest altitude, while, at the highest altitude, it was least. At the Kulaisi Silk Production Station (Georgia), 12 best forms were selected for resistance to the disease under both natural and artificial conditions of infection and for other useful traits, using a highly resistant variety, 'Oshima', and the high-yielding 'Iversiya' and 'Tatarika' as controls (Tvalchrelidze, 1977).

According to the investigation of Murakami (1973) it appears that the resistance to dwarf is heritable. He, while studying on the utilization of F₁ populations in mulberry cultivation, found that F₁ populations derived from crosses using parents which were susceptible to dwarf showed a high degree of susceptibility. Shablovskaya *et al.* (1977) evaluated eighteen promising forms, unaffected in their eight years' investigation under condition of severe infection, from a large number (230) of crosses made at the Georgian Agricultural Institute (Georgia). They reported that the most resistant progenies were obtained by pollinating 'Kataturi' and 'Russkaya' (Russian) with pollen from 'Mitskheturi', 'Gibrid-2' (Hybrid-2), 'Gruzniish-4' and 'Oshima'. Nikuradze (1981) found that the most promising hybrids which combined high yield with resistant to dwarf were 'Kataturi' × 'Gruzniish-4', 'Lu' × 'Gruzniish-5' and 'PS-9' × 'Tbilisuri'. In Georgia and Uzbekistan, a large number of varieties, both local and hybrid, were made trial under natural conditions for a considerable period of time and finally several varieties such as 2, 3, 23, 31, 39, 40, 42, 208, 202, 4, 112 were identified as resistant. Of the varieties showing resistance, the most resistant, with 2.4 % infected plants, was 112 followed by the female form 4, with 8.9 % infection. However, both varieties

proved relatively low yielding. Despite their low yields, these two forms were regarded as useful donors of resistance (Kakuliya, 1981 ; Kharshiladze, 1981 ; Tvalchrelidze and Kakuliya, 1981, 1982).

According to Shalvoskaya (1981) and his co-workers (1979, 1980), in Georgia, 4 new varieties, namely 'Rioni', 'Digmoskaya-125' ('Dimguri-125'), 'Imeruli-1' and 'Imeruli-2' were developed, showing high resistance and high yielding. In their investigations they observed that 'Imeruli-1' and 'Imeruli-2' yielded about 2-2.5 times as much as the standard 'Iveriya'. They also noted that among the triploid forms, 'Ukrainskaya 9-50' (Ukrainian 9-50) and '28-23' showed fairly good resistance to the disease. However, polyploid forms were found mainly susceptible (Kakuliya, 1981).

A considerable amount of evidences also suggests that several high-yielding varieties, 'Subongppong', 'Caeryangbbong', 'Suwhagil', 'Minamisakari', 'Ichinose', 'Shini-Ichinose' and 'Haytesakari' of Korea and Japan do not possess a high level of resistance to dwarf (Park and Nam, 1986 ; Park *et al.*, 1987 ; Hida *et al.*, 1978, 1982). However, Park *et al.* (1984) from Sericultural Experimental Station (Suweon, Korea) reported that 'Chongilpong' – an Ichinose line of mulberry variety with green branches – was comparatively more resistant than a brown branch-coloured newly developed Ichinose line of the variety, 'Jogiljiro'. Moreover, several varieties, 'Ohimaso', 'Shukakuiti', 'Akame-Roso' and 'Rohachi' were considered resistant in Japan (Anonymous, 1972). Ishijima (1980) indicated that of the three species of *Morus* used for silkworm feeding in Japan, *M. latifolia* was the most resistant to dwarf.

MOSAIC (VIRUS)

The available evidence indicates that the Department of Agriculture, Thailand, has developed a resistant high-yielding variety, viz. 'Buriram 60' from a Chinese introduction crossed with the variety 'Noi' (Anonymous, 1988).

TUKRA (VIRUS ? *MACONELLICOCCUS HIRSUTUS* ?)

The disease causes leaf curling at growing shoot tips and in severe cases it appears as leaves with rosette formation on the stunted mulberry shoot. In West Bengal (India), it is considered as one of the greatest enemies to mulberry, which occurs throughout the year in all mulberry fields of plains, although it affects mulberry to the maximum extent during the months of the summer season. As regards the causal agent, there are different opinions. Ullal and Narasimhanna (1987) have mentioned that the cause of the disease is a virus for which the common mealy bug (*Maconellicoccus hirsutus*) is the vector. But the work of Sriharan *et al.* (1979) establishes that mealy bugs are the causal agents of tukra. Mealy bugs feed on the sap by sucking on tender leaves and shoots (Anonymous, 1962). However, it is not known whether by such feeding the insects introduce a virus which is responsible for the disease (Govindaiah and Bhakuni, 1988).

Although the confusion remains about the pathogenic agent, scientists of different places are trying to raise tukra-resistant varieties. The screening of mulberry plant in Germplasm Bank, consisting of 285 mulberry varieties, was made at Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore (India) (Anonymous, 1989-90). In that investigation only three varieties, namely *Morus teliaefolia*, 'Akaji' and 'NT₁' were found resistant. Moreover, the studies on the yield loss due to tukra infestation revealed that 'C763' exhibited the highest tolerance (4.92 % yield reduction) followed by 'S₁' (13.42 %) (Anonymous, 1990). Sree and Boraiah (1988) in Karnataka (India) identified 18 exotic varieties, viz. 'Harban', 'Kairyonezumigaeshi', 'Kurangi', 'Okinawa-1', 'Okinawa-2', *M. alba*, *M. australis*, *M. chatayana*, *M. lebang*, *M. macroura*, *M. multicaulis*, *M. nigra*, 'Farmers field', 'Philippine', 'Taisong No. 2', 'Taisong No. 3', 'Thailand' and 'Vietnam' as resistant to tukra.

DISEASES (GENERAL)

The mulberry varieties 'Tbilisuri' and 'Galicea' were found resistant to diseases in Romania (Csaiciu, 1971). Dzhabarov *et al.* (1977) reported that the variety 'Arzu', obtained by crossing 'Zakir' with 'Seleksiya-5', is resistant to mulberry diseases.

GENERAL REMARKS

Improvement in the quality of mulberry plants with an emphasis on disease resistance is of paramount importance in mulberry breeding programmes. The utilization of disease-resistant germplasm is of particular value in a programme of integrated pest management. Thus, the search for disease-resistant germplasm in mulberry is a continuing goal in moricultural research for improvement of mulberry plants. In the foregoing text several mulberry varieties carrying single and multiple disease resistance are cited. It is gratifying that the search for resistance germplasm is a continuing and expanding segment of moricultural research. According to Walker (1965), with refinements in disease assay procedures and in hybridization of species with the aid of tissue culture, new horizons in the development of multiple resistance have been opened. Moreover, Machii (1990) was able to transfer genes successfully into mulberry cells using a Ti plasmid of *Agrobacterium tumefaciens* as a vector. However, at present our knowledge about the nature of disease resistance both as to its genetics and its physiology is very poor and badly needed for the proper utilization of disease-resistant germplasm into mulberry improvement programmes.

REFERENCES

- ACADEMICA SINICA SHANOHAI INSTITUTE OF BIOCHEMISTRY VIRUS RESEARCH GROUP AND KAINGSU INSTITUTE OF SERICULTURE DIVISION OF MULBERRY PROTECTION (1974) Studies on the pathogens of mulberry dwarf disease. I. Virus-like particles and mycoplasmas-like bodies associated with mulberry yellow dwarf disease. *Sci. Sin.*, 17, 421-427.
- AKTHAR M.A., SARWAR M. (1988) Mulberry germplasm resistance to bacterial blight (*Pseudomonas syringae* pv *mori*) in Pakistan. *Plant Protection Bulletin, India*, 36, 43-45.
- ALIEV M.O. (1966) Study of biological and economic indices of Georgian mulberry variety Adreuli in Azerbaijan. *Trans. Inst. Genet. Breed. Az. SSR*, 4, 228-234.
- ANONYMOUS (1962) *Morus*. In *Wealth of India raw material series*. Council of Scientific and Industrial Research, India, 483 pp.
- ANONYMOUS (1972) *Handbook of silkworm rearing*. Fuji Publication Co., Japan, 319 pp.
- ANONYMOUS (1988) *Buriram-60 research monitor*. Department of Agriculture, Thailand, 2, 5-10.
- ANONYMOUS (1989-90) *Annual administrative report*. Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore, India, 232 pp.
- ANONYMOUS (1990) *News and Views*. Quarterly bulletin of Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore, India, 5, 14.
- ANONYMOUS (1990-91) *Annual administrative report*. Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore, India, 318 pp.
- ASKEROVA T.Z. (1963) Brown spot of mulberry in Azerbaijan. *Shelk (Silk)*, 1, 31-33.
- BELL A.A. (1981) Biochemical mechanism of disease resistance. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 32, 21-81.
- BERDZENIDZE V.G. (1973) Resistance to leaf curl and yield of new mulberry varieties. *Shelk (Silk)*, 4, 6.
- BHEEMANNA C., HIREMATH P.C., GOVINDAN R. (1986) Evaluation of mulberry varieties (*Morus* sp.) against powdery mildew disease caused by *Phyllactinia corylea*. *Plant Pathol.*, 4, 27-28.
- BHINAI H. (1987) Study on the mulberry resistance to the root rot disease. *Sericologia*, 27(2), 189-191.
- BIFFEN R.H. (1912) Studies in inheritance in disease resistance II. *J. Agr. Sci.*, 4, 421-429.
- BORAIAH G., SREE M.P., NARAYANAGOWDA S.N. (1987) Screening of mulberry. *Sericologia*, 27(2), 165-167.
- BRAVERMAN S.W. (1986) Disease resistance in cool-season forage range and turf grasses II. *The Botanical Review*, 52, 1-112.
- CHANTURIYA N.N. (1962) The basis of control measures for bacterial infection in mulberry. *Soobshch Akad. Nauk., Gruzin. SSR*, 29, 579-586.
- COTEANU O. (1971) Diseases of mulberry, their prevention and control. *Sericultura*, 7, 22-29.
- CSAICIU E. (1971) Valuable mulberry varieties recommended for intensive cultivation. *Sericultura*, 7, 15-21.

- DIDECHEENKO A.S., ABDULAEV R., PULATOV A.P. (1985) Salt resistant mulberry variety Goldnostepkil-15. *Shelk (Silk)*, 1, 6.
- DZHAFAROV N.A., TURCHANINOVA L.A., ALEKPEROVA O.R. (1977) The new mulberry variety Arzu. *Shelk (Silk)*, 2, 4.
- FAN K.Z., SONG H.Z., SUN R.Y. (1988) Mulberries for fruit in Shadong Province. *Zuown Pinzhong Ziyuan*, 3, 13-14.
- FUJITA H. (1974) Induction of dieback disease resistant bud mutations by gamma irradiation in mulberry. *Mutation Breeding News Letter*, Institute Radiation Breeding, Ohmiya, NIAS, MAFF, Japan, 4, 6.
- FUJITA H., WADA M. (1980) Studies on mutation breeding in mulberry (*Morus* spp.). In *Induced mutations in vegetatively propagated plants II*. Coimbatore, February, 11-15.
- GOVINDAIAH, BHAKUNI B.C. (1988) Prevalence of tukra disease in tropical regions. *Indian Silk*, 26, 55.
- GOVINDAIAH, SHARMA D.D., SENGUPTA K., GUNASEKHAR V., SURAYANARAYANA N., MADHAVARAO Y.R. (1989) Screening of mulberry varieties against major fungal diseases. *Indian J. Seric.*, 28, 207-213.
- GOVINDAIAH, PHILIP T., SENGUPTA K., GIRIDHAR K., SURYANARAYANA N. (1990) Incidence of leaf spot disease in some indigenous varieties of mulberry. *Sericologia*, 30(2), 257-260.
- HAZAMA K. (1968) Breeding of mulberry tree. *JARQ*, 2, 15-19.
- HIDA N., MURAKAMI M., YAMAMOTO M., MINAMI M. (1978) New mulberry cultivar, 'Minamisakari'. *Bull. Seric. Exp. Sta.*, Tokyo, 27, 469-506.
- HIDA N., YAMAMOTO M., IWATA E., MURAKAMI M. (1982) A new mulberry *Morus alba* cultivar, 'Hayater-Sakari'. *Bull. Seric. Exp. Sta.*, Tokyo, 613-665.
- ISHIZAKA T. (1980a) Histopathological observations on the vector leaf hopper, *Hishimonas sellatus*, which sucked the sap of the dwarf diseased mulberry tree. *J. Sericult. Sci. Japan*, 49, 342-346.
- ISHIZAKA T. (1980b) Detection of a specified antigen in leaf juice from the dwarf diseased mulberry tree. *J. Sericult. Sci. Japan*, 49, 410-413.
- ISHIJIMA T. (1980) Mulberry dwarf disease - its ecology and control. *Sericult. Exp. Sta. Kyushu Branch*, 104-115.
- ITOI S., NAKAYAMA K., KUBOMURA Y. (1960) Studies on the powdery mildew of mulberry tree, caused by *Phyllactinia corylea* (Pers) Karst (1) on the outbreak and subsequent development of the disease. *J. Sericult. Sci. Japan*, 29, 72-78.
- ITOI S., NAKAYAMA K., KUBOMURA Y. (1964) The spread of mulberry powdery mildew and the control of the first outbreak in spring by eradicating perithecia. *Bull. Sericult. Exp. Sta. Tokyo*, 18, 545-558.
- KAKULIYA M.A. (1981) Identification of varieties and local forms of mulberry resistant of dwarf disease. In *Materially 4 - go S. ezda Gruz. O - va Genetikov i Seleksionerov*, Tbilisi, Noyab, 18-20.
- KAKULIYA M.A., GOGELIYA I.F. (1969) A study of the resistance to root rot of ungrafted material from different mulberry varieties. *Tr. Gruz. S-Kh. In - ta*, 76-77, 271-281. *From Referativnyi Zhurnal* (1970), 10, 55, 592.
- KATAGIRI K., WADA M., FUJITA H., NAKAJIMA K., HAZAMA K. (1976) Induction of dieback resistant mutation in mulberry. *Gamma Field Symposium*, 17, 75-84.
- KHARSHILADZE Z.V. (1981) Study of hybrid forms of mulberry resistant to dwarf disease. In *Materially 4 - go S. ezda Gruz. O - va Genetikov i Seleksionerov*, Tbilisi, Noyab, 18-20.
- KOZIKOVA R.K. (1979) Experimental mutagenesis in mulberry breeding. In *Materially 4 - go Vses. Seminara Soveshch Po Genet i Selktsii Shelkopryada i Shelkovitsy*, Sent, 25-27.
- KRISHNA PRASAD K.S., SIDDARAMAIAH A.L. (1979) Studies on the development of powdery mildew disease of mulberry in Karnataka. *Indian J. Seric.*, 18, 9-13.
- KUSHIBUCHI K. (1976) Introducing new varieties of summer crops. *Japanese J. Breeding*, 26, 266-277.
- LEU L.S., LEE C.C. (1982) Morphology and conidial germination of powdery mildew of mulberry. *Plant Protection Bull.*, Taiwan, 24, 27-36.
- MACHII H. (1990) Leaf disc transformation of mulberry plant (*Morus alba* L.) by *Agrobacterium* Ti plasmid. *J. Sericult. Sci. Japan*, 59, 105-110.

- MATSUNO M., DOI N., NISHIMA S. (1987) Some epidemiological observations of mulberry dieback caused by *Diaporthe nomurai* Hara with the artificial infection. J. Sericult. Sci. Japan, 56, 1-8.
- MULOV G.B. (1969) Results of a study of a collection of mulberry varieties in the Ukraine. Shovkivnitsvo Resp. Mizhvid. Temat. Nauk. Zb., 5, 25-29.
- MULOV G.B., KOZIKOVA R.K. (1971) The new mulberry variety Ukranine 475. Shovkivnitsvo Resp. Mizhvid. Temat. Nauk. Zb., 8, 3-6.
- MURAKAMI M. (1973) Utilization of improved F₁ populations in mulberry cultivation. Bull. Sericult. Exp. Sta., Tokyo, 26, 1-57.
- NAKAJIMA K. (1972) Induction of useful mutations in mulberry by gamma radiation. JARQ, 6, 195-198.
- NAKAJIMA K. (1973) Induction of useful mutations of mulberry and roses by gamma rays. In Induced mutations in vegetatively propagated plants. IAEA, Austria, 105-116.
- NIKURADZE V.G. (1981) Choice of parental pairs for reproduction of mulberry seeds. In Materially 4 - go S "ezda Gruz. O - va Genetikov Seleksionerov, Tbilisi, Noyab, 18-20.
- OKABE T. (1979) Inheritance of resistance to dieback in mulberry. Bull. Sericult. Exp. Sta., Tokyo, 27, 785-805.
- PARK K.J., NAM H.W. (1986) The characteristics of the variety 'Suwhagil'. Res. Rural Dev. Adm., Suweon, 28, 71-74.
- PARK K.J., NAM H.W., CHUNG T.A. (1984) The characteristics of 'Jogiljroec' with brown branch, a different line from Ichinose variety. Res. Rep. Rural Dev. Adm., Suweon, 26, 65-68.
- PARK K.J., NAM H.W., KIM H.R., LEE S.U., YANG S.Y. (1987) A new high yielding variety 'Subongppong'. Res. Rep. Rural Dev. Adm., Suweon, 29, 24-30.
- PASHA M.K., BARMAN A.C. (1988) Selection of mulberry (*Morus alba* L.) variety resistant to leaf spot disease. Bangladesh J. Agric., 13, 103-108.
- PASHA M.K., BARMAN A.C. (1990) Survey on the incidence of powdery mildew disease of mulberry by *Phyllactinia corylea*. Bull. Sericult. Res. Bangladesh, 1, 30-34.
- PATHAN I.H. (1987) Research and survey reports. Pakistan Quarterly Newsletter. Asia and Pacific Plant Protection Commission, FAO, Thailand, 30, 33-34.
- PILLAI S.V., JOLLY M.S. (1985) An evaluation on the quality of mulberry varieties raised under hill conditions and the crop results of *Bombyx mori*. Indian J. Seric., 24, 48-52.
- ROBINSON R.A. (1969) Disease resistance terminology. Rev. Appl. Mycol., 48, 593-606.
- SASTRY C.R. (1984) Mulberry varieties, exploitation and pathology. 14th International Sericultural Congress. In Sericologia, 24(3), 333-359.
- SATO M., KATAGIRI K., TAKAHASHI K. (1986) Relationship between plasmid patterns of *Pseudomonas syringae* pathovar *mori*, the pathogen of bacterial blight of mulberry and bacterial properties including pathogenicity and ice nucleation activity. Bull. Sericult. Exp. Sta., Tokyo, 30, 101-122.
- SHABLOVSKAYA M.I. (1981) Breeding mulberry for resistance to dwarf disease. In Materially 4 - go "ezda gruz. O - va Genetikov i Seleksionerov, Tbilisi, Noyab, 18-20.
- SHABLOVSKAYA M.I., BERDZENIDZE V.G., KHARSHILADZE Z.V., OZIASHOILI O.V., NIKURADZE V.G. (1979) Prospects for the use of polyploidy in the production of mulberry varieties resistant to dwarf disease. Tr. Gruz. S - Kh. in - ta, III, 25-22. From Referativnyi Zhurnal (1980), 3, 65, 375.
- SHABLOVSKAYA M.I., NIKURADZE V.G., BERDZENIDZE V.G., KHARSHILADZE Z.V. (1980) New mulberry varieties and hybrids tolerant of dwarf disease. Tr. Gruz. S - Kh. in - ta, 116, 11-12. From Referativnyi Zhurnal (1981), 12, 55, 560.
- SHABLOVSKAYA M.I., NIKURADZE V.G., KHARSHILADZE Z.V. (1977) Breeding mulberry for resistance to dwarf disease. In Tr. Vses Seminara Po Genet. i Seleksii Tutovo Shelkopyada i Shelkovitsy, Tashkent, 137-142.
- SHALAMBERIDZE D.A., ANELI N.A., ZVIADADZE G.E. (1974) Anatomical structure of the leaf pedicle of some mulberry tree varieties. Soobshch Akad. Nauk. Gruz. SSR, 74, 677-680.
- SHIKATA M., HOSHINO M., SHINO T., EURUSAWA T., INDRASITH L.S. (1985) J. Sericult. Sci. Japan, 54, 366.

- SREE M.P. BORAIAH G. (1988) Incidence of 'Tukra' and bacterial blight of mulberry plants in germplasm bank. *Current Sci.*, 57, 1224-1228.
- SRIHARAN T.P., SAMSON M.V., KRISHNASWAMI S. (1979) *Indian J. Seric.*, 18, 78.
- SUKUMAR J. (1988) Inhibition of conidial germination of *Cercospora moricola* by mulberry leaf leachates. *Sericologia*, 28(2), 249-252.
- TAHAMA Y. (1967) Studies on the dwarf disease of mulberry tree, XVI. On two strains. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan*, 33, 156-161.
- TAHAMA Y. (1978) Mulberry dwarf disease 24. Disappearance of the symptoms under continuous illumination and absence of mycoplasma-like organisms in the recovered plants. *Bull. Hiroshima Agric. Coll. Japan*, 6, 21-30.
- TAKAHASHI K. (1980) The causal pathogen of bacterial blight of mulberry and its control. *JARQ*, 14, 41-45.
- TVALCHRELIDZE N.A. (1975) Resistance of local forms of mulberry to dwarf disease. *Tr. Gruz. S. - Kh. In - ta*, 91, 89-93. From *Referativnyi Zhurnal* (1976), 9, 55, 808.
- TVALCHRELIDZE N.A. (1977) Results of search for varieties and local forms of mulberry resistant to dwarf disease. *In Tr. Vses. Seminara Po. Genet. i Selekcitsii Tutovogo Shelkopryada i Shelkovitsy*, Tashkent, 143-153.
- TVALCHRELIDZE N.A., KAKULIYA M.A. (1981) Identifying local forms of mulberry resistant to dwarf disease. *Shelk (Silk)*, 3, 4-5.
- TVALCHRELIDZE N.A., KAKULIYA M.A. (1982) Identifying local forms of mulberry resistant to dwarf disease. *Shelk (Silk)*, 1, 4-8.
- ULLAL S.R., NARASIMHANNA M.N. (1987) *Handbook of practical sericulture*. CSB Publication, Bangalore, 209 pp.
- VAN DER PLANK J.E. (1968) *Disease resistance in plants*. Academic Press, New York, 206 pp.
- VAN DER PLANK J.E. (1969) Pathogenic races, host resistance and an analysis of pathogenicity. *Neth. J. Plant Pathol.*, 75, 45-52.
- WALKER J.C. (1965) Disease resistance in vegetable crops III. *The Botanical Review*, 31, 331-380.
- WANG H.-C. (1980) Rust of mulberry (*Aecidium mori*). *Nat. Sci. Counc. Mon.*, 8, 604-615.
- YAMADA Y., NAGASHIMA K., INOUE K., KOJ S. (1978) Ultrastructural features of mycoplasma-like organisms found in the phloem of petiole from young leaf naturally infected with mulberry dwarf. *Phytopathol. Soc. Japan*, 44, 35-36.
- YI Y.K., KIM J.W., CHO Y.S. (1977) Studies on a rough colony type mutant of *Pseudomonas mori* (Boyer *et* Lambert) Stevens causing mulberry bacterial blight, pathogenicity and some characteristics. *Korean J. of Plant Protection*, 16, 21-31.
- ZAKARASHVILI T.N., SKRIPAL I.G., PANCHENKO L.P., MASHKOVSKII N.N. (1983) Physiological properties of the DNA of mycoplasma agent of mulberry dwarf. *Mikrobiol. Zh. (Kiev)*, 45, 76-79.
- ZAKARASHVILI T.N., PRIMA V.I., PANCHENKO L.P., SKRIPAL I.G. (1984) DNA hybridization of mycoplasma strains as agents of mulberry dwarf disease. *Mikrobiol. Zh. (Kiev)*, 46, 30-32.
- ZAMBAKHIDZE N.E., TUSHISHVILI L.Sh., KEKELIDZE N.A. (1979) Polysterols of mulberry (*Morus alba* L.) leaves. *Prikl. Biokhim. Mikrobiol.*, 15, 129-131.
- ZEDHINIDZE M.G. (1975) Effect of altitude on the resistance of some mulberry varieties to dwarf disease. *Tr. Gruz. S.-Kh. in - ta*, 91, 77-81. From *Referativnyi Zhurnal* (1976), 9, 55, 806.

CONTROLE GENETIQUE DE LA RESISTANCE AUX MALADIES CHEZ LE MURIER

SUBRATA BISWAS & K. SENGUPTA

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore - 742 101, West Bengal, Inde.

INTRODUCTION

Le mûrier étant une plante persistante, il est souvent affecté par un grand nombre de maladies. Cependant, tous les plants ne sont pas infestés de la même manière par une maladie donnée. Ces variations dans la présence d'une maladie ne sont pas, évidemment, entièrement dues à la distribution et à la fréquence des agents pathogènes mais reflètent des différences de constitution génétique aussi bien chez l'hôte que chez l'agent pathogène. Les différences génétiques chez les plantes hôtes s'expriment en termes de "résistance aux maladies", par référence à la faculté d'une plante à prévenir, restreindre ou retarder le développement d'une maladie, faculté qu'elle possède à un degré élevé, moyen ou faible.

Il existe de nombreux cas de résistance aux maladies pour lesquels on a démontré que la réaction de l'hôte à l'invasion par un agent pathogène et la faculté de l'agent pathogène à provoquer une maladie étaient déterminées par des gènes spécifiques. Dans certains cas, la résistance est gouvernée par un ou quelques gènes dont les effets individuels sont faciles à détecter, tandis que, dans certains autres, elle est gouvernée par des gènes multiples, chacun d'eux contribuant dans une petite proportion à la propriété dans son ensemble. La résistance qui est gouvernée par un ou quelques gènes et est totalement efficace contre certains agents pathogènes est appelée résistance verticale ou spécifique d'une espèce, tandis que la résistance gouvernée par des gènes multiples et répartie à parts égales contre tous les types de pathogènes est appelée résistance horizontale ou non spécifique (Van Der Plank, 1968). Un degré élevé de résistance générale (c'est-à-dire non spécifique) permet de prévenir la pénétration des champignons dans les plantes, de restreindre la multiplication des bactéries sans qu'il y ait formation de nécrose et de ralentir fortement la multiplication des virus tandis que la résistance spécifique d'une race inhibe généralement les stades de croissances fongiques ultérieurs et implique une multiplication rapide des bactéries et des virus, entraînant la formation rapide de cellules nécrotiques ou de lésions restreignant la multiplication et la propagation des bactéries et des virus (Bell, 1981).

La résistance que possède une plante est héritable (Biffen, 1912). L'introduction de nouveaux gènes de résistance chez l'hôte a donc une importance capitale dans les programmes de culture de végétaux et constitue une méthode régulièrement adoptée (Braverman, 1986). Le but de cette synthèse est de passer en revue des variétés de mûriers présentes et passées afin d'évaluer leur résistance potentielle ou démontrée aux maladies. Les dénominations scientifiques apparaissent telles qu'elles sont données dans la documentation citée, des noms scientifiques différents pouvant s'appliquer à une même espèce. On a inclus dans ce traité de nombreuses variétés de mûriers connues pour leur résistance aux maladies, ceci pouvant être utile dans les programmes d'amélioration du mûrier et pour les échanges entre banques génétiques.

OIDIUM DU MURIER

(*PHYLLACTINIA CORYLEA*=*P. MORICOLA*=*P. SUFFULATA* F SP. *MORICOLA*)

Les variétés appartenant à l'espèce *Morus bombycis* sont généralement sensibles à cette maladie (Anonyme, 1972). Itoi et coll. (1960) ont observé l'oidium du mûrier chez quatre variétés cultivées, "Ichihei", "Kairyoroso", "Kairyonezumigaeshi" et "Jumonji" dans le district de Matsumoto (Japon). Parmi ces variétés, "Ichihei" s'est révélée être la plus sensible tandis que les autres s'avéraient comparativement résistantes. Par la suite, l'étude de 32 plantations dans ce même district, réalisée au cours d'une période de présence importante de la maladie en 1963, a révélé que la variété "Ichinose" présentait moins d'oidium que "Kairyonezumigaeshi" (Itoi et coll., 1964). Des études sur le mode d'apparition et le développement subséquent de l'oidium sur le mûrier ont néanmoins montré que la variété "Ichinose" passait progressivement de résistante à sensible à mesure que la saison avançait (Itoi et coll., 1960). D'après Kushibuchi (1976), la variété "Ykishirazu", sélectionnée à partir d'un croisement "Koku 949" × "Kurchimekuwa", facile à cultiver au printemps, son rendement en feuilles et les valeurs obtenues pour la production de vers à soie étant similaires à ceux de "Fukayuki", est résistante à cette maladie. Le Département d'Agriculture de Thaïlande a mis au point une variété résistante à haut rendement (4 300 kg de feuilles/rai/an), "Buriram-60", à partir d'une souche chinoise croisée avec la variété "Noi" (Anonyme, 1988). La variété "Goldnospetskil-16", sélectionnée dans la région des steppes de Golodnaya en Ouzbékistan à partir du croisement *M. multicaulis* × *M. alba*, était résistante à *P. suffulata* f sp. *moricola* (Didechenko et coll., 1985).

Plusieurs autres variétés de mûrier présentent des degrés variables de résistance à l'oidium. A Rajshahi (Bangladesh), Pasha et Barman (1990) ont identifié "BSMR-4" comme étant une variété à haut rendement modérément résistante. A Taichung (Taïwan), Leu et Lee (1982) ont observé qu'aucun cultivar taïwanais n'était immunisé contre *P. corylea* mais que "Redbone" présentait une bonne résistance sur le terrain. Dans le Kamataka (Inde), Govindaiah et coll. (1989) ont observé que "Kaliakutahi", écotype local de *M. nigra* (Sastri, 1984), était immunisé contre la maladie. Cependant, il faut indiquer ici que la pression de la maladie dans le Kamataka est faible : une étude sur sept mois réalisée par Boraiah et coll. (1987) d'août 1985 à février 1986 [saison propice à la maladie, comme l'ont démontré Krishna Prasad et Siddaramaiah (1979)] sur l'incidence de l'oidium du mûrier sur 20 variétés indigènes et 23 variétés exotiques a en effet révélé que la maladie n'est apparue chez aucune des variétés étudiées. Pillai et Jolly (1985) ont suggéré de cultiver "MR-2" en moyenne montagne comme variété résistante à l'oidium. Bheemanna et coll. (1986) ont observé que "S54" et "Kanva-2" n'étaient pas infestés et ont suggéré de cultiver cette variété dans les régions à forte incidence de maladie. Cependant, selon une étude plus récente de Govindaiah et coll. (1989), les variétés "S54" et "MR-2" ne présentent pas un degré élevé de résistance à la maladie. Ces auteurs ont également identifié plusieurs variétés résistantes : "Mandalaya", "Cattaneo", "China White", "Jodhpur", "Calabresa", "Mizusawa", "ACC-123", "ACC-125", "ACC-151", "ACC-153", "OPH-3", "S-523", "Punjab local", "Shrim-2", "Himachal Local", "S796", "S153", "S1096", "S31" et "Almora local", présentant entre 0 et 5 % d'infestation. Il y a également des désaccords quant à la résistance de la variété "Mandalaya" puisqu'il a été observé, au cours d'une enquête réalisée dans le Bengale occidental (Inde), que cette variété était comparativement sensible (Anonyme, 1990-91).

MALADIE DE LA TACHE (*CERCOSPORA MORICOLA*, *CYLINDROSPORIUM MORI*)

La résistance à la maladie de la tache provoquée par *Cercospora moricola* est directement liée à l'épaisseur de l'épiderme ou de la cuticule (Govindaiah et coll., 1990) et aux composés antifongiques récupérables dans les solutions de rinçage des feuilles (Sukumar, 1988). A Mysore (Inde), Govindaiah et coll. (1988) ont sélectionné 92 variétés de mûrier en fonction de l'incidence de la maladie de la tache et ont observé que "Kaliakutahi" et "Bidevalaya" étaient insensibles à *C. moricola*. De plus, au cours de la même étude, plusieurs variétés, à savoir : "Kanva-2", "S-54", "C-799", "Shrim-2", "Moulai", "Mizusawa", "Assambola", "Cattaneo", "Sujanpur" × "Kokuso-13", "Chinawhite", "Jodhpur", "AB" × "Kokuso-13", "Calabresa", "Miruso", "ACC-106", "ACC-109", "ACC-112",

"ACC-114", "ACC-115", "ACC-116", "ACC-119", "ACC-121", "ACC-123", "ACC-152", "ACC-153", "OPH-1", "OPH-3", "MS-2", "MS-3", "MS-5", "MS-7", "MS-8", "ACC-210", "Paraguay", "RFS-135", "RFS-175", "ACC-117", "S-146", "S-523", "ACC-125", "ACC-128", "K₂" × "Kokuso-13", "S-153", "LF-1", "Almora local" et "S-1096", se sont révélées résistantes. En outre, parmi les variétés présentant une résistance, "MR-2" et "S-54" se sont avérées résistantes dans toutes les études réalisées au Karnataka (Inde) (Boraiah et coll., 1987 ; Govindaiah et coll., 1989, 1990). Dans le Bengale occidental (Inde), ainsi qu'à Rajshahi (Bangladesh), un cultivar de *Morus indica* à haut rendement, S799, a été évalué comme étant résistant à cette maladie (Pasha et Barman, 1988 ; Anonyme, 1989-90).

La maladie de la tache (ou tache marron) chez le mûrier induite par *Cylindrosporium mori* a été observée en Azerbaïdjan (Askerova, 1963) et plusieurs variétés, comme "Kinryujapan", "Ukrainian-1" et "A2S₂₁", ont été identifiées comme résistantes en Ouzbekistan (Mulov, 1969). Une série d'études ((Mulov et Kozikova, 1971, 1972) a permis de démontrer que deux variétés, "Ukrainine-475" et "Ukrainine-510", isolées par sélection du croisement interspécifique (*M. kagayamae* × *M. alba*) × (*M. alba* × *M. bombycis*), présentaient une résistance à *Cylindrosporium* sp. bien que "Ukrainine-510" donne des résultats comparativement supérieurs. Kozikova (1979) a décrit une expérience dans laquelle les graines d'un hybride utilisant une forme locale (*M. alba* × *M. alba*) et un hybride obtenu par pollinisation croisée de la forme locale "Khasak" × "Khasak" (*M. alba* × *M. alba*) traitées avec du butane 1-4-bisdiazoacétyle et sélectionnées individuellement ont permis d'obtenir quatre formes prometteuses présentant une résistance à *C. maculans* en Ouzbekistan.

ROUILLE (*AECIDIUM MORI* ; *CEROTELIUM FICI*)

Cette maladie provoque l'apparition de petites taches jaune orange en forme de tête d'épingle sur la feuille, le pétiole, la jeune pousse et la sorose. A Taipei (Taiwan), Wang (1980) a observé que la plupart des variétés locales de Taiwan sont plus ou moins sensibles à *Aecidium mori*. Cependant, au Japon, les variétés "Kokuso-27" et "Kairyonezumigaeshi" ont été identifiées comme étant résistantes (Anonyme, 1972). Au Karnataka (Inde), Boraiah et coll. (1987) ont observé que trois variétés locales ("S₅₄", "S₃₆" et "MR-2") et cinq variétés exotiques ("Kosen", "Philippine", "Italian", "Popua" et *M. lembang*) sont restées résistantes pendant toute la durée de l'étude réalisée pendant 7 mois, d'août 1985 à février 1986. Cependant, dans une autre étude réalisée pendant deux ans (1986-87), les variétés "S-54", "S-36", "MR-2" et "Kosen" se sont révélées sensibles à la rouille causée par *Cerotelium fici* (Govindaiah et coll., 1989). De plus, d'après Govindaiah et coll. (1989), aucune des 92 variétés testées n'a présenté une forte résistance à *C. fici* bien que les variétés "AB" × "Phill", "K₂" × "Kosen", "ACC-115" et "Almora local" soient modérément résistantes en milieu naturel.

DEPERISSEMENT OU DOAGRE (*DIAPORTHE NOMURAI*)

Il est évident que la résistance au dépérissement chez le mûrier est gouvernée par un gène récessif et qu'une homozygotie récessive révèle le phénotype de résistance (Okabe, 1979). De plus, l'espèce *M. bombycis* est généralement résistante à la maladie mais ses feuilles sont de petite taille et de qualité médiocre (Anonyme, 1972). Cependant, au Japon, la variété "Fukayuki" présente une forte résistance, un bon rendement et est adaptable aux districts dont l'enneigement est supérieur à 150 cm (Hazama, 1968). Kushibuchi (1976) a observé que la variété "Ykishirazu", sélectionnée à partir du croisement "Koku 949" × "Kurohimckuwa", est fortement résistante à cette maladie, pousse bien au printemps et que son rendement en feuilles et les valeurs obtenues pour la production de vers à soie sont similaires à ceux obtenus pour "Fukayuki". Matsuno et coll. (1987) ont démontré, en utilisant la technique de l'inoculation artificielle, que "Fukayuki" et "Yukishinogi" sont résistants à *D. nomurai*.

De plus, un grand nombre d'expériences suggèrent que les rayons gamma (γ) et la colchicine sont des outils efficaces pour l'induction de mutants résistants au dépérissement. Par exemple, Nakajima (1973) a observé que l'exposition aux rayons γ des cultivars de mûrier

"Kairyo-Nezumigaeshi" (Nezumigaeshi amélioré) et "Kenmochi" a donné plusieurs mutants résistants à cette maladie. En utilisant la technique de l'inoculation artificielle, Fujita (1974) et Fujita et Wada (1980) ont observé que la ré-exposition de mutants induits aux rayons γ donnait deux souches mutantes résistantes à *D. nomurai*. Dans l'étude la plus convaincante de Katagiri et coll. (1976), une mutation a été induite par exposition permanente aux rayons γ en utilisant quatre variétés. Les résultats ont démontré que quatre variétés résistantes avaient pu être obtenues à partir de la variété "Kenmochi" par test de sélection de la résistance au dépérissement dans les régions à fort enneigement. Une mutation a également été induite par traitement à la colchicine avec la variété "Kenmochi". Les mutants présentant une tétraploïdie dans les couches internes, comme 2-4-4-4 et 4-4-4-4 sont résistants par rapport à ceux qui présente une tétraploïdie seulement dans la couche externe.

POURRISEMENT DES RACINES (GENERAL)

Kakuliya et Gogeliya (1969) ont indiqué qu'en URSS, parmi les variétés reproduites de manière végétative, les variétés non greffées "Nezumigaeshi", "Russkaya" (russe), "Adreuli 03" et "020" présentaient la résistance la plus forte et que la variété "Gruziya" (géorgienne) avait une résistance moyenne. Parmi les descendances obtenues par pollinisation ouverte, le matériel provenant de graines chinoises avaient la plus forte résistance et "Gruziya" et "Tatarica" étaient comparativement résistantes. Des différentes combinaisons hybrides étudiées, "Gruziya" $\times$ "Gruznish-2" et "Gruziya" $\times$ "020" étaient les plus résistantes. Au Sericultural Research and Training Centre de Korat (Thaïlande), une étude a été réalisée sur la sélection de la résistance des variétés de mûrier au pourrissement des racines à partir de variétés hybrides F_1 d'"Ooshimaso", "Kairyonozumigaeshi", "Nezumigaeshi", "Shujakuichi", *M. multicaulis* et "Pai $\times$ Noi" (Bhinai, 1987). L'auteur a observé que les hybrides de "Pai" et de "Noi", N° 6, N° 18, N° 33 et N° 36 présentaient une résistance au pourrissement des racines.

FLETRISSURE BACTERIENNE

(*PSEUDOMONAS SYRINGAE* PV *MORI* = *P. MORI*)

Il est évident que les différences variétales de résistance à *Pseudomonas mori* sont associées à des différences de croissance et de développement des mûriers. Chanturiya (1962) a observé que des distances internodales plus grandes et des limbes plus larges se situaient plus bas sur la tige chez les variétés résistantes que chez les variétés sensibles. D'après une étude de Murakami (1973), il semble que la résistance à la flétrissure bactérienne soit de nature héréditaire. Dans ses études sur l'introduction de populations F_1 dans la culture du mûrier, il a observé que les populations F_1 issues de croisements utilisant des parents sensibles à la flétrissure bactérienne présentaient un degré élevé de sensibilité. En Ukraine, Mulov (1969) a proposé d'utiliser les variétés résistantes "Ukrainian-1", "Mestnaja" (local), "Harkov-3", "Sanchen" et "Ussuri-24" dans les programmes d'hybridation.

Plusieurs autres variétés de mûrier présentent des degrés variables de résistance à la flétrissure bactérienne. En Roumanie, Coteanu (1971) a observé que les variétés "Bulgaria-24", "Bulgaria-3", "Tbilisuri" et "Galicea" présentaient une résistance. Les cultivars de *M. indica* et *M. alba* "Husang", "Chine", "Shine-Ichinore" (Shini-Ichinoise ?), "Gunji" et "Ichihi" se sont avérés résistants aussi bien en milieu naturel qu'en laboratoire à Islamabad (Pakistan) (Pahan, 1987 ; Akhtar et Sarwar, 1988). Au Japon, on a démontré que les variétés "Shimanouchi" et "Kenmouchi", qui appartiennent à l'espèce *M. bombycis* étaient résistantes à cette maladie (Anonyme, 1972). Dans le Karnataka (Inde), Sree et Boraiah (1988) ont identifié 20 variétés indigènes et 18 variétés exotiques comme étant résistantes. Cependant, ils ont inclus deux espèces indonésiennes sensibles, *M. lebang* et *M. chatayana* (Shikata et coll., 1985) dans leur liste de variétés résistantes. Les travaux de Hida et coll. (1978, 1982) ont démontré que les variétés de mûrier "Minamisakari" (= "Kuwanorin 4") et "Hyate-Sakari" (= "Kuwanorin 7"), sélectionnées à partir de plantes F_1 de "Kairyo-Ichinoise" (+) et "Kokuso N° 21" (-), possédaient un degré élevé de résistance. Takahashi (1980) a également observé que les variétés "Shini-Ichinoise" et "Minamisakari", toutes deux issues de croisements entre les types Kariyamaguwa et Roguwa, étaient fortement résistantes à la flétrissure bactérienne.

L'efficacité des rayons gamma (γ) sur l'évolution de la résistance à la flétrissure bactérienne a été découverte par Nakajima (1972). Il a observé que le traitement des plants de "Kairyonezumigaeshi" et de "Kenmochi" par exposition chronique aux rayons γ pendant trois ans donnait des mutants résistants à *P. mori*.

La variation génétique d'un même agent pathogène est de première importance dans les études de résistance et dans la lutte contre la maladie utilisant la résistance de l'hôte (Robinson, 1969 ; Van Der Plank, 1969). On a observé que, chez le mûrier, des isolats d'une souche de *P. mori*, produisant des colonies sauvages en milieu naturel, sont plus agressifs lors de tests d'inoculation que les isolats d'une souche produisant une colonie domestique, bien qu'il n'y ait aucune différence d'aspect entre les lésions produites par les deux souches (Yi et coll., 1977). Sato et coll. (1986) a distingué quatre types de bactéries en se basant sur les contenus en plasmide et a observé que les bactéries comportant deux plasmides étaient extrêmement virulentes.

ENROULEMENT FOLIAIRE (BACTERIES)

D'après Kushibuchi (1976), "Minamisakari", variété adaptée aux conditions tropicales, issue d'un croisement "Kairyochinose" $\times$ "Kokukawa 21" (mûrier national 21), est résistante à l'enroulement foliaire bactérien. Berdzenidze (1973) a étudié la résistance à l'enroulement foliaire et le rendement en feuilles de neuf nouvelles variétés de mûrier et observé que les variétés les plus résistantes et les plus performantes étaient "Iveriya" et "Samgoruli". Au cours d'une étude sur les polystérols des feuilles de mûrier, Zambakhidze et coll. (1979) ont observé que la composition et la quantité des stérols libres et estérifiés et des stéryl-glycosides étaient tout à fait semblables chez les mûriers sensibles et chez les mûriers résistants à l'enroulement foliaire, ce qui indique que les stérols n'interviennent pas dans la résistance.

MALADIES BACTERIENNES (GENERAL)

Au Japon, les variétés "Shimanouchi" et "Kenmochi", qui appartiennent à l'espèce *M. bombycis* Koidz, sont résistantes aux maladies bactériennes (Anonyme, 1972). Aliev (1966) a observé qu'"Adreuli", une variété de mûrier à croissance rapide, présentait une résistance au flétrissement bactérien en Azerbaïdjan. En Ukraine, Mulov (1969) a observé que "Ukrainian-1", "Mestnaja" (local), "Harkov-3", "Sunchen" et "Ussuri-24" étaient résistants aux maladies bactériennes. D'après Fan et coll. (1988), parmi les huit variétés principales cultivées dans la province de Shandong (Chine), "Zhenzhubai" présente une forme de résistance aux maladies bactériennes du mûrier.

NANISME (ORGANISME ANALOGUE AU MYCOPLASME)

Cette maladie provoque un arrêt de la croissance du mûrier avec des branches latérales nouées et est plus commune dans les pays à climat tempéré. Pour ce qui concerne l'agent pathogène, on a longtemps envisagé une origine virale (Tahama, 1967 ; Anonyme, 1972). Au cours de l'année 1974, l'équipe de recherche de l'Academia Sinica de Shanghai Institute of Biochemistry et les chercheurs de la Division of Mulberry Protection de Kaingsu Institute of Sericulture (Japon) ont suggéré que cette maladie était formée de symptômes composites causés par l'action combinée d'un virus et d'un organisme analogue à un mycoplasme (MLO). Cependant, dans des études plus récentes, on a suggéré que le MLO, qui se transmet par la sauterelle (*Hishimonas sellatus*), était le vecteur de cette maladie (Tahama, 1978 ; Yamada et coll., 1978 ; Ishizaka, 1980a, 1980b). Les MLO qui provoque le nanisme chez le mûrier sont de deux types : l'un, virulent, a été dénommé "Tamana", l'autre, une souche bénigne, a été appelé "Kikuchi" (Tahama, 1978). L'étude de l'homologie de l'ADN a montré que ces souches diffèrent génétiquement pour ce qui concerne les séquences des nucléotides et les contenus en G + C (Zakarashvili et coll., 1983, 1984).

Il est évident que la structure anatomique du pétiole (pédoncule) peut permettre de diagnostiquer la résistance au nanisme. Dans les travaux de Shalamberidze et coll. (1974), l'anatomie du pédicelle foliaire a été étudiée chez les cultivars de mûrier "Georgia" ("Gruziya"), "Iveriya", "Oshima",

"Katlama", "Italian" et une forme non classée "Tatarica" et les résultats obtenus ont démontré que la variété la plus sensible ("Gruziya") avait le système vasculaire le moins développé tandis que la variété la plus résistante ("Oshima") avait le système vasculaire le plus développé. Dans une étude réalisée en fonction de trois altitudes différentes, Zedginidze (1975) a identifié "Oshima", "Gruzniish-4" et "Tbilisuri" comme étant résistants à cette maladie ; il a également observé que la maladie était maximale à basse altitude et minimale à haute altitude. A la Kulaisi Silk Production Station (Georgia), on a sélectionné les 12 formes les plus résistantes à la maladie dans des conditions naturelles et artificielles d'infestation ainsi que d'autres caractères utiles en utilisant une variété à forte résistance ("Oshima") et les variétés performantes "Iversiya" et "Tartarika" comme témoins (Tvalchrelidze, 1977).

D'après les travaux de Murakami (1973), il semble que la résistance au nanisme soit transmissible. Au cours d'une étude sur l'utilisation de populations F₁ dans les mûraies, il a observé que les populations F₁ issues de croisements utilisant des parents sensibles au nanisme présentaient un degré élevé de sensibilité. Shablovskaya et coll. (1977) ont évalué sur huit ans 18 formes prometteuses qui sont restées saines en période de forte infestation à partir d'un grand nombre (230) de croisements réalisés au Georgian Agricultural Institute (Géorgie). Ils ont observé que les descendances les plus résistantes étaient obtenues par pollinisation de "Kataturi" et de "Russkaya" (russe) avec du pollen de "Mitskheturi", "Gibrid-2" (hybride 2), "Gruzniish-4" et "Oshima". Nikuradze (1981) a observé que les hybrides les plus prometteurs qui combinent un rendement élevé avec la résistance au nanisme sont : "Kataturi" × "Gruzniish-4", "Lu" × "Gruzniish-5" et "PS-9 × Tbilisuri". En Géorgie et en Ouzbékistan, l'observation d'un grand nombre de variétés locales et hybrides testées dans des conditions naturelles sur un très long laps de temps a permis de mettre en évidence la résistance de plusieurs variétés : 2, 3, 23, 31, 39, 40, 42, 208, 202, 4, 112. Parmi les variétés présentant une résistance, la plus résistante (avec 2,4 % de plans infestés) est 112, devant la forme femelle 4 avec 8,9 % d'infestation. Cependant ces deux variétés se sont révélées relativement peu performantes. Malgré leur faible rendement, ces deux formes sont considérées comme de bons donneurs de résistance (Kakuliya, 1981 ; Kharshiladze, 1981 ; Tvalchrelidze et Kakuliya, 1981, 1982).

D'après des études de Shalvovskaya (1981) et coll. (1979, 1980) réalisées en Géorgie, on a développé 4 nouvelles variétés, "Rioni", "Digmoskaya-125" ("Digmuri-125"), "Imeruli-1" et "Imeruli-2", présentant une résistance et un rendement élevé. Ces travaux révèlent que "Imeruli-1" et "Imeruli-2" ont une production de 2 à 2,5 fois supérieure à celle de la variété standard "Iveriya" ; ils montrent également que, parmi les formes triploïdes, "Ukrainskaya 9-50" (Ukrainien 9-50) et "28-23" présentent une résistance assez bonne à la maladie. Cependant, la majorité des formes polypléïdes se révèlent sensibles (Kakuliya, 1981).

De nombreuses études suggèrent que plusieurs variétés performantes ("Subongppong", "Caeryangbong", "Suwhagil", "Minamisakari", "Ichinose", "Shini-Ichinose" et "Haytesakari") de Corée et du Japon n'ont pas un degré élevé de résistance au nanisme (Park et Nam, 1986 ; Park et coll., 1987 ; Hida et coll., 1978, 1982). Cependant, Park et coll. (1982), de la Sericultural Experimental Station de Suweon (Corée) ont observé que "Chongilpong", une lignée de mûrier Ichinose avec des ramifications vertes, était comparativement plus résistante que la nouvelle lignée Ichinose à ramifications marron "Jogiljiroc". Au Japon, plusieurs variétés ("Ohimaso", "Shukakuiti", "Akame-Roso") sont considérées comme résistantes (Anonyme, 1972). Ishijima (1980) a indiqué que, sur les trois espèces de *Morus* utilisées pour le nourrissage des vers à soie au Japon, *M. latifolia* est la plus résistante au nanisme.

MOSAÏQUE (VIRUS)

Il ressort de la documentation existante que le Department of Agriculture de Thaïlande a mis au point une variété résistante à haut rendement, "Buriram 60", à partir d'une souche introduite chinoise croisée avec la variété "Noi" (Anonyme, 1988).

TUKRA (VIRUS ? *MACONELLOCOCCUS HIRSUTUS* ?)

Cette maladie provoque un enroulement des feuilles aux extrémités des pousses et, dans les cas graves, une formation de feuilles en rosette sur les pousses de mûrier nouées. Dans le Bengale occidental (Inde), cette maladie, qui est considérée comme l'un des plus grands fléaux de la culture du mûrier, est présente tout au long de l'année dans les cultures de mûrier en plaine bien que son incidence soit maximale au cours des mois d'été. Pour ce qui concerne l'organisme responsable, les opinions divergent. Ullal et Narasimhanna (1987) ont indiqué que la cause de cette maladie était le virus dont l'aleurode commun (*Maconellicoccus hirsutus*) est le vecteur. Cependant, les travaux de Sriharan et coll. (1979) ont établi que l'aleurode était en fait l'agent responsable du tukra. L'aleurode se nourrit de la sève en suçant les feuilles tendres et les pousses (Anonyme, 1962). Néanmoins, on ignore si, en se nourrissant de cette manière, l'insecte introduit un virus qui pourrait être responsable de la maladie (Govindaiah et Bhakuni, 1988).

Bien que l'agent pathogène ne soit pas encore clairement identifié, des chercheurs de différents laboratoires tentent de mettre au point des variétés résistantes au tukra. La sélection des plants de mûrier d'une banque génétique comportant 285 variétés de mûrier a été réalisée au Central Sericultural Research and Training Institute de Berhampore (Inde) (Anonyme, 1989-90). Dans cette étude, on a identifié trois variétés seulement, à savoir : *Morus toliafolia*, "Akaji" et "NT₁", comme étant résistantes. De plus, des travaux sur la perte de rendement due à l'infestation par tukra ont révélé que "C763" présentait la tolérance la plus forte (4,92 % de perte de rendement), devant "S₁" (13,42 %) (Anonyme, 1990). Sree et Boraiah (1988) dans le Karnataka (Inde) ont identifié 18 variétés exotiques comme étant résistantes au tukra : *M. alba*, *M. australis*, *M. chatayana*, *M. leingang*, *M. macroura*, *M. multicaulis*, *M. nigra*, "Farmers field", "Philippine", "Taisong N° 2", "Taisong N° 3", "Thailand" et "Vietnam".

MALADIES (GENERAL)

Des études réalisées en Roumanie ont démontré que les variétés de mûrier "Tbilisuri" et "Galicea" étaient résistantes aux maladies (Csaiciu, 1971). Dzhalarov et coll. (1977) ont observé que la variété "Arzu", obtenue par croisement de "Zakir" avec "Seleksiya-5", était résistante aux maladies du mûrier.

REMARQUES GENERALES

L'amélioration de la qualité des plants de mûrier, principalement au niveau de la résistance aux maladies, est d'importance capitale dans les programmes de sélection du mûrier. L'utilisation de gènes résistants aux maladies du mûrier présente un intérêt particulier dans les programmes intégrés de lutte contre les parasites. La recherche de gènes résistants aux maladies chez le mûrier afin d'améliorer les mûriers est l'un des objets permanents de la moriculture. Dans le texte qui précède, on cite plusieurs variétés de mûrier ayant une résistance spécifique ou multiple. La recherche sur les gènes résistants est un secteur en pleine expansion et permanent de la recherche moricole. D'après Walker (1965), l'affinement des méthodes d'évaluation des maladies et l'hybridation des espèces à l'aide de la culture tissulaire ont permis d'ouvrir de nouveaux horizons dans le développement de la résistance multiple. De plus, Machii (1990) a réussi à transférer des gènes dans des cellules de mûrier en utilisant un plasmide Ti d'*Agrobacterium tumefaciens* comme vecteur. Cependant, à l'heure actuelle, notre connaissance de la nature de la résistance aux maladies, tant sur le plan génétique que sur le plan physiologique, est insuffisante et demande à être approfondie si l'on veut utiliser de manière adéquate les gènes de résistance aux maladies dans les programmes d'amélioration du mûrier.

HETEROSIS ANALYSIS IN SOME THREE-WAY CROSSES OF *BOMBYX MORI* L.

S.K. DAS, S. PATTNAIK, B. GHOSH, T. SINGH, B.P. NAIR, S.K. SEN & G. SUBBA RAO

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore - 742 101, West Bengal, India.

