

sericologia

Revue des Vers à Soie

Journal of Silkworms

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

Directeur Gérant
Rédacteur en Chef
Rédacteur Adjoint

H. BOUVIER
G. CHAVANCY
A. FOURNIER

Managing Director
Chief Editor
Deputy Editor

COMITE DE REDACTION EDITORIAL BOARD

BEAULATON J. (France)
BECK D. (France)
BOSQUET G. (France)
COUBLE P. (France)
DANDIN S.B. (Inde / India)
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)

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

SOMMAIRE - CONTENTS

Revue / Review :

- Advances in silkworm mycoses research** 1
 Développement des recherches sur les mycoses du ver à soie 9
 L. SHI & W. JIN

Articles originaux / Original papers :

- Isolation of a new bivoltine line MU756 by induction of genetic variability in the silkworm, *Bombyx mori* L.** 15
 Isolement d'une nouvelle lignée bivoltine, MU756, par induction de variabilité génétique chez le ver à soie *Bombyx mori* L. 21
 V. G. MARIBASHETTY & SREERAMA REDDY

- Effects of feeding different races of silkworm (*Bombyx mori* L.) with mulberry (*Morus indica* L.) leaves varying in ploidy level** 25
 Effets du nourrissage de différentes races de vers à soie (*Bombyx mori* L.) avec des feuilles de mûrier (*Morus indica* L.) présentant différents degrés de ploïdie 35
 A. SARKAR

- Effects of ultraviolet light (UVL) treatment on the inactivation of the fungus, *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill., infecting the silkworm, *Bombyx mori* L.** 41
 Effet du traitement aux rayons ultraviolets (UV) sur l'inactivation du champignon *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. infestant le ver à soie *Bombyx mori* L. 49
 JAVAREGOWDA & B. L. VISWESWARAGOWDA

- Efficacy of certain bed disinfectants in different combinations against the nuclear polyhedrosis and white muscardine of the silkworm, *Bombyx mori* L.** 53
 Efficacité de différentes combinaisons de certains désinfectants de litières contre la polyédrose nucléaire et la muscardine du ver à soie, *Bombyx mori* L. 61
 M. BAIG, M.V. SAMSON., S. D. SHARMA, M. BALAVENKATASUBBAIAH, T. O. SASIDHARAN & M. S. JOLLY

- Life table of the uzifly, *Exorista sorbillans* (Wiedemann) (Diptera : Tachinidae), a parasitoid of the mulberry silkworm, *Bombyx mori* L.** 65
 Cycle vital de la mouche uzi *Exorista sorbillans* (Wiedemann) (Diptera : Tachinidae), parasite du ver à soie *Bombyx mori* L. 75
 S. S. BHATTACHARYA, N. CHAKRABORTI & A. K. SAIHAKUNDU

- Screening for potential resistance in the mulberry to leaf spot (*Cercospora moricola* Cooke) disease** 81
 Tri de mûriers pour la résistance potentielle à la maladie de la tache foliaire (*Cercospora moricola* Cooke) 91
 B. R. DAYAKAR YADAV, J. SUKUMAR & K. V. PRASAD

- Studies on *Theophila religiosae* Helf. (Lepidoptera : Bombycidae), a pest of the mulberry** 95
 Etudes sur *Theophila religiosae* Helf. (Lepidoptera : Bombycidae), un parasite du mûrier 103
 K. P. JAYASWAL, K. MANDAL & G. SUBBA RAO

Collection, identification and evaluation of <i>Machilus bombycina</i> King (Laurales : Lauraceae) germplasm, the muga food plant. I	109
Instauration, identification et évaluation d'une banque génétique de <i>Machilus bombycina</i> King plante hôte du ver à soie muga. I	125
RAJA RAM, A. K. SENGUPTA, R. DAS, M. DEVNATH & M.V. SAMSON	
Studies on the systematization of cocoon cooking : application of fuzzy expert system	131
Etudes sur l'automatisation de la cuisson des cocons : application du système expert des ensembles flous	141
H. KINOSHITA, F. TAJIMA & H. WATASE	
 Notes brèves / Brief notes :	
Immuno-diagnosis of the pebrine disease in silkworm	147
Immuno-diagnostic de la pébrine chez le ver à soie	151
K. SENGUPTA, M. BAIG, M. V. SAMSON & B. NATARAJU	
Changes in fluorine and calcium ion concentrations in the blood of the fluorosis-affected silkworm, <i>Bombyx mori</i> L.	153
Modifications des concentrations en ions fluor et calcium dans le sang du ver à soie (<i>Bombyx mori</i> L.) atteint de fluorose	159
Y. CHEN	
 Bibliographie / Bibliography	163

ADVANCES IN SILKWORM MYCOSES RESEARCH

L. SHI & W. JIN

Department of Sericultural Science, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029, China.

*The fungus diseases of the silkworm, **Bombyx mori**, are a kind of infectious disease caused by insect pathogenic fungi, occurring in all rearing seasons and all rearing regions. Widespread and in-depth research on the fungus diseases of the silkworm have been carried out, reaching many achievements, especially making considerable headway in the recent years. This paper reviews some advances in research on the course and mode of infection, the factors effecting the epizootic process, the mechanism of resistance of the silkworm to the pathogenic fungus and the serological identification of pathogenic fungi, and give prospects for the trends of further research on the classification and exploitation of the pathogenic fungus, the selection and breeding of silkworm races resisting the pathogenic fungus and the occurrence and prevention of fungus diseases. This paper will have a positive significance for further research on the fungus diseases of the silkworm, **Bombyx mori** L.*

Keywords : Fungus diseases, *Bombyx mori*.

I. INTRODUCTION

The fungus disease of the silkworm, *Bombyx mori*, is a kind of infectious disease caused by the infection of pathogenic fungi in all rearing seasons and all rearing regions, and is also called muscardine because the dead body of the diseased larvae presents a symptom of mummification. It has been a long-standing history for people to know this disease. In China, as early as in the Chen-Han dynasty, there was a record "white muscardine silkworms could be used for medicine" in book (shen nong ben cao jing) ; during the Shong dynasty, Chen-fu (1149) described the symptom of the fungus disease of the silkworm for the first time in his book (nong shu), and discussed the relationship between the occurrence of the fungus disease and environmental factors. In 1835, the Italian scholar Bassi proved in his experiments that the white muscardine of the silkworm was caused by the infection by *Beauveria bassiana* and initiated the pathogenic theory of microorganisms of animal diseases. Thereafter, people discovered in succession more than 10 kinds of fungal diseases of silkworms infected by pathogenic fungi, and called it yellow muscardine, green muscardine, and red muscardine..., respectively, according to the colour of the conidia growing on the dead body of the diseased silkworm.

Up to now, the fungus disease of the silkworm has remained one of the chief infectious diseases threatening cocoon production. For this reason, sericultural researchers paid great attention to it and carried out a widespread research. Especially in recent years, with the development of biological subject and interpenetration of new techniques between similar subjects, people have made great progress on the genesis-ecology, resistance mechanism and classification, etc., of the fungus diseases of the silkworm. In this paper we will introduce the most recent information and give a prospect about it.

II. GENESIS-ECOLOGY OF THE FUNGUS DISEASE OF THE SILKWORM

1. The course and mode of infection :

The pathogenic fungi of the silkworm intrude into the body mainly through the integument, and the course of intrusion includes two mechanisms – mechanical and enzymatic activity. *Aspergillus* conidia can germinate on the larval surface and form expanding appressoria on the top of the germ tubes. These appressoria have the function of adherence to the skin and intrusion into the body, but *B. bassiana* conidia on the larval surface of different resistant silkworms do not form any visible appressorial-like structure in the course from germination to infection. However, some conidia expand slightly on the top of the germ tubes (Shi, 1987 ; Yanagita and Iwashita, 1983). Germ tubes secrete out protease, lipase and chitinase, the activities of which are closely related to its pathogenicity to the silkworm (Yanagita, 1980). Under the action of the three enzymes sequently, the integument of the silkworm begins to dissolved, and with the mechanical pressure caused by the growth of the germ tubes, the germ tubes can break the integument and enter into the body. The possibility of germ tubes intruding into integuments shows differences according to the site of the body. These sites, such as the spiracle, septal gap, intersegmental membrane, caudal and abdominal legs are easier to be intruded ; this situation is known to be related to the skin surface structure and chemical composition (Kurusu, 1975 ; Shi, 1987 ; Wang *et al.*, 1987). Besides, some pathogenic fungi of the silkworm can also intrude *per os*. Second and 3rd instar larvae treated by peroral inoculation of *B. bassiana* conidia present a typical symptom of white muscardine, but the death rate is lower and the death speed is also slower than in those treated by percutaneous inoculation. The pathological changes of the alimentary canal were observed by optical and electronic microscopy, the results further proved the possibility of infecting *per os* the silkworm body with *B. bassiana* (Yanagita, 1987 ; Yanagita and Iwashita, 1987).

2. Relationship between occurrence of fungus diseases and insects in the wild :

The pathogenic fungi of the silkworm can widely infect insects in the wild, and the infected insects can produce a great amount of conidia in their feces and the dead body which can also infect silkworms and cause fungus diseases. Moreover, the silkworm can be infected by the pathogenic fungi of wild insects. Consequently it appears that these infected insects are the most important infectious sources for the occurrence of fungal diseases in silkworms (Kawakami and Yanagita, 1984 ; Shen, 1982 ; Zhu *et al.*, 1988). It follows that there is a close relationship between the occurrence of fungal diseases of silkworms in wild insects. People have always paid great attention to this relationship's research according to actual production. *B. bassiana* is a kind of extremely important fungus, which has a very intensive parasitic ability and can infect insects of 6 orders and has caused the death of more than 190 varieties. Although the fungi of different strains show a slight difference in their character and pathogenicity, they can all infect the silkworm and cause the fungus disease. Moreover, the silkworms are more susceptible to some pathogenic fungi of wild insects than these insects. Pathogenicity of pathogenic fungi of wild insects to the silkworm could be improved after parasitism on the silkworm (Ding, 1978 ; Anonymous, 1978 ; Kawakami, 1978). According to the results of the investigation, the damage of fungus diseases to silkworm cocoon and egg production in a year was the most serious in the autumn rearing season, which corresponded with the great increase of pests in the mulberry field in the autumn rearing season (Shi *et al.*, 1990 ; Zhu, 1983). The conidia of the pathogenic fungus in the wild could be brought into the rearing room by way of mulberry leaves and wind, and under suitable environment they could infect the silkworm and cause violent occurrence and spreading of the fungus disease.

The control measures, which consist in eliminating pests in the mulberry fields, disinfecting the mulberry leaves and avoiding the use of the fungus pesticide having pathogenicity to the silkworm, were effective in controlling the fungus diseases of the silkworm.

3. Relationship between the occurrence of the fungus disease and the rearing management and meteorological environment :

The fungus disease of the silkworm is caused by the intrusion of the pathogenic fungus conidia attached on the larval surface. The first step for conidia to intrude into the body is their germination on the larval surface. The outer meteorological conditions, especially temperature and humidity, are the most important factors for germination of the conidia and growth and proliferation of fungi. Although the temperature suitable for germination was different among the strains of fungi, the requirement to the humidity was identical. Under a certain temperature, the higher the humidity, the better the conidia's germination and its fungi's growth and proliferation and the stronger the pathogenicity to the silkworm. Temperature mainly influences the speed of occurrence of the disease and humidity mainly influences the disease percentage (Xia *et al.*, 1982 ; Yamaguchi, 1984 ; Zhu *et al.*, 1988). Moreover, there is a close relationship between the outer meteorological environment and the change of time distribution and quantity distribution of the pathogenic fungi of the silkworm in the wild. In the season which has plenty of rain (high humidity), the quantity of pathogenic fungi in the wild was higher than in the seasons with low humidity, and it was found to be parallel to the damage level of the fungus disease to sericulture production (Huang and Liu, 1988 ; Zhu, 1983).

The author (1987) discovered that there was a definite relationship between the occurrence of the white muscardine and the surface structure of the integument of silkworm : the coarser (having more wrinkles) the integument, the higher the disease percentage. On the contrary, the smoother the integument, the lower the disease percentage. The reason was that the surface structure of the integument would effect attachment of the conidia and another important reason was that different surface structures of the integument would bring about different micro-meteorological environments. If the surface of silkworm body has more wrinkles and is coarser, it is easier for the conidia to attach, the water loss will be lower and humidity will be higher on the larval surface, so the disease percentage would be higher. Inversely, if the larval body is smoother, the water loss will be higher and humidity will be lower, so the disease percentage will be lower (Shi, 1987).

The rearing management affects the occurrence of the fungus disease of silkworms by influencing the microclimate of silkworm rearing, proliferation of the fungi and resistance of the silkworm. Excessive feeding, litter piling in moulting and poor air circulation will cause the rearing room and rearing site to have a high humidity, which can encourage the occurrence of the fungus disease (Yamaguchi, 1984). The pathogenic fungi of the silkworm will not only infect the silkworm and other insects, but they can also live saprophytically on the organism. In particular, *Aspergillus* can proliferate on bamboo, wooden furniture, paper, starch, feces, etc., even in the outer atmosphere and superficial mud of the mulberry field and rearing room it can also be observed. If the method of feces-cleaning, handling of litter and diseased and dead larvae, and mountage storing are not proper, and the disinfection are not complete, it can cause environment contamination and increase the occurrence of the fungus disease (Huang and Liu, 1987 ; Shen, 1982 ; Zhu, 1983 ; Zhu *et al.*, 1988). For the silkworm, the times of post-moulting and just before mounting are the most susceptible periods to pathogenic fungi. If the disinfection is not carefully done and the disinfectant is not suitable during the period, the chance of infection of pathogenic fungi will increase (Chen, 1984 ; Shen, 1982). In addition to these, regulations are a very effective basis for concluding the control measures of the fungus disease of silkworms.

III. RESISTANCE MECHANISM OF THE SILKWORM TO THE PATHOGENIC FUNGUS

In the long process of natural existence, the silkworm has developed its special resistance mechanism to pathogenic fungi. Research on this mechanism is very necessary to carry out disease resistance breeding and disease control. The susceptibility of the silkworm to *B. bassiana* shows obvious differences among races, Chinese races < European races < Japanese races. The susceptibility within the same silkworm race to *B. bassiana* is different among instars and decreases with the instar addition, but increases a little when the larvae are mature. In different growing stages of the same

instar, the susceptibility of the silkworm to *B. bassiana* is also different, the larvae after moulting are easily infected, with ageing, the susceptibility decreases but increases slightly during moulting (Shi, 1987). This is similar to other pathogenic fungi infectivity to the silkworm. The reason why it can cause differences of susceptibility is that the silkworm can show difference of resistance to pathogenic fungi. An intact integument of the silkworm is a very effective barrier to the intrusion of the pathogenic fungi. The integument is composed of the cuticle, epidermis cells and basal membrane. The cuticle is a non-cellular structure and contains numerous lipins which have a poisonous effect on the pathogenic fungi. After the wax layer of the larval surface is removed mechanically by alumina dust, the susceptibility of the silkworm to *B. bassiana* is increased and the increase degree parallels the resistance of the silkworm. Lipin extracted from the skin and exuviae with ether has an inhibiting effect on conidial germinations and hyphal growth of *B. bassiana*, but does not have the poisoning effect. With physical and chemical analysis, it was inferred that the composition which has the strongest inhibiting effect on *B. bassiana* is free-volatile-short-chain fatty acids (Shi, 1987). Besides lipin, skin phenoloxidase also has some resistance to the infection of the pathogenic fungi. Phenoloxidase can be activated when the silkworms are infected by the pathogenic fungi, the activation level being related to the kinds of the fungi and disease advancement. The activated phenoloxidase can catalyse substrates to form melanin which prevent hypha from growing and expanding (Joji and Kurako, 1970).

After the pathogenic fungi have penetrated through the skin and entered into the haemolymph, hyphae begin to develop and proliferate. The speed of proliferation is closely related to the haemolymph resistance of the silkworm. The results of a treatment by injection through the integument of equal amounts of blastospores of *B. bassiana* into silkworms which have different resistance showed that the deadly time in silkworms which have stronger resistance is longer, the death rate is lower and the speed of proliferation of blastospores is slower than in those that have weaker resistance (Shi, 1987). The liquid defensive substance in the haemolymph and blood cells could make a series of reactions toward the intruded fungi; which would directly influence the speed of proliferation of blastospores in the haemolymph, the death rate and the deadly time of the silkworm. The blood cells (mainly granular cells and plasmatocytes) have the function of phagosome and encapsulation of the intruded hypha of the fungi to some extent, but cannot cause the fungi to die and only present a temporary inhibiting effect. The phagocytosis and encapsulation of the pathogenic fungi by the blood cells are different among different resistance silkworm races (Hou and Chang, 1985).

Phenoloxidase in the haemolymph, which is generally inactive, will be activated after the invasion of fungi. The activated phenoloxidase can catalyse substrate to form melanin which has a poisonous effect on the growth and proliferation of fungi. The degree of activation of phenoloxidase differs among the fungus races (Joji and Kurako, 1970; Hidenori, 1982). The alkaline digestive juice, peritrophic membrane composed of chitin and polysaccharid and protein and quick excretion of food in the alimentary canal of the silkworm all inhibit effectively the growth and development and invasion of the fungi in the alimentary canal of the silkworm. Moreover, the lipin in the midgut wall has an antifungal effect which is stronger than that in the skin of the silkworm (Koidsumi and Makino, 1956). Owing to the above factors, it is difficult to cause the fungus disease of the silkworm by the way of *per os* infection. When silkworms are treated by peroral inoculation of high concentrations of conidia of *B. bassiana*, *B. bassiana* can also infect the body of the silkworm through the alimentary canal, but the rate of the disease is slower and the course of disease is longer. This phenomenon is rare in realistical production.

IV. SEROLOGICAL PROPERTIES OF PATHOGENIC FUNGI OF THE SILKWORM

The serological technique is an age-old and very fast-developmental subject, which has been used to study the fungus disease of the silkworm in recent years and has reached great achievements on the resources investigation and classification of the pathogenic fungus of the silkworm. The author (not published) purified respectively the conidia and blastospores of the two types (white and yellow) of *B. bassiana* by differential centrifugation. Rabbits were immunized with the HCHO-killed conidia

or blastospores by intravenous injection to make the specific antiserum ; the reciprocal agglutination tests and the reciprocal absorption tests were carried out. The results were as follows : the conidia and blastospores of *B. bassiana* (white and yellow) all showed an agglutination reaction against their antisera, agglutinin titer of the antiblastospores serum against blastospores was higher than that of the anticonidia serum against conidia, and crossreactions and specific reactions were observed between the two types (white and yellow) of *B. bassiana*. These results indicated that conidia and blastospores of *B. bassiana* (white and yellow) had good antigenicity, and the antigenicity of the blastospores was better than that of the conidia. Moreover, there were common antigens and specific antigens between the two types (white and yellow) of pathogenic *B. bassiana* of the silkworm. The conidia, blastospores and hyphae of insect pathogenic fungi are all large particulates, and the heat-resistant polysaccharides and soluble protein exist on the surface of these particulates. The polysaccharides and proteins are analysed by serological methods such as double immunodiffusion test, and it presents common properties and specific properties between the pathogenic fungus of insects. According to these specific properties, the strains of *B. bassiana* isolated from different insects can be divided into three serotypes (B1, B2 and B3). There are some correlations between each serotype and its biological characteristics. Moreover, there are also common protein antigens and specific protein antigens between serotype B1 and other pathogenic fungi of insects, but the common protein antigen could not be detected between serotype B1 and non-pathogenic fungi of insects (Shimizu and Aizawa, 1987, Shimizu, 1987). Therefore the serological technique has a great value to investigate the resources and classify the strains of the pathogenic *B. bassiana* (white and yellow), etc., taking the whole conidia or blastospores as antigens.

V. PROSPECTS

The traditional strain classification of the fungus is based mainly on its morphological and biological characters which are easily influenced by the surrounding environment and there are a few differences between strains that are neglected. So, the traditional classification which required a high-level skilled technique has poor accuracy and needs to be studied further (Wang *et al.*, 1985). White and yellow *B. bassiana* are considerably different in infection to the silkworm and symptoms of the infected silkworm, but have little difference in morphological characters, so both of them are defined as *B. bassiana*, which may cause confusion (Joji, 1971 ; Kawakami, 1974). It is important and necessary to do a taxonomic arrangement of white and yellow *B. bassiana*. Serological techniques have a very high specificity and the sensitiveness plays an important role in the classification of microorganisms such as viruses, etc. The polysaccharides and proteins which exist on the surface of the conidia, hyphae or blastospores of pathogenic fungi of the silkworm have good antigenicity though there are common antigens but also specific antigens in each strain of fungi. Serological techniques will make great contributions to the taxonomic classification of white and yellow *B. bassiana* of the silkworm, the investigation of the silkworm pathogenic fungi resources, etc.

Although silkworm fungus diseases seldom spread on a large scale nowadays, they are still the second leading infectious disease just behind viral diseases in sericultural production and their harm cannot be neglected (Shi *et al.*, 1990). The method employed for the control and prevention of the fungus disease of the silkworm is comprehensive prevention with thorough disinfection according to the law of occurrence of the disease. In recent years, much progress has been made for curing the fungus disease of silkworms. The curative effect for green muscardine will reach 90 to 100 per cent by feeding silkworms continuously with 1 to 2 per cent of Duo Jungling (Lu *et al.*, 1981). The curative effect for white and green muscardine will get above 90 per cent by feeding silkworms with mulberry leaves sprayed 25 to 200 times with the kejiang-1 solution (Zhou *et al.*, 1990). The following steps are urgent to be studied and are closely related to the prevention and control of the fungus disease of the silkworm : improving and increasing the disinfectant effect during the rearing time and mature period, inspecting the outdoor infectious sources and their stages across the winter, investigating the physiological relations between the resistance of *Aspergillus* to formalin and its pathogens, inventing new disinfectant drugs, etc. Solving these problems will increase greatly the efficiency of the prevention and control of fungus diseases of the silkworm and decrease greatly its damage.

In the prevention and control of fungus diseases of the silkworm, it is important to breed and choose species having a strong resistance to diseases. The resistance of the silkworm to fungus diseases is controlled by genes (Liu *et al.*, 1987). From the viewpoint of hereditary breeding, it is possible to choose and breed silkworm species having resistance to pathogenic fungi. First of all, it is necessary to assess the sensitivity of the silkworm species to pathogenic fungi and breed the silkworm species having resistance to the pathogenic fungi. The traditional assessment means which belongs to biological analysis is easily influenced by the surroundings and consumes much time and labour. The author (1987) studied the difference of germination and growth of conidia and blastospores of white *B. bassiana* in the blood of different resistant silkworms. The results showed that the germinating and growing speeds are parallel to the degree of infection of the silkworm by *B. bassiana* (Shi, 1987). But there is no difference in the germination and growth of the conidia and blastospores of *Aspergillus* because the blastospore cannot be formed in the silkworm's hemolymph and the growth of the hypha is limited to the range of the invading parts (Kawakami, 1975). So, the test of the germination and growth of the conidia and hyphae of pathogenic fungi (except *Aspergillus*) is a simple and convenient method which can be used to determine the resistance of different silkworm species to pathogenic fungi. Further improvement of the method will shorten the course to breed and choose the silkworm species which is resistant and endurable to fungus diseases.

The pathogenic fungi, which should be kept away from the surroundings of sericulture production, are the main causes of fungus disease in silkworms. On the other hand, they are also precious biological resources: the silkworm larva infected by *B. bassiana* is traditional Chinese medicine which is still used widely at present, but its medical mechanisms and the role played by beauvericin are not clear (Shi, 1991; Tongayi, 1983). Beauvericin plays an important and specific role in the drug's efficacy in the silkworm infected by *B. bassiana*. Probing the medical mechanism of the drug with modern medical technology will not only expand greatly the range of use of silkworms infected with *B. bassiana* as a drug to a high level in medicine but also can allow mass production by means of biological culture or artificial synthesis and can thoroughly reduce the contamination of pathogens and poor quality, which are caused by purchasing massively the silkworms infected by *B. bassiana* from production.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Dr Lu Hong-sheng for constructively instructing and revising the manuscript from draft to completeness. We also thank Dr Jiang You-long, Dr Xu Jun-liang, Dr Wu-Xido-feng and Dr Ji Ning-xin for reading the manuscript and providing helpful suggestions.

REFERENCES

- ANONYMOUS (1978) Studies on the relationship between pathogenic *Beauveria bassiana* of silkworm, *Bombyx mori*, and pathogenic *Beauveria bassiana* of *Dendrolimus punctatus*. Bulletin of Sericulture, 2, 18-22.
- CHEN C.-L. (1984) Reason analysis of muscardine spread and harm in Jiangsh. Jiangsh Sericulture, 1, 21-25.
- DING H. (1978) Relationship between occurrence of silkworm diseases and microbial control of insect pest in agriculture and forestry. Bull. of Seric., 1, 22-26.
- HIDENORI I. (1982) The defensive reaction of insect to the pathogenic microorganisms. Chemistry and Organisms, 20(9), 580-587.
- HOU R.-F., CHANG J.-K. (1985) Cellular defense response to *Beauveria bassiana* in the silkworm, *Bombyx mori*. Appl. Ent. Zool., 20(2), 118-125.
- HUANG K.-W., LIU Y.-H. (1987) Preliminary investigation on pathogenic species of fungus diseases of the silkworm (*Bombyx mori* L.) in environment. Science of Sericulture, 13(3), 155-157.
- HUANG K.-W., LIU Y.-H. (1988) Preliminary investigation on distribution of the pathogenic fungi of the silkworm (*Bombyx mori*) in the outdoor air. Science of Sericulture, 14(4), 208-209.

- JOJI A., KURAKO Y. (1970) Phenoloxidase activity in the integument of the silkworm, *Bombyx mori*, infected with *Beauveria bassiana* and *Spicaria fumoso-rosea*. J. Invert. Pathol., 16, 459-464.
- JOJI A. (1971) *Beauveria bassiana* isolated from some lepidopterous species in Japan. Japan J. Appl. Zool., 15, 222-227.
- KAWAKAMI K. (1974) Scientific name of insect pathogenic fungi – especially the species name of fungi of muscardines. Annals of Insect Pathol. Statement Soc., 26, 1-6.
- KAWAKAMI K. (1975) Susceptibility of several varieties of the silkworm, *Bombyx mori* L., to *Aspergillus* disease and germination of fungus spores in larval haemolymph. J. Sericult. Sci. Japan, 44(1), 39-44.
- KAWAKAMI K. (1978) Infection of muscardine from insects in the wild. Science and Technique of Sericulture, 17(3), 52-55.
- KAWAKAMI K., YANAGITA T. (1984) The total discuss and the relationship between occurrence of muscardine and insects in the wild. Science and Technique of Sericulture, 23(9), 22-30.
- KOIDSUMI K., MAKINO K. (1956) Studies on the antimicrobial function of insect lipids. V. Changes in the antifungal action of lipid substances from integument and midgut of silkworm larvae during the 5th instar. Japan J. Appl. Zool., 21(1), 15-19.
- KURISU K. (1975) Penetration of muscardine hyphae through the hair socket of the skin and the sidewall of the tracheal manifold in the silkworm larvae. J. Sericult. Sci. Japan, 44(3), 207-211.
- LIU X.-H. (1987) China agricultural encyclopaedia of sericulture. Agricultural Publishing House, 140-141.
- LU X.-F., LI R.-Q., MA D.-H. (1981) A preliminary experiment on cure for green muscardine of the silkworm (*Bombyx mori*) by sanmate bovistin carbenzoiderosal. Science of Sericulture, 7(4), 253-255.
- SHEN Y.-C. (1982) Occurrence and control of muscardine. Bulletin of Sericulture, 13(2), 13-16.
- SHI L. (1987) Studies on the mechanism of resistance of *Bombyx mori* L. to *Beauveria bassiana*. Science of Sericulture, 13(2), 95-100.
- SHI L., DING H., YANG D., ZENG J. (1990) A preliminary investigation on the occurrence law of inside stained cocoon of the silkworm, *Bombyx mori* L. Zhejiang Agricultural Sciences, 5, 240-242.
- SHI L. (1991) Exploitation and utilization of the pathogenic microorganism resources of the silkworm, *Bombyx mori* L., Bulletin of Sericulture, 3, 37-42.
- SHI L. (1992) Studies on serology of the pathogenic fungi of the silkworm, *Bombyx mori* L. Proc. 19th Internat. Congress of Entomol. Beijing, China, 630.
- SHIMIZU S., AIZAWA K. (1987) Serological properties of polysaccharides from several entomopathogenic fungi imperfecti. Japan J. Appl. Ent. Zool., 31(1), 41-45.
- SHIMIZU S. (1987) Properties of somatic soluble antigens of *Beauveria bassiana*. Japan J. Appl. Ent. Zool., 31(2), 121-124.
- SHOU T. (1983) The insecticidal substance, Bassianolide, which is produced by pathogenic fungi of insect. Chemistry and Organisms, 21(3), 200-202.
- WANG H., HU X., GUO X., QIAN Y., SUN P. (1987) Preliminary investigation on the etiology of the black caudal disease of the silkworm. Science of Sericulture, 13(1), 53-55.
- WU W., FU H. (1985) Preliminary observation and investigation on three species of *Beauveria bassiana* of white muscardine pathogen in the silkworm, *Bombyx mori*. Science of Sericulture, 11(1), 33-36.
- XIA Y., PAN W., WU D. (1982) Studies on black muscardine disease of the silkworm (*Bombyx mori*). Science of Sericulture, 8(1), 16-19.
- YAMAGUJI S. (1984) Relationship between occurrence of muscardine and rearing management. Science and Technique of Sericulture, 23(9), 33-35.
- YANAGITA T. (1980) Studies on the formaldehyde resistance of *Aspergillus* fungi attacking the silkworm larvae IV. J. Sericult. Sci. Japan, 49(5), 440-445.
- YANAGITA T., IWASHITA Y. (1983) Scanning electron microscopic observation on the infection of the integument of the silkworm larvae by *Aspergillus flavus-oryzae* fungi. J. Sericult. Sci. Japan, 52(1), 41-46.
- YANAGITA T. (1987) Studies on oral infection of larvae of the silkworm, *Bombyx mori*, with *Beauveria bassiana*. J. Sericult. Sci. Japan, 56(4), 279-284.

- YANAGITA T., IWASHITA Y. (1987) Histological observation of larvae of the silkworm, *Bombyx mori*, orally infected with *Beauveria bassiana*. J. Sericult. Sci. Japan, 56(4), 285-291.
- ZHOU C., LIANG M., LI Y., LI S., PAN M., TAN Z. (1990) Kejiang-1 and Kelusu : New chemical agents for disinfection of silkworm diseases. Science of Sericulture, 16(3), 135-139.
- ZHU Z. (1983) Reason analysis of muscardine harm to silkworm, *Bombyx mori*, in Huzhou. Bulletin of Sericulture, 1, 19-23.
- ZHU Z., ZHOU Q., GE X. (1988) Studies on pathogenesis of *Paeecilomyces fumosa-roseus* (Wize) Brown et Smith and *Cephalosporium lecanii* Zimmerman in *Bombyx mori*. Science of Sericulture, 14(2), 78-82.

DEVELOPPEMENT DES RECHERCHES SUR LES MYCOSES DU VER A SOIE

L. SHI & W. JIN

Department of Sericultural Science, Zhejiang Agricultural, Hangzhou 310029, Chine.

*Les maladies fongiques du ver à soie **Bombyx mori** sont des maladies du type infectieux provoquées par des champignons pathogènes d'insectes, présentes quelles que soient la saison et la région d'élevage. Des recherches à grande échelle et approfondies réalisées sur les maladies fongiques du ver à soie ont permis d'aboutir à des résultats importants, particulièrement au cours de ces dernières années. Nous décrivons ici les progrès des recherches sur le développement et le mode d'infestation, les facteurs induisant le processus épizootique, le mécanisme de résistance du ver à soie au champignon pathogène et l'identification sérologique des champignons pathogènes. Nous présentons également les orientations à donner aux recherches futures : classification et exploitation du champignon pathogène, sélection et élevage de races de vers à soie résistant au champignon pathogène et détection et prévention des maladies fongiques. Cet article fait le point actuel et précise les recherches futures sur les maladies fongiques du ver à soie **Bombyx mori**.*

INTRODUCTION

Les maladies fongiques du ver à soie *Bombyx mori* sont du type infectieux ; elles sont provoquées par l'infestation par des champignons pathogènes quelles que soient la saison et la région d'élevage. Elles sont regroupées sous le nom de "muscardine" car le corps des larves infestées a un aspect momifié. Cette maladie est connue depuis longtemps. En Chine, dès la dynastie des Chen-Han il est mentionné que "les vers à soie atteints de muscardine blanche ont des vertus médicinales" (shen nong ben cao jing). Au cours de la dynastie des Shong, Chen-fu (1149) a décrit pour la première fois les symptômes de la maladie fongique du ver à soie dans son ouvrage "nong suh" et a discuté la relation entre l'apparition de la maladie et les facteurs écologiques. En 1835, le savant italien Bassi a prouvé de manière scientifique que la muscardine blanche du ver à soie était provoquée par l'infestation par *Beauveria bassiana* et a émis le premier l'hypothèse que les maladies d'animaux pouvaient être dues à des microorganismes pathogènes. Par la suite, on a découvert plus de 10 sortes de maladies fongiques chez des vers à soie infestés par des champignons pathogènes que l'on a appelé muscardine blanche, muscardine verte, muscardine rouge..., en fonction de la couleur des conidies infestant les larves mortes.

La maladie fongique du ver à soie reste l'une des principales maladies infectieuses et est préjudiciable à la production de cocons. Pour cette raison, les chercheurs attachent beaucoup d'importance à son étude et des recherches extensives sont réalisées. Ces dernières années en particulier, avec le développement de la biologie et l'interaction de nouvelles techniques entre des thèmes analogues, des progrès importants ont été réalisés sur la genèse-écologie, le mécanisme de résistance, la classification, etc., des maladies fongiques du ver à soie. Dans cet article, nous présentons les découvertes les plus récentes et donnons des perspectives de recherches.

II. GENESE-ECOLOGIE DE LA MALADIE FONGIQUE DU VER A SOIE

1. Processus et mode d'infestation :

Les champignons pathogènes du ver à soie pénètrent dans le corps principalement à travers le tégument. Ce processus de pénétration met en oeuvre deux mécanismes : une activité mécanique et une activité enzymatique. Les conidies d'*Aspergillus* peuvent germer sur la surface de la larve et former des appressoria s'élargissant à l'extrémité des tubes germinatifs. Ces appressoria adhèrent à la peau et pénètrent dans le corps de la larve, mais, chez les vers à soie résistants, les conidies de *B. bassiana* se trouvant sur la surface de la larve ne présentent aucune structure visible ressemblant aux appressoria à aucun moment entre la germination et l'infestation. Cependant, certaines conidies se développent légèrement à l'extrémité des tubes germinatifs (Shi, 1987 ; Yanagita et Iwashita, 1983). Les tubes germinatifs sécrètent des protéases, des lipases et de la chitinase, dont les activités sont étroitement liées à la pathogénicité (Yanagita, 1980). Sous l'action consécutive des trois enzymes, le tégument du ver à soie commence à se dissoudre et, sous la pression mécanique exercée par leur croissance, les tubes germinatifs percent le tégument et pénètrent dans le corps. La possibilité que les tubes germinatifs percent le tégument varie en fonction du site du corps. Ces sites, comme les stigmates trachéens, l'orifice septal, la membrane intersegmentaire, l'appendice caudal et les pattes abdominales, sont faciles à percer ; on sait que cette situation est due à la structure externe et à la composition chimique (Kurisu, 1975 ; Shi, 1987 ; Wang et coll., 1987). De plus, certains champignons pathogènes du ver à soie peuvent s'introduire *per os*. Des larves du 2^e et du 3^e âge traitées par inoculation orale de conidies de *B. bassiana* présentent un symptôme caractéristique de la muscardine blanche, mais le taux et la vitesse de mortalité sont plus faibles que chez les larves traitées par inoculation cutanée. Des modifications pathologiques du tube digestif ont été observées par microscope optique et électronique. Les résultats ultérieurs ont prouvé qu'il était possible d'infester *per os* le corps du ver à soie avec *B. bassiana* (Yanagita, 1987 ; Yanagita et Iwashita, 1987).

2. Relation entre la présence des maladies fongiques chez le ver à soie et les insectes à l'état naturel :

Les champignons pathogènes du ver à soie peuvent infester les insectes sauvages de manière extensive et les insectes infestés peuvent produire un grand nombre de conidies dans leurs excréments. Les corps des insectes morts peuvent également infester les vers à soie et provoquer des maladies fongiques. De plus, le ver à soie peut également être infesté par les champignons pathogènes des insectes sauvages. Il apparaît donc que ces insectes infestés constituent la source la plus importante de maladies pathogènes pour les vers à soie (Kawakami et Yanagita, 1984 ; Shen, 1982 ; Zhu et coll., 1988). Il en découle une relation étroite entre la présence des maladies fongiques chez les vers à soie et chez les insectes sauvages. On s'est beaucoup intéressé à l'étude de cette relation en fonction de la production réelle. *B. bassiana* est un champignon extrêmement important qui a une forte capacité parasitique, pouvant infester 6 ordres d'insectes et ayant provoqué la disparition de plus de 190 variétés. Bien que les champignons de différentes souches présentent une légère différence de caractère et de pathogénicité, ils peuvent tous infester les vers à soie et provoquer des maladies fongiques. De plus, les vers à soie sont plus sensibles à certains champignons pathogènes d'insectes sauvages que ces insectes eux-mêmes. On a réussi à améliorer la pathogénicité des champignons pathogènes d'insectes sauvages après infestation sur les vers à soie (Ding, 1978 ; Anonyme, 1978 ; Kawakami, 1978). Les résultats de ces études ont montré que les dommages occasionnés par les maladies fongiques aux cocons de soie et à la production annuelle d'oeufs étaient maximaux à l'élevage d'automne, époque qui correspond à l'augmentation des parasites dans les mûraies (Shi et coll., 1990 ; Zhu, 1983). Des conidies du champignon pathogène sauvage sont transférées dans la pièce d'élevage par l'intermédiaire des feuilles de mûriers et du vent ; dans des conditions adaptées, on aboutit à une infestation sur le ver à soie par une apparition et une propagation aiguës de la maladie fongique.

Les mesures de lutte, qui consistent à éliminer les parasites des champs de mûrier et à désinfecter les feuilles de mûrier en évitant l'utilisation de pesticides fongiques toxiques pour le ver à soie, ont permis d'enrayer les maladies fongiques du ver à soie.

3. Relation entre l'apparition de la maladie fongique, les conditions d'élevage et les conditions météorologiques :

La maladie fongique du ver à soie est provoquée par la pénétration des conidies fongiques pathogènes adhérant à la surface du corps de la larve. La première phase de pénétration des conidies est leur germination sur le corps larvaire. Les conditions météorologiques extérieures, en particulier la température et l'humidité, sont les facteurs les plus importants pour la germination des conidies et la croissance et la prolifération du champignon. Bien que la température optimale pour la germination varie selon les souches de champignons, les besoins en humidité sont identiques. A une certaine température, l'augmentation de l'humidité favorise la germination des conidies et la croissance et la prolifération des champignons ainsi que la pathogénicité pour le ver à soie. La température agit principalement sur le déclenchement de la maladie et l'humidité agit sur le pourcentage d'incidence de la maladie (Xia et coll., 1982 ; Yamaguji, 1984 ; Zhu et coll., 1988). En outre, il existe une relation étroite entre les conditions météorologiques externes et les variations de la quantité et de la distribution des champignons pathogènes du ver à soie dans la nature. A la saison où les pluies sont les plus abondantes (humidité élevée), la quantité de champignons pathogènes est plus élevée que pendant les saisons à faible humidité et est proportionnelle au niveau des dommages provoqués par la maladie fongique à la production séricicole (Huang et Liu, 1988 ; Zhu, 1983).

L'auteur (1987) a établi une relation entre la présence de la muscardine blanche et la structure de la surface du tégument du ver à soie : plus le tégument est rugueux (ridé), plus le pourcentage de maladie est élevé. A l'inverse, lorsque le tégument est lisse, le pourcentage de maladie est faible. Ceci est dû au fait que la structure de la surface du tégument influence l'adhésion des conidies et également au fait que différentes structures de la surface du tégument donnent divers milieux micro-météorologiques. Si la surface du corps du ver à soie est ridée et rugueuse, les conidies y adhèrent plus facilement, la perte en eau est plus faible et, donc, l'humidité plus élevée, entraînant une augmentation du pourcentage de maladie. A l'inverse, si le corps de la larve est lisse, la perte en eau est plus forte, l'humidité plus faible, entraînant une diminution du pourcentage de maladie (Shi, 1987).

Les conditions d'élevage jouent un rôle dans l'apparition de la maladie fongique du ver à soie en affectant le microclimat de l'élevage, la prolifération des champignons et la résistance du ver à soie. Un nourrissage excessif, une accumulation des déchets de mue et une mauvaise aération entraîneront une humidité élevée dans la pièce et le site d'élevage, ce qui peut favoriser l'apparition de la maladie fongique (Yamaguji, 1984). Les champignons pathogènes du ver à soie ne sont pas seulement infectieux pour le ver à soie et d'autres insectes mais ils peuvent également vivre en saprophytes sur l'organisme. *Aspergillus*, en particulier, peut proliférer sur le bambou, le mobilier en bois, le papier, l'amidon, les excréments, etc., on peut même observer sa présence dans l'atmosphère et la couche de boue supérieure des mûraies et de la pièce d'élevage. Il est indispensable de prendre les précautions suivantes : élimination des excréments, des déchets et des larves mortes ou malades, stockage approprié des larves encabanées, désinfection totale de la pièce afin de prévenir la contamination de l'environnement et l'augmentation de la maladie fongique (Huang et Liu, 1987 ; Shen, 1982 ; Zhu, 1983 ; Zhu et coll., 1988). Chez le ver à soie, les périodes suivant la mue et précédant la montée sont les plus critiques vis-à-vis de l'infestation. Si la désinfection n'est pas faite soigneusement et si le désinfectant utilisé n'est pas adapté, les risques d'infestation par les champignons pathogènes augmentent (Chen, 1984 ; Shen 1982). Ces précautions constituent une base efficace pour la lutte contre la maladie fongique du ver à soie.

III. MECANISME DE RESISTANCE DU VER A SOIE AU CHAMPIGNON PATHOGENE

Au cours du long processus de la sélection naturelle, le ver à soie a développé un mécanisme de résistance spécifique aux champignons pathogènes. Des recherches sur ce mécanisme sont indispensables dans la sélection de la résistance et dans la lutte contre la maladie. La sensibilité du ver à soie à *B. bassiana* est différente selon les races : les races chinoises sont moins résistantes que les races européennes, elles-mêmes moins résistantes que les races japonaises. La sensibilité pour une

même race de vers à soie à *B. bassiana* varie en fonction des âges et diminue à mesure que la larve vieillit mais augmente lorsque la larve est à maturité. La sensibilité du ver à soie à *B. bassiana* varie également en fonction des différents stades de croissance d'un même âge larvaire. Les larves sorties de mue sont sensibles à l'infestation, à mesure qu'elles vieillissent la sensibilité diminue mais augmente légèrement au cours de la mue (Shi, 1987). Ceci a également été observé pour d'autres champignons pathogènes du ver à soie. Les différences de sensibilité pourraient être dues au fait que le ver à soie présente des différences de résistance aux champignons pathogènes. Un tégument de ver à soie intact constitue une barrière très efficace à la pénétration des champignons pathogènes. Le tégument se compose de la cuticule, des cellules épidermiques et de la membrane basale. La cuticule est une structure acellulaire contenant de nombreuses lipines qui ont un effet toxique sur les champignons pathogènes. Lorsque l'on retire la couche de cire mécaniquement avec de la poudre d'alumine, la sensibilité du ver à soie à *B. bassiana* augmente et le degré d'augmentation est fonction de la résistance du ver à soie. La lipine extraite de la peau et du tégument avec de l'éther a un effet inhibiteur sur les germinations de conidies et la croissance des hyphes de *B. bassiana* mais perd son caractère toxique. Les analyses physiques et chimiques ont permis de déduire que la molécule la plus efficace pour inhiber *B. bassiana* était composée d'une chaîne courte d'acides gras (Shi, 1987). Outre la lipine, la phénoloxydase cutanée permet également une résistance à l'infestation par les champignons pathogènes. La phénoloxydase peut être activée lorsque les vers à soie sont infestés par des champignons pathogènes, le niveau d'activation étant corrélé au type de champignon et au progrès de la maladie. L'activation de la phénoloxydase peut catalyser des substrats pour former de la mélanine empêchant la croissance et le développement de l'hyphes (Joji et Kurako, 1970).

Lorsque les champignons pathogènes ont percé la peau et pénétré dans l'hémolymph, les hyphes commencent à se développer et à proliférer. La vitesse de prolifération est étroitement corrélée à la résistance de l'hémolymph du ver à soie. Les résultats d'un traitement par injection à travers le tégument de quantités égales de blastospores de *B. bassiana* chez des vers à soie présentant différentes résistances ont montré que le temps de nécrose est plus long, le taux de mortalité plus faible et la vitesse de prolifération plus lente chez les vers à soie résistants que chez ceux dont la résistance est plus faible (Shi, 1987). La substance défensive liquide dans l'hémolymph et les cellules sanguines induit une série de réactions à la suite de la pénétration des champignons ; cette réaction affecte directement la vitesse de prolifération des blastospores dans l'hémolymph, le taux de mortalité et le temps de nécrose du ver à soie. Les cellules sanguines (principalement des cellules granuleuses et des plasmocytes) jouent le rôle de phagosomes et permettent, dans une certaine mesure, d'encapsuler l'hyphes étrangère mais ne parviennent à éliminer les champignons et n'ont qu'un effet inhibitoire temporaire. La phagocytose et l'encapsulation des champignons pathogènes par les cellules sanguines diffèrent en fonction de la résistance des races de vers à soie (Hou et Chang, 1985).

La phénoloxydase contenue dans l'hémolymph, généralement inactive, est activée par l'invasion des champignons. L'activation de la phénoloxydase peut catalyser un substrat pour former de la mélanine qui a un effet toxique sur la croissance et la prolifération des champignons. Le degré d'activation de la phénoloxydase diffère en fonction des races fongiques (Joji et Kurako, 1970 ; Hidenori, 1982). Le suc digestif alcalin, la membrane péritrophique composée de chitine, de protéine et de polysaccharide et l'excrétion rapide de la nourriture par le canal alimentaire du ver à soie permettent d'inhiber de manière efficace la croissance, le développement et l'intrusion des champignons dans le tube digestif. De plus, la lipine de la paroi intestinale a un effet antifongique supérieur à celui de la lipine tégumentaire chez le ver à soie (Koidsumi et Makino, 1956). En raison des facteurs énoncés ci-dessus, il est difficile de provoquer la maladie fongique par infestation *per os*. Lorsque les vers à soie sont traités par inoculation orale avec des concentrations élevées de *B. bassiana*, l'infestation par l'intermédiaire du tube digestif est possible mais le taux de mortalité est plus faible et la maladie plus longue. Ce phénomène est rarement observé dans les productions commerciales.

IV. PROPRIETES SEROLOGIQUES DES CHAMPIGNONS PATHOGENES DU VER A SOIE

La technique sérologique est très ancienne et a connu un développement rapide. Ces dernières années, elle a été utilisée dans l'étude des maladies fongiques du ver à soie et a permis d'accomplir des progrès importants dans la classification des champignons pathogènes du ver à soie. L'auteur (non publié) a purifié respectivement les conidies et les blastospores de deux types (blanc et jaune) de *B. bassiana* par centrifugation différentielle. Des lapins ont été immunisés avec des conidies neutralisées par HCHO ou avec des blastospores par injection intraveineuse pour obtenir un antisérum spécifique ; des tests d'agglutination et d'absorption réciproques ont ensuite été réalisés. Les résultats ont révélé que les conidies et les blastospores de *B. bassiana* (blanc et jaune) présentent tous une réaction d'agglutination contre leurs antisérums, le titre d'agglutinine pour le sérum antiblastospores contre les blastospores est plus élevé que celui observé pour le sérum anticonidies contre les conidies ; on a également observé des réactions croisées et des réactions spécifiques entre les deux types (blanc et jaune) de *B. bassiana*. Ces résultats indiquent que les conidies et les blastospores de *B. bassiana* (blanc et jaune) présentent une bonne antigénicité et que l'antigénicité des blastospores est meilleure que celle des conidies. De plus, on a observé des antigènes communs et des antigènes spécifiques entre les deux types pathogènes (blanc et jaune) de *B. bassiana*. Les conidies, les blastospores et les hyphes des champignons pathogènes d'insectes sont des microparticules de grande taille dont la surface comporte des polysaccharides résistant à la chaleur et des protéines solubles. Les polysaccharides et les protéines ont été analysés à l'aide de méthodes sérologiques telles que le test d'immunodiffusion double ; ils présentent des propriétés communes et des propriétés spécifiques entre les champignons pathogènes d'insectes. Sur la base de ces propriétés spécifiques, on peut diviser les souches de *B. bassiana* isolées chez différents insectes en trois sérotypes (B1, B2 et B3). Il existe certaines corrélations entre chaque sérotype et ses caractéristiques biologiques. Il existe également des antigènes protéiques communs et des antigènes protéiques spécifiques entre le sérotype B1 et les autres champignons pathogènes d'insectes mais on n'a pas pu détecter d'antigène protéique commun entre le sérotype B1 et les champignons non pathogènes d'insectes (Shimizu et Aizawa, 1987 ; Shimizu, 1987). La technique sérologique est très utile dans l'étude de la classification des souches pathogènes de *B. bassiana* (jaune et blanc), en prenant l'ensemble des conidies et des blastospores comme antigènes.

V. PERSPECTIVES

La classification traditionnelle d'une souche de champignons est principalement basée sur ses caractères morphologiques et biologiques qui sont facilement influencés par leur milieu et certaines différences entre les souches sont donc négligées. La classification traditionnelle, qui fait appel à une technique élaborée de haut niveau, est inexacte et nécessite des études approfondies (Wang et coll., 1985). Les types jaunes et blancs de *B. bassiana* ont des modes d'infestation du ver à soie différents et les symptômes varient fortement chez les vers infestés mais présentent peu de différences au niveau des caractères morphologiques, c'est pourquoi ces types sont tous deux appelés *B. bassiana*, ce qui peut entraîner des confusions (Joji, 1971 ; Kawakami, 1974). Il est indispensable de réaliser une classification taxonomique des deux formes de *B. bassiana*. Les techniques sérologiques ont une spécificité élevée et la sensibilité joue un rôle important dans la classification de microorganismes tels que les virus, etc. Les polysaccharides et les protéines présents à la surface des conidies, des hyphes ou des blastospores des champignons pathogènes du ver à soie ont une bonne antigénicité, bien que certains antigènes soient communs. Les techniques sérologiques apporteront des informations nouvelles pour la classification taxonomique des formes blanche et jaune de *B. bassiana*, pour l'étude des ressources de champignons pathogènes du ver à soie, etc.

Bien que les maladies fongiques du ver à soie ne se propagent plus de nos jours sur une grande échelle, elles constituent encore la deuxième maladie infectieuse derrière les maladies virales dans la production séricicole et on ne peut pas négliger les dommages qu'elles occasionnent (Shi et coll., 1990). La méthode employée dans la lutte et la prévention des maladies fongiques du ver à soie est une méthode de prévention globale par désinfection complète selon la fréquence d'apparition de la

maladie. Ces dernières années, des progrès importants ont été accomplis dans l'élimination de la maladie fongique des vers à soie. L'effet curatif pour la muscardine verte est de 90 à 100 % lorsque les larves sont nourries en continu avec 1 à 2 % de Duo Jungling (Lu et coll., 1981). L'effet curatif pour les muscardines blanche et verte est supérieur à 90 % lorsque les larves sont nourries avec des feuilles de mûrier sur lesquelles a été vaporisée une solution de Kejiang-1 25 à 200 fois (Zhou et coll., 1990). Il est devenu urgent d'étudier les mesures suivantes qui sont étroitement liées à la prévention et à la lutte contre la maladie fongique du ver à soie : amélioration et augmentation de l'effet désinfectant au cours de la période de nourrissage et de la période de maturité, inspection des sources d'infestation extérieures et de leurs phases en hiver, investigation des relations physiologiques entre la résistance d'*Aspergillus* au formol et à ses pathogènes, mise au point de nouvelles substances de désinfection, etc. La résolution de ces problèmes permettra d'augmenter l'efficacité de la prévention et de la lutte contre les maladies fongiques du ver à soie et de diminuer fortement leur incidence.

Dans la prévention et la lutte contre les maladies fongiques du ver à soie, il est important de sélectionner et de choisir des espèces ayant une forte résistance aux maladies. La résistance du ver à soie aux maladies fongiques est gouvernée par des gènes (Liu et coll., 1987). Du point de vue de la sélection héréditaire, il est possible de choisir et de sélectionner des espèces de vers à soie résistants aux champignons pathogènes. En premier lieu, il est nécessaire d'évaluer la sensibilité des espèces de vers à soie aux champignons pathogènes et de sélectionner les espèces résistantes. La méthode traditionnelle d'évaluation, qui fait appel à l'analyse biologique, est facilement influencée par l'environnement et est longue et fastidieuse. L'auteur (1987) a étudié la différence de germination et de croissance des conidies et des blastospores de *B. bassiana* dans le sang de différents vers à soie résistants. Les résultats obtenus révèlent que les taux de germination et de croissance sont proportionnels au degré d'infestation du ver à soie par *B. bassiana* (Shi, 1987). Cependant, il n'y a aucune différence de germination et de croissance des conidies et des blastospores d'*Aspergillus* car le blastospore ne peut pas se former dans l'hémolymphe du ver à soie et la croissance de l'hyphé est limitée aux sites infestés (Kawakami, 1985). Le test de germination et de croissance des conidies et des hyphes des champignons pathogènes (à l'exception d'*Aspergillus*) apparaît donc comme une méthode simple et pratique qui peut être utilisée pour déterminer la résistance de différentes espèces de vers à soie aux champignons pathogènes. L'amélioration de cette méthode permettra d'en diminuer la durée afin de sélectionner et de choisir l'espèce de vers à soie la plus résistante et la plus tolérante aux maladies fongiques.

Les champignons pathogènes, qui doivent être écartés des milieux de production séricicole, sont la principale cause de maladie fongique chez les vers à soie. Ils constituent également des sources biologiques précieuses : la larve de ver à soie infestée par *B. bassiana* est un médicament traditionnel en Chine dont l'utilisation est encore couramment répandue bien que ses mécanismes curatifs et le rôle joué par la beauvéricine ne soient pas clairs (Shi, 1991 ; Tongayi, 1983). La beauvéricine joue un rôle important et spécifique dans l'efficacité de ce médicament issu de vers à soie infestés par *B. bassiana*. L'examen de son mécanisme curatif à l'aide de la technologie médicale moderne permettra non seulement d'élargir considérablement le champ d'utilisation des vers à soie infestés avec *B. bassiana* en en faisant un remède de haut niveau mais également de le produire en masse par la culture biologique ou la synthèse artificielle, réduisant ainsi fortement les risques de contamination par les agents pathogènes et la qualité médiocre des élevages occasionnée par l'achat en masse de vers à soie infestés par *B. bassiana* dès la production.

ISOLATION OF A NEW BIVOLTINE LINE MU₇₅₆ BY INDUCTION OF GENETIC VARIABILITY IN THE SILKWORM, *BOMBYX MORI* L.

V.G. MARIBASHETTY & G. SREERAMA REDDY

Sericulture Section, Department of Studies in Zoology, University of Mysore, Manasagangotri,
Mysore - 570 006, India.

Ionising radiations are widely used to increase the genetic variability for effective selection based on the heritable differences. An attempt has been made to induce genetic variability in the tropical bivoltine race NB₁₈ by subjecting the fifth day eggs to two selected doses of 1250 R and 1750 R of gamma rays (⁶⁰Co at the rate of 882 R/min.) followed by nitrogen treatment with a recovery period of two hours in order to step up selection for viability traits such as cocoon yield by number and pupation rate.

The radiation effect was found to be severe in the batches exposed to a higher dose of 1750 R resulting in the embryonic, larval and pupal mortality as well as sterility in the moths. While the exposure to a lower dose of 1250 R resulted in 50 % mortality and the survived individuals showed a general decline in the viability and productivity traits which continued up to the 4th generation. The interline crossing of the progenies from the 5th generation onwards followed by appropriate selection resulted in the revival of both viability and productivity traits and has enabled the isolation of a new line MU₇₅₆ at the end of the 9th generation. A marked improvement in the cocoon yield by number and pupation rate in the new line observed has significantly contributed to the improved viability when compared to the initial parent NB₁₈. The dose-dependent radiation-induced variability in the quantitative traits is discussed with reference to the development of silkworm breeds of higher economic value.

Keywords : *Bombyx mori*, radiation sensitivity, interline crossing, selection, viability traits.

INTRODUCTION

Ionising radiations such as X-rays and gamma-rays are known to widen the genetic variability, enabling the breeder to step up selection for the quantitative characters and are extensively used in crop and animal improvement programmes. However, the induction of polygenic variability in silkworms and its subsequent use by selection process has not been fully exploited in silkworms in view of its differential strain and stage radiation specificity.

The bivoltine race NB₁₈ though it possesses a high silk content has some limitations for its viability under the suboptimal quality of the mulberry leaf and poor rearing management prevailing in tropical climates. In order to improve the genetic constitution, five-day-old eggs of NB₁₈ were subjected to two selected doses of gamma rays followed by nitrogen treatment to induce variability and to step up selection for the improvement of viability traits such as cocoon yield by number and pupation rate.

MATERIALS AND METHODS

The bivoltine race NB₁₈ spinning white dumb-bell cocoons drawn from the germplasm bank of Central Sericultural Research and Training Institute (Mysore, India) formed the material for the present investigation. The rearing performance was analysed by conducting cellular rearing in five replicates under standard rearing conditions (Krishnaswami, 1978) by feeding M5 variety mulberry (*Morus alba*) leaves. Twenty-five disease-free layings were prepared from the harvested cocoons, of which ten layings were selected and incubated till the blastokinesis stage of the embryo (five days after oviposition). Later, they were exposed to two different doses of gamma rays at a constant dose rate of 882 R/min. (⁶⁰Co). The radiation specifications for each one of the groups I and II are depicted in Table I. Group I was exposed to 1250 R in two split doses of 625 R with a recovery period of two hours, whereas group II was exposed to 1750 R in two split doses of 875 R with a recovery period of two hours. After each split dose of radiation, the eggs of both groups were kept in a nitrogen chamber for 12 min. The irradiated groups as well as the control groups were reared and the mean values of the metric traits were recorded after each rearing. Due to high mortality of larvae, pupae and sterility of the female moths in R₂, group II was rejected and group I, which received a comparatively lower dose of radiation was continued in three replicates r₁, r₂ and r₃ by brushing composite layings of 600 eggs from 10 disease-free layings (Dfls). Replicate I (r₁) of group I was discarded at the end of the 4th generation in view of its poor performance compared to r₂ and r₃. The interline crossing of replicates r₂ and r₃ of group I was made to obtain R₆ progeny. Further, composite layings were prepared, brushed and reared in three replicates along with the control NB₁₈ up to the 10th generation. In each generation, the replicates of treated and control batches exhibiting the highest cocoon yield by number and highest pupation rate were selected for further breeding.

Table I. Irradiation specification for each one of the groups I and II.

Tableau I. Descriptif de l'irradiation pour chacun des groupes I et II.

Developmental stage	Number of dfls	I-Dose (R)	N ₂ treatment (min.)	Recovery period (hrs)	II-Dose (R)	Total dose (R)	N ₂ treatment (min.)
Stade du développement	Nombre de pontes saines	Dose I (R)	Traitement N ₂ (min.)	Délai de rétablissement (heures)	Dose II (R)	Dose totale (R)	Traitement N ₂ (min.)
Group I / Groupe I Blastokinesis stage* Stade blastocynèse*	5	625	12	2	625	1250	12
Group II / Groupe II Blastokinesis stage Stade blastocynèse	5	825	12	2	825	1750	12

* 5th day after oviposition / 5 jours après l'oviposition.

RESULTS

Analysis of the mean rearing performance of the irradiated batches in R₁ revealed a general reduction in most of the metric traits when compared with the control NB18. Group II, which received the higher dose of radiation 1750 R was rejected after R₂ generation in view of the highest mortality at different stages of development as well as the sterility of the female moths. However, all the replicates of group I were continued up to the 5th generation and the performance of each generation was recorded (Tables IIa and IIb). Replicate I (r₁) of group I was discontinued in view of its poor viability traits compared to replicates r₂ and r₃. The interline crossing of r₂ and r₃ of group I followed by selection for higher pupation rate and cocoon yield by number resulted in the improvement of viability traits in R₆. Further, continuous selection for viability from R₆ to R₁₀ had led to the significant improvement in viability leading to the isolation of a new line MU756. However, such selection responses were observed to be absent in the untreated (control) batches. The performance of the isolated line from R₆ to R₁₀ generations (Table IIb) and the control NB18 (Table IIa) along with the statistical comparisons of the data reveals a distinct superiority of the newly isolated line MU756 at the end of the 10th generation with respect to cocoon yield by number (8892) and pupation rate (89.31 %) compared to the control (7803 and 74.69 %, respectively). A marginal improvement was also observed in the overall hatching percentage in the new line MU756 compared to the control.

DISCUSSION

Mutation breeding assumes a special significance in silkworms and has not only contributed to our knowledge on the strain and stage-specific radiation sensitivity but also has led to the isolation of several beneficial mutant lines by the application of suitable selection procedures. Lei (1963) has pointed out that the induced mutation in a population possesses the favourable chance of being continued from generation to generation or being lost unless positively selected over generations. If the induced mutation selected over generations is dominant, it will largely replace the original allele and, in case it is recessive, it will substitute the original allele completely (Falconer, 1975). Several experimental evidences are available with regard to fixation of induced mutations having selection advantage to improve the population mean of the respective quantitative traits (Gregory, 1955 ; Subramanya and Sreerama Reddy, 1982 ; Sharma, 1988 ; Rajanna, 1990).

The variable effect of two selected doses of gamma rays on five-day-old eggs of the tropical bivoltine race NB18 followed by nitrogen treatment on embryonic, larval and pupal mortality, as evidenced by significant differences between the two groups, reflects on the dose-dependent radiation sensitivity. Further, the general decline in all the quantitative traits observed in both groups in R₁ and R₂ can be attributed to the effect of radiation on the general physico-chemical events taking place during growth and development. The higher embryonic lethality leading to reduced hatching percentage followed by a higher larval mortality as well as the sterility observed in group II can be ascribed to the effect of acute radiation damage caused by a higher radiation dose. The differential radiation response in the two groups as revealed by the variable expression of phenotypic traits in the irradiated groups corroborates the findings of Kogura and Nakajima (1958), Tanaka and Tamura (1968), Subramanya and Sreerama Reddy (1982) and Rajanna (1990).

Ohi (1961) has pointed out that radiation treatment can bring about chromosomal aberrations and/or genetic mutations leading to biochemical alterations in the genetic constitution. The selection of replicates r₂ and r₃ of group I, exhibiting a higher cocoon yield by number and higher pupation rate, has enabled to pick up altered genotypes for the said quantitative traits.

The higher cocoon yield by number and pupation rate in replicates 2 and 3 of group I can be attributed to biochemical alterations leading to a changed genetic structure in the genome of the individuals, contributing to the increased phenotypic mean of the quantitative traits. The interline crossing of individuals exhibiting a higher phenotypic mean followed by selection from R₆ to R₁₀ has further enabled to improve the viability traits in the new line MU756. As evident from the data assembled in Tables IIa and IIb, the new line MU756 exhibits a significant improvement in the phenotypic mean of cocoon yield by number and pupation rate, contributing to the increased viability compared to NB18. Thus, the isolated line with its changed genetic endowment for higher viability

Table IIa. Mean values of the economic traits of the control NB18 from P₁ to P₁₀ generations.Tableau IIa. Valeurs moyennes des caractères économiques du témoins NB18 chez les générations P₁ à P₁₀.

