

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

B. MAUCHAMP
G. CHAVANCY

Managing Director
Chief Editor

COMITE DE REDACTION **EDITORIAL BOARD**

ALMEIDA J. E. (Brésil / *Brazil*)
CAPPELLOZZA L. (Italie / *Italy*)
CHEN Y. (Chine / *China*)
COUBLE P. (France)
DANDIN S.B. (Inde / *India*)
DAS B.C. (Inde / *India*)
DOIRA H. (Japon / *Japan*)
FONSECA T.C. (Brésil / *Brazil*)
FREDDI G. (Italie / *Italy*)
GOLDSMITH M.R. (USA)
GUO X. (Chine / *China*)
HE K. (Chine / *China*)
IATROU K. (Grèce / *Greece*)
JOLLY M.S. (Inde / *India*)
KOBAYASHI M. (Japon / *Japan*)
KUSAKABE T. (Japon / *Japan*)
LEA H. Z. (Corée / *Korea*)

LEGAY J.-M. (France)
MACHII H. (Japon / *Japan*)
MANO Y. (Japon / *Japan*)
MASE K. (Japon / *Japan*)
MAUCHAMP B. (France)
MIRANDA J. E. (Brésil / *Brazil*)
REALI G. (Italie / *Italy*)
SHIMURA K. (Japon / *Japan*)
SOMASHEKAR T.H. (Inde / *India*)
SONWALKAR T.N. (Inde / *India*)
TAKEDA S. (Japon / *Japan*)
TAZIMA Y. (Japon / *Japan*)
TRENCZEK T. (Allemagne / *Germany*)
TZENOV P. (Bulgarie / *Bulgaria*)
VAGO C. (France)
XIA Q. (Chine / *China*)
YAMASHITA O. (Japon / *Japan*)
YUNGEN M. (Chine / *China*)

SOMMAIRE – CONTENTS

Revue / Review

- Pink mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* Green of mulberry and its management . . . 217**
 La cochenille rose, *Maconellicoccus hirsutus* Green du mûrier et sa gestion 235
 K. A. MURUGESH, R. SHANMUGAM & C. A. MAHALINGAM

Rapports techniques / Technical reports

- Supply response to mulberry silk cocoon price – a case study 247**
 Etude de cas sur la réponse de l'offre au prix du cocon de soie mûrier 255
 P. KUMARESAN, R. G. GEETHA DEVI & S. B. DANDIN

- Studies on the gas exchange parameters of mulberry varieties (*Morus alba* L.) grown under two production systems 263**
 Etudes sur les paramètres d'échange de gaz chez des variétés de mûrier (*Morus alba* L.) cultivées selon deux systèmes de production 269
 C. DAS, A. K. MISRA, T. SENGUPTA & B. K. DAS

- Perpetuation and epidemiology of *Fusarium pallidroseum* (Cooke) Sacc. the causal pathogen of twig blight disease of mulberry (*Morus* spp.) under Kashmir conditions 273**
 Persistence et épidémiologie de *Fusarium pallidroseum* (Cooke) Sacc., le pathogène responsable de la maladie de la flétrissure des rameaux chez le mûrier (*Morus* spp.) dans les conditions du Cachemire 283
 N. A. MUNSHI, M. Y. GHANI & N. A. MIR

- Evolution of a superior breed of oak tasar silkworm – Blue 289**
 Mise au point d'une lignée supérieure de vers à soie tasar du chêne – lignée Bleue 297
 N. IBOTOMBI SINGH, L. SOMEN SINGH, N. IBOHAL SINGH & N. SURYANARAYANA

- Morphological characterization and rearing performance of muga silkworm *Antheraea assamensis* Helfer germplasm accessions 301**
 Caractérisation morphologique et performance d'élevage de souches de germoplasmes du ver à soie muga *Antheraea assamensis* Helfer 311
 K. NEOG, R. CHAKRAVORTY, G. M. DEKA & T. ZAMAL

- Evaluation of impact of weather on cocoon shell weight of muga silkworm (*Antheraea assama* Ww.) 315**
 Evaluation de l'impact de la météorologie sur le poids de la coque soyeuse du ver à soie muga (*Antheraea assama* Ww.) 323
 MONICA CHAUDHURY

PINK MEALYBUG, *MACONELLICOCCLUS HIRSUTUS* GREEN OF MULBERRY AND ITS MANAGEMENT

K. A. MURUGESH, R. SHANMUGAM & C.A. MAHALINGAM

Department of Sericulture, Centre for Plant Protection Studies, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore – 641 003, India.

Mulberry, *Morus alba* L., the only host plant of silkworm (*Bombyx mori* L.), is attacked by about 300 species of insect pests. Among them, pink mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* Green is the most serious one causing more than 35 per cent yield loss besides impairing nutritional quality of mulberry leaves. The pest is highly prevalent in tropical regions and has a wide range of host plants. Apical growth of the plant is arrested due to infestation of the pest resulting in tukra, a typical malformation of terminal shoots. Tukra leads to decline in quantity and quality of mulberry leaves and therefore become a serious problem to mulberry farmers of southern states of India. Thus, the pest is posing a great threat to the very existence of mulberry plantations endangering the sericulture industry. Hence, the pest incidence, yield loss, damage symptoms, nutritional status affecting the leaves, varietal reaction of mulberry and management strategies are discussed.

Keywords: Mulberry, *Maconellicoccus hirsutus*, tukra, varietal reaction, management, botanicals, natural enemies.

Mulberry, *Morus alba* L. is the only host plant of silkworm (*Bombyx mori* L.), the producer of fabulous silk which derives all the nutrients for its growth from the mulberry leaf. Hence, the production of superior quality mulberry leaves assumes greater significance in order to realize the silkworm rearing as a profitable enterprise. But, the production of quality leaves is often hampered due to the attack of various arthropod pests. Being a perennial, evergreen and high biomass producing plant, mulberry offers ideal conditions for uninterrupted and rapid multiplication of pests in space and time often reaching alarming proportions (Manjunath, 2004). About 300 species of insects have been reported from different parts of the world on mulberry (Naik, 1997) including 50 species from India (Anonymous, 1975; Reddy and Kotikal, 1988).

Among the major pests, pink mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* Green (Pseudococcidae : Homoptera) is considered important because of its regular occurrence. This pest is highly prevalent in tropical regions and has a wide array of alternate hosts. In mulberry, the feeding injury causes severe crinkling and distortion of leaves and the apical growth is arrested resulting in malformation of terminal shoots. This symptom is popularly known as tukra disease which means the malformation caused to leaves and shoots by mealybug.

The tukra disease leads to decline in the quality and quantity of mulberry leaves and therefore has become a serious concern to sericultural farmers of southern states of India especially during recent years. Siddappaji *et al.* (1984) and Phillip (1986) reported that tukra disease is one of the major diseases affecting mulberry and it is caused by *M. hirsutus*. Pest damage during different growth stages affected both the quality and yield of mulberry leaf (Pradip Kumar *et al.*, 1994).

Keeping in view the extent of loss caused due to tukra disease resulting in economic instability to the sericulture farmers, this review is made to put in order, all the published information to arrive at a collective idea on this potential pest. This information shall throw more light on distribution, incidence, damage symptoms, biology, nutritional status of affected leaves, varietal reaction, leaf yield loss and various management practices advocated for the pest.

Distribution of pink mealybug:

The distribution of *M. hirsutus* indicated that the prevalence of this species in Asia, Africa, Australia and Pacific islands (Anonymous, 1972). It was found in Palearctic region (Hall, 1921), Ethiopia (Bedford, 1935), tropical Africa (Bartlett, 1977) and Australia (Williams, 1986). Govindaiah and Bhakuni (1988) suggested that the prevalence of *tukra* disease in mulberry was recorded in tropical regions like India, South East Asia, South China, Africa and Taiwan.

In India, the occurrence of this pest was first reported in Murshidabad district of West Bengal (Mukerji, 1899). Ayyar (1929) reported mealybug infestation from several places in India viz., Malabar, North Bihar, Pusa, Murshidabad, Malda and Bankura districts of Bengal and Visagappatnam district of Andhra Pradesh. Now, the pest and *tukra* symptoms are prevalent in all silk producing states of India (Sriharan *et al.*, 1979). Subsequently, the pest was reported in Andaman islands also (Varshney, 1982).

Though the occurrence of mealybug on other crops has been reported even during the earlier part of this century (Fletcher, 1919; Ayyar, 1929), the economic importance of mealybug on mulberry has not been documented till 1980. With the large scale expansion of sericulture industry in Tamil Nadu state due to the introduction of many high yielding varieties, the pest has also spread widely from 1979 onwards and inflicted economic injury in the entire mulberry growing areas (Radha and Muthukrishnan, 1980). The problem of *tukra* has become rampant in Tamil Nadu (Datta, 1993) as in other sericultural belts of India.

***Tukra* incidence and crop yield loss:**

Though detailed information on seasonal incidence and yield loss caused by *tukra* is lacking, Shree and Boraiah (1988) observed higher incidence of *tukra* from August to February. Muralikumaran and Baskaran (1992) conducted a survey on *tukra* incidence in Tamil Nadu and found that out of 22 villages surveyed 15 villages were affected by *tukra* and the incidence was more severe during warmer months than in cooler months. The incidence of mealybug was highest during summer (34.93 %) and least incidence was recorded during winter (9.45 %) with an average incidence of 22.15 per cent (Sathya Prasad and Manjunath, 1992).

Mealybug infestation was prominent during summer season, especially severe in August month (Ali, 1995). Highest incidence of mealybug was recorded during June to September and lowest during November to January (Manjunatha and Shree, 1997). Pink mealybug caused damage to the mulberry crop throughout the year which ranged from 0.79 to 11.69 per cent and the severity was found to be maximum during the period from July to August (Benjamin *et al.*, 1997). Subrata Biswas *et al.* (2001) recorded severe mealybug incidence during summer which ranged from 7.72 to 35.30 per cent. Maximum *tukra* incidence of 17.7 per cent was noticed during summer months (Tomy Philip *et al.*, 2002).

Dhahira Beevi (1989) observed up to 19.5 per cent *tukra* incidence in Madurai district of Tamil Nadu. The survey conducted during 1991-92 in mulberry tracts of Tamil Nadu indicated the severe incidence in Erode district (63.12 %) and least in Dharmapuri (12.06 %) and Thanjavur districts (Baskaran *et al.*, 1992). Muralikumaran and Baskaran (1992) recorded severe *tukra* incidence in different parts of Tamil Nadu which ranged from 2.7 to 50.0 per cent and the per cent disease index ranged from 0.97 to 24.84. Sathya Prasad and Manjunath (1992) reported severe mealybug infestation of 20.80 per cent.

Three to six tons of loss in leaf yield/ ha/year was recorded by Kumar *et al.* (1992) and Pradip Kumar *et al.* (1994). Palanidurai (1996) recorded a substantial reduction in the leaf yield by 16.2 per cent and number of leaves / plant by 13.6 per cent in *tukra* affected mulberry plantation. Sathya Prasad *et al.* (2000) reported that mealybug incidence caused an estimated leaf yield loss of 4500 kg/ha/yr, thus depriving the farmer from brushing about 450 dfls/ha/yr, leading to decline in cocoon production by 150 kg/ha/yr. According to Manjunath *et al.* (2000), the loss due to *M. hirsutus* for the cocoon crop was about 10-15 per cent. The average incidence and loss in mulberry leaf yield in southern

sericultural belts are estimated to be 34.24 per cent and 4500 kg/ha/year respectively (Manjunath *et al.*, 2003). Nighat Mehmood (2004) reported that the severe infestation of mealybug resulted in 30 to 40 per cent loss in mulberry leaf yield.

Nature of damage:

Mealybug is one of the most serious pests of mulberry causing both qualitative and quantitative damage. Kumar *et al.* (1992) reported that there was depletion in quality and quantity of the leaves of *tukra* affected plants. Misra (1919) noticed *tukra* disease at Pusa of Bihar and in the neighbourhood villages of Murshidabad district of West Bengal. The affected leaves were devoid of green succulent leaves with hard, compact malformed shoots and coppery-green or pale yellow leaves. The heads of the apical leaves become malformed and turn so crisp that it is hardly possible to examine the affected leaves without breaking them. With the appearance of the malformed shoots, the lower lateral leaves become severed leading to premature leaf fall. In case of severe attack, there were only the bare stems of plants standing in the field.

Tukra infested leaves were highly crumbled with uneven thickness, rough surface and had a thick covering with epidermal appendages. The affected young stem had an irregular outline, multiseriate epidermis, a parenchymatous cortex and a less number of vessel groups. The morphological and structural alterations of leaves and stem were potential enough to hinder their normal functions (Babu *et al.*, 2004).

Both the nymphs and adults cause damage to the mulberry crop by sucking the sap from young leaves and buds leading to downward curling and wrinkling of the foliage (Nighat Mehmood, 2004). Mealybug is attracted towards tender portion of the plant because of succulence and they suck the sap simultaneously releasing toxins which restricts the apical growth affecting further biomass of the plant (Lavanya Latha *et al.*, 2004).

The tender parts of affected mulberry plants exhibit curling, wrinkling and crumpling of the apical leaves virtually stopping the growth of plant by the suppression of elongation of stem (Sriharan *et al.*, 1979). The affected plants exhibited curling of leaves at the growing point and the plants were dwarfed owing to the arrested growth (Ullal and Narasimhanna, 1981). The growing region became thick and dark coloured and was found unsuitable for feeding (Phillip, 1986; Handique and Baruah, 2000).

Tukra affected plant showed malformation of apical shoot due to flattening and thickening of affected portion, reduction in internodal distance, wrinkling and curling up of apical leaves. The affected portion of plants became dark green in colour and turn pale yellow upon severe attack (Anonymous, 2000).

Sucking of sap by both nymphs and adults of *M. hirsutus* caused drastic changes in anatomy of leaves. It includes hypertrophy of cells particularly cortex and pith cells in radial direction with the formation of giant cells in the inner layer of cortex vessel. The infestation occurred in nodal joints at the succulent apical region. Appearance of deep green colour and swelling occurred 4-5 days after infestation (Dutt *et al.*, 1951).

Biology of pink mealybug:

Pink mealybug passes through ten generations in a year. The pest was found to be active even during winter months without any hibernation (Fletcher, 1919). Misra (1919) studied the biology of mealybug in mulberry and found that the pest completed its life cycle in 24-29 days. The life stages became lengthened with the advancement of cool period. The fecundity is 232 and incubation period of eggs is 5-8 days. Several workers have studied the life cycle of mealybug on *Hibiscus* (Hall, 1921; Dutt *et al.*, 1951), mesta (Singh and Ghosh, 1970), grapevine (Srinivasan, 1978; Mani 1986; Manjunath, 1985), pumpkin (Mani 1986) and mulberry (Dhahira Beevi, 1989; Ganesan, 1994).

The mealybug laid the eggs in a loose cottony terminal ovisac. Freshly laid eggs are orange in colour, smooth and oval with slightly tapering ends and were in close touch with each other within

the white ovisac. The eggs turn pink before hatching (Ganesan, 1994). The adult female deposited 386 to 540 eggs and the egg period was 5.15 days (Mani, 1986).

Incubation period of *M. hirsutus* lasted for 7 days (Dutt *et al.*, 1951), 4-7 days (Mani, 1986) and 6-7 days (Singh and Ghosh, 1970). The male mealybug exhibited four nymphal instars whereas female had three nymphal instars which lasted for 22 days (Singh and Ghosh, 1970) and 11 days (Ghose, 1972). The male and female sex ratio was 1: 1 (Ghose, 1972) and 1: 5 (Hall, 1921).

The total life span was 34.4, 40.8 and 32.5 days for female and 27.2, 25.3 and 35.0 days for male on red pumpkin, bhendi and *Hibiscus* respectively (Srinivasan, 1978). According to Mani (1986), total development period for male and female were 24.85 and 26.31 days respectively. Dhahira Bheevi (1989) reported that total life span was 30.6 days for female and 22.7 days for male on mulberry. Mealybug completed its life cycle in about 25 days (Manjunath *et al.*, 1992).

Tukra Transmission:

Mealybug is known to be vector of several viral diseases. *Tukra* disease is a subject of controversy over years as to whether *tukra* is a phytotoxemic expression or mycoplasmic symptom after insect transmission. *M. hirsutus* was suspected of being a virus vector responsible for deformation of leaves and arresting the growth of plants (Delotto, 1964).

Earlier workers opined that *tukra* is a vector dependent phenomenon (Rangaswami *et al.* 1976; Ullal and Narasimhana, 1981; Muniappan and Veeresh, 1986; Babu *et al.*, 1994). The above results were not based on the virus vector studies. Govindaiah and Bhakuni (1988) raised doubts of its viral transmission. Dhahira Beevi (1989) and Muralikumaran and Bhaskaran (1992) made detailed studies on the expression of *tukra* symptom by selecting and planting *tukra* affected cuttings, graft transmission by latex and sap injection studies. None of the above methods could reproduce the symptoms. On the contrary, clear phytotoxemic symptom was expressed within 15 days after the introduction of mealybug in the healthy plant (Sriharan *et al.*, 1979; Dhahira Beevi, 1989). This was further strengthened by studies of Datta (1993) and Manjunath *et al.* (1996) who ruled out the involvement of virus, and hence *tukra* is now considered as a manifestation of mealybug attack.

Biochemical changes in *tukra* affected leaves:

There were reports of significant variation among biochemical constituents of *tukra* affected leaves with that of healthy leaves. The changes also vary among the varieties and position of leaves in mulberry plant. Marked reduction in the levels of proteins was observed in the leaves of *tukra* affected mulberry when compared to healthy ones (Ishizaka, 1971) whereas, the total chlorophyll content was equal in both healthy and *tukra* affected K2 variety (Thangamani and Vivekanadan, 1983). Due to *tukra*, the quality of leaf gets deteriorated and hence it becomes unfit for silkworm rearing (Sastry, 1984). Thangamani (1985) analyzed the biochemical constituents of healthy and *tukra* affected mulberry leaves of variety M5 and found no significant difference in the chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll content.

Shree *et al.* (1989) reported biochemical changes due to *tukra* in mulberry varieties, Kajli and K2. The results revealed that in Kajli, there was a decrease in chlorophyll and protein content by four per cent and 10.5 per cent respectively whereas there was an increase in total soluble sugars and starch by 35 and 36 per cent respectively in *tukra* diseased leaves when compared to healthy leaves. In K2, there was an increase in the total chlorophyll, total soluble proteins, total soluble sugars and starch by 18, 40, 25 and 27 per cent respectively in the leaves of *tukra* affected plants when compared to healthy leaves. Shree and Umesh Kumar (1989) reported biochemical changes in *tukra* affected exotic mulberry plants *viz.*, *Morus australis*, *M. cathyana*, *M. macroura* and *M. nigra* with regard to total chlorophyll, protein, sugars, phenols and starch.

The protein content was high in *tukra* diseased leaves of varieties *viz.*, Berhampore, S30, S36, Kosen, Okinawa-2 and Phillipine varieties and low in *M. multicaulis*, Tsukasaguwa and Italian varieties. Sugar content was high in Berhampore, Okinawa-3 and Phillipine varieties whereas it was

low in S30, S36, S41 and Kosen. The phenolic content was high in Kosen, Philippine and Italian varieties and low in all other varieties. Total chlorophyll was high in Berhampore, S36, Okinawa-2 (Umesh Kumar *et al.*, 1990).

Ramansureshababu *et al.* (1994) observed significant variation among biochemical constituents of both *tukra* diseased and healthy leaves. Significant variation in moisture content was found in *tukra* affected leaves of all test varieties except S13. All the test entries showed striking increase in chloroplast pigments in diseased leaf. No significant change in sugar content was observed in both but starch content was drastically reduced in diseased leaves of S13, M5, I-Chinose, Gosoerami, Kosen, BC2 and TR4 varieties.

Palanidurai (1996) reported that total protein and total phenol were found to be higher (77.4 mg/g and 33.7 mg/g) in *tukra* affected leaves compared to healthy ones (68.33 mg/g and 32.46 mg/g) whereas, total starch, total sugars, total reducing sugars and total non reducing sugars were found to be lower (4.48%, 19.23 mg/g, 17.23 mg/g and 2.00 mg/g) in *tukra* affected leaves compared to healthy one (4.76 %, 20.46 mg/g, 18.03 mg/g and 2.43 mg/g). The total free amino acids were high in all varieties and higher phenolic content was found in *tukra* affected leaves of all varieties excepting MR2 and TR4.

Biochemical constituents in mealybug infested leaves like soluble proteins (143.5 mg/g) and amino acids (103.5 m mole/g) were higher when compared to healthy leaves (11.5 mg/g and 29.25 m mole/ mg). Soluble sugars (48.7 mg/g) and reducing sugars (22.2 mg/g) were high in mealybug infested leaves (5 mg/g and 1.6 mg/g) compared to healthy leaf. There was no significant change in the phenolic content of mealybug infested leaves. In mealybug infested leaves, the micronutrients like iron showed no significant increase, but zinc (42.6 ppm) and manganese (405 ppm) contents were significantly high (Vamseedhar *et al.*, 1999).

Varietal reaction of mulberry against pink mealybug:

The safest method to contain the pest menace is the use of resistant or tolerant varieties. Though the identification of suitable mulberry genotypes with resistance to mealybug is ecologically safer and brings out permanence of *tukra* management, it is a long drawn process. Availability of *tukra* resistant genotypes in *Morus indica*, *M. alba*, *M. latifolia* and *M. serrata* needs proper documentation at field level. Several workers reported differential reaction of mulberry genotypes against pink mealybug. Shree and Boraiah (1988) have classified the mulberry varieties into resistant, moderately resistant, susceptible and highly susceptible categories depending on the percentage of *tukra* infection.

Screening of mulberry varieties against *M. hirsutus* revealed that variety C4 was found to be moderately resistant and the varieties C1, C7, C11, C12, C14, C17, Rosa, Kosen and MR2 were susceptible whereas the varieties C5, C6, C15, C16, G5, S34 and K2 were highly susceptible (Ganesan, 1994) (Table I). Mealybug infests all the commercial varieties *viz.*, M5, Vishwa, Local, MR2, V1, S36, S54, etc. and caused economic injury level (Anonymous, 2000).

Sathya Prasad *et al.* (2000) screened the ruling mulberry varieties, S36, S34, S13, K2 and V1 for their tolerance to *tukra* and found noticeable symptoms of *tukra* on the 16th day of post inoculation of gravid mealybug females irrespective of the mulberry variety. The spread of *tukra* symptoms was least in V1 (44.30 %) followed by K2 (66.82 %) and the maximum incidence was observed in S36 (87.80 %) and S34 (87.30 %). The number of *M. hirsutus* on 30th day of post inoculation was maximum in V1 (151.00) followed by S13 (74.60), K2 (73.00), S34 (53.00) and local (19.40).

Tomy Philip *et al.* (2002) reported that S36 was found to be more susceptible to mealy bug attack. High yielding mulberry variety V1 was tested for its field reaction against mealybug and the result revealed the high susceptibility nature of the variety to the *tukra* (Muthulakshmi *et al.*, 2003).

Though differential reaction was noticed among mulberry genotypes against *tukra*, development of resistant or tolerant varieties through breeding programme has limited scope due to prolonged period needed to develop a resistant or tolerant variety.

Table I. Field screening of mulberry varieties for resistance to pink mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green).*Tableau I. Evaluation des variétés de mûrier sur le terrain par rapport à la résistance à la cochenille rose Maconellicoccus hirsutus (Green).*

Grades	Reaction	Variétés
		Variétés
0	Free from infestation <i>Sans aucune infestation</i>	---
1	Crinkling just noticed in the petiole region and remaining parts of the leaves being normal <i>On remarque un froissement dans la zone du pétiole, le reste des feuilles étant normales</i>	---
3	Crinkling of leaves extended upto the vein affecting 10 per cent of the leaves <i>Le froissement des feuilles s'étend jusqu'à la nervure et concerne 10 % des feuilles.</i>	---
5	Symptoms spreading to 25 per cent of the leaves <i>Symptômes concernant 25 % des feuilles</i>	C4
7	50 per cent of the leaves affected <i>50 % des feuilles atteintes</i>	C1, C7, C12, C14, C17, C18, C19, C20, C21, MR2, Kosen and Rosa
9	Complete deformation of leaves <i>Déformation complète des feuilles</i>	C5, C6, C15, C16, G5, S34, K2 and Berhampore

(Ganesan, 1994)

Effect of *tukra* affected leaves on silkworm :

Workers differed in their views on the nutritional status of *tukra* leaves and in turn their effects on silk yield and thereby on cocoon yield. The apical leaves contain very little succulent matter with poor nutritional make up (Misra, 1919). Diseased leaves showed no harmful effect to silkworm and cocoon yield (Thangamani and Vivekanandan, 1983). The infested crinkled deformed foliage was unfit for rearing silkworms. Even if a few such leaves were mixed with healthy and fed to silkworms, the growth was retarded and the cocoon weight was reduced (Dhahira Beevi, 1989).

Shree and Umesh Kumar (1989) reported that *tukra* was known to affect the leaf quality and cocoon production whereas Nagaraja and Somasundaram (1990) have reported enhanced cocoon yield in the silkworm, *B. mori* when fed with *tukra* affected mulberry leaves. The feeding of *tukra* affected leaves to silkworm caused a highly significant decline in the economic characters like effective rate of rearing, larval weight, cocoon weight, shell weight and shell ratio compared to feeding of healthy leaves (Pradip Kumar *et al.*, 1989).

Feeding of *tukra* leaves did not interfere with silkworm rearing and cocoon yield (Ramansureshbabu *et al.*, 1994). *Tukra* affected mulberry leaves can be profitably utilized in silkworm rearing instead of discarding them (Muthegowda *et al.*, 1999). Ravindra Singh *et al.* (2002) reported marginal increase in the larval weight from 2.95 g to 3.23 g and reduction in total larval span of silkworm from 23 days 20 hrs to 23 days when the larvae were fed with *tukra* affected leaves.

**Annexure I. Host plants of pink mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) /
Annexe I. Plantes hôtes de la cochenille rose, *Maconellicoccus hirsutus* (Green).**

S. No	Host plants /Plantes hôtes	Family / Famille	Country Pays	Reference
1.	<i>Acanthus ilicifolius</i> Lour	Acanthaceae	India	Ghose (1961)
2.	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardaceae	Egypt	Bedford (1935)
3.	<i>Spondias bulcis</i> Willd.	Anacardaceae	India	Ghose (1972)
4.	<i>Annona squamosa</i> L.	Annonaceae	India	Ghose (1972)
5.	<i>Nerium odorum</i> Soland	Apocynaceae	Egypt	Hall (1920)
6.	<i>Tecoma grandiflora</i> L.	Bignoniaceae	India	Fletcher (1919)
7.	<i>Bauhinia</i> sp.	Caesalpinaceae	Egypt	Hall (1920) & Bedford (1935)
8.	<i>Cassia siamea</i> Lam.	Caesalpinaceae	Egypt	Bedford (1935)
9.	<i>Parkinsonia aculeata</i> L	Caesalpinaceae	Egypt	Bartlett (1977)
10.	<i>Mikania cordata</i> (Burm.f.)	Compositae	India	Ghose (1972)
11.	<i>Acalypha</i> spp.	Euphobiaceae	Egypt	Hall (1920)
12.	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	Euphobiaceae	India	Singh and Ghosh (1970)
13.	<i>Arachis hypogea</i> L.	Fabaceae	Egypt	Hosny (1939)
14.	<i>Cajanus indicus</i> L.	Fabaceae	Egypt	Bartlett (1977)
15.	<i>Clitoria ternatea</i> L.	Fabaceae	India	Ghose (1972)
16.	<i>Erithrina</i> sp.	Fabaceae	Egypt	Hall (1920)
17.	<i>E. variegata</i> L.	Fabaceae	India	Ghose (1972)
18.	<i>Robinia pseudocacia</i> L.	Fabaceae	Egypt	Bartlett (1977)
19.	<i>Saccharum officinarum</i> L.	Graminae	India	Bartlett (1977)
20.	<i>Abelmoschus esculantus</i> L.	Malvaceae	India	Singh and Ghosh (1970)
21.	<i>Gossypium arboreum</i> L.	Malvaceae	India	Fletcher (1919) & Misra (1919)
22.	<i>G. herbaceum</i> L.	Malvaceae	Egypt	Bedford (1935)
23.	<i>Hibiscus acetoselia</i> Welwitsch.	Malvaceae	India	Ghose (1972)
24.	<i>H. cannabinus</i> L.	Malvaceae	India	Singh and Ghosh (1970)
25.	<i>H. mutabilis</i> L.	Malvaceae	India	Ghose (1961 and 1972)
26.	<i>H. rosasinensis</i> L.	Malvaceae	India	Ghose (1961) & Dutt <i>et al.</i> (1951)
27.	<i>H. sabdariba</i> L.	Malvaceae	India	Ghose (1961)
28.	<i>Alcocia arabica</i> Willd.	Mimosaceae	Egypt	Hall (1920)
29.	<i>Albizia lebbak</i> Benth.	Mimosaceae	Egypt	Hall (1920) & Bedford (1935)
30.	<i>Mimosa rubicaulis</i> Lambk.	Mimosaceae	India	Ghose (1972)
31.	<i>Morus alba</i> L.	Moraceae	Egypt	Misra (1919) & Raichoudhury (1958)
32.	<i>Ficus cunia</i> Ham.	Moraceae	India	Ghose (1961)
33.	<i>F. indica</i> L.	Moraceae	India	Ayyar (1921)
34.	<i>F. religiosa</i> L.	Moraceae	India	Misra (1919) & Singh and Ghosh (1970)
35.	<i>Psidium gujava</i> L.	Myrtaceae	India	Fletcher (1919)
36.	<i>Eugenia jambolana</i> Lan.	Myrtaceae	India	Bartlett (1977)
37.	<i>Jasminum sambac</i> Ait.	Oleaceae	India	Ghose (1972)
38.	<i>Phoenix sylvestris</i> Roub.	Palmaceae	Arabia	Anonymous (1972)
39.	<i>Grevillea robusta</i> A. cunn.	Proteaceae	Egypt	Bedford (1935)
40.	<i>Zizyphus</i> sp.	Rhamnaceae	Egypt	Hall (1920)
41.	<i>Coffea</i> spp.	Rubiaceae	Germany	DeFluiter (1960)
42.	<i>Citrus</i> spp.	Rutaceae	Egypt	Hall (1920)
43.	<i>Corchorus</i> sp.	Tiliaceae	India	Raichoudhury (1958) & Ghose (1961)
44.	<i>Boehmeria nivea</i> Guad.	Urticaceae	India	Dutt and Kundu (1960)
45.	<i>Clerodentron infortunatum</i> Gaertn.	Verbinaceae	India	Singh and Ghosh (1970)
46.	<i>Vitis vinifera</i> L.	Vitaceae	India	Fletcher (1919)

MANAGEMENT STRATEGIES

Chemical method:

Swabbing mulberry shoot with insecticide solution killed mealybug (Davidson and Peairs, 1966) but the population quickly increased again (Manjunath, 1985). Spraying methyl-o- demeton 0.05 per cent, phosphamidon 0.05 per cent and application of carbofuron @ 7 kg/ha reduced *tukra* incidence (Ullal and Narasimhanna, 1981).

Several workers have screened less toxic synthetic insecticides against *M. hirsutus* and among them, dichlorvos was found to be toxic to pest but safer to silkworms (Dhahira Beevi, 1991; Datta 1993; Ram Kishore *et al.*, 1995). Palanidurai (1996) reported that dichlorvos was found to be effective with highest per cent mortality of mealybug (81.0 %) followed by malathion (74.2 %) and FORS (62.0%).

Spraying of 0.15 per cent dichlorvos in 0.5 per cent soap solution on pruned or leaf harvested plants twice at an interval of 10 days and allowing 15 days waiting period before using the leaves as feed for silkworm (Anonymous, 2000). Jayaraj (2006) found that application of 0.15 per cent dichlorvos was highly effective for the management of pink mealybug on mulberry with safe waiting period of 15 days after the spray.

Ganesan (1994) reported that monochrotophos drastically brought down the egg hatchability of mealybug to 6.05 per cent from 40.33 per cent in the untreated control. Efficacy of other synthetic compounds like methyl parathion (Jolly, 1987; Munivenkattappa *et al.*, 1989) and 2, 6-dimethyl-1, 5-heptadien -acetate also have been reported (Bichina *et al.* 1982).

Though chemical control of *tukra* disease is most common and widely accepted for effective management, the chemicals have to be applied at appropriate time in exact concentration. Further, a suitable waiting period has also to be given before using the leaves for feeding silkworm.

Botanical and cultural methods:

Excessive dependence on chemicals to contain pests has resulted in eco-destabilization. The use of inorganic pesticides will not only be costly but will also lead to resistance, resurgence of pest and atmospheric pollution. In recent years global awareness on pesticide toxicity problems has encouraged scientists to develop measures to protect the environment with the use of plant products. Hence, the concept of botanical control is gaining momentum.

Babu *et al.* (1994) have suggested control measures of *tukra* disease through foliar spray of aqueous solutions prepared from neem and pongamia plants. Verghese and Tandon (1987) recorded that pongamia oil (2%) was very effective in killing the crawlers of *M. hirsutus*. Manjunath *et al.* (1992) reported that neem oil was found to be effective with maximum per cent mortality of mealybug (48.2%) followed by neem seed kernel extract (45.0%) and pungam oil (39.8%). Neem seed kernel extract and neem based products *viz.*, Rakshak and Amurthaguard (0.5%) showed lesser ovicidal action (11.42 to 16.8%) and appreciable nymphal and adult mortality (95 to 98% and 51.75% respectively) of *M. hirsutus*. Field spraying of these products reduced the mealybug population to less than five bugs/ plant from 25 mealybugs/ plant on fifth day (Shekhar and Sathya Prasad, 1998).

Sathya Prasad and Dandin (2005) reported that the application of *Annona squamosa* extract resulted in the mortality of nymphal, adult and egg stages by 96, 100 and 70 per cent after 48 hours of spray followed by 73, 66 and 40 per cent due to *Annona vasica* and 53, 60 and 40 per cent due to *Eucalyptus globules*, respectively.

Samuthiravelu *et al.* (2003) reported that mealybug infestation was minimized by reduced application of nitrogenous fertilizer blended with neem cake @ 60 kg/acre (3 %) followed by pungam cake (4 %), mahua cake (4.4 %) and castor cake (7.9 %) compared to control with recommended dose of chemical fertilizer (20.8 %). Spraying of neem seed kernel extract, pongamia seed kernel extract, neem oil and pongamia oil suppressed the *tukra* incidence to 3.85, 5.35, 9.57 and 11.64 per cent respectively from 30.92 per cent in the control (Venugopal *et al.*, 2004).

Sidde Gowda and Vinod Kumar (1995) screened commonly available host plants viz., *Abelmoschus esculentus*, *Hibiscus rosasinensis*, *M. alba* and *H. cannabinus* for their suitability as trap crops of *M. hirsutus* and reported significantly higher *tukra* incidence on *H. cannabinus* (30.48 \pm 0.66 %) compared to other host plants.

Manjunath *et al.* (2003) screened four crops viz., *Glyricidia sepium*, *A. esculentus*, *H. cannabinus* and *Crotons* sp. to select suitable trap crop for mealybug. The results indicated a significant difference in *tukra* incidence in mulberry with *H. cannabinus* (4.28 \pm 2.01 %) compared to mulberry sole crop (26.02 \pm 12.91 %). The mealybug population was also significantly low in mulberry with trap crop (3.14 \pm 0.88) when compared to mulberry without trap crop (11.44. \pm 2.93). This indicated that *H. cannabinus* could be used as a trap crop in the management of mealybug.

Kasi Reddy *et al.* (2004) reported that raising of maize as intercrop in mulberry plantation increased the population of predator, *Menochilus sexmaculata* doubly (44%) compared to the mulberry without intercrop (21%) which also suppressed the mealybug population by 84.0 per cent. Here, the *tukra* incidence was reduced to 3.90 per cent in the intercropped mulberry from 8.62 per cent in control

Biological method (Natural enemies):

Mulberry ecosystem is an ideal one to implement biological suppression method because of its perennial nature and limitations in utilizing chemical method of pest control. Moreover, mealybug is 'hard to kill pest' and the usage of high potent insecticides on a crop like mulberry is practically impossible as it may cause death of silkworms (Dahira Beevi, 1991). In this context, the biological method plays a significant and indispensable role in managing this key pest.

Pink mealybug was affected by more than ten natural enemies (Mani, 1986). Among them, coccinellid predators are more important because of their wide adaptability, easy culturing method and higher predatory potential. Classical biological control using Australian ladybird beetle, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant. against pink mealybug was introduced from France (Hall, 1926) where it was a common practice for the control of *M. hirsutus*. Biocontrol method using *C. montrouzieri* against pink mealybug in different crops was well documented by many workers (Tirumala Rao and Leeladevi, 1958; Fisher, 1963; Liotta and Mineo, 1965; Bhat *et al.*, 1981; Satyanarayana Murthy, 1982; Dahira Beevi, 1989).

According to Ranga Reddy and Lakshmi Narayana (1986), release of *C. montrouzieri* @ 1000 no./ha was found to be effective in controlling the mealybug. Babu (1986) also confirmed the successful control of *M. hirsutus* by *C. montrouzieri* in Andhra Pradesh.

Srinivasan and Sundarababu (1989) reported the maximum predatory potential of *C. montrouzieri* against *M. hirsutus* six weeks after the initial release with a 64.3 per cent control in the pest population. Each grub of *C. montrouzieri* in I, II, III and IV instar consumed 34, 54, 183 and 610 eggs or 4, 11, 79 and 163 nymphs or 2, 3, 8 and 15 adult females of *M. hirsutus* respectively (Manjunath *et al.*, 1992). Samuthiravelu *et al.* (2003) observed that the release of bio-agent *C. montrouzieri* @ 250 adults or 500 grubs was found to have promising result by reducing the mealybug population on mulberry drastically.

Release of 10 to 12 beetles of *C. montrouzieri* / m² for three to four times at two to three weeks interval as a curative measure for the mealybug infestation or release of 250 adults in two doses of 125 each once during January-February and September-October as a component in integrated management strategy was suggested by Rajadurai (2005). Jayaraj (2006) reported that the release of 250 adult of ladybird beetle in two equal installments in a year during October - November and January - February ensured a substantial reduction in the incidence of *tukra* by bringing down the mealybug population on mulberry crop.

The grubs of *Scymnus coccivora* Ayyar, a native coccinellid predator were found feeding on the different species of mealybug (Ayyar, 1929; Puttarudraiah and Channabasavanna, 1953). Several indigenous natural enemies were found to regulate the pink mealybug population in India and among

them, *S. coccivora* was found abundant in mulberry ecosystem (Siddappaji *et al.*, 1984). *Scymnus* was considered as an important predator of pink mealybug in South India, the role of which in regulating the pink mealybug population in mulberry is noteworthy (Mani, 1986). Mani and Thontadarya (1987) also reported that the grub of *S. coccivora* consumed 307.7 eggs or 62.2 nymphs or 6.55 adults of *M. hirsutus*.

S. coccivora was seen throughout the period in mulberry ecosystem with maximum population during November. A predator consumed totally 341.57 eggs, 70.85 nymphs and 10.38 females during its life period. Field release of *S. coccivora* @ 8 beetles/ m² suppressed mealybug population (Palanidurai, 1996).

Integrated management strategies:

The pest management measures based on single component are not very much effective and the use of chemical may not reach the pest because of the protective covering and concealed way of living in apical buds. Hence, the management of mealybug in mulberry ecosystem should be aimed by integrating different components of pest management.

Datta (1993) suggested different mechanical controls which included clipping of affected leaves, disposal by burning and stripping the residual leaves after each cocoon crop. Manjunath and Katiyar (1995) formulated an Integrated Pest Management package against *tukra* which involves clipping and destruction of *tukra* affected plants, spraying of 0.02 per cent DDVP with soap solution (0.5%) and release of *C. montrouzieri* @ 250 adults per acre. The per cent reduction in *tukra* incidence ranged from 73.21 to 88.81 whereas the increase in leaf yield ranged from 3416.68 ± 310.16 to 4750 ± 243.88 kg/ ha/ yr.

Clipping of *M. hirsutus* affected apical shoot and destruction by burning or burying. Spray 0.2 per cent DDVP on pruned plants twice at an interval of 10 days with safe period of 17 days after application. Releasing the coccinellid predator, *C. montrouzieri* @ 300 adults/ acre of mealybug infested garden helped in the destruction of pest species (Reddy and Narayanaswamy, 1999).

Suppression of 49.84 to 80.00 per cent *tukra* incidence has been recorded in southern states of India after adoption of the integrated management approach for the mealybug (Jayaraj, 2006). Chopping the affected portion and killing the mealy bugs either by burning or dipping them in 0.5 per cent DDVP with 0.5 per cent soap solution after pruning or leaf harvest was found to be effective in reducing the mealybug population in mulberry (Tomy Philip *et al.*, 2002).

Limited irrigation once in 10 days and 25 per cent reduced nitrogenous fertilizer applied in two split doses brought down the *tukra* incidence to 1.60 per cent from 8.5 per cent in control with recommended dose of fertilizer (Lavanya Latha *et al.*, 2004).

Analysis of *tukra* management strategies:

Among the various pest management strategies employed, chemical method plays an important and indispensable role in containing the mealybug menace especially when the population reaches the alarming state. Though chemicals measures can provide quick relief to the pest problem owing to their knock down effect these strategies cannot be adopted on the pest when the rearing is under progress because of deleterious consequences of the pesticide on silkworm. The application of pesticide on mulberry can also be discouraged due to lack of specificity and therefore, can provide a great danger to the predators of mealybug. Whenever chemical use becomes inevitable, emphasis must be given in choosing soft pesticide with low persistency.