*The present experiments were carried out with an object to combine the best traits of the hardy indigenous white multivoltine race, Sarupat, with bivoltine F₁ hybrids of *Bombyx mori* L. with high qualitative characters for rearing under tropical conditions. The performance data of 4 three-way crosses, 4 single crosses and 1 indigenous multivoltine race were analysed. Heterosis in 4 three-way crosses of *Bombyx mori* L. in respect of eight important commercial characters were calculated by using both mid parental and better parental values. The mean performance showed significant differences among the crosses and parents. Significant heterotic effects were observed in most of the characters. During the summer season, maximum heterotic effects were found in all of the three-way crosses for most of the characters due to better performance of the crosses than their parents. Analysis of performance data of autumn and winter seasons indicates that the heterotic effects were not as pronounced as in the summer season. The overall analysis of the experimental data indicates that the three-way crosses can be exploited successfully for commercial rearing during all seasons in tropical plains.*

Keywords : Three-way cross, heterosis analysis, *Bombyx mori* L.

INTRODUCTION

Silkworms, like maize (East and Hayes, 1912), provide one of the earliest and best examples of hybrid vigour. The practical utilization of heterosis in silkworms was first advocated by Toyama in 1906, and it is now well established that F₁ silkworm hybrids are in many respects superior to their parents (Hirobe, 1956 ; Singh and Hirobe, 1964 ; Sengupta *et al.*, 1971, 1974 ; Jolly, 1983 ; Tayade, 1987 ; Subba Rao *et al.*, 1989, 1990 ; Singh *et al.*, 1990 ; Singh *et al.*, 1990). The advantage of using three-way crosses was first advocated by Krishnaswami (1987) and subsequently by Subba Rao *et al.* (1989). In the tropical belts of eastern and northeastern India multivoltine races dominate. They are hardy, with shorter larval duration, and give reliable crops, but silk yield is low with poor quality (Goldsmith, 1991). On the other hand, bivoltine races with high qualitative and quantitative characters become poor when reared under tropical conditions, with low cocooning rate, poor disease resistance, and poor growth especially during the hottest season. The present experiments were carried out with a view to combining the best traits of an indigenous white multivoltine race, Sarupat, with bivoltine F₁ hybrids for rearing under tropical conditions. We chose bivoltine F₁ hybrids as the male parents in our experiments for several reasons. First is their better tolerance and increased vigour in comparison to pure bivoltine parents, as suggested by Subba Rao *et al.* (1989). Second it is easier for farmers of the tropical belt to rear a bivoltine F₁ foundation hybrid than a purebred bivoltine as the male parent for the seed crop to produce a commercial hybrid. Third, the hybrid male parent cocoons will fetch a better price because of their increased silk content and quality. And finally, the larval period for hybrids is shorter by one to one and a half days.

MATERIALS AND METHODS

The female parent of the white indigenous race, Sarupat, and the male parents of 2 bivoltine hybrids and their reciprocals, viz., $P_5 \times NB_{18}$, $NB_{18} \times P_5$, Kalimpong-B (KPG-B) $\times$ NB_7 and $NB_7 \times$ Kalimpong-B (KPG-B), were utilized for the present study. Thus, 4 types of three-way crosses along with the female parent Sarupat and four male hybrid parents were reared during three seasons in West Bengal, i.e., June-July 1988 (Table I), October-November 1988 (Table II), and December-January 1988-89 (Table III). Three replications were kept for each three-way cross, the female parent, and the male parents. A standard schedule of silkworm rearing was followed. Performance data on eight important commercial characters, viz., fecundity (no. of eggs laid per female), hatching percentage, effective rate of rearing or yield per 10,000 larvae in number (ERR No.), single cocoon weight (SCW), single shell weight (SSW), shell ratio percentage (SR %), filament length, and calculated yield per 100 layings, were recorded. Heterosis values in 4 three-way crosses were determined over (i) mid parent values and (ii) better parent values as follows :

$$(i) \text{ Per cent heterosis over MPV} = (F1 - MPV) / MPV \times 100$$

$$S.Ed (F1 - MPV) = \sqrt{3EMS/2r}$$

$$C.D. = S.Ed. \times t_{0.05, \text{ error df}}$$

$$(ii) \text{ Per cent heterosis over BPV} = (F1 - BPV) / BPV \times 100$$

$$S.Ed (F1 - BPV) = \sqrt{2EMS/2r}$$

$$C.D. = S.Ed. \times t_{0.05, \text{ error df}}$$

BPV = better parent value ;

MPV = mid parent value ;

S.Ed. = standard difference error ;

EMS = error mean square ;

$t_{0.05, \text{ error df}}$ = Student's 't' values at 5 % level corresponding to error degrees of freedom ;

r = replication ;

C.D. = critical difference.

RESULTS AND DISCUSSION

The mean rearing performance data for 4 three-way crosses along with female and male parents in three seasons are presented in Tables I, II and III. The heterosis percentages over mid parental (MPV) and better parental values (BPV) in three seasons are furnished in Tables IV, V and VI. For assessment, the data are described according to seasons.

June-July :

These two months are considered as the summer season, with very high temperature (27 °C-36 °C) and high humidity (80 %-96 %) ; this season is also known as the most unfavourable for mulberry silkworm rearing in West Bengal. Significant and positive heterotic effects were observed in all of the three-way crosses for most of the characters, due to better performance of the three-way crosses than their parents (Table I). During the summer months in West Bengal rearers give maximum emphasis to effective rate of rearing (ERR No.) and yield per 100 disease-free layings (dfls) in evaluating silkworm rearing. The ERR No. ranged from 7382 [$S \times (P_5 \times NB_{18})$] to 9037 [$S \times (NB_7 \times KPG-B)$] among the three-way crosses. The ERR No. for the female parent fell between the values for the three-way crosses, 8438, but among the male hybrid parents it was nearly 2 fold less, ranging only between 3056 [$NB_7 \times KPG-B$] and 4993 [$NB_{18} \times P_5$] (Table I). The yield per 100 layings in kg. ranged from 54.28 [$S \times (P_5 \times NB_{18})$] to 63.02 [$S \times (NB_{18} \times P_5)$] among the three-way crosses, whereas in the female parent, 34.75, and among male hybrid parents nearly 3 to 4 fold less than the three-way crosses ranging from 12.92 ($NB_7 \times KPG-B$) to 21.85 ($NB_{18} \times P_5$). The

Table I. Mean values of different three-way crosses and their parents during the June-July season.

Tableau I. Valeurs moyennes de différents croisements trois voies et de leurs parents en juin-juillet.

Race/cross	Fecundity	Hatching %	Effective rate of rearing	Single cocoon weight (g)	Single shell weight (g)	Silk ratio %	Filament length (m)	Yield/100 dls (kg)
<i>Race/croisement</i>	<i>Fécondité</i>	<i>Eclosion (%)</i>	<i>Taux effectif d'élevage</i>	<i>Poids d'un cocon (g)</i>	<i>Poids d'une coque (g)</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>	<i>Longueur du filament (m)</i>	<i>Rendement/100 pontes saines (kg)</i>
S × (P ₅ × NB ₁₈)	460	98.76	7832	1.663	0.279	16.78	898.75	54.28
S × (NB ₁₈ × P ₅)	471	98.78	8914	1.586	0.266	16.83	857.00	63.02
S × (KPG-B × NB ₇)	472	98.09	8725	1.560	0.259	16.59	754.75	59.55
S × (NB ₇ × KPG-B)	469	97.71	9037	1.512	0.257	16.59	750.00	58.22
S	445	97.13	8438	1.033	0.142	13.73	472.50	34.75
P ₅ × NB ₁₈	420	96.21	4814	1.309	0.208	15.50	600.75	21.00
NB ₁₈ × P ₅	499	96.43	4993	1.262	0.198	15.70	633.25	21.85
KPG-B × NB ₇	452	98.63	3581	1.257	0.207	16.51	625.00	14.62
NB ₇ × KPG-B	538	96.89	3056	1.243	0.201	16.17	615.75	12.91
CD at 5 %	58.33	1.52	1172.73	0.11	0.02	1.10	90.71	10.40

S : Sarupat.

CD : Critical difference at 5 % level / Intervalle de confiance au seuil de 5 %.

Table II. Mean values of different three-way crosses and their parents during the October-November season.

Tableau II. Valeurs moyennes de différents croisements trois voies et de leurs parents en octobre-novembre.

Race/cross	Fecundity	Hatching %	Effective rate of rearing	Single cocoon weight (g)	Single shell weight (g)	Silk ratio %	Filament length (m)	Yield/100 dfls (kg)
<i>Race/croisement</i>	<i>Fécondité</i>	<i>Éclosion (%)</i>	<i>Taux effectif d'élevage</i>	<i>Poids d'un cocon (g)</i>	<i>Poids d'une coque (g)</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>	<i>Longueur du filament (m)</i>	<i>Rendement/100 pontes saines (kg)</i>
S × (P ₅ × NB ₁₈)	450	94.13	9061	1.289	0.229	17.80	847.50	47.10
S × (NB ₁₈ × P ₅)	488	96.10	8953	1.381	0.232	16.88	881.50	55.65
S × (KPG-B × NB ₇)	506	88.93	9616	1.392	0.235	16.88	848.75	59.30
S × (NB ₇ × KPG-B)	445	90.38	9013	1.324	0.225	16.95	844.00	44.35
S	517	88.40	9135	1.020	0.138	13.53	554.00	40.10
P ₅ × NB ₁₈	571	88.42	9330	1.582	0.301	19.02	1071.25	59.70
NB ₁₈ × P ₅	510	72.32	9327	1.691	0.337	19.91	1073.50	48.90
KPG-B × NB ₇	467	78.68	8582	1.458	0.286	19.58	1108.25	51.10
NB ₇ × KPG-B	526	72.56	8537	1.482	0.296	19.96	1022.50	43.00
CD at 5 %	64.67	11.86	NS	0.07	0.02	0.75	110.85	10.25

S : Sarupat.

CD : Critical difference at 5 % level / Intervalle de confiance au seuil de 5 %.

Table III. Mean values of different three-way crosses and their parents during the December-January season.

Tableau III. Valeurs moyennes de différents croisements trois voies et de leurs parents en décembre-janvier.

Race/cross	Fecundity	Hatching %	Effective rate of rearing	Single cocoon weight (g)	Single shell weight (g)	Silk ratio %	Filament length (m)	Yield/100 dls (kg)
<i>Race/croisement</i>	<i>Fécondité</i>	<i>Éclosion (%)</i>	<i>Taux effectif d'élevage</i>	<i>Poids d'un cocon (g)</i>	<i>Poids d'une coque (g)</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>	<i>Longueur du filament (m)</i>	<i>Rendement/100 pontes saines (kg)</i>
S × (P5 × NB18)	558	90.53	8220	1.877	0.321	17.08	1008.00	78.68
S × (NB18 × P5)	604	93.38	8275	1.870	0.326	17.44	1109.50	85.50
S × (KPG-B × NB7)	566	93.88	7296	1.877	0.327	17.42	1009.75	74.58
S × (NB7 × KPG-B)	545	95.45	8457	1.784	0.314	17.59	962.25	77.05
S	487	87.20	7376	1.367	0.192	14.07	669.50	40.85
P5 × NB18	409	96.52	9002	1.675	0.346	20.66	1041.25	57.65
NB18 × P5	440	97.10	9909	1.769	0.340	19.25	1057.75	70.83
KPG-B × NB7	415	97.19	9788	1.563	0.309	19.75	1039.25	66.05
NB7 × KPG-B	467	99.09	9566	1.605	0.326	20.36	1040.50	73.63
CD at 5 %	69.33	5.10	1328.14	0.11	0.03	1.18	91.90	11.16

S : Sarupat.

CD : Critical difference at 5 % level / Intervalle de confiance au seuil de 5 %.

fecundity, which showed a small improvement among the 4 three-way crosses, ranged from 460 [$S \times (P_5 \times NB_{18})$] to 472 [$S \times (KPG-B \times NB_7)$]. In the female parent (Sarupat) it was 445 and among the male parents it ranged from 420 ($P_5 \times NB_{18}$) to 538 ($NB_7 \times KPG-B$) (Table I). Significant differences were also observed between the three-way crosses and their parents with respect to other characters. The ratios of heterotic effects over MPV and BPV for eight characters in the developed three-way crosses are presented in Table IV. For fecundity, no significant heterotic effect was observed in any of the three-way crosses; similarly, no appreciable heterotic effect was observed for hatching percentage. On the other hand, a significant and positive heterosis was recorded in all the three-way crosses for ERR No. over MPV, which ranged from 18.19 to 57.25, but no significant heterosis was found over BPV. For single cocoon weight, single shell weight, SR % and filament length, most of the heterosis values were significant and positive over MPV and BPV in all of the three-way crosses. However, the highest heterotic effects were observed in [$S \times (P_5 \times NB_{18})$] over both MPV and BPV, which were 42.02 and 27.04 for SCW, 61.74 and 37.44 for SSW, 14.85 and 8.29 for SR % and 67.48 and 49.61 for filament length, respectively, followed by the $S \times (NB_{18} \times P_5)$ cross for the same characters. The maximum heterotic effect over MPV for yield per 100 layings in $S \times (NB_7 \times KPG-B)$ (144.32), followed by $S \times (KPG-B \times NB_7)$ (141.22), whereas over BPV it was in $S \times (NB_{18} \times P_5)$ (81.37).

October-November :

These two months are considered as the autumn season, and are very favourable for all kinds of mulberry silkworm rearing. Except for a few cases, significant positive heterotic effects over both parental values were found (Table V). Some insignificant and negative heterosis observed during this season can very well be explained due to good or better performance of the parents, which is clearly evident from the mean values of the three-way crosses and parents (Table II). For example, no significant positive heterotic effect was observed for fecundity, ERR No. or filament length. For hatching percentage, the only significant positive heterosis was found over MPV in $S \times (NB_{18} \times P_5)$ (19.59). For single cocoon weight only the two heterosis values over MPV for $S \times (KPG-B \times NB_7)$ (12.35) and $S \times (NB_7 \times KPG-B)$ (5.84) were positive and significant. For shell weight, a significant but low positive heterotic effect over MPV was found in $S \times (KPG-B \times NB_7)$ (10.85). For yield per 100 layings, a significant positive heterotic effect over MPV was observed in two cases, viz., $S \times (NB_{18} \times P_5)$ (25.06) and $S \times (KPG-B \times NB_7)$ (30.04). The overall data clearly indicate the good performance of the parents. Although positive heterosis was not found in many cases, all of the three-way crosses gave highly satisfactory results with respect to most of the characters studied.

December-January :

These two months are considered as the winter season in West Bengal, which is favourable for all kinds of mulberry silkworm rearing. The mean performance of the crosses and parents and heterotic effects of the three-way crosses are presented in Tables III and VI, respectively. The mean values of the crosses and parents also indicated good performance of the parents during this season (Table III), but the degree of heterosis varied considerably for different characters (Table VI), and included both positive and negative effects. With regard to positive values, maximum heterosis was observed for the yield per 100 layings and single cocoon weight. For fecundity, the heterosis value over MPV was maximum in $S \times (NB_{18} \times P_5)$ (30.40), followed by $S \times (KPG-B \times NB_7)$ (16.23) and $S \times (P_5 \times NB_{18})$ (14.69). For hatching percentage, ERR No. and SR %, most of the heterosis values were negative over both MPV and BPV (Table VI). For single cocoon weight, the maximum heterosis over MPV (28.12) and BPV (20.09) was observed in $S \times (KPG-B \times NB_7)$, followed by $S \times (P_5 \times NB_{18})$ (23.41). For single shell weight, the heterosis values over MPV were significant and positive and ranged from 19.33 [$S \times P_5 \times NB_{18}$] to 30.54 [$S \times (KPG-B \times NB_7)$]; no significant positive effect was found over BPV. This was consistent with a finding of significant positive heterosis over MPV for filament length in all 4 crosses, ranging from 12.54 [$S \times (NB_7 \times KPG-B)$] to 28.47 [$S \times (NB_{18} \times P_5)$]. For yield per 100 layings, all heterosis values were significantly positive

Table IV. Heterosis values of three-way crosses over MPV and BPV during the June-July season.

Tableau IV. Valeurs d'hétérosis des croisements trois voies par rapport aux parents moyens (MPV) et aux meilleurs parents (BPV) en juin-juillet.

Race/cross		Fecundity	Hatching %	Effective rate of rearing	Single cocoon weight (g)	Single shell weight (g)	Silk ratio %	Filament length (m)	Yield/100 dlfs (kg)
<i>Race/ croisement</i>		<i>Fécondité</i>	<i>Éclosion (%)</i>	<i>Taux effectif d'élevage</i>	<i>Poids d'un cocon (g)</i>	<i>Poids d'une coque (g)</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>	<i>Longueur du filament (m)</i>	<i>Rendement/ 100 pontes saines (kg)</i>
S × (P5 × NB18)	MPV	6.42	2.16**	18.19*	42.02**	61.74**	14.85**	67.48**	94.71**
	BPV	3.37	1.68*	-1.19	27.04**	37.44**	8.29*	49.61**	56.19**
S × (NB18 × P5)	MPV	-0.21	2.07**	32.74**	38.21**	56.47**	14.33**	55.01**	122.70**
	BPV	-5.56	1.71*	5.64	25.67**	34.34**	7.15*	35.33**	81.37**
S × (KPG-B × NB7)	MPV	4.99	0.22	45.18**	36.25**	48.42**	9.73**	37.54**	141.22**
	BPV	4.20	-0.55	3.40	24.11**	25.12**	0.50	20.76**	71.37**
S × (NB7 × KPG-B)	MPV	-4.63	0.72	57.25**	32.87**	49.87**	13.39**	37.84**	144.32**
	BPV	-12.87*	0.60	7.09	21.64**	27.86**	4.82	21.80**	67.55**

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

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

Table V. Heterosis values of three-way crosses over MPV and BPV during the October-November season:

Tableau V. Valeurs d'hétérosis des croisements trois voies par rapport aux parents moyens (MPV) et aux meilleurs parents (BPV) en octobre-novembre.

Race/cross		Fecundity	Hatching %	Effective rate of rearing	Single cocoon weight (g)	Single shell weight (g)	Silk ratio %	Filament length (m)	Yield/100 dfls (kg)
<i>Race/ croisement</i>		<i>Fécondité</i>	<i>Éclosion (%)</i>	<i>Taux effectif d'élevage</i>	<i>Poids d'un cocon (g)</i>	<i>Poids d'une coque (g)</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>	<i>Longueur du filament (m)</i>	<i>Rendement/ 100 pontes saines (kg)</i>
S × (P5 × NB18)	MPV	-17.25**	6.47	-1.86	-0.92	4.33	9.41**	4.29	-5.61
	BPV	-21.18**	6.46	-2.89	-18.52**	-23.92**	-6.39**	-20.89**	-21.11**
S × (NB18 × P5)	MPV	-5.02	19.59**	-3.01	1.88	-2.32	0.41	8.33	25.06*
	BPV	-5.66	-8.71	-4.01	-18.33**	-31.16**	-15.69**	-17.89**	13.81
S × (KPG-B × NB7)	MPV	2.80	6.45	8.56	12.35**	10.85**	1.95	2.12	30.04**
	BPV	-2.18	0.59	5.27	-4.53	-17.83**	-13.69**	-23.42**	16.05
S × (NB7 × KPG-B)	MPV	-14.70**	12.30	2.01	5.84*	3.69	1.25	7.07	6.74
	BPV	-15.41*	2.23	-1.34	-10.66	-23.99**	-15.06**	-17.86**	3.14

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

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

Table VI. Heterosis values of three-way crosses over MPV and BPV during the December-January season.

Tableau VI. Valeurs d'hétérosis des croisements trois voies par rapport aux parents moyens (MPV) et aux meilleurs parents (BPV) en décembre-janvier.

Race/cross		Fecundity	Hatching %	Effective rate of rearing	Single cocoon weight (g)	Single shell weight (g)	Silk ratio %	Filament length (m)	Yield/100 dlfs (kg)
<i>Race/croisement</i>		<i>Fécondité</i>	<i>Éclosion (%)</i>	<i>Taux effectif d'élevage</i>	<i>Poids d'un cocon (g)</i>	<i>Poids d'une coque (g)</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>	<i>Longueur du filament (m)</i>	<i>Rendement/100 pontes saines (kg)</i>
S × (P5 × NB18)	MPV	24.61**	-1.45	0.38	23.41**	19.33**	-1.62	17.84**	59.75**
	BPV	14.69*	-6.21*	-8.69	12.06	-7.23	-17.32	-3.19	36.47**
S × (NB18 × P5)	MPV	30.40**	1.33	-4.26	19.26**	22.56**	4.67	28.47**	53.12**
	BPV	24.14**	-3.84	-16.49*	5.71	-4.12	-9.41	4.89	20.72*
S × (KPG-B × NB7)	MPV	25.55**	1.48	-14.99	28.12**	30.54**	3.04	18.19**	39.52**
	BPV	16.23*	-4.03	-25.46**	20.09**	5.83	-11.78	-2.84	12.91
S × (NB7 × KPG-B)	MPV	3.46	2.48	-0.17	20.05**	21.24**	2.19	12.54**	34.62**
	BPV	-3.88	-3.67	-11.60	11.15**	-3.68	-13.59	-7.52	4.65

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

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

over MPV, ranging from 34.62 [$S \times (NB_7 \times P_5)$] to 59.75 [$S \times (P_5 \times NB_{18})$]; however, over BPV, only two heterosis values were found significant and positive in $S \times (P_5 \times NB_{18})$ (36.47) and $S \times (NB_{18} \times P_5)$ (20.72).

Analysis of the mean values (Table I) and heterosis values (Table IV) revealed that during the hot season (June-July), heterotic effects were very much pronounced, with a high magnitude in all of the three-way crosses. These results clearly indicated the possibility of utilizing at least two crosses very successfully to exploit high heterosis during this season, notably $S \times (P_5 \times NB_{18})$ and $S \times (NB_{18} \times P_5)$. Since heterotic effects vary considerably with respect to each economic character, these two crosses may be used commercially according to the preference of the rearers.

Analysis of the mean values and heterosis values obtained in the October-November (Tables II and V) and December-January (Tables III and VI) seasons indicated that the parents are either slightly superior or approach the values of the three-way crosses, but that heterotic effects of the developed crosses were not as pronounced as in the June-July season. These results can be explained by the relatively favourable environment for all crosses and parents in the autumn and winter seasons compared to the summer when relatively unfavourable environmental conditions leave the most opportunity for improvement. Such a type of variation influenced by the environment has been reported and explained by earlier workers (Allard, 1956; Sengupta *et al.*, 1971, 1974) also. Two three-way crosses, viz., $S \times (KPG-B \times NB_7)$ and $S \times (NB_7 \times KPG-B)$, can be commercially exploited during the autumn and winter seasons on the basis of the mean values obtained here as well as their high heterotic effects.

The work reported here demonstrates that especially during the hot and humid season of West Bengal when the bivoltine F_1 hybrid rearing is unsuccessful at field level and the rearing of indigenous races gives very low, poor quality yield, three-way crosses can play an important role as an intermediate technology for commercial use for poor farmers who want to gain from advances in breeding and genetics by decreasing the mortality rate. Three-way crosses can also be used as a substitute for bivoltine $\times$ bivoltine or multivoltine parents during October-November and December-January seasons with satisfactory results.

REFERENCES

- ALLARD R.W. (1956) The analysis of genetic environmental interaction by means of diallel cross. *Genetics*, 3, 305-318.
- EAST E.M., HAYES H.K. (1912) Heterozygosis in evolution and plant breeding. USDA, Bur. Plant Ind. Bull., 243, 1-58. In *The relationship of heterosis and genetic divergence in maize*. R.H. Moll, J.H. Lonnquist, J. Velez Fortuno and E.C. Johnson (1965), *Genetics*, 52, 139-144.
- GOLDSMITH M.R. (1991) Silkworm breeding for the '90's: New molecular and genetic tools to meet the challenge of the tropics. *Sericologia*, 31(1), 145-155.
- HIROBE T. (1956) An analysis of heterosis, made with the silkworm. *Proc. Internat. Genet. Symp.*, Cytologia, Suppl., 357-361.
- JOLLY M.S. (1983) Silkworm genetics and breeding. Lead paper. National Seminar on Seric. Research and Development, Session III, 10-13 March, Bangalore, 1-19.
- KRISHNASWAMI S. (1987) A new concept of a three-way cross in place of conventional Mysore $\times$ bivoltine hybrids. *Indian Silk*, May, 21-26.
- SENGUPTA K., DATTA R.K., BISWAS S.N., SINGH B.D. (1971) Heterosis in multivoltine silkworm (*Bombyx mori* L.). I. Yield performance of F_1 hybrids of Nistari and four evolved multivoltine breeds. *Indian J. Seric.*, 10, 6-13.
- SENGUPTA K., YUSUF M.R., GROVER S.P. (1974) Hybrid vigour and genetic analysis of quantitative traits in silkworm. *Indian J. Genet.*, SABRAO, 34(4), 249-256.
- SINGH C.P., HIROBE T. (1964) Studies on hybrid vigour of back crosses in the silkworm with special reference to the crosses (tropical $\times$ Japanes) under different temperatures. *The Bulletin of Faculty of Agri., Tomagawa Univ.*, 43-53.

- SINGH R., NAGARAJA J., RAMAMOohana RAO P., PREMALATHA V., VIJAYARAGHABAN K., GUPTA S.K. (1990) Heterosis analysis in the silkworm, *Bombyx mori* L. *Sericologia*, 30(3), 293-300.
- SINGH T., SINHA DEO S.N., DAS MAMONI (1990) Heterosis in silk productivity as a breeding index in *Bombyx mori* L. *Silk Inform. Bull.*, 3(1), 1-3.
- SUBBA RAO G., DAS S.K., GHOSH B. (1989) Heterosis effect on some new silkworm hybrids evolved by three-cross. *Perspective in Cytology and Genetics*, 6, 373-378.
- SUBBA RAO G., SEN S.K., GHOSH B., DAS S.K. (1990) Heterosis in some hybrids of indigenous and bivoltine races of mulberry silkworm. *Proc. 7th All India Congress of Cytology and Genetics*, Kalyani Abst., p. 4.
- TAYADE D.S. (1987) Heterosis effect on economic traits of new hybrids of silkworm, *Bombyx mori* L., under Marathwada conditions. *Sericologia*, 27(2), 301-307.
- TOKOYAMA T. (1974) Utilization of heterosis in Japanese sericulture. *Indian J. Genet. and Plant Breed.*, 34A, 206-210.
- TOYAMA K. (1906) Studies on hybridology of insects in some silkworm crosses with special reference to Mendel's law of heredity. *Bull. Coll. Agric., Tokyo Univ.*, 7, 259-293.

ANALYSE DE L'HETEROSIS CHEZ CERTAINS CROISEMENTS TROIS VOIES DE *BOMBYX MORI* L.

S.K. DAS, S. PATTNAIK, B. GHOSH, T. SINGH, B.P. NAIR, S.K. SEN & G. SUBBA RAO

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore - 742 101, West Bengal, Inde.

*Les expériences présentées ici ont été réalisées dans le but de combiner les meilleurs caractères de la race résistante polyvoltine indigène à cocons blancs Sarupat avec des hybrides F₁ de *Bombyx mori* L. ayant des performances qualitatives élevées pour l'éducation en milieu tropical. Les données concernant la performances de 4 croisements trois voies, de 4 croisements simples et d'une race polyvoltine indigène ont été analysées. L'hétérosis chez les quatre croisements trois voies de *Bombyx mori* L. pour ce qui concerne huit caractères d'intérêt économique a été calculée en fonction des valeurs des parents moyens et des meilleurs parents. La performance moyenne fait apparaître des différences significatives entre les croisements et entre les parents. On observe des effets hétérotiques significatifs pour la plupart des caractères. En été, les effets hétérotiques sont maximaux chez tous les croisements trois voies pour la plupart des caractères en raison d'une meilleure performance des croisements par rapport aux parents. L'analyse des données obtenues indique que les effets hétérotiques ne sont pas aussi marqués en automne et en hiver qu'en été. L'analyse globale des données expérimentales indique que les croisements trois voies peuvent être exploités à l'échelle commerciale quelle que soit la saison dans les plaines tropicales.*

INTRODUCTION

Le ver à soie, comme le maïs (East et Hayes, 1912), constitue l'un des premiers et des meilleurs exemples de l'existence de la vigueur hybride. L'utilisation de l'hétérosis chez le ver à soie a été préconisée pour la première fois par Toyama en 1906 et il est maintenant bien établi que les hybrides de vers à soie F₁ sont, à de nombreux égards, supérieurs à leurs parents (Girobe, 1956 ; Singh et Hirobe, 1964 ; Sengupta et coll., 1971, 1974 ; Jolly, 1983 ; Tayade, 1987 ; Subba Rao et coll., 1989, 1990 ; Singh et coll., 1990 ; Singh et coll., 1990). Les avantages de l'utilisation de croisements trois voies ont été mis en évidence pour la première fois par Krishnaswami (1987) et par la suite par Subba Rao et coll. (1989). Les races polyvoltines sont les races les plus communes dans les ceintures tropicales de l'est et du nord-est de l'Inde. Elles sont résistantes, ont une durée larvaire plus courte et donnent des récoltes fiables mais leur rendement en soie est faible et de qualité médiocre (Goldsmith, 1991). Par ailleurs, les races bivoltines à caractères performants sur les plans qualitatif et quantitatif donnent, lorsqu'elles sont élevées en milieu tropical, des résultats médiocres caractérisés par un faible taux de filage, une résistance insuffisante aux maladies, une croissance réduite, particulièrement à la saison la plus chaude. Les expériences décrites ici ont été réalisées afin de combiner les meilleurs caractères de la race polyvoltine indigène à cocons blancs Sarupat avec des hybrides bivoltins F₁ pour l'éducation en milieu tropical. Nous avons choisi des hybrides bivoltins F₁ comme parents pour plusieurs raisons. Premièrement, ils ont une tolérance et une résistance supérieures à celles des parents bivoltins purs, comme l'ont suggéré Subba Rao et coll. (1989). Deuxièmement, il est plus facile aux fermiers de la ceinture tropicale d'élever un hybride F₁ bivoltin qu'un bivoltin pur comme parent mâle destiné au grainage pour produire un hybride commercial. Troisièmement, l'utilisation de cocons issus de parents hybrides est plus rentable car ces cocons ont un contenu et une qualité de soie plus élevés. Enfin, la période larvaire des hybrides est plus courte de 1,5 jours.

MATERIELS ET METHODES

Le parent femelle de la race indigène à cocons blancs Sarupat et les parents mâles de deux hybrides bivoltins et leurs réciproques, soit $P_5 \times NB_{18}$, $NB_{18} \times P_5$, Kalimpong-B (KPG-B) $\times$ NB_7 et $NB_7 \times$ Kalimpong-B (KPG-B), ont été utilisés dans cette étude. Quatre types de croisements trois voies, le parent femelle Sarupat et les 4 parents mâles hybrides ont été élevés sur trois saisons, juin-juillet 1988 (Tableau I), octobre-novembre 1988 (Tableau II) et décembre-janvier 1988-89 (Tableau III), dans le Bengale occidental. Trois réplicats ont été réalisés. Une procédure standard d'élevage du ver à soie a été suivie. On a enregistré les données concernant la performance de huit caractères d'intérêt économique, soit la fécondité (nombre d'oeufs pondus par femelle), le pourcentage d'éclosion, le taux effectif d'élevage ou rendement en nombre pour 10 000 larves (ERR), le poids d'un cocon (SCW), le poids d'une coque (SSW), la richesse soyeuse (SR %), la longueur du filament, et le rendement calculé pour 100 pontes. Les valeurs de l'hétérosis chez les quatre croisements trois voies ont été déterminées (1) par rapport aux valeurs du parent moyen (MPV) et (2) par rapport aux valeurs du meilleur parent (BPV) selon la méthode suivante :

$$(1) \text{ Pourcentage d'hétérosis par rapport au MPV} = (F1 - MPV) / MPV \times 100$$

$$S.Ed (F1 - MPV) = \sqrt{3EMS/2r}$$

$$C.D. = S.Ed. \times t_{0.05, \text{ erreur dl}}$$

$$(2) \text{ Pourcentage d'hétérosis par rapport au BPV} = (F1 - BPV) / BPV \times 100$$

$$S.Ed (F1 - BPV) = \sqrt{2EMS/2r}$$

$$C.D. = S.Ed. \times t_{0.05, \text{ erreur dl}}$$

BPV = valeur du parent meilleur ;

MPV = valeur du parent moyen ;

S. Ed. = écart type ;

EMS = somme des carrés moyens ;

erreur dl = valeurs "t" de Student au seuil de 5 % correspondant aux degrés de liberté ;

r = nombre de réplicats ;

CD = intervalle de confiance.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les données concernant les performances moyennes des quatre croisements trois voies et celles des parents femelles et mâles au cours des trois saisons sont présentées dans les tableaux I, II et III. Les pourcentages d'hétérosis par rapport aux valeurs du parent moyen (MPV) et du meilleur parent (BPV) au cours des trois saisons sont donnés dans les tableaux IV, V et VI. Pour l'évaluation, les données sont présentées en fonction des saisons :

Juin-juillet :

Ces deux mois sont considérés comme l'été, avec une température (27 °C à 36 °C) et une humidité (80 % à 96 %) élevées ; cette saison est également la plus défavorable à l'élevage du ver à soie du mûrier dans le Bengale occidental. Des effets hétérotiques positifs et significatifs ont été observés chez tous les croisements trois voies pour la plupart des caractères, les croisements ayant donné de meilleures performances que leurs parents (Tableau I). En été, les éleveurs du Bengale occidental se basent principalement sur le taux effectif d'élevage (ERR) et le rendement pour 100 pontes saines pour évaluer les élevages de vers à soie. Le taux effectif d'élevage varie de 7832 [$S \times (P_5 \times NB_{18})$] à 9037 [$S \times (NB_7 \times KPG-B)$] pour les croisements trois voies. Le taux effectif d'élevage pour le parent femelle se situe entre les valeurs obtenues pour les croisements, soit 8438, mais parmi les parents mâles hybrides il est pratiquement inférieur de moitié, se situant entre 3056 [$NB_7 \times KPG-B$] et

4993 [$NB_{18} \times P_5$] (Tableau I). Le rendement en kg pour 100 pontes varie de 54,28 [$S \times P_5 \times NB_{18}$] à 63,02 [$S \times (NB_{18} \times P_5)$] chez les croisements trois voies, contre 34,75 chez le parent femelle et entre 12,92 ($NB_7 \times KPG-B$) et 21,85 ($NB_{18} \times NB_7$) chez les parents mâles hybrides, soit 3 à 4 fois moins que chez les croisements trois voies. La fécondité, qui est légèrement supérieure chez les quatre croisements tri-parentaux, varie de 460 [$S \times P_5 \times NB_{18}$] à 538 ($NB_7 \times KPG-B \times NB_7$). Chez le parent femelle (Sarupat), elle est de 445 et, chez les parents mâles, elle se situe entre 420 ($P_5 \times NB_{18}$) et 538 ($NB_7 \times KPG-B$) (Tableau I). On observe également des différences significatives entre les croisements trois voies et leurs parents pour ce qui concerne les autres caractères. Les taux des effets hétérotiques par rapport aux MPV et aux BPV pour huit caractères chez les croisements trois voies isolés sont présentés dans le tableau IV. Pour la fécondité, aucune hétérosis significative n'a été observée chez aucun des croisements trois voies ; de même, aucun effet hétérotique sensible n'a été observé pour le pourcentage d'éclosion. Par contre, une hétérosis significative et positive a été enregistrée chez les croisements trois voies pour le taux effectif d'élevage par rapport aux MPV, qui se situe entre 18,19 et 57,25 mais aucune hétérosis significative n'a été observée par rapport aux BPV. Pour le poids d'un cocon, le poids d'une coque, la richesse soyeuse et la longueur du filament, la plupart des valeurs de l'hétérosis sont significatives et positives par rapport aux MPV et aux BPV chez tous les croisements trois voies. Cependant, les effets hétérotiques maximaux ont été observés chez $S \times (P_5 \times NB_{18})$ par rapport aux MPV et aux BPV qui sont respectivement de 42,02 et de 27,04 pour le poids d'un cocon, de 61,74 et de 37,44 pour le poids d'une coque, de 14,85 et de 8,29 pour la richesse soyeuse et de 67,48 et de 49,61 pour la longueur du filament, devant $S \times (NB_{18} \times P_5)$ pour les mêmes caractères. L'effet hétérotique maximal par rapport aux MPV pour le rendement pour 100 pontes a été observé chez $S \times (NB_7 \times KPG-B)$ (144,32), devant $S \times (KPG-B \times NB_7)$ (141,22) et l'effet hétérotique maximal par rapport aux BPV a été observé chez $S \times (NB_{18} \times P_5)$ (81,37).

Octobre-novembre :

Ces deux mois sont considérés comme l'automne et sont très propices à l'élevage de tous les types de vers à soie. Hormis quelques cas, des effets hétérotiques positifs et significatifs par rapport aux valeurs parentales ont été observés (Tableau V). Les hétérosis non significatives et négatives observées au cours de cette saison peuvent s'expliquer facilement par une bonne ou meilleure performance des parents, comme le montrent les valeurs moyennes des croisements trois voies et des parents (Tableau II). Par exemple, aucun effet hétérotique positif et significatif n'a été observé pour la fécondité, le taux effectif d'élevage ou la longueur du filament. Pour ce qui concerne le pourcentage d'éclosion, la seule hétérosis positive et significative a été observée par rapport aux MPV chez $S \times (NB_{18} \times P_5)$ (19,59). Pour le poids d'un cocon, seulement deux valeurs d'hétérosis par rapport aux MPV pour $S \times (KPG-B \times NB_7)$ (12,35) et $S \times (NB_7 \times KPG-B)$ (5,84) sont positives et significatives. Pour le poids d'une coque, un effet hétérotique significatif mais faible par rapport aux MVP chez $S \times (KPG-B \times NB_7)$ (10,85). Pour le rendement pour 100 pontes, on a observé un effet hétérotique positif et significatif par rapport aux MPV a été observé dans deux cas : $S \times (NB_{18} \times P_5)$ (25,06) et $S \times (KPG-B \times NB_7)$ (30,04). Dans leur ensemble, les données démontrent clairement la bonne performance des parents. Bien qu'on n'ait pas observé d'hétérosis positive dans de nombreux cas, tous les croisements trois voies ont donné des résultats tout à fait satisfaisants pour la plupart des caractères étudiés.

Décembre-janvier :

Ces deux mois sont considérés comme l'hiver dans le Bengale occidental et sont propices à tous les types d'élevages de vers à soie du mûrier. La performance moyenne des croisements et des parents et les effets hétérotiques des croisements trois voies sont présentés respectivement dans les tableaux III et VI. Les valeurs moyennes des croisements et des parents indiquent également une bonne performance des parents au cours de cette saison (Tableau III) mais le degré d'hétérosis varie considérablement suivant les différents caractères (Tableau VI) et comprend à la fois des effets positifs et des effets négatifs. Pour ce qui concerne les valeurs positives, l'hétérosis maximale a été obtenue pour le rendement pour 100 pontes et le poids d'un cocon. Pour la fécondité, la valeur de l'hétérosis

par rapport aux MPV est maximale chez $S \times (NB_{18} \times P_5)$ (30,40), devant $S \times (KPG-B \times NB_7)$ (25,55) et $S \times (P_5 \times NB_{18})$ (24,61) ; l'ordre des valeurs positives pour l'hétérosis par rapport aux BPV est identique : le maximum est obtenu pour $S \times (NB_{18} \times P_5)$ (24,14), devant $S \times (KPG-B \times NB_7)$ (16,23) et $S \times (P_5 \times NB_{18})$ (14,69). Pour le pourcentage d'éclosion, le taux effectif d'élevage et la richesse soyeuse, la plupart des valeurs de l'hétérosis sont négatives aussi bien par rapport aux MPV que par rapport aux BPV (Tableau VI). Pour le poids d'un cocon, l'hétérosis maximale par rapport aux MPV (28,12) et aux BPV (20,09) a été observé chez $S \times (KPG-B \times NB_7)$, devant $S \times (P_5 \times NB_{18})$ (23,41). Pour le poids d'une coque, les valeurs de l'hétérosis par rapport aux MPV sont significatives et positives et se situent entre 19,33 [$S \times P_5 \times NB_{18}$] et 30,54 [$S \times (KPG-B \times NB_7)$] ; aucun effet positif et significatif n'a été observé par rapport aux BPV. Ceci concorde avec l'observation de l'hétérosis positive et significative par rapport aux MPV pour la longueur du filament chez les quatre croisements dont les valeurs varient de 12,54 [$S \times (NB_7 \times KPG-B)$] à 28,47 [$S \times (NB_{18} \times P_5)$]. En ce qui concerne le rendement pour 100 pontes, toutes les valeurs de l'hétérosis sont significatives et positives par rapport aux MPV et varient de 34,62 [$S \times NB_7 \times P_5$] à 59,75 [$S \times (P_5 \times NB_{18})$] ; cependant, seulement deux valeurs d'hétérosis par rapport aux BPV sont significatives et positives chez $S \times (P_5 \times NB_{18})$ (36,47) et chez $S \times (NB_{18} \times P_5)$ (20,72).

L'analyse des valeurs moyennes (Tableau I) et des valeurs de l'hétérosis (Tableau IV) révèle que, durant la saison chaude (juin-juillet), les effets hétérotiques sont très prononcés avec une forte amplitude chez tous les croisements trois voies. Ces résultats montrent clairement qu'il est possible d'utiliser avec profit au moins deux croisements pour exploiter l'hétérosis élevée au cours de cette saison : $S \times P_5 \times NB_{18}$ et $S \times (NB_{18} \times P_5)$. Les effets hétérotiques varient fortement suivant les caractères économiques, ces deux croisements peuvent être utilisés indifféremment à l'échelle commerciale suivant la préférence des éleveurs.

L'analyse des valeurs moyennes et des valeurs de l'hétérosis obtenues en octobre-novembre (Tableaux II et V) et en décembre-janvier (Tableaux III et VI) indique que les parents donnent des valeurs soit légèrement supérieures, soit proches de celles des croisements tri-parentaux mais que les effets hétérotiques des croisements isolés ne sont pas aussi prononcés qu'en juin-juillet. Ces résultats s'expliquent par le fait que l'environnement est plus favorable pour tous les croisements et tous les parents en automne et en hiver qu'en été, époque à laquelle des conditions environnementales relativement défavorables permettent de mettre en évidence les améliorations apportées aux races. Ce type de variation influencée par l'environnement a également été décrit et expliqué par d'autres chercheurs (Allard, 1956 ; Sengupta et coll., 1971, 1974). Deux croisements tri-parentaux, $S \times (KPG-B \times NB_7)$ et $S \times (NB_7 \times KPG-B)$, peuvent être utilisés avec profit à l'échelle commerciale en hiver et en automne, comme le montrent les valeurs moyennes et les effets hétérotiques élevés obtenus.

Les travaux décrits ici démontrent que, particulièrement à la saison chaude et humide du Bengale occidental, lorsque l'élevage des hybrides F_1 bivoltins n'est pas possible sur le terrain et l'élevage des races indigènes donne des rendements très faibles et de qualité médiocre, les croisements tri-parentaux peuvent jouer un rôle important comme outil intermédiaire dans les exploitations commerciales pour les fermiers défavorisés souhaitant bénéficier des progrès de la sélection et de la génétique en diminuant le taux de mortalité. L'élevage des croisements trois voies, comme substituts des parents bivoltins $\times$ bivoltins ou polyvoltins en octobre-novembre et en décembre-janvier, donne des résultats satisfaisants.

RAISING OF SILKWORM, *BOMBYX MORI* L., ON ARTIFICIAL DIET AFTER CHAWKI REARING ON MULBERRY LEAF

N. ROYCHOUDHURY, R. BASU, M. SHAMSUDDIN & S.K. SEN

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore - 742 101, West Bengal, India.

The silkworm, *Bombyx mori* L., after chawki rearing (I to III instars) on mulberry leaf, *Morus alba* L. (variety S1), when shifted to artificial diet, showed positive acceptance of diet by the late stage larvae (IV and V instars) of bivoltine breed, JD6 × SF19. Chawki rearing was conducted under the prevailing adverse environmental conditions (temperature 29-33 °C and relative humidity (RH) 79-93 %) but the late age rearing followed by spinning and pupation was carried out inside a BOD incubator under optimum temperature and humidity. The larval duration was found to be little reduced for larvae reared on artificial food as compared to leaf rearing. Accelerated growth was recorded for artificial diet rearing with a significantly ($P < 0.05$) higher weight found for freshly moulted fifth-stage larvae and male pupae. Comparative rearing performance revealed that cocoon yields by number and weight were more in leaf rearing, single cocoon weight showed improvement for larvae reared on artificial food but non-significant ($P > 0.05$) whereas silk ratio and absolute silk content were recorded to be significantly ($P < 0.05$) higher for larvae reared on leaf.

Keywords : *Bombyx mori*, artificial diet, mulberry leaf, growth, rearing performance.

INTRODUCTION

Although the mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae), in particular is very sensitive and choosy for its food habit (Sengupta, 1990), yet a great deal of research on silkworm nutrition has been directed towards the understanding of feeding behaviour of *B. mori* (Hiratsuka, 1917 ; Hamamura, 1959 ; Hamamura *et al.*, 1962 ; Ishikawa, 1972 ; Horie *et al.*, 1976 ; Ito, 1978). This realization has lead to intensive experimentations and trials to formulate artificial diet, either with or without mulberry leaf powder (Fukuda *et al.*, 1960, 1962 ; Ito and Tanaka, 1960 ; Shima *et al.*, 1968). Today, remarkable progress has been achieved in the refinement of artificial diet and even suitable breeds have been developed to rear on artificial food for production of silk reeling cocoons (Ito and Kobayashi, 1978 ; Tazima, 1989). Though a significant advancement has already been made towards the understanding of all stages of silkworm rearing on artificial diet, still there is not enough information. The present investigation is, therefore, an attempt to examine the growth and rearing performance of *B. mori* on artificial diet, after chawki rearing on mulberry leaf.

MATERIALS AND METHODS

The bivoltine silkworm breed, JD6 × SF19, was selected as an experimental insect and was brushed on its natural food, the mulberry leaves, *Morus alba* L. (variety S1). Chawki rearing (I to III instars) was carried out on mulberry leaves under the prevailing adverse environmental conditions of the month of August-September, whereas late age rearing separately, followed by spinning and pupation inside BOD incubator under optimum temperature and humidity (Table I). The rearing

technique was essentially similar to that described earlier for leaf rearing (Krishnaswami, 1988 ; Sengupta, 1989) and artificial diet (Ito and Kobayashi, 1978 ; Roychoudhury *et al.*, 1992).

Table I. Mean temperature and humidity prevailing during chawki (I-III instars) stage and maintained during late (IV-V instars) age rearing of the bivoltine hybrid, JD₆ × SF₁₉.

Tableau I. Température et humidité moyennes au cours de l'élevage des premiers (I à III) âges et de l'élevage des derniers âges (IV-V) de l'hybride bivoltin JD₆ × SF₁₉.

Instar		Temperature (°C)	Relative humidity (%)
Age		Température (°C)	Humidité relative (%)
I	F	30.9 (28-32)	82.8 (79-93)
	M	30.5 (30-31)	83.0 (79-89)
II	F	29.9 (28-31)	85.3 (79-92)
	M	29.5 (29-30)	88.8 (85-93)
III	F	30.8 (29-32)	86.6 (80-92)
	M	30.0 (28-31)	82.0 (78-86)
IV	F	26 ± 1	75 ± 5
	M	26 ± 1	70 ± 5
V	F	25 ± 1	75 ± 5
	S	27 ± 1	70 ± 5

F = Feeding period / *Période de nourrissage*,

M = Moult period / *Période de mue*,

S = Spinning period / *Période de filage*.

Range values are in parentheses.

Les valeurs des fourchettes sont indiquées entre parenthèses.

Dry mixed artificial diet powder (Table II) was prepared and supplied by Prof. H. Akai (Tokyo University of Agriculture, Tokyo, Japan). The diet powder after thorough mixing with 0.25 % propionic acid solution, boiled at 98-100 °C in a water bath for 30 minutes and allowed to solidify at room temperature. The diet once prepared was stored at 10 °C and used for rearing from time to time. The diet was replaced every morning in the fourth instar whereas in the fifth instar (Fig. 1) till spinning was provided twice (morning and night) per day but no diet was provided during the moulting period. The larvae reared on mulberry leaves were given feeding three times per day, starting from brushing to spinning. Mass rearing was carried out up to the third instar [called chawki rearing (Krishnaswami, 1988)] while from the fourth instar onwards till spinning (Fig. 2) a definite number of larvae ($n = 50$) were considered for both artificial diet and leaf rearing to find out the different parameters of rearing

performance. After completion of the rearing, cocoons (Fig. 3) were harvested on the fifth day of spinning and subjected to cocoon assessment. The data ($n = 20$) thus collected on growth and different parameters of rearing performance and the nature of significance were tested by statistical 't' tests.

Table II. Composition of the artificial diet used in the experiment.

Tableau II. Composition de l'aliment artificiel utilisé dans notre expérience.

Ingredients	Quantity (g)
<i>Ingrédients</i>	<i>Quantité (g)</i>
Dry mulberry leaf powder / <i>Poudre de feuilles de mûrier</i>	400
Defatted soybean powder / <i>Poudre de soja dégraissé</i>	200
Phytosterol / <i>Phytostérol</i>	3
Sucrose / <i>Sucrose</i>	40
Cellulose powder / <i>Poudre de cellulose</i>	115
Corn starch / <i>Amidon de maïs</i>	56
Citric acid / <i>Acide citrique</i>	37
Vitamin C / <i>Vitamine C</i>	10
Salt mixture / <i>Mélange de sels</i>	40
Sorbic acid potassium / <i>Sorbate de potassium</i>	2.4
Vitamin B mixture / <i>Mélange de vitamines B</i>	3.824
Agar powder / <i>Agar en poudre</i>	75
Soybean powder / <i>Soja en poudre</i>	13
Chloromycetin / <i>Chloromycétine</i>	0.15
Total	995.374
Propionic acid / <i>Acide propionique</i> (ml)	6.0
Water / <i>Eau</i> (l)	2.55

Fig. 1 : Fifth instar larva of the bivoltine breed, JD₆ × SF₁₉, feeding on artificial diet after chawki rearing on mulberry leaf.

Fig. 1 : Larve du cinquième âge de la race bivoltine JD₆ × SF₁₉ s'alimentant sur milieu artificiel après élevage sur feuilles de mûrier aux premiers âges.



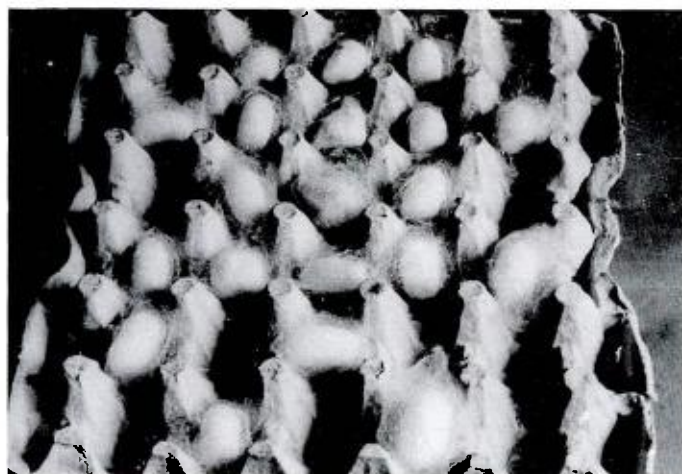


Fig. 2 : Cocoons of the bivoltine breed, JD₆ × SF₁₉, on the newly designed spinning tray.

Larvae reared on artificial diet after chawki rearing on mulberry leaf.

Fig. 2 : Cocons de la race bivoltine JD₆ × SF₁₉ sur un nouveau type de cadre d'encabannage.

Les larves ont été élevées sur milieu artificiel après élevage sur feuilles de mûrier aux premiers âges.

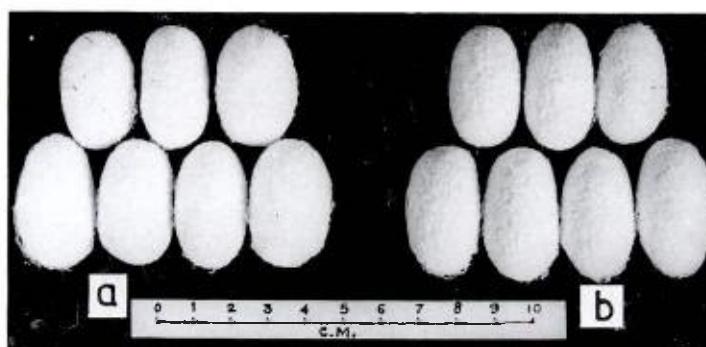


Fig. 3 : Cocoons of the bivoltine breed, JD₆ × SF₁₉.

A : Larvae reared on artificial diet after chawki rearing on mulberry leaf. B : Larvae reared on mulberry leaf.

Fig. 3 : Cocons de la race bivoltine JD₆ × SF₁₉.

A : Larves élevées sur milieu artificiel après élevage sur feuilles de mûrier aux premiers âges. B : Larves élevées sur feuilles de mûrier.

RESULTS

Growth and development :

Larvae reared on artificial diet after chawki rearing on mulberry leaf took less time (12 days) by 12 hours to complete larval age rearing than those reared on mulberry leaf (12.5 days) (Table III). The growth curve (Fig. 4) based on the live weight showed a steady increase from newly hatched larvae to fourth instar then showed an exponential growth following food intake after the fourth ecdysis with a peak in the pre-spinning phase then a sudden fall occurred with pupation, and found to be a similar pattern for both artificial diet and leaf rearing. Larval (freshly moulted and pre-spinning) and pupal (male and female) weights attained the highest value for the larvae reared on artificial diet, though a significant ($P < 0.05$) difference existed for freshly moulted fifth stage larvae and male pupae, when compared with leaf rearing (Table IV).

Rearing performance :

The data on this aspect were summarised in Table V. Results revealed that cocoon yield/10,000 larvae by number and weight were found to be more for larvae reared on mulberry leaf, and also cocoon yield/100 layings showed a higher value for larvae reared completely on leaf. Single cocoon weight attained maximum by artificial diet in both sexes and irrespective of sexes but no significant ($P > 0.05$) difference existed among the artificial diet and the leaf rearing. Rearing on artificial diet and leaf did not show difference in their single shell weight in both sexes and irrespective of sexes and was found non-significant ($P > 0.05$). The percentage of silk ratio, except for female, and absolute silk content were found to be significantly ($P < 0.05$) higher for larval rearing on mulberry leaf when compared with larvae reared on artificial diet after chawki rearing on leaf.

Table III. Data on larval duration, percentage of spinning larvae, mortality and quality of cocoons of the bivoltine hybrid, JD6 × SF19, obtained after chawki rearing on mulberry leaf then shifted to artificial diet and complete rearing on mulberry leaf.

Tableau III. Durée larvaire, pourcentage de filage, mortalité et qualité des cocons de l'hybride bivoltin JD6 × SF19 obtenus après élevage des premiers âges sur feuilles de mûriers puis sur milieu artificiel et après élevage complet sur feuilles de mûriers.

Parameter	Artificial diet	Mulberry leaf
Paramètre	Aliment artificiel	Feuilles de mûrier
Larval duration (days) (IV and V instars)	12.0	12.5
Durée larvaire (jours) (4e et 5e âges)		
Spinning larvae (%) / Filage (%)	82	88
Mortality (%)* / Mortalité (%)*	18	12
Quality of cocoons / Qualité des cocons		
Good / Bons	34	36
Double / Doubles	2	3
Flimsy / Pauvres	3	2
Total cocoons** / Total des cocons**	41	44

* Died as larvae in spinning tray due to disease grasserie / Mortalité au moment du filage causée par la grasserie.