Generation	Eggs/ laying	Hatching (%)	Weight of 10 Vth age larvae (g)	Larval duration (hrs)	Yield/10,000 larvae brushed		Single cocoon weight (g)	ERR (%)	Shell ratio (%)	Pupation rate (%)
					By number	By weight (kg)				
<i>Génération</i>	<i>Nombre d'oeufs par ponte</i>	<i>Eclosion (%)</i>	<i>Poids de 10 larves du 5e âge (g)</i>	<i>Durée larvaire (hrs)</i>	<i>Rendement pour 10 000 larves levées</i>		<i>Poids d'un cocon (g)</i>	<i>ERR (%)</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>	<i>Taux de pupaison (%)</i>
					<i>Nombre</i>	<i>Poids (kg)</i>				
P ₁	515.33	86.08	44.53	606.66	7641.66	13.89	01.80	80.42	20.62	75.16
	± 12.66	± 0.70	± 1.09	± 4.00	± 176.33	± 0.63	± 1.12	± 2.76	± 5.16	± 3.14
P ₂	414.66	90.41	44.63	577.66	8044.33	14.48	01.87	80.44	19.61	78.21
	± 19.55	± 3.69	± 0.89	± 2.88	± 130.62	± 1.09	± 0.98	± 3.96	± 0.31	± 6.93
P ₃	428.66	90.59	43.83	595.33	7876.00	12.22	01.66	78.76	20.02	74.30
	± 19.16	± 1.083	± 0.98	± 4.12	± 98.37	± 1.21	± 1.34	± 4.83	± 0.36	± 6.93
P ₄	546.00	88.90	42.46	649.66	7714.00	10.14	01.43	77.14	19.39	71.47
	± 15.21	± 2.76	± 1.12	± 3.71	± 198.21	± 0.99	± 2.09	± 1.98	± 0.63	± 8.52
P ₅	491.33	86.81	41.63	571.33	6762.00	10.67	01.68	67.62	19.62	61.52
	± 16.98	± 1.55	± 1.32	± 4.40	± 201.23	± 1.68	± 2.03	± 4.01	± 0.37	± 4.96
P ₆	484.33	87.30	43.00	590.66	7276.00	10.21	01.83	72.76	19.78	65.13
	± 18.52	± 1.87	± 0.96	± 6.65	± 168.52	± 1.97	± 0.96	± 2.68	± 0.29	± 6.98
P ₇	479.66	87.41	42.00	612.66	6860.66	11.92	01.62	68.61	19.28	64.44
	± 10.97	± 0.98	± 0.93	± 0.97	± 92.27	± 1.73	± 1.34	± 6.92	± 0.31	± 7.12
P ₈	521.66	84.68	42.70	603.33	7276.00	12.64	01.84	72.76	19.56	67.52
	± 8.66	± 1.07	± 1.21	± 1.15	± 122.66	± 1.28	± 1.23	± 2.22	± 0.58	± 7.33
P ₉	553.00	84.66	44.06	599.66	7782.00	13.99	01.856	77.82	17.81	74.56
	± 16.82	± 1.82	± 0.94	± 6.62	± 332.6	± 0.64	± 0.03	± 3.32	± 0.00	± 8.71
P ₁₀	514.66	86.65	43.89	595.00	7803.00	14.03	01.793	78.03	18.26	74.69
	± 6.11	± 0.91	± 1.06	± 5.00	± 567.3	± 0.96	± 0.01	± 5.67	± 1.25	± 1.59

ERR : Effective rate of rearing / Taux effectif d'élevage.

Table IIb. Mean values of the economic traits of the new line MU756 from R₁ to R₁₀ generations.Tableau IIb. Valeurs moyennes des caractères économiques de la nouvelle lignée MU756 chez les générations R₁ à R₁₀.

Generation	Eggs/ laying	Hatching (%)	Weight of 10 Vth age larvae (g)	Larval duration (hrs)	Yield/10,000 larvae brushed		Single cocoon weight (g)	ERR (%)	Shell ratio (%)	Pupation rate (%)
					By number	By weight (kg)				
<i>Génération</i>	<i>Nombre d'oeufs par ponte</i>	<i>Eclosion (%)</i>	<i>Poids de 10 larves du 5e âge (g)</i>	<i>Durée larvaire (hrs)</i>	<i>Rendement pour 10 000 larves levées</i>		<i>Poids d'un cocon (g)</i>	<i>ERR (%)</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>	<i>Taux de pupaison (%)</i>
					<i>Nombre</i>	<i>Poids (kg)</i>				
R ₁	554.00 ± 13.06	47.50 ± 1.03	33.30 ± 1.21	593.00 ± 5.30	5410.33 ± 216.10	9.860 ± 1.09	1.496 ± 2.60	54.10 ± 2.16	17.23 ± 0.317	47.06 ± 3.60
R ₂	465.00 ± 21.24	54.27 ± 2.02	38.43 ± 0.96	596.66 ± 3.23	7280.33 ± 176.50	11.57 ± 1.63	1.577 ± 0.117	72.8 ± 1.76	17.71 ± 0.22	49.20 ± 7.12
R ₃	470.33 ± 16.14	64.36 ± 2.12	40.10 ± 1.12	599.00 ± 3.80	7137.00 ± 130.62	11.80 ± 1.08	1.641 ± 0.312	71.37 ± 1.30	18.85 ± 0.41	51.95 ± 6.00
R ₄	420.33 ± 17.91	68.63 ± 0.98	39.90 ± 1.32	599.66 ± 2.20	6675.33 ± 198.37	11.60 ± 0.92	1.754 ± 0.092	66.75 ± 1.98	18.02 ± 0.91	53.83 ± 5.12
R ₅	426.00 ± 19.43	78.06 ± 1.94	40.33 ± 1.32	± 572.00 ± 3.86	± 6675.33 ± 146.18	± 11.66 ± 0.76	± 1.753* ± 0.14	± 66.75 ± 1.46	± 18.61 ± 0.26	± 59.84 ± 7.33
R ₆	526.00 ± 13.96	88.24 ± 1.93	41.50 ± 2.21	596.33 ± 4.00	8857.96 ± 201.33	15.50 ± 0.98	1.774 ± 0.061	88.58 ± 2.01	17.83 ± 0.47	80.72 ± 6.66
R ₇	513.00 ± 19.26	91.24 ± 1.87	41.33 ± 1.23	601.33 ± 3.80	8997.33 ± 168.52	16.06 ± 1.06	1.857 ± 0.21	89.97 ± 1.68	17.95 ± 0.58	79.11 ± 7.33
R ₈	539.66 ± 28.12	90.94 ± 0.98	41.50 ± 1.65	595.00 ± 4.65	8762.33 ± 192.27	15.24 ± 0.97	1.784 ± 0.092	87.62 ± 1.92	19.44 ± 0.21	85.37 ± 3.33
R ₉	554.33 ± 16.69	90.33 ± 0.41	41.50 ± 1.12	594.66 ± 4.84	8704.33 ± 173.75	15.13 ± 0.117	1.760 ± 0.365	87.04 ± 1.73	18.36 ± 0.57	86.00 ± 3.31
R ₁₀	528.66 ± 10.47	93.00* ± 0.26	40.30 ± 1.26	597.00 ± 2.73	8892.66* ± 207.34	15.43 ± 0.506	1.730 ± 0.01	88.92 ± 2.07	19.25* ± 0.81	89.31* ± 3.31

ERR : Effective rate of rearing / *Taux effectif d'élevage*. * Significant at 0.05 level ; Table value : 5.01 / *Significatif au seuil de 0,05 ; valeur du tableau : 5,01*. Note : The statistical comparisons were made between Table IIa (control data) and Table IIb (treated batch) / *Les comparaisons statistiques ont été faites entre les données du tableau IIa (témoins) et celles du tableau IIb (lots traités)*.

was found to possess a positive response to the sub-optimal quality of the mulberry leaf and poor rearing practices prevailing in tropical climates.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to University Grants Commission, New Delhi, for financial assistance. Thanks are due also to the University of Mysore for providing required facilities and the Director, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, for help and co-operation.

REFERENCES

- FALCONER D.S. (1975) Introduction to quantitative genetics. Longman, New York.
- GREGORY W.C. (1955) X-ray breeding of peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Agron. J.*, 47, 396-399.
- KOGURA M., NAKAJIMA M. (1958) Differential radiosensitivity of silkworm tests for the decline of egg hatchability with special reference to cytological and biochemical evidences. *Proc. 2nd UN Int. Conf. Peaceful Uses of Atomic Energy*, 22, 351-359.
- KRISHNASWAMI S. (1978) New technology on silkworm rearing. CSR&TI, Central Silk Board, India, Bull. No. 2.
- LI C.C. (1963) Decrease of population fitness upon inbreeding. *Proc. Nat. Acad. Sci., US*, 49, 439-445.
- OHI H. (1961) Studies on the effect of gamma-rays irradiation at embryonic stages upon the larval and cocoon characters in the silkworm. *J. Seric. Sci. Japan*, 30, 401.
- RAJANNA G.S. (1990) Evolution of suitable bivoltine races of silkworm, *Bombyx mori* L., for tropics. Ph.D. thesis submitted to Mysore University, Mysore.
- SUBRAMANYA G., SREERAMA REDDY G. (1982) Isolation of a mutant line with shorter larval duration by induction of mutations in the silkworm, *Bombyx mori* L. *Indian J. Exp. Biol.*, 20(2), 139-141.
- TANAKA S., TAMURA S. (1968) A short report on gamma-ray induced rice mutants having high protein content. *JARQ*, 3(4), 32-35.

ISOLEMENT D'UNE NOUVELLE LIGNEE BIVOLTINE, MU⁷⁵⁶, PAR INDUCTION DE VARIABILITE GENETIQUE CHEZ LE VER A SOIE *BOMBYX MORI* L.

V.G. MARIBASHETTY & G. SREERAMA REDDY

Sericulture Section, Department of Studies in Zoology, University of Mysore, Manasagangotri,
Mysore -570 006, Inde.

Les radiations ionisantes sont communément utilisées pour augmenter la variabilité génétique et permettre une sélection efficace basée sur les différences transmissibles. On a tenté d'induire une variabilité génétique chez la race bivoltine tropicale NB₁₈ en soumettant des oeufs âgés de cinq jours à deux doses sélectionnées de rayons gamma (⁶⁰Co à raison de 882 R/min.) de 1250 R et 1750 R puis à un traitement à l'azote suivi d'une période de rétablissement de deux heures afin d'accélérer la sélection de caractères comme le rendement en cocons et le taux de nymphose.

Les radiations affectent sévèrement les lots exposés à la dose de 1750 R et entraîne la mortalité des embryons, des larves et des chrysalides ainsi que la stérilité des papillons. L'exposition à la dose de 1250 R entraîne une mortalité de 50 % et les caractères de viabilité et de productivité diminuent chez les individus survivants et jusqu'à la 5e génération. Le croisement entre lignées de descendants à partir de la 6e génération, suivi d'une sélection appropriée, entraîne une reprise de la productivité et de la viabilité et a permis l'isolement d'une nouvelle lignée, appelée MU⁷⁵⁶, à la fin de la 9e génération. L'amélioration très nette du rendement en cocons et du taux de nymphose chez la nouvelle lignée contribue de manière significative à l'amélioration de la viabilité par rapport au parent initial NB₁₈.

INTRODUCTION

On sait que les radiations ionisantes, telles que les rayons X et les rayons gamma, accroissent la variabilité génétique et permettent aux éleveurs d'accélérer la sélection des caractères quantitatifs et sont utilisés de manière extensive dans les programmes d'amélioration végétale et animale. Cependant, l'induction de la variabilité polygénique et son utilisation dans les processus de sélection n'ont pas été pleinement exploitées chez le ver à soie en raison de ses souches différencielles et de sa spécificité de réaction aux radiations en fonction de son stade.

La race bivoltine NB₁₈, qui est une bonne productrice de soie, a une viabilité réduite du fait de la qualité inférieure des feuilles de mûrier et de la gestion médiocre de l'élevage en régions tropicales. Afin d'en améliorer la constitution génétique, des oeufs âgés de cinq jours ont été soumis à deux doses sélectionnées de rayons gamma puis à un traitement à l'azote pour induire une variabilité et accélérer la sélection afin d'améliorer des caractères de viabilité tels que le rendement en cocons et le taux de nymphose.

MATERIELS ET METHODES

Le matériel de cette étude est la race bivoltine NB₁₈ qui donne des cocons blancs ceintrés ; il provient de la banque génétique du Central Sericultural Research and Training Institute de Mysore. La performance d'élevage a été analysée après élevage cellulaire en cinq réplicats dans les conditions

d'élevage standard (Krishnaswami, 1978) sur des feuilles de mûrier de la variété M5 (*Morus alba*). Vingt-cinq pontes saines ont été préparées à partir des cocons récoltés, dix de ces pontes ont été sélectionnées et incubées jusqu'au stade blastocinèse de l'embryon (cinq jours après l'oviposition). Elles ont ensuite été exposées à deux doses de rayons gamma à un flux constant de 882 R/min. (^{60}Co). Le plan de traitement aux rayons pour chacun des groupes I et II est décrit dans le tableau I. Le groupe I a été exposé à 1250 R en deux demi-doses de 625 R avec un délai de récupération de deux heures ; le groupe II a été exposé à 1750 R en deux demi-doses de 875 avec un délai de récupération de deux heures. Après chaque demi-dose de radiation, les oeufs des deux groupes ont été placés dans une chambre à azote pendant 12 minutes. On a ensuite procédé à l'élevage des groupes irradiés et des groupes témoins ; les valeurs moyennes des caractères métriques ont été enregistrées après chaque élevage. En raison de la forte mortalité des larves, des chrysalides et de la stérilité des papillons femelles chez R2, le groupe II a été éliminé. On a pu poursuivre le traitement du groupe I, soumis à une dose comparativement plus faible de radiations ; il a été divisé en 3 réplicats : r1, r2 et r3, en levant des pontes composites de 600 oeufs à partir de 10 pontes saines. Le réplicat 1 (r1) du groupe I a été éliminé à la fin de la 4e génération en raison de sa performance médiocre par rapport à r2 et r3. On a effectué un croisement entre les réplicats r2 et r3 du groupe I afin d'obtenir la génération r6. Par ailleurs, des pontes composites ont été préparées, levées et élevées en trois réplicats parallèlement au témoin NB18 jusqu'à la 10e génération. A chaque génération, les réplicats des lots traités et témoins présentant le rendement en cocons et le taux de nymphose les plus élevés ont été sélectionnés pour la génération suivante.

RESULTATS

L'analyse de la performance d'élevage moyenne fait apparaître une diminution globale de la plupart des caractères métriques des lots irradiés chez R1 par rapport au témoin NB18. Le groupe II, exposé à la dose supérieure (1750 R), a été éliminé après la génération R2 en raison de la mortalité très élevée au différents stades du développement et de la stérilité des papillons femelles. Cependant, l'élevage de tous les réplicats du groupe I a été poursuivi jusqu'à la 5e génération et la performance de chaque génération a été enregistrée (Tableaux IIa et IIb). L'élevage du réplicat 1 (R1) du groupe I a été interrompu car des résultats médiocres ont été obtenus pour les caractères de viabilité par rapport à ceux des réplicats r2 et r3. Le croisement entre lignées de r2 et de r3 du groupe I, suivi d'une sélection basée sur les meilleurs taux de nymphose et les rendements en cocons les plus élevés, a permis d'obtenir une amélioration de ces caractères en R6. De plus, la sélection continue basée sur la viabilité de R6 à R10 s'est traduite par une amélioration significative, entraînant l'isolement d'une nouvelle lignée MU756. Cependant, cette réponse à la sélection n'a pas été observée chez les lots non traités (témoins). La performance de la lignée isolée pour les générations R6 à R10 (Tableau IIb) et celle du témoin NB18 (Tableau IIa) ainsi que la comparaison statistique des données font apparaître une supériorité marquée de la lignée isolée MU756 à la fin de la 10e génération pour ce qui est du rendement en cocons (8892) et du taux de nymphose (89.31 %) par rapport au témoin (7803 et 74.69 %, respectivement). Une amélioration marginale a également été observée pour le pourcentage global d'éclosion chez la nouvelle lignée MU756 par rapport au témoin.

DISCUSSION

La sélection de mutations a une signification particulière chez le ver à soie et contribue non seulement à la connaissance de la souche et de la sensibilité aux radiations en fonction du stade mais a également permis d'isoler plusieurs mutants intéressants en appliquant des protocoles de sélection appropriés. Lei (1963) a fait remarquer que les mutations induites dans une population peuvent soit être maintenues d'une génération à l'autre, soit être perdues en l'absence de sélection positive sur plusieurs générations. Si la mutation induite sélectionnée sur plusieurs générations est dominante, elle remplacera pratiquement entièrement l'allèle original, si elle est récessive elle se substituera totalement à l'allèle original (Falconer, 1975). Il existe un grand nombre de travaux de recherche démontrant l'avantage de la fixation des mutations induites par la sélection car elle permet d'améliorer

la moyenne des caractères quantitatifs respectifs des populations (Gregory, 1955 ; Subramanya et Sreerama Reddy, 1982 ; Sharma, 1988 ; Rajanna, 1990).

L'effet variable des deux doses sélectionnées de rayons gamma sur les oeufs âgés de 5 jours de la race tropicale bivoltine NB18 et du traitement à l'azote sur la mortalité embryonnaire, larvaire et pupale mis en évidence par des différences significatives entre les deux groupes est reflété dans la sensibilité à la radiation liée à la dose. Le déclin global de tous les caractères quantitatifs observé pour les deux groupes chez R₁ et R₂ peut être attribué à l'effet des radiations sur les processus physico-chimiques se produisant au cours de la croissance et du développement. L'augmentation de la mortalité embryonnaire qui se traduit par une diminution du pourcentage d'éclosion suivie d'une forte mortalité larvaire et la stérilité observée chez le groupe II peuvent être imputés aux dommages importants dûs aux radiations provoqués par une augmentation des doses. Les différences de réponses aux radiations entre les deux groupes mises en évidence par la variation de l'expression des caractères phénotypiques chez les groupes irradiés corroborent les résultats de Kogura et Nakajima (1958), Tanaka et Tamura (1968), Subramanya et Sreerama Reddy (1982) et Rajanna (1990).

Ohi (1961) a démontré que le traitement aux radiations pouvait provoquer des aberrations chromosomiques et/ou des mutations génétiques entraînant des modifications biochimiques de la constitution génétique. La sélection des répliquats r₂ et r₃ du groupe I qui ont un rendement en cocons et un taux de pupaison plus élevés a permis de choisir des génotypes modifiés pour ces caractères quantitatifs.

L'augmentation du rendement en cocons et du taux de pupaison chez les répliquats 2 et 3 du groupe I peut être attribuée à des modifications biochimiques entraînant une modification de la structure génétique du génome des individus, contribuant à l'amélioration de la moyenne phénotypique des caractères quantitatifs. Le croisement entre lignées d'individus présentant une moyenne phénotypique supérieure suivi d'une sélection de R₆ à R₁₀ a en outre permis d'améliorer les caractères de viabilité chez la nouvelle lignée MU756. Comme le montrent clairement les données présentées dans les tableaux IIa et IIb, cette nouvelle lignée présente une amélioration significative de la moyenne phénotypique du rendement en cocons et du taux de pupaison, contribuant ainsi à l'augmentation de la viabilité par rapport à NB18. La lignée isolée, dotée d'une viabilité supérieure en raison de ses modifications génétiques, a une réaction positive à la qualité inférieure de la feuille de mûrier et aux pratiques d'élevage médiocres régnant en milieu tropical.

EFFECTS OF FEEDING DIFFERENT RACES OF SILKWORM (*BOMBYX MORI* L.) WITH MULBERRY (*MORUS INDICA* L.) LEAVES VARYING IN PLOIDY LEVEL

A. SARKAR*

Intensive Sericulture Development Project, Central Silk Board, Krishnagar - 741 101,
West Bengal, India.

With a view to exploring the possibility of isolating a profitable mulberry culture which could produce sufficient leaves of good quality suitable for silkworm rearing, a study was carried out. The study involved evaluation of the effects of larval feeding with leaves of different ploidy levels of mulberry plants on the development of silkworm larvae and resulting cocoons.

*Four silkworm races (*Bombyx mori* L.), two from exotic bivoltine types and two from indigenous multivoltine types, and their every possible cross combinations, were included in the study.*

*The rate of food intake, the percentage of digestibility and efficiencies of conversion of ingested and digested food to body matter in fifth instar silkworm larvae (*B. mori* L.) have been determined for the initial diploid (*M. indica* L.), its triploid and its tetraploid derivatives. Triploid mulberry was very well digested and conversion into body matter was also efficient, resulting in higher gain in larval weight. The tetraploid mulberry leaf was also efficiently converted into body matter, but tetraploid leaf intake by the silkworm is low, possibly due to the presence of hairs on the surface of the leaves of tetraploid plants.*

The differential responses of different silkworm populations fed on different ploidy levels of mulberry leaves indicated that there was sufficient variability among the different silkworm populations.

Rearing performances showed a clear picture between the ability of larvae to assimilate the mulberry leaves and the resulting cocoons. It was found that the rearing performance was better when the silkworms were fed with triploid mulberry leaves.

Keywords : *Bombyx mori* L., *Morus indica* L., ploidy levels of mulberry, leaf utilization characters, rearing performance.

INTRODUCTION

The silkworm, *Bombyx mori* L., is a highly specialised phytophagous insect as it feeds only on mulberry leaves. The silkworm consumes and digests leaves of different mulberry varieties, but the degree of utilization depends upon the digestibility of food and the efficiency with which digested food is converted into body matter. An overall understanding of the utilization of food depends upon

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

problems like rate of food intake, the actual amount of food digested and the part of the food incorporated as body substances.

These problems can be tackled with the help of quantitative determination of food intake, food digested, the weight of faeces which correspond to the ingested food and the weight gained by the silkworm larva during the experimental period. These measures are used to calculate the rate of feeding, the digestibility and the efficiencies of conversion of food into body matter. In this present work, the studies on utilization of food by *Protoparce sexta* by Wadlbauer (1964) and his review (1968) on consumption and utilization of food by the insect served as a model in the experiment under report.

In the experiment reported herein, fifth instar silkworm larvae were utilized to collect the quantitative data for the calculation of different indices because of the fact that 84.8 % of the total quantity of leaf is consumed in the fifth instar by silkworm larvae (Hiratsuka, 1920).

The assimilation of mulberry leaves is expected to show its effect on the cocoon characters and output of silk.

In the context of present understanding, the study reported herein was carried out to evaluate the effects of larval feeding with leaves of different ploidy levels of mulberry on the development of larvae and resulting cocoons. For this purpose the study has taken into consideration the leaf consumption, leaf utilization and growth of fifth instar silkworm larvae after feeding them on certain polyploid levels of mulberry since hatching. The underlying idea was to arrive at conclusive evidence for selection of the most profitable mulberry culture fit for feeding the silkworm so that it may help in raising silk production.

MATERIALS AND METHODS

The mulberry varieties used in this experiment were one diploid, *Morus indica* ($2n = 28$), one evolved triploid ($2n = 42$) and one evolved tetraploid ($2n = 56$). The latter two were evolved from the initial diploid, *Morus indica*, by colchicine treatment by Das *et al.* (1970).

Utilization experiments were carried out by feeding the larvae of chosen races of silkworms and their crosses on diploid, triploid and tetraploid mulberry leaves.

Four silkworm races belonging to bivoltine and multivoltine groups were selected for use in this study. The bivoltine races were Kalimpong A and Kalimpong B, which have bigger sized larvae and white and heavy cocoons. The multivoltine races were Nistari and Nistid, which have small sized larvae and yellow and light cocoons. The four silkworm races were then crossed in all possible ways to give 16 combinations including reciprocals. These 16 races have been regarded as 16 different populations throughout the course of the present study.

The eggs laid by bivoltine mother moths were acid-treated with HCl for breaking diapause to facilitate hatching. The requisite number of layings from all the 16 crosses were brushed separately. Larvae were fed four times daily with fresh mulberry leaves obtained from diploid, triploid and tetraploid mulberry plants.

After the fourth moult, 200 larvae from each tray were counted and placed in two trays of 100 each which formed two replications and continued to be reared with the same variety of leaf. Daily examination was carried out until larvae reached maturity. Missing larvae were replaced with healthy ones reared by the same variety of leaf. The experiment was conducted during January-February and March-April in two successive years. Calculations were made on the mean values of four rearings.

The fresh weight of each larva was determined at the beginning of the fifth instar. The dry weight of each larva was estimated by using the mean PC dry matter of an aliquot of like larvae which had been killed by freezing for a short period and then dried at 100 °C to a constant weight. At the end of the larval period, i.e. just before mounting, the dry weight of larvae was determined directly by following the procedure described earlier. The difference between the final dry weight of the larva and the estimated initial weight, and of food consumed or digested in relation to increase in body weight is a measure of the efficiency of utilization. In the expression of results, the following indices are designated and calculated on a dry weight basis according to the method described by Waldbauer (1968) to facilitate discussion of the results.

i) The coefficient of digestibility (CD), which is calculated as :

$$CD = \frac{\text{Dry weight of leaf ingested} - \text{Dry weight of excreta}}{\text{Dry weight of leaf ingested}} \times 100$$

ii) The efficiency of conversion of ingested food into body matter (ECI). It is an overall measure of an insect's ability to utilize, for growth, the food which it ingests. It is calculated as :

$$ECI = \frac{\text{Dry weight gained by larva}}{\text{Dry weight of food ingested}} \times 100$$

iii) The efficiency of conversion of digested food into body matter (ECD), which is calculated as :

$$ECD = \frac{\text{Dry weight gained by larva}}{\text{Dry weight of food digested}} \times 100$$

iv) Consumption index (CI), which measures the food intake per unit weight per day and is calculated as :

$$CI = \frac{F}{TA}$$

where,

F = Dry weight of food eaten,

T = Duration of feeding period in days,

A = Mean dry weight of larva during feeding period.

After completion of rearing and formation of cocoons the data were recorded in respect of important economic characters, such as single cocoon weight, single shell weight, shell ratio and silk weight per cocoon. The data were recorded from 20 randomly selected cocoons from each level of feeding for each silkworm population for each replication.

The statistical analysis was done as per the method used in the randomised block design.

RESULTS

The results on the comparison of the utilization of the diploid, triploid and tetraploid leaves by different silkworm populations along with their CD values are presented in Table I.

It may be noted from Table I that expression of all the characters, viz. larval weight gain, amount of leaf consumed, CD, ECI, ECD and CI, were dependent on both feeding treatment and silkworm genotypes. Feeding treatment $\times$ silkworm genotype interactions were found to be significant in all cases except for the amount of leaf digested.

Table I indicates that though all the characters varied significantly between the silkworm genotypes in the same feeding treatment, yet the effect of different feeding treatments was evidenced by the average increased gain in silkworm larval body weight in triploid which was followed by tetraploid. Leaf consumption by silkworm larvae was more in triploid feeding, which was followed by diploid and least in tetraploid feeding. As regards digestion of mulberry leaf by silkworms, Table I indicates the same trend like the consumption of leaf. Silkworms digested more leaves when they were fed with triploid leaf, closely followed by diploid and least with tetraploid. It may be noted that, though the consumption and digestion of leaves in silkworms were less in tetraploid, yet they resulted in an increase of their body weight gain as compared to diploid leaf feeding. The average coefficient

Table I. Mean values of different silkworm populations under different ploidy levels of mulberry leaf feeding in respect of various leaf utilization characters.

Tableau I. Valeurs moyennes pour différentes populations de vers à soie après nourrissage avec des feuilles de mûriers à différents degrés de pléidie en fonction des divers caractères d'utilisation des feuilles.

Parent or cross	Larval weight gain (g)				Amount of leaf consumed (g)			
	Diploid	Triploid	Tetraploid	Mean	Diploid	Triploid	Tetraploid	Mean
Parent ou croisement	Gain de poids larvaire (g)				Quantité de feuille consommée (g)			
	Diploïde	Triploïde	Tétraploïde	Moyenne	Diploïde	Triploïde	Tétraploïde	Moyenne
Kalimpong A (KA)	0.68	0.75	0.74	0.723	3.59	3.81	3.11	3.503
Kalimpong B (KB)	0.62	0.71	0.66	0.663	3.28	3.70	3.10	3.360
Nisari (N)	0.25	0.27	0.26	0.260	1.88	2.00	1.64	1.840
Nistid (N')	0.35	0.40	0.35	0.367	2.02	2.25	1.87	2.040
KA × KB	0.71	0.74	0.72	0.723	3.92	4.18	3.61	3.903
KB × KA	0.67	0.76	0.74	0.723	4.42	4.49	4.32	4.410
KA × N	0.51	0.54	0.52	0.523	3.23	3.44	2.99	3.220
N × KA	0.47	0.55	0.51	0.510	3.50	3.80	3.10	3.467
KA × N'	0.51	0.62	0.57	0.567	3.67	3.84	3.48	3.663
N' × KA	0.47	0.59	0.55	0.536	3.46	3.65	3.34	3.483
KB × N	0.46	0.50	0.47	0.477	3.67	3.89	3.44	3.667
N × KB	0.58	0.69	0.63	0.633	3.75	3.68	3.44	3.623
KB × N'	0.51	0.66	0.63	0.600	3.33	3.45	3.14	3.306
N' × KB	0.51	0.64	0.57	0.573	3.17	3.53	3.06	3.253
N × N'	0.25	0.28	0.26	0.263	1.85	1.92	1.59	1.787
N' × N'	0.28	0.33	0.30	0.303	1.91	2.08	1.85	1.947
Mean / Moyenne	0.489	0.564	0.530	-	3.164	3.357	2.943	-
CD 5 %								
Mulberry leaf / Feuille de mûrier			0.005				0.052	
Silkworm population / Population de vers à soie			0.012				0.121	
Leaf × silkworm / Feuille × ver à soie			0.020				0.209	

Continued / Suite page suivante

Table I. Mean values of different silkworm populations under different ploidy levels of mulberry leaf feeding in respect of various leaf utilization characters.

Tableau I. Valeurs moyennes pour différentes populations de vers à soie après nourrissage avec des feuilles de mûriers à différents degrés de ploïdie en fonction des divers caractères d'utilisation des feuilles.

Parent or cross	Larval weight gain (g)				Amount of leaf consumed (g)			
	Diploid	Triploid	Tetraploid	Mean	Diploid	Triploid	Tetraploid	Mean
Parent ou croisement	Gain de poids larvaire (g)				Quantité de feuille consommée (g)			
	Diploïde	Triploïde	Tétraploïde	Moyenne	Diploïde	Triploïde	Tétraploïde	Moyenne
Kalimpong A (KA)	0.68	0.75	0.74	0.723	3.59	3.81	3.11	3.503
Kalimpong B (KB)	0.62	0.71	0.66	0.663	3.28	3.70	3.10	3.360
Nisari (N)	0.25	0.27	0.26	0.260	1.88	2.00	1.64	1.840
Nistid (N')	0.35	0.40	0.35	0.367	2.02	2.25	1.87	2.040
KA × KB	0.71	0.74	0.72	0.723	3.92	4.18	3.61	3.903
KB × KA	0.67	0.76	0.74	0.723	4.42	4.49	4.32	4.410
KA × N	0.51	0.54	0.52	0.523	3.23	3.44	2.99	3.220
N × KA	0.47	0.55	0.51	0.510	3.50	3.80	3.10	3.467
KA × N'	0.51	0.62	0.57	0.567	3.67	3.84	3.48	3.663
N' × KA	0.47	0.59	0.55	0.536	3.46	3.65	3.34	3.483
KB × N	0.46	0.50	0.47	0.477	3.67	3.89	3.44	3.667
N × KB	0.58	0.69	0.63	0.633	3.75	3.68	3.44	3.623
KB × N'	0.51	0.66	0.63	0.600	3.33	3.45	3.14	3.306
N' × KB	0.51	0.64	0.57	0.573	3.17	3.53	3.06	3.253
N × N'	0.25	0.28	0.26	0.263	1.85	1.92	1.59	1.787
N' × N'	0.28	0.33	0.30	0.303	1.91	2.08	1.85	1.947
Mean / Moyenne	0.489	0.564	0.530	-	3.164	3.357	2.943	-
CD 5 %								
Mulberry leaf / Feuille de mûrier		0.005				0.052		
Silkworm population / Population de vers à soie		0.012				0.121		
Leaf × silkworm / Feuille × ver à soie		0.020				0.209		

Table I. Continued / *Tableau I. Suite.*

Parent or cross	Efficiency of conversion of digested food (%)				Consumption index			
	Diploid	Triploid	Tetraploid	Mean	Diploid	Triploid	Tetraploid	Mean
<i>Parent ou croisement</i>	<i>Efficacité de conversion de la nourriture digérée (%)</i>				<i>Indice de consommation</i>			
	<i>Diploïde</i>	<i>Triploïde</i>	<i>Tétraploïde</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Diploïde</i>	<i>Triploïde</i>	<i>Tétraploïde</i>	<i>Moyenne</i>
Kalimpong A (KA)	42.62	41.64	49.27	44.50	1.36	1.28	1.13	1.26
Kalimpong B (KB)	41.03	41.43	45.80	42.75	1.34	1.37	1.13	1.28
Nisari (N)	31.07	27.16	39.40	32.54	2.25	2.15	1.81	2.07
Nistid (N')	40.89	39.12	46.89	42.30	1.78	1.72	1.62	1.71
KA × KB	43.98	41.61	48.59	44.73	1.44	1.46	1.29	1.40
KB × KA	40.06	42.19	45.76	42.67	1.71	1.52	1.52	1.58
KA × N	36.87	35.73	40.33	37.64	1.66	1.60	1.42	1.56
N × KA	33.63	36.88	38.56	36.36	2.06	1.96	1.70	1.91
KA × N'	33.58	36.45	41.33	37.12	2.00	1.78	1.65	1.80
N' × KA	31.07	34.82	41.62	35.84	2.04	1.75	1.68	1.82
KB × N	31.08	31.66	34.71	32.48	2.04	1.97	1.80	1.94
N × KB	36.70	41.73	45.43	41.29	1.68	1.54	1.42	1.54
KB × N'	34.30	42.67	45.36	40.78	1.76	1.45	1.36	1.52
N' × KB	36.13	40.93	43.24	40.10	1.75	1.59	1.53	1.62
N × N'	32.27	33.65	38.57	34.83	2.09	1.92	1.71	1.91
N' × N'	35.28	32.65	43.08	37.00	2.03	1.92	1.79	1.91
Mean / <i>Moyenne</i>	36.28	37.50	42.99	-	1.81	1.68	1.53	-
CD 5 %								
Mulberry leaf / <i>Feuille de mûrier</i>			0.447				0.020	
Silkworm population / <i>Population de vers à soie</i>			1.032				0.046	
Leaf × silkworm / <i>Feuille × ver à soie</i>			1.787				0.080	

of digestibility was more in silkworms when they were fed with triploid mulberry leaves, which was significantly different from diploid and tetraploid mulberry leaf feeding.

The efficiency of conversion of ingested and that of digested food to body matter presented a different picture. The silkworm genotype, when fed with tetraploid leaf, showed increased efficiencies of conversion which were much higher than the corresponding figures of diploid and triploid feeding.

The conversion efficiencies were reflected on the consumption index. The consumption index, i.e. food intake per unit body weight per day, was found to be less in silkworms when they were fed with tetraploid leaves, the ploidy level registering the maximum efficiency of conversion. This was followed by triploid and diploid.

As already stated, the differential responses of different silkworms on their feeding with diploid, triploid and tetraploid leaves were evidenced in the significant interaction between silkworm $\times$ feeding treatments.

Results of the rearing performance for comparison of different silkworm genotypes fed on diploid, triploid and tetraploid mulberry leaves are presented in Table II.

From Table II, it is clear that all the characters were dependent on both the feeding treatments and the silkworm genotypes. The interactions between feeding treatment and silkworm genotypes were found to be significant for all the characters studied.

It is also clear from Table II that the average performance with triploid leaf feeding was definitely better than either with diploid or tetraploid leaf feeding. The average cocoon weight in triploid leaf feeding was maximum followed by tetraploid and diploid leaf feeding. Triploid feeding was significantly better than either diploid or tetraploid feeding. Again, tetraploid feeding was significantly better than diploid feeding. As regards single shell weight, triploid feeding was significantly better than diploid and tetraploid leaf feeding. Tetraploid feeding, in turn, was better than diploid. Likewise, in all characters, triploid feeding was the best, which differed significantly from diploid and tetraploid leaf feeding. On comparing diploid and tetraploid leaf feeding, it was revealed that tetraploid feeding was significantly superior to diploid feeding for all the characters studied.

DISCUSSION

The growth of the silkworm larva is mainly dependent on the efficient conversion of the food material. The efficiencies of conversion of the food materials, i.e. ECI and ECD, were maximum when the larvae of different silkworm genotypes and their crosses were fed with triploid and tetraploid mulberry leaves. Tetraploid leaves were efficiently converted into body material, though the consumption and digestion of tetraploid leaf was found to be less than other varieties studied. Soo Hoo and Fraenkel (1966) from their utilization experiment concluded that an efficiently converted food may be consumed less to support optimal growth.

The comparative intake, measured by the consumption index, was determined to measure the amount of food intake per unit weight of larva per day. The consumption index (CI) on a dry weight basis measures the rate at which nutrients in the food enter the digestive system. It was seen that CI decreased with the increase of their corresponding values for efficiencies of conversion of ingested and digested foods. It became evident from the results that CI was minimum in the larvae when they were fed with the well-converted tetraploid mulberry variety. This was evident in all silkworm populations. CI was found maximum when the silkworms were fed with diploid mulberry leaves. Though the consumption and digestion of triploid mulberry leaves were much higher than those of diploid mulberry, yet a glance through the results revealed that CI was lower in triploid leaf feeding than in diploid leaf feeding.

It was clear that all the other indices for feeding were highest in tetraploid. Dzhaferov (1972) reported that in the study of diploid, triploid and tetraploid forms, the polyploids, especially the tetraploids, were best for leaf quality, having higher indices for nutrition.

The effect of all these characters were reflected on the gain in body weight. It was found that the larval gain in body weight was maximum when the larvae were fed with triploid mulberry leaves. Though all the indices were found to be maximum in tetraploid, yet the increased consumption and digestion within the same larval period and slightly lower degree of conversion in the triploid than in

tetraploid leaf resulted in a maximum weight gain by the larva. The lower consumption of tetraploid leaves by silkworms may be attributed to the presence of hairs on the surface of the leaves.

Results from the rearing performances of different silkworm populations confirmed that there is a clear relationship between the ability of larvae to assimilate mulberry leaves and the output of silk. A similar result was also obtained by Gaaboub *et al.* (1977). The well-converted varieties like triploid and tetraploid enabled much better rearing performances than diploid mulberry leaf feeding. From

Table II. Mean values of different silkworm populations fed on mulberry leaves of different ploidy levels in respect of different characters showing rearing performances.

Tableau II. Valeurs moyennes des performances d'élevage de différentes populations de vers à soie après nourrissage avec des feuilles de mûriers de différents degrés de ploidie.

Parent or cross	Single cocoon weight (g)				Single shell weight (g)			
	Diploid	Triploid	Tetraploid	Mean	Diploid	Triploid	Tetraploid	Mean
Parent ou croisement	Poids d'un cocon (g)				Poids d'une coque (g)			
	Diploïde	Triploïde	Tétraploïde	Moyenne	Diploïde	Triploïde	Tétraploïde	Moyenne
KA	1.362	1.510	1.487	1.453	0.231	0.247	0.245	0.241
KB	1.327	1.475	1.422	1.408	0.212	0.243	0.232	0.229
Nisari (N)	0.780	0.862	0.841	0.828	0.098	0.110	0.107	0.105
Nistid (N')	0.898	0.978	0.963	0.946	0.103	0.128	0.115	0.115
KA × KB	1.456	1.520	1.460	1.479	0.233	0.247	0.239	0.240
KB × KA	1.362	1.571	1.465	1.466	0.219	0.260	0.239	0.239
KA × N	1.301	1.351	1.303	1.318	0.203	0.208	0.205	0.205
N × KA	1.222	1.386	1.282	1.297	0.198	0.215	0.198	0.204
KA × N'	1.293	1.395	1.370	1.353	0.201	0.228	0.222	0.217
N' × KA	1.202	1.391	1.328	1.307	0.185	0.220	0.209	0.205
KB × N	1.198	1.304	1.207	1.236	0.179	0.201	0.186	0.189
N × KB	1.318	1.456	1.371	1.385	0.206	0.238	0.223	0.222
KB × N'	1.287	1.403	1.373	1.354	0.200	0.235	0.227	0.221
N' × KB	1.308	1.403	1.364	1.358	0.206	0.230	0.220	0.219
N × N'	0.850	0.953	0.896	0.900	0.099	0.112	0.105	0.105
N' × N'	0.879	0.963	0.912	0.918	0.102	0.123	0.114	0.113
Mean	1.190	1.308	1.252	-	0.1797	0.2028	0.1929	-
Moyenne								
CD 5 %								
Mulberry leaf		0.009				0.002		
Feuille de mûrier								
Silkworm population		0.020				0.004		
Population de vers à soie								
Leaf × silkworm		0.035				0.006		
Feuille × ver à soie								

KA : Kalimpong A ; KB : Kalimpong B.

Continued / Suite page suivante

the leaf utilization experiment, it was found that an increase in the larval weight was noted in silkworms when they were fed with triploid mulberry leaves and consequently the rearing performance of silkworms was much better.

Therefore, it may be broadly concluded that in all types of silkworms, the weight gained by the larva during the feeding period played a major role in influencing the silk yield. The weight gained by the silkworm larva was found to be much higher in silkworms fed with triploid mulberry leaves and hence the culmination into higher silk yield. The tetraploid leaf ranked second in the weight gained by silkworm larvae and hence silk yield was better than with diploid feeding.

Table II. Continued / *Tableau II. Suite.*

Parent or cross	Shell ratio (%)				Silk yield per cocoon (g)			
	Diploid	Triploid	Tetraploid	Mean	Diploid	Triploid	Tetraploid	Mean
<i>Parent ou croisement</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>				<i>Rendement en soie par cocon (g)</i>			
	<i>Diploïde</i>	<i>Triploïde</i>	<i>Tétraploïde</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Diploïde</i>	<i>Triploïde</i>	<i>Tétraploïde</i>	<i>Moyenne</i>
KA	16.96	16.22	16.48	16.55	0.148	0.191	0.174	0.171
KB	15.97	16.47	16.31	16.25	0.143	0.184	0.163	0.163
Nisari (N)	12.56	12.76	12.72	12.68	0.079	0.110	0.090	0.093
Nistid (N')	11.47	13.09	12.29	12.28	0.087	0.121	0.100	0.103
KA × KB	16.00	16.25	16.37	16.21	0.155	0.206	0.172	0.178
KB × KA	16.08	16.55	16.31	16.31	0.148	0.242	0.172	0.187
KA × N	15.06	15.60	15.73	15.58	0.134	0.148	0.136	0.139
N × KA	16.20	15.51	15.44	15.72	0.127	0.158	0.145	0.143
KA × N'	15.54	16.34	16.20	16.03	0.134	0.167	0.155	0.152
N' × KA	15.39	15.58	15.74	15.57	0.126	0.166	0.153	0.148
KB × N	14.94	15.41	15.41	15.25	0.126	0.141	0.128	0.132
N × KB	15.62	16.24	16.26	16.04	0.141	0.180	0.158	0.160
KB × N'	15.54	16.78	16.53	16.28	0.131	0.180	0.160	0.157
N' × KB	15.57	16.39	16.13	16.03	0.137	0.177	0.154	0.156
N × N'	11.65	11.75	11.72	11.71	0.081	0.104	0.088	0.091
N' × N'	11.60	12.77	12.50	12.29	0.087	0.119	0.097	0.101
Mean	14.76	15.23	15.13	-	0.1240	0.1621	0.1403	-
<i>Moyenne</i>								
CD 5 %								
Mulberry leaf		0.111				0.003		
<i>Feuille de mûrier</i>								
Silkworm population		0.255				0.007		
<i>Population de vers à soie</i>								
Leaf × silkworm		0.442				0.013		
<i>Feuille × ver à soie</i>								

KA : Kalimpong A ; KB : Kalimpong B.

The superiority of triploid and tetraploid mulberry for silkworm rearing was established by different workers. Seki and Oshikane (1959) observed a heavier larval weight and better cocoons after feeding the silkworm larvae with triploid and tetraploid leaves. Das and Prasad (1974) reported a significant difference in cocoon characters when the silkworm larvae were fed with different polyploid varieties.

The results obtained in the present studies indicate that triploid mulberry may be profitably used for silkworm rearing. Tetraploid mulberry may also be suitable for silkworm rearing, which was evidenced through high efficiencies of conversion (ECI and ECD). However, such high efficiencies could not culminate into maximum benefit, as the food intake was very limited. Nevertheless, the results of tetraploid leaf feeding surpassed the performance obtained through feeding of silkworms with diploid leaves. Abdullaev *et al.* (1966) also advocated development of triploid mulberry varieties, which are distinguished by their high yield of leaves of good quality. The superiority of triploid in leaf yield over diploid and tetraploid mulberries has been observed by various workers. Mustafayev (1970) compared the initial diploid with four triploid forms obtained from them and reported that all triploids gave higher leaf yields than the standard variety and initial diploids. Dzhaferov *et al.* (1973) reported that particularly the triploids were found to be superior in leaf production.

Hence, it may safely be concluded that the optimum level of ploidy in mulberry is triploidy, which can produce more leaves of good quality. Therefore, it may be advisable to evolve triploids from the promising high yielding diploids by doubling the chromosome number first and then crossing such tetraploids with diploid parents followed by rigorous selection. This procedure is likely to ensure higher leaf yield from triploid mulberries. Rearing performances also indicated that when silkworms were fed on triploid mulberry leaves, they grew much better and gained more weight during their feeding period. This increase in weight is expected to be effective enough for augmentation of all the economic characters which influence the silk yield.

REFERENCES

- ABDULLAEV I.K., ALIEV M.O., GUSEJNOVA P.A., MAHMUDBEKOVA N.I. (1966) Chemical analysis of the fodder qualities of the leaves of promising mulberry varieties in the conditions of the Karabakh area. Azerb. SSR Elmer Akad. Heberler, Biol. Elmer. Ser., 1, 36-43.
- DAS B.C., PRASAD D.N., SIKDAR A.K. (1970) Colchicine induced tetraploids of mulberry. *Caryologia*, 23, 283-293.
- DAS B.C., PRASAD D.N. (1974) Evaluation of some tetraploid and triploid mulberry varieties through chemical analysis and feeding experiment. *Indian J. Seric.*, 13, 17-22.
- DZHAFAEROV N.A., GADZHIEV P.O. (1972) Leaf quality in mulberry varying in ploidy level. *Mä 'ruzälär As. SSR Akad.*, 28, 87-91.
- DZHAFAEROV N.A., ABBASOV S.N., GADSHIEV P.O. (1973) Polyploidy and the productiveness of hybrid mulberry. *Shelk*, 3, 3-5.
- GAABOUB I.A., RAWASH I.A., MOSTAFA S.M. (1977) Studies of some factors affecting the output of silk in *Bombyx mori* L. *J. Agril. Sci. Camb.*, 89, 151-155.
- HIRATSUKA E. (1920) Researches on the nutrition of the silkworm. *Bull. Seric. Exp. Sta.*, 1, 257-315.
- MUSTAFAEV A.S. (1970) Biological and economic properties of triploid forms of mulberry. *In* Poliploidya U Shelkovitsy, 30-35.
- SEKI H., OSHIKANE M. (1959) Res. Report Fac. Textile and Seric., Shinshu Univ., 9, 6-15.
- SOO HOO C.F., FRAENKEL G. (1966) The consumption, digestion and utilization of food plants by a phytophagous insect, *Prodenia eridania* (Cramer). *J. Insect Physiol.*, 12, 711-730.
- WALDBAUER G.P. (1964) The consumption, digestion and utilization of solanaceous and non-solanaceous plants by larvae of the tobacco hornworm, *Protoparce sexta* (Johan) (Lepidoptera : Sphingidae). *Ent. Exp. App.*, 7, 253-269.
- WALDBAUER G.P. (1968) The consumption and utilization of food by insects. *Advances in Insect Physiol.*, 5, 229-288.

EFFETS DU NOURRISSAGE DE DIFFERENTES RACES DE VERS A SOIE (*BOMBYX MORI* L.) AVEC DES FEUILLES DE MURIER (*MORUS INDICA* L.) PRESENTANT DIFFERENTS DEGRES DE PLOIDIE

A. SARKAR*

Intensive Sericulture Development Project, Central Silk Board, Krishnagar - 741 101,
West Bengal, Inde.

Une étude a été réalisée afin d'examiner la possibilité d'isoler une lignée de mûrier rentable, susceptible de produire suffisamment de feuilles de bonne qualité adaptées à l'élevage des vers à soie. Cette étude porte sur l'évaluation du nourrissage des larves avec des feuilles de mûrier de différents degrés de ploïdie sur leur développement et les cocons obtenus.

*Quatre races de vers à soie (*Bombyx mori* L.), deux de type bivoltin exotique et deux de type polyvoltin indigène, ainsi que toutes leurs combinaisons de croisement possibles ont été choisies pour cette étude.*

*Le taux d'ingestion de la nourriture, le pourcentage de digestibilité et les efficacités de conversion de la nourriture ingérée et digérée en matière corporelle chez les larves de vers à soie (*B. mori* L.) au cours du 5^e âge ont été déterminés pour le diploïde initial (*M. indica* L.) et ses dérivés triploïdes et tétraploïdes. Le mûrier triploïde est très bien digéré et la conversion en matière corporelle est également efficace, ce type de mûrier permettant une augmentation importante du poids larvaire. La feuille de mûrier tétraploïde est également facilement convertie en matière corporelle mais l'ingestion de la feuille tétraploïde par le ver à soie est lente, probablement en raison de la présence de poils à la surface des feuilles des plants tétraploïdes.*

Les réponses différencielles des diverses populations de vers à soie nourries avec des feuilles de mûrier à différents niveaux de ploïdie indiquent une variabilité suffisante entre les différentes populations de vers à soie.

Les performances d'élevage montrent une relation claire entre la capacité des larves à assimiler les feuilles de mûrier et les cocons obtenus. La performance d'élevage est meilleure lorsque les vers à soie sont nourris de feuilles de mûriers triploïdes.

INTRODUCTION

Le ver à soie *Bombyx mori* L. est un insecte phytophage hautement spécialisé car il se nourrit uniquement de feuilles de mûrier. Le ver à soie consomme et digère les feuilles de différentes variétés de mûrier mais le degré d'utilisation dépend de la digestibilité de la nourriture et de l'efficacité avec laquelle la nourriture digérée est convertie en matière corporelle. La compréhension globale de

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

l'utilisation de la nourriture est liée à des problèmes tels que le taux d'ingestion de nourriture, la quantité réelle de nourriture digérée et la quantité de nourriture assimilée sous forme de substances corporelles.

Ces problèmes peuvent être abordés par la détermination quantitative de la nourriture ingérée, de la nourriture digérée, du poids des matières fécales, qui correspondent à la nourriture ingérée, et de l'augmentation du poids des larves de vers à soie au cours de la période expérimentale. Ces mesures sont utilisées pour calculer le taux de nourrissage, la digestibilité et les taux de conversion de la nourriture en matière corporelle. Les travaux de Waldbauer (1964) sur l'utilisation de la nourriture chez *Protoperca sexta* et sa revue (1968) sur la consommation et l'utilisation de la nourriture par les insectes ont servi de modèle pour les expériences décrites ici.

Pour la présente étude, des larves du cinquième âge ont été utilisées pour réunir les données quantitatives permettant le calcul des différents indices car 84,8 % de la quantité totale de feuilles sont consommées par les larves de vers à soie au cours du cinquième âge (Hiratsuka, 1920).

On pense que l'assimilation des feuilles de mûrier affecte les caractères du cocon et le rendement en soie.

Compte tenu de l'état actuel des connaissances, cette étude a été réalisée afin d'évaluer les effets du nourrissage des larves avec des feuilles provenant de mûriers à différents degrés de ploïdie sur le développement des larves et sur les cocons issus de ces larves. A cette fin, nous avons pris en considération la consommation et l'utilisation des feuilles et la croissance des larves du cinquième âge après nourrissage avec des feuilles de mûrier à différents niveaux de ploïdie depuis l'éclosion. L'idée de base est d'obtenir une donnée concluante pour la sélection d'une variété de mûrier à rendement optimal adaptée au nourrissage du ver à soie afin, à terme, d'augmenter la production de soie.

MATERIELS ET METHODES

Les variétés de mûriers utilisées dans cette expérience sont : un diploïde, *Morus indica* ($2n = 28$), un triploïde sélectionné ($2n = 42$) et un tétraploïde sélectionné ($2n = 56$). Ces deux dernières variétés ont été obtenues à partir du diploïde initial par le traitement à la colchicine de Das et coll. (1970).

Les expériences concernant l'utilisation de la nourriture ont été réalisées par nourrissage des larves des races de vers à soie sélectionnées et de leurs croisements avec des feuilles de mûriers diploïdes, triploïdes et tétraploïdes.

Quatre races de vers à soie appartenant aux groupes bivoltin et polyvoltin ont été choisies pour cette étude : les races bivoltines sont Kalimpong A et Kalimpong B, qui donnent des larves de taille supérieure et des cocons blancs et lourds ; les races polyvoltines sont Nistari et Nistid, qui donnent des larves de petite taille et des cocons jaunes et légers. Ces quatre races de vers à soie ont ensuite été croisées de toutes les façons possibles afin d'obtenir 16 combinaisons comprenant les croisements réciproques. Ces 16 combinaisons sont considérées comme 16 populations différentes pendant toute la durée de l'étude.

Les œufs pondus par le papillon mère bivoltin ont été traités à l'HCl pour lever la diapause et obtenir l'éclosion. On a levé le nombre voulu de pontes issues des 16 croisements. Les larves ont été nourries quatre fois par jour avec des feuilles de mûriers fraîches de plants de mûriers diploïdes, triploïdes et tétraploïdes. Après la quatrième mue, 200 larves de chacune des litières ont été prélevées et placées dans deux litières de 100 larves chacune, constituant deux réplicats et le nourrissage avec le même type de feuilles a été poursuivi. Les larves ont été examinées tous les jours jusqu'à la maturité. Les larves manquantes ont été remplacées par des larves saines élevées avec la même variété de feuille. L'expérience a été effectuée de janvier à février et de mars à avril pendant deux années consécutives. Les calculs ont été fait à partir des valeurs moyennes des quatre élevages.

Le poids frais de chaque larve a été déterminé au début du cinquième âge et le poids sec a été évalué à partir d'une aliquote de larves identiques tuées par réfrigération pendant une courte période puis séchées à 100 °C jusqu'à obtention d'un poids constant. Le poids sec des larves a été déterminé à la fin de la période larvaire, c'est-à-dire juste avant la montée, suivant la méthode décrite plus haut. La différence entre le poids final de la larve et le poids estimé initial constitue l'augmentation nette de poids. La quantité de nourriture consommée ou digérée par rapport à l'augmentation du poids du

corps est une mesure de l'efficacité de l'utilisation. Pour l'expression des résultats, les indices suivants sont calculés sur la base du poids sec d'après la méthode décrite par Waldbauer (1968) pour faciliter la discussion des résultats :

1) Le coefficient de digestibilité (CD), qui est calculé comme suit :

$$CD = \frac{\text{Poids de feuilles ingérées} - \text{Poids sec d'excréta}}{\text{Poids sec de feuilles ingérées}} \times 100$$

2) L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée en matière corporelle (ECI). Il s'agit d'une mesure globale de la capacité d'un insecte à utiliser, pour sa croissance, la nourriture qu'il ingère. Cet indice est calculé comme suit :

$$ECI = \frac{\text{Augmentation du poids sec de la larve}}{\text{Poids sec de nourriture ingérée}} \times 100$$

3) L'efficacité de conversion de la nourriture digérée en matière corporelle (ECD), qui est calculée comme suit :

$$ECD = \frac{\text{Augmentation du poids sec de la larve}}{\text{Poids sec de nourriture digérée}} \times 100$$

4) L'indice de consommation (CI), qui mesure l'ingestion de nourriture par poids et par jour. Il est calculé comme suit :

$$CI = \frac{F}{TA}$$

où :

F = poids sec de nourriture ingérée ;

T = durée de la période de nourrissage en jours ;

A = poids sec moyen de la larve au cours de la période de nourrissage.

A la fin de l'élevage et après la formation des cocons, les données sont relevées pour les caractères économiques importants comme le poids du cocon, la richesse soyeuse et le poids de la soie par cocon. Les données sont enregistrées à partir de 20 cocons prélevés au hasard pour chaque type de nourrissage et chaque population de vers à soie dans chaque réplicat.

L'analyse statistique a été faite selon la méthode des blocs aléatoires.

RESULTATS

Les résultats concernant la comparaison de l'utilisation des feuilles diploïdes, triploïdes et tétraploïdes par les différentes populations de vers à soie ainsi que les valeurs du coefficient de digestibilité sont donnés dans le tableau I.

A la lecture du tableau I, on peut noter que l'expression de tous les caractères, à savoir : gain de poids larvaire, quantité de feuilles consommées, CD, ECI, ECD et CI, dépend à la fois du type de nourrissage et du génotype de ver à soie. Les interactions type de nourrissage $\times$ génotype de ver à soie sont significatives dans tous les cas, sauf pour la quantité de nourriture digérée.

Le tableau I indique que, bien que tous les caractères varient de manière significative en fonction des génotypes de vers à soie pour un même type de nourrissage, l'effet des différents types de

nourrissage est démontré par l'augmentation moyenne du poids larvaire pour le traitement triploïde suivie par le traitement tétraploïde. Pour ce qui concerne la digestion de la feuille de mûrier par le ver à soie, le tableau I révèle la même tendance pour la consommation de feuilles. La digestion des vers à soie est maximale lorsqu'ils sont nourris de feuilles triploïdes, intermédiaire lorsqu'ils sont nourris de feuilles diploïdes et minimale lorsqu'ils sont nourris de feuilles tétraploïdes. On peut observer que, bien que la consommation et la digestion de feuilles chez le ver soie soient inférieures pour les tétraploïdes, elles entraînent une augmentation de leur poids plus importante qu'avec le nourrissage avec des feuilles diploïdes. Le coefficient moyen de digestibilité est plus élevé chez les vers à soie nourris de feuilles de mûriers triploïdes et diffère de manière significative du nourrissage avec des feuilles de mûriers diploïdes et tétraploïdes.

L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée et celle de la nourriture digérée en matière corporelle donnent des résultats différents. Les vers à soie nourris avec des feuilles tétraploïde présentent une efficacité de conversion nettement supérieure à celle obtenue avec des nourrissements diploïdes et tétraploïdes.

Les efficacités de conversion reflètent l'indice de consommation. L'indice de consommation, c'est-à-dire l'ingestion de nourriture par unité de poids et par jour, est inférieur chez les larves nourries avec des feuilles tétraploïdes, niveau de ploïdie qui donne l'efficacité de conversion maximale, suivies des triploïdes et des tétraploïdes.

Comme indiqué plus haut, les réponses différencielles des vers à soie au nourrissage avec des feuilles diploïdes, triploïdes et tétraploïdes sont démontrées par l'interaction significative entre le type de ver à soie et les types de nourrissage.

Les résultats de la performance d'élevage, qui permettent de comparer les différents génotypes de vers à soie nourris avec des feuilles de mûriers diploïdes, triploïdes et tétraploïdes, sont présentés dans le Tableau II.

Le tableau II montre clairement que tous les caractères dépendent à la fois du type de nourrissage et du génotype de ver à soie. Les interactions entre type de nourrissage et génotype de ver à soie sont significatives pour tous les caractères étudiés.

A la lecture de ce tableau, il est également évident que la performance moyenne après nourrissage avec des feuilles triploïdes est indiscutablement supérieure à celle obtenue par nourrissage avec des feuilles diploïdes et tétraploïdes. Le poids moyen du cocon obtenu par le nourrissage avec des feuilles triploïdes est maximal suivi par ceux obtenus avec les nourrissements avec des feuilles tétraploïdes et diploïdes. Le nourrissage triploïde donne des résultats significativement meilleurs que les nourrissements diploïdes et tétraploïdes. De même, le nourrissage tétraploïde est nettement supérieur au nourrissage diploïde. Pour ce qui concerne le poids de la coque, le nourrissage triploïde est significativement meilleur que les nourrissements avec des feuilles diploïdes et tétraploïdes. Le nourrissage tétraploïde est meilleur que le nourrissage diploïde. Pour tous les caractères, le nourrissage triploïde donne des résultats significativement supérieurs aux nourrissements avec des feuilles diploïdes et tétraploïdes. La comparaison entre les nourrissements avec des feuilles diploïdes et tétraploïdes révèle que le traitement tétraploïde est significativement supérieur au traitement diploïde pour tous les caractères étudiés.

DISCUSSION

La croissance de la larve du ver à soie dépend principalement de l'efficacité de conversion de l'aliment. Les efficacités de conversion des aliments, c'est-à-dire ECI et ECD, sont maximales lorsque les larves des différents génotypes de vers à soie et de leurs croisements sont nourries avec des feuilles de mûriers triploïdes et tétraploïdes. Les feuilles tétraploïdes sont efficacement converties en matière corporelle, bien que la consommation et la digestion de la feuille tétraploïde soient inférieures à celles des autres variétés étudiées. Dans leur expérience sur l'utilisation de la nourriture, Soo Hoo et Fraenkel (1966) ont démontré qu'un aliment converti efficacement pouvait être consommé en moindre quantités et permettre une croissance optimale.

L'ingestion comparative, établie d'après l'indice de consommation, est déterminée afin de mesurer la quantité de nourriture ingérée par poids larvaire individuel et par jour. L'indice de consommation (CI), basé sur le poids sec, permet de mesurer la vitesse à laquelle les éléments nutritifs

contenus dans la nourriture entrent dans le système digestif. On a observé que le CI diminue à mesure que les valeurs correspondantes pour les efficacités de conversion de la nourriture ingérée et digérée augmentent. Au vu de ces résultats, il est évident que le CI est minimal chez les larves nourries avec des feuilles de la variété de mûrier tétraploïde dont la conversion est bonne. Pour toutes les populations de vers à soie, le CI est maximal lorsque les larves sont nourries avec des feuilles de mûriers diploïdes. Bien que la consommation et la digestion de feuilles de mûriers triploïdes soient nettement supérieures à celles des mûriers diploïdes, la lecture des résultats montre que le CI est plus faible pour le nourrissage avec des feuilles triploïdes que pour le nourrissage avec des feuilles diploïdes.

Tous les autres indices du nourrissage sont maximaux pour le nourrissage tétraploïde. Dzharov (1972) a observé que, dans l'étude des formes diploïde, triploïde et tétraploïde, les polyploïdes, en particulier les tétraploïdes, sont meilleurs du point de vue qualitatif car ils ont des indices de nutrition plus élevés.

L'effet de tous ces caractères est reflété par le gain de poids. Le gain de poids larvaire est maximal lorsque les larves sont nourries avec des feuilles de mûriers triploïdes. Bien que tous les indices soient maximaux avec le tétraploïde, l'augmentation de la consommation et de la digestion au cours d'une même période larvaire et la légère baisse du degré de conversion chez les triploïdes par rapport aux tétraploïdes entraînent un gain de poids maximal chez les larves. La diminution de la consommation de feuilles tétraploïdes peut être attribuée à la présence de poils sur la surface des feuilles.

Les résultats des performances d'élevage des différentes populations de vers à soie confirment qu'il existe une relation entre la capacité des larves à assimiler les feuilles de mûrier et le rendement en soie. Des résultats similaires ont été obtenus par Gaaboub et coll. (1977). Les variétés bien converties, comme les triploïdes et les tétraploïdes, donnent de meilleures performances d'élevage que les diploïdes.

L'expérience sur l'utilisation des feuilles révèle une augmentation supérieure du poids larvaire chez les vers à soie nourris avec des feuilles de mûriers triploïdes, entraînant une performance d'élevage nettement supérieure.

On peut donc en conclure que, pour tous les types de vers à soie, l'augmentation du poids larvaire au cours de la période de nourrissage joue un rôle majeur dans le rendement en soie. L'augmentation du poids larvaire est beaucoup plus importante chez les larves nourries avec des feuilles de mûrier triploïdes, entraînant un meilleur rendement en soie. La feuille de mûrier tétraploïde est classée en deuxième position pour l'augmentation du poids larvaire ; le rendement en soie est donc meilleur qu'avec le nourrissage avec des feuilles diploïdes.

La supériorité des mûriers triploïdes et tétraploïdes dans l'élevage du ver à soie a été démontrée par différents chercheurs. Seki et Oshikane (1959) ont observé une augmentation du poids larvaire et de meilleurs cocons après nourrissage des larves de ver à soie avec des feuilles triploïdes et tétraploïdes. Das et Prasad (1974) ont observé une différence significative dans les caractères du cocon chez les larves nourries avec différentes variétés de polyploïdie.

Les résultats obtenus dans la présente étude indiquent que le mûrier triploïde peut donner des résultats rentables dans l'élevage des vers à soie. Le mûrier tétraploïde peut également convenir à l'élevage des vers à soie, comme le montrent les taux de conversion élevés (ECI et ECD). Cependant, des taux aussi élevés ne peuvent pas donner de profits maximaux car l'ingestion de nourriture est très limitée bien que les résultats obtenus après nourrissage avec des feuilles tétraploïdes dépassent la performance obtenue par nourrissage des vers à soie avec des feuilles diploïdes. Abdullaev et coll. (1966) ont également préconisé le développement des variétés de mûriers triploïdes, qui se distinguent par leur rendement élevé en feuilles de bonne qualité. La supériorité des mûriers triploïdes pour rendement en feuilles par rapport aux mûriers diploïdes et tétraploïdes a été observée par divers chercheurs. Mustafaev (1970) a comparé un diploïde initial avec quatre formes de triploïdes obtenues à partir de ce diploïde et a observé que tous les triploïdes donnaient des rendements en feuilles supérieurs à celui de la variété standard et du diploïde initial. Dzharov et coll. (1973) ont observé que les triploïdes ont une production de feuilles supérieure.