Periodical monitoring of mealybug is very much important so that need based management programme can be adopted for pest suppression. In order to nullify the potential threat of using chemical pesticide in mulberry crop system, employing eco-friendly non-chemical methods become the order of the day. Though adoption of non-chemical methods is time consuming, laborious and slow in action, the untoward problems prevalent in the chemical method can be alleviated.

In this juncture, it is advisable to encourage the use of biocontrol agents and plant products. For the purpose of using biocontrol agents in the pest suppression, planning for mass production of bio-agents need to be made based on the schedule of release, surviving ability and predatory potential of bio-agents and availability of alternate hosts, etc. Efforts should also be made to conserve and augment the native predator.

Plant products can also be selected as an ideal choice in pest management programmes without endangering the survival of non-target organisms as they are ecologically safe and undergo rapid biodegradation. They also exhibit compatibility with bio-agents; the combined effectiveness of these agents will go a very long way in *tukra* management methods.

Though *tukra* management techniques using biocontrol agents and botanicals have been advocated in mulberry cultivation, these have remained almost obsolete, as their adoption is yet to reach the desired level. There are a few prominent reasons for this lack of awareness among the farmers and their effectiveness, problems associated with their long term storage and slow in action in sharp contrast to chemical pesticide.

Suggestions for effective *tukra* management:

- ⇒ Simplifying the available pest control methods for easy adoption and cost effectiveness at farmers level
- ⇒ Educating the farmers about the importance of biocontrol agents, botanicals and other eco-friendly pest management programmes and their long-term benefits
- ⇒ Setting up mass production units for biocontrol agents at places which are accessible to sericulture farmers
- ⇒ Adopting mechanisms to conserve the natural enemies in mulberry eco-system

Present status of *tukra*:

Large scale prevalence of *tukra* disease in mulberry tracts necessitated us to take up a reconnaissance on the pest incidence. An intensive survey involving the scientists from Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore and the extension personnel from State Department of Sericulture was undertaken during 2005-06. Purposive sampling in *tukra* affected fields indicated the following information for coordinating the future research programme.

- ◆ *Tukra* incidence was prevalent throughout the year. However, the incidence was severe during summer and least in rainy season
- ◆ Nutrient management especially application of nitrogen influenced the pest population
- ◆ The presence of crops like cotton, guava, teak, hibiscus and grapevine in the vicinity of mulberry garden increased pest population on mulberry
- ◆ Integrated management had given richer dividend than relying on single component of pest management

Future research strategies

- ⇒ Estimating the actual yield loss due to mealybug in terms of leaf and cocoon by systematic survey in all major mulberry growing areas
- ⇒ Developing suitable forewarning system to facilitate the farmers to take precautionary measures against pest outbreak
- ⇒ Reaction of different mulberry genotypes to pink mealybug damage and documenting mechanism of resistance
- ⇒ Undertaking screening programme of high yielding mulberry varieties in endemic areas of different geographical regions for identifying resistant / tolerant varieties
- ⇒ Exploring the role of botanicals to develop cheap and eco-friendly pest management methods

- ⇒ Identifying an effective newer molecule of insecticide to contain the pest
- ⇒ Remodeling of cost effective pest management package
- ⇒ Habitat stability of *Cryptolaemus* in mulberry ecosystem in relation to adjoining fields or horticultural ecosystem
- ⇒ Identifying native natural enemies specific to pink mealybug and standardizing mass culture technique to superimpose with other components of integrated pest management
- ⇒ Impact of cultural operation like pruning on the colonization of natural enemies and methods to conserve the same

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to Dr. N. Chandramohan, Retired Professor (Agrl. Entomology) and Dr. S. Manimegalai, Associate Professor (Agrl. Entomology) for careful and critical review of the manuscript.

REFERENCES

- ALI S.M.A. (1995) Mealybug infestation in mulberry. *Indian Silk*, 33 : 15-16.
- ANONYMOUS (1972) FAO report to the government of Saudi Arabia on research in plant protection based on the work of H.E. Martin. *FAO Entomologist*, 5 : 38.
- ANONYMOUS. (1975) Text book of Tropical Sericulture. Japanese Volunteer Corporation Inc. Tokyo, Japan, pp.550.
- ANONYMOUS. (2000) Handbook of Sericulture Technologies. (ed.) S.B. Dandin, Jayant Jayaswal, K. Giridhar, Central Silk Board, Bangalore, 287.pp.
- AYYAR T.V.R. (1921) A check list of coccidae of the Indian region. *Proc. Ent. Mtg. Pusa*, 4 : 336-362.
- AYYAR T.V.R. (1929) Contribution to our knowledge of South Indian Coccidae (Scales and Mealybug). *Imp. Inst. Agric. Res. Bull.*, p. 197.
- BABU A.M., VINEETKUMAR K., SATHYA PRASAD, KARIAPPA B. K. (2004) Anatomical alterations associated with Tukra symptoms in the leaf and stem of mulberry. *Indian J. Seric.*, 43: 46 – 49.
- BABU R.S., DORCUS D., VIVEKANANDAN M. (1994) Possible control of tukra disease in mulberry using aqueous plant extracts of natural pesticide origin. *J. Seric. Sci. Jpn.*, 63(3) : 175-182.
- BABUT R. (1986) Population density of grapevine mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) and its control by predator, *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant). Ph.D., Thesis, APAU, Hyderabad, India, pp. 140.
- BARTLETT, B.R. (1977) Pseudococcidae - Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: A world Review. (C.P. Clausen. ed) USDA Hand Book No. 480, pp. 137-170.
- BASKARAN P., RAMANUJAM K., MURALIKURMARAN C., RADHAKRISHNAN N. V. (1992) Incidence and severity of mealybugs – associated mulberry leafcurl (Tukra) in Tamil Nadu. Research report published in National Conference on mulberry Sericulture Research Abstract (1992-93). Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, p. 49 - 50.
- BEDFORD H. W. (1935) Entomological section. Agricultural Research Service. Report of work carried out by the staff of the section during the season 1933 – 35. *Res. Agric. Res. Serv. Sudan.*, pp. 63 - 96.
- BENCHAMIN K.A., VENKATARAMANA P., THIMMA NAIK S., SANATH KUMAR Y.N. (1997) Pest and disease occurrence in mulberry and silkworm : A survey. *Indian Silk*, 36(2) : 27 – 32.
- BHAT P.K., CHACKO M.J., SREEDHARAN K. (1981) Biology of the lady bird beetle. *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. a predator of mealybugs. *Proc. Second Anni Symp. on Plant. Crops*, 221 – 226.pp.

- BICHINA T.I., KOVALEU B.G., SMETNIK A.L., YAGANOVA L.D. (1982) A test of the pheromone against mealybug. *Zasch. Raste*, 10 : 46.
- DATTA R. K. (1993) Tukra in mulberry and its management Seri extension mail, information Service from Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, 1: 1 – 2.
- DAVIDSON R.H., PEAIRS L.M. (1966) *Insect of Farm Garden and Orchard*. John Wiley and Sons Inc., New York, pp. 500 – 501.
- DEFLUTTER H. J. (1960) Krankheiten und Schadlinge. In Colchaes, Deflutter and Koenig, *Kaffee* Stuttgart Ferdinand Enke, Verlag, p. 98 – 182.
- DELOTTO B. (1964) Observations on African mealybug (Hemiptera : Coccidae). *Bull. Br. Mus. Nat. His. (Ent.)*, 14 : 341-397.
- DHAHIRA BEEVI N. (1989) Investigations on the mealybug, *M. hirsutus* Green (Homoptera : Pseudococcidae) and its phytotoxaemia in mulberry. M.Sc. (Ag.) Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Agricultural College & Research Institute, Maduarai, p.89.
- DHAHIRA BEEVI N. (1991) Investigations on the mealybug – A hard -to- kill pest. *Indian Silk*. 30: 34 – 36.
- DUTT P.K., MUKERJEE N., SENGUPTA. (1951) Preliminary observations of the incidence of *Phenacoccus hirsutus* Green and its effect on the growth of *Hibiscus sabdariffa* and Var. *altissimo*, *Indian J. Agric. Sci.*, 21: 231 – 237.
- DUTT N., KUNDU B.C. (1960) A note on the stunted disease of remie, *Boehmeria nivea* Gaud. *Proceedings of 47th Indian Science Congress*, Vol. III, p.558.
- FISHER T.W. (1963) Mass culture of *Cryptolaemus* and *Leptomastrix* natural enemies of citrus mealybug. *Bull. Calif. Agric. Exp. Sta.*, No. 797, 39 pp.
- FLETCHER T. B. (1919) Report of the Imperial Entomologist. *Sci. Rep. Res. Inst.*, Pusa, 1918-19, p. 86-103.
- GANESAN K. (1994) Screening of mulberry varieties for resistance to mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) M.Sc. (Seri) Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, 80. p.
- GHOSE S.K. (1961) Studies on some coccids (Coccidae : Hemiptera) of economic importance of West Bengal, India. *Indian Agric.*, 5 : 57-58.
- GHOSE S.K. (1972) Biology of the mealybug, *M. hirsutus* Green (Pseudococcidae : Hemiptera). *Indian Agric.*, 16 : 323-332.
- GOVINDAIAH, BHAKUNI B.S. (1988) Prevalence of Tukra disease of mulberry in tropical regions. *Indian Silk*, 3 : 55 – 56.
- HALL W.J. (1920) Report on a preliminary campaign against the *Hibiscus* mealybug in the Cairo nursery gardens. *Agric. J. Egypt, Cairo*, 10 : 1-6.
- HALL W.J. (1921) The hibiscus mealybug, *Phenacoccus hirsutus* Green. *Egypt Minist. Agric.*, Cairo, Tech. A. Sci. Ser. Bull., 17 28.
- HALL W.J. (1926) Hibiscus mealybug, *Phenacoccus hirsutus* (Green) in Egypt in 1925 with notes on the introduction of *C. montrouzerie* Muls. *Minist. Agric. Egypt. Bull.*, 70: 1 – 15.
- HANDIQUE P.K., BARUAH R. (2000) Evaluation of biomix against mealybug (*Maconellicoccus hirsutus* Green) of mulberry. *Indian J. Seric.*, 39 : 79 - 80.
- HOSNY M. (1939) On coccids found on roots of plants in Egypt. *Bull. Minist. Agric. Egypt*, 237 : 21.
- ISHIZAKA T. (1971) Agarose-gel electrophoresis of protein in the leaves from dwarf diseased mulberry tree. *J. Seric. Sci. Japan*, 40: 391 – 394.
- JAYARAJ S. (2006) Integrated nutrient and pest management for sustainable sericulture. *Proceedings on National seminar on soil health and water management for sustainable sericulture*, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, pp.67-85.
- JOLLY M. (1987) *Appropriate Sericulture Techniques*. Central Silk Board, Bombay, 122 p.
- KASI REDDY B., VENUGOPAL A., JAYARAJ S. (2004) Studies on pest - predator relationship in mulberry based intercropping system under integrated nutrient management practices. In: *Progress of Research on Disease and Pest Management in Sericulture*, (ed.) R. Govindan, Ramakrishna Naika and B. Sannappa, Seri Scientific Publishers, Bangalore, pp. 78-81.

- KUMAR P., KISHORE R., NOAMANI M.K.R., SENGUPTA K. (1992) Effect of feeding tukra affected mulberry leaves on silkworm rearing performance. *Indian J. Seric.*, 31(1) : 27-29.
- LAVANYA LATHA K., HARIHARA RAJU A., JAYARAJ S. (2004) Studies on the effect of fertilizer doses and irrigation schedules for the control of tukra mealybug in mulberry. In: *Progress of Research on Disease and Pest Management in Sericulture*, (ed.) R. Govindan, Ramakrishna Naika and B. Sannappa, Seri Scientific Publishers, Bangalore, pp. 71-73.
- LIOTTA G., MINEO G. (1965) Tests for artificial biological control of *Planococcus citri* (Citrus mealybug). *Bull. Inst. Ent. Agri. Oss. Fitopat. Palermo*, 25: 129–142.
- MANI M. (1986) Distribution, bioecology and management of the mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) with special reference to its natural enemies. Ph.D. Thesis, University of Agricultural Sciences, Bangalore, 201. p.
- MANI M., THONTADARYA T. S. (1987) Development and feeding potential of the coccinellid predator *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. on the mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green). *J. Biol. Control*, 1: 19–22.
- MANJUNATHA S., SHREE M.P. (1997) Studies on the incidence of mealybug (*Maconellicoccus hirsutus*) causing tukra disease on mulberry in Karnataka. *Trends in Life Sciences*, 12(1) : 39-44.
- MANJUNATH D. (2004) Pests of mulberry and their management. In: *Progress of Research on Disease and Pest Management in Sericulture*, (ed.) R. Govindan, Ramakrishna Naika and B. Sannappa, Seri Scientific Publishers, Bangalore, pp. 31-39.
- MANJUNATH D. K., SATHYA PRASAD, SIDDE GOWDA D. K. (2003) Ecological approaches for the management of mealybug, *M. hirsutus* attacking mulberry. National Conference on Tropical Sericulture for Global Competitiveness. Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, p 41.
- MANJUNATH D., KATIYAR R.L. (1995) Demonstration of IPM against tukra in mulberry. Annual Report (1995), Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, p.75.
- MANJUNATH D., KISHORE R., SATYA PRASAD K., KUMAR P., DATTA R.K. (1996) Biology of the mealy bug *Maconellicoccus hirsutus* causing tukra in mulberry. *Sericologia*, 36(3): 487-491.
- MANJUNATH D., RAM KISHORE, SATHYA PRASAD K., VINOD KUMAR, PRADIP KUMAR, DATTA R.K. (1992) Biology of mulberry mealybug and predatory potential of its biocontrol agent. Annual Report (1992-93), Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, pp.50-51.
- MANJUNATH D., SATYA PRASAD K., KATIYAR R.L., RAJADURAI S., SHEKAR M.A., DATTA R.K. (2000) Integrated pest management in sericulture. In: *National Conference on Strategies for Sericulture Research and Development*, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, p. 65.
- MANJUNATH T. M. (1985) *Maconellicoccus hirsutus* on grapevine. *FAO Plant Prot. Bull.*, 33 : 74.
- MISRA C.S. (1919) Tukra disease of mulberry. *Proc. 3rd Ent. Mtg. Pusa*, pp. 610–618.
- MUKERJI. (1899) *Handbook of Sericulture*, Bengal Secretariat Press, Calcutta, pp. 121 - 127.
- MUNIAPPAN V., VEERESH K. G. (1986) Arthropod vectors of virus and mycoplasma diseases of plants in India. *Colemania*, 2: 19–38.
- MUNIVENKATTAPA M.V., SAMPSON M.V., SHRI PRADIP KUMAR, MADHAVA RAO Y.R. (1989) Mulberry and silkworm crop protection, Instructional - cum - practical manual Indian Council of Educational Research and Training, New Delhi, pp. 82 – 83.
- MURALIKUMARAN C., BASKARAN P. (1992) Seasonal incidence of mealybug associated tukra disease in mulberry, *Morus alba* L. in Chidambaram taluk of Tamil Nadu. Annual Report (1992-93), Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, p.52.
- MUTHEGOWDA, SANTHKUMARI M., UMESHKUMAR N.N., BORAJAH G. (1999) Changes in total phenolics of tukra – affected mulberry plants. *Sericologia*, 30(2): 263 - 266.
- MUTHULAKSHMI M., SAMUTHIRAVELU P., SURESH A., JAYARAJ S. (2003) Studies on development of suitable pest management in mulberry. In: *Sustainable Insect Pest Management*, (ed.) S. Ignachimuthu and S. Jayaraj, Phoenix publishers, New Delhi.

- NAGARAJA, SOMASUNDARAM P. (1990) Higher protein content in tukra affected chawki leaves and its interesting effect on silkworm rearing. *Indian Silk*, 29(4): 35 - 37.
- NAIK (1997) Bioecology of thrips infesting mulberry. MSc. Thesis, University of Agricultural Sciences, Bangalore, pp.76.
- NIGHAT MEHMOOD (2004) Pests of mulberry in Kashmir valley and their management. In: Progress of Research on Disease and Pest Management in Sericulture, (ed.) R. Govindan, Ramakrishna Naika and B. Sannappa, Seri Scientific Publishers, Bangalore, pp. 78-81.
- PALANIDURAI S. (1996) Ecology and management of pink mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) in mulberry. MSc. (Seri.) Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, pp. 74.
- PHILLIP T. 1986 Tukra disease in mulberry. The Hindu dated 10th December, 1986.
- PRADIP KUMAR D., MANJUNATH, VINOD KUMAR, AHSAN M.M., DATTA R.K. (1994) Industrial production of biocontrol agents of the pests of mulberry and silkworm - prospects and challenges. Technical abstract published in international Conference on Sericulture (1994), Ed. By Central Silk Board and Swiss Development Cooperation, India, p.62.
- PRADIP KUMAR D, RAMKISHORE, NOAMANI, M.K.R., SENGUPTA, K. (1989) Effect of feeding tukra affected mulberry leaves on silkworm rearing performance. *Indian J. Seric.*, 31(1) : 27-29.
- PUTARUDRIAH M., CHANNABASAVANNA G. P. (1953) Beneficial coccinellids of Mysore, Ind. J. Ent., 15: 87 – 96.
- RADHA N.V., MUTHUKRISHNAN T.S. (1980) Insect pest of mulberry crop in Coimbatore region of Tamil Nadu. *Proc. Seri. Sym. and Semin.*, pp. 206 - 207.
- RAICHOUDHURY D.P. (1958) Ashort note on the study of tukra disease of mulberry (*Morus alba* L.) caused by *Phenacoccus hirsutus* Green (Coccidae), *Journal of silkworm*, 4 : 315 – 319.
- RAJADURAI S. (2005) Ladybird beetle—A potential biocontrol agent for mulberry mealybug. *Indian Silk*, 44(5) : 5 - 7.
- RAMANSURESHBABU, DAVI DORCUS, MUNISAMY VIVEKANADAN. (1994) Changes in morpho-physiology, water relations and nutrients in tukra diseased leaves of a few mulberry varieties. *J. Seric. Sci. Japan*, 63: 183 – 188.
- RAM KISHORE, VINOD KUMAR, PRADIP KUMAR, DATTA R. K. (1995) Dichlorvos for effective conservation of biocontrol agent of mealybug. *Indian Silk*, 33: 9 – 10.
- RANGASWAMI G., NARASIMHANNA M.N., KASIVISWANATHAN K., SASTRY C. V., MANJEET JOLLY S. (1976) Sericulture manual – 1. Mulberry cultivation FAO publication, Rome, 150 p.
- RANGA REDDY A., LAKSMI NARAYANA. (1986) Biology and control of grapevine mealybug. *India Grapes J.*, 2 : 30 - 39.
- RAVINDRA SINGH, RAGHAVENDRA RAO D., KARIAPPA B.K., JAYASWAL K.P. (2002) Effect of feeding tukra infested mulberry leaves on quantitative characters of the mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. *Bull. Ind. Acad. Seri.*, 6(2) : 91-95.
- REDDY D.N.R., KOTIKAL .K. (1988) Pests of mulberry and their management. *Indian Silk*, 26(11) : 9-15.
- REDDY D.N.R., NARAYANASWAMY K.C. (1999) Pests infesting mulberry and their management. *Advances in Mulberry Sericulture*, (ed.) M.C. Devaiah, K.C. Narayanaswamy and V.G. Maribashetty, pp.148-149.
- SAMUTHIRAVELU P., SURESH A., JAYARAJ S. (2003) Studies on effect of botanicals and biological control tactics against mulberry tukra mealybug, *Maconellicoccus hirsutus*. In: Sustainable Insect Pest Management, (ed.) S. Ignachimuthu and S. Jayaraj, Phoenix publishers, New Delhi, pp. 45-48.
- SASTRY C.R. (1984) Mulberry varieties, exploitation and pathology. *Sericologia*, 24 : 333-351.
- SATHYA PRASAD K., DANDIN S.B. (2005) Screening of plant extracts for insecticidal properties against mealy bug, Annual Report, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, p.40

- SATHYA PRASAD, K., MANJUNATH D. (1992) Monitoring the incidence of pests of mulberry. Annual Report 1992-93, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, p.31.
- SATHYA PRASAD, K., SUJATHA C.R., MANJUNATH D., DATTA R.K. (2000) Screening of popular mulberry varieties for tukra infestation, National Conference on Strategies on Sericulture Research and Development, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore.
- SATYANARAYANA MURTHY M. (1982) Studies on the biology and habitats of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coccinellidae: Coleoptera) M.Sc. (Ag) Thesis, Andhra Pradesh Agricultural University, Hyderabad, p. 206.
- SHEKHAR M.A., SATHYA PRASAD K. (1998) Control of mealy bug using neem based insecticides. Annual Report, CSR&TI, Mysore, p.42.
- SHREE M. P., SHREEDHARA M., UMESH KUMAR N.N., BORAI AH G. (1989) Some biochemical changes in tukra affected leaves of mulberry varieties. *Sericologia*, 29(1): 141 – 144.
- SHREE M.P., BORAI AH G. (1988) Incidence of tukra and bacterial blight on mulberry plants in germplasm bank. *Curr. Sci.*, 57 : 1224 – 1228.
- SHREE M.P., UMESH KUMAR M.N. (1989) Biochemical changes in Tukra affected exotic mulberry plants. *Curr. Sci.*, 58(22): 1251 – 1253.
- SIDDAPPAJI C., PUTTARAJU T.B., VENKATTAKIRIAPPA S. (1984) *Icerya aegyptiaca* (Douglas) a new pest of mulberry (*Morus alba* L.) in India and its control. *Curr. Sci.*, 53 : 1298 - 1299.
- SIDDE GOWDA D.K., VINOD KUMAR. (1995) Development of ecological method for the management of the mealybug, *Maconellicoccus hirsutus*. Annual Report (1995), Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, p.73.
- SINGH M.P., GHOSH S. N. (1970) Studies on *Maconellicoccus hirsutus* (Green) causing bunchy top in mesta. *Ind. J. of Sci. and Inds.*, 4 : 99 - 105.
- SRINIVASAN T. (1978) Studies on biology and control of grape mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Homopra: Pseudococcidae). M.Sc. (Ag). Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, p. 192.
- SRIHARAN T.P., SAMSON M.V., KRISHNASWAMI S. (1979) Studies on the tukra disease (*Maconellicoccus hirsutus*) of mulberry. *Indian J. Seri.*, 18: 78 – 80.
- SRINIVASAN T. R., SUNDARABABU P.C. (1989) Field evaluation of *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) the coccinellid predator against mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green). *South Indian Hortic.*, 37(1): 50 - 51.
- SUBRATA BISWAS, DAS S.K., DAS D. (2001) Prevalence and occurrence of major mulberry diseases and pests in Darjeeling and Sikkim hills. *Indian Silk*, 40(3) : 7 - 10.
- THANGAMANI R. (1985) Physiological studies on different varieties of mulberry in relation to silkworm rearing. Ph.D. Thesis, Bharathidasan University, Trichirappalli, Tamil Nadu, pp. 81 - 87.
- THANGAMANI R., VIVEKANANDHAN M. (1983) Effective utilization of tukra diseased mulberry leaves as silkworm *Bombyx mori* L. feed. *Sericologia*, 23 : 211 – 223.
- TIRUMALA RAO V., LEELA DEVI D. (1958) The biological control of a coccid pest in south India by the use of beetle, *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. *Indian J. Agric. Sci.*, 28: 545- 552.
- TOMY PHILIP, MAY JOSEPHA A.V., SOUDAMINY P. V (2002) Insect pests of mulberry in Kerala. *Indian Silk*, 40(9) : 21-23.
- ULLAL S.R., NARASIMHANNA M.N. (1981) Handbook of Practical Sericulture 2nd. Edn. Central Silk Board, Bombay, pp.46 - 47.
- UMESH KUMAR N.N., SHREE N.N. P., MUTHEGOWDA, BORAI AH G. (1990) Changes in protein sugars, phenols and total chlorophyll content of mulberry plants affected by tukra. *Ind. J. Seri.*, 29 : 93 – 100.
- VASRSHNEY R.K. (1982) On some pseudococcids from the Andaman islands (Homopra : Pseudococcidae). *Rec. Zool. Surv. India.*, 80 : 107 - 109.

- VAMSEEDHAR P., SHREE M.P., SUBRAMANIAN M.V.V. (1999) Impact of mealybug on biochemical constituents of mulberry leaves and their acceptability as silkworm feed. Proceedings of NSTS (1999), UAS, GKVK, Bangalore, 2 : 100-102.
- VENUGOPAL A., HARIHARA RAJU A., JAYARAJ S. (2004) Efficacy of botanicals on tukra mealybug in mulberry - An eco-friendly approach under integrated pest management. In: Progress of Research on Disease and Pest Management in Sericulture, (ed.) R. Govindan, Ramakrishna Naika and B. Sannappa, Seri Scientific Publishers, Bangalore, pp. 74-77.
- VERGHESE A., TANDON P.L. (1987) Pest management in grapevine and guava. Annual Report Indian Institute of Horticultural Research, Bangalore, pp. 61.
- WILLIAMS, D. J. (1986) The identity and distribution of the genus *Maconellicoccus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Africa. Bull. Res., 76

LA COCHENILLE ROSE, *MACONELLYCOCCUS HIRSUTUS* GREEN DU MURIER ET SA GESTION

K. A. MURUGESH, R. SHANMUGAM & C. A. MAHALINGAM

Department of Sericulture, Centre for Plant Protection Studies, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore – 641 003, Inde.

Le mûrier, Morus alba L., la seule plante hôte du ver à soie (Bombyx mori L.) est attaqué par environ 300 espèces d'insectes parasites. Parmi eux, la cochenille rose, Maconellycoccus hirsutus Green est le plus sérieux, car il provoque plus de 35 % de perte de rendement, tout en affectant la qualité nutritionnelle des feuilles de mûrier. Le parasite est très présent dans les régions tropicales et a un large éventail de plantes hôtes. La croissance apicale de la plante s'arrête à cause de l'infestation par le parasite, qui provoque le tukra, une malformation typique des pousses terminales. Le tukra entraîne la baisse de la quantité et de la qualité des feuilles de mûrier et est devenu un problème important pour les cultivateurs de mûrier des états du sud de l'Inde. Le parasite représente donc une grande menace pour l'existence même des plantations de mûrier, en mettant en danger l'industrie séricicole. Nous présentons donc une discussion sur l'incidence du parasite, sur les pertes de rendement, sur les symptômes des dégâts, sur l'état nutritionnel des feuilles atteintes, sur la réaction variétale du mûrier et sur les stratégies de lutte.

Le mûrier, *Morus alba* L. est la seule plante hôte du ver à soie (*Bombyx mori* L.), le producteur de la soie fabuleuse, qui tire tous les nutriments pour sa croissance de la feuille de mûrier. La production de feuilles de mûrier de qualité supérieure revêt donc une signification importante pour faire de l'élevage du ver à soie une entreprise profitable. Mais, la production de feuilles de qualité est souvent entravée par l'attaque par des parasites arthropodes variés. Etant une plante pérenne, persistante et à biomasse élevée, le mûrier offre les conditions idéales pour une multiplication ininterrompue et rapide des parasites dans l'espace et dans le temps, en atteignant souvent des proportions alarmantes (Manjunath, 2004). On a rapporté environ 300 espèces d'insectes sur le mûrier dans différentes parties du monde (Naik, 1997), dont 50 espèces en Inde (Anonyme, 1975 ; Reddy et Kotikal, 1988).

Parmi les principaux parasites, on considère que la cochenille rose, *Maconellycoccus hirsutus* Green (Pseudococcidae : Homoptera) est importante car elle se manifeste régulièrement. Ce parasite est très présent dans les régions tropicales et dispose d'un vaste ensemble d'hôtes alternés. Chez le mûrier, la blessure provoquée au cours de l'alimentation par la morsure provoque le froissement et la déformation des feuilles, ce qui arrête la croissance apicale et entraîne la déformation des pousses terminales. Ce symptôme est populairement connu sous le nom de maladie *tukra*, qui signifie la malformation des feuilles et des pousses provoquée par la cochenille.

La maladie du *tukra* entraîne la baisse de la qualité et de la quantité des feuilles de mûrier et elle est donc devenue une préoccupation importante pour les fermiers sériciculteurs des états du sud de l'Inde, surtout depuis quelque temps. Siddappaji et coll., (1984) et Phillip (1986) ont rapporté que la maladie du *tukra* est l'une des principales maladies qui affectent le mûrier et elle est provoquée par *M. hirsutus*. Les dégâts provoqués par le parasite pendant les différentes étapes de la croissance affectent à la fois la qualité et le rendement en feuilles du mûrier (Pradip Kumar et coll., 1994).

Compte tenu de l'étendue des pertes provoquées par la maladie du *tukra*, qui entraînent une instabilité économique pour les fermiers séricicoles, nous avons réalisé cette revue pour classer toutes les informations publiées, dans le but d'avoir une vision globale sur ce parasite. Ces informations

apportent plus de lumière sur la distribution, l'incidence, les symptômes des dégâts, la biologie, l'état nutritionnel des feuilles atteintes, la réaction variétale, la perte de rendement foliaire et les différentes pratiques de lutte recommandées pour ce parasite.

Distribution de la cochenille rose :

La distribution de *M. hirsutus* montre que cette espèce est prédominante en Asie, en Afrique, en Australie et dans les îles Pacifiques (Anonyme, 1972). On l'a trouvée dans la région Paléarctique (Hall, 1921), en Ethiopie (Bedford, 1935), en Afrique tropicale (Bartlett, 1977) et en Australie (Williams, 1986). Govindaiah et Bhakuni (1988) ont suggéré que la maladie du tukra chez le mûrier est prédominante dans les régions tropicales comme l'Inde, l'Asie du sud est, le sud de la Chine, l'Afrique et Taïwan.

En Inde, on a d'abord rapporté la présence de ce parasite dans la zone de Murshidabad dans le Bengale ouest (Mukerji, 1899). Ayyar (1929) a rapporté l'infestation par la cochenille dans plusieurs endroits en Inde, c'est-à-dire dans les zones de Malabar, du nord du Bihar, de Pusa, de Murshidabad, de Malda et de Bankura du Bengale et dans la zone de Visagappatnam dans l'Andhra Pradesh. A l'heure actuelle, le parasite et les symptômes du *tukra* sont présents dans tous les états produisant de la soie en Inde (Sriharan et coll., 1979). Par la suite, on a aussi rapporté le parasite dans les îles Andaman (Varshney, 1982).

Bien qu'on ait rapporté la présence de la cochenille sur d'autres cultures même au début du siècle (Fletcher, 1919 ; Ayyar, 1929), il n'y a pas eu d'études sur l'importance économique de la cochenille chez le mûrier avant les années 1980. Avec l'expansion à grande échelle de l'industrie séricicole dans le Tamil Nadu, grâce à l'introduction de nombreuses variétés à rendement élevé, le parasite s'est aussi largement répandu à partir de 1979 et a entraîné des dommages économiques dans toutes les zones de culture du mûrier (Radha et Muthukrishnan, 1980). Le problème du *tukra* sévit dans le Tamil Nadu (Datta, 1993), comme dans d'autres zones séricicoles de l'Inde.

Incidence du *tukra* et perte de rendement des récoltes :

Bien que l'on manque d'informations détaillées sur l'incidence saisonnière et sur les pertes de rendement provoquées par le *tukra*, Shree et Boraiah (1988) ont observé une incidence plus élevée du *tukra* d'août à février. Muralikumaran et Baskaran (1992) ont réalisé une enquête sur l'incidence du *tukra* dans le Tamil Nadu et constaté que sur 22 villages étudiés, 15 villages sont atteints par le *tukra* et l'incidence est plus sévère pendant les mois les plus chauds que pendant les mois plus froids. L'incidence de la cochenille est plus élevée en été (34,93 %) et on enregistre une incidence moins importante en hiver (9,45 %), avec une incidence moyenne de 22,15 % (Sathya Prasad et Manjunath, 1992).

L'infestation par la cochenille est sévère pendant le mois d'août (Ali, 1995). On a enregistré l'incidence la plus élevée de la cochenille de juin à septembre et la plus faible de novembre à janvier (Manjunatha et Shree, 1997). La cochenille rose provoque des dégâts pour la culture du mûrier pendant toute l'année, qui sont compris entre 0,79 et 11,69 % et on constate que la sévérité est maximum pendant la période de juillet à août (Benjamin et coll., 1997). Subrata Biswas et coll., (2001) ont enregistré une incidence sévère de la cochenille pendant l'été, qui est comprise de 7,72 à 35,30 %. On remarque l'incidence maximum du *tukra* de 17,7 % pendant les mois d'été (Tomy Philip et coll., 2002).

Dhahira Beevi (1989) a observé jusqu'à 19,5 % d'incidence du *tukra* dans la zone de Madurai du Tamil Nadu. L'étude réalisée en 1991-92 dans les zones de culture du mûrier du Tamil Nadu indique une incidence sévère dans la zone d'Erode (63,12 %) et moins importante dans les zones de Dharmapari (12,06 %) et de Thanjavur (Baskaran et coll., 1992). Muralikumaran et Baskaran (1992) ont enregistré une incidence sévère du *tukra* dans les différentes parties du Tamil Nadu, comprise entre 2,7 et 50 % et le pourcentage de la maladie est compris entre 0,97 à 24,84 %. Sathya Prasad et Manjunath (1992) ont rapporté une infestation sévère par la cochenille de 20,80 %.

Kumar et coll., (1992) et Pradip Kumar et coll., (1994) ont enregistré trois à six tonnes de pertes de rendement foliaire par ha par année. Palanidurai (1996) a enregistré une diminution importante du rendement foliaire de 16,2 % et du nombre de feuilles / plant de 13,6 % dans les plantations de mûrier atteintes par le *tukra*. Sathya Prasad et coll., (2000) ont rapporté que l'incidence de la cochenille provoque une perte de rendement foliaire estimée à 4500 kg / ha / année, ce qui prive donc le fermier de la levée d'environ 450 pontes saines / ha / an et entraîne une baisse de la production de cocons de 150 kg / ha / an. Selon Manunath et coll., (2000), la perte due à *M. hirsutus* en matière de récolte de cocons est d'environ 10 à 15 %. L'incidence moyenne et la perte de rendement foliaire dans les zones séricicoles du sud sont estimées à respectivement 34,24 % et à 4500 kg / ha / année (Manjunath et coll., 2003). Nighat Mehmood (2004) a rapporté qu'une infestation sévère par la cochenille entraîne 30 à 40 % de perte de rendement foliaire chez le mûrier.

Nature des dégâts :

La cochenille est l'un des parasites les plus sérieux du mûrier, qui provoque à la fois des dégâts qualitatifs et quantitatifs. Kumar et coll., (1992) ont rapporté qu'il y a une perte de la qualité et de la quantité des feuilles chez les plants affectés par le *tukra*. Misra (1919) a observé la maladie du *tukra* à Pusa, dans le Bihar, et dans les villages avoisinants de la zone de Murshidabad dans l'ouest du Bengale. Les éléments atteints sont dépourvus de feuilles vertes succulentes et ont des pousses dures, compactes et malformées aux feuilles vert cuivré ou jaune pâle. Les extrémités des feuilles apicales deviennent déformées et si cassantes, qu'il est presque impossible d'examiner les feuilles atteintes sans les casser. Avec l'apparition de pousses malformées, les feuilles latérales les plus basses se détachent, ce qui entraîne la chute prématurée des feuilles. En cas d'attaque sévère, il reste seulement les tiges nues des plants dans les champs.

Les feuilles infestées par le *tukra* sont très friables, ont une épaisseur inégale, une surface rugueuse et un revêtement épais avec des appendices épidermiques. La jeune tige atteinte présente une forme irrégulière, avec un épiderme à plusieurs couches, une écorce parenchymateuse et un nombre moins important de groupes de vaisseaux. Les altérations morphologiques et structurales des feuilles et de la tige sont assez marquées, pour gêner leurs fonctions normales (Babu et coll., 2004).

Les nymphes et les adultes entraînent tous les deux des dégâts pour la culture du mûrier, en absorbant la sève des jeunes feuilles et des bourgeons, ce qui entraîne l'enroulement vers le bas et le froissement du feuillage (Nighat Mehmood, 2004). La cochenille est attirée par les parties tendres de la plante parce qu'elles sont succulentes et elle absorbe la sève en libérant simultanément des toxines, qui restreignent la croissance apicale, tout en affectant la biomasse ultérieure de la plante (Lavanya Latha et coll., 2004).

Les feuilles apicales des plants de mûrier, dont les parties tendres sont affectées, deviennent recourbées, froissées et chiffonnées, ce qui stoppe en fait la croissance du plant en supprimant l'allongement de la tige (Sriharan et coll., 1979). Les feuilles des plants atteints se recourbent au point de croissance et les plants rapetissent en raison de l'arrêt de la croissance (Ullal et Narasimhanna, 1981). La zone de croissance devient épaisse et de couleur foncée et devient inappropriée à l'alimentation (Philip, 1986 ; Handique et Baruah, 2000).

Le plant affecté par le *tukra* présente une malformation de la pousse apicale à cause de l'aplatissement et de l'épaississement de la partie affectée, de la diminution de la distance internodale, du froissement et de l'enroulement des feuilles apicales. La partie affectée des plantes devient vert foncé et jaune pâle en cas d'attaque sévère (Anonyme, 2000).

L'absorption de la sève à la fois par les nymphes et les adultes de *M. hirsutus* entraîne des changements radicaux de l'anatomie. Cela comprend l'hypertrophie des cellules, en particulier des cellules du cortex et de la moelle dans la direction radiaire, avec la formation de cellules géantes dans la couche interne du vaisseau cortical. L'infestation se produit dans les nœuds de la zone apicale succulente. L'apparition de la couleur verte soutenue et du gonflement se produit au bout de 4 à 5 jours après l'infestation (Dutt et coll., 1951).

Biologie de la cochenille rose :

La cochenille rose donne dix générations par an. Le parasite s'avère être actif même pendant les mois d'hiver sans aucune hibernation (Fletcher, 1919). Misra (1919) a étudié la biologie de la cochenille chez le mûrier et constaté que le parasite achève son cycle de vie en 24 à 29 jours. Les cycles de vie rallongent avec l'apparition de la saison froide. La fécondité est de 232 et la période d'incubation des œufs est de 5 à 8 jours. Plusieurs chercheurs ont étudié le cycle de vie de la cochenille sur *Hibiscus* (Hall, 1921 ; Dutt et coll., 1951), sur mesta (Singh et Ghosh, 1970), sur la vigne (Srinivasan, 1978 ; Mani 1986 ; Manjunath, 1985), sur le potiron (Mani, 1986) et sur le mûrier (Dhahira Beevi, 1989 ; Ganesan, 1994).

La cochenille pond ses œufs dans un ovisac terminal cotonneux et mou. Les œufs venant d'être pondus sont oranges, lisses et ovales avec des extrémités légèrement rétrécies et sont assez rapprochés les uns des autres dans l'ovisac blanc. Les œufs deviennent roses avant l'éclosion (Ganesan, 1994). La femelle adulte dépose 386 à 540 œufs et la durée de développement de l'œuf est de 5,15 jours (Mani, 1986).

La durée d'incubation de *M. hirsutus* dure 7 jours (Dutt et coll., 1951), 4 à 7 jours (Mani, 1986) et 6 à 7 jours (Singh et Ghosh, 1970). La cochenille mâle présente quatre âges nymphaux, tandis que la femelle a trois stades nymphaux qui durent 22 jours (Singh et Ghosh, 1970) et 11 jours (Ghose, 1972). Le sex-ratio est de 1 : 1 (Ghose, 1972) à 1 : 5 (Hall, 1921).

La durée de vie totale est de 34,4 ; 40,8 et 32,5 jours pour la femelle et de 27,2 ; 25,3 et 35 jours pour le mâle sur respectivement la citrouille rouge, le bhendi et l'*Hibiscus* (Srinivasan, 1978). Selon Mani, (1986) la durée de développement totale pour le mâle et la femelle est de respectivement 24,85 et 26,31 jours. Dhahira Bheevi (1989) a rapporté que la durée de vie totale est de 30,6 jours pour la femelle et de 22,7 jours pour le mâle sur du mûrier. La cochenille termine son cycle de vie en environ 25 jours (Manjunath et coll., 1992).

Transmission du *tukra* :

On sait que la cochenille est le vecteur de plusieurs maladies virales. Au cours des années, la maladie du *tukra* a été au centre d'une controverse pour savoir si le *tukra* est une expression phytotoxémique ou un symptôme mycoplasmique après la transmission de l'insecte. On a soupçonné *M. hirsutus* d'être un vecteur de virus, responsable de la déformation des feuilles et de l'arrêt de la croissance des plantes (Delotto, 1964).

Par le passé, des chercheurs ont émis l'opinion que le *tukra* était un phénomène dépendant d'un vecteur (Rangaswami et coll., 1976 ; Ullal et Narasimhana, 1981 ; Muniappan et Veeresh, 1986 ; Babu et coll., 1994). Les résultats ci-dessus n'étaient pas basés sur des études du vecteur du virus. Govindaiah et Bhakuni (1988) ont émis des doutes sur la transmission virale. Dhahira Beevi (1989) et Muralikumaran et Bhaskaran (1992) ont réalisé des études détaillées sur l'expression du symptôme du *tukra*, en sélectionnant et en plantant des boutures affectées par le *tukra* et en réalisant des études de transmission par la greffe au latex et d'injection de sève. Aucune de ces méthodes n'a pu reproduire les symptômes. A l'inverse, le symptôme phytotoxémique clair s'exprime en 15 jours, après l'introduction de la cochenille sur un plant sain (Sriharan et coll., 1979 ; Dhahira Beevi, 1989). Les études de Datta (1993) et de Manjunath et coll., (1996) ont d'avantage confirmé cela et ont exclu l'implication d'un virus et le *tukra* est donc maintenant considéré comme la manifestation d'une attaque par la cochenille.