** Out of 50 larvae considered in the IV instar / Sur 50 larves considérées au 4e âge.

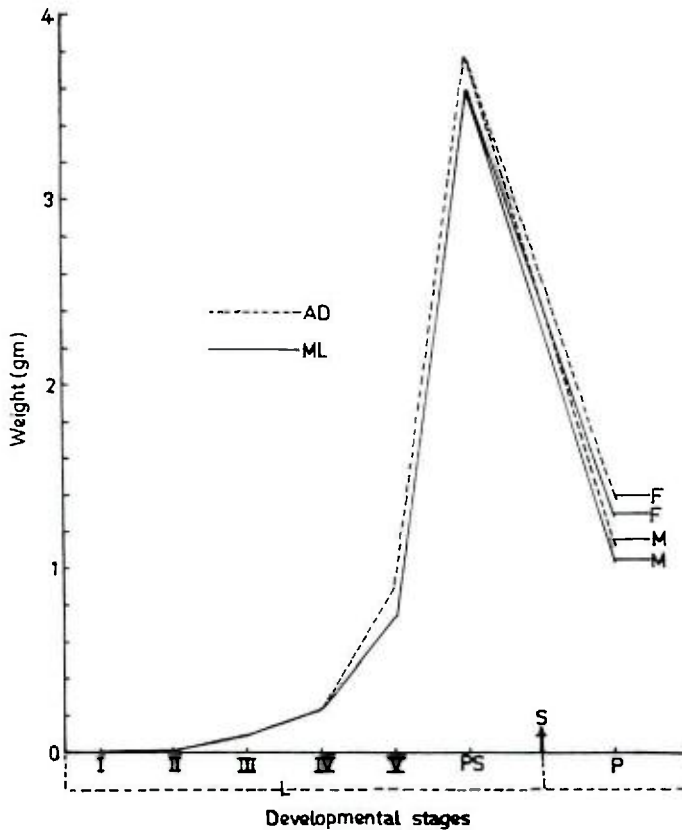


Fig. 4 : Growth curve of the bivoltine hybrid, $JD_6 \times SF_{19}$, when reared on mulberry leaf (ML) and artificial diet (AD) after chawki rearing on mulberry leaf.

Data based on twenty observations and live weight on newly hatched, freshly moulted, pre-spinning (PS), larva (L) and male (M) and female (F) pupa (P) of fifth day. S = spinning.

Fig. 4 : Courbe de croissance de l'hybride bivoltin $JD_6 \times SF_{19}$ élevé sur feuilles de mûrier (ML) et sur milieu artificiel après élevage sur feuilles de mûrier aux premiers âges. (AD)

Les données sont basées sur vingt observations et sur le poids vif des larves (L) en sortie d'éclosion, à la sortie de mue, avant le filage (PS) et des chrysalides (P) mâles (M) et femelles (F) au cinquième âge. S = filage.

DISCUSSION

Successful silkworm rearing, starting from brushing to spinning followed by pupation, moth emergence, oviposition and hatching, on the artificial diet used in the present experiment has already been reported (Roychoudhury *et al.*, 1992) and found to be suitable for growth and development of bivoltine parents and hybrids. The present work is a further exploration which demonstrates that larvae after young stage rearing on mulberry leaf when changed to artificial diet show positive acceptance of the food by the late stage larvae, thereby achieving optimum growth, spinning and subsequent pupation. This indicates that the tested diet is palatable to larvae even after feeding on mulberry leaf. The palatability of the silkworm diet is determined by the mutual interaction of chemical stimuli for

feeding (Ishikawa, 1972). It has been also clarified unequivocally that the food selection of the silkworm depends sequentially on three factors (attractant, biting and swallowing) and the combination of these three factors is responsible for the positive acceptance of food (Hamamura *et al.*, 1962).

Table IV. Data (mean) on the larval and pupal weights of the bivoltine hybrid, JD6 $\times$ SF19, obtained after chawki rearing on mulberry leaf then shifted to artificial diet and complete rearing on mulberry leaf.*

Tableau IV. Données (moyennes) sur le poids larvaire et nymphal de l'hybride bivoltin JD6 $\times$ SF19 obtenu après élevage des premiers âges sur feuilles de mûriers puis sur milieu artificiel et après élevage complet sur feuilles de mûriers.*

Parameter	Artificial diet	Mulberry leaf	Degrees of freedom	Standard error difference	t value and significance
Paramètre	Aliment artificiel	Feuilles de mûrier	Degrés de liberté	Différence de l'écart type	Valeur t et signification
Larval weight (g) / Poids larvaire (g)					
4th stage**	0.23		NA	NA	NA
4e âge**					
5th stage**	0.92	0.74	38	0.03	6.69
5e âge**					P < 0.05
Mature***	3.78	3.62	38	0.09	1.82
					P > 0.05
Pupal weight (g) / Poids nymphal (g)					
Male	1.11	1.04	38	0.03	2.41
Mâle					P < 0.05
Female	1.32	1.27	38	0.03	1.38
Femelle					P > 0.05

* Data based on 20 observations / Données basées sur 20 observations.

** Freshly moulted / En sortie de mue.

*** Pre-spinning / Pré-filage.

NA : Not applicable / Traitement non effectué.

The shortening of larval duration and improvement of growth of larvae reared on artificial diet after chawki rearing on mulberry leaf are really interesting observations in the present work. The results suggest that the change of food may have a role in the acceleration of growth and development of the silkworm. This is possible because the growth and development of *B. mori* varies according to races, quality and quantity of food, capacity of food intake, nutrients absorbed by the body and climatic conditions (Ueda, 1965 ; Ueda and Suzuki, 1967 ; Krishnaswami *et al.*, 1973 ; Vijay, 1985 ; Mathur *et al.*, 1989). Further, it has also been reported that the composition of the artificial diet has a role in the alteration of the growth and development of the silkworm (Ito and Kobayashi, 1978 ; Tazima, 1989).

Table V. Data (mean) on the cocoon yield and economic characters of cocoons of the bivoltine hybrid, JD₆ × SF₁₉, obtained after chawki rearing on mulberry leaf then shifted to artificial diet and complete rearing on mulberry leaf.*

*Tableau V. Données (moyennes) sur le rendement en cocons et les caractères économiques des cocons de l'hybride bivoltin JD₆ × SF₁₉ obtenus après élevage des premiers âges sur feuilles de mûriers puis sur milieu artificiel et après élevage complet sur feuilles de mûriers.**

Parameter	Artificial diet	Mulberry leaf	Degrees of freedom	Standard error difference	t value and significance
<i>Paramètre</i>	<i>Aliment artificiel</i>	<i>Feuilles de mûrier</i>	<i>Degrés de liberté</i>	<i>Différence de l'écart type</i>	<i>Valeur t et signification</i>
Cocoon yield/10000 larvae / Rendement en cocons pour 10000 larves					
Number / Nombre	8200	8800	NA	NA	NA
Weight / Poids (kg)	14.00	14.60	NA	NA	NA
Cocoon yield/100 layings / Rendement en cocons pour 100 pontes					
Weight / Poids (kg)	56.00	58.40	NA	NA	NA
Single cocoon weight / Poids d'un cocon (g)					
Male / Mâle	1.37	1.30	38	0.03	1.86
Female / Femelle	1.59	1.54	38	0.04	1.25
Irrespective of sex / Mélange des sexes	1.48	1.43	38	0.03	1.81
					P > 0.05
Single shell weight / Poids d'une coque (g)					
Male / Mâle	0.26	0.27	38	0.01	1.24
Female / Femelle	0.27	0.27	38	0.01	0.42
Irrespective of sex / Mélange des sexes	0.27	0.27	38	0.01	0.41
					P > 0.05
Silk ratio / Richesse soyeuse (%)					
Male / Mâle	18.72	20.43	38	0.49	3.47
Female / Femelle	17.00	17.39	38	0.52	0.75
Irrespective of sex / Mélange des sexes	17.86	18.90	38	0.35	2.99
					P < 0.05
Absolute silk content (g) / Richesse soyeuse absolue (g)					
	2214	2376	38	62.00	3.00
					P < 0.05

* Data based on 20 observations / Données basées sur 20 observations.

NA : Not applicable / Traitement non effectué.

Since, in the present work, it has been found that small differences in cocoon characters exist between artificial diet and leaf rearing, which possibly indicate the low conversion efficiency of artificial diet to silk. This result has got parallelism with the findings of earlier workers (Ito and Kobayashi, 1978 ; Tazima, 1989).

As a whole, the present investigation proves the positive acceptance of artificial diet by late stage larvae after chawki rearing on mulberry leaf, though slight differences occur in the economic traits of cocoons when compared with leaf rearing, by improving the composition of artificial diet it may be possible to produce cocoons of equal or even higher quality.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors express their deepest gratitude to Prof. H. Akai, Tokyo University of Agriculture (Sakuragaoka, Setagaya, Tokyo, Japan), for his generous gift of artificial diet powder. We thank Mr B.P. Nair, SRO of this Institute, for statistical analysis of the data.

REFERENCES

- FUKUDA T., SUTO M., HIGUCHI Y. (1960) Silkworm raising on artificial diet food. *Nature*, 187, 669-670.
- FUKUDA T., SUTO M., KAMEYAMA T., KAWASUGI S. (1962) Synthetic diet for silkworm raising. *Nature*, 196, 53-54.
- HAMAMURA Y. (1959) Food selection by silkworm larvae. *Nature*, 183, 1746-1747.
- HAMAMURA Y., HAYASHIYA K., NAITO K., MATSUURA K., NISHIDA J. (1962) Food selection by silkworm larvae. *Nature*, 194, 754-755.
- HIRATSUKA E. (1917) Researches on the nutrition of the silkworm. *Bull. Sericult. Exp. Sta.*, 2, 353-412.
- HORIE Y., INOKUCHI T., WATANABE K., NAKASONE S., YANAGAWA H. (1976) Quantitative study of food utilization by the silkworm, *Bombyx mori*, through its life cycle. I. Economy of dry matter, energy and carbon. *Bull. Sericult. Exp. Sta.*, 26, 411-442.
- ISHIKAWA S. (1972) Photo-reception and contact chemio-reception in silkworm larvae. *Japan Agri. Res. Q.*, 6, 155-159.
- ITO T., TANAKA M. (1960) Rearing of the silkworm on an artificial diet and the segregation of pentamolters. *J. Sericult. Sci. Japan*, 38, 377-385.
- ITO T. (1978) Silkworm nutrition. *In* The silkworm : An important laboratory tool. Y. Tazima ed., Kodansha Ltd., Tokyo, pp. 121-157.
- ITO T., KOBAYASHI M. (1978) Rearing of the silkworm. *In* The silkworm : An important laboratory tool. Y. Tazima ed., Kodansha Ltd., Tokyo, pp. 83-102.
- KRISHNASWAMI S., NARASIMHANNA M.N., SURYANARAYAN S.K., KUMARARAJ S. (1973) Manual of sericulture. Vol. II Silkworm rearing. *Agri. Services Bull.*, FAO, Rome.
- KRISHNASWAMI S. (1988) New technology of silkworm rearing. Central Silk Board, Bangalore, India.
- MATHUR S.K., ROY A.K., SEN S.K., SUBBA RAO G. (1989) Studies on the growth of silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae), under tropical conditions. *Indian J. Seric.*, 28, 71-79.
- ROYCHOUDHURY N., BASU R., SHAMSUDDIN M., SENGUPTA K. (1992) Rearing performance of silkworm, *Bombyx mori* L., on artificial diet. Abstract published in the Agricultural Section of the Proceedings of 79th Indian Sci. Congress, Baroda (India), January, 3-8.
- SENGUPTA K. (1989) A guide for bivoltine sericulture. Central Silk Board, Bangalore, India.
- SENGUPTA K. (1990) Artificial diet for silkworm : Are we nearer the goal ? *Indian Silk*, 29, 16-18.
- SHIMA M., SEKI T., YAZAWA M. (1968) Preparation of a synthetic diet for silkworm raising. *Bull. Sericult. Exp. Sta.*, 22, 407-408.
- TAZIMA T. (1989) Alteration of food habit of the domesticated silkworm, *Bombyx mori*. *Sericologia*, 29(4), 437-453.

UEDA S. (1965) Changes in some quantitative factors and their mutual relationship concerning the growth and development in the fifth larval instar of silkworm, *Bombyx mori* L. Bull. Sericult. Exp. Sta., 19, 331-341.

UEDA S., SUZUKI (1967) Studies on the growth of silkworm, *Bombyx mori* L. Chronological changes of the amount of food ingested and digested, body weight, water content of the body and their mutual relationship. Bull. Sericult. Exp. Sta., 22, 33-74.

VIJAY S.R. (1985) Bivoltine in the tropics. Sericologia, 25(2), 219-227.

EDUCATION DU VER A SOIE *BOMBYX MORI* L. SUR ALIMENT ARTIFICIEL APRES NOURRISSAGE DES JEUNES LARVES AVEC DES FEUILLES DE MURIER

N. ROYCHOUDHURY, RITA BASU, M. SHAMSUDDIN & S.K. SEN

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore - 742 101, West Bengal, Inde.

Le ver à soie Bombyx mori L. éduqué aux premiers âges (1er à 3e) sur des feuilles de mûrier Morus alba L. (variété S1) puis transféré sur un aliment artificiel présente une bonne acceptation de l'aliment aux derniers âges (4e et 5e) chez la souche bivoltine JD6 × SF19. L'éducation des jeunes larves a été réalisée dans des conditions environnementales défavorables (température : 29 à 33 °C, humidité relative : 79 à 93 %) tandis que l'éducation des derniers âges, le filage et la nymphose ont été réalisés dans un incubateur BOD à température et humidité relative optimales. La durée larvaire des larves élevées sur milieu artificiel est légèrement plus courte que celle des larves élevées sur feuilles de mûrier. Une augmentation de la croissance a été enregistrée pour les lots élevés sur aliment artificiel avec un poids significativement plus lourd ($P < 0,05$) pour les larves du 5e âge en sortie de mue et les chrysalides mâles. La performance d'élevage comparative montre que le rendement en cocons en nombre et en poids est plus élevé chez les larves élevées sur milieu artificiel mais non significatif ($P > 0,05$) tandis que la richesse soyeuse et le contenu absolu en soie sont significativement plus élevés ($P < 0,05$) chez les larves élevées sur feuilles de mûrier.

INTRODUCTION

Bien que le ver à soie du mûrier *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae) soit très sensible à la nourriture et malgré la spécificité de ses habitudes alimentaires (Sengupta, 1990), un grand nombre de travaux sur la nutrition du ver à soie ont été orientés vers la compréhension du comportement alimentaire de *B. mori* (Hiratsuka, 1917 ; Hamamura, 1959 ; Hamamura et coll., 1962 ; Ishikawa, 1972 ; Horie et coll., 1976 ; Ito, 1978). Ces recherches ont conduit à des expériences et des tests intensifs visant à formuler des aliments artificiels avec ou sans poudre de feuilles de mûrier (Fukuda et coll., 1960, 1962 ; Ito et Tanaka, 1960 ; Shima et coll., 1968). Aujourd'hui, des progrès remarquables ont été accomplis dans l'élaboration des aliments artificiels et on a même isolé des souches adaptées à l'éducation sur milieu artificiel pour la production de cocons destinés au dévidage (Ito et Kobayashi, 1978 ; Tazima, 1989). Bien que des avancées significatives aient déjà été réalisées dans la compréhension de tous les stades de l'éducation du ver à soie sur aliment artificiel, les informations disponibles restent insuffisantes. Cette étude vise donc à examiner la croissance et la performance d'élevage de *B. mori* sur milieu artificiel après élevage des jeunes larves sur feuilles de mûrier.

MATERIELS ET METHODES

La race de ver à soie bivoltin JD6 × SF19 a été sélectionnée comme matériel expérimental et les larves ont été levées sur leur aliment naturel, la feuille du mûrier *Morus alba* L. (variété S1). L'élevage des jeunes larves (1er au 3e âge) a été réalisé sur feuilles de mûrier dans des conditions environnementales défavorables au cours des mois d'août et de septembre, tandis que l'éducation des derniers âges (4e et 5e âges) a été réalisé soit sur feuilles de mûrier, soit sur aliment artificiel, le filage et la nymphose ont été réalisés dans un incubateur BOD à température et humidité relative optimales

(Tableau I). La technique d'élevage suivie est, pour l'essentiel, identique à celle décrite précédemment pour l'élevage sur feuilles de mûrier (Krishnaswami, 1988 ; Sengupta, 1989) et sur aliment artificiel (Ito et Kobayashi, 1978 ; Roychoudhury et coll., 1992).

Un mélange d'aliment artificiel sec en poudre (Tableau II) a été préparé et fourni par le Professeur H. Akai de Tokyo University of Agriculture (Japon). Après avoir été soigneusement mélangé dans une solution d'acide propionique à 0,25 %, l'aliment en poudre a été bouilli dans un bain-marie entre 98 et 100 °C pendant 30 minutes et laissé solidifier à température ambiante. Une fois préparé, l'aliment a été stocké à 10 °C et utilisé pour les élevages de façon intermittente. L'aliment a été renouvelé tous les matins chez les larves du 4^e âge et deux fois par jour au 5^e âge (Fig. 1) jusqu'au filage ; aucune nourriture n'a été donnée pendant la mue. Les larves élevées sur feuilles de mûrier ont reçu trois nourrissages par jour, de la levée au filage. Les larves ont été élevées en masse jusqu'au 3^e âge [appelé élevage chawki d'après Krishnaswami (1989)] et, à partir du 4^e âge jusqu'au filage (Fig. 2) un nombre précis de larves ($n = 50$) a été pris en compte pour les élevages sur milieu artificiel et sur feuilles de mûrier afin de déterminer les différents paramètres de la performance d'élevage. A la fin de l'élevage, les cocons (Fig. 3) ont été récoltés au 5^e jour du filage et soumis à une évaluation. Les données ($n = 20$) collectées concernant la croissance et les différents paramètres de la performance d'élevage et leur signification ont été soumises au test statistique "t".

RESULTATS

Croissance et développement :

Les larves nourries sur milieu artificiel après avoir été élevées sur feuilles de mûrier mettent 12 heures de moins pour terminer leur cycle (soit 12 jours) que celles élevées sur feuilles de mûrier (12,5 jours) (Tableau III). La courbe de croissance (Fig. 4) du poids vif présente une augmentation régulière des larves écloses jusqu'au 4^e âge et une croissance exponentielle après ingestion de nourriture à partir de la 4^e mue avec un pic au stade de pré-filage suivie d'une chute soudaine au moment de la nymphose, ce schéma de croissance est identique pour les deux types de nourrissage. Les poids larvaire (sortie de mue et pré-filage) et nymphal (mâle et femelle) donnent les valeurs maximales pour les larves nourries sur milieu artificiel bien qu'il y ait une différence significative ($P < 0,05$) pour les larves du 5^e âge sorties de mue et les chrysalides mâles avec celles nourries sur feuilles de mûrier (Tableau IV).

Performance d'élevage :

Les données concernant ces caractères sont résumées dans le tableau V. Les résultats révèlent que le rendement en cocons en nombre et en poids pour 10 000 larves est plus élevé chez les larves nourries sur feuilles de mûrier et que le rendement en cocons pour 100 pontes donne la valeur maximale pour les larves élevées uniquement sur feuilles de mûrier. Le poids du cocon est maximal chez les larves nourries sur milieu artificiel chez les deux sexes et quel que soit le sexe mais il n'y a aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les larves élevées sur milieu artificiel et les larves élevées sur feuilles de mûrier. Les élevages sur milieu artificiel et sur feuilles de mûrier ne donnent aucune différence significative ($P > 0,05$) pour ce qui concerne le poids de la coque chez les deux sexes et quel que soit le sexe. La richesse soyeuse, hormis chez les femelles, et le contenu absolu en soie des larves élevées sur feuilles de mûrier sont significativement supérieurs ($P < 0,05$) à ceux des larves élevées sur milieu artificiel après élevage sur feuilles de mûrier aux premiers âges.

DISCUSSION

On a déjà observé qu'il était possible d'élever des vers à soie de la levée jusqu'au filage et d'obtenir la nymphose, l'émergence des papillons, l'oviposition et l'éclosion sur le milieu artificiel utilisé dans cette expérience (Roychoudhury et coll., 1992) et que ce type d'élevage était approprié à la croissance et au développement des parents bivoltins et des hybrides. Cet article, qui constitue un prolongement des travaux déjà réalisés, démontre que le milieu artificiel est bien accepté par les larves des derniers stades élevées aux premiers stades sur feuilles de mûrier et qu'il permet d'obtenir une croissance, un filage et une nymphose maximaux. Ceci indique que l'aliment testé est adapté aux

larves même lorsqu'elles ont été nourries préalablement avec des feuilles de mûrier. La sapidité de l'aliment destiné au ver à soie est déterminée par l'interaction mutuelle d'appétants chimiques (Ishikawa, 1972). Il a par ailleurs été démontré que la sélection de la nourriture par le ver à soie dépend de trois facteurs (attraction, morsure et ingestion) et que la combinaison de ces trois facteurs est responsable de l'acceptation de la nourriture (Hamamura et coll., 1962).

La réduction de la durée larvaire et l'amélioration de la croissance chez les larves élevées sur milieu artificiel après élevage des jeunes larves sur feuilles de mûrier constituent les observations les plus intéressantes des expériences rapportées ici. Les résultats suggèrent que le changement de nourriture pourrait jouer un rôle dans l'accélération de la croissance et du développement du ver à soie qui, chez *B. mori*, varient en fonction des races, de la qualité et de la quantité de nourriture, de la capacité d'ingestion de nourriture, des éléments nutritifs absorbés par la larve et des conditions climatiques (Ueda, 1965 ; Ueda et Suzuki, 1967 ; Krishnaswami et coll., 1973 ; Vijay, 1985 ; Mathur et coll., 1989). Il a également été observé que la composition de l'aliment artificiel jouait un rôle dans la modification de la croissance et du développement du ver à soie (Ito et Kobayashi, 1978 ; Tazima, 1989).

Les petites différences observées dans cette étude pour les caractères du cocon entre les larves nourries sur milieu artificiel et les larves élevées sur feuilles de mûrier suggèrent qu'elles ont une faible efficacité de conversion de l'aliment artificiel en soie. Ce résultat corrobore les observations antérieures de certains chercheurs (Ito et Kobayashi, 1978 ; Tazima, 1989).

Dans son ensemble, l'étude présentée ici démontre l'acceptation de l'aliment artificiel par les larves des derniers âges après élevage des premiers stades sur feuilles de mûrier, bien qu'il y ait une légère différence pour les caractères économiques du cocon entre les deux types de nourrissage. Il est possible, si l'on améliore la composition de l'aliment artificiel, de produire des cocons de qualité égale, voire supérieure.

THE SPINNING APPARATUS OF SILKWORM (*BOMBYX MORI* L.) LARVAE : THE SILK PRESS

OMANA JOY*

Department of Sericulture, Bangalore University, Bangalore - 560 009, India.

In silkworm larvae, silk gland ducts from both sides join together anteriorly to form a common silk gland duct and open outside through the spinneret. A sclerotized structure is observed inside the common silk gland duct. In dorsal view, the sclerotized structure raphe resembles an arrow and laterally a lambda (λ). At 90° angle, it appears in a different form. These differences in appearance have been combined together in a model drawing, to explain the structure of this sclerotized raphe. The raphe provides mechanical stress for changing aqueous silk into fibre form acting as a silk press.

Keywords : Anterior silk gland, spinneret, raphe, silk fibre.

INTRODUCTION

The economic importance of silkworms lies in their ability to produce reelable silk. The silk gland and the spinning apparatus are highly modified for this purpose. This functional perfection has been achieved through many morphological modifications (Snodgrass, 1936 ; Tazima, 1978). The anterior part of the silk gland along with the external spinneret play a very important role in the process of silk spinning. The structure and function of the posterior, middle and a part of anterior silk glands are well elucidated, whereas very little information is available on the spinning apparatus of silkworm larvae.

MATERIALS AND METHODS

Bivoltine silkworms (NB4D2) reared in the laboratory were used for the present study. Five-day-old fifth instar larvae were dissected in Insect Ringer and the anterior silk gland along with the spinneret were removed under a stereomicroscope (Ephrussi and Beadle, 1936 ; Joy, 1986). The spinneret along with the anterior silk gland were mounted on a slide. Morphological details of the anterior silk gland were studied using a binocular microscope and relevant measurements were taken with the help of a micrometer.

RESULTS AND DISCUSSION

The silk gland ducts from the sides join together to form a common silk gland duct and run anteriorly to open outside through the spinneret. In the late fifth instar larvae the common silk duct shows a diameter of 280 μ m. After a length of 400 μ m the diameter of the common duct increases to 500 μ m and the same width is maintained for a length of 960 μ m. Further the diameter of the duct reduces to 185 μ m before it opens outside through the spinneret.

* Present address : Department of Microbiology and Cell Biology, Indian Institute of Science, Bangalore - 560 012, India.

A sclerotized structure is clearly visible inside the dilated part of the common silk gland duct (Fig. 1 and 2). This has been earlier reported as raphe by Snodgrass (1935). This whole structure lies within the hypopharyngeal premental lobe of the head capsule of the silkworm (Fig. 2).

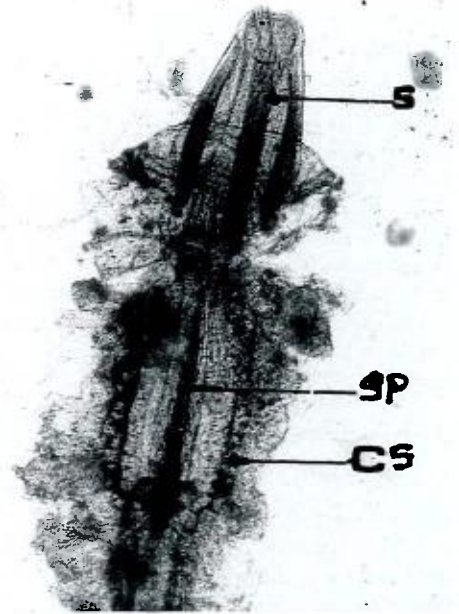


Fig. 1 : Silk press ventral view ($\times 200$).

Fig. 1 : Vue ventrale de la presse ($\times 200$).

CS : Common silk duct / *Canal séricigène commun.*

SP : Silk press or sclerotized raphe / *Presse ou raphé sclérotique.*

S : Spinneret / *Filière.*

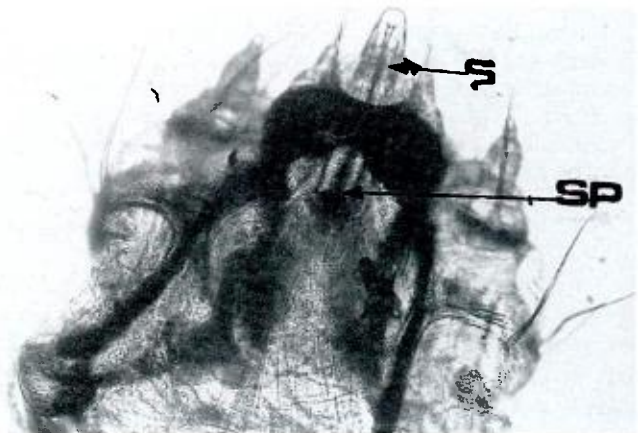


Fig. 2 : Silk press within the head capsule of the silkworm ($\times 30$).

Fig. 2 : Presse à l'intérieur de la capsule céphalique du ver à soie ($\times 30$).

The dorsal structure of the raphe resembles an arrow, the arrow head pointing posteriorly. The arrow head of the raphe is observed at the junction of the widened common silk gland duct (Fig. 1).

The total length of the raphe is 150 μm and the arrow head part alone is 65 μm long. The rod-shaped structure is 25 μm wide.

Laterally (at 45°) the sclerotized structure resembles a lambda (λ) as shown in Fig. 3. Fig. 4 shows the structure of the raphe when rotated through an angle of 90°.

Fig. 3 : Silk press : 45° lateral view ($\times 400$).

Resembles a lambda (λ).

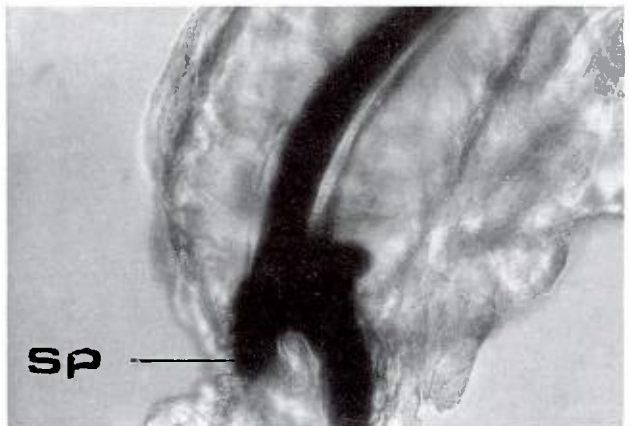
Fig. 3 : Presse : vue latérale à 45° ($\times 400$).

La presse ressemble à un lambda (λ).



Fig. 4 : Silk press : 90° lateral view ($\times 600$).

Fig. 4 : Presse : vue latérale à 90° ($\times 600$).



The drawing given in Fig. 5 can be used to make a model which will resemble the raphe. Take a paper and cut a template according to the dimensions given, fold the paper along the dotted lines and make a circular hole in the middle of the paper according to the dimensions given. Insert a rod pointed at one end of about 2 cm diameter through the hole. Observe the structure dorsally and then tilt it to 45° and to 90° angles. This model helps to understand the structure of the sclerotized raphe more clearly.

A characteristic feature of silk spinning is the specific way in which the larvae move their heads. The head is bent down to touch the prementum and then lifted up. This will produce a suction force within the silk gland duct which will help the silk to flow up.

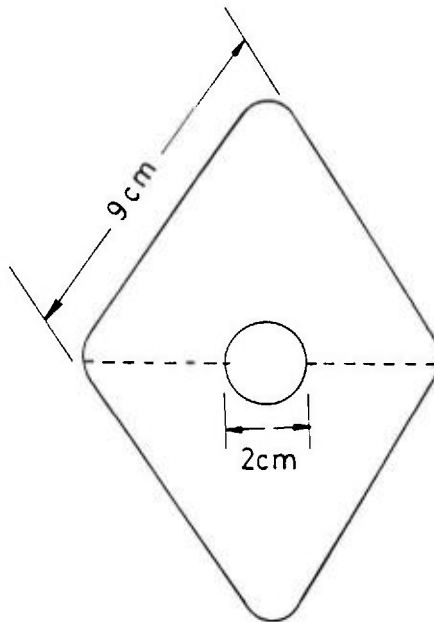


Fig. 5 : Model for silk press (arrow head of raphe) as template.

Fig. 5 : Modèle de presse (extrémité en forme de flèche du raphé).

Silk is in the form of an aqueous solution till it reaches the anterior region of the silk gland (Shimura, 1983). It has been observed that liquid fibroin contains plentiful small particles in the mature silk gland. These small particles gather together to form silk under high mechanical pressure (Iizuka, 1978) inside the silk gland duct.

When the larval head is bent, it is observed that the arrow head of the raphe presses against the solid prementum ; this process must be helping in building up extra pressure inside the silk duct and also in coagulating fibroin molecules. Several theoretical calculations on the flow behaviour of macromolecules suggest the role of mechanical stress in extending granules to molecular chains. Iizuka (1978) has reported that transition of silk fibroin occurs under shearing stress. It is not very clear whether the sclerotized structure rotates on its own during the spinning process.

Silk fibre formation from the aqueous silk follows the general physical principles of flow behaviour and takes place at the wider region of the common silk gland duct. The formation of silk

fibre is due to the shearing stress created by the silk press together with the suction pressure produced by the particular pattern of head movement. The sclerotized rod plays an important role in pressing aqueous silk to fibre.

REFERENCES

- EPHRUSI B., BEADLE G.W. (1936) A technique of transplantation for *Drosophila*. Ann. Nat., 70, 218-225.
- IIZUKA E. (1978) Chemistry of protein. 4. Eds. E. Ando, K. Imabori and F. Suzuki, p. 735
- JOY O. (1986) Spinning apparatus of silkworm, *Bombyx mori*. The spinneret. Current Sci., 55, 872-873.
- JOY O., SHYAMALA M.B. (1986) Non spinning syndrome in silkworm, *Bombyx mori*. Sericologia, 26(4), 503-512.
- SHIMURA K. (1983) The physiology and biology of spinning in *Bombyx mori*. Experientia, 39, 441-550.
- SNODGRASS R.F. (1935) Principles of insect morphology. McGraw Hill, New York and London, pp. 667.
- TAZIMA Y. (1978) The silkworm : an important laboratory tool. Kodansha Ltd., Tokyo, pp. 307.

L'APPAREIL DE FILAGE DE LA LARVE DU VER A SOIE *BOMBYX MORI* L. : LA PRESSE

OMANA JOY*

Department of Sericulture, Bangalore University, Bangalore - 560 009, Inde.

Chez la larve de ver à soie, les canaux des deux glandes séricigènes fusionnent au niveau antérieur pour former un canal de glande séricigène commun qui s'ouvre vers l'extérieur par la filière. On observe une structure sclérifiée à l'intérieur du canal séricigène commun. En vue dorsal, cette structure sclérifiée, ou raphé, ressemble à une flèche et, en vue latérale à un lambda (λ). Sous un angle de 90°, elle a un aspect différent. Ces différences d'aspect ont été combinées et reproduites dans un schéma afin d'expliquer la structure de ce raphé sclérifié. Le raphé produit un effet mécanique permettant de transformer la soie aqueuse en fibre, servant ainsi de presse à soie.

INTRODUCTION

L'importance économique du ver à soie tient à sa capacité à produire de la soie dévidable. La glande séricigène et l'appareil de filage ont été fortement modifiés à cette fin. On a atteint ce perfectionnement fonctionnel par de nombreuses modifications morphologiques (Sondgrass, 1936 ; Tazima, 1978). La partie antérieure de la glande séricigène ainsi que la filière externe jouent un rôle primordial dans le processus de filage de la soie. La structure et la fonction du sécréteur, du réservoir et de la partie antérieure de la glande séricigène sont bien connues tandis que l'on dispose de peu de renseignements sur l'appareil de filage de la larve de ver à soie.

MATERIELS ET METHODES

Des vers à soie bivoltins (NB4D2) élevés en laboratoire ont été utilisés pour cette étude. Des larves au cinquième jour du cinquième âge ont été disséquées dans une solution de Ringer pour insectes et la partie antérieure de la glande séricigène et la filière ont été prélevées sous microscope stéréoscopique (Ephrussi et Beedle, 1936 ; Joy, 1986). La filière et la glande séricigène antérieure ont été montées sur une lame. Les détails morphologiques de la glande séricigène antérieure ont été observés au microscope binoculaire et les mesures recherchées ont été relevées à l'aide d'un micromètre.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les canaux des deux glandes séricigènes fusionnent pour former un canal séricigène commun qui débouche sur l'extérieur à travers la filière. Chez les larves de la fin du 5e âge, le canal commun a un diamètre de 280 μ m sur une longueur de 500 μ m, après quoi il passe à 500 μ m de large sur une longueur de 960 μ m, il se rétrécit ensuite jusqu'à mesurer 185 μ m de large avant de déboucher sur l'extérieur à travers la filière.

* Adresse actuelle : Department of Microbiology & Cell Biology, Indian Institute of Science, Bangalore - 560 012, Inde.

On distingue clairement une structure sclérifiée à l'intérieur de la partie dilatée du canal séricigène commun (Fig. 1 et 2) ; cette structure a déjà été décrite et dénommée "raphé" par Snodgrass (1935). La totalité de cette structure est située à l'intérieur du lobe du prémenton hypopharyngien de la capsule céphalique du ver à soie (Fig. 2).

Dorsalement, la structure du raphé ressemble à une flèche, la tête de la flèche étant dirigée vers l'intérieur. La tête de la flèche du raphé est située au point d'élargissement du canal séricigène commun (Fig. 1).

La longueur totale du raphé est de 150 μm et la partie en forme de flèche mesure 65 μm de long. La structure en forme de bâtonnet a une largeur de 25 μm .

Latéralement (à 45°), la structure sclérifiée ressemble à un lambda (λ), comme le montre la figure 3. La figure 4 présente la structure du raphé lorsqu'il est tourné à un angle de 90°.

Le schéma donné à la figure 5 peut être utilisé pour faire un modèle ressemblant au raphé. Pour cela, il faut découper sur une feuille un patron d'après les dimensions indiquées, plier le papier sur les lignes en pointillé et faire un trou circulaire d'après les dimensions données, insérer dans ce trou une tige pointue à une extrémité et d'environ 2 cm de diamètre. Observer la structure dorsalement puis la faire pivoter à 45° et à 90°. Ce modèle permet de mieux comprendre la structure du raphé sclérifié.

L'une des principales caractéristiques du filage de la soie est le mouvement spécifique de la tête de la larve. La tête est baissée jusqu'à ce qu'elle touche le prémenton puis relevée. Ce mouvement produit une force de succion à l'intérieur du canal séricigène qui permet à la soie de s'écouler.

La soie se présente sous forme aqueuse jusqu'à la partie antérieure de la glande séricigène (Shimura, 1983). La fibroïne liquide contient de nombreuses petites particules chez la glande séricigène mature. Ces petites particules fusionnent pour former la soie sous une forte pression mécanique (Iizuka, 1978) à l'intérieur du canal séricigène.

Lorsque la tête de la larve est baissée, l'extrémité de la flèche du raphé appuie sur le prémenton solide ; ce processus pourrait contribuer à créer une pression supplémentaire à l'intérieur du canal séricigène et à coaguler les molécules de fibroïne. Différents calculs théoriques sur le mécanisme d'écoulement des macromolécules suggèrent que le stress mécanique intervient dans l'allongissement des granules en chaînes moléculaires. Iizuka (1978) a observé que la transformation de la fibroïne de soie se produisait sous l'effet de cisaillements. On ne sait pas encore si la structure sclérifiée pivote sur elle-même au cours du processus de filage.

La formation de la fibre de soie à partir de la soie aqueuse suit les principes de physique générale du mécanisme d'écoulement et se situe au point le plus large du canal séricigène commun. La formation de la bave de soie est provoquée par le cisaillement créé par la presse et par le phénomène de succion produit par le mouvement spécifique exercé par la tête. Le bâtonnet sclérifié joue un rôle important dans la transformation de la soie aqueuse en fibre.

A RAPID TECHNIQUE FOR OBTAINING AIR-DRIED MITOTIC CHROMOSOMES FROM THE EGGS OF SILKWORMS

B. LAKSHMI KUMARI¹, JAYAPRAKASH^{2*} & S.R. ANANTHANARAYANA¹

1. Department of Studies in Sericulture, Bangalore University, Bangalore 560 009, India.

2. Centre for Applied Genetics, Department of Zoology, Bangalore University, Bangalore 560 056, India.

*The air-drying technique was standardised and used in the preparation of mitotic chromosome complements from freshly laid silkworm eggs and described for four races of *Bombyx mori* and one species of *Philosamia ricini*.*

Keywords : *Bombyx mori*, *Philosamia ricini*, silkworm eggs, air-dry technique, mitotic chromosomes.

INTRODUCTION

Significant advances have been made during recent years in the field of silkworm genetics and cytogenetics. Several cytological techniques are currently available for the preparation of chromosomes of silkworms using larval tissues as well as embryonic cells, at different stages of development (Tazima, 1938 ; Aruga, 1939, Tanaka, 1953 ; Deodikar *et al.*, 1962 ; Murakami and Imai, 1973 ; Perdrix-Gillot, 1974, 1978a, 1978b, 1979 ; Ito, 1977 ; Kata, 1977 ; Kawamura, 1978, 1981 ; Narang and Gupta, 1979, 1981 ; Li and Wu, 1983 ; Kawazoe, 1987 ; Premila Chanu *et al.*, 1988). An attempt to use freshly laid eggs of mosquitoes has yielded appreciable mitotic chromosome complements (Ramakrishna and Jayaprakash, 1990). This paper presents the air-drying technique of mitotic chromosomes from freshly laid eggs of *Philosamia ricini* (castor silkworm) and different races of *Bombyx mori* (mulberry silkworm), both silkworms belonging to the tropical region.

MATERIALS AND METHODS

The silkworms used included laboratory colonies of *Philosamia ricini* and different races of *Bombyx mori*. The different races of *Bombyx mori* were that of multivoltine (Pure Mysore and C-nichi) as well as bivoltine races (NB₄D₂ and NB₇).

The various steps followed in the preparation of chromosomes are described below :

a) Approximately 200-250 eggs from different races were collected 40 to 50 hrs after laying and maintained at room temperature of 25 ± 2 °C (bivoltine eggs were given acid treatment within 24 hrs after laying to prevent the eggs from entering diapause stage).

b) The eggs were homogenised in a 10 ml glass homogeniser tube containing 0.2 ml of colchicine dissolved in 0.1 % insect saline and vigorously triturated until a cloudy suspension was formed.

* To whom correspondence should be addressed

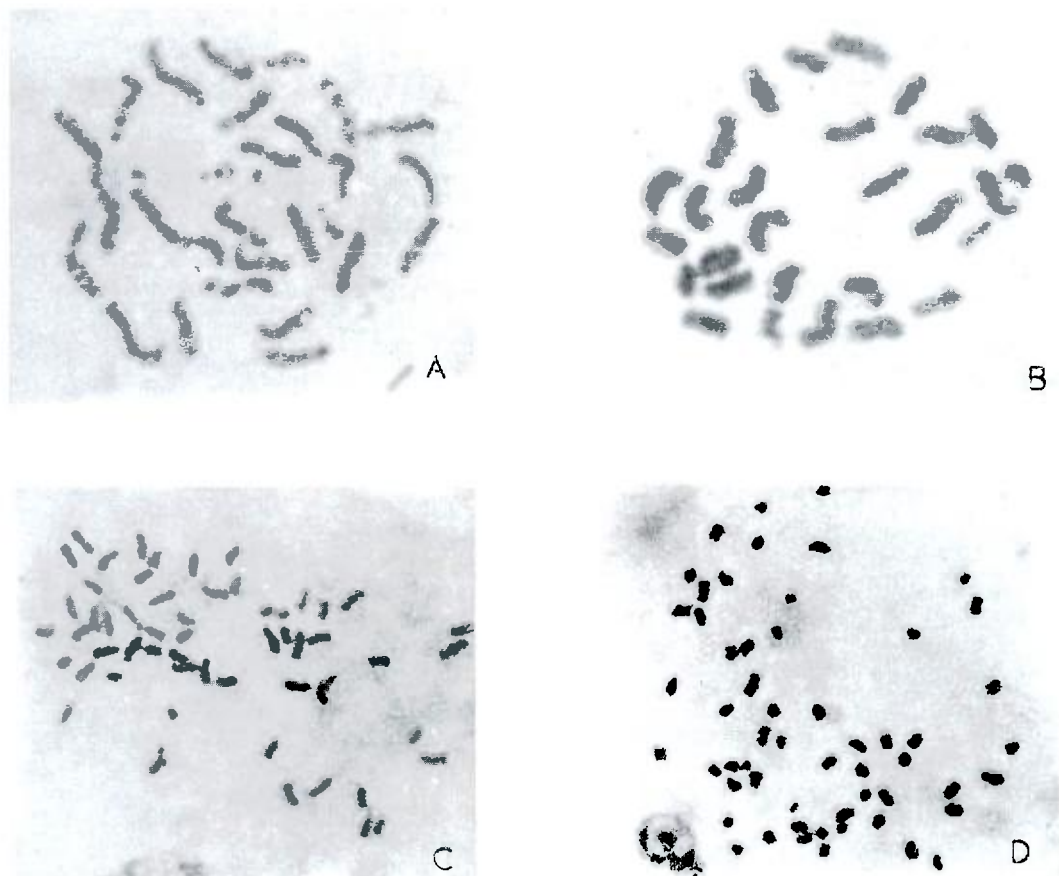


Fig. 1 : Mitotic chromosome complements prepared from silkworm eggs.

A, B : (*Philosamia ricini*) early metaphase and metaphase. C, D : (*Bombyx mori*, Pure Mysore race) early metaphase and metaphase. E : (*Bombyx mori*, C-nichi race) metaphase.

Fig. 1 : Chromosomes mitotiques préparés à partir d'oeufs de vers à soie.

A, B : (*Philosamia ricini*) métaphase précoce et métaphase. C, D : (*Bombyx mori*, race Pure Mysore) métaphase précoce et métaphase. E : (*Bombyx mori*, race C-nichi) métaphase.

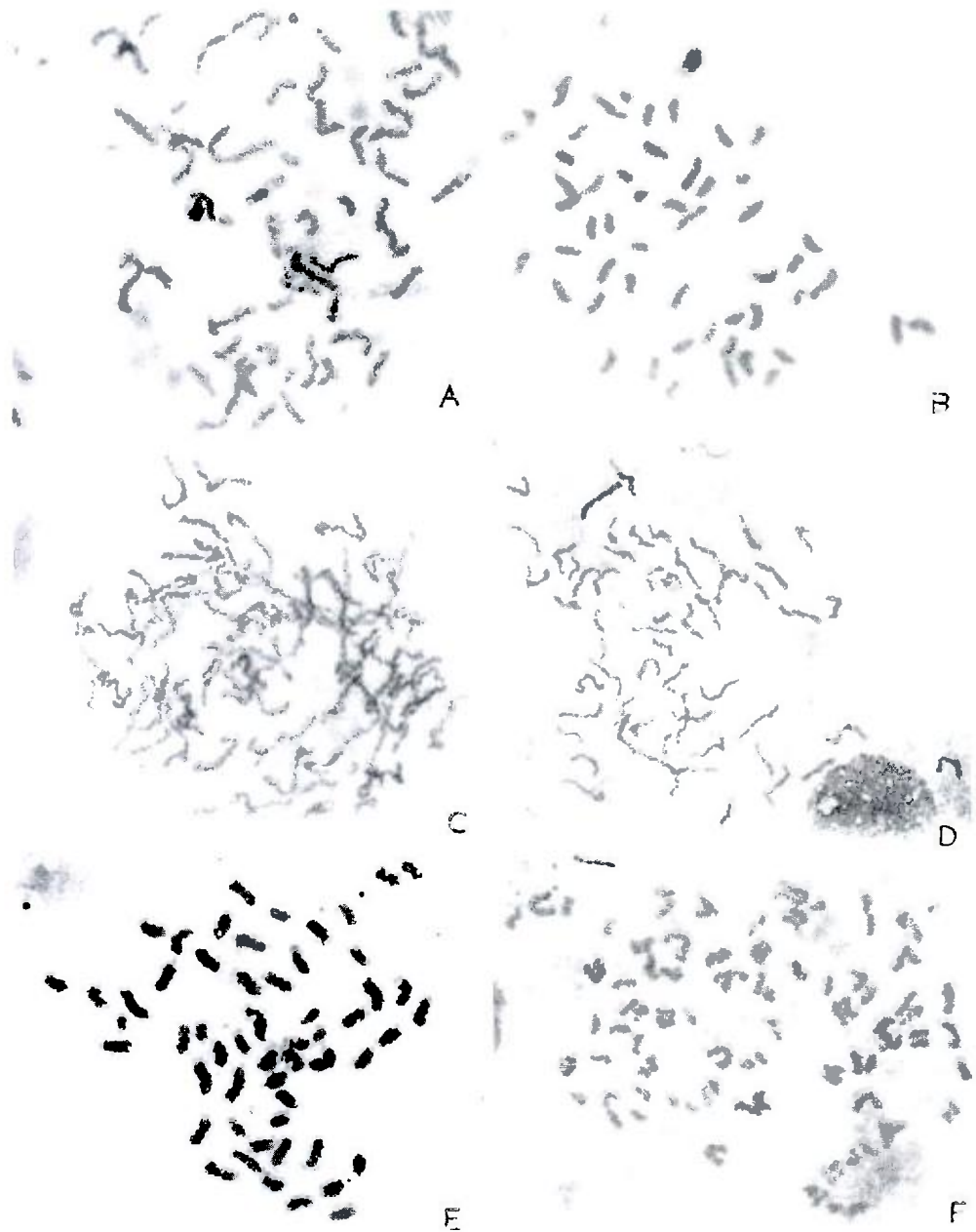


Fig. 2 : Mitotic chromosome complements prepared from silkworm eggs.

A, B : (*Bombyx mori*, NB₄D₂ race) early metaphase and metaphase. C-F : (*Bombyx mori*, NB₇ race) prometaphase, early metaphase, metaphase and anaphase.

Fig. 2 : Chromosomes mitotiques préparés à partir d'oeufs de vers à soie.

A, B : (*Bombyx mori*, race NB₄D₂) métaphase précoce et métaphase. C-F : (*Bombyx mori*, race NB₇) prométaphase, métaphase précoce, métaphase et anaphase.

c) A further 3 ml of colchicine solution was added and the suspension mixed by refluxing through a Pasteur pipette then left to stand for 2 hrs at room temperature before it was transferred to 10 ml centrifuge tube.

d) The embryo cells were expanded hypotonically by adding 3 ml of distilled water to the suspension and allowing it to stand for 30 to 45 minutes.

e) The suspension was centrifuged for 5 minutes at 1000 rpm.

f) The supernatant was discarded and the pellet of embryonic cells was fixed by the addition of 4 ml of freshly mixed methanol:acetic acid (4:1). The pellet of cells was resuspended in this fixative by rapid refluxing with a pipette.

g) The fixed suspension was left to stand in a refrigerator at 4 °C for 90 minutes and then centrifuged for 5 minutes at 1000 rpm.

h) The supernatant was discarded and replaced by 0.5-1.0 ml of fresh fixative.

i) The cells were resuspended in the fixative and 4 to 5 drops of the same were placed on a clean slide before drying.

j) The slide was stained in 10 % Giemsa solution in pH 7.0 phosphate buffer for 1 hour, rinsed in water and dried on a hot plate. The stained slide was then mounted with DPX under a clean coverslip.

RESULTS AND DISCUSSION

This technique has proved highly useful in the preparation of well-spread and well-stained silkworm mitotic chromosome complements (Fig. 1 and 2) which can also be conveniently used for the application of different banding techniques. The preparations, however, showed the chromosomal number in different races of *Bombyx mori* as $2n=56$ (Tazima, 1938 ; Tanaka, 1953) and $2n=28$ in *Philosamia ricini* (Narang and Gupta, 1981 ; Premila Chanu *et al.*, 1988). The possibility of applying this technique to embryonic tissues of tasar and muga silkworms will also be attempted.

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks are due to Prof. N.J. Shetty, Director, Centre for Applied Genetics, Department of Zoology, and Prof. D.G. Krishnappa, Chairman, Department of Studies in Sericulture of Bangalore University, Bangalore, for providing the laboratory facilities.

REFERENCES

- ARUGA H. (1939) On the duplication of chromosomes in *Bombyx mori*. Japan J. Genet., 15, 108.
 DEODIKAR G.B., CHOWDHURY S.N., BHUYAN B.N., KSHIRSAGAR K.K. (1962) Cytogenetic studies in Indian silkworms. Current Sci., 27, 457.
 ITO S. (1977) Cytogenetical studies on the chromosomes of silkgland cells of the silkworm with special reference to the structure and behaviour of the sex chromosomes. Japan J. Genet., 52(5), 327-340.
 KATA Y. (1977) Mitotic frequency in the epidermis during early larval life of *Bombyx mori*. Zool. Mag. Soc. Japan, 86(3), 250-253.
 KAWAMURA N. (1978) The early embryonic mitosis in normal and cooled eggs of the silkworm, *Bombyx mori*. J. Morph., 158, 57-71.
 KAWAMURA N. (1981) Induction of hexaploid and octaploid specimens in the silkworm (*Bombyx mori*) by exposing to low temperature. Proc. Japan Acad. Ser. B, 57(3), 77-82.
 KAWAZOE A. (1987) Comparative karyotype analysis of the silkworms, *Bombyx mori* Linnaeus and *B. mandarina* Moore (Lepidoptera : Bombycidae). Kromosomo, 11(46), 1521-1532.
 LI Z.G., WU Q.Y. (1983) An observation on chromosomes of *Bombyx mandarina*. Science of Sericulture (Canye Kexue), 9(1), 37-59.
 MURAKAMI A., IMAI H.T. (1973) Studies on chromosomes of the silkworm, *Bombyx mori*. Ann. Rept. Natl. Inst. Genet. (Japan), 23, 54-56.

- NARANG R.C., GUPTA M.L. (1979) Chromosomal studies in eri silkmoth, *Philosamia ricini* Hutt. (Lepidoptera, Saturniidae). Entomon., 4(3), 217-221.
- NARANG R.C., GUPTA M.L. (1981) Chromosome set of a wild silkmoth, *Philosamia cynthia canningii* Hutton (Lepidoptera, Saturniidae). Chromosome Information Service, 27, 7-8.
- PERDRIX-GILLOT S. (1974) Chromatin endoduplication in *Bombyx mori* silk gland : Nuclear structures in the embryonic silk gland. Annales d'Embryologie et de Morphogenèse, 7(4), 445-448.
- PERDRIX-GILLOT S. (1978a) Duration and succession of DNA synthesis cycle in the polyploid nuclei of silk gland of *Bombyx mori* during second and third larval instars. Biologie cellulaire, 32(2-3), 245-256.
- PERDRIX-GILLOT S. (1978b) Endomitoses succession in the silk gland during the larval development of *Bombyx mori*. Biologie cellulaire, 33(2), 103-116.
- PREMILA CHANU O., IBOTOMBI N., KUNDU S.C., BHAGIRATH TH. (1988) The course of meiosis in Indian female eri silkworm, *Philosamia ricini*. Sericologia, 28(1), 39-44.
- RAMAKRISHNA S., JAYAPRAKASH (1990) A rapid technique for the preparation of air-dried mitotic chromosomes from mosquito eggs. The Nucleus, 33(3), 138-140.
- TANAKA Y. (1953) Genetics of the silkworm, *Bombyx mori*. Adv. Genet., 5, 240-313.
- TAZIMA Y. (1938) Genetical and cytological proofs of attached chromosomes in *Bombyx mori*. Japan Genet., 14, 191-203.

TECHNIQUE RAPIDE POUR OBTENIR DES CHROMOSOMES MITOTIQUES PAR SECHAGE A L'AIR CHAUD A PARTIR D'OEUFS DE VERS A SOIE

B. LAKSHMI KUMARI¹, JAYAPRAKASH^{2*} & S.R. ANANTHANARAYANA¹

1. Department of Studies in Sericulture, Bangalore University, Bangalore 560 009, Inde.

2. Centre for Applied Genetics, Department of Zoology, Bangalore University, Bangalore 560 056, Inde.

*La technique du séchage à l'air chaud a été standardisée et utilisée dans la préparation de compléments de chromosomes mitotiques à partir d'oeufs de vers à soie fraîchement pondus et appliquée à quatre races de *Bombyx mori* et de *Philosamia ricini*.*

INTRODUCTION

Des progrès significatifs ont été faits ces dernières années dans le domaine de la génétique et de la cytogénétique du ver à soie. Plusieurs techniques cytologiques existent à l'heure actuelle pour la préparation de chromosomes de vers à soie utilisant les tissus larvaires ainsi que les cellules embryonnaires à différents stades du développement (Tazima, 1938 ; Aruga, 1939 ; Tanaka, 1953 ; Deodikar et coll., 1962 ; Murakami et Imai, 1973 ; Perdrix-Gillot, 1974, 1978a, 1978b, 1979 ; Ito, 1977 ; Kata, 1977 ; Kawamura, 1978, 1981 ; Narang et Gupta, 1979, 1981 ; Li et Wu, 1983 ; Kawazoe, 1987 ; Premila Chanu et coll., 1988). Une expérience utilisant des oeufs fraîchement pondus de moustiques a permis d'obtenir un nombre appréciable de compléments de chromosomes mitotiques (Ramakrishna et Jayaprakash, 1990). Cet article présente la méthode du séchage à l'air chaud qui a été standardisée et utilisée dans la préparation de chromosomes mitotiques à partir d'oeufs fraîchement pondus de *Philosamia ricini* (ver à soie du ricin) et de différentes races de *Bombyx mori* (ver à soie du mûrier), deux vers à soie des régions tropicales.