On peut donc en conclure que le niveau optimal de polyploïdie chez le mûrier est la triploïdie, qui donne davantage de feuilles de bonne qualité. Il est donc conseillé de mettre au point des triploïdes à partir des diploïdes prometteurs à haut rendement tout d'abord en doublant le nombre de chromosomes puis en croisant les tétraploïdes obtenus avec les parents diploïdes et en procédant à

une sélection rigoureuse. Cette procédure permettra vraisemblablement d'assurer un rendement élevé en feuilles à partir de mûriers triploïdes. Les performances d'élevage indiquent également que les vers à soie nourris avec des feuilles de mûriers triploïdes ont une meilleure croissance et prennent davantage de poids au cours de leur période de nourrissage. On pense que cette augmentation de poids permettra une augmentation de tous les caractères économiques qui influencent le rendement en soie.

EFFECT OF ULTRAVIOLET LIGHT (UVL) TREATMENT ON THE INACTIVATION OF THE FUNGUS, *BEAUVERIA BASSIANA* (BALS) VUILL., INFECTING THE SILKWORM, *BOMBYX MORI* L.

JAVAREGOWDA & B.L. VISWESWARAGOWDA

Department of Sericulture, University of Agriculture Sciences, GKVK, Bangalore - 560 065, India.

The ultraviolet light treatment of muscardine fungus-inoculated trays for a duration of 10.00 to 60.00 minutes indicated the UV light treatment beyond a 30 minutes' duration to be effective in inactivating B. bassiana as revealed by conidial survival which was fully inhibited above a 40-minute exposure period. Rearing parameters like larval mortality, spinning percentage and pupation were significantly improved above 30 minutes' exposure.

Keywords : Ultraviolet light, *Beauveria bassiana*, *Bombyx mori*, conidial survival, larval mortality, spinning percentage, pupation, cocoon weight, pupal weight, moth emergence.

INTRODUCTION

The white muscardine disease caused by the fungus, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., is one of the important and earliest recognised diseases of the silkworm, *Bombyx mori* L., wherein Bassi (1835) experimentally proved this fungus to be the causal agent. Muscardine diseases, the most contagious and dreaded of all silkworm diseases are of different kinds known by their colour (Mukherji, 1912) and are caused by about 20 species of entomopathogenic fungi (Steinhaus, 1949 ; Krishnswami *et al.*, 1973). The major amongst them has been the white muscardine disease which caused a loss varying from 5 to 35 per cent in northern Italy (Anonymous, 1928) and up to 100 per cent in Karnataka State (Anonymous, 1975). Janakiraman (1961) surveyed the losses caused to various silkworm races of India and reported 30 to 40 per cent loss due to infection by this fungus, indicating the severity of the disease. Aoki (1951) reported the muscardine as a very notorious disease in Japan and suggested appropriate rearing periods to prevent its incidence. This disease has reached alarming proportions especially in recent years (Anonymous, 1975).

The effect of UV light treatment on the fungus can be comparable with that of the environmental factors which govern the growth, sporulation and germination of the pathogen in nature. Forecasting the predisposing factors and types of measures to be taken is quite essential to prevent cocoon loss. Despite the several studies made on this fungus, information concerning the exact causes for the epizootics of the disease in nature and methods to check the spread of the inoculum is rather scanty. Therefore, there is a need to establish the exact survival of the inoculum after adopting different strategies for managing this disease.

Hence, the present investigations were conducted with a view to assessing the effect of UV light treatment on the inactivation of the muscardine fungus.

MATERIALS AND METHODS

Well-disinfected bamboo trays measuring 1.5 feet in diameter were sprayed uniformly with spore suspension of the white muscardine fungus (10^5 spores/ml) using a baby sprayer and shade-dried for 24 hours to enable proper adherence of the inoculum to the trays. Such trays were exposed to ultraviolet treatment (a horizontal laminar flow chamber with 8T-30 G-30W UV tube) for varying durations as per the treatment schedule.

Treatment schedule :

Treatments	Duration (min.)	Replication
UV light treatment :	10	3
Horizontal laminar flow chamber	20	3
with 8T-30G-30 UV tube	30	3
	40	3
	50	3
	60	3
Control :		
1. Trays with inoculum and without UV light treatment		
2. Trays with inoculum and disinfected with 2 % formalin		

Both in the treated and in the untreated trays, an area of 100 cm^2 was washed with 10 ml of distilled water and the washed liquid was collected in a sterilized beaker. Using a drop of this suspension, the spore count, percentage of spore germination and the number of non-viable spores were observed and recorded. The percentage of spore germination was estimated by spreading a drop of suspension (washing collected from the trays sprayed with the fungal inoculum) on a thin layer of Sabouraud's dextrose medium, placed in a cavity of sterile microslide and incubated at room temperature and humidity for 48 hours after covering it with a sterile coverslip. The germination counts were taken under a research microscope. A cavity slide having three cavities was used and each cavity constituted a replication. Observations on the number of spores germinating and the non-viable ones were made and the percentage of germination was calculated. These trays were used for rearing fifty worms of the Pure Mysore race which had just entered into the fifth instar, following standard rearing practices (Krishnaswami *et al.*, 1973) which included use of a nylon net to prevent any parasitization by the uzifly (*Exorista sorbillans* Wiedemann). The experimental rearing room was disinfected by 4 per cent formalin prior to starting of rearing, thereby efficiently avoiding any other pathogenic contamination.

Observations were recorded on the larval mortality due to the disease, spinning percentage, pupation percentage and cocoon characters like cocoon weight, pupal weight and moth emergence. The data were analysed statistically using the two-way analysis of variance.

RESULTS AND DISCUSSION

Survival of conidia :

The influence of UV light treatment of muscardine-inoculated trays for varied durations (10 to 60 minutes) was observed to be efficient in killing the conidia as indicated by their germination. The duration of UV light treatment and conidial germination established an inverse relationship. In all the treatments, the conidial survival significantly decreased compared to the control (81.88 %). Amongst the treatments also the conidial germination differed significantly. It was found highest at 10 minutes' duration (48.34 %) followed by 20 (34.23 %) and 30 (2.10 %) minutes' durations (Table I). The total

inactivation of fungal conidia was observed at treatments of 40 to 60 minutes' duration. The absence of literature on the effect of UV light treatment of *B. bassiana* indicates that the study is the first of its kind. However, studies on other fungi have revealed the fungicidal activity of UV radiation. Buyanovsky and Degani (1981) employed UV radiation for inactivating microorganisms in a circulating hydroponic system. Similarly, Suhar and Gaitonde (1983) employed UV radiations for inactivating the fungus, *Aspergillus ochraceus* Wilhelm.

Table I. Effect of UV light on the survival of spores of the fungus, *B. bassiana* (Bals.) Vuill., as indicated by spore germination.

Tableau I. Effet des rayons UV sur la survie des spores du champignon *B. bassiana* (Bals.) Vuill. déterminée par leur germination.

Duration of exposure to UV light (min.)	Germination (%)	Transformed values
<i>Durée d'exposition aux rayons UV (min.)</i>	<i>Germination (%)</i>	<i>Valeurs transformées</i>
00.00	81.88	(9.06)
10.00	48.34	(6.88)
20.00	34.23	(5.78)
30.00	2.10	(1.34)
40.00	0.00	(0.70)
50.00	0.00	(0.70)
60.00	0.00	(0.70)
Formalin control	0.00	(0.70)
<i>Témoin traité au formol</i>		
SEm ±	0.82	
CD at 5 %	1.78	

SEm : Standard error mean / *Ecart type de la moyenne*.

Transformed values / *Valeurs transformées* = $\sqrt{x + 0.5}$.

Larval mortality :

The larval mortality differed significantly due to the differential duration of UV light treatment of muscardine-infected trays compared to the control (30.66 %) (Fig. 1 ; Table I). It ranged from 16.00 to 17.33 % in UV light treatment durations of 20 and 10 minutes, respectively. Thus, an inverse relationship between larval mortality and duration of exposure to UV light was established. The control rearing in formalin-treated trays without UV light exposure revealed no mortality of worms, being on par with 30, 40 and 60 minutes' duration of UV light treatment, indicating the efficiency of the doses in inactivating the fungi and promoting a better rearing without any larval mortality.

Similarly, Byra Reddy (1986) was able to reduce the larval mortality to 8.5 % with solar treatment compared to the control (72.00 %) wherein the trays were artificially contaminated with fungal spores and were not disinfected, which is comparable to the present observations.

Suhar and Gaitonde (1983) employed UV radiations for inactivating the fungus, *Aspergillus ochraceus* Wilhelm, and reported 1.0 to 2.0 % of conidial survival when exposed to 10 min. duration.

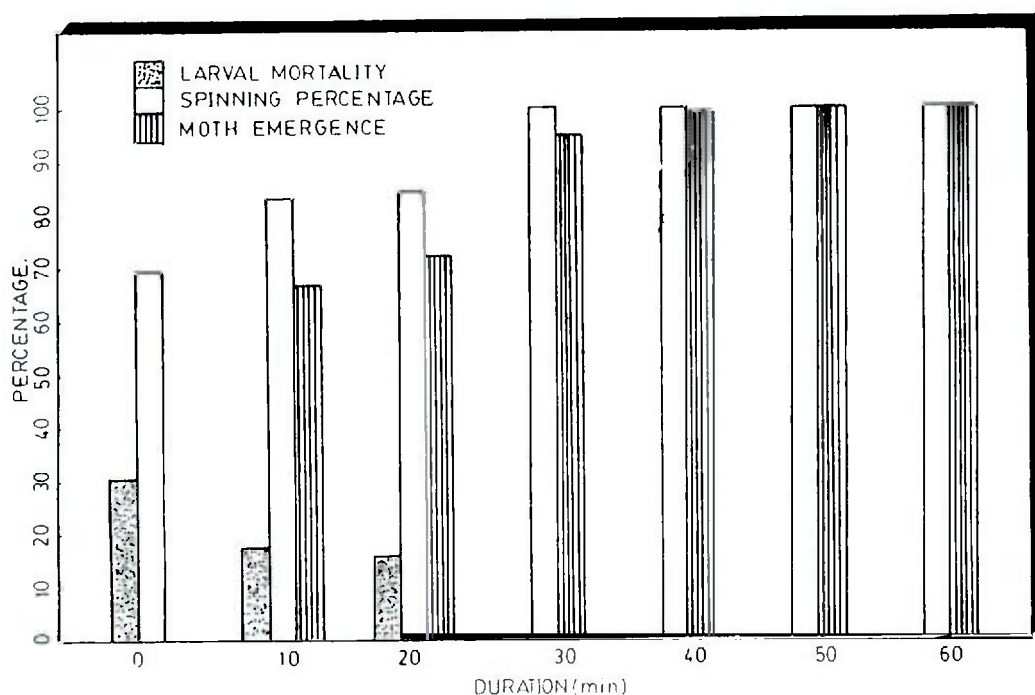


Fig. 1 : Effect of UVL treatment on *B. bassiana* as revealed by rearing parameters.

Fig. 1 : Effet du traitement aux rayons UV sur *B. bassiana* mis en évidence par les paramètres d'élevage.

Spinning :

UV light treatments of varied durations of fungus-inoculated trays were able to alter the spinning of the worms reared in them significantly. The treatment durations and spinning established a direct relationship. The spinning percentage increased significantly with a UV light exposure of 10 to 20 minutes with 82.67 to 84.00 % compared to the control (69.33 %) (Fig. 1 ; Table I). UV light treatments for 30 minutes and above produced 100.00 % spinning, proving the efficacy in inactivating the fungal inoculum and creating a better rearing environment. The findings confirm fungal inactivation and parity of UV light treatments of 30 minutes and above with the other recommended practices in muscardine disease management (Anonymous, 1985 ; 1988). The lesser spinning in other treatments was due to incomplete inactivation of the fungus and continuance of the disease, which is in conformity with the results of Krishnaswami *et al.* (1973) who reported the death of some diseased larvae either in the larval stage or during the cocoon construction, resulting in lesser spinning of larvae.

Pupation :

The UV light treatment of fungus-inoculated trays for varied durations significantly influenced the pupation of the worms reared in such trays. The duration of treatment and pupation established a direct relationship. Pupation increased significantly in different treatments compared to the control, wherein no pupation occurred due to larval mortality during spinning. At 10 and 20 minutes' durations, a pupation of 73.30 % was observed and was found significantly lower to that of 30 to 60 minutes (94.67 and 100.00 %) (Table II). However, no significant differences existed between them. Similarly, the control rearing in formalin-treated trays also showed 100.00 % pupation and established a parity with the 30 to 60 minute UV light treatments and normal disinfection process. The absence of pertinent literature makes meaningful comparisons difficult. However, Byra Reddy (1986) reported a lesser larval/pupal mortality due to sunlight inactivation of the fungal inoculum, leading to higher pupation. The lower pupation in some of the treatments was due to incomplete inactivation of the fungus.

Table II. Effect of ultraviolet light on inactivation of the spores of the fungus, *B. bassiana* (Bals.) Vuill., as indicated by the rearing parameters in the Pure Mysore race.

*Tableau II. Effet des rayons ultraviolets sur l'inactivation des spores du champignon *B. bassiana* (Bals.) Vuill. déterminée en fonction des paramètres d'élevage chez la race Pure Mysore.*

Duration of exposure to UV light (min.)	Larval mortality (%)	Spinning (%)	Pupation (%)	Single cocoon weight (g)	Single pupal weight (g)	Emergence (%)
<i>Durée d'exposition aux rayons UV (min.)</i>	<i>Mortalité larvaire (%)</i>	<i>Filage (%)</i>	<i>Nymphose (%)</i>	<i>Poids d'un cocon (g)</i>	<i>Poids d'une coque (g)</i>	<i>Emergence (%)</i>
00.00	30.66 (5.53)	69.33	00.00 (0.70)	0.620	0.00 (0.70)	0.00 (0.70)
10.00	17.33 (4.22)	82.67	73.30 (8.58)	0.716	0.62 (1.06)	66.67 (8.18)
20.00	16.00 (3.99)	84.00	73.30 (8.58)	0.853	0.79 (1.14)	72.00 (8.97)
30.00	0.00 (0.70)	100.00	94.67 (9.75)	0.901	0.83 (1.15)	94.67 (9.75)
40.00	0.00 (0.70)	100.00	98.67 (9.95)	0.846	0.80 (1.14)	98.67 (9.96)
50.00	0.00 (0.70)	100.00	100.00 (10.02)	1.073	0.96 (1.20)	100.00 (10.02)
60.00	0.00 (0.70)	100.00	100.00 (10.02)	1.074	0.99 (1.21)	100.00 (10.02)
FC	0.00 (0.70)	100.00	100.00 (10.02)	1.081	0.96 (1.20)	100.00 (10.02)
SEm ±	0.28	3.37	0.15	0.08	0.02	0.22
CD at 5 %	0.87	8.12	0.48	0.17	0.065	0.70

SEm : Standard error mean / *Ecart type de la moyenne.*

FC : Formalin control / *Témoin traité au formol.*

The figures in parentheses express transformed values = $\sqrt{x + 0.5}$.

Les chiffres entre parenthèses indiquent les valeurs transformées = $\sqrt{x + 0.5}$.

Cocoon weight :

The cocoon weight was significantly improved due to the UV light treatment compared to the control (0.62 g) and established a direct relation with the duration of treatment. The cocoon weights observed in the formalin-treated control (1.081 g) and at 50 (1.073 g) and 60 (1.074 g) minutes' durations were found on par, proving the efficacy of those treatments in inactivating the fungal inoculum (Table II). The findings are in accordance with those of Byra Reddy (1986) who reported the cocoon weight to be on par in sunlight treatment (1.852 g) and formalin-treated control (1.825 g). The significantly lesser cocoon weight recorded in the rest of the treatments was due to incomplete inactivation of the fungus leading to continuance of the disease, which is in conformity with the results of Krishnaswami *et al.* (1973) who reported a decreased cocoon weight due to muscardine infection.

Pupal weight :

The pupal weight was found highest (0.99 g) with worms reared in infected trays treated with UV light for 60 minutes. The UV light treatment for 50 minutes and formalin-treated control recorded an on par pupal weight of 0.96 g proving the efficacy of UV light treatments at 50 and 60 minutes in inactivating the fungal inoculum (Table II). Similarly, Byra Reddy (1986) recorded a pupal weight with the sunlight treatment (1.497 g) that was on par with the control (1.395 g). The pupal weights recorded at 20 (0.79 g), 30 (0.83 g) and 40 (0.80 g) minutes' durations of UV light treatment were found on par with each other, indicating significantly lower pupal weights compared to the 60 minutes' duration and control rearings. A ten-minute exposure to UV light was least effective with 0.62 g pupal weight. The worms reared in the infected trays unexposed to UV light treatment did not show any pupation. The lower pupal weight recorded in the above treatments was due to devitalising of larvae because of disease residues in the individuals. The present findings are comparable with those of Arbousset (1893), Krishnaswami *et al.* (1973) and Venkataramana Reddy (1978) who reported a decreased cocoon/pupal weight due to muscardine infection of the worms.

Moth emergence :

The moth emergence and UV light treatment durations were found in direct relation. The worms reared in inoculated trays unexposed to UV light led to non-pupation. The UV light treatment durations of 10 to 20 minutes were helpful in inactivating the inoculum and supported rearing with 66.67 and 72.00 % moth emergence, respectively, and were found on par (Fig. 1 ; Table II). Further increased duration of UV light treatment for 30 to 60 minutes was highly effective with 94.67 to 100.00 % moth emergence and were found on par with the emergence observed in the control rearings (100.00 %). It could be inferred that 30 to 60 minutes' durations of UV light treatments was optimal for fungal inactivation and promotion of better rearing practices resulting in a good emergence. However, the lesser moth emergence recorded in lower durations of UV light treatments was due to incomplete inactivation of the fungus, leading the individuals to devitalisation and fatality as observed by Arbousset (1893), Mukherji (1912), Krishnaswami *et al.* (1973) and Venkataramana Reddy (1978).

REFERENCES

- ANONYMOUS (1928) I danni arrecati dal calcino : una statistica impressionante. L. Ist. Naz. Agric., 8, 147-151.
- ANONYMOUS (1975) Field survey of incidence of various silkworm diseases in Channapatna and Kolar areas of Karnataka State. Ann. Rept. Central Seric. Res. Training Inst., Mysore, India, 1974-75, 89-92.
- ANONYMOUS (1985) Silkworm rearing and diseases. Indian Silk, 14, 33-38.
- ANONYMOUS (1988) Ann. Rept. Central Seric. Res. Training Inst., Mysore, India, 1987-88, 76-77.
- AOKI K. (1951) Muscardines of the silkworm and their prevention. Noyukuto Byochu, 5, 140-143.
- ARBOUSSET L.G. (1893) On silk and the silkworm practical treatise on agriculture (English translation). 1905, Mooreland Press Leek, pp. 285.
- BASSI A. (1835) Del mal del segno, calcinaccio o moscardino, malattia che affligge i bachi da seta. Parte 1 : teorica e pratica. Orcesi ed., Lodi.

- BUYANOVSKY J.G., DEGANI N. (1981) Ultraviolet light treatment for the inactivation of microorganisms in soil and hydroponic system. *Plant and soil*, 60, 131-136.
- BYRA REDDY M.S. (1986) Efficacy of some disinfectants in the control of white muscardine disease of silkworm, *Bombyx mori* L. M. Sc. thesis submitted to the University of Agricultural Sciences, Bangalore, pp. 99.
- JANAKIRAMAN A.T. (1961) Diseases affecting the Indian silkworm race. *J. Silkworm*, 13, 91-101.
- KRISHNASWAMI S., NARASIMHANNA M.M., SURYANARAYANA S.K., KUMARAJ S. (1973) Silkworm rearing. *FAO Agril. Services Bull.*, 2, 72-73.
- MUKHERJI N.G. (1912) *Handbook of Sericulture*. Bengal Secretariat Book Depot, pp. 94.
- STEINHAUS E.A. (1949) *Principles of Insect Pathology*. McGraw and Hill Book Co., Inc., New York, pp. 757.
- SUHAR K., GAITONDE B.B. (1983) Effect of UV radiation on spores of *Aspergillus ochraceus* Wilhelm. *Hindustan Antibiot. Bull.*, 25, 52.
- VENKATARAMANA REDDY M.R. (1978) Studies on the white muscardine disease of silkworm, *Bombyx mori* L. M.Sc. thesis submitted to the University of Agricultural Sciences, Bangalore, pp. 93.

EFFET DU TRAITEMENT AUX RAYONS ULTRAVIOLETS (UV) SUR L'INACTIVATION DU CHAMPIGNON *BEAUVERIA BASSIANA* (BALS.) VUILL. INFESTANT LE VER A SOIE *BOMBYX MORI* L.

JAVAREGOWDA & B.L. VISWESWARAGOWDA

Department of Sericulture, University of Agricultural Sciences, GKVK, Bangalore - 560 065, Inde.

*Le traitement aux rayons ultraviolets de litières inoculées de muscardine fongique pendant 10 à 60 minutes révèle que l'exposition aux UV au-delà de 30 minutes permet d'inactiver *B. bassiana*, comme le montre le taux de survie des conidies, totalement inhibées au-delà d'une durée d'exposition de 40 minutes. Certains paramètres d'élevage tels que la mortalité larvaire, le pourcentage de filage et la nymphose augmentent de manière significative au-delà d'une exposition de 30 minutes. Les autres paramètres d'élevage, poids du cocon, poids de la chrysalide et émergence des papillons, ne présentent aucune différence significative par rapport au témoin traité au formol pour une exposition supérieure à 40 minutes.*

INTRODUCTION

La muscardine blanche, maladie provoquée par le champignon *Beauveria bassiana* (Bals.) (Vuill.), est l'une des maladies les plus répandues et les plus anciennement recensées du ver à soie *Bombyx mori* L. dont Bassi (1835) a prouvé scientifiquement l'origine fongique. Les muscardines, maladies les plus contagieuses et les plus redoutées de toutes les maladies du ver à soie, sont de plusieurs sortes, reconnaissables à leur couleur (Mukherji, 1912) et sont provoquées par une vingtaine d'espèces de champignons entomopathogènes (Steinhaus, 1949 ; Krishnaswami et coll., 1973). La principale d'entre elles est la muscardine blanche, responsable de 5 à 35 % de perte de production dans le nord de l'Italie (Anonyme, 1928) et jusqu'à 100 % de perte de production dans l'Etat du Karnataka (Anonyme, 1975). Janakiraman (1961) a étudié les causes des pertes chez divers races de vers à soie en Inde et observé que 30 à 40 % des pertes étaient dues à l'infestation par ce champignon, démontrant la gravité de cette maladie. Aoki (1951) a fait état de l'étendue de cette maladie au Japon et proposé des périodes d'élevage appropriées afin d'en diminuer l'incidence. Cette maladie a atteint des proportions alarmantes, particulièrement ces dernières années (Anonyme, 1975).

L'effet des rayons UV sur le champignon est comparable à celui des facteurs écologiques qui gouvernent la croissance, la sporulation et la germination de l'agent pathogène dans la nature. La prévision des facteurs de prédisposition et la prise de mesures efficaces sont indispensables pour prévenir les pertes de récoltes. En dépit du grand nombre d'études réalisées sur ce champignon, on dispose de peu d'informations concernant les causes exactes de l'épizootie de cette maladie dans la nature et les méthodes de régulation de la propagation de l'inoculum. Il est donc nécessaire de déterminer le taux de survie réel de l'inoculum après adoption de différentes stratégies de gestion de cette maladie.

La présente étude a été entreprise afin d'évaluer l'effet du traitement aux rayons UV sur l'inactivation du champignon de la muscardine.

MATERIELS ET METHODES

Une suspension de spores (10^5 spores/ml) de champignon de la muscardine blanche a été vaporisée sur des litières en bambou de 1,5 pied de diamètre, soigneusement désinfectées, à l'aide d'un petit vaporisateur. Les litières ont ensuite été séchées à l'ombre afin d'assurer une bonne adhérence de l'inoculum aux litières. Celles-ci ont été exposées à des rayons UV (chambre à flux laminaire horizontal avec un tube UV 8T- G-30 W) pendant différentes durées selon le plan expérimental.

Plan expérimental :

Traitements	Durées (min.)	Réplicats
Traitement UV :	10	3
(Chambre à flux laminaire	20	3
avec un tube de 8T-30G-30)	30	3
	40	3
	50	3
	60	3
Témoins :		
1. Litières avec inoculum et sans traitement UV		
2. Litières avec inoculum et désinfectées avec du formol à 2 %		

Les litières traitées et non traitées ont été lavées sur une surface de 100 cm^2 avec de l'eau distillée et le liquide de lavage a été récupéré dans un becher stérilisé. Le nombre de spores, le pourcentage de germination des spores et le nombre de spores non viables ont été observés et calculés à partir d'une goutte de cette suspension. Le pourcentage de germination des spores a été estimé en versant une goutte de suspension (liquide de lavage prélevé dans les litières traitées avec l'inoculum) sur une fine couche de milieu de dextrose de Sabouraud placé dans la cavité d'une microplaque stérile, recouvert d'un tissu stérile et incubé à température et humidité ambiantes pendant 48 heures. Le dénombrement des germinations a été fait au microscope. On a utilisé une plaque creuse avec trois cavités, chaque cavité formant un réplicat. Le pourcentage de germination a été déterminé sur la base des observations du nombre de germinations de spores et de spores non viables. Dans chaque litière, 50 larves de vers à soie du début du 5^e âge de la souche Pure Mysore ont été élevées selon les méthodes d'élevage standard (Krishnaswami et coll., 1973) comprenant l'utilisation d'un filet en nylon pour prévenir toute infestation par la mouche uzi (*Exorista sorbillans* Wiedemann). La pièce d'élevage expérimental a été désinfectée avec du formol à 4 % avant le début de l'élevage pour éviter toute autre contamination pathogène.

Les observations concernent la mortalité larvaire due à la maladie, le pourcentage de filage, le pourcentage de nymphose et certains caractères du cocon comme le poids du cocon, le poids de la chrysalide et l'émergence des papillons. Les données ont été soumises à une analyse de variance.

RESULTATS ET DISCUSSION

Survie des conidies :

L'exposition aux rayons UV des litières inoculées de muscardine pendant différentes durées (10 à 60 minutes) constitue un traitement efficace pour l'élimination des conidies, comme le montre leur germination. La durée du traitement aux UV et la germination des conidies sont inversement corrélées. Chez tous les traitements, le taux de survie des conidies diminue de manière significative par rapport au témoin (81,88 %). Le taux de germination des conidies diffère également de manière

significative entre les traitements : il est maximal avec une exposition de 10 minutes (48,34 %), suivi par les expositions de 20 (34,23 %) et 30 minutes (2,10 %) (Tableau I). Les conidies fongiques sont complètement inactivées lorsqu'elles sont exposées pendant 40 à 60 minutes. En l'absence de documentation sur l'effet du traitement aux rayons UV de *B. bassiana*, l'étude décrite ici est la première à traiter de cet aspect. Cependant, d'autres études ont révélé l'activité fongicide des rayons UV. Buyanovsky et Degani (1981) ont utilisé les rayons UV pour inactiver les microorganismes circulant dans le système hydroponique. Suhar et Gaitonde (1983) ont également utilisé les rayons UV pour inactiver le champignon *Aspergillus ochraceus* Wilhelm.

Mortalité larvaire :

La mortalité larvaire diminue de manière significative en fonction des durées d'exposition aux rayons UV des litières infestées de muscardine par rapport au témoin (30,66 %) (Fig. 1, Tableau I). Elle est de 16,00 et 17,33 % respectivement pour les expositions de 20 et 10 minutes. On peut donc établir une relation inverse entre la mortalité larvaire et la durée d'exposition aux rayons UV. Aucune mortalité larvaire n'a été observée chez les litières témoins traitées au formol sans exposition aux rayons UV ni chez les lots traités pendant 30, 40 et 60 minutes aux rayons UV ; ce qui prouve que ces doses inactivent de manière efficace les champignons et permettent un meilleur élevage sans mortalité larvaire.

Byra Reddy (1986) a réussi à réduire la mortalité larvaire à 8,5 % par rapport au témoin (72,00 %) en exposant à un traitement solaire des litières artificiellement contaminées avec des spores fongiques et non désinfectées, ce qui corrobore les observations décrites ici.

Suhar et Gaitonde (1983) ont employé des rayons UV pour inactiver le champignon *Aspergillus ochraceus* Wilhelm et observé un taux de survie des conidies de 1,0 à 2,0 % lorsqu'elles étaient exposées pendant 10 minutes.

Filage :

Les durées de traitement aux rayons UV des litières infestées avec des champignons modifient de manière significative le filage des larves issues de ces litières. Les durées de traitement et le filage sont en relation directe. Le pourcentage de filage augmente de manière significative par rapport au témoin (69,33 %) avec une exposition de 10 à 20 minutes avec 82,67 à 84,00 % (Fig. 1, Tableau I). Les durées de traitement de 30 minutes et plus permettent d'obtenir un filage de 100 %, ce qui prouve leur efficacité dans l'inactivation de l'inoculum fongique et la parité de ce traitement avec d'autres mesures recommandées pour la gestion de la muscardine (Anonyme, 1985, 1988). Le pourcentage de filage inférieur obtenu pour les autres traitements est dû à une inactivation incomplète du champignon et à la persistance de la maladie, ce qui est conforme aux résultats de Krishnaswami et coll. (1973) qui ont observé une mortalité de certaines larves infestées soit au stade larvaire, soit pendant la formation du cocon, entraînant une diminution du filage des larves.

Nymphose :

Les différentes durées d'exposition aux rayons UV des litières infestées avec le champignon influent de manière significative sur la nymphose des larves élevées dans ces litières. La durée du traitement et la nymphose sont en relation directe. Le taux de nymphose augmente de manière significative chez les différents traitements par rapport au témoin chez lequel aucune nymphose ne se produit en raison de la mortalité larvaire au cours du filage. Le taux de nymphose chez les lots traités pendant 10 à 20 minutes est de 73,30 %, ce qui est nettement inférieur à celui observé chez les lots traités pendant 30 à 60 minutes (94,67 % et 100,00 %) (Tableau II). Toutefois, ces différences ne sont pas significatives. L'élevage témoin traité au formol donne également un taux de nymphose de 100,00 %, taux analogue à celui obtenu par traitement UV pendant 30 à 60 minutes suivi du processus normal de désinfection. L'absence de documentation sur ce sujet rend difficile les comparaisons significatives. Néanmoins, Byra Reddy (1986) a observé une diminution de la mortalité larvaire/pupale provoquée par l'inactivation aux rayons solaires de l'inoculum fongique entraînant une augmentation de la nymphose. La diminution du taux de nymphose chez certains traitements est due à une inactivation incomplète du champignon.

Poids du cocon :

Le poids du cocon chez les lots traités aux UV est nettement supérieur à celui obtenu chez le témoin (0,62 g) et est en relation directe avec la durée du traitement. Le poids du cocon observé chez le témoin traité au formol (1,081 g) et celui obtenu chez les lots traités aux UV pendant 50 (1,073 g) et 60 minutes (1,074 g) sont analogues, ce qui prouve l'efficacité de ces traitements dans l'inactivation de l'inoculum fongique (Tableau II). Ces résultats sont conformes à ceux de Byra Reddy (1986) qui a observé que le poids du cocon chez les lots traités aux rayons solaires (1,852 g) et celui des témoins traités au formol (1,825 g) étaient équivalents. La diminution significative du poids du cocon enregistré pour les autres traitements est due à une inactivation incomplète du champignon, entraînant une persistance de la maladie ; ceci est conforme aux résultats de Krishnaswami et coll. (1973) qui ont observé une diminution du poids du cocon due à l'infestation par la muscardine.

Poids de la chrysalide :

Le poids de la chrysalide est maximal (0,99 g) chez les lots infestés traités aux UV pendant 60 minutes. Les lots traités aux UV pendant 50 minutes et les témoins traités au formol donnent un poids comparable de 0,96 g, ce qui prouve l'efficacité du traitement aux UV pendant 50 et 60 minutes dans l'inactivation de l'inoculum fongique (Tableau II). Byra Reddy (1986) a observé que le poids de la chrysalide était analogue chez les lots traités aux rayons solaires (1,497 g) et chez le témoin (1,395 g). Le poids de la chrysalide est équivalent pour les expositions aux UV de 20 (0,79 g), 30 (0,83 g) et 40 (0,80 g) minutes mais nettement inférieur à celui enregistré pour l'exposition à 60 minutes et celui de l'élevage témoin. L'exposition aux UV pendant 10 minutes est la moins efficace avec un poids de la chrysalide de 0,62 g. Les lots des litières infestées et non soumises au traitement UV ne donnent aucune nymphose. Le faible taux de nymphose enregistré pour ces traitements est dû à une dévitalisation des larves provoquée par des résidus pathologiques chez les individus. Ces résultats sont comparables à ceux d'Arbousset (1893), Krishnaswami et coll. (1973) et Venkataramana Reddy (1978) qui ont observé une diminution de poids du cocon et/ou de la chrysalide due à l'infestation des larves par la muscardine.

Emergence des papillons :

L'émergence des papillons et les durées de traitement aux rayons UV sont en relation directe. Les larves élevées dans les litières infestées et non exposées aux rayons UV ne donnent aucune nymphose. Les durées de traitement aux rayons UV de 10 à 20 minutes permettent d'inactiver l'inoculum et d'obtenir respectivement des taux d'émergence comparables de 66,67 % et 72,00 % (Fig. 1, Tableau II). L'augmentation de la durée du traitement aux rayons UV de 30 à 60 minutes est tout à fait efficace avec un taux de 94,67 % d'émergence des papillons et est comparable à l'émergence observée chez les élevages témoins (100,00 %). On peut en conclure que les durées de traitement aux rayons UV de 30 à 60 minutes constituent les durées optimales pour l'inactivation du champignon, permettant de meilleures performances d'élevage et, donc, une émergence satisfaisante. Le faible taux d'émergence enregistré pour les durées de traitement aux UV inférieures est dû à l'inactivation incomplète du champignon entraînant une dévitalisation des individus et leur mortalité, ainsi que l'ont observé Arbousset (1893), Mukherji (1912), Krishnaswami et coll. (1973) et Venkataramana Reddy (1978).

EFFICACY OF CERTAIN BED DISINFECTANTS IN DIFFERENT COMBINATIONS AGAINST THE NUCLEAR POLYHEDROSIS AND WHITE MUSCARDINE OF THE SILKWORM, *BOMBYX MORI* L.

M. BAIG, M.V. SAMSON, S.D. SHARMA, M. BALAVENKATASUBBAIAH,
T.O. SASIDHARAN & M.S. JOLLY

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

The efficacy of certain bed disinfectants in different combinations, viz., (i) captan, paraformaldehyde, benzoic acid and lime (1:1:2:96), (ii) captan, paraformaldehyde, benzoic acid and lime (1:1:5:93) and (iii) captan, paraformaldehyde, benzoic acid and lime (2:1:3:94), were tested against the nuclear polyhedrosis (grasserie) and white muscardine of the silkworm, Bombyx mori L. In this study, the larvae were divided into two experimental batches. In one set, the larvae were orally inoculated with a fixed load of nuclear polyhedra and the other set was sprayed topically with a fixed load of fungal conidia after III moult. The dust formulations tried were found to be effective against both diseases when compared with the control. One of the above formulations (T₁), owing to its low cost structure has been recommended to sericulturists after extensive field trials at farmers' level.

Keywords : Silkworm, *Bombyx mori*, nuclear polyhedrosis, white muscardine, bed disinfectant, captan, paraformaldehyde, benzoic acid, slaked lime.

INTRODUCTION

The nuclear polyhedrosis (grasserie) and white muscardine are two major diseases of the silkworm, *Bombyx mori* L., which account for considerable damage to cocoon production every year. Formalin (Golanski, 1961 ; Ignoffo and Garcia, 1968) and sodium hypochlorite (Vail *et al.*, 1968) have been tested against several pathogenic microbes including the nuclear polyhedrosis virus of silkworms. The use of calcium hydroxide as a spray on the leaf for the reduction of cytoplasmic polyhedrosis (Aruga and Tanada, 1971) and direct spraying of low concentrations of formalin for the control of grasserie (Golanski, 1959) have also been reported. Baig *et al.* (1988) reported certain bed disinfectants to be effective against the nuclear polyhedrosis of the silkworm, *Bombyx mori*.

Numerous attempts have been made to control muscardine diseases by applying chemical and gaseous disinfectants without interfering in the vitality and development of the silkworms (Paillet, 1930 ; Masera, 1940). An artificial diet with sorbic acid as one of the constituents decreased the percentage of mortality caused by the fungal disease (Kawakami and Aoki, 1968). Samson *et al.* (1986) screened different fungicides for their efficacy against the white muscardine in *Bombyx mori* and found that captan (N-trichloromethyl-thio 4 cyclohexane 1-2 dicarboxymide) is one of the most effective fungicide against the white muscardine.

In the present study an attempt has been made to find out a suitable and low cost dust formulation of different disinfectants effective against two common diseases of silkworm, viz. nuclear polyhedrosis and white muscardine.

MATERIALS AND METHODS

Disinfectants, viz. captan, paraformaldehyde, benzoic acid and slaked lime powder, were tested against the nuclear polyhedrosis and white muscardine in the following three combinations,

- (i) Captan + paraformaldehyde + benzoic acid + lime (1:1:2:96) ;
- (ii) Captan + paraformaldehyde + benzoic acid + lime (1:1:5:93) ;
- (iii) Captan + paraformaldehyde + benzoic acid + lime (2:1:3:94).

The popular bivoltine hybrid, NB₁₈ × NB₇, was used in this study with three replications of 200 larvae each. The experiment was conducted in two sets. In the first set, the larvae were orally inoculated with a fixed load of nuclear polyhedra after III moult before resumption of the feed (0.25 ml of polyhedral suspension containing 7×10^6 polyhedra/ml) by smearing the suspension uniformly on mulberry leaves. In the second set, the worms were topically sprayed with an aqueous fungal preparation (2 ml of suspension containing 7×10^6 conidia/ml for 200 worms after III moult). Both sets were dusted once in the second, third and fourth stages and twice in the fifth stage. After the moult, the dusting treatment was given half an hour before resuming the feed. The second dusting in the fifth stage (4th day) was done after thorough bed cleaning. Two sets of controls (both pathogen-inoculated but without any dust treatment) were maintained for comparison of the results.

The experiment was conducted during three seasons, viz. winter, summer and rainy. Observations on the larval weight, single cocoon weight, single shell weight, shell ratio and per cent mortality due to nuclear polyhedrosis in the first set and white muscardine in the second set were recorded.

RESULTS AND DISCUSSION

The observations on the three trials of experiment during the winter, summer and rainy seasons are presented in Tables I to IV.

No significant difference in the larval weight and cocoon characters such as single cocoon weight, single shell weight and shell ratio was observed in any of the treatments when compared with the control (Tables I and III).

In silkworm batches inoculated with nuclear polyhedra and treated with dust formulations, the ERR % was significantly increased in all the three seasons. Grasserie incidence in the treatments ranged between 16.44 and 21.94 %, which was significantly low when compared with the control (42.22 %). A decrease in the incidence of nuclear polyhedrosis was recorded in all the treatments and seasons. Not much difference was noted in the case of the other diseases. The other experimental set, where the larvae were topically contaminated with fungal conidia and treated with dust formulations, did not show much difference in the larval and cocoon characters. However, the treated batches showed a highly significant reduction in the incidence of muscardine (5.39-8.67 %) when compared with the control where the incidence was 89.67 %. During the summer trial, the incidence of muscardine was generally low (1.67 to 4.0 % in the treatment and 69.0 % in the control) when compared with the other seasons, viz., winter and rainy.

The above observations clearly indicate that treatments with all the three dust formulations are effective against nuclear polyhedrosis and white muscardine of the silkworm, *Bombyx mori* L. Captan, a contact fungicide used as one of the ingredients in all three formulations, has been proved effective against *Beauveria bassiana*, a causative agent of white muscardine by Samson *et al.* (1986). The antiviral action of paraformaldehyde and lime has been reported by Baig *et al.* (1988). Paraformaldehyde has also been reported to be effective against white muscardine of silkworms by Kasiviswanathan (1974). Benzoic acid has been used as a component of food preservatives keeping in view its antimicrobial action (Warth, 1977).

As there is not much difference in the efficacy of the three combinations of disinfectants, the first combination, i.e., T₁ (captan + paraformaldehyde + benzoic acid + lime in the ratio of 1:1:2:96) was considered more suitable mainly because of its low cost structure when compared with the other two combinations, viz., T₂ and T₃.

Table I. Effect of different combinations of bed disinfectants on larval and cocoon characters after per oral inoculation of nuclear polyhedra.

Tableau I. Effet de différentes combinaisons de désinfectants de litières sur les caractères de la larve et du cocon après inoculation orale de polyèdres nucléaires.

Sl no.	Treatments	Seasons	Weight of 10 mature larvae (g) ($\pm$ SE)	Single cocoon weight (g) ($\pm$ SE)	Single shell weight (g) ($\pm$ SE)	Shell ratio (%) ($\pm$ SE)
N° de série	Traitements	Saisons	Poids de 10 larves matures (g) ($\pm$ SE)	Poids d'un cocon (g) ($\pm$ SE)	Poids d'une coque (g) ($\pm$ SE)	Richesse soyeuse (%) ($\pm$ SE)
1	T ₁	S ₁	39.50 $\pm$ 1.00	1.649 $\pm$ 0.064	0.362 $\pm$ 0.035	21.94 $\pm$ 1.54
		S ₂	29.50 $\pm$ 2.29	1.367 $\pm$ 0.092	0.327 $\pm$ 0.012	24.02 $\pm$ 2.56
		S ₃	36.53 $\pm$ 0.76	1.793 $\pm$ 0.038	0.397 $\pm$ 0.006	22.12 $\pm$ 0.16
		Mean / Moyenne	35.18	1.603	0.362	22.69
2	T ₂	S ₁	39.00 $\pm$ 1.00	1.584 $\pm$ 0.026	0.361 $\pm$ 0.009	22.81 $\pm$ 0.28
		S ₂	35.83 $\pm$ 0.29	1.310 $\pm$ 0.070	0.300 $\pm$ 0.035	22.85 $\pm$ 1.40
		S ₃	35.50 $\pm$ 0.87	1.450 $\pm$ 0.080	0.320 $\pm$ 0.036	22.03 $\pm$ 1.43
		Mean / Moyenne	36.78	1.448	0.327	22.56
3	T ₃	S ₁	38.83 $\pm$ 0.58	1.584 $\pm$ 0.042	0.355 $\pm$ 0.025	22.38 $\pm$ 1.15
		S ₂	35.50 $\pm$ 0.87	1.450 $\pm$ 0.082	0.320 $\pm$ 0.036	22.03 $\pm$ 1.43
		S ₃	38.23 $\pm$ 1.62	1.847 $\pm$ 0.099	0.377 $\pm$ 0.047	20.35 $\pm$ 1.53
		Mean / Moyenne	37.52	1.627	0.351	21.59
4	Control Témoïn	S ₁	38.83 $\pm$ 0.58	1.600 $\pm$ 0.014	0.351 $\pm$ 0.015	21.91 $\pm$ 0.85
		S ₂	33.67 $\pm$ 0.58	1.457 $\pm$ 0.061	0.371 $\pm$ 0.031	21.71 $\pm$ 1.28
		S ₃	37.50 $\pm$ 1.59	1.800 $\pm$ 0.100	0.357 $\pm$ 0.040	19.81 $\pm$ 1.71
		Mean / Moyenne	36.67	1.619	0.360	21.14
	CD at 5 % level		1.182	NS	NS	NS

T₁ : Captan + paraformaldehyde + benzoic acid + lime (1:1:2:96).

T₂ : Captan + paraformaldehyde + benzoic acid + lime (1:1:5:93).

T₃ : Captan + paraformaldehyde + benzoic acid + lime (2:1:3:94).

T₁ : Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (1:1:2:96).

T₂ : Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (1:1:5:93).

T₃ : Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (2:1:3:94).

S₁ : Winter / Hiver.

S₂ : Summer / Été.

S₃ : Rainy / Saison pluvieuse.

Table II. Effect of different combinations of bed disinfectants on the effective rate of rearing (ERR), nuclear polyhedrosis and other diseases after per oral inoculation of nuclear polyhedra.

Tableau II. Effet de différentes combinaisons de désinfectants de litières sur le taux effectif d'élevage (ERR), la polyédrose nucléaire et les autres maladies après inoculation orale de polyèdres nucléaires.

Sl no.	Treatments	Seasons	ERR (%) (± SE)	Incidence of diseases	
				Nuclear polyhedrosis (± SE)	Other diseases (± SE)
N° de série	Traitements	Saisons	ERR (%) (± SE)	Incidence des maladies	
				Polyédrose nucléaire (± SE)	Autres maladies (± SE)
1	T ₁	S ₁	75.83 ± 2.26	17.83 ± 2.75	6.33 ± 1.44
		S ₂	58.67 ± 3.06	28.67 ± 3.79	12.67 ± 4.04
		S ₃	69.33 ± 6.66	19.33 ± 5.03	11.33 ± 3.22
		Mean / Moyenne	67.94	21.94	10.11
	Mean / Moyenne				
2	T ₂	S ₁	82.17 ± 5.39	12.33 ± 3.22	5.50 ± 2.50
		S ₂	75.33 ± 6.51	17.67 ± 4.73	7.00 ± 2.65
		S ₃	69.33 ± 6.66	19.33 ± 5.03	11.33 ± 3.22
		Mean / Moyenne	75.61	16.44	7.94
	Mean / Moyenne				
3	T ₃	S ₁	81.17 ± 1.04	15.33 ± 1.76	3.50 ± 2.78
		S ₂	67.00 ± 7.94	27.00 ± 6.08	6.00 ± 2.65
		S ₃	65.00 ± 2.00	20.00 ± 1.00	15.00 ± 1.00
		Mean / Moyenne	71.06	20.78	8.17
	Mean / Moyenne				
4	Control Témoin	S ₁	53.67 ± 1.04	39.33 ± 1.76	7.00 ± 1.73
		S ₂	38.00 ± 8.54	49.67 ± 3.79	12.33 ± 9.45
		S ₃	49.67 ± 3.79	37.67 ± 5.03	12.67 ± 2.52
		Mean / Moyenne	47.11	42.22	10.67
	CD at 5 % level		2.745	3.675	NS

T₁ : Captan + paraformaldéhyde + benzoic acid + lime (1:1:2:96).

T₂ : Captan + paraformaldéhyde + benzoic acid + lime (1:1:5:93).

T₃ : Captan + paraformaldéhyde + benzoic acid + lime (2:1:3:94).

T₁ : Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (1:1:2:96).

T₂ : Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (1:1:5:93).

T₃ : Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (2:1:3:94).

S₁ : Winter / Hiver.

S₂ : Summer / Été.

S₃ : Rainy / Saison pluvieuse.

Table III. Effect of different combinations of bed disinfectants on larval and cocoon characters after contamination with fungal conidia of white muscardine.

Tableau III. Effet de différentes combinaisons de désinfectants de litières sur les caractères de la larve et du cocon après contamination par des conidies fongiques de muscardine blanche.

Sl no.	Treatments	Seasons	Weight of 10 mature larvae (g) ($\pm$ SE)	Single cocoon weight (g) ($\pm$ SE)	Single shell weight (g) ($\pm$ SE)	Shell ratio (%) ($\pm$ SE)
N° de série	Traitements	Saisons	Poids de 10 larves matures (g) ($\pm$ SE)	Poids d'un cocon (g) ($\pm$ SE)	Poids d'une coque (g) ($\pm$ SE)	Richesse soyeuse (%) ($\pm$ SE)
1	T ₁	S ₁	36.00 $\pm$ 0.50	1.404 $\pm$ 0.046	0.289 $\pm$ 0.010	20.61 $\pm$ 0.05
		S ₂	27.33 $\pm$ 1.53	1.120 $\pm$ 0.010	0.223 $\pm$ 0.040	19.95 $\pm$ 3.69
		S ₃	34.07 $\pm$ 1.85	1.673 $\pm$ 0.178	0.330 $\pm$ 0.027	19.77 $\pm$ 0.94
		Mean / Moyenne	32.47	1.399	0.281	20.11
2	T ₂	S ₁	35.00 $\pm$ 1.00	1.457 $\pm$ 0.085	0.319 $\pm$ 0.038	21.82 $\pm$ 1.54
		S ₂	29.33 $\pm$ 0.58	1.137 $\pm$ 0.006	0.233 $\pm$ 0.031	20.53 $\pm$ 2.77
		S ₃	35.00 $\pm$ 0.72	1.747 $\pm$ 0.103	0.330 $\pm$ 0.031	19.18 $\pm$ 2.65
		Mean / Moyenne	33.11	1.477	0.294	20.51
3	T ₃	S ₁	35.00 $\pm$ 1.00	1.403 $\pm$ 0.058	0.293 $\pm$ 0.015	20.91 $\pm$ 0.29
		S ₂	32.67 $\pm$ 1.04	1.147 $\pm$ 0.006	0.243 $\pm$ 0.012	21.22 $\pm$ 0.90
		S ₃	34.67 $\pm$ 1.70	1.693 $\pm$ 0.237	0.333 $\pm$ 0.058	19.78 $\pm$ 2.88
		Mean / Moyenne	34.11	1.414	0.290	20.64
4	Control Témoïn	S ₁	-	-	-	-
		S ₂	29.50 $\pm$ 0.50	1.233 $\pm$ 0.084	0.227 $\pm$ 0.025	18.37 $\pm$ 1.39
		S ₃	-	-	-	-
		CD at 5 % level	1.56	NS	0.02	1.55

T₁ : Captan + paraformaldehyde + benzoic acid + lime (1:1:2:96).

T₂ : Captan + paraformaldehyde + benzoic acid + lime (1:1:5:93).

T₃ : Captan + paraformaldehyde + benzoic acid + lime (2:1:3:94).

T₁ : Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (1:1:2:96).

T₂ : Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (1:1:5:93).

T₃ : Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (2:1:3:94).

S₁ : Winter / Hiver.

S₂ : Summer / Été.

S₃ : Rainy / Saison pluvieuse.

Table IV. Effect of different combinations of bed disinfectants on the effective rate of rearing (ERR), white muscardine and other diseases after contamination with fungal conidia of white muscardine.

Tableau IV. Effet de différentes combinaisons de désinfectants de litières sur le taux effectif d'élevage (ERR), la muscardine blanche et les autres maladies après contamination par des conidies fongiques de muscardine blanche.

Sl no.	Treatments	Seasons	ERR (%) (± SE)	Incidence of diseases	
				White muscardine (± SE)	Other diseases (± SE)
N° de série	Traitements	Saisons	ERR (%) (± SE)	Incidence des maladies	
				Muscardine blanche (± SE)	Autres maladies (± SE)
1	T ₁	S ₁	77.17 ± 2.75	12.67 ± 2.52	10.17 ± 3.33
		S ₂	76.00 ± 7.94	4.00 ± 1.00	20.00 ± 8.72
		S ₃	69.00 ± 1.00	9.33 ± 0.58	21.67 ± 1.53
		Mean / Moyenne	74.06	8.67	17.28
2	T ₂	S ₁	81.00 ± 5.22	6.17 ± 4.01	12.83 ± 2.02
		S ₂	89.67 ± 0.58	1.67 ± 0.58	8.67 ± 1.15
		S ₃	73.33 ± 4.16	8.33 ± 1.53	21.67 ± 0.58
		Mean / Moyenne	81.33	5.39	14.39
3	T ₃	S ₁	76.83 ± 2.93	7.17 ± 2.84	12.67 ± 5.51
		S ₂	85.00 ± 2.65	3.00 ± 1.00	12.00 ± 1.73
		S ₃	66.00 ± 4.58	9.67 ± 1.53	24.33 ± 5.03
		Mean / Moyenne	75.94	6.61	16.33
4	Control Témoin	S ₁	-	100 ± 0.00	-
		S ₂	20.00 ± 5.00	69.00 ± 3.61	11.00 ± 3.61
		S ₃	-	100 ± 0.00	-

T₁ : Captan + paraformaldehyde + benzoic acid + lime (1:1:2:96).

T₂ : Captan + paraformaldehyde + benzoic acid + lime (1:1:5:93).

T₃ : Captan + paraformaldehyde + benzoic acid + lime (2:1:3:94).

T₁ : Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (1:1:2:96).

T₂ : Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (1:1:5:93).

T₃ : Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (2:1:3:94).

S₁ : Winter / Hiver.

S₂ : Summer / Été.

S₃ : Rainy / Saison pluvieuse.

From the laboratory trials, the estimated quantity of dust formulation required for 100 disease-free layings has been worked out and is presented in Table V.

Table V. Estimated quantity of dust mixture required during the different stages of the silkworm*.

Tableau V. Quantité estimée de mélange nécessaire saupoudré aux différents âges du ver à soie*.

Sl no.	Stage of the silkworm	Frequency of dusting	Total quantity of mixture required (g)
N° de série	Age du ver à soie	Fréquence de saupoudrage	Quantité totale de mélange nécessaire (g)
1	I	-	No application
2	II	Once / Une fois	60.0
3	III	Once / Une fois	120.0
4	IV	Once / Une fois	580.0
5	V	Twice / Deux fois	960.0
			1540.0
Total			3260.0

* For 100 disease-free layings / Pour cent pontes saines.

The present investigation is in continuation with our earlier studies on the efficacy of different bed disinfectants against nuclear polyhedrosis and an attempt has been made to formulate a bed disinfectant mixture which can be used against grasserie and white muscardine of silkworms as a prophylactic measure. The study thus provides an effective solution to the problem of disease occurrence in silkworm populations.

REFERENCES

- ARUGA H., TANADA Y. (1971) The cytoplasmic polyhedrosis virus of the silkworm. Univ. Tokyo Press, Tokyo.
- BAIG M., SASIDHARAN T.O., SHARMA S.D., SEN S.K., JOLLY M.S. (1988) Efficacy of certain bed disinfectants against nuclear polyhedrosis of silkworm, *Bombyx mori* L. Indian J. Seric., (in press).
- GOLANSKI K. (1961) The effectiveness of formalin in controlling jaundice (nuclear polyhedrosis) of the silkworm in Poland. J. Insect Path., 3, 11-14.
- IGNOFFO C.M., GARCIA C. (1968) Formalin inactivation of nuclear polyhedrosis virus. J. Inv. Pathol., 10, 430-432.

- KASIVISWANATHAN K. (1974) Sericulture in Japan. Technical Report, Central Silk Board, Bombay, India, pp. 42.
- KAWAKAMI K., AOKI K. (1968) Effects of sorbic acid in artificial diet on the infection of fungus diseases of silkworm larvae. *Sansi-Kenkyu (Acta Sericologica)*, 67, 81-96.
- MASERA E. (1940) Gli anticalcinici in bachicoltura. *Boll. Inst. Sieroterapico Milanese*, 19, 356.
- PAILLOT A. (1930) *Traité des maladies du ver à soie*. G. Doin Ed., Paris, 279 pp.
- SAMSON M.V., BAIG M., SAPRU M.L., NARASIMHANNA M.N. (1986) Efficacy of certain fungicides and disinfectants for the control of white muscardine diseases in mulberry silkworm. *Indian J. Seric.*, 2, 78-83.
- VAIL P.V., HENNEBERRY T.J., KISHOBA A.M., ARAKAWA K.Y. (1988) Sodium hypochlorite and formalin as antiviral agents against nuclear polyhedrosis virus of cabbage looper. *J. Invert. Pathol.*, 10, 84-93.
- WARTH A.D. (1977) Mechanism of resistance of *Sacchromyces bacilli* to benzoic, sorbic and other weak acids used as food preservatives. *J. Appl. Bacteriol.*, 43, 213-230.

EFFICACITE DE DIFFERENTES COMBINAISONS DE CERTAINS DESINFECTANTS DE LITIÈRES CONTRE LA POLYÉDROSE NUCLEAIRE ET LA MUSCARDINE BLANCHE DU VER A SOIE *BOMBYX MORI* L.

M. BAIG, M.V. SAMSON, S.D. SHARMA, M. BALAVENKATASUBBAIAH,
T.O. SASIDHARAN & M.S. JOLLY

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

*On a testé l'efficacité de différentes combinaisons de certains désinfectants de litières, à savoir : 1) captan, paraformaldéhyde, acide benzoïque et chaux (1:1:2:96) ; 2) captan, paraformaldéhyde, acide benzoïque et chaux (1:1:5:93) et 3) captan, paraformaldéhyde, acide benzoïque et chaux (2:1:3:94), dans la lutte contre la polyédrose nucléaire (grasserie) et la muscardine blanche du ver à soie *Bombyx mori* L. Pour cette étude, les larves ont été divisées en deux lots expérimentaux : l'un des lots a été traité avec une quantité déterminée de polyèdres nucléaires par voie buccale et l'autre lot a été traité par saupoudrage topique d'une quantité déterminée de conidies fongiques après la troisième mue. Les combinaisons testées se sont révélées efficaces pour le traitement des deux maladies par comparaison avec le témoin. L'une de ces combinaisons (T₁), du fait de son faible coût, a pu être recommandée aux sériciculteurs après des tests à grande échelle sur le terrain.*

INTRODUCTION

La polyédrose nucléaire (grasserie) et la muscardine blanche sont deux maladies graves du ver à soie *Bombyx mori* L. Tous les ans, elles occasionnent des dommages considérables à la production de cocons. L'action du formol (Golanski, 1961 ; Ignoffo et Garcia, 1968) et de l'hypochlorite de sodium (Vail et coll., 1968) a été testée sur plusieurs microbes pathogènes, dont le virus de la polyédrose nucléaire du ver à soie. On a également observé que l'hydroxyde de calcium pulvérisé sur la feuille permettait de réduire la polyédrose cytoplasmique (Aruga et Tanada, 1971) et que le saupoudrage direct de faibles concentrations de formol permettait d'enrayer la grasserie (Golanski, 1959). Baig et coll. (1988) ont également observé l'efficacité de certains désinfectants de litières contre la polyédrose nucléaire du ver à soie *Bombyx mori*.

De nombreuses expériences ont été réalisées en vue d'enrayer les muscardines par application de produits chimiques et de désinfectants gazeux sans que cela affecte la vitalité et le développement des vers à soie (Paillot, 1930 ; Masera, 1940). Un aliment artificiel comportant, entre autres constituants, de l'acide sorbique permet de réduire le pourcentage de mortalité provoqué par la maladie fongique (Kawakami et Aoki, 1968). Samson et coll. (1986) ont étudié l'efficacité de différents fongicides contre la muscardine blanche chez *Bombyx mori* et observé que le captan (N-trichlorométhyl-thio-4-cyclohexane 1-2 dicarboxymide) est l'un des fongicides les plus efficaces contre la muscardine blanche.

Dans cette étude, nous avons tenté de mettre au point une combinaison de différents désinfectants à faible coût qui soit adaptée et efficace contre deux maladies courantes du ver à soie : la polyédrose nucléaire et la muscardine blanche.

MATERIELS ET METHODES

On a étudié l'efficacité de certains désinfectants, le captan, la paraformaldéhyde, l'acide benzoïque et la poudre de chaux éteinte, contre la polyédrose nucléaire et la muscardine blanche, combinés selon les trois formulations suivantes :

- 1) Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (1:1:2:96) ;
- 2) Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (1:1:5:93) ;
- 3) Captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux (2:1:3:94).

Pour cette étude, on a utilisé l'hybride bivoltin NB₁₈ × NB₇ en trois réplicats de 200 larves chacun. L'expérience a été réalisée sur deux lots. Dans le premier lot, les larves, après la troisième mue et avant la reprise du nourrissage, ont été infestées par voie buccale d'une quantité déterminée de polyèdres nucléaires (0,25 ml de suspension polyédrique contenant 7×10^6 polyèdres/ml) répandus uniformément sur les feuilles de mûrier. Dans le deuxième lot, les larves ont été traitées par saupoudrage topique d'une préparation fongique aqueuse (2 ml de suspension contenant 7×10^6 conidies/ml pour 200 larves après la troisième mue). Les deux lots ont été traités (saupoudrage de fongicides) une fois aux 2e, 3e et 4e âges et deux fois au 5e âge. Après la mue, le saupoudrage a été réalisé une demi-heure avant la reprise du nourrissage. Le deuxième saupoudrage au cinquième âge (4e jour) a été fait après nettoyage complet de la litière. Deux lots témoins (tous deux infestés de pathogènes mais non traités par saupoudrage) ont été maintenus pour permettre la comparaison des résultats.

L'expérience a été réalisée sur trois saisons : l'hiver, l'été et la saison pluvieuse. Les observations ont porté sur le poids larvaire, le poids d'un cocon, le poids d'une coque, la richesse soyeuse et le pourcentage de mortalité dû à la polyédrose nucléaire pour le premier lot et le pourcentage de mortalité dû à la muscardine blanche pour le deuxième lot.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les observations expérimentales pour l'hiver, l'été et la saison pluvieuse sont présentées dans les tableaux I à IV.

Aucune différence significative du poids larvaire et des caractères du cocon (poids du cocon, poids de la coque et richesse soyeuse) n'a été observée entre les lots traités et témoins (Tableaux I et III).

Chez les lots de vers à soie infestés avec des polyèdres nucléaires et traités par saupoudrage des formulations, le taux effectif d'élevage augmente de manière significative pour les trois saisons. L'incidence de la grasserie chez les lots traités varie de 16,44 % à 21,94 %, ce qui est nettement inférieur à l'incidence obtenue chez le témoin (42,22 %). L'incidence de la polyédrose nucléaire diminue chez tous les lots traités et pour toutes les saisons. Les autres maladies présentent peu de différences. Le deuxième lot, dans lequel les larves ont été contaminées par application topique de conidies fongiques et traitées par saupoudrage des formulations, ne présente pas de différence notable pour les caractères du cocon et de la larve. Cependant, les lots traités font apparaître une diminution fortement significative de l'incidence de la muscardine (5,39 à 8,67 %) par rapport aux lots témoins pour lesquels l'incidence est de 89,67 %. L'incidence de la muscardine est généralement plus faible (1,67 à 4,0 % chez le lot traité et de 69,0 % chez le lot témoin) en été qu'en hiver et à la saison pluvieuse.

Les observations décrites ci-dessus montrent clairement que le traitement par saupoudrage des trois formulations est efficace contre la polyédrose nucléaire et la muscardine blanche du ver à soie *Bombyx mori*. Samson et coll. (1986) ont démontré que le captan, un fongicide de contact utilisé comme ingrédient dans les trois formulations, était efficace contre *Beauveria bassiana*, vecteur de la muscardine blanche. Baig et coll. (1988) ont décrit l'action antivirale de la paraformaldéhyde et de la chaux. Kasiviswanathan (1974) a observé que la paraformaldéhyde était efficace contre la muscardine blanche du ver à soie. L'acide benzoïque a été utilisé comme composant des conservateurs alimentaires en raison de son action antimicrobienne (Warth, 1977).

Les différentes combinaisons de désinfectants présentant des différences peu marquées, la première combinaison, c'est-à-dire T₁ (captan + paraformaldéhyde + acide benzoïque + chaux à raison de 1:1:2:96), semble la plus appropriée du fait de son faible coût par rapport aux deux autres combinaisons, à savoir : T₂ et T₃).

La quantité nécessaire de désinfectants à saupoudrer pour 100 pontes saines a été calculée d'après des tests en laboratoire et est présentée dans le tableau V.

La présente étude constitue le prolongement de nos études antérieures sur l'efficacité de différents désinfectants de litières contre la polyédrose nucléaire et nous avons tenté de formuler ici un mélange de désinfectants de litière susceptible d'être utilisé comme mesure prophylactique dans la lutte contre la grasserie et la muscardine blanche du ver à soie. Cette étude fournit donc une solution efficace au problème de la présence de maladies chez les populations de vers à soie.

LIFE TABLE OF THE UZIFLY, *EXORISTA SORBILLANS* (WIEDEMANN) (DIPTERA : TACHINIDAE), A PARASITOID OF THE MULBERRY SILKWORM, *BOMBYX MORI*

S.S. BHATTACHARYA, N. CHAKRABORTY & A.K. SAHAKUNDU

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

The life table of the uzifly, *Exorista sorbillans*, was constructed through 24 successive generations studied from April 1988 to March 1990 with different biotic characters like mortality at every stage of its life cycle, pupal period, adult longevity, fecundity, fertility and sex ratio, in relation to the abiotic factors (temperature and relative humidity) prevailing in the rearing room. Survival rate of the tachinid fly was also studied in relation to the number of eggs oviposited per larva. The maximum mortality at egg, larval, maggot and pupal stages was 51.8 %, 30.8 %, 10.3 % and 41.5 %, respectively, during December to February in West Bengal when the temperature and humidity ranged between 13.1 °C to 24.2 °C and 58.2 % to 76.5 %, respectively. Only staphylococci were observed at the pupal stage as a mortality factor. The longevity of adult flies, fertility, fecundity, sex ratio and generation survivability were found to increase during May to August when the temperature and humidity ranged from 27.2 °C to 30.2 °C and 80.3 % to 88.7 %, respectively. Generation survivability of the uzifly was significantly correlated with all the abiotic factors.

Keywords : Uzifly, life table, silkworm, survivability, abiotic factors.

INTRODUCTION

The uzifly, *Exorista sorbillans* (Wiedemann) is a parasitoid of the silkworm, *Bombyx mori* (Mukherjee, 1899 ; Jameson, 1922, Ghosh, 1949 ; Dasgupta, 1962), causing menace to the silk industry in West Bengal and the southern States of India (Jolly, 1981). Although infestation (*E. sorbillans*) has been reported on the muga and eri silkworms (Mukherjee, 1919 ; Chowdhury, 1981, 1982), it is chiefly a pest of the mulberry silkworm.