Changements biochimiques chez les feuilles atteintes par le *tukra* :

Il existe des rapports témoignant d'une variation significative des constituants biochimiques chez les feuilles affectées par le *tukra* par rapport aux feuilles saines. Les changements varient aussi en fonction des variétés et de la position des feuilles sur le plant de mûrier. On observe une diminution marquée des niveaux de protéines dans les feuilles de mûrier atteintes par le *tukra* par comparaison

aux feuilles saines (Ishizaka, 1971), tandis que la teneur en chlorophylle totale est la même chez les feuilles saines et affectées par le *tukra* de la variété K2 (Thangamani et Vivekanandan, 1983). La qualité de la feuille se détériore à cause du *tukra*, et elle devient donc inappropriée à l'élevage du ver à soie (Sastri, 1984). Thangamani (1985) a analysé les constituants biochimiques des feuilles de mûrier saines et affectées par le *tukra* de la variété M5 et n'a pas trouvé de différences significatives dans les teneurs en chlorophylle a, chlorophylle b et en chlorophylle totale.

Shree et coll., (1989) ont rapporté des changements biochimiques dus au *tukra* chez les variétés de mûrier, Kajli et K2. Les résultats montrent que chez Kajli, il y a une baisse de la teneur en chlorophylle et en protéines de respectivement 4 % et 10 %, tandis qu'il y a une augmentation des sucres solubles totaux et de l'amidon de respectivement 35 et 36 % chez les feuilles malades du *tukra* par comparaison aux feuilles saines. Chez K2, il y a une augmentation de la chlorophylle totale, des protéines solubles totales, des sucres solubles totaux et de l'amidon de respectivement 18, 40, 25 et 27 % chez les feuilles affectées par le *tukra* par comparaison aux feuilles saines. Shree et Umesh Kumar (1989) ont rapporté des changements biochimiques chez les plants de mûrier exotiques affectés par le *tukra*, c'est-à-dire *Morus australis*, *M. cathayana*, *M. macroura* et *M. nigra* par rapport à la chlorophylle totale, aux protéines, aux sucres, aux phénols et à l'amidon.

La teneur en protéines est élevée chez les feuilles atteintes par le *tukra* des variétés Berhampore, S30, S36, Kosen, Okinawa-2 et Philippine et faible chez les variétés *M. multicaulis*, Tsukasaguwa et Italian. La teneur en sucres est élevée chez les variétés Berhampore, Okinawa-3 et Philippine tandis qu'elle est faible chez S30, S36, S41 et Kosen. La teneur phénolique est élevée chez les variétés Kosen, Philippine et Italian et faible chez toutes les autres variétés. La chlorophylle totale est élevée chez Berhampore, S36, Okinawa-2 (Umesh Kumar et coll., 1990).

Ramansureshbabu et coll., (1994) ont observé une variation significative des constituants biochimiques des feuilles à la fois malades et saines. On constate une variation significative de la teneur en humidité de feuilles atteintes par le *tukra* chez toutes les variétés testées sauf chez S13. Toutes les variétés testées présentent une augmentation frappante des pigments du chloroplaste chez la feuille malade. On n'observe pas de changement significatif de la teneur en sucres entre les deux, mais la teneur en amidon diminue radicalement chez les feuilles malades de S13, M5, I-Chinoise, Gosoerami, Kosen, BC2 et TR4.

Palanidurai (1996) a rapporté que les protéines totales et les phénols totaux s'avèrent plus élevés (77,4 mg / g et 33,7 mg / g) chez les feuilles atteintes par le *tukra* que chez les feuilles saines (68,33 mg / g et 32,46 mg / g), tandis que l'amidon total, les sucres totaux, les sucres réducteurs totaux et les sucres non réducteurs totaux s'avèrent plus faibles (4,48 %, 19,23 mg / g, 17,23 mg / g et 2 mg / g) chez les feuilles atteintes par le *tukra* par comparaison aux feuilles saines (4,76 % ; 20,46 mg / g ; 18,03 mg / g et 2,43 mg / g). Les acides aminés libres totaux sont élevés chez toutes les variétés et on observe une teneur phénolique plus élevée chez les feuilles atteintes par le *tukra* chez toutes les variétés sauf chez MR2 et TR4.

Les constituants biochimiques des feuilles infestées par la cochenille comme les protéines solubles (143,5 mg / g) et les acides aminés (103,5 m mole / g) sont plus élevés par comparaison aux feuilles saines (11,5 mg / g et 29,25 m mole / mg). Les sucres solubles totaux (48,7 mg / g) et les sucres réducteurs (22,2 mg / g) sont élevés chez les feuilles infestées par la cochenille (5 mg / g et 1,6 mg / g) par comparaison aux feuilles saines. Il n'y a pas de changement significatif de la teneur en phénol chez les feuilles infestées par la cochenille. Chez les feuilles infestées par la cochenille, les micronutriments comme le fer ne présentent pas d'augmentation significative, mais les teneurs en zinc (42,6 ppm) et en manganèse (40,5 ppm) sont significativement élevées (Vamseedhar et coll., 1999).

Réaction variétale du mûrier à la cochenille rose :

La méthode la plus sûre pour contenir la menace du parasite est l'utilisation de variétés résistantes ou tolérantes. Bien que l'identification de génotypes de mûrier adaptés, avec une résistance à la

cochenille soit plus sûre sur le plan écologique et mette en valeur la permanence de la gestion du tukra, c'est un processus à long terme. Il faut une documentation appropriée sur la disponibilité en géotypes résistant au tukra chez *Morus indica*, *M. alba*, *M. latifolia* et *M. serrata* au niveau du terrain. Plusieurs chercheurs ont classifié la réaction différentielle des géotypes de mûrier contre la cochenille rose. Shree et Boraiah (1988) ont classifié les variétés de mûrier dans les catégories résistantes, modérément résistantes, sensibles et très sensibles en fonction du pourcentage d'infestation par le tukra.

L'évaluation des variétés de mûrier contre *M. hirsutus* révèle que la variété C4 s'avère modérément résistante et les variétés C1, C7, C11, C12, C14, C17, Rosa, Kosen et MR2 sont sensibles tandis que les variétés C5, C6, C15, C16, G5, S34 et K2 sont très sensibles (Ganesan, 1994) (Tableau I). Un anonyme (2000) a rapporté que la cochenille infeste toutes les variétés commerciales, c'est-à-dire M5, Vishwa, Local, MR2, V1, S36 S54 etc. et provoque des préjudices sur le plan économique.

Sathya Prasad et coll., (2000) ont évalué les variétés de mûrier courantes, S36, S34, S13, K2 et V1 par rapport à leur tolérance au tukra et constaté des symptômes perceptibles du tukra le 16^{ème} jour après l'inoculation de femelles gestantes de la cochenille, quelle que soit la variété de mûrier. La propagation des symptômes du tukra est moins importante chez V1 (44,30 %), suivie par K2 (66,82 %) et on observe l'incidence maximum chez S36 (87,80 %) et S34 (87,30 %). Le nombre de *M. hirsutus* 30 jours après l'inoculation est maximum chez V1 (151,00), suivie par S13 (74,60), K2 (73,00), S34 (53,00) et local (19,40).

Tomy Philip et coll., (2002) ont rapporté que S36 s'avère plus sensible à l'attaque par la cochenille. On a testé la variété de mûrier à rendement élevé V1 par rapport à sa réaction à la cochenille sur le terrain et il s'avère que cette variété est de nature très sensible au tukra (Muthulakshmi et coll., 2003).

Bien qu'on remarque une réaction différentielle parmi les géotypes de mûrier contre le tukra, la mise au point de variétés résistantes ou tolérantes par un programme de lignage a une portée limitée, en raison de la longue période nécessaire à la mise au point d'une variété résistante ou tolérante.

Effet des feuilles affectées par le tukra sur le ver à soie :

Les opinions des chercheurs divergent sur l'état nutritionnel des feuilles atteintes par le tukra et, à leur tour, sur leurs effets sur le rendement en cocons et donc sur le rendement en soie. Les feuilles apicales contiennent très peu de matière succulente et présentent une mauvaise constitution nutritionnelle (Misra, 1919). Les feuilles malades n'ont pas d'effet néfaste sur le ver à soie et le rendement en cocons (Thangamani et Vivekanandan, 1983). Le feuillage infesté froissé et déformé est inapproprié à l'élevage des vers à soie. Même si l'on ne mélange que quelques unes de ces feuilles à des feuilles saines et qu'on les donne aux vers à soie, leur croissance est retardée et le poids de leur cocon diminue (Dhahira Beevi, 1989).

Shree et Umesh Kumar (1989) ont rapporté que le tukra est connu pour affecter la qualité de la feuille et la production de cocons, tandis que Nagaraja et Somasundaram (1990) ont rapporté une amélioration du rendement en cocons chez le ver à soie *B. mori*, quand on le nourrit avec des feuilles de mûrier atteintes par le tukra. L'alimentation du ver à soie avec des feuilles atteintes par le tukra entraîne un déclin très significatif des caractères économiques, comme le taux effectif d'élevage, le poids larvaire, le poids du cocon, le poids de la coque et la richesse soyeuse, par comparaison aux feuilles saines (Pradip Kumar et coll., 1989).

L'alimentation avec des feuilles atteintes par le tukra n'interfère pas avec l'élevage du ver à soie et le rendement en cocons (Ramansureshbabu et coll., 1994). Les feuilles de mûrier atteintes par le tukra sont utiles dans l'élevage du ver à soie plutôt que de les jeter (Muthegowda et coll., 1999). Ravindra Singh et coll., (2002) ont rapporté une augmentation marginale du poids larvaire de 2,95 g à 3,23 g et une diminution de la durée larvaire totale du ver à soie de 23 jours et 20 heures à 23 jours, quand on nourrit les larves avec des feuilles atteintes par le tukra.

STRATEGIES DE LUTTE

Méthode chimique :

Le nettoyage des pousses de mûrier avec une solution insecticide tue la cochenille (Davidson et Peairs, 1966) mais la population augmente rapidement à nouveau (Manjunath, 1985). La vaporisation de méthyl-o-demeton à 0,05 % et l'application de carbuforon à raison de 7 kg/ha diminue l'incidence du *tukra* (Ullal et Narasimhanna, 1981).

Plusieurs chercheurs ont évalué des insecticides synthétiques moins toxiques contre *M. hirsutus* et parmi eux, le dichlorvos s'avère toxique pour le parasite, mais sans risque pour les vers à soie (Dhahira Beevi, 1991 ; Datta, 1993 ; Ram Kishore et coll., 1995). Palanidurai (1996) a rapporté que le dichlorvos s'avère efficace, avec le pourcentage de mortalité de cochenilles le plus élevé, suivi par le malathion (74,2 %) et le FORS (62 %).

On peut avoir recours à la vaporisation de dichlorvos à 0,15 % dans une solution savonneuse à 0,5 % sur des plants taillés ou dont on a ramassé les feuilles, deux fois à un intervalle de 10 jours et en laissant une période d'attente de 15 jours avant d'utiliser les feuilles comme nourriture pour le ver à soie (Anonyme, 2000). Jayaraj (2006) a constaté que l'application de 0,15 % de dichlorvos est très efficace pour lutter contre la cochenille rose chez le mûrier avec une période d'attente sans risque de 15 jours après la vaporisation.

Ganesan (1994) a rapporté que le monochrotophos fait radicalement baisser la capacité d'éclosion de la cochenille à 6,05 %, par rapport à 40,33 % chez le témoin non traité. On a aussi rapporté l'efficacité d'autres composés synthétiques comme le méthyle de parathion (Jolly, 1987 ; Munivenkattappa et coll., 1989) et le 2,6-diméthyl-1, le 5-heptadien-acétate (Bichina et coll., 1982).

Bien que la lutte chimique dans le cadre d'une gestion efficace de la maladie du *tukra* soit très courante et largement acceptée, les produits chimiques doivent être appliqués au moment approprié et à la concentration exacte. De plus, il faut aussi respecter une période d'attente appropriée avant d'utiliser les feuilles pour nourrir le ver à soie.

Méthodes botaniques et culturales :

La dépendance excessive envers les produits chimiques pour contenir les parasites a entraîné une éco-déstabilisation. L'utilisation de pesticides non biologiques est non seulement coûteuse mais entraîne la résistance, la réapparition du parasite et de la pollution atmosphérique. Récemment, la prise de conscience globale par rapport aux problèmes de toxicité des pesticides a encouragé les scientifiques à mettre au point des mesures pour protéger l'environnement avec l'utilisation de produits à base de plantes. Le concept de lutte botanique gagne donc du terrain.

Babu et coll., (1994) ont suggéré des mesures de lutte contre la maladie du *tukra* par la vaporisation foliaire de solutions aqueuses, préparées à partir de plants de margousier et de pongamia. Verghese et Tandon (1987) ont observé que l'huile de pongamia (2 %) est très efficace pour tuer les insectes *M. hirsutus*. Manjunath et coll., (1992) ont rapporté que l'huile de margousier s'avère efficace avec le pourcentage maximum de mortalité de la cochenille (48,2 %), suivi par l'extrait (de noyau) de graine de margousier (45 %) et l'huile de pungam (9,8 %). L'extrait de noyau de margousier et de produits à base de margousier, comme le Rakshak et l'Amurthaguard (0,5 %) présentent une action ovicide moins importante (11,42 à 16,8 %) et entraînent une mortalité nymphale et adulte appréciable (respectivement de 95 à 98 % et 51,75 %) de *M. hirsutus*. La vaporisation du champ avec ces produits diminue la population de la cochenille le 5^{ème} jour, à moins de cinq cochenilles / plant, par rapport à 25 cochenilles / plant (Shekhar et Sathya Prasad, 1998).

Sathya Prasad et Dandin (2005) ont rapporté que l'application d'extrait d'*Annona squamosa* provoqué la mortalité aux stades de la nymphe, de l'adulte et de l'œuf de l'ordre de 96, 100 et 70 %, au bout de 48 heures de vaporisation, suivis par respectivement 73, 66 et 40 % avec *Annona vasica* et 53, 60 et 40 % avec *Eucalyptus globules*.

Samuthiravelu et coll., (2003) ont rapporté que l'infestation par la cochenille est minimisée par la diminution de l'application d'engrais azoté, mélangé avec du tourteau de margousier à raison de 60 kg / demi hectare (3 %), suivi par du tourteau de pungam (4 %), du tourteau d'illipé (4,4 %) et du tourteau de ricin (7,9 %), par comparaison à la lutte avec la dose recommandée d'engrais chimique (20,8 %). La vaporisation d'extrait de noyau de graine de margousier, d'extrait de noyau de graine de pongamia, d'huile de margousier et d'huile de pongamia supprime l'incidence du *tukra* à respectivement 3,85 ; 5,35 ; 9,57 et 11,64 %, par rapport à 30,92 % chez le témoin (Venugopal et coll., 2004).

Sidde Gowda et Vinod Kumar (1995) ont évalué les plantes hôtes courantes, c'est-à-dire *Abelmoschus esculentus*, *Hibiscus rosasinensis*, *M. alba* et *H. cannabinus* pour savoir si elles fonctionnent comme plantes pièges de *M. hirsutus* et ils ont rapporté une incidence du *tukra* significativement plus élevée sur *H. cannabinus* ($30,48 \pm 0,66$ %) par comparaison aux autres plantes hôtes.

Manjunath et coll., (2003) ont évalué quatre cultures, c'est-à-dire *Glyricidia sepium*, *A. esculentus*, *H. cannabinus* et *Crotons* sp. pour sélectionner une culture piège adaptée à la cochenille. Les résultats indiquent une différence significative de l'incidence du *tukra* chez le mûrier avec *H. cannabinus* ($4,28 \pm 2,01$ %), par comparaison à la culture de mûrier seule ($26,02 \pm 12,91$ %). La population de la cochenille est aussi significativement faible chez le mûrier avec une culture piège ($3,14 \pm 0,88$), par comparaison au mûrier sans culture piège ($11,44 \pm 2,93$). Cela indique que l'on pourrait utiliser *H. cannabinus* comme culture piège dans la gestion de la cochenille.

Kasi Reddy et coll., (2004) ont rapporté que la culture du maïs comme culture associée dans la plantation de mûrier double la population du prédateur, *Menochilus sexmaculata* (44 %), par comparaison au mûrier sans culture associée (21 %), ce qui supprime aussi la population de cochenilles de 84 %. Dans ce cas, l'incidence du *tukra* baisse à 3,90 % chez le mûrier en culture associée, par comparaison à 8,62 % chez le témoin.

Méthode biologique (Ennemis naturels) :

L'écosystème du mûrier est idéal pour avoir recours à la méthode de suppression biologique en raison de sa nature pérenne et des limites des méthodes chimiques pour lutter contre les parasites. De plus, la cochenille est « un parasite difficile à tuer » et l'utilisation d'insecticides très puissants chez une culture comme le mûrier est pratiquement impossible, car elle pourrait provoquer la mort des vers à soie (Dahira Beevi, 1991). Dans ce contexte, la lutte biologique joue un rôle significatif et indispensable pour gérer ce parasite fondamental.

La cochenille rose est affectée par plus de dix ennemis naturels (Mani, 1986). Parmi eux, les prédateurs coccinellidés sont les plus importants en raison de leur grande adaptabilité, de leur méthode d'élevage facile et de leur potentiel prédateur élevé. La lutte biologique classique a été introduite de France en utilisant la coccinelle australienne (coléoptère), *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, contre la cochenille rose (Hall, 1926) où c'est une pratique courante pour lutter contre *M. hirsutus*. De nombreux chercheurs ont présenté en détail la méthode de lutte biologique en utilisant *C. montrouzieri* contre la cochenille rose chez différentes cultures (Tirumala Rao et Leeladevi, 1958 ; Fisher, 1963 ; Liotta et Mineo, 1965 ; Bhat et coll., 1981 ; Satyanarayana Murthy, 1982 ; Dhahira Beevi, 1989).

Selon Ranga Reddy et Lakshmi Narayana (1986), la libération de *C. montrouzieri* à raison de 1000 / ha s'avère efficace pour lutter contre la cochenille. Babu (1986) a aussi confirmé le succès de la lutte contre *M. hirsutus* avec *C. montrouzieri* dans l'Andhra Pradesh.

Srinivasan et Sundarababu (1989) ont rapporté le potentiel prédateur maximum de *C. montrouzieri* contre *M. hirsutus*, six semaines après sa libération initiale, avec un pourcentage de lutte de 64,3 % contre la population de parasites. Chaque larve de *C. montrouzieri* au 1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} âge consomme respectivement 34, 54, 183 et 610 œufs ou 4, 11, 79 et 163 nymphes ou 2, 3, 8 et 15 femelles adultes de *M. hirsutus* (Manjunath et coll., 1992). Samuthiravelu et coll., (2003) ont

observé que la libération de l'agent biologique *C. montrouzieri*, à raison de 250 adultes ou de 500 larves, s'avère donner des résultats prometteurs pour diminuer radicalement la population de cochenilles chez le mûrier.

Rajadurai (2005) a suggéré la libération de 10 à 12 coléoptères *C. montrouzieri* / m² trois à quatre fois, à deux ou trois semaines d'intervalle, comme mesure pour lutter contre l'infestation par la cochenille ou la libération de 250 adultes, en deux lots de 125, une fois en janvier-février et une en septembre – octobre, comme composant de la stratégie de lutte intégrée. Jayaraj (2006) a rapporté que la libération de 250 adultes de la coccinelle en deux fois en une année, en octobre – novembre et en janvier – février, assure une diminution importante de l'incidence du *tukra* en réduisant la population de cochenilles sur la culture du mûrier.

Les larves de *Scymnus coccivora* Ayyar, un prédateur coccinellid indigène s'avèrent se nourrir sur différentes espèces de cochenilles (Ayyar, 1929 ; Puttarudraiah et Channabasavanna, 1953). Plusieurs ennemis naturels indigènes s'avèrent réguler la population de cochenilles en Inde et parmi eux, *S. coccivora* s'avère abondant dans l'écosystème du mûrier (Siddappaji et coll., 1984). On considère *Scymnus* comme un prédateur important de la cochenille rose dans le sud de l'Inde, et son rôle bien connu est de réguler la population de cochenilles roses (Mani, 1986). Mani et Thontadarya (1987) ont aussi rapporté que la larve de *S. coccivora* consomme 307,7 œufs ou 62,2 nymphes ou 6,55 adultes de *M. hirsutus*.

On observe *S. coccivora* pendant toute la période dans l'écosystème du mûrier avec la population maximum en novembre. Un prédateur consomme en tout 341,57 œufs, 70,85 nymphes et 10,38 femelles au cours de sa vie. La libération sur le terrain de *S. coccivora* à raison de 8 coléoptères / m² supprime la population de cochenilles (Palanidurai, 1996).

Stratégies de lutte intégrée :

Les mesures de lutte contre le parasite basées sur un composant unique, ne sont pas très efficaces et l'utilisation d'un produit chimique peut ne pas atteindre le parasite à cause de sa couche protectrice et de sa manière de vivre caché dans les bourgeons apicaux. On doit donc chercher à lutter contre la cochenille dans l'écosystème du mûrier, en intégrant différents composants de lutte contre les parasites.

Datta (1993) a suggéré différents types de luttes mécaniques, qui incluent de couper les feuilles affectées, de s'en débarrasser en les brûlant et de retirer les feuilles restantes, après chaque récolte de cocons. Manjunath et Katiyar (1995) ont formulé un système de lutte intégrée contre le *tukra*, qui consiste à couper et à détruire les plants affectés par le *tukra*, en vaporisant du DDVP à 0,02 % avec une solution savonneuse (0,5 %) et en libérant *C. montrouzieri*, à raison de 250 adultes par demi-hectare. Le pourcentage de diminution de l'incidence du *tukra* est compris entre 73,21 et 88,81 %, tandis que l'augmentation du rendement foliaire est comprise entre 3416,68 ± 310,16 et 4750 ± 243,88 kg / ha / an.

On peut couper les pousses apicales affectées de *M. hirsutus* et les détruire en les brûlant ou en les enterrant. La vaporisation de DDVP à 0,2 % sur les plants taillés deux fois, à un intervalle de 10 jours, en respectant une période de sécurité de 17 jours après l'application. La libération du prédateur coccinellid, *C. montrouzieri*, à raison de 300 adultes / demi-hectare de muraille infestée par la cochenille, contribue à détruire cette espèce de parasite (Reddy et Narayanaswamy, 1999).

On a enregistré une suppression de l'incidence du *tukra* de 48,94 à 80 % dans les états du sud de l'Inde après l'adoption d'une approche de lutte intégrée contre la cochenille (Jayaraj, 2006). Le retrait des parties affectées et la destruction des cochenilles, soit en les brûlant ou en les trempant dans du DDVP à 0,5 % en solution savonneuse à 0,5 %, après avoir taillé ou récolté les feuilles s'avère efficace pour diminuer la population de cochenilles chez le mûrier (Tomy Philip et coll., 2002).

Une irrigation limitée une fois tous les 10 jours et 25 % d'engrais azoté en moins, appliqué en deux doses séparées, diminuent l'incidence du *tukra* à 1,60 %, par rapport à 8,5 % chez le témoin, avec la dose recommandée d'engrais (Lavanya Latha et coll., 2004).

Analyse des stratégies de lutte contre le *tukra* :

Parmi les diverses stratégies de gestion du parasite employées, la méthode chimique joue un rôle important et indispensable pour contenir la menace de la cochenille, surtout quand la population atteint un stade alarmant. Bien que les mesures chimiques puissent apporter un soulagement rapide au problème du parasite, on ne peut pas avoir recours à ces stratégies sur le parasite lors de l'élevage, à cause des conséquences néfastes du pesticide pour le ver à soie. L'application de pesticide chez le mûrier peut aussi être décourageante à cause du manque de spécificité et elle peut représenter un grand danger pour les prédateurs de la cochenille. Quand l'utilisation de produits chimiques devient inévitable, il faut mettre l'accent sur le choix de pesticides légers à faible persistance.

Le contrôle périodique de la cochenille est très important pour permettre un programme de lutte contre le parasite en fonction des besoins. Pour supprimer la menace potentielle que représente l'utilisation de pesticides chimiques dans le système de culture du mûrier, à l'heure actuelle on cherche à employer des méthodes non chimiques, non nuisibles à l'environnement. Bien que l'adoption de méthodes non chimiques prenne du temps, soit laborieuse et que leur action soit lente, elles peuvent alléger les problèmes fâcheux qu'entraînent les méthodes chimiques.

Dans ce contexte, on conseille d'encourager l'utilisation d'agents de lutte biologique et de produits à base de plantes. Lorsqu'on souhaite utiliser des agents de lutte biologique pour la suppression des parasites, il faut planifier la production en masse d'agents de lutte biologique en fonction du calendrier de libération, de la capacité de survie et du potentiel prédateur des agents de lutte biologique et de la disponibilité en hôtes alternés, etc. Il faudrait aussi faire des efforts pour conserver et augmenter les prédateurs indigènes.

On peut aussi avoir recours à des produits à base de plantes, comme choix idéal dans les programmes de lutte contre les parasites, sans mettre en danger la survie des organismes non ciblés, puisqu'ils sont sûrs sur le plan écologique et subissent une biodégradation rapide. Ils sont aussi compatibles avec les agents de lutte biologique ; l'efficacité combinée de ces agents permettrait de grandement améliorer les méthodes de lutte contre le *tukra*.

Bien qu'on ait recommandé dans les techniques de lutte contre le *tukra*, l'utilisation d'agents de lutte biologique et de substances botaniques, elles sont devenues presque obsolètes, dans la culture du mûrier, puisque leur adoption n'a pas encore atteint le niveau désiré. Il existe quelques raisons majeures à ce manque de prise de conscience et de connaissance de leur efficacité chez les fermiers, qui est associé à leur stockage à long terme et à leur action lente, qui contrastent fortement avec les pesticides chimiques.

Suggestions pour une lutte efficace contre le *tukra* :

⇒ Simplifier les méthodes de lutte qui existent contre les parasites, pour faciliter leur adoption et leur rentabilité au niveau des fermiers.

⇒ Eduquer les fermiers sur l'importance des agents de lutte biologique, des substances botaniques et des autres programmes de lutte contre les parasites, non nuisibles à l'environnement, et sur leurs bénéfices à long terme.

⇒ Installer des unités de production de masse d'agents de lutte biologiques, dans des endroits accessibles aux fermiers séricicoles.

⇒ Adopter des mécanismes de conservation des ennemis naturels, dans l'écosystème du mûrier.

Situation actuelle du *tukra* :

La présence à grande échelle de la maladie du *tukra* dans les zones de culture du mûrier nous a obligé à entreprendre une reconnaissance sur l'incidence du parasite. Une étude approfondie impliquant les chercheurs de l'Université Agricole du Tamil Nadu à Coimbatore et le personnel de vulgarisation du Département d'Etat de la Sériciculture a été entreprise en 2005-06. L'échantillonnage positif des champs affectés par le *tukra* témoigne des informations suivantes, dans le cadre de la coordination d'un futur programme de recherche :

- ◆ Le *tukra* est présent toute l'année. Cependant, l'incidence est sévère et moins importante pendant la saison des pluies.
- ◆ La gestion des nutriments, surtout l'application d'azote, influence la population de parasites.
- ◆ La présence de cultures comme le coton, le goyavier, le tek, l'hibiscus et la vigne, dans les environs, augmente la population de parasites sur le mûrier.
- ◆ La lutte intégrée permet de générer des profits plus élevés qu'en ne comptant que sur un composant unique dans la lutte contre les parasites.

Futures stratégies de recherche :

- ⇒ Estimer la perte de rendement réelle due à la cochenille, en termes de feuilles et de cocons, par une étude systématique dans toutes les principales zones de culture du mûrier.
- ⇒ Mettre au point un système de prévision, pour aider les fermiers à prendre des mesures de précaution contre les vagues de parasites.
- ⇒ Réaction des différents génotypes de mûrier aux dégâts provoqués par la cochenille rose et rassemblement de documentation sur leurs mécanismes de résistance.
- ⇒ Entreprendre un programme d'évaluation des variétés de mûrier à rendement élevé dans les zones endémiques dans différentes zones géographiques pour identifier les variétés résistantes / tolérantes.
- ⇒ Explorer le rôle des substances botaniques pour mettre au point des méthodes de lutte contre le parasite bon marché et non nuisibles à l'environnement.
- ⇒ Identifier une molécule efficace d'insecticide nouvelle, pour contenir le parasite.
- ⇒ Réorganisation d'un système de lutte rentable.
- ⇒ Stabilité de l'habitat de *Cryptolaemus* dans l'écosystème du mûrier dans les champs environnants ou dans l'écosystème horticole.
- ⇒ Identifier les ennemis naturels indigènes spécifiques à la cochenille rose et standardisation de la technique de culture de masse à ajouter à d'autres composantes de la lutte intégrée contre le parasite.
- ⇒ Impact des opérations culturales, comme la taille, sur la colonisation par les ennemis naturels et méthodes pour les conserver.

SUPPLY RESPONSE TO MULBERRY SILK COCOON PRICE – A CASE STUDY

P. KUMARESAN, R. G. GEETHA DEVI & S. B. DANDIN

Central Sericultural Research and Training Institute, Srirampura, Mysore – 570 008, India.

The prime objective of this paper is to analyze the short term and long term supply response of sericulture farmers to prices and the related variables. The area response and yield response models fitted for the study had expected sign with respect to cocoon price, rainfall lagged by a year, development programmes and other variables. However, in the productivity model, the coefficient of cocoon price lagged by a year was not found to be significant implying that the cocoon yield did not respond to prices. In the area response model also, the elasticity of current cocoon price was found to be less indicating that the sericulturists did not respond significantly to cocoon price in terms of acreage. Various other techno-institutional and subjective factors might have influenced the decision making with respect to area expansion or contraction by the farmers. The study also revealed that the import of silk affected the area expansion implying the requirement of the Government measures to have judicious price policy linking cocoon and raw silk prices with the import silk prices and input prices.

Keywords: Area response, elasticity, supply response, yield response

INTRODUCTION

Silk spells luxury, elegance, class and comfort. Though silk is a high value textile and consumed more by higher strata of the society, its production is regarded as an important tool for economic development of a country because of highly employment oriented, low capital intensive and remunerative nature of the production that churns out value added products of economic importance. There are five major types of silk of commercial importance, obtained from different species of silkworms, which in turn feed on a number of forage crops. They are mulberry, tasar, oak tasar, eri and muga. Over 95 % commercial silk produced in the world comes from mulberry and often silk generally refers to mulberry silk.

India is the second largest producer of mulberry raw silk with the annual production of 16,525 t during 2006-07. However, the production is not commensurate with the demand for silk in India. Hence, it has imported 5567 t of raw silk during 2006-07 resulting as the largest importer of raw silk in the world. Continuous dependence on huge quantity of imported silk is detrimental to the development of the sericulture industry in the country in the long run.

The current concern in Indian sericulture industry is to raise the raw silk production in order to bridge the increasing demand and supply gap. Sericulture being an agricultural based rural industry, the rate of growth in sericulture depends on the way farmers respond to various programmes, as they are the final decision makers concerning the allocation of land and other resources. Pricing of farm products is one of the important instruments, which influences the farmers' decision regarding allocation of land and supply of farm produces. The studies conducted by Raj Krishna (1963), Dyal (1965), Dutt (1978), Azad (1981) and others indicated the farmers' response to the price changes. In the light of the demand and supply situation, an attempt was made to analyze the short term and long term supply response of sericulture farmers to prices and the related variables.

METHODOLOGY

Karnataka is the leading silk producer in the country with the annual silk production of 7883 t from 97647 Ha during 2006-07 accounting for 54.53 % of the total area and 47.70 % of the total silk production in the country. It has the comparative advantage in silk production over other states, because of existence of well-established research and extension network, institutional support and forward and backward linkages compared to its counterparts. Hence, Karnataka was purposively selected for the present study. The analysis was based on the data collected from various publications of Central Silk Board and Department of Sericulture, Government of Karnataka for the period between 1971-72 and 2000-01.

Supply response models:

Mulberry silk comes from the silkworm, *Bombyx mori* L., which solely feeds on the leaves of mulberry plant. As mulberry is a perennial crop, once planted it gives a continuous economic leaf yield for about 15 years. Perennial crops posed difficulties in model specification due to long gestation between planting and economic production and the changes in yield with age of plantation. Literature on crop supply response is concentrated on the supply of annuals and perennial crops received little attention till the sixties (Viju Ipe and Prabakaran 1988). However, a number of studies have been conducted in the recent years to verify the response of farmers to prices.

The first attempt was made to analyze the supply response of cocoa by Ady (1949). Later, Bateman (1968) and Olayemi and Oni (1972) developed supply response models for cocoa. Chan (1963), Olayide (1972), Uma Devi (1977) and Viju Ipe and Prabakaran (1988) formulated and estimated the supply response for natural rubber. Arak (1969), Maitha (1970) and Tylor (1974) studied the supply behaviour of coffee. The supply models were fitted for tea by Rajagopalan and Meenakshisundrum (1969), Chawdhary and Ram (1978), Sarkar (1972), Mishra (1985), Brah and Chiranjeevi (1991) and Hazarika (2000). As per the knowledge of the authors, supply response has not been studied so far for sericultural commodities.

Supply response of any commodity is a function of the product that will be produced at an expected price under given conditions of technology, price of competitive commodity, input price etc. As the cocoon produced by the farmers is not retained by them either for family consumption or for seed purposes, supply of mulberry cocoon is virtually the production. There are two dimensions of supply namely area and productivity. Hence, these two aspects were analyzed separately.

For the supply response function, area and productivity were considered as the dependent variables and related with lagged area, rainfall, time, cocoon price, quantum of imported silk and development programmes as independent variables. Since the data on new plantings, replantings and uprootings were not available separately and the gestation period of mulberry is just 6 months, the actual area under mulberry was considered as bearable mulberry area under economic leaf production. With regard to the price of green cocoon, the annual average price of cocoon in the Government Cocoon Market, Ramanagaram was considered in the study, as the Ramanagaram is the largest cocoon market in India.

1. Area response:

Generally, area rather than output is considered as dependent variable in supply response models to explain the behaviour of farmers, as area expansion and removal are under the control of farmers. It is assumed that the farmers in general have in mind a desired production and in the long run, they will adjust the actual area to attain the desired production. If the desired area is greater than the actual area under mulberry, they will undertake new plantings. On the other hand, if the desired area is less than or equal to the actual area, there will not be any new planting.

The major variable, which influences the expansion or reduction of area, would depend on the future returns of the crop. Hence, the price variable assumes importance. The farmers' expectation of price depends not only on current year, but also on previous years. Besides, the farmers cannot adjust instantaneously to the changes in price due to many constraints. Hence, the lagged prices were included in the supply response model.

As the price of imported silk is always less than the domestic silk, any changes in the import silk price would affect the Indian silk prices and thereby influence the cocoon prices. As the imported silk price and the cocoon prices have multicollinearity problem in the model, the proportion of the imported silk to the domestic silk was used as an independent variable in the supply response function. As rainfall also influences the mulberry yield thereby affecting the cocoon production, rainfall was included in the model. A trend variable was introduced in the function to take account of impact of technological and biological innovations introduced in sericulture in the recent past on acreage and productivity response. Similarly, a dummy variable was used to measure the impact of various development programmes introduced by the government for the development of sericulture industry on the supply response.

Thus the desired change in the area under mulberry in a year ($A_t^* - A_{t-1}$) may be specified as

$$A_t^* - A_{t-1} = f(P_t^e, IS_{t-1}, RF_{t-1}, DP_t, \mu) \quad \text{---(1)}$$

Where

A_t^*	=	Desired area under mulberry in year t
A_{t-1}	=	Actual area under mulberry in year t-1
P_t^e	=	Expected price of cocoon in year t
IS_{t-1}	=	Proportion of imported silk to the domestic production of silk in year t-1
RF_{t-1}	=	Annual rainfall during the year t-1
DP_t	=	Dummy variable to depict the effects of development programmes
μ	=	Random disturbance term

The desired plantings is an unobservable variable and will differ from the actual plantings due to resource restrictions. The relationship between actual and desired new plantings can be specified as

$$A_t = \alpha A_t^* + (1 - \alpha)A_{t-1} + e \quad \text{---(2)}$$

Where $0 \leq \alpha \leq 1$ is the coefficient of adjustment.

By combining equations (1) and (2), the area response model becomes

$$A_t = f(P_t^e, IS_{t-1}, DP_t, A_{t-1}, \mu) \quad \text{---(3)}$$

The expectations of farmers on price risk influence the area allocation for the crop production. The squared deviations of expected values from the actual values considered as price risk perceived by the farmers. Thus, the price risk was worked as follows:

$$\text{The price risk, } PR_t = (P_t^e - P_t)^2$$

The final area response models were estimated with risk models.

The area allocation decisions are based on the expected price rather than the historic price. As the expected price is an unobservable variable, it was derived from actual observations. The

expectations were derived by the three years moving average model, which assumes that the expectations for the current period are derived from all past actual observations in such a way that the recent past receives the maximum weight, while the distant past observation receives minimum weight. Thus, the expected value will be

$$P_t^e = \sum_{i=1}^3 \alpha_i P_{t-i}$$

Where

$$0 \leq \alpha_i \leq 1 \text{ and } \sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1$$

2. Yield response:

The model fitted to study the effect of cocoon yield on the supply of mulberry cocoon was as follows:

$$Y_t = f(P_{t-1}, RF_{t-1}, T, DP_t, \mu) \text{-----} \rightarrow (4)$$

Where

$Y_t =$	Cocoon productivity as Kg/acre/year in year t
$P_{t-1} =$	Price of cocoon as Rs./Kg in year t-1
$T =$	Trend (1,2,3...n)
$RF_{t-1} =$	Annual rainfall during the year t-1
$DP_t =$	Dummy variable to depict the effects of development programmes
$\mu =$	Random disturbance term

RESULTS AND DISCUSSION

As whatever quantity of cocoon produced by the farmers is marketed, supply of cocoon during any period is equal to production. The supply of cocoon is, therefore, the function of area and productivity. Hence, The supply response of farmers was analyzed separately in terms of area and productivity.

1. Yield response:

The cocoon yield was regressed with independent variables namely, lagged price, trend, rainfall lagged by one year and dummy variable representing developmental schemes implemented by government agencies. Ordinary Least Squares (OLS) estimates by the yield response function are as follows:

$$\ln Y_t = 4.4272 + 0.1497 \ln P_{t-1} + 0.2026^* \ln RF_{t-1} + 0.0399^{***} \ln T + 0.0020 DP_t$$

(0.8980) (0.1153) (0.1166) (0.0083) (0.0478)

$$R^2 = 0.8815$$

$$DW = 1.4963$$

Figures in parentheses indicate standard error

*** Significant at 1 per cent level

* Significant at 10 per cent level

The estimated equations showed a good fit as evidenced by the high value of the coefficient of multiple determination (R^2). All the variables considered had the expected signs for their coefficients. The high DW statistic showed that there was no evidence of autocorrelation and no significant loss of precision of estimates.

The yield elasticity with respect to lagged cocoon prices was found to be 0.04693. But the coefficient of the price on the productivity was found to be not significant. When the variable of lagged cocoon price was replaced with the current price, the results did not improve. Altson (1980) contended that the yield of perennial crops did not respond to price, as the farmers standardized the cultural practices.

The coefficient of rainfall was positive and significant at 10% level with 0.2026. The cocoon production is influenced by the quality and quantity of feed provided to silkworm. As the irrigation is one of the major inputs, which decides on the productivity and quality of mulberry leaf production, the rainfall significantly influenced the cocoon productivity. The coefficient of trend was positive and significant implying the significant contribution of technologies on the cocoon productivity. During the period considered for study, many high yielding mulberry varieties such as K2, S36 and V1, silkworm hybrid namely PM × NB4D2, PM × CSR2 and CSR2 × CSR4 and improved mulberry cultivation and silkworm rearing practices and crop protection technologies were evolved and popularized in the field. These technologies have contributed to yield improvement in cocoon production during the period considered for the study.

The coefficient of dummy variable for development programmes was positive but not significant. This indicates that the development programmes implemented during the study period did not contribute much to the improvement in the cocoon yield.