MATERIELS ET METHODES

Les vers à soie utilisés comprennent des lignées de *Philosamia ricini* élevées en laboratoire et différentes races de *Bombyx mori* comprenant deux polyvoltines (Pure Mysore et C-nichi) et deux bivoltines (NB4D2 et NB7).

Les différentes étapes suivies pour la préparation des chromosomes sont décrites ci-dessous :

a) Environ 200 à 250 oeufs des différentes races ont été prélevés 40 à 50 heures après la ponte et conservés à la température ambiante de 25 ± 2 °C. (Les oeufs bivoltins ont été soumis au traitement à l'acide dans les 24 heures après la ponte pour prévenir la diapause).

b) Les oeufs sont broyés dans un broyeur en verre de 10 ml contenant 0,2 ml de colchicine dissoute dans 0,1 % de solution saline d'insecte et homogénéisée vigoureusement jusqu'à formation d'une suspension blanchâtre.

* Auteur auquel doit être adressée la correspondance.

c) Trois ml de solution de colchicine sont ajoutés et la suspension est mélangée par aspiration-refoulement à la pipette Pasteur puis laissée reposer pendant 2 heures à température ambiante avant d'être transférée dans un tube à centrifuger de 10 ml.

d) Les cellules embryonnaires sont dilatées hypotoniquement en ajoutant 3 ml d'eau distillée dans la suspension et en la laissant reposer 30 à 45 minutes.

e) La suspension est centrifugée pendant 5 minutes à 1 000 tours/minute.

f) Le surnageant est éliminé et le culot de cellules embryonnaires est fixé par addition de 4 ml d'un mélange de méthanol:acide acétique (4:1). Le comprimé de cellules est resuspendu dans ce fixateur par aspiration-refoulement à la pipette.

g) La suspension fixée est stockée au réfrigérateur à 4 °C pendant 90 minutes puis centrifugée pendant 5 minutes à 1 000 tours/minute.

h) Le surnageant est éliminé et remplacé par 0,5 à 1,0 ml de fixateur frais.

i) Les cellules sont resuspendues dans le fixateur et 4 à 5 gouttes de cette préparation sont déposées sur une lame propre avant séchage.

j) La lame est colorée avec une solution Giemsa à 10 % dans un tampon phosphate de pH 7,0 pendant 1 heure, rincée dans l'eau et séchée sur une plaque chauffante. La lame colorée est ensuite montée avec du DPX sous une lamelle couvre-objet.

RESULTATS ET DISCUSSION

Cette technique s'est révélée très utile pour la préparation de compléments de chromosomes mitotiques bien répartis et bien colorés (Fig. 1 et 2) et peut également être utilisée pour l'application de différentes techniques de banding. Le nombre de chromosomes obtenu avec cette préparation est de $2n = 56$ chez les différentes races de vers à soie (Tazima, 1938 ; Tanaka, 1953) et de $2n = 28$ chez *Philosamia ricini* (Narang et Gupta, 1981 ; Premila Chanu et coll., 1988). La possibilité d'appliquer cette technique aux tissus embryonnaires des vers à soie tasar et muga est à l'étude.

ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF PATHOGENIC BACTERIAL SPECIES IN THE SILKWORM, *BOMBYX MORI* L.

T. ANITHA SIRONMANI, P. MEENA & R. VANITHA RANI

Department of Biotechnology, School of Biological Sciences, Madurai Kamaraj University,
Madurai 625 021, India.

*In view of the established fact that silkworm diseases also influence the quality and quantity of silk, we have isolated and characterised the bacterial pathogens of the silkworm, *Bombyx mori*, in Tamil Nadu. The bacterial pathogens were identified as *Bacillus*, *Staphylococcus* and *Serratia*. The pathogenicity of these bacteria are discussed. The LD₅₀ value was found to be the same (5.9×10^7) for *Bacillus* sp., and *Staphylococcus* sp., and 2.4×10^7 for *Serratia* sp. Among the infected worms collected from different places 34 % showed *Serratia* infection, 38 % cases showed *Staphylococcus* infection and 28 % cases showed *Bacillus* infection.*

Keywords : Silkworm, *Bombyx mori*, bacterial pathogens.

INTRODUCTION

Sericultural research is mainly focused on the qualitative and quantitative improvements in silk yield. Since the mulberry silkworm is a domesticated variety, it is more susceptible to diseases. Resistance to disease is only comparative and there is no silkworm race that is totally resistant to diseases (Krishnaswami *et al.*, 1973). The loss in silk production due to silkworm diseases is on an average 50 % in a year. This kind of diseases also affects the quality of silk production.

Silkworm diseases are mainly caused by protozoa, fungi, bacteria and viruses. Among the various diseases, the bacterial diseases are considered to be very important. These diseases are caused by various bacteria like *Bacillus bombycis*, *Streptococcus bombycis*, *S. pastorianus*, *Serratia marcescens*, *Staphylococcus* and *Proteus* species (Krishnaswami *et al.*, 1973).

Various groups (Matsumoto *et al.*, 1985 ; Iizuka and Goto, 1987 ; Mummigatti and Ragunathan, 1988 ; Govindan *et al.*, 1990) have studied the effect of these pathogens on the silkworm, *Bombyx mori*. Recently, Samson *et al.* (1990) have made a survey of the relative incidence of silkworm diseases in Karnataka. In Tamil Nadu, the rearing conditions are different as it is hotter than Karnataka. Moreover, there is areawise variation in the distribution of microorganisms.

So far, there has been no report on the identification and characterization of bacterial pathogens prevailing in Tamil Nadu. In the present paper we report the occurrence of the bacterial pathogens causing diseases in silkworms in certain districts of Tamil Nadu.

MATERIALS AND METHODS

Infected silkworms at various stages of larval development were collected from Madurai, Periyakulam, Anna and Kamarajar districts of Tamil Nadu. The infected silkworms were surface-sterilized with 70 % alcohol and then homogenized aseptically. An aliquot of the homogenate was streaked on NB plates (beef extract 0.5 %, peptone 0.3 %, NaCl 0.2 % and agar 2 %, pH 7) incubated overnight at 37 °C. Colonies were purified, slants were prepared and stored. By using a subculture only once and conducting all the tests with materials only three times removed from the

original culture, the risk of cross-contamination was lessened. As a control, normal healthy silkworms were fed with *E. coli* and processed simultaneously.

Biochemical tests were conducted to identify the different bacterial colonies following the method of Collins *et al.* (1989) and Bergey's manual (1986). Uniform colonies having similar morphological and biochemical characteristics were grouped together and the pathogenicity of each group was tested.

The test organism was grown in NB, harvested and resuspended in 0.85 % saline. The number of cells in the suspension was determined by plate counting. Fourth instar silkworm larvae of local race all reared from the same egg mass and of the same size were divided into three groups for one culture (15 numbers each). Silkworms were fed with mulberry leaves upon which culture was applied on their surface. The concentrated culture filtrate was also used to check the extracellular toxicity. The LD₅₀ value was determined (Reed and Muech, 1938) for each group.

RESULTS AND DISCUSSION

A large number of bacteria including *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Bacillus* species, *Proteus*, *Serratia*, etc. infect the mulberry silkworm and cause a great loss to the sericulture industry. Hence, an attempt was made to isolate and characterize the bacterial pathogens that infect the silkworm, *Bombyx mori*, especially in Tamil Nadu.

For identification of the bacterial pathogens, each batch of infected larvae collected from different places was screened separately. Detailed morphological and biochemical characteristics of the isolated bacteria were studied.

Among the 32 cases studied, 28 % showed a similar morphology big Gram-positive rods with endospores, 28 % showed a Gram-positive cocci morphology and were seen in clusters while about 34 % of cases showed Gram-negative tiny rods. A few cases of mixed infection were also observed. Colonies showing similar morphological and biochemical characteristics were grouped together. Fig. 1 shows the morphology of the three groups identified. The representative morphological and biochemical characteristics of each group of colonies are shown in Table I. From the characteristic morphology and biochemical activities the bacteria of groups I, II and III were identified as *Bacillus* sp., *Staphylococcus* sp. and *Serratia* sp., respectively.

To find out whether the isolated and identified bacteria were the actual pathogens of silkworms, fourth instar silkworm larvae were fed with a high concentration (10^7 cells) of live bacteria by the force-feeding method and the bacteria were ingested fully. After 10 to 12 hours of feeding of bacteria the larvae showed sluggishness, cessation of feeding and, after 24 hours, a slight distension of the body, loss of clasping power of the prolegs followed by a flaccid condition and death. These symptoms were similar to those exhibited by infected silkworms under field conditions. The control silkworms fed with *E. coli* showed no mortality and were as healthy as normal silkworms.

Fig. 2 indicates the effect of feeding different concentrations of *Bacillus*, *Staphylococcus* and *Serratia* on the survival of silkworm larvae. When the larvae were fed with 10^6 cells of different bacteria, no mortality was observed till 48 hours. When 10^7 and 10^8 cells of bacteria were fed mortality was observed in 48 hours. When comparing the pathogenicity of the three bacteria, 100 % mortality was observed with reference to *Bacillus* and *Staphylococcus*. But only 80 % mortality was observed in the case of larvae fed with *Serratia*. The LD₅₀ value was found to be 5.9×10^7 for *Bacillus* and *Staphylococcus* and 2.49×10^7 for *Serratia*.

In all the feeding experiments, *Serratia* showed a lesser toxic effect than *Bacillus* and *Staphylococcus*. The incidence of *Staphylococcus* infection was found to be higher than the other two cases. When the larvae were fed with the concentrated culture filtrate no mortality was observed. This is the first report of identification of bacterial pathogens of silkworms in Tamil Nadu. Further work on the disease spread in different seasons of the year is in progress.

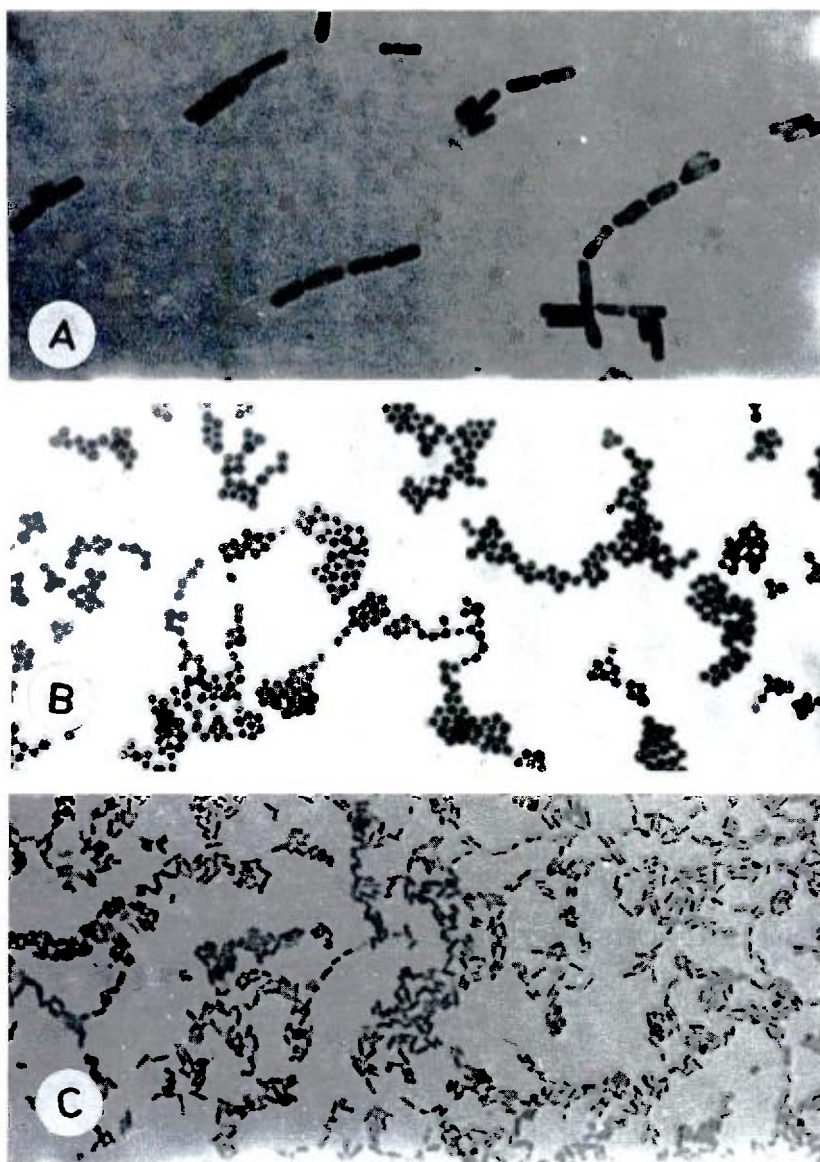


Fig. 1 : Morphology of group I (A), group II (B), group III (C) isolates under phase contrast microscope.

Fig. 1 : Morphologie des isolats du groupe I (A), du groupe II (B) et du groupe III (C) au microscope à contraste de phase.

Table I. Morphological and biochemical characteristics of the isolated groups.

Tableau I. Caractéristiques morphologiques et biochimiques des groupes isolés.

Criteria Critères	Group I Groupe I	Group II Groupe II	Group III Groupe III			
1. Morphology of the colony <i>1. Morphologie des colonies</i>	Creamy, rizhoidal, clumping, flat, opaque colonies <i>Colonies crème rhizoïdes, compactes, plates, opaques</i>	Creamy, opaque, irregular colonies <i>Colonies crème opaques, irrégulières</i>	Tiny, transparent, circular colonies <i>Colonies petites et transparentes circulaires</i>			
2. Shape of the cells (microscopic view) <i>2. Forme des cellules (au microscope)</i>	Big, spore-forming rods <i>Grands bâtonnets sporogènes</i>	Spherical, occurs in clusters <i>Sphérique apparaît en grappes</i>	Tiny rods <i>Petits bâtonnets</i>			
3. Motility <i>3. Mobilité</i>	Motile <i>Mobile</i>	Motile <i>Mobile</i>	Motile <i>Mobile</i>			
4. Gram stain / <i>Coloration de Gram</i>	+	+	-			
5. Indole / <i>Indol</i>	-	-	-			
6. Methyl red / <i>Rouge méthylique</i>	-	+	+/-			
7. Voges Proskauer	-	-	+/-			
8. Citrate / <i>Citrate</i>	-	-	+			
9. Haemolytic / <i>Hémolytique</i>	+	-	-			
10. MacConkey	-	-	+			
11. Casein / <i>Caséine</i>	-	-	-			
12. Starch / <i>Amidon</i>	+	-	-			
13. Gelatin / <i>Gélatine</i>	-	-	-			
14. Catalase / <i>Catalase</i>	+	+	+			
15. Hydrogen sulphide production <i>15. Production d'hydrogène sulfuré</i>	-	-	+/-			
Carbohydrate utilization / <i>Utilisation des hydrates de carbone :</i>						
	A	G	A	G	A	G
16. Glucose	-	-	-	-	+	+
17. Lactose	-	-	-	-	+	+
18. Fructose	-	-	+/-	+/-	+	+
19. Sucrose	+/-	+/-	+	+	+	+
20. Xylose	+/-	+/-	+/-	+/-	+	+
21. Arabinose	+	+	-	-	+/-	+/-

+/- : Different reactions given by different isolates of species / *Différentes réactions suivant les isolats d'une espèce.*

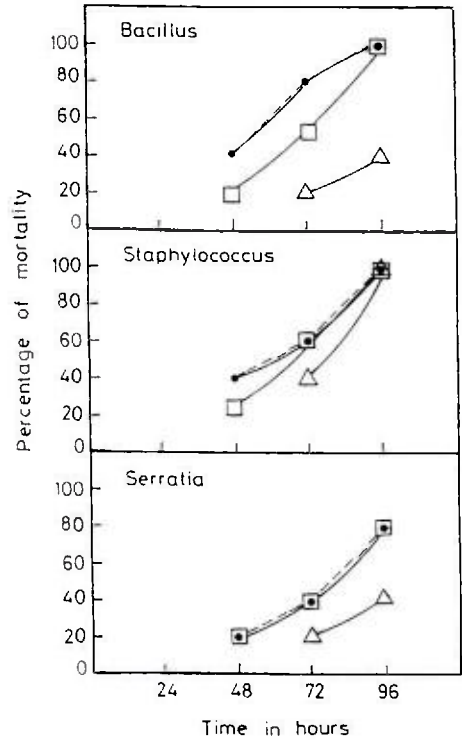
A : Acid production / *Production d'acides.*

G : Gas production / *Production de gaz.*

Fig. 2 : Effect of various concentrations of *Bacillus*, *Staphylococcus* and *Serratia* on the survival of the silkworm, *Bombyx mori*.

Fig. 2 : Effet de différentes concentrations de *Bacillus*, de *Staphylococcus* et de *Serratia* sur la survie du ver à soie *Bombyx mori*.

△-----△ 10^6 cells / cellules.
 □-----□ 10^7 cells / cellules.
 ●-----● 10^8 cells / cellules.



ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Dr K. Dharmalingam and Dr K. Veluthambi, Department of Biotechnology, for providing the facilities. We thank Dr P. Gunasekaran, Dept. of Microbiology, School of Biological Sciences, Madurai Kamaraj University, for the critical review of the manuscript. We thank Mr Danabalan, Assistant Director of Tamil Nadu State Sericulture Department, Madurai, for providing infected silkworms and Mr K. Sundar of Dept. of Microbiology for his help throughout this study.

REFERENCES

- KRISHNASWAMI S., NARASIMHANNA M.N., SURYANARAYAN S.K., KUMARARAJ S. (1973) Sericulture manual : Silkworm rearing. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.
- MATSUMOTO T., ZHU Y.F., KURISU K. (1985) Mixed infection with infectious flacherie virus and bacteria in *Bombyx mori*. J. Sericult. Sci. Japan, 54, 453-458.
- IIZUKA T., GOTO C. (1987) Toxic effect of crystal protein from *Bacillus thuringiensis* on *Bombyx mori* and *Mamestra brassicae*. J. Sericult. Sci. Japan, 56(5), 379-384.
- MUMMIGATTI S.G., RAGUNATAHAN A.N. (1988) Production of *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki by three different methods and its relative toxicity to *Bombyx mori*. J. Invert. Pathol., 51, 115-118.
- GOVINDAN R., VEERESH G.K., SHYMALA M.B., DEVAIAH M.C., NARAYANASWAMY T.K., LAKSHMIKANTHA SASTHRY M.N. (1990) Effect of simultaneous

infection of silkworm, *Bombyx mori* L., with kenchu virus and *Staphylococcus aureus* Rosenbach. Indian J. Seric., 29(2), 273-278.

SAMSON M.V., SHARMA S.D., BALAVENKATASUBBIAH M., SASIDHARAN T.O., JOLLY M.S. (1990) Survey on the incidence of silkworm diseases in Karnataka. Indian J. Seric., 29(2), 248-254.

COLLINS C.H., LYNE P.M., GRANGE J.M. (1989) Microbiological methods. Butterworths, London, pp. 409.

HARDIE J.M. (1986) Bergey's manual of systematic bacteriology. Vol. 2, Holt J.G. (Ed.), Williams and Wilkins, Baltimore, pp. 1043.

REED L.J., MUENCH H. (1938) A simple method of estimating fifty per cent end points. Am. J. Hyg., 27, 493-497.

ISOLEMENT ET CARACTERISATION D'ESPECES BACTERIENNES PATHOGENES CHEZ LE VER A SOIE *BOMBYX MORI* L.

T. ANITHA SIRONMANI, P. MEENA & R. VANITHA RANI

Department of Biotechnology, School of Biological Sciences, Madurai Kamaraj University, Madurai 625 021, Inde.

*Etant donné que les maladies du ver à soie influencent la qualité et la quantité de la soie produite, nous avons isolé et caractérisé les bactéries pathogènes du ver à soie *Bombyx mori* dans l'Etat du Tamil Nadu. Les bactéries pathogènes identifiées sont *Bacillus*, *Staphylococcus* et *Serratia*. La pathogénicité de ces bactéries est discutée. Les valeurs de la DL_{50} sont identiques ($5,9 \times 10^7$) pour *Bacillus* sp. et *Staphylococcus* sp. et de $2,4 \times 10^7$ pour *Serratia* sp. Parmi les larves infestées prélevées dans différents sites, on a observé 34 % de cas d'infestation par *Serratia*, 38 % de cas d'infestation par *Staphylococcus* et 28 % de cas d'infestation par *Bacillus*.*

INTRODUCTION

La recherche séricicole est axée principalement sur l'amélioration qualitative et quantitative du rendement en soie. Le ver à soie du mûrier étant une espèce domestiquée, il est plus sensible aux maladies. La résistance aux maladies est relative et il n'existe aucune race de ver à soie qui soit totalement résistante (Krishnaswami et coll., 1973). Les pertes de production de soie occasionnées par les maladies du ver à soie sont en moyenne de 50 % par an (Jolly, 1986). Ces maladies affectent également la qualité de la soie produite.

Les maladies du ver à soie sont provoquées principalement par des protozoaires, des champignons, des bactéries et des virus. Parmi les diverses maladies existantes, les maladies bactériennes sont considérées comme très graves. Ces maladies sont causées par diverses bactéries comme *Bacillus bombycis*, *Streptococcus bombycis*, *S. pastorianus*, *Serratia marcescens*, *Staphylococcus* et *Proteus* (Krishnaswami et coll., 1973).

Plusieurs équipes de chercheurs (Matsumoto et coll., 1985 ; Iizuka et Goto, 1987 ; Muminigatti et Ragunathan, 1988 ; Govindan et coll., 1990) ont étudié l'effet de ces agents pathogènes sur le ver à soie *Bombyx mori*. Récemment, Samson et coll. (1990) ont réalisé une étude sur l'incidence relative des maladies du ver à soie dans le Karnataka. Dans le Tamil Nadu, les conditions d'élevage sont différentes car le climat y est plus chaud que dans le Karnataka. De plus, la répartition du microorganisme varie en fonction des sites.

Il n'existe encore aucune étude sur l'identification et la caractérisation des bactéries pathogènes du Tamil Nadu. Dans cet article, nous présentons les bactéries pathogènes responsables des maladies du ver à soie dans certains districts du Tamil Nadu.

MATERIELS ET METHODES

Des vers à soie infestés à différents stades de leur développement larvaire ont été prélevés dans les districts de Madurai, de Periyakulam, d'Anna et de Kamarajar. Les vers à soie infestés ont été stérilisés en surface avec de l'alcool à 70 % et broyés en milieu aseptique. Une aliquote du broyat a été répandue en stries sur des boîtes NB (extrait de boeuf : 0,5 %, peptone : 0,3 %, NaCl : 0,2 % et agar : 2 %, pH 7) et incubée pendant une nuit à 37 °C. Les colonies ont été purifiées et des boîtes ont été préparées et stockées. A l'aide d'une sous-culture réalisée une seule fois et en répétant seulement

trois fois tous les tests sur les matériels séparés de la culture initiale, le risque de contamination croisée a été atténué. Des larves saines nourries avec *E. coli* et traitées en même temps ont servi de témoin.

Des tests biochimiques ont été effectués afin d'identifier les différentes colonies bactériennes d'après la méthode de Collins et coll. (1989) et le manuel de Bergey (1986). Les colonies uniformes présentant des caractéristiques morphologiques et biochimiques similaires ont été regroupées et la pathogénicité de chacun des groupes a été testée.

L'organisme expérimental a été cultivé dans du NB, récolté et resuspendu dans une solution saline à 0,85 %. Le nombre de cellules contenues dans la suspension a été déterminé par numération des plaques. Des larves de vers à soie au 4^e âge d'une race locale toutes issues d'une même masse d'œufs et de la même taille ont été réparties en trois groupes (15 par groupe). Après nourrissage avec des feuilles de mûrier, la culture a été appliquée sur la surface des larves. Le filtrat de culture concentrée a également été utilisé afin de vérifier la toxicité extracellulaire. Les valeurs de la DL₅₀ ont été déterminées (Reed et Muech, 1938) pour chaque groupe.

RESULTATS ET DISCUSSION

Un grand nombre de bactéries, dont les genres *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Proteus*, *Serratia*, etc., infestent le ver à soie du mûrier et occasionnent des pertes importantes pour l'industrie séricicole. Nous avons donc tenté d'isoler et de caractériser les bactéries pathogènes qui infestent le ver à soie *Bombyx mori* particulièrement dans l'Etat du Tamil Nadu.

Pour l'identification des bactéries pathogènes, chaque lot de larves infestées prélevé sur différents sites a été testé séparément. Les caractéristiques morphologiques et biochimiques détaillées des bactéries isolées ont été étudiées.

Sur les 32 cas étudiés, 28 % sont similaires morphologiquement aux endospores avec de grands bâtonnets Gram-positifs, 38 % présentent une morphologie de cocci Gram-positifs et sont observés en groupe tandis qu'environ 34 % des cas présentent des bâtonnets de petite taille Gram-négatifs. On a également observé quelques cas d'infestation mélangée. Les colonies présentant des caractéristiques morphologiques et biochimiques similaires ont été regroupées. La figure 1 présente la morphologie des trois groupes identifiés. Les caractéristiques morphologiques et biochimiques représentatives de chacun des groupes sont données dans le tableau I. Sur la base des caractéristiques morphologiques et des activités biochimiques, les bactéries des groupes I, II et III ont été identifiées comme étant respectivement *Bacillus* sp., *Staphylococcus* sp. et *Serratia* sp.

Afin de déterminer si les bactéries isolées et identifiées sont bien des agents pathogènes du ver à soie, des larves du 4^e âge ont été nourries avec une concentration élevée (10^6) de bactéries vivantes suivant la méthode du gavage et les bactéries ont été totalement ingérées. Après 10 à 12 heures de nourrissage sur les bactéries, les larves deviennent molles, cessent de s'alimenter et, après 24 heures, leur corps se dilate, les fausses pattes perdent leur pouvoir de prise, les larves deviennent flasques et meurent. Ces symptômes sont similaires à ceux observés chez les vers à soie infestés dans des conditions naturelles. Les vers à soie témoins nourris avec *E. coli* ne présentent aucune mortalité et sont aussi sains que des vers à soie normaux.

La figure 2 décrit l'effet du nourrissage de différentes concentrations de *Bacillus*, *Staphylococcus* et de *Serratia* sur la survie des larves de vers à soie. Lorsque les larves sont nourries avec 10^6 cellules des différentes bactéries, on n'observe aucune mortalité pendant 48 heures. Lorsqu'elles sont nourries avec 10^7 et 10^8 cellules de bactéries, la mortalité apparaît dans les 48 heures. La comparaison de la pathogénicité des trois bactéries montre une mortalité de 100 % avec *Bacillus* et *Staphylococcus* contre 80 % seulement avec *Serratia*. Les valeurs de la DL₅₀ sont de $5,9 \times 10^7$ pour *Bacillus* et *Staphylococcus* et de $2,49 \times 10^7$ pour *Serratia*.

Dans tous les tests de nourrissage, *Serratia* se révèle avoir un effet moins toxique que *Bacillus* et *Staphylococcus*. L'incidence de *Staphylococcus* est plus forte que celle des deux autres bactéries. Aucune mortalité n'est observée lorsque les larves sont nourries avec le filtrat de culture concentré. Cette étude est la première sur l'identification des bactéries pathogènes du ver à soie dans le Tamil Nadu. Des travaux complémentaires sur la propagation des maladies en fonction des différentes saisons de l'année sont en cours.

INDUCED POLYPLOIDY IN MULBERRY (*MORUS* SPP.) : INDUCTION OF TETRAPLOIDS*

A.K. SIKDAR¹ & M.S. JOLLY²

1. Regional Sericultural Research Station, Central Silk Board, Salem - 636 003, Tamilnadu, India.
2. Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura, Mysore - 570 008, India.

The present investigation deals with the induction of tetraploidy in three mulberry varieties. Three concentrations of colchicine were used to treat both apical and axillary buds for 2 durations and for 3 consecutive days. Tetraploids were screened by observing morphological changes of colchicine treated buds, counting chloroplasts of leaves and finally by chromosome count. Epidermal tetraploids (mixoploids) were recovered from 0.2 % and 0.4 % colchicine treated buds and a few tetraploids were recovered from 0.6 % colchicine treated buds in all the three varieties.

Keywords : Colchicine, stomatal chloroplast, mixoploid, tetraploid.

INTRODUCTION

Mulberry (*Morus* sp.) of the family Moraceae is an economic fodder plant and its leaves are the sole food of the larvae of the serigenous insect, the silkworm (*Bombyx mori* L.) of the family Bombycidae (Lepidoptera). The cocoon produced by the silkworm constitutes the raw material for the production of silk of commerce.

For the rearing of the silkworm (*Bombyx mori* L.) the cultivation is the first prerequisite. Most of the cultivated varieties of mulberry are diploids with $2X = 28$ chromosomes. Review of the literature on mulberry improvement reveals that natural polyploids exist in the genus *Morus* and even 22- ploid is also reported (Osawa, 1916, 1920 ; Janaki Ammal, 1948 ; Seki, 1951 ; Datta, 1954). Barring a few triploids, all these natural polyploids are not used for cultivation due to their slow growth and the coarse nature of the leaves (Hamada, 1961).

Tetraploids were induced in mulberry by the treatment of colchicine by several workers (Seki and Oshikane, 1953, 1957 ; Tojyo, 1954, 1963, 1966 ; Abduallev, 1962 ; Das and Krishnaswami, 1964 ; Kedarnath and Lakshmikanthan, 1965 ; Dzhfarov, 1967 ; Sastry *et al.*, 1968 ; Das *et al.*, 1970 ; Alekperova, 1979 ; Dwidevi *et al.*, 1986).

But although these induced tetraploids exhibited gigas characters of leaves, they are not used for commercial cultivation due to their slow growth. Triploids produced from induced tetraploids on the other hand are fast in growth and feeding value hence a few triploids have been released for commercial cultivation in Japan, the USSR and India.

Keeping this in view an elaborate project was initiated at Mulberry Breeding and Genetics Laboratory of Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, for the improvement of mulberry (*Morus* sp.) through induction of tetraploids and the production of triploids by hybridising tetraploids with diploids. The present paper deals with induction of tetraploids in mulberry by colchicine treatment.

* Part of thesis submitted by the first author for the Ph.D. Degree to Mysore University, India.

MATERIALS AND METHODS

The taxon used in the present investigation belongs to the family Moraceae. The details of the species and varieties used are presented in table A.

Table A.

Sl no.	Species	Varieties	Ploidy level	Sex
1	<i>Morus alba</i> L.	S-30	2X	Female
2	<i>Morus alba</i> L.	S-36	2X	Female
3	<i>Morus alba</i> L.	S-41	2X	Male

Six-month-old saplings of the above-mentioned varieties grown in earthen pots were used in the investigation. Colchicine, $C_{22}H_{20}O_4N$, obtained from M/s. LOBA (India) was used in the present study. Three concentrations of colchicine, viz. 0.2 %, 0.4 % and 0.6 %, were used. The treatment durations were 6 h and 9 h daily for 3 consecutive days. Two types of buds of the saplings, i.e. apical buds and axillary buds, were used for colchicine treatment. Each treatment was replicated three times and consisted of five buds of each type for each concentration and duration. Similarly, two sets of 3 replications were also run in each set as control (distilled water treatment) and absolute control (no treatment). These treatments were done as per the method of Das *et al.* (1970) (Fig. 1a and 1b). The survival of the treated buds, their growth, shape, size and colour of the developed leaves were also observed for the preliminary screening of the probable tetraploids. Further screening of the treated shoots was done by stomatal chloroplast counting technique (Sikdar *et al.*, 1986) to determine their ploidy level. Finally, ploidy was confirmed by chromosome counts from shoot/root tips following the standard aceto-orcein method.

RESULTS

The results of the colchicine treatments to the apical and axillary buds are presented in Fig. 2 and 3, respectively.

Apical bud treatment :

Survival of apical buds after 0.2 %, 0.4 % and 0.6 % colchicine treatment (6 h and 9 h durations) ranged between 33.33 % and 100.00 %. Variety-wise, the range of survival varied from 46.67 % to 100.00 % in S-30, 33.33 % to 93.33 % in S-36 and 33.33 % to 100.00 % in S-41. The maximum mortality was observed when apical buds were treated with 0.6 % colchicine for 9 h. Survival of the colchicine treated buds was found to be inversely proportional to the concentration of colchicine and duration of treatments. Mortality of the buds was not recorded in either the control or the absolute control in any of the three varieties used.

Among the three varieties used, mortality of the apical buds due to colchicine treatment was more in varieties S-30 and S-36 (Fig. 2).

Axillary bud treatment :

When axillary buds were treated with 0.2 %, 0.4 % and 0.6 % colchicine for 6 h and 9 h durations, the survival ranged between 20.00 % and 100.00 %. Survival of colchicine treated buds ranged between 20.00 % and 100.00 % in all the three varieties. Like apical bud treatment the survival of the treated buds after colchicine treatment was also inversely proportional to the concentration of colchicine and time duration of treatment. The mortality of the buds was not observed in either the control or the absolute control in any of the three varieties.



Fig. 1a : Colchicine treatment of apical bud of *Morus alba* L.

Fig. 1a : *Traitement à la colchicine d'un bourgeon apical de Morus alba L.*

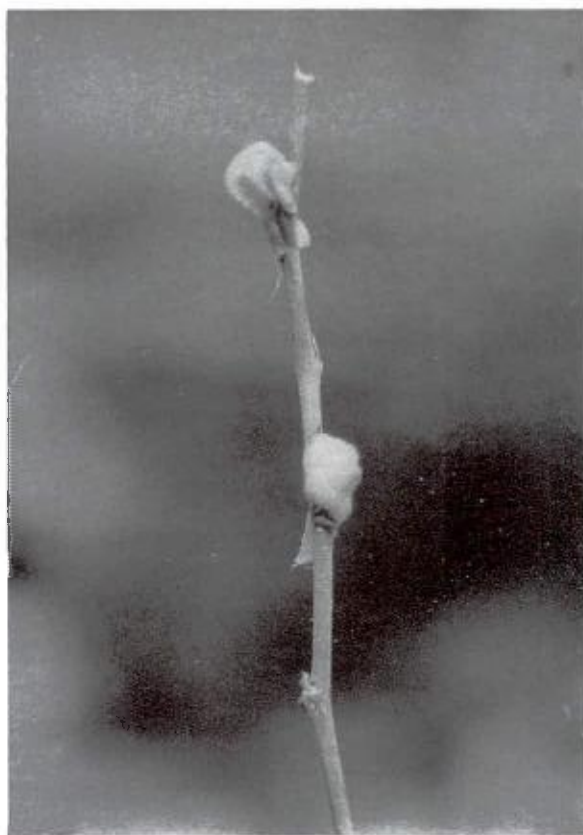


Fig. 1b : Colchicine treatment of axillary bud of *Morus alba* L.

Fig. 1b : *Traitement à la colchicine d'un bourgeon axillaire de Morus alba L.*

INDUCTION OF TETRAPLOIDS IN MULBERRY

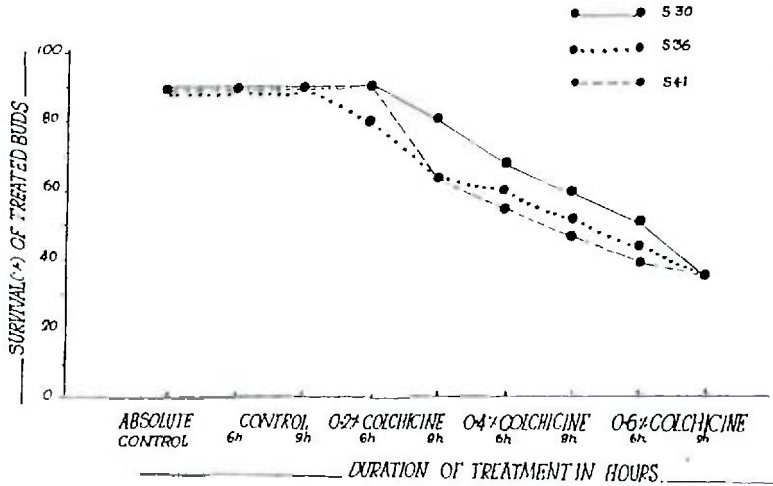


Fig. 2 : Effects of colchicine on the survival (%) of apical buds of different varieties of *Morus alba* L.

Fig. 2 : Effets de la colchicine sur la survie (%) des bourgeons apicaux de différentes variétés de *Morus alba* L.

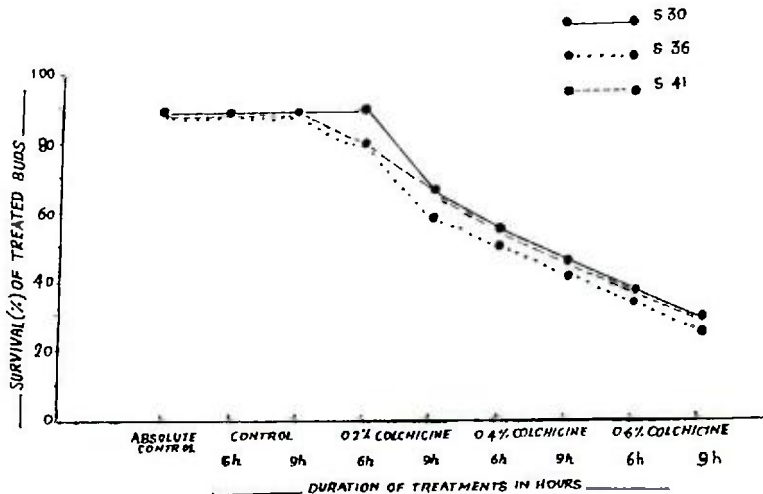


Fig. 3 : Effects of colchicine on the survival (%) of axillary buds of different varieties of *Morus alba* L.

Fig. 3 : Effets de la colchicine sur la survie (%) des bourgeons axillaires de différentes variétés de *Morus alba* L.

Among the two types of bud treatments, the casualty was more in axillary buds, particularly when treated with a higher concentration of colchicine for a longer duration. Amongst the three cultivars used, the apical buds of S-41 was comparatively more susceptible to colchicine than those of S-36 and S-30 and the axillary buds of S-36 were comparatively more susceptible to colchicine than those of S-30 and S-41.

Morphological observations :

The morphological changes observed in the colchicine treated buds and also in the untreated buds during their growth are presented below :

1. Bud emergence and shoot growth :

The first visible effect of colchicine treatment was delay in sprouting and growth of the treated buds. As the concentration and duration of treatment was increased, the bud took correspondingly a longer time to sprout and resume growth. In the control and absolute control, the emergence of buds was completed in 3-4 days and showed normal growth, whereas in colchicine treated buds the emergence was continued up to 3 weeks depending upon the duration and the concentration of colchicine treatment. The growth of the colchicine treated buds was slower than that of the control and absolute control and this was particularly notable in the 6 h and 9 h durations of 0.6 % colchicine treatment in both apical and axillary buds and in all the three varieties used in this study.

2. Leaf characteristics :

The basal leaves of the shoot developed from colchicine treated buds revealed distortions and a mosaic pattern with dark green and light green patches. Besides the mosaic effects, sectorial chimera leaves were recognised by the contrast in colour. Leaves had a thick texture, strong venation and somehow a greater leaf area.

The identification of such growth forms ultimately helped in recovering tetraploids. Other useful criteria were the increase in serration of margin in thick and dark green leaves of suspected polyploid, short and thick petioles and larger length and breadth index (Fig. 4).

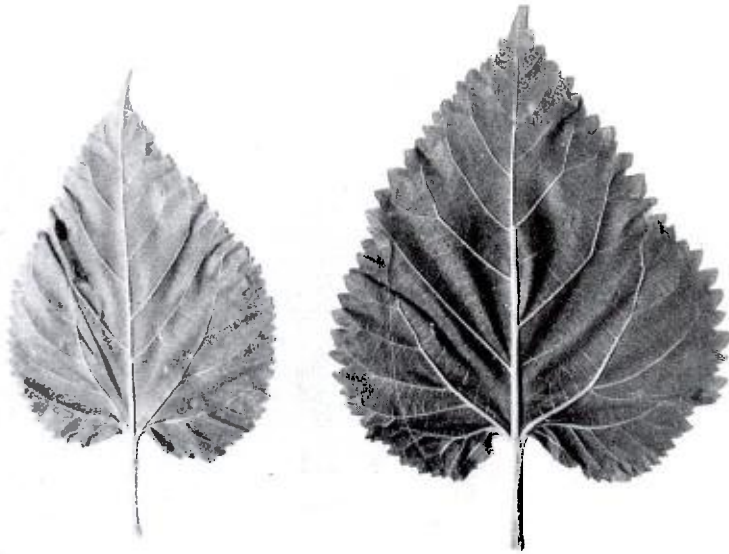


Fig. 4 : Leaves of diploid (2x) and tetraploid (4x) of *Morus alba* L.

Fig. 4 : Feuilles de diploïde (2x) et de tétraploïde (4x) de *Morus alba* L.

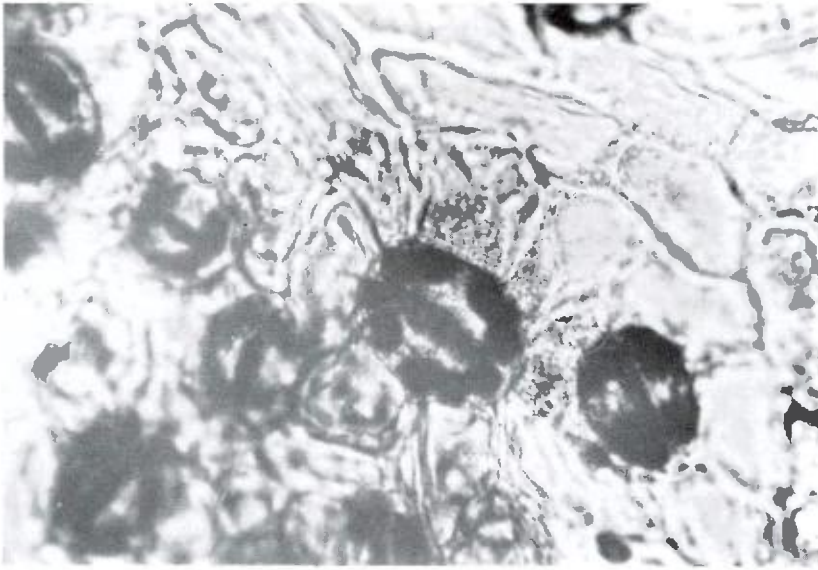


Fig. 5a : Epidermal peel of abaxial leaf lamina of *Morus alba* L. (2x - control) showing stomatal guard cell chloroplasts.

Fig. 5a : Couche épidermique d'un limbe de feuille de Morus alba L. (té:zo:n = 2x) montrant les chloroplastes des cellules stomatiques.

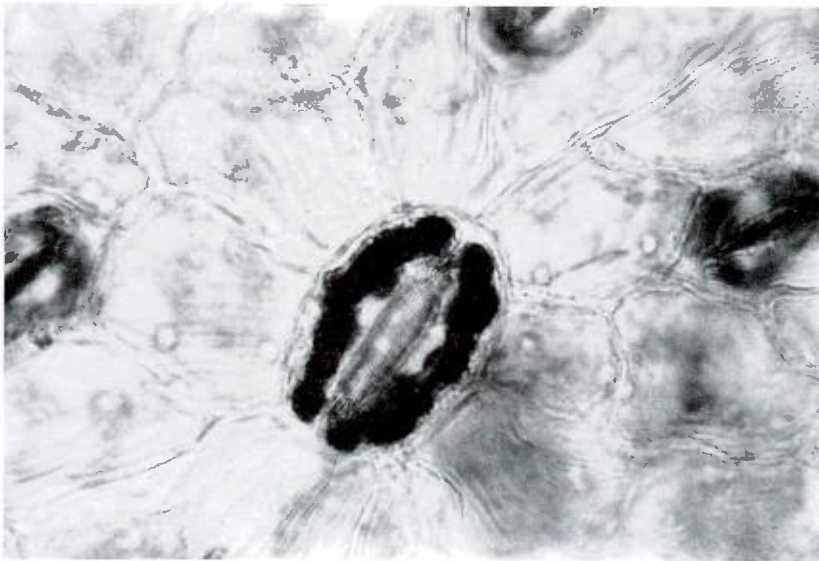


Fig. 5b : Epidermal peel of abaxial leaf lamina of *Morus alba* L. developed after colchicine treatment showing stomatal guard cell chloroplasts.

Fig. 5b : Couche épidermique d'un limbe de feuille de Morus alba L. obtenu après traitement à la colchicine montrant les chloroplastes des cellules stomatiques.

Initial screening of probable tetraploids :

The initial screening of probable tetraploids was done by stomatal chloroplast count.

In diploids (control and absolute control), the range of stomatal chloroplasts was 10 to 13 in S-30 and 11 to 13 in both S-36 and S-41. The $\pm$ standard error (SE) values of stomatal chloroplasts were 11.20 ± 0.12 , 12.00 ± 0.16 and 12.10 ± 0.16 in S-30, S-36 and S-41, respectively.

In the suspected tetraploids, the range of guard cell stomatal chloroplasts was 20 to 22 in S-30, 21 to 23 in S-36 and S-41. The mean $\pm$ SE values of stomatal chloroplasts were 21.15 ± 0.14 , 21.90 ± 0.19 and 22.10 ± 0.17 in S-30, S-36 and S-41, respectively. The differences in the number of stomatal guard cell chloroplasts of the suspected tetraploids were almost double that of the putative diploids and the differences were significant ($P < 0.1$) statistically (Fig. 5a, 5b et 6).

Apical bud treatment :

The probable tetraploids screened in all the three varieties ranged between 20.00 % and 33.33 %. More tetraploids were obtained in 0.4 % and 0.6 % concentrations of colchicine in all the three varieties.

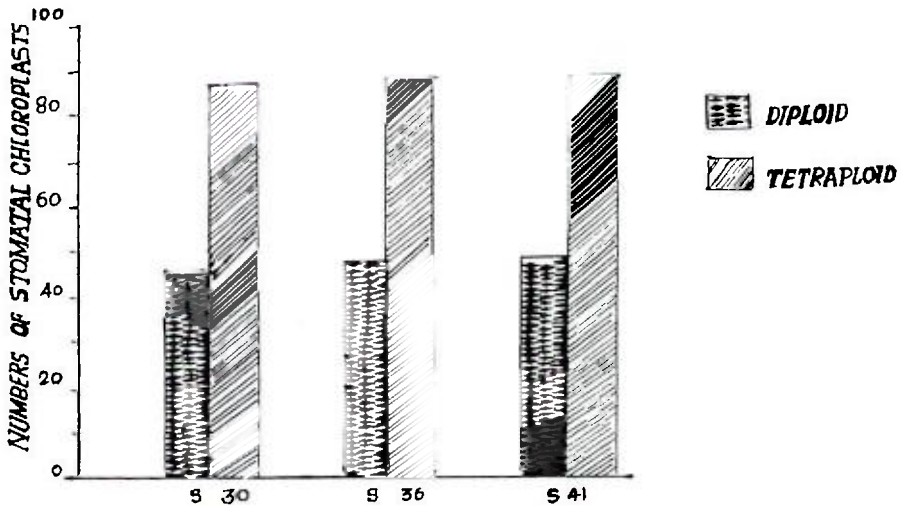


Fig. 6 : Numbers of stomatal chloroplasts in diploids and tetraploids of different varieties of *Morus alba* L.

Fig. 6 : Nombres de chloroplastes stomatiques chez des diploïdes et des tétraploïdes de différentes variétés de *Morus alba* L

Axillary bud treatment :

Recovery of probable tetraploids varied from 6.67 % to 33.33 % in all the three varieties. 0.4% and 0.6 % colchicine treatments (both 6 h and 9 h durations) yielded more tetraploids in all the three varieties.

In general, percentages of probable tetraploids were more in the colchicine treated apical buds than in the axillary buds.

Confirmation of tetraploids :

The confirmation of tetraploids was further supported by counting somatic chromosomes of the probable ones confirmed earlier by the stomatal chloroplast count method (Fig. 7).

Apical bud treatment :

Tetraploids were confirmed only in 0.6 % colchicine treatment (both 6 h and 9 h durations). In varieties S-30 and S-41, 6.67 % and 13.33 % tetraploids were obtained in 6 h and 9 h durations of 0.6 % colchicine treatment, whereas, in variety S-36, identical treatments for similar durations resulted in 6.67 % tetraploids. 0.2 % and 0.4 % colchicine treatments (both 6 h and 9 h durations) did not yield tetraploid in any of the varieties used. A total of eight tetraploids were obtained, i.e. three in each of the varieties S-30 and S-41 and two in variety S-36.

Axillary bud treatment :

When axillary buds of varieties S-30, S-36 and S-41 were treated with 0.6 % colchicine for 6 h and 9 h durations, 6.67 % of tetraploids were obtained. No other treatments of any of the varieties yielded tetraploids.

Altogether, 6 tetraploids were recovered from colchicine treated axillary buds, i.e., 2 tetraploids in each of the varieties S-30, S-36 and S-41.

Recovery of tetraploids was marginally more in the apical bud treatment than in the axillary bud treatment.



Fig. 7 : Somatic metaphase plate of tetraploid of *Morus alba* L. induced by colchicine treatment showing 56 number of chromosomes.

Fig. 7 : Cliché de la métaphase somatique d'un tétraploïde de Morus alba L. induit par traitement à la colchicine présentant 56 chromosomes.

Periclinal chimera :

A number of periclinal chimera (epidermal tetraploids) was obtained in both apical and axillary bud treatments. The percentage of recovery of periclinal chimera was more in the apical bud treatment

and found almost comparable in all the three concentrations (0.2 %, 0.4 % and 0.6 %) when treated either for 6 h or 9 h duration. The variation obtained ranged between 20.00 % and 33.33 %. On the other hand, in the axillary bud treatment, the occurrence of periclinal chimeras ranged from 13.33 % to 33.33 % and was obtained only in 0.4 % and 0.6 % concentrations of colchicine treatment when undertaken for 6 h and 9 h durations.

DISCUSSION

Survival of buds :

The present investigation revealed that the survival of the buds after colchicine treatment was inversely proportional to the concentration of colchicine and their duration, which is almost in agreement with the findings of Tojyo (1966) in Japanese varieties of mulberry. Further, this finding is also similar to the observations of Das *et al.* (1970) and of Dwidevi *et al.* (1986) who reported mortality in higher concentrations of colchicine with longer duration in the case of colchicine treated buds of *Morus indica* L. and *Morus alba* L., cultivar RFS-135.

Growth :

The results of the present study have further revealed that the colchicine treated buds are slower in growth than those of both controls. Earlier, Das *et al.* (1970) have also reported similar results on treating the apical buds of mulberry seedlings. The slower growth rate can be attributed to the physiological disturbances and reduced rate of cell division as suggested by Swanson (1957).

Thickness :

The leaves of mulberry observed after colchicine treatment of both apical and axillary buds showed an increase in thickness as compared to both controls, which has also been reported by a number of workers (Seki and Oshikane, 1953 ; Kedarnath and Laxmikantan, 1963 ; Radzabli, 1962 ; Das *et al.*, 1970 ; Dwidevi *et al.*, 1986). This appears to be due to the increase in the cell size of the polyploidised tissue of leaves as suggested by Alekperova (1979) and also reported by Dwidevi *et al.* (1986).

Stomatal chloroplasts :

The stomatal chloroplast technique has been used by a number of workers to screen colchiploids in a number of crops (Mochizuki and Sueoka, 1955 ; Hermesen and De Boer, 1971 ; Chaudhuri and Barrow, 1975 ; Krishnaswami and Andal, 1978 ; Mehtre, 1982). Sikdar *et al.* (1986) first used the stomatal chloroplast counting technique to screen the tetraploids after colchicine treatment of the apical bud of *Morus alba* L. variety Kanva-2. They found mean stomatal chloroplast 9.40 in diploids against 18.60 in tetraploids. Dwidevi *et al.* (1986) has also used the same technique to detect tetraploids in the mulberry variety RFS-135. They also found almost double the number of chloroplasts in tetraploids as compared to their putative diploids.

In the present study, the probable tetraploids screened after morphological symptoms and slow growth have a higher number of stomatal chloroplasts (almost double) than that of the control and absolute control. The recovery of probable tetraploids was maximum in all the durations of 0.6 % followed by 0.4 % and least in 0.2 % colchicine treatment (Fig. 2 and 3). Hence, this technique can be used to screen tetraploids in polyploidy breeding programmes of mulberry.

Recovery of tetraploids :

Both apical and axillary bud treatments of mulberry with 0.6 % aqueous solution of colchicine for 6 h and 9 h duration for 3 consecutive days were effective in the induction of tetraploids (Fig. 8 and 9). Similar observations have also been made by various workers in different varieties of mulberry. Dzhaferov (1976) found that 0.5 % to 1.0 colchicine were effective in the production of tetraploids in the growing point of adult mulberry trees. Das *et al.* (1970) reported 0.4 % and 0.6 % aqueous solution as most effective in the induction of tetraploids in the growing apical buds of the seedling. Dwidevi *et al.* (1986) found that 0.3 % and 0.4 % colchicine applied for 6 h and 8 h for 3 consecutive days were effective in the induction of tetraploids in *Morus alba* L. variety RFS-135.

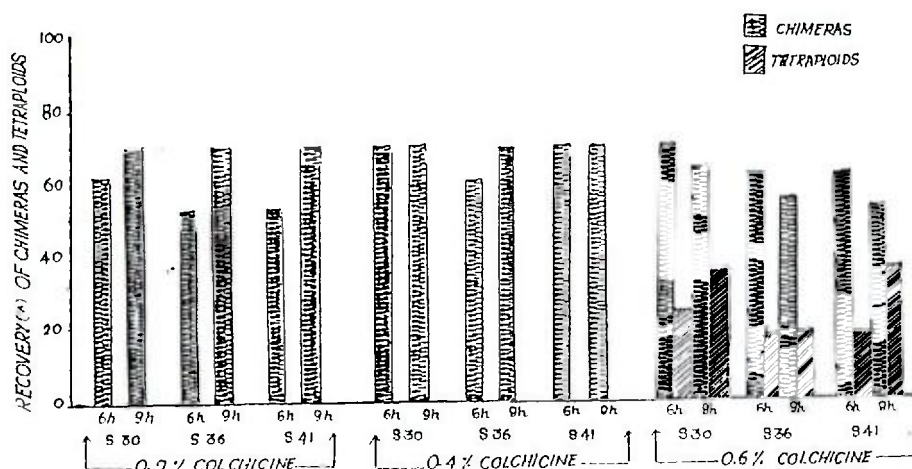


Fig. 8 : Effects of different concentrations of colchicine and their durations of treatment on the induction of periclinal chimeras and tetraploids of apical buds of different varieties of *Morus alba* L.

Fig. 8 : Effets de différentes concentrations de colchicine et différentes durées de traitement sur l'induction de chimères périclinales et de tétraploïdes de bourgeons apicaux chez différentes variétés de *Morus alba* L.