A perusal of the literature revealed that Datta and Mukherjee (1978) studied the life history of *E. sorbillans*. Patil and Govindan (1984, 1986) investigated the development of *E. sorbillans* in relation to temperature and relative humidity and Veeranna and Nirmala (1989) reported the courtship and mating behaviour of *E. sorbillans*. But the complete life table of the uzifly, *E. sorbillans*, on the mulberry silkworm has not been constructed so far. Podoler (1974) constructed the life tables of a host parasitic ecosystem. Valovage and Kulman (1986) investigated the life table of *Bessa harveyi* on *Pikonomia alaskensis*.

Construction of the life table under natural conditions of a parasite is a step towards understanding the population dynamics of the parasite with relation to the host population and abiotic factors. It can aid researchers to determine the effectiveness of the parasite causing damage to the host population. In this paper we present the life table of *E. sorbillans* parasitising larvae of *B. mori* by determining the mortality at different stages of its life cycle, longevity of the adult, fecundity, fertility, sex ratio and generation survivability of the uzifly through 24 successive generations from April 1988 to March 1990 under rearing conditions with reference to maximum and minimum temperature and humidity.

MATERIALS AND METHODS

Maintenance of generation :

For preparing the life table, the fly population was maintained in the laboratory by collecting maggots of *E. sorbillans* from commercial rearing zones of Malda district. After emergence the adult flies were kept in 60 × 60 × 60 cm muslin netted cages with a circular muslin sleeve covered passage. A 10 % glucose solution in cotton swab, which served as food for the uzi flies, was placed in a Petri dish and kept inside the cage. For studying a generation of the uzi fly, three replications each having 200, 5th-age larvae of *B. mori* and one pair of mated male and female flies were kept in a cage for oviposition. Daily observation in respect of the ovipositional period of a fertile fly, fecundity, number of eggs oviposited per larva and hatching period was made till emergence of the flies. Rearing of the silkworms was maintained inside the cage with proper care to prevent any pathological occurrence. After the ovipositional period (3 to 6 days) the infested larvae were taken out of the cage and reared in a tray having a wire netted covering.

The numbers of uzi eggs oviposited on each larva ranging from 1, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 8-10, 11-13 and 14-20 were taken into consideration for studying generation survivability of the uzi fly. The maggots as emerged in the rearing trays were collected in a sterilised beaker where they metamorphosed into pupae and kept till emergence of the flies. Adult flies were sexed by examining genitalia. They were used as a parental stock for the next generation. Each of the developmental stages of the fly was recorded on the basis of 10 observations ($n = 10$) for every generation. A stock culture of the fly was maintained in the rearing room keeping in the records of meteorological data like temperature and relative humidity (both maximum and minimum) throughout the year.

Mortality at every stage :

To record mortality at every stage of the fly for every generation, the parasitised silkworm larvae were examined and fecundity of a fertile fly was recorded. After hatching of the uzi eggs, black scars appeared on the skin of the silkworms due to penetration of newly hatched uzi larvae (i.e. first instar of the uzi fly) into the host body. The number of black scars was deducted from the total number of eggs laid by a uzi fly and thus the percentage of unhatched eggs was calculated, which was considered as the mortality during the egg stage. Mortality during the larval stage (first and second instars), i.e. parasitic stage of the uzi fly, was calculated from the deduction between the number of eggs hatched and the number of maggots that came out from the host. Maggot mortality was assessed on the basis of the number of maggots metamorphosed into pupae. Similarly, the pupal mortality was calculated from the emergence of adult flies.

The dead individuals of all the developing stages were examined thoroughly to find out the reasons for mortality, but the reasons for unhatched eggs, whether due to non-fertilised eggs or to embryo death in an early stage, could not be studied.

Fertility of the female fly :

On emergence, 10 pairs of male and female flies were randomly selected from the stock and each pair was kept in a separate cage for copulation and oviposition. The number of fertile female flies was recorded on the basis of hatching of eggs which were laid by the flies on the body of the host. The percentage of fertile females was calculated on the basis of 10 female flies out of the total population obtained in that generation.

Survival rate at every stage of the uzi fly for every generation was assessed according to Harcourt (1969). Correlation coefficients of the mortality of different stages, sex ratio (keeping male as one unit), female fertility, fecundity and generation survivability of every generation were determined along with the abiotic factors like maximum and minimum temperature and humidity.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the investigation on certain abiotic factors like average maximum and average minimum temperature and average relative maximum and average minimum humidity (Fig. 1) governing the biotic potentiality of *E. sorbillans* are discussed here.

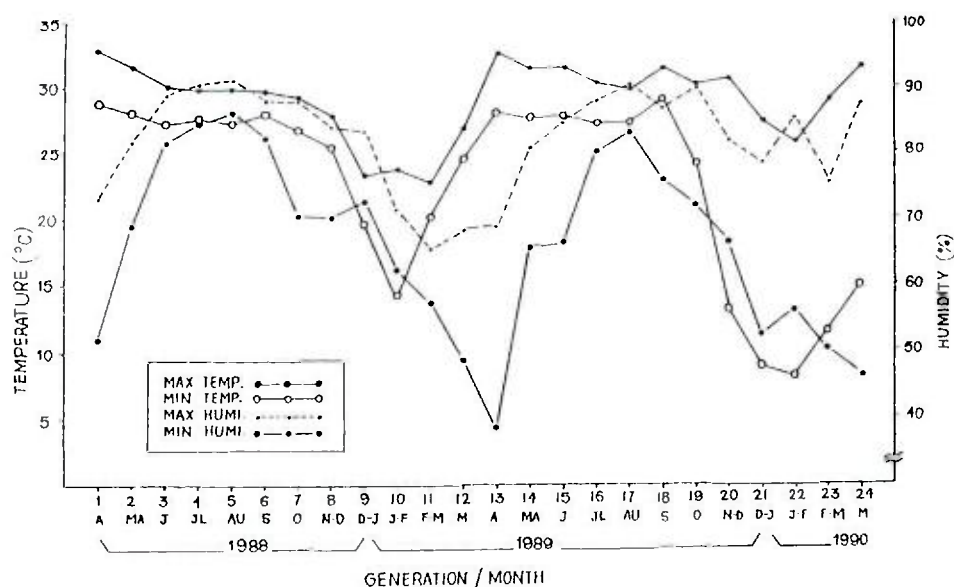


Fig. 1 : Maximum and minimum temperature and humidity over 24 successive generations of the uzi fly.

Fig. 1 : Température et humidité minimales et maximales pour 24 générations successives de la mouche uzi.

Egg mortality :

It differed with the different ranges of the abiotic factors. Maximum mortality was observed to be 51.8 % in January-February (Fig. 2) when the range of temperature varied from 19.99 °C to 22.46 °C and humidity from 57.03 % to 65.03 % ; a minimum mortality of 15.6 % was observed when the temperature ranged from 24.35 °C to 26.7 °C and the humidity ranged from 49.9 % to 68.35 %. The number of ovipositions per larva was found to have an effect on egg mortality. When the number of eggs laid per larva ranged from 3-4 or more, the hatching percentage of eggs was considerably decreased (Table II). However, the egg mortality was negatively correlated with the maximum and minimum temperature at 1 % level and with maximum humidity at 5 % level (Table I).

Larval mortality (first and second instars) :

Mortality was observed to be the highest (30.86 %) (Fig. 2) in the ranges of temperature and humidity 8.73 °C to 27.3 °C and 52.0 % to 78.0 %, respectively ; while the lowest mortality (7.2 %) was found in the ranges of temperature and humidity from 27.4 °C to 29.8 °C and 84.99 % to 90.43 %, respectively. Minimum humidity was negatively correlated at 1 % level while minimum temperature was negatively correlated at 5 % level (Table I).

Since the larval development takes place inside the body of the host, the reasons for their mortality are not clear although Jadav *et al.* (1990) reported some major metabolic changes in uzi-infested silkworm larvae, which caused mortality of the parasites. Competition for food and space among the parasites might also be the reason for their mortality inside the host.

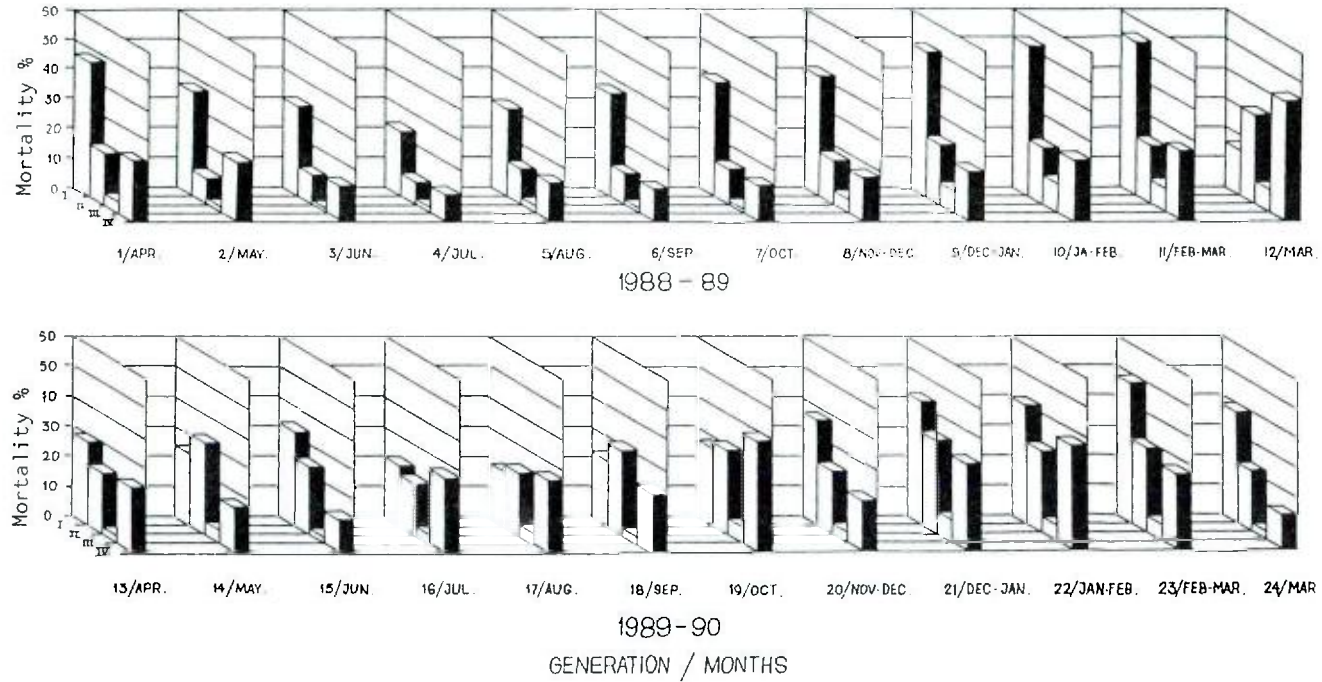


Fig. 2 : Mortality of the uzi fly during its different developmental stages over 24 successive generations.

Fig. 2 : Mortalité de la mouche uzi à différents stades de son développement chez 24 générations successives.

I : Egg stage / Stade de l'oeuf.

II : Larval stage / Stade larvaire.

III : Maggot stage / Stade de l'asticot.

IV : Pupal stage / Stade pupal.

Maggot mortality (third instar) :

The fully developed parasitic maggots cut the integument of the host with the pharyngeal hooks (Datta and Mukherjee, 1978) and came out of the host body. Maximum mortality was 10.3 % when the temperature and humidity ranged between 14.1 °C to 23.6 °C and 62.2 % to 71.2 %, respectively ; there was no mortality when the temperature and humidity ranged from 27.41 °C to 29.8 °C and 84.9 % to 90.43 %, respectively. Table I showed that only the minimum humidity was negatively correlated at 5 % level and the other abiotic factors were also negatively correlated at 1 % level.

Microscopic observation of the dead maggots confirmed the absence of any pathogen.

Pupal mortality :

A maximum mortality of 41.5 % was recorded when the temperature and humidity ranged from 24.35 °C to 26.7 °C and 48.89 % to 68.35 %, respectively ; a minimum mortality of 9.4 % was observed with the range of temperature from 27.41 °C to 29.8 °C and humidity from 84.9 % to 90.43 %. The pupal mortality had no significant correlation with any of the abiotic factors (Table I). However, microscopic observation revealed the presence of staphylococci in the dead pupae.

Table I. Interrelationship between the mortality of the uzi fly during its different developmental stages and the abiotic factors.

Tableau I. Interrelation entre la mortalité de la mouche uzi aux différents stades de son développement et les facteurs abiotiques.

Abiotic factors	Mortality % at egg stage	Mortality % at larval stage (1st and 2nd instar)	Mortality % at maggot stage (3rd instar)	Mortality % at pupal stage
<i>Facteurs abiotiques</i>	<i>Mortalité au stade de l'oeuf (%)</i>	<i>Mortalité au stade larvaire (1er et 2e âge) (%)</i>	<i>Mortalité au stade asticot (3e âge) (%)</i>	<i>Mortalité au stade pupal (%)</i>
A Max T (°C)	- 0.517**	- 0.120	- 0.742**	- 0.282
A Min T (°C)	- 0.551**	- 0.450*	- 0.541**	- 0.349
A Max H (%)	- 0.409*	- 0.358	- 0.670**	- 0.375
A Min H (%)	- 0.362	- 0.544**	- 0.455*	- 0.394

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

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

A Max T : Average maximum temperature / *Température maximale moyenne.*

A Min T : Average minimum temperature / *Température minimale moyenne.*

A Max H : Averagemaximum humidity / *Humidité maximale moyenne.*

A Min H : Average minimal humidity / *Humidité minimale moyenne.*

Number of eggs oviposited versus survival rate of the uzi fly :

Table II showed that the hatching percentage of eggs was maximum (74.8 %) when only one egg had been deposited per silkworm larva ; the minimum number of eggs hatched (43.20 %) when 14-20 eggs had been deposited on one silkworm larva. Generation survivability also followed a similar

trend with the increase of oviposition per larva. Interestingly, it was noted that the sex ratio of the uzifly was also altered with the number of eggs oviposited on an individual larva.

The ratio of female population was higher than that of the male population when the number of eggs laid per larva ranged between 1 and 5, but the sex ratio became reverse with the increasing number of ovipositions (6-20) per larva. So, it appeared that the population density of the parasite inside the host body had an effect in regulating the sex ratio. A higher number of ovipositions per host leads to more competition for food and space among the maggots during their development inside the host. In that, males seem to be more fit for survival than females as evidenced by the lower ratio of female flies emerged with the increase of parasitisation per host.

Table II. Survival rate of the uzifly in relation to the number of eggs deposited on an individual silkworm larva.

Tableau II. Taux de survie de la mouche uzi en fonction du nombre d'oeufs déposés sur une larve de ver à soie.

Range of eggs/larva	No. of worms taken for experiments	Number of eggs taken initially	Number of replications for each range	Hatching % of eggs	Sex ratio*	Survivability (%)
<i>Fourchette d'oeufs par larve</i>	<i>Nombre de larves dans l'expérience</i>	<i>Nombre initial d'oeufs</i>	<i>Nombre de réplicats par fourchette</i>	<i>Eclosion des oeufs (%)</i>	<i>Sex ratio*</i>	<i>Survie (%)</i>
1	200	200	3	74.83	1:1.03	37.33
2-3	85	200	3	70.00	1:1.1	28.17
3-4	55	200	2	62.16	1:1.13	27.8
4-5	48	200	2	51.00	1:1.18	24.00
5-6	35	200	1	47.00	1:0.96	17.00
6-7	39	201	1	50.2	1:0.55	14.5
8-10	21	204	1	47.5	1:0.63	14.13
11-13	18	205	1	45.6	1:0.45	13.0
14-20	13	200	1	43.2	1:0.41	13.2

* Taking male as one unit / *Pour un individu mâle.*

Pupal period :

This ranged from 7.3 days to 28.2 days (average 12.77 ± 5.45 days). The minimum pupal period was obtained when temperature and humidity ranged from 27.32 °C to 30.24 °C and 79.7 % to 87.8 %, respectively. The maximum duration was observed when the temperature and humidity conditions ranged from 7.99 °C to 25.74 °C and 56.0 % to 85.0 %, respectively. Correlation of coefficients with the abiotic factors showed (Table III) that the pupal period was negatively correlated with maximum and minimum temperature and minimum humidity at 1 % level. The pupal period is plotted in Fig. 3a and 3b against the average temperature and humidity, respectively.

Longevity of male and female flies :

Longevity of male and female flies was also revealed to be influenced by the variation of temperature and humidity conditions. The average longevity of male flies was noted to be 4.5 ± 0.92 days with a range of 2.9 days to 6.9 days when the temperature and humidity ranged from

Table III. Interrelationship among the abiotic factors and biotic factors of the uzifly during the study of its generation.

Tableau III. Interrelation entre les facteurs abiotiques et les facteurs biotiques de la mouche uzi mise en évidence par l'étude de ses générations.

Parameter	Average maximum temperature (°C)	Average minimum temperature (°C)	Average maximum humidity (%)	Average minimum humidity (%)	Average pupal period (days)	Average male longevity (days)	Average female longevity (days)	Female fertility (%)	Average female fecundity	Sex ratio ¹ male: female
Paramètre	Température maximale moyenne (°C)	Température minimale moyenne (°C)	Humidité maximale moyenne (%)	Humidité minimale moyenne (%)	Durée pupale moyenne (jours)	Longévité moyenne des mâles (jours)	Longévité moyenne des femelles (jours)	Fertilité moyenne des femelles (%)	Fécondité moyenne des femelles	Sexe ratio ¹ mâle: femelle
A	-.640**	-.912.**	-.393	-.543**						
B	.588	.531**	.540**	.530**	-.652**					
C	.639**	.691**	.690**	.715**	-.821**	.798**				
D	.762**	.475*	.512*	.359	-.556**	.666**	.715**			
E	.345	.478*	.156	.206	-.466*	.197	.273	.424*		
F	.447*	.370	.494*	.501*	-.505*	.385	.570**	.709**	.264	
G	.683**	.722**	.580**	.620**	-.837**	.615**	.833**	.754**	.448*	.788**

1. Taking male as one unit / Pour un individu mâle.

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

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

A : Average pupal period (days). B : Average male longevity (days). C : Average female longevity (days). D : Female fertility (%). E : Average female fecundity (no.). F : Sex ratio (male:female). G : Generation survivability (%).

A : Durée pupale moyenne (jours). B : Longévité moyenne des mâles (jours). C : Longévité moyenne des femelles (jours). D : Fertilité des femelles (%). E : Fécondité moyenne des femelles (nombre). F : Sexe ratio (mâle:femelle). G : Survie des générations (%).

14.1 °C to 20.0 °C and 62.2 % to 71.2 %, respectively. Similarly, the longevity of female flies was recorded to be 7.8 ± 2.27 days on average with a range of 4.2 to 10.4 days when the temperature and humidity fluctuated from 27.3 °C to 29.8 °C and 83.3 % to 89.04 %, respectively. It was observed that the male longevity was positively correlated with minimum temperature, maximum humidity and minimum humidity and the female longevity was positively correlated with all the four abiotic factors at 1 % level (Table III). They were also negatively correlated with the pupal period at 1 % level. Fig 3c, 3d, 3e and 3f show the longevity of male and female flies against average temperature and humidity.

Female fertility :

Fertility varied from 41.07 % to 86.7 % (average 69.2 ± 12.6 %) and positively correlated with maximum temperature at 1 % level and with minimum temperature and maximum humidity at 5 % level (Table III). It was negatively correlated with the pupal period and positively correlated with the female longevity at 1 % level. Female fertility is plotted in Fig. 3g and 3h against the average temperature and humidity, respectively.

Fecundity :

The average number of eggs laid by a female fly was 321.3 ± 66.59 with a minimum number of 155 eggs deposited when the temperature and humidity ranged from 19.9 °C to 22.5 °C and 57 % to 65.03 %, respectively ; the maximum number of 433 eggs was deposited when the temperature and humidity conditions ranged from 28.0 °C to 32.6 °C and from 38.4 % to 68.8 %, respectively. Fecundity had a positive correlation with the minimum temperature and female fertility at 5 % level. A negative correlation was found with the pupal period at 5 % level (Table III). The average fecundity of a female fly is plotted in Fig. 3i and 3j against average temperature and humidity, respectively.

Sex ratio :

Sex ratio in respect of female population is plotted in Fig. 3k and 3l against the average temperature and humidity. The ratio of female population was found to vary from 0.33 to 1.4 (average 0.86 ± 0.27), the lowest female population was recorded when the average temperature and humidity ranged from 26.5 °C to 29.25 °C and 70.4 % to 87.9 %, respectively. The highest female population was observed when the average temperature and humidity ranged from 27.41 °C to 29.8 °C and 84.99 % to 90.43 %, respectively. The sex ratio had a positive correlation with maximum temperature, maximum and minimum humidity and a negative correlation with the pupal period at 5 % level. The sex ratio also had a positive correlation with female longevity and fertility at 1 % level (Table III).

Generation survivability :

Temperature and humidity had a significant role in determining the generation survivability of *E. sorbillans*, as evidenced by the minimum survivability of 7.9 % when temperature and humidity conditions ranged from 7.93 °C to 25.74 °C and 56 % to 85 %, respectively, and by the maximum survivability of 52.08 % when temperature and humidity ranged from 27.4 °C to 29.8 °C and 84.9 % to 90.43 %, respectively. The average generation survivability was assessed to be 28.72 ± 11.16 % out of the successive 24 generations studied. It was positively correlated with all the four abiotic factors and the biotic parameters like male and female longevity, female fertility and sex ratio and negatively correlated with the pupal period at 1 % level in each. It was also positively correlated with fecundity at 5 % level (Table III). The numerical values of generation survivability are plotted in Fig. 3m and 3n against average temperature and humidity conditions.

It was revealed from the results obtained that the mortality at every developmental stage of the uzifly was significantly higher during December to February when the temperature and humidity ranged from 13.1 °C to 24.2 °C and 58.2 % to 76.5 %, respectively. Consequently, longevity, fecundity, female fertility and population ratio of female flies significantly declined, which resulted in a decrease in generation survivability. Pupal hibernation in the uzifly was not observed but the maximum pupal period of 28.2 days was noticed during January. With the increase of temperature and humidity (May to August) ranging from 27.2 °C to 30.2 °C and 80.3 % to 88.2 %, respectively, the survival percentage at every stage of the life cycle of the uzifly as well as generation survivability

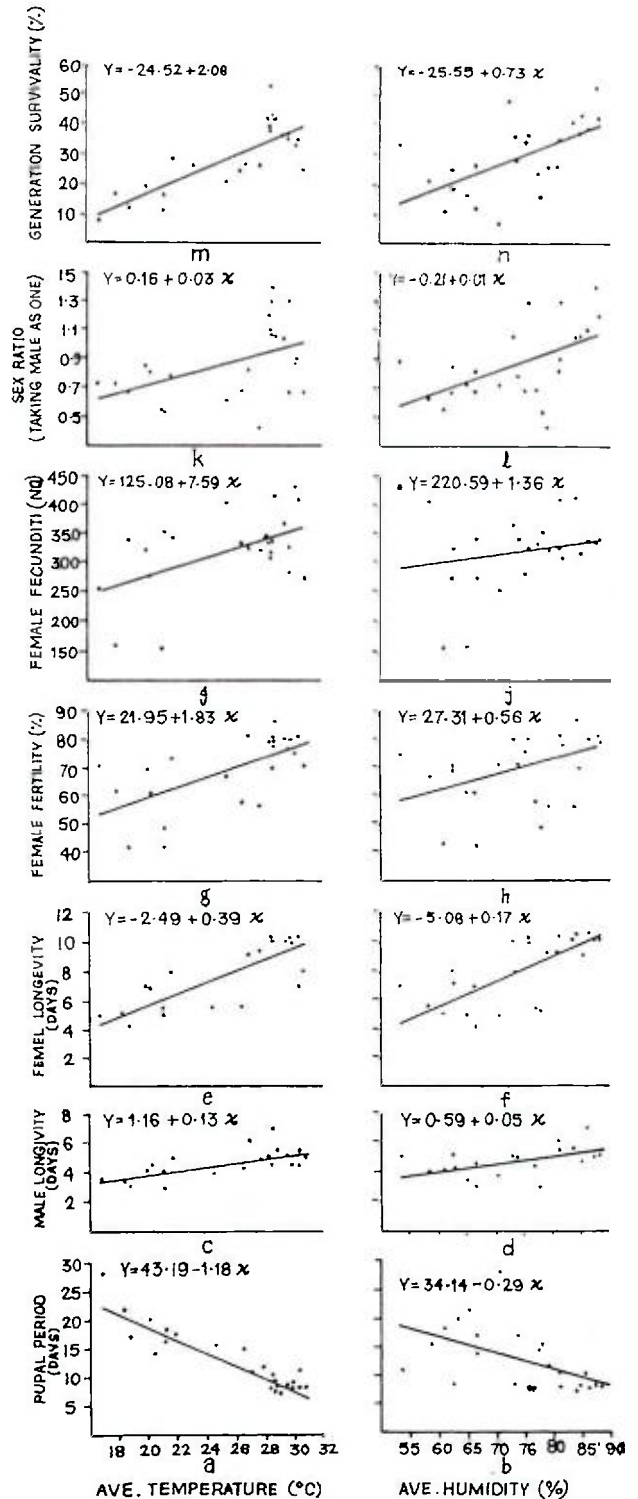


Fig. 3 : Regression of different biotic parameters of generation survivability.

a, b : average pupal period ;
c, d : average male longevity ;
e, f : average female longevity ;
g, h : female fertility ; i, j :
average female fecundity ; k, l :
sex ratio ; m, n : generation
survivability ; on average
temperature and humidity,
respectively.

Fig. 3 : Régression des différents paramètres biotiques de la survie des générations.

a, b : durée larvaire moyenne ;
c, d : longévité moyenne des
mâles ; e, f : longévité moyenne
des femelles ; g, h : fertilité des
femelles ; i, j : fécondité
moyenne des femelles ; k, l :
sexe ratio ; m, n : survie des
générations ; respectivement en
fonction de la température et de
l'humidité moyennes.

was significantly increased. Finally, it may be inferred from the study that temperature and relative humidity play significant roles in determining the population size of the uzi fly in nature.

ACKNOWLEDGEMENTS

We express our gratitude to the Director, Dr G. Subba Rao, CSR&TI, Berhampore (India), for providing laboratory facilities. We also offer our sincere thanks to Dr A.K. Chandra of the Pathology Section, Mr B.P. Nair and Mr N.K. Das of the Statistics Section for identification of pathogens and analysis of data, respectively.

REFERENCES

- CHOWDHURY S.N. (1981) Muga Silk Industry. Directorate of Sericulture and Weaving, Govt. of Assam.
- CHOWDHURY S.N. (1982) Eri Silk Industry. Directorate of Sericulture and Weaving, Govt. of Assam.
- DASGUPTA K.P. (1962) Observations on the behaviour of uzi-fly maggots. Indian J. Seric., 1(2), 16-18.
- DATTA R.K., MUKHERJEE P.K. (1978) Life history of *T. bombycis* (Diptera : Tachinidae), a parasite of *Bombyx mori* (Lepidoptera : Bombycidae). Ann. Entomol. Soc. Am., 71, 767-770.
- GHOSH C.C. (1949) Silk production and weaving of India. CSIR Monograph, 62-64.
- HARCOURT D.G. (1969) The development and use of life tables in the study of natural insect populations. Ann. Rev. Entomol., 14, 175-196.
- JADHAV A., KALLAPU V.L., HOLIHOSUR S.N., BHOSALE S.H. (1990) Metabolic profile of the silkworm, *Bombyx mori*, tissues infested with uzi fly, *Tricholyga bombycis*. Sericologia 30(1), 79-82.
- JAMESON A.P. (1922) Report on the diseases of silkworms in India. Govt. Printing Press, Calcutta, 62-64.
- JOLLY M.S. (1981) Uzi-fly, its identification, prevention and control. CRS&TI Mysore, Bull. no. 4.
- MUKHERJEE N.G. (1899) Handbook of Sericulture. Monograph, Silk Fabrics of Bengal, Calcutta.
- MUKHERJEE N.G. (1919) Handbook of Sericulture. 112-119.
- PATIL G.M., GOVINDAN R. (1984) Effect of temperature on the development of uzi-fly, *Exorista sorbillans* (Wiedemann) (Diptera : Tachinidae) in silkworm, *Bombyx mori* L. Indian J. Seric., 23, 38-41.
- PATIL G.M., GOVINDAN R. (1986) Investigation on certain factors governing the biotic potential of the uzi-fly, *Exorista sorbillans* (Wiedemann) (Diptera : Tachinidae). Indian J. Seric., 25(2), 45-53.
- PODOLER H. (1974) Analysis of life tables for a host and parasite (*Podia-Nemeritis*) ecosystem. J. Anim. Ecol., 43, 653-670.
- VOLOVAGE W.D., KULMAN H.M. (1986) Life table of *Bessa harveyi* (Diptera : Tachinidae) parasitizing *Pikonema alaskensis* (Hymenoptera : Tenthredinidae). Environ. Entomol., 15, 246-250.
- VEERANNA G., NIRMALA M.R. (1989) Courtship and mating behaviour of the uzi fly, *Tricholyga bombycis* Beck (Diptera : Tachinidae). Entomon, 14(1-2), 85-89.

CYCLE VITAL DE LA MOUCHE UZI *EXORISTA SORBILLANS* (WIEDEMANN) (DIPTERA : TACHINIDAE) PARASITE DU VER A SOIE DU MURIER *BOMBYX MORI*

S.S. BHATTACHARYA, N. CHAKRABORTY & A.K. SAHAKUNDU

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

Le tableau du cycle vital de la mouche uzi Exorista sorbillans a été construit à partir de l'étude de 24 générations successives observées d'avril 1988 à mars 1990 en tenant compte de différents caractères biotiques tels que la mortalité à tous les stades de son cycle vital, la durée larvaire, la longévité adulte, la fécondité, la fertilité et le sexe-ratio en fonction des facteurs abiotiques (température et humidité relative) de la pièce d'élevage. Le taux de survie du tachinidé a également été étudié en fonction du nombre d'oeufs pondus par larve. La mortalité maximale est de 51,8 %, 30,8 %, 10,3 % et 41,5 % respectivement aux stades oeuf, larvaire, asticot et pupal de décembre à février dans le Bengal occidental lorsque la température varie de 13,1 °C à 24,2 °C et l'humidité de 58,2 % à 76,5 %. Les staphylocoques constituent le seul facteur de mortalité observé au stade pupal. La longévité des mouches adultes, la fertilité, le sexe-ratio et le taux de survie d'une génération augmentent de mai à août lorsque la température varie de 27,2 °C et 30 °C et l'humidité de 80,3 % à 88,7 %. Le taux de survie d'une génération de la mouche uzi est corrélé de manière significative avec tous les facteurs abiotiques.

INTRODUCTION

La mouche uzi *Exorista sorbillans* (Wiedemann) est un parasite du ver à soie *Bombyx mori* (Mukherjee, 1899 ; Jameson, 1922 ; Ghosh, 1949 ; Dasgupta, 1962) qui menace l'industrie séricicole du Bengal occidental et les Etats du sud de l'Inde (Jolly, 1981). Bien qu'*Exorista sorbillans* ait été observée sur les vers à soie eri et muga (Mukherjee, 1919 ; Chowdhury, 1981, 1982), elle parasite principalement le ver à soie du mûrier.

A la lecture de la documentation existante, il apparaît que Datta et Mukherjee (1978) ont étudié le cycle vital d'*Exorista sorbillans*, Patil et Govindan (1984, 1986) ont observé le développement d'*E. sorbillans* en fonction de la température et de l'humidité relative et Veeranna et Nirmala (1989) ont décrit la parade nuptiale et l'accouplement chez *E. sorbillans*. Cependant, le tableau du cycle vital de la mouche uzi *E. sorbillans* sur le ver à soie n'a pas encore été construit. Podoler (1974) a construit les tableaux des cycles vitaux de l'écosystème hôte-parasite, Valovage et Kulman (1986) ont étudié le tableau du cycle vital de *Bessa harveyi* sur *Pikonomia alaskensis*.

La construction d'un tableau du cycle vital d'un parasite en milieu naturel contribue à mieux comprendre la dynamique de la population du parasite en fonction de celle de l'hôte et des facteurs abiotiques. Elle peut aider les chercheurs à déterminer les dommages effectifs causés par le parasite à la population hôte. Dans cet article, nous présentons le tableau du cycle vital d'*E. sorbillans* infestant les larves de *B. mori* établi d'après la mortalité aux différents stades de son cycle, la longévité de l'adulte, la fécondité, la fertilité, le sexe-ratio et le taux de survie des générations de la mouche uzi sur la base d'observations concernant 24 générations successives d'avril 1988 à mars 1990 dans des conditions d'élevage en fonction de la température et de l'humidité minimales et maximales.

MATERIELS ET METHODES

Pour préparer le tableau du cycle vital, la population uzi a été élevée en laboratoire à partir d'asticots d'*E. sorbillans* prélevés dans les zones d'élevage séricicole du district de Malda. Après l'éclosion, les mouches adultes ont été transférées dans des cages de 60 × 60 × 60 cm recouvertes de filets en mousseline et pourvues d'un orifice circulaire relié à un manchon en mousseline. Un tampon en coton imbibé avec une solution de glucose à 10 % posé sur une boîte de Pétri a été placé à l'intérieur de la cage pour permettre l'alimentation des mouches uzi. Pour l'étude de chaque génération de mouches uzi, trois réplicats comprenant chacun 200 larves de *B. mori* du 5^e âge et un couple de mouches mâle et femelle accouplées a été introduit dans la cage pour pondre. La durée de ponte d'une mouche fertile, la fécondité, le nombre d'oeufs pondus par larve et la période d'éclosion ont été observés quotidiennement jusqu'à l'éclosion des mouches. Les vers à soie ont été conservés dans les cages en veillant à éviter toute apparition pathologique. Après la ponte (3 à 6 jours), les larves infestées ont été transférées dans une litière recouverte d'un filet métallique.

Pour l'étude du taux de survie d'une génération de mouches uzi, on a pris en compte les larves de vers à soie comportant des oeufs uzi dont le nombre se situait dans les classes suivantes : 1, 2 à 3, 3 à 4, 4 à 5, 5 à 6, 6 à 7, 8 à 10, 11 à 13 et 14 à 20. Les asticots éclos dans les litières d'élevage ont été placés dans un becher stérile jusqu'à leur métamorphose en pupes et conservées jusqu'à l'éclosion des mouches. Les mouches adultes ont été sexées par examen de leurs organes génitaux et utilisées comme souche parentale pour la génération suivante. Pour chacun des stades du développement de la mouche, les données ont été enregistrées sur la base de 10 observations (n=10) à chaque génération. Un élevage stock de la mouche a été conservé dans la pièce d'élevage en tenant compte des relevés météorologiques, tels que la température et l'humidité relative (minimales et maximales), tout au long de l'année.

Mortalité aux différents stades :

Pour enregistrer la mortalité aux différents stades de la mouche pour chaque génération, les larves de vers à soie infestées ont été examinées et la fécondité par mouche fertile a été relevée. Après l'éclosion des oeufs uzi, des cicatrices noires, provoquées par la pénétration des larves uzi (c'est-à-dire le premier stade de la mouche uzi) écloses dans le corps de l'hôte, sont apparues sur le corps des vers à soie. Le pourcentage d'oeufs non éclos, pris comme taux de mortalité au stade oeuf, a été calculé en déduisant le nombre de cicatrices noires du nombre total d'oeufs pondus par une mouche uzi. La mortalité au stade larvaire (1^{er} et 2^e âge), c'est-à-dire le stade parasitaire de la mouche uzi, a été calculé en déduisant du nombre d'asticots émergés de l'hôte le nombre d'oeufs éclos. La mortalité au stade asticot a été évaluée d'après le nombre d'asticots métamorphosés en pupes. De même, la mortalité pupale a été calculée d'après l'éclosion des mouches adultes.

Les individus morts à tous les stades du développement ont été examinés de manière approfondie afin de déterminer les causes de la mortalité mais on n'a pas pu préciser les raisons pour lesquelles certains oeufs n'ont pas éclos, que ce soit parce que les oeufs n'étaient pas fertilisés ou en raison d'une mort au début du stade embryonnaire.

Fertilité des mouches uzi :

Après l'éclosion, 10 couples de mouches mâles et femelles ont été prélevés au hasard du stock et chaque couple a été conservé séparément dans une cage pour l'accouplement et la ponte. Le nombre de mouches femelles fertiles a été relevé sur la base de l'éclosion des oeufs pondus par les mouches sur le corps de l'hôte. Le pourcentage de femelles fertiles a été calculé sur la base de 10 mouches femelles par rapport à la population totale obtenue à une génération donnée.

Le taux de survie aux différents stades pour chaque génération a été évalué selon la méthode de Harcourt (1969). Les coefficients de corrélation pour la mortalité aux différents stades, le sexe-ratio, la fertilité des femelles, la fécondité et le taux de survie à chaque génération ont été déterminés en fonction des facteurs abiotiques.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de l'étude de certains facteurs abiotiques comme la température moyenne minimale et maximale et l'humidité relative moyenne minimale et maximales (Fig. 1) qui gouvernent le potentiel biotique d'*E. sorbillans* sont présentés ci-dessous.

Mortalité des oeufs :

Elle varie en fonction des facteurs abiotiques. Une mortalité maximale de 51,8 % a été relevée en janvier-février (Fig. 2) lorsque la température se situe entre 19,99 °C et 22,46 °C et l'humidité entre 57,03 % et 65,03 % ; une mortalité minimale de 15,6 % a été relevée lorsque la température se situe entre 24,35 °C et 26,7 °C et l'humidité entre 49,9 % et 68,35 %. Le nombre d'oeufs pondus par larve affecte la mortalité des oeufs. Lorsque ce nombre dépasse 3 à 4 oeufs par larve, le pourcentage d'éclosion des oeufs diminue fortement (Tableau II). Cependant, la mortalité des oeufs est corrélée négativement avec la température maximale et minimale au seuil de 1 % et l'humidité maximale au seuil de 5 % (Tableau I).

Mortalité larvaire (1er et 2e âge) :

La mortalité est maximale (30,86 %) (Fig. 2) lorsque la température se situe entre 8,73 °C et 27,3 °C et l'humidité relative entre 52,0 % et 78,0 % et minimale (7,2 %) lorsque la température se situe entre 27,4 °C et 29,8 °C et l'humidité relative entre 84,99 % et 90,43 %. L'humidité minimale est corrélée négativement au seuil de 1 % et la température minimale est corrélée négativement au seuil de 5 % (Tableau I).

Les larves se développant à l'intérieur du corps de l'hôte, les causes de la mortalité larvaire ne sont pas clairement connues. Néanmoins, Jadav et coll. (1990) ont observé des modifications métaboliques importantes chez les larves de vers à soie infestées par la mouche uzi, celles-ci pourraient provoquer la mortalité des parasites. La mortalité des larves à l'intérieur du corps de l'hôte pourrait être due à la compétition pour la nourriture et l'espace entre les parasites.

Mortalité des asticots :

Les asticots matures coupent le tégument de l'hôte à l'aide de leurs crochets pharyngiens (Datta et Mukherjee, 1978) pour sortir du corps de l'hôte. La mortalité est de 10,3 % lorsque la température et l'humidité maximales varient respectivement de 14,1 °C à 23,6 °C et de 62,2 % à 71,2 %. Aucune mortalité n'a été observée lorsque la température et l'humidité se situent respectivement entre 27,41 °C et 29,8 °C et entre 84,9 % et 90,43 %. Le tableau I montre que seule l'humidité relative est corrélée négativement au seuil de 5 %, les autres facteurs abiotiques sont corrélés négativement au seuil de 1 %.

L'observation des asticots au microscope confirme l'absence d'agents pathogènes.

Mortalité pupale :

La mortalité est maximale (41,5 %) lorsque la température se situe entre 24,35 °C et 26,7 °C et l'humidité entre 48,89 % et 68,35 % ; elle est minimale lorsque la température se situe entre 27,41 °C et 29,8 °C et l'humidité entre 84,9 % et 90,43 %. La mortalité pupale n'a de corrélation positive avec aucun des facteurs abiotiques (Tableau I). L'observation au microscope révèle la présence de staphylocoques chez les pupes mortes.

Nombre d'oeufs pondus en fonction du taux de survie de la mouche uzi :

Le tableau II montre que le pourcentage d'éclosion des oeufs est maximal (74,8 %) lorsqu'un seul oeuf est pondus par larve de ver à soie et minimal (43,20 %) lorsque le nombre d'oeufs pondus est de 14 à 20 pour une larve de ver à soie. Le taux de survie d'une génération suit la même tendance et est fonction de l'augmentation du nombre d'oeufs pondus par larve. Il est intéressant de noter que le sexe-ratio de la mouche uzi varie également en fonction du nombre d'oeufs pondus sur une larve. La population femelle est plus nombreuse que la population mâle lorsque le nombre d'oeufs pondus est de 1 à 5, mais le sexe-ratio s'inverse lorsque le nombre d'oeufs pondus par larve (6 à 20) augmente. Il apparaît donc que la densité de population à l'intérieur du corps de l'hôte affecte la régulation du

sexe-ratio. Un nombre élevé d'oeufs pondus par larve entraîne une augmentation de la compétition pour la nourriture et l'espace entre les asticots au cours de leur développement. Dans cette compétition, les mâles semblent plus aptes à survivre que les femelles comme le montre le faible taux d'émergence des mouches femelles lorsque le taux d'infestation augmente.

Durée de la pupale :

Celle-ci varie de 7,3 à 28,2 jours (moyenne $12,77 \pm 5,45$ jours). La durée pupale est minimale lorsque la température se situe entre $27,32^{\circ}\text{C}$ et $30,24^{\circ}\text{C}$ et l'humidité entre 79,7 % et 87,8 %. Elle est maximale lorsque la température se situe entre $7,99^{\circ}\text{C}$ et $25,74^{\circ}\text{C}$ et l'humidité entre 56,0 % et 85,0 %. Le coefficient de corrélation avec les facteurs abiotiques montre (Tableau III) que la durée pupale est corrélée négativement avec la température et l'humidité minimales et maximales au seuil de 1 %. La courbe de la durée pupale a été tracée en fonction de la température et de l'humidité moyennes (Fig. 3a et 3b respectivement).

Longévité des mouches mâles et femelles :

La longévité des mouches mâles et femelles est également influencée par les variations de température et d'humidité. La longévité moyenne des mouches mâles est de $4,5 \pm 0,92$ jours pour une fourchette de 2,9 à 6,9 jours lorsque la température se situe entre $14,1^{\circ}\text{C}$ et $20,0^{\circ}\text{C}$ et l'humidité entre 62,2 % et 71,2 %. De même, la longévité des mouches femelles est de $7,8 \pm 2,27$ jours en moyenne pour une fourchette de 4,2 à 10,4 jours lorsque la température se situe entre $27,3^{\circ}\text{C}$ et $29,8^{\circ}\text{C}$ et l'humidité entre 83,3 % et 89,04 %. La longévité des mâles est corrélée négativement avec la température minimale, l'humidité maximale et minimale et la longévité des femelles est corrélée positivement avec les quatre facteurs abiotiques au seuil de 1 % (Tableau III). Elles sont corrélées négativement avec la période pupale au seuil de 1 %. Les fig. 3c, 3d, 3e et 3f montrent la longévité des mouches mâles et femelles en fonction de la température et de l'humidité moyennes.

Fertilité des femelles :

La fertilité varie de 41,07 % à 86,7 % (moyenne $69,2 \pm 12,6$ %) et est corrélée positivement avec la température maximale au seuil de 1 % et la température minimale et l'humidité maximale au seuil de 5 % (Tableau III). Elle est corrélée négativement avec la durée pupale et positivement avec la longévité des femelles au seuil de 1 %. La courbe de la fertilité des femelles a été tracée en fonction de la température (Fig. 3g) et de l'humidité (Fig. 3h) moyennes.

Fécondité :

Le nombre moyen d'oeufs pondus par une mouche femelle est de $321,3 \pm 66,59$ pour un minimum de 155 oeufs pondus lorsque la température se situe entre $19,9^{\circ}\text{C}$ et $22,5^{\circ}\text{C}$ et l'humidité entre 57 % et 65,03 % et un maximum de 433 oeufs lorsque la température se situe entre $28,0^{\circ}\text{C}$ à $32,6^{\circ}\text{C}$ et l'humidité entre 38,4 % et 68,8 %. La fécondité montre une corrélation positive avec la température minimale et la fertilité des femelles au seuil de 5 % et une corrélation négative avec la durée de la période pupale au seuil de 5 % (Tableau III). La courbe de la fécondité moyenne d'une mouche femelle a été tracée en fonction de la température (Fig. 3i) et de l'humidité (Fig. 3j) moyennes.

Sexe-ratio :

La courbe du sexe-ratio pour ce qui concerne la population femelle a été tracée en fonction de la température (Fig. 3k) et de l'humidité (Fig. 3l) moyennes. Le ratio de population femelle varie de 0,33 à 1,44 (moyenne $0,86 \pm 0,27$). La population femelle est la moins dense lorsque la température moyenne se situe entre $26,5^{\circ}\text{C}$ et $29,25^{\circ}\text{C}$ et l'humidité moyenne entre 70,4 % et 87,9 %. La population femelle est la plus dense lorsque la température moyenne varie de $27,41^{\circ}\text{C}$ à $29,8^{\circ}\text{C}$ et l'humidité moyenne de 84,99 % à 90,43 %. Le sexe-ratio est corrélé positivement avec la température maximale, l'humidité maximale et minimale et négativement avec la durée de la période pupale au seuil de 5 %. Il est corrélé négativement avec la longévité et la fertilité des femelles au seuil de 1 % (Tableau III).

Taux de survie d'une génération :

La température et l'humidité jouent un rôle significatif dans la détermination du taux de survie d'une génération d'*E. sorbillans*, comme le montrent le taux de survie minimal de 7,9 % lorsque la température se situe entre 7,93 °C et 25,74 °C et l'humidité entre 56 % et 85 % et le taux de survie maximal de 52,08 lorsque la température se situe entre 27,4 °C et 29,8 °C et l'humidité entre 84,9 % et 90,43 %. Le taux moyen de survie d'une génération est estimé à $28,72 \pm 11,16$ % pour les 24 générations successives étudiées. Il est corrélé positivement avec les quatre facteurs abiotiques et avec certains paramètres biotiques comme la longévité des mâles et des femelles, la fertilité des femelles et le sexe-ratio et corrélé négativement avec la durée pupale au seuil de 1 %. Il est corrélé positivement avec la fécondité au seuil de 5 % (Tableau III). La courbe des valeurs numériques du taux de survie d'une génération a été tracée en fonction de la température (Fig. 3m) et de l'humidité (Fig. 3n).

Les résultats obtenus révèlent que la mortalité aux différents stades du développement de la mouche uzi est nettement plus élevée de décembre à février lorsque la température se situe entre 13,1 °C et 24,2 °C et l'humidité entre 58,2 % et 76,5 %. Dans de telles conditions, la longévité, la fécondité, la fertilité des femelles et le taux de population femelle diminuent fortement, entraînant une diminution du taux de survie total. On n'a pas observé d'hibernation pupale chez la mouche uzi mais une durée pupale maximale de 28,2 jours a été observée en janvier. Lorsque la température et l'humidité augmentent (de mai à juin) dans des fourchettes respectives de 27,2 °C à 30,2 °C et 80,3 % à 88,2 %, le taux de survie aux différents stades du cycle de la mouche uzi et le taux de survie d'une génération augmentent de manière significative. En conclusion, cette étude permet d'affirmer que la température et l'humidité relative jouent un rôle significatif dans la détermination de la densité de la population uzi en milieu naturel.

SCREENING FOR POTENTIAL RESISTANCE IN THE MULBERRY TO LEAF SPOT (*CERCOSPORA MORICOLA* COOKE) DISEASE

B.R. DAYAKAR YADAV, J. SUKUMAR & K.V. PRASAD

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

Screening for disease resistance in 54 varieties of mulberry (Morus species) carried out from 1984 to 1987 showed 8 temperate and 3 tropical varieties to be resistant to the leaf spot disease caused by Cercospora moricola Cooke. Further, meteorological data revealed that high humidity (70 ± 2), moderate temperature (26 °C-27 °C) and rainfall up to 80 mm distributed over 8-9 days in a month led to the development of disease rapidly. Therefore during this period the screening for potential resistance to the leaf spot disease was carried out.

Keywords : Mulberry varietal screening, *Cercospora moricola*, disease resistance.

INTRODUCTION

The species of *Cercospora* is by far the largest group of fungi, causing extensive damage to major crop plants, including the food crops of the world all over temperate and tropical countries. So far, on the mulberry 4 species have been recorded : *C. missouriensis* Winter, *C. morina* Chupp, *C. mori* Hara and *C. moricola* Cooke by Chupp (1953) in his monograph.

In India, *C. moricola* is more widely distributed in the southern part of India than elsewhere (Patel *et al.*, 1949 ; Rangaswami *et al.*, 1976). It was Cooke (1883) who first reported a leaf spot disease, *C. moricola*, on the mulberry (*Morus alba* L. and *M. rubra* L.), which develops leaf spot symptoms leading to extensive damage to the foliage during the monsoon season beginning from the month of July. The symptoms manifest as circular to irregular spots of varying size attaining a maximum diameter of 8 mm. Spots are grey to tan in colour with dark purple to black margins. Severe spotting of young leaves leads to premature yellowing and defoliation and the leaves become unsuitable for feeding silkworms. The loss is up to 5 per cent by way of defoliation and up to 25 per cent by destruction of the leaf area (Sukumar, 1987).

In the past, several workers have studied the epidemiology of *C. moricola*. Kanti (1975) studied physiological aspects, including residual toxicity of fungicide-sprayed leaves of *C. moricola*. Later, Siddaramiah *et al.* (1978) reported that higher atmospheric humidity and temperature of an average 24 °C favoured good disease development. Sukumar and Ramalingam (1981, 1986, 1987 and 1988) studied various aspects like leaf age, disease susceptibility, stages of infection, conidial production, dispersal and disease incidence in *C. moricola* and observed that rainfall was solely responsible for the initiation and spread of the disease through splash mechanism.

No work has been carried out on the relative susceptibility of mulberry varieties to *C. moricola* but it has been observed that the widely grown variety Kanva-2 is highly susceptible and hence the need for development of resistant varieties has arisen. Therefore experiments were carried out to find varieties which show resistance to *C. moricola*. The screening was carried out over a period of 4 years, i.e., 1984 to 1987, involving 54 mulberry varieties collected from various geographical areas of both temperate and tropical regions for the present investigation.

MATERIALS AND METHODS

The experiments were conducted at the KSSD Institute (Bangalore, India), located at 12°58' N, 77°35' E and elevated at 914 MSL, during the period 1984 to 1987. Fifty-four mulberry varieties were planted in plots each measuring 5 m × 3 m holding 10 plants planted in rows 90 cm apart and 90 cm spacing between plants in a row. All 54 plots were distributed randomly within the experimental block and allowed to get infected naturally (no artificial inoculation done). After 90 days of growth, 5 plants within each plot from each variety were pruned, leaving the remaining 5 plants with branches for getting infected and later, for collecting data, continuous growth of plants was maintained all through the year. Recommended agronomic practices were followed to raise the plants.

The disease severity was scored at 30-day intervals over a period of 48 months. A cardboard with a one-inch square window cutout was placed on a leaf and the number of enclosed spots were counted and expressed as spots × inch². The following grades (Table I) were given to calculate the disease severity in terms of disease index as followed by McKinney (1923). Further transformation into angular values was not done because the disease intensity is measured by counting the number of spots in a unit area (i.e., per inch²), and later converted them into percentage of disease index (DI) based on the formula :

$$DI = \frac{\text{Class rating} \times \text{class frequency}}{\text{Total number of leaves} \times \text{maximum rating (i.e. : 10)}} \times 100$$

For assessing disease resistance, grade 1 was taken as fully resistant to the leaf spot disease. The weather data, including mean maximum and minimum temperature, mean relative humidity recorded at 8.30 hr and 15.00 hr and rainfall received during the past 24 hr was recorded at 8.30 hr daily for the entire period. All the weather data collected were expressed in mean and extremes for the whole month and are presented in Fig. 1, 2 and 3.

RESULTS

During 1984-1987, leaf spot made its appearance in the months of June to September when congenial weather conditions for development of the diseases prevailed. The disease index used is presented in Table I. From the weather data, it is observed that the leaf spot disease occurs mainly during the monsoon period, i.e., from May to October (southwest monsoon). The disease intensity was assessed on all the leaves of each shoot which were marked 1, 2, 3 and so on from top to bottom. The topmost six leaves were found to be susceptible to infection. The disease expresses after 8 or 10 days of receipt of the inoculum on the leaves. In the meantime, the branch produces 3-4 new leaves at the top placing the infected leaves further down on the branch ; with the result that the leaves occupying the top 1st-6th positions at the time of deposition of the inoculum occupy the 4th-9th positions at the time of disease expression. Hence the leaves occupying the 4th-9th position show the disease symptoms. Therefore, in the present study the 7th position leaf on the stem was considered for disease assessment throughout the period of study. The yearwise data are presented in Table II.

First year (1984) :

During the year, the mean disease intensity recorded was highest during the second fortnight of June. The weather data records show a total rainfall of 31 mm distributed over 8 days, mean of extreme maximum temperature of 27 °C and mean minimum of temperature of 25 °C and the relative humidity was between 65-70 (68 ± 4) per cent during the month. The weather conditions were therefore conducive for the disease development. Among the 54 varieties screened, varieties such as Tsukasaguwa, Gosheorami, Kanzan, Australian, Kairyo-ichinose, Ichinose, Ichihei, Mizusuwa, Miuraso, PKS 1-9, PKS 1-11, PKS 1-12, and local varieties, viz., Dharwar, Haveri-I, Soundatti, S-36, S-54, RFS-135, OPH-1 and Challagere, showed resistance to the disease. All the other varieties were susceptible to infection in varying degrees.

Table I. Grades to calculate the disease severity in terms of disease index.*

*Tableau I. Degrés permettant d'exprimer l'intensité de la maladie sous forme d'indice.**

Disease index (grade)	Leaf spots $\times \text{inch}^{-2}$
<i>Indice de maladie (degré)</i>	<i>Taches $\times \text{pouce}^{-2}$</i>
1	2
2	4
3	6
4	8
5	10
6	12
7	14
8	16
9	18
10	20

* Ref. : McKinney, 1923.

Second year (1985) :

During this year, mid-August produced the highest mean disease rating. In this month, the rainfall was 67 mm, distributed over 13 days, the mean extreme maximum temperature of 27 °C and mean minimum temperature of 25 °C and relative humidity ranged between 68-75 (71 ± 4) per cent. Varieties which showed resistance to the disease were Tsukasaguwa, Catania, Calabreza, Goshocrami, PKS 1-12, MR, Miuraso, Ichinose, Ichihei and TG ; while the other varieties showed varying degrees of susceptibility to the disease.

Third year (1986) :

The maximum disease intensity was during the first fortnight of July when the rainfall was 42 mm distributed over 7 days, the mean maximum temperature of 27 °C and mean minimum temperature was 26 °C and relative humidity was 66-79 (72 ± 6) per cent. The varieties Tsukasaguwa, Goshocrami, Kanzan, Kamiso-401, Kairyo-ichinose, Miuraso, Sulawesi-I, MR, Catania, Calabreza, Italian, Ichinose, the local varieties of Dharwar and S-36 showed resistance to the disease while all the others showed various degrees of susceptibility to the disease.

Fourth year (1987) :

In the beginning of September, the disease rating was recorded to be the highest due to favourable weather conditions. The rainfall was 143 mm distributed over 9 days, the mean extreme maximum temperature was 29 °C and mean minimum temperature was 28 °C with 66-72 (69 ± 3) per cent relative humidity. Among the 54 varieties screened, varieties like Goshocrami, Miuraso, Sulawesi-I and II, Wasimidori, Kanzan, Kamiso-401, Paraguay, PKS 1-14, Ichinose, Ichihei, MR, Calabreza, Italian, Mizusuwa and local varieties of Dharwar, Soundatti, S-36 and S-41 were resistant, the rest being susceptible to the disease.

Table II. Per cent disease index of the leaf spot caused by *Cercospora moricola* Cooke on mulberry varieties/cultivars.

Tableau II. Pourcentage d'incidence de la maladie de la tache provoquée par *Cercospora moricola* Cooke sur des variétés/cultivars de mûrier.

Varieties / cultivars	July				August				September				October				November				Mean*			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Variétés / cultivars	Juillet				Août				Septembre				Octobre				Novembre				Moyenne*			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Temperate zone / Zone tempérée																								
1. KNG (Ma)	-	-	20	-	-	10	15	-	-	10	-	13	20	10	-	20	-	17	-	10	-	10	7	8
2. Tsukasaguwa (Ml)	-	-	-	-	-	10	15	10	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	13	-	2	5	8
3. Goeshocrami	-	-	-	-	-	-	15	10	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-
4. Wasemidori (Ml)	-	15	20	-	25	15	20	-	-	12	-	-	-	13	-	-	-	20	-	-	5	14	8	-
5. Kanzan	-	33	13	-	-	13	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	2	3
6. Shin-ichinose (Ma × Ml)	-	15	20	13	-	15	22	15	-	-	-	17	-	-	-	10	-	20	-	17	-	5	9	7
7. Kamiso 401	-	14	-	-	-	20	-	-	-	12	-	-	-	13	-	-	-	10	-	-	-	14	-	-
8. Kamiso 402	-	32	17	20	-	20	20	-	-	25	20	-	-	20	20	10	-	27	13	22	-	25	18	6
9. Kairyoichinose (Ma)	-	-	-	-	-	16	-	-	-	20	-	-	-	15	-	-	-	20	-	-	-	10	-	-
10. Japan I	-	14	22	-	-	35	22	-	-	15	-	-	-	10	-	-	37	-	-	10	7	13	11	2
11. Japan II	-	20	45	-	-	18	25	13	-	25	20	20	-	22	45	-	10	20	20	-	2	21	31	2
12. MR	-	20	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-
13. Italian	-	20	-	-	10	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	2	6	-
14. Kosan	-	18	17	-	20	10	15	10	-	20	20	17	20	10	25	-	13	25	20	-	8	17	19	5
15. Kokuso 21 (Ml)	-	20	-	-	-	17	20	-	-	15	10	10	-	15	20	-	-	25	-	-	-	18	12	2
16. Ichinose (Ma)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17. Ichihei (Mb)	-	-	25	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	10	-	-	-	4	11	-
18. Mizusuwa	-	-	20	-	-	10	17	-	-	12	-	-	-	35	-	-	-	22	22	-	-	16	12	-

Continued / Suite page suivante

Table II. Continued / Tableau I. Suite.

Varieties / cultivars	July				August				September				October				November				Mean*			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Variétés / cultivars	Juillet				Août				Septembre				Octobre				Novembre				Moyenne*			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Subtropical zone / Zone subtropicale																								
19. Hazzaz	-	18	45	-	20	25	25	20	-	65	17	18	-	37	17	-	-	20	22	-	4	33	25	7
20. Paraguay	-	20	-	-	-	25	-	-	-	60	32	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	13	12	-
21. PKS 1-2	-	10	20	-	28	20	20	-	-	20	-	-	-	15	13	-	-	13	-	13	6	15	10	2
22. PKS 1-4	-	20	20	-	30	16	17	-	10	15	10	13	20	17	-	-	-	17	10	-	8	17	12	2
23. PKS 1-9	-	13	27	-	-	10	19	13	-	12	20	15	-	10	10	-	-	20	-	-	-	13	15	6
24. PKS 1-11	-	-	37	-	-	-	25	-	-	27	15	10	-	25	20	-	-	15	10	-	-	13	21	2
25. PKS 1-12	-	10	20	25	-	20	20	13	-	30	17	17	-	20	30	-	-	-	-	-	-	4	17	11
26. PKS 1-14	-	-	20	-	-	10	20	10	15	25	20	17	-	20	17	17	-	25	17	10	3	15	19	11
Tropical zone / Zone tropicale																								
27. Philippine	-	-	20	-	-	-	15	-	-	17	-	-	-	20	-	-	-	25	-	17	-	12	3	3
28. Sulawesi I	-	70	-	-	-	20	-	-	-	72	-	-	-	10	-	-	20	13	-	-	4	35	-	-
28. Sulawesi II	-	20	-	-	23	20	27	-	-	-	20	-	30	-	20	-	27	-	-	-	16	8	10	-
30. Miuraso	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-
31. Australian (Ma)	-	-	22	-	-	55	20	-	-	12	20	-	-	25	25	-	15	32	20	10	-	25	22	2
32. Catania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	13	-	-	10	2	-	-	4
33. Calabreza	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
34. Berhampore	-	-	27	15	20	16	20	15	-	27	-	20	-	17	22	13	32	10	17	-	10	14	17	13
35. Kanva-2 (Ma)	-	56	35	-	14	36	20	20	23	35	-	15	20	20	-	13	26	32	10	-	17	36	13	10
36. Dharwar local (Ma)	-	10	-	-	-	10	-	-	-	15	-	-	-	12	10	-	-	-	-	-	-	9	2	-
37. Haveri I (Ma)	-	20	20	-	-	35	20	-	-	32	20	20	-	15	-	10	-	10	20	13	-	22	16	8
38. Haveri II (Ma)	-	16	20	-	-	17	20	13	-	25	20	20	-	10	17	-	-	-	15	-	-	14	18	7
39. Mundargi-L	-	25	20	20	-	25	12	30	30	20	-	27	10	20	-	-	-	-	-	-	8	18	6	15
40. Dehli-wild	-	15	22	-	-	20	30	10	10	17	20	20	-	16	27	17	-	20	-	22	2	14	20	14

Continued / Suite page suivante

Table II. Continued / *Tableau I. Suite.*

Varieties / cultivars	July				August				September				October				November				Mean*			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Variétés / cultivars	Juillet				Août				Septembre				Octobre				Novembre				Moyenne*			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
41. Soundatti-L	-	30	-	-	-	20	20	-	-	17	-	-	-	20	22	-	-	12	17	13	-	20	11	2
42. S-30	-	-	-	-	22	-	20	15	-	10	-	15	-	13	20	15	-	-	-	-	4	4	8	11
43. S-36	-	-	-	-	-	10	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-	9	-	-
44. S-41	-	-	17	-	30	15	-	-	-	10	-	-	-	20	-	-	-	57	-	-	6	20	3	-
45. S-54	-	-	-	-	-	16	-	-	-	15	22	17	-	15	13	17	-	-	-	20	-	9	7	7
46. T.G. var (Ma)	-	20	35	20	13	-	22	17	-	-	15	20	-	-	17	15	28	10	-	10	8	6	18	16
47. D.D. var (Ma)	-	-	30	10	25	-	13	10	-	15	-	10	20	25	13	-	20	20	-	-	13	12	11	6
48. Mysore local	-	-	30	27	-	-	22	22	-	10	-	20	-	13	30	22	-	-	13	27	-	4	19	24
49. RFS 135	-	-	17	-	-	13	20	13	-	17	13	20	-	-	-	-	-	20	20	-	-	10	14	6
50. RFS 175	-	-	22	-	-	15	20	17	-	20	-	15	20	22	15	-	-	12	-	17	4	14	11	10
51. OPH-I	-	-	37	-	-	16	20	17	-	20	13	15	-	15	20	-	-	15	15	10	-	13	19	8
52. OPH-II	-	-	20	-	-	17	15	-	-	-	-	20	-	12	20	-	-	22	10	10	-	10	9	6
53. Delhi complete	-	15	55	10	-	20	25	20	-	15	20	13	-	22	30	30	-	-	-	35	-	14	26	22
54. Challaguri-L	-	-	35	20	-	47	22	30	-	20	27	27	-	15	22	13	-	20	-	-	-	20	21	18

1 : 1984

2 : 1985

3 : 1986

4 : 1987

* : Mean of five months / *Moyenne de cinq mois.*Ma : *Morus alba.*Mb : *Morus bombycis.*Ml : *Morus latifolia.*

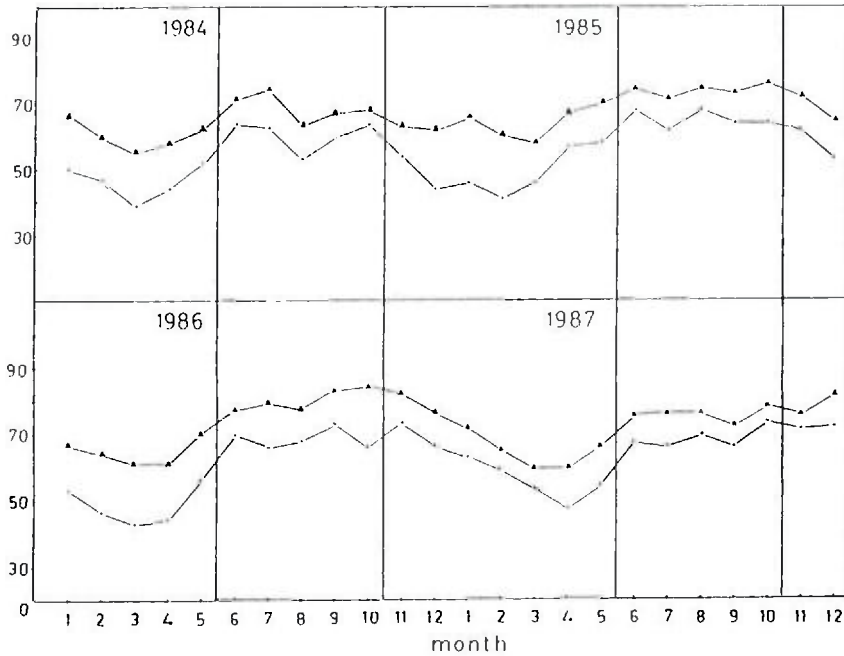


Fig. 1 : Relative humidity in percentage recorded.