2. Area response:

Initially, the area response model was tried by considering expected cocoon price, rainfall lagged by one year, proportion of imported silk to the total quantity of silk produced in the country during the year, development programmes undertaken during the year and price risk as independent variables. The estimated equation is as follows:

$$\ln A_t = -0.1670 + 1.0190^{***} \ln A_{t-1} + 0.1110 \ln RF_{t-1} - 0.0105 \ln IS_{t-1} + 0.0499^* DP_t \\ (2.1030) \quad (0.1910) \quad (0.1280) \quad (0.0190) \quad (0.0280) \\ -0.1300 \ln P_t^e - 0.0092 \ln PR_t \\ (0.1200) \quad (0.0080)$$

$$R^2 = 0.9010$$

$$DW = 2.0720$$

Figures in parentheses indicate standard error

*** Significant at 1 per cent level

* Significant at 10 per cent level

The coefficient of multiple determination (R^2) and DW statistic were high. All the variables had expected sign except that of expected price of cocoon, which was desired to be positive. As the expected cocoon price was negative and non-significant, we replaced the variable expected cocoon price with the current cocoon price and run the model. The results obtained thereby are

$$\ln A_t = 0.3250 + 0.1630^* \ln P_t + 0.9730^{***} \ln A_{t-1} + 0.0551 \ln RF_{t-1} - 0.0050 \ln IP_{t-1} \\ (1.9970) (0.0830) \quad (0.1820) \quad (0.1240) \quad (0.0180) \\ + 0.0379 D - 0.0139^* \ln PR_t \\ (0.0270) \quad (0.0080)$$

$$R^2 = 0.9150$$

$$DW = 1.9940$$

Figures in parentheses indicate standard error

*** Significant at 1 per cent level

* Significant at 10 per cent level

In this model, all the variables had the expected signs for their coefficients. When the current cocoon price was introduced in the model in place of expected price, which was derived from historical prices, the R^2 value slightly improved. Interestingly, the coefficient of cocoon price turned out to be positive and significant. When the models tried with the lagged cocoon prices did not have improved R^2 . This indicates that the farmers might have increased the area under mulberry in response to the current prices but not to the lagged prices. Though mulberry is a perennial crop, the gestation period is just 6 months unlike other perennial crops. This could have helped the farmers to adjust to area and production in terms of current price rather than the lagged prices. This may also be due to continuous production nature of cocoons throughout the year and practice of sericulture as a traditional enterprise in the areas (in southern parts of Karnataka) where it is followed by majority of farmers. However, the elasticity with respect to the cocoon price was 0.052. The price risk elasticity was also estimated to be less with 0.0024. The less price and price risk elasticities indicated the very slow adjustment of acreage to the prices by the farmers. The results are in line with Hazarika (2000) for tea in Assam (India).

Notably, the import of silk showed a negative relationship with the acreage under mulberry, which was expected *a priori*. As in case of yield response function, the dummy for the development programmes implemented by governments turned out to be positive though not significant. Incidentally, the coefficient of rainfall was positive but not significant.

SUMMARY AND CONCLUSION

The area response and yield response models had expected sign with respect to cocoon price, rainfall lagged by a year, development programmes and other variables. However, in the productivity model, the coefficient of cocoon price lagged by a year was not found to be significant implying that the cocoon yield did not respond to price. The model revealed that the technological breakthroughs and rainfall only influenced the cocoon yield in Karnataka. In the area response model, the elasticity of current cocoon price was found to be less, indicating that the sericulturists did not respond significantly to cocoon price in terms of acreage. Various techno-institutional and subjective factors might have influenced the decision making with respect to area expansion or contraction by the farmers. The major reason for rigidity of area response might be due to the impediments in expansion of mulberry area in non-traditional areas owing to various reasons such as constraints in marketing and processing of cocoons, lack of institutional support, climatic problems etc.

The study also revealed that the import of silk affected the area expansion. This calls for Government measures to have judicious price policy linking cocoon and raw silk prices with the import silk prices and input prices. Further, the productivity improvement and cost reduction technologies could be evolved and popularized to make sericulture competitive compared to imported silk and other competitive enterprise.

As in case of most other studies conducted on supply response of perennial crops, the present study also suffers non-availability of adequate data such as area uprooted, area replanted, area newly planted etc. However, all the models fitted for the study explained more than 85 % of variation and had expected signs for coefficients. The results were also in consistence with the earlier studies.

REFERENCES

- ADY P. (1949), Trends in cocoa production, Bulletin of Oxford University, Institute of Economics and Statistics, Vol. 11: 211-217.
- ALTSON J. M. (1980), A model of supply response in the Australian orange growing industry, Australian Journal of Agricultural Economics, 24(3).
- ARAK M. (1969), Estimation of asymmetric long-run supply function, The case of coffee, Canadian Journal of Agricultural Economics, 17(1).
- AZAD M. P. (1981), Determination of sugarcane prices – A case study, Indian Journal of Agricultural Economics, 36(1): 112.
- BATEMAN M. J. (1968), Cocoa in the Ghanaian Economy: An econometric model, North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- BRAH B.C. & CHIRANJEEVI (1991), Analysis of area decision in the supply response model of Indian tea, Indian Journal of Agricultural Economics, 46(4).
- CHAN F.W.K. (1963) A preliminary study of the supply response of Malayan rubber estates between 1948-1959, Malayan Economic Review, III (1).
- CHAWDHARY A. & RAM G. S. (1978), Price response of perennial crops: A case study of Indian tea, Indian Journal of Agricultural Economics, 33(3).
- DUT N.L. (1978), Report on survey of sugarcane research in India, Indian Central Sugarcane Committee, New Delhi.
- DYAL R. (1965), Impact of rainfall on crop yield and acerage, Indian Journal of Agricultural Economics, 20(3): 48-54.
- HAZARIKA C. (2000), Supply elasticities in tea plantations – The case of Assam, Productivity, 40(4):672-680.
- MAITHA J.K. (1970), Productivity response to price: A case study of Kenyan coffee, Eastern African Economic Review, 2(2).
- MISHRA R., (1985), A study of impact of price on production: A case study of perennial crop tea in India, TAI-News Letter, 21(9).
- OLAYEMI J.K. & ONI S.A. (1972), Asymmetry in price response: A case study of Western Nigerian farmers, Nigerian Journal of Economics and Social Studies, 14(3).
- OLAYIDE S.O. (1972), Some estimate of supply elasticities for Nigerian cash crops, Journal of Agricultural Economics, 23(3).
- RAJ KRISHNA (1963), Farm supply response in India-Pakistan, The Economic Journal, XXIII(291): 243-249.
- RAJAGOPALAN V. & MEENAKSHISUNDRUM (1969), Travails of tea industry-An economic appraisal, Indian Journal of Agricultural Economics, 26(4).
- SARKAR J. K. (1972), The world tea economy, Oxford University Press, Calcutta.
- TYLOR R.G. (1974), Alternate measures of supply elasticities: The case of Sao Paulo coffee, American Journal of Agricultural Economics, 54(1).
- UMA DEVI (1977) Price response of a perennial crop: The case of Indian natural rubber, Indian Journal of Agricultural Economics, 32(4).
- VIJU IPE C. & PRABAKARAN T. (1988), Price response of a perennial crop: A case of Indian natural rubber, Indian Journal of Agricultural Economics, 43(4): 624-630.

ETUDE DE CAS SUR LA REPONSE DE L'OFFRE AU PRIX DU COCON DE SOIE MURIER

P. KUMARESAN, R. G. GEETHA DEVI & S. B. DANDIN

Central Sericultural Research and Training Institute, Srirampura, Mysore, 570 00008, Inde.

Le principal objectif de cet article est d'analyser la réponse de l'offre des sériciculteurs aux prix à court terme et à long terme ainsi que les variables associées. On escomptait un signe des modèles de réponse de la surface et de réponse du rendement, mis en place pour l'étude, par rapport au prix du cocon, aux fluctuations des précipitations depuis une année, aux programmes de développement et aux autres variables. Cependant, avec le modèle de productivité, on ne constate pas que le coefficient des fluctuations du prix du cocon depuis une année soit significatif, ce qui signifie que le rendement en cocons ne répond pas aux prix. Dans le modèle de réponse de la surface également, on constate que l'élasticité du prix du cocon actuel est moins importante, ce qui indique que les sériciculteurs ne répondent pas significativement au prix du cocon, en termes de superficie. D'autres facteurs technico-institutionnels et subjectifs variés pourraient avoir influencé la prise de décision des sériciculteurs par rapport à l'expansion ou à la diminution de la surface. L'étude révèle aussi que les importations de soie ont un effet sur l'expansion de surface, ce qui sous-entend que des mesures gouvernementales sont nécessaires pour avoir une politique de prix judicieuse, liant les prix du cocon et de la soie grège aux prix d'importation de la soie et aux coûts.

INTRODUCTION

La soie représente le luxe, l'élégance, la classe et le confort. Bien que la soie soit un textile de valeur et qu'elle soit plus consommée par les sphères les plus élevées de la société, sa production est considérée comme un outil important de développement économique d'un pays, en raison de la nature de sa production, employant une main d'œuvre abondante, de sa faible intensité de capital, de sa nature rémunératrice et parce qu'elle produit en grande quantité des articles à valeur ajoutée, importants sur le plan économique. Il existe cinq principaux types de soie d'importance commerciale, obtenus à partir de différentes espèces de vers à soie, qui, à leur tour, se nourrissent sur un certain nombre de plantes nourricières. Ce sont le mûrier, le tasar, le tasar du chêne, l'eri et le muga. 95 % de la soie commerciale produite dans le monde provient du mûrier et la soie se réfère souvent à la soie mûrier.

L'Inde est le deuxième plus grand producteur de soie grège du mûrier, avec une production annuelle de 16,525 t en 2006-07. Cependant, la production n'est pas proportionnelle à la demande en soie en Inde. Elle a donc importé 5567 t de soie grège en 2006-07, ce qui en fait le plus grand importateur de soie grège dans le monde. La dépendance continue, vis-à-vis d'une quantité énorme de soie importée, nuit au développement de l'industrie séricicole dans le pays à long terme.

La préoccupation actuelle de l'industrie séricicole indienne est d'augmenter la production de soie grège, de manière à combler l'écart entre l'offre et la demande. La sériciculture étant une industrie rurale agricole, le taux de croissance de la sériciculture dépend de la façon dont les sériciculteurs répondent à des programmes variés, puisqu'ils sont les derniers preneurs de décision, en ce qui concerne l'affectation de la terre et des autres ressources. La détermination des prix des produits agricoles est l'un des instruments importants qui influencent les décisions des sériciculteurs, en ce qui concerne l'affectation de la terre et l'offre en produits agricoles. Les études réalisées par Raj Krishna (1963), Dyal (1965), Dutt (1978), Azad (1981) et d'autres témoignent de la réponse des

agriculteurs aux changements de prix. En tenant compte de l'offre et de la demande, nous avons essayé d'analyser la réponse des sériciculteurs aux prix et aux variables associées, en matière d'offre à court et à long terme.

METHODOLOGIE

Le Karnataka est le principal producteur de soie dans le pays avec une production annuelle de soie de 7883 t à partir de 97647 ha en 2006-07, ce qui représente 54,53 % de la surface totale et 47,70 % de la production totale de soie du pays. Il présente comparativement des avantages pour la production de soie, par rapport aux autres états, en raison de l'existence d'un réseau de recherche et de vulgarisation bien établi, d'un soutien institutionnel et de relations en amont et en aval. Nous avons donc choisi le Karnataka à dessein pour cette étude. L'analyse s'appuie sur les données recueillies dans diverses publications du *Central Silk Board* et du Département de Sériciculture, du Gouvernement du Karnataka pendant la période entre 1971-72 et 2000-01.

Modèles de réponses de l'offre :

La soie mûrier provient du ver à soie *Bombyx mori* L., qui se nourrit uniquement sur les feuilles de mûrier. Comme le mûrier est une culture pérenne, une fois planté, il donne un rendement économique continu en feuilles pendant environ 15 ans. Les cultures pérennes posent des difficultés pour formuler un modèle, à cause de la longue période entre la plantation et la production économique et les changements de rendement de la plantation avec l'âge. La littérature sur la réponse de l'offre des cultures se concentre sur l'offre des cultures annuelles et les plantes pérennes ont reçu peu d'attention jusqu'aux années soixante (Viju Ipe et Prabakaran, 1988). Cependant, un certain nombre d'études ont été récemment réalisées pour vérifier la réponse des agriculteurs aux prix.

La première tentative a été l'analyse d'Ady (1949) sur la réponse de l'offre de cacao. Plus tard, Bateman (1968) et Olayemi et Oni (1972) ont mis au point des modèles de réponse sur l'offre de cacao. Chan (1963), Olayide (1972), Uma Devi (1977) et Viju Ipe et Prabakaran (1988) ont formulé et évalué la réponse de l'offre en caoutchouc naturel. Arak (1969), Maitha (1970) et Tylor (1974) ont étudié le comportement de l'offre en café. Rajagopalan et Meenakshisundrum (1969), Chawdhary et Ram (1978), Sarkar (1972), Mishra (1985), Brah et Chiranjeevi (1991) et Hazarika (2000) ont mis au point des modèles pour l'offre de thé. D'après les auteurs, la réponse de l'offre en produits séricicoles n'a pas été étudiée jusqu'à présent.

La réponse de l'offre en n'importe quel article est une fonction du produit qui sera fabriqué à un prix escompté, dans des conditions données de technologies, de prix des produits concurrentiels, de coûts, etc. Puisque les sériciculteurs ne conservent pas les cocons qu'ils produisent, soit pour la consommation de leur famille ou à des fins de grainage, l'offre en cocons mûrier est en fait la production. Il existe deux dimensions de l'offre, à savoir la surface et la productivité. On a donc analysé ces deux aspects séparément.

Pour la fonction de la réponse de l'offre, on prend en considération la surface et la productivité comme les variables dépendantes et on les lie aux fluctuations de surface, de précipitations, de durée, de prix du cocon, de quantité de soie importée et aux programmes de développement comme variables indépendantes. Puisque les données sur les nouvelles plantations, replantations et déracinements ne sont pas disponibles séparément et que la période de développement du mûrier n'est que de 6 mois, on considère la surface réelle de culture du mûrier comme la surface de mûriers cultivés, dans le cadre de la production économique de feuilles.

En ce qui concerne le prix du cocon frais, dans cette étude, on prend en compte le prix moyen annuel du cocon au Marché aux Cocons du Gouvernement de Ramanagaram, puisque Ramanagaram est le plus grand marché aux cocons en Inde.

1. Réponse de la surface :

En général, on considère la surface plutôt que la production comme la variable dépendante, dans les modèles de réponse de l'offre pour expliquer le comportement des agriculteurs, puisque l'expansion et la diminution de surface sont sous le contrôle des agriculteurs. On suppose, qu'en général, les agriculteurs ont à l'esprit une production souhaitée et à long terme ils ajustent la surface réelle, pour atteindre la production souhaitée. Si la surface souhaitée est plus grande que la surface de mûrier réelle, ils entreprennent de nouvelles plantations. D'autre part, si la surface souhaitée est inférieure ou égale à la surface réelle, il n'y aura pas de nouvelles plantations.

La variable principale, qui influence l'expansion ou la diminution de la surface dépend des futurs profits de la culture. La variable de prix a donc une importance. L'attente de l'agriculteur, en matière de prix, dépend non seulement de l'année en cours mais aussi des années précédentes. Par ailleurs, les agriculteurs ne peuvent pas s'ajuster instantanément aux changements de prix en raison de nombreuses contraintes. Les fluctuations de prix sont donc incluses dans le modèle de réponse de l'offre.

Puisque le prix de la soie importée est toujours inférieur à celui de la soie domestique, n'importe quel changement du prix de la soie importée peut affecter les prix indiens de la soie et donc influencer les prix du cocon. Puisque, dans le modèle, le prix de la soie importée et les prix du cocon présentent un problème de multicolinéarité, on utilise la part de soie importée par rapport à la soie domestique, comme variable indépendante, dans la fonction de réponse de l'offre. Puisque les précipitations influencent aussi le rendement du mûrier, ce qui a donc un effet sur la production de cocons, on inclut les précipitations dans le modèle. On introduit une variable de tendance dans la fonction, pour prendre en compte l'impact des innovations technologiques et biologiques, récemment introduites en sériciculture, sur la réponse de la surface et de la productivité. De même, on utilise une variable factice pour mesurer l'impact des divers programmes de développement introduits par le gouvernement, pour le développement de l'industrie séricicole, sur la réponse de l'offre.

On peut donc préciser les changements souhaités de la surface de mûriers cultivés pendant une année ($A_t^* - A_{t-1}$) comme suit :

$$A_t^* - A_{t-1} = f(P_t^c, IS_{t-1}, RF_{t-1}, DP_t, \mu) \rightarrow (1)$$

où

A_t^* =	Surface de mûrier souhaitée pendant l'année t
A_{t-1} =	Surface réelle de mûrier pendant l'année t-1
P_t^c =	Prix du cocon escompté pendant l'année t
IS_{t-1} =	Part de soie importée par rapport à la production domestique de soie pendant l'année t-1
RF_{t-1} =	Précipitations annuelles pendant l'année t-1
DP_t =	Variable factice pour présenter les effets des programmes de développement
μ =	Terme d'interférence aléatoire

Les plantations souhaitées sont une variable qu'on ne peut pas observer et différent des plantations réelles à cause des restrictions de ressources. On peut préciser la relation entre les plantations réelles et les nouvelles plantations souhaitées comme suit :

$$A_t = \alpha A_t^* + (1 - \alpha) A_{t-1} + e \rightarrow (2)$$

Où $0 \leq \alpha \leq 1$ est le coefficient d'ajustement

En combinant les équations (1) et (2) le modèle de réponse de la surface devient

$$A_t = f(P_t^e, IS_{t-1}, DP_t, A_{t-1}, \mu) \rightarrow (3)$$

Les attentes des agriculteurs par rapport au prix risquent d'influencer la détermination de la surface de production de la culture. On considère les écarts au carré des valeurs escomptées, par rapport aux valeurs réelles, comme le risque de prix perçu par les agriculteurs.

On calcule donc le risque de prix comme suit :

$$\text{Risque de prix, } PR_t = (P_t^e - P_t)^2$$

On estime les modèles de réponse de la surface finale avec les modèles de risque.

Les décisions de détermination de la surface finale sont basées sur le prix escompté plutôt que sur l'historique des prix. Comme le prix escompté est une variable non observable, on le déduit des observations réelles. On déduit les prix escomptés d'après le modèle moyen mobile sur trois ans, ce qui suppose que les prix escomptés pour la période actuelle sont déduits de toutes les observations réelles passées, de telle manière que le passé récent reçoit le poids maximum, tandis que les observations sur le passé distant reçoivent le poids minimum. La valeur escomptée sera donc :

$$P_t^e = \sum_{i=1}^3 \alpha_i P_{t-i}$$

Où

$$0 \leq \alpha_i \leq 1 \text{ et } \sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1$$

2. Réponse du rendement :

Le modèle adapté pour étudier l'effet du rendement en cocons sur l'offre en cocons du mûrier est le suivant :

$$Y_t = f(P_{t-1}, RF_{t-1}, T, DP_t, \mu) \rightarrow (4)$$

Où

$Y_t =$	Productivité en cocons en kg / demi hectare / année pendant l'année t
$P_{t-1} =$	Prix du cocon en Rs. / kg pendant l'année t - 1
$T =$	Tendance (1, 2, 3 ... n)
$RF_{t-1} =$	Précipitations annuelles pendant l'année t-1
$DP_t =$	Variable factice pour présenter les effets des programmes de développement
$\mu =$	Terme d'interférence aléatoire

RESULTATS ET DISCUSSION

Puisque, quelle que soit la quantité de cocons produits par les sériciculteurs, elle est commercialisée, l'offre en cocons pendant n'importe quelle période est égale à la production. L'offre en cocons est donc fonction de la surface et de la productivité. On analyse donc séparément la réponse de l'offre des sériciculteurs en termes de surface et de productivité.

1. Réponse du rendement :

On établit le rapport entre le rendement en cocons et les variables indépendantes, à savoir les fluctuations de prix, de tendance, les fluctuations des précipitations au cours d'une année et la variable factice, représentant les programmes de développement mis en œuvre par les agences gouvernementales. Les estimations des moindres carrés ordinaires (OLS), d'après la fonction de la réponse du rendement sont les suivants :

$$\ln Y_t = 4.4272 + 0.1497 \ln P_{t-1} + 0.2026^* \ln RF_{t-1} + 0.0399^{***} \ln T + 0.0020 DP_t$$

(0.8980) (0.1153) (0.1166) (0.0083) (0.0478)

$$R^2 = 0.8815$$

$$DW = 1.4963$$

Les chiffres entre parenthèses indiquent l'écart-type

*** Significatif au seuil de 1 %

* Significatif au seuil de 10 %

Les équations estimées semblent bien adaptées, comme le prouve la valeur élevée du coefficient de détermination multiple (R^2). Tous les coefficients des variables considérées ont les signes escomptés. La statistique DW élevée montre qu'il n'y a pas de preuve d'autocorrélation et pas de perte significative de précision des estimations.

On observe que l'élasticité du rendement par rapport aux fluctuations des prix des cocons est de 0,04693. Mais, le coefficient du prix sur la productivité s'avère non significatif.

Quand on remplace la variable des fluctuations des prix du cocon par le prix actuel, les résultats ne s'améliorent pas. Altson (1980) a soutenu que le rendement des cultures pérennes ne répond pas au prix, car les fermiers ont standardisé les pratiques culturales.

Le coefficient des précipitations est positif et significatif au seuil de 10 % à 0,2026. La production de cocons est influencée par la quantité et la qualité de la nourriture fournie au ver à soie. Puisque l'irrigation est l'un des principaux apports qui décident de la productivité et de la qualité de la production des feuilles de mûrier, les précipitations influencent significativement la productivité en cocons. Le coefficient de tendance est positif et significatif, ce qui implique la contribution significative des technologies sur la productivité en cocons. Pendant la période prise en compte dans l'étude, de nombreuses variétés de mûrier à rendement élevé, telles que K2, S36 et V1, les hybrides de ver à soie PM × NB4D2, PL × CSR2 et CSR2 × CSR4 ont été mises au point et popularisées sur le terrain et on a amélioré la culture du mûrier, les pratiques d'élevage du ver à soie et les technologies de protection des cultures. Ces technologies ont contribué à l'amélioration du rendement en cocons pendant la période prise en compte pour l'étude.

Le coefficient de la variable factice des programmes de développement est positif, mais non significatif. Cela indique que les programmes de développement, mis en œuvre pendant la période d'étude, ne contribuent pas beaucoup à l'amélioration du rendement en cocons.

Réponse de la surface :

Au début, on a essayé le modèle de réponse de la surface, en prenant en compte le prix escompté du cocon, les fluctuations des précipitations sur une année, la part de soie importée par rapport à la

quantité totale de soie produite dans le pays pendant l'année, les programmes de développement entrepris pendant l'année et le risque de prix comme variables indépendantes. L'équation estimée est la suivante :

$$\ln A_t = -0.1670 + 1.0190^{***} \ln A_{t-1} + 0.1110 \ln RF_{t-1} - 0.0105 \ln IS_{t-1} + 0.0499^* DP_t \\ (2.1030) \quad (0.1910) \quad (0.1280) \quad (0.0190) \quad (0.0280) \\ -0.1300 \ln P_t^e - 0.0092 \ln PR_t \\ (0.1200) \quad (0.0080)$$

$$R^2 = 0.9010$$

$$DW = 2.0720$$

Les chiffres entre parenthèses indiquent l'écart-type

*** Significatif au seuil de 1 %

* Significatif au seuil de 10 %

Le coefficient de détermination multiple (R^2) et la statistique DW sont élevés. Toutes les variables ont le signe escompté, sauf celle du prix escompté du cocon, que l'on désire positive. Puisque le prix escompté du cocon est négatif et non significatif, on a remplacé la variable du prix du cocon escompté par le prix du cocon actuel et on fait fonctionner le modèle. Les résultats obtenus sont les suivants

$$\ln A_t = 0.3250 + 0.1630^* \ln P_t + 0.9730^{***} \ln A_{t-1} + 0.0551 \ln RF_{t-1} - 0.0050 \ln IP_{t-1} \\ (1.9970) \quad (0.0830) \quad (0.1820) \quad (0.1240) \quad (0.0180) \\ + 0.0379 D - 0.0139^* \ln PR_t \\ (0.0270) \quad (0.0080)$$

$$R^2 = 0.9150$$

$$DW = 1.9940$$

Les chiffres entre parenthèses indiquent l'écart-type

*** Significatif au seuil de 1 %

* Significatif au seuil de 10 %

Dans ce modèle, tous les coefficients des variables ont les signes escomptés. Quand on introduit le prix du cocon actuel dans le modèle, à la place du prix escompté, que l'on déduit de l'historique des prix, la valeur R^2 s'améliore légèrement. De manière intéressante, le coefficient du prix du cocon s'avère être positif et significatif. Alors que les modèles essayés en prenant en compte les fluctuations des prix des cocons n'avaient pas amélioré R^2 . Cela indique que les sériciculteurs pourraient avoir augmenté leur surface de culture de mûriers, en réponse aux prix actuels, mais non aux fluctuations de prix. Bien que le mûrier soit une culture pérenne, sa période de développement n'est que de 6 mois, à la différence des autres cultures pérennes. Cela pourrait avoir aidé les fermiers à s'ajuster à la surface et à la production, en termes de prix actuels, plutôt qu'en termes de fluctuations de prix. Cela pourrait aussi être dû à la nature de la production de cocons, continue, pendant toute l'année et à la pratique de la sériciculture comme une entreprise traditionnelle dans les zones du sud du Karnataka, où elle est adoptée par la majorité des fermiers. Cependant, l'élasticité par rapport au prix du cocon est de 0,052. On estime aussi que l'élasticité du risque de prix est inférieure à 0,0024. Les élasticités du prix le moins élevé et du risque de prix indiquent le très lent ajustement de la surface aux prix par les sériciculteurs. Les résultats sont en accord avec ceux d'Hazarika (2000) pour le thé dans l'Assam (Inde).

On peut noter que les importations de soie présentent une relation négative avec la surface de mûriers, ce que l'on supposait *a priori*. Comme dans le cas de la fonction de la réponse du rendement, la variable factice des programmes de développement s'avère positive, bien que non significative. Incidemment, le coefficient de précipitations est positif, mais non significatif.

RESUME ET CONCLUSION

On escomptait des signes pour les modèles de réponse de la surface et du rendement, par rapport au prix du cocon, aux fluctuations de précipitations pendant une année, aux programmes de développement et aux autres variables. Cependant, dans le modèle de productivité, le coefficient des fluctuations du prix du cocon sur une année ne s'avère pas significatif, ce qui signifie que le rendement en cocons ne répond pas au prix. Le modèle révèle que les découvertes technologiques et les précipitations n'influencent le rendement en cocons que dans le Karnataka. Dans le modèle de réponse de l'offre, l'élasticité du prix actuel du cocon s'avère être moins importante, ce qui indique que les sériculteurs ne répondent pas significativement au prix du cocon, en termes de surface. Divers facteurs technico-constitutionnels et subjectifs pourraient avoir influencé la prise de décision des sériculteurs par rapport à l'expansion ou à la diminution de la surface. La principale raison de la rigidité de la réponse de la surface pourrait être due à des obstacles à l'expansion de la surface de culture du mûrier dans les zones non traditionnelles, pour des raisons variées, telles que les contraintes de commercialisation et de transformation des cocons, le manque de soutien institutionnel, les problèmes climatiques etc..

L'étude révèle aussi que les importations de soie ont un effet sur l'expansion de la surface. Cela nécessite des mesures gouvernementales pour avoir une politique des prix judicieuse liant les prix du cocon et de la soie grège aux prix d'importation de la soie et aux coûts. De plus, on pourrait procéder à l'amélioration de la productivité et mettre au point et vulgariser les technologies de diminution des coûts, pour que la sériculture devienne concurrentielle par rapport à la soie importée et aux autres entreprises concurrentielles. Comme dans le cas de la plupart des autres études réalisées sur la réponse de l'offre des cultures pérennes, cette étude pâtit du manque de données adéquates, telles que la surface déracinée, la surface replantée, la surface venant d'être plantée. Cependant, tous les modèles préparés pour l'étude expliquent plus de 85 % des variations et leurs coefficients présentent les signes escomptés. Les résultats sont aussi en accord avec des études précédentes.

STUDIES ON THE GAS EXCHANGE PARAMETERS OF MULBERRY VARIETIES (*MORUS ALBA* L.) GROWN UNDER TWO PRODUCTION SYSTEMS

C. DAS., A. K. MISRA*, T. SENGUPTA & B. K. DAS

Mulberry Physiology Section, Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore - 742101, West Bengal, India.

*The relationship between leaf yield and CO₂ gas exchange parameters in mulberry (*Morus alba* L.), the leaves of which provide the sole food source of silkworm (*Bombyx mori* L.) was investigated in field conditions under two production systems - irrigated and rainfed. The net photosynthetic rate, stomatal conductance, carboxylation efficiency, physiological water use efficiency and leaf yield of seven mulberry varieties e.g. S-1, SV-1, V-1, MR-2, RFS-175, S-1635, Local, C-1730 and JRH were estimated during 1998-1999, 1999-2000 and 2000-2001 crop season under irrigated (gangetic alluvial soil) and rainfed (red laterite soil) conditions of West Bengal. A positive correlation between Pn and leaf biomass production in all the tested varieties ($r = 0.852$ in gangetic alluvial soils under irrigated condition and $r = 0.801$ in red laterite soil under rainfed condition) was observed. Considering the superiority with respect to their photosynthetic efficiency and leaf yield, S-1635 may be recommended for cultivation in gangetic alluvial soil under irrigated condition and RFS-175 and C-1730 for red laterite soil under rainfed production system of West Bengal, India.*

Keywords: Net photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance (gs), carboxylation efficiency (CE), physiological water use efficiency (pWUE), leaf biomass.

INTRODUCTION

The selection of high yielding varieties with high photosynthetic rate and physiological water use efficiency is desirable for increasing the leaf production of any forage crop. Even though the photosynthesis is genetically controlled it is strongly influenced by the environmental factors (Austin, 1989). Varietal differences in leaf photosynthetic rate have been established in mulberry (Chaitanya *et al.*, 2002). The selection of varieties with high photosynthetic rate is desirable for increasing crop productivity (Tripathy and Rao, 1991). It is important to understand the activity of leaf gas exchange parameters involved in the leaf production of mulberry under different cultivation systems. The objective of this study was to identify the variability among the mulberry varieties with respect to Pn, pWUE, gs and CE and their correlation with leaf productivity in order to show which varieties are suitable for the cultivation in the gangetic alluvial soils under irrigation and which are apt to red laterite ones under rainfed production system of West Bengal India.

MATERIALS AND METHODS

In order to carry out the evaluation under irrigated condition, six mulberry varieties viz. S-1, S-1635, V-1, JRH, MR-2 and SV-1 were grown in the experimental plots of Central Sericultural

* Corresponding author: e-mail: misra_asoke@rediffmail.com

Research & Training Institute, Berhampore, West Bengal. The soils are alluvial in nature with a pH of 6.8, organic carbon 0.47% and 40.5% water holding capacity. The surface soil of experimental field was sandy loam with 325:52:240 available NPK. The NPK were provided at the following 336:180:112 per hectare per year in five split doses.

In order to perform the test under rainfed condition, other six mulberry varieties viz. S-1, S-1635, V-1, Local, RFS-175 and C-1730 were planted in red laterite soil in Purulia district of West Bengal. The surface soil was sandy loam with 235:18:140 kg per hectare available N: P: K, organic carbon 0.20%, 27% water holding capacity with pH 5.7, N: P: K were applied at 150:50:50 per hectare per year in two split doses.

Recommended crop management practices for respective production system were followed. The well rooted saplings of all the varieties were raised following randomized block design in three replications with a spacing of 60 cm × 60 cm and 90 cm × 90 cm under irrigated and rainfed production systems respectively in the above mentioned two geographical locations.

Photosynthetic CO₂ fixation i.e. net photosynthetic rate, stomatal conductance and carboxylation efficiency were recorded from ten plants in each replication on the 5th leaf selected from the shoot tip at 10.00 am and 11.00 am using Licor 6200 Portable Photosynthetic System (Nebraska, USA). The Physiological water use efficiency (pWUE) was calculated as a ratio of Pn/E (the ratio of photosynthetic rate and transpiration rate). The light intensity at the time of recording photosynthetic rate was above the saturation point of 900 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ and ambient CO₂ concentration was of 330-350 ppm. The data on the leaf yield was calculated five and three times in irrigated and rainfed production systems respectively following the crop schedule. The critical difference, correlations and regressions of observations were calculated at 5% level following the method of Gomez and Gomez (1984).

RESULTS AND DISCUSSION

The experimental trial showed that there was a large variation in photosynthetic rate (Pn) from 9.16 to 16.06 $\mu\text{mole CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ under irrigated, while 6.17 to 10.57 $\mu\text{mole CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ under rainfed production system (Table I). A higher level of photosynthetic rate was noted in the varieties which are grown under irrigated production system as compared to the rainfed production system. Maximum Pn was significantly higher in S-1635 (16.06 $\mu\text{mole CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) followed by V-1 (14.13 $\mu\text{mole CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) and JRH (12.53 $\mu\text{mole CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) under irrigated production system. The lowest value of Pn was noted in Local (6.17 $\mu\text{mole CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

A significant positive correlation ($r = 0.852$ under irrigated production system and $r = 0.801$ under rainfed production system) between photosynthetic rate and leaf yield were observed (Fig. 1 & 2). Under irrigated production system S-1635 and V-1 showed the highest gs, pWUE and CE (carboxylation efficiency). The same trend was also observed in RFS-175. The highest values under rainfed condition were shown by RFS-175 and C-1730 in rainfed production system. Similarly, a positive correlation between gs, CE and pWUE with leaf yield were also found in all the tested mulberry varieties under irrigated and rainfed production systems (Fig. 1 & 2) respectively.

Varietal variation in physiological water efficiency (pWUE) was recorded higher in high Pn variety- S1635 [610g (CO₂) kg⁻¹ (H₂O)] especially under the irrigated production system in gangetic alluvial soil more than RFS-175 [410g(CO₂) kg⁻¹ (H₂O)], which were grown under rainfed production system because there was higher irradiance, and temperature in rainfed zone (Table I). Our findings are in strong agreement with that of Hung (1988) who has reported the identical trend in japonica rice. In high Pn varieties, CO₂ assimilation rate is positively correlated with pWUE, gs and CE under irrigated production system condition ($r = 0.988, 0.825, 0.969$ respectively, Fig. 1) and rainfed production system ($r = 0.988, 0.792, 0.893$ respectively, Fig. 2). Similar findings were also reported by Kawamitsu *et al.* (1989) in rice.

Table I. Gas exchange characters and leaf biomass of mulberry varieties grown in gangetic alluvial soil (irrigated) and red laterite soil (rainfed condition).*Tableau I. Caractères d'échange de gaz et biomasse foliaire des variétés de mûrier dans du sol alluvial du Gange (avec irrigation) et dans du sol de latérite rouge (sans irrigation).*

Production system	Mulberry Variety	Pn μ mole CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	gs mole m ⁻² s ⁻¹	CE g (CO ₂)/ (Ci) [cm ³ m ⁻³]	PWUE g(CO ₂). kg ⁻¹ (H ₂ O)	Leaf biomass t ha ⁻¹
<i>Système de production</i>	<i>Variété de mûrier</i>					<i>Biomasse foliaire t ha⁻¹</i>
Gangetic alluvial soil (Irrigation) <i>Sol alluvial de la région du Gange (avec irrigation)</i>	S-1	11.21 (± 0.41)	2.10 (± 0.08)	0.0418 (± 0.0003)	391 (± 1.87)	28.38 (± 0.48)
	S-1635	16.06 (± 0.32)	3.33 (± 0.07)	0.0511 (± 0.0005)	610 (± 2.16)	40.97 (± 0.74)
	V-1	14.13 (± 0.15)	3.02 (± 0.05)	0.0467 (± 0.004)	503.00 (± 3.56)	32.56 (± 1.04)
	JRH	12.53 (± 0.15)	2.85 (± 0.02)	0.0414 (± 0.0005)	447.00 (± 2.85)	32.50 (± 0.76)
	MR-2	10.06 (± 0.08)	2.77 (± 0.03)	0.0375 (± 0.0004)	373.00 (± 2.55)	31.08 (± 0.92)
	SV-1	9.16 (± 0.08)	2.10 (± 0.02)	0.0351 (± 0.0004)	315.00 (± 1.87)	27.40 (± 0.76)
	LSD at 5%	0.23	0.12	0.0016	0.01	0.71
Red laterite soil (Rainfed) <i>Sol de latérite rouge (sans irrigation)</i>	S1	9.39 (± 0.09)	2.16 (± 0.22)	0.0418 (0.0004)	384 (± 1.78)	9.85 (± 0.21)
	S-1635	7.70 (± 0.05)	2.11 (± 0.03)	0.352 (± 0.0002)	306 (± 1.47)	8.86 (± 0.19)
	V-1	9.31 (± 0.07)	2.09 (± 0.08)	0.0428 (± 0.0006)	373 (± 1.87)	9.91 (± 0.20)
	Local	6.17 (± 0.03)	2.01 (± 0.03)	0.0294 (± 0.0003)	235 (± 2.16)	8.89 (± 0.58)
	RFS-175	10.57 (± 0.09)	2.33 (± 0.05)	0.0468 (± 0.0006)	410 (± 1.78)	13.55 (± 0.58)
	C-1730	10.49 (± 0.05)	2.27 (± 0.02)	0.0404 (± 0.0005)	436 (± 1.87)	13.11 (± 0.56)
	LSD at 5 %	0.47	0.12	0.0044	0.013	0.71

Figures in parentheses are the Standard Error of mean value / *Les chiffres entre parenthèses sont l'écart-type de la valeur moyenne.*

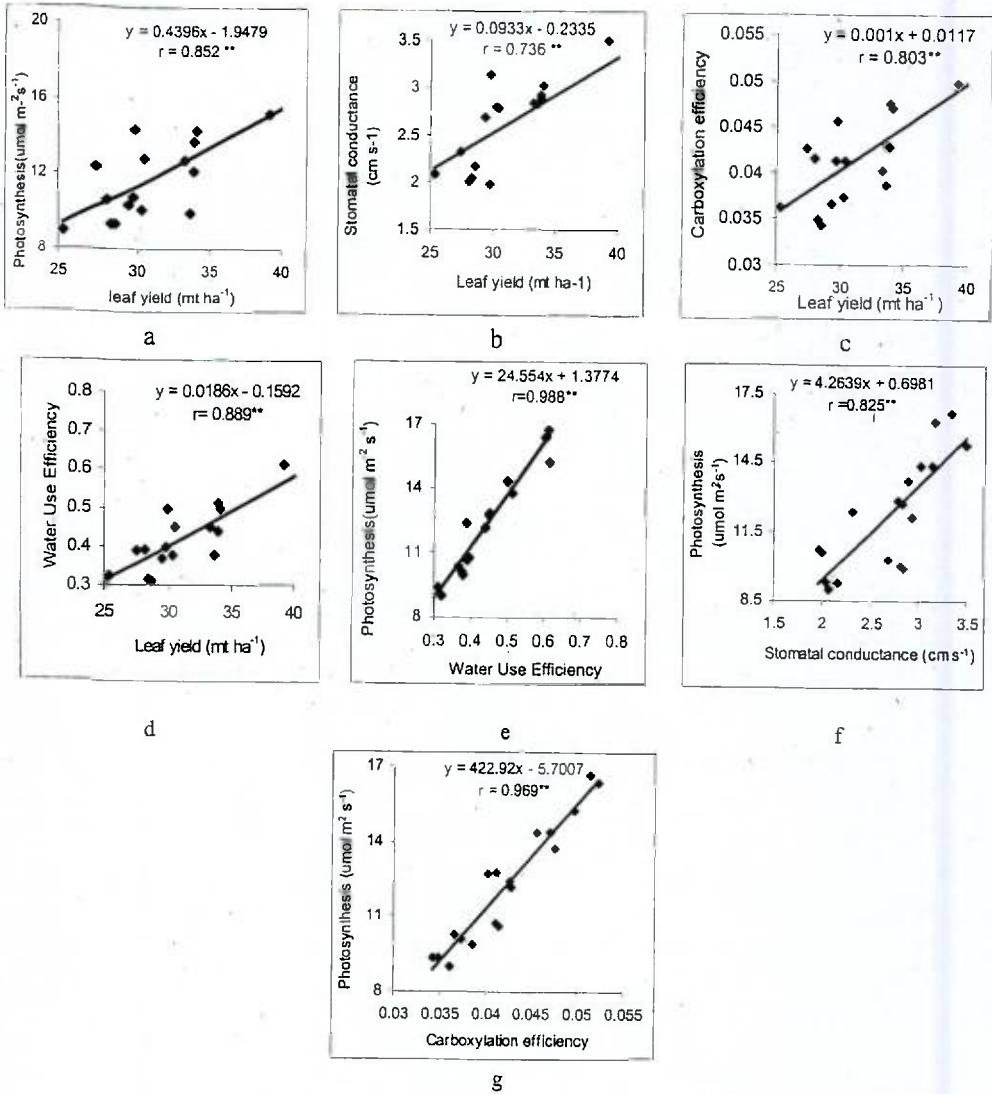


Fig. 1. Correlation between a) photosynthesis & leaf yield ($r = 0.852^{**}$), b) stomatal conductance & leaf yield ($r = 0.736^{**}$), c) carboxylation efficiency & leaf yield ($r = 0.803^{**}$), d) water use efficiency & leaf yield ($r = 0.889^{**}$), e) photosynthesis & water use efficiency ($r = 0.988^{**}$), f) photosynthesis & stomatal conductance ($r = 0.825^{**}$), g) photosynthesis & carboxylation efficiency ($r = 0.969^{**}$) under gangetic alluvial, soil and irrigated condition.

Fig. 1. Corrélation entre a) la photosynthèse et le rendement foliaire ($r = 0,852^{**}$), b) la conductance stomatique et le rendement foliaire ($r = 0,736^{**}$), c) l'efficacité de carboxylation et le rendement foliaire ($r = 0,803^{**}$), d) l'efficacité d'utilisation de l'eau et le rendement foliaire ($r = 0,889^{**}$), e) la photosynthèse et l'efficacité d'utilisation de l'eau ($r = 0,988^{**}$) f) la photosynthèse et la conductance stomatique ($r = 0,825^{**}$), g) la photosynthèse et l'efficacité de carboxylation ($r = 0,969^{**}$) dans un sol alluvial de la région du Gange avec irrigation.