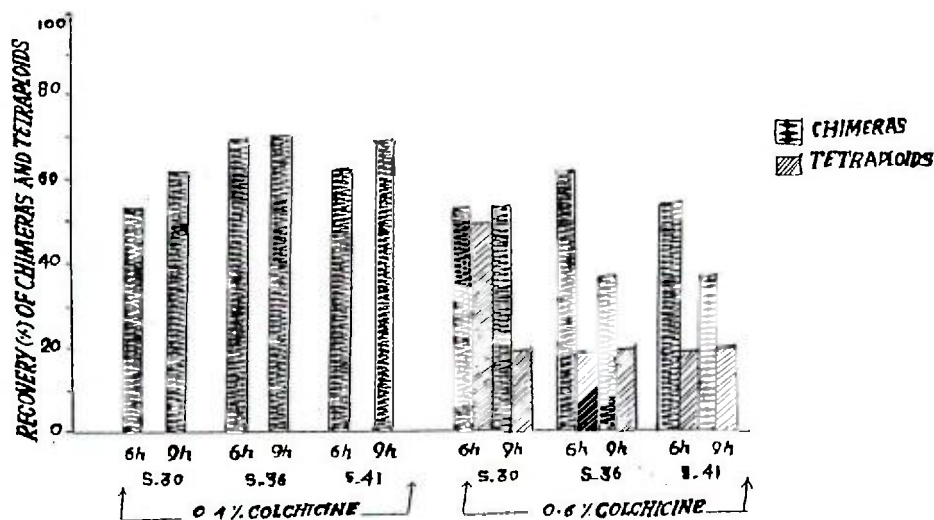


Fig. 9 : Effects of different concentrations of colchicine and their durations of treatment on the induction of periclinal chimeras and tetraploids of axillary buds of different varieties of *Morus alba* L.

Fig. 9 : Effets de différentes concentrations de colchicine et différentes durées de traitement sur l'induction de chimères périclinales et de tétraploïdes de bourgeons axillaires chez différentes variétés de *Morus alba* L.

Recovery of periclinal chimera :

Induction of periclinal chimera (epidermal tetraploid) due to colchicine treatment has been reported by several workers in other varieties of mulberry (Tojyo, 1966 ; Sastry *et al.*, 1968). The present study also revealed a number of periclinal chimera (epidermal polyploidy) during cytological confirmation of polyploids (Fig. 8 and 9). This confirms the earlier finding.

Dermen and Bain (1944) explained the occurrence of periclinal chimera due to colchicine treatment in cranberry (*Vaccinium macrocarpus* Ait.). According to these authors, a number of cells in the meristematic tissue became polyploidised, many others arrested at premitotic stages and remained unaffected. Thus, when growth in the treated material is resumed, they find areas where both normal and polyploidised cells are intermixed. The resulting tissues contain different areas differently constituted cytologically, a condition which is more appropriate to term as mixoploidy. The same reason can be attributed to the recovery of periclinal chimera (mixoploid) in the present finding.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are thankful to Dr N.K. Dwidevi, Scientist PBPGR, Regional Station, Cazri Campus, Jodhpur - 342 003, Rajasthan, India, for showing keen interest in the study.

REFERENCES

- ABDULLAEV I.K. (1962) Utilisation of triploidy in the development of high yielding forms of mulberry for the silkworm. *Agrobiologiya*, 6, 861-865.
- ALEKPEROVA O.R. (1979) A useful autotetraploid form of mulberry. *Genet. Selek. Az.*, 3, 97-103.
- CHAUDHURI H.K., BARROW J.R. (1975) Identification of cotton haploids by stomatal chloroplast technique. *Crop Sci.*, 15, 760-763.
- DAS B.C., KRISHNASWAMI S. (1964) Effect of colchicine on germinating seeds of mulberry. *Indian J. Seric.*, 3, 5-6.
- DAS B.C., PRASAD D.N., SIKDAR A.K. (1970) Colchicine induced tetraploids of mulberry. *Caryologia*, 23, 283-293.
- DATTA M. (1954) Cytogenetical studies on two species of *Morus*. *Cytologia*, 19, 86-94.
- DWIDEVI N.K., SIKDAR A.K., DANDIN S.B., SASTRY C.R., JOLLY M.S. (1986) Induced tetraploidy in mulberry. I. Morphological, anatomical and cytological investigations in cultivar RFS-135. *Cytologia*, 51, 393-401.
- DZHAFAROV N.A. (1967) Methods of inducing polyploid forms of mulberry. *Trans. Az. Sci. Res. Inst. Silk Prod.*, 6, 3-20.
- HERMSEN J.G.Th., DE BOER A.J.E. (1971) The effect of colchicine treatment on *Solanum acule* and *S. bulbocastanum*. A complete analysis of ploidy chimera in *S. bulbocastanum*. *Euphytica*, 20, 171-180.
- DERMEN H., BAIN H.F. (1944) A general cytohistochemical study of colchicine polyploidy in cranberry. *Am. J. Bot.*, 31, 451-463.
- JANAKI AMMAL E.K. (1948) The origin of black mulberry. *J. Roy. Hort. Soc.*, 73, 117-120.
- KEDARNATH S., LAKSHMIKANTAN D. (1965) Induction of polyploidy in mulberry, *Morus alba*. *Indian For.*, 91, 682-683.
- KRISHNASWAMI R., ANDAL R. (1978) Stomatal chloroplast number in diploids and polyploids of *Gossypium*. *Proc. Indian Acad. Sci. (B)*, 87, 109-112.
- MEHTRE S.S. (1982) Observations on stomata and chloroplasts in polyploids and tetraploids of cotton (*Gossypium* sp.). *Sci. Cult.*, 48, 75-77.
- MOCHIZUKI A., SUEOKA N. (1955) Genetic studies on the number of plastids in stomata. Effects of autopolyploidy in sugar beets. *Cytologia*, 20, 358-366.
- OSAWA I. (1916) Cytological and experimental studies on mulberry. *Bull. Imp. Sericult. Exp. Sta. Japan*, 1, 215-300.
- OSAWA I. (1920) Cytological and experimental studies in *Morus* with special reference to triploid mutants. *Bull. Imp. Sericult. Sta. Japan*, 1, 318-366.
- RADZABLI E.P. (1962) Experimental polyploidy in *Morus*. *Tri. Mosk. Ova. Ispyt. Prio.*, 5, 360-373.

- SASTRY C., VENKATRAMU C., KHAN A.A. (1968) Induced tetraploid of an improved strain, Kanva-2, of mulberry (*Morus alba* L.). Silkworm Inf. Bull., 1, 95-99.
- SEKI H. (1951) On the triploid mulberry tree (I) in the mount Taro in Shinshu. J. Sericult. Sci. Japan, 20, 26.
- SEKI H., OSHIKANE K. (1951) Studies on polyploid mulberry trees (I). Tetraploid mulberry trees induced by colchicine. Res. Rep. Fac. Text. Seric., Shinshu Univ. Japan, 3, 11-17.
- SEKI H., OSHIKANE K. (1957) Studies on the polyploid mulberry trees (II). On the morphology of mixoploid mulberry trees induced by colchicine treatment. Res. Rep. Fac. Text. Seric. Shinshu Univ. Japan, 7, 5-17.
- SIKDAR A.K., DWIDEVI N.K., DANDIN S.B., KUMAR R., GIRIDHAR K. (1986) Stomatal chloroplast count technique as a tool to ascertain different ploidy levels in mulberry. Indian J. Seric., 25, 88-90.
- SWASON C.P. (1957) Cytology and cytogenetics. Prentice Hall Inc., New Jersey, p. 596.
- TOJYO I. (1954) Tetraploid mulberry tree induced by the colchicine method. J. Sericult. Sci. Japan, 23, 278.
- TOJYO I. (1963) Autotetraploid induced by colchicine treatment in mulberry seedlings. J. Sericult. Sci. Japan, 32, 34.
- TOJYO I. (1966) Studies on polyploid mulberry tree (I). Breeding of artificial autotetraploids. Bull. Sericult. Exp. Sta. Japan, 20, 187-207.

POLYPLOIDIE INDUITE CHEZ LE MURIER (*MORUS* SPP.) : INDUCTION DE TETRAPLOIDES*

A.K. SIKDAR¹ & M.S. JOLLY²

1. Regional Sericultural Research Station, Central Silk Board, Salem - 636 003, Tamilnadu, Inde.

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

La présente étude décrit l'induction de tétraploïdie chez trois variétés de mûriers. On a traité les bourgeons apicaux et axillaires avec de la colchicine à raison de trois concentrations et de deux durées de traitement sur trois journées consécutives. Les tétraploïdes ont été isolés par observation des modifications morphologiques chez les bourgeons traités à la colchicine, par numération des chloroplastes foliaires et dénombrement des chromosomes. Chez les trois variétés, des tétraploïdes épidermiques (mixoploïdes) ont été obtenus à partir des bourgeons traités à la colchicine à 0,2 % et 0,4 % et quelques tétraploïdes ont été obtenus à partir des bourgeons traités à la colchicine à 0,6 %.

INTRODUCTION

Le mûrier (*Morus* sp.), de la famille des moracées, est une plante fourragère commerciale, ses feuilles sont la seule nourriture acceptée par les larves du ver à soie (*Bombyx mori* L.), insecte séricigène de la famille des bombycidés (Lepidoptera). Le cocon produit par le ver à soie constitue la matière première de la production de soie à l'échelle commerciale.

La culture du mûrier est un élément essentiel de l'élevage du ver à soie (*Bombyx mori* L.). La plupart des variétés de mûriers cultivées sont des diploïdes comportant $2X = 28$ chromosomes. La lecture de la documentation sur l'amélioration du mûrier révèle que les polyploïdes existent à l'état naturel chez le genre *Morus* ; on a même observé la présence d'un polyploïde 22 (Osawa, 1916, 1920 ; Janaki Ammal, 1948 ; Seki, 1951 ; Datta, 1954). A l'exception de quelques triploïdes, ces polyploïdes naturels ne sont généralement pas cultivés en raison de la lenteur de leur croissance et de la dureté de leurs feuilles (Hamada, 1961).

Plusieurs chercheurs ont induit des tétraploïdes chez le mûrier par traitement à la colchicine (Seki et Oshikane, 1953, 1957 ; Tojyo, 1954, 1963, 1966 ; Abdullaev, 1962 ; Das et Krishnaswami, 1964 ; Kedamath et Lakshmikanthan, 1965 ; Dzhaferov, 1967, Sastry et coll., 1968 ; Das et coll., 1970 ; Alekprova, 1979 ; Dwidevi et coll., 1986).

Néanmoins, ces tétraploïdes induits, qui présentent des caractères foliaires hypertrophiés, ne sont pas utilisés à l'échelle commerciale en raison de leur croissance lente. Par ailleurs, les triploïdes produits à partir de tétraploïdes induits présentant une croissance rapide et une bonne valeur nutritionnelle, quelques uns ayant été introduits dans les plantations commerciales au Japon, en URSS et en Inde.

Compte tenu de ces observations, un projet a été lancé par le Mulberry Breeding and Genetics Laboratory du Central Sericultural Research and Training Institute (Mysore, Inde) afin d'améliorer le mûrier (*Morus* sp.) par induction de tétraploïdes et production de triploïdes en croisant des

* Extrait de thèse de doctorat du premier auteur soumise à l'Université de Mysore (Inde).

tétraploïdes avec des diploïdes. Cet article décrit l'induction de tétraploïdes par traitement à la colchicine chez le mûrier.

MATERIELS ET METHODES

Le taxon utilisé dans cette étude appartient à la famille des moracées. Les caractères de l'espèce et des variétés utilisées sont présentés dans le tableau A.

Tableau A

N°	Espèce	Variété	Niveau de ploïdie	Sexe
1	<i>Morus alba</i> L.	S-30	2X	Femelle
2	<i>Morus alba</i> L.	S-36	2X	Femelle
3	<i>Morus alba</i> L.	S-41	2X	Mâle

Cette étude a été réalisée sur des plantules âgées de six mois des variétés mentionnées ci-dessus et cultivées dans des pots en terre. On a utilisé de la colchicine, $C_{22}H_{20}O_4$, provenant de M/s. LOBA (Inde) à raison de trois concentrations différentes, à savoir 0,2 %, 0,4 % et 0,6 % sur trois journées consécutives. Deux types de bourgeons, le bourgeon apical et le bourgeon axillaire, ont été soumis au traitement à la colchicine. Chaque traitement, composé de 5 bourgeons des deux types pour chaque concentration et chaque durée de traitement, a été répété trois fois. Parallèlement, on a maintenu deux lots de 3 réplicats traités à l'eau distillée (témoins) et non traités (témoins absolus). Ces traitements ont été réalisés suivant la méthode de Das et coll. (1970) (Fig. 1a et 1b). La survie des bourgeons traités, la croissance, la forme, la taille et la couleur des feuilles ont également été observées afin de procéder à la sélection préliminaire des tétraploïdes éventuels. Une deuxième sélection des pousses traitées a été réalisée suivant la technique de dénombrement des chloroplastes stomatiques (Sikdar et coll., 1986) afin de déterminer leur niveau de ploïdie. En dernier lieu, la ploïdie a été confirmée par dénombrement des chromosomes à partir des extrémités de racines/pousses par coloration standard à l'orcéine acétique.

RESULTATS

Les résultats concernant le traitement à la colchicine des bourgeons apicaux et axillaires sont présentés respectivement dans les figures 2 et 3.

Traitement des bourgeons apicaux :

Le taux de survie des bourgeons apicaux après application de colchicine à 0,2 %, 0,4 % et 0,6 % (sur des durées de 6 h et 9 h) varie de 33,33 % à 100,00 %. Pour ce qui concerne les variétés, le taux de survie se situe entre 46,67 % et 100,00 % chez S-30, de 33,33 % à 93,33 % chez S-36 et de 33,33 % à 100,00 % chez S-41. La mortalité maximale a été observée après traitement des bourgeons apicaux avec de la colchicine à 0,6 % pendant 9 h. La survie des bourgeons traités à la colchicine est inversement proportionnelle à la concentration de colchicine et à la durée de traitement. Aucune mortalité n'a été enregistrée ni chez les témoins, ni chez les témoins absolus chez les trois variétés utilisées.

Sur les trois variétés, la mortalité des bourgeons apicaux après traitement à la colchicine est plus élevée chez les variétés S-30 et S-36 (Fig. 2).

Traitement des bourgeons axillaires :

Le taux de survie des bourgeons axillaires traités avec de la colchicine à 0,2 %, 0,4 % et 0,6 % pendant 6 et 9 heures se situe entre 20,00 % et 100,00 %. La survie des bourgeons traités à la colchicine varie de 20,00 % à 100,00 % chez les trois variétés. Comme pour les bourgeons apicaux, la survie des bourgeons axillaires est inversement proportionnelle à la concentration de colchicine et à la durée de traitement. On n'a pas observé de mortalité chez les témoins et les témoins absolus pour les trois variétés.

Parmi les deux types de traitements, la mortalité est plus élevée chez les bourgeons axillaires, particulièrement après traitement à forte concentration et sur une longue durée. Parmi les trois cultivars utilisés, les bourgeons apicaux de S-41 sont comparativement plus sensibles à la colchicine que ceux de S-36 et de S-30 et les bourgeons axillaires de S-36 sont plus sensibles à la colchicine que ceux de S-30 et de S-41.

Observations morphologiques :

Les modifications morphologiques observées au cours de la croissance chez les bourgeons traités à la colchicine et chez les bourgeons non traités sont présentées ci-dessous.

1. Emergence des bourgeons et croissance des pousses :

Le premier effet visible du traitement à la colchicine est le retard du bourgeonnement et de la croissance des bourgeons traités. Le temps nécessaire au bourgeonnement et à la reprise de la croissance augmente parallèlement à la concentration et la durée du traitement. Chez les témoins et les témoins absolus, les bourgeons débourent en 3 à 4 jours et présentent une croissance normale tandis que, chez les lots traités à la colchicine, le débourement dure jusqu'à trois semaines suivant la durée et la concentration du traitement. La croissance des bourgeons traités à la colchicine est plus lente que celle des témoins et des témoins absolus ; ce phénomène est plus particulièrement observable dans le cas des traitements de 6 h et 9 h avec de la colchicine à 0,6 % aussi bien chez les bourgeons apicaux que chez les bourgeons axillaires et chez les trois variétés utilisées dans cette étude.

2. Caractéristiques foliaires :

Les feuilles basales des pousses obtenues sur les bourgeons traités à la colchicine présentent des déformations et une mosaïque de taches vert clair et vert foncé. Outre l'effet mosaïque, on observe des feuilles chimériques sectoriellement se reconnaissant au contraste de la couleur. Les feuilles ont une texture épaisse, une forte nervuration et une surface foliaire plus grande.

L'identification d'une telle forme de croissance aide à obtenir des tétraploïdes. D'autres critères utiles sont l'augmentation de la dentelure de la marge des feuilles vert foncé épaisses chez les polyplloïdes présumés, un pétiole petit et épais et des indices de longueur et de largeur plus élevés (Fig. 4).

Sélection initiale des tétraploïdes probables :

La sélection initiale des tétraploïdes probables a été réalisée par dénombrement des chloroplastes stomatiques (Tableau III).

Chez les diploïdes (témoins et témoins absolus), le nombre de chloroplastes diploïdes se situe entre 10 et 13 chez S-30 et entre 11 et 13 chez S-36 et S-41. Les valeurs sont de 11.20 ± 0.12 , 12.00 ± 0.16 et 12.10 ± 0.16 chez S-30, S-36 et S-41 respectivement.

Chez les tétraploïdes présumés, le nombre de chloroplastes des cellules stomatiques est de 11 à 22 chez S-30 et de 21 à 23 chez S-36 et S-41. Les valeurs sont de 21.15 ± 0.14 , de 21.90 ± 0.19 et 22.10 ± 0.17 respectivement chez S-30, S-36 et S-41. Le nombre de chloroplastes des cellules stomatiques chez les tétraploïdes présumés est pratiquement le double de celui observé chez les diploïdes et les différences sont statistiquement significatives ($P < 0.01$) (Fig. 5a, 5b et 6).

Traitement des bourgeons apicaux :

Le pourcentage de tétraploïdes présumés sélectionnés chez les trois variétés varie de 20,00 % à 33,33 %. On obtient davantage de tétraploïdes avec les traitements à la colchicine à 0,4 % et 0,6 % chez les trois variétés.

Traitement des bourgeons axillaires :

L'obtention de tétraploïdes probables varie de 6,67 % à 33,33 % chez les trois variétés. Les lots traités à la colchicine à 0,4 % et 0,6 % (durées de 6 h et 9 h) donnent davantage de tétraploïdes chez les trois variétés.

En général, les pourcentages de tétraploïdes probables sont plus élevés chez les bourgeons apicaux que chez les bourgeons axillaires.

Confirmation des tétraploïdes :

La présence des tétraploïdes a également été confirmée par dénombrement des chromosomes somatiques des tétraploïdes probables triés préalablement par la méthode de dénombrement des chloroplastes stomatiques (Fig. 7).

Traitement des bourgeons apicaux :

La présence de tétraploïdes n'a été confirmée que chez les lots traités à la colchicine à 0,6 % (pour les deux durées de traitements). Chez les variétés S-30 et S-41, le traitement à la colchicine pendant 6 h et 9 h a donné 6,67 % et 13,33 % de tétraploïdes, tandis que, chez la variété S-36, le même traitement a donné 6,67 % de tétraploïdes. Les traitements à la colchicine à 0,2 % et 0,4 % (pour les deux durées de traitement) n'ont donné aucun tétraploïde chez aucune des variétés utilisées. On a obtenu au total huit tétraploïdes, dont trois avec chacune des variétés S-30 et S-41 et deux avec la variété S-36.

Traitement des bourgeons axillaires :

Les bourgeons axillaires des variétés S-30, S-36 et S-41 traités avec de la colchicine à 0,6 % pendant 6 h et 9 h ont donné 6,67 % de tétraploïdes. Aucun des autres traitements n'a donné de tétraploïdes.

Au total, 6 tétraploïdes ont été obtenus à partir des bourgeons axillaires traités à la colchicine, soit 2 tétraploïdes pour chacune des variétés testées.

Le nombre de tétraploïdes obtenu par traitement des bourgeons apicaux est légèrement supérieur à celui obtenu par traitement des bourgeons axillaires.

Chimères périclinales :

Un certain nombre de chimères périclinales (tétraploïdes épidermiques) ont été obtenus après traitement des deux types de bourgeons. Le pourcentage d'obtention de chimères périclinales est supérieur après traitement des bourgeons apicaux et est à peu près identique pour les trois concentrations (0,2 %, 0,4 % et 0,06 %) quelle que soit la durée du traitement (6 h ou 9 h). La variation obtenue se situe entre 20,00 % et 33,33 %. Par ailleurs, le traitement des bourgeons axillaires donne un pourcentage de chimères périclinales se situant entre 13,33 % et 33,33 % uniquement chez les lots traités avec de la colchicine à 0,4 % et 0,6 % pour les deux durées de traitement.

DISCUSSION

Survie des bourgeons :

Cette étude révèle que la survie des bourgeons après traitement à la colchicine est inversement proportionnelle à la concentration et à la durée du traitement, ce qui corrobore à peu près les résultats de Tojyo (1966) sur les variétés japonaises de mûriers. De plus, nos résultats sont comparables à ceux de Das et coll. (1970) et de Dwidevi et coll. (1986) qui ont observé une mortalité supérieure après traitement à forte concentration de colchicine sur une longue durée des bourgeons de *Morus indica* L. et *Morus alba* L., cultivar RFS-135.

Croissance :

Les résultats de cette étude montrent également que les bourgeons traités à la colchicine ont une croissance plus lente que les deux types de témoins. Das et coll. (1970) ont fait une observation similaire après traitement des bourgeons apicaux de plantules de mûriers. Ce taux de croissance inférieur peut être attribué à des troubles physiologiques et la diminution du taux de division des cellules comme l'a suggéré Swanson (1957).

Épaisseur :

Les feuilles de mûriers obtenues après traitement à la colchicine des bourgeons apicaux et axillaires présentent une augmentation de leur épaisseur par rapport aux deux types de témoins, résultat qui a également été obtenu par un certain nombre d'autres chercheurs (Seki et Oshikane, 1953 ; Kedarnath et Laxmikantan, 1963 ; Radzabli, 1962 ; Das et coll., 1970 ; Dwidevi et coll., 1986). Ceci semble être dû à une augmentation de la taille des cellules du tissu polypléioïde des feuilles comme l'ont suggéré Alekperova (1979) et Dwidevi et coll. (1986).

Chloroplastes stomatiques :

La technique du dénombrement des chloroplastes stomatiques a été utilisée par plusieurs chercheurs pour isoler des colchipléioïdes chez un certain nombre de végétaux (Mochizuki et Sueoka, 1955 ; Hermesen et De Boer, 1971 ; Chaudhuri et Barraow, 1975 ; Krishnaswami et Andal, 1978 ; Mehre, 1982). Sikdar et coll. (1986) ont, les premiers, utilisé la technique du dénombrement des chloroplastes stomatiques afin d'isoler les tétrapléioïdes après traitement à la colchicine des bourgeons apicaux de *Morus alba* L., variété Kanva-2. Ils ont observé que le nombre de chloroplastes stomatiques était de 9,40 chez les diploïdes contre 18,60 chez les tétrapléioïdes. Dwidevi et coll. (1986) ont également utilisé cette technique pour détecter les tétrapléioïdes chez la variété de mûrier RFS-135. Ils ont observé qu'il y avait pratiquement deux fois plus de chloroplastes chez les tétrapléioïdes que chez les diploïdes présumés.

Dans la présente étude, les tétrapléioïdes présumés, isolés sur la base des symptômes morphologiques et la lenteur de la croissance, ont un nombre de chloroplastes supérieur (presque le double) à celui des témoins et des témoins absolus. L'obtention de tétrapléioïdes présumés est maximale quelle que soit la durée de traitement pour le traitement à la colchicine à 0,6 %, devant le traitement à la colchicine à 0,4 % et minimal chez le traitement à la colchicine à 0,2 % (Fig. 2 et 3). Cette technique peut donc être utilisée pour isoler les tétrapléioïdes dans le cadre des programmes de culture de la polypléioïdie chez le mûrier.

Obtention de tétrapléioïdes :

L'application d'une solution aqueuse de colchicine à 0,6 % sur les bourgeons apicaux et axillaires pendant 6 h et 9 h sur trois journées consécutives permet d'induire des tétrapléioïdes (Tableaux I et II, Fig. 8 et 9). Des résultats similaires ont été obtenus par plusieurs chercheurs sur différentes variétés de mûriers. Dzharov (1976) a observé que des concentrations de colchicine entre 0,5 % et 1,0 % permettaient de produire des tétrapléioïdes au point de croissance des mûriers adultes. Das et coll. (1970) ont observé que l'application de colchicine à 0,4 % et 0,6 % en solution aqueuse utilisée pendant 3 h et 4 h quotidiennement sur trois journées consécutives permettait l'induction de tétrapléioïdes chez les bourgeons apicaux de la plantule. Dwidevi et coll. (1986) ont observé que la colchicine à 0,3 % et 0,4 % appliquée pendant 6 h et 8 h sur trois journées consécutives permettait d'induire des tétrapléioïdes chez *Morus alba* L., variété RFS-135.

Obtention de chimères péricleinales :

L'induction de chimères péricleinales (mixopléioïdie) par traitement à la colchicine a déjà été observée par plusieurs chercheurs chez d'autres variétés de mûriers (Tojyo, 1966 ; Sastry et coll., 1968). Notre étude révèle en outre un certain nombre de chimères péricleinales (polypléioïdie épidermique) au cours de la confirmation de la polypléioïdie (Tableaux I et II, Fig. 8 et 9). Ceci confirme les résultats antérieurs.

Dermen et Bain (1944) ont expliqué l'induction de chimères péricleinales par traitement à la colchicine chez la canneberge (*Vaccinium macrocarpum* Ait.). D'après ces auteurs, un certain de

nombre de cellules du tissu méristématique se polyploïdisent, certaines autres s'arrêtent aux stades prémitotiques et ne sont pas affectées. De ce fait, lorsque la croissance du matériel traité reprend, on peut trouver des sites où les cellules normales et les cellules polyploïdes sont mélangées. Les tissus ainsi obtenus sont composés de sites présentant des constitutions cytologiques différentes, condition qu'il conviendrait plutôt de dénommer "mixoploïdie". Ce phénomène peut également expliquer la présence des chimères périclinales (mixoploïdes) obtenues dans cette étude.

EFFECT OF WHEAT BRAN IN ARTIFICIAL DIET ON REARING THE ADULT LARVAE OF THE SILKWORM, *BOMBYX MORI* L.

A.A. SARKER¹ & N. ABSAR²

1. Serichemistry Section, Bangladesh Sericulture Research and Training Institute, Rajshahi - 6100, Bangladesh.

2. Department of Biochemistry, Rajshahi University, Rajshahi - 6205, Bangladesh.

Four types of artificial diets were formulated for adult larvae (4th and 5th instars) of Bombyx mori silkworm and their feeding effects were studied. The diet containing wheat bran along with mulberry leaf powder showed significantly ($p < 0.05$) higher values in larval weight, cocoon weight, shell weight and filament length compared to other diets. However, larvae fed on normal mulberry leaves performed better compared to artificial diets.

Keywords : Artificial diet, wheat bran, cellulose powder, silkworm, cocoon.

INTRODUCTION

Both in temperate and tropical countries, there are some problems in the production of mulberry (*Morus* sp.) foliage, the only food of the silkworm, *Bombyx mori* L. Mulberry is a perennial plant and need a long time to complete the plantation. In temperate regions, the frost damage and leaf fall in the winter cease the silkworm rearing, hampering the commercial as well as the seed cocoon production. In tropical regions, high temperature in the summer and continuous rainfall in the rainy season make the harvested mulberry leaves unfit for silkworm rearing and cocoon production. Moreover, mulberry plants occupy a vast land for foliage production and 60 % cost of the cocoon production goes to mulberry (Rangaswami *et al.*, 1976). Therefore, to reduce the cost of leaf production and to save the arable land, it is necessary to introduce a suitable substitute food or artificial diet for rearing *Bombyx mori* larvae throughout the year.

Sericulture-advanced countries like Japan (Ito, 1980 ; Hotta and Kikuchi, 1980 ; Kubota *et al.*, 1991), China (Liaw *et al.*, 1991a, 1991b), India (Philip, 1990 ; Joshi, 1992) and other countries (Tsenov and Petkov, 1991) formulated and developed artificial diets for rearing silkworm larvae and producing cocoons. The studies on chemical attractants in mulberry leaves (Hamamura *et al.*, 1962 ; Horie, 1962), nutritional requirements of silkworm larvae (Ito, 1967, 1972) and artificial diets for silkworms (Yoshida *et al.*, 1960 ; Fukuda *et al.*, 1960 ; Yokoyama, 1963-64) contributed much to the development of this study.

The present study was undertaken to formulate artificial diet for the adult larvae of *Bombyx mori* silkworm as they consume about 90 % mulberry leaves of the whole instars. Wheat bran was used irrespective of mulberry leaf powder and mulberry leaf extracts in the diet and the effectiveness of the diets were tested on two silkworm races for cocoon production.

MATERIALS AND METHODS

The larvae of silkworm races Nistari (multivoltine) and BSRI-85/3 (improved multivoltine) were raised on four different types of artificial diets. To the basal diets, 10 ml of inhibitor solution were

added. The inhibitor solution was prepared by dissolving 0.1 g of vitamin K₃, 0.2 g of sodium dehydroacetate and 0.2 g of sorbate in 100 ml of distilled water by heat. The mixture was sterilized in an autoclave for 15 minutes and stored in a refrigerator.

Leaves picked from mulberry plants were dried at not more than 40 °C and powdered to pass through an 80-mesh sieve. Potato starch, cellulose powder and wheat bran, respectively, were also passed through the 80-mesh sieve. Soybean powder was extracted with hexane and washed first with ethyl ether and then with ethyl alcohol respectively for 24 hours. Mulberry leaf extracts (containing morin and feeding stimulants) were separated according to the procedure of Horie (1962) in order to make diets more palatable.

A piece of wet filter paper was placed at the bottom of each of the Petri dishes ready for rearing silkworms. This was covered with a paraffin paper. The diets were placed on the paraffin paper. Then, five larvae (after the 3rd moult) were placed and reared there. The dish was covered with a lid. Fresh mulberry leaves were cut into pieces and placed in the dish to rear silkworms as control treatments. The artificial diet was cut into slices. Each slice prepared was sterilized in an autoclave for 15 minutes and then stored in a refrigerator 12 hours before use. Slices were fed to the worms twice daily at 12 hours' intervals. Temperature and relative humidity were maintained at 25 °C and 75 %, respectively, throughout the rearing period. The rearing was conducted in three replications. The larval weight was recorded on the last day of the 5th instar (before ripening). The single cocoon weight and shell weight were recorded both for male and female silkworms. The filament length was recorded randomly.

Composition of the diets (dry basis)

Ingredients	Diet A (%)	Diet B (%)	Diet C (%)	Diet D (%)
Mulberry leaf powder	25	25	0	0
Potato starch	10	10	10	10
Sugar	15	15	15	15
Soybean powder (defatted)	25	25	30	30
Cellulose powder	23	0	42	0
Wheat bran	0	23	0	42
Ascorbic acid	1	1	1	1
Inorganic salts	1	1	1	1
Mulberry leaf extract	0	0	1	1
Total	100	100	100	100

Vitamins added 4.74 mg/100 g dry weight. Distilled water used 1.5 ml/g dry diet.

Composition of vitamins (mg/100 g dry diet)		Components of inorganic salts (mg/100 g dry diet)	
Biotin	0.02	KH ₂ PO ₄	350
Calcium pantothenate	0.20	KCl	140
Choline chloride	2.00	MgSO ₄	100
Folic acid	0.02	Ca(PO ₄) ₂	150
Inositol	2.00	CaCO ₃	240
Niacin	0.20	FePO ₄ · 2H ₂ O	20
Pyridoxine HCl	0.10		
Riboflavin	0.10		
Thiamin HCl	0.10		
Total	4.74	Total	1000

RESULTS AND DISCUSSION

The adult larvae (4th and 5th instars) of Nistari and BSRI-85/3 races were successfully reared with the formulated artificial diets and they produced normal cocoons. The larvae reared on artificial diets took twelve days whereas those on mulberry leaves took only ten days during the 4th and 5th instars.

The larval growth and cocoon characters of Nistari silkworms on feeding different artificial diets and normal mulberry leaves are presented in Table I. Average larval weight (1.76 g) and filament length (245.33 m) were found to be highest in diet A (cellulose powder including mulberry leaf powder) and average cocoon weight (0.83 g) and average shell weight (0.09 g) were found to be highest in diet B (containing wheat bran and mulberry leaf powder) for Nistari race. The silkworm race BSRI-85/3, on the other hand, showed the highest average larval weight (2.69 g), average cocoon weight (1.12 g), average shell weight (0.15 g) and filament length (530 m) on feeding diet B followed by diet A (average cocoon weight 1.30 g, average shell weight 0.14 g, filament length 481.33 m) and diet D (larval weight 2.49 g) which was formulated with wheat bran and mulberry leaf extract (Table II).

Table I. Larval weight and cocoon characters of Nistari race on feeding artificial diets and normal mulberry leaves.

Tableau I. Poids larvaire et caractères du cocon chez la race Nistari après nourrissage sur aliment artificiel et sur feuilles de mûrier normales.

Diet	Average larval weight (g)	Single cocoon weight (g)			Single shell weight (g)			Filament length (m)
		Male	Female	Average	Male	Female	Average	
Aliment	Poids larvaire moyen (g)	Poids d'un cocon (g)			Poids d'une coque (g)			Longueur de la bave (m)
		Mâle	Femelle	Moyenne	Mâle	Femelle	Moyenne	
A	1.76 ^b	0.75	0.80	0.78 ^{bc}	0.07	0.08	0.08 ^b	245.33 ^b
B	1.71 ^{bc}	0.81	0.85	0.83 ^b	0.08	0.10	0.09 ^b	233.00 ^c
C	1.64 ^d	0.66	0.70	0.68 ^d	0.06	0.08	0.07 ^b	214.33 ^c
D	1.67 ^{cd}	0.69	0.74	0.72 ^{cd}	0.07	0.08	0.08 ^b	223.33 ^d
M	2.01 ^a	1.05	1.10	1.08 ^a	0.11	0.14	0.13 ^a	410.00 ^a

M : Normal mulberry leaves / Feuilles de mûrier normales.

Figure(s) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5 % level as per Duncan's multiple range test / Le(s) chiffre(s) suivi(s) de la/des même(s) lettre(s) ne diffèrent pas statistiquement au seuil de 5 % d'après le test de Duncan.

The female worms of both races showed higher values in respect of cocoon weight and shell weight compared to male worms on feeding artificial diets and normal mulberry leaves. The larvae fed on normal mulberry leaves performed better compared to artificial diets both for Nistari and BSRI-85/3 races (Tables I and II).

Table II. Larval weight and cocoon characters of BSRI-85/3 race on feeding artificial diets and normal mulberry leaves.

Tableau II. Poids larvaire et caractères du cocon chez la race BSRI-85/3 après nourrissage sur aliment artificiel et sur feuilles de mûrier normales.

Diet	Average larval weight (g)	Single cocoon weight (g)			Single shell weight (g)			Filament length (m)
		Male	Female	Average	Male	Female	Average	
Aliment	Poids larvaire moyen (g)	Poids d'un cocon (g)			Poids d'une coque (g)			Longueur de la have (m)
		Mâle	Femelle	Moyenne	Mâle	Femelle	Moyenne	
A	2.34 ^d	1.08	1.12	1.10 ^{bc}	0.13	0.15	0.14 ^{bc}	481.33 ^c
B	2.69 ^b	1.09	1.14	1.12 ^b	0.14	0.15	0.15 ^b	530.00 ^b
C	2.16 ^c	1.04	1.06	1.05 ^d	0.11	0.13	0.12 ^d	455.33 ^c
D	2.49 ^c	1.07	1.11	1.09 ^{cd}	0.12	0.14	0.13 ^{bcd}	472.67 ^{cd}
M	3.15 ^a	1.19	1.23	1.21 ^a	0.18	0.21	0.20 ^a	680.00 ^a

M: Normal mulberry leaves / Feuilles de mûrier normales.

Figure(s) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5 % level as per Duncan's multiple range test / Le(s) chiffre(s) suivi(s) de la/des même(s) lettre(s) ne diffèrent pas statistiquement au seuil de 5 % d'après le test de Duncan.

Analyzing Tables I and II, it reveals that the nutritive effect of normal mulberry leaves and wheat bran directly reflected on the larval growth and cocoon characters of *Bombyx mori* silkworm. On the basis of the nutritional requirements of silkworm larvae, Yanagawa *et al.* (1989) and Mori *et al.* (1991) formulated artificial diets incorporating the feed ingredients of livestock (fish meal, yeast, pupal powder, rape bran, gluten meal, alfalfa, etc.) and 50 % tofu cake powder, respectively, and they successfully reared the *Bombyx mori* larvae. It is clear that dietary conditions affect the larval composition and metabolic function, in addition to their obvious effects on growth and development and cocoon production of the silkworm (Ito, 1972). In the present study, rearing of silkworm larvae on normal mulberry leaves showed higher values in respect of larval growth and cocoon characters compared to artificial diets. Philip (1990) also observed slight differences in larval growth rate, cocoon production and quality of cocoons and silk between artificial diet and mulberry leaf rearings. Better performance of normal mulberry leaves might be due to the chemical attractants present in mulberry leaves which controls the food habits of the silkworm (Singh, 1987 ; Ramanjulu and Sudhakar, 1992) and the ability of the silkworm to ingest and digest as well as convert mulberry leaf nitrogen efficiently and rapidly (Kumar and Kumar, 1992). Among the artificial diets studied, diet B (containing wheat bran and mulberry leaf powder) performed better in silkworm rearing and cocoon production compared to other diets. Wheat bran contains many nutrients and those might have contributed to the extra growth of silkworms, thereby improving the cocoon characters. Similarly, Alagumalai *et al.* (1991) observed improvement of the growth of larvae and silk gland and the cocoon characters on fortification of pulse bran to mulberry leaves.

On the basis of the above results and discussion it is clear that the incorporation of wheat bran in the artificial diet had significant effects on the larval growth and cocoon characters of *Bombyx mori* silkworm.

REFERENCES

- ALAGUMALAI K., HEP SHYBA C.S.S., RAMARAJ P. (1991) Bran of pulses as extra nutrient to the silkworm. *Indian Silk*, 30(6), 10-11.
- FUKUDA T., SUTO M., HIGUCHI Y. (1960) Silkworm raising on the artificial food. *J. Sericult. Sci. Japan*, 29, 1-3.
- HAMAMURA Y., HAYASHIYA K., NAITO K., MATSUURA K., NISHIDA J. (1962) Food selection by silkworm larvae. *Nature*, 194, 754-755.
- HORIE Y. (1962) Effects of various fractions of mulberry leaves on the feeding of silkworm, *Bombyx mori* L. *J. Sericult. Sci. Japan*, 31, 258-244.
- HOTTA S., KIKUCHI Y. (1980) Artificial dry food for silkworms. XVI Intern. Congr. Entomol. Abs., Kyoto, Japan, 448.
- ITO T. (1967) Nutritional requirements of the silkworm, *Bombyx mori* L. *Proc. Japan Acad.*, 43(1), 57-61.
- ITO T. (1972) An approach to nutritional control mechanisms in the silkworm, *Bombyx mori* L. *Israel J. Entomol.*, 7, 1-6.
- ITO T. (1980) Dietary requirements of the silkworm, *Bombyx mori* L., and its artificial diets. XVI Intern. Congr. Entomol. Abs., Kyoto, Japan, 448.
- JOSHI K.L. (1992) Evaluation of diets for larvae of eri silkworm, *Samia cynthia ricini* (Lepidoptera : Saturniidae). *Indian J. Seric.*, 31(1), 49-51.
- KUBOTA T., OHTSUKA T., YANAGAWA H. (1990) Effective rearing methods for polyphagous strains in fourth instar larvae by using a low-cost artificial diet. *J. Sericult. Sci. Japan*, 59(5), 336-340.
- KUMAR N.S., KUMAR J.S. (1992) The interaction between the silkworm, *Bombyx mori*, and mulberry. *Indian Silk*, 31(2), 11-12.
- LIAW G.J., HSIEH F.K., CHU Y.I. (1991a) Screening of antiseptics for artificial diet for silkworm, *Bombyx mori* L. *Chinese J. Entomol.*, 11(3), 180-186.
- LIAW G.J., HSIEH F.K., CHU Y.I. (1991b) Effectiveness of artificial diets prepared from different varieties and maturity of mulberry leaves on development of silkworm, *Bombyx mori* L. *Chinese J. Entomol.*, 11(3), 260-263.
- MORI H., CHEN R., TAEARA H., ICHIDA M., IMAMURA T., TSUCHIYAMA A., YOSHIDA M., OHNISHI M., SUMIDA M., MATSUBARA F. (1991) Aseptic silkworm rearing using a new artificial diet consisting mainly of tofu cake. *J. Sericult. Sci. Japan*, 60(6), 445-449.
- PHILIP T. (1990) And now, an artificial diet for silkworms - A snack food for the busy silkworm is almost ready. *Indian Silk*, 28(9), 39-41.
- RAMANJULU S., SUDHAKAR C. (1992) Feeding response of the silkworm - Role of secondary metabolites. *Indian Silk* 30(12), 22-24.
- RANGASWAMI G., NARASIMHANNA M.N., KASIVISWANATHAN K., SASTRY C.R. (1976) *Sericulture Manual I - Mulberry cultivation*. FAO Agricultural Services Bulletin 15/I, Rome, 1-5.
- SINGH R. (1987) Why do silkworms feed only on mulberry leaves ? *Indian Silk*, 26(2), 8.
- TSENOV P., PETKOV N. (1991) Accommodation of F1 silkworm pupae (*Bombyx mori*) to artificial food. *Genet. Sel.*, 24(3), 207-210.
- YANAGAWA H., WATANABE K., NAKAMARA M. (1989) Application of the food ingredients for livestock in artificial diet by using polyphagous strains of the silkworm. *J. Sericult. Sci. Japan*, 58(5), 401-406.
- YOSHIDA T., MATSUOKA M., KIMURA K. (1960) On the rearing of silkworm larvae on artificial diet containing mulberry leaf powder as its basic material. *Bull. Seric. Exp. Sta.*, 15, 534-586.
- YOKOYAMA (1963-64) Artificial diet for silkworm. *J. Silkworm*, 15-16, 9-15.

EFFET DU SON DE BLE DANS L'ALIMENT ARTIFICIEL SUR L'ELEVAGE DES LARVES DU VER A SOIE *BOMBYX* *MORI* L. AUX 4^e ET 5^e AGES LARVAIRES

A.A. SARKER¹ & N. ABSAR²

1. Serichemistry Section, Bangladesh Sericulture Research and Training Institute, Rajshahi - 6100, Bangladesh.

2. Department of Biochemistry, Rajshahi University, Rajshahi - 6205, Bangladesh.

*Nous avons formulé quatre types d'aliments artificiels destinés aux larves des 4^e et 5^e âges du ver à soie *Bombyx mori* et nous avons étudié leur effet. L'aliment composé de son de blé et de poudre de feuilles de mûrier donne des valeurs significativement supérieures ($P < 0,05$) par rapport aux autres aliments pour ce qui concerne le poids larvaire, le poids du cocon, le poids de la coque et la longueur de la bave. Cependant, les larves nourries de feuilles de mûrier donnent de meilleures performances que celles élevées sur aliment artificiel.*

INTRODUCTION

La production de feuilles de mûrier (*Morus* sp.), seule nourriture du ver à soie *Bombyx mori*, pose des problèmes, tant dans les régions tempérées que dans les régions tropicales. Le mûrier est une plante persistante dont la croissance est lente. Dans les zones tempérées, les dommages occasionnés par le gel et la chute des feuilles en hiver entraînent une interruption des élevages, ce qui ralentit la production commerciale et la production de cocons destinés au grainage. Dans les zones tropicales, la température élevée en été et les chutes de pluies continues au cours de la saison pluvieuse rendent les feuilles de mûrier impropres à l'élevage des vers à soie et à la production de cocons. De plus, de vastes surfaces de plantations de mûriers sont nécessaires à la production des feuilles, le mûrier représentant 60 % du coût de la production de cocons (Rangaswami et coll., 1976). De ce fait, pour réduire le coût de la production de feuilles et économiser les terres cultivables, il convient d'introduire un aliment de substitution ou un aliment artificiel pour élever les larves de *Bombyx mori* tout au long de l'année.

Les pays à sériciculture développée comme le Japon (Ito, 1980 ; Hotta et Kikuchi, 1980 ; Kubota et coll., 1991), la Chine (Liaw et coll., 1991a, 1991b), l'Inde (Philip, 1990 ; Joshi, 1992) et certains autres (Tsenov et Peikov, 1991) ont formulé et mis au point des aliments artificiels destinés à l'élevage des larves de vers à soie et à la production de cocons. Les études sur les appétants chimiques contenus dans les feuilles de mûrier (Hamamura et coll., 1962 ; Horie, 1962), sur les besoins nutritionnels des larves de vers à soie (Ito, 1967, 1972) et sur les aliments artificiels pour le ver à soie (Yoshida et coll., 1960 ; Fukuda et coll., 1960 ; Yokoyama, 1963-64) ont beaucoup contribué à l'élaboration de cette étude.

L'objet des travaux présentés ici était de formuler un aliment artificiel pour les larves des 4^e et 5^e âges du ver à soie *Bombyx mori* car elles consomment environ 90 % des feuilles données sur l'ensemble des âges larvaires. Le son de blé a été utilisé soit avec de la poudre de feuilles de mûrier, soit des extraits de feuilles de mûrier dans l'aliment et l'efficacité des aliments sur la production de cocon a été testée chez deux races de vers à soie.

MATERIELS ET METHODES

Des larves des races de vers à soie Nistari (polyvoltine) et BSRI-85/3 (polyvoltine améliorée) ont été élevées sur quatre types différents d'aliments artificiels. On a ajouté aux aliments de base 10 ml d'une solution inhibitrice préparée en dissolvant à chaud 0,1 g de vitamine K₃, 0,2 g d'acétate de sodium non hydraté et 0,2 g de sorbate dans 100 ml d'eau distillée. Le mélange stérilisé dans un autoclave pendant 15 minutes est stocké au réfrigérateur.

Des feuilles prélevées sur des plants de mûriers ont été séchées à une température ne dépassant pas 40 °C et pulvérisées puis passées à travers un tamis de 80 meshes. L'amidon de pomme de terre, la poudre de cellulose et le son de blé sont tamisés de la même façon. La poudre de soja a été traitée avec de l'hexane et lavée dans de l'éther éthylique puis de l'alcool éthylique pendant 24 heures. Les extraits de feuilles de mûrier (contenant de la morine et des stimulants alimentaires) ont été séparés suivant la procédure d'Horie (1962) afin de rendre les aliments plus appétants.

Composition des aliments (sur la base du poids sec)

Ingrédients	Aliment A (%)	Aliment B (%)	Aliment C (%)	Aliment (D) %
Poudre de feuilles de mûrier	25	25	0	0
Amidon de pomme de terre	10	10	10	10
Sucre	15	15	15	15
Poudre de soja (dégraissée)	25	25	30	30
Poudre de cellulose	23	0	42	0
Son de blé	0	23	0	42
Acide ascorbique	1	1	1	1
Sels minéraux	1	1	1	1
Extrait de feuilles de mûrier	0	0	1	1
Total	100	100	100	100

Vitamines ajoutées : 4,74 mg/100 g d'aliment sec. Eau distillée : 1,5 ml/g d'aliment sec.

Composition des vitamines (mg/100 g d'aliment sec)		Composés des sels minéraux (mg/100 g d'aliment sec)	
Biotine	0,02	KH ₂ PO ₄	350
Pantothenate de calcium	0,20	KCl	140
Chlorure de choline	2,00	MgSO ₄	100
Acide folique	0,02	Ca(PO ₄) ₂	150
Inositol	2,00	CaCO ₃	240
Niacine	0,20	FePO ₄ , 2H ₂ O	20
Pyridoxine HCl	0,10		
Riboflavine	0,10		
Thiamine HCl	0,10		
Total	4,74	Total	1000

Un morceau de papier filtre humide a été placé au fond de chacune des boîtes de Pétri préparées pour l'élevage des vers à soie puis recouvert d'un papier de paraffine sur lequel ont été placés les aliments. On a élevé cinq larves (après la troisième mue) dans chacune des boîtes. Les boîtes sont recouvertes. Des feuilles de mûrier fraîches ont été coupées en morceaux et placées dans des boîtes correspondant au traitement témoin. L'aliment artificiel a été coupé en tranches. Chaque tranche a été stérilisée dans un autoclave pendant 15 minutes puis stockée au réfrigérateur 12 heures avant utilisation. Les tranches ont été données comme aliment aux larves deux fois par jour à 12 heures d'intervalle. La température et l'humidité relative ont été maintenues respectivement à 25 °C et 75 % pendant toute la durée de l'élevage. L'élevage a été réalisé en trois réplicats. Le poids larvaire a été relevé au dernier jour du cinquième âge (avant le filage). Le poids d'un cocon et le poids d'une coque ont été relevés chez les mâles et chez les femelles. La longueur de la bave a été relevé au hasard.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les larves des 4^e et 5^e âges des races Nistari et BSRI-85/3 ont pu être élevées sur les aliments artificiels formulés et ont produit des cocons normaux. Les 4^e et 5^e âges larvaires ont duré 12 jours chez les larves élevées sur aliments artificiels contre 10 jours seulement chez les larves élevées sur feuilles de mûrier.

La croissance larvaire et les caractères du cocon des vers à soie Nistari élevés sur les différents aliments artificiels et sur feuilles de mûrier normales sont présentés dans le tableau I. Le poids larvaire moyen (1,76 g) et la longueur moyenne de la bave (245,33 m) sont maximaux avec l'aliment A (poudre de cellulose et feuilles de mûrier), tandis que le poids moyen du cocon (0,83 g) et le poids moyen de la coque (0,09 g) sont maximaux avec l'aliment B (son de blé et poudre de feuille de mûrier). Les vers à soie de la race BSRI-85/3 donne des valeurs moyennes maximales pour le poids larvaire (2,69 g), le poids d'un cocon (1,12 g), le poids d'une coque (0,15 g) et la longueur de la bave (530 m) avec l'aliment B, devant l'aliment A (poids moyen d'un cocon : 1,10 g, poids moyen d'une coque : 0,14 g, longueur de la bave : 481,33 m) et l'aliment D (poids larvaire : 2,49 g) qui contient du son de blé et de l'extrait de feuilles de mûrier (Tableau II).

Les femelles des deux races présentent des valeurs plus élevées que celles obtenues pour les mâles pour ce qui concerne le poids d'un cocon et le poids d'une coque après nourrissage sur aliment artificiel et feuilles de mûrier normales. Les larves nourries de feuilles de mûrier normales donnent de meilleures performances que celles élevées sur aliment artificiel chez les deux races (Tableaux I et II).

L'analyse des tableaux I et II révèle que l'alimentation à base de feuilles de mûrier normales et de son de blé a un effet direct sur la croissance larvaire et les caractères du cocon du ver à soie *Bombyx mori*. Sur la base des besoins nutritionnels des larves de vers à soie, Yanagawa et coll. (1989) et Mori et coll. (1991) ont formulé des aliments artificiels en incorporant des ingrédients d'aliments pour bétail (poisson, levure, poudre de chrysalide, son de colza, gluten, luzerne, etc.) à 50 % de tourte de tofu qui ont donné de bonnes performances d'élevage de larves de *Bombyx mori*. Il est clair que les composants des aliments, outre leurs effets évidents sur la croissance, le développement et la production de cocons chez le ver à soie (Ito, 1972), affectent la composition larvaire et le fonctionnement métabolique. Dans notre étude, l'élevage des larves de vers à soie sur feuilles de mûrier normales donne des valeurs supérieures à celles obtenues pour les larves élevées sur aliment artificiel pour ce qui concerne la croissance larvaire et les caractères du cocon. Philip (1990) a également observé qu'il y avait de légères différences de taux de croissance larvaire, de production et de qualité de cocons et de soie entre les élevages sur aliment artificiel et les élevages sur feuilles de mûrier normales. La performance supérieure obtenue pour l'élevage sur feuilles de mûrier normales pourrait être due à des appétants chimiques présents dans la feuille de mûrier et gouvemant les habitudes alimentaires du ver à soie (Singh, 1987 ; Ramanjulu et Sudhakar, 1992) et à la faculté du ver à soie d'ingérer, de digérer et de convertir l'azote contenu dans la feuille de mûrier de manière efficace et rapide (Kumar et Kumar, 1992). Parmi les aliments artificiels étudiés, l'aliment B (son de blé et poudre de feuilles de mûrier) donne de meilleurs résultats que les autres aliments pour ce qui concerne l'élevage des vers à soie et la production de cocons. Le son de blé contient de nombreux éléments nutritifs et il se pourrait que ceux-ci aient contribué à augmenter la croissance des vers à soie, entraînant ainsi une amélioration

des caractères du cocon. De même, Alagumalai et coll. (1991) ont observé l'amélioration de la croissance des larves, de la glande séricigène et des caractères du cocon après enrichissement des feuilles de mûrier avec du son de plante légumineuse.

Au vu des résultats et de la discussion présentés ci-dessus, il est clair que l'addition de son de blé dans un aliment artificiel a un effet significatif sur la croissance larvaire et les caractères du cocon du ver à soie *Bombyx mori*.

STUDIES ON SOME BEHAVIOUR REACTIONS AND LIFE LENGTH OF THE SILKMOTH, *BOMBYX MORI* L.

A.T. SHABALINA

Agricultural Academy, 30 Suchodolska Street, 1373 Sofia, Bulgaria.

*Studies were carried out on moth mating behaviour, larva locomotor activity, life length of silkmoths and some traits of performance in **Bombyx mori** L.*

*Breed differences were established in the life length of moths and male mating speed in **Bombyx mori** L.*

Hybrids selected over three generations divergently for fast (F) and slow (S) type of locomotor behaviour showed difference in moth life length and male mating speed.

The cocoons with the highest weight (H) and lowest weight (L) were chosen from 211 hybrids-II and 142 hybrids F 1071. The moths emerged from H cocoons had a statistically significant shorter life length than those from L cocoons ($P < 0.05-0.001$).

Keywords : *Bombyx mori* L., male mating behaviour, life length of silkmoth, larvae, locomotor behaviour.

INTRODUCTION

Studies on behaviour reactions of insects have been numerous in recent years. The most intensive investigations are with *Drosophila* and particularly its sexual behaviour (Manning, 1961, 1963, 1968; Manning and Hirsh, 1971; Ewing, 1961; Gromko, 1988a, 1988b).

Bombyx mori L. behaviour has been a subject of intensive studies, especially in regard to food behaviour of larvae (for review, see Shabalina and Abadjieva, 1990; Shabalina, 1991). Our investigations on locomotor behaviour of larvae were presented there, too. *Bombyx mori* L. larvae were tested for behaviour according to the method previously described by Shabalina (1989) and selected divergently for this trait. The locomotor behaviour of silkworms was an object for studies by Park and Lee (1987a, 1987b, 1988). Ovipositional behaviour (Yamaoka *et al.*, 1976; Manjulakumari and Geethabali, 1991) and emergence behaviour (Oshiki and Watanabe, 1978a, 1978b) have been investigated in *Bombyx mori* L. Data about the sexual behaviour of *B. mori* L. are scarce (Inoko, 1983; Sasaki and Jibiki, 1985). In a series of investigations, the life length of silkmoths was connected with the breed and infection rate of silkworms (Yankov and Lakov, 1966).

The aim of the present study was to establish a particular relationship between some behaviour reactions and life length of the silkmoth, *Bombyx mori* L.

MATERIALS AND METHODS

Experiments were carried out on silkmoths of two breeds, 5.2 of Soviet origin and T20 of Japanese origin, and hybrids whose origin is from larvae tested for their locomotor behaviour according to a previously described method (Shabalina, 1989). As a result of divergent selection for

three generations on this trait, 2 lines (F and S) have been established, differing by their locomotor activity (Shabalina, 1991).