Fig. 1 : Pourcentage d'humidité relative enregistré.

—▲— : 8.30
—●— : 15.00

DISCUSSION

While analysing the results yearwise (Table II) on the disease potential of 54 mulberry varieties against *C. moricola*, the following temperate varieties, viz., Tsukasaguwa, Goshierami, Miuraso, Kanzan, Kamiso-401, Kairyo-ichinose, MR, Catania, Calabreza, Ichinose, Ichihai, and some local varieties of tropical origin like : Dharwar, S-36 and S-54, were resistant to the disease ; while most of the other varieties showed varying degrees of resistance to the disease throughout the course of investigation.

A review of literature revealed that no work has been carried out on the disease resistance in mulberry varieties against *Cercospora* leaf spot and this is the first of its kind.

Apart from the inherent disease resistance in mulberry varieties some observations were also made on the environmental factors which have an influence on the disease expression, intensity, etc. The earlier work carried out by Siddaramiah *et al.* (1978) reported that a high atmospheric humidity and an average temperature of 24 °C was favourable for disease development. While the present study shows that an average relative humidity of 70 per cent and temperature of 26 °C or 27 °C to be most favourable for disease development. A series of experiments conducted during the 1980s by Sukumar and Ramalingam (1981, 1986, 1987) showed rainfall to be the sole agent in the initiation and spread of disease by way of splash mechanism. The present work established that an evenly distributed rainfall over a period of 8 days in a month was more effective in the spread and development of the leaf spot disease.

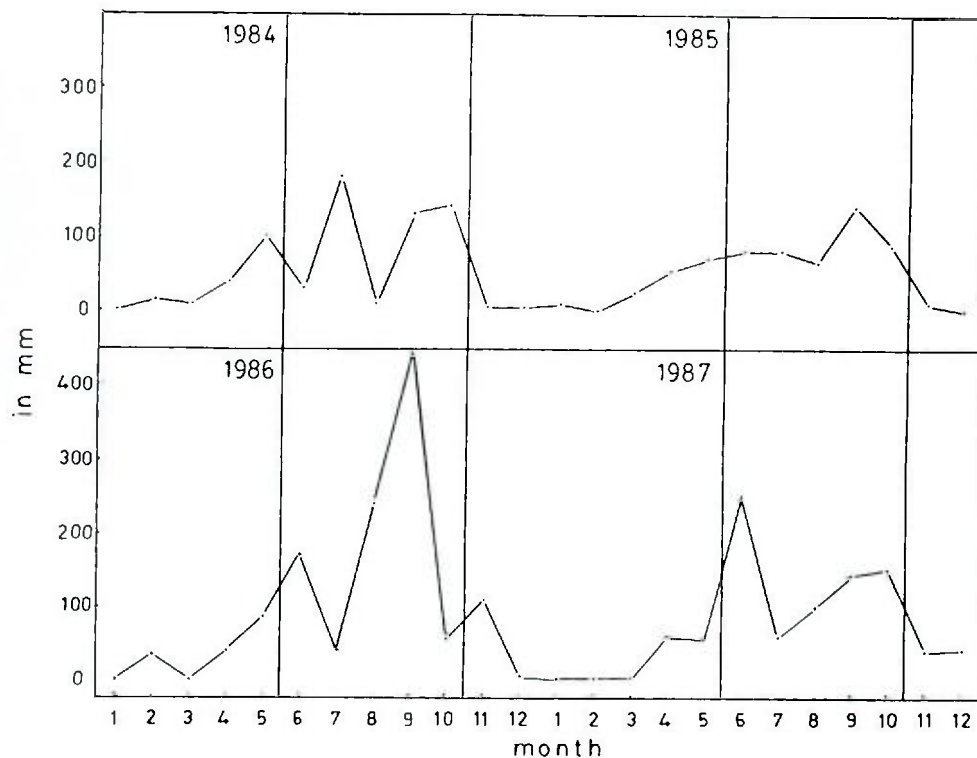


Fig. 2 : Monthwise distribution of rainfall recorded at Karnataka State Sericulture Development Institute (Bangalore, India).

Fig. 2 : Répartition mensuelle de la pluviométrie enregistrée à l'Institut de développement séricicole de l'Etat du Karnataka (Bangalore, Inde).

CONCLUSION

Generally, the mulberry in Southern India is susceptible to the leaf spot disease from the second fortnight of July to mid-October. The observations made during the present studies over a period of 4 years showed that, among the 54 varieties of mulberry screened, some of the varieties, mainly the temperate ones, viz., Tsukusaguwa, Goshocrami, Ichinose, Ichihei, Kamiso-401, Kairyo-ichinose, MR and Miuraso, showed resistance to the disease. In some of the varieties, necrotic symptoms were not fully expressed, thereby showing resistance to the disease. Some of the local mulberry varieties, viz., Dharwar, S-36 and Soundatti did show resistance to the disease, thus indicating their usefulness in mulberry improvement programmes. A preliminary observation on the yield loss indicated that a disease intensity of 10 spots $\times$ inch⁻² during the mid-monsoon stage reduced the leaf yield by 30 per cent.

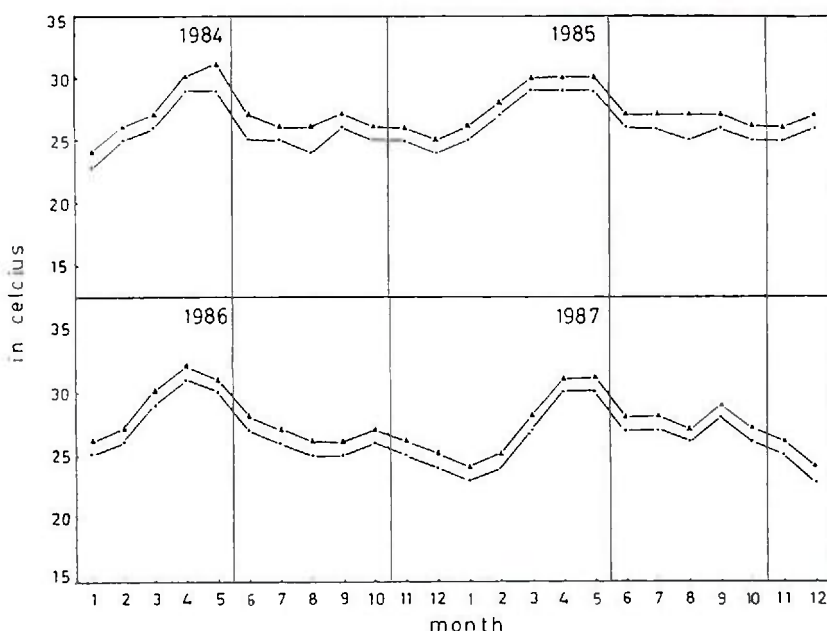


Fig. 3 : Average daily maximum and minimum temperature recorded at 8.30 and 15.00 hrs.

Fig. 3 : Températures maximales et minimales moyennes enregistrées à 8h00 et à 15h00.

▲ : Max.

● : Min.

The analysis of the data indicates that leaf spot severity and weather data (Fig. 1, 2 and 3) show good correlation. The temperature of 26 °C or 27 °C that prevails during the period June to October, relative humidity between 65-75 per cent and rainfall up to 80 mm distributed over 8 days in a month triggered off the pathogen the expression of symptoms. However, the heavy rainfall had a negative effect on disease severity even though the temperature and relative humidity were ideal, thus indicating that evenly distributed rains do play a major role in the disease spread.

REFERENCES

- CHUPP C. (1953) A monograph of the fungus genus, *Cercospora*. Publ. by the author, Ithaca, New York, pp. 667.
- KANTI K.S.R. (1975) Studies on *Cercospora* leaf spot of mulberry (*Morus alba* L.). M.Sc. (Agri.) Thesis, Subt. to Univ. Agric. Sci. Hebbal, Bangalore, pp. 116.
- McKINNEY H.H. (1923) Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. J. Agric. Res., 26, 195-217.
- PATEL M.K., KAMAT M.N., BHIDE V.P. (1949) Fungi of Bombay, Supplement I. Ind. Phytopathol., 2, 142-155.
- SIDDARAMIAH A.L., KRISHNA PRASAD K.S., HEDGE R.K. (1978) Epidemiological studies of mulberry leaf spot caused by *Cercospora moricola* Cooke. Indian J. Seric., 47, 44-47.
- SUKUMAR J., RAMALINGAM A. (1981) Splash dispersal of *Cercospora moricola*. Sci. and Cult., 47, 173-175.

- SUKUMAR J., RAMALINGAM A. (1986) Epidemiology of *Cercospora* leaf spot disease of mulberry. I. Stages of infection spots and conidial production. *Sericologia*, 26(4), 549-553.
- SUKUMAR J., RAMALINGAM A. (1987) Epidemiology of *Cercospora* leaf spot disease of mulberry. II. Leaf age and disease suscepibility. *Sericologia*, 27(4), 685-688.
- SUKUMAR J. (1988) Inhibition of conidial germination of *Cercospora moricola* by mulberry leaf leachates. *Sericologia*, 28(2), 249-252
- RANGASWAMY G., NARASIMHANNA M.N., KASIVISWANATHANK., SASTRY C.R. (1976) *Sericulture Manual. I. Mulberry Cultivation*. FAO, Rome, 150 pp.

TRI DE MURIERS POUR LA RESISTANCE POTENTIELLE A LA MALADIE DE LA TACHE FOLIAIRE (*CERCOSPORA MORICOLA* COOKE)

B.R. DAYAKAR YADAV, J. SUKUMAR & K.V. PRASAD

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

*Une sélection de la résistance aux maladies chez 54 variétés de mûriers (*Morus species*) réalisée de 1984 à 1987 a permis de mettre en évidence la résistance de 8 variétés tempérées et de 3 variétés tropicales à la maladie de la tache provoquée par *Cercospora moricola* Cooke. De plus, les données météorologiques révèlent qu'une humidité élevée (70 ± 2), une température modérée (26°C - 27°C) et une pluviométrie ne dépassant pas 80 mm sur 8 à 9 jours par mois entraînent un développement rapide de la maladie. On a donc effectué une sélection de la résistance potentielle à la maladie de la tache foliaire au cours de cette période.*

INTRODUCTION

Le genre *Cercospora* est de loin le plus grand groupe de champignons. Ils occasionnent des dommages considérables aux cultures, aussi bien dans les régions tempérées qu'en zones tropicales. A ce jour, quatre espèces ont été observées chez le mûrier et décrites par Chupp (1953) dans sa monographie : *C. missouriensis* Winter, *C. morina* Chupp, *C. mori* Hara et *C. moricola* Cooke.

En Inde, *C. moricola* se trouve principalement dans la partie sud (Patel et coll., 1949 ; Rangaswami et coll., 1976). Cooke (1883) a le premier observé une maladie de la tache foliaire, *C. moricola*, sur le mûrier (*Morus alba* L. et *M. rubra* L.) présentant les taches foliaires symptomatiques et causant des dommages importants au feuillage pendant la mousson dès le mois de juillet. Les symptômes se manifestent sous la forme de taches sphériques ou irrégulières, de taille variable avec un diamètre maximal de 8 mm. Les taches sont de couleur grise à ambrée avec des bords violets foncés à noirs. L'apparition d'un grand nombre de taches sur les jeunes feuilles entraîne un jaunissement et une défoliation prématurés, rendant les feuilles impropres au nourrissage des larves. Les pertes sont causées à 5 % par la défoliation et à 25 % par la destruction de la surface foliaire (Sukumar, 1987).

Dans le passé, plusieurs chercheurs ont étudié l'épidémiologie de *C. moricola*. Kanti (1975) a étudié les aspects physiologiques de *C. moricola*, parmi lesquels la toxicité résiduelle des feuilles traitées avec des fongicides. Par la suite, Siddaramiah et coll. (1978) ont démontré qu'une humidité atmosphérique élevée et une température moyenne de 24°C favorisaient le développement de la maladie. Sukumar et Ramalingam (1981, 1986, 1987 et 1988) ont étudié divers aspects de *C. moricola* comme l'influence de l'âge de la feuille, la sensibilité à la maladie, les stades de l'infestation, la production et la dispersion des conidies, et l'incidence de la maladie, et observé que la pluviosité était le seul facteur responsable de l'initiation et de la propagation de la maladie par projection.

Aucune recherche n'a été faite sur la sensibilité relative des variétés de mûrier à *C. moricola* mais on a observé que la variété Kanva-2, dont l'utilisation est largement répandue, était hautement sensible, d'où la nécessité de développer des variétés résistantes. Des expériences ont donc été réalisées afin de sélectionner des variétés présentant une résistance à *C. moricola*. La sélection a été

faite sur une période de 4 ans, de 1984 à 1987, portant sur 54 variétés de mûriers prélevées dans différentes zones géographiques à climat tempéré et tropical.

MATERIELS ET METHODES

Les expériences ont été réalisées au Karnataka State Sericulture Development Institute (Bangalore, Inde), situé à 12°58' N de latitude, 77°35' E de longitude et 914 m d'altitude, de 1984 à 1987. Cinquante-quatre variétés de mûriers ont été plantées dans des parcelles mesurant 5 m × 3 m, contenant 10 plants en rangées espacées de 90 cm et avec un intervalle de 90 cm entre les plants d'une même rangée. Les 54 parcelles ont été réparties au hasard à l'intérieur du bloc expérimental et ont été soumises à l'infestation naturelle (aucune inoculation artificielle n'a été faite). Après 90 jours de croissance, 5 plants de chaque variété ont été taillés dans chaque parcelle et les ramifications des 5 plants restants ont été laissées intactes afin de permettre l'infestation ; ensuite, pour l'acquisition des données, on a laissé les plants se développer de manière continue le reste de l'année. Les méthodes agronomiques recommandées ont été suivies pour la culture des plants.

L'incidence de la maladie a été observée à intervalles de 30 jours sur une période de 48 mois. Un carton comportant une fenêtre de 1 pouce carré (6,45 cm²) a été placé sur une feuille et le nombre de taches comprises a été compté et exprimé sous la forme de taches × pouce⁻². Les degrés suivants (Tableau I) ont servi de base pour exprimer la gravité de la maladie sous la forme d'indice de maladie suivant la procédure de McKinney (1923). Les valeurs n'ont pas été transformées en angulaires car l'intensité de la maladie se mesure en comptant le nombre de taches sur une zone unitaire (c'est-à-dire par pouce carré) qui est ensuite converti en pourcentage d'indice de maladie (IM) selon la formule suivante :

$$IM = \frac{\text{Degré dans le classement} \times \text{Fréquence}}{\text{Nombre total de feuilles} \times \text{Degré maximal (=10)}} \times 100$$

Pour l'évaluation de la résistance à la maladie, le degré de résistance totale à la maladie de la tache est le degré 1. Les données météorologiques, comprenant les températures moyennes minimale et maximale, l'humidité relative moyenne enregistrée à 8h30 et à 15h00 et la pluviométrie au cours des 24 dernières heures, ont été enregistrées tous les jours à 8h30 pendant toute la durée de l'expérience. Toutes les données météorologiques relevées ont été exprimées en valeurs moyennes et extrêmes pour un mois et sont présentées dans les figures 1, 2 et 3.

RESULTATS

Entre 1984 et 1987, la maladie de la tache a été observée de juin à septembre lorsque les conditions météorologiques étaient favorables au développement des maladies. L'indice de maladie utilisé est présenté dans le tableau I. Sur la base des données météorologiques, il apparaît que la maladie de la tache survient principalement à la mousson, c'est-à-dire de mai à octobre (mousson du sud-est). L'intensité de la maladie a été évaluée sur toutes les feuilles de chaque pousse, numérotées 1, 2, 3 etc., de haut en bas. Les six feuilles supérieures sont extrêmement sensibles à l'infestation. La maladie se manifeste 8 à 10 jours après infestation des feuilles. Dans l'intervalle, 3 à 4 nouvelles feuilles sont produites à l'extrémité de la branche, plaçant ainsi les feuilles infestées plus bas sur la branche ; de ce fait, les feuilles qui occupaient les 6 premières positions au moment de la déposition de l'inoculum occupent les positions 4 à 9 au moment de l'expression de la maladie. Ainsi, les feuilles occupant les positions 4 à 9 présentent les symptômes de maladie. On a donc pris la feuille occupant la position 7 sur la tige pour l'évaluation pendant toute la durée de l'expérience. Les données annuelles sont présentées dans le tableau II.

Première année (1984) :

Au cours de cette année, l'intensité moyenne de la maladie a été maximale pendant la deuxième quinzaine de juin. Les données météorologiques enregistrées pour cette période révèlent une pluviométrie totale de 31 mm répartie sur 8 jours, une température moyenne maximale de 27 °C et une température moyenne minimale de 25 °C avec une humidité relative de 65 à 70 % (68 ± 4). Les conditions météorologiques étaient donc favorables au développement de la maladie. Parmi les 54 variétés sélectionnées, les variétés Tsukasaguwa, Gosheorami, Kanzan, Australian, Kairyo-ichinose, Ichinose, Ichihei, Mizusuwa, Miuraso, PKS 1-9, PKS 1-11, PKS 1-12 et les variétés locales Dharwar, Haveri-I, Soundatti, S-36, S-54, RFS-135, OPH-1 et Challagere se sont montrées résistantes à la maladie. Toutes les autres variétés ont subi l'infestation à divers degrés.

Deuxième année (1985) :

Au cours de cette année, le taux moyen de maladie a été maximal à la mi-août. A cette période, la pluviométrie a été de 67 mm sur 13 jours, la température moyenne maximale de 27 °C et la température moyenne minimale de 25 °C pour une humidité relative de 68 à 75 % (71 ± 4). Les variétés Tsukasaguwa, Catania, Calabreza, Gosheorami, PKS 1-12, MR, Miuraso, Ichinose, Ichihei et TG ont présenté une résistance à la maladie ; tandis que les autres variétés présentaient différents degrés de sensibilité à la maladie.

Troisième année (1986) :

L'intensité de la maladie a été maximale au cours de la première quinzaine de juin avec une pluviométrie de 42 mm sur 7 jours, une température maximale moyenne de 27 °C, une température minimale moyenne de 26 °C et une humidité relative de 66 à 79 % (72 ± 6). Les variétés Tsukasaguwa, Gosheorami, Kanzan, Kamiso-401, Kairyo-ichinose, Miuraso, Sulawesi-I, MR, Catania, Calabreza, Italienne, Ichinose et les variétés locales Dharwar et S-36 se sont montrées résistantes à la maladie tandis que toutes les autres ont présenté divers degrés de sensibilité à la maladie.

Quatrième année (1987) :

Au début septembre, le taux de maladie a été maximal en raison des conditions météorologiques favorables. La pluviométrie a été de 143 mm répartis sur 9 jours, la température maximale moyenne de 29 °C et la température minimale moyenne de 28 °C pour une humidité relative de 66 à 72 % (69 ± 3). Sur les 54 variétés sélectionnées, les variétés Gosheorami, Miuraso, Sulawesi-I et II, Wasimidori, Kanzan, Kamiso-401, Paraguay, PKS 1-14, Ichinose, Ichihei, MR, Calabreza, Italienne, Mizusuwa et les variétés locales Dharwar, Soundatti, S-36 et S-41 se sont révélées résistantes, les autres étant sensibles à la maladie.

DISCUSSION

L'analyse des résultats par année (Tableau II) sur le potentiel de résistance à *C. moricola* de 54 variétés de mûriers montre que les variétés tempérées Tsukasaguwa, Gosheorami, Miuraso, Kanzan, Kamiso-401, Kairyo-ichinose, MR, Catania, Calabreza, Ichinose, Ichihei et certaines variétés locales d'origine tropicale comme Dharwar, S-36 et S-54 sont résistantes à la maladie tandis que la plupart des autres variétés présentaient divers degrés de sensibilité à la maladie pendant toute la durée de l'expérience.

La lecture de la documentation révèle qu'aucune recherche n'a été effectuée sur la résistance à la maladie de la tache causée par *C. moricola* en fonction des variétés de mûriers, cette étude est donc la première de son genre.

Outre la résistance inhérente à la maladie chez certaines variétés de mûriers, des observations ont également été faites sur les facteurs écologiques ayant une influence sur l'expression et l'intensité de la maladie. Siddaramiah et coll. (1978) ont observé qu'une humidité atmosphérique élevée et une température moyenne de 24 °C favorisent le développement de la maladie. Notre étude montre que le développement de la maladie est optimal avec une humidité relative moyenne de 70 % et une température de 26 °C à 27 °C. Une série d'expériences menée dans les années 1980 par Sukumar et

Ramalingam (1981, 1986, 1987) a montré que la pluviosité était le seul facteur d'initiation et de propagation de la maladie par projection de l'eau. Le travail décrit ici établit qu'une pluviosité uniformément répartie sur une période de 8 jours dans un mois favorise la propagation et le développement de la maladie de la tache.

CONCLUSION

Généralement, dans le sud de l'Inde, le mûrier est sensible à la maladie de la tache de la deuxième quinzaine de juillet à la mi-octobre. Les observations effectuées sur une période de quatre ans et présentées ici montrent que, sur les 54 variétés de mûriers sélectionnées, certaines de ces variétés, principalement les variétés tempérées, à savoir : Tsukusaguwa, Goshoeami, Ichinose, Ichihci, Kamiso-401, Kairyo-ichinose, MR et Miuraso, sont résistantes à la maladie. Chez certaines de ces variétés, les symptômes nécrotiques ne sont pas totalement exprimés, ce qui prouve leur résistance à la maladie. Certaines des variétés locales – Dharwar, S-36 et Soundatti – présentent bien une résistance à la maladie, ce qui indique qu'elles peuvent être utilisées dans les programmes d'amélioration des mûriers. Des études préliminaires sur la perte de rendement indiquent qu'une intensité de maladie de 10 taches $\times$ pouce⁻² en pleine mousson faisait diminuer le rendement en feuilles de 30 %.

L'analyse des données indique que la gravité de la maladie de la tache et les données météorologiques (Fig. 1, 2 et 3) sont corrélées. Une température de 26 °C ou 27 °C de juin à octobre, une humidité relative entre 65-75 % et une pluviométrie atteignant 80 mm sur 8 jours dans un mois déclenchent l'agent pathogène et l'expression des symptômes. Cependant, une pluviosité abondante a un effet négatif sur l'incidence de la maladie même lorsque la température et l'humidité relative sont optimales, ce qui montre qu'une pluviosité uniformément répartie joue un rôle prépondérant dans la propagation de la maladie.

STUDIES ON *THEOPHILA RELIGIOSAE* HELF. (LEPIDOPTERA : BOMBYCIDAE), A PEST OF THE MULBERRY

K.P. JAYASWAL*, K. MANDAL & G. SUBBA RAO

Central Sericultural Research and Training Institute, Research Extension Centre,
Kalimpong - 734 301, West Bengal, India.

The biology of Theophila religiosae Helf. (Lepidoptera : Bombycidae) of one annual cycle was studied from February 1985 to April 1986. The egg, pupal and adult stages were studied indoors, and the larval stage was studied outdoors on mulberry plants. The species completed four generations in a year and diapaused in the egg stage for 2-2.5 months during the winter season. The incubation (non diapause eggs), larval, prepupal and pupal periods occupied 10 to 15, 25 to 41, 5 and 10 to 27 days, respectively. The larva was a tetramoulter and possessed a moricaud pattern of markings. The species was found to be parasitized by an ichneumonid, Xanthopimpla theophilae Rao. The salient external morphology, in brief, of each stage of the life cycle has been presented in addition to the behaviour of the larva and its nature of injury to a mulberry plant.

Keywords : *Theophila religiosae*, *Xanthopimpla theophilae*, moricaud, biology.

INTRODUCTION

Theophila religiosae Helf. inhabits the temperate Himalayan sides from the north-west Himalayas to Assam. However, in Assam it is widely distributed (Chowdhury, 1984 ; Hampson, 1892 ; Mukherjee, 1919). It is a pest of the mulberry and feeds also on the peepul, *Ficus religiosae* (Sarkar, 1977). This species, because of its geographical distribution and number of chromosomes (31 n), occupies a peculiar position in the evolutionary ladder of bombycid species, and it is the nearest species to *Bombyx mandarina* Moore and *Bombyx mori* L. (Tazima, 1974). There are three more species of this genus, viz., *T. lugubris* D. found in Madras, *T. mandarina* M. in Formosa and *T. horsfieldi* M. in Java (Grunberg, 1913 ; Strand, 1922).

There are two generations of this species in a year in the north-west Himalayas as studied by Hutton in 1849 (Butler, 1887 ; Watt, 1873), but in Assam it is a pentamoulter and multivoltine and some of its pupae are found in hibernating stage (Chowdhury, 1984), on the other hand in the Kalimpong region, which is located at the height of 1182 meters MSL, this species is active from early February to mid-December, completing four generations in a year and diapausing in the egg stage during the winter season. A state of overlapping of generations occurs in the population as a result of the sporadic hatching in diapause eggs. The larva of this species has been observed to moult four times. It has been found to be parasitized by *Xanthopimpla theophilae* Rao, confirming the report of Rao (1952) who recorded it in Mussoorie (U.P.).

The information on its life cycle in details and the salient external features of each life stage is lacking and hence this study was undertaken in Kalimpong for its one annual cycle.

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

MATERIALS AND METHODS

Since heavy mortality, when reared on mulberry leaves indoors in transparent plastic jars, was observed in the larval stage, they were reared outdoors on the mulberry plants following their hatching. And thus, observations were made on the behaviour of the larvae outdoors. The cocoons formed on the mulberry plants were brought indoors and kept in five transparent plastic jars (18 × 11 cm) each with ten cocoons of either sex equal in number. Four mulberry sticks, each measuring 12 cm in length, were placed inside each jar. The mulberry stick with a pair of mating moths was removed from the jar and placed carefully inside a separate jar. All the jars were covered with cotton nets. Observations on the pupal and adult stages, including the egg stage, were made indoors at room conditions at 8-16 °C from November 1985 to February 1986 and at 12-28 °C from March 1985 to October 1986. The behaviour of egg laying was also recorded outdoors in the mulberry field by releasing 3-4 indoor-mated female moths. The newly hatched larvae from 3 to 4 layings were transferred outdoors on mulberry plants for conducting the rearing. The above procedures were repeated in each generation of one annual cycle from February 1985 to April 1986.

Measurements were made using the freshly laid eggs, maximum larval length of each instar, one-day-old pupae and newly emerged moths. The prepupal period was calculated taking into consideration the time at which it started spinning and the time at which it pupated. The prepupal and pupal stages were studied by cutting the cocoons.

RESULTS

The results of the observations are presented under different heads.

Eggs :

The female moth laid 179 to 320 eggs in a cluster on a twig of a mulberry plant. Rarely the eggs were laid on the ventral surface of the leaf. The eggs were covered with brown hairs and were yellow, flat and oval with fine punctation. They measured 0.15 to 0.16 cm in width and 0.17 to 0.18 cm in length (Fig. 1).



Fig. 1 : Eggs / Oeufs.

The eggs laid during the period from November to December entered diapause for 2-2.5 months and the hatching took place in the overwintered eggs during the period from February to late March. In the diapause eggs laid in November the hatching commenced early, i.e., during February, and in

the diapause eggs laid in December the hatching set in late, i.e., during March. Besides, in the diapause eggs laid by a moth the hatching was found to be sporadic and it continued for a period of 20 to 35 days. The incubation period of the non diapause eggs laid from April to October ranged from 10 to 15 days, and the hatching completed in about 2 days in a cluster of the non diapause eggs laid by a moth.

Larva :

The larva passed through 5 distinct instars. The moulting larvae of each instar rested firmly with their heads upwards and held with their prolegs the silken nets already spun by them on the dorsal side of the leaves and remained so till they came out of the moult. They shed their head capsules first and then pushed forward through their old skin remnants. The newly moulted larvae were soft and light in markings with a yellow head and light brown subdorsal tubercles and caudal horn. They resumed feeding in about an hour and acquired their usual markings within two hours. The larvae were sluggish in movement but they could hardly be detached from their hold because of their strong grasp. The larval period occupied 25 to 44 days being longer in the spring and late autumn seasons.

a) First instar :

The newly hatched larva looked like a hairy caterpillar and measured about 0.4 cm. The head and body were black but the prothorax and 1st abdominal segment dorsally and meso- and metathorax laterally were yellowish white. Prior to the completion of the first instar, it measured 0.6 to 0.7 cm and the markings were yellowish white with black spots and streaks from the prothorax to the 1st abdominal segment and the remaining body brown with black spots and streaks. Each segment, in addition to the lateral and basal tubercles, possessed a subdorsal tubercle with long bristles on each side from the prothorax to the 9th abdominal segment barring the 8th abdominal segment with a middorsal caudal horn in place of subdorsal tubercles. This instar lasted from 6 to 8 days.

b) Second instar :

The second instar larva did not exactly resemble the first instar. Like in the first instar the head was black, but from the prothorax to the anterior half of the 3rd abdominal segment yellowish white with black spots and streaks and the remaining body brown with black spots and streaks. Unlike the first instar, there were no subdorsal tubercles on the prothorax and the first abdominal segment, and the tubercles present on the body had very small bristles. The larva was about 1 cm in length and took 5 to 7 days.

c) Third instar :

In the markings the 3rd instar resembled the 2nd instar, but unlike the previous instar the upper half of the head was mostly black and the lower half brown with black spots and streaks. There were no subdorsal tubercles on the thoracic and 1st abdominal segments excepting the metathoracic segment which sometimes had small subdorsal tubercles.

The larva measured from 1.9 to 2.1 cm in length and occupied 6 to 8 days.

d) Fourth instar :

The markings of the body looked similar to the previous instar but for the head with black, brown and yellow spots and streaks. There were no subdorsal tubercles on the thoracic and 1st abdominal segments.

The larva was 3 to 3.3 cm in length and completed this instar in 5 to 8 days.

e) Fifth instar :

The fifth instar larva resembled the previous instar except for size. A full grown larva (Fig. 2) possessed a moricaud pattern of markings, i.e. it had yellowish white with black spots and streaks from the prothorax to the anterior half of the 3rd abdominal segment and the remaining body brown with black spots and streaks. Patterns of black spots and streaks varied from one generation to the other. The venter of the body was yellowish white or black. The first three segments of the body were very much swollen. In each segment from the 2nd to 9th abdominal segments there was a small

basal tubercle and a subdorsal tubercle on each side except the 8th with a middorsal caudal horn in place of subdorsal tubercles. There were two small submarginal protuberances behind each subdorsal tubercle of the 9th abdominal segment.

The larva measured about 6 cm in length and 1.5 cm in width and occupied 6 to 10 days.

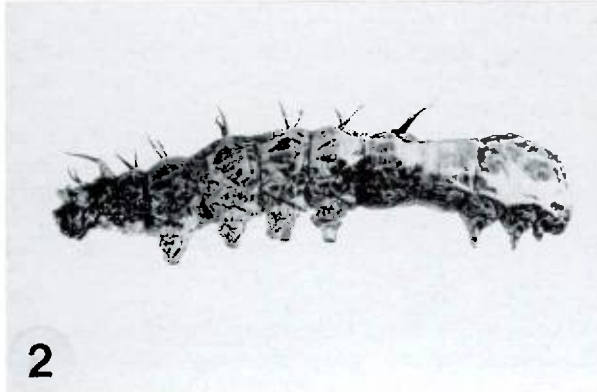


Fig. 2 : A full grown larva / *Larve mature*.

Prepupa :

The mature larva held either side of a leaf and made a fold with the help of silk and constructed a light yellow cocoon pointed at one end in about 3 days in the leaf fold. Within the cocoon, it shrank in length and became a pupa in about 2 days. The cocoon was highly flossy and had a thin film of outer covering of silk (Fig. 3). The female cocoon, after removal of the floss, measured from 3.2 to 3.3 cm in length and from 1.4 to 1.5 cm in width. The male cocoon, after removal of the floss, ranged from 2.9 to 3.0 cm in length and from 1.3 to 1.5 cm in width. The size of the female pupa was from 2.5 to 2.8 cm in length and from 1.0 to 1.1 cm in width, weighing from 2.1 to 2.14 g and of the male pupa from 1.9 to 2.2 cm in length and from 0.75 to 0.9 cm in width, weighing from 1.1 to 1.2 g.

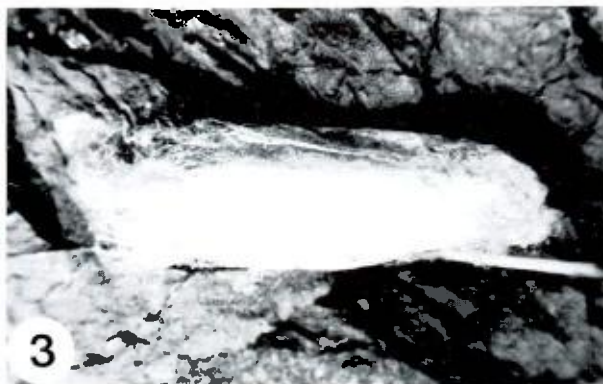


Fig. 3 : A cocoon / *Cocon*.

Pupa :

The freshly formed pupa was light yellow in colour and gradually turned black or brown or the whole body brown, barring the black head and wing regions within ten hours. With the change of the body colour the skin became harder gradually.

The female pupa was bigger than the male pupa (Fig. 4). In addition, the female pupa exhibited a fine longitudinal line on the 8th abdominal segment ventrally, whereas such marking was absent in the case of the male pupa.

The pupal period occupied from 10 to 27 days, being longer in the spring (1st) and late autumn (last) generations of the year.



Fig. 4 : Cocoons cut open to show pupae / *Cocons ouverts montrant les chrysalides.*

Moth :

The head, thorax and abdomen were greyish brown and the 1st segment of the abdomen dark. The thorax had a bell-shaped indistinct dark line and above it a submarginal dark line. The outer margin of both wings was more or less crenulated. The forewing was greyish brown with obliquely curved, antimedial and median indistinct dark lines and it possessed a transverse postmedian line, one or two twice-curved submarginal lines and a large dark apical spot. The hindwing was darker and had a curved submarginal line.

Characteristically, the male had smaller antennae. Its body and the abdomen were smaller and thinner respectively as compared to those in the female. The last segment of the abdomen of the female was dark. The female moth was with a wing expansion of 6.1 to 6.5 cm and the male with a wing expansion of 4.5 to 4.8 cm (Fig. 5).

Mating occurred soon after the emergence of male and female moths and in some cases they copulated within 3 days of the emergence. However, the mating did not take place easily. The copulation lasted for 1 day and just after the decopulation the females started ovipositing and completed the same within two days. The life span of the female and male moths was from 7 to 11 days and from 4 to 10 days, respectively.

Nature of injury :

The newly hatched larvae moved quickly to the leaves and started feeding on the leaves. The late age larvae fed on the leaves, causing loss to mulberry leaf crop.

They fed on the leaves by cutting from the margin as well as cutting round holes in the centre leaving the midrib and thick veins.

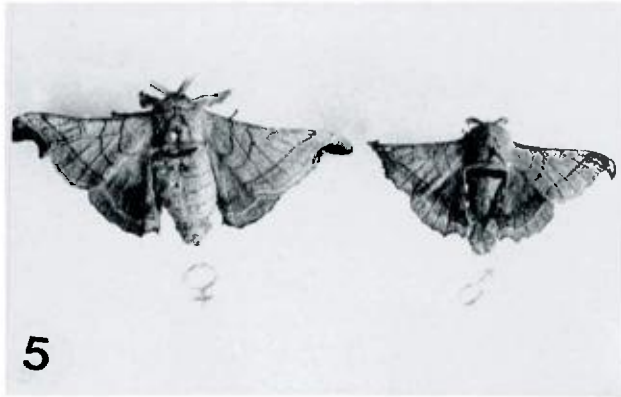


Fig. 5 : Female and male moths / *Papillons femelle et mâle.*

Parasite :

During the course of the study, it was observed that this species was parasitized by an ichneumonid, *Xanthopimpla theophilae* Rao. The adult parasites were collected after they had emerged from the pupae, killing the hosts kept in plastic jars, and their study revealed the following salient external features. The body was yellowish brown with black markings ; the antennae were shorter than the body, the wings were hyaline and the veins dark brown. The ovipositor was long, a little over one-fourth the length of the body of the female. The female measured from 1.6 to 1.8 cm and the male from 1.6 to 1.7 cm (Fig. 6).



Fig. 6 : Female and male parasites / *Parasites femelle et mâle.*

DISCUSSION

The larvae of *T. religiosae* cannot be reared indoors and if it is done either they escape from the rearing trays (Chowdhury, 1984) or their mortality is high when they are reared in confinement, i.e. in jars. It is reported that the wild form of the eriworm, *Philosamia cynthia*, cannot be reared indoors and if it is conducted, mortality of the larvae becomes usually high (Sarkar, 1988). The larvae of *T. religiosae* can hardly be detached from their hold like larvae of *Philosamia cynthia* (Sarkar, 1988).

The report of Mukherjee (1919) indicates that cocoons of *T. religiosae* are indifferently loose or firm and white or yellow, like cocoons produced by various mulberry silkworms of *B. mori*, and besides, the appearance of the caterpillar and moth of this species resembles closely the appearance of the mulberry silkworm and moth. Cocoons of *T. religiosae* in the Himalayas are almost as good as European mulberry cocoons.

According to Doira (1978) there are at least five different types of moulting in the silkworm, namely bi-, tri-, tetra-, penta- and hexamoulters. The most common types in the primitive domestic silkworm varieties and in the wild moths are trimoulters, whereas almost all present day commercial strains are tetramoulters. However, in *T. religiosae*, only two types of moulting, namely tetra- and pentamoulters have been recorded.

Chowdhury (1984) has observed that the characteristics of *T. religiosae* and *B. mandarina* are more or less alike. Both species have a moricaud pattern of the larva, which is the original larval marking of the silkworm. Their cocoons are pointed, yellow and flossy and the moths are almost similar in the colouration. The continental variety of *B. mandarina* (28 n) displays dual diapauses in the diapausing generation as an embryo and as a pupa. Relatively few insects have been found to be capable of diapausing at more than one point in their life cycles. Such dual diapauses have also been reported in the winter moth, *Operophtera brumata* (Behrens, 1985). However, *T. religiosae* undergoes a facultative diapause either as an embryo or as a pupa.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to Dr R.K. Roy, Lecturer, Zoology Dept., Kalimpong Govt. College, Kalimpong, India, for taking the photographs and extending other useful help.

REFERENCES

- BEHRENS W. (1985) Environmental aspects of insect dormancy. In *Environmental Physiology and Biochemistry of Insects*. Edited by K.H. Hoffmann, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, p. 71.
- BUTLER E.A. (1887) *Silkworms*. George Allen and Unwin Ltd., London, p. 80.
- CHOWDHURY S.N. (1984) Mulberry Silk Industry. Shillong, pp. 34-36 and 124.
- DOIRA H. (1978) Genetic stocks of the silkworm. In *The Silkworm : An important Laboratory Tool*. Edited by Y. Tazima, Kodansha Ltd., Tokyo, p. 65.
- GRUNBERG K. (1913) In *The Macrolepidoptera of the World, Bombycis and Sphinges*. Edited by A. Seitz (1908-1933), Stuttgart, 2, 190.
- HAMPSON G.F. (1892) *The Fauna of British India including Ceylon and Burma, Moths*. Dr W. Junk b.v. Publishers, The Hague, 1, 37.
- MUKHERJEE N.G. (1919) *Handbook of Sericulture*. Publ. Bengal Secretariate Book Depot, Calcutta, pp. 153-155.
- RAO S.N. (1952) On a collection of Indian Ichneumonidae (Hymenoptera) in the Forest Research Institute, Dehra Dun. *Indian Forest Res.*, 8(8), 159-162.
- STRAND E. (1922) In *The Macrolepidoptera of the World, Bombycis and Sphinges of the Indo-Australian Region*. Edited by A. Seitz (1908-1933), Stuttgart, 10, 439-440.
- SARKAR D.C. (1977) *Sericulture and Silk Industry in India*. Bulletin of the Indian Museum, Calcutta, p. 10.

- SARKAR D.C. (1988) *Ericulture in India*. Central Silk Board, Bangalore, pp. 24 and 47.
- TAZIMA Y. (1964) *The Genetics of the Silkworm*. Logos Press Ltd., London, pp. 1-2.
- WATT G. (1873) *A Dictionary of the Economic Products of India (Silk to Tea)*. Cosmo Publications, Delhi (reprint 1972), 8(3), 3-5 and 236.

ETUDES SUR *THEOPHILA RELIGIOSAE* HELF. (LEPIDOPTERA : BOMBYCIDAE), UN PARASITE DU MURIER

K.P. JAYASWAL*, K. MANDAL & G. SUBBA RAO

Central Sericultural Research and Training Institute, Research Extension Centre,
Kalimpong 734 301, West Bengal, Inde.

Le cycle annuel de Theophila religiosae Helf. (Lepidoptera : Bombycidae) a été étudié de février 1985 à avril 1986. L'oeuf, la chrysalide et l'adulte ont été étudiés en milieu fermé tandis que le stade larvaire a été étudié en milieu naturel sur les plants de mûriers. Cette espèce donne quatre générations par an et subit une diapause de 2 à 2,5 mois en hiver au stade oeuf. L'incubation (oeufs non diapausants), les périodes larvaires, prépupales et pupales durent respectivement de 10 à 15 jours, 25 à 41 jours, 5 jours et 10 à 27 jours. La larve est tétramante et présente des marquages moricauds. Cette espèce est infestée par un ichneumonidé, *Xanthopimpla theophilae* Rao. Les caractéristiques morphologiques externes principales de chaque stade du cycle sont brièvement décrites ainsi que le comportement de la larve et la nature des dommages qu'elle occasionne sur le plant de mûrier.

INTRODUCTION

Theophila religiosae Helf. habite les pentes tempérées des montagnes himalayennes du nord-ouest de l'Himalaya jusqu'à l'Etat de l'Assam où il est largement répandu (Chowdhury, 1984 ; Hampson, 1892 ; Mukherjee, 1919). C'est un parasite du mûrier qui se nourrit également du figuier indien *Ficus religiosae* (Sarkar, 1977). Cette espèce, du fait de sa répartition géographique et de son nombre de chromosomes (31 n), occupe une place particulière dans l'échelle de l'évolution des espèces bombycides : c'est l'espèce la plus proche de *Bombyx mandarina* Moore et de *Bombyx mori* L. (Tazima, 1964). On connaît trois autres espèces appartenant au même genre : *T. lugubris* D. que l'on trouve à Madras, *T. mandarina* M. à Formose et *T. horsfieldi* M. à Java (Grunberg, 1913 ; Strand, 1922).

D'après les études d'Hutton en 1849, cette espèce a deux générations par an dans le nord-ouest de l'Himalaya (Butler, 1887 ; Watt, 1873), tandis que dans l'Etat de l'Assam c'est un insecte pentamante et polyvoltin dont certaines chrysalides hibernent (Chowdhury, 1984). Par ailleurs, dans la région de Kalimpong, située à une altitude de 1182 m, cette espèce est en activité du début du mois de février au milieu du mois de décembre, passant ainsi par quatre générations par an et diapausant au stade oeuf en hiver. On observe un chevauchement des générations résultant de l'éclosion irrégulière des oeufs diapausants. La larve de cette espèce mue quatre fois et est parasitée par *Xanthopimpla theophilae* Rao, ce qui confirme les observations de Rao (1952) dans le Mussoorie (UP).

En l'absence d'informations sur son cycle vital et sur les caractéristiques externes principales des stades de son cycle, une étude a été entreprise à Kalimpong afin de décrire le cycle annuel de cette espèce.

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

MATERIELS ET METHODES

Une mortalité très élevée ayant été constatée chez les larves élevées en milieu fermé dans des bocaux en plastique transparent sur des feuilles de mûrier, les larves en sortie d'éclosion ont été élevées à l'extérieur sur des plants de mûrier. Les observations concernent donc le comportement des larves à l'extérieur. Les cocons formés sur les plants de mûrier ont été transférés en laboratoire et stockés dans cinq bocaux en plastique transparent (18 x 11 cm) contenant chacun 5 cocons mâles et 5 cocons femelles. On a placé quatre branches de mûrier de 12 cm de long par bocal. Les branches de mûriers comportant un couple de papillons accouplés ont été prélevées et placées avec précaution dans des bocaux séparés. Tous les bocaux ont été recouverts de filets en coton. Les observations sur les stades pupal et adulte, ainsi que sur le stade oeuf, ont été effectuées en milieu clos à température ambiante de 8 à 16 °C de novembre 1985 à février 1986 et de 12 à 28 °C de mars 1985 à octobre 1986. Le comportement de ponte a été observé à l'extérieur chez les papillons femelles accouplés relâchés dans la mûraie. Les larves en sortie d'éclosion de 3 à 4 pontes ont été transférées dans la mûraie pour l'élevage. Les protocoles décrits ci-dessus ont été répétés quatre fois pour chaque génération sur une période d'un an de février 1985 à avril 1986.

Les observations concernent les oeufs récemment pondus, la longueur larvaire maximale à chaque âge, la chrysalide âgée d'un jour et les papillons de l'émergence. La période pré-pupale a été calculée en fonction du temps écoulé entre le début du filage et le début de la nymphose. Les stades pré-pupal et pupal ont été étudiés en ouvrant les cocons.

RESULTATS

Les résultats des observations sont présentés sous différentes rubriques.

L'oeuf :

Un papillon femelle pond entre 179 et 320 oeufs en grappe sur une brindille de mûrier. Les oeufs sont rarement pondus sur la surface ventrale de la feuille. Les oeufs sont recouverts de poils marron et sont jaunes, plats, de forme ovale et finement ponctués. Ils mesurent entre 0,15 et 0,16 cm de large et 0,17 à 0,18 cm de long (Fig. 1).

Les oeufs pondus entre novembre et décembre subissent une diapause de 2 à 2,5 mois et l'éclosion des oeufs hivernants a lieu de février à la fin mars. Les oeufs diapausants pondus en novembre éclosent tôt, en février, et les oeufs diapausants pondus en décembre éclosent plus tard, en mars. En outre, on a observé une éclosion sporadique s'étalant sur une période de 20 à 35 jours des oeufs diapausants issus d'un même papillon. La période d'incubation des oeufs non diapausants pondus d'avril à octobre varie de 10 à 15 jours et l'éclosion est terminée en deux jours pour un groupe d'oeufs non diapausants issus d'un même papillon.

La larve :

Cette espèce passe par cinq âges larvaires distincts. Lorsqu'elles muent, les larves maintiennent leur tête dressée vers le haut et s'accrochent, à l'aide de leurs fausses pattes, aux filets de soie déjà filés sur le côté dorsal des feuilles jusqu'à la sortie de mue. Elles perdent d'abord leurs capsules céphaliques puis se dégagent de leurs téguments. Les larves en sortie de mue sont molles et légèrement marquées, elles ont une tête jaune, des tubercules subdorsaux et une corne caudale marron clair. Elles reprennent leur alimentation après une heure environ et leurs marquages normaux apparaissent après deux heures. Les larves se déplacent lentement mais sont difficiles à détacher du fait de la force de leur prise sur leur point d'appui. La période larvaire dure de 25 à 44 jours et est plus longue au printemps et à la fin de l'automne.

a) Premier âge :

La larve en sortie d'éclosion est une chenille velue et mesure environ 0,4 cm. La tête et le corps sont noirs mais le prothorax et la partie dorsale du premier segment ainsi que le côté latéral du mésothorax et du métathorax sont blanc jaunâtre au niveau dorsal. Avant la fin du premier âge, la larve mesure 0,6 à 0,7 cm et les marquages sont de couleur blanc jaunâtre avec des points noirs et des

rayures allant du prothorax au premier segment abdominal, le reste du corps est marron avec des points et des rayures noirs. Chaque segment possède, en plus des tubercules basaux et latéraux, un tubercule subdorsal avec de longues soies de chaque côté du prothorax jusqu'au 9^e segment abdominal, sauf le 8^e segment qui possède une corne caudale médiodorsale à la place des tubercules subdorsaux. Cet âge dure de 6 à 8 jours.

b) Deuxième âge :

La larve du deuxième âge n'est pas tout à fait identique à celle du premier âge. Comme pour le premier âge, sa tête est noire mais elle est de couleur blanc jaunâtre du prothorax à la moitié antérieure du 3^e segment abdominal avec des points et des rayures noires, le reste du corps étant marron avec des points et des rayures noires. Contrairement au premier âge, il n'y a pas de tubercules subdorsaux sur le prothorax ni sur le premier segment et les tubercules présents sur le corps ont de très petites soies. La larve mesure à peu près 1 cm de long et le deuxième âge dure 5 à 7 jours.

c) Troisième âge :

Le troisième âge ressemble au second pour ce qui est des marquages, mais diffère de l'âge précédent pour ce qui concerne la moitié supérieure de la tête qui est le plus souvent noire, la moitié inférieure étant marron avec des points et des rayures noirs. Il n'y a pas de tubercules subdorsaux sur le premier segment et sur le segment thoracique sauf sur le segment métathoracique qui présente parfois de petits tubercules subdorsaux.

La larve mesure de 1,9 à 2,1 cm de long et la durée du troisième âge est de 6 à 8 jours.

d) Quatrième âge :

Les marquages du corps sont identiques à ceux de l'âge précédent, sauf la tête qui présente des points et des rayures noires, marron et jaunes. Il n'y a pas de tubercules subdorsaux sur le segment thoracique et sur le premier segment.

La larve mesure de 3 à 3,3 cm de long et termine cet âge en 5 à 8 jours.

e) Cinquième âge :

La larve du cinquième âge ressemble à celle de l'âge précédent sauf pour la taille. Une larve mature (Fig. 2) présente un dessin de marquages moricauds : elle a des rayures et des points noirs et blanc jaunâtre du prothorax jusqu'à la moitié antérieure du 3^e segment et le reste du corps est marron avec des points et des rayures noirs. Les dessins de points et de rayures noires varient d'une génération à l'autre. La partie ventrale du corps est blanc crème ou noire. Les trois premiers segments du corps sont protubérants. Pour chaque segment, du 2^e au 9^e segment abdominal, on observe un petit tubercule basal et un tubercule subdorsal de chaque côté, sauf sur le 8^e segment qui possède une corne caudale médiodorsale à la place des tubercules subdorsaux. Il y a deux petites protubérances submarginales derrière chacun des tubercules subdorsaux du 9^e segment abdominal.

La larve mesure 6 cm de long et 1,5 cm de large ; le cinquième âge dure de 6 à 10 jours.

La prénymphe :

La larve mature s'accroche aux deux côtés de la feuille et construit un pli avec sa soie à l'intérieur duquel elle file en trois jours un cocon jaune clair, pointu à l'une des extrémités. Une fois dans le cocon, elle rétrécit et se transforme en chrysalide en deux jours environ. Le cocon est fortement duveté et a une fine couverture de soie externe (Fig. 4). Le cocon femelle, blaze non comprise, mesure de 3,2 à 3,3 cm de long et 1,4 à 1,5 cm de large. Le cocon mâle, blaze non comprise, varie de 2,9 à 3,0 cm de long et de 1,3 à 1,5 cm de large. La chrysalide femelle mesure de 2,5 à 2,8 cm de long et de 1,0 à 1,1 cm de large et pèse de 2,1 à 2,14 g. La chrysalide mâle mesure de 1,9 à 2,2 cm de long et de 0,75 à 0,9 cm de large et pèse de 1,1 à 1,2 g.

La chrysalide :

La chrysalide nouvellement formée est de couleur jaune clair et devient progressivement noire ou marron. Dans certains cas, tout le corps devient marron sauf la tête et les ailes qui deviennent noires

en 10 heures. Le changement de couleur du corps s'accompagne d'un durcissement progressif du tégument.

La chrysalide femelle est plus grande que la chrysalide mâle (Fig. 3). De plus, la chrysalide femelle présente sur sa partie ventrale une ligne longitudinale mince sur le 8e segment abdominal, alors que ce marquage est absent chez la chrysalide mâle.

La période nymphale dure de 10 à 27 jours et est plus longue aux générations de printemps (1ère) et de fin d'automne (2e).

Le papillon :

La tête, le thorax et l'abdomen sont de couleur marron grisâtre et le premier segment abdominal est foncé. Le thorax possède une ligne foncée peu prononcée en forme de cloche et, au-dessus, une ligne foncée submarginale. Les bords externes des deux ailes sont plus ou moins crénelés. L'aile antérieure est marron grise avec des lignes foncées médianes et antimédiane peu prononcées et elle présente une ligne post-médiane transversale, une ou deux lignes submarginales à double courbure et un gros point foncé apical. L'aile postérieure est plus foncée et a une ligne submarginale incurvée.

Trait caractéristique chez les papillons, le mâle a des antennes plus petites que la femelle. Son corps et son abdomen sont respectivement plus petit et plus mince que ceux de la femelle. Le dernier segment de l'abdomen de la femelle est foncé. L'envergure des ailes est de 6,1 à 6,5 cm chez la femelle et de 4,5 à 4,8 cm chez le mâle (Fig. 5).

L'accouplement a lieu peu après l'émergence des papillons mâles et femelles et, dans certains cas, il a lieu jusqu'à trois jours après l'émergence. Cependant, l'accouplement ne se fait pas facilement. Il dure une journée et les femelles commencent à pondre juste après le désaccouplement ; l'oviposition dure jusqu'à deux jours. La durée de vie est de 7 à 11 jours pour le papillon femelle et de 4 à 10 jours pour le papillon mâle.

Nature des dommages :

Les larves sorties d'éclosion se dirigent rapidement vers les feuilles et commencent à s'alimenter. Les larves des derniers âges consomment les feuilles de mûrier, ce qui entraîne des pertes de récolte.

Elles se nourrissent en coupant la feuille à partir du bord et en la perforant au centre, laissant ainsi la nervure médiane et les nervures secondaires.

Parasites :

Au cours de l'étude, on a observé que cette espèce était parasitée par un ichneumonidé, *Xanthopimpla theophilae* Rao. Les parasites adultes ont été prélevés après leur émergence des chrysalides, tuant ainsi les hôtes conservés dans des bocaux en plastiques. Leur étude a mis en évidence les caractéristiques externes suivantes : leur corps est marron jaunâtre avec des marquages noirs, les antennes sont plus courtes que le corps, les ailes sont transparentes et les veines marron foncé. L'ovipositeur est long, un peu plus du quart de la longueur du corps de la femelle. Celle-ci mesure entre 1,6 et 1,8 cm et le mâle de 1,6 à 1,7 cm (Fig. 6).

DISCUSSION

Les larves de *T. religiosae* ne peuvent pas être élevées en milieu fermé car soit elles s'échappent des litières d'élevage (Chowdhury, 1984), soit leur mortalité est élevée lorsqu'elles sont élevées dans des bocaux fermés. On a observé que l'espèce sauvage du ver à soie *Philosamia cynthia* ne pouvait pas s'adapter à l'élevage en milieu fermé, sa mortalité devenant très élevée dans ce cas (Sarkar, 1988). Les larves de *T. religiosae* sont très difficiles à détacher de leur point d'appui, tout comme les larves de *Philosamia cynthia* (Sarkar, 1988).

Les travaux de Mukherjee (1919) indiquent que les cocons de *T. religiosae* peuvent être aussi bien flasques que fermes et de couleur blanche ou jaune comme les cocons produits par diverses races de vers à soie du mûrier *B. mori*. En outre, l'apparence de la larve et du papillon ressemble étroitement à celle de la larve et du papillon du ver à soie du mûrier. Les cocons de *T. religiosae* que l'on trouve dans l'Himalaya sont pratiquement d'aussi bonne qualité que les cocons de mûrier européens.

D'après Doira (1978), il y a au moins cinq régimes de mues chez le ver à soie : le bimuant, le trimuant, le tétramuant, le pentamuant et l'hexamuant. Le type le plus commun chez les races de vers à soie domestiques et chez les papillons sauvages est le tétramuant. Cependant, chez *T. religiosae* on n'observe que deux types : le tétramuant et le pentamuant.

Chowdhury (1984) a observé que les caractéristiques de *T. religiosae* et *B. mandarina* sont sensiblement identiques. Les larves des deux espèces présentent un dessin moricaud qui est le marquage larvaire originel du ver à soie. Leurs cocons sont pointus, jaunes et duveteux et les papillons ont des couleurs pratiquement identiques. La race continentale de *B. mandarina* (28 n) présente des doubles diapauses, entrant en diapause aux stades embryonnaire et pupal. Relativement peu d'insectes peuvent entrer en diapause plus d'une fois au cours de leur cycle de vie. De telles diapauses doubles ont été observées chez la phalène d'hiver *Operophtera brumata* (Bchrens, 1985). *T. religiosae* subit une diapause facultative soit au stade embryonnaire, soit au stade pupal.

COLLECTION, IDENTIFICATION AND EVALUATION OF *MACHILUS BOMBYCINA* KING (LAURALES : LAURACEAE) GERMPLASM, THE MUGA FOOD PLANT. I

RAJA RAM, A.K. SENGUPTA*, R. DAS, M. DEVNATH & M.V. SAMSON**

Host Plant Division, Regional Muga Research Station, Boko - 781 123, Assam, India.

Machilus bombycina King is a major food plant of the muga silkworm, *Antheraea assama* Ww. As a part of germplasm collection, 8 distinct morphotypes have been identified and isolated on the basis of leaf morphology and floral biology from the populations collected from Boko and Borahibari (Kamrup and Sibsagar Districts of Assam, India). They are now maintained under the germplasm bank of muga food plants at Regional Muga Research Station. Variations in the number of protective covering, leaf size, stomatal number and also in bud development period, number of flowers per panicle as well as anthesis among the morphotypes are discussed.

Keywords : *Machilus bombycina*, internodal distance, floral biology, leaf bud cutting, anthesis, stomatal number.

INTRODUCTION

Natural populations of open pollinated species are normally genetically diverse and the genetic variabilities are the real sources for evolution and adaptation of a species in a changing environment. Such variabilities are the most potential source also on which a breeder can work for improving the desired characters of economic importance.

In the field of sericulture, evolution or isolation of suitable varieties of food plants for silkworm rearing is of paramount importance and, for such a type of breeding work, collection of germplasm and the maintenance of a germplasm pool are prerequisites for utilising the genetic resources for today and tomorrow.

In the past, there have been mistakes of omission in evaluating the muga food plants, *Machilus bombycina* King and *Litsaea polyantha* Juss., locally known as 'som' and 'soalu', respectively. No serious thought was given for the maintenance of germplasm and the integrity of its individual components also.

Jolly *et al.* (1979) informed that *M. bombycina* King is classified on the basis of the leaf shape into sixteen morphotypes, of which 'Naharpatia', 'Azarpatia' and 'Jampatia' are important. Yadav *et al.* (1985) reported four types, viz., 'Belpatia', 'Kathalpatia', 'Naharpatia' and 'Ampatia'. All this information remained inconclusive and unconvincing to establish the germplasm bank because of the lack of scientific data on the population structure, based on which som (*M. bombycina*) germplasm could have been identified, collected and maintained. Substantial literature on the survey, exploration, collection of germplasm pool as well as their maintenance and survey of germplasm resources centres

* To whom correspondence should be addressed.

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

are now available (Frankel and Bennett, 1970 ; Fishbeck, 1981 ; Prescott-Allen and Prescott-Allen, 1982 ; Harlan, 1975 ; Brown, 1982 ; Bedell, 1989).

We made an attempt here to bring about some of the works done at Regional Muga Research Station to isolate and identify various morphotypes of 'som' (*Machilus bombycina* King) on the basis of the leaf morphology and floral biology.

MATERIALS AND METHODS

The materials of this study were grown in 1982-1983 at Regional Muga Research Station, Boko, Assam, India. Collection of plants were made from Boko and Borahibari, Kamrup and Sibsagar Districts of Assam. Survey and collections were made in 2 km² areas of each location and information on the genetic resources centres have been detailed in Fig. 1 and Table I. The studied materials were vouchered at the herbarium of the Research Station. Three plants of each germplasm collection were evaluated for various leaf characters and floral biology. The plant varieties are now maintained in the germplasm bank.

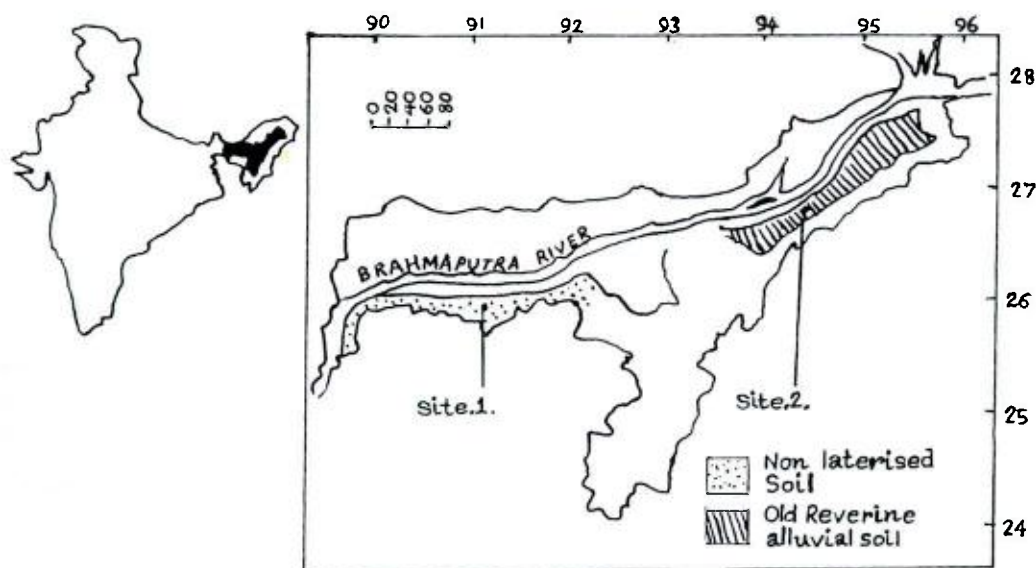


Fig. 1 : Map of Assam showing information on the genetic resources centres.

Fig. 1 : Carte de l'Assam montrant les centres de ressources génétiques.

Non laterised soil / Sol non latéritique.

Old riverine alluvial soil / Sol alluvial ancien.

Table I. Characteristic features of sampling sites.

Tableau I. Principales caractéristiques des sites d'échantillonnage.

Information on genetic resources centres	Sampling area	
	Site 1	Site 2
Information sur les centres de ressources génétiques	Zone d'échantillonnage	
	Site 1	Site 2
Longitudes	91°24' E	94°55' E
Latitudes	25°95' N	26°95' N
Altitudes (m)	295	303
Soil type	Non-laterised red	Old riverine alluvial
Typologie de sol	Rouge non latéritique	Alluvial ancien
Temperature (°C) a	29.3	28.15
Température (°C) b	19.03	19.15
Average annual precipitation (mm)	1629	2072
Précipitations annuelles moyennes (mm)		
Humidity / Humidité (%)	81	93

a : Average annual maximum / Maximale annuelle moyenne.

b : Average annual minimum / Minimale annuelle moyenne.

RESULTS

Altogether 8 distinct morphotypes have been collected, of which morph I and II were obtained from site 1, i.e. from the Boko area, while all the other remaining varieties were obtained from the Borahibari area, the second site of our survey.

Variabilities in the morphological characters :

The study for variabilities and cataloging has been made primarily on leaf characters and flower characters.

Leaf characters :

i) Number of protective coverings of vegetative buds :

A considerable variation could be observed in this character ranging from 4 at the minimum side to 18 at the maximum. The morpho-variants when arranged in ascending order from low to high, morph II (4) comes first followed by morph I (6.4), V (9.2), III (10), IV (11), VI (14), VII (14) and VIII (18). Intrapopulation variabilities were also very much evident in morph I, II, IV and VIII (Table II).

ii) Number of veins :

The number of leaf veins also differed to a great extent, ranging from 14.5 at the maximum side to 7.3 at the minimum. Morph II had the maximum number of veins (14.5) followed by morph I (14), VII (11.9), IV (11.2), V (9.2), III (8.8), VIII (8.6) and VI (7.3) (Table II).

Table II. Variability of leaf characters of *M. bombycina* King.Tableau II. Variabilité des caractères foliaires de *M. bombycina* King.