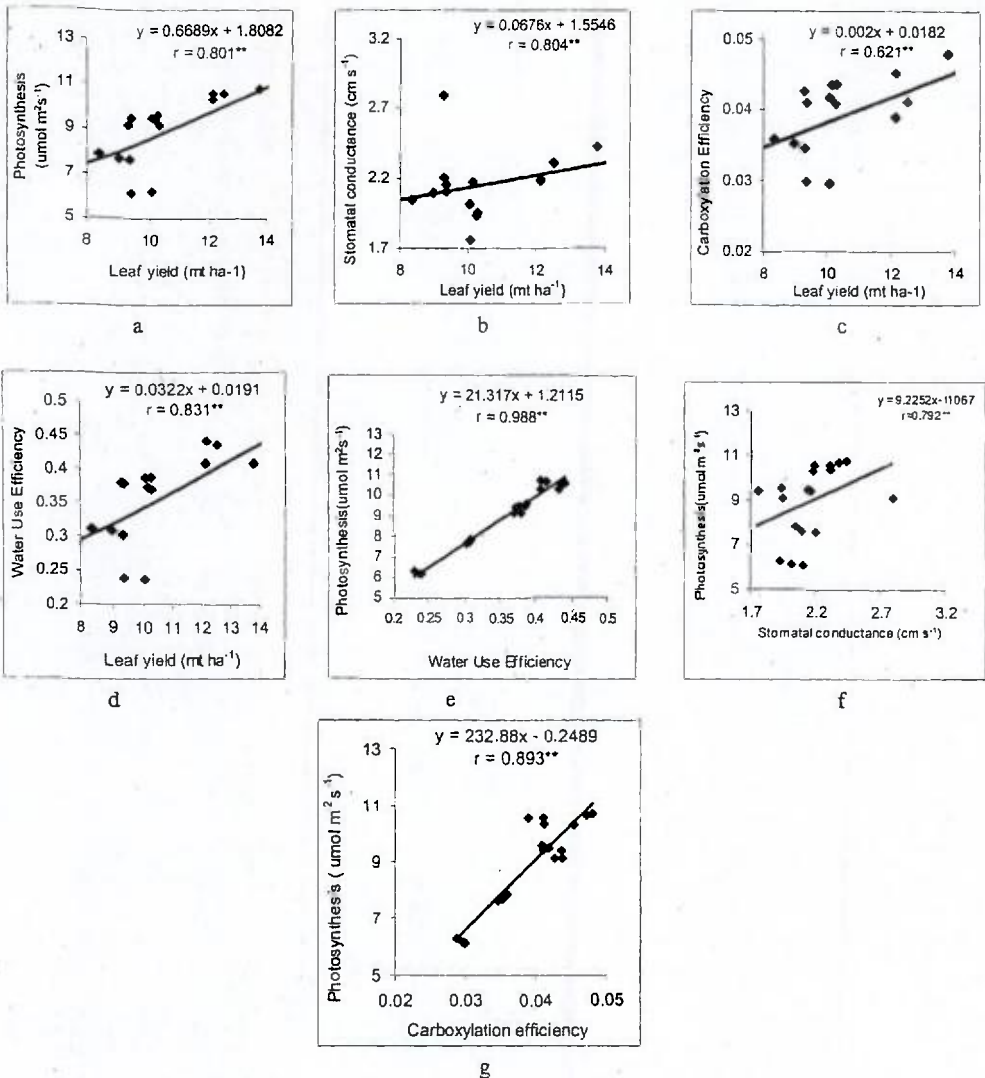


Fig. 2. Correlation between a) photosynthesis & leaf yield ($r = 0.801^{**}$), b) stomatal conductance & leaf yield ($r = 0.804^{**}$), c) carboxylation efficiency & leaf yield ($r = 0.621^{**}$), d) water use efficiency & leaf yield ($r = 0.831^{**}$), e) photosynthesis & water use efficiency ($r = 0.988^{**}$), f) photosynthesis & stomatal conductance ($r = 0.792^{**}$), g) photosynthesis & carboxylation efficiency ($r = 0.893^{**}$) in red laterite soil under rainfed production system.

Fig. 2. Corrélation entre a) la photosynthèse et le rendement foliaire ($r = 0,801^{**}$), b) la conductance stomatique et le rendement foliaire ($r = 0,804^{**}$), c) l'efficacité de carboxylation et le rendement foliaire ($r = 0,0621^{**}$), d) l'efficacité d'utilisation de l'eau et le rendement foliaire ($r = 0,831^{**}$), e) la photosynthèse et l'efficacité d'utilisation de l'eau ($r = 0,988^{**}$) f) la photosynthèse et la conductance stomatique ($r = 0,792^{**}$), g) la photosynthèse et l'efficacité de carboxylation ($r = 0,893^{**}$) dans du sol de latérite rouge sous un système de production sans irrigation.

The leaf yield was the highest in S-1635 ($40.97 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) followed by V-1 ($32.56 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) and JRH ($32.50 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) in irrigated and in RFS-175 ($13.55 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) followed by C-1730 ($13.11 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) in rainfed production system which were low as compared to irrigated system due to poor availability of soil water because of low water holding capacity of soil, high solar radiation and high temperature during crop seasons supporting the finding of Tatemichi, 1970; Benzioni & Itai, 1972 that genetic variability for Pn in mulberry varieties can show itself with different phenotypic behaviours, according to different environmental conditions.

It is interesting to note that in both production systems the Pn, gs, CE and pWUE are directly co-related to leaf yield. The stomatal factors in several crops species as *Triticum* (Farquhar *et al.*, 1988), *Phaseolus* (White *et al.*, 1990) and *Gossypium* (Lu *et al.*, 1996) controlled genetic variability in pWUE of plants. In the present investigation similar observations were also recorded in mulberry. Thus on the basis of the present investigation and considering the superiority of the varieties with respect to their photosynthetic rate, physiological water use efficiency, stomatal conductance, carboxylation efficiency and leaf yield performances under irrigated production system and rain fed production system, it may be concluded that S-1635 can be recommended for gangetic alluvial soil under irrigated condition and RFS-175 and C-1730 for red laterite soil under rainfed production systems respectively in Eastern and North Eastern regions of India.

REFERENCES

- AUSTIN R.B. (1989) Genetic variation in photosynthesis. *J. Agric.Sci. Camb.* 112, 287-294
- BENZIONI A. & ITAI C. (1972) Short and long term effects of high temperature ($47-49^\circ \text{C}$) in tobacco leaves. *Photosynthesis- Physiol. Plant.* 27, 216-219.
- CHAITANYA K.V., MASILAMANI S., JUTUR P.P. & RAMCHANDRAN REDDY K.(2002) Variation in photosynthetic rate among four mulberry cultivars. *Photosynthetica.* 40, 305-308.
- FARQUHAR G.D., HUBIC K.T. & CONDON RICHARDS R.A. (1988) Genetic variability in water use efficiency of wheat. *In: Rundel P.W., Rhlenger. J.R., Nagy, A. (ed). Application of stable isotope Ratio in Ecological Research.* pp.21-40, Springer Verlag, New York.
- GOMEZ K. & GOMEZ A.A.(1984) *Statistical Procedures for Agricultural Research*, 2nd ed. John Wiley and Sons. New York
- HUNG Y.B. (1988). Study on photosynthesis in rice: Effect of temperature on photosynthesis, photorespiration, and Rubisco activity in Tongil and japonica types. Research report of the Rural Development Administration ,Rice, Korea Republic, 30, 1 -56.
- KAWAMITSU Y., CHANG W.J., KATAYAMA T. & AGATA W. (1989) Varietal differences in photorespiration rate in rice plant. *Sci. Bull. Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 43, 135-144.
- LU Z.,CHEN J.,PEARCY R.G., SHARIFI M.R., RUNDEL P.W. & ZEIGER E.(1996). Genetic variation in carbon isotope discrimination and its relation to stomatal conductance in Pima cotton (*Gossypium barbadense*). *Aust. J.Plant Physiol.* 23, 127-132.
- SRINIVAS P., SMITH B.M. & SWAMY P.N. (1990) Gas exchange characteristics of the flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum L.*) cultivar grown under two production system. *Photosynthetica.* 37(4), 63-67.
- TATEMACHI Y (1970) Studies on the photosynthesis on tobacco plant. III. Relation of the nitrogen supply and the growing condition to the photosynthesis in plant communities in plant bed. *Proc. Crop Sci. Soc. Jap.* 39, 130-144
- TRIPATHY J.M. & RAO CH. N.(1991) Varietal variability in photosynthesis, photorespiration and productivity. *Indian J. Plant Physiol.* 34, 205-208.
- WHITE J.W., CASTILLIO J.A. & ETHLENINGER J. R. (1990) Association between productivity, root growth and carbon isotope discrimination in *Phaseolus vulgaris* under water deficit. *Aust. J. Plant Physiol.* 17, 189-198.

ETUDES SUR LES PARAMETRES D'ECHANGE DE GAZ CHEZ DES VARIETES DE MURIER (*MORUS ALBA L.*) CULTIVEES SELON DEUX SYSTEMES DE PRODUCTION

C. DAS, A. K. MISRA*, T. SENGUPTA & B. K. DAS

Mulberry Physiology Section, Central Sericultural Research and Training Institute,
Berhampore – 742 101, Bengale ouest, Inde.

*Nous avons étudié la relation entre le rendement foliaire et les paramètres d'échange de CO₂ chez le mûrier (*Morus alba L.*), dont les feuilles apportent la seule source de nourriture au ver à soie *Bombyx mori L.* dans des conditions sur le terrain, selon deux systèmes de production – avec irrigation et sans irrigation. On a estimé le taux photosynthétique net, la conductance stomatique, l'efficacité de carboxylation, l'efficacité physiologique d'utilisation de l'eau et le rendement foliaire de sept variétés de mûrier, c'est-à-dire S-1, SV-1, V-1, MR-2, RFS-175, S-1635, Local, C-1730 et JRH pendant la saison des récoltes en 1998-1999, 1999-2000 et 2000-2001 dans des sols irrigués (sol alluvial du Gange) et sans irrigation (sol de latérite rouge) dans les conditions du Bengale ouest. On observe une corrélation positive entre Pn et la production de biomasse en feuilles chez toutes les variétés testées ($r = 0,852$ dans les sols alluviaux du Gange dans des conditions d'irrigation et $r = 0,801$ et dans les sols de latérite rouge sans irrigation). Compte tenu de sa supériorité par rapport à son efficacité photosynthétique et à son rendement foliaire, on peut recommander de cultiver S-1635 dans le sol alluvial du Gange en conditions d'irrigation et RFS-175 et C-1730 pour le sol de latérite rouge dans un système de production sans irrigation dans le Bengale ouest.*

INTRODUCTION

Il est souhaitable de sélectionner des variétés à rendement élevé avec un taux photosynthétique et d'utilisation physiologique de l'eau élevés pour augmenter la production de feuilles de n'importe quelle plante fourragère. Bien que la photosynthèse soit génétiquement contrôlée, elle est fortement influencée par les facteurs environnementaux (Austin, 1989). On a établi des différences variétales en ce qui concerne le taux photosynthétique de la feuille chez le mûrier (Chaitanya et coll., 2002). Il est souhaitable de sélectionner des variétés au taux photosynthétique élevé pour augmenter la productivité d'une culture (Tripathy et Rao, 1991). Il est important de comprendre l'activité des paramètres d'échange de gaz de la feuille, impliqués dans la production de feuilles de mûrier, selon des systèmes de culture différents. L'objectif de cette étude est d'identifier la variabilité entre les variétés de mûrier concernant Pn, pWUE, gs et CE et leur corrélation avec la productivité en feuilles pour montrer quelles variétés sont adaptées à la culture dans les sols alluviaux du Gange avec irrigation et quelles sont celles qui sont adaptées aux sols de latérite rouge avec un système de production sans irrigation dans l'ouest du Bengale en Inde.

MATERIELS ET METHODES

Pour réaliser l'évaluation dans des conditions d'irrigation, on cultive six variétés de mûrier, c'est-à-dire S-1, S-1635, V-1, JRH, MR2 et SV-1 dans des parcelles expérimentales du *Central Sericultural Research & Training Institute*, de Berhampore, dans le Bengale ouest. Les sols sont de

* Auteur auquel adresser la correspondance. E-mail: misra_asoke@rediffmail.com

nature alluviale avec un pH de 6,8 ; 0,47 % de carbone organique et 40,5 % de capacité de rétention de l'eau. Le sol de surface du terrain expérimental est du terreau sablonneux avec 325 : 52 : 240 de NPK disponible. On apporte du NPK à raison de 336 : 180 : 112 par hectare par an en cinq doses égales.

Pour réaliser le test dans des conditions sans irrigation, on plante six autres variétés de mûrier S-1, S-1635, V-1, Local, RFS-175 et C-1730 dans du sol de latérite rouge dans la zone de Purulia dans l'ouest du Bengale. Le sol de surface est du terreau sablonneux avec 235 : 18 : 140 kg de N : P : K par hectare disponible, 0,20 % de carbone organique, 27 % de capacité de rétention de l'eau avec un pH de 5,7, on applique le N : P : K : à raison de 150 : 50 : 50 par hectare par année en deux doses séparées.

On suit les pratiques recommandées de gestion des cultures pour chaque système de production. On cultive les jeunes plants bien enracinés de toutes les variétés, en suivant une conception aléatoire en blocs, en trois répétitions, avec respectivement un espacement de 60 cm × 60 cm et de 90 cm × 90 cm pour les deux systèmes de production avec irrigation et sans irrigation, dans les deux zones géographiques mentionnées ci-dessus.

On enregistre la fixation photosynthétique du CO₂, c'est-à-dire le taux photosynthétique net, la conductance stomatique et l'efficacité de carboxylation sur dix plants dans chaque répétition, sur la 5^{ème} feuille sélectionnée à partir de l'extrémité de la pousse, à 10 heures et 11 h, en utilisant un Système Photosynthétique portable 6200 Licor (Nebraska, USA). On calcule l'efficacité d'utilisation physiologique de l'eau (pWUE) en tant que ratio de Pn/E (le ratio entre le taux photosynthétique et le taux de transpiration). L'intensité de la lumière au moment de l'enregistrement du taux photosynthétique est au-dessus du point de saturation de 900 μEm⁻²s⁻¹ et la concentration en CO₂ ambiant est de 330-350 ppm. On calcule les données sur le rendement foliaire respectivement cinq et trois fois avec les systèmes de production avec irrigation et sans irrigation, en suivant le calendrier des récoltes. On calcule la différence critique, les corrélations et les régressions au seuil de 5 % en suivant la méthode de Gomez et Gomez (1984).

RESULTATS ET DISCUSSION

L'expérience montre qu'il y a une grande variation du taux photosynthétique (Pn) de 9,16 à 10,06 μmoles de CO₂ m⁻² s⁻¹ avec irrigation, tandis qu'il est de 6,17 à 10,57 μmole CO₂ m⁻² s⁻¹ avec un système de production sans irrigation (Tableau I). On remarque un taux photosynthétique plus élevé chez les variétés qui sont cultivées selon un système de production irrigué par comparaison au système sans irrigation. Le Pn maximum est significativement plus élevé chez S-1635 (16,06 μmole de CO₂ m⁻² s⁻¹), suivie par V-1 (14,13 μmole de CO₂ m⁻² s⁻¹) et JRH (12,53 μmole CO₂ m⁻² s⁻¹) dans le système avec irrigation.

On observe la valeur Pn la plus faible chez LOCAL (6,17 μmole CO₂ m⁻² s⁻¹).

On observe une corrélation positive significative (r = 0,852 selon un système de production avec irrigation et r = 0,801 selon un système de production sans irrigation) entre le taux photosynthétique et le rendement foliaire (Fig. 1 et 2). Dans le système de production avec irrigation, S-1635 et V-1 présentent le gs, le pWUE et le CE (efficacité de carboxylation) les plus élevés. On observe la même tendance chez RFS-175. RFS-175 et C-1730 présentent les valeurs les plus élevées dans le système de production sans irrigation. Pareillement, on observe une corrélation positive entre gs, CE et pWUE et le rendement foliaire chez toutes les variétés de mûrier testées, selon respectivement des systèmes avec irrigation et sans irrigation (Figs. 1 et 2).

On enregistre une variation variétale plus importante de l'efficacité physiologique de l'eau (pWUE) chez la variété au Pn élevé S-1635 [610 g(CO₂) kg⁻¹ (H₂O)], surtout dans le système de production avec irrigation dans le sol alluvial du Gange plus que RFS-175 [410g(CO₂) kg⁻¹ (H₂O)], qui est cultivée dans un système de production sans irrigation, parce qu'il y a un rayonnement et une température plus élevés dans la zone sans irrigation (Tableau I). Nos résultats concordent fortement

avec ceux de Hung (1988), qui a rapporté une tendance identique avec le riz japonica. Chez les variétés à Pn élevé, le taux d'assimilation du CO₂ est positivement corrélé avec pWUE, gs et CE avec un système de production irrigué (respectivement $r = 0,988 ; 0,825 ; 0,969$, Fig 1) et avec un système de production sans irrigation (respectivement $r = 0,988 ; 0,792 ; 0,893$, Fig. 2). Kawamitsu et coll., (1989) ont aussi rapporté des résultats similaires (1989) chez le riz.

Le rendement foliaire est le plus élevé chez S-1635 ($40,97 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) suivie par V-1 ($32,56 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) et JRH ($32,50 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) dans la condition d'irrigation et RFS-175 ($13,55 \text{ t ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) suivie par C-1730 ($13,11 \text{ t ha}^{-1}$) avec le système de production sans irrigation, ce qui est peu par rapport au système avec irrigation, à cause de la faible disponibilité en eau du sol, due à la faible capacité de rétention de l'eau dans le sol, au rayonnement solaire élevé et à la température élevée pendant les saisons de récolte, ce qui confirme les résultats de Tatemichi 1970 ; de Benzioni et Itai, 1972, selon lesquels la variabilité génétique pour Pn chez les variétés de mûrier peut se manifester avec différents comportements phénotypiques, selon les différentes conditions environnementales.

Il est intéressant de noter qu'avec les deux systèmes de production, Pn, gs, CE et pWUE sont directement corrélés au rendement foliaire. Les facteurs stomatiques chez plusieurs cultures, comme *Triticum* (Farquhar et coll., 1988), *Phaseolus*, (White et coll., 1990) et *Gossypium* (Lu et coll., 1996) contrôlent la variabilité génétique de pWUE chez les plantes. Dans cette étude, on a aussi enregistré des observations similaires chez le mûrier. Ainsi, d'après cette étude et compte tenu de la supériorité des variétés par rapport à leur taux photosynthétique, à leur efficacité d'utilisation physiologique de l'eau, à la conductance stomatique, à l'efficacité de carboxylation et aux performances de rendement foliaire, selon un système de production avec irrigation et sans irrigation, on peut recommander la culture de S-1635 dans le sol alluvial du Gange dans des conditions d'irrigation et la culture de RFS-175 et C-1730 dans du sol de latérite rouge avec un système de production sans irrigation, respectivement dans les régions de l'est et du nord-est de l'Inde.

PERPETUATION AND EPIDEMIOLOGY OF *FUSARIUM PALLIDOROSEUM* (COOKE) SACC. THE CAUSAL PATHOGEN OF TWIG BLIGHT DISEASE OF MULBERRY (*MORUS* SPP) UNDER KASHMIR CONDITIONS

N.A. MUNSHI, M. Y. GHANI & N. A. MIR

Division of Sericulture, Sher-e-Kashmir University of Agricultural Sciences & Technology of Kashmir, Mirgund (Baramulla), Post Box No. 674, G.P.O. Srinagar, Kashmir – 190001, India.

Fusarium pallidoroseum (Cooke) Sacc. the causal pathogen of twig blight disease of mulberry perpetuate in diseased pruned twigs in the form of mycelium, conidia and chlamydo spores. Mycelium remained viable in the pruned twigs buried upto 75 cm deep in soil. The chlamydo spores bearing sporodochia per cutting increased with the increase in depth and were maximum (94.33%) at 75 cm depth and minimum (7.76%) at 0 cm depth. Pathogen was also found present throughout the year on intact blighted twigs. Maximum conidial density was recorded in July and August months. The highest chlamydo spore concentration was observed from December to February. Cent per cent conidial germination was recorded from May to November. There was significant and positive correlation between air temperature and density of conidia. Maximum disease development occurred in July and August and minimum in March and November but no disease developed from December to February. Positive but non-significant correlation existed between monthly growth of diseased portion and weather parameters studied. Chlamydo spores were observed in moist unsterilized and sterilized soil when seeded with conidia.

Keywords: Chlamydo spore, dormant mycelium, conidia, *Fusarium pallidoroseum*, mulberry, perpetuation, twig blight disease.

INTRODUCTION

Twig blight caused by *Fusarium pallidoroseum* (Cooke) Sacc. is one of the devastating disease of mulberry (*Morus* spp), prevalent in both temperate and tropical regions of the world wherever mulberry plants are grown (Govindaiah *et al.*, 1990; Gu *et al.*, 1990). The disease occurs in all types of mulberry (bush, dwarf and tall) plantation throughout Kashmir valley (Munshi *et al.*, 2004). Both exotic and indigenous varieties are susceptible to this disease with varying degree of tolerance/susceptibility (Munshi *et al.*, 2002). The disease results in blighting of twigs and leaves, causes dieback, basal rot and cutting rot thus affecting the quality and quantity of leaf. Many fungicides have been reported to be effective in combating the disease (Mandal, 1993); however, silkworm rearers are reluctant to use them because of economical and residual toxicity reasons. Many rhizosphere fungi have been reported to be antagonistic to this pathogen (Latha *et al.*, 1993; Munshi and Dar, 2004), but their foliar application is not effective being non-persistent on aerial parts. Reduction of initial inoculum potential is an important and economically viable method for the management of most of the plant diseases. In order to employ this eco-friendly disease management method, knowledge about the perpetuation of the pathogen is a pre-requisite. Therefore, the present study was undertaken to understand different modes of perpetuation of this pathogen under Kashmir conditions and to work out their correlation with meteorological parameters.

MATERIALS AND METHODS

Possibility of perpetuation of test pathogen during winter months (host dormancy) was worked out by observing diseased pruned twigs, diseased intact twigs and chlamydo spores.

Diseased pruned twigs:

Diseased cuttings var. Kanva-2 (15 × 1 cm) replicated thrice (5 cutting/replicate) were kept in a wire mesh at various depths (0, 15, 30, 45, 60 and 75 cm) in soil, in the month of December of each year. The cuttings were taken out in following March. The viability of mycelium of test pathogen was confirmed by isolating it from cortical tissue of these diseased cuttings. The viability of conidia was determined by recording their per cent germination in 0.5% sucrose solution after 18 hours of incubation in cavity slides. The percentage of sporodochia with chlamydo spore propagules per cutting was recorded at each depth. The experiment was repeated for three years (2001-2002, 2002-2003 and 2003-2004).

Diseased intact twigs:

Ten diseased cuttings of bush plants var. Kanva-2 (6 × 1 cm) were randomly excised from three blocks (each block representing replication) every ten days during 2001, 2002 and 2003. Each blighted cutting was further sliced into smaller pieces and washed thoroughly with 50 ml sterilized distilled water in a conical flask to dislodge spores. The density of conidia and chlamydo spores of causal pathogen and conidia of hyper-parasite *Trichothecium roseum* Link per ml of sterilized distilled water was determined with the help of haemocytometer. The viability of conidia was worked as above described. For all the above parameters mean for each month was worked out and mean of the three years was correlated with three years monthly mean meteorological data. Three years monthly mean density of chlamydo spores was also correlated with three years monthly mean density of spores of hyper-parasite.

Disease growth rate:

Ten plants of Kanva-2 variety were selected randomly from three blocks (each block representing a replication) each month and from each plant, one branch was inoculated with test fungus at the height of 60 cm from the crown. At the end of each month, the length of diseased portion of each branch was measured and presence or absence of sporulation was also recorded. The average growth rate in the active period was correlated with mean meteorological data similarly as above.

The data recorded during 3 years of experimentation was statistically analysed using randomised block design (factorial). The 3 year data was pooled after applying Bartlett's test of homogeneity of variance (Gomez and Gomez, 1984). Simple correlation analysis has been applied to obtain correlation co-efficient between monthly means and weather parameters.

Chlamydo spores of *F. pallidoroseum* in soil were observed by changes in conidia in moist unsterilized and sterilized soil (Nash *et al.*, 1961).

Five ml of conidial suspension of test fungus (1×10^8 spores per ml) obtained from 7 days old monospore culture was mixed with 20 g of moistened field soil and was kept in moist chamber for 12 hourly observations. For each observation a small portion of soil was mixed with sterilized distilled water in a test tube to make slurry with the help of sterilized scalpel. The slurry was divided into two parts. To one part, dilute acid Fuchsin stain and to other, cotton blue stain, were added. Drops of two smears were observed on slides under microscope (15 × 40X) for conidial germination and chlamydo spores formation.

Changes in conidia in sterilized soil were observed with the same procedure but only doubly sterilized soil (at 1.2kg cm⁻² for 2 hours with 24 hours gap between two sterilization i.e. intermittent sterilization) was used. Confirmation of sterilizations was done by spreading 2 mg of sterilized soil directly on potato dextrose agar plates to observe any growth.

RESULTS AND DISCUSSION

Test pathogen remained viable within the host tissue during overwintering (December-March) at all the depths (Table I). Sporodochia bearing chlamydospore propagules per cutting varied significantly at different depths. Their population per cutting increased with the increase in depth. Maximum of sporodochia (94.35%) were filled with chlamydospore propagules at 75 cm depth and minimum of (7.76%) at 0 cm depth. There was no significant difference in percentage of sporodochia filled with chlamydospores at 30 and 45 cm depths.

The viability of conidia showed decline with the increase of depth. Maximum germination (98.73%) was recorded in conidia obtained from cuttings kept at 0 cm depth and minimum (69.51%) in conidia obtained from cuttings kept at 75 cm depth. The viability of conidia at 60 and 75 cm depths were significantly identical.

Table I. Overwintering of *Fusarium pallidoroseum* on host tissue buried at different depths of soil (mean of three years).

Tableau I. Hibernation de Fusarium pallidoroseum sur le tissu hôte enterré à plusieurs profondeurs de sol (moyenne de trois années).

Depth (cm)	Viability of mycelium	Average percentage of sporodochia filled with chlamydospore propagules	Viability of macroconidia (% germination)
<i>Profondeur (cm)</i>	<i>Viabilité du mycelium</i>	<i>Pourcentage moyen de sporodoches remplis de propagules de chlamydospore</i>	<i>Viabilité des macroconidies (% de germination)</i>
		Mean ± SE <i>Moyenne ± Ecart type</i>	Mean ± SE <i>Moyenne ± Ecart type</i>
0	+	7.76 ± 0.35 (16.16)f	98.73 ± 1.35 (85.38)a
15	+	42.62 ± 5.54 (40.72)e	93.48 ± 4.18 (75.80)b
30	+	71.59 ± 0.87 (57.85)c	84.33 ± 4.50 (66.95)c
45	+	69.28 ± 4.94 (56.47)cd	75.82 ± 2.55 (60.61)d
60	+	84.34 ± 2.15 (67.16)b	71.04 ± 2.02 (57.51)ef
75	+	94.33 ± 2.22 (79.83)a	69.51 ± 0.54 (56.43)ef
		CD (P = 0.05) (4.04)	CD (P=0.05) (2.60)

1. Figures in parenthesis are angular transformed values. / *Les chiffres entre parenthèses sont les valeurs angulaires transformées.*

2. Means followed by similar letter (s) are statistically identical / *Les moyennes suivies par une / des lettre(s) similaire(s) sont identiques sur le plan statistique.*

Table II . Density and viability of conidia, density of chlamydo spores of *Fusarium pallidoro seum* and density of conidia of *Trichothecium roseum* on intact blighted twigs under natural epiphytotics.

Tableau II. Densité et viabilité des conidies, densité des chlamydo spores de *Fusarium pallidoro seum* et densité des conidies de *Trichothecium roseum* sur des rameaux non taillés atteints par la flétrissure dans le cadre d'une épiphytie naturelle.

Month	<i>Fusarium pallidoro seum</i>			<i>Trichothecium roseum</i>
	Density of conidia (spores/ml × 10 ⁴)	Viability of conidia (% germination)	Density of of chlamydo spore (spores / ml × 10 ⁴)	Density of conidia (spores / ml × 10 ⁴)
	Mean ± SE	Mean ± SE	Mean ± SE	Mean ± SE
Mois	<i>Fusarium pallidoro seum</i>			<i>Trichothecium roseum</i>
	Densité des conidies (spores / ml × 10 ⁴)	Viabilité des conidies (% de germination)	Densité des chlamydo spores (spores/ml × 10 ⁴)	Densité des conidies (spores/ml × 10 ⁴)
	Moyenne ± Ecart type	Moyenne ± Ecart type	Moyenne ± Ecart type	Moyenne ± Ecart type
Jan.	8.84 ^g ± 0.77	85.84 ± 1.35 (67.96) ^d	23.93 ^a ± 6.87	0.00 ± 0
Feb. / Fev.	12.1 ^g ± 3.70	88.55 ± 1.40 (70.45) ^c	26.21 ^a ± 0.56	0.00 ± 0
March / Mars	38.33 ^{ef} ± 3.92	97.02 ± 3.34 (82.62) ^b	16.10 ^b ± 3.22	0.00 ± 0
April / Avril	100.05 ^d ± 16.01	99.63 ± 0.52 (88.15) ^a	8.27 ^c ± 2.43	0.12 ^d ± 0.17
May / Mai	195.74 ^c ± 15.58	100.0 ± 0.0 (90.0) ^a	1.91 ^d ± 0.79	1.16 ^c ± 0.65
June / Juin	274.26 ^g ± 21.27	100.0 ± 0.0 (90.0) ^a	0.42 ^d ± 0.22	1.77 ^b ± 0.26
July / Juillet	350.9 ^g ± 8.19	100.0 ± 0.0 (90.0) ^a	0.12 ^e ± 0.10	2.32 ^a ± 2.39
Aug. / Août	338.53 ^g ± 25.88	100.0 ± 0.0 (90.0) ^a	0.31 ^d ± 0.43	1.31 ^b ± 0.89
Sept.	210.57 ^g ± 77.16	100.0 ± 0.0 (90.0) ^a	0.78 ^d ± 0.56	1.37 ^b ± 0.87
Oct.	106.14 ^g ± 42.51	100.0 ± 0.0 (90.0) ^a	2.62 ^d ± 1.52	1.30 ^{bc} ± 0.33
Nov.	47.35 ^g ± 22.66	100.0 ± 0.0 (90.0) ^a	8.87 ^c ± 5.68	0.20 ^d ± 0.07
Dec.	20.10 ^g ± 3.54	97.57 ± 1.66 (82.25) ^b	24.28 ^a ± 9.81	0.00 ± 0
	CD (P=0.05) 23.46	CD (P=0.05) (1.99)	CD (P=0.05) 2.37	CD (P=0.05) 0.48

1. Figures in parenthesis are angular transformed values. / Les chiffres entre parenthèses sont les valeurs angulaires transformées.

2. Means followed by similar letter (s) are statistically identical. / Les moyennes suivies par une / des lettre(s) similaire(s) sont identiques sur le plan statistique.

Table III. Correlation of density of conidia and chlamydo-spores of *Fusarium pallidoroseum* with meteorological data and density of chlamydo-spores of *F. pallidoroseum* with spores of *Tricothecium roseum* (mean of 3 years)

Tableau III. Corrélation entre la densité des conidies et des chlamydo-spores de *Fusarium pallidoroseum* et les données météorologiques et entre la densité des chlamydo-spores de *F. pallidoroseum* et les spores de *Tricothecium roseum* (moyenne de 3 ans).

Meteorological parameters (mean of months)	Monthly mean density (spores per ml)		
	<i>F. pallidoroseum</i>		<i>T. roseum</i>
	Conidia	Chlamydo-spores	Conidia
	(Correlation coefficient)	(Correlation coefficient)	(Correlation coefficient)
Paramètres météorologiques (moyenne mensuelle)	Densité moyenne mensuelle		
	<i>F. pallidoroseum</i>		<i>T. roseum</i>
	Conidies	Chlamydo-spores	Conidies
	(Coefficient de corrélation)	(Coefficient de corrélation)	(Coefficient de corrélation)
Min. temperature (°C) / Température min. (°C)	0.9784*	-0.8709*	-
Max. temperature (°C) / Température max. (°C)	0.9268*	-0.9696*	-
Rainfall (mm) / Précipitations (mm)	0.0298	0.2123	-
No. of rainy days (%) / Nbre de jours de pluie (%)	0.0653	0.1308	-
Min. relative humidity (%) / Humidité relative min. (%)	-0.4410	0.7373*	-
Max. relative humidity (%) / Humidité relative maximum (%)	-0.5896*	0.7854*	-
Density of chlamydo-spores / Densité des chlamydo-spores	-	-	-0.8372*

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

Conidia of test fungus were present throughout the year on intact blighted twigs (Table II). The density was maximum (350.9×10^4 spores ml^{-1}) in the month of July and minimum (8.84×10^4 spores ml^{-1}) in January. However conidial density recorded in August (338.53×10^4 spores ml^{-1}) was identical with that recorded in July. Similarly conidial density of 12.1×10^4 and 20.1×10^4 spores ml^{-1} recorded in February and December respectively were not dissimilar from that obtained in January. Density increased abruptly from the month of April each year but declined after September. All the

conidia were viable from April to November but in no case viability was less than 85.84% in other months. Chlamydospores were also present during each month of the year. Their density was maximum (26.21×10^4 spores ml^{-1}) in the month February and minimum (0.12×10^4 spores ml^{-1}) in the month of July. Chlamydospore density of 23.93×10^4 and 24.28×10^4 spores ml^{-1} recorded in January and December respectively were not statistically different from that recorded in February. *Trichothecium roseum* were also observed during most of the months from April to November.

Density of conidia is significantly positively correlated with temperatures (Table III). It showed positive but non-significant correlation with rainfall and number of rainy days. There was negative but non-significant correlation with minimum relative humidity and negatively significant correlation with maximum relative humidity. Density of chlamydospores is significantly negatively correlated with minimum and maximum temperatures. It showed positive but non-significant correlation with rainfall and number of rain days. Density of chlamydospores was significantly positively correlated with minimum and maximum relative humidity.

There also existed negative and significant correlation between density of chlamydospores of test fungus and density of spores of hyper-parasite (*Trichothecium roseum*).

Maximum disease development (23.27cm) occurred in the month of July and minimum (1.87cm) in the month of November, no disease development occurred in January, February and December (Table IV). Disease development of 21.97cm in the month of August was identical with that recorded in July. Similarly, disease development occurred in March (2.12cm) was not dissimilar from that recorded in November. All the twigs inoculated during April to October sporulated but less than 6.66% sporulated in March. A positive but non-significant correlation existed between the monthly length of diseased portion and weather parameters (Table V) like minimum and maximum temperature, rainfall, number of rainy days, minimum and maximum related humidity.

When spore suspension of conidia of test fungus was mixed with unsterilized soil most of the conidia germinated into short germ tubes of 2-5 μm average length within 72 hours but eventually within 2 weeks time all the germ tubes were converted into chlamydospores. Some conidia did not germinate whereas their cells rounded up developed thick wall and got converted into chlamydospores.

When conidial suspension was mixed with sterilized soil the conidia germinated within 48 to 72 hours, produced extensive mycelium in soil within 2-3 weeks time. But with the drying of soil, portions of mycelia were converted into chains of chlamydospores.

The viability of mycelium within the host tissue can be attributed to the facultative parasitic nature of the test pathogen. The increase in the proportion of sporodochia bearing chlamydospores propagules with the increase of depth of placement has been attributed to increased nutrient starvation and microbial action on nutrient coatings of conidia (Meyers and Cook, 1972). Although removal of infected twigs from the field has been recommended for management of the disease, few works have been reported on the role of pruned diseased twigs in perpetuation of twig blight pathogen (*F. pallidoroseum*). Leslie *et al.* (1990) isolated *F. pallidoroseum* along with other species of the genus from plant debris both in corn and soybean fields. Singh *et al.* (1983) reported that *F. pallidoroseum* perpetuated on the infected pods, seed and branches of Su-babul (*Leucaena leucocephala*) which has fallen on the ground.

The occurrence of pathogen throughout the year in the form of conidia on intact diseased twigs can be attributed to perennial nature of the host. Variation in the density of conidia and chlamydospores of test fungus can be due to variation in temperature and seasonal physiological changes in host plant (Price, 1984). Onazowa (1958) reported that total sugars decreased markedly during winter months and gradually increase during growing season. Similarly, nitrogen is also made available to the plant due to application of nitrogen fertilizers during growing season. These two sources together with optimum temperature results in heavy sporulation, thus positive correlation. These conditions favour the fungal growth and sporulation even in *in-vitro* studies (Munshi, 1998). In winter months leaf is not available and no photosynthesis occurs; this results in starvation of the

pathogen. This also leads to chlamyospore formation, necessary for survival of the pathogen. No work has been done on this aspect earlier; however, Marchants (1984) reported that no single factor acts as a universal trigger for sporulation.

Table IV. Monthly mean increase in length of blighted portion of inoculated twigs and their percentage with sporulation in the field.

Tableau IV. Augmentation moyenne mensuelle en longueur des parties des rameaux inoculés atteints par la flétrissure et pourcentage de sporulation sur le terrain.

Month	Mean length of diseased portion (cm)	Percentage of twigs with sporulation
	Mean \pm SE	Mean \pm SE
Mois	Longueur moyenne de la partie malade (cm)	Pourcentage de rameaux avec sporulation
	Moyenne \pm Ecart type	Moyenne \pm Ecart type
Jan.	0.00 ^f \pm 0.00	0.00 \pm 0.0 (2.86) ^d
Feb. / Fev.	0.00 ^f \pm 0.00	0.00 \pm 0.0 (2.86) ^d
March / Mars	2.12 ^c \pm 1.46	6.66 \pm 9.42 (10.59) ^c
April / Avril	7.01 ^d \pm 0.62	100 \pm 0.0 (90.0) ^a
May / Mai	12.91 ^c \pm 0.40	100 \pm 0.0 (90.0) ^a
June / Juin	15.92 ^b \pm 1.45	100 \pm 0.0 (90.0) ^a
July / Juillet	23.27 ^a \pm 1.62	100 \pm 0.0 (90.0) ^a
Aug. / Août	21.97 ^a \pm 4.13	100 \pm 0.0 (90.0) ^a
Sept.	14.49 ^{bc} \pm 0.41	100 \pm 0.0 (90.0) ^a
Oct.	8.66 ^d \pm 0.71	76.66 \pm 32.99 (71.0) ^b
Nov.	1.87 ^c \pm 5.61	0.00 \pm 0.00 (2.86) ^d
Dec.	0.00 ^f \pm 0.00	0.00 \pm 0.00 (2.86) ^d
	CD (P=0.05) 1.70	CD (P=0.05) 1.50

1. Figures in parenthesis are angular transformed values. / *Les chiffres entre parenthèses sont les valeurs angulaires transformées.*

2. Means followed by similar letter (s) are statistically identical. / *Les moyennes suivies par une / des lettre(s) similaires sont identiques sur le plan statistique.*

Table V. Correlation between length of the blighted portion of inoculated twigs and meteorological data (April-Oct) variety Kanva-2 (Mean of three years).

Tableau V. Corrélation entre la longueur de la partie flétrie des rameaux inoculés et les données météorologiques (avril-oct.) chez la variété Kanva-2 (Moyenne de trois années).

Meteorological parameters (mean of months)	Monthly mean length of diseased portion (Correlation coefficient)
<i>Paramètres météorologiques (moyenne mensuelle)</i>	<i>Longueur moyenne mensuelle de la partie malade (Coefficient de corrélation)</i>
Min. temperature (°C) / <i>Température min. (°C)</i>	0.6539
Max. temperature (°C) / <i>Température max. (°C)</i>	0.3302
Rainfall (mm) / <i>Précipitations (mm)</i>	0.7078
No. of rainy days (%) / <i>Nbre de jours de pluie (%)</i>	0.5963
Min. relative humidity (%) / <i>Humidité relative minimum (%)</i>	0.4030
Max. relative humidity (%) / <i>Humidité relative maximum (%)</i>	0.1850

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

High rate of disease development in summer months is attributed to good nutritional status of the host plant and optimum weather conditions for pathogen. The results obtained during present studies confirms the findings of Shirata *et al.* (1979), who observed that lesion development vary with assortment of season, fungal species involved and the temperature. The results are also in accordance with the observation made by Siddaramaiah and Hegde (1988) and Sharma *et al.* (1996).

The conversion of conidia into chlamydospores in unsterilized soil can be attributed to rapid utilization of nutrient slime coating by other soil micro-organisms particularly bacteria, which results in abrupt starvation of conidium germling (Meyer and Cook, 1972). In sterilized soil since other microorganism are absent, much mycelium was produced, which, after sometime because of nutritional starvation, got converted into chlamydospores. Nash *et al.* (1961) reported that conidia of *F. solani* in soil are converted into chlamydospores within a few days and those not converted lyse. Thus it is clear that pathogen perpetuates in that form of mycelium and conidia on host tissue on pruned and intact disease twigs and as chlamydospore on diseased twigs and in soil.