In the present study, data about male mating behaviour, moth life length and performance parameters (cocoon weight) of the lines, F and S, are presented. The sexual activity of male silkmoths was characterized by mating speed.

Two group weight variants were chosen from cocoons of hybrids H and F-1071, designated as H-group (with the highest weight) and L-group (with the lowest weight). From 211 cocoons of hybrid 71, 50 were separated for group H and 51 for group L. Accordingly, 28 were chosen for group H and 20 for group L from 142 cocoons of hybrid F-1071.

The life length of silkmoths emerged from those cocoons was monitored daily.

Statistical analysis was performed by Student's 't' test.

RESULTS AND DISCUSSION

The data on the life length of 583 female and male silkmoths are presented in Table I, because no significant sexual differences for this trait were obtained. The moths of hybrid F-1071 had the longest life span (17.17 days). The difference in the life length between specimens of hybrids and those of T-20 breed is significant at $P < 0.001$, compared to 5,2 breed at $P < 0.01$. The silkmoths of T-20 breed had the shortest life length (11.91 days). All the hybrids of F-1071 were from one pair of moths, selected for the locomotor behaviour of F type.

Table I. Moth life length of *Bombyx mori* L. from different breeds.

Tableau I. Durée de vie des papillons chez différentes souches de *Bombyx mori* L.

No.	Breeds and hybrids	N	$\bar{X} \pm SD$ (days)	Difference between	P <
N*	Souches et hybrides	N	$\bar{X} \pm SD$ (jours)	Différence entre	P<
1	5.2	108	15.48 ± 0.48	1-2	0.001
2	T-20	122	11.91 ± 0.27	2-3	0.001
3	Hybrid-71	211	16.30 ± 0.48	3-1	-
4	Hybrid F-1071	142	17.17 ± 0.39	4-1	0.01
				4-2	0.001
				4-3	-

SD : Standard deviation / *Ecart type*.

When specimens of hybrid H-71 were separated into F and S lines, 123 silkmoths of F-type behaviour showed shorter life length (15.72 ± 0.36 days), compared to 88 of S-type (17.17 ± 0.50 days). The difference is significant at $P < 0.05$.

An interesting relationship was observed when studying the performance behaviour parameters of those hybrids: specimens of high cocoon weight had a shorter life length compared to those of low cocoon weight (Table II). A particularly great difference was observed in hybrid silkmoths F-1071, where all specimens were full sibs. Female silkmoths from cocoons weighing 2900-3300 mg and male

ones of over 2300 mg, were included in the H-group. The life length of those silkmooths was 15.21 ± 0.78 days, compared to 19.10 ± 0.70 days in the L-group ($P < 0.001$).

No statistically significant differences in the life length were observed in F-1071 silkmooths in regard to silk shell weight. One possible reason for this could be the regularly high silk shell weight (606 mg for a female group and 580 mg for a male group), so it was impossible to isolate the L type.

Hybrid 71 showed different parameters. Female specimens of this hybrid, separated according to the silk shell weight in H group (over 600 mg) and L group (under 500 mg) differed significantly for life length. Forty-nine moths of H group lived 15.33 ± 0.62 days and 50 specimens of L type 17.58 ± 0.60 days ($P < 0.01$).

Table II. Moth life length in relation to fresh cocoon weight of *Bombyx mori* L.

Tableau II. Durée de vie des papillons en fonction du poids des cocons frais de *Bombyx mori* L.

Hybrids	Type of cocoons	N	$\bar{X} \pm SD$ (days)	P <
Hybrides	Type de cocons	N	$\bar{X} \pm SD$ (jours)	P<
Hybrids-71	H	50	15.87 ± 0.61	0.05
	L	51	17.63 ± 0.64	0.05
Hybrids F-1071	H	28	15.21 ± 0.78	0.001
	L	20	19.10 ± 0.70	0.001

SD : Standard deviation / *Ecart type*.

H : High weight of cocoons (chosen from 211 cocoons of Hybrid-71 with $\bar{X} \pm SD$ 2247 $\pm$ 21, 17 mg and from 142 cocoons of Hybrid F-1071 with 2663 $\pm$ 19.67 mg).

H : Cocons lourds (sélectionnés à partir de 211 cocons de l'hybride 71 dont la moyenne $\pm$ écart type est de 2247 $\pm$ 21,17 mg et à partir de 142 cocons de l'hybride F-1071 dont la moyenne $\pm$ écart type est de 2663 $\pm$ 19,67 mg).

L : Low weight of cocoons (chosen from 211 cocoons of Hybrid-71 and from 142 cocoons of Hybrid F-1071 with average weights of 1842 $\pm$ 12,38 mg and 2221 $\pm$ 18,80 mg, respectively).

L : Cocons légers (sélectionnés à partir de 211 cocons de l'hybride 71 et de 142 cocons de l'hybride F-1071 dont les poids moyens sont respectivement de 1842 $\pm$ 12.38 mg et 2221 $\pm$ 18.80 mg).

Considerable differences were established for sexual behaviour of male silkmooths, depending on the breed (Table III). The silkmooths of F hybrid-1071 had the fastest mating speed behaviour (8.43 ± 0.82 sec.) and those of T-20 breed the slowest (63.2 ± 5.44 sec.). All differences between both breeds and hybrids were significant at $P < 0.01$ -0.001.

The correlation between larva locomotor reaction and sexual behaviour of male silkmooth was established in specimens of F and S lines of hybrid 71, selected for their locomotor activity. Thirty-four male moths of F type of behaviour had an average mating speed of 14.65 ± 2.69 sec., while 28 specimens of S type 25.25 ± 3.48 sec. ($P < 0.05$). The relationship between sexual behaviour and

life length in hybrid 71 was studied. Eighteen male silkmoths of an average mating speed of 4.39 sec. lived 16.22 days and 17 specimens with a mating speed of 49 sec. had 18.59 days of life length.

Table III. Breed differences in male mating speeding in *Bombyx mori* L.

Tableau III. Différence de vitesse d'accouplement des mâles en fonction des souches chez *Bombyx mori* L.

No.	Breeds and hybrids	N	$\bar{X} \pm SD$ (days)	Difference between	P <
N°	Souches et hybrides	N	$\bar{X} \pm SD$ (jours)	Différence entre	P<
1	5.2	42	39.82 ± 4.57	1-2	0.01
2	T-20	55	63.22 ± 5.44	2-3	0.001
3	Hybrid-71	61	23.88 ± 3.17	3-1	0.01
4	Hybrid F-1071	61	8.43 ± 0.82	4-1	0.001
				4-2	0.001
				4-3	0.001

SD : Standard deviation / Ecart type.

CONCLUSIONS

1. Breed differences have been established concerning both life length and mating behaviour of silkmoths.

2. A certain negative relationship exists between cocoon weight and life length of silkmoths from these cocoons in hybrids.

3. Hybrids, divergently selected for their larval locomotor behaviour (F and S types), showed some differences both in moth life length and male mating speed behaviour.

REFERENCES

- EWING A.W. (1961) Body size and courtship behaviour in *Drosophila melanogaster*. Anim. Behav., 9(1-2), 93-99.
- GROMKO M.H., NEWPORT M.E.A. (1988a) Genetic basis for remating in *D. melanogaster*. II : Responses to selection based on the behaviour of one sex. Behav. Genetics, 18(5), 621-631.
- GROMKO M.H., NEWPORT M.E.A. (1988b) Genetic basis for remating in *D. melanogaster*. III : Correlated response to selection for female remating speed. Behav. Genetics, 18(3), 633-643.
- INOKO H. (1983) Role of tactile signals in courtship behaviour of *Bombyx mori* (Lepidoptera : Bombycidae). Japan J. Appl. Entomol. Zoology, 26(1), 10-14.
- JAMAEKA K., HIRAO T., TAKANO K., ARAI N. (1976) Circadian rhythm of ovipositional behaviour in *Bombyx mori* : oviposition rhythm in mated females. J. Sericult. Sci. Japan, 45(4), 365-374.
- MANNING A. (1961) The effects of artificial selection for mating speed in *D. melanogaster*. Anim. Behav., 9(1-2), 82-92.

- MANNING A. (1963) Selection for mating speed in *D. melanogaster* based on the behaviour of one sex. *Anim. Behav.*, 11(1), 116-120.
- MANNING A. (1967) The control of sexual receptivity in female *Drosophila*. *Anim. Behav.*, 15, 239-250.
- MANNING A. (1968) The effects of artificial selection for slow mating in *D. simulans*. I. The behavioural changes. *Anim. Behav.*, 16, 108-113.
- MANNING A., HIRSCH J. (1971) The effects of artificial selection for slow mating in *D. simulans*. II. Genetic analysis of the slow-mating line. *Anim. Behav.*, 19, 448-453.
- MANJULAKUMARI D., GEETHABALI M. (1991) Ovipositional response of *B. mori* L. to different textures of the substratum. *Entomon.*, 16(1), 11-15.
- OSHIKI T., WATANABE H. (1978a) Studies on the emergence behaviour in *B. mori*: Relationship between photo-conditions during the pupal stage and mass emergence rhythms. *Environ. Control in Biology*, 16(1), 27-30.
- OSHIKI T., WATANABE H. (1978b) Studies on the emergence behaviour in *B. mori*. 2: Relationship between formation of emergence rhythms and neurosecretion of the brain. *Environ. Control in Biology*, 16(2), 41-46.
- PARK Y.K. (1987a) Studies on the behavioural response in silkworm larvae, *B. mori*: Strain difference on walking distance. *Korean J. Sericult. Sci.*, 29(2), 15-23.
- PARK Y.K., LEE H.P. (1987b) Studies on the behavioural response in silkworm larvae, *Bombyx mori*. I. The effects of color on walking distance. *Korean J. Entomol.*, 17(3), 161-170.
- PARK Y.K., LEE S.P., LEA H.Z. (1988) Studies on the behavioural response in silkworm larvae, *B. mori*. Genetic analysis and correlated response to economic characters of walking distance. *Sericult. J. Korea*, 30(1), 8-19.
- SASAKI M., JIBIKI F. (1985) Timing of the sexual behaviour of wild and domestic silkmoths. *Appl. Entomol. Zool.*, 20(1), 99-101.
- SHABALINA A.T. (1989) Method for assessing the locomotor behaviour in the silkworm, *Bombyx mori* L. *Compt. Tend. Acad. Bulg. Sci.*, 42(9), 95-98.
- SHABALINA A.T., ABADJIEVA R. (1990) Dynamics of behaviour reactions in *B. mori* L. larvae in relation with breed and sex. *Genetics and Breeding*, 23(3), 249-256.
- SHABALINA A.T. (1991) Divergent selection for F and S types of locomotor behaviour in silkworm, *B. mori* L. *Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci.*, 44(12), in press.
- YANKOV A., LAKOV I. (1966) Study of the correlation between the life length of the silkmoth (*B. mori*) and the pebrine infection. *Anim. Sci.*, 3(2), 243-252.

ETUDES SUR QUELQUES REACTIONS DE COMPORTEMENT ET SUR LA DUREE DE VIE DU PAPILLON CHEZ LE VER A SOIE *BOMBYX MORI* L.

A. T. SHABALINA

Agricultural Academy, 30 Suchodolska Street, 1973 Sofia, Bulgarie.

*Des études ont été menées sur l'accouplement des papillons, l'activité locomotrice des larves, la durée de vie des papillons et quelques caractères de performance chez *Bombyx mori* L.*

*Selon les lignées de *Bombyx mori* L., des différences de durée de vie chez les papillons et de vitesse d'accouplement du mâle ont été mises en évidence.*

Des hybrides sélectionnés de façon divergente sur trois générations en fonction de leur locomotion rapide (F) ou lente (S) présentent des différences pour la durée de vie du papillon et pour la vitesse d'accouplement du mâle.

Les cocons les plus lourds (H) et les moins lourds (L) ont été choisis parmi 211 hybrides H et 142 hybrides F-1071. Les papillons qui sont sortis des cocons H ont une durée de vie statistiquement plus courte que ceux sortis des cocons L ($P < 0,05$ - $0,001$).

INTRODUCTION

De nombreuses études sur les réactions de comportement des insectes ont été réalisées ces dernières années. Les recherches les plus intensives ont été faites sur *Drosophila* et plus particulièrement sur ses comportements sexuels (Manning, 1961, 1963, 1967, 1968 ; Manning et Hirsh, 1971 ; Ewing, 1961 ; Gromko, 1988a, 1988b).

Le comportement de *Bombyx mori* L. a été le sujet d'études intensives, notamment pour ce qui est des habitudes alimentaires des larves. Les revues de Shabalina et Abadjieva (1990) et Shabalina (1991) présentent ces travaux ainsi que nos recherches sur le comportement de locomotion des larves. Le comportement des larves *Bombyx mori* L. a été testé selon une méthode déjà décrite (Shabalina, 1989) et la sélection effectuée de façon divergente selon ces mêmes caractéristiques. Les comportements de locomotion des vers à soie ont déjà été l'objet d'études réalisées par Park et Lee (1987a, 1987b). Le comportement ovipositionnel (Yamaoka et coll., 1976 ; Manjulakumari et Geethabali, 1991) et le comportement d'émergence chez *Bombyx mori* L. ont été étudiés par Oshiki et Watanabe (1978a, 1978b). En revanche, les données sur les comportements sexuels de *Bombyx mori* L. sont rares (Ynoko, 1983 ; Sasaki et Jibiki, 1985). Dans une série d'études, la durée de vie des papillons a été mise en corrélation avec la race et le taux d'infestation des vers à soie (Yankov et Lakov, 1966).

Le but de la présente étude est de vérifier s'il existe une relation particulière entre quelques réactions comportementales et la durée de vie du papillon *Bombyx mori* L.

MATERIELS ET METHODES

Des expériences ont été menées sur des papillons de deux races (5.2 d'origine soviétique et T-20 d'origine japonaise) et sur des larves hybrides sélectionnées en fonction de leurs activités de

locomotion, selon la méthode décrite plus haut (Shabalina, 1989). Après une sélection divergente sur trois générations en fonction de ces caractères, deux lignes F (rapide) et S (lente) ont été définies d'après leur activité de locomotion (Shabalina, 1991).

Notre étude traite de l'accouplement des mâles, de la durée de vie des papillons et de certains paramètres de performance (poids des cocons) des lignes F et S. L'activité sexuelle des papillons mâles y est caractérisée par la vitesse d'accouplement.

Deux groupes de poids différents (le groupe H pour les cocons les plus lourds et le groupe L pour les cocons les moins lourds) ont été choisis parmi les cocons d'hybrides H et d'hybrides F-1071. Sur 211 cocons d'hybrides H, 50 ont été incorporés au groupe H et 51 au groupe L. De la même façon, sur 142 cocons d'hybrides F-1071, 28 ont été incorporés au groupe H et 20 au groupe L.

La durée de vie des papillons issus de ces cocons a été enregistrée jour après jour.

Une analyse statistique a été réalisée selon le test T de Student.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les données sur la durée de vie de 583 papillons, mâles et femelles, sont exposées dans le tableau I, mais aucune différence significative entre les sexes n'est apparue. Les papillons de l'hybride F-1071 ont la vie la plus longue (17,17 jours). La différence de durée de vie entre ces hybrides et ceux de la lignée T-20 est significative à $P < 0,001$, contre $P < 0,01$ avec ceux de la lignée 5.2. Les papillons de la race T-20 ont la durée de vie la plus courte (11,91 jours). Tous les hybrides F-1071 sont issus d'un couple de papillons, sélectionné en fonction de son comportement de locomotion du type F.

Quand les hybrides H-71 ont été répartis en ligne F ou S, 123 papillons de type F ont montré une durée de vie plus courte ($15,72 \pm 0,36$ jours contre $17,17 \pm 0,50$ jours pour 88 papillons de type S). La différence est significative à $P < 0,05$.

Une relation intéressante a été observée lors de l'étude des paramètres de performance de ces hybrides : les spécimens dont le cocon pesait le plus lourd ont une durée de vie plus courte que ceux dont les cocons pèsent le moins (Tableau II). Une différence particulièrement importante a été observée chez les papillons hybrides F-1071, tous consanguins. Des papillons femelles issus de cocons pesant entre 2900 et 3300 mg et des mâles dont les cocons pesaient plus de 2300 mg ont été inclus dans le groupe H. La durée de vie de ces papillons était de $15,21 \pm 0,78$ jours, contre $19,10 \pm 0,70$ pour ceux du groupe L ($P < 0,001$).

Nous n'avons pas observé de différence statistique significative entre les durées de vie chez les papillons F-1071 selon le poids de la coque. Une des raisons possibles pour l'expliquer pourrait être que le poids de leur cocon est toujours remarquablement important (606 mg pour les femelles et 580 mg pour les mâles), ce qui rend très difficile la séparation du groupe de type L.

L'hybride 71 présente des paramètres différents. Des spécimens femelles de cet hybride, répartis en fonction du poids de la coque en groupe H (plus de 600 mg) et groupe L (moins de 500 mg) ont montré une différence de durée de vie significative. Quarante-neuf papillons du groupe H ont vécu $15,33 \pm 0,62$ jours et 50 spécimens de type L, $17,58 \pm 0,60$ jours ($P < 0,01$).

Des différences considérables ont été établies dans le comportement sexuel des papillons mâles en fonction de la race (Tableau III). Les papillons de l'hybride F-1071 ont le comportement d'accouplement le plus rapide ($8,43 \pm 0,82$ sec.) et ceux de la race T-20 le plus lent ($63,2 \pm 5,44$ sec.). Toutes les différences entre les groupes et les hybrides sont significatives à $P < 0,01-0,001$.

La corrélation entre les réactions de locomotion des larves et le comportement sexuel des papillons mâles a été établie chez les spécimens des groupes F et S de l'hybride 71, répartis en fonction de leur activité de locomotion. Trente-quatre papillons mâles du type F avaient une vitesse d'accouplement moyenne de $14,65 \pm 2,69$ sec., contre $25,25 \pm 3,48$ sec. pour 28 spécimens de type S ($P < 0,05$). La relation entre le comportement sexuel et la durée de vie chez l'hybride 71 a été étudiée. Dix-huit papillons mâles avec une vitesse d'accouplement moyenne de 4,39 sec. ont vécu 16,22 jours et 17 spécimens d'une vitesse d'accouplement de 49 sec. ont eu une durée de vie de 18,59 jours.

CONCLUSION

1') Des différences entre les races ont été établies en ce qui concerne la durée de vie et le comportement sexuel des papillons.

2') Une certaine relation négative existe entre le poids des cocons et la durée de vie des papillons de ces cocons hybrides.

3') Des hybrides choisis de façon divergente en fonction du comportement de locomotion de leurs larves (types F et S) montrent des différences à la fois dans leur durée de vie et dans la rapidité d'accouplement de leurs mâles.

VARIABILITY AND CORRELATION IN SOME QUANTITATIVE CHARACTERS IN THE OAK TASAR SILKWORM, *ANTHERAEA PROYLEI* (LEP., SAT.)

S.Y. RAJENDRA, P.K. DAS & M.K.R. NOAMANI

Regional Tasar Research Station, P.O. Mantripukhri, Imphal - 795 002, Manipur, India.

Genotypic, phenotypic variability and genetic parameters, viz. heritability, genetic coefficient of variability and genetic advance in percentage of the mean were estimated for fecundity, weight of caterpillar, pupa, cocoon, shell and hatching in A. proylei. High genetic variability was obtained for fecundity and hatching. A high heritability value along with a high genetic coefficient of variability were obtained for fecundity, pupal weight, cocoon weight and shell weight. Computation of the relationship between these characters showed high value of significant and positive genotypic and phenotypic correlation coefficient for fecundity and pupal weight, pupal weight and caterpillar weight.

Keywords : *Antheraea proylei*, silkworm, variability, heritability, genetic coefficient of variability, genetic advance correlation coefficient, fecundity, hatching.

INTRODUCTION

The existence of variation in a population constitutes a primary source for selection of a trait for improvement. Selection of a breed for improvement requires extent of genetic variability present in the breeding material (Hoy, 1976). In the case where the genotype is independently associated with the environment, phenotypic variance can be partitioned into due to genotypes and environments (Emigh, 1977). Information on genetic analysis for application in breeding programmes in silk worms, particularly in oak tasar silkworms, is limited. The present studies were aimed at studying the genetic variability and interrelationship between metric traits in *Antheraea proylei*.

MATERIALS AND METHODS

Caterpillars of *A. proylei* were reared on *Quercus serrata* at Regional Tasar Research Station, Imphal, by adopting the randomised block design with four replications having 300 worms per replication. The caterpillars were reared under the prevailing agroclimatic conditions during spring. Observations were made on fecundity, hatching, weight of caterpillar, cocoon, pupa and shell. The data were computed by following standard statistical methods (Aljibouri *et al.*, 1955 ; Panse and Sukhateme, 1967).

RESULTS AND DISCUSSION

It is revealed from Table I that there were significant differences in all the characters studied. The estimates of the components of variance showed that genotypic and phenotypic variability was high for the characters fecundity, hatching and caterpillar weight. A high genetic coefficient of variability was obtained for shell weight, cocoon weight and pupal weight. Heritability was high for all the characters studied. The present observation is in agreement with those of Petkov (1975) and

Table I. Range of variability for different characters in *A. proylei*.Tableau I. Fourchettes de variabilité pour différents caractères chez *A. proylei*.

Character	Range	Mean $\pm$ SE	Observed F value
Caractère	Fourchette	Moyenne $\pm$ SE	Valeur F observée
Fecundity / Fécondité	99-175	137 $\pm$ 5.38	2.5*
Hatching / Ecllosion	54.6-90.4	84.3 $\pm$ 2.30	0.34
Pupal weight / Poids de la chrysalide	4.8-5.3	5.2 $\pm$ 0.13	2.46*
Caterpillar weight / Poids larvaire	17.9-19.5	18.6 $\pm$ 0.55	2.50*
Cocoon weight / Poids du cocon	5.2-7.1	6.1 $\pm$ 0.09	4.9**
Shell weight / Poids de la coque	0.5-0.7	0.6 $\pm$ 0.01	13.3**

SE : Standard error / Ecart type.

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

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

Table II. Genetic variability in respect of six characters in *A. proylei*.Tableau II. Variabilité génétique pour six caractères chez *A. proylei*.

Character	Variance due to		Genetic coefficient of variation	Heritability	Genetic advance in percentage of mean
	Genotypic	Phenotypic			
Caractère	Variance due au		Coefficient génétique de variation	Héritabilité	Progression génétique en pourcentage de la moyenne
	Génotype	Phénotype			
Fecundity / Fécondité	8.1	13.5	2.1	60.0	331.5
Hatching / Ecllosion	8.9	9.8	3.5	90.7	692.1
Caterpillar weight / Poids larvaire	1.0	1.7	5.4	59.9	861.1
Pupal weight / Poids de la chrysalide	0.3	0.5	10.0	58.7	1573.2
Cocoon weight / Poids du cocon	0.8	1.0	14.7	80.0	2701.6
Shell weight / Poids de la coque	0.009	0.01	15.8	90.0	3090.0

Sen *et al.* (1976), who obtained a high value of heritability for cocoon weight and shell weight in *Bombyx mori* and *Antheraea mylitta*. It was further observed from Table II that a high value of heritability along with a high value of genetic advance in percentage of mean were obtained for shell weight, cocoon weight and pupal weight. This value was moderately high for the rest of the characters. It can be inferred that large amounts of additive gene action exist in these characters.

The genotypic and phenotypic correlation coefficients are presented in Table III. It reveals from the table that, except hatching which had a negative correlation coefficient with all components, the other component characters had positive correlation with each other. Estimates of genotypic correlation among six characters ranges from 0.054 to 0.836 and that of phenotypic correlation varies from 0.007 to 0.530. The genotypic correlation coefficient was high for weight of caterpillar and fecundity (0.836) followed by caterpillar weight and pupal weight (0.617) and pupal weight and fecundity (0.436). A highly significant and positive phenotypic correlation coefficient was obtained for caterpillar weight and fecundity (0.530). The genotypic and phenotypic correlation value was the least between pupal weight and shell weight, caterpillar weight and shell weight (Table III). The present results are in agreement with the earlier findings of Sangi and Sharma (1964), Roychoudhury (1968) and Mital and Thomas (1969). The magnitude and positive nature of genetic correlation indicates that simultaneous selection for caterpillar weight, pupal weight in this silkworm would be effective for improvement of fecundity. Rajendra and Bardaiyar (1982), Rajendra and Prasad (1987) and Rajendra and Das (1990) emphasised the need of positive and significant relationship between pupal weight and fecundity in *A. proylei* and *P. ricini*.

The observation of positive and low value of correlation coefficient value for the character pairs in the present study indicates the low utility of these characters for selective breeding.

Table III. Genotypic and phenotypic correlation coefficients between different characters in *A. proylei*.

Tableau III. Coefficients de corrélation génotypique et phénotypique entre différents caractères chez *A. proylei*.

Caractère		Hatching	Caterpillar weight	Cocoon weight	Shell weight	Fecundity
Caractère		Eclosion	Poids larvaire	Poids du cocon	Poids de la coque	Fécondité
Pupal weight	G	0.160	0.617**	0.005	0.009	0.436**
Poids de la chrysalide	P	0.234		0.043	0.007	0.275
Hatching	G		-0.254	-0.224	-0.023	-0.720**
Eclosion	P		0.450**	0.348	0.034	0.274
Caterpillar weight	G			0.203	0.018	0.846**
Poids larvaire	P			0.145	0.014	0.530**
Cocoon weight	G				0.285*	0.574**
Poids du cocon	P				0.011	0.408**
Shell weight	G					0.054
Poids de la coque	P					0.041

G : Genotypic / Génotypique.
P : Phenotypic / Phénotypique.

* Significant at 5 % / Significatif au seuil de 5 %.
** Significant at 1 % / Significatif au seuil de 1 %.

The components of variability, genetic parameters, viz. genotypic coefficient of variability, heritability and genetic advance in the percentage of mean, were estimated for six characters in *A. proylei*. These values showed significant variations. Genotypic and phenotypic correlations among different components exhibited high and positive association for caterpillar weight, pupal weight, fecundity and cocoon weight. Comparison of predicted response under individual and index selection show that selection on an index based on these characters will give maximum response for improvement of fecundity.

REFERENCES

- ALJIBOURI N.A., MILLER P.A., ROBINSON H.F. (1955) Genetic and environmental variances and covariances in upland cotton crosses of inter-specific origin. *Agron. J.*, 50, 633-637.
- EMIGH T.H. (1977) Partition of phenotypic variance under unknown dependent association of genotypes and environments. *Bionomics*, 33(3), 505-514.
- HOY M.A. (1976) Genetic improvement of insects : Facts and fantasy. *Evion. Entomol.*, 5(5), 833-839.
- MITAL S.P., THOMAS T.A. (1969) Correlation and selection indices in improvement of seed yield in guar. *Indian J. Genet.*, 29, 10-17.
- PANSE V.G., SUKHATEME P.V. (1967) Statistical methods for agricultural workers. ICAR, New Delhi.
- PETKOV N. (1975) Inheritance of some character crosses between inbred lines of *Bombyx mori* L. for commercial feeds during summer and autumn months. I. Cocoon, shell and pupal weights. *Genet. Sel.*, 8(5), 400-405.
- RAJENDRA S.Y., BARDAIYAR V.N. (1982) Studies on the ovipositional behaviour and relationship between body weight and fecundity in *Antheraea proylei*. *Orient. Zool.*, 2, 109-110.
- RAJENDRA S.Y., PRASAD B. (1987) Correlation among body weight and fecundity in eri silkworm, *Philosamia ricini* Hutt. (Lep. : Saturniidae). *Sericologia*, 27(1), 49-60.
- RAJENDRA S.Y., DAS P.K. (1990) Effect of selection pressure on fecundity in oak tasar silkworm, *Antheraea proylei* J. (Lep. Sat.). In press.
- ROYCHAUDHURY A.D. (1968) Genotype, phenotype and environmental correlations of quantitative characters in aman paddy. *Trans. Bose Res. Inst.*, 3(1), 1-8.
- SEN S.K., SENGUPTA A.K., DAS M.G., JOLLY M.S. (1976) Studies on genetic variability, correlation, path coefficient analysis and discriminant functions in *Antheraea mylitta* D. *Indian J. Seric.*, 15, 9-14.
- SANGI A.K., SHARMA S.K. (1964) Correlation studies in guar. *Indian J. Genet.*, 24, 282-285.

VARIABILITE ET CORRELATION DE QUELQUES CARACTERES QUANTITATIFS CHEZ LE VER A SOIE TASAR DU CHENE *ANTHERAEA PROYLEI* (LEP. SAT.)

S.Y. RAJENDRA, P.K. DAS & M.K.R. NOAMANI

Regional Tasar Research Station, P.O. Mantripukhri, Imphal - 795 002, Manipur, Inde.

La variabilité génotypique et phénotypique et les paramètres génétiques tels l'héritabilité, le coefficient génétique de variabilité et la progression génétique en pourcentage par rapport à la moyenne ont été évalués pour la fécondité, le poids de la chenille, de la chrysalide, du cocon et de la coque, ainsi que pour l'éclosion chez A. proylei. Une importante variabilité génétique a été obtenue pour la fécondité et l'éclosion. Pour la fécondité, le poids de la chrysalide, le poids du cocon et le poids de la coque, nous avons obtenu une valeur importante d'héritabilité ainsi qu'un coefficient génétique de variabilité et de progression génétique en pourcentage par rapport à la moyenne très élevé. L'analyse des relations entre ces caractères montre un important coefficient de corrélation génotypique et phénotypique significative et positive, pour la fécondité par rapport au poids de la chrysalide et pour le poids de la chrysalide par rapport au poids de la chenille.

INTRODUCTION

L'existence de variation dans une population constitue une première source pour la sélection d'un caractère à améliorer. La sélection dans une race pour l'améliorer nécessite de la variabilité génétique chez le matériel élevé (Hoy, 1976). Au cas où un génotype serait associé de façon indépendante à son environnement, la variance phénotypique pourrait être partagée entre les génotypes et les environnements (Einigh, 1977). Il y a peu d'informations sur les analyses génétiques applicables aux programmes de reproduction des vers à soie et plus particulièrement des vers à soie tassar du chêne. Cette étude se propose d'étudier la variabilité génétique et les interrelations entre les caractères quantitatifs chez *Antheraea proylei*.

MATERIELS ET METHODES

Des chenilles *A. proylei* ont été élevées sur *Quercus serrata* à la Regional Tasar Research Station, Imphal, en adoptant la méthode des blocs aléatoires, avec quatre réplicats de 300 larves chacun. Les chenilles ont été élevées sous les conditions agro-climatiques qui prévalent au printemps. La fécondité, l'éclosion, le poids des chenilles, des chrysalides et des cocons ont été observés. Les données qui en sont issues ont été traitées suivant les méthodes statistiques standards (Aljibouri et coll., 1955 ; Panse et Sukhateme, 1967).

RESULTATS ET DISCUSSION

Le tableau I montre qu'il y a des différences significatives entre tous les caractères étudiés. Les estimations des composés de la variance montrent que les variabilités génotypique et phénotypique sont importantes pour les caractères de fécondité, d'éclosion et de poids de la chenille. Le poids de la coque, le poids du cocon et le poids de la chrysalide présentent un important coefficient de variabilité génétique. L'héritabilité est importante pour tous les caractères étudiés. Cette observation concorde

avec celles de Petkov (1975) et de Sen et coll. (1976) qui ont obtenu une valeur d'héritabilité importante pour le poids du cocon et le poids de la coque chez *Bombyx mori* et *Antheraea mylitta*. De plus, on peut remarquer dans le tableau II que les valeurs importantes d'héritabilité et de progression génétique en pourcentage par rapport à la moyenne ont été obtenues pour le poids de la coque, le poids du cocon et celui de la chrysalide. Ce dernier chiffre est moyennement haut par rapport aux autres caractères. Nous pouvons en conclure que de très nombreux gènes additifs ont une action sur ces caractères.

Les coefficients de corrélation génotypique et phénotypique sont présentés dans le tableau III. Ce tableau montre que, hormis l'éclosion qui présente un coefficient de corrélation négatif avec tous les composants, tous les autres caractères ont une corrélation positive les uns avec les autres. Les estimations de corrélation génotypique des six caractères s'échelonnent entre 0,054 et 0,836 et celles de la corrélation phénotypique varient de 0,007 à 0,530. Le coefficient de corrélation génotypique est important pour le poids de la chenille par rapport à la fécondité (0,836) et un peu moins pour celui du poids de la chenille par rapport au poids de la chrysalide (0,617) ou celui du poids de la chrysalide par rapport à la fécondité (0,436). Un coefficient de corrélation phénotypique extrêmement significatif et positif est obtenu pour le poids de la chrysalide par rapport à la fécondité (0,530). Les corrélations génotypique et phénotypique les plus basses sont celles du poids de la chrysalide par rapport au poids de la coque et du poids de la chenille par rapport au poids de la coque (Tableau III). Ces résultats concordent avec les découvertes plus anciennes de Sangi et Sharma (1964), Roychoudhury (1968) et Mital et Thomas (1969). La corrélation génétique importante et positive indique que la sélection simultanée en fonction du poids de la chenille et du poids de la chrysalide chez ce ver à soie serait efficace pour améliorer la fécondité. Rajendra et Bardaiyar (1982), Rajendra et Prasad (1987) et Rajendra et Das (1990) ont souligné le besoin de relations significatives et positives entre le poids de la chrysalide et la fécondité chez *A. proylei* et *P. recini*.

L'observation de la valeur du coefficient de corrélation positif mais faible pour les paires de caractères étudiés ici montre la faible utilité de ces caractères dans la reproduction sélective.

Le composant de variabilité, les paramètres génétiques tels que le coefficient génotypique de variabilité, l'héritabilité et la progression génétique en pourcentage par rapport à la moyenne ont été établis pour six caractères chez *A. proylei*. Ces valeurs présentent des variations significatives. Les corrélations génotypiques et phénotypiques entre les différents composés témoignent de liens importants et positifs entre le poids de la chenille, le poids de la chrysalide, la fécondité et le poids du cocon. La comparaison entre les réponses attendues après une sélection individuelle et une sélection par indexage montre qu'une sélection selon un indice basé sur ces caractères devrait donner des résultats optimaux en matière d'amélioration de la fécondité.

GENETIC VARIABILITY IN TECHNOLOGICAL CHARACTERS - FIRST REPORT IN *ANTHERAEA MYLITTA* D.

A.A. SIDDIQUI* & A.K. SENGUPTA*

Central Tasar Research and Training Institute, P.O. Piska Nagri - 835 303, Ranchi, India.

*Thirty-five genotypes of tropical tasar silkworm species of *Antheraea mylitta* D. emanating from different sources were reared and cocoons were subjected to reeling. Data were recorded for five technological characters, viz. denier, filament length, reelability percentage, reelability ratio and shell weight. Genotypic and phenotypic variation, correlation and path analysis were done for shell weight and four technological characters. The above studies suggest that traits like denier, reelability ratio and filament length can be improved further if selection is practised.*

Keywords : *Antheraea mylitta* D., heritability, additive gene, dominance, epistasis, selection, improvement.

INTRODUCTION

Until recently, population structure and genetic parameters have been studied predominantly using quantitative morphological traits only like absolute silk yield and other yield components, viz. fecundity, larval span, larval weight, effective rate of rearing, cocoon weight, pupal weight, shell weight and shell ratio in *Antheraea mylitta* D. (Sen *et al.*, 1976 ; Siddiqui *et al.*, 1985, 1988, 1989a, 1989b). Since the species produces tasar silk fibre of commercial importance, naturally the genetic analysis of the technological properties should have been carried out but no effort has so far been made in this direction. Considering the importance of technological qualities of tropical tasar silk we present the genetic analysis of technological characters like filament length, denier, reelability percentage, reelability ratio and shell weight for the first time in the tropical tasar producing species, *A. mylitta* D.

MATERIALS AND METHODS

The rearing of 35 genotypes was conducted in randomised block design with four replications at Central Tasar Research and Training Institute, Piska Nagri Farm (Ranchi, India) during commercial crop, 1988. Considering the worms brushed from one disease-free laying as one replication, 10 cocoons were selected randomly and subjected to reeling keeping constant of reeling machine and reeler. Data were recorded for filament length, denier, reelability percentage, reelability ratio and shell weight. Reelability percentage and reelability ratio were worked out following the method of computations of Krishnaswami *et al.* (1972).

Genetic variability and correlation coefficients were worked out according to Burton (1952) and Miller *et al.* (1958). Direct and indirect effects of different characters on shell weight were also carried out as per the method given by Dewey and Lu (1959).

* Present address : Regional Muga Research Station, Boko 781 123, Kamrup, Assam, India.

RESULTS AND DISCUSSION

Variability :

Both phenotypic and genotypic coefficients of variation (PCV and GCV) were fairly high for reelability ratio. Denier, filament length and shell weight had medium and reelability percentage had low GCV and PCV (Table I). Since GCV itself would not provide a reliable measure of the heritable variations, heritability estimates were considered along with it. The estimates of heritability in the broad sense ranged from 27.50 % for reelability percentage to 71.43 % for shell weight. All the characters had high heritability except denier and reelability percentage which had moderate heritability. However, estimation of heritability in the broad sense has limitations because it includes both additive and non-additive gene effects. Therefore, estimates of heritability in the broad sense would be more meaningful if accompanied by the estimate of genetic advance because heritability estimates coupled with high expected genetic advance is a more effective tool for selection than heritability alone (Johnson *et al.*, 1955). Similar results have been obtained by Petkov and YOLOV (1979, 1980) and Petkov (1981a), they have reported high heritability for filament length in *B. mori*. OZDZENSKA and KREMKY (1987) observed the lowest heritability for filament length and silk yield and such differences in heritability may be attributed to the materials/lines/races used, year of the experiment and also the evolutionary history of the lines and races.

Table I. Genetic parameters of shell weight and four technological characters.

Tableau I. Paramètres génétiques du poids de la coque et de quatre caractères technologiques.

Characters	Mean $\pm$ SE	PCV (%)	GCV (%)	Heritability (%)	Genetic advance in % of mean
Caractères	Moyenne $\pm$ SE	PCV (%)	GCV (%)	Héritabilité (%)	Progression génétique en pourcentage de la moyenne
Filament length / Longueur du filament (m)	877.09 $\pm$ 44.90	16.10	12.10	58.50	19.41
Denier / Denier	12.25 $\pm$ 0.91	18.34	10.58	33.30	12.56
Reelability / Dévidabilité (%)	72.29 $\pm$ 2.45	8.08	4.24	27.50	4.58
Reelability ratio / Taux de dévidabilité	29.37 $\pm$ 3.72	38.75	29.01	56.0	44.73
Shell weight / Poids de la coque (g)	2.06 $\pm$ 0.31	12.84	10.85	71.43	18.93

SE : Standard error / Ecart type.

PCV : Phenotypic coefficient of variation / Coefficient de variation phénotypique.

GCV : Genotypic coefficient of variation / Coefficient de variation génotypique.

Estimates of genetic advance ($K=2.06$) expressed as percentage of mean ranged from 4.58 for reelability percentage to 44.73 for reelability ratio. Filament length and shell weight showed moderate estimates. Reelability ratio had high estimates of heritability accompanied by high genetic advance, perhaps owing to the predominance of additive gene effects, which suggests the possibility of a larger

response to selection and greater chances for improvement of shell weight. Denier and reelability percentage had moderate estimates of heritability with low genetic advance, indicating that non-additive (dominance and epistasis) gene effects are predominant, progress in the improvement of these characters through selection would be slow. Selection may be effective for reelability ratio, shell weight and filament length, since these characters possess a high value for heritability, genetic advance and variation.

Correlation coefficient :

The genotypic correlation coefficients were higher than the respective phenotypic correlation coefficients (Table II), which indicates the importance of gene effects and could be useful guidelines in a breeding programmes. Shell weight had positive and significant genotypic and phenotypic correlation with denier and reelability ratio while it had positive and significant phenotypic correlation with filament length but a negative and significant relationship was found at genotypic level. Parallel observations with many commercial characters have been reported by many workers. Petkov (1981a) observed a negative phenotypic correlation between cocoon weight and silk richness in *B. mori*, on the other hand Ozdzenska and Kremky (1987) observed a positive and significant genotypic correlation between cocoon weight and silk richness in *B. mori*. The above results thus indicated that simultaneous improvement of all these characters may help in an increase in shell weight.

Table II. Phenotypic and genotypic (in parentheses) correlations among shell weight and four technological characters.

Tableau II. Corrélations phénotypique et génotypique (entre parenthèses) entre le poids de la coque et quatre caractères technologiques.

Characters	Filament length (m)	Denier (no.)	Reelability (%)	Reelability (ratio)	Shell weight (g)
Caractères	Longueur du filament (m)	Denier (nombre)	Dévidabilité (%)	Dévidabilité (taux)	Poids de la coque (g)
Filament length (m) <i>Longueur du filament (m)</i>	1.0000 (1.0000)	0.0784 (0.7946**)	0.0516 (0.0242)	0.0612 (0.5367**)	0.2189* (-2.2235**)
Denier <i>Denier</i>		1.0000 (1.0000)	-0.0920 (-0.1959)	0.1827 (0.3082**)	0.1998* (0.2728**)
Reelability % <i>Dévidabilité (%)</i>			1.0000 (1.0000)	0.2193* (0.2456*)	0.0606 (0.0799)
Reelability ratio <i>Taux de dévidabilité</i>				1.0000 (1.0000)	0.2182* (0.2685**)
Shell weight / <i>Poids de la coque (g)</i>					

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

Among the other inter-correlations, a significant positive genotypic correlation was observed between filament length, denier and reelability ratio. Reelability percentage was also positively and significantly correlated with reelability ratio and both genotypic and phenotypic level whereas it had a weak relationship with shell weight. Denier was negatively correlated with reelability percentage at genotypic and phenotypic levels.

Path analysis :

The correlation coefficient measures the association between any two characters, however, these may not give a clear picture under a complex situation. The knowledge of direct and indirect effects through path analysis on yield-contributing traits helps in the selection high yielding genotypes. In path coefficient analysis (Table III and Fig. 1), the denier registered the highest direct effect at genotypic level, the correlation coefficient between denier and shell weight was too positive and significant both genotypically and phenotypically. Reelability ratio had positive and significant correlation with shell weight. Similarly, it also had a direct and positive effect at both phenotypic and genotypic levels. Filament length exhibited a negative genotypic correlation and a direct effect on shell weight. This trait had a high positive correlation and indirect effect via denier and reelability ratio. However, it had a positive and significant phenotypic correlation and positive direct effect on shell weight. Reelability percentage showed weak relationship and direct effect on shell weight. The indirect effects via all other attributes were either negative or weak positive.

Table III. Path analysis both at phenotypic and genotypic (in parentheses) level among shell weight and four technological characters.

Tableau III. Analyse "Path" phénotypique et génotypique (entre parenthèses) entre le poids de la coque et quatre caractères technologiques.

Characters	Filament length (m)	Denier (no.)	Reelability (%)	Reelability (ratio)	Correlation (r) with shell weight
Caractères	Longueur du filament (m)	Denier (nombre)	Dévidabilité (%)	Dévidabilité (taux)	Corrélation (r) avec le poids de la coque
Filament length (m) <i>Longueur du filament (m)</i>	0.1948 (-9.3928)	0.0122 (5.5873)	0.0014 (0.0235)	0.0105 (1.5585)	0.2189* (-2.2235)
Denier <i>Denier</i>	0.0153 (-7.4635)	0.1556 (7.0316)	-0.0025 (-0.1903)	0.0314 (0.8950)	0.1998* (0.2728)**
Reelability % <i>Dévidabilité (%)</i>	0.0101 (-0.2273)	-0.143 (-1.3775)	0.0271 (0.9715)	0.0377 (0.7132)	0.0606 (0.0799)
Reelability ratio <i>Taux de dévidabilité</i>	0.0119 (-5.0411)	0.0284 (2.1671)	0.0059 (0.2386)	0.1719 (2.9039)	0.2181* (0.2685)**

Fig. 1 : Path diagram showing direct and indirect correlations at phenotypic and genotypic (parentheses) level.

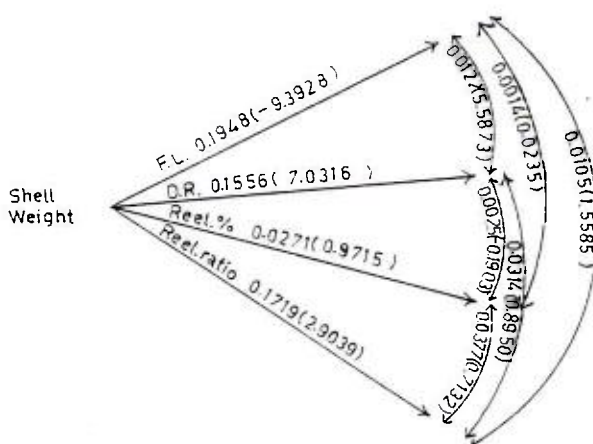
Fig. 1 : Diagramme montrant les corrélations directes et indirectes aux niveaux phénotypique et génotypique (entre parenthèses).

FL : Filament length / Longueur du filament.

DR : Denier / Denier.

→ Direct effect / Effet direct.

← Indirect effect / Effet indirect.



Further, analysis of Table III indicated that positive direct effects of all the characters were more at genotypic level, which indicates that these characters have inherent association with shell weight and thus merit prime importance in selection programmes for shell improvement in *A. mylitta* D. Similar results have also been reported by Yan (1983), Yang (1987) and Yan (1989) in the silkworm, *B. mori* L., for larval weight and fecundity.

Based on the above results it would be useful to give due consideration in selection to the technological characters of *A. mylitta* D. for denier, reelability ratio and filament length which together ultimately give higher quality fibre along with the improvement of silk yield through shell weight.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to Dr N.D. Banarjee, Senior Research Officer (Reeling and Spinning), for providing facilities for reeling of cocoons and Mr A.K. Goel, SRA (Statistics), for data analysis.

REFERENCES

- BURTON G.W. (1952) Quantitative inheritance in grasses. Proc. 6th Int. Grassld. Cong., 1, 277-283.
- JOHNSON H.W., ROBINSON H.F., COMSTOCK R.E. (1955) Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. Agron. J., 314-318.
- KRISHNASWAMI S., MADHAVARAO N.R., SURYANARAYAN S.K., SUNDERMURTHY T.S. (1972) Manuals of sericulture. FAO Agri. Services Bull., Rome, 3, 19-20.
- MILLER P.A., WILLIAMS J.C., ROBINSON H.F., COMSTOCK R.E. (1958) Estimates of genotypic and environmental variances and covariances in upland cotton and their implications in selection. Agron. J., 50, 126-131.
- OZDZENSKA B., KREMKY J. (1987) Estimation of heritability and genetic, phenotypic and environmental correlations in outbred population of mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. Sericologia, 27(4), 633-638.
- PETKOV N. (1981) Variability and correlations between some characteristic features of silkworm, *B. mori*. Genet. Sel., 12(4), 286-291.
- PETKOV N., YOLOV A. (1979) The problem of genotype-environment interaction and inheritance of some characters of *B. mori* L. I. Effect of nutrition. Genet. and Plant Breed., 12(2), 136-139.

- PETKOV N., YOLOV A. (1980) The problem of genotype-environment interaction and inheritance of some characters of *B. mori* L. II. Effect of the season of silkworm feeding. Genet. and Plant Breed., 13(1), 62-66.
- SEN S.K., SENGUPTA A.K., JOLLY M.S. (1976) Studies on genetic variability, correlation and path coefficient analysis, discriminate function in *A. mylitta* D. Indian J. Seric., 15, 9-14.
- SIDDIQUI A.A., DEBNATH A.K., SENGUPTA K. (1985) Variability and correlation studies of shell weight and their contributing traits in *A. mylitta* D. Sericologia, 25(1), 45-50.
- SIDDIQUI A.A., SENGUPTA A.K., KUMAR AJIT, SENGUPTA K. (1988) Genotypic and phenotypic variability of some quantitative characters in *A. mylitta* D. Sericologia, 28(2), 187-192.
- SIDDIQUI A.A., SENGUPTA A.K., DASMAHAPATRA D.P., KUMAR AJIT, GOEL A.K. (1989a) Direct and indirect effects of some quantitative traits on silk yield in *A. mylitta* Drury. Sericologia, 29(2), 205-207.
- SIDDIQUI A.A., SENGUPTA A.K., DAS MAHAPATRA D.P., SENGUPTA K. (1989b) Coheritability and correlation of different characters of *A. mylitta* D. Sericologia, 29(2), 211-214.
- YAN L.L. (1983) Estimates of heritability and genetic correlation of pupal weight, cocoon shell weight and egg number and path analysis in silkworm, *Bombyx mori*. Sci. of Seric., 9(3), 149-155.
- YAN X. (1989) Path analysis of some quantitative characters in silkworm, *B. mori*. Canye kexue, 14(1), 21-24.
- YANG M. (1987) A network of genetic path of some quantitative characters in the silkworm, *Bombyx mori*. Canye kexue, 13(4), 213.

VARIABILITE GENETIQUE DES CARACTERES TECHNOLOGIQUES CHEZ *ANTHERAEA MYLITTA* D.

A.A. SIDDIQUI* & A.K. SENGUPTA*

Central Tasar Research and Training Institute, P.O. Piska Nagri - 835 303, Ranchi, Inde.

*Trente-cinq génotypes de vers à soie tropicaux tasar de l'espèce *Antheraea mylitta* D. provenant de différentes sources ont été élevés et leurs cocons dévidés. Des données ont été enregistrées pour cinq caractères technologiques, à savoir le denier, la longueur du filament, le pourcentage et le taux de dévidabilité et le poids de la coque. Les analyses de la variation génotypique et phénotypique, de la corrélation et de path ont été effectuées pour le poids de la coque et quatre autres caractères technologiques. L'étude ci-dessous suggère que les caractères tels que le denier, le taux de dévidabilité et la longueur du filament peuvent encore être améliorés si la sélection est pratiquée.*

INTRODUCTION

Jusqu'à récemment, la structure de la population et les paramètres génétiques chez *Antheraea mylitta* D. ont été étudiés essentiellement sur des traits morphologiques quantitatifs tels que la production absolue de soie ou encore, entre autres éléments de production, la fécondité, la taille et le poids de la larve, le taux effectif d'élevage, le poids du cocon, le poids de la chrysalide, le poids de la coque et la richesse soyeuse (Sen et coll., 1976 ; Siddiqui et coll., 1985, 1988, 1989a, 1989b). Etant donné que l'espèce produit de la fibre soyeuse tasar d'importance économique, l'analyse génétique de ses propriétés technologiques aurait évidemment dû être réalisée, mais jusqu'à présent aucun effort n'a été fait dans cette direction. Au vu de l'importance des qualités technologiques de la soie du tasar tropical, nous présentons, pour la première fois, l'analyse génétique de caractères technologiques tels que la longueur du filament, le denier, le pourcentage et le taux de dévidabilité et le poids de la coque chez l'espèce tasar tropicale productrice *A. mylitta* D.

MATERIELS ET METHODES

L'élevage de 35 génotypes a été mené selon la configuration des blocs aléatoires avec quatre réplicats, au Central Tasar Research and Training Institute, Piska Nagri Farm (Ranchi, Inde) lors de la récolte commerciale de 1988. Considérant les larves levées d'une ponte saine comme un réplicat, 10 cocons ont été choisis au hasard et mis à dévider sur la même machine à dévider et avec le même fileteur. La longueur du filament, le denier, le pourcentage et le taux de dévidabilité et le poids de la coque ont été enregistrés. Le pourcentage et le taux de dévidabilité ont été étudiés selon la méthode de calcul de Krishnaswami et coll. (1972).

La variabilité génétique et les coefficients de corrélation ont été étudiés selon Burton (1952) et Miller et coll. (1958). Les effets directs et indirects des différents caractères sur le poids de la coque ont également été étudiés selon la méthode de Dewey et Lu (1959).

* Adresse actuelle : Regional Muga Research Station, Boko - 781 123, Kamrup (Assam), Inde.

RESULTATS ET DISCUSSION

Variabilité :

Les deux coefficients phénotypiques et génotypiques de variation (PCV et GCV) du taux de dévidabilité sont relativement élevés. Le denier, la longueur du filament et le poids de la coque ont un PCV et un GCV moyen et le pourcentage de dévidabilité un PCV et un GCV faible (Tableau I). Etant donné que le GCV ne peut fournir à lui seul une mesure fiable des variations héréditaires, des estimations d'hérédabilité sont réalisées en même temps. Les estimations d'hérédabilité au sens large vont de 27,50 % pour le pourcentage de dévidabilité à 71,43 % pour le poids de la coque. Tous les caractères ont une hérédabilité importante, excepté le denier et le pourcentage de dévidabilité. Cependant, l'estimation d'hérédabilité au sens large a des limites car cela inclut tout à la fois les effets de gènes additifs et de gènes non additifs. Aussi les estimations d'hérédabilité au sens large ont-elles bien plus de sens accompagnées d'une estimation de l'amélioration génétique. Les estimations d'hérédabilité associées à une progression génétique hautement probable constitueraient un outil bien plus efficace pour la sélection que la seule hérédabilité (Johnson et coll., 1955). Des résultats similaires ont été obtenus par Petkov et YOLOV (1979, 1980) et Petkov (1981a) qui ont observé une hérédabilité importante pour ce qui est de la longueur du filament chez *B. mori*. Ozdzenska et Kremky (1987) ont observé l'hérédabilité la plus faible pour la longueur du filament et la production soyeuse. De telles différences de résultats à propos de l'hérédabilité pourraient être attribuées aux matériels/lignées/races utilisés, à l'année de l'expérience ou encore à l'histoire évolutive des lignes et des races.

Les estimations de la progression génétique ($K = 2,06$), exprimées en pourcentage de la moyenne, s'échelonnent de 4,58 pour le pourcentage de dévidabilité à 44,73 pour le taux de dévidabilité. Les estimations de la longueur du filament et du poids de la coque sont modérées. Le taux de dévidabilité présente des estimations d'hérédabilité élevées ainsi qu'une importante progression génétique peut-être dues à la prédominance d'effets de gènes additifs, ce qui suggère la possibilité d'une réponse plus large à la sélection et de plus grandes chances d'amélioration du poids de la coque. Le denier et le pourcentage de dévidabilité donnent des valeurs d'hérédabilité modérées, avec une faible progression génétique, ce qui indique que les effets de gènes non additifs (dominance et épistasie) sont prédominants et que le progrès, par la sélection, de l'amélioration de ces caractères serait lent. La sélection pourrait être efficace pour le taux de dévidabilité, le poids de la coque et la longueur du filament étant donné que ces caractères présentent un haut degré d'hérédabilité, de progression génétique et de variation.

Coefficient de corrélation :

Les coefficients de corrélation génotypique sont plus importants que les coefficients de corrélation phénotypiques correspondants (Tableau II), ce qui montre l'importance des effets des gènes et pourrait être une indication utile dans le cadre d'un programme de sélection. Le poids de la coque a une corrélation génotypique et phénotypique positive et significative avec le denier et le taux de dévidabilité. Il donne également une corrélation phénotypique positive et significative avec la longueur du filament, mais une corrélation négative et significative au niveau génotypique. Des observations parallèles sur de nombreux caractères commerciaux ont été faites par de nombreux chercheurs. Petkov (1981a) a observé une corrélation phénotypique négative entre le poids du cocon et la richesse soyeuse chez *Bombyx mori* L. A l'opposé, Ozdzenska et Kremky (1987) ont observé une corrélation génotypique positive et significative entre le poids du cocon et la richesse soyeuse chez *Bombyx mori* L. Les résultats décrits ci-dessous indiquent que l'amélioration simultanée de tous ces caractères pourrait aider à augmenter le poids de la coque.