Sl no.	Distinguishing characters		Morph I	Morph II	Morph III	Morph IV	Morph V	Morph VI	Morph VII	Morph VIII
N° de série	Caractères marquants		Morph I	Morph II	Morph III	Morph IV	Morph V	Morph VI	Morph VII	Morph VIII
1	No. of protective covering of vegetative bud / Nombre de capsules protectrices du bourgeon végétatif	M	6.4	4.0	10.0	11.0	9.2	14	14	18
		R	5-7	3-5	9-11	10-12	8-10	13-15	13-15	16-19
		SD	± 0.8	± 0.89	± 0.63	± 0.63	± 0.75	± 1.09	± 0.63	± 1.09
2	No. of veins / Nombre de nervures	M	14	14.5	8.8	11.2	9.2	7.3	11.9	8.6
		R	9-19	10-20	7-13	7-14	7-12	5-14	8-14	7-16
		SD	± 0.4	± 0.45	± 0.97	± 0.44	± 0.81	± 1.02	± 1.45	± 0.44
3	Leaf size (cm) / Taille de la feuille i) Length / i) Longueur	M	14.3	14.0	7.3	8.5	6.9	6.8	8.0	7.0
		R	6.3-22	7.20-21.5	6-16	6-14	4.2-11	4.2-12.5	5.4-13.2	4-12.5
		SD	± 0.69	± 0.80	± 1.06	± 0.24	± 0.21	± 0.58	± 0.74	± 0.67
	ii) Width / ii) Largeur	M	4.2	4.4	2.00	2.9	2.4	3.8	4.0	3.3
		R	2-6.5	2.2-7.1	1.4-3.9	2.3-6.5	1.5-3.9	2.1-7	2.5-5.9	2-6
		SD	± 0.37	± 0.37	± 0.31	± 0.13	± 0.18	± 0.35	± 0.27	± 0.70
4	Weight of 1000 mature leaves (g) / Poids de 1000 feuilles matures (g)	M	1110	1125	630	365	475	640	710	439
		R	1090-1130	1110-1145	605-645	350-380	460-495	630-665	695-730	415-450
		SD	± 17.03	± 14.83	± 14.49	± 10.95	± 12.25	± 12.65	± 13.04	± 14.63
5	Leaf margin / Bordure foliaire		SW	SW	E	W	W	LR	E	E

Continued / Suite page suivante

Table II. Continued / *Tableau II. Suite.*

Sl no.	Distinguishing characters		Morph I	Morph II	Morph III	Morph IV	Morph V	Morph VI	Morph VII	Morph VIII
N° de série	Caractères marquants		Morph I	Morph II	Morph III	Morph IV	Morph V	Morph VI	Morph VII	Morph VIII
6	Average number of stomata per field (600 ×) / <i>Nombre moyen de stomates par champ (600 ×)</i>	M	22.1	11.9	13.2	14.3	13.8	12.7	16	15
		R	19-27	8-18	11-18	11-21	9-19	9-19	13-20	13-19
		SD	± 0.47	± 0.46	± 0.73	± 0.27	± 0.29	± 0.24	± 0.45	± 0.33
7	Internodal distance <i>Distance internodale</i>	M	1.14	1.15	0.85	1.05	1.06	1.08	1.02	1.12
		R	0.3-8.0	0.4-9.5	0.2-3.5	0.2-5.3	0.3-4	0.3-5.3	0.3-4.5	0.3-6.2
		SD	± 0.08	± 0.07	± 0.07	± 0.05	± 0.07	± 0.05	± 0.02	± 0.05

SW : Semiwavy / *Mi découpée.*E : Entire / *Entière.*W : Wavy / *Découpée.*LR : Less revolute / *Moins révoluée.*M : Mean / *Moyenne.*R : Range / *Fourchette.*SD : Standard deviation / *Ecart type.*

iii) Leaf size :

Table II indicates also a great variation of leaf size. L/W ratio differed from 7.0:3.3 to 14.3:4.2 cm, giving leaf types from lengthy and wide to small and thin to very thin (Table II).

iv) Weight of 1,000 mature leaves :

The weight of 1,000 leaves showed a very good correlation with the leaf size. Morph I and II had the biggest leaves, weighing about 1.11 kg to 1.12 kg per thousand leaves followed by morph VII (710 g), VI (640 g), III (630 g), V (475 g), VIII (439 g) and IV (365 g) (Table II).

v) Leaf margin :

A variable leaf margin was observed in the plant populations right from the entire leaf, semi-wavy to less revolute. Entire leaves constituted about 38 % of the leaf type with morph III, VII and VIII, semi-wavy and wavy each 25 % and less revolute 13 % with morph VI only.

vi) Stomatal number/field (600 ×) :

Interpopulational variability was found to be profoundly present in the distribution of stomatal numbers in a unit field. A minimum of 11.9 stomata per field in variant II could be recorded and followed by 12.7, 13.2, 13.8, 14.3, 15 and 22.1 in morph VI, III, V, IV, VIII, VII and I in order of ascending trend (Table II).

vii) Internodal distance :

The internodal distance also varied greatly among the morphs. It ranged from 0.85 cm to 1.15 cm, III having the minimum distance, i.e. 0.85 cm, followed by VII (1.02 cm), IV (1.05 cm), V (1.06 cm), VI (1.08 cm), VIII (1.12 cm), I (1.14 cm) and II (1.15 cm). In order of merit, morph II had the longest distance (Table II).

Floral biology :

i) Bud development period :

The period was determined from the initiation of the floral bud at the apex of a branch to just opening of the bud and developmental periods of 35, 46, 60, 82, 30, 52, 34 and 43 days were recorded from morphotypes I to VIII, respectively. A minimum of 30 days in morphotype V and a maximum of 82 days in morphotype IV were required for completion of bud development (Table III).

ii) Length of the panicle :

The extent of variation in panicle length was found to be considerably higher and ranged from 2.1 cm (minimum) in morphotype VI to 9.9 cm (maximum) in morphotype I. The intermediate forms were 7.1 cm, 3.6 cm, 8.1 cm, 2.7 cm, 6.3 cm, 3.4 cm for morphotypes II, III, IV, V, VII and VIII, respectively (Table III).

iii) Number of flowers per panicle :

A very wide range of variability was observed for this character among all the morphotypes. The extent was to the tune of 9.1 to 38.8 number of flowers per panicle. In order of merit, the morphotypes were VII (9.1), VIII (9.6), V (11.4), III (13.3), VI (13.5), I (19.6), II (23.3) and IV (38.8) (Table III).

iv) Size of the flower :

The size of the flower also showed a great range of variability with a maximum 1.10 and 0.78 cm length and width in morphotype VII to 0.57 and 0.53 cm length and width in morphotype II (Table III).

v) Perianth length :

A close relation could be observed between the perianth length and the size of the flower, the larger the flower size, the higher was the perianth length. Thus morphotype VII had maximum length of 1.09 cm and morphotype VI had the minimum length of 0.40 cm (Table III).

vi) Pedicel length :

A great range of variation was also found so far as the pedicel length is concerned, being maximum (0.50 cm) in morphotype VI and minimum (0.26 cm) in morphotype I.

vii) Anthesis :

The anthesis is one of the most important features to be studied for its variability among different morphotypes. The anthesis period was varied from morphotype to morphotype. It was found to be maximum in morph VIII, the period was from 6.30 am to 5.10 pm and minimum in morph IV from 8.40 am to 3.00 pm (Table III).

Possible course of maintenance of the morphotype in germplasm bank :

Since it is not possible to maintain the exact genetic replica of the genotype through seeds of open pollinated varieties, an extensive search was made to find out the easiest and most economical clonal propagation not only for maintaining the desired gene combinations but also to go for the desired number of replica required for various breeding and genetical studies as well as for multiplication at commercial level.

A leaf bud cutting is made from a tender shoot (irrespective of the age of the plant) having a piece of stem of about 4.0 cm, and 3.0 cm of the cutting is inserted into the rooting medium consisting of clean river sand in polythene tubes (9" × 6"). The tubes are arranged in a pit (2 × 1 × 0.5 m) as recommended by Devnath *et al.* (1992).

For giving shade to the cuttings, a thatched shed is used. To minimise the water loss and to maintain a high amount of atmospheric moisture inside the pit, the opening of the pit is kept covered with a polythene sheet. Watering is done daily to moist the sand. Root initiation is observed generally after 53 days on an average and the plants thus developed can be transplanted in the field after six months.

DISCUSSION

The evolutionary possibilities of a population are set in each case by its genetic potentialities or, in other words, genetical diversities modified by the heterogeneity of the environment which the species occupy and the gene flow between such populations.

A species faced with such conditions may remain restricted to one particular environment, other species, however, possess (a) phenotypic flexibility (Thoday, 1958) or (b) the genetic versatility to permit it to invade several of the environments. Phenotypic stability permits a population to occupy a number of environments without any genetic change, variability can permit occupation of several environments only through differentiation of distinct populations. Jain and Bradshaw (1966) suggested that differentiation of localised populations is generated from the interplay of selection forces and gene flow which in turn bring genetic variability in the population. It has been argued frequently that a geographical discontinuity of species distribution is a prerequisite at one stage or another for occurrence of any marked local differentiation, since any interchange of genes through pollen or seed dispersal is likely to counterbalance the divergent local pressures that might be operating in various neighbourhoods. Thoday and Boam (1959), Thoday and Gibson (1962) emphasised that, although it was once considered that complete isolation was necessary for race formation, it is clear that selection pressures (Jain and Bradshaw, *op. cit.*) normally maintain and adjust the characters of wild populations.

Similar views have also been extended in the recent past by Hamrick and Allard (1975), Hamrick *et al.* (1979), Cavers *et al.* (1980), Primack and Antonovics (1981, 1982), Slim and Van der Toorn (1983), Werner (1985), Lawrence (1984) on the basis of their work done on *Avena barbata*, *Plantago lanceolata* and other plant species.

In general it is believed that the problem of local differentiation should be reviewed from at least two perspectives, namely (1) that selection pressures in closely adjacent micro-environments can differ greatly and (2) that genetic dispersion is likely to follow the island model situation.

We find great variation in morphological characters in *Machilus bombycina* in the number of protective covering of vegetative buds, leaf size, and stomatal number also. Not only interpopulational

Table III. Variabilities in the floral biology of *M. bombycina* King.Tableau III. Variabilités de la biologie florale chez *M. bombycina* King.

Sl no.	Distinguishing characters		Morph I	Morph II	Morph III	Morph IV	Morph V	Morph VI	Morph VII	Morph VIII
N° de série	Caractères marquants		Morph I	Morph II	Morph III	Morph IV	Morph V	Morph VI	Morph VII	Morph VIII
1	Bud development period (days) <i>Durée de développement du bourgeon (jours)</i>	M	35	46	60	82	30	52	34	43
		R	31-40	40-51	50-65	75-90	25-37	45-60	30-42	38-50
		SD	± 2.28	± 1.72	± 2.45	± 4.33	± 1.90	± 2.10	± 1.41	± 1.90
2	Length of the panicle (cm) <i>Longueur du panicule (cm)</i>	M	9.9	7.1	3.6	8.1	2.7	2.1	6.3	3.4
		R	6.8-14.9	4.5-7.5	2.8-4.5	6.0-10.2	1.7-4.1	0.9-3.2	5.0-8.0	2.1-4.5
		SD	± 1.4	± 0.74	± 0.52	± 0.79	± 0.47	± 0.3	± 0.46	± 0.66
3	No. of flowers per panicle <i>Nombre de fleurs par panicule</i>	M	19.6	23.3	13.3	38.8	11.4	13.5	9.1	9.6
		R	16-30	20-28	9-18	30-48	8-14	9-16	7-13	7-14
		SD	± 1.44	± 1.08	± 2.20	± 3.61	± 0.49	± 0.45	± 0.34	± 1.16
4	Flower size / <i>Taille des fleurs (cm)</i> i) Length <i>i) Longueur</i>	M	0.84	0.57	0.71	0.73	0.81	0.77	1.1	0.9
		R	0.75-0.9	0.5-0.62	0.6-0.8	0.6-0.8	0.73-0.9	0.7-0.85	0.9-1.25	0.8-0.95
		SD	± 0.03	± 0.02	± 0.04	± 0.02	± 0.04	± 0.02	± 0.02	± 0.03
	ii) Width <i>ii) Largeur</i>	M	0.77	0.53	0.53	0.66	0.93	0.9	0.78	0.66
		R	0.6-0.9	0.48-0.6	0.48-0.6	0.6-0.8	0.85-1.0	0.8-1.0	0.7-0.85	0.5-0.8
		SD	± 0.08	± 0.02	± 0.02	± 0.02	± 0.02	± 0.03	± 0.02	± 0.11
5	Perianth length (cm) <i>Longueur du périanthe (cm)</i>	M	0.56	0.50	0.41	0.66	0.6	0.4	1.09	0.52
		R	0.5-0.6	0.45-0.55	0.4-0.45	0.6-0.7	0.58-0.63	0.38-0.45	0.95-1.2	0.45-0.6
		SD	± 0.02	± 0.01	± 0.01	± 0.04	± 0.02	± 0.02	± 0.04	± 0.02

Continued / Suite page suivante

Table III. Continued / *Tableau III. Suite.*

Sl no.	Distinguishing characters		Morph I	Morph II	Morph III	Morph IV	Morph V	Morph VI	Morph VII	Morph VIII
N° de série	Caractères marquants		Morph I	Morph II	Morph III	Morph IV	Morph V	Morph VI	Morph VII	Morph VIII
6	Pedicel length (cm) <i>Longueur du pédicelle (cm)</i>	M	0.26	0.3	0.3	0.45	0.31	0.50	0.44	0.34
		R	0.2-0.33	0.28-0.32	0.28-0.38	0.38-0.5	0.28-0.4	0.4-0.6	0.38-0.55	0.38-0.45
		SD	± 0.04	± 0.01	± 0.01	± 0.03	± 0.04	± 0.04	± 0.04	± 0.06
7	Anthesis <i>Anthèse</i>		8.30 am- 4.45 pm	8.00 am- 3.50 pm	8.20 am- 4.25 pm	8.40 am- 3.00 pm	8.20 am- 4.15 pm	8.10 am- 3.30 pm	8.10 am- 4.00 pm	6.30 am- 5.10 pm

M : Mean / *Moyenne.*R : Range / *Fourchette.*SD : Standard deviation / *Ecart type.*



Fig. 2 : Morphotype I.



Fig. 3 : Morphotype II.

Fig. 2-9 : Showing leaf size, leaf margin, internodal distance and inflorescence of 8 morphotypes of *Machilus bombycina*.

(Arrows show the inflorescence).

Fig. 2-9 : Détails de la taille des feuilles, des bordures foliaires, des distances internodales et de l'inflorescence de 8 morphotypes de *Machilus bombycina*.

(Les flèches indiquent l'inflorescence).



Fig. 4 : Morphotype III.



Fig. 5 : Morphotype IV.

Fig. 2-9 : Showing leaf size, leaf margin, internodal distance and inflorescence of 8 morphotypes of *Machilus bombycina*.

(Arrows show the inflorescence).

Fig. 2-9 : Détails de la taille des feuilles, des bordures foliaires, des distances internodales et de l'inflorescence de 8 morphotypes de *Machilus bombycina*.

(Les flèches indiquent l'inflorescence).



Fig. 6 : Morphotype V.



Fig. 7 : Morphotype VI.

Fig. 2-9 : Showing leaf size, leaf margin, internodal distance and inflorescence of 8 morphotypes of *Machilus bombycina*.

(Arrows show the inflorescence).

Fig. 2-9 : Détails de la taille des feuilles, des bordures foliaires, des distances internodales et de l'inflorescence de 8 morphotypes de *Machilus bombycina*.

(Les flèches indiquent l'inflorescence).



Fig. 8 : Morphotype VII.



Fig. 9 : Morphotype VIII.

Fig. 2-9 : Showing leaf size, leaf margin, internodal distance and inflorescence of 8 morphotypes of *Machilus bombycina*.

(Arrows show the inflorescence).

Fig. 2-9 : Détails de la taille des feuilles, des bordures foliaires, des distances internodales et de l'inflorescence de 8 morphotypes de *Machilus bombycina*.

(Les flèches indiquent l'inflorescence).

variabilities were apparent but also the intrapopulation variabilities were pronounced, which indicates high heterogeneity in the population.

Flower characters like bud development period, number of flowers per panicle, size of flower and anthesis also showed quite a good range of polymorphisms. Such variation or gradation may prevent gene flow and help to generate more adaptive peculiarities ultimately leading to the formation of race and species.

Further, analysis of the population also reveals that two morphotypes which constitute 25 % of the total studied morphotypes are available in an area having non-laterised red soil with less amount of average yearly rainfall and comparatively low humidity, while the remaining 70 % of the morphotypes are available in old riverine alluvial soil with a higher rainfall (2,027 mm) and higher humidity (Table I). Moreover, the populations of site 1 are very much distinctive, having bigger leaf size, higher weight of 1,000 matured leaves, leaf margin, relatively higher internodal distances and comparatively longer rachis length. The populations available in site 2 show a greater amount of variability and the morphotypes can arbitrarily be divided into two distinct groups with lower weight of 1,000 matured leaves (morph IV, VIII and V) and moderately higher (in III, VI and VII) with entire and wavy leaf margins and panicle length.

So far as the population biology is concerned, it has become widely recognised that the mating system plays a critical role in the dynamics of genetic transmission in populations (Allard, 1975 ; Clegg, 1980). Numerous studies have revealed complex mating phenomena which cause substantial deviation from assumptions made in earlier, simpler population genetic models (reviewed by Clegg and Epperson, 1985). These factors influence the structure of genetic variability in populations and hence the course of evolution.

Many mating system studies have estimated such parameters as inbreeding coefficients, rates of gene flow and outcrossing rates based on observations of either mating patterns or progeny arrays (Clegg, 1980 ; Brown and Allard, 1970).

Further, it has generally been assumed that hermaphrodite plants behave in an equisexual manner, i.e. each individual contributes equally to the next generation as a male and as a female parent. Indeed, measurement of male and female genetic contributions in seed orchards of monoecious *Pinus sylvestris* suggests that large deviations from equisexual reproduction may be common (Muller-Starck and Ziehe, 1984).

The functional gender of an individual within a population is dependent upon three factors :

- a) Relative resource allocation to male and female reproduction (pollen grains/seed weight).
- b) Probability that the pollen produced takes part in fertilisation of successful zygotes.
- c) Probability that the seeds produced are included in the next generation.

In practice it is extremely difficult to measure both pollen and seed success. However, it is proposed as a future work that the extension of paternity from experimental to natural populations is an obvious next step in unravelling the complexities of the mating system, extent of isolation between plant morphotypes and gene flow among the various plant populations (morphotypes) of *Machilus bombycina* King. Of course, the challenges to be faced are formidable, both in terms of finding sufficient genetic markers unambiguously to identify pollen from individual genotypes and in terms of assaying a sufficient number of progeny from the population. There is probably more to be gained in the immediate future through the use of experimental populations in which the genotypic composition and degree of genetic isolation are under strict control.

In conclusion, it can be said that though it is not possible unambiguously to pinpoint exactly which are the selective forces operating in nature to diverge the populations in two sites, but some of the identifiable potential sources of variations between the two sites are probably latitude, soil type and rainfall. However, the determination of microgeographical situations leading to high amounts of polymorphisms in site 2 would be of special interest and should be studied considering the contour of the area like altitude, further gradation of the alluvial soil of the zone, as well as the distribution of trace elements and adaptation of the different morphotypes in relation to the distribution of trace elements, which when combined together would help us to unravel the deterministic features of such high amounts of polymorphisms. However, it can safely be claimed that some selection forces that

too disruptive selection forces at both macrogeographical and microgeographical level are in operation, leading to different adaptive modes in each habitat patch.

Therefore a thorough study on genetic resources and genetic resources centres is proposed encompassing areas like pattern of distribution, environmental heterogeneity, breeding time, genetic variation, cytological variation and variation in protein profiles, etc., which ultimately would help us in elucidating the genetic architecture of the species and also for enriching, cataloging and maintaining the germplasm of *Machilus bombycina* for utilising the existing variabilities in various breeding programmes and eventually conserving the plant populations *in situ* if necessary.

REFERENCES

- ALLARD R.W. (1975) The mating system and microevaluation. *Genetics*, 79, 115-126.
- BEDELL P.E. (1982) Preliminary observation on variability of Teak in India. *Indian For.*, 115(2), 72-81.
- BROWN W.L. (1982) Proceedings of the US strategy conference on biological diversity. Publ. no. 9262, Department of State.
- BROWN A.H., ALLARD R.W. (1970) Estimation of the mating system in open pollinated maize populations using isozyme polymorphisms. *Genetics*, 66, 133-145.
- CAVERS P.B., BASSETT I.J., CROMPTON C.S. (1980) The biology of Canadian weeds, 47. *Plantago lanceolata* L. *Can. J. Plant Sci.*, 60, 1269-1282.
- CLEGG M.T. (1980) Measuring plant mating systems. *Bioscience*, 30, 814-819.
- CLEGG M.T., EPPERSON B.K. (1985) Recent developments in population genetics. *Advances in Genetics*, 23, 235-269.
- DEVNATH M., ISA MD., SAMSON M.V., SENGUPTA A.K., RAJARAM (1992) Potentials of propagation through leaf bud cutting of Som, *Machilus bombycina* King (Lauraceae). *Sericologia*, 32(3), 457-464.
- FISCHBECK G. (1981) The use of genetic resources in plant kingdom. Union internationale pour la protection des obtentions végétales, Geneva, 18.
- FRANKEL O.H., BENNETT E. (1970) Genetic resources in plants : Their exploration and conservation. O.H. Frankel and E. Bennett Eds, IBP Handbook no. 11, 7-17. Blackwell, Oxford and Edinburgh.
- HAMRICK J.L., ALLARD R.W. (1975) Correlations between quantitative characters and enzyme genotypes in *Avena barbata*. *Evolution*, 29, 438-442.
- HAMRICK J.L., LINHART Y.B., MITION J.B. (1979) Relationships between life history characteristics and electrophoretically detectable genetic variation in plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 10, 173-200.
- HARLAN J.R. (1975) Crops and Man. American Society of Agronomy/Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin, 166.
- JAIN S.K., BRADSHAW A.D. (1966) Evolutionary divergence among adjacent plant population I. The evidence and its theoretical analysis. *Heredity*, London, 21, 407-441.
- JOLLY M.S., SEN S.K., SONWALKAR T.N., PRASAD G.K. (1979) Non-mulberry Silks. FAO Agricultural Services Bulletin 29. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Vol. 4, 124.
- LAWRENCE M.J. (1984) The genetical analysis of ecological traits. *In* Evolutionary Ecology. Shorrocks B. Ed., Blackwell, Oxford.
- MULLER-STARCK G., ZIEHE M. (1984) Reproductive systems in conifer seed orchards. 3. Female and male fitness of individual clones realised in seeds of *Pinus sylvestris*. *Theor. Appl. Genet.*, 69, 173-177.
- PRESCOTT-ALLEN R., PRESCOTT-ALLEN C. (1982) Economic contribution of wild plants and animals to developing countries. US A/D/MAB Program, Washington, 62.
- PRIMACK R.B., ANTONOVICS J. (1981) Experimental ecological genetics in *Plantago*. V : Components of seed yield in the ribwort plantain, *Plantago lanceolata* L. *Evolution*, 35, 1069-1079.
- PRIMACK R.B., ANTONOVICS J. (1982) Experimental ecological genetics in *Plantago*. VII : Reproductive effort in populations of *Plantago lanceolata* L. *Evolution*, 36, 742-752.

- SLIMP., VAN DER TOORN J. (1983) Variability in morphological characters of *Plantago lanceolata*. Proc. Kon. Ned. Akad. Wet. Afd. Natuurk., Tweede Reeks, 81, 36-41.
- THODY J.M. (1958) Homoestasis in selection experiment. Heredity, 12, 401-415.
- THODY J.M., GIBSON J.B. (1962) Isolation by disruptive selection. Nature, 193, 1164-1166.
- THODY J.M., BOAM T.B. (1959) Effect of disruptive selection. II : Polymorphism and divergence without isolation. Heredity, 13, 205-218.
- WERNER P.A. (1985) Phenotypic variation and implications for reproductive success. In Structure and Functioning of Plant Populations. Woldendrop J. and Haeck J. Eds., North Holland, Amsterdam.
- YADAV G.S., ISA MD., THANGAVELU K. (1985) Studies on the taxonomy and floral biology of Som, *Machilus bombycina* King (Laurales : Lauraceae). Sericologia, 25(1), 63-70.

INSTAURATION, IDENTIFICATION ET EVALUATION D'UNE BANQUE GENETIQUE DE *MACHILUS BOMBYCINA* KING, PLANTE HOTE DU VER A SOIE MUGA. I

RAJA RAM, A.K. SENGUPTA*, R. DAS, M. DEVNATH & M.V. SAMSON**

Host Plant Division, Regional Muga Research Station, Boko - 781 123, Assam, Inde.

Machilus bombycina King est l'une des principales plantes nourricières du ver à soie muga *Antheraea assama* Ww. Huit morphotypes distincts issus de la collection d'une banque génétique ont été identifiés et isolés en fonction de la morphologie foliaire et de la biologie florale à partir de populations prélevées à Boko et à Borahibari (Districts de Kamrup et de Sibsagar, Assam, Inde). Ils sont maintenant conservés à la banque génétique des plantes nourricières muga de la Regional Muga Research Station. Nous discutons ici des variations du nombre de capsules protectrices, de la taille de la feuille, du nombre de stomates et de la période de développement du bourgeon, du nombre de fleurs par panicule et de l'anthèse entre les différents morphotypes.

INTRODUCTION

Les populations naturelles d'espèces à pollinisation ouverte sont habituellement variées génétiquement et les variabilités génétiques constituent les sources réelles de l'évolution et de l'adaptation d'une espèce à la modification de son environnement. De telles variabilités sont également l'outil potentiel principal pour un sélectionneur cherchant à améliorer les caractères d'intérêt économique.

Dans le domaine de la sériciculture, l'évolution ou l'isolement de variétés de plantes nourricières adaptées à l'élevage du ver à soie est d'importance capitale et, pour ce travail de sélection, l'instauration d'une banque génétique et la conservation du pool génétique constituent les conditions indispensables à l'utilisation des ressources présentes et futures.

Dans le passé, des erreurs d'omission et d'évaluation ont été commises pour les plantes nourricières muga *Machilus bombycina* King, appelée localement "som", et *Litsaea polyantha* Juss, appelée localement "soalu". En outre, la conservation d'une banque génétique et de l'intégrité de ses composants individuels a été négligée.

Jolly et coll. (1979) ont établi une classification de *M. bombycina* King en fonction de la forme de la feuille en seize morphotypes, parmi lesquels les plus importants sont "Naharpatia", "Azarpatia" et "Jampatia". Yadav et coll. (1985) ont observé quatre types : "Belpatia", "Kathalpatia", "Naharpatia" et "Ampatia". Toutes ces informations restent peu concluantes et ne permettent pas d'établir une banque génétique en raison de l'absence de données scientifiques sur la structure des populations qui auraient facilité l'identification, l'instauration et la conservation d'une banque génétique de som (*M. bombycina*). On dispose maintenant d'une documentation importante sur l'étude, la reconnaissance et l'instauration d'un pool génétique ainsi que sur l'étude des centres de ressources

* Auteur à contacter pour toute correspondance.

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

de banques génétiques (Frankel et Benett, 1970 ; Fischbeck, 1981 ; Prescott-Allen et Prescott-Allen, 1982 ; Harlan, 1975 ; Brown, 1982 ; Bedell, 1989).

Cet article présente certains des travaux réalisés à la Regional Muga Research Station afin d'isoler et d'identifier divers morphotypes de "som" (*Machilus bombycina* King) en fonction de la morphologie foliaire et de la biologie florale.

MATERIELS ET METHODES

Le matériel de cette étude a été cultivé en 1982-1983 à la Regional Muga Research Station de Boko (Assam, Inde). Le prélèvement des plants a été effectué à Boko, District de Kamrup, et à Borahibari, District de Sibsagar. L'étude et le prélèvement ont été faits dans des zones de 2 km² dans chacun des sites. Les informations concernant les centres de ressources génétiques sont détaillées dans la Fig. 1 et dans le tableau I. Le matériel étudié est conservé dans l'herbarium de la station de recherche. Les divers caractères foliaires et la biologie florale ont été évalués à partir de trois plants issus de chaque collection. Ces variétés sont maintenant conservées à la banque génétique.

RESULTATS

Au total, huit morphotypes ont été prélevés. Morph I et II proviennent du site 1, c'est-à-dire la région de Boko, tandis que toutes les autres variétés proviennent de la région de Borahibari, le deuxième site de notre étude.

Variabilités des caractères morphologiques :

L'étude de la variabilité et le classement ont tout d'abord porté sur les caractères foliaires et floraux.

Caractères foliaires :

1) Nombre de capsules protectrices du bourgeon végétatif :

On a observé une variation importante de ce caractère allant de 4 pour le nombre minimal à 18 pour le nombre maximal. Lorsqu'on établit un ordre croissant des morpho-variants, le morphotype II (4) vient en premier suivi des morphotypes I (6,4), V (9,2), III (10), IV (11), VI (14), VII (14) et VIII (18). La variabilité à l'intérieur d'une même population est également très apparente chez les morphotypes I, II, IV et VIII (Tableau II).

2) Nombre de nervures :

Le nombre de nervures foliaires varie également fortement, allant de 14,5 pour le nombre maximal à 7,3 pour le nombre minimal. Le morphotype II a le plus grand nombre de nervures (14,5) suivi des morphotypes I (14), VII (11,9), IV (11,2), V (9,2), III (8,8), VIII (8,6) et VI (7,3) (Tableau II).

3) Taille de la feuille :

Le tableau II fait également apparaître une forte variation de la taille de la feuille. Le rapport longueur:largeur varie de 7,0:3,3 à 14,3:4,2 cm, ce qui donne des types foliaires variant d'allongé et large à petit et fin à très fin (Tableau II).

4) Poids de 1 000 feuilles matures :

Le poids de 1 000 feuilles matures est en corrélation positive avec la taille de la feuille. Les morphotypes I et II ont les plus grandes feuilles et pèsent environ 1,11 kg à 1,12 kg pour 1 000 feuilles, suivis des morphotypes VII (710 g), VI (640 g), III (630 g), V (475 g), VIII (439 g) et IV (365 g) (Tableau II).

5) Bordure foliaire :

La bordure foliaire varie entre les populations végétales, allant de la feuille entière à mi découpée et et moins révolutée. Le type de bordure foliaire comprenant la feuille entière représente environ 38 % des types foliaires chez les morphotypes III, VII et VIII, les types "mi découpée" et "découpée"

représentent 25 % chacun et le type "moins révoluée" constitue 13 % et concerne uniquement le morphotype VI.

6) Nombre de stomates/champ (600 ×) :

La variabilité entre les populations est fortement reflétée par la répartition du nombre de stomates par unité de champ. On a relevé un minimum de 11,9 stomates par champ chez le variant II suivi de 12,7, 13,2, 13,8, 14,3, 15, 16 et 22,1 chez les morphotypes VI, III, V, IV, VIII, VII et I dans l'ordre croissant (Tableau II).

7) Distance internodale :

La distance internodale varie également fortement entre les différents morphotypes. Elle passe de 0,85 à 1,15 cm, le morphotype III ayant la distance minimale (0,85 cm), suivi des morphotypes VII (1,02 cm), IV (1,05 cm), V (1,06 cm), VI (1,08 cm), VIII (1,12 cm), I (1,14 cm) et II (1,15 cm). Par ordre d'importance, le morphotype II présente la distance la plus longue (Tableau II).

Biologie florale :

1) Durée de développement du bourgeon :

Cette durée a été déterminée à partir de l'initiation du bourgeon floral au sommet d'une ramification jusqu'au début de l'éclatement du bourgeon. On a enregistré des durées de développement de 35, 46, 60, 82, 30, 52, 34 et 43 jours respectivement pour les morphotypes I à VIII. Un minimum de 30 jours chez le morphotype V et un maximum de 82 jours chez le morphotype IV sont nécessaires au développement du bourgeon.

2) Longueur du panicule :

La fourchette de variation de la longueur du panicule est nettement plus large et varie de 2,1 cm (minimum) chez le morphotype VI à 9,9 cm (maximum) chez le morphotype I. Les longueurs intermédiaires sont de 7,1 cm pour le morphotype II, 3,6 cm pour le morphotype III, 8,1 cm pour le morphotypes IV, 2,7 cm pour le morphotype V, 6,3 cm pour le morphotype VII et 3,4 cm pour le morphotype VIII (Tableau III).

3) Nombre de fleurs par panicule :

Une variabilité assez grande entre les morphotypes a été observée pour ce caractère. Elle varie de 9,1 à 38,8 fleurs par panicule. Dans l'ordre croissant, les morphotypes sont classés comme suit : morphotype VII (9,1), morphotype VIII (9,6), morphotype V (11,4), morphotype III (13,3), morphotype VI (13,5), morphotype I (19,6), morphotype II (23,3) et morphotype IV (38,8) (Tableau III).

4) Taille de la fleur :

La taille de la fleur présente également une forte variabilité avec un maximum de 1,10 cm de long sur 0,78 cm de large chez le morphotype VII et un minimum de 0,57 cm de long sur 0,53 cm de large chez le morphotype II (Tableau III).

5) Longueur du périanthe :

On a relevé une relation étroite entre la longueur du périanthe et la taille de la fleur : la longueur du périanthe est d'autant plus élevée que la taille de la fleur est grande. Le morphotype VII présente la longueur maximale (1,09 cm) et le morphotype VI la longueur minimale (0,40 cm) (Tableau III).

6) Longueur du pédicelle :

Une variabilité élevée a été observée pour la longueur du pédicelle avec un maximum de 0,50 cm chez le morphotype VI et un minimum de 0,26 cm chez le morphotype I.

7) Anthèse :

L'anthèse est l'un des caractères les plus importants dans l'étude de la variabilité entre différents morphotypes. Sa durée varie d'un morphotype à l'autre. Elle est maximale chez le morphotype VII,

s'étalant de 6h30 à 17h10, et minimale chez le morphotype IV, commençant à 8h40 et finissant à 15h00 (Tableau III).

Méthode possible de préservation des morphotypes dans une banque génétique :

Comme il n'est pas possible de préserver les répliques génétiques exactes d'un génotype à l'aide de graines chez les variétés à pollinisation ouverte, des travaux approfondis ont été réalisés afin de mettre au point une méthode de reproduction clonale économique et simple pour permettre non seulement la conservation des combinaisons génétiques souhaitées mais également pour obtenir le nombre voulu de répliques nécessaires pour diverses études de sélection et de recherches génétiques ainsi que pour la reproduction à l'échelle commerciale.

Une bouture herbacée se compose d'une pousse tendre (quel que soit l'âge du plant) comportant un morceau de tige d'environ 4,0 cm. On trempe 3,0 cm de la bouture dans le milieu de racinement composé de sable propre de rivière dans des tubes en polyéthylène (9" x 6"). Les tubes sont placés dans un bac (2 x 1 x 0,5 m) selon la méthode de Devnath et coll. (1992).

On utilise une cabane avec un toit de chaume afin de protéger les boutures du soleil. Pour minimiser la perte d'eau et maintenir une humidité atmosphérique élevée à l'intérieur du bac, l'ouverture du bac est recouverte d'une toile en polyéthylène. L'arrosage est fait quotidiennement pour humidifier le sable. L'initiation des racines commence en moyenne 53 jours plus tard. Les plants reproduits par cette méthode peuvent être replantés dans la mûraie après six mois.

DISCUSSION

Les possibilités d'évolution d'une population donnée sont déterminées dans tous les cas par ses potentialités génétiques ou, en d'autres termes, par les diversités génétiques modifiées par l'hétérogénéité de l'environnement de l'espèce et le flux des gènes entre ces populations.

Une espèce confrontée à ce type de conditions peut rester confinée à un environnement particulier ; d'autres espèces disposent néanmoins (a) d'une flexibilité phénotypique (Thoday, 1958) ou (b) d'une versatilité génétique qui leur permettent de s'adapter à plusieurs environnements. La flexibilité phénotypique permet à une population d'occuper un certain nombre d'environnements sans subir de modifications génétiques, la variabilité peut permettre l'occupation de plusieurs environnements seulement par le biais de la différenciation en populations distinctes. Jain et Bradshaw (1966) ont suggéré que la différenciation des populations localisées est générée par l'interaction des forces de sélection et du flux génétique qui entraînent une variabilité génétique chez ces populations. On a fréquemment soutenu que la discontinuité géographique de la répartition d'une espèce à un stade ou un autre était une condition indispensable à l'apparition d'une différenciation locale marquée, étant donné que tout échange de gènes par dispersion du pollen ou des graines est susceptible de contrebalancer les pressions locales divergentes pouvant opérer dans les divers milieux environnants. Thoday et Boam (1959) et Thoday et Gibson (1962) ont souligné que les pressions de sélection (Jain et Bradshaw, *op. cit.*) conservent normalement et ajustent les caractères des populations sauvages, bien que l'isolement complet ait été autrefois considéré nécessaire à la formation d'une race.

Hamrick et Allard (1975), Hamrick et coll. (1979), Cavers et coll. (1980), Primack et Antonovics (1981, 1982), Slim et Van Der Toorn (1983), Werner (1985), Lawrence (1984) ont émis des opinions similaires sur la base de leurs travaux sur *Avena barbata*, *Plantago lanceolata* et d'autres espèces végétales.

Il est généralement admis que le problème de la différenciation locale doit tenir compte de deux aspects : (1) les pressions de sélection dans des microenvironnements adjacents peuvent varier fortement et (2) la dispersion génétique est susceptible de suivre le modèle de la sélection dans les îles.

Nous avons observé une forte variation des caractères morphologiques de *Machilus bombycina* pour ce qui concerne le nombre de capsules protectrices des bourgeons végétatifs, la taille de la feuille et le nombre de stomates. La variabilité est prononcée aussi bien entre les populations qu'à l'intérieur d'une même population, ce qui indique une hétérogénéité élevée de la population.

Les caractères floraux tels que la durée de développement du bourgeon, le nombre de fleurs par panicule, la taille de la fleur et l'anthèse présentent également un grand polymorphisme. Une telle variation ou gradation peut empêcher le flux de gènes et contribuer à l'établissement de particularités d'adaptation supplémentaires aboutissant à la formation d'une race ou d'une espèce.

De plus, l'analyse de la population révèle que deux morphotypes représentant 25 % des morphotypes étudiés sont présents dans une zone à sol rouge non latéritique et où la pluviométrie annuelle moyenne et l'humidité sont comparativement faibles, alors que les 75 % restants se trouvent dans une région alluviale ancienne où la pluviométrie (2072 mm) et l'humidité sont relativement élevées (Tableau I). De plus, la population du site 1, qui présente des feuilles plus grandes, un poids de 1000 feuilles matures plus élevé, une bordure foliaire, des distances internodales plus longues et une longueur du rachis comparativement plus élevée, est très distincte. Les populations du site 2 présentent une variabilité plus forte. On peut donc arbitrairement diviser les morphotypes en deux groupes distincts avec un poids de 1 000 feuilles matures faible (morphotypes IV, VIII et V) et modérément élevé (morphotypes III, VI et VII) avec des bordures foliaires entières ou mi-découpées et de la longueur de la longueur du panicule.

Pour ce qui concerne la biologie des populations, il est maintenant établi que le système d'accouplement joue un rôle prépondérant dans la dynamique de transmission génétique chez les populations (Allard, 1975 ; Clegg, 1980). De nombreuses études ont démontré la complexité des phénomènes liés au système d'accouplement et entraîné une modification importante des hypothèses émises sur des modèles génétiques de populations antérieures et plus simples (revue de Clegg et Epperson, 1985). Ces facteurs agissent sur la structure de la variabilité génétique chez les populations, donc, sur le cours de l'évolution.

Dans de nombreuses études sur le système de reproduction, on a évalué ces paramètres sous la forme de coefficients de consanguinité, de taux de flux génique et de taux de croisements extérieurs basés sur l'observation soit des comportements d'accouplement, soit sur le nombre de descendants (Clegg, 1980 ; Brown et Allard, 1970).

De plus, il est généralement admis que les plantes hermaphrodites se comportent de manière équisexuelle, c'est-à-dire que chaque individu contribue à part égale à la génération suivante soit comme parent mâle, soit comme parent femelle. L'observation des contributions génétiques mâle et femelle dans les pépinières de l'arbre monoïque *Pinus sylvestris* suggère que des déviations importantes de la reproduction équisexuelle sont communes (Muller-Starck et Ziehe, 1984).

Le genre fonctionnel d'un individu à l'intérieur d'une population dépend de trois facteurs :

- a) attribution relative des ressources à la reproduction des mâles et des femelles (grains de pollen/poids des graines) ;
- b) probabilité que le pollen produit fertilise des zygotes viables ;
- c) probabilité que les graines produites soient incluses dans la génération suivante.

En pratique, il est très difficile de mesurer à la fois la réussite de la pollinisation et la réussite du grainage. On propose comme base de recherche d'étendre la paternité des populations expérimentales aux populations naturelles, étape évidente de l'identification des phénomènes complexes liés au système d'accouplement, l'étendue de l'isolement entre des morphotypes végétaux et le flux génique entre les différentes populations végétales (morphotypes) de *Machilus bombycina* King. Les problèmes à résoudre sont évidemment nombreux et constituent une gageure, tant pour la détermination de marqueurs génétiques suffisants et distincts que pour l'identification du pollen issu des génotypes individuels ou encore l'observation d'un nombre suffisant de descendants d'une population. Il serait probablement plus profitable dans le futur immédiat d'utiliser les populations expérimentales chez lesquelles la composition génotypique et le degré d'isolement génétique sont strictement régulés.

En conclusion, on peut dire que, bien qu'il ne soit pas possible d'identifier avec précision les forces de sélection agissant dans la nature pour faire diverger une population sur deux sites, certaines des sources potentielles identifiables de variations entre deux sites seraient la latitude, le type de sol et la pluviométrie. Cependant, la détermination des situations microgéographiques entraînant un nombre élevé de polymorphismes dans le site 2 est particulièrement intéressante et devrait être étudiée en prenant en compte le profil du terrain, par exemple l'altitude, la gradation du sol alluvial du site

ainsi que la répartition des éléments traces et l'adaptation des différents morphotypes en fonction de la répartition de ces éléments, paramètres qui, une fois combinés, nous permettrons de mettre en évidence les facteurs déterminant un nombre aussi élevé de polymorphismes. On peut néanmoins affirmer que certaines forces de sélection, tant au niveau macrogéographique qu'au niveau microgéographique, interviennent dans toutes les parcelles d'habitat et provoquent la création de différents modes d'adaptation.

On propose donc une étude approfondie des ressources génétiques et des centres de ressources génétiques tenant compte de paramètres tels que le modèle de répartition, l'hétérogénéité de l'environnement, la durée de sélection, la variation génétique, la variation cytologique, la variation des contenus protéiques, etc., qui permettront de déterminer l'architecture de l'espèce et d'enrichir, de cataloguer et de conserver la banque génétique de *Machilus bombycina* afin d'utiliser la variabilité existante dans divers programmes de sélection et, à terme, de conserver les populations végétales *in situ* si nécessaire.

STUDIES ON THE SYSTEMATIZATION OF COCOON COOKING : APPLICATION OF FUZZY EXPERT SYSTEM

H. KINOSHITA*, F. TAJIMA** & H. WATASE***

* National Institute of Sericultural and Entomological Science, Goda 1-4-8, Okaya,
Nagano-Prefecture, 394, Japan.

** Yokohama National University, Japan.

*** Nagano Prefectural Research Institute for Information Technology, Japan.

The authors have previously developed the fundamental expert system for controlling the cocoon cooking process. But this system required many rules for describing the production rule, and so it was very difficult for some users to understand the method for solving problems. Therefore, in order to achieve this objective, the authors introduced the fuzzy theory into the expert system. This is called the "Fuzzy Expert System". The fuzzy expert system was applied to the relationship between the temperature of permeation part (steaming part for permeation) of the cocoon cooking machine and cleanness defects of the silk thread.

This system consists of fuzzy rules using membership functions, μ_{A11} , μ_{A12} , μ_{Bi} . Where, μ_{A11} is the deviation (A_{11}) between the projected percentage and the resultant percentage of cleanness test, μ_{A12} is the temperature (A_{12}) of the permeation part (steaming part for permeation) of the cocoon cooking machine and μ_{Bi} is the operation quantities (B_i).

Fuzzy rules are as follows : If X_1 is A_{11} and X_2 is A_{12} then Y is B_i , etc. These rules were analyzed by MAX-MIN Composition Center of Gravity Method for fuzzy inference. As a result, some defects were improved, and it was confirmed that the fuzzy expert system is effective for controlling the cocoon cooking process.

Keywords : Filature, expert system, fuzzy theory, MAX-MIN composition center of gravity method.

INTRODUCTION

The authors reported on the fundamental expert system for controlling the cocoon cooking process in previous papers (Kinoshita *et al.*, 1989 ; Tajima and Kinoshita, 1989).

However, as this system required many equations for describing the production rules, it was very difficult for some users to understand the method for solving problems. Therefore, in order to achieve this objective, the authors introduced the fuzzy theory into the expert system. It is called "Fuzzy Expert System" (Zadeh, 1968 ; Sugeno, 1988 ; Sakawa, 1989). The fuzzy expert system was applied to the relationship between the temperature of the steaming part for permeation of the cocoon cooking process and the cleanness defects of the reeled raw silk threads.

MATERIALS AND METHODS

1. Configuration :

We used a personal computer to develop the fuzzy expert system. This personal computer was EPSON's PC-286VF. The programming language used was Japanese BASIC.

2. Fuzzy inference method :

A fuzzy inference method was used to develop the expert system. One of the fuzzy inference methods is Mamdani's MAX-MIN Composition Center of Gravity Method (Sugeno, 1988 ; Sakawa, 1989). Fig. 1 shows the MAX-MIN composition center of gravity method. Now, it is necessary to obtain the information on X_1 and X_2 for improving the cleanness defects, where X_1 is the deviation between the target value and the resultant value, and X_2 is the current temperature of the steaming part for permeation.

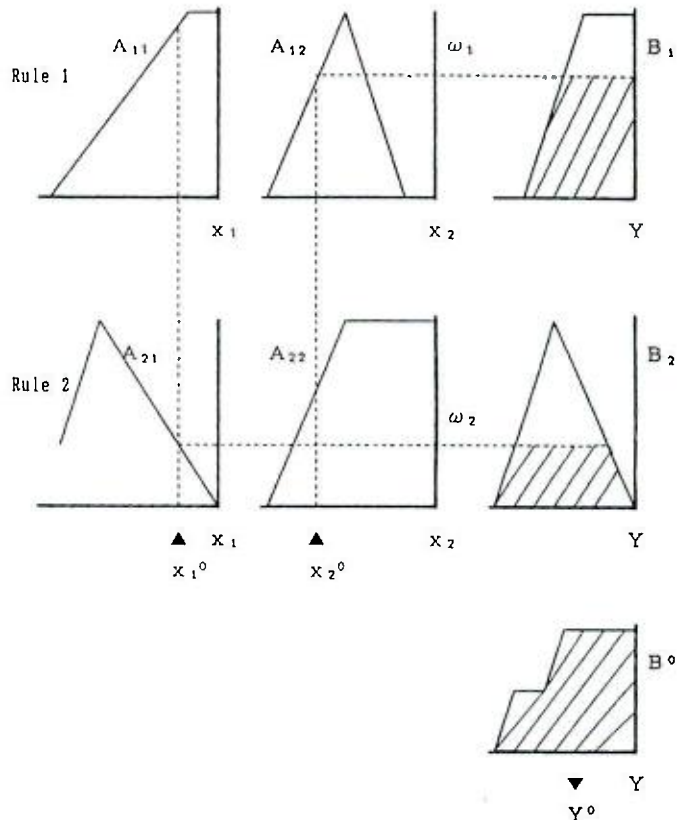
In the fuzzy expert system, the way of decision of the skilled workman in cocoon cooking must be described by the IF-AND-THEN rules for controlling the temperature. Based on Zadeh's fuzzy set theory, the linguistic description is mathematically expressed by fuzzy sets, fuzzy implications, fuzzy modifiers, fuzzy connectives and compositional rules of inference.

Fig. 1 : MAX-MIN composition center of gravity method.

Where, for instance, X_1^0 is a deviation between the target value and resultant value of the cleanness defects test, X_2^0 is the temperature of steaming part for permeation and Y^0 is an operation quantity. For example, as in the simulation step 1 (Fig. 6), X_1^0 is 3.0 %, X_2^0 is 84 °C and Y^0 is 5 °C.

Fig. 1 : Méthode Maxi-Mini de composition des centres de gravité.

Dans ce cas, X_1^0 représente l'écart entre la valeur cible et la valeur obtenue du test de défaut de propreté, X_2^0 représente la température de l'élevage en vue de l'infiltration et Y^0 représente une valeur d'opération. Par exemple, comme dans le cas de la simulation de l'étape 1 (Fig. 6), $X_1^0 = 3.0$ %, $X_2^0 = 84$ °C et $Y^0 = 5$ °C.



The fuzzy expert system consists of fuzzy rules using membership functions μ_{Ai1} , μ_{Ai2} and μ_{Bi} , where,

μ_{Ai1} is the function of $X1$,

μ_{Ai2} is the function of $X2$,

and

μ_{Bi} is the function of operation quantity of Y .

Fuzzy rules are given by the relation as follows :

If $X1$ is A_{i1} and $X2$ is A_{i2} , then Y is B_i

($i = 1, 2, 3 \dots, n$; fuzzy control rule number), ... (1)

where $X1$ and $X2$ are variables of antecedent,

Y is a variable of conclusion.

Membership functions are as follows :

$$\mu_{Ai1}(X1) = 1/a_1 (- |X1 - b_1| + a_1) \vee 0, a_1 > 0$$

$$\mu_{Ai2}(X2) = 1/a_2 (- |X2 - b_2| + a_2) \vee 0, a_2 > 0$$

$$\mu_{Bi}(Y) = 1/a_3 (- |Y - b_3| + a_3) \vee 0, a_3 > 0$$

where $\vee$ shows logical sum.

Now, let fuzzy relation be

$$R_i = (A_{i1} + A_{i2}) \times B_i, \dots (2)$$

where total fuzzy relation R is given by the following equation :

$$R = R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_n$$

$\cup$ shows union.

Considering fuzzy output B^0 ,

$$B^0 = R \cdot (A_1^0 \times A_2^0),$$

where A_1^0 and A_2^0 are inputs.

Considering the membership function on B^0 , we have the following equation :

$$\mu_{B^0}(Y) = \text{MAX} (\mu_R(X1, X2, Y) \wedge \mu_{A_1^0}(X1) \wedge \mu_{A_2^0}(X2))$$

$$= \mu_R(X_1^0, X_2^0, Y)$$

$$= \mu_{R1}(X_1^0, X_2^0, Y) \vee \mu_{R2}(X_1^0, X_2^0, Y) \vee \dots \vee \mu_{Rn}(X_1^0, X_2^0, Y),$$

where $\wedge$ shows logical product.

The membership function of R_i can be seen in the following equation :

$$\mu_{Ri}(X_1^0, X_2^0, Y) = \mu_{Ai1}(X_1^0) \wedge \mu_{Ai2}(X_2^0) \wedge \mu_{Bi}(Y)$$

Here, we define a function

$$\omega_i = \mu_{Ai1}(X_1^0) \wedge \mu_{Ai2}(X_2^0).$$

We have the membership function of the following output B^0 :

$$\mu_{B^0}(Y) = \bigvee_{i=1}^n [\omega_i \wedge \mu_{Bi}(y)]. \dots (3)$$

From these facts, we have

$$Y^0 = \int \mu_{B^0}(Y) Y dY / \int \mu_{B^0}(Y) dY. \dots (4)$$

Y^0 is the operation quantity induced by using MAX-MIN composition Center of Gravity Method of fuzzy inference.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Membership function :

a. The cleanness defects of silk threads :

The cleanness defects test is the most important in the quality of raw silk. Now, let the target value of cleanness defects be C_0 , and let the resultant value be C_n .

Thus, deviation X_1 between the target value and the resultant value of cleanness defects is given by the following equation :

$$X_1 = C_0 - C_n$$

After the skilled workman judged the deviation X_1 , the temperature of steaming part for permeation of the cocoon cooking process is altered.

Then, the membership function of the deviation A_{i1} induced by the expert's knowledge is shown in Fig. 2, where SB means small bad, MB means medium bad and BB big bad.

Now, let these membership functions be the following equations :

The membership functions of SB,

$$\mu_{A11}(X_1) = 20X_1 \quad (0 \leq X_1 \leq 0.5),$$

$$\mu_{A11}(X_1) = 10 - 20(X_1 - 0.5) \quad (0.5 < X_1 \leq 1.0).$$

The membership functions of MB,

$$\mu_{A21}(X_1) = 10X_1 \quad (0 \leq X_1 \leq 1.0),$$

$$\mu_{A21}(X_1) = 10 - 10(X_1 - 1.0) \quad (1.0 < X_1 \leq 2.0).$$

The membership functions of BB,

$$\mu_{A31}(X_1) = 5X_1 \quad (0 \leq X_1 \leq 2.0),$$

$$\mu_{A31}(X_1) = 10 \quad (2.0 < X_1).$$

b. The temperature of the steaming part for permeation of the cocoon cooking process :

The grade down of cleanness defects arises from long loops, loose ends, slugs, etc. To decrease these defects, the temperature of steaming part for permeation of the cocoon cooking process is usually controlled by the skilled workman. Then, the membership function (μ_{A12}), the temperature of steaming part for permeation (A_{i2}) are shown in Fig. 3. In Fig. 3, NB means negative big, NS means negative small, ZO means zero, PS means positive small and PB means positive big.

Fig. 2 : The membership function of deviation between the target value and resultant value of the cleanness defects test.

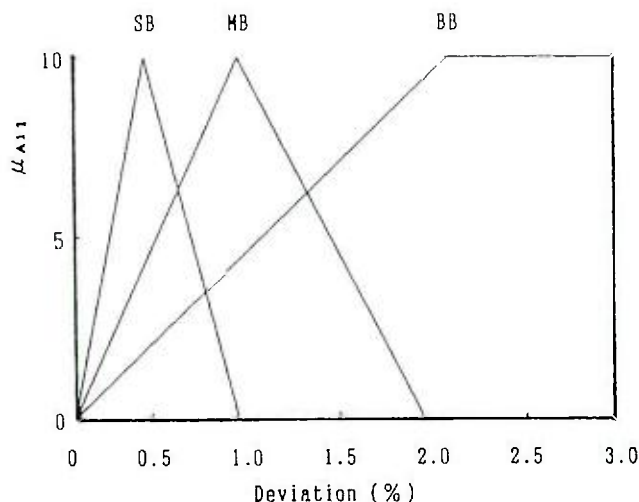
Fig. 2: Fonction membre de l'écart entre la valeur cible et la valeur obtenue au cours du test de défaut de propreté.

SB : Small bad / Faiblement mauvais.

MB : Medium bad.

BB : Moyennement mauvais.

BB : Big bad / Très mauvais.



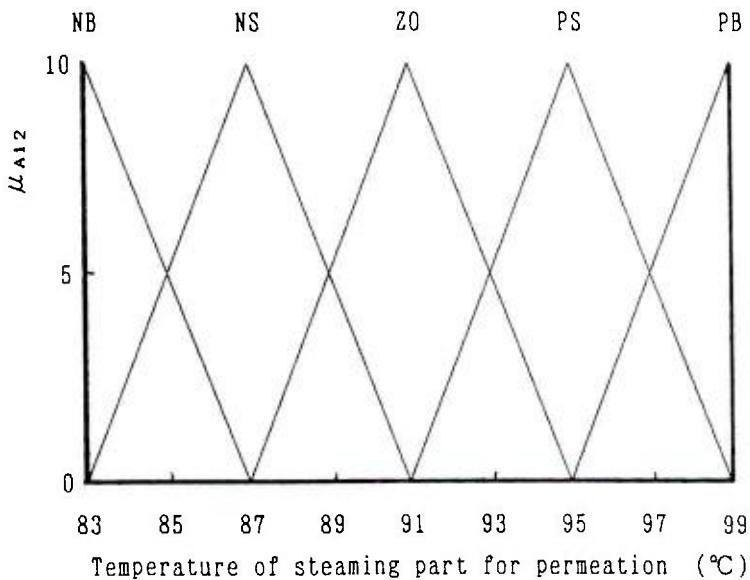


Fig. 3 : The membership function of temperature of steaming part for permeation.

Fig. 3 : Fonction membre de la température de l'étuvage en vue de l'infiltration.

NB : Negative big / *Négatif fort.*

NS : Negative small / *Négatif faible.*

ZO : Zero / *Zéro.*

PS : Positive small / *Positif faible.*

PB : Positive big / *Positif fort.*

Now, let these membership functions be the following equations :

The membership function of NB

$$\mu_{A12}(X2) = 10 - 2.5(X2 - 83) \quad (83 \leq X2 \leq 87).$$

The membership functions of NS

$$\mu_{A22}(X2) = 2.5(X2 - 83) \quad (83 \leq X2 \leq 87),$$

$$\mu_{A22}(X2) = 10 - 2.5(X2 - 87) \quad (87 < X2 \leq 91).$$

The membership functions of ZO

$$\mu_{A32}(X2) = 2.5(X2 - 87) \quad (87 \leq X2 \leq 91),$$

$$\mu_{A32}(X2) = 10 - 2.5(X2 - 91) \quad (91 < X2 \leq 95).$$

The membership functions of PS

$$\mu_{A42}(X2) = 2.5(X2 - 91) \quad (91 \leq X2 \leq 95),$$

$$\mu_{A42}(X2) = 10 - 2.5(X2 - 95) \quad (95 < X2 \leq 99).$$

The membership function of PB

$$\mu_{A52}(X2) = 2.5(X2 - 95) \quad (95 \leq X2 \leq 99).$$

c. The operation quantity :

The temperature of steaming part for permeation is controlled to improve the cleanness defects.

Now, let the temperature of steaming part for permeation (X_c) after the alteration by the skilled workman be the following equation ;

$$X_c = X_2 + Y$$

where X_2 is the present value of steaming part for permeation and Y is the operation quantity.

Then, Fig. 4 shows the membership functions of the operation quantities B_i , which are presented by the expert's knowledge, where NB means negative big, NM means negative medium, NS means negative small, ZO means zero, PS means positive small, PM means positive medium and PB means positive big.

Now, let these membership functions be the following equations :

The membership function of NB

$$\mu_{B1}(Y) = 10 - 5(Y + 6) \quad (-6 \leq Y \leq -4).$$

The membership functions of NM

$$\mu_{B2}(Y) = 5(Y + 6) \quad (-6 \leq Y \leq -4),$$

$$\mu_{B2}(Y) = 10 - 5(Y + 4) \quad (-4 < Y \leq -2).$$

The membership functions of NS

$$\mu_{B3}(Y) = 5(Y + 4) \quad (-4 \leq Y \leq -2),$$

$$\mu_{B3}(Y) = 10 - 5(Y + 2) \quad (-2 < Y \leq 0).$$

The membership functions of ZO

$$\mu_{B4}(Y) = 5(Y + 2) \quad (-2 \leq Y \leq 0),$$

$$\mu_{B4}(Y) = 10 - 5Y \quad (0 < Y \leq 2).$$

The membership functions of PS

$$\mu_{B5}(Y) = 5Y \quad (0 \leq Y \leq 2),$$

$$\mu_{B5}(Y) = 10 - 5(Y - 2) \quad (2 < Y \leq 4).$$

The membership functions of PM

$$\mu_{B6}(Y) = 5(Y - 2) \quad (2 \leq Y \leq 4),$$

$$\mu_{B6}(Y) = 10 - 5(Y - 4) \quad (4 < Y \leq 6).$$

The membership function of PB

$$\mu_{B7}(Y) = 5(Y - 4) \quad (4 \leq Y \leq 6).$$

2. Fuzzy control rule

In order to improve the grade down of the cleanness defects test, the fuzzy control rules represented by the expert's knowledge are described in Fig. 5. The number of fuzzy control rules was only 15. Our earlier expert system required many rules for describing the expert's knowledge. But our new fuzzy expert system does not require many rules for describing.

So it is very easy for users to understand the methods for solving the problems.

3. Results of inference by the fuzzy expert system

We could obtain the operation quantities of defuzzification by using the MAX-MIN composition Center of Gravity Method.

Fig. 4 : The membership function of the operation quantity.

Fig. 4 : Fonction membre de la valeur d'opération.

NB : Negative big / *Négatif fort.*

NM : Negative medium / *Négatif moyen.*

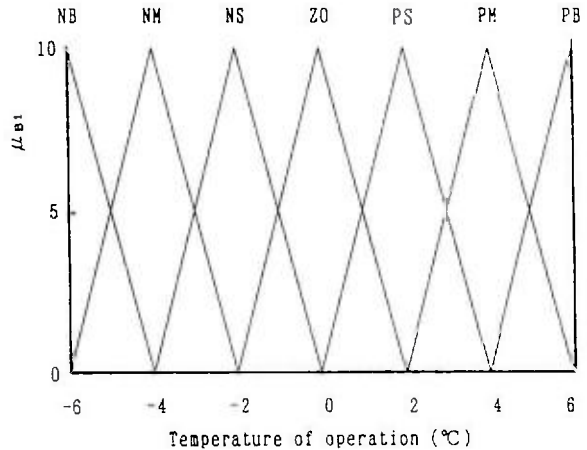
NS : Negative small / *Négatif faible.*

ZO : Zero / *Zéro.*

PB : Positive big / *Positif fort.*

PM : Positive medium / *Positif moyen.*

PS : Positive small / *Positif faible.*



R ¹	:	I F	X ₁ = SB	AND	X ₂ = NB	THEN	Y = PM
R ²	:	I F	X ₁ = SB	AND	X ₂ = NS	THEN	Y = PS
R ³	:	I F	X ₁ = SB	AND	X ₂ = ZO	THEN	Y = PS
R ⁴	:	I F	X ₁ = SB	AND	X ₂ = PS	THEN	Y = ZO
R ⁵	:	I F	X ₁ = SB	AND	X ₂ = PB	THEN	Y = NS
R ⁶	:	I F	X ₁ = MB	AND	X ₂ = NB	THEN	Y = PM
R ⁷	:	I F	X ₁ = MB	AND	X ₂ = NS	THEN	Y = PS
R ⁸	:	I F	X ₁ = MB	AND	X ₂ = ZO	THEN	Y = PS
R ⁹	:	I F	X ₁ = MB	AND	X ₂ = PS	THEN	Y = NS
R ¹⁰	:	I F	X ₁ = MB	AND	X ₂ = PB	THEN	Y = NM
R ¹¹	:	I F	X ₁ = BB	AND	X ₂ = NB	THEN	Y = PB
R ¹²	:	I F	X ₁ = BB	AND	X ₂ = NS	THEN	Y = PM
R ¹³	:	I F	X ₁ = BB	AND	X ₂ = ZO	THEN	Y = PS
R ¹⁴	:	I F	X ₁ = BB	AND	X ₂ = PS	THEN	Y = NM
R ¹⁵	:	I F	X ₁ = BB	AND	X ₂ = PB	THEN	Y = NB

Fig. 5 : Fuzzy rule.

Fig. 5 : Règle floue.

SB : Small bad / *Faiblement mauvais.*

BB : Big bad / *Très mauvais.*

NB : Negative big / *Négatif fort.*

NS : Negative small / *Négatif faible.*

ZO : Zero / *Zéro.*

MB : Medium bad / *Moyennement mauvais.*

PB : Positive big / *Positif fort.*

NM : Negative medium / *Négatif moyen.*

PM : Positive medium / *Positif moyen.*

PS : Positive small / *Positif faible.*

Step 1 :

Deviation between the target value and resultant value of the cleanness defects test is 3.0 %.
Temperature of steaming part for permeation is 84 °C.
As the result the temperature of operation is 5 °C.

Etape 1 :

L'écart entre la valeur cible et la valeur obtenue au cours du test de défaut de propreté est de 3,0 %.
La température de l'étuvage en vue de l'infiltration est de 84 °C.
La température d'opération est donc de 5 °C.

Step 2 :

Deviation between the target value and resultant value of the cleanness defects test is 1.5 %.
Temperature of steaming part for permeation is 89 °C.
As the result the temperature of operation is 3 °C.

Etape 2 :

L'écart entre la valeur cible et la valeur obtenue au cours du test de défaut de propreté est de 1,5 %.
La température de l'étuvage en vue de l'infiltration est de 89 °C.
La température d'opération est donc de 3 °C.

Step 3 :

Deviation between the target value and resultant value of the cleanness defects test is 0.5 %.
Temperature of steaming part for permeation is 92 °C.
As the result the temperature of operation is -1 °C.

Etape 3 :

L'écart entre la valeur cible et la valeur obtenue au cours du test de défaut de propreté est de 0,5 %.
La température de l'étuvage en vue de l'infiltration est de 92 °C.
La température d'opération est donc de -1 °C.

Step 4 :

Deviation between the target value and resultant value of the cleanness defects test is 0.6 %.
Temperature of steaming part for permeation is 91 °C.
As the result the temperature of operation is 2 °C.

Etape 4 :

L'écart entre la valeur cible et la valeur obtenue au cours du test de défaut de propreté est de 0,6 %.
La température de l'étuvage en vue de l'infiltration est de 91 °C.
La température d'opération est donc de 2 °C.

Step 5 :

Deviation between the target value and resultant value of the cleanness defects test is 0.2 %.
Temperature of steaming part for permeation is 93 °C.
As the result the temperature of operation is 0 °C.

Etape 5 :

L'écart entre la valeur cible et la valeur obtenue au cours du test de défaut de propreté est de 0,2 %.
La température de l'étuvage en vue de l'infiltration est de 93 °C.
La température d'opération est donc de 0 °C.