REFERENCES

- GOMEZ A.K. & GOMEZ, A.A. (1984). Statistical procedures for Agricultural Research. An International Rice Research Institute Book. Eds. John Willey & Sons, Wiley Intersciences Publication, New York. pp. 680.

- GOVINDAIAH, SHARMA D.D., SINGHAI, B.K. & SANGUPTA, K. (1990). *Fusarium pallidoroseum* (Cooke) Sacc. A new pathogen causing leaf blight in mulberry. Indian J. Seric. 29 : 291-292.
- GU, Z.F., WANG, G.C., BOA, J.R. (1990). Studies on the *Fusarium* species occurring on mulberry plants in ZheJiang Province. Acta Agriculturae Universitatis ZheJiangensis 16(Suppl-2) : 269-274.
- LATHA, J.S., GOVINDAIAH & DATTA, R.K. (1993). *In vitro* toxic effect of culture filtrates of *Trichoderma* species against *Fusarium pallidoroseum* causing leaf blight in mulberry. Indian J. Seric. 32 : 121-123.
- LESLIE, J.F., PEARSON, C.A.S., NELSON, P.E. & TOUSSOM, T.A. (1990). *Fusarium* spp. from corn, sorghum and soybean fields in the Central and Eastern United States. Phytopath. 80 : 343-350.
- MANDAL, S.K. (1993). Twig blight and a new leaf spot disease of mulberry. Indian Silk 32 : 51-52.
- MARCHANT R. (1984). The ultrastructure and physiology of sporulation in *Fusarium*. in : The Applied Mycology of *Fusarium* (Eds. M.S. Moss and J.E. Smith). British Mycological Society. Cambridge University Press, London, pp 15-38.
- MEYERS J.A. & COOK, R.J. (1972). Induction of chlamydospore formation in *Fusarium solani* by abrupt removal of the organic carbon substrate. Phytopath. 62 : 1148-1153.
- MUNSHI, N.A. (1998). Studies on the Fusarial blight of mulberry (*Morus* sp.). Ph.D thesis submitted to S.K. University of Agricultural Sciences & Technology (J&K), Shalimar, Srinagar, pp. 198.
- MUNSHI N.A. & DAR G.H. (2004). *In vitro* evaluation of some locally isolated microfungi for antagonism against mulberry fusarial blight pathogen [*Fusarium pallidoroseum* (Cook) Sacc.]. Sericol. 44 : 341-346.
- MUNSHI N.A., LONE A.H., MIR S.A. AND RAJA, T.A. (2003). Effect of pruning season, pruning method and spacing on twig blight (*Fusarium pallidoroseum*) of mulberry (*Morus* sp.). Appl. Biol. Res. 5 : 28-31.
- MUNSHI N.A., TANKI, T.N., ZARGAR, M.A., SUHAF, K.A. AND DAR H.U. (2004). Effect of variety and plantation system on intensity of twig blight disease (*Fusarium pallidoroseum*) of mulberry (*Morus* sp.). SKUAST J. Res. 6 : 95-100.
- NASH, S.M., CHRISTOU, T. AND SYNDER W.C. (1961). Existence of *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* as chlamydospores in soil. *Phytopath.* 51 : 308-312.
- ONOZAWA, Y. (1958). Studies on the mulberry blight (1) on the physiological characters in relation to varietal differences of resistance to mulberry blight. Japan J. Breed. 7 : 186-190.
- PRICE, D. (1984). *Fusarium* and Plant Pathology: the reservoir of infection. Page 71-93. in : *The Applied Mycology of Fusarium* (Eds. M.O. Moss and J.E. Smith). British Mycological Society IV-Serix. Cambridge University Press, London. pp. 264.
- SHARMA D.D., GOVINDAIAH, GHOSH, A., PHILIP, A., AMBIAKA, P.K. & CHOUDHURY P.C. (1996). Effect of season, spacing, host genotype and fertilizer doses on the incidence of major foliar diseases in mulberry. Indian J. Seric. 35 : 57-61.
- SHIRATA, A., ITOI, S., TAKAHASHI, K. AND ISHII, T. (1979). Effect of temperature on fungal growth and pathogenicity of *Fusarium* spp isolated from mulberry twig blight and tolerance of the isolate to the antifungal substances organized from mulberry shoot. Bull. Seric. Expt. Stn. 27 : 807-830.
- SIDDARAMAIAH, A.L. AND HEGDE, R.K. (1988). A new root and leaf blight of mulberry seedlings from India. Indian J. Seric. 27 : 161.
- SINGH, S., KHAN, S.N. AND MISRA, B.M. (1983). Gummosis, brown spot and seedling mortality of Su-babul 2 : Epidemiology and control of the disease. The Indian For. 109 : 810-815.

PERSISTANCE ET EPIDEMIOLOGIE DE *FUSARIUM PALLIDOROSEUM* (COOKE) SACC., LE PATHOGENE RESPONSABLE DE LA MALADIE DE LA FLÉTRISSURE DES RAMEAUX CHEZ LE MURIER (*MORUS* SPP.) DANS LES CONDITIONS DU CACHEMIRE

N. A. MUNSHI, M. Y. GHANI & N. A. MIR

Division of Sericulture, Sher-e-Kashmir University of Agricultural Sciences & Technology of Kashmir, Mirgund (Baramulla), Post Box No. 674, G. P.O. Srinagar, Kashmir -190 001, Inde.

Fusarium pallidroseum (Cooke) Sacc., le pathogène responsable de la maladie de la flétrissure des rameaux se maintient sur les brindilles, sous formes de mycélium, de conidies et de chlamydospores. Le mycélium demeure viable chez les rameaux taillés jusqu'à une profondeur de 75 cm dans le sol. Les chlamydospores qui portent des sporodoches sur les boutures augmentent avec la profondeur et sont maximum (94,33 %) à 75 cm de profondeur et minimum (7,76 %) à 0 cm de profondeur. On constate que le pathogène est également présent pendant toute l'année sur des rameaux non taillés atteints par la flétrissure. On enregistre la densité conidiale maximum pendant les mois de juillet et d'août. On observe la concentration la plus élevée en chlamydospores de décembre à février. On enregistre 100 % de germination conidiale de mai à novembre. Il existe une corrélation significative et positive entre la température de l'air et la densité des conidies. Le développement maximum de la maladie se produit en juillet et en août et le développement minimum en mars et en novembre, mais aucune maladie ne se développe de décembre à février. Il existe une corrélation positive mais non-significative entre la croissance mensuelle de la partie malade et les paramètres météorologiques étudiés. On observe des chlamydospores dans du sol humide non stérilisé et stérilisé, quand on les ensemence avec des conidies.

INTRODUCTION

La maladie de la flétrissure provoquée par *Fusarium pallidroseum* (Cooke) Sacc. est l'une des maladies qui dévastent le mûrier (*Morus* spp), présente à la fois dans les zones tempérées et tropicales du monde où l'on cultive les mûriers (Govindaiah et coll., 1990 ; Gu et coll., 1990). La maladie est présente chez tous les types de plantations de mûrier (en buissons, de taille naine et de grande taille) tout le long de la vallée du Cachemire (Munshi et coll., 1990). Les variétés exotiques et indigènes sont sensibles à cette maladie à un degré variable (Munshi et coll., 2002). La maladie entraîne la flétrissure des rameaux et des feuilles, le dépérissement, la pourriture basale et la pourriture des boutures, ce qui affecte la qualité et la quantité de feuilles. Il a été rapporté que de nombreux fongicides sont efficaces pour combattre la maladie (Mandal, 1993) ; cependant, les éleveurs de vers à soie sont réticents à les utiliser pour des raisons économiques et de toxicité résiduelle. Des rapports ont été publiés sur de nombreux champignons de la rhizosphère, qui sont antagonistes pour ce pathogène (Latha et coll., 1993 ; Munshi et Dar, 2004), mais leur application foliaire n'est pas efficace car elle est non persistante sur les parties aériennes. La diminution du potentiel de l'inoculum initial est une méthode importante et viable sur le plan économique pour gérer la plupart des maladies des plantes. Pour employer cette méthode de gestion des maladies non nuisible à l'environnement, il est nécessaire de savoir comment se maintient le pathogène. Nous avons donc entrepris cette étude pour comprendre

les différents modes de persistance de ce pathogène dans les conditions du Cachemire et pour étudier leur corrélation avec les paramètres météorologiques.

MATERIELS ET METHODES

Nous avons étudié la persistance du pathogène pendant les mois d'hiver (dormance de l'hôte) en observant les rameaux taillés malades, les rameaux non taillés malades et les chlamydospores.

Rameaux taillés malades :

On conserve les boutures malades de la variété Kanva-2 (15 × 1 cm) en trois répétitions (5 boutures / répétition), dans un grillage métallique à des profondeurs variées (0, 15, 30, 45, 60 et 75 cm) dans le sol, pendant le mois de décembre de chaque année. On sort les boutures au mois de mars suivant. On confirme la viabilité du mycélium du pathogène testé en l'isolant du tissu cortical des boutures malades. On détermine la viabilité des conidies en enregistrant leur pourcentage de germination dans une solution de saccharose à 0,5 % après 18 heures d'incubation dans des porte-lamelles de verre creux. On enregistre le pourcentage de sporodoches avec des propagules de chlamydospore par bouture à chaque profondeur. On répète l'expérience pendant les trois années. (2001- 2002, 2002-2003 et 2003-2004).

Rameaux non taillés malades :

On excise de manière aléatoire dix boutures malades de plants de la variété Kanva-2 (6 × 1 cm), sous forme de buissons, provenant de trois blocs (chaque bloc représentant une répétition), tous les dix jours en 2001, 2002 et 2003. On coupe à nouveau chaque bouture flétrie en plus petits morceaux et on les lave soigneusement avec 50 ml d'eau distillée stérilisée dans une fiole conique pour déplacer les spores. On détermine la densité des conidies et des chlamydospores du pathogène responsable et les conidies de l'hyper parasite *Trichothecium roseum* Link par ml d'eau distillée stérilisée à l'aide d'un hémocytomètre. On étudie la viabilité des conidies d'après la description ci-dessus. Pour tous les paramètres, on calcule la moyenne de chaque mois et on fait la corrélation entre la moyenne des trois années avec la moyenne mensuelle pour les données météorologiques sur trois ans. On fait aussi la corrélation entre la densité moyenne mensuelle des chlamydospores sur trois ans avec la densité moyenne mensuelle des spores des parasites sur trois ans.

Taux de croissance de la maladie :

On sélectionne au hasard dix plants de la variété Kanva-2 sur trois blocs (chaque bloc représentant une répétition) chaque mois et sur chaque plant, on inocule une branche avec le champignon à 60 cm de hauteur à partir de la cime. A la fin de chaque mois, on mesure la longueur de la partie malade de chaque branche et on enregistre aussi la présence ou l'absence de sporulation. On établit la corrélation entre le taux de croissance moyen pendant la période active et les données météorologiques de la même manière que plus haut.

On analyse statistiquement les données enregistrées pendant les 3 années d'expérience en utilisant une conception aléatoire en blocs (factorielle). On regroupe les données des trois années, après avoir appliqué le test d'homogénéité de variance de Bartlett (Gomez et Gomez, 1984). On applique l'analyse de corrélation simple pour obtenir le coefficient de corrélation entre les moyennes mensuelles et les paramètres météorologiques.

On observe les chlamydospores de *F. pallidoroseum* dans le sol d'après les changements des conidies dans du sol non stérilisé et stérilisé (Nash et coll., 1961).

On mélange cinq ml de suspension conidiale du champignon testé (1×10^8 spores par ml), obtenue à partir d'une culture monosporique de 7 jours, avec 20 g de sol humidifié provenant du terrain et on le conserve dans un compartiment humide pour des observations toutes les douze heures. Pour chaque observation, on mélange une petite portion de sol avec de l'eau distillée stérilisée dans un tube

à essai pour faire un mélange boueux à l'aide d'un scalpel stérilisé. On divise le mélange boueux en deux parties. On ajoute à une partie du colorant Fuchsin acide dilué et à l'autre, un colorant bleu coton. On observe des gouttes des deux prélèvements sur des lames sous un microscope ($15 \times 40 X$) par rapport à la germination conidiale et à la formation de chlamydo-spores.

On observe les changements des conidies dans du sol stérilisé avec la même procédure mais on utilise seulement du sol doublement stérilisé (à $1,2 \text{ kg cm}^{-2}$ pendant 2 heures avec un intervalle de 24 h entre deux stérilisations, c'est-à-dire une stérilisation intermittente). On procède à la confirmation des stérilisations en étalant 2 mg de sol stérilisé directement sur des plaques d'agar de dextrose de pomme de terre pour observer la croissance.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le pathogène testé demeure viable dans le tissu de l'hôte au cours de l'hibernation (décembre – mars) à toutes les profondeurs (Tableau I). Les sporodoches qui portent des propagules de chlamydo-spore sur les boutures varient significativement à différentes profondeurs. Leur population par bouture augmente avec la profondeur. Le maximum de sporodoches (94,35 %) est rempli de propagules de chlamydo-spore à 75 cm de profondeur et il y en a le minimum (7,76 %) à 0 cm de profondeur. Il n'y a pas de différence significative pour le pourcentage de sporodoches remplis de chlamydo-spores aux profondeurs de 30 et 45 cm.

La viabilité des conidies baisse avec l'augmentation de la profondeur. On enregistre la germination maximum (98,73 %) chez les conidies obtenues à partir de boutures conservées à 0 cm de profondeur et la germination minimum (69,51 %) chez les conidies provenant de boutures à 75 cm de profondeur. La viabilité des conidies à des profondeurs de 60 et 75 cm de profondeur est statistiquement identique.

Les conidies du champignon testé sont présentes pendant toute l'année sur les rameaux non taillés atteints par la flétrissure (Tableau II). La densité est maximum ($350,9 \times 10^4 \text{ spores ml}^{-1}$) pendant les mois de juillet et minimum ($8,84 \times 10^4 \text{ spores ml}^{-1}$) en janvier. Cependant, la densité conidiale enregistrée en août ($338,53 \times 10^4 \text{ spores ml}^{-1}$) est identique à celle enregistrée en juillet. De même, la densité conidiale de $12,1 \times 10^4$ et de $20,1 \times 10^4 \text{ spores}^{-1}$ enregistrée respectivement en février et en décembre n'est pas différente de celle obtenue en janvier. La densité augmente brutalement à partir du mois d'avril chaque année, mais baisse après septembre. Toutes les conidies sont viables d'avril à novembre mais la viabilité n'est jamais inférieure à 85,84 % pendant les autres mois. Les chlamydo-spores sont aussi présentes pendant chaque mois de l'année. Leur densité est maximum ($26,21 \times 10^4 \text{ spores ml}^{-1}$) pendant le mois de février et minimum ($0,12 \times 10^4 \text{ spores ml}^{-1}$) pendant le mois de juillet. La densité des chlamydo-spores de $23,93 \times 10^4$ et de $24,28 \times 10^4 \text{ spores ml}^{-1}$ enregistrée respectivement en janvier et en décembre n'est pas différente statistiquement de celle enregistrée en février. On observe aussi *Trichothecium roseum* pendant les mois d'avril à novembre.

La densité de conidies est significativement corrélée de manière positive avec les températures (Tableau III). Elle présente une corrélation positive mais non significative avec les précipitations et le nombre de jours de pluie. Il y a une corrélation négative mais non significative avec l'humidité relative minimum et une corrélation négativement significative avec l'humidité relative maximum. La densité des chlamydo-spores est négativement corrélée de manière significative avec les températures minimum et maximum. Elle présente une corrélation positive mais non significative avec les précipitations et le nombre de jours de pluie. La densité des chlamydo-spores est positivement corrélée de manière significative avec l'humidité relative minimum et maximum.

Il existe aussi une corrélation négative et significative entre la densité des chlamydo-spores du champignon testé et la densité des spores de l'hyper parasite (*Trichothecium roseum*).

Le développement maximum de la maladie (23,27 cm) se produit pendant les mois de juillet et le développement minimum (1,87 cm) pendant le mois de novembre, il ne se produit pas de développement de la maladie en janvier, février et décembre (Tableau IV). Le développement de la

maladie de 21,97 cm pendant le mois d'août est identique à celui enregistré en juillet. De même, le développement de la maladie qui se produit en mars (2,12 cm) n'est pas différent de celui enregistré en novembre. Tous les rameaux inoculés d'avril à octobre sporulent, mais moins de 6,66 % sporulent en mars. Il existe une corrélation positive mais non significative entre la longueur mensuelle de la partie malade et les paramètres météorologiques (Tableau V), comme la température minimum et maximum, les précipitations, le nombre de jours de pluie, l'humidité minimum et maximum associées.

Quand on mélange la suspension de spores des conidies du champignon testé avec du sol non stérilisé la plupart des conidies germent en petits tubes germinatifs d'une longueur moyenne de 2-5 μm , en l'espace de 72 heures et finalement en l'espace de 2 semaines tous les tubes germinatifs se convertissent en chlamydo-spores. Certaines conidies ne germent pas tandis que leurs cellules s'arrondissent et développent une paroi épaisse et se convertissent en chlamydo-spores.

Quand on mélange la suspension conidiale avec du sol stérilisé, les conidies germent en l'espace de 48 à 72 heures, produisent un mycélium étendu dans le sol en l'espace de 2 à 3 semaines. Mais avec l'assèchement du sol, les parties du mycélium se convertissent en chaînes de chlamydo-spores.

On peut attribuer la viabilité du mycélium à l'intérieur du tissu de l'hôte à la nature parasitaire facultative du pathogène testé. On attribue l'augmentation de la proportion de sporodoches portant des propagules de chlamydo-spores avec l'augmentation de la profondeur de placement, à l'augmentation de la sous-alimentation en nutriments et l'action microbienne sur les couches de nutriments des conidies (Meyers et Cook, 1972). Bien qu'on ait recommandé le retrait des rameaux infestés du terrain pour la gestion de la maladie, on a rapporté peu de travaux sur le rôle des rameaux malades taillés dans le maintien du pathogène de la flétrissure des rameaux (*F. pallidoroseum*). Leslie et coll., (1990) ont isolé *F. pallidoroseum* ainsi que d'autres espèces du genre de débris de plantes à la fois dans des champs de maïs et de soja. Singh et coll., (1983) ont rapporté que *F. pallidoroseum* se maintient sur les gousses, les graines et les branches infestées de Su-babul (*Leucaena leucocephala*), qui sont tombées sur le sol.

On peut attribuer la présence du pathogène pendant toute l'année, sous la forme de conidies, sur les rameaux non taillés malades à la nature pérenne de l'hôte. La variation de la densité des conidies et des chlamydo-spores du champignon peut être due à la variation de la température et aux changements physiologiques saisonniers chez la plante hôte (Price, 1984). Onazowa (1958) a rapporté que l'ensemble des sucres baisse de manière marquée pendant les mois d'hiver et augmente progressivement pendant la saison de croissance. De même, l'azote est également disponible pour la plante pendant la saison de croissance grâce à l'application d'engrais azotés. Ces deux sources ainsi que la température optimale entraînent une forte sporulation et donc une corrélation positive. Ces conditions favorisent la croissance fongique et la sporulation même dans les études *in vitro* (Munshi, 1998). Pendant les mois d'hiver, il n'y a pas de feuilles disponibles et il ne se produit pas de photosynthèse, ce qui entraîne la famine du pathogène. Cela entraîne aussi la formation de chlamydo-spores, nécessaires à la survie du pathogène. Aucune étude n'a été entreprise sur cet aspect auparavant, cependant, Marchants (1984) a rapporté qu'aucun facteur unique n'agit comme déclencheur universel de la sporulation.

On attribue le taux élevé de développement de la maladie pendant les mois d'été au bon état nutritionnel de la plante hôte et aux conditions météorologiques optimales pour le pathogène. Les résultats obtenus pendant ces études confirment les observations de Shirata et coll., (1979), qui ont observé que le développement des lésions varie avec les saisons, les espèces de champignons impliquées et la température. Les résultats sont aussi en accord avec les observations de Siddaramaiah et Hegde (1988) et de Sharma et coll., (1996).

On peut attribuer la conversion des conidies en chlamydo-spores dans du sol stérilisé à l'utilisation rapide de la couche visqueuse de nutriments par d'autres micro-organismes du sol, en particulier par les bactéries, qui entraîne la famine brutale des conidies en train de germer (Meyer et Cook, 1972). Dans du sol stérilisé, puisque les autres micro-organismes sont absents, il y a une production abondante de mycélium qui, après quelque temps en raison de la sous-alimentation en nutriments, se

convertit en chlamydospores. Nash et coll., (1961) ont rapporté que les conidies de *F. solani* dans le sol se convertissent en chlamydospores en l'espace de quelques jours et ceux qui ne se convertissent pas sont lysés. Il est donc clair que le pathogène se maintient sous la forme de mycélium et de conidies sur le tissu hôte sur les rameaux taillés et non taillés malades et comme chlamydospores sur les rameaux malades dans le sol.

EVOLUTION OF A SUPERIOR BREED OF OAK TASAR SILKWORM – BLUE

N. IBOTOMBI SINGH, L. SOMEN SINGH, N. IBOHAL SINGH & N. SURYANARAYANA*

Regional Tasar Research Station, Mantripukhri, Imphal – 795001 (India).

*Evolution of superior breeds of Oak Tasar silkworm is one of the most important areas of breeding research for development of Oak Tasar industry in India. A new breed having Blue colour in the larvae is isolated from the segregating progenies of the backcrosses involving the parents *Antheraea roylei* (n=31) and *Antheraea proylei* (n=49). The new breed has shown improvement in most of the yield contributing characters over that of *A. proylei*. Average fecundity of the new breed ranges from 144 eggs to 158 eggs; cocoon yield ranges from 44 cocoons per disease free layings (dfl) to 92 cocoons per dfl; effective rate of rearing (ERR) ranges from 48.85% to 80.84%; cocoon weight ranges from 6.43 gm to 7.03 gm; cocoon shell weight ranges from 0.65 g to 0.75 g and filament length ranges from 657m to 755m. The breed may be exploited for commercial production of Oak tasar raw silk.*

Keywords: Evolution, segregating progenies, backcrosses, *Antheraea roylei*.

INTRODUCTION

Oak Tasar Culture has been practiced in India for the last three and half decades with the expectation of producing Tasar raw silk at a commercial level. Substantial progress has so far not been achieved in this culture due to the lack of superior breeds of Oak Tasar silkworm *Antheraea proylei*. Efforts have been made to improve the beneficial traits of this silkworm to suit to the Indian sub-tropical condition which has resulted in the evolution of some new breeds (Singh *et. at.* 2000).

For sustainable development of this industry continuous efforts are needed to evolve new breeds with more improvement in yield contributing characters. It is a well known fact that new silkworms can be evolved through hybridization followed by selection (Harada 1956; Maribashethy & Reddy 1995). In China, high yielding breeds of univoltine and Bivoltine silkworms of oak tasar silkworm have been evolved through hybridization and selection (Chi 1989, Pan Chuanrong *et. al.* 1992, Qiau 1992, Wang *et al.*, 1993, Jin 1991, Xu Anying *et. al.* 2004). However, information on the evolution of new breeds of oak tasar silkworm in India is very limited. The present paper communicates the evolution of a new silkworm breed through hybridization and selection.

MATERIALS AND METHODS

In the present study, *Antheraea proylei* (n = 49) and *Antheraea roylei* (n = 31) maintained in the germplasm bank of Regional Tasar research Station, Imphal (India) were used in the hybridization and backcrossing (Fig.1).

The breeding process consists of 4 (four) steps.

* Central Tasar Research and Training Institute, Nagri, Ranchi (India).

Antheraea roylei ♀♀ X *Antheraea proylei* ♂♂ (F₁)

Antheraea proylei X F₁

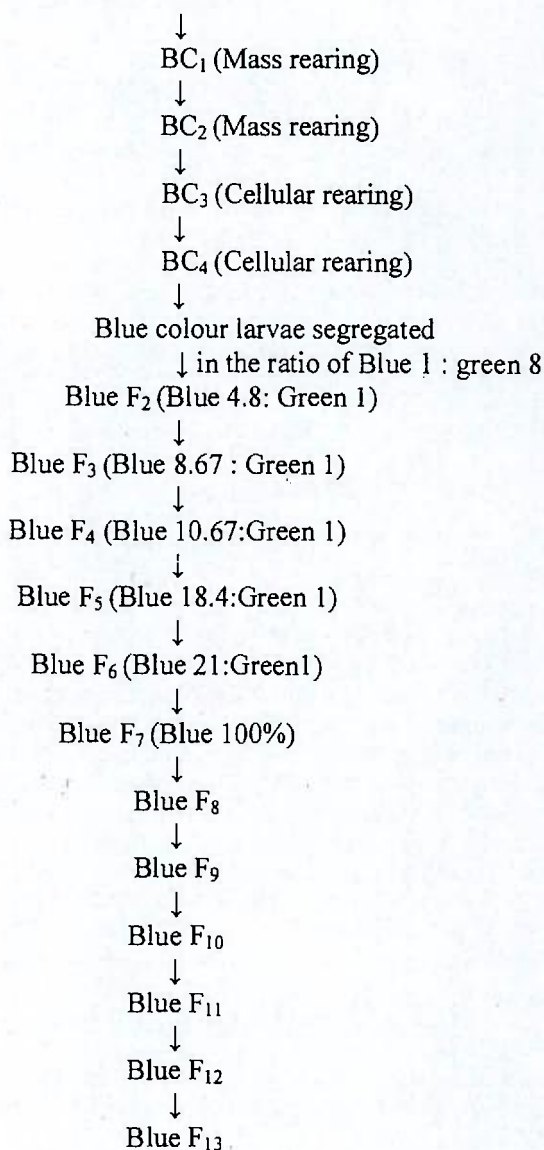


Fig. 1. Breeding plan of the breed Blue.
Fig. 1. Plan de breeding de la lignée Bleue.

Step-1: *A. roylei* female moth is mated with *A. proylei* male moth. The resulting F₁ disease free layings (dfls) are reared.

Step-2: The F₁ male moth is backcrossed with *A. proylei* female moth. Mass rearing of BC₁ & BC₂.

Step-3: Cellular rearing of BC₃ and BC₄. Isolation of larva showing different morphological character i.e. Blue colour larvae from BC₄.

Step-4: Cellular rearing of the isolated Blue colour larvae till F₁₃ to obtain homozygosity. The Blue colour larvae appeared at BC₄ in the ratio of Blue 1:Green 8.

At F₇, 100% purity of this larval morphological colour was achieved. During the course of inbreeding of Blue careful selection was done to isolate a superior breed with high productivity. At every generation the replication showing highest fecundity, highest hatching (above 70%), highest survivability, high cocoon weight, high shell weight and longer filament length was selected. The incubation of the eggs was done at 22 ± 2 °C and R.H. $70 \pm 5\%$. The rearing was conducted outdoor on *Quercus serrata* bushes.

The statistical analysis of the data was done from F₇ onwards to F₁₃ when the isolated line breed true to type of the larval colour Blue. The analysis was done for six characters viz. fecundity, number cocoons per dfl, ERR, average single cocoon weight, average single shell weight, average single filament length.



Fig 2. Larva of Blue. / Fig. 2. Larve de la lignée Bleue.

RESULTS AND DISCUSSION

The newly evolved breed Blue behaves true to type of Blue colour in the larvae from F₇ onwards (Fig. 2). The mean rearing performance data of this breed blue and *A. proylei* are shown in Tables I and II.

Fecundity:

The average fecundity of the new breed Blue slightly declined from F₇ (158 eggs) to F₁₃ (152 eggs). However, statistical analysis for this character shows that the difference between the different generations is insignificant ($P > 0.05$) thereby revealing the stability of this trait in the new breed. This breed has shown improvement in fecundity over that of *A. proylei* in all the generations (Table-I).

Cocoon yield:

The data pertaining to average cocoon yield of the new breed Blue shows that average cocoon yield declined from 93 cocoons per dfl at F₇ to 59 cocoons per dfl in F₁₃ (Table I). The variations in average cocoon yield between F₁₁, F₁₂ and F₁₃ generations was insignificant ($P > 0.05$) which reveals the stability of the trait. In *A. proylei* stability of average cocoon yield has been observed in all the generations ($P > 0.05$). High improvement of average cocoon yield of Blue over that of *A. proylei* has been observed (Table-I).

Table I. Pre cocoon characters of Blue and *A. proylei*.

Tableau I. Caractères de la lignée Bleue et d'*A. proylei*.

Generations	Fecundity		No. of cocoons per dfl		ERR (%)	
	<i>Fécondité</i>		<i>Nbre de cocoons par ponte saine</i>			
	Blue	<i>A. proylei</i>	Blue	<i>A. proylei</i>	Blue	<i>A. proylei</i>
F ₇	158 (21.54)	132	92 (15.51)	36	80.84 (52.04)	53.17
F ₈	148 (12.12)	132	49 (32.43)	37	48.89 (18.69)	41.19
F ₉	145 (8.21)	134	44 (12.82)	39	48.85 (8.55)	45.00
F ₁₀	145 (7.40)	135	48 (37.14)	35	50.32 (24.31)	40.48
F ₁₁	146 (8.90)	133	55 (6.76)	34	54.66 (12.69)	41.97
F ₁₂	144 (5.11)	137	52 (26.82)	41	52.71 (19.58)	44.08
F ₁₃	152 (16.92)	133	59 (43.90)	41	51.62 (24.96)	41.31

E.R.R.:

Decline in the ERR has been observed from F7 to the succeeding generations of the new breed which may be due to the fluctuating environmental condition coupled with the non-stability of the breed. However, decline in the ERR from F8 (48.89%) to F13 (51.62%) generations was insignificant ($P > 0.05$) indicating the gradual stability of this trait. The breeding line Blue has shown improvement up to 29.96% in this trait over that of *A. proylei*.

Cocoon weight:

The cocoon weight of Blue depicted in Table II reveals insignificant differences ($P > 0.05$) between the later generations thereby indicating the stabilized condition of this trait. Improvement in this trait is observed over that of *A. proylei*.

Cocoon shell weight:

The data pertaining to average cocoon shell weight of the evolved breed presented in Table-II reveal the insignificant differences ($P > 0.05$) between F11 (0.75g) to F13 (0.75g) generations. This indicates the stabilization of this trait in Blue. In *A. proylei* also insignificant differences ($P > 0.05$) of this trait has been observed among the different generations.

Table II. Post cocoon characters of Blue and *A. proylei*.**Tableau II. Caractères post-cocon de la lignée Bleue et d'*A. proylei*.**

Generations	Cocoon wt. (g)		Shell wt. (g)		Filament length (m)	
	<i>Poids du cocon (g)</i>		<i>Poids de la coque (g)</i>		<i>Longueur du filament (m)</i>	
	Blue	<i>A. proylei</i>	Blue	<i>A. proylei</i>	Blue	<i>A. proylei</i>
F7	6.83 (15.37)	5.92	0.74 (12.12)	0.66	722 (6.96)	675
F8	6.76 (9.56)	6.17	0.76 (15.15)	0.66	733 (12.77)	650
F9	6.43 (7.70)	5.97	0.65 (3.17)	0.63	657 (5.29)	624
F10	6.51 (6.54)	6.11	0.67 (3.07)	0.65	693 (3.74)	668
F11	7.03 (14.50)	6.14	0.75 (15.38)	0.65	736 (9.52)	672
F12	6.78 (8.48)	6.25	0.72 (9.72)	0.6541	750 (19.42)	628
F13	6.47 (5.20)	6.15	0.75 (17.18)	0.64	755 (15.62)	653
CD at 5%	6.47	6.15	0.75	0.64	755	653

Figure within parentheses indicates improvement of the particular trait in percentage over that of *A. proylei*. / Le chiffre entre parenthèses indique l'amélioration du caractère en question en pourcentage par rapport à *A. proylei*.

Filament length:

The average filament of the new breed - Blue ranges from 722m in F₇ generation to 755m in F₁₃ generation while it ranges from 624m to 675m in *A. proylei* (Table-II). The difference in filament length between the different generations is insignificant ($P > 0.05$) which shows the stability of this trait in the new breed. In all the generations, the new breed has shown improvement in this trait over that of *A. proylei*.

The studies carried out in the silkworm for various characters have shown that the characters could be changed to suit the breeder's choice since selection for one trait has a correlation with genetic changes for other traits (Gamo 1976, Raju 1992, Petkov & Guzman 2004). Inbreeding the hybrids to isolate and stabilize silkworm races which breed true for the desired traits has been well documented by many breeders (Harada 1952, Hirobe 1968, Kovalov 1995). Tazima (1964) has suggested that during the course of breeding backcross method will help in the improvement of cocoon qualities. Efforts have been made to develop robust silkworm breeds through hybridization, backcrossing, selection and continuous rearing of larvae at high temperature and humidity for several generations (Shao *et al.* 1987, 1989, He *et al.* 1989, 1991 and Raghavendra *et al.*, 2005). The evolution of improved breeds of oak tasar silkworms through backcrossing has been reported (Singh *et al.* 2000). Similarly, the present breeding programme evolves a superior breed having blue colour in the larvae through backcrossing of the hybrid between *A. roylei* (n=31) and *A. proylei* (n=49). This new breed has shown superior performance in the six characters viz. fecundity, average cocoon yield, ERR, cocoon weight, shell weight and filament length over that of *A. proylei* (Table I&II). Larval duration of this breed is shorter for 3-4 days than that of other breeds which will reduce the chances of larval mortality. Hence, the newly evolved breed Blue can be used for commercial exploitation to produce tasar silk.

REFERENCES

- ANYING XY, LI MUVANG, ZHANG YUEHNA, HOU CHENGXIANG & LIN CHENGXIANG & LIN CHANG QUI (2004). Evolution of silkworm (*Bombyx mori*) germplasm resources in China. *Sericologia*. 44(1):1-12.
- CHI B (1989). Successful breeding of "80-2" a new bivoltine tasar silkworm variety with high silk content. *Canue Kexue* 15 (2). 111-112.
- GAMO T. (1976). Recent concept and trends in silkworm breeding, *Farming, Japan* 10(6):11-12.
- HARADA C. (1956). On the relation between commercial characters and their F₁ hybrids in *Bombyx mori*. *Proc. Int. Genet. Symp.* 252-351.
- HE S.M., YAN X; MI Y & XIA L. (1989). Breeding of a new variety "Feng 1" X54A" for summer - autumn rearing. *Canye Kexue* 15 (2): 79-89.
- HE Y., SIMA Y. H., JIANG D.X. & DAI P. (1991). Breeding of the silkworm varieties for summer and autumn rearing "XUHUA" "ZIUXIHG" and their hybrids. *Canye Kexue* 17 (4): 200-207.
- HIROBE T. (1968). Evolution, differentiation and breeding of the silkworm. In the silk Road Past and Present. *Genetics, Tokyo*, 25-36.
- JIN X. (1991). Breeding white cocoon variety Baijian 1 of Chinese tussah silkworm *Canye Kexue* 17(3):150-154.
- KOVOLO P.A. (1970). *Silkworm Breeding Technique*, Translated and Published by the Central Silk Board, Bombay India.
- MARIBASHETHY V. G. & SREERAMA REDDY G. (1995). Breeding of a robust bivoltine line MU 720 of the silkworm *Bombyx mori* L. for the tropics. *Sericologia* 35 (2):203-212.
- PAN CHUANRONG, LI FENGCHENG, DONG GUANTING, SONG DIXIU & LI YUXIN (1991). A report on breeding of Fangshonghung: a new hyper silk genous race of tasar. *International society for wild silkmoth* 105-112.
- QIAO LIU (1992). The progress and development of tussah silkworm rearing in China. *Wild silkmoth, 1991, International Society of wild silkmoth* (Eds. Akai. M Kiuchi J Kobashi)12-19.

- RAGHAVENDRA RAO, D. RAVINDRA SINGH; B.K. KARIPPA; H.K. BASAVRAJA & S.B. DANDIN (2005). Development of a robust polyvoltine X Bivoltine hybrid ND₅ X CSR₁₇ of the mulberry Silkworm *Bombyx mori* L. Indian Journal of Sericulture 44(2): 195-201.
- SHAO Y.H; LI W.P. & XIA J.G. (1987). The breeding of the mulberry silkworm varieties "Xinhang" and "Keming" for summer-autumn rearing Sci. Seric, 13(1): 15-20.
- SHAO R; DANG W.Y.; XIA J.G. SHAO, Y.H. & LI W.B. (1989). Breeding of Lantian and Baiyun a new summer-autumn silkworm variety. Acta Sericologia Sinica 15: 125-129.
- SINGH N.I., KEISA J., SINGH R.Y. & SINGH N.I. (2000). Evolution of Improved breeds of *Antheraea proylei* J through hybridization and selection. Int. Jou. Wild Silkmoth & Silk 5:2004-2006.
- TAZIMA Y. (1964). The genetics of the silkworm. Logos Press, London pp 421.
- TZENOV P.I. & GUZMAN P.I. (2004). Breeding the New Bulgarian sex limited for Larval marking silkworm *Bombyx mori* L. commercial hybrid ZE/4 and study on its performance in the Philippines and Bulgaria. Sericologia 44(3): 297-312.
- WANG Y, PENG N., LUO F. (1993). Breeding of white cocoon variety Huabi 1 of Chinese tussah silkworm. Acta Sericologia Sinica 19(1): 37-43.

MISE AU POINT D'UNE LIGNEE SUPERIEURE DE VERS A SOIE TASAR DU CHÈNE - LIGNEE BLEUE

N. IBOTOMBI SINGH, L. SOMEN SINGH, N. IBOHAL SINGH & N. SURYANARAYANA*

Regional Tasar Research Station, Mantripukhri, Imphal – 795 001 (Inde).

*La mise au point de lignées supérieures de vers à soie du tassar du chêne est l'un des domaines de recherche sur le lignage les plus importants pour le développement de l'industrie du tassar du chêne en Inde. Une nouvelle lignée aux larves de couleur bleue a été isolée à partir de la ségrégation des descendants provenant des croisements de retour, entre les parents *Antheraea roylei* (n = 31) et *Antheraea proylei* (n = 49). La nouvelle lignée présente une amélioration de la plupart des caractères contribuant au rendement par rapport à *A. proylei*. La fécondité moyenne de la nouvelle lignée est comprise entre 144 à 158 œufs, le rendement en cocons est compris entre 44 et 92 cocons par ponte saine ; le taux effectif d'élevage (ERR) est compris entre 48,85 % et 80,84 % ; le poids du cocon est compris entre 6,43 g et 7,03 g ; le poids de la coque soyeuse est compris entre 0,65 g et 0,75 g et la longueur du filament est comprise entre 657 et 755 m. Cette lignée pourrait être exploitée pour la production commerciale de soie grège de tassar du chêne.*

INTRODUCTION

L'élevage du tassar du chêne en Inde a été pratiqué pendant les trois dernières décennies et demi dans le but de produire de la soie grège tassar au niveau commercial. On n'a pas réalisé de progrès importants dans cet élevage pour l'instant à cause du manque de lignées supérieures du ver à soie du tassar du chêne *Antheraea proylei*. Des efforts ont été réalisés pour améliorer les caractères avantageux de ce ver à soie pour convenir aux conditions sub-tropicales indiennes qui ont conduit à la mise au point de nouvelles lignées (Singh et coll., 2000).

Pour le développement durable de cette industrie, des efforts continus sont nécessaires pour mettre au point de nouvelles lignées en améliorant d'avantage les caractères contribuant au rendement. Il est bien connu qu'on peut mettre au point de nouveaux vers à soie par l'hybridation, suivie par la sélection (Harada, 1956 ; Maribashethy et Reddy, 1995). En Chine, de nouvelles lignées de vers à soie du tassar du chêne monovoltins et bivoltins à rendement élevé ont été mises au point par l'hybridation et par la sélection (Chi, 1989, Pan Chuanrong et coll., 1992, Qiau 1992, Wang et coll., 1993, Jin 1991, Xu Anying et coll., 2004). Cependant, les informations sur la mise au point de nouvelles lignées du ver à soie tassar du chêne sont très limitées. Cet article présente la mise au point d'une nouvelle lignée de ver à soie par l'hybridation et la sélection.

MATERIELS ET METHODES

Dans cette étude, on a utilisé *Antheraea proylei* (n = 49) et *Antheraea roylei* (n = 31), maintenus dans la banque génétique de la *Regional Tasar Research Station*, à Imphal (en Inde) pour l'hybridation et le croisement de retour (Fig. 1).

* Central Tasar Research and Training Institute, Nagri, Ranchi (Inde)

Le processus de lignage est constitué de 4 (quatre) étapes.

Étape 1 : On accouple le papillon femelle *A. roylei* avec le papillon mâle *A. proylei*. On élève les pontes saines F1 qui en résultent.

Étape 2 : On procède à un croisement de retour entre le papillon mâle F1 et le papillon femelle *A. proylei*. Elevage en masse de BC₁ et BC₂.

Étape 3 : Elevage cellulaire de BC₃ et BC₄. Isolement des larves présentant un caractère morphologique différent, c'est-à-dire des larves de couleur bleue à partir de BC₄.

Étape 4 : Elevage cellulaire des larves de couleur bleu isolées jusqu'à F13 pour obtenir l'homozygotie. Les larves de couleur bleu apparaissent en BC₄ dans le ratio de bleu 1 : Vertes 8.

En F7, cette couleur morphologique de la larve obtient 100 % de pureté. Au cours de l'élevage consanguin de Bleue, on procède à une sélection soigneuse pour isoler une lignée supérieure à la productivité élevée. A chaque génération, la répétition qui présente la fécondité la plus élevée, le taux d'éclosion le plus élevé (au-dessus de 70 %), la survie la plus élevée, un poids de cocon élevé, un poids de coque élevé et un filament plus long, est sélectionnée. On procède à l'incubation des œufs à 22 ± 2 °C et avec une H. R. de 70 ± 5 %. On procède à l'élevage à l'extérieur sur des buissons de *Quercus serrata*.