Parmi les autres inter-corrélations, une corrélation génotypique positive significative a été observée entre la longueur du filament, le denier et le taux de dévidabilité d'une part et le denier et le taux de dévidabilité d'autre part. Le pourcentage de dévidabilité est également corrélé de façon positive et significative au taux de dévidabilité et ce aux deux niveaux génotypique et phénotypique, alors qu'il ne présente qu'une faible corrélation avec le poids de la coque. Le denier est corrélé de façon négative avec le pourcentage de dévidabilité aux niveaux génotypique et phénotypique.

Analyse de path :

Le coefficient de corrélation mesure l'association entre deux caractères quels qu'ils soient. Cependant il ne suffit pas à donner une image claire d'une situation complexe. La connaissance, grâce à l'analyse de path, des effets directs et indirects sur les caractères participant à la production aide à la sélection de génotypes hautement productifs. Dans l'analyse du coefficient de path (Tableau III et Fig. 1), le denier enregistre l'effet direct le plus important au niveau génotypique. Le coefficient de corrélation entre le denier et le poids de la coque est également positif et significatif au niveau génotypique comme au niveau phénotypique. Le taux de dévidabilité a une corrélation positive et significative avec le poids de la coque. De la même façon, ce taux a un effet direct et positif au niveau phénotypique comme au niveau génotypique. La longueur du filament montre une corrélation génotypique négative et un effet direct sur le poids de la coque. Ce trait montre une corrélation positive importante et un effet indirect sur le denier et le taux de dévidabilité. Cependant, il existe, pour ce caractère, une corrélation phénotypique positive et significative et un effet positif direct sur le poids de la coque. Le pourcentage de dévidabilité montre une faible relation et un effet direct sur le poids de la coque. Les effets indirects sur tous les autres caractères sont soit négatifs, soit faiblement positifs.

Une analyse plus poussée du tableau III montre que les effets positifs directs de tous les caractères se retrouvent plutôt au niveau génotypique, ce qui indique que ces caractères ont un lien étroit avec le poids de la coque. Cela mérite que l'on y attache une très grande importance dans les programmes de sélection chez *A. mylitta* D. destinés à améliorer la coque. Des résultats équivalents sur le poids de la larve et la fécondité chez le ver à soie *B. mori* L. ont été rapportés par Yan (1983), Yang (1987) et Yan (1989).

A partir des résultats ci-dessus, il serait utile de donner toute l'attention nécessaire aux caractères technologiques comme le denier, le taux de dévidabilité et la longueur du filament dans les programmes de sélection chez *A. mylitta* D. Tout ceci donnerait à terme une meilleure qualité de fibre ainsi qu'une augmentation de la production de soie à travers l'augmentation du poids de la coque.

EFFECT OF FOLIAR NUTRITION ON THE DEVELOPMENT OF LEAF SPOT DISEASE OF MULBERRY

R.S. TEOTIA, S.K. MANDAL & S.K. SEN

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore - 742 101, West Bengal, India.

*The efficacy of foliar sprays of nitrogen (N), phosphorus (P), potasse (K) and Tracel₂ (a micronutrient formulation) was studied on the development of leaf spot disease (*Cercospora moricola* Cooke) of mulberry. The investigation revealed that application of all nutrients minimised the incidence and development of leaf spot regardless to whether used alone or in combinations. Amongst all N, P and K treatments, a maximum decrease of 78.3 % was observed in NP treatment at higher dose over the control. However, Tracel₂ was found more effective than the rest to minimise the disease development up to 84.2 % at 2.0 % concentration. Thus leaf spot can be minimised effectively by foliar application of Tracel₂ and NP at higher concentration.*

Keywords : Foliar nutrition, leaf spot, disease development, mulberry.

INTRODUCTION

Leaf spot caused by *Cercospora moricola* Cooke is an important disease of mulberry. The disease, besides causing considerable reduction in leaf yield, also affects the normal growth and development of silkworm larvae and ultimately the quality and yield of cocoons (Sikdar *et al.*, 1979). Host nutrition is one of the important ecological factors that modify the development of diseases in plants (Goodman *et al.*, 1967 ; Colhoun, 1973). The relationship between host nutrition and diseases varies with each host-parasite system (Huber, 1980). Though several workers have reported beneficial effects of foliar nutrition on leaf yield of mulberry as well as development of silkworm larvae and cocoon yield (Vishwanath and Krishnamurthy, 1982-83 ; Fotedar and Chakraborty, 1985 ; Quader *et al.*, 1990 and Quaiyyum *et al.*, 1989), information lacks about the influence of foliar nutrition on the development of mulberry diseases. The present investigation thus reports the effect of foliar nutrition on the development of leaf spot disease of mulberry.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted on the mulberry variety S₁ (Mandalaya) in 15" diameter earthen pots supplied with the recommended doses of N, P and K fertilizers (300:180:120 kg/ha/yr) in the form of urea (N₂) single super phosphate (P₂O₅) and muriate of potash (K₂O) after conversion on an area basis into pot dosages as a single basal dose a fortnight after pruning in June 1991. Plants were sprayed with N, P and K fertilizers in the afore-mentioned forms and Tracel₂ (a micronutrient formulation of Rallis India, Ltd., Bangalore) containing Zn (6.3 %), Mn (5.4 %), B (2.5 %), Mg (1.3 %), K₂O (9.7 %), Mo (0.05 %) and S (11.2 %) twice individually or in various combinations as per the schedule shown in Table I at an interval of 25 days. The first spray was done 30 days after pruning. Each treatment was replicated five times. Control plants were sprayed with distilled water.

Observations on disease severity were recorded 25 days after the second spray using a 0-5 scale under natural conditions (Govindaiah *et al.*, 1989). Leaves were graded from three branches/replications and the per cent disease index (PDI) was calculated using the formula,

$$\text{PDI} = \frac{\text{Sum of all class ratings}}{\text{Total number of leaves} \times \text{Maximum grade (5)}} \times 100$$

RESULTS AND DISCUSSION

The data given in Table I showed that foliar application of N, P and K fertilizers reduced the disease incidence and per cent disease index (PDI) in all the treatments over the control regardless to whether applied singly or in different combinations. Amongst the treatments application of Tracel₂ at 2.0 % reduced the disease significantly as compared to the rest except the NP treatment at double dose. In the present investigation treatment differences were found highly significant. Further, a decrease in disease intensity was observed with increase in dose. However, the dose gave a significant effect in NK, NPK and Tracel₂ treatments only.

Table I. Effect of N, P, K and Tracel foliar applications on the development of the leaf spot disease of mulberry.

Tableau I. Effet de l'application foliaire d'azote, de phosphore, de potassium et de Tracel sur le développement de la maladie de la tache du mûrier.

Treatment	Dose (%)	Mean disease incidence (%)*	PDI*	Decrease (-) over control (%)
<i>Traitement</i>	<i>Dose (%)</i>	<i>Incidence moyenne (%)*</i>	<i>PDI*</i>	<i>Diminution (-) par rapport au témoin</i>
N ₁	0.50	68.3	19.0	-48.3
N ₂	1.00	67.5	16.8	-54.3
P ₁	0.25	52.4	11.8	-67.9
P ₂	0.50	55.5	11.3	-69.2
K ₁	0.50	68.0	18.0	-51.0
K ₂	1.00	57.8	13.2	-64.1
N ₁ P ₁	0.50 + 0.25	57.9	12.0	-67.4
N ₂ P ₂	1.00 + 0.50	39.8	8.0	-78.3
N ₁ K ₁	0.50 + 0.50	82.5	29.4	-19.9
N ₂ K ₂	1.00 + 1.00	58.1	14.9	-59.3
P ₁ K ₁	0.25 + 0.50	67.8	19.8	-46.1
P ₂ K ₂	0.50 + 1.00	56.7	14.9	-59.3
N ₁ P ₁ K ₁	0.50 + 0.25 + 0.50	63.0	17.6	-52.1
N ₂ P ₂ K ₂	1.00 + 0.50 + 1.00	49.4	11.9	-67.6
Tracel ₂	1.00	55.6	11.5	-68.7
Tracel ₂	2.00	29.0	5.8	-84.2
Control / Témoin	-	79.0	36.7	
CD at 5 %		9.0	5.1	

* Average of five replications / Moyenne de cinq réplicats.

PDI : Per cent disease index / Indice de la maladie en pourcentage.

Nevertheless, any of N, P and K fertilizers minimised the incidence and intensity of leaf spot disease. Nitrogen reduced the disease considerably in all treatments except NK treatment which gave least control (19.9 %) of the disease. Our results agree with the observation of Rajkumar *et al.* (1983) that application of nitrogen alone or in combination minimises the incidence of early blight of potato. Similarly, phosphorus was found most effective in NP treatment at double dose so as to reduce the disease by 78.3 % over the control. Besides, potassium was found most effective in $N_2 + P_2 + K_2$ treatment by minimising the disease up to 67.6 % over the control. Similar observations have been reported for *Alternaria alternata* on potato (Raj Kumar *et al.*, 1983), *Drechslera halodes* on mung (Dwivedi and Shukla, 1981) and *Drechslera turcica* on maize (Sheelavantar *et al.*, 1986). It seems that nitrogen, phosphorus and potassium play an important role in hindering the infection process of the fungus or its further development.

A specific micronutrient may aggravate some diseases while reduce others (Singh *et al.*, 1970, 1972). In this study, Tracel₂ significantly reduced the disease over the control (84.2 %) and the rest of the treatments except N_2P_2 . This corroborates the findings of Bansal and Siradhana (1988) that application of micronutrients (Cu, Fe and Zn) reduced the incidence of ergot disease of pearl millet. It appears that, when micronutrients were made available to plants, they took part in a number of biochemical reactions and thus imparted resistance to plants against the disease (Huber, 1980).

In this investigation, excepting K at 1.0 % which caused mild injuries to young explants, no other macro- and micronutrients produced any harmful effect to the host. However, silkworm larvae fed with micronutrient-sprayed mulberry leaves tend to give better cocoon yield (Vishwanath and Krishnamurthy, 1982-83). This work thus demonstrates that development of leaf spot pathogen can be manipulated through foliar application of nutrients, resulting in reduced severity of the disease. Further studies on the efficacy of Tracel₂ and NP combination in field conditions are in progress.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to Dr K. Sengupta, ex-Director of this institute, for suggestions and Shri B.N. Nair, Assistant Direction (Stat.), for statistical analysis of data.

REFERENCES

- BANSAL R.K., SIRADHANA B.S. (1988) Effect of micro-nutrients on the development of ergot disease of pearl millet. *Indian Phytopath.*, 41(2), 246-247.
- COLHOUN J. (1973) *Ann. Rev. Phytopath.*, 11, 343-364.
- DWIVEDI K., SHUKLA P. (1981) Effect of interaction of nitrogen, phosphorus and potash on *Drechslera* leaf spot of mung. *Indian Phytopath.*, 34(2), 200-202.
- FOTEDAR R.K., CHAKRABORTY S. (1985) Comparative studies on foliar and soil application of nitrogen on the leaf yield of mulberry. *Indian J. Seric.*, 25(2), 58-63.
- GOODMAN R.N., KIRALY Z., ZUITILN M. (1967) The biochemistry and physiology of infectious plant diseases. Van Nostrand Co., London, pp. 354.
- GOVINDAIAH, SHARMA D.D., SENGUPTA K., GUNASEKHAR V., SURYANARAYANA N., MADHAVA RAO Y.R. (1989) Screening of mulberry varieties against major fungal diseases. *Indian J. Seric.*, 28(2), 207-213.
- HUBER D.M. (1980) The role of mineral nutrition in defense. *In* Plant diseases - An advanced treatise. Vol. V (Horsfall J.G. and Cowlings E.B. eds.), Academic Press, New York, pp. 381-406.
- RAJKUMAR, GUPTA J.S., SHAH A. (1983) Effect of nutrition on the incidence of early blight disease and yield of potato. *Indian Phytopath.*, 36(2), 405-406.
- QUADER M.A., QUAIYYUM M.A., SARKAR A.A., RAB M.A. (1990) Effect of NPK fertilizers in combination with foliar spray of urea on leaf yield and nutritional composition of mulberry. *Bull. Sericult. Res.*, 1, 1-5.
- QUAIYYUM M.A., BARI M.A., AHMED S.U. (1989) Effect of foliar application of urea on leaf yield and other components of mulberry. *Sericologia*, 29(2), 227-238.

- SHEELAVANTAR M.N., MURTHY A.S.P., HIRAMETH P.C. (1986) Influence of neem cake, fertilizers and leaf composition on the incidence of *Drechslera turcica* causing leaf spot of maize. Indian Phytopath., 39(3), 478-480.
- SIKDAR A.K., SAMSON M.V., MADHAVA RAO Y.R., BAIG M., NATARAJU B. (1979) Effect of feeding leaf spot affected and systematic fungicides sprayed leaves of mulberry (*Morus indica* L.) on silkworm (*B. mori* L.). Indian J. Seric., 18(1), 68-73.
- SINGH R.S., CHAUBE H.S., SINGH N., ASNANI V.L., SINGH R. (1970) Observation on the effect of host nutrition and seed, soil and foliar treatments on the incidence of downy mildew of maize. Indian Phytopath., 23, 209-215.
- SINGH R.S., CHAUBE H.S., SINGH N. (1972) Studies on the control of black scurf of potato. Indian Phytopath., 25, 343-349.
- VISHWANATH A.P., KRISHNAMURTHY K. (1982-83) Effect of foliar spray of micro-nutrients on the larval development and cocoon characters of silkworm. Indian J. Seric., 11-12, 1-6.

EFFET DE LA NUTRITION DES FEUILLES SUR LE DEVELOPPEMENT DE LA MALADIE DE LA TACHE FOLIAIRE DU MURIER

R.S. TEOTIA, S.K. MANDAL & S.K.SEN

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore - 742 101, West Bengal, Inde

*Nous avons étudié l'efficacité de pulvérisations d'azote (N), de phosphore (P), de potassium (K) et de Tracel2 (une formule de micro-éléments nutritifs) sur les feuilles de mûrier affectées par la tache foliaire (*Cercospora moricola* Cooke). Nos recherches révèlent que l'application de tous ces éléments nutritifs diminue l'incidence et le développement normal de la tache foliaire, qu'ils soient utilisés seuls ou en combinaison. Parmi les traitements N, P et K, la diminution la plus importante (78,3 %) par rapport au témoin a été observée après traitement NP à forte concentration. Cependant Tracel2 s'est montré plus efficace que les autres traitements pour diminuer le développement de la maladie jusqu'à 84,2 %, à la concentration de 2,0 %. Il en résulte que la tache foliaire peut être réduite efficacement par l'application de Tracel2 et de NP fortement concentré.*

INTRODUCTION

La tache foliaire causée par *Cercospora moricola* Cooke est une maladie importante du mûrier. Cette maladie, qui réduit considérablement la production de feuilles, affecte en outre la croissance normale et le développement de la larve du ver à soie et par conséquent la qualité et la production des cocons (Sikdar et coll., 1979). La nutrition de l'hôte est l'un des facteurs écologiques qui modifient le développement des maladies des plantes (Goodman et coll., 1967 ; Colhoun, 1973). La relation entre la nutrition de l'hôte et les maladies diffère dans chaque système hôte-parasite (Huber, 1980). Bien que de nombreux chercheurs aient observé les effets bénéfiques de la nutrition des feuilles sur la production des feuilles de mûrier, sur le développement des larves de vers à soie et sur la production de cocons (Vishwanath et Krishnamurthy, 1982-83 ; Fotedar et Chakraborty, 1985 ; Quader et coll., 1990 et Quaiyyum et coll., 1989), les informations manquent sur l'influence de la nutrition des feuilles sur le développement des maladies du mûrier. Aussi, cette étude traite-t-elle des effets de la nutrition des feuilles sur le développement de la tache foliaire.

MATERIELS ET METHODES

Cette étude a été menée sur des mûriers de la variété S₁ (Mandalaya) en pots de terre de 15'' de diamètre auxquels on a appliqué les doses recommandées d'engrais N, P et K (300:180:120 kg/ha/an) sous forme d'urée (N₂), de super phosphate simple (P₂O₅) et de muriate de potasse (K₂O) en fonction de la surface de chaque pot. Ces doses de base ont été appliquées en doses uniques en juin 1991, quinze jours après la taille. Les plants ont été vaporisés avec les engrais N, P et K dans les conditions décrites plus haut et avec Tracel2, une formule d'éléments nutritifs de Rallis India Ltd. (Bangalore) contenant les éléments suivants : Zn (6,3 %), Mn (5,4 %), B (2,5 %), Mg (1,3 %), K₂O (9,7 %), Mo (0,05 %) et S (11,2 %). Ces engrais ou solutions ont été pulvérisés deux fois, seuls ou en différentes combinaisons, suivant le schéma exposé dans le tableau I, et ce à un intervalle de 25 jours. La première pulvérisation a été faite 30 jours après la taille. Cinq répétitions pour chaque traitement ont été réalisées. Des plants témoins ont été pulvérisés d'eau distillée. Vingt-cinq jours après la seconde

pulvérisation, la sévérité de la maladie a été observée sur la base d'une échelle de 0 à 5 dans des conditions naturelles (Govindaiah et coll., 1989). Les feuilles ont été classées à partir de 3 branches répliqués et l'indice de la maladie en pourcentage (PDI) a été calculé à partir de la formule suivante :

$$\text{PDI} = \frac{\text{Somme des évaluations numériques}}{\text{Nombre total de feuilles} \times \text{Degré maximal (5)}} \times 100$$

RESULTATS ET DISCUSSION

Les données présentées dans le tableau I montrent que l'application d'engrais N, P et K sur les feuilles entraîne une réduction de l'incidence de la maladie et de l'indice de la maladie en pourcentage (PDI) par rapport aux témoins dans tous les traitements, que ceux-ci aient été appliqués seuls ou en combinaison. Parmi tous ces traitements, l'application de Tracel₂ à 2,0 % réduit la maladie de façon plus significative par rapport au reste, exception faite du traitement NP appliqué à double dose. Au cours de notre étude, nous avons trouvé des différences extrêmement significatives entre les différents traitements. De plus, une diminution dans l'intensité de la maladie a été observée lorsque les doses sont augmentées. Cependant le dosage n'a donné de résultat significatif qu'avec les traitements NK, NPK et Tracel₂.

Néanmoins les engrais N, P et K diminuent l'incidence et l'intensité de la tache foliaire. L'azote diminue considérablement la maladie dans tous les traitements, excepté le traitement NK qui a le moins d'effet sur la maladie (19,9 %). Nos résultats concordent avec l'observation de Rajkumar et coll. (1983), selon laquelle l'application d'azote, seul ou en combinaison, minimise l'incidence de l'apparition précoce du mildiou de la pomme de terre. De la même façon, le phosphore est plus efficace dans les traitements NP lorsqu'il est appliqué à double dose et réduit la maladie jusqu'à 78,3 % par rapport aux témoins. Le potassium se montre le plus efficace dans le traitement N₂ + P₂ + K₂ en diminuant la maladie de 78,3 % par rapport aux témoins. Des observations équivalentes ont été faites pour *Alternaria alternata* chez la pomme de terre (Rajkumar et coll., 1983), *Drechslera halodes* chez le haricot (Dwivedi et Shukla, 1981) et *Drechslera turcica* chez le maïs (Sheelavantar et coll., 1986). Il semble que l'azote, le phosphore et le potassium jouent un rôle important en entravant le processus d'infestation du champignon et son développement ultérieur.

Un micro-élément nutritif spécifique pourrait aggraver quelques maladies tout en diminuant d'autres (Singh et coll., 1970, 1972). Dans notre étude, le Tracel₂ a réduit la maladie de façon significative par rapport aux témoins (84,2 %) et aux autres traitements, hormis le N₂P₂. Ceci corrobore les découvertes de Bansal et Siradhana (1988) selon lesquels l'application de micro-éléments nutritifs (Cu, Fe et Zn) diminue l'incidence de la maladie de l'ergot du millet perlé. Il semble que lorsque les micro-éléments nutritifs sont rendus compatibles avec les plantes, ils prennent part à un grand nombre de réactions biochimiques et rendent ainsi les plantes plus résistantes à la maladie (Huber, 1980).

Dans cette étude, en dehors de K à 1,0 % qui provoque de légers dommages chez les jeunes plants, aucun autre macro ou micro-élément nutritif n'a eu d'effet néfaste sur l'hôte. Cependant, la larve de ver à soie nourrie avec des feuilles de mûrier pulvérisées avec des micro-éléments nutritifs a tendance à donner une meilleure production de cocons (Vishwanath et Krishnamurthy, 1982-83). Cette étude démontre que le développement de l'agent pathogène de la tache foliaire peut être manipulé par des applications foliaires d'éléments nutritifs et que cela diminue la sévérité de la maladie. D'autres études sur l'efficacité sur le terrain du Tracel₂ et de la combinaison NP sont en cours.

BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHY

Sériciculture générale	167
General sericulture	
Mûrier	169
Mulberry	
<i>B. mori</i> : élevage, nutrition, pathologie	174
<i>B. mori</i> : rearing, feeding, pathology	
Séricigènes non-mûriers : élevage, nutrition, pathologie	177
Non-mulberry silkworms : rearing, feeding, pathology	
Vers à soie : génétique	179
Silkworms : genetics	
Vers à soie : physiologie, biochimie	184
Silkworms : physiology, biochemistry	
Vers à soie : oeufs, embryologie	189
Silkworms : eggs, embryology	
Vers à soie : glandes séricigènes	193
Silkworms : silk glands	
Soie	195
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

Peripatetic training : a useful tool for training women sericulturists.

Formation itinérante : un outil utile pour les femmes sériculteurs.

BHAT D.V., SHARMILA K.K.

1994 Indian Silk, Vol. 32(11), 61-64. (E)

Poor women as entrepreneurs in sericulture - myth or reality ?

Les femmes pauvres entrepreneurs en sériciculture : mythe ou réalité ?

DHANDAPANI C., MUKERJI R.

1994 Indian Silk, Vol. 32(11), 39-45. (E)

Karnataka : a status report on women in sericulture.

Karnataka : rapport sur le statut des femmes dans la sériciculture.

GAYATHRI DEVI K.G.

1994 Indian Silk, Vol. 32(11), 31-38. (E)

Relative economic importance of sericulture in the export trade of modern China (1842-1949).

Importance économique relative de la sériciculture dans les exportations de la Chine moderne (1842-1949).

GU G., UYAMA M., HAMAZAKI M.

Faculty of Textile Science, Kyoto Institute of Technology, Sakyo-ku, Kyoto 606, Japan.

1993 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 62(6), 462-470. (J,e)

Need for special extension drive for women sericulturists.

Besoin d'une dynamique spéciale de vulgarisation pour les femmes sériculteurs.

IYENGAR M.N.S., DOLLI S., CHIKKANNA, SEN A.K.

1994 Indian Silk, Vol. 32(11), 73-82. (E)

Prospects of sericulture in Philippines.

Perspectives de la sériciculture aux Philippines.

KIRSUR M.V., RAMESHA M.N.

Indian Silk, CSB, United Mansions, 2nd Floor, 39, Mahatma Gandhi Road, Bangalore 560 001, India.

1994 Indian Silk, Vol. 32(9), 45-50. (E)

Scope for 'Anand type' co-operatives in sericulture.

Capacités des coopératives de type "Anand" en sériciculture.

MATTIGATTI R., DOLLI S., IYENGAR M.N.S.

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

1994 Indian Silk, Vol. 32(10), 25-29. (E)

Silk industry in Bhagalpur.

L'industrie de la soie au Bhagalpur.

MISHRA S.N.

DCTC, Koraput, Orissa, India.

1994 Indian Silk, Vol. 32(9), 37-41. (E)

Women entrepreneurship development in silk reeling.

Développement des entreprises féminines de filature.

NADIGER G.S.

1994 Indian Silk, Vol. 32(11), 65-72. (E)

Consultative training on technology upgradation - women - extension.

Formation consultative pour la progression de la technologie - les femmes - vulgarisation.

RAMESHA M.N.

Indian Silk, CSB, United Mansions, 2nd Floor, 39, Mahatma Gandhi Road, Bangalore 560 001, India.

1994 Indian Silk, Vol. 32(9), 12-14. (E)

Women : the strength of sericulture.

Les femmes ; la force de la sériciculture.

REDDY K.S.S.

Central Silk Board, United Mansions, 2nd Floor, 39, Mahatma Gandhi Road, Bangalore 560 001, India.

1994 Indian Silk, Vol. 32(9), 3-7. (E)

Tribal women in non-mulberry sericulture.

Les femmes des tribus dans la sériciculture non-mûrier.

SEN S.K., PAVAN KUMAR T., PRASAD B.C.

1994 Indian Silk, Vol. 32(11), 83-86. (E)

BRAC and sericulture development in Bangladesh.

Le BRAC et le développement de la sériciculture au Bangladesh.

SINHA R.K.

Indian Silk, CSB, United Mansions, 2nd Floor, 39, Mahatma Gandhi Road, Bangalore 560 001, India.

1994 Indian Silk, Vol. 32(10), 36-42. (E)

Establishment of new system to divide sericultural farm household. 5. A study on new systematic management for cocoon production.

Etablissement d'un nouveau système de partage du personnel séricicole. 5. Une étude sur une nouvelle gestion systématique pour la production de cocons.

TOMITA K., AZUMI F., YONEDA M., MEZAWA H., IIDA Y.

Sericultural Research Institute, Ibaraki Agricultural Center, Sekijo, Makabe, Ibaraki 308-01, Japan.

1993 Bull. Seric. Res. Inst. Ibaraki Agric. Cent., Vol. 1, 32-45. (J)

Karnataka launches 1994 as year of women in sericulture.

Karnataka : 1994, l'année des femmes en sériciculture.

VATHSALA T.V.

Indian Silk, CSB, United Mansions, 2nd Floor, 39, Mahatma Gandhi Road, Bangalore 560 001, India.

1994 Indian Silk, Vol. 32(9), 8-11. (E)

Studies on production technology and its application of silkworm pupa protein powder.

Etudes de la technologie de production de la poudre de protéines de chrysalides de vers à soie et ses applications.

ZHANG G., XU W., XIE W., ZHANG Y.

1992 Tongji Daxue Xuebao, Vol. 20(1), 97-102. (C)

Mûrier

Mulberry

Selection indices for leaf yield in mulberry (*Morus* spp.).

Indices de sélection pour le rendement en feuilles chez le mûrier (*Morus* spp.).

BHAT G.G., HITTALMANI S.

Department of Sericulture, University of Agricultural Sciences, GKVK, Bangalore 560 065, India.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 211-212. (E)

Activity of thidiazuron in in vitro shoot cultures of *Prunus* sp. and *Morus alba*.

Activité du thidiazuron dans les cultures in vitro des pousses de *Prunus* sp. et de *Morus alba*.

BORKOWSKA B., LITWINCZUK W.

1993 *Biol. Plant.*, Vol. 35(1), 63-67. (E)

Polycross breeding and selection in mulberry.

Polyhybridation et sélection chez le mûrier.

DANDIN S.B., BASAVIAH.

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

1994 *Indian Silk*, Vol. 32(10), 22-24. (E)

Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and spacings on the growth, yield and nutritional quality of mulberry under rainfed conditions.

Effets de niveaux variables d'azote, de phosphore et de l'espacement sur la croissance, le rendement et la qualité nutritionnelle des feuilles de mûriers.

DAS P.K., CHOUDHURY P.C., GUPTA Y.K., GHOSH A., DATTA R.K.

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

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 201-207. (E,f)

Seasonal changes of 2-oxo-acid and free amino acid contents in buds, leaves, and inflorescences of *Morus* plant.

Variations saisonnières des contenus en acides aminés libres et en acides 2-oxo dans les bourgeons, les feuilles, et les inflorescences du plant de *Morus*.

EL-TELWANY K.A., ABDALLA M.M., HASSANEIN R.A.

1992 *Egypt J. Physiol. Sci.*, Vol. 16(1-2), 75-97. (E)

Constituents of the *Moraceae* plants. 17/ Components of the root bark of *Morus insignis* Bur. 3/ Structures of 3 new isoprenylated xanthenes morusignins I, J and K and an isoprenylated flavone morusignin L.

Constituants des *Moraceae*. 17/ Composants de l'écorce des racines de *Morus insignis* Bur. 3/ Structures de trois nouvelles morusignines xanthenes isoprénylées I, J et K et d'une morusignine flavone isoprénylée.

HANO Y., OKAMOTO T., SUZUKI K., NEGISHI M., NOMURA T.

Faculty of Pharmaceutical Sciences, Toho University, Funabashi, Chiba, Japan.

1993 *Heterocycles*, Vol. 36(6), 1359-1366. (E)

On the softwood cutting of mulberry (*Morus alba*) plant by using green film.

Les boutures de bois tendres des plants de mûriers (*Morus alba*) par utilisation d'un film vert.

HARADA J., TAKAYAMA H., ETO K., IWATA E., UCHIDA M.

Oita-ken, Agricultural Research Center, Usa, Japan.

1986 *Bulletin of the Oita Prefectural Agricultural Research Center*, Vol. 16, 81-91. (J)

Sawdust substrate cultivation of Maitake, *Grifola frondosa*, used mulberry branches.

La culture de Maitake, *Grifola frondosa*, sur substrats de sciures utilise les branches de mûriers.

IKEGAMI T., FUKUI T., SAKAYORI K., KOBAYASHI N., FUSEGI T.

Sericultural Research Institute, Ibaraki Agricultural Center, Sekijo, Makabe, Ibaraki 308-01, Japan.

1993 *Bull. Seric. Res. Inst. Ibaraki Agric. Cent.*, Vol. 1, 58-61. (J)

Sawdust substrate cultivation of Hiratake, *Pleurotus ostreatus*, used mulberry branches.

La culture d'Hiratake, *Pleurotus ostreatus*, sur substrats de sciures utilise les branches de mûriers.

IKEGAMI T., SAKAYORI K., FUKUI T., FUSEGI T.

Sericultural Research Institute, Ibaraki Agricultural Center, Sekijo, Makabe, Ibaraki 308-01, Japan.

1993 *Bull. Seric. Res. Inst. Ibaraki Agric. Cent.*, Vol. 1, 46-54. (J)

Mass production of australian lady bird beetle, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coccinellidae : Coleoptera).

Production en série de la coccinelle australienne, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coccinellidae : Coleoptera).

KISHORE R., MANJUNATH D., KUMAR P., DATTA R.K.

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

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 184-188. (E,f)

Control of the yellow-spotted longicorn beetle, *Psacotha hilaris* Pascoe in the mulberry field by the *Beauveria brongniartii* medicine.

Lutte contre le coléoptère longicorne *Psacotha hilaris* Pascoe dans les mûraies par *Beauveria brongniartii*.

KOBAYASHI N., SAKAYORI K.

Sericultural Research Institute, Ibaraki Agricultural Center, Sekijo, Makabe, Ibaraki 308-01, Japan.

1993 *Bull. Seric. Res. Inst. Ibaraki Agric. Cent.*, Vol. 1, 62-64. (J)

Influence of *VA-mycorrhizae* and *Azospirillum brasilense* on mulberry.

Influence de *VA-mycorrhizae* et de *Azospirillum brasilense* sur le mûrier.

KUMUTHA K., KANDASAMY D., RANGARAJAN M.

Regional Research Station, Paiyur 635 112, Tamil Nadu, India.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 238-241. (E)

Minor fungal diseases of mulberry.

Maladies mineures du mûrier causées par des champignons.

MANDAL S.K.

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore 742 101, West Bengal, India.

1994 Indian Silk, Vol. 32(10), 15-16. (E)

Studies on the effect of commercial formulations of triacontanol on quality and yield of mulberry (*Morus indica* L. var. Kanva 2).

Effet des formulations commerciales du triacontanol sur la qualité et le rendement du mûrier (*Morus indica* L. var. Kanva 2).

MISHRA R.K., SHUKLA P., CHOUDHURY P.C., DAS P.K., SINGH G.B. *et al.*

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

1993 Indian J. Seric., Vol. 32(2), 156-161. (E,f)

Effect of time of shoot cutting in summer-autumn season on absorption of fertilizer nitrogen by mulberry tree.

Effet de la période du bouturage des pousses en été-automne sur l'absorption des engrais azotés par le mûrier.

NOGI T.

Fukushima Sericultural Experiment Station, Yanagawa-machi, Date gun, Fukushima 960-07, Japan.

1993 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 62(6), 496-501. (J,e)

On new mulberry races qualified in westsouth warm district.

Nouvelles races de mûriers adaptées à la région chaude du sud-ouest.

OCHI M., KURIBAYASHI S., TAKAYAMA M., SODEODA T., HIRATA T.

Ehimeken Sericultural Experiment Station, Tokunomori 2278, Ozu, Ehime 795, Japan.

1993 Research Report of the Ehimeken Sericultural Experiment Station, Vol. 14, 39-45. (J)

Effects of fertilization on the coating fertilizer in mulberry field.

Effet de l'amendement sur la couche d'engrais dans les mûraies.

OCHI M., TAKAYAMA M., HUKUMORI S.

Ehimeken Sericultural Experiment Station, Tokunomori 2278, Ozu, Ehime 795, Japan.

1993 Research Report of the Ehimeken Sericultural Experiment Station, Vol. 14, 46-49. (J)

Role of copper in tasar food plants.

Rôle du cuivre dans les plantes hôtes du tasar.

REDDY P.S., ISA Md., SRIVASTAVA D.P.

Central Tasar Research and Training Institute, Post Hehal, Ranchi 834 005, Bihar, India.

1994 Indian Silk, Vol. 32(9), 33-34. (E)

Modulation in levels of inorganic ions and dry matters in local and K2 mulberry varieties under low moisture regimes.

Variation des niveaux d'ions inorganiques et des matières sèches dans les variétés de mûriers locales et K2 dans des conditions de faible humidité.

REDDY P.S., SUDHAKAR C.

1992 Indian J. Plant Physiol., Vol. 35(4), 341-344. (E)

Mutual correlation among the nutritional and economic characters of the multivoltine silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae).

Corrélations mutuelles entre les caractères nutritionnels et économiques du ver à soie polyvoltin *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae).

REMADEVI O.K., MAGADUN S.B., BENCHAMIN K.V., DATTA R.K.

Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura, Mysore 570 005, India.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 189-195. (E,f)

Nutrient content of mulberry (*Morus alba* L.) leaves as influenced by soil properties.

La teneur en éléments nutritifs des feuilles de mûriers influencée par les propriétés du sol.

RUPA T.R., SESHAGIRI RAO M., SRINIVASA REDDY K.

Dept of Soil Science and Agricultural Chemistry, S.V. Agricultural College, Tirupati 517 502, India.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 225-227. (E)

Influence of various agronomical practices and inputs on the incidence of mulberry diseases in chawki garden.

Influence des pratiques agronomiques sur l'incidence des maladies du mûrier dans les mûraies pour jeunes vers à soie.

SHARMA D.D., GOVINDAIAH, MISHRA R.K., CHOUDHURY P.C., BAJPAI A.K. *et al.*

Central Sericult. Research and Training Inst., Manandavadi Road, Srirampura, Mysore 570 008, India.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 150-155. (E,f)

Chemo and bioassay of high yielding triploids and diploids of mulberry (*Morus* spp.).

Tests chimiques et biologiques des races triploïdes et diploïdes de mûriers à haut rendement (*Morus* spp.).

SIKDAR A.K.

Regional Sericultural Research Station, Salem 636 003, India.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 169-174. (E,f)

Variation of chemical constituents in relation to maturity of leaves in mulberry varieties S1 and K2 under the agro-climatic conditions of Ranchi District.

Variation des constituants chimiques en fonction de la maturité des feuilles des variétés de mûrier S1 et K2 sous les conditions agro-climatiques du district de Ranchi.

SINHA U.S.P., SINHA A.K., SRIVASTAVA P.P., BRAHMACHARI B.N.

Central Tasar Research and Training Institute, Nagri, Ranchi 835 303, India.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 196-200. (E,f)

Some biochemical changes in mulberry leaves as influenced by triadimefon and uniconazole.

Variations biochimiques des feuilles de mûriers sous l'influence du triadimefon et de l'uniconazole.

SREEDHAR V.M.

1992 *J. Curr. Biosci.*, Vol. 9(3), 87-93. (E)

Tank silt : a cheap manure to mulberry.

Le limon : un engrais peu cher pour le mûrier.

SUBBASWAMY M.R., REDDY M.M., SINHA A.K.

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

1994 *Indian Silk*, Vol. 32(10), 10. (E)

Leaf yield increase by short shoots in densely-planted mulberry field : model prediction and preliminary test.

Augmentation du rendement en feuilles grâce aux pousses basses dans les mûraies denses : modèle de prédiction et test préliminaire.

TATENO M.

Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 193, Japan.
1993 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 62(6), 507-516. (J,e)

Effect of nitrogen and pruning on leaf yield of mulberry (*Morus latifolia*) in Kalimpong hills of West Bengal.

Effet de l'azote et de la taille sur le rendement en feuilles des mûriers (*Morus latifolia*) dans les collines de Kalimpong du Bengale occidental.

TIKADER A., MISRA A.K., ROYCHOWDHURI S., DAS C.

Regional Sericultural Research Station, Central Sericultural Research and Training Institute, Kalimpong, West Bengal, India.

1993 *Indian Journal of Agricultural Sciences*, Vol. 63(7), 440-442. (E)

Efficient techniques of cultivation in mulberry field for intercropping system.

Techniques efficaces de culture dans les mûraies pour le système de cultures alternées.

TSUNODA H.

Gunma-ken, Sericultural Experiment Station, Maebashi, Japan.

1989 *Gunma Journal of Agricultural Research, Serie B, Sericulture*, Vol. 6, 29-35. (J)

Fluorides in mulberry and grape leaves.

Fluorures dans les feuilles de mûriers et de vignes.

TURAEV N.Y., NISHONHODJAEVA S.A., MISIROV S.C., ZAICEVA I.I.

1992 *Uzb. Khim. Zh.*, Vol. 3-4, 94-98. (E)

Soil acidity and Al ion in mulberry farms with low productivity located in Tertiary marine sediments in the eastern part of Fossa Magna in central Japan.

Acidité du sol et ion Al dans les mûraies peu productives situées sur les sédiments marins du Tertiaire dans la partie est de la Grande Fosse dans le centre du Japon.

YAHIKOZAWA K., YAMAMOTO M., OSHIGANE K.

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, Ueda 386, Japan.

1993 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 62(6), 502-506. (J,e)

B.mori : élevage, nutrition, pathologie

B. mori : rearing, feeding, pathology

Evaluation of bivoltine races of silkworm with sex-limited expression of larval markings and cocoon colours.

Evaluation des races de vers à soie bivoltines différenciées sexuellement par le marquage des larves et la couleur des cocons.

BHARGAVA S.K., THIAGARAJAN V., RAMESH BABU M., NAGARAJ B.

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

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 234-237. (E)

Seed management plans and schedules for a P2 farm.

Plans et programmes de gestion du grainage pour une ferme P2.

DAMODHARAM CHOWDARY V.

Department of Sericulture, Penukonda, Andhra Pradesh, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 32(9), 15-19. (E)

Effects of the new insecticide and fungicide on the silkworm, *Bombyx mori*.

Effets du nouvel insecticide et fongicide sur le ver à soie *Bombyx mori*.

FUJIBAYASHI H.

Ehimeken Sericultural Experiment Station, Tokunomori 2278, Ozu, Ehime 795, Japan.

1993 *Research Report of the Ehimeken Sericultural Experiment Station*, Vol. 14, 50-55. (J)

Specific toxicity of delta-endotoxins from *Bacillus thuringiensis* to *Bombyx mori*.

Toxicité spécifique des delta-endotoxines de *Bacillus thuringiensis* sur *Bombyx mori*.

IHARA H., KURODA E., WADANO A., HIMENO M.

1993 *Biosci., Biotechnol., Biochem.*, Vol. 57(2), 200-204. (E)

Short time sterilization of tools for silkworm rearing with ethylene oxide gas.

Stérilisation rapide à l'oxyde d'éthylène (gaz) des outils utilisés pour l'élevage des vers à soie.

IKEGAMI T.

Sericultural Research Institute, Ibaraki Agricultural Center, Sekijo, Makabe, Ibaraki 308-01, Japan.

1993 *Bull. Seric. Res. Inst. Ibaraki Agric. Cent.*, Vol. 1, 55-57. (J)

Establishment of new system to divide sericultural farm household. 4. Storing environment of mulberry young shoots and susceptibility of silkworm, *Bombyx mori* reared by stored young shoots of mulberry.

Etablissement d'un nouveau système de partage du personnel séricicole. 4. Environnement de stockage des jeunes pousses de mûriers et sensibilité du ver à soie *Bombyx mori* élevé avec les jeunes pousses de mûriers stockées.

KOBAYASHI N., IKEGAMI T.

Sericultural Research Institute, Ibaraki Agricultural Center, Sekijo, Makabe, Ibaraki 308-01, Japan.

1993 *Bull. Seric. Res. Inst. Ibaraki Agric. Cent.*, Vol. 1, 29-31. (J)

On the mounting for saving labor by the improved rotary cocooning frame in the silkworm, *Bombyx mori*.

Gain de temps pour la montée chez le ver à soie *Bombyx mori*, grâce aux encabanages rotatifs améliorés.

KOTOKU K.

Ehimeken Sericultural Experiment Station, Tokunomori 2278, Ozu, Ehime 795, Japan.

1993 *Research Report of the Ehimeken Sericultural Experiment Station*, Vol. 14, 34-38. (J)

Simple leaf preservation for young age silkworm rearing.

Un moyen simple de conserver les feuilles pour l'élevage des jeunes vers à soie.

KUMAR V., HIMANTHARAJ M.T., RAJAN R.K., MATHUR V.B., KAMBLE C.K., DATTA R.K.

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

1994 *Indian Silk*, Vol. 32(9), 20-21. (E)

Characterization of microbial pathogen *Bacillus thuringiensis* isolated from soil against mosquito and silkworm larvae.

Caractérisation du pathogène microbien *Bacillus thuringiensis* isolé du sol pour son effet contre les moustiques et les larves de vers à soie.

LEE H.H., YOO B., KIM Y.J., WON N.H., KIM H.C.

1993 *Misaengmul Hakhoechi*, Vol. 31(1), 17-21. (E)

Effects of bud-forcing on the composition of mulberry leaves and silkworm rearing.

Effets du forçage des bourgeons sur la composition des feuilles de mûriers et l'élevage du ver à soie.

LIN J.T., YU S.J., HSIEH F.K.

1992 *Zhonghua Nongxue Huibao*, Vol. 160, 73-83. (C)

Susceptibility of new several varieties of the silkworm, *Bombyx mori*, to the nuclear polyhedrosis virus.

Sensibilité au virus de la polyédrose nucléaire chez plusieurs nouvelles variétés de vers à soie *Bombyx mori*.

MITSUDA K.

Ehimeken Sericultural Experiment Station, Tokunomori 2278, Ozu, Ehime 795, Japan.

1993 *Research Report of the Ehimeken Sericultural Experiment Station*, Vol. 14, 56-65. (J)

A characterization of a hybrid of a silkworm butterfly (*Bombyx mori* L.) Vratsa 35 x Merefza 2 and the reverse crossbreed for industrial spring growing.

Caractérisation d'un hybride de ver à soie (*Bombyx mori* L.) Vratsa 35 x Merefza 2 et de l'hybride inverse pour l'élevage industriel de printemps.

NACHEVA I., PETKOV N., BRASLAVSKII M., AKIMENKO L., STOTSKII M.

Experimental Station of Silkworm Breeding, Mito Orozov Str. No 24, Vratsa 3000, Bulgaria.

1993 *Animal Science*, Vol. 30(5-6), 143-147. (B,e)

Automatic machine for silkworm rearing and use of beta-ecdysone for mounting.

Machine automatique pour l'élevage des vers à soie et utilisation de la beta-ecdysone pour la montée.

NINAGI O., MARUYAMA C., MIZUSAWA H., KOSAKAI Y., WAKABAYASHI M. *et al.*

National Inst. of Sericultural and Entomological Science, 1-2 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1993 *Bull. Natl. Inst. Seric. Entomol. Sci.*, Vol. 9, 7-17. (J,e)

Comparative study of hybrid silkworm.

Etude comparative de vers à soie hybrides.

NOGUCHI Y.

Sericultural Research Institute, Ibaraki Agricultural Center, Sekijo, Makabe, Ibaraki 308-01, Japan.

1993 *Bull. Seric. Res. Inst. Ibaraki Agric. Cent.*, Vol. 1, 68-70. (J)

On the harvesting method for multiple rearing in the inclined mulberry field.

Méthode de récolte pour des éducations multiples dans les mûraies en pente.

OCHI M., KURIBAYASHI S., SODEOKA T., TAKAYAMA M.

Ehimeken Sericultural Experiment Station, Tokunomori 2278, Ozu, Ehime 795, Japan.

1993 *Research Report of the Ehimeken Sericultural Experiment Station*, Vol. 14, 24-33. (J)

A study of the new ukrainian breeds of the silkworm butterfly in connection with the selection.

Etude des nouvelles races ukrainiennes de vers à soie en relation avec la sélection.

PETKOV N., NACHEVA I., BRASLAVSKII M., AKIMENKO L., SHTUKIN A., STOTSKI M.

Experimental Station of Silkworm Breeding, Mito Orozov Str. No 24, Vratsa 3000, Bulgaria.

1993 *Animal Science*, Vol. 30(5-6), 148-152. (B,e)

Histopathology of the silkworm, *Bombyx mori* L. infected with *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.

Histopathologie du ver à soie *Bombyx mori* L. infesté par *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.

SOHAF K.A., CHISHTI M.Z., TRAG A.R.

Division of Sericulture, S.K. University of Agricultural Sciences and Technology, Mirgund 190 001, Srinagar, India.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 213-215. (E)

Effects of feeding with fluorine-contaminated mulberry leaves on quality of dry cocoon and silk.

Effets du nourrissage avec des feuilles contaminées avec du fluor sur la qualité des cocons secs et de la soie.

SONG L., XU H., WANG J., MA R.

1992 *Huanjing Kexue Xuebao*, Vol. 12(2), 224-229. (C)

Studies on some commercial aspects in relation to phosphomidon treatment to *Bombyx mori* larva.

Etudes de quelques aspects commerciaux en relation avec le traitement au phosphomidon de la larve de *Bombyx mori*.

SRINIVAS P., RAO A.P.

1992 *Indian J. Comp. Animal Physiol.*, Vol. 10(1), 37-41. (E)

On the easy detective method for *Aspergillus* fungi in silkworm rearing house by means of using filter paper containing medium and poly-ethylene bag.

Méthode simple de détection des champignons *Aspergillus* dans les magnaneries par utilisation de papiers filtres contenant du milieu et de sacs en poly-éthylène.

SUZUKI S., SATOH T.

1993 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 62(6), 517-522. (J)

Effect of juvenile hormone analogue, Labomin on the growth and economic characters of silkworm, *Bombyx mori* L.

Effet du Labomin, un analogue d'une hormone juvénile, sur la croissance et sur les caractères économiques du ver à soie *Bombyx mori* L.

TRIVEDI K., REMADEVI O.K., MAGADUM S.B., DATTA R.K.

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

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 162-168. (E,f)

Pebrine control : an expert's view.

Lutte contre la pébrine : l'avis d'un expert.

VATHSALA T.V., SINHA R.K.

Indian Silk, Central Silk Board, United Mansions, 2nd Floor, 39, Mahatma Gandhi Road, Bangalore 560 001, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 32(9), 22-28. (E)

Séricigènes non-mûriers : élevage, nutrition, pathologie

Non-mulberry silkworms : rearing, feeding, pathology

Studies on the foliar constituents of the food plants of temperate tasar silkworm *Antheraea proylei* Jolly.

Etudes sur les constituants foliaires des plantes nourricières du ver à soie tasar tempéré *Antheraea proylei* Jolly.

BANERJEE N.D., CHAUDHARY S.K., SINHA U.S.P., BRAHMACHARI B.N.

Central Tasar Research and Training Institute, Nagri, Ranchi 835 303, India.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 228-230. (E)

Prospects of oak tasar culture in the hills of Uttar Pradesh.

Perspectives de la culture du tasar du chêne dans les collines de l'état d'Uttar.

BHAT M.M.

Central Tasar Research and Training Institute, Post Hehal, Ranchi 834 005, Bihar, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 32(10), 31-35. (E)

Environmental pollution and its effect on muga industry.

La pollution de l'environnement et ses effets sur l'industrie du muga.

KAKATI P.K.

SSPC, NSSP, Sibsagar, Assam, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 32(9), 35-37. (E)

Outdoor rearing of the Japanese oak silkworm, *Antheraea yamamai*, reared on artificial diet, in young larval stage.

Elevage en plein air du ver à soie du chêne du Japon, *Antheraea yamamai*, nourri avec de l'aliment artificiel pendant les premiers stades larvaires.

MITSUDA K.

Ehimeken Sericultural Experiment Station, Tokunomori 2278, Ozu, Ehime 795, Japan.

1993 *Research Report of the Ehimeken Sericultural Experiment Station*, Vol. 14, 66-72. (J)

Lipid concentration in the cocoon shell of different races of *Antheraea mylitta* D.

Concentration de lipides dans la coque de différentes races d'*Antheraea mylitta* D.

SINHA R.K., SRIVASTAVA P.P., KAR P.K., SINHA B.R.R.P., THANGAVELU K.

Central Tasar Research and Training Institute, Nagri, Ranchi 835 303, India.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 218-219. (E)

Effect of uzi fly, *Blepharipa zebina* (Walker) infestation on carbohydrate and protein concentration in the larval haemolymph of tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D.

Effet de l'infestation de la mouche uzi *Blepharipa zebina* (Walker) sur la concentration en hydrates de carbone et en protéines dans l'hémolymph larvaire du ver à soie tasar *Antheraea mylitta* D.

SINHA U.S.P., SINGH R.N., BANERJEE N.D., THANGAVELU K.

Central Tasar Research and Training Institute, Nagri, Ranchi 835 303, India.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 231-233. (E)

Amino acids in the leaves of *Tectona grandis* and *Zizyphus mauritiana*, the secondary food plants of tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D.

Les acides aminés dans les feuilles de *Tectona grandis* et de *Zizyphus mauritiana*, les plantes nourricières secondaires du ver à soie tasar *Antheraea mylitta* D.

SINHA U.S.P., SINHA A.K.

Central Tasar Research and Training Institute, Nagri, Ranchi 835 303, India.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(), 223-224. (E)

Amino acids in the leaves of primary food plants of *Antheraea mylitta* D.

Les acides aminés dans les feuilles des plantes nourricières primaires d'*Antheraea mylitta* D.

SINHA U.S.P., SINHA A.K., CHAUDHARY S.K., BRAHMACHARI B.N., THANGAVELU K.

Central Tasar Research and Training Institute, Nagri, Ranchi 835 303, India.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 220-222. (E)

Preparation of four geometric isomers of the eri-silkworm pheromone (11Z)-4,6,11-hexadecatrienals, and their effect toward male eri-silkworms.

Préparation de quatre isomères de la phéromone du papillon du ver à soie eri, (11Z)-4,6,11-hexadécatriènes, et leur effet sur les papillons mâles.

TOMIDA I., FUSE T.

1993 *Biosci., Biotechnol., Biochem.*, Vol. 57(4), 648-652. (E)

Vers à soie : génétique

Silkworms : genetics

Expression of a *Bombyx* cytoplasmic actin gene in cultured *Drosophila* cells. Influence of 20-hydroxyecdysone and interference with expression of endogenous cytoplasmic actin genes.
Expression du gène de l'actine cytoplasmique de *Bombyx* dans des cellules de *Drosophila* en culture.
Influence de la 20-hydroxyecdysone et interférence avec l'expression des gènes de l'actine cytoplasmique endogène.

ABRAHAM E.G., MOUNIER N., BOSQUET G.

Université Claude Bernard, Centre de Génétique Moléculaire et Cellulaire, UMR 106 du CNRS, 43 boulevard du 11 novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex, France.

1993 *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, Vol. 23(8), 605-912. (E)

Sequence conservation in the C-terminal region of spider silk proteins (spidroin) from *Nephila clavipes* (Tetragnathidae) and *Araneus bicentenarius* (Araneidae).

Conservation de la séquence de la partie C-terminale des protéines de la soie d'araignée (spidroïne) chez *Nephila clavipes* (Tetragnathidae) et *Araneus Bicentenarius* (Araneidae).

BECKWITT R., ARCIDIACONO S.

Department of Biology, Framingham State College, Massachusetts 01701, USA.

1994 *Journal of Biological Chemistry*, Vol. 269(9), 6661-6663. (E)

Genes expressed during the differentiation of the pupal wings are also transiently expressed during the larval moult in *Bombyx mori*.

Les gènes exprimés au cours de la différenciation des ailes de la chrysalide sont également exprimés de façon transitoire au cours de la mue larvaire chez *Bombyx mori*.

CHAREYRE P., GUILLET C., BESSON M.T., FOURCHE J., BOSQUET G.

Université Claude Bernard, Centre de Génétique Moléculaire et Cellulaire, UMR 106 du CNRS, 43 boulevard du 11 novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex, France.

1993 *Insect Mol. Biol.*, Vol. 2(4), 239-246. (E)

Construction of the genomic library of cuboidal polyhedra mutant of *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus and isolation of the polyhedrin gene.

Construction d'une bibliothèque génomique du mutant à polyèdre cubique du virus de la polyédrose nucléaire de *Bombyx mori* et isolement du gène de la polyédrine.

CHU R., WANG Q., LIN Y., CHEN C., PAN N., CHEN Z.

1992 *Weishengwu Zuebao*, Vol. 32(5), 376-379. (C)

Silk moth chorion pseudogenes - Hallmarks of genomic evolution by sequence duplication and gene conversion.

Pseudo-gènes du chorion chez le papillon du ver à soie. Contrôle de l'évolution génomique par duplication de séquences et conversion de gènes.

FOTAKI M.E., IATROU K.

Dept of Medical Biochemistry, University of Calgary, 3330 Hospital Drive N.W., Calgary, Alberta, Canada T2N 4N1.

1993 *Journal of Molecular Evolution*, Vol. 37(2), 211-220. (E)

Differential transcription of multiple copies of a silkworm gene encoding tRNA¹Gly.

Transcription différentielle des copies multiples d'un gène codant pour l'ARNt-Gly¹ du ver à soie.

FOURNIER A., TANEJA R., GOPALKRISHNAN R., PRUDHOMME J.C., GOPINATHAN K.P.

Université Claude Bernard, Centre de Génétique Moléculaire et Cellulaire, UMR 106 du CNRS, 43 boulevard du 11 novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex, France.

1993 *Gene*, Vol. 134, 183-190. (E)

Molecular map for the silkworm. Constructing new links between basic and applied research.

Carte moléculaire du ver à soie. Construction de nouveaux liens entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée.

GOLDSMITH M.R., SHI J.

Department of Zoology, University of Rhode Island, Kingston, RI 02881-0816, USA.

1994 *Silk polymers. Materials science and biotechn. American Chemical Society Symposium series 544*, Washington DC, USA. (E)

Functional expression of silkworm eclosion hormone gene in yeast and baculovirus expression system.

Expression fonctionnelle du gène de l'hormone d'éclosion du ver à soie dans la levure et dans le système d'expression du baculovirus.

HAYASHI H., NAKANO M., SHIBANAKA Y., FUJITA N.

1991 *Front. New Horiz. Amino Acid Res., Proc. Bienn. Int. Conf., 1st 1991 edited by Takai, Elsevier, Amsterdam*, 321-325. (E)

Transfer vectors for maximal expression of passenger genes in the *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus expression system.

Vecteurs de transfert pour l'expression maximale des gènes passagers dans le système d'expression du virus de la polyédrose nucléaire chez *Bombyx mori*.