Fig. 6 : The results of simulation.

Fig. 6 : Résultats de la simulation.

Then, the fuzzy inference program was written by BASIC language. Fig. 6 shows the results of simulation for controlling the temperature of steaming part for permeation in the cocoon cooking process. Thus, the temperature can be controlled by these operation quantities. After controlling several times, the temperature is optimized for the target value of the cleanness defects test.

In the future, this system will be useful to control the cocoon cooking process automatically.

REFERENCES

- KINOSHITA H., TAJIMA F., ICHINOSE K. (1989) On the expert system by means of applying principal component analysis for cocoon cooking. *J. Sericult. Sci. Japan*, 412-418.
- SAKAWA T. (1989) Basic and application of fuzzy theory. Morikita Publication, Tokyo (in Japanese), pp. 185.
- SUGENO M. (1988) Fuzzy control. Nikkankogyo Press, Tokyo (in Japanese), pp. 183.
- TAJIMA F., KINOSHITA H. (1989) Decision method of the optimum temperature pattern of cocoon cooking based on the fuzzy theory. *J. Sericult. Sci. Japan*, 58, 419-423.
- ZADEH L.A. (1968) Fuzzy sets. *Information and Control*. 12, 94-102.

ETUDES SUR L'AUTOMATION DE LA CUISSON DES COCONS : APPLICATION DU SYSTEME EXPERT DES ENSEMBLES FLOUS

H. KINOSHITA*, F. TAJIMA** & H. WATASE***

* National Institute of Sericultural and Entomological Science, Goda 1-4-8, Okaya,
Nagano-Prefecture, 394, Japon.

** Yokohama National University, Japon.

*** Nagano Prefectural Research Institute for Information Technology, Japon.

Les auteurs ont précédemment mis au point un système expert fondamental permettant de contrôler le processus de cuisson des cocons. Ce système faisait néanmoins appel à un grand nombre de règles pour décrire la règle globale de production et certains utilisateurs avaient des difficultés à comprendre cette méthode. Afin de résoudre ce problème, les auteurs ont introduit la théorie des ensembles flous dans le système expert. Cette théorie est appelée "Système d'Expertise Flou". Le système d'expertise flou a été appliqué à la relation entre la température de perméabilisation (partie étuvage) de la bassine de cuisson des cocons et les défauts de propreté du fil de soie.

Ce système est composé de règles utilisant les fonctions suivantes : μ_{A1} , μ_{A2} , μ_{B_i} , où μ_{A1} représente l'écart (A_{1i}) entre le pourcentage souhaité et le pourcentage obtenu pour le test de propreté, μ_{A2} représente la température (A_{2i}) du site d'infiltration (site d'étuvage pour l'infiltration) de la bassine de cuisson des cocons et μ_{B_i} représente les valeurs d'opération (B_i).

Les règles d'ensembles flous sont les suivantes : si $X_1 = A_{1i}$ et $X_2 = A_{2i}$, alors $Y = B_i$, etc. Ces règles ont été analysées suivant la Méthode Maxi-Mini de Composition des Centres de Gravité. On a ainsi pu obtenir une amélioration de certains défauts et confirmer l'efficacité du système expert ensembles flous dans le contrôle du processus de cuisson des cocons.

INTRODUCTION

Les auteurs ont précédemment décrit un système expert pour contrôler le processus de cuisson des cocons (Kinoshita et coll., 1989 ; Tajima et Kinoshita, 1989).

Cependant, ce système nécessitait un grand nombre d'équations pour décrire les règles de production et certains utilisateurs avaient des difficultés à comprendre ce système. Afin de simplifier cette méthode, les auteurs ont introduit la théorie des ensembles flous dans le système expert. Cette théorie est appelée "Système Expert Ensembles Flous" (Zadeh, 1968 ; Sugeno, 1988 ; Sakawa, 1989). Le système expert a été appliqué à la relation entre la température de perméabilisation du processus de cuisson des cocons et les défauts de propreté des fils de soie grège dévidés.

MATERIELS ET METHODES

1. Configuration :

Nous avons utilisé un microordinateur EPSON PC-186VF pour mettre au point le système expert. Le langage de programmation utilisé est le BASIC japonais.

2. Méthode des ensembles flous :

On a utilisé une méthode d'ensembles flous pour mettre au point le système expert. L'une des méthodes de déduction est la Méthode Maxi-Mini de Mamdani de Composition du Centre de Gravité (Sugeno, 1988 ; Sakawa, 1989) ; cette méthode est décrite dans la figure 1. Pour améliorer les défauts de propreté, il est nécessaire d'obtenir des informations sur X_1 et X_2 , X_1 étant l'écart entre la valeur à atteindre et la valeur obtenue et X_2 étant la température du site d'étuvage pour l'infiltration.

Dans le système expert flou, le processus de décision de l'artisan pour la cuisson des cocons suit la règle du SI...ALORS pour réguler la température. Sur la base de la théorie des ensembles flous de Zadeh, la description linguistique est exprimée mathématiquement par des ensembles flous, des implications floues, des modificateurs flous, des conjonctions floues et des règles structurelles de déduction.

Le système expert flou est composé de règles floues utilisant les fonctions membres $\mu_{A_{i1}}$, $\mu_{A_{i2}}$ et μ_{B_i} où :

$\mu_{A_{i1}}$ est fonction de X_1 ,

$\mu_{A_{i2}}$ est fonction de X_2 ,

et

μ_{B_i} est fonction de la valeur d'opération de Y .

Les règles floues sont obtenues par la relation comme suit :

Si $X_1 = A_{i1}$ et $X_2 = A_{i2}$, alors $Y = B_i$

($i = 1, 2, 3 \dots, n$: numéro de la règle de contrôle flou), ... (1)

où X_1 et X_2 sont des variables d'antécédents,
et Y est une variable de conclusion.

Les fonctions membres sont les suivantes :

$$\mu_{A_{i1}}(X_1) = 1/a_1 (-|X_1 - b_1| + a_1) \vee 0, a_1 > 0$$

$$\mu_{A_{i2}}(X_2) = 1/a_2 (-|X_2 - b_2| + a_2) \vee 0, a_2 > 0$$

$$\mu_{B_i}(Y) = 1/a_3 (-|Y - b_3| + a_3) \vee 0, a_3 > 0$$

où $\vee$ exprime la somme logique.

Soit la relation floue :

$$R_i = (A_{i1} + A_{i2}) \times B_i, \dots (2)$$

où la relation totale floue R est déterminée d'après l'équation suivante :

$$R = R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_n$$

$\cup$ indique l'union.

Soit la sortie floue B^0 :

$$B^0 = R \cdot (A_1^0 \times A_2^0),$$

où A_1^0 et A_2^0 expriment les entrées.

Compte tenu de la fonction membre sur B^0 , on obtient l'équation suivante :

$$\mu_{B^0}(Y) = \text{MAXI}(\mu_R(X_1, X_2, Y) \wedge \mu_{A_1^0}(X_1) \wedge \mu_{A_2^0}(X_2))$$

$$= \mu_R(X_1^0, X_2^0, Y)$$

$$= \mu_{R1}(X_1^0, X_2^0, Y) \vee \mu_{R2}(X_1^0, X_2^0, Y) \vee \dots \vee \mu_{Rn}(X_1^0, X_2^0, Y),$$

où $\wedge$ exprime le produit logique.

La fonction membre de R_i est décrite dans l'équation suivante :

$$\mu_{Ri}(X_1^0, X_2^0, Y) = \mu_{Ai1}(X_1^0) \wedge \mu_{Ai2}(X_2^0) \wedge \mu_{Bi}(Y)$$

Nous pouvons maintenant définir une fonction :

$$\omega_i = \mu_{Ai1}(X_1^0) \wedge \mu_{Ai2}(X_2^0).$$

Nous obtenons maintenant la fonction membre de la sortie B^0 suivante :

$$\mu_{B^0}(Y) = \bigvee_{i=1}^n [\omega_i \wedge \mu_{Bi}(y)]. \dots (3)$$

Nous pouvons en déduire que :

$$Y^0 = \int \mu_{B^0}(Y) Y dY / \int \mu_{B^0}(Y) dY. \dots (4)$$

Y^0 est la valeur de l'opération induite à l'aide de la Méthode Maxi-Mini de Composition du Centre de Gravité de la déduction floue.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Fonction membre :

a. Défauts de propreté des fils de soie :

Le test de défauts de propreté du fil de soie est le plus important des tests d'évaluation de la qualité de la soie grège. Soit la valeur cible des défauts de propreté C_0 et la valeur obtenue C_n . Ainsi, l'écart entre la valeur cible et la valeur résultante pour les défauts de propreté est donné par l'équation suivante :

$$X1 = C_0 - C_n$$

Lorsque l'artisan a évalué l'écart $X1$, la température du site d'étuvage pour l'infiltration au cours du processus de cuisson des cocons est modifiée.

La fonction membre de l'écart A_{i1} induite par le système expert est présentée dans la figure 2 ; SB signifie faiblement mauvais, MB signifie moyennement mauvais et BB signifie très mauvais.

Ces fonctions membres peuvent être exprimées sous la forme d'équations :

Les fonctions membres de SB sont :

$$\mu_{A11}(X1) = 20X1 \quad (0 \leq X1 \leq 0.5),$$

$$\mu_{A11}(X1) = 10 - 20(X1 - 0.5) \quad (0.5 < X1 \leq 1.0).$$

Les fonctions membres de MB sont :

$$\mu_{A21}(X1) = 10X1 \quad (0 \leq X1 \leq 1.0),$$

$$\mu_{A21}(X1) = 10 - 10(X1 - 1.0) \quad (1.0 < X1 \leq 2.0).$$

Les fonctions membres de BB sont :

$$\mu_{A31}(X1) = 5X1 \quad (0 \leq X1 \leq 2.0),$$

$$\mu_{A31}(X1) = 10 \quad (2.0 < X1).$$

b. Température du site d'étuvage pour l'infiltration au cours du processus de cuisson des cocons :

Le grade faible des défauts de propreté est dû aux boucles longues, aux cassures et aux bouchons. Afin de diminuer ces défauts, la température du site d'étuvage pour l'infiltration au cours du processus de cuisson des cocons est habituellement régulée par l'artisan. La fonction membre (μ_{Ai2}) et la température du site d'étuvage pour l'infiltration (A_{i2}) sont présentées sur la figure 3. Sur cette figure NB signifie négatif fort, NS signifie négatif faible, ZO signifie zéro, PS signifie positif faible et PB signifie positif fort.

Ces fonctions membres peuvent être exprimées sous la forme d'équations :

La fonction membre de NB est :

$$\mu_{A12}(X2) = 10 - 2.5(X2 - 83) \quad (83 \leq X2 \leq 87).$$

Les fonctions membres de NS sont :

$$\mu_{A22}(X2) = 2.5(X2 - 83) \quad (83 \leq X2 \leq 87),$$

$$\mu_{A22}(X2) = 10 - 2.5(X2 - 87) \quad (87 < X2 \leq 91).$$

Les fonctions membres de ZO sont :

$$\mu_{A32}(X2) = 2.5(X2 - 87) \quad (87 \leq X2 \leq 91),$$

$$\mu_{A32}(X2) = 10 - 2.5(X2 - 91) \quad (91 < X2 \leq 95).$$

Les fonctions membres de PS sont :

$$\mu_{A42}(X2) = 2.5(X2 - 91) \quad (91 \leq X2 \leq 95),$$

$$\mu_{A42}(X2) = 10 - 2.5(X2 - 95) \quad (95 < X2 \leq 99).$$

La fonction membre de PB est :

$$\mu_{A52}(X2) = 2.5(X2 - 95) \quad (95 \leq X2 \leq 99).$$

c. Valeur de l'opération :

La température du site d'étuvage pour l'infiltration est contrôlée afin d'améliorer les défauts de propreté.

La température du site d'étuvage pour l'infiltration (X_c) devient après modification par l'artisan :

$$X_c = X2 + Y$$

où $X2$ est la valeur actuelle du site d'étuvage pour l'infiltration et Y est la valeur de l'opération.

La figure 4 présente les fonctions membres des valeurs d'opération B_i qui sont déterminées par l'artisan et pour lesquelles NB signifie négatif fort, NM signifie négatif moyen, NS signifie négatif faible, ZO signifie zéro, PS signifie positif faible, PM signifie positif moyen et PB signifie positif fort.

Ces fonctions membres peuvent être exprimées sous la forme d'équations :

La fonction membre de NB est :

$$\mu_{B1}(Y) = 10 - 5(Y + 6) \quad (-6 \leq Y \leq -4).$$

Les fonctions membres de NM sont :

$$\mu_{B2}(Y) = 5(Y + 6) \quad (-6 \leq Y \leq -4),$$

$$\mu_{B2}(Y) = 10 - 5(Y + 4) \quad (-4 < Y \leq -2).$$

Les fonctions membres de NS sont :

$$\mu_{B3}(Y) = 5(Y + 4) \quad (-4 \leq Y \leq -2),$$

$$\mu_{B3}(Y) = 10 - 5(Y + 2) \quad (-2 < Y \leq 0).$$

Les fonctions membres de ZO sont :

$$\mu_{B4}(Y) = 5(Y + 2) \quad (-2 \leq Y \leq 0),$$

$$\mu_{B4}(Y) = 10 - 5Y \quad (0 < Y \leq 2).$$

Les fonctions membres de PS sont :

$$\mu_{B5}(Y) = 5Y \quad (0 \leq Y \leq 2),$$

$$\mu_{B5}(Y) = 10 - 5(Y - 2) \quad (2 < Y \leq 4).$$

Les fonctions membres de PM sont :

$$\mu_{B6}(Y) = 5(Y - 2) \quad (2 \leq Y \leq 4),$$

$$\mu_{B6}(Y) = 10 - 5(Y - 4) \quad (4 < Y \leq 6).$$

La fonction membre de PB est :

$$\mu_{B7}(Y) = 5(Y - 4) \quad (4 \leq Y \leq 6).$$

2. Règle de contrôle :

Afin d'améliorer le degré médiocre du test de défauts de propreté, les règles de contrôle flou représentées par le système expert sont décrites dans la figure 5. Le nombre de règles de contrôle flou est de 15. Notre système expert précédant faisait appel à un grand nombre de règles pour décrire l'expertise contrairement à ce nouveau système, beaucoup plus simple.

Les filateurs peuvent donc utiliser ce système pour résoudre les problèmes rencontrés.

3. Résultats obtenus avec le système expertise flou :

Les valeurs d'opérations ont pu être déduites en décomposant le système expert flou à l'aide de la Méthode Maxi-Mini de Composition du Centre de Gravité.

Le programme de déduction flou a été transcrit en langage BASIC. La figure 6 présente les résultats d'une simulation de contrôle de la température du site d'étuvage pour l'infiltration au cours du processus de cuisson des cocons démontrant que la température pouvait être contrôlée à l'aide des valeurs d'opération. Après plusieurs contrôles, la température peut être optimisée et ajustée à la valeur cible du test de défauts de propreté.

Ce système permettra à l'avenir de contrôler le processus de cuisson des cocons automatiquement.

IMMUNO-DIAGNOSIS OF THE PEBRINE DISEASE IN SILKWORM

K. SENGUPTA*, M. BAIG, M.V. SAMSON & B. NATARAJU

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

Immuno-diagnosis of the pebrine caused by Nosema bombycis Naegeli was tried through agar-gel-diffusion, immunofluorescence and agglutination tests. The agar-gel-diffusion test was negative and no visible precipitation at the zone of equivalence was recorded. A positive result was obtained from the agglutination test which was later confirmed by indirect fluorescent antibody test and ELISA.

Keywords : Immuno-diagnosis, pebrine disease, *Nosema bombycis* N., silkworm, *Bombyx mori* L.

INTRODUCTION

Out of the various diagnostic methods currently in use, immuno-diagnosis based on antigen-antibody reaction is considered to be the most specific one. Studies are accordingly in progress worldwide to diagnose the different diseases of human and other organisms through immuno-diagnostic methods like agar-gel-diffusion, immuno-fluorescence, agglutination including latex-agglutination test, etc. Pebrine is a serious disease of silkworms caused by the pathogen, *Nosema bombycis* Naegeli. It infects the silkworm per-orally and is later transmitted to the next generation transovarially. At present, the disease is detected through the laborious and time-consuming process of microscopic examination. Besides being laborious, time-consuming and costly, this method is not accurate also. It is fraught with the complication of being missed in microscopic fields. There is also the chance of other spores being considered as *Nosema bombycis* Naegeli spores. Discovery of infective and non-infective, pathogenic and non-pathogenic as well as the strains which are not transmitted ovarially (Fujiwara, 1980) have complicated the problem further. Currently, some previously undescribed microsporidia have also been reported from sericultural farms in Japan (Tanaka *et al.*, 1972 ; Fujiwara, *op. cit.*) and in Korea (Lim *et al.*, 1982). If these microsporidians are not discriminated from *Nosema bombycis* Naegeli, the rejection of silkworm eggs increases and seed production becomes uneconomical. Sato *et al.* (1982) demonstrated the ultrastructural difference between these morphologically similar isolates. Using the indirect fluorescent antibody technique, Knell and Zam (1978) and Sato *et al.* (1981) further showed that there was no antigenic cross-reactivity between the seven species infecting *B. mori* L. and this technique thus showed an exceptional promise in discriminating between morphologically similar species. Attempts were made for the first time in this laboratory to immuno-diagnose the pebrine infection prevalent in India, the results of which are presented in this paper.

* Present address : "Tulip", B-9/27, P.O. Kalyani, Dt. Nadia, 741 235, West Bengal, India.

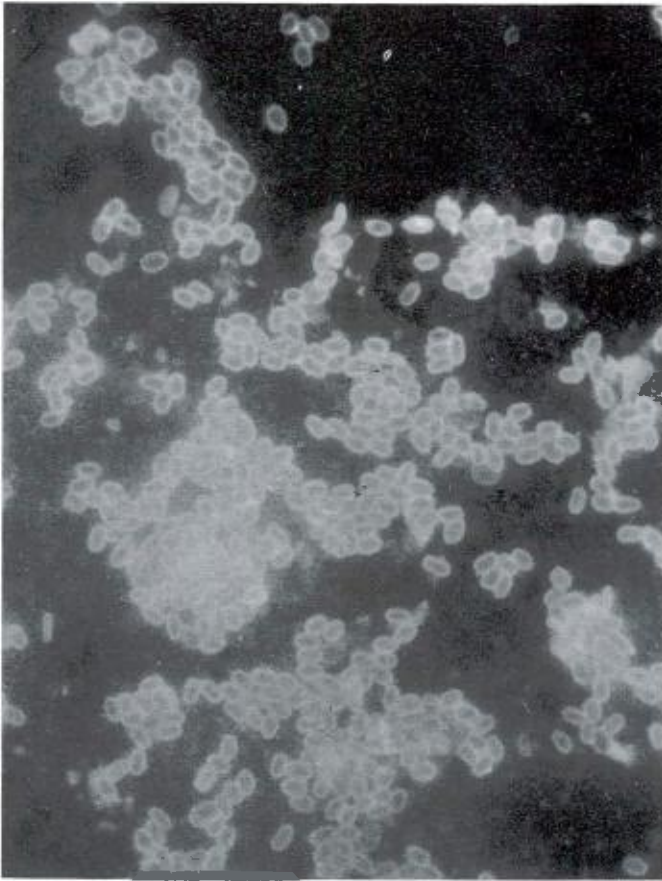


Fig. 1 : Immuno-fluorescence observed following serological reaction.

Fig. 1 : Immuno-fluorescence observée après réaction sérologique.

MATERIALS AND METHODS

Spores of *Nosema bombycis* were obtained from infected silkworms and purified by percoll isodensity equilibrium centrifugation at 73,000 g for 30 minutes (Sato *et al.*, *op. cit.*). The purified spores obtained by isodensity equilibrium centrifugation were suspended in PBS and used as antigens in two forms, namely sonicated and non-sonicated. The antigen protein was estimated by the standard procedure (Lowry *et al.*, 1961). The antigen suspension with 100 µg of protein was emulsified in complete Freund's adjuvant 1:1 v/v. Rabbits were immunised with 100 µg of emulsified antigen protein at multiple sites. Booster doses of antigen with complete Freund's adjuvant were injected to the rabbits at intervals of seven days. On the seventh day after the 4th booster dose, the rabbits were bled and serum-separated after 24 hrs at 4 °C through centrifugation at 2,500 rpm for 10 minutes.

The antiserum obtained against sonicated and non-sonicated spores were screened for the presence of antibodies through established methods.

The agar-gel-diffusion test was put up on a clean slide with wells formed in agar-gel spread over the slide. Antigen and antiserum were placed in opposite wells separately and incubated at 28 °C temp. and 80 % RH for 24 hrs. Observation for visible precipitation at the zone of equivalence was recorded after 24 hrs.

Indirect fluorescent antibody test was also employed to detect antibodies in the antiserum. The antirabbit antibody conjugated with FITC was used and observed for fluorescence.

ELISA was put up to assess the titre values of antibodies in the antiserum. The absorbance data were derived for serially diluted antigens of 100 µg and antiserum of 100 µg with a dilution of 10 to 10.

Agglutination/latex agglutination test was done by putting the antigen into the antibody and stirring.

RESULTS AND DISCUSSION

The agar-gel-diffusion test was negative and no visible precipitation at the zone of equivalence was recorded, but the agglutination test was positive. The negative result of agar-gel-diffusion may be due to the non soluble nature of the antigen that could not have diffused through the gel. The positive result of the agglutination test was confirmed by the indirect fluorescent antibody test and ELISA (see Fig. 1). The antibody availability in the antiserum raised against sonicated and non-sonicated spores was also recorded in these tests. The absorbance data obtained from ELISA indicated a low titre.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are extremely grateful to Dr U. Sengupta, Head, Immunology Division, Central Jalma Institute for Leprosy Research (Agra 282 001, India), for guidance and interest in the work. The kind courtesy of Dr Srinivasan, the Director of the Institute, in offering the services of Dr Sengupta and laboratory facilities is also most thankfully acknowledged.

REFERENCES

- FUJIWARA T. (1980) Three microsporidians (*Nosema* spp.) from the silkworm, *Bombyx mori* L. J. Sericult. Sci. Japan, 49, 229-236.
- KNELL J.D., ZAM S.G. (1978) A serological comparison of some species of microsporidia. J. Invert. Pathol., 31, 280-288.
- LIM J.S., LEE Y.K., CHO S.Y., HAN M.S. (1982) Characteristics of a new microsporidian (S 80) isolated from silkworm, *Bombyx mori* L., in Korea. Res. Proj. Rep. Korean Sericult. Assoc., Seoul.
- LOWRY O.H., ROSEBROUGH N.J., FARR A.L., RANDALL R.J. (1961) Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem., 193, 265-275.
- SATO R., KOBAYASHI M., WATANABE H., FUJIWARA T. (1981) Serological discrimination of several kinds of microsporidian spores isolated from the silkworm, *Bombyx mori* L., by an indirect fluorescent antibody technique. J. Sericult. Sci. Japan, 50, 180-184.
- SATO R., KOBAYASHI M., WATANABE H. (1982) Internal ultrastructure of microsporidians isolated from the silkworm, *Bombyx mori* L. J. Invert. Pathol., 40, 260-265.
- TANAKA S., SHIMIZU T., KOBAYASHI M., ISHIHARA R. (1972) A new microsporidian pathogenic to the silkworm, *Bombyx mori* L. J. Sericult. Sci. Japan, 41, 89-95.

IMMUNO-DIAGNOSTIC DE LA PÉBRINE CHEZ LE VER À SOIE

K. SENGUPTA*, M. BAIG, M.V. SAMSON & B. NATARAJU

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

*On a tenté d'effectuer un immuno-diagnostic de la pébrine *Nosema bombycis* Naegeli à l'aide de tests de diffusion sur gel d'agar, d'immunofluorescence et d'agglutination. Le test de diffusion sur gel d'agar s'est révélé négatif, aucune précipitation visible n'ayant été observée. Le résultat positif obtenu par le test d'agglutination a ensuite été confirmé par le test d'immunofluorescence indirect et le dosage ELISA.*

INTRODUCTION

Des diverses méthodes utilisées à l'heure actuelle, l'immuno-diagnostic, basé sur la réaction antigène-anticorps, est considéré comme la méthode la plus spécifique. Des travaux sont actuellement réalisés partout dans le monde afin de diagnostiquer diverses maladies chez les humains et les autres organismes à l'aide de méthodes utilisant l'immuno-diagnostic telles que la diffusion sur gel d'agar, l'immunofluorescence, l'agglutination (qui comprend le test d'agglutination au latex), etc. La pébrine est une maladie grave du ver à soie provoquée par l'agent pathogène *Nosema bombycis* Naegeli. Il infeste le ver à soie par voie buccale et est ensuite transmis à la génération suivante par voie transovarienne. Actuellement, on détecte la maladie par examen au microscope, méthode laborieuse et qui prend beaucoup de temps. Elle est en outre onéreuse et inexacte ; elle comporte en effet un risque de complication dans la mesure où les spores peuvent échapper à l'examen au microscope. De plus, d'autres spores peuvent être confondues avec des spores de *Nosema bombycis* Naegeli. La découverte de souches infectieuses et non infectieuses, pathogènes et non pathogènes et de souches qui ne sont pas transmises par voie transovarienne (Fujiwara, 1980) a rendu la question encore plus complexe. A l'heure actuelle, de nouvelles microsporidies ont également été observées dans les exploitations séricoles au Japon (Tanaka et coll., 1972 ; Fujiwara *op. cit.*) et en Corée (Lim et coll., 1982). Faute de distinguer ces microsporidies de *Nosema bombycis* Naegeli, la perte d'oeufs de vers à soie augmente, entraînant une diminution de rentabilité dans la production de graines. Sato et coll. (1982) ont démontré la différence ultrastructurale entre des isolats morphologiquement identiques. Knell et coll. (1978) et Sato et coll. (1981) ont par ailleurs démontré, à l'aide de la technique de l'immunofluorescence indirecte qu'il n'y a pas de réactivité croisée entre les sept espèces infestant *B. mori* L. ; cette technique se révèle donc prometteuse pour la distinction des espèces morphologiquement identiques. Des travaux ont été faits pour la première fois dans notre laboratoire afin de procéder à l'immuno-diagnostic de l'infestation par la pébrine, très répandue en Inde. Les résultats sont présentés dans cet article.

* Adresse actuelle : "Tulip", B-9/27, P.O. Kalyani, Dt. Nadia, 741 235, West Bengal, Inde.

MATERIELS ET METHODES

Les spores de *Nosema bombycis* N. ont été obtenues à partir de vers à soie infestés et purifiées par centrifugation sur gradient de percoll à 73 000 g pendant 30 minutes puis récupération de la phase d'équilibre d'isodensité (Sato et coll., *op. cit.*). Les spores purifiées ainsi obtenues ont été suspendues dans du PBS et utilisées comme antigènes sous deux formes : soniquées et non soniquées. La quantité de protéine antigénique a été déterminée selon le protocole standard (Lowry et coll., 1961). La suspension antigénique contenant 100 µg de protéine a été émulsifiée dans de l'adjuvant de Freund entier (1:1 v/v). Des lapins ont été immunisés par injection de 100 µg de protéine antigénique émulsifiée à plusieurs endroits. Des doses de rappel d'antigène contenant l'adjuvant de Freund entier ont été injectées dans les lapins à intervalles de 7 jours. Sept jours après le quatrième rappel, les lapins ont été saignés. Après stockage pendant 24 heures à 4 °C, le sérum a été séparé par centrifugation à 2500 tours/min. pendant 10 minutes.

Les antisérums obtenus contre les spores soniquées et non soniquées ont été filtrés en vue de déterminer la présence d'anticorps à l'aide des méthodes établies.

Le test de diffusion sur gel d'agar a été effectué sur une plaque comportant des puits formés avec du gel d'agar étalé sur la surface de la plaque. L'antigène et l'antisérum ont été placés dans des plaques séparées en vis-à-vis et incubés à une température de 28 °C et une humidité relative de 80 % pendant 24 heures. Les données concernant la précipitation visible au site d'équivalence ont été relevées après 24 heures.

Un test d'immunofluorescence indirecte a également été utilisé afin de détecter les anticorps dans l'antisérum. On a utilisé l'antisérum de lapin combiné avec le FITC afin d'observer la fluorescence.

Un dosage ELISA a été réalisé pour évaluer les titres des anticorps dans l'antisérum. Les données concernant l'absorbance ont été obtenues à l'aide d'un antigène dilué à 100 µg et un antisérum de 100 µg avec des dilutions de 10 en 10.

Le test d'agglutination et/ou d'agglutination au latex a été effectué en plaçant l'antigène dans l'anticorps et en remuant le mélange.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le test de diffusion sur gel d'agar est négatif, aucune précipitation n'étant visible au site d'équivalence, mais le test d'agglutination se révèle positif. Le résultat négatif de la diffusion sur gel d'agar pourrait être dû à la nature non soluble de l'antigène qui n'a pas pu diffuser dans le gel. Le résultat positif du test d'agglutination a été confirmé par le test d'immunofluorescence indirecte et le dosage ELISA (voir Fig. 1). Ces tests ont également permis de révéler la présence de l'anticorps dans l'antisérum obtenu contre les spores soniquées et non soniquées. Les données concernant l'absorbance obtenue par le dosage ELISA font apparaître un titre faible.

CHANGES IN FLUORINE AND CALCIUM ION CONCENTRATIONS IN THE BLOOD OF THE FLUOROSIS-AFFECTED SILKWORM, *BOMBYX MORI* L.

Y. CHEN

Department of Sericulture, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029, China.

*A median lethal concentration (LC₅₀) of four *Bombyx mori* varieties to NaF, fluorine and calcium ion concentration in the blood of four *Bombyx mori* varieties are reported by artificially adding NaF in mulberry leaves. The LC₅₀ value of the *B. mori* larvae varied significantly among varieties. As the fluoride concentration in the food was increased, the fluorine ion concentration in the blood of larvae also increased, and the calcium ion concentration in the blood of larvae decreased. The calcium ion concentration in the blood of larvae of high fluoride-tolerant varieties is higher than that of low fluoride-tolerant varieties. *B. mori* larvae of high fluoride-tolerant varieties kept a higher calcium ion concentration even when the larvae were fed leaves treated with high concentration NaF.*

Keywords : Fluorine, calcium ion, fluoride-tolerance, *Bombyx mori*.

INTRODUCTION

Silkworm cocoon production is the pillar of economic income to a large number of Chinese farmers, and sericulture contributes substantially to the national economy of China. In recent years, however, the increased industrial emission of fluorides into the atmosphere has seriously affected silkworm cocoon production in southern China (He, 1984 ; Liu, 1982 ; Shong, 1985 ; Si, 1988 ; Wo, 1986 ; Zhao and Zhu, 1991).

It is well known that fluoride toxicity on *Bombyx mori* larvae occurred in Japan as early as 1954 (Kuribayashi, 1977). In China, as rural industry has been developing rapidly since the 1980s, extensively-scattered rural industry has been emitting a great number of fluoride, which is one of the major constraints on the progress of sericulture. *B. mori* is a very sensitive insect to fluoride ; even only slightly elevated fluoride levels in the atmosphere, that are not harmful to any kind of plants and very safe to human beings, will harm sericulture. With the development of Chinese industrialization, the rural industry will increase on a large scale in the next decade. Therefore, it became an urgent need to breed a fluoride-tolerant *B. mori* variety. The government and scientists have given maximum attention to this work. Previous studies on the effect of fluoride on sericulture dealt mostly with fluoride toxicity, retardation of growth and development in *B. mori* (Chen, 1987 ; Liu *et al.*, 1991 ; Liu, 1982), fluoride sources in the atmosphere (Tan, 1984 ; Wu, 1990) and prevention and cure of fluoride pollution (Bian, 1987 ; Liu *et al.*, 1991 ; Zhao and Zhu, 1991). Studies on the biochemical mechanism of fluoride toxicity, the heredity pattern of fluoride-tolerance, have not been carried out adequately. The present paper reports fluorine and calcium concentration changes in the blood of four different fluoride-tolerant *B. mori* varieties by artificially adding NaF. The purpose is to investigate the effect of fluoride on calcium ion concentration and attempt to elucidate the mechanism of fluorosis.

MATERIALS AND METHODS

Four *B. mori* varieties, namely Fa 408 (a European strain, univoltinism), Zhenong 1 (a Chinese strain, bivoltinism), Su 12 and Hang 8 (Japanese strains, bivoltinism), obtained from the Department of Sericulture, Zhejiang Agricultural University, were used for the present study. In each variety, three replications of fifty larvae were used for the experiment. Fourth instar larvae were fed with mulberry leaves treated with a NaF solution from the first feeding after molting to 48 hours, and dead larvae were counted daily for eight days. The concentration of NaF used for dipping leaves were 0, 10, 20, 40, 80, 160, 320, 640 and 1280 mg l⁻¹. The median lethal concentration (LC₅₀) was calculated following the probit analysis by Mao *et al.* (1986) and Zhu (1989).

Determination of fluorine and calcium ion concentrations were conducted with larvae in the fifth instar. The blood of larvae was collected 24 hours after they were fed leaves treated with NaF. The fluorine ion concentration was determined by using ion selective electrode (Wu, 1982). The total blood calcium ion concentration was determined with an atomic absorption spectrophotometer.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Fluoride-tolerance of *B. mori* larvae :

The tolerance of insects to toxicants is a heredity character. The LC₅₀ values of four *B. mori* varieties are shown in Table I. The results obtained showed that fluoride-tolerance of *B. mori* varied significantly among different varieties. Fa 408 and Zhenong 1 are more tolerant of fluoride than Hang 8 and Su 12. The LC₅₀ value of Fa 408 is as high as 525 mg l⁻¹, while the LC₅₀ values of Hang 8 and Su 12 are 31 and 86 mg l⁻¹, respectively. Other workers have also observed that *B. mori* larvae have a significant difference in fluoride-tolerance among different varieties (Lin *et al.*, 1991 ; Zhao *et al.*, 1991).

Table I. Fluoride-tolerance of four silkworm varieties (LC₅₀).

Tableau I. Tolérance au fluorure de quatre variétés de vers à soie (CL₅₀).

Silkworm varieties	LC ₅₀ (mg l ⁻¹)
Races de vers à soie	CL ₅₀ (mg l ⁻¹)
Hang 8	31
Su 12	86
Zhenong 1	148
Fa 408	525

2. Fluorine ion concentration in the blood of silkworm larvae :

Difference of fluoride-tolerance among varieties may be caused by the difference of absorption and excrement of fluoride, which affects the fluorine ion concentration in the blood of silkworm larvae. Fig. 1 shows the changes of fluorine ion concentration in the blood of silkworm larvae. The results

Fig. 1 : Changes of fluorine ion concentration in the blood of the silkworm, *Bombyx mori*.

Fig. 1 : Variations de la concentration en ions fluor dans le sang du ver à soie, *Bombyx mori*.

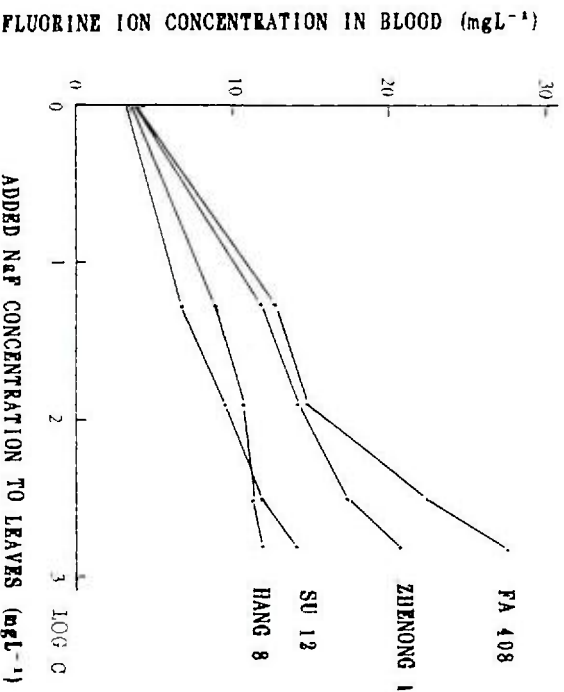
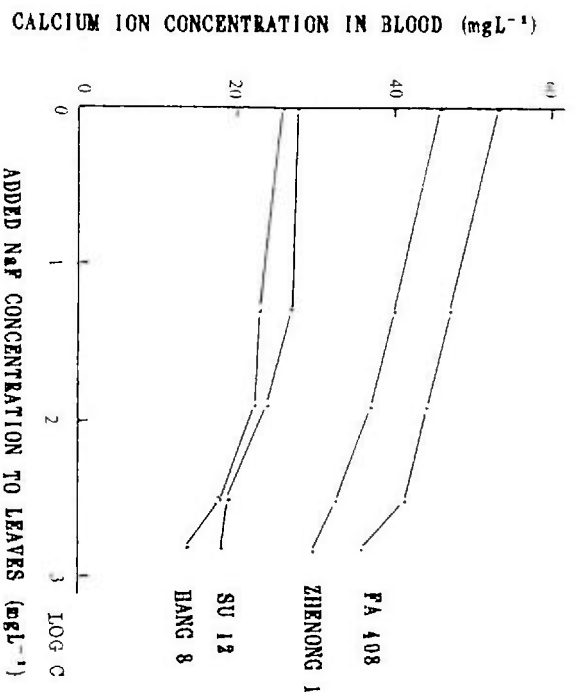


Fig. 2 : Changes of calcium ion concentration in the blood of the silkworm, *Bombyx mori*.

Fig. 2 : Variations de la concentration en ions calcium dans le sang du ver à soie, *Bombyx mori*.



showed that there was no obvious difference in fluorine ion concentration in the larval blood of different *B. mori* varieties fed with normal leaves. Fluorine ion concentration increased significantly as the NaF concentration in the leaves was increased, but the increasing tendency did not synchronize with the NaF concentration in the leaves. The low fluoride-tolerant varieties (Su 12 and Hang 8) increased more slowly than high fluoride-tolerant (Fa 408 and Zhengong 1). This may be due to damage of physiological function in low fluoride-tolerant varieties under low NaF concentration, which impedes further absorption of fluorine. High fluoride-tolerant varieties, the cell function of which is damaged under relatively higher fluorine concentrations, will keep on absorbing more fluorine. This resulted in a higher fluorine ion concentration in the larval blood of this kind of silkworm varieties.

3. Changes of calcium ion concentration in the blood of silkworm larvae :

Changes of calcium ion concentration in the blood of silkworm larvae are presented in Fig. 2. The calcium ion concentration in the blood of silkworm larvae fed with normal leaves has an obvious difference among varieties. High fluoride-tolerant silkworm varieties have a higher calcium ion concentration, and the low fluoride-tolerant are low. The data in Fig. 2 further showed that the calcium ion concentration in the blood of silkworm larvae is significantly related with the NaF concentration added in the leaves. It decreased as the NaF concentration added in the leaves decreased. The range of decrease is dependent on fluoride-tolerance of silkworm varieties.

Recent studies indicated that calcium and its binding protein, calmodulin, play a very important role in the physiological and biochemical function of insects, and is also regulator of material and energy metabolism. Fluorine is a highly selective non-metal element that has a strong combination power with calcium, which form CaF precipitate with calcium. Therefore, the increase in fluorine ion concentration in the blood of silkworms certainly affected the calcium ion concentration. Fig. 1 and 2 indicated that the calcium ion concentration in the larval blood was negatively related with fluorine ion concentration. And the decrease in calcium ion concentration in the blood will damage the normal function of calcium. Moreover, the addition of CaCO₃ in the leaves in practical cocoon production can somewhat alleviate fluorine toxicity to silkworms is another example to explain the fluorine and calcium interaction. As to the mechanism for calcium to alleviate fluorine toxicity, we are carrying out further studies. It will be reported in our next paper.

ACKNOWLEDGEMENTS

I am thankful to the International Foundation for Science (IFS), Stockholm, Sweden, for their financial support. Thanks are also due to Professor Lu Xuefang for her help in this study.

REFERENCES

- BIAN Y.-M. (1987) Monitor and prediction of fluoride pollution of silkworm, *Bombyx mori* L. Environmental Science, 8, 71-74.
- CHEN Z.-W. (1987) Some physiological and biochemical changes of fluorosis silkworm, *Bombyx mori* L. Chinese J. Sericult., 13, 164-168.
- HE Y.-T. (1984) A preliminary note on the effect of fluoride pollution in the atmosphere on silkworm cocoon production. Guangdong Sericult. Bull., 1, 1-4.
- KURIBAYASHI S. (1977) Effects of atmospheric pollution by hydrogen fluoride on mulberry tree and silkworm. J. Sericult. Sci. Japan, 46, 536-544.
- LIU C., WU F.-Z., TANG L.-Y. (1991) The study on evaluation of the effects for air pollution of fluorine on production environment of mulberry and silkworm. Agri-environmental Protection, 10, 52-55.
- LIU C. (1982) Relationship between fluoride content in mulberry leaves and silkworm cocoon yield. Bull. of Seric., 4, 22-23.
- LIN J.-L., ZHONG S.-Q., SHI Y.S. (1991) Relationship between fluoride-resistance of silkworm and some quantitative characters in *Bombyx mori* L. China National Congress on Silkworm Breeding, Chongqing.

- MAO D.-S., TONG Z.-C., WANG Z.-Y. (1986) Biochemical toxicology of environment. Liaoning University Press, Shenyang.
- SHONG L.-F. (1985) A report on the effect of fluoride pollution on sericulture production. *Jianshu Seric.*, 3, 16-19.
- SI M.-C. (1988) Measures and unstable factors of spring silkworm cocoon production. *Bulletin of Seric.*, 1, 16-18.
- TAN L.-Y. (1984) A quantitative study on the accumulation of fluoride compound in mulberry leaves contaminated fluoride compound. *Chinese J. Seric.*, 10, 173-177.
- WO K.-M. (1986) Sericulture production in fluoride-polluted regions. *Bull. of Seric.*, 1, 1-4.
- WU F.-Z. (1982) A rapid method to determine trace fluoride in mulberry leaves and silkworm. *Bull. of Seric.*, 4, 30-32.
- WU F.-Z. (1990) Some problems on fluoride pollution of field by exhausting from brickkiln. *Acta Agriculturae Universitatis Zhejiangensis*, 4, 48-52.
- ZHU P.-L. (1989) Animal toxicology. Shaighai Science and Technology Press, Shaighai.
- ZHANG D.-B. (1965) Insect toxicology. Science Press, Beijing.
- ZHAO L.-L., ZHU X.-L. (1991) Preliminary study on increasing fluoride-tolerance of silkworm. China National Congress on Silkworm Breeding, Chongqing.

MODIFICATIONS DES CONCENTRATIONS EN IONS FLUOR ET CALCIUM DANS LE SANG DU VER A SOIE (*BOMBYX MORI* L.) ATTEINT DE FLUOROSE

Y. CHEN

Department of Sericulture, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029, Chine.

*On a mesuré la concentration létale médiane en NaF (CL₅₀) ainsi que les concentrations en ions fluor et calcium dans le sang pour quatre races de *Bombyx mori* en ajoutant du NaF artificiellement sur les feuilles de mûrier. La valeur de la CL₅₀ chez les larves de *B. mori* varie de manière significative en fonction des races. A mesure que la concentration en ions fluor dans la nourriture augmente, la concentration en ions fluor dans le sang des larves augmente tandis que celle des ions calcium diminue. La concentration en ions calcium dans le sang des larves est plus élevée chez les races fortement tolérantes au fluorure que chez les races peu tolérantes. Les larves de *B. mori* des variétés fortement tolérantes au fluorure conservent une concentration en ions calcium élevée même lorsqu'elles sont nourries avec des feuilles traitées avec du NaF fortement concentré.*

INTRODUCTION

La production de cocons de vers à soie est la principale base de revenus pour un grand nombre d'agriculteurs chinois, la sériciculture contribuant largement à l'économie nationale chinoise. Cependant, depuis quelques années, l'augmentation de l'émission de fluorures industriels dans l'atmosphère affecte gravement la production de cocons de vers à soie dans le sud de la Chine (He, 1984 ; Liu, 1982 ; Shong, 1985 ; Si, 1988 ; Wo, 1986 ; Zhao et Zhu, 1991).

La toxicité du fluorure pour les larves de *Bombyx mori* a été observée au Japon dès 1954 (Kuribayashi, 1977). En Chine, avec le développement rapide de l'industrie en milieu rural depuis les années 1980, les usines réparties de manière extensive ont émis des quantités importantes de fluorure, ces émissions de fluorure constituent le principale obstacle au développement de la sériciculture. *B. mori* est un insecte très sensible au fluorure ; des augmentations très faibles du niveau de fluorure, qui ne sont pas nocives pour les végétaux et sont inoffensives pour les humains, peuvent entraîner des dommages en sériciculture. Avec l'industrialisation de la Chine, l'industrie en milieu rural est appelée à se développer sur une grande échelle au cours de la prochaine décennie. Il était donc devenu urgent de sélectionner une race de *B. mori* tolérant les fluorures. Le gouvernement et les scientifiques ont accordé beaucoup d'importance à cette étude. Les travaux réalisés sur l'effet du fluorure sur la sériciculture concernent principalement la toxicité du fluorure, le retard de la croissance et du développement chez *B. mori* (Chen, 1987 ; Liu et coll., 1991 ; Liu, 1982), les sources de fluorure dans l'atmosphère (Tan, 1984 ; Wu, 1990) et la prévention et le traitement de la pollution par les fluorures (Bian, 1987 ; Liu et coll., 1991 ; Zhao et Zhu, 1991). Aucune étude n'a été réalisée de manière appropriée sur le mécanisme biochimique de la toxicité ou sur le mode de transmission de la tolérance au fluorure. Cet article décrit les modifications des concentrations en calcium et en fluor dans le sang de quatre races de *B. mori* tolérantes au fluorure après addition artificielle de NaF. Le but de ce travail est d'étudier l'effet du fluorure sur la concentration en ions calcium et de tenter d'élucider le mécanisme de la fluorose.

MATERIELS ET METHODES

Quatre races de *B. mori*, à savoir Fa 408 (souche européenne monovoltine), Zhenong 1 (souche chinoise bivoltine), Su 12 et Hang 8 (souches japonaises bivoltines), fournies par le Department of Sericulture (Zhejiang Agricultural University) ont été utilisées dans cette étude. Les expériences ont été faites sur trois réplicats de 50 vers de chacune des races. Des larves du quatrième âge ont été nourries avec des feuilles de mûrier traitées avec une solution de NaF depuis le premier nourrissage après la mue jusqu'à 48 heures et les larves mortes ont été comptées quotidiennement pendant 8 jours. Les feuilles ont été trempées dans des concentrations en NaF de 0, 10, 20, 40, 80, 160, 320, 640 et 1280 mg/l. La concentration létale médiane (CL₅₀) a été calculée d'après l'analyse probit de Mao et coll. (1986) et Zhu (1989).

Les concentrations en ions fluor et calcium ont été déterminées à partir de larves du cinquième âge. Le sang des larves a été prélevé 24 heures après leur nourrissage avec des feuilles traitées au NaF. La concentration en ions fluor a été déterminée à l'aide d'une électrode à sélection d'ions (Wu, 1982). La concentration totale en ions calcium dans le sang a été déterminée à l'aide d'un spectrophotomètre à absorption atomique.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Tolérance au fluorure des larves de *B. mori* :

La tolérance des insectes aux produits toxiques est un caractère lié à l'hérédité. Les valeurs de la LC₅₀ pour les quatre races de *Bombyx mori* sont présentées dans le tableau I. Fa 408 et Zhenong 1 sont plus tolérants au fluorure que Hang 8 et Su 12. La valeur de la CL₅₀ pour Fa 408 atteint 525 mg/l contre 31 et 86 mg/l pour Hang 8 et S 12 respectivement. D'autres chercheurs ont observé que les larves de *B. mori* présentent des différences significatives de tolérance au fluorure (Lin et coll., 1991 ; Zhao et coll., 1991).

2. Concentration en ions fluor dans le sang des larves :

Les différences de tolérance au fluorure entre les races peuvent résulter de la différence d'absorption et d'excrétion du fluorure affectant la concentration en ions fluor dans le sang des larves de vers à soie. La figure 1 décrit les variations de la concentration en ions fluor dans le sang des larves. Les résultats montrent qu'il n'y a aucune différence significative de la concentration en ions fluor dans le sang des larves entre les diverses races de *B. mori* nourries avec des feuilles normales. La concentration en ions fluor augmente de manière significative à mesure que la concentration en NaF sur les feuilles augmente mais cette tendance à l'augmentation n'est pas proportionnelle à la concentration en NaF dans les feuilles. Chez les races peu tolérantes au fluorure (Su 12 et Hang 8), la concentration augmente plus faiblement que chez celles qui sont très tolérantes au fluorure (Fa 408 et Zhengong 1). Ceci pourrait être dû aux dommages causés aux fonctions physiologiques chez les races peu tolérantes au fluorure soumises à une faible concentration de NaF empêchant l'absorption supplémentaire de fluor. Les races très tolérantes au fluorure dont la fonction cellulaire est affectée par des concentrations relativement élevées de fluor continueront d'absorber davantage de fluor. Ceci se traduit par une augmentation de la concentration en ions fluor dans le sang des larves de ces races de vers à soie.

3. Variations de la concentration en ions calcium dans le sang des larves :

Les variations de la concentration en ions calcium dans le sang des larves de vers à soie sont présentées dans la figure 2. La concentration en ions calcium dans le sang des larves nourries avec des feuilles normales varie de manière significative en fonction des races. La concentration en ions calcium est plus élevée chez les races de vers à soie très tolérantes au fluorure que chez les races peu tolérantes. Les données de la figure 2 montrent en outre que la concentration en ions calcium dans le sang des larves de vers à soie est corrélée de manière significative à la concentration en NaF ajoutée dans les feuilles. Elle diminue à mesure que la concentration en NaF ajoutée dans les feuilles diminue. L'amplitude de la diminution dépend de la tolérance au fluorure des races de vers à soie.

Des travaux récents ont montré que le calcium et sa protéine de liaison, la calmoduline, jouent un rôle très important dans les mécanismes physiologiques et biochimiques des insectes et qu'ils servent de régulateurs du métabolisme énergétique. Le fluorure est un élément non-métallique très actif qui a un fort pouvoir de combinaison avec le calcium en formant un précipitat CaF . L'augmentation de la concentration en ions fluor dans le sang des larves de vers à soie affectent donc certainement la concentration en ions calcium. Les figures 1 et 2 indiquent que la concentration en ions calcium dans le sang des larves est corrélée de manière négative à la concentration en ions fluor, la diminution de la concentration en ions calcium dans le sang affectant le mode d'action normal du calcium. De plus, l'addition dans la pratique séricicole de CaCO_3 sur les feuilles peut, dans une certaine mesure, atténuer la toxicité du fluor pour les vers à soie et pourrait également expliquer l'interaction fluor-calcium. Nous effectuons actuellement des recherches sur le rôle joué par le calcium dans l'atténuation de la toxicité du fluor. Les résultats seront présentés dans notre prochain article.

BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHY

Sériciculture générale	165
General sericulture	
Mûrier	169
Mulberry	
<i>B. mori</i> : élevage, nutrition, pathologie	175
<i>B. mori</i> : rearing, feeding, pathology	
Séricigènes non-mûriers : élevage, nutrition, pathologie	181
Non-mulberry silkworms : rearing, feeding, pathology	
Vers à soie : génétique	185
Silkworms : genetics	
Vers à soie : physiologie, biochimie	189
Silkworms : physiology, biochemistry	
Vers à soie : oeufs, embryologie	193
Silkworms : eggs, embryology	
Vers à soie : glandes séricigènes	195
Silkworms : silk glands	
Soie	197
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

Il punto sulla gelsibachicoltura (in Italia). / The point on sericulture in Italy.

Le point sur la sériciculture en Italie.

ANONYME

1990 Veneto Agricoltura (Italy), Vol. 6(5), 46-48. (I)

Silk Review 1992 : a survey of international trends in production and trade.

Etude sur la soie 1990 : examen des tendances internationales de la production et du commerce.

ANONYME

International Trade Centre UNCTAD/GATT, Palais des Nations, 1211 Geneva 10, Switzerland.
1992 ITC, 174, B3, 92-VII.

Sericulture industry in Bangladesh : Analysis of production performance, constraints and growth potentials.

Industrie séricicole au Bangladesh : Analyse de la production, des contraintes et des potentiels de croissance.

BAKHT Z., MUHAMMAD ABDUL LATIF, *et al.*

1988 Bangladesh Institute of Development Studies, Dhaka, Bangladesh, 243 p. (E)

Les pratiques de sériciculture tropicale dans l'état du Karnataka, sud de l'Inde.

The practices of tropical sericulture in Kamataka State, South India.

BOEDTS B.

1990 Tropicultura (Belgium), Vol. 8(2), 94-98. (F,e,s)

Les chemins de la soie.

The silk roads.

COLL.

Eds. Espace Ecrits, 30170 Saint Hippolyte du Fort. France.

1993 Ed. Espace Ecrits, 364 p. (F)

The use of the chrysalis meal as protein source in the diets for growing finishing pigs. / Uso da farinha de crisalida do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.) como fonte de proteina na alimentacao de suinos em crescimento-terminacao.

Utilisation des chrysalides comme source de protéines dans la nutrition des porcs en fin de croissance.

COLL. J.F.C., CRESPI M.P.A.L. de, M. da G.O.R., SOUSA J.C. de *et al.*

1992 Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia (Brazil), Vol. 21(3), 378-384. (P,e)

La Seda.

La soie.

CORONA P.

1992 *Serie : Las materias primas, Coleccion Pinata, Editorial Patria, Mexico, 31 p. (S)*

Extent of adoption of improved sericultural practices by sericulturists.

Impact de l'utilisation des pratiques séricoles améliorées chez les sériculteurs.

DOLLI S.S., KALAPPA H.K., SUBRAMANIAM R.K., CHIKKANNA, SINGHVI N.R. *et al.*

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

1993 *Indian Silk, Vol. 31(10), 35-40. (E)*

Studies on the use of poultry offal and silkworm pupae as dietary sources for Indian major carp, *Catla* (Hamilton) (Bangladesh).

Etudes sur l'utilisation d'abats de volailles et de chrysalides du ver à soie comme sources de régime alimentaire pour la carpe commune indienne *Catla* (Hamilton) (Bangladesh).

HASAN M.R.

Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh.

1991 Proceedings of the Workshop on Bangladesh Agricultural University Research

Progress, 15-18 Jan. 1991, 415-428. (E)

Silkworm breeding and selection of improved hybrid lines (Bangladesh).

Elevage du ver à soie et sélection de lignées hybrides améliorées (Bangladesh).

HOSSAIN M.

Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh.

1990 Proceedings of the Workshop on Bangladesh Agricultural University Research

Progress, 29-31 Oct. 1989, 60-65. (E)

Evaluation of silkworm pupae meal as dietary protein source for catfish (*Heteropneustes fossilis* Bloch) (Bangladesh).

Evaluation des repas composés de chrysalides du ver à soie comme source de protéines pour le poisson chat (*Heteropneustes fossilis* Bloch) (Bangladesh).

HOSSAIN M.A., ISLAM M.N., ALIM M.A.

Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh.

1991 Proceedings of the Workshop on Bangladesh Agricultural University Research

Progress, 15-18 Jan. 1991, 438-443. (E)

Silk (I & II). Human and cultural history.

La soie (I et II). Histoire culturelle et humaine.

ITO C.

1992 *Univ. Center of publications, law and politics, Tome I. 290 p., Tome II. 275 p. (J)*

Towards the innovation of sericulture and silk industry in Japan.

Vers l'innovation dans la sériciculture et l'industrie de la soie au Japon.

KOYAMA J.

1991 *Research Journal of Food and Agriculture (Japan), Vol. 14(11), 3-4. (J)*

Present status and future prospect of sericultural and entomological science (in Japan).

Statut actuel et perspective d'avenir de la science séricole et entomologique au Japon.

KOYAMA J.

1991 *Journal of Agricultural Science (Japan), Vol. 46(11), 514-518. (J)*

Mulberry (*Morus alba* Linn.) leaf meal as replacement for ipil-ipil (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit) for fattening goats.

Remplacement du ipil-ipil (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit) par des feuilles de mûrier (*Morus alba* Linn.) pour l'engraissement des chèvres.

LUIS B.B.

Gregorio Araneta University, Foundation, Malabon, Metro Manila, Philippines.

1990 Thesis (Ph.D. in Animal Science), Gregorio Araneta Univ., Foundation Library, Malabon, Metro Manila, Philippines, 146 p. (E)

Present status of sericulture in Jammu division.

Situation actuelle de la sériciculture dans la région de Jammu.

MUKHERJEE P., GAUTAM K.L.

Central Sericultural Research and Training Institute, Pampore 192 121, Kashmir, India.

1993 Indian Silk, Vol. 31(10), 12-15. (E)

Development of new-sericultural system by polyphagous silkworm.

Développement d'un nouveau système séricicole grâce au ver à soie polyphage.

MURAKAMI T.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Tsukuba, Ibaraki

305, Japan.

1991 Research Journal of Food and Agriculture (Japan), Vol. 14(11), 5-12. (J)

Influence of silkworm pupa-based diets on growth, organoleptic quality and biochemical composition of *Catla-Rohu* hybrid.

Influence de l'alimentation à base de chrysalides de vers à soie sur la croissance, la qualité organoléptique et la composition biochimique chez l'hybride *Catla-Rohu*.

NANDEESHA M.C., SRIKANTH G.K., VARGHESE T.J., KESHAVANATH P., SHETTY H.P.C.
Agricultural Sciences University, GKVK Campus, Bangalore 560 054, India.

1989 PUDOC (Netherlands), Conference on Management Techniques and Nutrition, Malang (Indonesia), 211-221. (E)

Sericulture development in the Thuamul Rampur area of Orissa - Present status and future strategies.

Développement de la sériciculture dans la région Thuamul Rampur d'Orissa - Situation actuelle et stratégies futures.

PUROHIT K.M.

Senior Research Officer, Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore 742 101, India.

1993 Indian Silk, Vol. 31(11), 20-22. (E)

Extent of adoption of improved sericultural practices by sericulturists of Hunsur region of Mysore - An analysis.

Utilisation croissante de méthodes séricicoles améliorées par les sériciculteurs de la région d'Hunsur, Mysore - Une analyse.

SINGHVI N.R., SETHU RAO M.K., MADHAVA RAO Y.R., IYENGAR M.N.S., DATTA R.K.

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

1993 Indian Silk, Vol. 31(11), 17-19. (E)

Mûrier

Mulberry

The native and hybrid mulberry tree in Costa Rica : guide on agronomic cultivation aspects. / El moral hibrido y criollo en Costa Rica : guia sobre aspectos agronomicos del cultivo.

Le mûrier sauvage et le mûrier hybride au Costa Rica : guide des aspects agronomiques de la culture.
BOKENFOHR CASTRO B.

Ministerio de Agricultura y Granaderia, Agencia de Extension Agricola de Dota, San Jose, Costa Rica.

1991 Ministerio de Agricultura y Granaderia, San Jose (Costa Rica), 19 p. (S)

Effect of amendements on chemical properties of alkali soil of mulberry garden and its yield.

Effet des amendements sur les propriétés chimiques des sols alcalins des mûraies et sur leur rendement.

BOSE P.C., MAJUMDER S.K., DATTA R.K.

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

1992 Indian J. Seric., Vol. 31(2), 147-150. (E,f)

Concimazione azotata e contenuti in boro nel gelso (*Morus alba* L.).

Consonimation d'azote et contenu en bore chez le mûrier (*Morus alba* L.).

CAPPELLOZZA L., MARIZZA L.

Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria, Via dei Colli, 28, 35100 Padova, Italia.

1992 Atti del X convegno nazionale della Società Italiana di Chimica Agraria, Roma, 15-18 Settembre 1992, 383-390. (I)

S54 mulberry variety holds promise.

La variété de mûrier S54 tient ses promesses.

CHIKKANNA R.K., SUBRAMANIAM N.R., SINGHVI N.R., VENUGOPALA PILLAI S. *et al.*

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

1993 Indian Silk, Vol. 31(11), 23. (E)

Modification of sex-expression in mulberry by cucurbitacin-B, a potent antigibberellin.

Modification de l'expression sexuelle chez le mûrier grâce à la cucurbitacine-B, une puissante antigibberelline.

DAS B.K., MUKHERJEE S.K.

Regional Sericultural Research Station, Kalimpong 734 301, India.

1992 Indian J. Seric., Vol. 31(2), 173-175. (E)

Use of Azotobacter biofertilizer in mulberry cultivation.

Utilisation de l'engrais biologique Azotobacter pour la culture du mûrier.

DAS P.K., CHOUDHURY P.C., GHOSH A., KATIYAR R.S., MATHUR V.B., DATTA R.K.

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

1993 *Indian Silk*, Vol. 31(10), 43-45. (E)

Estudio morfoanatomico y fisiológico de la raíz de *Rubus glaucus* Benth (Mora de Castilla) en tres edades. / Physiological and morphoanatomic study of the root of *Rubus glaucus* Benth (Mora de Castilla) at three ages.

Etude morpho-anatomique et physiologique de la racine de *Rubus glaucus* Benth (Mûrier de Castille) à trois âges.

FORERA RAMOS M.T.

Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Fisiología de Cultivos, Santa Fe de Bogotá, Colombia.

1990 *Thesis (Agricultural Engineer)*, Bogotá (Colombia), 98 p. (S)

Evidence of phenotypic plasticity in mulberry (*Morus* L.).

Mise en évidence de la plasticité phénotypique chez le mûrier (*Morus* L.).

GRAY E.

Western Kentucky University, Bowling Green, Kentucky, U.S.A.

1990 *Castanea (U.S.A.)*, Vol. 55(4), 272-281, (E)

Monitoring of the mulberry diseases.

Observation des maladies du mûrier.

GUNASEKHAR V., GOVINDAIAH.

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

1993 *Indian Silk*, Vol. 31(10), 50-52. (E)

A new leaf blight of mulberry (*Morus* spp.) caused by *Alternaria alternata* in India.

Une nouvelle maladie des feuilles de mûrier (*Morus* spp.) en Inde, causée par *Alternaria alternata*.

GUNASEKHAR V., GOVINDAIAH, DATTA R.K.

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

1992 *Indian J. Seric.*, Vol. 31(2), 131-134. (E,f)

Studies on the distribution and characteristics of *Erigeon philadelphicus* L. resistant to paraquat in mulberry fields in Saitama prefecture (Japan).

Etudes sur la distribution et les caractéristiques d'*Erigeon philadelphicus* L. résistant au paraquat dans les champs de mûriers dans la préfecture de Saitama (Japon).

HANIOKA Y.

Saitama-ken, Sericultural Experiment Station, Kumagaya 360, Japan.

1989 *Weed Research (Japan)*, Vol. 34(3), 215-221. (J,e)

Paraquat-resistant biotype of *Erigeron sumatrensis* Retz. in mulberry (*Morus alba*) fields in Saitama prefecture (Japan).

Biotype d'*Erigeron sumatrensis* Retz. résistant au paraquat dans les champs de mûriers (*Morus alba*) dans la préfecture de Saitama (Japon).

HANIOKA Y.

Saitama-ken, Sericultural Experiment Station, Kumagaya 360, Japan.

1989 *Weed Research (Japan)*, Vol. 34(3), 210-214. (J,e)

***In vitro* plant regeneration from excised cotyledons of *Morus laevigata* Wall.**Régénération *in vitro* de plants de *Morus laevigata* (Wall) à partir de cotylédons excisés.

JAIN A.K., DATTA R.K.

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

*1992 Indian J. Seric., Vol. 31(2), 151-154. (E,f)***Nitrogen mineralization in irrigated plantations of shisham and mulberry.**

Minéralisation de l'azote dans les plantations irriguées de mûriers du "shisham".

JAVID Z., FISHER R.F.

Punjab Forestry Research and Training Center, Gatwala-Faisalabad, Pakistan.

*1991 Forest Ecology and Management (Netherlands), Vol. 40(3), 209-219. (E)***Study on the method of utilizing young spring silkworm fed in mulberry field for improving stumps.**

Amélioration des repousses de mûrier par l'élevage des jeunes larves de ver à soie de printemps dans les mûraies.

JONG HO P., YONG GUK K.

Sericulture Institute, Dongrim County, Academy of Agricultural Science, Korea Democratic People's Republic.

*1989 Acta of Academy of Agricultural Science (Korea Democratic People's Republic), 5, 20-24. (K,e)***Varietal differences in field resistance to bacterial blight in mulberry, *Morus* spp.**Différences variétales de la résistance à la flétrissure bactérienne chez les mûriers *Morus* spp. en champ.

KATAGIRI K., KOBAYASHI S.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

*1992 Acta Seric. Entomol., 6, 51-64. (J,e)***Vesicular arbuscular mycorrhiza for phosphorus economy in mulberry production.**

Mycorrhize arbusculaire vésiculaire pour l'économie de phosphore dans la production du mûrier.

KATIYAR R.S., DAS P.K., CHOUDHURY P.C., GHOSH A., SINGH G.B., DATTA R.K.

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

*1993 Indian Silk, Vol. 31(10), 25-27. (E)***Studies on the mulberry graftages. 5 : Survival and regrowth of lifted mulberry (*Morus alba* L.) graftages after exposure to air.**Etudes sur les greffes du mûrier. 5 : Survie et repousse des greffes de mûrier arrachées (*Morus alba* L.) après exposition à l'air.