On procède à l'analyse statistique des données de F7 à F13 quand la larve de la lignée isolée est conforme à la couleur bleue. On procède à l'analyse pour six caractères c'est-à-dire la fécondité, le nombre de cocons par ponte saine, l'ERR, le poids moyen du cocon, le poids moyen de la coque, la longueur moyenne du filament.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les larves de la nouvelle lignée Bleue mise au point sont conformes à la couleur bleue à partir de F7 (Fig. 2). Les données sur la performance moyenne d'élevage de cette lignée et de *A. proylei* sont présentées dans les Tableaux I et II.

Fécondité :

La fécondité moyenne de la nouvelle lignée Bleue baisse légèrement à partir de F7 (158 œufs) à F13 (152 œufs). Cependant, l'analyse statistique pour ce caractère montre que la différence entre les différentes générations est insignifiante ($P > 0,05$), ce qui révèle donc la stabilité de ce caractère chez la nouvelle lignée. Cette lignée présente une amélioration de la fécondité par rapport à *A. proylei* pour toutes les générations (Tableau I).

Rendement en cocons :

Les données appartenant au rendement moyen en cocons de la nouvelle lignée Bleue montrent que le rendement moyen en cocons baisse de 93 cocons par ponte saine en F7, à 59 cocons par ponte saine en F13 (Tableau I). Les variations du rendement moyen en cocons entre les générations F11, F12 et F13 sont insignifiantes ($P > 0,05$), ce qui révèle la stabilité de ce caractère. Chez *A. proylei*, on a observé la stabilité du rendement moyen en cocons chez toutes les générations ($P > 0,05$). On observe une amélioration élevée du rendement moyen en cocons de Bleue par rapport à *A. proylei* (Tableau I).

E. R. R. :

On observe une baisse de l'ERR chez la nouvelle lignée à partir de F7 jusqu'aux générations suivantes, ce qui pourrait être dû aux conditions fluctuantes de l'environnement, associées à la non stabilité de la lignée. Cependant, la baisse de l'ERR, des générations F8 (48,89 %) à F13 (51,62 %) est insignifiante ($P > 0,05$), ce qui indique la stabilité progressive de ce caractère. La lignée Bleue présente une amélioration jusqu'à 29,96 % de ce caractère par rapport à *A. proylei*.

Poids du cocon :

Le poids du cocon de Blue présenté dans le Tableau II montre des différences non significatives ($P > 0,05$) entre les dernières générations, ce qui indique donc la stabilisation de ce caractère. On observe une amélioration pour ce caractère par rapport à *A. proylei*.

Poids de la coque soyeuse :

Les données appartenant au poids moyen de la coque de la lignée mise au point présentées dans le Tableau II montrent des différences non significatives ($P > 0,05$) entre les générations F11 (0,75 g) et F13 (0,75g). Cela indique la stabilisation de ce caractère chez Blue. Chez *A. proylei*, on observe aussi des différences non significatives ($P > 0,05$) pour ce caractère entre les différentes générations.

Longueur du filament :

Le filament moyen de la nouvelle lignée Blue est compris entre 722 m pour la génération F7 et 755 m pour la génération F13, tandis qu'il est compris entre 624 m et 675 m chez *A. proylei* (Tableau II). La différence de la longueur du filament entre les différentes générations n'est pas significative ($P > 0,05$), ce qui montre la stabilité de ce caractère chez la nouvelle lignée. Dans toutes les générations, la nouvelle lignée présente une amélioration pour ce caractère par rapport à *A. proylei*.

Les études réalisées chez le ver à soie pour des caractères variés ont montré qu'on peut changer les caractères selon le choix du sélectionneur, puisque la sélection d'un caractère a une corrélation avec les changements génétiques des autres caractères (Gamo, 1976 ; Raju, 1992 ; Petkov & Guzman, 2004). De nombreux chercheurs ont réalisé des études sur la consanguinité des hybrides, qui se reproduisent conformément au modèle parental pour les caractères désirés, pour isoler et stabiliser les races de ver à soie (Harada, 1952, Hirobe, 1968 ; Kovalov, 1995). Tazima (1964) a suggéré qu'au cours du lignage, la méthode du croisement de retour permet d'améliorer les qualités du cocon. Des efforts ont été réalisés pour mettre au point des lignées de ver à soie robustes par l'hybridation, le croisement de retour, la sélection et l'élevage continu des larves avec une température et une humidité élevées pendant plusieurs générations (Shao et coll., 1987 ; 1989, He et coll., 1989, 1991 et Raghavendra et coll., 2005). Des rapports ont été réalisés sur la mise au point de lignées améliorées du ver à soie tassar du chêne par le croisement de retour (Singh et et coll., 2000). De même, le programme de lignage actuel a mis au point une lignée supérieure dont les larves sont de couleur bleue par le croisement de retour de l'hybride entre *A. roylei* ($n = 31$) et *A. proylei* ($n = 49$). Cette nouvelle lignée présente une performance supérieure pour les six caractères, c'est-à-dire la fécondité, le rendement moyen en cocons, l'ERR, le poids du cocon, le poids de la coque et la longueur du filament par rapport à ceux d'*A. proylei* (Tableaux I et II). La durée larvaire de cette lignée est plus courte de 3 à jours par rapport à celle des autres lignées, ce qui diminue les risques de mortalité larvaire. On peut donc utiliser la nouvelle lignée Bleue mise au point pour l'exploitation commerciale afin de produire de la soie tassar

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION AND REARING PERFORMANCE OF MUGA SILKWORM *ANTHRAEA ASSAMENSIS* HELFER GERmplasm ACCESSIONS

K. NEOG, R. CHAKRAVORTY, G.M. DEKA & T. ZAMAL

Central Muga Eri Research & Training Institute (CMER&TI), Lahdoigarh, Jorhat - 785 700, Assam, India

*Twelve accessions of Muga silkworm *Antheraea assamensis* Helfer were collected from different prominent muga growing areas of Assam and Meghalaya, viz., Mangaldoi, Tura, Jorhat, Boko, Lakhimpur, Mariani, Titabar, Dhemaji, Kohar Gaon, Kaliapani, Goalpara etc. and assigned with Accession numbers (Acc. No. Aa-001 to Aa-012). The accessions were morphologically characterized and their rearing performance and reaction towards three major diseases, viz., Grasserie, Flacherie and Muscardine under natural conditions were studied during 2005-06. Little morphological differences among different cultivated stocks of Muga silkworm were observed although there is a wide range of variability among these populations in terms of reaction/tolerance to different diseases and rearing performance. Among the accessions, Aa-002 was the best performer in terms of rearing performance and reaction to diseases showing some degree of tolerance. Accession numbers, Aa-005, Aa-009 and Aa-011 which followed Aa-002, also exhibited superiority over others in terms of rearing performance and may be considered for inclusion in future molecular breeding programme for evolution of high yielding races or hybrids.*

Keywords: *Antheraea assamensis*, rearing performance, morphological characterization, Grasserie, Flacherie, Muscardine

INTRODUCTION

Muga silkworm, *A. assamensis* belongs to Phylum – Arthropoda, Class-Insecta, Order-Lepidoptera and Family-Saturniidae. Out of several sericigenous insects secreting 'Silk', muga silkworm secretes a golden yellow coloured lustrous silk. This unusual colour and strong nature of the thread produced from the cocoon of this silkworm are the two important features for which this silkworm is termed unique.

Muga silkworm is a polyphagous semi-domesticated multivoltine insect. It is semi-domesticated in the sense that rearing during its larval period is done outdoor while rests of the stages are operated indoor. It has a chromosome number of $n=15$ and is considered as the primitive stock from which other species of the genus *Antheraea* have evolved. The Brahmaputra valley and the surrounding terrains of North Eastern States bordering Assam are the natural abode for muga silkworm. The silkworm shows positive geotropism *i.e.*, it shows tendency to move downwards to spin the cocoons. It is always commercially reared by the farmers in outdoor conditions on two primary host plants, Som and Soalu, which grow abundantly in N.E. India and particularly on Brahmaputra Valley. Other food plants are of secondary importance and are used less frequently.

Muga culture, as a whole, is isolated to a single geographic pocket of the world, *i.e.*, North East India in general and Assam and Meghalaya states of India in particular. Over the last fifty years, production of Muga silk yarn in the region is ranging from 24-102 MT with higher frequency between 55-75 MT indicating roughly 2-fold increases in Muga silk production in the last 50 years. Presently,

it accounts for 0.6% of the National Raw Silk Production and about 150 000 families are engaged in Muga culture all over the NE states.

Genetic material forms the basis of any breeding programme to evolve high yielding varieties/hybrids/seeds. Muga silkworm, *Antheraea assamensis* is grouped under wild silk moths. This silkworm is reported to be having a single race in its cultivated forms with undifferentiable morphological characters. Only few colourmorphs like blue, green and orange colour polymorphism has been reported (Sahu, 2006). Muga silkworms are reared outdoor and as such, it is prone to different diseases, natural vagaries like high humidity, high temperature, rainfall *etc.* and the extent of such calamities during unfavourable season leads to heavy loss of cocoon crop. Still, there is some percentage of survivability in the silkworm populations indicating some variability within and between populations being reared in different areas. Since, muga culture is being practiced by the rural folk of NE region from antiquity in different localities; there may be variability on morphological, biochemical, physiological, anatomical and genetical parameters of the silkworm populations spreading over the NE states of India. Preliminary study on assessing the genetic variability in Muga silk moth populations indicated presence of intra and inter-population variations at molecular level (Anonymous, 2005). Keeping this in mind, an attempt was made to collect the silkworm populations from different parts of NE states with the prime objectives of conserving the valuable genetic resources and their evaluation for future breeding programme. This paper deals with the morphological characterization of the cultivated muga silkworm accessions and their evaluation through rearing performance during different seasons.

MATERIALS AND METHODS

Twelve stocks of cultivated muga silkworms were collected from different prominent muga growing areas of Assam and Meghalaya, *viz.*, Mangaldoi, Tura, Jorhat, Boko, Lakhimpur, Mariani, Titabar, Dhemaji, Kohar Gaon, Kaliapani, Goalpara *etc* and were given Accession numbers (Acc. No. Aa-001 to Aa-012). Only cocoons were collected from each site and dfls were prepared in the Grainage hall of Central Muga Eri Research & Training Institute (CMER&TI), Lahdoigarh, Jorhat, Assam, India following standard procedures. Five dfls of each accession were kept for hatching and newly hatched worms were brushed on leaves of Muga silkworm host plants maintained in the experimental field of the institute. Since, Muga host plant "Som" is the most preferred one (Chakravorty *et. al.*, 2004a), brushing of the worms were done on these plants only. Maintenance of the host plants and rearing of silkworms were done following standard procedures (Chakravorty *et al.*, 2005). The stocks were maintained separately and continuously for 2 years from March-April 2005 to January 2007. Thus, twelve generations of rearings of each of the silkworm accessions were conducted which encountered 6 seasons per year *viz.*, Season-1 (January-February), Season-2 (March-April), Season-3 (May-June), Season-4 (June-July), Season-5 (August-September), and Season-6 (October-November). Morphological characters of the silkworms were recorded during the growth period at different stages as per descriptor (Chakravorty, *et al.*, 2004b). Rearing parameters like ERR (Effective Rate of Rearing *i.e.*, no. of mature worms collected out of total silkworms brushed), body weight of mature larvae, dry and green cocoon weight, shell weight and Silk Ratio percent were recorded in all the seasons along with the meteorological data. Mortality of worms due to three major diseases *viz.*, Flacherie, Grasserie and Muscardine was also recorded. The data obtained were pooled for both the years and statistically analyzed to see the significance of the stocks for different rearing parameters. To rank different accessions in terms of rearing parameters, method suggested by Arunachalam and Bandyopadhyay (1984) was followed, where a lower value is considered for a desirable character and a higher value for undesirable one.

RESULTS AND DISCUSSION

Variations in the egg, larval, pupal, cocoon and moth characters of the accessions collected from different locations of North East India are presented in Table I (a to c) and rearing parameters in Table II. There were little variations in the qualitative characters among the accessions while significant differences were recorded in the quantitative characters.

Table I. a. Variation in egg and larval characters of different Muga silkworm accessions.

Tableau I. a. Variation des caractères de l'oeuf et de la larve chez différentes souches du ver à soie muga.

Accession Nos.	Sex (Male/Female)	Egg size (L × B) in mm	Larval characters		
			Length of larva (mm)	Breadth of larva (mm)	Weight of mature larvae (g)
Nos des souches	Sexe (Mâle / Femelle)	Taille de l'oeuf (L × l) en mm	Caractères de la larve		
			Longueur de la larve (mm)	Largeur de la larve (mm)	Poids des larves mûres (g)
Aa-001	Male / Mâle	2.0:2.0	8.5 - 73.5	1.30 - 14.4	7.8 - 9.3
	Female / Femelle		9.1 - 83.9	1.39 - 15.3	8.2 - 12.5
Aa-002	Male / Mâle	2.0:2.0	8.8-74.4	1.35 - 14.7	7.8 - 9.4
	Female / Femelle		9.2 - 84.7	1.40 - 15.8	9.4 - 12.7
Aa-003	Male / Mâle	2.1:2.0	8.3-75.5	1.36-14.9	9.75-10.6
	Female / Femelle		9.3-85.5	1.39-15.8	11.5-14.5
Aa-004	Male / Mâle	2.0:2.0	6.0 - 73.6	1.42 - 15.2	9.0 - 11.5
	Female / Femelle		7.2 - 85.8	1.41 - 15.9	9.5 - 12.4
Aa-005	Male / Mâle	2.0:2.2	6.2 - 74.8	1.41 - 16.5	8.7 - 11.3
	Female / Femelle		7.3 - 86.0	1.40 - 15.9	9.0 - 12.1
Aa-006	Male / Mâle	2.5:2.0	5.6 - 70.56	1.5 - 14.2	9.2 - 12.9
	Female / Femelle		6.8 - 84.6	1.6 - 15.2	9.4 - 13.8
Aa-007	Male / Mâle	2.5:2.0	6.0 - 71.9	1.6 - 14.5	8.6 - 12.6
	Female / Femelle		7.2 - 84.6	1.6 - 15.7	9.3 - 13.8
Aa-008	Male / Mâle	2.8:2.1	6.0 - 73.8	1.5 - 15.1	9.0 - 12.5
	Female / Femelle		7.1 - 85.5	1.5 - 15.7	9.5 - 13.7
Aa-009	Male / Mâle	2.0:1.8	6.1 - 75.2	1.52 - 16.0	8.9 - 12.3
	Female / Femelle		7.0 - 87.0	1.5 - 16.1	9.4 - 14.1
Aa-010	Male / Mâle	2.0:1.8	5.5 - 68.3	1.4 - 15.3	9.0 - 11.0
	Female / Femelle		7.0 - 83.2	1.25 - 15.8	9.2 - 16.0
Aa-011	Male / Mâle	2.4:2.0	5.8 - 72.5	1.2 - 14.8	9.0 - 13.3
	Female / Femelle		7.2 - 87.3	1.5 - 16.1	9.4 - 14.1
Aa-012	Male / Mâle	2.0:2.0	6.31 - 73.2	1.2 - 14.6	7.6 - 10.3
	Female / Femelle		7.9 - 64.0	1.3 - 15.9	8.4 - 12.0

Table I. b. Variation in pupal and cocoon characters of different Muga silkworm accessions.

Tableau I. b. Variation des caractères de la nymphe et du cocon chez différentes souches du ver à soie muga.

Accession Nos.	Sex (Male / Female)	Pupal characters			Cocoon characters			
		Length	Breadth	Pupal weight	L:W ratio	Peduncle length	Cocoon weight (Dry)	Dry Shell weight
Nos. des souches	Sexe (Mâle / Femelle)	Caractères de la nymphe			Caractères du cocon			
		Longueur (cm)	Largeur (cm)	Poids de la nymphe (g)	Ratio L : l	Longueur du pédoncule (cm)	Poids du cocon sec (g)	Poids de la coque soyeuse sèche (g)
Aa-001	Male / Mâle	3.5	1.6	4.2	4.2:1.8	2.8	1.322	0.325
	Female / Femelle	4.0	1.7	5.8	5.1:2.1	3.1	2.398	0.457
Aa-002	Male / Mâle	3.5	1.5	5.6	4.3:1.8	2.9	1.321	0.332
	Female / Femelle	4.1	2.0	6.5	5.1:2.1	3.2	2.413	0.467
Aa-003	Male / Mâle	3.3	1.6	4.6	4.6:2.1	2.7	1.235	0.332
	Female / Femelle	4.1	1.8	6.0	5.5:2.3	3.0	2.329	0.467
Aa-004	Male / Mâle	3.8	1.6	4.8	4.7:1.9	2.9	1.493	0.322
	Female / Femelle	4.3	1.8	5.7	5.4:2.1	3.0	2.932	0.458
Aa-005	Male / Mâle	3.7	1.5	3.7	4.5:2.0	4.6	1.356	0.342
	Female / Femelle	4.5	2.1	5.2	5.3:2.1	4.6	3.012	0.483
Aa-006	Male / Mâle	3.7	1.5	3.8	4.57:2.0	2.9	1.589	0.335
	Female / Femelle	4.4	2.0	4.6	5.3:2.1	3.0	1.985	0.461
Aa-007	Male / Mâle	3.6	1.5	3.2	4.6:2.1	4.6	1.482	0.350
	Female / Femelle	4.6	1.9	4.2	5.4:2.1	4.6	2.102	0.492
Aa-008	Male / Mâle	3.75	1.55	4.3	4.7:1.9	2.9	1.698	0.353
	Female / Femelle	4.6	1.95	6.5	5.4:2.1	3.0	2.992	0.499
Aa-009	Male / Mâle	3.6	1.6	4.4	4.5:2.0	4.6	1.756	0.352
	Female / Femelle	4.6	1.8	6.3	5.3:2.1	4.6	3.124	0.531
Aa-010	Male / Mâle	3.2	1.7	5.7	4.5:2.0	2.0	1.960	0.422
	Female / Femelle	3.6	2.1	6.6	4.8:2.3	2.3	2.867	0.500
Aa-011	Male / Mâle	2.9	1.4	4.9	4.0:2.1	2.8	1.568	0.430
	Female / Femelle	3.8	2.0	6.1	4.5:2.8	2.8	2.124	0.551
Aa-012	Male / Mâle	3.9	1.5	4.4	4.2:2.0	2.0	2.135	0.441
	Female / Femelle	4.5	4.4	7.0	4.5:2.1	2.2	2.555	0.537

Table 1. c. Variation in moth characters of different Muga silkworm accessions.

Tableau 1. c. Variation des caractères du papillon chez différentes souches du ver à soie muga.

MOTH <i>PAPILLON</i>	ACCESSIONS / SOUCHES					
	Aa-001	Aa-002	Aa-003	Aa-004	Aa-005	Aa-006
Body colour <i>Couleur du corps</i>	Radish Brown <i>Brique</i>	Radish Brown <i>Brique</i>	Radish Brown <i>Brique</i>	Dark brown <i>Marron foncé</i>	Dark brown <i>Marron foncé</i>	Radish Brown <i>Brique</i>
Body length (cm) <i>Longueur du corps</i>	2.8-3.7	2.7-3.6	2.7-3.6	2.8-3.8	3.0-3.5	3.0-3.7
Wing span <i>Envergure des ailes (cm)</i>	13.1-15.2	13.2-15.3	13.2-15.3	13.0-15.5	13.2-14.9	13.1
Ground colour of remigium <i>Couleur de fond du remigium</i>	Dull Brown <i>Marron terne</i>	Shining Brown <i>Marron luisant</i>	Shining Brown <i>Marron luisant</i>	Bright Brown <i>Marron luisant</i>	Shining Brown <i>Marron brillant</i>	Shining Brown <i>Marron brillant</i>
Ocellus colour <i>Couleur de l'ocelle</i>	Black, white & yellow <i>Noir, blanc & jaune</i>	Black, white & yellow <i>Noir, blanc & jaune</i>	Black, white & yellow <i>Noir, blanc & jaune</i>	Black, white & yellow <i>Noir, blanc & jaune</i>	Black, white & yellow <i>Noir, blanc & jaune</i>	Black, white & yellow <i>Noir, blanc & jaune</i>
Shape of hayaline spot <i>Forme de la tache hyaline</i>	Oval	Oval	Oval	Oval	Oval	Oval
Alignment of A1 & A2 with MC <i>Alignement de A1 et de A2 avec MC</i>	MC straight A1 & A2 does not touch MC <i>MC droit A1 & A2 ne touchent pas MC</i>	MC straight A1 & A2 does not touch MC <i>MC droit A1 & A2 ne touchent pas MC</i>	MC straight A1 & A2 does not touch MC <i>MC droit A1 & A2 ne touchent pas MC</i>	MC straight A1 & A2 do not touch MC <i>MC droit A1 & A2 ne touchent pas MC</i>	MC straight A1 & A2 do not touch MC <i>MC droit A1 & A2 ne touchent pas MC</i>	MC straight A1 & A2 do not touch MC <i>MC droit A1 & A2 ne touchent pas MC</i>
Moth weight <i>Poids du papillon (g)</i>	1.567-3.277	1.818-3.307	1.818-3.325	2.002-3.320	1.957-3.400	1.951-3.320

Table 1c. (Continued...) / *Tableau 1c. (Suite....)*.

MOTH / PAPILLON	ACCESSIONS / SOUCHES					
	Aa-007	Aa-008	Aa-009	Aa-010	Aa-011	Aa-012
Body colour <i>Couleur du corps</i>	Radish Brown <i>Brique</i>	Dark Brown <i>Marron foncé</i>	Dark brown <i>Marron foncé</i>	Radish Brown <i>Brique</i>	Radish Brown <i>Brique</i>	Radish Brown <i>Brique</i>
Body length <i>Longueur du corps (cm)</i>	3.1 - 3.6	2.95 - 3.9	3.0 - 3.7	3.1 - 3.6	2.1 - 3.6	3.1 - 3.6
Wing span (cm) <i>Envergure des ailes (cm)</i>	13.3-14.5	13.3-16.2	13.4	15.3	15.3	15.3
Ground colour of remigium <i>Couleur de fond du remigium</i>	Dull Brown <i>Marron terne</i>	Bright Brown <i>Marron brillant</i>	Shining Brown <i>Marron luisant</i>	Shining Brown <i>Marron luisant</i>	Shining Brown <i>Marron luisant</i>	Shining Brown <i>Marron luisant</i>
Ocellus Colour <i>Couleur de l'ocelle</i>	Black, white & yellow <i>Noir, blanc & jaune</i>	Black, white & yellow <i>Noir, blanc & jaune</i>	Black, white & yellow <i>Noir, blanc & jaune</i>	Black, white & yellow <i>Noir, blanc & jaune</i>	Black, white & yellow <i>Noir, blanc & jaune</i>	Black, white & yellow <i>Noir, blanc & jaune</i>
Shape of hayaline spot <i>Forme de la tache hyaline</i>	Oval <i>Ovale</i>	Oval <i>Ovale</i>	Oval <i>Ovale</i>	Oval <i>Ovale</i>	Oval <i>Ovale</i>	Oval <i>Ovale</i>
Alignment of A1 & A2 with MC <i>Alignement de A1 et de A2 avec MC</i>	MC straight A1 & A2 does not touch MC <i>MC droit A1 & A2 ne touchent pas MC</i>	MC straight A1 & A2 does not touch MC <i>MC droit A1 & A2 ne touchent pas MC</i>	MC straight A1 & A2 does not touch MC <i>MC droit A1 & A2 ne touchent pas MC</i>	MC straight A1 & A2 does not touch MC <i>MC droit A1 & A2 ne touchent pas MC</i>	MC straight A1 & A2 does not touch MC <i>MC droit A1 & A2 ne touchent pas MC</i>	MC straight A1 & A2 does not touch MC <i>MC droit A1 & A2 ne touchent pas MC</i>
Moth weight (g) <i>Poids du papillon (g)</i>	2.012-3.423	2.021-3.412	2.019-3.125	2.101-3.307	1.818 - 3.404	1.843-3.006

Table II. ERR, mortality of worms, body weight of larva, cocoon weight, shell weight and SR% of different Muga silkworm accessions during different seasons.

Tableau II. ERR, mortalité des vers, poids de la larve, poids du cocon, poids de la coque et richesse soyeuse des différentes souches du ver à soie muga pendant les différentes saisons.

Effect of Accessions ERR	Mortality of worms (%) due to diseases			Larval body weight			Cocoon weight	Shell weight	SR	
<i>Effet des Souches</i>	<i>Mortalité des vers provoquée par les maladies</i>			<i>Poids du corps de la larve</i>			<i>Pds du cocon</i>	<i>Pds de la coque</i>	<i>Richesse soyeuse</i>	
	Grasserie	Flacherie	Muscardine	Male Mâle	Female Femelle	Average Moyenne				
Aa-001	57.51b	13.99 f	14.16bcd	3.70 c	9.02ab	11.23de	10.13def	4.88e	0.49ef	10.08bcd
Aa-002	65.49a	7.21h	8.40f	2.34d	9.24a	13.39a	11.31a	6.49a	0.69a	10.54b
Aa-003	55.59c	11.95g	13.08e	3.62c	8.10g	11.15de	9.63g	5.91bc	0.46bc	7.87g
Aa-004	55.58c	12.71g	14.60abc	4.28c	8.48ef	10.55f	9.52g	6.12b	0.47fg	7.74g
Aa-005	55.93c	15.26cde	13.40de	4.04c	8.92abc	11.63c	10.28cde	5.83c	0.56bc	9.66d
Aa-006	51.27e	14.97def	15.05ab	4.20c	8.57def	11.91c	10.24cde	4.80e	0.56bc	11.73a
Aa-007	54.97cd	16.28bc	14.47abc	4.38c	8.98abc	11.08e	10.03ef	4.97e	0.51de	10.29bc
Aa-008	53.76d	14.71ef	15.33a	5.16b	8.96abc	11.70c	10.33cd	5.54d	0.55c	9.90cd
Aa-009	48.84f	18.44a	14.53abc	4.40c	8.84bcd	12.52b	10.68b	5.49d	0.57b	10.53b
Aa-010	45.44g	16.95b	15.18ab	6.92d	8.69cde	11.12e	9.90f	5.94bc	0.51d	8.68f
Aa-011	54.53cd	16.05bcd	13.92cde	4.01c	9.01abc	11.79c	10.40c	5.56d	0.51de	9.19e
Aa-012	58.19b	16.00bcd	13.82cde	4.20c	8.30fg	11.53cd	9.91f	5.96bc	0.51de	8.59f
S.Ed.±	0.79	0.53	0.46	0.34	0.14	0.19	0.12	0.10	0.01	0.23
CD 0.05	1.57	1.05	0.90	0.67	0.29	0.37	0.24	0.20	0.02	0.45
Effect of seasons / Effet des saisons										
Season 1 / Saison 1	54.37d	6.49f	6.36 f	18.31a	8.78ab	11.84ab	10.31b	5.56bc	0.54a	9.84a
Season 2 / Saison 2	58.80c	9.77e	10.02e	0.30c	8.89a	11.78b	10.33b	5.61b	0.54a	9.72a
Season 3 / Saison 3	61.58a	14.83c	14.42c	0.22c	9.05a	11.97a	10.51a	5.81a	0.55a	9.52ab
Season 4 / Saison 4	48.29e	20.72b	18.54b	0.00c	8.47ab	11.31c	9.89c	5.44c	0.51b	9.53ab
Season 5 / Saison 5	45.10f	21.50a	19.97a	0.00c	8.53bc	11.23c	9.88c	5.51bc	0.52b	9.49ab
Season 6 / Saison 6	60.40b	13.94d	13.66d	6.79b	8.83a	11.66b	10.25b	5.82a	0.54a	9.29b
S.Ed.±	0.55	0.36	0.26	0.21	0.13	0.09	0.08	0.07	0.01	0.16
CD 0.05	1.15	0.76	0.55	0.45	0.26	0.18	0.17	0.15	0.02	0.34

A figure with any common alphabet does not differ significantly./ Les valeurs avec n'importe quelle lettre en commun ne diffèrent pas de manière significative.

Table III. Ranking of different Muga silkworm accessions based on rearing performance and mortality of worms due to diseases during different seasons.

Tableau III. Classement des différentes souches du ver à soie muga d'après la performance d'élevage et la mortalité des vers provoquée par les maladies pendant les différentes saisons.

Effect of Accessions	ERR	Mortality of worms due to diseases				Larval body weight			Cocoon weight	Shell weight	SR (%)	Total scores	Rank
<i>Effet des Souches</i>		<i>Mortalité des vers provoquée par les maladies</i>				<i>Poids du corps de la larve</i>			<i>Poids du cocon</i>	<i>Poids de la coque</i>	<i>Richesse soyeuse</i>	<i>Résultats totaux</i>	<i>Classement</i>
		Grasserie	Flacherie	Muscardinie	Male Mâle	Female Femelle	Average Moyenne	(g)	(g)	(%)			
Aa-001	0.28	0.38	0.67	0.50	0.21	0.75	0.70	1.00	0.77	0.42	5.68	5	
Aa-002	0.14	0.13	0.17	0.25	0.14	0.17	0.14	0.20	0.14	0.28	1.76	1	
Aa-003	0.42	0.25	0.34	0.50	1.00	0.75	1.00	0.50	1.00	1.00	6.76	10	
Aa-004	0.42	0.25	0.83	0.50	0.77	1.00	1.00	0.40	0.88	1.00	7.05	11	
Aa-005	0.42	0.63	0.42	0.50	0.28	0.51	0.56	0.50	0.35	0.56	4.73	2	
Aa-006	0.70	0.50	0.92	0.50	0.70	0.51	0.56	1.00	0.35	0.14	5.88	7	
Aa-007	0.49	0.81	0.83	0.50	0.28	0.83	0.77	1.00	0.63	0.35	6.49	9	
Aa-008	0.56	0.44	1.00	0.75	0.28	0.51	0.49	0.80	0.42	0.49	5.74	6	
Aa-009	0.84	1.00	0.83	0.50	0.42	0.34	0.28	0.80	0.28	0.28	5.57	3	
Aa-010	1.00	0.88	0.92	1.00	0.56	0.83	0.84	0.50	0.56	0.84	7.93	12	
Aa-011	0.49	0.75	0.50	0.50	0.28	0.51	0.42	0.80	0.63	0.70	5.58	4	
Aa-012	0.28	0.75	0.50	0.50	0.92	0.59	0.84	0.50	0.63	0.84	6.35	8	

Morphological characterization:

Among all the accessions studied, no variation in colour, shape, presence or absence of streaks on chorion, shape of follicular imprints and Muconeum on chorion was observed except on the ratios of length and breadth of eggs which varied from 2.0:2.0 in Aa-001, Aa-002, Aa-004, Aa-012 accessions to 2.8:2.1 in Acc. No. Aa-008. The eggs of all the accessions were brown in colour, oval shaped with Muconeum but without any streaks on the chorion. Follicular imprints were oval shaped. Little variation was observed in the larval characters like colour of neonate, type of bristles, colour of head capsule, body colour, haemolymph colour, integument colour *etc.* while wide range of variations were recorded in length, breadth and weight of larvae. Colour of neonate larvae was blackish with yellow streaks, bristles were straight, head capsules were copper coloured, mature larval body colour was light green and integument was blackish in colour. Range of male larval length (mm) from first instar to mature (5th instar) larvae was minimum in Aa-010 (5.5–68.3 mm) and maximum in Aa-003 (8.3-75.5) while the same in case of females was minimum in Aa-006 (6.8 to 84.6) and maximum in Aa-011 (7.2-87.3).

Colour and shape of pupae on all the accessions were similar except of Accession numbers Aa-009 and Aa-010 which were dark brown in colour whereas length, breadth and weight were much higher in females compared to males. Highest female and male pupal weight was recorded in Aa-012 and Aa-010 (7.0 g and 5.7 g), respectively.

No significant variation in cocoon colour, shape, texture, nature of floss *etc.* were observed except in the cases of peduncle length, dry cocoon and shell weight of the accessions. The cocoons were rough textured, golden yellow in colour, elliptical shaped with glossy floss. Maximum peduncle length was recorded in Aa-005, Aa-007 and Aa-009. In case of moth characters also, except in few cases, no significant variations were observed in body colour, ground colour of remigium, ocellus colour *etc.* The colour of moths of the accessions was radish brown except in cases of Aa-004, Aa-005, Aa-008 and Aa-009. Antennae were bipectinate, red brown in colour. There was prominent development of A3 in all the moths. The moths showed natural coupling and normal flight behaviour. Highest range of body length was recorded in Aa-008 (2.95 to 3.9 cm) and maximum wing span in Aa-011 (15.3 to 16.3 cm). Weight of dry moths was recorded more in Aa-011 (1.818 – 3.404 g) compared to other accessions.

Rearing performance:

Analysis of variance of two years' pooled data for different rearing parameters is presented in Table II. It reveals that, Accession No. 2 was superior among all the accessions in terms of ERR, larval body weight, cocoon weight and shell weight.

Silkworm crop loss due to out break of diseases is one of the major problems encountered by the rearers, resulting more than 35 per cent crop losses (Kakati, 2002). The silkworm suffers from, bacterial (Flacherie), viral (Grasserie) and fungal (Muscardine) diseases (Chaudhury, 1981; Kakati, 2002). In the present investigation mortality of worms due to Grasserie was minimum in Acc. No. 2 (7.21%) and maximum in Acc. No. 9 (18.44%); minimum in Acc. No. 2 (8.40%) and maximum in Acc. No. 8 (15.33%) due to Flacherie; and minimum in Acc. No. 2 (2.34%) and maximum in Acc. No. 10 (6.92%) due to muscardine.

Ranking of the Muga silkworm accessions by the method of Arunachalam and Bandyopadhyay (1984) indicated that Acc. No. Aa-002 was the best among the silkworm accessions in respect of rearing performance and reaction to attack of different diseases. This accession showed somewhat tolerance to the major dreaded diseases of muga silkworm which other wise cause around 28-39% mortality of the worms as recorded in other accessions. The accessions *viz.*, Aa-005, Aa-009, and Aa-011 followed Acc. No. Aa-002 in terms of rearing parameters, which indicates superiority of the accessions over the others (Table III).

At present, there is no distinct race/variety of Muga silkworm, and mono-racial status of the species left limited scope for development of superior races or hybrids. Collection of germplasm

stocks from different eco-pockets of North Eastern part of India and their maintenance in isolation for several generations will largely help in grouping the stocks based on their performance evaluation. Final assessment of the genetic variability of the accessions at molecular level will lead to development or evolution of specific race with desirable characters. From the present study, it was clearly indicated that, although there is little morphological differences among different cultivated stocks of Muga silkworm, there exists a wide range of variability among these populations in terms of reaction/tolerance to different diseases and rearing performance. The accession numbers Aa-002, Aa-005, Aa-009 and Aa-011 which ranked in higher positions may be included in future breeding programme for evolution of high yielding races or hybrids. Moreover, since, management practices for controlling diseases in Muga silkworm culture are ineffective due to outdoor rearing nature; transfer of resistant or tolerant gene(s) is the best alternative for introducing such gene(s) which may result into many fold increase in cocoon productivity in long run. So, search for disease tolerance gene in Muga silkworm may also be conducted at molecular level. In the present investigation, Aa-002 showed considerable survivability of worms against viral, bacterial and muscardine diseases, which may be considered as base material for future studies.

REFERENCES

- ANONYMOUS (2005) Annual Report, Central Muga Eri Research & Training Institute, Central Silk Board, Lahdoigarh, Jorhat, Assam, India, pp. 58.
- ARUNACHALAM V. & BANDYOPADHYAY A. 1984. A method to make decisions jointly on a number of dependent characters. *Indian J. Genet.* 44(3), 419-424.
- CHAKRAVORTY R., NEOG K., SURYANARAYANA N. & HAZARIKA, L.K. (2004a) Feeding and moulting behaviour of Muga silkworm (*Antheraea assama* WW.) on different food plants. *Sericologia*, 44(2), 145-152.
- CHAKRAVORTY R., SARMAH M.C., RAHMAN S.A.S. & SAHU A.K (2004b) Descriptor for characterization of Muga and Eri silkworm germplasm. In: Descriptor for characterization of Muga and Eri host plants and silkworm germplasm resources, Published by Central Muga and Eri Research and Training Institute, Central Silk Board, Lahdoigarh, Jorhat, pp. 63-69.
- CHAKRAVORTY R., BARAH A., NEOG K., RAHMAN S.A.S. & GHOSE J. (2004b) Package of practices for Muga culture, In: Package of practices of Muga, Eri and Mulberry Sericulture for North Eastern Region of India, Published by Central Muga and Eri Research and Training Institute, Central Silk Board, Lahdoigarh, Jorhat pp. 1-23.
- CHAUDHURY, S. N. (1981) Muga silk industry. Directorate of sericulture and weaving, Govt. of Assam, Guwahati, pp. 74-81.
- KAKATI P.K. (2002) Adoption of prophylactic measures to contain Muga silkworm diseases, *Indian Silk*, 41(1): 19-21.
- SAHU A.K. (2006) Biodiversity of Muga silkworm *Antheraea assamensis* (Helfer). In: Non-Mulberry Silkworm and Host Plant Germplasm – Strategies for Maintenance, R. Chakravorty, K. Neog, K.C. Singh, S.A.S. Rahman and A. Barah (Eds.), pp. 77-87.

CARACTERISATION MORPHOLOGIQUE ET PERFORMANCE D'ELEVAGE DE SOUCHES DE GERMOPLASMES DU VER A SOIE MUGA *ANTHERAEA ASSAMENSIS* HELFER

K. NEOG, R. CHAKRAVORTY, G. M. DEKA & T. ZAMAL

Central Muga Eri Research & Training Institute (CMER&TI), Lahdoigarh, Jorhat – 785 700, Assam, Inde.

*Nous avons recueilli douze souches du ver à soie muga, *Antheraea assamensis* Helfer provenant de différentes zones principales d'élevage du muga dans l'Assam et dans le Meghalaya, c'est à dire, à Mangaldoi, Tura, Jorhat, Boko, Lakhimpur, Mariani, Titabar, Dhemaji, Kohar Gaon, Kaliapani, Goalpara et nous leur avons attribué des numéros de souches (Acc. No. Aa-001 à Aa-012). On procède à la caractérisation morphologique des souches et on étudie leur performance d'élevage et leur réaction à trois maladies principales, c'est-à-dire la grasserie, la flacherie et la muscardine dans des conditions naturelles en 2005-06. On observe peu de différences morphologiques entre les différentes souches du ver à soie muga, bien qu'il y ait un large éventail de variabilité entre ces populations, en termes de réaction / tolérance aux différentes maladies et en termes de performance d'élevage. Parmi les souches, Aa-002 donne les meilleurs résultats en termes de performance d'élevage et de réaction aux maladies, pour lesquelles, elle montre un certain degré de tolérance. Les souches numéros, Aa-005, Aa-009 et Aa-011, qui suivent Aa-002, présentent aussi une supériorité par rapport aux autres en termes de performance d'élevage et on pourrait les prendre en compte pour les inclure dans de futurs programmes de lignage moléculaire pour la mise au point de races ou d'hybrides à rendement élevé.*

INTRODUCTION

Le ver à soie muga, *A. assamensis* appartient à l'embranchement des Arthropodes, à la classe des Insectes, à l'ordre des Lépidoptères et à la Famille des Saturniidae. Parmi plusieurs insectes séricigènes qui sécrètent la « soie », le ver à soie muga sécrète une soie lustrée d'un jaune doré. Cette couleur inhabituelle et la résistance du fil, produit à partir du cocon de ce ver à soie, sont deux caractères importants, pour lesquels ce ver à soie est considéré comme unique.

Ce ver à soie est un insecte polyvoltin polyphage semi-domestiqué. Il est semi-domestiqué dans le sens où l'élevage pendant sa période larvaire se fait à l'extérieur, tandis qu'on procède à l'élevage des autres stades à l'intérieur. Le nombre de ses chromosomes est de $n = 15$ et on le considère comme la souche primitive, à partir de laquelle les autres espèces du genre *Antheraea* ont été obtenues. La vallée du Brahmapoutre et les terrains environnants des états du nord-est, qui bordent l'Assam, sont l'habitat naturel du ver à soie muga. Le ver à soie présente un géotropisme positif, c'est-à-dire qu'il présente une tendance à se mouvoir vers le bas pour filer ses cocons. Il est toujours élevé commercialement par les fermiers, à l'extérieur, sur deux plantes hôtes primaires, Som et Soalu, qui poussent abondamment dans le nord-est de l'Inde et particulièrement dans la vallée du Brahmapoutre. Les autres plantes hôtes sont d'importance secondaire et sont moins fréquemment utilisées.

Dans l'ensemble, l'élevage du muga est isolé dans une seule zone géographique du monde, c'est-à-dire, l'Inde du nord-est en général et les états de l'Assam et du Meghalaya en Inde, en particulier. Au cours des cinquante dernières années, la production de fil de soie muga dans la région a été comprise entre 24 et 102 t, avec une fréquence plus élevée entre 55 et 75 t, ce qui indique en gros une multiplication par deux de la production de soie muga au cours des 50 dernières années. A

l'heure actuelle, elle représente 0,6 % de la production de soie grège nationale et environ 150 000 familles sont impliquées dans l'élevage du muga dans tous les états du nord-est.