JOHNSON R.R., SCHMIEL D., IATROU K., GEDAMU L.

Department of Medical Biochemistry, University of Calgary, 3330 Hospital Drive N.W., Calgary, Alberta, Canada T2N 4N1.

1993 *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 42(11), 1293-1300. (E)

Juvenile hormone action to suppress gene transcription and influence message stability.

Action de l'hormone juvénile sur la suppression de la transcription de gènes et sur la stabilité du message.

JONES G., VENKATARAMAN V., MANCZAK M., SCHELLING D.

1993 *Developmental Genetics*, Vol. 14(4), 323-332. (E)

Inhibition of *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus (NPV) replication by the putative DNA helicase gene of *Autographa californica* NPV.

Inhibition de la réplication du virus de la polyédrose nucléaire de *Bombyx mori* par l'ADN du gène présumé de l'hélicase du virus de la polyédrose nucléaire chez *Autographa californica*.

KAMITA S.G., MAEDA S.

Department of Entomology, University of California, Davis, California 95616-8584, USA.

1993 *Journal of Virology*, Vol. 67(10), 6239-6245. (E)

Identification and characterization of the p35 gene of *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus that prevents virus-induced apoptosis.

Identification et caractérisation du gène p35 du virus de la polyédrose nucléaire de *Bombyx mori* qui empêche l'apoptose induite par le virus.

KAMITA S.G., MAJIMA K., MAEDA S.

Department of Entomology, University of California, Davis, California 95616, USA.

1993 *Journal of Virology*, Vol. 67(1), 455-463. (E)

Efficient lipofection method for transfection of the silkworm cell line, NISES-BoMo-15AIIc, with the DNA genome of the *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus.

Méthode efficace de lipofection pour la transfection de la lignée cellulaire de ver à soie, NISES-BoMo-AIIc, avec de l'ADN du virus de la polyédrose nucléaire de *Bombyx mori*.

KOBAYASHI J., BELLONCIK S.

National Inst. of Sericultural and Entomological Science, 1-2 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1993 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 62(6), 523-526. (E)

Cell populations in the silkworm.

Populations cellulaires chez le ver à soie.

LEGAY J.M., PLOYE H.

Lab. de Biométrie Génét. et Biol. des Populations, URA CNRS 243, IASBSE, 43 bd du 11/11/1918, 69622 Villeurbanne Cedex, France.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 137-149. (E,f)

Host range expansion of *Autographa californica* nuclear polyhedrosis virus (NPV) following recombination of a 0.6 Kilobase-Pair DNA fragment originating from *Bombyx mori* NPV.

Extension des hôtes du virus de la polyédrose nucléaire d'*Autographa californica* après recombinaison d'un fragment d'ADN de 600 paires de bases originaire du virus de la polyédrose nucléaire de *Bombyx mori*.

MAEDA S., KAMITA S.G., KONDO A.

Department of Entomology, University of California, Davis, California 95616-8584, USA.

1993 *Journal of Virology*, Vol. 67(10), 6234-6238. (E)

Divergence and evolution of homologous regions of *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus.

Divergence et évolution des régions homologues du virus de la polyédrose nucléaire chez *Bombyx mori*.

MAJIMA K., KOBARA R., MAEDA S.

Faculty of Agriculture, Tottori University, Tottori 680, Japan.

1993 *Journal of Virology*, Vol. 67(12), 7513-7521. (E)

Characterization of glycolysation on recombinant soluble human thrombomodulin produced by silkworm.

Caractérisation de la glycolysation par la thrombomoduline soluble recombinante humaine produite par le ver à soie.

MARUMOTO Y., WAKITA K., SUGIYAMA N., TSUKIOKA K., OGATA M., ONDA N.

1993 *Biosc., Biotechnol., Biochem.*, Vol. 57(5), 839-840. (E)

Identification of a pentanucleotide telomeric sequence (TTAGG)_n in the silkworm, *Bombyx mori* and other insects.

Identification d'une séquence télomérique d'un pentanucléotide (TTAGG)_n chez le ver à soie et d'autres insectes.

OKAZAKI S., TSUCHIDA K., MAEKAWA H., ISHIKAWA H., FUJIWARA H.

Department of Technology, National Institute of Health, Kamiosaki, Shinagawa-ku, Tokyo 141, Japan.

1993 *Mol. Cell. Biol.*, Vol. 13, 1424-1432. (E)

Morphological studies on the Bamboo (Bo) mutant of the silkworm, *Bombyx mori*.

Etudes morphologiques du mutant Bambou (Bo) du ver à soie *Bombyx mori*.

OTA K., KANEKATSU R.

Faculty of Agriculture, Kyushu University, Higashi-ku, Fukuoka 812, Japan.

1993 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 62(6), 448-454. (J,e)

Transcription of a silkworm tRNA^{ALA} gene is directed by two AT-rich upstream sequence elements.

La transcription du gène de l'ARN^t-ALA du ver à soie est dirigée par deux éléments de séquence riches en AT situés en amont.

PALIDA F.A., HALE C., SPRAGUE K.U.

Institute of Molecular Biology, Department of Biology, University of Oregon, Eugene, OR 97403, USA.

1993 *Nucleic Acids Research*, Vol. 21(25), 5875-5881. (E)

Isolation and nucleotide sequence of cecropinB cDNA clones from the silkworm *Bombyx mori*.

Isolement et séquence des nucléotides de clones d'ADNc de cécropine B du ver à soie *Bombyx mori*.

TANAI K., KATO Y., HIROCHIKA H., YAMAKAWA M.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1992 *Biochem. Biophys. Acta*, Vol. 1132, 203-206. (E)

Further studies on non-preference mutations in the silkworm. 15. Genetic constitution of two wide food range mutation strains, Sj and Brd.

Etudes sur les mutations non préférentielles chez le ver à soie. 15. Constitution génétique de deux souches mutantes à forte variabilité alimentaire.

TAZIMA Y., OHNUMA A.

Inst. of Silkworm Genet. and Breeding, Dainippon Raw Silk Foundation, 1054 Iikura Ami-machi, Ibaraki-ken 300 04, Japan.

1993 *Reports of the Silk Science Institute*, Vol. 41, 1-6. (J,e)

Homogeneous production of feline interferon in silkworm by replacing single amino acid code in signal peptide region in recombinant baculovirus and characterization of the product.

Production d'interféron félin chez le ver à soie par remplacement du code d'un seul acide aminé dans la zone du signal peptidique chez un baculovirus recombinant et caractérisation du produit.

UEDA Y., SAKURAI T., YANAI A.

1993 *J. Vet. Med. Sci.*, Vol. 55(2), 251-258. (E)

Baculovirus immediate early gene promoter based expression vectors for transient and stable transformation of insect cells.

Utilisation de vecteurs d'expression basés sur un promoteur de gène précoce immédiat de baculovirus pour la transformation stable et transitoire des cellules d'insectes.

VULSTEKE V., JANSSEN I., VANDEN BROECK J., DE LOOF A., HUYBRECHTS R.

K.U. Leuven Zoological Institute, Leuven, Belgium.

1993 *Insect Mol. Biol.*, Vol. 2(4), 195-204. (E)

Pao, a highly divergent retrotransposable element from *Bombyx mori* containing long terminal repeats with tandem copies of the putative R region.

Pao, un élément rétrotransposable hautement divergent chez *Bombyx mori* contenant des séquences distales longues répétées avec des copies en tandem de la région putative R.

XIONG Y., BURKE W.D., EICKBUSH T.H.

Department of Biology, University of Rochester, Rochester, NY 14627, USA.

1993 *Nuc. Ac. Res.*, Vol. 21, 2117-2123. (E)

Transcriptional regulation of the POU-M1/SGF-3 gene involved in the expression of *Bombyx* site genes.

Régulation transcriptionnelle du gène POU-M1/SGF-3 impliqué dans l'expression des gènes chez *Bombyx*.

XU P.X., FUKUTA M., TAKIYA S., SUZUKI Y.

Department of Molecular Biomechanics, Graduate University for Advanced Studies, Myodaiji, Okazaki 444, Japan.

1993 *Jikken Igaku*, Vol. 11(8), 1012-1019. (E)

The inactivating substances to tobacco (*Nicotiana tabacum*) mosaic virus in the digestive fluid of eri silkworm (*Philosamia cynthia ricini* Donovan).

Les substances désactivantes du virus de la mosaïque du tabac (*Nicotiana tabacum*) dans le suc digestif du ver à soie eri (*Philosamia cynthia ricini* Donovan).

YOSHIZAKI T., NOMURA A., SASAMORI K., MIYAZAKI T., OHMURA H., SEKIHARA M.

Hokkaido University of Education, Sapporo, Japan.

1989 *Journal of Hokkaido University of Education, Section 2-B*, Vol. 40(1), 1-11. (J)

The expression of the heat shock gene in the silkworm (*Bombyx mori*).

Expression du gène du choc thermique chez le ver à soie (*Bombyx mori*).

YUAN J., MEI S., MEI X.

1993 *Shengwu Huaxue Zazhi*, Vol. 9(3), 368-371. (C)

Cloning and sequencing of P10 gene from the *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus.

Clonage et séquençage du gène P10 du virus de la polyédrose nucléaire chez *Bombyx mori*.

ZHANG Y.Z., ZHANG Y., WU X., LU H., LI Z.

1992 *Bingdu Xuebao*, Vol. 8(3), 280-282. (C)

Vers à soie : physiologie, biochimie

Silkworms : physiology, biochemistry

Enzymatic properties of digestive amylase isozymes in the silkworm, *Bombyx mori*.

Propriétés enzymatiques des isozymes de l'amylase digestive chez le ver à soie *Bombyx mori*.

ASAKAWA H., HAMANO K.

Kyohoku Senior High School, Nagasaka-machi, Yamanashi-ken 408, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(1), 13-20. (J,e)

Analysis of primary structure of digestive amylases in the silkworm, *Bombyx mori*.

Analyse de la structure primaire des amylases digestives chez le ver à soie *Bombyx mori*.

ASAKAWA H.

Kyohoku Senior High School, Nagasaka-machi, Yamanashi 408, Japan.

1993 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 62(6), 441-447. (J,e)

Correlation between yield and biochemical parameters in the mulberry silkworm, *Bombyx mori* L.

Corrélation entre le rendement et les paramètres biochimiques chez le ver à soie du mûrier *Bombyx mori* L.

CHATTERJEE S.N., RAO C.G.P., CHATTERJEE G.K., ASHWATH S.K., PATNAIK A.K.

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

1993 *Theor. Appl. Genet.*, Vol. 87, 385-391. (E)

Protease inhibitors in the silkworm, *Bombyx mori* ; in relation to the physiological roles.

Les inhibiteurs de protéase chez le ver à soie *Bombyx mori* ; leurs rôles physiologiques.

EGUCHI M.

Faculty of Textile Science, Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Kyoto 606, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(1), 1-12. (J)

Purification and characterization of a fungal protease specific inhibitor (FP1-F) in the silkworm hemolymph.

Purification et caractérisation d'un inhibiteur spécifique de la proéase de champignons (FP1-F) dans l'hémolymph de vers à soie.

EGUCHI M., ITOH M., CHOU L.Y., NISHINO K.

Department of Applied Biology, Kyoto Institute of Technology, Matsuga Saki, Kyoto 606, Japan.

1993 *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 104B, 535-543. (E)

Immobilization of glucose oxidase with *Bombyx mori* silk fibroin and the preparation of glucose sensor.

Immobilisation de la glucose-oxydase sur la fibroïne de soie de *Bombyx mori* et préparation d'un détecteur de glucose.

FANG Y., SHAO Z.Z., DENG J., YU T.

1992 *Chin. Sci. Bull.*, Vol. 37(17), 1436-1440. (C)

Role of low ecdysteroid levels in the early last larval instar of *Bombyx mori*.

Rôle des faibles taux d'ecdystéroïdes au début du dernier âge larvaire chez *Bombyx mori*.

GU S.H., CHOW Y.S.

1993 *Experientia*, Vol. 49(9), 806-809. (E)

Effect of imidazole on developmental determination of the silkworm (Lepidoptera : Bombycidae).

Effet de l'imidazole sur la détermination du développement du ver à soie (Lepidoptera : Bombycidae).

GU S., LIN F.J., CHOW Y.S.

1992 *Ann. Entomol. Soc. Am.*, Vol. 85(3), 298-303. (E)

Brain secretory peptides of the silkworm *Bombyx mori* : prothoracicotropic hormone and bombyxin.

Peptides sécréteurs du cerveau du papillon *Bombyx mori* : hormone prothoracicotrope et bombyxine.

ISHIZAKI H., SUZUKI A.

Biological Institute, Faculty of Science, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya464, Japan.

1992 *Prog. Brain Res.*, Vol. 92(Peptidegic Neuron), 1-14. (E)

Functional properties of silkworm larvae protein concentrate after enzyme treatments.

Propriétés fonctionnelles d'un concentrat de protéines de larves de vers à soie après des traitements aux enzymes.

JEON J.R., PARK J.R.

1992 *Han'guk Yongyang Siklyong Hakhoechi*, Vol. 21(6), 706-711. (E)

Characteristic profil of hemolymph proteins during larval development of molting mutants of the silkworm, *Bombyx mori*.

Profil caractéristique des protéines de l'hémolymph au cours du développement larvaire de mutants de la mue chez ver à soie *Bombyx mori*.

KAWAGUCHI Y., BANNO Y., KOGA K., DOIRA H., FUJII H.

Faculty of Agriculture, Kyushu University, Higashi-ku, Fukuoka 812, Japan.

1993 *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 105B, 361-367. (E)

Non saponified lipid fraction of chrysalis of chinese silkworms fed oak and birches leaves.

Lipides non saponifiés de la chrysalide des vers à soie chinois nourris avec des feuilles de chêne et de bouleau.

KOLIN'KO S.I., SHABANOVA E.A., OSIPOV G.A.

1992 *Prikl. Biokhim. Mikrobiol.*, Vol. 28(5), 771-775. (R)

A study of the effect of 20-hydroxyecdysone for the silkworm, *Bombyx mori*.

Etude de l'effet de la 20-hydroxyecdysone sur le ver à soie *Bombyx mori*.

KOTOKU K., NINAGI O.

Ehimeken Sericultural Experiment Station, Tokunomori 2278, Ozu, Ehime 795, Japan.

1993 *Research Report of the Ehimeken Sericultural Experiment Station*, Vol. 14, 1-23. (J)

Induction of DNA-dependent RNA polymerase and RNA synthesis by "Kang 20" treatment in the silkworm, *Bombyx mori*.

Induction de l'ARN-polymérase dépendante de l'ADN et de la synthèse de l'ARN par le traitement "Kang 20" chez le ver à soie *Bombyx mori*.

LIN H., CHEN D., ZHU X., HOU N., CHEN G., ZHUANG D.

1992 *Kungchong Xuebao*, Vol. 34(4), 385-390. (E)

Effects of temperature and photoperiod on the carbohydrate levels of the fat body and hemolymph in pupae of oak silkworm, *Antheraea pernyi*.

Effets de la température et de la photopériode sur les taux d'hydrates de carbone dans le corps gras et l'hémolymph chez la pupa du ver à soie du chêne *Antheraea pernyi*.

LU M., YANG C., TENG X., ZHANG Y., XU Q.

1992 *Kunchong Xuebao*, Vol. 35(1), 1-7. (E)

A modified PABC immunoassay for the quantitation of DNA dependant RNA polymerase I : a procedure applicable to other proteins present in minute amounts and /or isoforms.

Un dosage immunologique PABC modifié pour la quantification de l'ARN-polymérase I dépendante de l'ADN ; un procédé applicable aux autres protéines présentes en quantité infime et/ou aux isomorphes.

MATTES C.E., SRIDHARA S.

1993 *Immunol. Lett.*, Vol. 36(2), 209-214. (E)

Fitting smooth paths to the movement of the orifice of the spinneret of silkworms.

Mouvements de l'orifice de la filière chez les vers à soie.

MIURA M., SUGIURA A., MORIKAWA H.

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, 3-15-1 Tokida, Ueda 386, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(1), 28-38. (E)

Active conformation of the pyrokinin/PBAN neuropeptide family for pheromone biosynthesis in the silkworm.

Conformation active de la famille de neuropeptides de la pyrokinine PBAN pour la biosynthèse des phéromones chez le ver à soie.

NACHMAN R.J., KUNIYOSHI H., ROBERTS V.A., HOLMAN G.M., SUZUKI A.

1993 *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, Vol. 193, 661-666. (E)

Molecular cloning of silkworm (*Bombyx mori*) antichymotrypsin. A new member of the serpin superfamily of proteins from insects.

Clonage moléculaire de l'antichymotrypsine du ver à soie (*Bombyx mori*). Un nouveau membre de la superfamille des serpins d'insectes.

NARUMI H., HISHIDA T., SASAKI T., FENG D.F., DOOLITTLE R.F.

1993 *Eur. J. Biochem.*, Vol. 214, 181-187. (E)

Variations in tissue biochemical composition in the muscardine infected silkworm larvae, *Bombyx mori*.

Variations de la composition biochimique des tissus chez les larves de vers à soie *Bombyx mori* infestées par la muscardine.

RAJASEKHAR R., PRASAD B., REDDY C.S., BHASKAR M., MURALI K., GOVINDAPPA S.

1992 *Indian J. Comp. Anim. Physiol.*, Vol. 10(1), 24-27. (E)

Enrichment of ion-specific adenosine triphosphatase activities by thyroxine in different tissues of the silkworm, *Bombyx mori* L. during development.

Enrichissement des activités ions-spécifiques de l'adénosine-triphosphatase grâce à la thyroxine dans différents tissus du ver à soie *Bombyx mori* au cours du développement.

REDDY K.D., CHAUDHURI A.B., SUKUMAR K.

Indian Institute of Chemical Technology, Biology Division, Hyderabad 500 007, A.P., India.

1994 *Insect Biochem. Molec. Biol.*, Vol. 24(3), 243-248. (E)

Purification and characterization of a biliverdin-binding protein from the molting fluid of the eri silkworm, *Samia cynthia ricini*.

Purification et caractérisation d'une protéine se liant à la biliverdine du fluide de mue du ver à soie eri *Samia cynthia ricini*.

SAITO H.

1993 *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 105B, 473-479. (E)

Amino acid sequence of alkaliphilic serine protease from silkworm, *Bombyx mori*, larval digestive juice.

Séquence d'acides aminés de la protéase à sérine alcalophile du suc digestif larvaire du ver à soie *Bombyx mori*.

SASAKI T., HISHIDA T., ICHIKAWA K., ASARI S.

Department of Food Science and Technology, School of Agriculture, Nagoya University, Aichi, Japan.

1993 *Febs Letters*, Vol. 320, 35. (E)

The relationships between pupal development and ecdysteroid levels in summer diapausing silkworm, *Bombyx mandarina*.

Relations entre le développement de la nymphe et les taux d'ecdystéroïdes chez le ver à soie *Bombyx mandarina* en diapause estivale.

SHAN W., HAMANO K., FUGO H.

1993 *Proc. Jpn Acad., Ser. B*, Vol. 69(6), 139-143. (E)

Relationships between an application of KK-42 and pupal development in the silkworm, *Bombyx mandarina*.

Relations entre une application de KK-42 et le développement de la nymphe chez le ver à soie *Bombyx mandarina*.

SHEN W., HAMANO K., FUGO H.

1993 *Proc. Jpn Acad., Ser. B*, Vol. 69(6), 144-148. (E)

Production of an extracellular protease by *Beauveria bassiana* in the hemolymph of the silkworm, *Bombyx mori*.

Production d'un protéase extra-cellulaire par *Beauveria bassiana* dans l'hémolymphe du ver à soie *Bombyx mori*.

SHIMIZU S., TSUCHITANI Y., MATSUMOTO T.

Faculty of Textile Science, Kyoto Institute of Technology, Sakyo-ku, Kyoto 606, Japan.

1993 *Lett. Appl. Microbiol.*, Vol. 16(6), 291-294. (E)

Purification of chymotrypsin inhibitors from larval hemolymph of the silkworm, *Bombyx mori*.

Purification des inhibiteurs de chymotrypsine de l'hémolymphe larvaire du ver à soie *Bombyx mori*.

SHINOHARA T., ASO Y., SHIRAI K., FUNJI H., FUNATSU G.

1993 *Biosci., Biotechnol., Biochem.*, Vol. 57(7), 1067-1071. (E)

Messenger RNAs of wing epidermis of the silkmoth *Antheraea polyphemus* and other silkmoths during larval development.

Les ARN messagers de l'épiderme des ailes d'*Antheraea polyphemus* et d'autres papillons de vers à soie au cours du développement larvaire.

SRIDAHRA S.

1993 *Insect Biochem. Mol. Biol.*, Vol. 23, 631-641. (E)

Purification, cDNA cloning and Northern blot analysis of trehalase of pupal midgut of the silkworm, *Bombyx mori*.

Purification, clonage de l'ADNc et analyse Northern de la tréhalase de l'intestin moyen de la hrysalide du ver à soie *Bombyx mori*.

SU Z.H., SATO Y., YAMASHITA O.

Laboratory of Sericultural Science, School of Agriculture, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-01, Japan.

1993 *Biochim. Biophys. Acta*, Vol. 1173, 217-224. (E)

Sucrases of silk gland, cocoon layer and midgut tissue of the silkworms.

Sucrases de la glande séricigène, de la coque soyeuse et du tissu de l'intestin moyen des vers à soie.

TAKAHASHI T., ISONO Y., KANETATSU R.

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, 3-15-1, Tokida, Ueda-shi, Nagano-ken 386, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(1), 84-86. (J)

Rotary movement of pupal abdomen induced by ouabain in *Bombyx mori*.

Le mouvement rotatif de l'abdomen de la puppe est induit par l'ouabaine chez *Bombyx mori*.

TAKEDA S.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, 1-2 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1993 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 62(6), 471-477. (J,e)

Ultranumerary larval ecdyses of the silkworm, *Bombyx mori*, induced by ecdysone.

Ecdysis larvaires surnuméraires induites par l'ecdysone chez le ver à soie *Bombyx mori*.

TANAKA Y., TAKEDA S.

Sericultural Experiment Station, Yatabe, Ibaraki 305, Japan.

1993 *Naturwissenschaften*, Vol. 80(3), 131-132. (E)

Extraction of silkworm oil with supercritical carbon dioxide.

Extraction de l'huile de ver à soie avec du dioxyde de carbone.

TIAN J., WANG J., ZHANG R., SANG S., JIN G.

1992 *Huaxue gongcheng (Xi'an, People's Rep. China)*, Vol. 20(4), 59-61, 70. (C)

Vitamin in the hemolymph of fifth instar larvae of *Bombyx mori*.

Vitamine dans l'hémolymphe des larves de *Bombyx mori* au 5^e stade.

ZANG R., MA Z.

1991 *Kungchong Xuebao*, Vol. 34(4), 433-437. (E)

A two stage bioreactor system for the production of recombinant proteins using a genetically engineered baculovirus insect cell system.

Un système de bioréacteur à deux niveaux pour la production de protéines recombinantes utilisant un système de cellules d'insectes génétiquement manipulées par un baculovirus.

ZHANG J.L., KALOGERAKIS N., BEHIE L.A., IATROU K.

Department of Medical Biochemistry, University of Calgary, 3330 Hospital Drive N.W., Calgary, Alberta, Canada T2N 4N1.

1993 *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 42, 357-366. (E)

Vers à soie : oeufs, embryologie

Silkworms : eggs, embryologie

Induction of heat shock proteins and changes in radiosensitivity after heat treatment of *Bombyx mori* L. embryos.

Induction de protéines de choc thermique et changement de la radio-sensibilité après traitement à la chaleur des embryons de *Bombyx mori* L.

AGAIEV F.A.

1993 *Radiobiologiya*, Vol. 33(3), 361-364. (E)

Comparative investigation of structural damage and synthesis of DNA in embryonic silkworm (*Bombyx mori*) subjected to gamma-irradiation at various stages of development.

Etude comparative des dommages structurels et de la synthèse de l'ADN chez l'embryon de ver à soie soumis aux rayons gamma à différents stades du développement.

AGAIEV F.A., GAZIEV A.I., ZAKRZHEVSKAYA D.T., MALAKHOVA L.V., YUSIFOV N.I.
1992 *Zh. Evol. Biokhim. Fiziol.*, Vol. 28(6), 692-699. (R)

DNA apurination and apyrimidinization in gamma-irradiated *Bombyx mori* embryos at various stages of development.

Apurination et apyrimidinisation de l'ADN dans les embryons de *Bombyx mori* irradiés aux rayons gamma à différents stades du développement.

AGAIEV F.A., VASILIEV S.P., GAZIEV A.I.

1993 *Radiobiologiya*, Vol. 33(2), 183-188.

Changes in fatty acid composition of phosphoglycerides during the diapause and embryonic development of the Japanese oak silkworm, *Antheraea yamamai*.

Variation de la composition en acides gras des phosphoglycérides au cours de la diapause et du développement embryonnaire chez le ver à soie du chêne japonais, *Antheraea yamamai*.

FURASAWA T., NISHIDA M., NARUTAKI A.

Dept of Applied Biology, Faculty of Textile Science, Kyoto Inst. of Technology, Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 63(1), 57-63. (J,e)

Changes in amino acid pools during embryonic development of the Japanese oak silkworm, *Antheraea yamamai* (Lepidoptera : Saturniidae).

Variations des réserves en acides aminés au cours du développement embryonnaire chez le ver à soie japonais du chêne *Antheraea yamamai* (Lepidoptera : Saturniidae).

FURUSAWA T., NARUTAKI A., MITSUDA K.

Dept of Applied Biology, Faculty of Textile Science, Kyoto Inst. of Technology, Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606, Japan.

1993 *Appl. Entomol. Zool.*, Vol. 28(2), 234-237. (E)

A subtle defect underlies altered lamellar orientation in the Gr16 chorion mutant of *Bombyx mori*.

Un défaut subtil est responsable de la variation de l'orientation lamellaire chez le mutant du chorion Gr16 de *Bombyx mori*.

GAUTREAU D., ZETLAN S.R., MAZUR G.R., GOLDSMITH M.R.

Department of Zoology, University of Rhode Island, Kingston, RI 02881-0816, USA.

1993 *Developmental Biology*, Vol. 157, 60-72. (E)

Egg formation in KK-42 induced trimolter of *Bombyx mori*.

Formation de l'oeuf chez le ver à soie *Bombyx mori* trimuant induit par le KK-42.

KAWAGUCHI Y., AKAGI S., KOGA K., FUJII H., KUWANO E.

Faculty of Agriculture, Kyushu University, Higashi-ku, Fukuoka 812, Japan.

1993 *Gakugei Zasshi - Kyushu Daigaku Nogakubu*, Vol. 47(1/2), 1-6. (J)

Polygonal patterns on egg shells of giant egg mutant and large eggs induced by 20-hydroxyecdysone in *Bombyx mori*.

Motifs polygonaux de la coque des oeufs du mutant aux oeufs géants et des gros oeufs induits par la 20-hydroxyecdysone chez *Bombyx mori*.

KAWAGUCHI Y., BANNO Y., KOGA K., DOIRA H., FUJII H.

Faculty of Agriculture, Kyushu University, Higashi-ku, Fukuoka 812, Japan.

1993 *J. Insect Physiol.*, Vol. 39, 437-443. (E)

Manifestation of the 'miniature egg' mutant of *Bombyx mori*, characteristics of the emi egg.

Manifestation du mutant "oeufs miniatures" de *Bombyx mori*, caractéristiques de l'oeuf emi.

KAWAGUCHI Y., TSUNENARI N., BANNO Y., KOGA K., DOIRA H., FUJII H.

Faculty of Agriculture, Kyushu University, Higashi-ku, Fukuoka 812, Japan.

1993 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 62(6), 485-488. (J,e)

Activity of peptide hydrolases in silkworm egg chromatin during postdiapause development.

Activité des hydrolases de peptides dans la chromatine des oeufs de vers à soie au cours du développement après le diapause.

KLUNOVA S.M., NAZAROV A.Y., FILIPPOVICH Y.B.

1993 *Ontogenez*, Vol. 24(1), 43-47. (E)

Hormonal regulation of protein synthesis in the silk gland of *Galleria mellonella*.

Régulation hormonale de la synthèse des protéines dans la glande séricigène de *Galleria mellonella*.

KULDKIEWICZ B., GRZELAK K., SZOLAJSKA E., MICHALIK J.

Institute of Biochemistry and Biophysics, Polish Academy of Sciences, Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa, Poland.

1991 *Acta Biochimica Polonica*, Vol. 38(1), 53-59. (E)

Silkworm diapause induction activity of myotropic pyrokinin (FXPRLamide) insect neuropeptides.

Activité d'induction de la diapause du ver à soie par des neuropeptides d'insectes, la pyrokinine myotrope (FXPRLamide).

NACHMAN R.J., HOLMAN G.M., SCHOOF L., YAMASHITA O.

Laboratory of Sericultural Science, School of Agriculture, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-01, Japan.

1993 *Peptides*, Vol. 14(5), 1043-1048. (E)

Developmental profile of the gene expression of *Bombyx* homolog of mammalian sorbitol dehydrogenase during embryogenesis in non-diapause eggs.

Evolution de l'expression du gène de *Bombyx* homologue de la sorbitol-déshydrogénase de mammifère au cours de l'embryogénèse chez les oeufs non diapausants.

NIIMI T., YAMASHITA O., YAGINUMA T.

Laboratory of Sericultural Science, School of Agriculture, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-01, Japan.

1993 *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 106B, 437-442. (E)

Asymmetry in the ovarioles of *Antheraea mylitta* D.

Assymétrie des ovarioles d'*Antheraea mylitta* D.

RAJESWARY H., THANGAVELU K.

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

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 216-217. (E)

Heat shock effect on testicular composition : a biochemical study in silkworm, *Bombyx mori*.

Effet du choc thermique sur la composition testiculaire : étude biochimique du ver à soie *Bombyx mori*.

REDDY K.V.R., BENCHAMIN K.V.

1992 *Proc. Indian Natl Sci. Acad., Part B*, Vol. 58(6), 329-332. (E)

Cell-specific expression in the silkworm follicle. Developmental characterization of a major chorion protein, its messenger RNA and gene.

Expression spécifique dans les cellules des follicules du ver à soie. Caractérisation d'une protéine majeure du chorion, de son ARN messager et de son gène.

REGIER J.C., COLE C., LECLERC R.F.

1993 *Developmental Biology*, Vol. 160(1), 236-245. (E)

Molecular analysis of silkworm chorion gene regulators.

Analyse moléculaire des régulateurs du gène du chorion du papillon du ver à soie.

SKEIKY Y.A.W.

1990 *Univ. Calgary, AB Canada*.

Negative and positive regulators modulate the activity of a silkworm chorion gene during choriogenesis.

Des régulateurs positifs et négatifs modulent l'activité d'un gène du chorion d'un papillon de ver à soie au cours de la choriogénèse.

SPOEREL N.A., NGUYEN H.T., TOWNE S., KAFATOS F.C.

European Molecular Biology Laboratory Heidelberg, Meyerhofstrasse 1, 69012 Heidelberg, Germany.

1993 *J. Mol. Biol.*, Vol. 230, 151-160. (E)

Cysteine proteinase from the eggs of the silkworm, *Bombyx mori*. Identification and characterization of activation and proteolytic processing in vivo and in vitro.

Protéase à cystéine des oeufs du papillon *Bombyx mori*. Identification et caractérisation de l'activation et du processus protéolytique in vivo et in vitro.

TAKAHASHI S.Y., YAMAMOTO Y., SHIONOYA Y., KAGEYAMA T.

Department of Biology, Faculty of Liberal Arts, Yamaguchi University, Yamaguchi 753, Japan.

1993 *Journal of Biochemistry*, Vol. 114(2), 267-272. (E)

A maternal homeobox gene, *Bombyx caudal*, forms both mRNA and protein concentration gradients spanning anteroposterior axis during gastrulation.

Un gène maternel homéotique *Bombyx caudal* forme à la fois les gradients de concentration de protéines et d'ARNm selon l'axe antéropostérieur au cours de la gastrulation.

XU X., XU P.X., SUZUKI Y.

Department of Molecular Biomechanics, Graduate University for Advanced Studies, Myodaiji, Okazaki 444, Japan.

1994 *Development*, Vol. 120, 277-285. (E)

Cysteine proteinase from *Bombyx* eggs : role in programmed degradation of yolk proteins during embryogenesis.

Protéase à cystéine des oeufs de *Bombyx* : rôle dans la dégradation programmée des protéines du vitellus au cours de l'embryogénèse.

YAMAMOTO Y., TAKAHASHI S.Y.

Department of Biology, Faculty of Liberal Arts, Yamaguchi University, Yamaguchi 753, Japan.

1993 *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 106B, 35-45. (E)

Sensitivity of differentiating spermatogenic cells chromatin of the diploid and allotetraploid silkworms to the action DNase. 1. Cytochemical study.

Sensibilité à l'action de la DNase de la chromatine des cellules spermatogènes en différenciation chez les vers à soie diploïdes et allotétraploïdes. 1. Etude cytochimique.

ZAKHIDOV S.T., MARSHAK T.L.

1992 *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 16 : Biol.*, Vol. 3, 65-69. (R)

Vers à soie : glandes séricigènes

Silkworms : silkglands

Nuclear magnetic resonance study of the codon-anticodon interaction in *Bombyx mori* transfer RNA-GCC(Gly).

Etude par résonance magnétique nucléaire de l'interaction codon-anticodon chez l'ARN-GCC(Gly) de transfert de *Bombyx mori*.

AMANO M., KYOGOKU Y.

1993 *European Journal of Biochemistry*, Vol. 217(1), 131-136. (E)

The regulation of the silk P25 gene in the silkgland of *Bombyx mori*.

La régulation du gène P25 de la soie dans la glande séricigène de *Bombyx mori*.

COUBLE P., PRUDHOMME J.-C.

Université Claude Bernard, Centre de Génétique Moléculaire et Cellulaire, UMR 106 du CNRS, 43 boulevard du 11 novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex, France.

1993 *Indian J. Seric.*, Vol. 32(2), 128-136. (E,f)

Effect of an imidazole compound, KK-42, on changes in trehalose content and trehalase activity in the silk glands of the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera : Bombycidae).

Effet d'un composé d'imidazole, le KK-42, sur les variations de la teneur en tréhalose et de l'activité de la tréhalase dans les glandes séricigènes du ver à soie *Bombyx mori* (Lepidoptera : Bombycidae).

FURUSAWA T., WAKIZAKA T., ISHIHARA Y.

Dept of Applied Biology, Faculty of Textile Science, Kyoto Inst. of Technology, Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606, Japan.

1993 *Appl. Entomol. Zool.*, Vol. 28(2), 169-176. (E)

Biosynthesis and processing of silk proteins.

Biosynthèse et modifications des protéines de soie.

KAPLAN D.L., FOSSEV S., MELLO C., ARCIDIACONO S., SENEAL K. et al.

1992 *M.R.S. Bull.*, Vol. 17(10), 41-47. (E)

Silk proteins of *B. mori* - description, biosynthesis and regulation of gene expression.

Protéines de la soie de *B. mori* : description, biosynthèse et régulation de l'expression des gènes.

KLUDKIEWICZ B., GRZELAK K.

Institute of Biochemistry and Biophysics, Polish Academy of Sciences, Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa, Poland.

1993 *Postępy Biochemii*, Vol. 39(2), 105-111. (Pl)

Role of the core promoter for the preferential transcription of fibroin gene in the posterior silk gland extract.

Rôle de la partie centrale du promoteur pour la transcription préférentielle du gène de la fibroïne dans l'extrait de glande séricigène postérieure.

TAKIYA S., SUZUKI Y.

National Institute for Basic Biology and Graduate University for Advanced Studies, Myodaiji, Okazaki 444, Japan.

1993 Develop. Growth & Differ., Vol. 35(3), 311-321. (E)

Promoter of the POU-M1/SGF-3 gene involved in the expression of *Bombyx* silk genes.

Le promoteur du gène POU-M1/SGF-3 impliqué dans l'expression des gènes de la soie chez *Bombyx*.

XU P.X., FUKUTA M., TAKIYA S., MATSUNO K., XIN X., SUZYKI Y.

National Institute for Basic Biology and Graduate University for Advanced Studies, Myodaiji, Okazaki 444, Japan.

1994 Journal of Biological Chemistry, Vol. 269(4), 2733-2742. (E)

Soie

Silk

New application of silk and production of silk outside the body of silkworms.

Nouvelle application de la soie et production de la soie en dehors de l'organisme des vers à soie.

ASAKURA T., DEMURA M.

Faculty of Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology, 2-Chome Nakamahi, Koganei, Tokyo 184, Japan.

1992 *Kobunshi Kako*, Vol. 41(9), 442-446. (J)

Investigation on the thermodynamical properties of some natural silk fibers with various physical methods.

Etude des propriétés thermodynamiques de quelques fibres de soie naturelle par différentes méthodes physiques.

BORA M.N., BARUAH G.C., TALUKDAR C.L.

1993 *Thermochim. Acta*, Vol. 218, 425-434. (E)

Study on denaturation and deterioration of sericin with wet and heat processing.

Etude de la dénaturation et de la détérioration de la sérécine par un procédé utilisant l'humidité et la chaleur.

CHEN W., YOU Q.

1992 *Fangzhi Xuebao*, Vol. 13(8), 357-359. (E)

Chemical composition and physical properties of *Gonometa rufobrunnae* silk.

Composition chimique et propriétés physiques de la soie de *Gonometa rufobrunnae*.

FREDDI G., BIANCHI-SVILOKOS A., ISHIKAWA H., TSUKADA M.

Stazione Sperimentale per la Seta, Via Giuseppe Colombo, 81, 20133 Milano, Italy.

1993 *J. Appl. Polym. Sci.*, Vol. 48(1), 99-106. (E)

Spider silk proteins.

Protéines de la soie d'araignée.

HINMAN M., DONG Z., XU M., LEWIS R.V.

1993 *Mater. Res. Soc. Sup. Proc., Biomolecular Materials*, Vol. 292, 25-34. (E)

Studies on deterioration of silk fabrics and its crystallinity.

Etudes sur la détérioration des tissus de soie et la cristallinité de la soie.

HIRABAYASHI K., NORO S., YANAGI Y., KUMAKURA M.

Faculty of Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology, Nakamachi, Kaganci, Tokyo 184, Japan.

1993 *Materiaru Raifu*, Vol. 3(4), 213-217. (E)

Studies on the physical properties of Indian non-mulberry silks. III. *Antheraea mylitta* D.Etudes sur les propriétés physiques des soies non-mûrier indiennes. III. *Antheraea mylitta* D.

IIZUKA E., OKACHI Y., SHIMIZU M., FUKUDA A., HASHIZUME M.

Dept of Functional Polymer Science, Faculty of Textile and Technology, Shinshu University, Ueda, Nagano 386, Japan.

*1993 Indian J. Seric., Vol. 32(2), 175-183. (E,f)***Studies on the physical properties of silk thread from cocoons of Thai local varieties of silkworms, *Bombyx mori* L.**Etudes des propriétés physiques du fil de soie des cocons des variétés locales thaïlandaises de vers à soie *Bombyx mori* L.

IIZUKA E., UEGAKI K., TAKAMATSU H., OKACHI Y., KAWAI E.

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, Ueda, Nagano 386, Japan.

*1994 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 63(1), 64-71. (E)***Quantitative study on water composition effect on solubility of cocoon sericin.**

Etude quantitative de l'effet de la composition de l'eau sur la solubilité de la sérécine du cocon.

JIANG X.

*1992 Fangzhi Xuebao, Vol. 13(7), 300-303. (E)***Moisture characteristics of silk fabrics treated with glyoxal resin.**

Humidité des tissus de soie traités à la résine de glyoxal.

KAKO T., KATAYAMA A.

Himeji Junior College, Himeji, Hyogo 670, Japan.

*1994 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 63(1), 51-56. (J,e)***Thermal and moisture properties of net raw silk fabrics.**

Propriétés thermiques et d'humidité des tissus de soie grège.

KAMIISHI Y., AOKI G.

Textile Research Institute of Gunma, Kiryu, Gunma 376, Japan.

*1993 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 62(6), 478-484. (J,e)***Development of degumming and fiber dispersion treatments for reeled bundles of a large number of cocoon filaments.**

Développement du décreusage et des traitements de dispersion de la fibre pour les ballots dévidés d'un grand nombre de filaments de cocons.

KATO H., YAMAGUCHI Y., YASUDA K.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, 1-2 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

*1993 Bull. Natl Inst. Seric. Entomol. Sci., Vol. 9, 71-87. (J,e)***Sericin : source to reduce cost of silk and new commercial raw material.**

Sérécine : source de réduction du coût de la soie et nouvelle matière première commerciale.

KATTI M.R., GOKHALE L.S., MURALIDHAR M.R.

*1992 Colourage, Vol. 39(8), 35-38. (E)***Effect of sericin substrate on degumming behaviour of silk fiber with protease.**

Effet du substrat de sérécine sur le comportement au décreusage avec une protéase de la fibre de soie.

KAWAHARA Y., NAKJIMA S.

The Tokyo Metropolitan Textile Research Institute, 3-15-5, Honjo, Sumida-ku, Tokyo 130, Japan.

1992 Sen'i Gakkaishi, Vol. 48, 696-698. (J)

Effect of fiber structure of wild silk fiber on creep behaviour in ethanol.

Effet de la structure de la fibre de soie sauvage sur sa tenue dans l'éthanol.

KAWAHARA Y., NAKJIMA S.

The Tokyo Metropolitan Textile Research Institute, 3-15-5, Honjo, Sumida-ku, Tokyo 130, Japan.

1992 *Sen'i Gakkaishi*, Vol. 48, 671-676. (J)**Development of a cocoon supplying and feeding machine for silk tow reeling.**

Développement d'une machine à fournir les cocons pour le dévidage du fil de soie.

KAWANA S., NAKAYA A., TSUBOI H., MOROZUMI Y., IWADARE M.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, 1-2 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1993 *Bull. Natl Inst. Seric. Entomol. Sci.*, Vol. 9, 19-26. (J,e)**Spiders : silk spinning and properties.**

Araignées : filage de la soie et propriétés.

KISH M.H., GORJIAN G., MIRJALILI A.

1993 *Iran J. Polym. Sci. Technol. (Persian ed.)*, Vol. 5(4), 235-242. (E)**Purification and N-terminal amino acid sequence analysis of a cocoon 11 kDA protein.**

Purification et analyse de la séquence N-terminale d'une protéine du cocon de 11 kDA.

KURIOKA A., HIRANO H., KOMATSU K.

Silk Science Research Institute, Shinjuku, Tokyo 169, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(1), 72-78. (J,e)**Research on the crystallinity of raw silk by using nuclear magnetic resonance.**

Recherche sur la cristallinité de la soie grège par résonance magnétique nucléaire.

LI M., YANG B., ZHOU W.

1992 *Fangzhi Xuebao*, Vol. 13(7), 304-307. (C)**Production of silk powder and properties.**

Production et propriétés de la poudre de soie.

LU X., AKIYAMA D., HIRABAYASHI K.

Faculty of Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology, Konagei, Tokyo 184, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(1), 21-27. (J,e)**Control system of reeling thread breakdown associated with reeling thread defects.**

Système de contrôle de casse du fil au dévidage associé aux défauts du fil.

LUN B., CHUNJIANG X., SHIMAZAKI A.

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, Ueda 386, Japan.

1993 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 62(6), 455-461. (J,e)**Control of raw silk size based on distribution of the return-size in fixed size reeling process.**

Contrôle du denier de la soie grège basé sur la distribution du denier de retour sur une bassine de dévidage à denier fixe.

LUN B., SHIMAZAKI A.

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, Ueda 386, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(1), 39-44. (J,e)

New method for the production of spun silk for silk dress.

Nouvelle méthode de production de soie filée destinée aux vêtements.

MAGOSHI Y.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, 1-2 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1993 *Bull. Natl Inst. Seric. Entomol. Sci.*, Vol. 9, 27-52. (J,e)

Formation of silk monolayers.

Formation de monocouches de soie.

MULLER W.S., SAMUELSON L.A., FOSSEY S.A., KAPLAN D.L.

1993 *Mater. Res. Soc. Symp. Proc., Biomolecular Materials*, Vol. 292, 191-190. (E)

Some experimental spun-like silk yarns.

Fils expérimentaux analogues à la soie filée.

MURANO K., KANDA C., TAKAHASHI T., AOKI A.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, 1-2 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1993 *Bull. Natl Inst. Seric. Entomol. Sci.*, Vol. 9, 53-70. (J,e)

Electron microscopic observations of voids in cocoon filaments of silk-spinning moths.

Observations au microscope électronique des vides dans les filaments des cocons des papillons producteurs de soie.

NARUMI T., KOBAYASHI M., MORI T.

Tokyo Gakugei University, Konagei, Tokyo 187, Japan.

1993 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 62(6), 489-495. (J,e)

Techniques for the manufacture of silk-tow depending on cocoon reeling methods.

Techniques de manufacture de fil de soie dépendantes des méthodes de dévidage des cocons.

OBO M., AKAHANE T.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, 1-2 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1993 *Bull. Natl Inst. Seric. Entomol. Sci.*, Vol. 9, 101-113. (J,e)

Crystal size and minimum enthalpy of crossbreed silk fibers annealed at various temperatures.

Taille du cristal et enthalpie minimale des fibres de soie hybrides à différentes températures.

SOMASHEKAR R., URS R.G.

1993 *J. Appl. Polym. Sci.*, Vol. 50(6), 949-952. (E)

Effects of soap solution on microstructural parameters in silk fibers.

Effets d'une solution de savon sur les paramètres microstructuraux des fibres de soie.

SOMASHEKAR R., URS R.G.

1993 *Mater. Lett.*, Vol. 17(5), 323-326. (E)

Single stage degumming of silk with enzymes.

Décreusage de la soie avec des enzymes en une seule étape.

SONWALKAR T.N., PRABHU J.

1992 *Colourage*, Vol. 39(7), 37-40. (E)

The continuous measuring system of temperature-distributions in the multi-band progressive type cocoon drying machine.

Système continu de mesure des distributions de température dans un étouffoir progressif à multi-bandes.

TAKABAYASHI C.

Division of Filature Technol., Matsumoto Branch, Natl Inst. of Seric. and Entomol. Sci., Okada City, Nagano 394, Japan.

1994 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 63(1), 78-83. (J,e)

Improvement of productivity of high quality raw silk.

Amélioration de la productivité de la soie grège de haute qualité.

TAKADA Y., KOTO T.

1992 Gifu-ken Sanshi Kenkyusho Yoho, Vol. 2, 48-52. (J)

Relationship between the physical properties of silk-cotton blend fabrics and the size of the cocoon filament.

Relation entre les propriétés physiques des tissus mélangés soie et coton et la taille du filament du cocon.

TSUBOUCHI K., IMAI T., AKAHANE T., OBO M.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, 1-2 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1993 Bull. Natl Inst. Seric. Entomol. Sci., Vol. 9, 89-100. (J,e)

Silk protein : a review.

Protéine de la soie : une revue.

UNNI B.

1992 Indian J. Comp. Animal Physiol., Vol. 10(1), 42-45. (E)

The nature and role of liquid crystalline order in silk secretion.

La nature et le rôle de la cristallinité liquide dans la sécrétion de la soie.

VINEY C.

1992 Results Probl. Cell Differ., Vol. 19, 255-278. (E)

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

1) Les articles présentés doivent concerner soit des travaux originaux soit des synthèses. Ils doivent être rédigés en français ou en anglais. Ils doivent avoir trait à la sériciculture qui inclut les vers à soie, les plantes nourricières, la filature de la soie quelle que soit la nature des recherches (fondamentales ou appliquées) et des sujets (biochimie, écologie, économie, virologie, génétique, etc.).

2) Les articles doivent être soumis à : **Dr G. CHAVANCY**. Les articles soumis au Rédacteur doivent être inédits et ne doivent pas être présentés pour publication chez un autre éditeur. Les articles acceptés pour publication dans *SERICOLOGIA* ne pourront être publiés ailleurs sous la même forme sans le consentement écrit de l'éditeur.

3) Les manuscrits et illustrations doivent être soumis en double exemplaire, l'auteur conservant une copie. Dans le cas d'une co-rédaction, les auteurs doivent indiquer le nom de celui qui recevra les épreuves.

4) Les manuscrits doivent être dactylographiés avec un double interligne et des marges importantes. Les auteurs sont priés de rédiger des communications aussi concises que possible. Les renvois de bas de page sont à éviter et les caractères en italique ne doivent pas être utilisés pour la mise en relief.

5) L'article doit être présenté de la façon suivante:

- Le titre suivi du nom de l'auteur et de son adresse complète.
- Le résumé qui doit indiquer le contenu et les conclusions de l'article et doit faire référence à des informations nouvelles. Le résumé ne doit pas excéder 200 mots et peut être divisé en paragraphes numérotés.
- Les mots clés. Une petite liste de mots clés permettant une rapide analyse du contenu de l'article et utilisable pour la compilation de l'index.

- Les articles doivent être divisés en : Introduction, Matériel et Méthodes, Résultats et Discussion. Pour les articles de synthèse, les auteurs peuvent choisir la présentation qui leur convient.

- Remerciements.

- Références. Les auteurs doivent suivre le "Harvard system". Les références doivent être données dans l'ordre suivant : nom de l'auteur et ses initiales, date (entre parenthèses), titre de l'article, nom du journal tel qu'il est abrégé dans la liste mondiale des périodiques scientifiques (4ème éd. 1963), le volume et les première et dernières pages de l'article.

Pour les livres, il est nécessaire d'indiquer le nom de l'auteur et ses initiales, la date de publication, le titre, l'édition, le nombre de pages, le nom de l'éditeur et le lieu d'édition.

Dans le texte, les références doivent être indiquées sous la forme suivante : Dupont (1964) ou (Dupont, 1964). Lorsque la référence comprend plus de deux auteurs, par exemple Dupont, Durand et Martin, l'article doit être cité comme Dupont et coll. sauf si cela peut prêter à confusion. Si l'on cite des articles d'un même auteur publiés la même année, ils doivent être distingués par les lettres a, b, etc.

La référence à un article sous presse doit signifier que l'article a été accepté pour publication et elle doit s'écrire de la façon suivante :

SETOYAMA K. (1962) Effect of water on molecular motion of silk fibroin. *J. Seric. Sci. Jpn.* Sous presse.

6) Illustrations. Le manuscrit sera accompagné de toutes les illustrations nécessaires mais celles-ci ne doivent pas être insérées dans le texte. Toutes les photographies, graphiques et diagrammes doivent être numérotés consécutivement en chiffres arabes, dans l'ordre de citation du texte.

Les photographies sur papier brillant, ou les épreuves positives (pas de négatifs ou de diapositives) doivent être envoyées si possible sans montage et en nombre limité.

Les cartes, graphiques ou diagrammes doivent être dessinés nettement à l'encre noire sur le papier ou du carton blanc de bonne qualité. Les inscriptions apparaissant sur les illustrations doivent être complètes et de taille suffisante pour permettre une réduction importante si nécessaire.

Les illustrations ne doivent pas dépasser le format 14 x 19 cm. Au dos de chaque illustration doivent être indiqués le nom de l'auteur, le n° de la figure (en chiffres arabes) et l'orientation de l'illustration si nécessaire.

Les légendes des figures doivent être dactylographiées sur une feuille séparée et non pas au dos de l'original et elles doivent être suffisamment explicites pour éviter que l'on se reporte au texte.

7) Tableaux. Ils doivent être numérotés en chiffres romains et dactylographiés sur des feuilles séparées. Les titres doivent être suffisamment clairs sans qu'il soit nécessaire de se reporter au texte. Tous les tableaux et figures doivent être cités dans le texte.

8) Seules les abréviations normalisées sont autorisées. Lorsque des abréviations particulières sont utilisées, le nom devra d'abord être donné en entier suivi de l'abréviation entre parenthèses.

9) Le nom latin de toutes les espèces étudiées doit être indiqué.

10) Les corrections des épreuves doivent se limiter aux fautes de frappe. Toutes modifications importantes de l'article seront facturées à l'auteur.

11) Un bon de commande de tirés-à-part est fourni en même temps que les épreuves. Les auteurs peuvent ainsi commander des tirés-à-part en renvoyant les épreuves. Il est à noter que 25 tirés-à-part sont envoyés gratuitement par l'éditeur.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

1) Papers should be in French or in English and be original contributions or reviews in the field of sericulture including silkworm, host plant, silk reeling, whatever the nature of studies (basic or applied) and topics (biochemistry, ecology, economy, virology, genetics, etc.).

2) Papers should be submitted to : **Dr G. CHAVANCY**. Submission of a paper to the Editor implies that it has not previously been published, that it is not under consideration for publication elsewhere and that, if accepted in *SERICOLOGIA*, it will not be published elsewhere in the same form without the written consent of the Editor.

3) Manuscripts and illustrations should be submitted in duplicate and the author should retain one copy. In the case of multiple ownership, the authors indicate who is to receive the proofs.

4) Manuscripts should be typewritten with double spacing and wide margin. Authors are requested to keep their communication as concise as possible. Footnotes should be avoided and italics should not be used for emphasis.

5) The typescript should contain the following features:

- Title followed by the author's name and full address.

- Abstract which should be a brief summary of the contents and conclusions of the paper and should refer to any new information. It should not exceed 200 words and may be divided into numbered sections.

- Keywords. A short list of keywords provided for rapid scanning of the contents of the paper and used for compiling the index.

- Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion should be given for papers presenting original results. For review, authors may choose the convenient presentation.

- Acknowledgements.

- References. The 'Harvard system' is to be followed. References should be detailed in the following order: author's names and initials, date (in parentheses), the title of the article, the name of the journal as abbreviated in the World List of Scientific Periodicals (4th edit., 1963), the volume and the first and last pages of the article.

For books, the author's names, date of publication, title, edition, number of pages, reference, publisher's name and the place of publication should be given.

In the text, references should be given as Dupont (1964) or (Dupont, 1964). When a citation includes more than two authors, e. g. Dupont, Durand and Martin, the paper should be cited in the text as Dupont *et al.*, provided this is not ambiguous. If papers by the same author(s) in the same year are cited they should be distinguished by the letters a, b, etc.

References to a paper "In press" means that it has been accepted for publication and given as follows:

SETOYAMA K. (1982) Effect of water on molecular motion of silk fibroin. *J. Seric. Sci. Jpn.* In press.

6) Illustrations. All necessary illustrations should accompany the manuscript but should not be inserted in the text. All photographs, graphs and diagrams should be numbered consecutively in arabic numerals in the order in which they are referred to in the text.

Glossy photographs or positive prints (not X-ray, negatives or slides) should be sent, unmounted wherever possible, and should be restricted to the minimum necessary.

Charts, graphs or diagrams should be drawn boldly in black ink on good quality white paper or card. Lettering to appear on the illustration should be given in full and should be of sufficient size to allow for considerable reduction where necessary.

Illustrations should not be larger than 14 x 19 cm. On the back of each illustration should be indicated the author's name, the figure number (in arabic numerals) and the top of illustration, when it is not clear.

Legends to figures should be typed on a separate sheet and not on the back of the original, and should give sufficient data to make the illustration comprehensible without reference to the text.

7) Tables. They should be numbered in roman numerals, typed on separate sheets and should have a title which will make the meaning clear without reference to the text. All tables and figures would be referred to in the text.

8) Only standard abbreviations should be used. Where specialized abbreviations are used, the name should firstly be given in full with the abbreviation indicated in parentheses.

9) The Latin names should be given for all species used in investigation.

10) Corrections to proofs should be restricted to printer's errors only. Other than these, substantial alterations will be charged to the author.

11) A reprint order form will be supplied with the proofs, and authors may order such reprints as they require when the proofs are returned. Please note that 25 free reprints are sent by the Editor.

* * *