LEE W.C., CHOI Y.C., SONG I.G.

Rural Development Administration, Sericultural Experiment Station, Suwon, Korea Republic.

*1990 Korean Journal of Sericultural Science (Korea Republic), Vol. 32(1), 1-4. (K,e)***Effect of the several livestock excrement on the leaf yield and quality of mulberry (*Morus alba* L.).**Effet de différents excréments de bétail sur la production et la qualité des feuilles de mûrier (*Morus alba* L.).LEE W.C., KWON Y.H., LEE S.W., KIM K.S., CHOI J.H., KIM H.J., RHO K.W. *et al.*

Rural Development Administration, Sericultural Experiment Station, Suwon, Korea Republic.

1991 The Research Reports of the Rural Development Administration (Korea Republic), Vol.31(1), 1-7. (K,e)

Investigation on germplasm resources of mulberry in Zhejiang Province (China). III. Biological identification of diet quality.

Recherche sur les ressources génétiques du mûrier dans la province du Zhejiang (Chine). III. Identification biologique de la qualité alimentaire.

LI Z., LIN S., JI D.

Zhejiang Provincial Academy of Agricultural Sciences, Institute of Sericulture, Hangzhou, China.

1992 Bulletin of Sericulture (China), Vol. 23(1), 27-29. (C)

Investigations on germplasm resources of mulberry in Zhejiang (China). I - Species, varieties and their utilization.

Recherches sur les ressources génétiques chez le mûrier au Zhejiang (Chine). I - Espèces, variétés et leur utilisation.

LIN S., JI D., LU Z.

Zhejiang Provincial Academy of Agricultural Sciences, Institute of Sericulture, Hangzhou, China.

1991 Bulletin of Sericulture (China), Vol. 22(1), 19-23. (C)

Detoxification of mulberry tree (*Morus alba*) leaves contaminated by methamidophos.

Désintoxication des mûriers (*Morus alba*) contaminés par du methamidophos.

LU Z.

Changkou Agrotechnical Station of Fuyang County, Zhejiang, China.

1991 Bulletin of Sericulture (China), Vol. 22(3), 45-46. (C)

Organogenesis from immature leaf cultures in mulberry, *Morus alba* L.

Organogénèse à partir de cultures de jeunes feuilles de mûriers *Morus alba* L.

MACHII H.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, 1-2 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1992 J. Seric. Sci. Jpn., Vol. 61(6), 512-519. (J,e)

Techniques of high yielding cultivation of *Lentinus edodes* with mulberry tree (*Morus alba*) sawdust.

Techniques de culture à haut rendement de *Lentinus edodes* avec de la sciure de mûrier (*Morus alba*).

SHEN J.

Diversified Economy Management Bureau of Wujiang County, Jiangsu, China.

1991 Edible Fungi (China), Vol. 13(1), 23-24. (C)

Mulberry NPK fertilization (*Morus alba* L.) cv. Calabresa. / Adubacao NPK em amoreira (*Morus alba* L.) cv. Calabresa.

Fertilisation au NPK du mûrier (*Morus alba* L.) cv. Calabresa.

SOUZA E.C.A., FERNANDES S.C., GODOY NETO F.R., TAKAHASHI R.

1991 Ciencia Agronomica, Jaboticabal (Brazil), Vol. 6(2), 18-23. (P,e)

Changes of reserve substances in the bark of stem and root mulberry (*Morus alba* L.) graftages after planting.

Modification des substances de réserve dans les pousses et les racines des mûriers greffés (*Morus alba*) après plantation.

SUNG G.B., RYU K.S.

Cheongdogun Office of Rural Guidance, Chungdo, Korea Republic.

1990 Korean Journal of Sericultural Science (Korea Republic), Vol. 32(2), 79-84.

Lateral bud-burst and shoot elongation in 1-year-old stems of low-pruned mulberry (*Morus alba* L.).

Débourrement des bourgeons latéraux et croissance des pousses sur les tiges de mûriers (*Morus alba* L.) formés en taille basse.

SUZUKI T.

Faculty of Textile Science, Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Kyoto 606, Japan.

1992 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 61(6), 492-498. (J,e)

Experiment of *Flammulina velutipes* cultivation with sawdust of mulberry tree.

Essai de culture de *Flammulina velutipes* avec de la sciure de mûrier.

TANG Y.

Diversified Economy Management Bureau of Wuxi County, Jiangsu, China.

1990 *Jiangsu Edible Fungi (China)*, 6, 8-9. (C)

Effects of fluoride on the metabolism of nitrogen in the leaves of mulberry.

Effets du fluorure sur le métabolisme de l'azote dans les feuilles de mûriers.

WU F., SHEN X., XU X.

Zhejiang Agricultural University, Department of Environmental Protection, Hangzhou, China.

1991 *Agro-Environmental Protection (China)*, Vol. 10(5), 194-197, 211. (C,e)

Capability of fluorine absorption in different mulberry tree (*Morus alba*) varieties.

Capacité d'absorption de fluore par différentes variétés de mûriers (*Morus alba*).

XU H., WANG J.

Jiangsu provincial Institute of Botany, Nanjing, China.

1991 *Rural Eco-Environment (China)*, 4, 59-62. (C,e)

Amino acid contents in leaves of mulberry plants grown in fields with different soil under different conditions of fertilizer management.

Contenu en acides aminés des feuilles de mûriers cultivés en champ sur différents sols et sous différentes conditions de fertilisation.

YAMADA M., HE K., INAMATU K.

National Institute of Sericultural and Entomological Sciences, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1992 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 61(6), 469-479. (J,e)

Influence of root-knot nematodes on content of nucleic acid in host plants.

Influence des nématodes de la racine sur le contenu en acides nucléiques chez les plantes hôtes.

YANG R., WU C., WEI F.

Anhui Agricultural Coll., Department of Plant Protection, Heifei, China.

1991 *Journal of Anhui Agricultural College (China)*, Vol. 18(1), 15-18. (C,e)

Infection cycle and control of mulberry bacterial blight.

Cycle d'infestation et lutte contre la flétrissure bactérienne du mûrier.

ZHENG J., DING A., ZHANG J.

Shandong Agricultural University, Department of Plant Protection, Taian, China.

1991 *Journal of Shandong Agricultural University (China)*, Vol. 22(1), 31-36. (C,e)

Studies on mulberry bacterial blight in Shandong Province, China.

Etudes sur la flétrissure bactérienne du mûrier dans la Province de Shandong, Chine.

ZHENG J., ZHANG J., DING A.

Shandong Agricultural University, Department of Plant Protection, Taian, China.

1990 *Journal of Shandong Agricultural Sciences (China)*, 6, 12-14. (C,e)

Plastic film bag culture of *Flammulina velupites* with sawdust of mulberry tree (*Morus alba*).

Culture de *Flammulina veliputes* en sac plastique avec de la sciure de mûrier (*Morus alba*).

ZHOU A., SHEN J.

Edible Fungi Farm of Haiyan County, Zhejiang, China.

1991 Edible Fungi (China), Vol. 13(1), 26-27. (C)

Fluoride content of different mulberry varieties and the reasons causing these differences.

Teneur en fluor de différentes variétés de mûriers et les raisons de ces différences.

ZHOU Y., YUAN B., WANG W.

Zhejiang Agricultural University, Hangzhou City, Zhejiang Province, China.

1992 Bulletin of Sericulture (China), Vol. 23(1), 29-32. (C)

B. mori : élevage, nutrition, pathologie

B. mori : rearing, feeding, pathology

Methods of increasing cocoon quality (Employment of honeycombed cocoon "bushes"). / Puti povysheniya kachestva kokonov.

Méthode d'amélioration de la qualité du cocon (Utilisation d'encabanages en nid d'abeille).

ABDURAKHMANOV A.A., RUSTAMOVA G.N., KHALIMOV R.K.

1990 *Shelk (U.R.S.S.)*, 2, 13. (R)

Enrichment of mulberry leaves with a low-cost artificial diet in the shoot rearing of the polyphagous silkworm strains.

Enrichissement des feuilles de mûriers avec un aliment artificiel dans l'élevage aux rameaux des souches de vers à soie polyphages.

ARIGA I.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Owashi 1-2, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1992 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 61(6), 522-523. (J)

Effect of ascorbic acid-enriched mulberry leaves on rearing of *Bombyx mori* L.

Effet des feuilles de mûrier enrichies en acide ascorbique sur l'élevage de *Bombyx mori* L.

BABU M., SWAMY M.T., KAMESWARA RAO P., SESHAGIRI RAO M.

Sri Venkateswara Agricultural College, Tirupati 517 502, India.

1992 *Indian J. Seric.*, Vol. 31(2), 111-114. (E,f)

External anatomy of *Dermestes undulatus* Brahm (Coleoptera : Dermestidae), a pest of stored silk cocoons.

Morphologie de *Dermestes undulatus* Brahm (Coleoptera : Dermestidae), un fléau pour les cocons de soie stockés.

CHISHTI M.Z., SOHAF K.A., KHAN M.A.

Division of Sericulture, S.K. University of Agricultural Sciences & Technology, Mirgund, Kashmir, India.

1992 *Indian J. Seric.*, Vol. 31(2), 107-110. (E,f)

Study on heating load characteristics and thermal curtain effects for simple silkworm rearing houses. 1 : Heating load coefficient and maximum heating load.

Etude sur les caractéristiques d'une charge calorifique et les effets d'un rideau thermique dans des magnaneries. 1 : Coefficient de charge calorifique et charge maximale.

CHOE K.J., LEE D.H., PARK K.K.

Rural Development Administration, Agricultural Mechanization Institute, Suwon, Korea Republic.

1990 *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery (Korea Republic)*, Vol. 15(4), 346-354. (K)

Processing of structural polypeptides of infectious flacherie virus of the silkworm, *Bombyx mori* VP1 and VP4 are derived from VP0.

Production des polypeptides structuraux du virus de la flacherie infectieuse chez le ver à soie *Bombyx mori*. VP1 et VP4 sont dérivés de VP0.

CHOI H.K., SASAKI T., TOMITA T., KOBAYASHI M., KAWASE S.

1992 *J. Invert. Pathol.*, Vol. 60, 113. (E)

Effect of magnetisation on the developmental period and cocoon characters of the silkworm, *Bombyx mori* (L.).

L'effet de la magnétisation sur la durée du développement et les caractéristiques du cocon du ver à soie *Bombyx mori* L.

CHOUGALE A.K., MORE N.K.

Department of Zoology, Shivaji University, Kolhapur 416 004, India.

1992 *Indian J. Seric.*, Vol. 31(2), 115-122. (E,f)

Influence of trimolting parent silkworm on rearing results of present generation and F1 hybrid.

Influence du ver à soie parental trimuant sur les résultats d'élevages de la génération en cours et l'hybride F1.

DING N., ZHANG X., JIANG M.

Huzhou Institute of Sericulture, Zhejiang, China.

1992 *Bulletin of Sericulture (China)*, Vol. 23(1), 12-17. (C)

Results of testing the European *Bombyx* breed under conditions of Turkmenia. / Rezul'taty ispytaniya evropejskikh porod shelkopryada v usloviyakh Turkmenii.

Résultats des tests sur la souche européenne de *Bombyx* dans les conditions du Turkmenistan.

DZHORAKULIEV I.D., YAGMUROVA I.A.

1990 *Shelk (U.R.S.S.)*, 2, 14-15. (R)

Digestibility of nutrients of different mulberry cultivars in larvae of silkworms (*Bombyx mori* L.). / Determinacao da digestibilidade aparente de nutrientes de cultivares de amoreira (*Morus alba* L.), em bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.).

Digestibilité des substances nutritives provenant de différentes variétés de mûriers chez les larves des vers à soie (*Bombyx mori* L.)

EVANGELISTA A., TAKAHASHI R., KRONKA R.N., RESENDE K.T. DE.

1991 *Ciencia Zootechnica, Jaboticabal (Brazil)*, Vol. 6(1), 6-7. (P,e)

Impact of mulberry spacing on silkworm crop performance.

Impact de l'espacement des mûriers sur les performances de l'élevage du ver à soie.

GANGWAR S.K., THANGAVELU K., NAGARAJA

Regional Sericultural Research Station, Vinod Villa, West End Park, Hehal, Ranchi 834 005, Bihar, India.

1993 *Indian Silk*, Vol. 31(11), 24-25. (E)

Effects of two defoliant materials on mulberry trees and silk production of silkworm *Bombyx mori* L.

Effets de deux défoliants sur les mûriers et sur la production de soie du ver à soie *Bombyx mori* L.

HOSNY A.I., EL-KARAKSY A., EL-SAYED M.E.

Plant Protection Institute, Ministry of Agriculture, Cairo, Egypt.

1989 *Alexandria Journal of Agricultural Research (Egypt)*, Vol. 34(1), 193-201. (E)

Role of mulberry urease on nitrogen metabolism in the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera : Bombycidae).

Rôle de l'uréase de mûrier sur le métabolisme de l'azote chez le ver à soie *Bombyx mori* (Lepidoptera : Bombycidae).

INOKUCHI T.

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570 008, India.

1992 *Indian J. Seric.*, Vol. 31(2), 87-92. (E)

***In vitro* effect of insect hemolymph on the production of polyhedra of a polyhedrosis virus.**

Effet de l'hémolymph d'insecte sur la production de polyèdres du virus de la polyédrose *in vitro*.

INOUE H., SHIMIZU K., KUWABARA N.

Yokohama University, Faculty of Engineering, Japan.

1989 *Applied Entomology and Zoology (Japan)*, Vol. 24(4), 486-488. (E)

Effect of different mulberry varieties on silkworm (*Bombyx mori* L.).

Effet des différentes variétés de mûrier sur le ver à soie (*Bombyx mori* L.).

JAMAL Q.

NWPF Agricultural University, Department of Entomology, Peshawar, Pakistan.

1988 *Thesis, NWPF Agricultural University, Peshawar, Pakistan*, 93 p. (E)

Some biochemical and cytopathic changes occurring early during virus infection in *Bombyx mori* L.

Modifications biochimiques et cytopathologiques apparaissant au début de l'infection virale chez *Bombyx mori* L.

KRISHNAN N., PRATHEESH.

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

1993 *Indian Silk*, Vol. 31(10), 10-11. (E)

Nuclear polyhedrosis virus infection in a highly susceptible cell line of *Bombyx mori* (Lepidoptera : Bombycidae) detected by enzyme-linked immunosorbent assay.

Infestation par le virus de la polyédrose nucléaire d'une lignée de cellules de *Bombyx mori* fortement sensible (Lepidoptera : Bombycidae) détectée par ELISA.

KUBOTA T., INOUE H.

Yokohama University, Faculty of Engineering, Japan.

1989 *Applied Entomology and Zoology (Japan)*, Vol. 24(4), 480-482. (E)

On mulberry tree substitutes (Maclura, paper mulberry, plantain and others) in *Bombyx* feeding. / O surrogatakh shelkovitsy.

Les substituts du mûrier (Maclura, mûrier papier, plantain et autres) pour l'alimentation de *Bombyx*.
LAZAREV A.V.

1990 *Shelk (U.R.S.S.)*, 2, 8. (R)

Studies on improving the mounting rate of partitioner cocooning frame by using ecdysone.

Etudes de l'amélioration du taux de montée sur les encabanages cloisonnés par l'utilisation de l'ecdysone.

LI X., ZHU J., HUI S.

Zhejiang Provincial Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou, China.

1992 *Bulletin of Sericulture (China)*, Vol. 23(1), 23-26. (C)

The study on evaluation of the effects for air pollution of fluorine on production environment of mulberry and silkworm.

Effets de la pollution de l'air par le fluor sur la production du mûrier et du ver à soie.

LIU C., WU F., TANG L.

Zhejiang Agricultural University, Department of Environmental Protection, Hangzhou, China.

1991 *Agro-Environmental Protection (China)*, Vol. 10(2), 52-55, 97. (C,e)

Effect of negative oxygen ions on developmental process and cocoon quality of silkworm.

Effet des ions oxygène négatifs sur le développement et la qualité du cocon du ver à soie.

MA C., ZONG Y., WANG S.

Shenyang Agricultural University, Department of Plant Protection, Liaoning, China.

1990 Journal of Shenyang Agricultural University (China), Vol. 21(4), 321-323. (C)

Breeding and characteristics of a hybrid, 'Asa . Hi × To . Kai' for spring rearing.

Sélection et caractéristiques d'un hybride "Asa . Hi × To . Kai" pour l'élevage de printemps.

MIDORIKAWA E., ASO T., SHIROTA T., KIYONO T.

Institute of Silkworm Genetics and Breeding, Iikura 1054, Amimachi, Ibaraki 300-03, Japan.

1992 Reports of the Silk Science Research Institute, 40, 7-26. (J)

Effect of feeding density on silkworm physiology and incidence of diseases.

Effet du nourrissage sur la physiologie du ver à soie et l'incidence des maladies.

MU Z., WANG Y.

Shandong Agricultural University, Department of Forestry, Taian, China.

1990 Journal of Shandong Agricultural University, Vol. 21(3), 18-22. (C,e)

Insecticidal effects of diatomaceous earth product (Insecto R) on dermestid beetles.

Effets insecticides du produit de la diatomite (Insecto R) sur les coléoptères dermestidés.

NAKAMOTO N.

Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Center for Quality Control and Consumer Service, Yokohama, Japan.

1989 Research Reports of the Raw Silk Testing (Japan), 42, 57-63. (J)

Insecticidal effects of a mixture of methyl bromide and ethylene oxide-fumigant (Ekibon R) on dermestid beetles.

Effets insecticides d'un mélange de bromure de méthyl et d'oxyde fumigeant d'éthylène (Ekibon R) sur les coléoptères dermestidés.

NAKAMOTO N., ARIHARA S., KIMURA H., INOUE I.

Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Center for Quality Control and Consumer Service, Yokohama, Japan.

1989 Research Reports of the Raw Silk Testing (Japan), 42, 43-49. (J)

Insecticidal effects of ethylene oxide-fumigant (Epon R) on dermestid beetles.

Effets insecticides de l'oxyde fumigeant d'éthylène (Epon R) sur les coléoptères dermestidés.

NAKAMOTO N., ARIHARA S., KIMURA H., INOUE I.

Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Center for Quality Control and Consumer Service, Yokohama, Japan.

1989 Research Reports of the Raw Silk Testing (Japan), 42, 51-55. (J)

Damage to cocoons by dermestid beetles, 2.

Destruction des cocons par les coléoptères dermestidés, 2.

NAKAMOTO N., NAKAMURA S., FUJINO J., DOHI K.

Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, CQC & SC, Yokohama, Japan.

1989 Research Reports of the Raw Silk Testing (Japan), 42, 65-69. (J)

Studies on the mulberry variety Yongchonppong. 1 : Physico-chemical properties of Yongchonppong and differences of leaf value for food in growing silkworm through different feeding period.

Etudes sur la variété de mûrier Yongchonppong. 1 : Propriétés physicochimiques de Yongchonppong et différences de valeur nutritive de la feuille pour le ver à soie selon les périodes de nourrissage.

PARK K.J., YANG S.Y., LEE S.U., CHOI S.R., LEE Y.K., KIM K.S., CHOI Z.H.

Rural Development Administration, Sericultural Experiment Station, Suwon, Korea Republic.

1990 Korean Journal of Sericultural Science (Korea Republic), Vol. 32(2), 94-100. (K,e)

Role of vitamins in silkworm nutrition.

Rôle des vitamines dans la nutrition du ver à soie.

RAJENDIRAN P.M., HIMANTHARAJ M.T., RAJAN R.K., VEERANNA G.N., MEENAL A. *et al.*
Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura,
Mysore 570 008, India.

1993 Indian Silk, Vol. 31(11), 50-51. (E)

'Biological clocks' in sericulture.

"Les horloges biologiques" en sériciculture.

RAVIKUMAR G., RAJESWARY H., JAYASWAL J.

Central Tasar Research and Training Institute, CSB, Piska Nagri, Ranchi 835 003, India.

1993 Indian Silk, Vol. 31(11), 37-38. (E)

A simple technique for sex separation in mulberry silkworm.

Une technique simple en vue du sexage chez le ver à soie du mûrier.

SATHYANARAYANA RAJU, SUSHIL KUMAR DHARMAPANDIT, DATTA R.K.

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

1993 Indian Silk, Vol. 31(10), 16-18. (E)

Effect of formalin fumigation on rotary cocooning frame during mounting period.

Effet de la fumigation au formol sur les encabanages rotatifs pendant la période de montée.

SEOL K.Y., YANG S.Y., LEE S.P.

Rural Development Administration, Sericultural Experiment Station, Suwon, Korea Republic.

1991 Korean Journal of Sericultural Science (Korea Republic), Vol. 33(2), 97-99. (K,e)

Selection of healthy silkworm strain through high temperature rearing of fifth instar larvae.

Sélection d'une souche de vers à soie saine par élevage à haute température des larves du cinquième âge.

SHIROTA T.

Institute of Silkworm Genetics and Breeding, Iikura 1054, Amimachi, Ibaraki 300-03, Japan.

1992 Reports of the Silk Science Research Institute, 40, 33-40. (J,e)

An improved device to puff resham keet oushadh.

Un pulvérisateur amélioré pour le resham keet oushadh.

SUBRAMANIAM R.K., CHIKKANNA, KALAPPA H.K.

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

1993 Indian Silk, Vol. 31(11), 36. (E)

Influence of diurnal variations and climatic conditions on conidial dispersal of *Phyllactinia corylea*.

Influence des variations diurnes et des conditions climatiques sur la dispersion des conidies de *Phyllactinia corylea*.

SUBRATA BISWAS, RAO A.A., MANDAL S.K., ROY B.N.

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

1992 Indian J. Seric., Vol. 31(2), 135-139. (E,f)

Bivoltine silkworm rearing in Murshidabad district of West Bengal.

Elevage de vers à soie bivoltins dans le district de Murshidabad du Bengal Ouest.

SWAPAN KUMAR MANDAL

Central Sericultural Research and Training Institute, Mulberry Pathology Section,
Berhampore 742 101, India.

1993 Indian Silk, Vol. 31(11), 44-46. (E)

Studies on the technology of artificial diet rearing for parental strains of the silkworm. 2 : The effects of cellulose powder addition to artificial diets, on rearing results and fecundity.

Etudes sur la technologie de l'élevage sur aliment artificiel pour l'obtention de souches parentales de vers à soie. 2 : Les effets de l'addition de poudre de cellulose dans l'alimentation artificielle sur les résultats d'élevage et la fécondité.

TANAKA Y.

Institute of Silkworm Genetics and Breeding, Iikura 1053, Amimachi, Ibaraki 300-03, Japan.

1992 Reports of the Silk Science Research Institute, 40, 27-32. (J,e)

A report on ovicidal action of bleaching powder (chloride of lime) in silkworm, *Bombyx mori* L.

Etude sur l'action ovicide de la chaux chez le ver à soie *Bombyx mori* L.

VINOD KUMAR, BIRAM SAHEB N.M., BENCHAMIN K.V., DATTA R.K.

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

1992 Indian J. Seric., Vol. 31(2), 169-171. (E)

Effect of silkworms feeding with fluorine-polluted mulberry leaves on cocoon output.

Effet sur la production de cocons du nourrissage des vers à soie avec des feuilles de mûriers polluées par du fluor.

WANG Y., GUO B., LI W.

Shandong Agricultural University, Department of Forestry, Taian, China.

1992 Journal of Shandong Agricultural University (China), Vol. 23(2), 154-160. (C,e)

Development of the simple frame rearing house for branch rearing of grown silkworm on a single tier.

Création d'une magnanerie de conception simple pour l'élevage aux rameaux de vers à soie sur une seule claie.

YANG S.Y., LEE S.U., MIN Y.S.

Rural Development Administration, Suwon, Korea Republic.

1991 The Research Reports of the Rural Development Administration (Korea Republic), Vol. 33(2), 1-18. (K,e)

Study of cocoon "bushes" effect upon the cocoon quality (*Bombyx* cocoons). / Issledovanie vliyaniya kokonnikov na kachestvo kokonnov.

Etude de l'effet des encabanages sur la qualité des cocons (cocons de *Bombyx*).

YULDASHEV S., SAIPOV B., KARIMOV A.

1990 Shelk (U.R.S.S.), 2, 10-11. (R)

Screening for silkworm breeds resistance to fluoride.

Test de résistance au fluor de souches de ver à soie.

ZHU X., SHAU R., TANG W.

Zhejiang Provincial Academy of Agricultural Sciences, Institute of Sericulture, Hangzhou, China.

1991 Bulletin of Sericulture (China), Vol. 22(1), 45-47. (C)

Séricigènes non-mûriers : élevage, nutrition, pathologie

Non-mulberry silkworms : rearing, feeding, pathology

Pheromones for pest control in tasar.

Les phéromones pour lutter contre les parasites du tasar.

ALOK SAHAY, KAPILA M.L.

Central Tasar Research and Training Institute, CSB, Piska Nagri, Ranchi 835 003, Bihar, India.

1993 Indian Silk, Vol. 31(11), 40-43. (E)

Tasar chawki rearing on bush plantation.

Élevage de tasar jeunes sur plantation de buissons.

BAJPEYI C.M., DUBEY O.P., THANGAVELU K.

Central Tasar Research and Training Institute, Post Hehal, Ranchi 8340 005, Bihar, India.

1993 Indian Silk, Vol. 31(11), 26-28. (E)

Preliminary study on wild silkworm, *Antheraea pernyi*, and its indoor feeding in Anhui Province (China).

Étude préliminaire sur le ver à soie sauvage *Antheraea pernyi* et son nourrissage en intérieur dans la province d'Anhui (Chine).

FAN J., XIAO L., LIU M.

Anhui Provincial Academy of Agricultural Sciences, Institute of Sericulture, Hefei, China.

1992 Journal of Anhui Agricultural Sciences (China), Vol. 20(1), 64-65, 71. (C)

Leaf shelter-building caterpillars harness forces generated by axial retraction of stretched and wetted silk.

Les chenilles bâtisseuses d'abris en feuilles exploitent les forces générées par l'axe de rétraction de la soie étirée et mouillée.

FITZGERALD T.D., CLARK K.L., VANDERPOOL R., PHILLIPS C.

State University College at Cortland, Cortland, New York, U.S.A.

1991 Journal of Insect Behaviour (U.S.A.), Vol. 4(1), 21-32. (E)

Effect of leaf age and photoperiod on buck moth (Lepidoptera : Saturniidae) larval and pupal development.

Effet de l'âge des feuilles et de la photopériode sur le développement de la larve et de la chrysalide du "buck moth" (Lepidoptera : Saturniidae).

FOIL L.D., HARDY T.N., JOHNSON S.J., CHURCH G.E., HAMMOND A.M.

Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, U.S.A.

1991 Journal of Entomological Science (U.S.A.), Vol. 26(3), 312-319. (E)

A research on controlling *Malacosoma neustria testacea* Motschulsky by insecticides in tussah yard. III - The optimum period of application and the optimum amount of insecticides.

Lutte contre *Malacosoma neustria testacea* Motschulsky par des insecticides dans un parc de tussah.
III - Période d'application et quantité d'insecticides optimales.

GAN D., WANG W.

Shenyang Agricultural University, Department of Plant Protection, Liaoning, China.

1990 *Journal of Shenyang Agricultural University (China)*, Vol. 21(3), 230-235. (C,e)

Larval development of *Dargida procincta* (Grote) (Lepidoptera : Noctuidae) in the Pacific Northwest.

Développement larvaire de *Dargida procincta* (Grote) (Lepidoptera : Noctuidae) dans le nord-ouest du Pacifique.

KAMM J.A.

National Forage Seed Production Research Center, USDA, ARS, Corvallis, OR, U.S.A.

1991 *The Pan-Pacific Entomologist (U.S.A.)*, Vol. 67(1), 20-23. (E)

Leaf curl of tasar food plants and its management.

Etude et gestion du recourbement foliaire des plantes nourricières tasar.

KHARE R., SRIVASTAVA D.P., THANGAVELU K.

Central Tasar Research and Training Institute, Ranchi 835 303, Bihar, India.

1993 *Indian Silk*, Vol. 31(10), 47-49. (E)

Studies on microsporidium infection in Japanese oak silkworm.

Etudes sur l'infection microsporidienne chez le ver à soie du chêne du Japon.

LIU S., GAO Y., ZHANG T.

Agricultural University, Department of Plant Protection, Liaoning, China.

1991 *Journal of Shenyang Agricultural University (China)*, Vol. 22(4), 312-316. (C,e)

Influence of "Manta" on some economical characters of eri silkworm, *Samia cynthia ricini* Boisduval.

Influence de "Manta" sur quelques caractères économiques du ver à soie eri *Samia cynthia ricini* Boisduval.

MAGADUM V.B., MAGADUM S.B.

Karnatak University, Department of Zoology, India.

1991 *Korean Journal of Sericultural Science (Korea Republic)*, Vol. 33(2), 93-96. (K,e)

Stem borer of muga food plants and its management.

Stem borer des plantes nourricières muga et sa gestion.

NEGI B.K., SENGUPTA A.K., GRIAGHEY U.P.

Regional Muga Research Station, Boko 781 123, Assam, India.

1993 *Indian Silk*, Vol. 31(11), 32-34. (E)

Studies on the grainage behaviour of nature grown 'raily' (wild) eco-race under natural and captive conditions.

Etudes sur le comportement au grainage chez l'éco-race naturelle "raily" (sauvage) en milieu naturel et en captivité.

RAM KUMAR, RAO K.V.S., MAHOBIA G.P., THANGAVELU K.

Regional Tasar Research Station, Jagdalpur 494 001, India.

1992 *Indian J. Seric.*, Vol. 31(2), 165-166. (E)

Efficacy of host plants on some quantitative characters of *Antheraea proylei* J. (Lepidoptera : Saturniidae).

Efficacité des plantes hôtes sur certains caractères quantitatifs d'*Antheraea proylei* J. (Lepidoptera : Saturniidae).

SARASWAT S.B.

National Sericulture Project, Udaipur (Rajasthan), India.

1992 *Indian J. Seric.*, Vol. 31(2), 159. (E)

Guidelines in understanding the genetic resources of muga host plants.

Lignes directrices pour la compréhension des ressources génétiques des plantes hôtes muga.

SENGUPTA A.K., YADAV G.S., RAJA RAM, DEVNATH M., BASUMATARY B.K.

Regional Muga Research Station, Boko 781 123, Assam, India.

1993 *Indian Silk*, Vol. 31(11), 5-8. (E)

Genetic diversity in muga host plant.

Diversité génétique chez les plantes hôtes muga.

SENGUPTA A.K., YADAV G.S., RAJA RAM, RANJANA DAS, DEVNATH M., BASUMATARY B.K.

National Sericulture Project, Jagdalpur 494 001, India.

1993 *Indian Silk*, Vol. 31(10), 28-33. (E)

Optimal utilization of ericulture wastes.

Utilisation optimale des déchets de l'élevage du ver à soie eri.

SHARMA S., MADAN M.

Indian Institute of Technology, Centre for Rural Development and Appropriate Technology, New Delhi 110 016, India.

1992 *Resources, Conservation and Recycling (Netherlands)*, Vol. 7(4), 295-304. (E)

Nutrient composition of caterpillars, pupae, cocoons and adults of the eastern tent moth, *Malacosoma americanum* (Lepidoptera : Lasiocampidae).

Composition nutritive des chenilles, des chrysalides, des cocons et des adultes du papillon *Malacosoma americanum* (Lepidoptera : Lasiocampidae).

STUDIER E.H., KEELER J.O., SEVICK S.H.

University of Michigan-Flint, Michigan, U.S.A.

1991 *Comparative biochemistry and physiology : A : Comparative physiology (U.S.A.)*, Vol. 100(4), 1041-1043. (E)

***Zeuzera multistrigata* Moore, a pest of muga silkworm host trees.**

Zeuzera multistrigata Moore, un parasite des arbres hôtes du ver à soie muga.

THANGAVELU K., ISA Md.

Central Tasar Research and Training Institute, Nagri, Ranchi 835 303, India.

1992 *Indian J. Seric.*, Vol. 31(2), 157. (E)

Location and condition of whitemarked tussock moth (Lepidoptera : Lymantriidae) cocoons in a Michigan black walnut plantation.

Localisation et description de papillons d'orgye à marques blanches (Lepidoptera : Lymantriidae) dans une plantation de noyers noirs du Michigan.

WILSON L.F.

USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station, East Lansing, Michigan, U.S.A.

1991 *The Great Lakes entomologist (U.S.A.)*, Vol. 24(3), 153-157. (E)

Vers à soie : génétique

Silkworms : genetics

Larval colouration in silkworm, *Bombyx mori* L.

Coloration larvaire chez le ver à soie *Bombyx mori* L.

BASU Rita, ROYCHOUDHURY N., SAHA P.K., SHAMSUDDIN M.

Silkworm Physiology Section, Central Sericultural Research & Training Institute, Berhampore 742 101, West Bengal, India.

1993 *Indian Silk*, Vol. 31(10), 46. (E)

Hierarchical clustering of 54 races and strains of the mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. : significance of biochemical parameters.

Classement hiérarchique de 54 races et souches de vers à soie mûrier *Bombyx mori* L. : signification des paramètres biochimiques.

CHATTERJEE S.N., DATTA R.K.

Central Sericultural Research and Training Institute, Genetics Laboratory, Mysore 570 008, Karnataka, India.

1992 *Theor. Appl. Genet.*, 517, 1-9. (E)

Restriction endonuclease analysis of autonomously replicating molecules containing exogenous DNA in a transgenic silkworm line.

Analyse par endonucléases de restriction de molécules se répliquant de manière autonome et contenant de l'ADN exogène chez une lignée transgénique de vers à soie.

CHKONIYA T.T., NIKOLAEV A.I., KAFIANI-ERISTAVI K.A.

Tbilisi State University, Tbilisi.

1992 *Molecular Biology (U.S.A.)*, Vol. 25(5,pt.2), 1121-1129. (E,r)

Cytoplasmic actin A3 gene promoter injected as supercoiled plasmid is transiently active in *Bombyx mori* embryonic vitellophages.

Le promoteur du gène A3 de l'actine cytoplasmique injecté comme plasmide superenroulé est actif chez les vitellophages embryonnaires de *Bombyx mori*.

COULON-BUBLEX M., MOUNIER N., COUBLE P., PRUDHOMME J-C.

Ctre de Génétique Mol. & Cell., UMR 106 CNRS, Univ. Cl. Bernard Lyon I, 43 Bd du 11/11/1918, 69622 Villeurbanne, France.

1993 *Roux's Arch. Dev. Biol.*, Vol. 202, 123-127. (E)

Heritability, genetic correlation and path coefficient analysis of economic characters in the silkworm, *Bombyx mori*.

Héritabilité, corrélation génétique et analyse des coefficients trajectométriques des caractères économiques chez le ver à soie *Bombyx mori*.

JEONG W.B.

Donga University, Pusan, Korea Republic.

1991 *Korean Journal of Sericultural Science (Korea Republic)*, Vol. 31(2), 91-101. (K,e)

A cellular promoter-based expression cassette for generating recombinant baculoviruses directing rapid expression of passenger genes in infected insects.

Une cassette d'expression basée sur un promoteur cellulaire pour générer des baculovirus recombinants responsables de l'expression rapide des gènes étrangers chez les insectes infestés.

JOHNSON R., MEIDLINGER R.G., IATROU K.

Dept of Medical Biochem., Fac. of Med., Univ. of Calgary, 33303 Hospital Drive N.W., Calgary, Alberta T2N 4N, Canada.

1992 *Virology*, Vol. 190, 815-823. (E)

Classification and selection of the breeding materials in the silkworm, *Bombyx mori*, by multivariate analysis. 1 : Classification of the silkworm genetic stocks by principal component analysis and cluster analysis.

Classement et sélection des souches de ver à soie *Bombyx mori* par analyse multivariée. 1 : Classification des stocks génétiques de vers à soie par analyse en composant principal et analyse de groupe.

JUNG D.S., RHE I.J., LEE S.M., KIM S.E.

Miryang National Junior Coll. of Agriculture and Sericulture, Miryang, Korea Republic.

1989 *Korean Journal of Sericultural Science (Korea Republic)*, Vol. 31(2), 102-112. (K,e)

Extent of heterosis in crosses among new bivoltine silkworm lines in Jammu and Kashmir.

Etendue de l'hétérosis chez des croisements de nouvelles lignées de vers à soie bivoltins dans l'état de Jammu et Cachemire.

KAMILI A.S., TRAG A.R., MALIK G.N., KUKLOO F.A.

Division of Sericulture, S.K. University of Agricultural Sciences & Technology, Post Bag No.23, Mirgund, Kashmir, India.

1992 *Indian J. Seric.*, Vol. 31(2), 155-156. (E)

Production of porcine growth hormone in the silkworm, *Bombyx mori*, using a baculovirus expression vector.

Production de l'hormone de croissance porcine chez le ver à soie *Bombyx mori* par l'utilisation d'un baculovirus comme vecteur d'expression.

KAWAI H., TAMURA T., KATO Y., AYUZAWA C., MAEDA S., SHIMOGORI Y.

1992 *Anim. Sci. Technol.*, Vol. 63(4), 349-357. (E)

A new method to select promising silkworm breeds/combinations.

Une nouvelle méthode de sélection de souches ou de combinaisons prometteuses de vers à soie.

MANO Y., NIRMAL KUMAR S., BASAVARAJ H.K., MAL REDDY N., DATTA R.K.

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

1993 *Indian Silk*, Vol. 31(10), 53. (E)

Complete nucleotide sequence of a major plasma protein genes of *Bombyx mori*.

Séquence nucléotidique complète du gène de la protéine majeure du plasma chez *Bombyx mori*.

MORI S., IZUMI S., TOMINO S.

Dept of Medical Biochem., Fac. of Med., Univ. of Calgary, 3330 Hospital Drive N.W., Calgary, Alberta T2N 4N1, Canada.

1991 *Biochim. Biophys. Acta*, Vol. 1090, 129-132. (E)

Expression and characterization of kinase-active v-erb B protein using a baculovirus vector system.

Expression et caractérisation d'une protéine v-erb B kinase active obtenue en utilisant un baculovirus.

MORISHITA K., IWAMOTO M., MURAKAMI K., KUBOTA M., MAEDA S., TOYOSHIMA K.

et al.

1992 *Jpn. J. Cancer Res.*, Vol. 83(1), 52-60. (E)

Structure and expression of gene coding for a pupal cuticle protein of *Bombyx mori*.

Structure et expression du gène codant pour une protéine cuticulaire de la chrysalide de *Bombyx mori*.

NAKATO H., IZUMI S., TOMINO S.

1992 *Biochim. Biophys. Acta*, Vol. 1132, 161-167. (E)

Analysis of rescued plasmids from a transgenic silkworm.

Analyse des plasmides tirés d'un ver à soie transgénique.

NIKOLAEV A.I., CHKONIYA T.T., ERISTAVI-KAFIANI K.A., TARANTYL V.Z.

1992 *Biopolim. Kletka*, Vol. 8(3), 29-32. (E)

Race differences in cocoon shell of mulberry silkworm, *Bombyx mori* L.

Différences dans les coques soyeuses selon la race chez le ver à soie du mûrier *Bombyx mori* L.

SINHA A.K., SINHA U.S.P., BRAHAMACHARI B.N., GHOSH J.K., SINHA S.S.

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

1992 *Indian J. Seric.*, Vol. 31(2), 167-168. (E)

Characterization of a nuclear polyhedrosis virus from a Japanese oak silkworm, *Antheraea yamamai*.

Caractérisation d'un virus de la polyédrose nucléaire du ver à soie du chêne japonais *Antheraea yamamai*.

TANIAI K., YAMAKAWA M.

1992 *J. Invert. Pathol.*, Vol. 60, 314. (E)

Further studies on non-preference mutations in the silkworm. (14) An experiment to demonstrate that polyphagous gene(s) locates on the third chromosome of the silkworm.

Etudes sur les mutations "non-préférence" chez le ver à soie. (14) Une expérience pour démontrer la localisation du (des) gène(s) polyphage(s) sur le troisième chromosome du ver à soie.

TAZIMA Y., OHNUMA A.

Institute of Silkworm Genetics and Breeding, Iikura 1054, Amimachi, Ibaraki 300-03, Japan.

1992 *Reports of the Silk Science Research Institute*, 40, 1-6. (J,e)

Rec-A-like strand transfer activity at the meiotic prophase in *Bombyx mori*.

Activité de transfert du brin analogue à Rec-A pendant la prophase méiotique chez *Bombyx mori*.

WISCHMANN B.

1992 *Hereditas*, Vol. 117, 1-9. (E)

Abnormal segregation of character in the progeny hatched from giant eggs oviposited by a gynogenetic tetraploid moth mated with a normal male moth in *Bombyx mori* (Supplement).

Ségrégation anormale des caractères chez la progéniture issue des oeufs géants pondus par un papillon tétraploïde gynogénétique accouplé avec un papillon mâle normal *Bombyx mori* (Supplément).

YOKOYAMA T., OSHIKI T.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Owashi 1-2, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1992 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 61(6), 520-522. (J)

Genetic correlation between middle-intestinal alkaline phosphatase activity and character of silk quality.

Corrélation génétique entre l'activité de la phosphatase alcaline de l'intestin moyen et la qualité de la soie.

ZHANG Z. HUANG L.

Chinese Academy of Agricultural Sciences, Institute of Sericulture, Zhenjiang, China.

1991 *Bulletin of Sericulture (China)*, Vol. 22(3), 34-36. (C)

Vers à soie : physiologie, biochimie

Silkworms : physiology, biochemistry

Investigation of an ortho-quinone isomerase from larval cuticle of the American silkmoth, *Hyalophora cecropia*.

Recherche d'une ortho-quinone isomérase de la cuticule larvaire du phalène américain *Hyalophora cecropia*.

ANDERSEN S.U.

Institute of Biological Chemistry A, August Krogh Institute, 13 Universitetsparken, 2100 Copenhagen O, Denmark.

1989 Insect Biochemistry (United Kingdom), Vol. 19(8), 803-808. (E)

Changes in the activity of dopa quinone imine conversion factor during the development of *Bombyx mori*.

Changement dans l'activité du facteur de conversion de la dopa quinone imine au cours du développement de *Bombyx mori*.

AZO Y., NAKASHIMA K., YAMASAKI N.

Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Higashi-ku, Fufuoka 812, Japan.

1990 Insect Biochemistry (United Kingdom), Vol. 20(7), 685-689. (E)

Protein protease inhibitors in the silkworm with special reference to the characteristics of the fungal protease inhibitors of *Bombyx mori*.

Etude des inhibiteurs de protéase protéiques chez le ver à soie et particulièrement des caractéristiques des inhibiteurs de protéase fongique de *Bombyx mori*.

EGUCHI M.

Department of Applied Biology, Kyoto Institute of Technology, Matsuga Saki, Kyoto 606, Japan.

1992 Indian J. Seric., Vol. 31(2), 93-95. (E)

In vivo and in vitro pheromonotropic activity of 2 locustatachykinin peptides in *Bombyx mori*.

Activité phéromonotrope in vivo et in vitro de deux peptides de locustatachikynine chez *Bombyx mori*.
FONAGY A., MATSUMOTO S., SCHOOF L., DELOOF A., MITSUI T.

1992 Biosciences Biotechnology and Biochemistry, Vol. 56, 1692. (E)

The purification and characterization of sepiapterin reductase from fat body of the silkworm, *Bombyx mori*.

La purification et la caractérisation de la sépiaptérine-réductase du corps adipeux du ver à soie *Bombyx mori*.

IINO T., DOHKE K., TSUSUE M.

1992 Zool. Sci., Vol. 9(1), 119-125. (E)

Long-lasting excitation of protocerebral bilateral neurons in the pheromone processing pathways of the male moth, *Bombyx mori*.

Excitation de longue durée des neurones protocérébraux bilatéraux pendant le déroulement du processus phéromonal chez le papillon mâle de *Bombyx mori*.

KANZAKI R., SHIBUYA T.

1992 *Brain Research*, Vol. 587, 211. (E)

Fine structure of a developing insect olfactory organ. Morphogenesis of the silkworm antenna.

Structure fine d'un organe olfactif d'insecte en développement. Morphogénèse des antennes du papillon *Bombyx mori*.

KEIL T.A.

1992 *Microscopy Research and Technique*, Vol. 22, 351. (E)

Participation of a 200-kDa hemocyte membrane protein in the dissociation of the fat body at the metamorphosis of *Sarcophaga*.

Participation d'une protéine de 200-kDa de la membrane hémoctaire dans la dissociation du corps gras lors de la métamorphose de *Sarcophaga*.

KURATA S., KOBAYASHI H., NATORI S.

University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan.

1991 *Developmental biology (U.S.A.)*, Vol. 146(1), 179-185. (E)

Induction and characterization of precocious trimolting silkworm, *Bombyx mori*.

Induction et caractérisation du ver à soie trimuant précoce *Bombyx mori*.

LEE S.D., MOON J.Y.

National Silk Inspection and Silkworm Breeding Office, Whaseung, Korea Republic.

1990 *Korean Journal of Sericultural Science (Korea Republic)*, Vol. 32(1), 31-37. (K,e)

MS/MS analyses of ecdysteroids in developing eggs of *Dysdercus fasciatus*.

Analyses MS/MS des ecdystéroïdes dans les embryons de *Dysdercus fasciatus*.

MAUCHAMP B., ROYER C., KERHOAS L., EINHORN J.

I.N.R.A., Unité Nationale Séricicole, 25 quai Jean-Jacques Rousseau, 69350 La Mulatière, France.

1993 *Insect Biochem. Molec. Biol.*, Vol. 23(1), 199-205. (E)

Bombyxin II and its disulfide bond isomers - synthesis and activity.

La Bombyxine II et ses isomères liés par des ponts disulfures - synthèse et activité.

NAGATA K., MARUYAMA K., NAGASAWA H., URUSHIBATA I., ISOGAI A. *et al.*

1992 *Peptides*, Vol. 13, 653. (E)

Development and use of an enzymatic tracer for an enzyme immunoassay of Makisterone A.

Développement et utilisation d'un traceur enzymatique pour un dosage enzymo-immunologique de la Makistérone A.

ROYER C., PORCHERON P., PRADELLE P., MAUCHAMP B.

I.N.R.A., Unité Nationale Séricicole, 25 quai Jean-Jacques Rousseau, 69350 La Mulatière, France.

1992 *Insect Biochem. Molec. Biol.*, Vol. 23(1), 193-197. (F)

Relationship between endogenous oxygen consumption and inorganic phosphorus in fat body of eri silkworm, *Philosamia ricini*.

Relation entre la consommation endogène d'oxygène et celle de phosphore inorganique chez le corps adipeux du ver à soie eri *Philosamia ricini*.

SINGH G.B., SINGH S.P.

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

1992 *Indian J. Seric.*, Vol. 31(2), 161-163. (E)

Experimental morphology of insect olfaction - Tracer studies, X-ray microanalysis, autoradiography, and immunochemistry with silkmoth antennae.

Morphologie expérimentale de l'olfaction chez les insectes - Etudes au traceur, micro-analyse aux rayons X, autoradiographie et immunochimie des antennes du papillon du ver à soie.

STEINBRECHT R.A.

1992 Microscopy Research and Technique, Vol. 22, 336. (E)

Structures and activities of insect brain neuropeptides.

Structures et activités des neuropeptides cérébraux chez l'insecte.

SUZUKI A.

1992 Yuki Gosei Kagaku Kyokaishi, Vol. 50(6), 545-553. (E)

Uzi parasitisation : gluconeogenic precursor levels and related enzyme activity profiles in silkworm, *Bombyx mori* L.

Parasitisme de la mouche uzi : niveaux des précurseurs de la gluconéogenèse et des profils d'activité des enzymes correspondantes chez le ver à soie *Bombyx mori* L.

VENKATA RAMI REDDY K., REMA DEVI O.K., MAGADUM S.B., BENCHAMIN K.V., DATTA R.K.

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570 008, India.

1992 Indian J. Seric., Vol. 31(2), 123-129. (E,f)

Vers à soie : oeufs, embryologie

Silkworms : eggs, embryology

Study of embryo development of labelled breeds (Evaluating the reason and stage of death of caterpillar embryos-female *Bombyx* in the process of egg incubation). / *Izuchenie razvitiya zarodysha mechenykh porod.*

Etude du développement embryonnaire de souches marquées (Evaluation de la cause et du stade de la mort des embryons femelles de *Bombyx* au cours de l'incubation des oeufs).

ABDURAKHMANOV A., PARPEIV B.A., ABDURAKHMANOV R.

1990 *Shelk (U.R.S.S.)*, 2, 8. (R)

Single-stranded DNA-binding proteins (SSB proteins) from silkworm eggs.

Protéines affines pour l'ADN simple brin (protéines SSB) chez les oeufs du ver à soie.

ANDRIANOVA E.P., TARASENKO N.V., KOTERCV A.N., FILIPPOVICH Y.B.

1992 *Biokhimiya (Moscow)*, Vol. 57, 398-405. (E)

Trial planning in the study of *Bombyx* egg decontamination by UV irradiation. / *Planirovanie ehksperimenta v issledovaniyakh po obezzarazhivaniyu greny tutovogo shelkopryada ul'trafiioletovym oblucheniem.*

Etude expérimentale de la décontamination des oeufs de *Bombyx* par irradiation aux rayons UV.

BUNINA E.N., KIRICHENKO I.A.

1991 *Shelk (U.R.S.S.)*, 2, 16-17. (R)

Morphology of female reproductive system in tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D. (Lepidoptera : saturniidae).

Morphologie du système reproducteur femelle du ver à soie tasar *Antheraea mylitta* D. (Lepidoptera : saturnidae).

DUBEY O.P., BAJPEYI C.M., KUMAR N., THANGAVELU K.

Central Tasar Research and Training Institute, Nagri, Ranchi 835 303, India.

1992 *Indian J. Seric.*, Vol. 31(2), 101-106. (E,f)

Oviposition - A vital aspect in silkworm rearing.

Oviposition - Un aspect vital de l'élevage du ver à soie.

DUBEY O.P., BAJPEYI C.M., OJHA N.G., THANGAVELU K.

Central Tasar Research and Training Institute, Post Hehal, Ranchi 834 005, Bihar, India.

1993 *Indian Silk*, Vol. 31(11), 29-31. (E)

A preliminary study on preservation of dissected ova of tussah silkworm by gamma irradiation.
Etude préliminaire sur la conservation par irradiation gamma d'ovules disséqués de vers à soie tussah.
GUAN Y., XU Y., FAN S.

Jilin Agricultural University, Institute of Integrated Techniques for Agriculture Modernization,
Changchun, China.

1991 *Journal of Jilin Agricultural University (China)*, Vol. 13(1), 93-96. (C)

Optimal conditions for activation to ameiotic parthenogenesis in the silkworm (*Bombyx mori* L.) eggs.

Conditions optimales pour l'activation de la parthénogénèse améiotique des oeufs du ver à soie (*Bombyx mori* L.).

GUBANOV E.A., ZVYAGINTSEVA T.V., RAZUMOVA O.V.

Academy of Sciences of the U.S.S.R., Moscow.

1992 *The Soviet Journal of Development Biology (U.S.A.)*, Vol. 22(6), 389-393. (E,r)

Safe period of acid treatment for bivoltine silkworm (*Bombyx mori* L.) hybrid eggs at different hours of oviposition for varying temperatures.

Période sûre pour le traitement acide des oeufs hybrides du ver à soie (*Bombyx mori* L.) à différentes heures d'oviposition et à températures variées.

HURKADLI H.K., MANJULA A.

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

1992 *Indian J. Seric.*, Vol. 31(2), 97-100. (E,f)

Spermatogenesis and the abnormal germ cells (of silkworms belonging) in Bombycidae and Saturniidae.

Spermatogénèse et cellules germinales anormales chez des Bombycidae et des Saturniidae.

KATSUNO S.

Yokohama University, Faculty of Engineering, Japan.

1989 *Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University (Japan)*, Vol. 64(1), 21-34. (J,e)

Study on physiology of diapause eggs and hydrochloric acid dipped eggs in silkworms.

Etude de la physiologie des oeufs diaposants et des oeufs trempés dans l'acide chlorhydrique chez le ver à soie.

SONG R., MIAO Y., MIU Y.

Zhejiang Agricultural University, Department of Sericulture, Hangzhou, China.

1991 *Bulletin of Sericulture (China)*, Vol. 22(1), 18. (C)

Further evidence for the involvement of kinase in the phosphorylation of vitellin and the effect of phosphorylation on the susceptibility of vitellin to a cysteine proteinase in the egg.

Nouvelle mise en évidence de la participation de la kinase dans la phosphorylation de la vitelline et de l'effet de la phosphorylation sur la sensibilité de la vitelline à une protéase à cystéine chez l'oeuf de *B. mori*.

TAKAHASHI S.Y., FUJIWARA M., OHOKA T., YAMAMOTO Y.

1992 *Comp. Biochem. Biophys.*, Vol. 103, 71-79. (E)

Effect of the amount of food ingested during the 5th instar on the pupation and oogenesis in parent silkworms for hybridization reared on an artificial diet.

Effet de la quantité de nourriture ingérée au cours du 5^e âge sur la nymphose et l'ovogénèse chez les vers à soie parentaux élevés sur aliment artificiel en vue de l'hybridation.

TAKIZAWA H.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Tsubuka, Ibaraki 305, Japan

1992 *Acta Seric. Entomol.*, 6, 39-50. (J,e)

Vers à soie : glandes séricigènes

Silkworms : silk glands

Effects of juvenile hormone and ecdysone on synthesis of nuclear acid in the posterior silk gland of *Bombyx mori*.

Effets de l'hormone juvénile et de l'ecdysone sur la synthèse d'acides nucléiques dans la glande séricigène postérieure chez *Bombyx mori*.

CUI W., WU Z.

Shandong Agricultural University, Department of Forestry, Taian, China.

1992 Bulletin of Sericulture (China), Vol. 23(1), 8-11. (C)

Isolation of a clone encoding a 2nd dragline silk fibroin - *Nephila clavipes* dragline silk is a two proteins fiber.

Isolement d'un clone codant pour une deuxième fibroïne de toile d'araignée - La soie de toile de *Nephila clavipes* est une fibre composée de deux protéines.

HINMAN M.B., LEWIS R.V.

1992 J. Biol. Chem., Vol. 267, 19320-19324. (E)

Brain factor from *Galleria mellonella* (Lepidoptera) stimulating silk gland activity.

Facteur cérébral de *Galleria mellonella* (Lepidoptera) stimulant l'activité de la glande séricigène.

MICHALIK J., SZOLAJSKA E., LASSOT Z.

1992 Experientia, Vol. 48, 762. (E)

Development of the silk glands of the silkworms (*Bombyx mori* L.) influenced by the different types of fertilization in mulberry. / Desenvolvimento da glandula sericigena do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.) sob a influencia dos diferentes tipos de adub

Développement des glandes séricigènes des vers à soie (*Bombyx mori* L.) influencé par les différents types de fertilisation du mûrier.

TAKAHASHI R., LANDIM C. da C., KRONKA S. do N.

1990 Boletim de Industria Animal (Brazil), Vol. 47(2), 121-125. (P,e)

Soie

Silk

Characteristics of the sweaters made of spun raw silk with 'SAKIGAKE' cocoons.

Caractéristiques des pull-overs confectionnés à partir de soie grège filée issue des cocons "SAKIGAKE".

AOKI A., NASU T., SAIJO M., IMAI I., SAITO N.

The Silk Science Research Institute, 3-25-1, Hyakunincho, Shinjuku-ku, Tokyo, Japan.

1992 Reports of the Silk Science Research Institute, 40, 61-66. (J)

Immobilization of glucose oxidase on non woven fabrics with Bombyx mori silk fibroin gel.

Immobilisation de la glucose oxydase sur des étoffes non tissées de gel de fibroïne de *Bombyx mori*.

ASAKURA T., KITAGUCHI M., DEMURA M., SAKAI H., KOMATSU K.

1992 J. Appl. Polym. Sci., Vol. 46, 49-53. (E)

Studies on the sorption and permeation of acid dyes through silk fibroin membrane. 2 : Dual sorption of acid dyes in silk fibroin.

Etudes de l'adsorption et de la perméation de colorants acides à travers une membrane de fibroïne.

2 : Double adsorption des colorants acides sur la fibroïne.

BAE D.G., TAK T.M.

Korean Silk Research Institute, Chinju, Korea Republic.

1989 Korean Journal of Sericultural Science (Korea Republic), Vol. 31(1), 45-54. (E,k)

Studies on the sorption and permeation of acid dyes through silk fibroin membrane. 3 : Permeation of acid dyes through the silk fibroin membrane.

Etude de l'adsorption et de la perméation des colorants acides à travers une membrane de fibroïne.

3 : Perméation des colorants acides à travers la membrane de fibroïne.

BAE D.G., TAK T.M.

Korea Silk Research Institute, Chinju, Korea Republic.

1990 Korean Journal of Sericultural Science (Korea Republic), Vol. 32(1), 68-72. (E)

Distribution of raw silk size at the first passage points up to the limit size for cocoon feeding.

Distribution du titre de la soie grège du premier point de passage jusqu'à la taille limite pour l'alimentation des cocons.

BAI L., YAPING Y.

Faculty of Textile Science and Technology, ShinShu University, Ueda 386, Japan.

1992 J. Seric. Sci. Jpn., Vol. 61(6), 505-511. (J,e)

A study on the silk printing with reactive dye. 1 : The white discharge printing.

Etude de l'impression sur soie avec un colorant réactif. 1 : L'impression à décharge blanche.

CHUNG I.M., LEE Y.W., LEE K.G., KIM J.H.

Rural Development Administration, Suwon, Korea Republic.

1990 Korean Journal of Sericultural Science (Korea Republic), Vol. 32(2), 110-112. (K,e)

Chillada seeds (*Strychnos potatorum* L.) : a promising water clearing agent for silk reeling.

Les graines de Chillada (*Strychnos potatorum* L.) : un agent prometteur de purification de l'eau pour le dévidage de la soie.

DORESWAMY C., CHINNASWAMY K.P., VENKATESH M., NAGESHCHANDRA B.K.

Department of Sericulture, University of Agricultural Sciences, G.K.V.K., Bangalore 560 065, Karnataka, India.

1993 Indian Silk, Vol. 31(10), 41-42. (E)

Survey of colorfastness of Korean silk fabrics.

Etude sur la solidité des couleurs des soieries coréennes.

FREDDI G., CHUNG I.M.

Stazione Sperimentale per la Seta, Via G. Colombo 81, 20133 Milano, Italia.

1990 Korean Journal of Sericultural Science (Korea Republic), Vol. 32(1), 68-72. (K,e)

Historical development of the spun silk industry : from the beginning to 1945 (Japan).

Historique du développement de l'industrie de la soie : du commencement à 1945 (Japon).

HAMAZAKI M.

Kyoto Univ. of Industrial Arts and Textile Fibers, Faculty of Textile Science, Japan.

1989 Journal of Rural Problem (Japan), Vol. 25(2), 83-92. (J)

The elongation and shrinkage behaviour of silk in the organic solvent-water mixture systems.

Comportement d'élongation et de contraction de la soie dans des mélanges eau-solvant organique.

KITAMURA A., CHEN K., SIBAMOTO A.

Suzhou Institute of Silk Textile, China.

1992 J. Seric. Sci. Jpn., Vol. 61(6), 480-485. (J,e)

Effect of bleachings and degummings of stained silk yarn and fabrics on their whiteness and stiffness.

Effet des blanchiments et des décreusages sur la blancheur et la tenue des fils de soie et des tissus colorés.

LEE Y.W., LEE K.G., CHUNG I.M., SONG K.E.

Rural Development Administration, Sericultural Experiment Station, Suwon, Korea Republic.

1990 The Research Reports of the Rural Development Administration (Korea Republic), Vol. 33(1), 8-12. (K,e)

Studies on the shrinkage of silk yarn by neutral salts.

Etudes de la rétraction du fil de soie par des sels neutres.

LEE Y.W., LEE K.G., SONG K.E., CHUNG I.M., NAHM J.H.

Rural Development Administration, Sericultural Experiment Station, Suwon, Korea Republic.

1991 Korean Journal of Sericultural Science (Korea Republic), Vol. 33(2), 87-92. (K,e)

Spider silk : the unraveling of a mystery.

La soie de l'araignée : le mystère s'éclaircit.

LEWIS R.V.

1992 Acc. Chem. Res., Vol. 25(9), 392-398. (E)

The amino acid composition for major ampullate gland silk (dragline) of *Nephila Clavipes* (Araneae, Tetragnathidae).

Composition en acides aminés de la soie produite par la glande ampoulaire principale (toile) chez *Nephila Clavipes* (Araneae, Tetragnathidae).

LOMBARDI S.J., KAPLAN D.L.

U.S. Army Natick Research, Development and Engineering Center, Natick, MA, U.S.A.

1990 *The journal of arachnology* (U.S.A.), Vol. 18(3), 297-306. (E)

Effects of pH and hardness resulted from total carbonate concentration on sericin solubilities.

Effets du pH et de la dureté obtenus à partir d'une concentration donnée en carbonate sur la solubilité des sérécines.

NAM Y.R., CHAE D.S., SUNG J.C.

National Silk Inspection Office, Anyang, Korea Republic.

1989 *Korean Journal of Sericultural Science* (Korea Republic), Vol. 31(2), 121-126. (K,e)

Features of waste water from by-product silk treatment and composition of extracted lipid.

Caractéristiques des eaux ayant servies au traitement de sous-produits de la soie et composition des lipides extraits.

NAM Y., CHAE D.S., SUNG J.C., LEE Y.W., KIM S.E.

National Agricultural Materials Inspection Office, Anyang, Korea Republic.

1991 *Korean Journal of Sericultural Science* (Korea Republic), Vol. 33(2), 100-102. (K,e)

Hand feeling of super-thin yarn dyed silk fabrics 'CHAMBRAY' made of 'AKEBONO' raw silk.

Maniement de tissus de soie teints faits de fils super-fins "CHAMBRAY" tissés à partir de soie grège "AKEBONO".

NASU T., AOKI A., SAIJO Y.

The Silk Science Research Institute, 3-25-1, Hyakunincho, Shinjuku-ku, Tokyo, Japan.

1992 *Reports of the Silk Science Research Institute*, 40, 51-60. (J)

Dyeing properties of silk yarns with a distinctive feature.

Propriétés de teinture des fils de soie.

OBO M., YASUDA K., KATO H.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1992 *Acta Seric. Entomol.*, 6, 31-38. (J)

Development of an antibody against a 170 k-Da fragment of fibroin isolated from cocoons fibers of *Bombyx mori*.

Développement d'un anticorps contre un fragment de 170 kDa de fibroïne isolé à partir de fibres de cocons de *Bombyx mori*.

RAJAN M.K., BALAKIRSHNAN A., JAYARMAN K.

1992 *J. Biochem. Biophys. Methods*, Vol. 25(1), 37-43. (E)

Study on the shape and functional motion of size detector gauges.

Etude sur la forme et le mouvement fonctionnel des détecteurs de titre.

SEGI H.

Nissan Motor Co. Ltd., Mitaka-City, Tokyo, Japan.

1992 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 61(6), 499-504. (J,e)

Properties of the size detector for composite raw silk.

Propriétés du détecteur de titre pour la soie grège composite.

SHIMIZU S., KOBAYASHI M., KUROKAWA T.

The Silk Science Research Institute, 3-25-1, Hyakunincho, Shinjuku-ku, Tokyo, Japan.

1992 *Reports of the Silk Science Research Institute*, 40, 41-49. (J)

Silk thread size measurement system by CCD linear line sensor.

Procédé de mesure du titre des fils de soie avec un détecteur CCD linéaire.

SHIMIZU S., OHURA M.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1992 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 61(6), 486-491. (J,e)

Effects of methacrylamide treatment on silk fibers. 1 : Effects of reaction conditions on weight increase of silk fibers.

Effets du traitement au méthacrylamide sur les fibres de soie. 1 : Effets des conditions de réaction sur l'augmentation du poids des fibres de soie.

SHIN B.S., NAHM J.H.

Seoul National University, Department of Natural Fiber Science, Suwon, Korea Republic.

1991 *Korean Journal of Sericultural Science (Korea Republic)*, Vol. 33(2), 82-86. (K,e)

Simulation program of raw silk size control system of automatic reeling machine.

Programme de simulation du système de contrôle du titre de la soie grège d'une dévideuse automatique.

TERASHIMA T.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1992 *Acta Seric. Entomol.*, 6, 13-29. (J)

New developments in silk protein research for non-textile use.

Nouveaux progrès de la recherche sur les protéines de soie en vue d'une utilisation non textile.

TSUKADA M.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1991 *Research Journal of Food and Agriculture (Japan)*, Vol. 14(11), 18-22. (J)

Infrared study on silk protein molecules.

Etude aux infrarouges sur les molécules de la soie.

WANG G., HU J., TENG Y.

1992 *Guanpuxue Yu Guangpu Fenxi*, Vol. 12(1), 35-38. (E)

Development of the new silk materials suitable for western style dresses.

Développement de nouveaux tissus de soies appropriés aux vêtements de style occidental.

YOKOZAWA M.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1991 *Research Journal of Food and Agriculture (Japan)*, Vol. 14(11), 13-17. (J)

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 édit. 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.

* * *

Directeur Gérant : Dr H. BOUVIER

Dépôt légal : 1er trimestre 1993