Le matériel génétique forme la base de n'importe quel programme de lignage pour mettre au point des variétés / des hybrides / des graines à rendement élevé. Le ver à soie muga, *Antheraea assamensis*, appartient à la catégorie des papillons sauvages. On rapporte que ce ver à soie n'a qu'une seule race sous sa forme élevée, aux caractères morphologiques indifférenciables. On a rapporté seulement le polymorphisme des couleurs bleue, verte et orange (Sahu, 2006). Les vers à soie muga sont élevés à l'extérieur et, en tant que tels, sont sujets à différentes maladies, aux caprices de la nature, tels que l'humidité et les températures élevées, les précipitations, etc. et le degré de tels fléaux pendant la mauvaise saison entraîne des pertes importantes en matière de récolte de cocons. Cependant, il y a un pourcentage de survie dans les populations de vers à soie, ce qui indique une certaine variabilité à l'intérieur et entre les populations, qui sont élevées dans différentes zones. Puisque la population rurale du nord-est de l'Inde pratique l'élevage muga depuis l'antiquité dans différentes localités, il pourrait exister une variabilité des paramètres morphologiques, biochimiques, physiologiques, anatomiques des populations de vers à soie, qui sont présentes dans les états du nord-est de l'Inde. Une étude préliminaire sur l'évaluation de la variabilité génétique chez les populations de papillons muga indique la présence de variations intra et inter-populations au niveau moléculaire (Anonyme, 2005). En tenant compte de cela, nous avons essayé de recueillir les populations de vers à soie provenant de différents états du nord-est, avec comme objectifs principaux la conservation de ressources génétiques précieuses et leur évaluation pour de futurs programmes de lignage. Cet article traite de la caractérisation morphologique des souches de ver à soie muga élevées et de leur évaluation au travers de leur performance d'élevage pendant différentes saisons.

MATERIELS ET METHODES

Nous avons recueilli douze souches du ver à soie muga, élevées dans différentes zones principales d'élevage du muga dans l'Assam et dans le Meghalaya, c'est-à-dire, à Mangaldoi, à Tura, à Jorhat, à Boko, à Lakhimpur, à Mariani, à Titabar, à Dhemaji, à Kohar Gaon, Kaliapani, Goalpara et nous leur avons donné des numéros de souches (Souches no. Aa-001 à Aa-012). On ne recueille que les cocons qui proviennent de chacun de ces lieux et on prépare les pontes saines dans le Hall de Grainage du *Central Muga Eri Research & Training Institute* (CMER&TI) de Lahdoigarh, à Jorhat, dans l'Assam, en Inde en suivant les procédures habituelles. On conserve cinq pontes saines de chaque souche pour l'éclosion et on lève les vers venant d'éclore sur les feuilles des plantes hôtes du ver à soie muga, maintenues dans le terrain expérimental de l'Institut. Puisque la plante hôte du muga « Som » est la préférée (Chakravorty et coll., 2004a), on procède à la levée des vers seulement sur cette plante. On procède au maintien des plantes hôtes et à l'élevage des vers à soie, en suivant les procédures habituelles (Chakravorty et coll., 2005). On maintient les souches séparément et de manière continue pendant 2 ans de mars-avril 2005 à janvier 2007. On réalise ainsi, douze générations d'élevage de chacune des souches de ver à soie, qui couvrent 6 saisons par an c'est-à-dire, la Saison 1 (janvier – février), la Saison 2 (mars- avril), la Saison 3 (mai – juin), la Saison 4 (juin-juillet), la Saison-5 (août – septembre) et la Saison 6 (octobre – novembre). On enregistre les caractères morphologiques des vers à soie pendant la période de croissance aux différents stades, d'après un descripteur (Chakravorty, et coll., 2004b). On enregistre les paramètres d'élevage comme l'ERR (Taux Effectif d'Élevage, c'est-à-dire, le nombre de vers matures recueillis sur la totalité des vers levés), le poids du corps des larves matures, le poids du cocon frais et sec, le poids de la coque soyeuse et la richesse soyeuse pendant toutes les saisons ainsi que les données météorologiques. On enregistre aussi la mortalité des vers provoquée par les trois principales maladies, c'est-à-dire la flacherie, la grasserie et la muscardine. On regroupe les données obtenues pour les deux années et on les analyse statistiquement pour évaluer la signification des souches par rapport aux différents paramètres d'élevage. Pour classer les différentes souches, en termes de paramètres d'élevage, on suit la méthode

suggérée par Arunachalam et Bandyopadhyay (1984), où on prend en considération une valeur plus faible pour un caractère désirable et une valeur plus élevée pour un caractère non désirable.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les variations des caractères de l'œuf, de la larve, de la nymphe, du cocon et du papillon chez les souches provenant de différents endroits du nord-est de l'Inde sont présentées dans le Tableau I (a à c) et les paramètres d'élevage dans le Tableau II. Il y a peu de variations des caractères qualitatifs, parmi les souches, tandis qu'on enregistre des différences significatives pour les caractères quantitatifs.

Caractérisation morphologique :

Parmi toutes les souches étudiées, on n'observe pas de variations de couleur, de forme, de présence ou d'absence de bandes sur le chorion, de la forme des empreintes folliculaires et du Muconeum sur le chorion, sauf pour les ratios de longueur et de largeur des œufs, qui varient de 2,0 : 2,0 chez les souches Aa-001, Aa-002, Aa-004, Aa-012 et de 2,8 : 2,1 chez la souche Aa-008. Les œufs de toutes les souches sont marron, de forme ovale avec un Muconeum, mais sans bande sur le chorion. Les marques folliculaires sont de forme ovale. On observe peu de variation des caractères larvaires, tels que la couleur du nouveau né, le type de poils, la couleur de la capsule céphalique, la couleur du corps, la couleur de l'hémolymphe, la couleur du tégument, etc., tandis qu'on enregistre un éventail important de variations pour la longueur, la largeur et le poids des larves. La couleur des larves venant de naître est noirâtre avec des bandes jaunes, les poils sont raides, les capsules des têtes sont de couleur cuivrée, la couleur de la larve mature est vert clair et le tégument est de couleur noire. La fourchette de longueur (mm) chez les larves mâles du premier âge aux larves matures (5^{ème} âge) est minimum chez Aa-010 (5,5 à 68,3 mm) et maximum chez Aa-003 (8,3 à 75,5), tandis que pour les femelles, elle est minimum chez Aa-006 (6,8 à 84,6) et maximum chez Aa-011 (7,2 à 87,3).

La couleur et la forme des nymphes sont similaires chez toutes les souches sauf chez les souches Aa-009 et Aa-010, qui sont marron foncé, tandis que la longueur, la largeur, et le poids des femelles sont beaucoup plus élevés que ceux des mâles. On enregistre les poids de la nymphe femelle et mâle les plus élevés respectivement chez Aa-012 et Aa-010 (7 g et 5,7 g).

On n'observe pas de variation de couleur, de forme, de texture du cocon, de nature de la blaze significatives, sauf pour les longueurs du pédoncule, et pour le poids du cocon sec et de la coque chez les différentes souches. Les cocons ont une texture rugueuse, sont de couleur jaune doré, sont de forme elliptique avec une blaze brillante. On enregistre la longueur maximum du pédoncule chez Aa-005, Aa-007 et Aa-009. Dans le cas des caractères du papillon, aussi, on n'observe pas de variation significative de la couleur du corps, de la couleur de fonds du remegium, de la couleur de l'ocelle *etc* sauf dans quelques cas. La couleur des papillons est brique sauf chez Aa-004, Aa-005, Aa-008 et Aa-009. Les antennes sont bipectinées, de couleur brique. Il y a un développement proéminent d'A3 chez tous les papillons. Les papillons présentent un comportement d'accouplement naturel et de vol normal. On enregistre les variations les plus importantes de la longueur du corps chez Aa-008 (2,95 à 3,9 cm) et l'envergure maximum des ailes chez Aa-011 (15,3 à 16,3 cm). On enregistre le poids le plus important des papillons secs chez Aa-011 (1,818 à 3,404 g), par comparaison aux autres souches.

Performance d'élevage :

L'analyse de variance des données regroupées pendant deux années pour les paramètres d'élevage est présentée dans le Tableau II. Elle révèle que, parmi les souches, la Souche 2 est supérieure en termes d'ERR, de poids larvaire, de poids du cocon et de poids de la coque.

Les pertes de récolte de vers à soie dues aux éruptions de maladies sont l'un des principaux problèmes rencontrés par les éleveurs, elles entraînent plus de 35 % de pertes de récoltes (Kakati, 2002). Le ver à soie est atteint par des maladies bactériennes (flacherie), virales (grasserie) et

fongiques (Chaudhury, 1981 ; Kakati, 2002). Dans cette étude, la mortalité des vers due à la grasserie est minimum chez Acc. No. 2 (7,21 %) et maximum chez Acc. No. 9 (18,44 %) ; la mortalité due à la flacherie est minimum chez Acc No.2 (8,40 %) et maximum chez Acc. No. 8 (15,33 %) et la mortalité due à la muscardine est minimum chez Acc. No. 2 (2,34 %) et maximum chez Acc. No 10 (6,92 %).

Le classement des souches de ver à soie muga, d'après la méthode d'Arunachalam et Bandyopadhyay (1984) montre que la souche no. Aa-002 est la meilleure par rapport à sa performance d'élevage et à sa réaction à l'attaque par les différentes maladies. Cette souche présente une certaine tolérance aux principales maladies redoutées du ver à soie muga, qui provoquent autrement environ 28 à 39 % de mortalité des vers, comme on l'a enregistré chez les autres souches. Les souches Aa-005, Aa-009 et Aa-011 suivent la souche No. Aa-002, en termes de paramètres d'élevage, ce qui indique la supériorité de ces souches par rapport aux autres (Tableau III).

À présent, il n'y a pas de races / de variétés distinctes du ver à soie muga et l'état mono-racial de l'espèce laisse peu de champ pour la mise au point de races ou d'hybrides supérieurs. Le recueil des souches génétiques provenant de différentes zones écologiques du nord-est de l'Inde et leur maintien en isolement pendant plusieurs générations peut permettre, dans une large mesure, de regrouper les souches d'après l'évaluation de leur performance. L'évaluation finale de la variabilité génétique des vers à soie au niveau moléculaire permettra la mise au point ou l'élaboration d'une race spécifique aux caractères désirables. Cette étude indique clairement que, bien qu'il y ait peu de différences morphologiques parmi les différentes souches du ver à soie muga, il existe une grande variabilité parmi ces populations, en termes de réaction / tolérance aux différentes maladies et de performance d'élevage. On pourrait inclure les souches numéros Aa-002, Aa-005, Aa-009 et Aa-011, qui se classent dans les meilleures positions, dans un futur programme de lignage, pour la mise au point de races ou d'hybrides à rendement élevé. De plus, puisque dans l'élevage du ver à soie muga, les pratiques de lutte contre les maladies sont inefficaces, en raison de la nature de l'élevage à l'extérieur, le transfert de gène(s) résistant(s) ou tolérant(s) est la meilleure alternative, ce qui pourrait entraîner une augmentation majeure de la productivité en cocons à long terme. Ainsi, on pourrait également procéder à la recherche au niveau moléculaire du gène de tolérance à la maladie chez le ver à soie muga. Dans cette étude, les vers de Aa-002 présentent une survie considérable aux maladies virales, bactériennes et de la muscardine, ce qui pourrait servir de base pour des études ultérieures.

EVALUATION OF IMPACT OF WEATHER ON COCOON SHELL WEIGHT OF MUGA SILKWORM (*Antheraea assama* WW.)

Dr MONICA CHAUDHURI (Nee MUKHOPADHYAY)

Scientist - C, Regional office, Central Silk Board, 15, Gariahat Road, Kolkata -700031, India.

Direct and indirect influences of weather on outdoor reared muga larvae hamper cocoon-shell harvests to a great extent. Such yield unpredictability obstructs both extension and marketing. Construction of a comprehensive muga shell weight - weather equation interpreting numerically the impact of general elements of weather on average shell yield, hitherto not dealt in details is reported in this paper. The equation is developed from the average cocoon shell weight realized from consecutive rearings conducted outdoor for 5 years at P-4 basic seed farm under Muga Seed Development Project, Tura, Meghalaya covering 6 crop seasons in a year.

In a muga silk shell yield - weather relationship, the contribution imparted by variability in minimum and maximum temperature, relative humidity and total rainfall during rearing conducted from different hatching dates were calculated through multiple regression analyses. The value of coefficient of determination (R^2) of the final regression model discloses that at least 80% of the shell yield potential depended exclusively on various weather elements as independent variables regressing over average shell weight. The final equation explains that consecutive rearings in all the crop seasons may result in low shell weight. Greater shell weight is predicted with higher minimum temperature coupled with high humidity in the ambience during the period from hatching to 2nd moult. High rainfall during the period from 3rd to 4th instar could result in low yield. But lower humidity during the period from 3rd through 5th instar and higher humidity during spinning are indicative of good harvest. High significance of regression ANOVA and low output for residuals at each step confirm the fitness of the relationship.

Keywords: Muga silkworms, multiple step regression, shell yield -weather relationship.

INTRODUCTION

The North Eastern region of India served as an exclusive ecological niche for the semi wild, polyvoltine silkworm -*Antheraea assama* Ww (Lepidoptera: Saturniidae). Locally known as 'muga', the silk is naturally golden coloured and has been commercially exploited since 1st century (Wardle, 1881; Watt, 1883; Chaudhuri et al, 2002). Of late muga culture is practised and becoming popular in non traditional areas too. Though 6 broods per year can easily be raised, commercially muga silkworms are reared mainly during 2 seasons in the north-eastern India: autumn (Oct- Nov) and summer (May- June) for realisation of reeling cocoons. Though outdoor-reared larvae of *A. assama*, as those of Japanese oak and tropical tassar (*A. yamamai*, *A. pernyi* and *A. mylitta*), have adjusted themselves to a great extent against various selection forces of nature (Crotch, 1956; Yamazaki, 1959) weather frequently plays a pivotal role in muga cocoon-shell productivity. Unpredictable shell yield also hampers extension and eventually marketing. Though initial models of the quantitative dependence of muga cocoon yields on environment were reported by Chaudhuri et al (1999) and Chaudhuri (2003), a comprehensive cocoon shell- weather model deciphering numerically the impact of general elements of weather on shell yield is still lacking.

Objective of this paper is to develop a quantitative model to assess the influence of some weather elements on muga silkworm during different phases of rearing resulting in final shell yield at a test site.

METHODOLOGY

The primary data were recorded over a period of 5 years from April, 1994 to March, 1999 during a series of rearing of fundamental muga silkworm stock totalling 58 rearings, conducted at the basic seed farm under Muga Seed Development Project at Tura, Meghalaya, India located at $25^{\circ} 30' N$: $90^{\circ} 16' E$; 478 MSL. Mean shell yield in terms of average shell weight was derived from a series of weights of single shell by cutting open 100 randomly sampled cocoons after every harvest. Scoring for climatic parameters was done for four phases of silkworm rearing activities. These were 1= hatching to II moult; 2= III and IV larval stage; 3= V stage and 4= spinning to hardening of cocoons (indoor) periods. The daily scores of minimum and maximum temperature and humidity for these four time-periods prevailing at individual crop were averaged while daily rainfall during the period was aggregated to obtain total rainfall for respective time- period.

Stepwise backward selection among 18 independent variables, of which 16 are climatic and the other 2 being crop seasons and dates of brushing regressing over shell yield was carried out using SPSS 10.0 software.

The following labels, with postscripts 1 to 4 - wherever applicable, are used in the model:

CROP:	Crop season of the year;
DB:	Date of brushing;
N1 to N4:	Mean minimum temperature during 4 time-periods;
T1 to T4:	Mean maximum temperature during 4 time-periods;
RH1 to RH4:	Mean relative humidity during 4 time-periods;
RFL1 to RFL4:	Total rainfall during 4 time-periods of rearing.

RESULTS AND DISCUSSION

The durations of 4 time-phases of rearing varied greatly as the seasonal variations. On an average the length of Phase-I was 6 to 7 days during the warm season i.e. from April to September while it was 12 to 14 days during the cool season i.e. from October to March. Likewise the average durations of Phases II, III and IV were 8 to 10 days, 7 days and 16 to 17 days respectively during the warm season. In the cool season the average length of Phases II, III and IV were 16 to 20 days, 12 to 15 days and 30 to 32 days respectively during the experimental period as can be seen in Table I. Parameters recorded for the statistical analysis are presented in Table II along with their abbreviations and units. Average climatic data during the 4 time phases of the life of muga silkworm and mean weight of single cocoon shells are presented in Table III. Fig. 1 elucidates the muga cocoon shell yield during different months of the year.

To assess the relative importance of different factors attributed towards the expression of average shell yield multiple regression analysis was worked out keeping average shell weight as the dependent variable and crop season (CROP), date of brushing (DB), mean minimum temperatures (N1 to N4), mean maximum temperatures (T1 to T4), mean relative humidity (RH1 to RH4) and total rainfall (RFL1 to RFL4) respectively during 4 time-periods of rearing regressing over the dependable variable.

Table I. Average duration of the developmental phases of muga silkworm till cocoon-shell harvest as computed vis-à-vis the duration of different instars.

Tableau I. Durée moyenne des phases de développement du ver à soie muga jusqu'à la récolte des coques soyeuses calculée en rapport avec la durée des différents âges.

Season : Warm (April-Sept)

Saison : Chaude (avril-sept)

Instar / Age	Duration (day) <i>Durée (jours)</i>	Phase	Duration (day) <i>Durée (jours)</i>
1 st	3	I (period from hatching to 2 nd moult) <i>(période de l'éclosion à la 2ème mue)</i>	6-7
2 nd	3-4		
3 rd	4-5	II (sum of the periods of 3 rd and 4 th instar) <i>(ensemble des périodes du 3ème et 4ème âges)</i>	8-10
4 th	4-5		
5 th	7	III (period of 5 th instar) <i>(période du 5ème âge)</i>	7
Spinning / <i>Filage</i>	6-7	IV (period from spinning to hardening of cocoons) <i>(période du filage au durcissement des cocons)</i>	16-17
Hardening / <i>Durcissement</i>	10		

Season : Cool (Oct-March)

Saison : Froide (oct-mars)

2 nd	6-7 6-7	I (period from hatching to 2 nd moult) <i>(période de l'éclosion à la 2ème mue)</i>	12-14
3 rd	8-10	II (sum of the periods of 3 rd and 4 th instar) <i>(ensemble des périodes du 3ème et 4ème âges)</i>	16-20
4 th	8-10		
5 th	12-15	III (period of 5 th instar) <i>(période du 5ème âge)</i>	12-15
Spinning / <i>Filage</i>	10-12	IV (period from spinning to hardening of cocoons) <i>(période du filage au durcissement des cocons)</i>	30-32
Hardening / <i>Durcissement</i>	20		

Table II. Parameters scored for statistical analysis.**Tableau II. Paramètres mesurés pour l'analyse statistique.**

Parameter	Abbreviation with unit in parenthesis
<i>Paramètre</i>	<i>Abréviation avec l'unité entre parenthèses</i>
Mean max. temp. during phase I / <i>Température maximum moyenne pendant la phase I</i>	T1 (° C)
Mean max. temp. during phase II / <i>Température maximum moyenne pendant la phase II</i>	T2 (° C)
Mean max. temp. during phase III / <i>Température maximum moyenne pendant la phase III</i>	T3 (° C)
Mean max. temp. during phase IV / <i>Température maximum moyenne pendant la phase IV</i>	T4 (° C)
Mean min. temp. during phase I / <i>Température minimum moyenne pendant la phase I</i>	N1 (° C)
Mean min. temp. during phase II / <i>Température minimum moyenne pendant la phase II</i>	N2 (° C)
Mean min. temp. during phase III / <i>Température minimum moyenne pendant la phase III</i>	N3 (° C)
Mean min. temp. during phase IV / <i>Température minimum moyenne pendant la phase IV</i>	N4 (° C)
Total rainfall during phase I / <i>Précipitations totales pendant la phase I</i>	TRFL1 (mm)
Total rainfall during phase II / <i>Précipitations totales pendant la phase II</i>	TRFL2 (mm)
Total rainfall during phase III / <i>Précipitations totales pendant la phase III</i>	TRFL3 (mm)
Total rainfall during phase IV / <i>Précipitations totales pendant la phase IV</i>	TRFL4 (mm)
Mean relative humidity during phase I / <i>Humidité relative moyenne pendant la phase I</i>	RH1 (%)
Mean relative humidity during phase II / <i>Humidité relative moyenne pendant la phase II</i>	RH2 (%)
Mean relative humidity during phase III / <i>Humidité relative moyenne pendant la phase III</i>	RH3 (%)
Mean relative humidity during phase IV / <i>Humidité relative moyenne pendant la phase IV</i>	RH4 (%)
Crop seasons of the year / <i>Saisons de récolte de l'année</i>	CROP
Dates of brushing / <i>Dates de levée</i>	DB
Cocoon shell weight / <i>Poids de la coque soyeuse</i>	SWT (gm)

Table III. Average climatic variability during different phases and cocoon shell weight of muga silkworm.

Tableau III. Variabilité climatique moyenne pendant les différentes phases et poids de la coque soyeuse du ver à soie muga.

Variable	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Error
				<i>Moyenne</i>	<i>Ecart type</i>
T1 (°C)	58	22.00	34.00	28.24	0.3805
T2 (°C)	58	22.00	34.00	28.31	0.3532
T3 (°C)	58	21.00	34.00	28.09	0.4557
T4 (°C)	58	20.00	33.00	28.33	0.4347
N1 (°C)	58	15.00	26.00	20.91	0.4103
N2 (°C)	58	15.00	26.00	20.98	0.4334
N3 (°C)	58	11.00	26.00	20.07	0.5205
N4 (°C)	58	12.00	26.00	20.34	0.5180
TRFL1 (mm)	58	.00	499.70	70.57	11.6962
TRFL2 (mm)	58	.00	554.00	60.51	14.4492
TRFL3 (mm)	58	.00	570.80	113.39	18.7472
TRFL4 (mm)	58	.00	216.60	69.11	8.5237
RH1 (%)	58	55.70	89.20	75.84	1.1958
RH2 (%)	58	55.30	88.60	75.20	1.1413
RH3 (%)	58	50.70	87.70	76.63	1.0826
RH4 (%)	58	54.20	89.80	74.95	1.2416
SWT (gm)	58	0.33	0.71	0.52	0.104

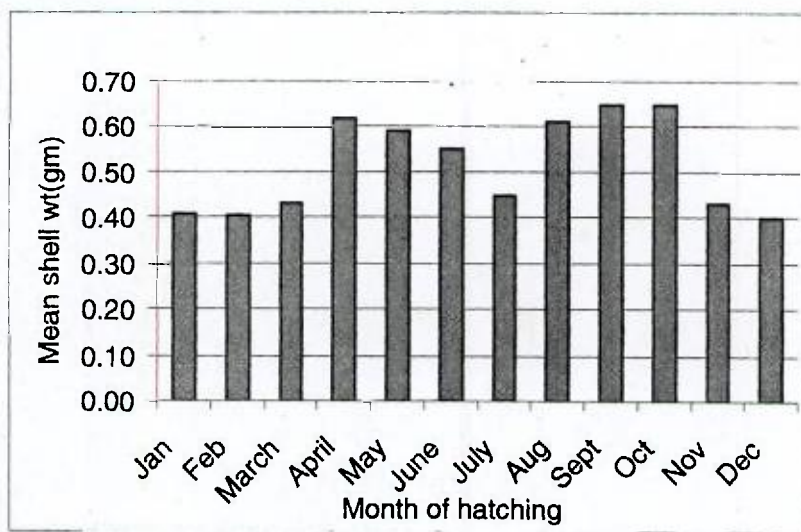


Fig. 1. Mean cocoon shell weight from different brushing periods.
Fig. 1. Poids moyen de la coque soyeuse à partir de différentes périodes de levée.
 Month of hatching / Mois de l'éclosion.

Table IV. Results of stepwise multiple regression analysis of cocoon shell weight as the dependent variable.

Tableau IV. Résultats de l'analyse de régression multiple pour le poids de la coque soyeuse comme variable dépendante à différentes étapes.

Initial	(Constant)	Coefficients 0.563	R ² 0.80
	CROP / RECOLTE	- 1.400E-02	
	DB	3.661E-03	
	T1	2.946E-03	
	T2	-1.024E-02	
	T3	1.454E-03	
	T4	-8.117E-03	
	N1	1.537E-02	
	N2	-7.813E-03	
	N3	1.174E-02	
	N4	7.739E-03	
	TRFL1	-8.014E-05	
	TRFL2	3.306E-04	
	TRFL3	9.588E-05	
	TRFL4	-1.201E-04	
	RH1	4.369E-03	
	RH2	-5.162E-03	
	RH3	-3.710E-03	
	RH4	2.443E-03	
Final	(Constant)	0.232	0.80
	CROP	- 1.478E-02	
	N1	1.623E-02	
	TRFL2	4.148E-04	
	RH1	6.092E-03	
	RH2	- 5.247E-03	
	RH3	-3.286E-03	
	RH4	2.227E-03	

The initial equation developed from the results of multiple regression analyses presented in Table IV elucidates the influence of the independent variables expressed in terms of regression coefficients as follows:

(Initial equation) Shell yield /Muga silkworm =
 $0.56 - 1.4E-02 \times \text{CROP} + 3.7E-03 \times \text{DB} + 2.9E-03 \times \text{T1} - 1.02E-02 \times \text{T2} + 1.5E-03 \times \text{T3} - 8.1E-03 \times \text{T4} + 1.5E-02 \times \text{N1} - 7.8E-03 \times \text{N2} + 1.2E-02 \times \text{N3} + 7.7E-03 \times \text{N4} - 8.01E-05 \times \text{TRFL1} + 3.3E-04 \times \text{TRFL2} + 9.6E-05 \times \text{TRFL3} - 1.2E-04 \times \text{TRFL4} + 4.4E-03 \times \text{RH1} - 5.2E-03 \times \text{RH2} - 3.7E-03 \times \text{RH3} + 2.4E-03 \times \text{RH4}$

Coefficient of determination for initial model was fairly high ($R^2=0.8$) and F value of regression ANOVA was highly significant, though respective coefficients of individual was very low. Therefore, stepwise backward multiple regression analysis was then adopted to estimate the relative significance of independent variables in determining the best prediction equation for the dependent variable i.e. silk yield. The final equation developed from result of multiple step regression analysis is presented below:

$$\text{(Final equation) Yield/worm} = 0.23 - 1.5E-02 \times \text{CROP} + 1.6E-02 \times \text{N1} + 4.1E-04 \times \text{TRFL2} + 6.1E-03 \times \text{RH1} - 5.2E-03 \times \text{RH2} - 3.3E-03 \times \text{RH3} + 2.2E-03 \times \text{RH4}$$

High significance of regression ANOVA, low residuals and high coefficient of determination ($R^2=0.80$) justified the fitness of the final model. In final equation coefficients of most of the predictors appeared to improve numerically towards the expression of silk yield

Table V. Anova of stepwise multiple regression of cocoon shell weight as the dependent variable.

Tableau V. ANOVA de la régression multiple pour la coque soyeuse comme variable dépendante.

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F
		<i>Somme des carrés</i>		<i>Carré moyen</i>	
Initial	Regression	.496	19	2.611E-02	8.189 ***
	Residual / Résiduelle	.121	38	3.188E-03	
	Total	.617	57		
Final	Regression	.474	7	6.772E-02	23.663 **
	Residual / Résiduelle	.143	50	2.862E-03	
	Total	.617	57		

The model unravels that rearing of muga silkworm in successions during consecutive crop seasons may result in low shell yield. Higher yield is predicted with higher minimum temperature and humidity in the ambience during period right from hatching till 2nd moult. High rainfall during the period from 3rd to 4th instar could result in low yield. But lower humidity during the period from 3rd through 5th instar and higher humidity during spinning are indicative of good harvest.

Nevertheless, involvement of some other factors like rearing managements and disease monitoring of both host plant as well as outdoor-reared muga silkworm cannot be overruled altogether. This corroborates our earlier study (Chaudhuri et al, 1999, 2002a,b; Chaudhuri, 2003) on effect of climatic variability on muga cocoon productivity, path analysis and yield component analysis on muga cocoon shells. The yield-weather model derived from the present study is expected to serve as a useful criterion for the recent thrust on extension of muga culture.

REFERENCES

- CHAUDHURI M, SINGH S.S. DAS, B. DHAR, N.J. BASUMATARY, B. GOSWAMI, D. DAS, K. BARAH, A. SAHU, M. KAKOTY, L. N. CHATTERED S.N (1999). Climatic variability in nine locations of north east India and their effect on cocoon productivity of muga silkworm (*Antheraea assama* wov) shells derived from chief primary host plants. *Sericologia* 39(4): 577-591.
- CHAUDHURI (NEE MUKHOPADHYAY) MONICA, SEN S.K. DAS P.K. & SINGH S.S. (2002a) Quantitative estimation of genetic contrivances of silk accumulation on muga (*Antheraea assama* ww) cocoon shells derived from chief primary host plants. Proc 89th Indian Science Congress (Lucknow), Abs.(Agriculture) 59.
- CHAUDHURI (nee MUKHOPADHYAY) Monica, DAS P. K. & SINGH S.S. (2002B) Quantitative estimation of genetic contrivances of egg yield in muga silkworm (*Antheraea assama* Ww) reared on chief primary host plants. Proc 4th International Conference on Wild Silkmoths (Yogyakarta, Indonesia 23-27 April), Abs.L-19-(02):27.
- CHAUDHURI (Nee MUKHOPADHYAY), MONICA BHAT M. M & DAS P.K. (2002). Our intellectual property right- muga silk: a comprehensive SWOT analysis. *Advances in Indian sericulture research. CSR&TI, Mysore, Minist. of Text. Govt. of India:383-386*
- CHAUDHURI MONICA MUKHOPADHYAY (2003). Studies on the relationship between silk yield, yield components and rearing environment of muga silkworm (*Antheraea assama* Ww), *Sericologia* 43(3):349-354.
- CROTCH W. J. B. A. 1956. SILKMOTH REARER'S HANDBOOK. Vol.12. P 55-130. The Ameture. Entomologists' Society.
- WARDLE T. (1881). In Handbook of Wild Silk.
- WATT G. (1883). In The Economic Products of India. Vol. VI.
- YAMAZAKI H. (1959). Present status of rearing of *A. yamamai* and *A pernyi* and its future design. Bulletin No. 25. Central Silk Board, Bombay.

EVALUATION DE L'IMPACT DE LA METEOROLOGIE SUR LE POIDS DE LA COQUE SOYEUSE DU VER A SOIE MUGA (*Antheraea assama* WW)

MONICA CHAUDHURY (Née MUKHOPADHYAY)

Scientist C, Regional Office, Central Silk Board, 15, Gariahat Road, Kolkata -700031, Inde.

Les influences directe et indirecte de la météo sur les larves muga élevées à l'extérieur entravent fortement les récoltes de coques soyeuses. Une telle imprévisibilité du rendement gêne à la fois le développement et la commercialisation. Nous présentons dans cet article la construction d'une équation globale poids de la coque du muga – météo, interprétant numériquement l'impact des éléments généraux de la météo sur le rendement moyen en coques, qui n'a pas été étudié précisément jusqu'à présent. L'équation a été mise au point à partir du poids moyen de la coque soyeuse, obtenu à partir de deux élevages consécutifs réalisés à l'extérieur pendant 5 ans dans la ferme de grainage de base P-4, dans le cadre du Projet de Développement de Graines du Muga, de Tura, à Meghalaya, couvrant six saisons de récoltes sur une année.

Dans une relation rendement en coques soyeuses du muga – climat, on a calculé la contribution, provenant de la variabilité de la température minimum et maximum, de l'humidité relative et des précipitations totales pendant l'élevage réalisé à partir de différentes dates d'éclosion, au travers d'analyses de régression multiple. La valeur du coefficient de détermination (R^2) du modèle de régression finale révèle qu'au moins 80 % du potentiel de rendement en coques dépend exclusivement de divers éléments météorologiques comme variables indépendantes dont le poids moyen de la coque découle. L'équation finale explique que les élevages consécutifs pendant toutes les saisons d'élevage pourraient entraîner un poids de coque faible. On prévoit un poids de coque plus élevé avec une température minimum plus élevée associée à une humidité élevée dans l'environnement pendant la période allant de l'éclosion jusqu'à la 2^{ème} mue. Les précipitations élevées pendant la période du 3^{ème} au 4^{ème} âge pourraient entraîner un mauvais rendement. Mais une humidité plus faible pendant la période du 3^{ème} au 5^{ème} âge et une humidité plus élevée pendant le filage sont des indicateurs d'une bonne récolte. La signification élevée de la régression ANOVA et la production faible pour les restes à chaque étape confirme la justesse de la relation.

INTRODUCTION

La région du nord-est de l'Inde sert de niche écologique exclusive au ver à soie polyvoltin semi-sauvage *Antheraea assama* Ww (Lepidoptera : Saturniidae). Connu localement sous le nom de « muga », sa soie est d'une couleur naturellement dorée et a été exploitée commercialement depuis le 1^{er} siècle (Wardle, 1881 ; Watt, 1883 ; Chaudhuri et coll., 2002). Depuis quelques temps, l'élevage du muga est également pratiqué et est en train de devenir populaire dans des zones non traditionnelles. Bien qu'on puisse facilement élever 6 générations par an, les vers à soie muga commercialisés sont principalement élevés pendant 2 saisons dans le nord-est de l'Inde : en automne (octobre – novembre) et en été (mai – juin) pour l'obtention de cocons de dévidage. Bien que les larves d'*A. assama* élevées à l'extérieur se soient, dans une large mesure, ajustées à un éventail varié de forces de la nature (Crotch, 1956 ; Yamazaki, 1959), la météo joue fréquemment un rôle essentiel dans la productivité de la coque soyeuse du muga. Un rendement imprévisible en coques entrave aussi le développement et en fin de compte la commercialisation. Bien que Chaudhuri et coll., (1999) et Chaudhuri (2003) aient rapporté

des modèles initiaux sur la dépendance quantitative entre les rendements en cocons muga et l'environnement, un modèle global coque soyeuse – météo déchiffrant numériquement l'impact des éléments généraux du climat sur le rendement en coques fait encore défaut.

Le but de cet article est de mettre au point un modèle quantitatif pour évaluer l'influence de certains éléments météorologiques sur le ver à soie muga pendant différentes phases d'élevage en donnant le rendement final en coques dans un lieu test.

METHODOLOGIE

On enregistre les données principales sur une période de 5 ans, d'avril 1994 à mars 1999, pendant une série d'élevages de la souche fondamentale du ver à soie muga, totalisant 58 élevages, réalisés dans la ferme de grainage de base dans le cadre du Projet de Développement de Grainage du Muga à Tura, Meghalaya, en Inde, situé à 25° 30' N : 90° 16' E ; à 478 m. On déduit le rendement moyen en coques, en termes de poids moyen de la coque, à partir d'une série de poids de coque unique, en coupant 100 cocons échantillonnés au hasard après chaque récolte. On procède au classement des paramètres climatiques pour quatre phases des activités d'élevage du ver à soie. Ce sont les périodes (à l'intérieur) 1 = de l'éclosion jusqu'à la 2^{ème} mue ; 2 = des stades larvaires III et IV ; 3 = du stade V et 4 = du filage jusqu'au durcissement des cocons. On fait la moyenne des classements quotidiens pour la température et l'humidité minimum et maximum pendant ces quatre périodes pour une récolte individuelle, tandis qu'on additionne les précipitations quotidiennes pendant la période pour obtenir les précipitations totales pendant la période de temps respective.

On procède à une sélection décroissante par étapes pour les 18 variables indépendantes, dont 16 sont climatiques et dont les deux autres sont les saisons de récolte et les dates de levée analysées par rapport au rendement en coques, en utilisant un logiciel SPSS 10,0.

Dans ce modèle, on utilise les marquages suivants avec les chiffres 1 à 4, là où cela est applicable.

CROP	Saison de récolte de l'année
DB	Date de levée
N1 à N4	Température moyenne minimum pendant les quatre périodes de temps
T1 à T4	Température moyenne maximum pendant les quatre périodes de temps
RH1 à RH4	Humidité relative moyenne pendant les quatre périodes de temps
RFL1 à RFL4	Précipitations totales pendant les quatre périodes d'élevage

RESULTATS ET DISCUSSION

Les durées des quatre phases d'élevage varient fortement en fonction des variations saisonnières. En moyenne, la durée de la Phase I est de 6 à 7 jours pendant la saison chaude, c'est-à-dire d'avril à septembre, tandis qu'elle est de 12 à 14 jours pendant la saison froide d'octobre à mars. De même, les durées moyennes des Phases II, III et IV sont respectivement de 8 à 10 jours, de 7 jours et de 16 à 17 jours pendant la saison chaude. Pendant la saison froide, la durée moyenne des Phases II, III et IV est de respectivement 16 à 20 jours, de 12 à 15 jours et de 30 à 32 jours pendant la période de l'expérience, comme on peut le voir dans le Tableau I. Les paramètres enregistrés pour l'analyse statistique sont présentés dans le Tableau II avec leurs abréviations et leurs unités. Les données climatiques moyennes pendant les quatre phases de vie du ver à soie muga et le poids moyen des

coques soyeuses sont présentés dans le Tableau III. La Fig. 1 explique le rendement en coques soyeuses du muga pendant les différents mois de l'année.

Pour évaluer l'importance relative des différents facteurs contribuant à l'expression du rendement moyen en coques, on procède à l'analyse de régression multiple en conservant le poids moyen de la coque comme variable dépendante et la saison de culture (CROP), la date de levée (DB), les températures moyennes minimum (N1 à N4), les températures moyennes maximum (T1 à T4), l'humidité relative moyenne (RH1 à RH4) et les précipitations totales (RFL1 à RFL4) respectivement pendant les 4 périodes d'élevage en rapport avec la variable dépendante.

L'équation initiale mise au point à partir des résultats des analyses de régression multiple présentées dans le Tableau IV explique l'influence des variables indépendantes exprimées en termes de coefficients de régression comme suit :

(Equation initiale) Rendement en coques / Ver à soie muga =

$$0.56 - 1.4E-02 \times \text{CROP} + 3.7E-03 \times \text{DB} + 2.9E-03 \times \text{T1} - 1.02E-02 \times \text{T2} + 1.5E-03 \times \text{T3} - 8.1E-03 \times \text{T4} + 1.5E-02 \times \text{N1} - 7.8E-03 \times \text{N2} + 1.2E-02 \times \text{N3} + 7.7E-03 \times \text{N4} - 8.01E-05 \times \text{TRFL1} + 3.3E-04 \times \text{TRFL2} + 9.6E-05 \times \text{TRFL3} - 1.2E-04 \times \text{TRFL4} + 4.4E-03 \times \text{RH1} - 5.2E-03 \times \text{RH2} - 3.7E-03 \times \text{RH3} + 2.4E-03 \times \text{RH4}$$

Le coefficient de détermination pour le modèle initial est assez élevé ($R^2 = 0,8$) et la valeur F de la régression ANOVA est très significative, bien que les coefficients respectifs individuels soient très faibles. On adopte donc ensuite l'analyse de régression multiple décroissante en fonction des étapes pour estimer la signification relative des variables indépendantes afin de déterminer la meilleure équation de prévision pour la variable dépendante, c'est-à-dire le rendement en soie. L'équation finale mise au point à partir du résultat de l'analyse de régression multiple à différentes étapes est présentée ci-dessous :

$$\text{Equation finale Rendement / ver} = 0.23 - 1.5E-02 \times \text{CROP} + 1.6E-02 \times \text{N1} + 4.1E-04 \times \text{TRFL2} + 6.1E-03 \times \text{RH1} - 5.2E-03 \times \text{RH2} - 3.3E-03 \times \text{RH3} + 2.2E-03 \times \text{RH4}$$

La signification élevée de l'ANOVA de régression, les restes faibles et le coefficient de détermination élevé ($R^2 = 0,80$) soulignent la justesse du modèle final. Dans l'équation finale, on constate que la plupart des coefficients prévisionnels s'améliorent sur le plan numérique par rapport à l'expression du rendement en soie.

Le modèle démontre que l'élevage du ver à soie successivement pendant les différentes saisons de récoltes pourrait entraîner un mauvais rendement en coques. On prévoit un rendement plus élevé avec une température et une humidité minimum plus élevées dans l'environnement pendant la période allant de l'éclosion jusqu'à la 2^{ème} mue. Les précipitations élevées pendant la période allant du 3^{ème} au 4^{ème} âge pourraient entraîner un mauvais rendement. Mais l'humidité plus faible pendant la période du 3^{ème} au 5^{ème} âge et une humidité plus élevée pendant le filage sont des indicateurs d'une bonne récolte.

Néanmoins, on ne peut pas complètement écarter l'implication d'autres facteurs, comme la gestion de l'élevage et la lutte contre les maladies de la plante hôte et du ver à soie muga élevé à l'extérieur. Cela confirme notre étude précédente (Chaudhuri et coll., 1999 ; 2002a, b ; Chaudhuri, 2003) sur l'effet de la variabilité climatique sur la productivité du cocon muga, sur l'analyse de trajectoire et sur l'analyse de la composante du rendement par rapport aux coques soyeuses du muga. On espère que le modèle rendement – météo tiré de cette étude pourra servir de critère utile dans la dynamique récente de développement de l'élevage muga.

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** or to sericologia@inserco.org. 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 × 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.

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** ou à **sericologia@inserco.org**. 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. (1982) 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.

